

발간번호
11-B552111-000030-01

2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발 정책연구

최종보고서

2022. 12

발간번호

11-B552111-000030-01

2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발 정책연구

최종보고서

2022. 12

제 출 문

한국과학창의재단 이사장 귀하

본 보고서를 “2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발 연구”
최종보고서로 제출합니다.

2022년 12월 9일

- 주관연구기관명 : 경인교육대학교
- 연구 기간 : 2022. 06. 24. ~ 2022. 12. 09.
- 주관연구책임자 : 신영준(경인교육대학교)
- 참여연구원
 - 연구원 : 강인숙(경남마산동중학교) 외 55명
 - 연구보조원 : 박래석(경인교육대학교) 외 1명
- 연구협력관
 - 이해룡(교육부)
- 과제책임자
 - 김율(한국과학창의재단)
- 과제담당자
 - 정지현, 김현정(한국과학창의재단)

이 연구는 2022년도 교육부의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 수행
되었으며, 이 연구에서 제시된 대안이나 의견 등은 한국과학창의재단의 공식 의견이
아닌 연구진의 견해를 밝힙니다.

2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발 연구

연구책임자 신영준(경인교육대학교)

공동연구자 강인숙(경남마산동중학교)

강훈식(서울교육대학교)

곽영순(한국교원대학교)

구자옥(한국교육과정평가원)

권문호(경북사대부설고등학교)

권석민(강원대학교)

권유지(경북경산서부초등학교)

권은경(서울상봉중학교)

김선경(경기보평고등학교)

김성호(인천부마초등학교)

김영학(경기운암고등학교)

김용실(충남과학고등학교)

김종희(전남대학교)

김준수(이화여자대학교)

김지현(서울남대문중학교)

김태일(세종과학예술영재학교)

김현정(공주대학교)

김현중(경기과학고등학교)

김홍태(서원대학교)

문셋별(전남부영여자고등학교)

문양희(제주삼양초등학교)

민재식(울산삼일여자고등학교)

박창용(이화여자고등학교)

박철진(광주송정초등학교)

박현주(조선대학교)

박형식(울산대현고등학교)

배중연(경기수성고등학교)

백종민(서울석관중학교)

백종호(한국교육과정평가원)

소금현(부산교육대학교)

신원섭(서울선린초등학교)

심규철(공주대학교)

심현표(한국교육과정평가원)

양정은(서울양천중학교)

오원근(충북대학교)

오현석(춘천교육대학교)

윤대옥(충북대학교)

이남주(인천옥련여자고등학교)

이성희(서울계남초등학교)

이재봉(한국교육과정평가원)

이지아(서울세종과학고등학교)

이창환(부산대학교)

이훈복(서울여자대학교)

임성민(대구대학교)

임재근(대전성모초등학교)

전성수(경남도계초등학교)

정대홍(서울대학교)

정용욱(경상국립대학교)

정용재(공주교육대학교)

조영우(시흥목감고)

조현국(단국대학교)

진연자(경기신곡중학교)

하지훈(경기송운초등학교)

한제준(전북무주중앙초등학교)

황의욱(경북대학교)

황인신(서울불광중학교)

김민경(서울대학교)

연구보조원 박래석(경인교육대학교)

연구협력관 이해룡(교육부)

과제책임자 김율(한국과학창의재단)

과제담당자 정지현(한국과학창의재단)

김현정(한국과학창의재단)

연구 협력진

강민서(서울선덕고등학교)	강석진(전주교육대학교)	강옥화(부산일과학고등학교)
강태욱(서울고려사대부속고)	권준환(서울대물리학과전공 학생)	권혁빈(선문대학교)
김경호(공주교육대학교)	김동건(서울구로중학교)	김문주(경북영천여자중학교)
김미정(경기장기중학교)	김민성(경기정현고등학교)	김성중(극지연구소)
김수경(부산송정중학교)	김수양(경기부인초등학교)	김양균(부산강동초등학교)
김영신(경북대학교)	김진영(경기동안고등학교)	김종욱(서울화양초등학교)
김태영(울산신정고등학교)	김혜경(서울당곡고등학교)	김호성(서울영동고등학교)
김효준(경기평촌고등학교)	김희만(경기용인고등학교)	노희진(인천교육과학정보원)
남경식(서울잠신고등학교)	문병권(전북대학교)	박근표(충남여자고등학교)
박기영(울리버출판사)	박재근(경인교육대학교)	박종석(경북대학교)
박지환(경기능곡초등학교)	박형균(경기부명고등학교)	박형용(경인교육대학교)
배미정(서울삼성고등학교)	서혜애(부산대학교)	성숙경(서울과학고등학교)
소영무(서울고려사대부속고)	손미현(서울대미래혁신연구원)	손정우(경상대학교)
신귀연(대구북현중학교)	신동훈(서울교육대학교)	신석민(서울대학교)
신인철(세종시교육청)	신재성(서울사대부설고)	심재호(부산대학교)
심현진(경북대학교)	안성수(서울구로고등학교)	양현우(인천송도고등학교)
여상인(경인교육대학교)	오필석(경인교육대학교)	오현선(서울고등학교)
유유희(광주과학고등학교)	윤혜경(춘천교육대학교)	이기무(인천과학예술영재학교)
이미경(한국교육과정평가원)	이병화(경기평내고등학교)	이봉석(제주동초등학교)
이봉우(단국대학교)	이세연(서울명덕고등학교)	이순환(부산대학교)
이용철(서울성수고등학교)	이은정(전북진안교육지원청)	이은희(갈다이사)
이인호(인천광역시교육청)	이정민(서울사대부여중)	이종택(충북청원고등학교)
이진희(서울이문초등학교)	이태일(대구달성중학교)	이현주(이화여자대학교)
임수진(서울창덕여자고등학교)	임혁(경기고등학교)	장명덕(공주교육대학교)
장병기(순천제일고등학교)	장성훈(경북대사대부설고)	장진아(서울남명초등학교)
전영석(서울대학교)	전화영(한성과학고등학교)	정성안(경기옥길버들초등학교)
정숙진(경기다원초등학교)	정재연(충남교육청)	정종우(이화여자대학교)
정준형(경기초지중학교)	정태희(인천과학고등학교)	정현주(경기한가람중학교)
조광희(조선대학교)	조석희(전남강진중학교)	주은정(서울교육대학교)
지재화(서울무학여자고등학교)	차동연(웬즈온테크놀로지)	차정호(대구대학교)
최상미(대전은어송초등학교)	최선영(경인교육대학교)	최세웅(목포대학교)
최원호(순천대학교)	현진오(식물분류학회회장)	홍준의(서원대학교)

(이상 가나다 순)

※ 그 밖에 과학과 교육과정심의회 심의위원, 공청회 참여자 및 국민 소통 채널 에듀넷·티-클리어에 참여해주신 모든 분께 감사드립니다.



차 례

I. 서론	1
1. 연구 필요성 및 목적	1
2. 연구 내용	3
3. 연구 방법	10
II. 과학과 교육과정의 개정 방향 및 문서 체제	15
1. 개정의 방향 및 중점	15
2. 과학과 교육과정 문서 체제	15
3. 과학과 교과서 개발 방향	36
III. 과학과 교육과정 주요 개정 사항	39
1. 초·중학교 과학	39
2. 고등학교 공통 과목	47
3. 고등학교 일반 선택 과목	50
4. 고등학교 진로 선택 과목	54
5. 고등학교 융합 선택 과목	62
6. 과학계열 고등학교 진로 선택 과목	64
7. 과학계열 고등학교 융합 선택 과목	69

IV. 요약 및 제언 72

1. 요약 72

2. 제언 74

참고문헌 77

[부록] 82

[부록 1] 2022 개정 주요 과학과 교육과정 변화 내용 82

[부록 2] 연구진 합동 워크숍 83

[부록 3] 2022 개정 과학과 교육과정 시안 검토 공청회 84

[부록 4] 주요 발표 및 의견 수렴 85

[부록 5] 2022 개정 과학과 교육과정 시안 88

* 공통 교육과정(초·중학 과학) 89

* 공통 교육과정(고등학교 통합과학, 과학탐구실험) 161

* 고등학교 선택 과정 191

* 과학계열 고등학교 선택 과정 363

표 차례

<표 I-1> 2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발 과목	2
<표 I-2> 과학과 과정·기능/가치·태도 구성 방안(초·중학교 운동과 에너지 영역(예시))	4
<표 I-3> 2022 개정 과학과 교육과정 고등학교 과목 체제	6
<표 II-1> 2022 개정 교과 교육과정 문서 체제 구성 목차	16
<표 II-2> 일러두기	17
<표 II-3> 2015/2022 개정 교육과정 내용 체계표 비교	18
<표 II-4> 교육과정 설계의 개요 포함 내용	18
<표 II-5> 성격 및 목표 진술 지침	19
<표 II-6> ‘과학’의 성격 진술(초·중학교 예시)	19
<표 II-7> ‘과학’의 목표 진술(초·중학교 예시)	21
<표 II-8> ‘내용 체계’ 진술 지침	22
<표 II-9> 과학과 내용 체계(초·중학교 운동과 에너지 영역 예시)	22
<표 II-10> 2015/2022 개정 ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’ 비교	24
<표 II-11> ‘성취기준’ 진술 지침	25
<표 II-12> ‘교수·학습’ 진술 지침	28
<표 II-13> ‘평가’ 진술 지침	29
<표 II-14> 과학과 교수·학습의 방향	30
<표 II-15> 과학과 교수·학습 방법	31
<표 II-16> 과학과 평가의 방향	34
<표 II-17> 과학과 평가의 방법	34
<표 III-1> 초등학교 과학 학년별 단위 구성(안)	40
<표 III-2> 중학교 과학 학년별 단위 구성(안)	44



그림 차례

[그림 I -1] 과학과 고등학교 진로별 이수 경로(안)	7
[그림 I -2] 연구추진 전략 및 방법	11
[그림 I -3] 연구 추진 체계	13
[그림 I -4] 연구진 구성	14

I. 서론

1. 연구 필요성 및 목적

2022 개정 교육과정을 포함하여 국가 수준의 교육과정은 향후 교과서 개발, 현장의 과학과 교수·학습, 국내외 수준의 학생평가 등에 직접적인 영향을 주는 것으로, 국가 수준의 과학과 교육과정 설계를 위한 시안(최종안) 개발은 과학교육의 질을 결정한다(한국과학창의재단, 2020; 2022). 이러한 맥락에서 과학과 교육과정은 초·중등교육법 제23조 제2항에 따라 고시한 것으로, 초·중등학교의 교육 목적과 교육목표를 달성하기 위한 국가 수준의 교육과정이며, 초·중등학교에서 편성·운영해야 할 학교 교육과정의 공통적, 일반적인 기준을 제시할 필요가 있다(교육부, 2021).

미래 사회는 그 변화에 맞춘 교육의 변화를 요청하며, 이러한 미래 교육의 변화 요청을 과학과 교육과정에도 적극적으로 반영할 필요가 있다. 2022 개정 교육과정 총론의 취지에 부합하는 과학과 교육과정 시안(최종안)을 개발하기 위해 과학과가 추구하는 ‘역량을 갖춘 과학 소양인 육성’이라는 과학교육 목표 등을 고려한 초·중·고 교육과정 기본 방향 및 내용을 재구조화할 필요가 있다. 즉, 미래 사회를 살아갈 학생들의 삶과 연계하여 민주시민으로서 살아가는 데 필요한 지식과 역량을 함양할 수 있는 초·중등 과학과 교육과정(안)을 개발할 필요가 있다. 이에 2022 개정 초·중등 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발에서는 (1) (초등학교·중학교) 공통 교육과정으로서 학년 간 연계성, 통합성이 강화된 교육과정 방향 및 교육내용 설정 방안을 마련하고, (2) (고등학교) 고교학점제 기반으로 학생 개별 지원이 가능한 맞춤형 교육 기반을 마련하고자 한다.

2022 개정 과학과 교육과정의 경우 2022년도 상반기까지 1차 연구를 마무리하였으며, 2차 연구를 통해 2022 개정 교육과정 총론의 개발 방향 및 취지를 반영한 국가 수준의 과학과 교육과정 최종 시안을 개발하고 공론화하고자 한다. 2차 연구에서는 특히 학생의 삶과 연계된 깊이 있는 학습으로 미래 사회에 필요한 역량을 함양할 수 있는 초·중등학교 과학과 교육과정 최종 시안을 개발하고자 한다. 달리 말해서, 역량 함양을 위한 과학과 교육과정 개정 방향에 따른 미래지향적 과학과 교수·학습 및 평가 개선을 통한 교실 수업 개선방안을 제시함으로써 현장 적합성이 높은 2022 개정 과학과 교육과정 최종 시안을 개발하고자 한다. 본 연구의 목적을 살펴보면 다음과 같다.

본 연구는 국민과 함께하는 미래형 교육과정 총론 주요 사항(교육부, 2021)에 따른 초·중등학교 교육과정 총론의 기본 방향에 따른 과학과 교육과정의 시안(최종안) 마련을 목적으로 하며, 구체적인 연구 목표를 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 2030 시대를 살아갈 학생들이 갖추어야 할 역량을 함양할 수 있는 「초·중등학교 과학과 교육과정」 최종 시안을 개발하고자 한다. 이를 위해, 초·중학교의 경우, 공통 교육과정으로서 학년 간 연계성, 통합성이 강화된 교육과정 방향 및 교육내용 체계를 설정하고자 한다. 특히, 초·중학교급 간 유기적 연계성 강화를 통해 학습의 기반이 되는 역량을 함양할 수 있도록 과학과 교육과정의 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준 등을 설계하고 최종안을 확정하고자 한다.

고등학교의 경우, 고교학점제 기반으로 학생 개별 지원이 가능한 맞춤형 교육의 기반을 마련하고자 한다. 고교학점제 취지를 고려한 고등학교 과학 교과 각 과목의 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준 등 실질적인 교육과정 문서 체제를 구안하고 공론화를 통해 확정하고자 한다. 고교학점제 도입, 초·중등 학생의 진로와 성장을 지원하는 학생 맞춤형 교육과정 운영 등 학교 교육과정 혁신을 위해 공교육 혁신의 기반을 마련하고자 한다.

또한, 총론과 연계하여, 교육과정 총론에서 제시하는 개발 방향, 지침 등을 준수하며 국가 수준의 과학과 교육과정이 지녀야 할 일관성을 확보하고자 한다. 2022 개정 교육과정 각론 조정연구와 연계하여 과학과 교육과정 시안(최종안)의 교육과정 개발 지침, 문서 체제 등의 일관성과 정합성을 확보하고자 한다.

본 연구에서는 2022 개정 과학과 교육과정을 위한 초·중·고 학교급별, 과목별 과학과 교육과정 시안(최종안)을 개발하는 것을 목적으로 함. 2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발 과목을 제시하면 다음과 같다.

<표 1-1> 2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발 과목

초등	중학교	고등학교	
과학	과학	공통 과목	·통합과학 1, 2 ·과학탐구실험 1, 2
		일반 선택	·물리학 ·화학 ·생명과학 ·지구과학
		진로 선택	·역학과 에너지 ·전자기와 양자 ·물질과 에너지 ·화학 반응의 세계 ·세포와 물질대사 ·생물의 유전 ·지구시스템과학 ·행성우주과학
		융합 선택	·과학의 역사와 문화 ·기후변화와 환경생태 ·융합과학 탐구
		진로 선택 (과학계열)	·고급 물리학 ·고급 화학 ·고급 생명과학, ·고급 지구과학 ·과학과제 연구
		융합 선택 (과학계열)	·물리학 실험 ·화학 실험, ·생명과학 실험 ·지구과학 실험

2. 연구 내용

본 연구의 내용을 제시하면 다음과 같다.

1) 총론과 연계한 2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발

첫째, 총론에서 제시하는 주요 방향에 따라 역량 함양을 위한 과학교육의 원칙과 중점을 반영한 과학과 교육과정 시안(최종안)을 개발한다. 구체적으로 살펴보면, 과학과 교육과정 설계의 개요(구성 원리), 성격 및 목표, 내용 체계(핵심 아이디어(가칭), 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 등), 성취기준 및 탐구 활동(성취기준 해설 및 성취기준 적용 시 고려 사항 포함), 교수·학습 및 평가 방향 등 문서 체제 일체를 총론(각론 조정연구)에서 제시하는 개발 방향과 지침을 준수하면서 과학과 교육과정의 특성을 반영하여 개발함. 특히 과학과 교육목표에 이공계열 진로 적성 개발 관련 내용을 포함하는 방안을 모색한다.

과학과 교육과정 내용 체계의 핵심 아이디어의 경우 총론의 개발 방향과 지침을 준수하면서 ① 기존의 핵심 개념과 일반화된 지식을 통합하여 영역별 내용을 포괄할 수 있는 핵심 아이디어(가칭)를 설정하고, ② 특히 고등학교 선택 과목을 기준으로 과목별 핵심 아이디어를 8개 내외의 빅 아이디어를 중심으로 제시하며, ③ 핵심 아이디어를 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도까지 포괄하는 형태로 진술하되, 영역별 성취기준 진술과 차별화하는 방안을 모색한다.

[과학과 핵심 아이디어 진술 방식]

- 기존 과학과 핵심 개념과 일반화된 지식을 통합하여 영역별 내용을 포괄할 수 있는 핵심 아이디어를 설정함.
- 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 각 과학 분야별로 빅 아이디어는 국내외에서 공론화되어 있으므로, 빅 아이디어를 중심으로 과학과 교과목의 핵심 아이디어를 구체화함.
- 초·중학교 과학과의 경우 영역별로 5개 내외의 핵심 아이디어를 설정하고 핵심 아이디어를 중심으로 교육내용(성취기준)을 구조화함.
- 과학과 고등학교 선택 과목의 경우 과목별로 5개 내외의 빅 아이디어를 중심으로 핵심 아이디어를 설정하고 핵심 아이디어를 중심으로 과목별 교육내용(성취기준)을 구조화함.
- 핵심 아이디어를 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도까지 포괄하는 형태로 진술하되, 영역별 성취기준을 포괄하는 수준에서 제시함.

과학과 교육과정 내용 체계의 과정·기능, 가치·태도의 경우 OECD/PISA 2025 평가들을 포함한 국제 평가들과 국내외 교육과정 동향을 반영하여 과학과 과정·기능과 가치·태도를 재분류하고, 학교급별(초등학교, 중학교, 고등학교 등) 수준과 하위요소를 차별화하는 등 제시 방식을 수정·보완한다.

<표 1-2> 과학과 과정·기능/가치·태도 구성 방안(초·중학교 운동과 에너지 영역 예시)

2022 개정 교육과정	초등학교 (3-4학년군/5-6학년군)	중학교 (7-9학년군)
과정·기능	• 자연과 일상생활에서 운동과 에너지 관련 문제 인식하기 • 문제를 해결하기 위한 탐구 설계하기 • 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등을 통해 자료를 수집하고 비교·분석하기 • 수학적 사고와 컴퓨터 및 모형 활용하기 • 결론을 도출하고, 자연과 일상생활에서 운동과 에너지 관련 상황에 적용·설명하기 • 자신의 생각과 주장을 과학적 언어를 사용하여 다양한 방식으로 표현하고 공유하기	• 자연과 일상생활에서 운동과 에너지와 관련된 현상을 관찰하고 문제를 찾아 정의하고 가설을 설정하기 • 적절한 변인을 포함하여 탐구 설계하기 • 운동과 에너지 사이의 관계를 이끌어내기 위해 자료를 수집하고 이를 그래프로 변환하여 해석하기 • 운동과 에너지와 관련된 다양한 현상을 관찰하여 규칙성을 추리하기 • 모형을 만들어 현상을 설명하거나 예측하기 • 과학적 증거에 기반하여 주장하기
가치·태도	• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유	

과학과 교육과정을 통해 학생들이 궁극적으로 이해하고 알아야 할 것(지식·이해), 과학과 사고 및 탐구 과정과 절차(과정·기능) 및 과학과 교과 활동을 통해서 기대되는 가치·태도(가치·태도)의 3차원으로 과학과 내용 체계표(교육 내용)를 구성하고, 이에 근거하여 성취기준을 구체적으로 개발한다. 내용 체계표에 제시된 학교급별로 차별화되는 과학과 과정·기능과 가치·태도를 해당 학년군의 학생발달 수준에 적합하게 성취기준에 담아낼 수 있도록 해당 과정·기능과 가치·태도를 구현하는 ‘성취기준 서술어(예시)’를 개발하여 제공한다.

[과학과 교육과정 개발을 위한 기준 반영]

- ▶ 과학과 교육과정을 통해서 길러주고자 하는 역량을 과학과 교육내용, 교수학습, 평가를 통해 구현하는 방안을 모색함. 여기서 역량이란 학습자가 특정한 상황과 맥락에서 교과 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 등을 통합적으로 작동시켜 삶의 다양하고 복잡한 문제를 해결하는 능력으로 정의할 수 있음.
- 과학과 교육과정의 본질과 열개를 드러내는 핵심 아이디어(빅 아이디어)를 선정하여 기존의 핵심개념과 일반화된 지식을 개선하고 내용의 질적 적정화를 도모함. TIMMS 등 국제 평가에 반영된 과학과 내용 표준을 비교 분석하여 과학과 내용을 적정화함.
- 기존 2015 개정 교육과정의 과학과 기능을 개선하여 과학과 고유의 사고, 탐구, 문제해결 등의 과정·기능을 명료화하여 깊이 있는 학습이 가능하게 함.
- ▶ 핵심 아이디어를 중심으로 과학 내용 영역 간, 다른 교과 간 연계와 통합을 할 수 있도록 학습 내용을 조직함.
- ▶ 성취기준은 영역별로 학생의 수행을 중심으로 학습의 결과를 나타내도록 하고(performance expectation), 내용체계의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 반영하여 구체화함.
- ※ 특히 총론과의 일관성을 확보하고, 과정·기능, 가치·태도를 과학과 특성을 반영하여 명료화 함.

둘째, 총론에서 제시하는 주요 방향과 지침을 준수하면서, 주요 선진국을 비롯한 국외의 최신 과학과 교육과정 동향 분석을 통해 글로벌 수준에서 강조되는 변혁적 역량 함양 및 학생의 행위 주체성을 함양할 수 있는 2022 개정 과학과 교육과정 최종 시안을 개발한다. 특히, 2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발의 토대가 되는 포스트 코로나 대비 미래 지향적 과학교과군 교육과정 구성 방안 연구(정대홍 외, 2021), 역량 함양 과학과 교육과정 재구조화 연구(신영준 외, 2021) 등의 연구성과를 반영하여 효율적으로 연구를 수행하되, 고교학점제 전면 시행 및 역량 함양 교육과정에 부합하는 과학과 교육과정 시안(최종안)을 개발한다.

셋째, 환경·지속가능 발전 교육 등 10가지 범교과 학습 주제와 생태 전환 및 민주시민 교육, 디지털 기초 소양 교육 등 미래 사회 대비 역량 함양을 위한 국가·사회적 요구 사항의 과학과 교육과정 반영(안)을 제시한다. 10가지 범교과 학습 주제의 해당 주제와 관련이 있는 과학교과의 과목에서 '성격과 목표', '내용 체계', '성취기준', '교수·학습 및 평가'에 관련되는 범교과 학습 주제를 반영한다.

또한, 시민 가치 중심의 민주시민교육을 강화하고, 과학과 교육과정 목표와 내용 등에 지속가능한 미래를 위한 생태전환교육을 반영한다. 특히, 기후환경 변화에 대비한 생태전환교육, 불확실성을 특징으로 하는 지능정보사회 대비를 위한 디지털 리터러시 교육, 감염병 확산 등에 대비한 안전한 생활 교육, 인간소외 극복과 연대를 위한 민주시민교육 등과 같이 미래 사회변화에 따라 요구되는 다양한 사회적 이슈를 과학과 핵심 아이디어와 성취기준 등에 반영한다.

2) 과학과 교육과정 체제 구체화

첫째, 1차 시안 개발 연구(* 21.11.26. ~ * 22.5.6.)와 연계하여, 학교급별 진로연계학기(초등학교의 6-2학기, 중학교 3-2학기, 고등학교 1-1학기), 자유학기제(중학교), 학생발달 단계 등을 고려한 교육과정의 연속성·체계성 확보 및 기초 학력 보장 방안을 구체화한다. 학교급별 전환기 교육, 자유학기제(중), 학생발달 단계를 고려한 연속성·체계성이 확보된 교육과정 제시 및 기초 학력 보장 방안을 제시한다. 특히 초등학교 1~2학년 ‘즐거로운 생활’ 과목을 구성할 때 ‘즐거로운 생활’ 과목에서 학습해야 할 필수 과학 내용 요소를 반영하는 방안 등을 포함하여, 과학과 교육과정과 유기적으로 연계하는 방안을 모색한다.

둘째, 과학고 및 과학과 교과특성화고등학교 등 설립 목적 및 취지를 고려한 과목 내용 체계 및 진로에 따른 과목 내용 체계 및 위계, 공통 과목 편제 등을 설정한다. 2015 개정 교육과정의 전문교과 I 과목을 2022 개정 교육과정에서는 과학계열 특목고 선택 과목(과학계열 진로 선택 및 과학계열 융합 선택)으로 편성·운영하게 되므로, 고등학교 과학과 공통 과목—일반 선택 과목—진로 선택 과목—과학계열 진로/융합 선택 과목 등 진로에 따른 과목 내용 체계와 위계 설정 그리고 진로에 따른 이수 경로 안내 등을 필요로 한다. 특히, 융합 선택 과목의 경우 과학과 연구진의 모든 전공을 아우르는 별도의 TF팀을 구성하여 학생의 진로 향방을 막론하고 선택하여 과학 관련 진로 적성을 개발할 수 있도록 교육과정을 개발한다.

<표 1-3> 2022 개정 과학과 교육과정 고등학교 과목 체제

공통 과목	선택 과목		
	일반 선택	진로 선택	융합 선택
● 통합과학 1 ● 통합과학 2 ● 과학탐구실험 1 ● 과학탐구실험 2	● 물리학 ● 화학 ● 생명과학 ● 지구과학	● 역학과 에너지 ● 전자기와 양자 ● 물질과 에너지 ● 화학 반응의 세계 ● 세포와 물질대사 ● 생물의 유전 ● 지구시스템과학 ● 행성우주과학	● 과학의 역사와 문화 ● 기후변화와 환경생태 ● 융합과학 탐구
		과학 계열 ● 고급 물리학 ● 고급 화학 ● 고급 생명과학 ● 고급 지구과학 ● 과학과제 연구	과학 계열 ● 물리학 실험 ● 화학 실험 ● 생명과학 실험 ● 지구과학 실험



[그림 1-1] 과학과 고등학교 진로별 이수 경로(안)

셋째, 교과별 학습 개념에 기초한 교육내용, 성취기준 해설, 교수·학습 및 평가 방향 등에 대한 구체적인 내용과 기준을 제시한다. 다양한 교수·학습 및 평가 방법 제시, 교사의 교육과정 재구성과 교실 수업 개선을 이끄는 교육과정 개발, 다양한 교수·학습·평가를 구체화하는 사례 포함한다.

또한, 국내외 과학교육 동향을 반영하여 디지털 리터러시 함양을 위한 교수학습 방안(온라인 콘텐츠 활용방안, 최신 SW 활용방안, AI 플랫폼 활용방안 등) 구체화한다. 특히, 학생 중심의 탐구 활동 강화 및 실험·실습 활동(hand-on activity) 위축 방지를 위한 교육과정 문서의 진술 체제를 연구한다.

지능형 과학실 등 미래지향적 과학교육 환경을 반영하여 다양한 교수·학습 및 평가 방안(원격수업 모델 및 평가 지침 안내, 빅데이터·AI 맞춤형 교수·학습 및 평가 활용, 온·오프라인 연계 및 블렌디드 교수·학습 및 온라인 평가, 온라인 교수·학습과 평가를 위한 교육내용 재구성, 과정 중심 평가 등)을 개발·제공한다. 학습자가 행위주체(agency)로서 과학과 탐구 과정과 사고기능을 체화함으로써 지식 생산 및 변혁적 역량을 함양할 수 있도록 학생 맞춤형 수업, 교과 내 및 교과 간 연계·통합, 과정 중심 평가 방안 등을 구체화하여 제공한다.

[과학과 교수·학습 및 평가 방향: 고려 사항]

- ▶ (역량 교육 강화)
 - 학습자의 삶과 연계한 깊이 있는 학습을 유도
 - 지식뿐만 아니라 탐구 과정과 사고기능, 가치 및 태도를 유기적으로 학습
 - 수업의 능동적인 주체로서 학생의 역할 강조하여 학생 맞춤형/개별화 수업 지향
 - 과학 영역/과목 및 교과 간 연계·통합을 통한 통합적 사고 능력 함양
- ▶ (미래지향적 교육환경 반영)
 - 뉴 노멀을 대비하여 온·오프라인 연계(블렌디드 러닝)를 고려한 다양한 원격수업 모형과 및 평가 지침 안내
 - 교육과정, 교수·학습, 평가의 일관성 확보 및 피드백 강화를 위한 과정 중심 평가의 내실화 및 강화
 - 지능형 과학교실 등을 활용한 탐구 수업의 다양화 및 활성화 방안 마련
 - 디지털 도구 및 지능정보기술(빅데이터·AI 등)을 활용한 교수·학습 및 평가 개선
 - 지식/이해 중심의 평가에 벗어나 탐구 과정/기능을 포함한 역량 평가 강화
- ▶ (다양한 학습자에 대한 고려)
 - 일반 학습자뿐만 아니라 특수교육 학생, 다문화 학생, 느린 학습자 등 다양한 학습자를 고려한 교수·학습 및 평가 원칙과 중점을 제시
- ▶ (고교학점제 전면 도입 대비)
 - 고교학점제 전면 도입에 따른 성취평가제 확대 및 미이수제 도입 등을 고려
 - 지역연계 교육과정, 공동교육과정 등을 고려하여 학교 현장의 적용 가능성을 높일 수 있도록 고등학교 선택 과목 교육과정 개발
 - 고교학점제에서 미이수 예방을 위한 적절한 교수·학습 방법 및 유의 사항 제시

3) 현장 적합성 검토

첫째, 고교학점제, 학교 자율 시수 도입 등에 따른 학교급별 과학과 학습 내용의 수준 및 내용의 양적, 질적 적정화 방안을 제시한다.

- (고교학점제 도입) 수업량 감축(高):총 교과 이수 단위 204단위→최소졸업이수학점 192학점
- (학교 자율 시수 도입) 수업 주 수 17주→16주(16+1)

과학과 고등학교 선택 과목의 경우 기본이수학점인 4 ± 1 학점을 기준으로 하되, 1학점 학습량을 50분 기준 ‘17회에서 16회’로 조정하여 과목별 내용량을 구성한다. 고등학교 과학과 공통 과목인 ‘통합과학 1, 2’의 경우 학기별로 ① 4학점 규모로, ② 1학점을 50분 기

준 ‘17회에서 16회’ 분량으로 편성함으로써 양적으로 학습량을 적정화하고, ③ 관통개념 통합주제와 관련된 성취기준을 통폐합하는 등을 통해 질적으로 학습량을 적정화한다.

둘째, 과학과 교육과정(내용 체계표, 성취기준 등)의 적절성, 현장 적합성 검토 및 학교급, 교과 내 영역 간, 타 과목 간 내용, 성취기준 등 중복성을 검토한다. 초·중등 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발의 주요 단계별로 과목별 교육과정의 내용 체계와 성취기준의 적절성, 학교급별과 과학 교과 영역 간 내용 연계성과 중복성 등에 대한 현장 적합성 검토를 시행한다. 특히 총론의 성취기준 작성 지침에 따라 각각의 성취기준 앞에 제시한 코드명을 활용하여 타 교과 및 과학 영역과의 관련성과 중복성을 검토하였다.

셋째, 2015 개정 과학과 교육과정과 비교를 통한 학습량 적정화 수준의 적절성 검토 및 학교 현장의 교육과정 변화 이해도 자료를 마련한다. 2015 개정과 2022 개정 과학과 교육과정의 교과목별로 영역별 내용 요소 및 성취기준 등을 포함하여 개정 내용, 교육과정의 학습량 적정화 수준에 대한 양적, 질적 판단을 돕기 위한 교과목별로 학습량 적정화 내역, 학교급별 주요 재구조화 내용 등을 제시하였다.

2022 개정 과학과 교육과정 시안 개발 현장 적합성 검토 방안을 살펴보면, 초·중고 학교 현장에 개발 성취기준 타당성 설문 조사를 시행하고, 관련 학회에서의 공청회, 공개토론회 등을 통한 의견을 수렴하며, 기타 교육과정 관련자(학부모 포함, 전문가, 교육행정가 등)의 의견을 수렴하였다.

4) 교과서 개발 방향 제시

2022 개정 과학과 교육과정의 개정 취지를 반영한 교과서 개발의 기본 방향 및 교과서 집필의 주안점 등 초·중등학교 과학 교과서 개발 방향을 마련한다. 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 2015 개정 교육과정에 따른 기존 교과서 개선 방향을 도출하고, 역량 함양을 위한 2022 개정 과학과 교육과정의 강조점인 ‘깊이 있는 학습’과 ‘교과 간 연계와 통합’, ‘삶과 연계한 학습’, ‘학습 과정에 대한 성찰’을 고려한 교과서 개발 방향을 제안한다.

둘째, 교육과정의 내용 체계표 및 성취기준에 명시된 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 통합적으로 함양하기 위한 교과서 개발의 주안점을 마련한다.

셋째, 초등과 중등에 적합한 디지털 기초소양 탐색에 근거하여, 디지털 기초소양 및 탐구 활동 활성화를 위한 교과서 개발 지침을 마련한다.

넷째, 교육과정의 ‘학습량 적정화’가 교과서의 ‘내용 적정화’로 연결되어 현장의 혼란을 초래하는 ‘과다한 분량의 교과서’가 개발되지 않도록 교과서 개발 방향을 제안한다.

다섯째, 역량 함양에 초점을 두고, 다양하고 질 높은 교과서 개발을 위한 편찬상의 유의점 및 검·인정기준 개선 사항을 도출한다. 특히, 교육과정 개정에 따른 경과 조치의 하나로

교육과정 적용 연도에 따른 학습결손을 보충할 수 있는 교과서 보조자료 개발 방안을 포함한다.

끝으로, 교육부 지침에 따라 초등과 중등을 차별화하여 교과서 개발 방향을 제시한다. 특히, 융합 선택 과목 교과서 개발의 경우 인정도서 여부에 따라, 학교 현장의 교수학습을 지원할 수 있는 실효성 있는 교과서 개발 방향을 제시하고자 한다.

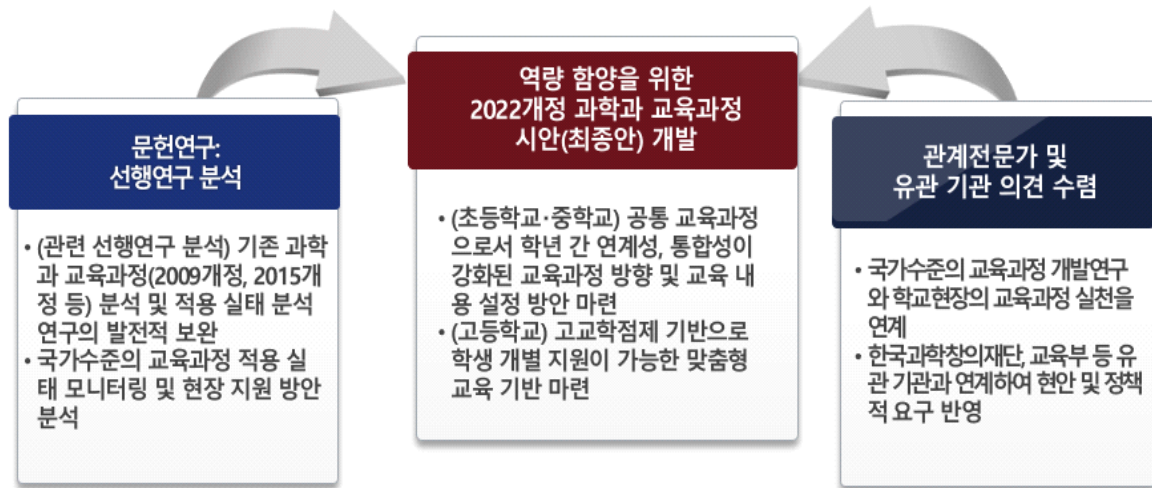
3. 연구 방법

본 연구의 방법을 살펴보면 다음과 같다.

가. 연구추진 전략 및 방법

본 연구의 실효성 있는 수행과 연구 결과물의 질적 제고를 위해 크게 ‘선행연구의 분석 및 발전적 보완’과 ‘2022 개정 과학과 교육과정 재구성 및 적용을 담당하는 현장 전문가 및 관계자의 의견 수렴’을 추진 전략으로 설정하였다. 2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발의 토대가 되는 (1) 2015 개정 과학과 교육과정 현장 적용 모니터링 연구(한국과학창의재단, 2019; 2020; 2021), 포스트 코로나 대비 미래지향적 과학교과군 교육과정 구성 방안 연구(정대홍 외, 2021), 역량 함양 과학과 교육과정 재구조화 연구(신영준 외, 2021) 및 2022 개정 과학과 교육과정 시안 개발 연구(신영준 외, 2022) 등의 연구성과를 반영하여 효율적으로 연구를 수행하되, 고교학점제 전면 시행 및 역량 함양 교육과정에 부합하는 과학과 교육과정 시안(최종안)을 개발한다.

연구진을 학교급별(초등학교, 중학교, 고등학교) 그리고 과학 분야별(물리학, 화학, 생명과학, 지구과학)로 교차 구성·운영하되, 역량 함양, 고교학점제 대비, 초·중·고 공통 교육과정과 선택 교육과정의 연계 등에 초점을 두고 교육과정 시안(최종안)을 개발한다.



[그림 1-2] 연구추진 전략 및 방법

1) 문헌 연구

먼저, 국내외 과학과 교육과정과 내용 표준 및 과학탐구 관련 연구 동향을 비교 분석한다. OECD Education 2030, OECD/PISA 과학과 평가를 개발 동향, 영국, 미국(NGSS), 캐나다 등과 같은 국외 과학교육표준 관련 연구 동향을 분석하여 과학과 내용 표준(지식, 기능, 태도·가치), 핵심역량, 과학교육표준의 핵심 요소 등을 분석한다. 국내에서 2014년부터 2020년에 걸쳐 수행된 미래세대 과학교육표준(Korean Science Education Standards: KSES) 개발 5단계 연구를 분석하여 과학과 교육과정의 인재상, 방향성, 문서 체제, 내용 표준 등을 도출하였다.

국내외 과학교육표준, OECD/TIMSS 교수·학습 환경 국제 비교 연구, 4차 산업혁명 시대의 Edu-AI 관련 연구 등을 분석하여 첨단과학기술 기반 과학 탐구 운영 실태를 점검하였다. 과학과 교육과정 개발 관련 기존 연구 자료 등 국내 선행연구 분석을 통해 개선점 및 방향 탐색하였다. 특히, 핵심역량을 반영한 교육과정을 특징으로 하는 2015 과학과 교육과정 개발과 운영 실태분석 연구, 과학과 역량기반 교육과정 개발, 핵심 개념을 중심으로 한 과학과 통합형 교육과정 개발 등과 같은 선행연구 분석을 통해 초·중·고 교육과정의 개선점 및 방향을 도출하였다.

과학과가 추구하는 교육목표, 학습자 주도성에 초점을 둔 과학과 교육과정 개발 등에 대한 개선방안을 도출하였다. 과학과 교육과정의 과정·기능, 과학과 통합단원과 핵심 개념, 학생 참여형 수업과 과정 중심 평가 등에 대한 개선방안을 도출하였다.

2) 양적 및 질적 분석

먼저, 전문가 및 현장 교사, 학생, 교육전문직, 교육과정심의위원 등 과학과 교육과정 개발 관련 전문가를 활용하여 2022 개정 과학과 교육과정의 과목별 핵심 개념 구성을 포함한 교과목 구조 설계, 과학과(초·중·고) 교육과정 재구조화 등에 대한 전문가 델파이 조사, 과학영역별 내용의 계열과 범위에 대한 FGI 결과를 분석하였다.

또한, 전문가 심층 면담과 협의회 등을 통해 2030~2040시대를 대비한 과학과 역량 함양 교육과정의 체제를 초등학교와 중학교 과학, 고등학교 과학과 공통 과목, 고등학교 2~3학년의 선택 과목군 등으로 구성하는 방안을 탐색하였다.

전문가 협의회 및 세미나 개최를 통해 교육과정 전문가, 교사, 학부모, 교육학, 교과교육 학자 및 순수 학문 분야 전문가, 교육전문직, 관련 부처 관계자, 시민 단체 등 각계 전문가의 의견을 수렴하고 반영하였다. 관련 학회, 교과별 수업 관련 연구회 등을 통해 다각적으로 현장 의견을 수렴하였으며, 특히 과학기술계 전문가 협의회를 통해 최신 과학기술 내용과 실험방법, 과학적 오류 점검 등을 수행하였다.

3) 공청회 개최

총론 및 각론 연구책임자 연석회의, 학교급별·교과별 각론 연구진 워크숍, 전체 교과 연구진 합동 워크숍 등에 참석하고 총론과 각론인 과학과 교육과정과의 일관성과 연계성을 확보하였다.

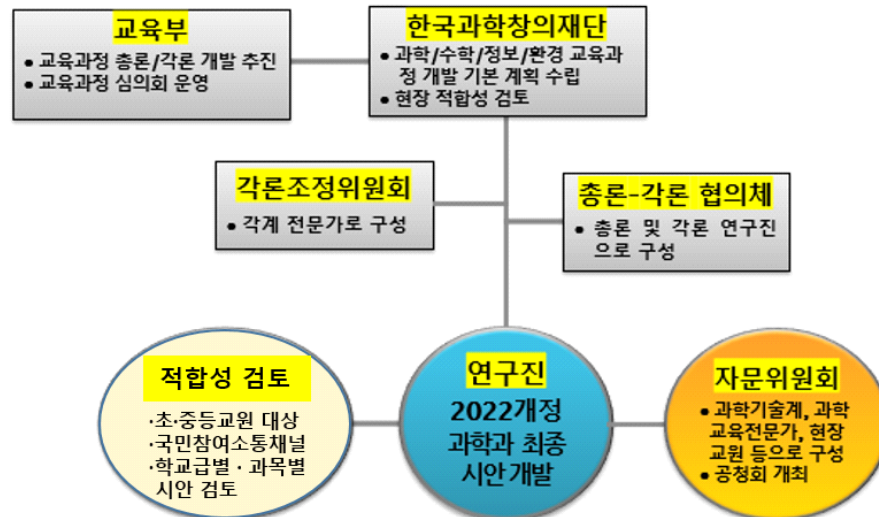
과학과 교육과정 시안에 대해 관련 학생·학부모·교원 및 유관 학회, 전문가, 관련 부처 등 이해 관계자 등 현장 의견을 수렴하였으며, 2022 개정 과학과 교육과정 시안에 대한 사회 각계각층 국민 의견 수렴을 위한 공론화의 장(場) 마련 및 쟁점 사항을 조정하였다.

4) 초·중등학교 교원 및 일반 국민 대상 현장 적합성 검토

초·중·고 현장 교원을 대상으로 학교급별·교과별 교육과정 시안에 대한 현장 적합성 검토를 시행하였다. 시·도교육청 추천 및 학교 현장의 과학과 교사공동체 등을 통해 구성된 현장 핵심 교원 등에게 연구 내용의 적정성, 과학과 교육과정 시안(최종안) 자문 등을 중심으로 현장 적합성 검토를 시행하였다.

또한 2022 개정 교육과정 국민참여소통채널(<https://educhannel.edunet.net>)을 통해 현장 교원뿐만 아니라 일반 국민의 의견을 받아 이에 대한 적절성을 고려하여 교육과정 시안(최종안) 개발에 반영하였다.

나. 연구 추진 체계



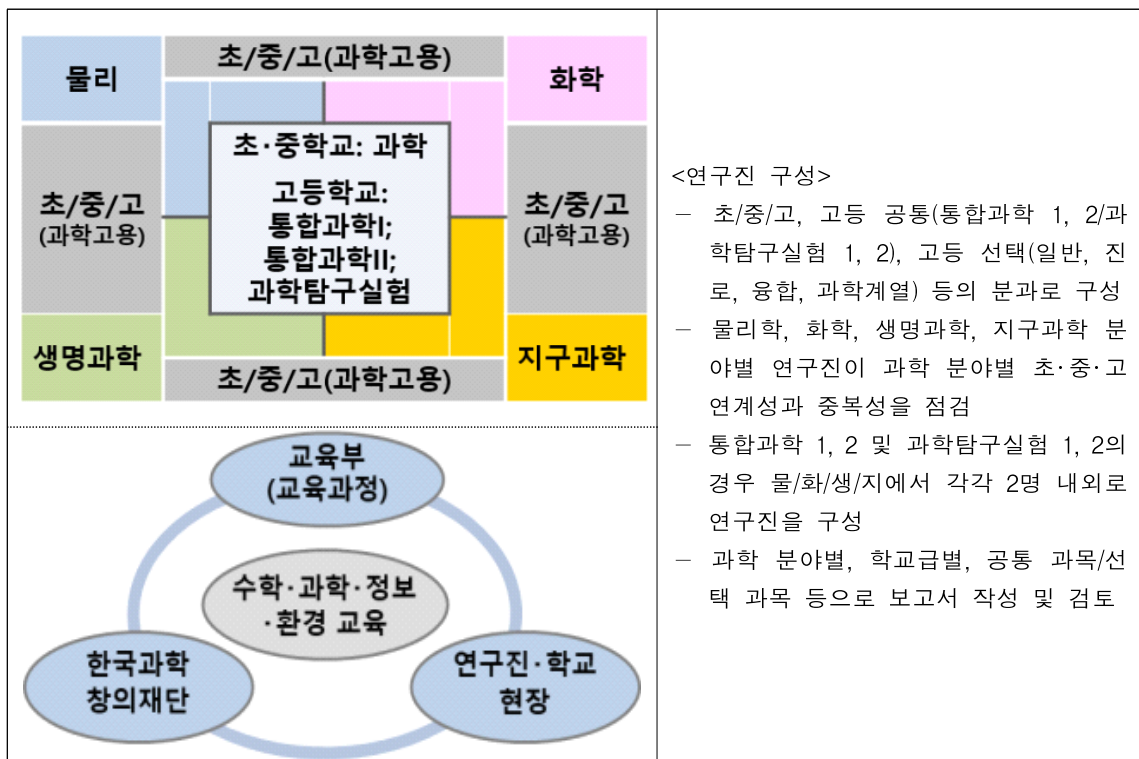
[그림 1-3] 연구 추진 체계

첫째, 개정 교육과정의 현장 적합성 제고를 위해 연구진에 현장 교원을 50% 이상의 비율로 포함하였다. 연구의 범위와 수준을 고려하여, 과학교육 경험이 풍부한 다수의 과학교육 전문가와 과학계, 연구기관 등의 포함한 각계 전문가를 지역, 직위, 출신학교, 영역 등을 고려하여 균형 있게 구성하였다. 특히, 교수, 교사, 학교급별, 교육학, 이학, 성별, 지역, 나이 등을 적절히 고려하였으며, 교육과정 개발, 교과서 집필, 교과서 심의 등 교육과정 및 교과서 관련 다양한 경험자로 구성하였다.

둘째, 다양한 분야의 전문가로 연구진 구성하였다. 과학교육 및 과학과 교육과정의 내용학 및 교과교육학과 관련된 학회*와 전문 연구기관 등을 포함하여 다양한 전문가들로 연구진 구성하였다.

* 한국교육과정평가원, 과학교육 및 과학 관련 대표 학회의 추천을 받아 연구진 구성(추천학회 : 한국과학교육학회, 한국물리학회, 대한화학회, 한국생물과학협회, 한국지구과학학회연합회, 전국과학교사협회 등)

셋째, 연구 방향, 연구 내용 및 방법에 대한 전문가 협의회, 세미나, 교육부 연구협력관 및 재단 과제책임자와의 상시 협의 체제를 구축하고 운영하였다. 연구 기간을 고려하여, 교육과정 전체의 연계성과 위계성, 일관성을 검토하기 위해 세부 팀 편성, 정기 협의 및 수시 협의 체제로 운영하였다.



[그림 1-4] 연구진 구성

끝으로, 과학과 교육과정 시안에 대해 관련 학생·학부모·교원 및 관련 학회, 교육과정 및 교과교육 전문가, 관련 부처, 관련 교원 단체, 시민 단체, 이해 관계자 등 다양하고 실효성 있는 의견을 수렴하였다. 자문위원은 과학교육 및 내용 전문가로 구성하였으며, 학회에서 추천받은 인력풀과 전문 연구기관의 내용 전문가를 자문위원 또는 검토위원으로 구성하였다. 자문협의회는 매월 최소 1회 정례적으로 개최하는 것을 원칙으로 하였다.

II. 과학과 교육과정의 개정 방향 및 문서 체제

1. 개정의 방향 및 중점

총론 주요 사항(교육부, 2021)에서는 2022 개정 교과 교육과정 개발 방향을 (1) 역량 교육 반영, (2) 기초 소양 교육 반영, (3) 디지털·AI 소양 함양 교육 반영, (4) 생태전환교육 및 민주시민교육 반영, (5) 범교과 학습 주제와 관련한 내용을 교과목 성취기준에 반영, (6) 교과교육을 통한 초·중학교 진로연계학기 운영 반영, (7) 교과별 성취기준 개발 지침 설정 시 학교 자율시간 확보 방안 반영, (8) 학교급별 교육과정 개선 사항 반영 등으로 설정하였다. 이를 기반으로 하여 2022 개정 과학과 교육과정 개정의 기본 방향은 다음과 같이 설정하였다.

첫째, 미래 사회에 필요한 핵심역량 함양을 목표로, 학습자 맞춤형 교육과정과 학습자 주도성을 구현할 수 있도록 과학과 학습량을 적정화하여 모든 학생을 위한 과학교육 구현하고자 하였다. 둘째, 과학적 기초소양 함양을 위한 공통과정, 학습자 진로·적성과 능력에 따른 맞춤형 과학교육이 가능한 일반 선택, 융합 선택, 진로 선택 및 과학계열 융합 선택과 진로 선택 과목을 개설하였다. 셋째, 자연 현상에 대한 융·복합적 사고력 함양과 학습 흥미도 제고를 위해 디지털·AI 교육환경에 맞는 탐구 활동 중심의 교수·학습 및 평가 방법을 제시하였다.

이러한 개정의 방향과 중점 사항은 각 교과가 공통으로 추구하고 있는 문서 체제에 반영하였다. 문서 체제는 일러두기를 비롯하여 교과 교육과정 설계 개요, 성격과 목표, 내용 체계 및 성취기준, 교수·학습 및 평가의 방향 등으로 구성되어 있다. 이들 문서 체제에 대한 주요한 특징은 다음과 같다.

2. 과학과 교육과정 문서 체제

2022 개정 과학과 교육과정의 문서 체제는 2022 개정 교육과정의 전체의 공통된 문서 체제를 따르고자 한다. 공통된 문서 체제 구성은 <표 II-1>과 같다(교육부, 2022). 문서 체제의 각 구성 요소별로 개정의 주요 내용을 살펴보고자 한다.

<표 II-1> 2022 개정 교과 교육과정 문서 체제의 구성 목차

2015 개정 교육과정	2022 개정 교육과정	변화 사항
	일러두기 교과 교육과정 설계의 개요	- 신설
1. 성격 2. 목표	1. 성격과 목표 가. 성격 나. 목표	- 통합 수정
3. 내용 체계 및 성취기준 가. 내용 체계 나. 성취기준 (1) 영역명 또는 성취기준 그룹명 성취기준 (가) 학습 요소 (나) 성취기준 해설 (다) 교수·학습 방법 및 유의 사항 (라) 평가 방법 및 유의 사항	2. 내용 체계 및 성취기준 가. 내용 체계 (1) 영역명 내용체계표 (2) 영역명 나. 성취기준 (1) 영역명 성취기준 (가) 성취기준 해설 (나) 영역 성취기준 적용 시 고려사항 (2) 영역명	- 영역별 내용체계표 제시 후 영역별 성취기준 제시 - 내용 체계 수정·보완 - 성취기준 수정·보완 - 성취기준 해설은 새로 개발되었 거나 이해를 돕기 위해 필요한 성취기준만 해설 개발 [영역 성취기준 적용 시 고려사항] - 현행 교수학습 및 평가 유의 사항 용어를 영역 성취기준 적용 시 고려 사항으로 수정 - 고교학점제 관련 과목별 최소성취 수준 관련 내용 제시 등 - 필요시 특수교육 및 다문화 학생 등을 위한 지침 진술
4. 교수·학습 및 평가의 방향 가. 교수·학습 방향 나. 평가 방향	3. 교수·학습 및 평가 가. 교수·학습 (1) 교수·학습의 방향 (2) 교수·학습 방법 나. 평가 (1) 평가의 방향 (2) 평가 방법	- 학교 현장에 필요한 교실수업 개선을 위한 지침 - 고교학점제 관련 미이수 도입에 따른 과목별 최소성취수준 관련 내용 제시 - 평가 구체화 필요

가. 일러두기

2022 개정 교육과정에서 일러두기는 교육과정 문서 체제에 대한 설명으로 과학과 교육과정의 문서가 기술된 방법과 내용에 대한 설명을 담고 있다. <표 II-2>’는 총론에서 제시하고 있는 일러두기의 예이다.

<표 II-2> 일러두기

일러두기 과학과 교육과정은 아래의 문서 목차를 기준으로 작성되었으며, 목차 및 주요 용어의 의미에 대한 해설을 참고하여 교육활동에 활용하시기 바랍니다.	
교육과정 설계의 개요	■ 교과(목) 교육과정의 설계 방향에 대한 개괄적인 소개 ■ 교과(목)와 총론의 연계성, 교육과정 구성 요소(영역, 핵심 아이디어, 내용 요소 등) 간의 관계, 교과 역량 등 설명
1. 성격 및 목표	성격 교과(목) 교육의 필요성 및 역할 설명 목표 교과(목) 학습을 통해 기르고자 하는 능력과 학습의 도달점을 총괄 목표와 세부 목표로 구분하여 제시
2. 내용 체계 및 성취기준	내용 체계 ■ 영역: 교과(목)의 성격에 따라 기반 학문의 하위 영역이나 학습 내용을 구성하는 일차 조직자 ■ 핵심 아이디어: 영역을 아우르면서 해당 영역의 학습을 통해 일반화할 수 있는 내용을 핵심적으로 진술한 것. 이는 해당 영역 학습의 초점을 부여하여 깊이 있는 학습을 가능하게 하는 토대가 됨 ■ 내용 요소: 교과(목)에서 배워야 할 필수 학습 내용 · 지식·이해: 교과(목) 및 학년(군)별로 해당 영역에서 알고 이해해야 할 내용 · 과정·기능: 교과 고유의 사고 및 탐구 과정 또는 기능 · 가치·태도: 교과 활동을 통해 기를 수 있는 고유한 가치와 태도 성취기준 영역별 내용 요소(지식·이해, 과정·기능, 가치·태도)를 학습한 결과 학생이 궁극적으로 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 도달점 ■ 성취기준 해설: 해당 성취기준의 설정 취지 및 의미, 학습 의도 등 설명 ■ 성취기준 적용 시 고려 사항: 영역 고유의 성격을 고려하여 특별히 강조하거나 중요하게 다루어야 할 교수·학습 및 평가의 주안점, 총론의 주요 사항과 해당 영역의 학습과의 연계 등 설명
3. 교수·학습 및 평가	교수·학습 ■ 교수·학습의 방향: 교과(목)의 목표를 달성하기 위한 교수·학습의 원칙과 중점 제시 ■ 교수·학습 방법: 교수·학습의 방향에 따라 교과(목) 수업에서 활용할 수 있는 교수·학습 방법이나 유의 사항 제시 평가 ■ 평가의 방향: 교과(목)의 목표를 달성하고 학습을 지원하기 위한 평가의 원칙과 중점 제시 ■ 평가 방법: 평가의 방향에 따라 교과(목)의 평가에서 활용할 수 있는 평가 방법이나 유의 사항 제시

2015 개정 교육과정의 내용 체계표와 2022 개정 교육과정 내용 체계표의 차이를 정리해보면 다음과 같다.

<표 II-3> 2015/2022 개정 교육과정 내용 체계표 비교

2015 교육과정	2022 개정(안)
1. 성격 2. 목표 3. 내용 체계 및 성취기준 가. 내용 체계 나. 성취기준 (1) 영역 또는 성취기준 그룹명 (가) 학습요소 (나) 성취기준 해설 (다) 교수·학습 방법 및 유의 사항 (라) 평가 방법 및 유의 사항 4. 교수·학습 및 평가의 방향 가. 교수·학습 방향 나. 평가 방향	[교육과정 설계의 개요] 신설 1. 성격 및 목표 2. 내용 체계 및 성취기준 가. 내용 체계 나. 성취기준 (1) 영역명 (가) 성취기준 해설 (나) 성취기준 적용 시 고려 사항 3. 교수·학습 및 평가 가. 교수·학습 (1) 교수·학습의 방향 (2) 교수·학습 방법 나. 평가 (1) 평가의 방향 (2) 평가 방법

나. 과학과 교육과정 설계의 개요

2022 개정 교육과정의 문서 체제에서 가장 큰 변화 중 하나는 ‘교과 교육과정 설계의 개요’가 새롭게 도입된 점이다. 각론 조정 연구팀에서는 교과별 특수성을 반영한 ‘교과 교육과정 설계의 개요’를 제시함으로써 독자의 이해와 활용에 도움을 주도록 하였다. 교과 교육과정 설계의 개요에 포함할 내용은 <표 II-4>와 같다(교육부, 2022).

<표 II-4> 교육과정 설계의 개요 포함 내용

1. 2022 개정 교육과정의 총론 주요 방향과 해당 교과 교육과정의 연계
2. ‘영역’ 구성 및 영역별 핵심 아이디어 설정에 대한 설명
3. 내용 체계의 세 가지 범주, [지식·이해], [과정·기능], [가치·태도]에 대한 설명
4. 목표, 내용 체계, 성취기준, 교수학습 및 평가의 연계성에 대한 설명
5. 기타 교과 교육과정 설계와 관련된 내용(학년군이나 학교급에 따른 특징 등)

‘과학과 교육과정 설계의 개요’는 초·중학교와 고등학교로 구분하여 작성하였다. 고등학교 교육과정 설계의 개요에는 초·중학교 내용에 추가하여 고등학교 선택 과목 간의 위계, 이수경로 제안 등을 제시하였다.

과학과 교육과정 설계의 개요를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 도입부에서는 과학과 교육과정을 통해 기르고 싶은 인간상과 과학교육의 목적, 과학과 고유의 특성을 진술하였다.

둘째, 총론의 주요 방향과 교과 교육과정의 연계, 즉 총론 핵심역량이 과학과와 어떻게 연계되는지를 설명하였다. 과학과 교육과정 설계의 개요에서는 과학과 교과 역량을 적시하기보다는 ‘총론의 범교과적, 일반적 역량과 연계하여, 과학적 탐구력과 과학적 사고력 등과 같은 과학과 핵심역량을 기르는 데 중점을 두는 것’으로 진술하였다. 또한, 과학과 목표 진술에서는 ‘과학적 소양을 갖춘 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 과학적으로 해결하고 참여·실천하는 ‘역량’을 함양하는 것을 목표로 한다.’라고 적시하였다.

셋째, 과학과 과목 간의 연결이나 차별성을 설명하였다. 특히 고등학교의 경우 과목 간 위계가 명확하여, 관련 과목들의 이수 경로를 제안하였다. 고등학교 일반 선택, 진로 선택, 융합 선택, 그리고 과학계열 선택 과목의 성격과 특성을 진술하고, 이어서 학생들의 진로 적성에 따라 공통 과목을 기반으로, 일반 선택이나 융합 선택 과목을 이수하고, 이어서 진로 선택 과목, 과학계열 진로 선택 과목을 이수하는 경로를 제안하였다.

넷째, 과학과 공통 과목과 선택 과목 등에 대해 교과(목)별 영역 구성의 원리와 특성, 교과목 내 영역들의 연계성과 차별성 등을 진술하였다. 특히 고등학교 공통 과목과 선택 과목의 차별성, 다양한 선택 과목 간의 관련성과 차별성 등을 설명하였다.

다섯째, 과학과 교육과정의 성격과 목표 진술의 특징, 내용 체계와 성취기준 간의 연계성, 교수·학습 및 평가의 방향 등을 진술하였다. 과학과 핵심 아이디어 선정 원리, 핵심 아이디어 도출과정 등을 설명하였다. 내용 체계와 성취기준의 연계성에서는 내용 체계의 세 가지 범주인 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도가 성취기준에 어떻게 구현되고 있는지를 설명하였다.

끝으로 과학과 교육과정 설계의 전반적인 방향과 내용을 보여주는 도표를 제시하였다. 도표에는 과학교육의 목적, 교과목 구성과 위계, 핵심 아이디어와 내용 체계 구성의 3가지 차원 등을 일목요연하게 제시하였다.

다. 성격 및 목표

2022 개정 교육과정 각론 조정 연구팀에서는 2015 개정 교육과정에서 교과 특성에 따라

‘성격’ 과 ‘목표’ 의 내용이 중복되는 현상을 개선하기 위해 <표 II-5>와 같이 2022 개정 교과 교육과정의 ‘성격 및 목표’ 진술 지침을 마련하였다.

<표 II-5> 성격 및 목표 진술 지침

1. 각 교과가 가지는 고유의 특성에 대해 개괄적으로 소개한다.
2. 총론에 제시된 ‘추구하는 인간상’과 ‘학교급별 교육목표’와 연계하여 교과 고유의 성격을 구체적으로 제시한다.
3. 해당 교과를 배워야 하는 이유와 해당 교과를 학습하는 것이 인간이 살아가는 데 왜 중요한지와 관련하여 ‘교과교육의 필요성 및 역할’을 제시한다.
4. 목표는 교과 교육과정이 지향해야 할 방향과 학생이 달성해야 할 학습의 도달점으로 진술한다. 2015 개정 교육과정에 제시된 교과 역량에 비추어 학생들이 교과 학습을 통해서 기르고자 하는 능력을 목표에 반영하여 진술한다.

각론 조정 연구팀에서 제시한 ‘성격 및 목표’ 진술 지침에 따라 과학과의 성격 진술은 (1) 과학과의 고유 특성에 대한 개괄적 소개, (2) 총론에 제시된 ‘추구하는 인간상’ 과 ‘학교급별 교육목표’ 와 연계한 과학과 고유의 성격, (3) 과학 교과의 구성 영역, (4) 과학 교과를 배워야 하는 이유와 인간 삶에서 과학 교과 학습의 중요성 등으로 구성하였다.

공통과정인 초·중학교 ‘과학’ 의 성격 진술(안)을 예시하면 <표 II-6>과 같다.

<표 II-6> ‘과학’의 성격 진술(초·중학교 예시)

‘과학’은 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위한 교과이다. ‘과학’ 교과에서는 모든 학생이 과학의 기본 개념을 익히고 과학 탐구 능력과 태도를 길러, 자연과 일상생활에서 접하는 현상을 과학적으로 이해하고, 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 과학적으로 해결하고 참여·실천하는 ‘역량’ 함양에 중점을 둔다. **[과학과의 고유 특성에 대한 개괄적 소개]**

‘과학’은 초등학교 1~2학년에서 학습한 내용을 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하고, 고등학교 과학과 선택 과목 학습에 필요한 최소한의 과학 기초 학력을 보장하기 위한 교과이다. ‘과학’은 초등학교 1~2학년의 ‘슬기로운 생활’과 고등학교 1학년의 ‘통합과학 1, 2’ 및 ‘과학탐구실험 1, 2’, 그리고 고등학교 일반 선택, 진로 선택 및 융합 선택 등의 과목과 긴밀한 연계를 갖도록 구성한다. **[총론에 제시된 ‘추구하는 인간상’과 ‘학교급별 교육목표’와 연계한 과학과 고유의 성격]**

‘운동과 에너지’ 영역에서는 힘과 에너지, 전기와 자기, 열, 빛과 파동 등을 다루며, ‘물질’ 영역에서는 물질의 구조, 물질의 성질, 물질의 변화를 다룬다. ‘생명’ 영역에서는 생물의 구조와 에너지, 항상성과 몸의 조절, 생명의 연속성, 환경과 생태계, 생명과학과 인간의 활동을 다루며, ‘지구와 우주’ 영역에서는 고체 지구, 유체 지구, 천체를 다룬다. ‘과학과 사회’ 영역에서는 앞선 네 가지 영역의 내용을 통합적으로 다루면서 과학과 안전, 과학과 지속 가능한 사회, 과학과 진로 등을 다룬다. **[과학 교과의 구성 영역]**

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융·복합 영역이 창출되는 사회로, 과

학적 문제해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. ‘과학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, ‘과학’의 5개 영역과 관련된 지식·이해와 가치·태도를 함양하고 과정·기능을 익힘으로써 행위 주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다. **[과학 교과를 배워야 하는 이유와 인간 삶에서 과학 교과 학습의 중요]**

과학과의 목표는 각론 조정 연구팀에서 제시한 ‘성격 및 목표’ 진술 지침에 따라 과학과 교육과정이 지향해야 할 방향과 학생이 달성해야 할 학습의 도달점으로 진술하고, 학생들이 과학 교과 학습을 통해서 기르고자 하는 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 관련 능력을 목표에 반영하였다.

공통과정인 초·중학교 ‘과학’의 목표 진술(안)을 예시하면 <표 II-7>과 같다.

<표 II-7> ‘과학’의 목표 진술(초·중학교 예시)

■ 총괄 목표

자연 현상과 일상생활에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 과학적 탐구(과정·기능)를 통해 주변의 현상을 이해하고(지식·이해), 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 데 민주 시민으로서 참여하고 실천하는(태도·가치) 과학적 소양을 기른다.

■ 세부 목표

- 가. 자연 현상과 일상생활에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로, 개인과 사회의 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다. (태도·가치)
- 나. 과학의 탐구 방법을 이해하고 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다. (과정·기능)
- 다. 자연 현상과 일상생활을 과학적으로 탐구하여 과학의 핵심 개념을 이해한다. (지식·이해)
- 라. 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제 해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다. (지식·이해, 과정·기능, 태도·가치)

라. 내용 체계 및 성취기준

1) 내용 체계

2022 개정 교육과정 주요 변화 중 하나로 ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’를 설정한 것이라고 할 수 있다. 탐구 역량 함양을 위해 ‘과정·기능’을, 정의적 영역 강조를 위해 ‘가치·태도’ 영역을 내용 체계표에 명시하였다. <표 II-8>은 각론 조정 연구팀에서 마련

한 ‘내용 체계 진술 지침(교육부, 2022)이다.

<표 II-8> ‘내용 체계’ 진술 지침

1. 교과 학습 내용의 일차적 조직자로서의 ‘영역’을 설정하고, 영역명을 명사형으로 제시한다.
2. 영역별로 소수의 ‘핵심 아이디어’를 문장으로 제시한다.
3. 도출된 핵심 아이디어를 중심으로 영역별 학습 내용을 내용 체계의 세 가지 범주인 [지식·이해], [과정·기능], [가치·태도]로 구분하여 제시한다.
4. [지식·이해] 범주는 학년(군)별 주요 내용 요소를 제시한다.
5. [과정·기능] 범주는 교과의 사고 및 탐구 과정을 명료화하여 제시하되, 학생의 발달 및 수행의 복잡성에 따라 학년(군)별 수준이 드러나도록 제시한다.
6. [가치·태도]는 전 학년을 걸쳐 해당 교과의 학습 활동을 통해서 기를 수 있는 고유한 가치 및 태도를 가능한 한 학년(군)별 수준이 드러나도록 제시한다.
7. 이러한 교과 내용 체계의 세 가지 범주는 교과의 특성에 따라 통합하거나 순서를 변경하여 제시할 수 있다.

과학과의 경우 교과 특성을 반영하여 ‘지식·이해’, ‘과정·기능’, 그리고 ‘가치·태도’의 제시 방식을 초·중학교 과학을 기준으로 경우에 따라서는 변용하여 제시하고 있다. ‘지식·이해’는 3~4학년군 / 5~6학년군/ 중학교군으로 분리하여 제시하였다. ‘과정·기능’은 초등학교와 중학교급으로 구분하여 제시하였다. 즉, 초등학교는 학년군을 구별하지 않고 제시하여 중학교군과만 차별성을 두었다. ‘가치·태도’의 경우 초등학교와 중학교 모두 같은 내용으로 즉, 학교급의 구별을 하지 않고 함께 제시하였다.

각론 조정 연구팀에서 제시한 ‘내용 체계 진술 지침(교육부, 2022)을 고려한 과학과 내용 체계를 예시하면 <표 II-9>와 같다.

<표 II-9> 과학과 내용 체계(초·중학교 운동과 에너지 영역 예시)

핵심 아이디어	• 자연과 일상생활 속의 여러 가지 힘은 물체의 속력과 운동 방향을 변화시키고, 물체의 운동은 힘과 에너지를 통해 예측할 수 있으며, 이는 안전한 일상생활의 토대가 된다. • 전하와 전류는 다양한 전기와 자기 현상을 일으키고, 전기와 자기에 대한 성질은 전구, 전동기 등 여러 가지 전기 기구의 작동 원리로 유용하게 활용된다. • 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하며, 일상생활에서는 단열 등 다양한 분야에 물질의 열적 성질이나 열의 이동 방식이 이용된다. • 빛과 소리는 반사, 굴절, 진동 등 파동의 특성을 가지며, 그 특성은 거울, 렌즈, 악기, 색의 구현 등 편리하고 심미적인 삶에 도움이 된다.
---------	---

범주		학년(군)별 내용 요소		
		초등학교		중학교
		3~4학년	5~6학년	1~3학년
지식·이해	힘과 에너지	• 밀기와 당기기 • 무게 • 수평잡기 • 도구의 이용	• 위치의 변화 • 속력 • 속력과 안전	• 힘 • 중력 · 마찰력 · 탄성력 · 부력 • 등속 운동 • 자유 낙하 운동 • 일과 에너지 • 중력에 의한 위치 에너지 • 운동 에너지 • 역학적 에너지 보존
	(...)			
	(...)			
과정·기능		• 자연과 일상생활에서 운동과 에너지 관련 문제 인식하기 • 문제를 해결하기 위한 탐구 설계하기 • 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등을 통해 자료를 수집하고 비교·분석하기 • 수학적 사고와 컴퓨터 및 모형 활용하기 • 결론을 도출하고, 자연과 일상생활에서 운동과 에너지 관련 상황에 적용·설명하기 • 자신의 생각과 주장을 과학적 언어를 사용하여 다양한 방식으로 표현하고 공유하기		
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학의 사회적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제 해결에 대한 개방성 • 과학 문제 해결의 학문 간 융합적 접근 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유		

2022 개정 과학과 내용 체계의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 초·중학교 과학 교과의 ‘영역’의 경우 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’, ‘과학과 사회’의 5가지 영역으로 설정하고, 영역별로 3~5개의 하위 영역을 설정하였다.

둘째, 핵심 아이디어(가치)의 경우 과학과에서는 기존 과학과 핵심 개념과 일반화된 지식을 통합하여 영역별로 제시하였다.

셋째, 과학과 내용 체계에서 영역별 학습 내용을 세 가지 범주인 ‘지식·이해’, ‘과정·

기능’, ‘가치·태도’로 구분하여 제시하였다. 과학과 ‘지식·이해’의 경우 과학 교과 학습을 통해 배워야 할 구체적 내용과 그에 대한 이해의 내용을 ‘내용 요소’의 형태로 제시하였다. 과학과 ‘과정·기능’의 경우 과학 지식을 습득하는 데 활용되는 사고 및 탐구 과정이면서 동시에 그 자체로서 학습해야 할 과학과 고유의 절차적 탐구 과정을 영역별로 상세화하여 제시하였다. 과학과 ‘가치·태도’의 경우 과학과 교과 활동을 통해서 기를 수 있는 고유한 가치와 실천 태도를 제시하였다.

전체적으로 ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’ 제시 방식에 있어 2015 개정 교육과정과 2022 개정 교육과정의 차이를 비교해 보면 <표 II-10>과 같다.

<표 II-10> 2015/2022 개정 ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’ 비교

구분	2015 개정	2022 개정(안)	
과정·기능	내용 체계표에 ‘기능’으로 제시	· 자연과 일상생활에서 물질과 관련된 현상을 관찰하여 문제를 인식하고 가설을 설정하기 · 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등을 통해 자료를 수집하고 비교·분석하기 · 적절한 변인을 포함하여 탐구 설계하기 · 탐구 결과를 해석하여 결론을 도출하기 · 수학적 사고와 디지털 탐구 도구 활용하기 · 변인 간의 관계를 이끌어내기 위해 자료를 수집하고 이를 그래프로 변환하여 해석하기 · 모형을 이용하여 현상을 설명하거나 예측하기 · 과학적 증거에 기반하여 주장하기	
	· 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		
가치·태도	‘과학적 참여와 평생 학습 능력’을 과학 교과 역량으로 제시	· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성	· 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제 해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유
	내용 체계표에 별도 제시 없음		

2) 성취기준

각론 조정 연구팀에서 마련한 ‘성취기준 진술 지침(교육부, 2022)은 <표 II-10>과 같다.

<표 II-11> ‘성취기준’ 진술 지침

1. 성취기준은 교과(목) 학습을 통해 학생들이 할 수 있어야 할, 또는 할 수 있기를 기대하는 결과 혹은 도달점(outcome)으로 진술한다.
2. 성취기준은 학년군별로 제시하는 것을 원칙으로 한다.
 - 성취기준은 내용 체계표에 영역별로 제시된 세 가지 범주, 곧 [지식·이해], [과정·기능], [가치·태도]에 근거하여 진술한다. 이때, 성취기준의 진술은 내용 체계표의 [지식·이해], [과정·기능], [가치·태도]의 세 가지 범주 중 두 가지 이상의 범주를 정합하는 방식으로 진술한다. 한 가지 범주만으로 진술하는 것도 가능하지만, 이러한 경우 성취기준의 수가 지나치게 많아질 수 있으므로 가급적 지양한다.
3. 내용 체계의 내용 요소와 성취기준이 연계성을 가질 수 있도록 진술한다.
 - 초·중학교의 경우 수업량 유연화 방안(한 학기 17주 기준 수업시수를 16주로 개발, 1주 분량은 자율적 운영), 고등학교의 경우 1학점 학습량 기준 17회에서 16회로 변경 및 기본이수학점 축소(4±1학점(체육·예술, 교양은 3±1학점))를 고려하여 학습량이 적정화될 수 있도록 한다.
4. 학습량 적정화 계획에 따라 성취기준의 수를 조정하여 개발하되, 하나의 성취기준에 지나치게 많은 내용이 포함되지 않도록 한다.
5. 학생의 성장과 발달에 따라 성취기준의 수준이 드러나도록 진술한다. 이를 위하여 학년군 별 수준이 드러나도록 개발 단계에서는 성취기준 학교급/학년군 간 연결표를 활용하여 개발한다(성취기준 표는 고시 문서에서 부록에 제시할 수 있다.)
6. 성취기준에 해당하는 코딩번호는 성취기준 앞에 제시한다.

각론조정팀의 작성 지침을 과학 교과와 특성과 맥락을 반영하여 성취기준을 개발하기 위해 다음과 같은 과학과 교육과정 성취기준 작성 지침을 설정하였다.

첫째, 교과(목) 학습을 통해 학생들이 할 수 있기를 기대하는 결과 혹은 도달점(outcome)으로 진술한다. 이때 학습의 결과가 아닌 과정(활동)으로 읽히지 않도록 주의하여 진술을 수정하였다. 한편, 과학 교과와 경우 ‘과정·기능’과 탐구 활동의 형태가 유사하여 이 둘의 구분이 애매한 경우가 발생한다. 이 경우 해당 진술이 도달점인지 아니면 수단인지를 해당 과목 또는 영역의 맥락에서 해석하고 판단하였다.

둘째, ‘지식·이해’, ‘과정·기능’, ‘가치·태도’ 중 두 가지 이상의 범주를 정합하는 방식으로 진술하였다. 지난 교육과정까지는 대부분의 성취기준이 ‘지식·이해’ 범주에 국한되어 있었고, 여기에 ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’ 범주를 정합하여 진술하는 것은 이번 교육과정 문서 체제에서 주요한 특징이다. 성취기준 진술에 ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’ 범주를 반영하기 위해 1차 연구에서 제시한 ‘과정·기능’ 및 ‘가치·태도’ 진술 정교화 예시를 참고하였다. 한편, 성취기준 진술에서 ‘지식·이해’ 서술어를 명시적으로 드러내도록 하였으며(예: 안다, 이해한다), ‘지식·이해’ 서술어가 명시되지 않는 경우에는 ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’ 서술어의 목적어로서 내용 요소와 명시적으로 관련되도록 작성하였다.

셋째, 내용 요소와 성취기준이 연계성을 가질 수 있도록 진술하였다. 이를 위해 성취기준 진술 안에 ‘내용 요소’가 직간접적으로 드러나는지 점검하였다. 대부분은 ‘지식·이해’ 범주의 내용 요소는 성취기준에 직접적으로 연계되었으나, ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’ 범주의 내용 요소는 성취기준에 드러나지 않는 경우가 있었다. 이에 따라 ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’ 범주의 내용 요소를 정교화하는 작업을 병행하였다.

넷째, 유사한 성취기준을 통합하되 하나의 성취기준에 지나치게 많은 내용이 포함되지 않도록 진술하였다. 학습량 적정화를 위해 유사한 두 개의 성취기준은 하나로 통합한 경우가 있는데, 이때 도달 목표가 두 개가 되지 않도록 주의하였다. 한편, 교육과정 대강화 취지에 맞추어 성취기준 진술 문장을 되도록 간결하게 줄이고, 그로 인해 내용 전달이 명료하지 않을 경우 ‘해설’에서 부연 설명하도록 하였다.

3) 탐구 활동

2022 개정 교육과정의 과학과 교육과정에서 다른 교과와 가장 차별이 있는 부분은 성취기준 제시와 함께 ‘탐구 활동’을 제시하고 있는 점이다. 2015 개정 교육과정에서도 과학과는 탐구 활동을 제시하였으나 2022 개정 교육과정에서는 모든 교과의 문서 체계 통일을 위해 탐구 활동 제시를 삭제할 것을 권고받았으나, ‘탐구 활동’ 제시는 과학교과의 고유한 특성이므로 유지하기로 하였다. 단, 종래의 탐구 활동과는 달리 교육과정 실행 시 반드시 실행하는 필수 탐구의 특징을 더 강조하고 있다는 점이 큰 특징이라고 할 수 있다. 탐구 활동 제시 원칙으로 과학과에서는 몇 가지 원칙을 설정하였다.

첫째, 가능한 핸드 온(Hands-on) 활동을 중심으로 제시하였다. 실제 과학과에서 익혀야 할 실험 실습의 조작적 기능을 고려하여 탐구 활동을 통해 이론뿐만 아니라 실험 도구의 사용법 등을 익힐 수 있도록 하였다.

둘째, 성취기준 진술에 이미 탐구 활동을 묵시적으로 설명하는 경우는 별도로 탐구 활동 목록에 올리지 않았다. 이것은 비록 탐구 활동의 목록으로 제시되지 않아도 성취기준 달성을 위해 탐구 활동을 할 수밖에 없는 경우 중복 제시를 하지 않도록 하였다.

셋째, 성취기준과의 중복성이 있는 경우는 특별히 강조하기 위해 목록으로 제시하도록 하였다.

넷째, 2022에서 제시된 탐구 활동 목록은 이전 교육과정에서 예시의 성격으로 제시한 것과는 달리 필수 탐구 활동의 성격을 띠도록 하여 교과서 개발 등에 반드시 다루도록 하였다.

마. 교수·학습 및 평가

1) 과학과 교수·학습 및 평가의 개발 방향

2022 개정 교육과정의 과학과 교수·학습 및 평가는 역량 교육 강화, 미래지향적 교육환경 반영, 다양한 학습자에 대한 고려, 고교학점제 전면 도입 대비를 개발의 주요 방향으로 설정하였다.

2022 개정 교육과정은 개정의 추진 배경에 나타났듯이 미래 사회의 지식과 정보의 폭발적인 증가에 따라 단편적인 지식 습득보다 학습한 내용을 삶의 맥락에서 적용하고 복잡한 문제를 해결하는 역량을 함양하는 것을 강조하고 있다(교육부, 2021c). 따라서 교수·학습 및 평가에서도 이러한 부분이 반영될 필요가 있다. 이를 위해서는 학습자 개인의 일상 경험과 지식이 학습과 연계될 필요가 있으며, 지식뿐만 아니라 탐구 과정과 사고기능, 가치 및 태도를 유기적으로 학습하도록 할 필요가 있다. 특히 2022 개정 교육과정에서는 내용 체계 표에 학습자가 학습해야 할 내용을 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도로 구분하여 명시적으로 제시하고 있으며, 미래 사회에 필요한 역량을 갖춘 학생을 기르기 위해서는 이를 균형적으로 학습하도록 해야 할 것이다. 역량 함양을 위한 교육에서 교사와 학생의 역할은 전통적인 모습과는 변화가 필요하다. 지난 3차 산업혁명 사회에서는 다양한 지식을 학생들에게 효과적으로 전달할 것인가에 초점을 두었다면, 4차 산업혁명 사회에서는 학생은 지식 생산자가 지녀야 할 능력을 갖추는 필요가 있다. 학생은 이제는 교사가 제공하는 지식을 수동적으로 습득하는 자세에서 벗어나 수업에 능동적인 주체로서 참여하고, 학생에게 맞는 맞춤형/개별화 수업을 지향할 필요가 있다. 그리고 과학의 세부 영역이나 과목뿐만 아니라 다른 교과 간의 연계·통합을 통한 통합적 사고 능력 함양할 수 있도록 할 필요가 있다.

역량 함양 교육과 더불어 2022 개정 교육과정에서는 미래지향적인 교육환경을 반영할 필요가 있다. 현재 우리 사회의 교육환경 변화는 4차 산업혁명으로 대변되는 디지털 환경 변화와 코로나 팬데믹을 겪으면서 도입된 원격수업의 일상화로 대변될 수 있다. 우선 디지털 환경 변화에 따라 교수·학습에서 디지털 도구 및 지능 정보기술(빅데이터·AI 등)을 활용한 교수·학습 및 평가 개선이 필요하다. 특히 제4차 과학교육 종합계획에 따라 추진되는 지능형 과학교실 등을 활용한 탐구 수업의 다양화 및 활성화 방안을 교육과정에 담을 필요가 있다. 그리고 뉴 노멀을 대비하여 온·오프라인 연계를 고려한 다양한 원격수업 모형과 평가 지침도 교육과정에 반영할 필요가 있다. 이와 더불어 2015 개정 교육과정에서 도입된 과정 중심 평가를 내실화하여 교육과정, 교수·학습, 평가의 일관성 확보 및 피드백 강화하고, 지식/이해 중심의 평가에 벗어나 탐구 과정/기능을 포함한 역량 평가가 강화하도록 할 필요가 있다.

또한, 총론 개정의 주요 방향에 따르면 2022 개정 교육과정에서는 모두를 위한 교육과정 개정 강화를 강조하고 있다. 따라서 과학 교육과정에서도 일반 학습자뿐만 아니라 특수교육 학생, 다문화 학생, 느린 학습자 등 다양한 학습자를 고려한 교수·학습 및 평가 원칙과 중

점을 제시할 필요가 있다.

고등학교의 경우, 2022 개정 교육과정에서는 고교학점제 전면 도입을 목표로 하고 있다. 따라서 교수·학습 평가에서도 이를 반영할 필요가 있다. 고교학점제 전면 도입에 따른 성취평가제 확대 및 미이수제 도입 등을 고려하고, 고교학점제에서 미이수 예방을 위한 적절한 교수·학습 방법 및 유의 사항을 제시할 필요가 있다.

2) 과학과 교수·학습 및 평가 개발의 주요 진술 지침

2022 개정 과학과 교수·학습 평가를 개발을 위해 각론 조정팀에서는 교수·학습 및 평가의 문서 체제와 진술 지침을 제시하였다. 2015 개정 교육과정에서는 ‘4. 교수·학습 및 평가-가. 교수·학습 방향, 나. 평가 방향’의 체제였으나 2022 개정 교육과정에서는 ‘3. 교수·학습 평가-가. 교수·학습-(1) 교수·학습의 방향, (2) 교수·학습 방법, 나. 평가 -(1) 평가의 방향, (2) 평가 방법’으로 제시하는 체제로 변경되었다. 교수·학습 관련하여 각론 조정팀에서 제시한 교수·학습 진술 지침은 <표 II-12>와 같다(교육부, 2022).

<표 II-12> ‘교수·학습’ 진술 지침

1. ‘교수·학습’은 교수·학습의 방향과 교수·학습 방법으로 구성하며, 구분하여 진술한다. 2. ‘교수·학습의 방향’에서는 교과(목) 목표 달성을 위한 교수·학습의 강조점(학습자 맞춤형 수업, 자기주도적 학습, 디지털 기반 학습, 다양한 학습자에 대한 고려 등)을 고려하여 교수·학습의 원칙과 중점을 제시한다. 교과(목)의 특성에 따라 ‘교수·학습의 방향’에 포함될 수 있는 내용은 다음과 같다. - 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습 지도 방안(과정·기능을 통해 사고하는 방법, 유의미한 맥락 제공, 학습한 것을 새로운 상황에 적용할 수 있도록 교수·학습 과정에서 어떻게 실현할 것인지 등) - 학습자 맞춤형 수업 및 자기주도적 학습 지도 방안(학습 소재 및 환경과 학습 과정에서의 선택의 기회 제공 방법, 교육과정 설계 과정에 학생을 참여시키는 방법, 다양한 능력 및 특성의 학습자 고려 등) - 디지털 교육 환경에 따른 온·오프라인 연계 수업 및 디지털 도구 활용 지도 방안 - 교과(목) 특성에 따라 강조해야 할 기초소양(언어, 수리, 디지털 소양 등) 지도 방안 - 학교급 전환에 따른 학교급 간 교육내용 연계 및 진로연계학기 운영 시 지도 방안 - 교과(목) 특성에 따른 범교과 학습 주제 지도 방안 3. ‘교수·학습 방법’에서는 교수·학습의 방향에 제시된 교수·학습의 원칙과 중점에 따라 교과(목) 수업에서 활용할 수 있는 교수·학습 방법을 제시하고 안내한다. 교수·학습 방법 활용상의 유의 사항도 종합적으로 제시할 수 있다. - ‘영역 성취기준 적용 시 고려 사항’에는 해당 영역 특성에 따라 보다 강조해야 할 교수·학습 방법의 주안점을 중심으로 교수·학습 방법에 대한 안내와 정보를 제시했다면, ‘교수·학습 방법’에서는 교과(목)의 성격 및 특성을 고려하여 보다 포괄적인

수준에서 교수·학습 방법을 제시 - 교과(목)의 성격 및 특성을 반영한 교수·학습 방법들을 표나 그림을 활용하여 유목화하여 제시 가능(이때 표나 그림에 지나치게 구체적이고 세부적인 정보를 제공하여 학교 현장의 자율성을 침해하지 않도록 유의) 4. 고등학교의 교과(목)의 경우, 고교학점제에서 미이수를 예방하기 위한 적절한 교수·학습 방법 및 유의 사항을 제시한다. 이때 교사가 학생의 미이수를 예방하기 위해 교수·학습 시 중점을 두어야 하는 사항을 안내하는 방식으로 진술한다.
--

평가 관련하여 각론 조정팀에서 제시한 평가 진술 지침은 <표 II-13>과 같다(교육부, 2022).

<표 II-13> ‘평가’ 진술 지침

1. ‘평가’는 평가의 방향과 평가 방법으로 구성하되, 구분하여 진술한다. 2. ‘평가의 방향’에서는 교과(목) 목표의 달성 및 촉진을 위한 평가의 강조점(학습의 과정을 중시하는 평가, 수행평가, 서·논술형 평가, 개별 맞춤형 피드백 강화, 다양한 학습자를 위한 평가, 디지털 기반 원격수업에서의 평가 등)을 고려하여 평가의 원칙과 중점을 제시한다. 교과(목)의 특성에 따라 평가의 방향에 포함될 수 있는 내용은 다음과 같다. - 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습의 평가 방안 - 학습의 과정을 중시하는 평가, 서·논술형 평가 등 교과(목) 특성에 따라 강조해야 할 평가 방안 - 학습 부진, 느린 학습자 등 다양한 학습자를 고려한 맞춤형 평가 방안 - 디지털 교육 환경에서의 평가 및 디지털 도구를 활용한 평가 방안 3. ‘평가 방법’에서는 평가의 방향에 제시된 평가의 원칙과 중점에 따라 교과(목)의 성격 및 특성에 비추어 최근 강조되고 있는 평가 방법, 평가 시 유의점, 디지털·AI 도구를 활용한 평가 방법 등을 제시한다. - ‘영역 성취기준 적용 시 고려 사항’에는 영역 특성에 따라 보다 강조해야 할 평가 방법의 주안점을 중심으로 평가 방법에 대한 안내와 정보를 제시했다면, ‘평가 방법’에서는 교과(목)의 성격 및 특성을 고려하여 보다 포괄적인 수준에서 평가 방법을 제시 - 교과(목)의 성격 및 특성을 반영한 평가 방법들을 표나 그림을 활용하여 유목화하여 제시 가능(이때 표나 그림에 지나치게 구체적이고 세부적인 정보를 제공하여 학교 현장의 자율성을 침해하지 않도록 유의) 4. 고등학교의 교과(목)의 경우, 고교학점제에 따른 미이수를 예방하기 위해 사전 진단을 포함하여 학습 과정을 중시하는 평가 등 수업에서 실질적으로 활용할 수 있는 다양한 평가 방안을 제시하고 평가 결과 활용 방안을 안내한다.
--

3) 과학과 교수·학습 및 평가 개발의 주요 내용

2022 개정 과학과 교육과정 교수·학습 및 평가 개발에서는 과학과 전체 과목에 적용될 공통적인 틀을 먼저 개발하고, 이를 변형하여 과목별 특징이 반영될 수 있는 부분을 과목별로 반영하여 과목별 교수·학습 및 평가를 개발하도록 하였다.

교수·학습에서는 우선 2022 개정 과학과 교육과정에서 중점적으로 강조할 필요가 있는 내용을 중심으로 교수·학습의 방향을 제시하였다(표 II-14). 우선 2022 개정 교육과정에서 강조하고 있는 기초소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양을 교수·학습의 주요 방향으로 제시하고, 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도하도록 하였다. 그리고 역량 함양 중심의 교수·학습이 효과적으로 이루어질 수 있도록 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 제공하는 것이 중요함을 강조하였다. 마지막으로 디지털 교육환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업 및 다양한 기술 공학적 도구와 인터넷 환경 등을 적극적으로 활용하도록 하였다.

<표 II-14> 과학과 교수·학습의 방향

(1) 교수·학습의 방향

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

교수·학습의 방법에서는 과학과 교수·학습의 방법을 제시하고 있다. 우선 과학 교수·학습을 계획하면서 필요한 사항을 중심으로 (가)의 주요 항목으로 제시하였다. 교사에 의한 교육과정 재구성, 정규 교과 수업 외에 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동을 계획하도

록 하였으며, 실험·실습 계획 및 타 교과와 연계 및 통합 교육 계획을 수립하도록 하였다. (나)의 구체적인 교수·학습 방법에서는 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 과학관 견학 등을 주요 교수·학습 활동으로 활용하되 이를 실행하면서 유의해야 할 사항을 제시하였다. (다)에서는 학생의 디지털 소양 함양과 최근 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 과학과 교수·학습에서 이를 활용할 때 강조하거나 유의해야 할 사항을 제시하였다. (라)에서는 과학에서 정의적 영역의 성취를 높이고, 과학 관련 진로 탐색의 기회를 제공하는 방안을 제시하였다. 특히 과학의 경우 그동안 인지적 영역의 성취는 높지만, 정의적 성취가 지속해서 낮다는 지적이 있었으므로 이를 개선하기 위한 교수·학습 방안을 제시하고자 하였다. (마)에서는 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행하기 위해 고려해야 할 사항을 제시하였다. (바)에서는 2022 개정 교육과정에서 강조한 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초소양 함양 교육과 관련된 사항을 제시하였다. (사)에서는 모두를 위한 교육을 위해 학습 부진 학생, 특수교육 대상 학생 등을 위해 유의해야 할 사항을 제시하였다. (아)에서는 고등학교에서 고교학점제 시행에 따른 미이수를 예방하는 데 필요한 사항을 정리하였다.

<표 II-15> 과학과 교수·학습 방법

(2) 교수·학습 방법

(가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 계획 수립이나 학습자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

- 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.

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

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

- ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터나 상호작용, 인터넷 등의 최신 정보 통신 기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’와 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 기상청 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교와 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

(마) 학생이 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생명체를 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

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

평가에서는 2022 개정 과학과 교육과정의 평가에서 중점적으로 강조할 필요가 있는 내용을 중심으로 평가의 방향을 제시하였다. 평가에서 교육과정 성취기준에 근거한 평가의 중요성 및 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 평가가 이루어져야 함을 강조하였다. 그리고 기존의 지식·이해 중심의 평가에서 벗어나 개정된 교육과정에서 제시된 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하도록 하고, 다양한 학생들의 교육적 요구에 맞추고, 디지털 교육환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적 활용하는 것을 평가의 방향으로 제안하였다.

<표 II-16> 과학과 평가의 방향

(1) 평가의 방향

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

평가의 방법에서는 과학과 평가의 방법을 구체적으로 제시하였다. 우선 (가)에서는 평가의 계획과 실행 절차를 제시하고, (나)에서는 평가 계획을 수립하면서 필요한 사항을 제시하였다. (다)에서는 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가하는 것이 중요하며 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가하는 방안을 제시하였다. (라)에서는 지필 평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등 과학과에서 활용할 수 있는 평가 도구를 나열하고 이러한 평가 도구를 개발하는 데 유의해야 할 사항을 제시하였다. (마)에서는 고교학점제 시행에 맞춰 미이수를 예방하기 위해서 사전에 학생들의 성취 정도를 파악할 수 있도록 평가를 시행하고 최소 성취 수준 보장을 위한 조치를 하도록 하였다. <표 II-17>은 고등학교 공통과정인 통합과학을 예로 든 것이다.

<표 II-17> 과학과 평가의 방법

(2) 평가 방법

- (가) ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
- 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
 - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.

- 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
 - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.
- (다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.
- ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
 - ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
 - ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.
- (라) ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’를 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필 평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.
- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
 - 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
 - 평가 도구를 개발할 때는 창의융합적 문제해결력과 인성 및 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
 - 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
 - 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.
- (마) 학생들의 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.
- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
 - 평가 결과를 학생의 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

3. 과학과 교과서 개발 방향

교육과정의 개발은 초·중등교육법을 근거하고 있으며, 초·중등교육법 23조는 다음과 같다.

제23조(교육과정 등)

- ① 학교는 교육과정을 운영하여야 한다.
- ② 국가교육위원회는 제1항에 따른 교육과정의 기준과 내용에 관한 기본적인 사항을 정하며, 교육감은 국가교육위원회가 정한 교육과정의 범위에서 지역의 실정에 맞는 기준과 내용을 정할 수 있다.
- ③ 교육부 장관은 제1항의 교육과정이 안정적으로 운영될 수 있도록 대통령령으로 정하는 바에 따라 후속 지원 계획을 수립·시행한다.
- ④ 학교의 교과(敎科)는 대통령령으로 정한다.

이에 바탕을 두고 개발된 교육과정에 따라 교과서가 개발된다. 교과서 개발 근거는 초·중등교육법 29조에 따라 개발된다. 특히 2항에 따라 제정된 대통령령인 ‘교과용 도서에 관한 규정’에 근거하여 교과서가 개발된다.

제29조(교과용 도서의 사용)

- ① 학교에서는 국가가 저작권을 가지고 있거나 교육부장관이 검정하거나 인정한 교과용 도서를 사용하여야 한다.
- ② 교과용 도서의 범위·저작·검정·인정·발행·공급·선정 및 가격 사정(査定) 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

교과서의 개발은 교육과정에 근거하고 개발되어야 하며, 과학교과의 교과용 도서 편찬 방향도 같은 맥락 속에 있어야 한다. 과학교과의 교과서는 향후 공통과정인 초·중학교 과학, 고등학교 통합과학 1, 통합과학 2, 그리고 과학탐구실험 1, 과학탐구실험 2 교과서가 개발될 것이며, 일반 선택, 진로 선택, 융합 선택, 그리고 과학계열 진로 선택, 융합 선택 과목의 교과서가 개발될 것이다. 어느 경로의 교과서 개발이 되더라도 기본적으로 2022 개정 교육과정의 정신이 반영되어야 할 것이다. 이러한 점을 고려하면서 2022 개정 과학과 교육과정의 개정 취지를 반영한 30개에 달하는 과학교과의 교과서 개발 방향을 제시해본다.

첫째, 과학교과의 각 과목 교과서는 총론의 역량과 연계하여 과학적 탐구와 문제해결 능력, 과학적 의사결정 능력 등을 기르는 데 초점을 둔 교과서가 되어야 한다. 이를 위해 과학 교과서는 생태 소양, 민주 시민의식, 디지털 소양을 갖추고, 첨단 과학기술을 기반으로 융·복합 영역을 창출하는 미래 사회에 유연하게 대응할 수 있는 과학적 소양을 갖춘 사람을

양성할 수 있는 교과서가 되어야 한다. 특히, 초등과 중등에 적합한 디지털 기초소양 탐색에 근거하여, 디지털 기초소양 및 탐구 활동 활성화를 위한 교과서가 개발되어야 한다.

둘째, 초등학교부터 고등학교에 이르기까지 과학과의 기초소양을 함양할 수 있도록 해야 하며, 이의 구현을 위해 일상생활과 연계된, 그리고 최신의 첨단 과학기술이 관련된 내용 등을 수록하여 흥미롭고, 호기심 가득하고, 이해하기 쉬운 학습자 중심의 교과서로 개발되어야 한다.

셋째, 교육과정을 충실히 이행하는 교과서로 개발되어야 한다. 교육과정의 내용 체계표 및 성취기준에 명시된 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 통합적으로 함양하기 위한 교과서가 되어야 한다. 교육과정 내용 체계표와 성취기준에서 제시한 ‘지식·이해’, ‘과정·기능’ 그리고 ‘가치·태도’를 근간으로 창의적으로 구성하여 개발하도록 한다. 특히, ‘과정·기능’의 발달단계에 따른 제시는 큰 틀에서 제시한 것이므로 과학계에서 범용으로 활용되는 연구 방법과 최신의 연구 방법과 연계하여 구성할 수도 있다. 그 과정에서 교육과정을 과도하게 해석하여 일반적으로 받아들여지지 않는 것에까지 임의로 변용하지 않도록 유념해야 한다.

넷째, 최신의 연구 결과나 과학적 발견, 그리고 최신의 이론 등이 반영되도록 구성해야 한다. 최신의 연구로 과거의 사례가 오류임이 밝혀졌음에도 그런 내용이 실리지 않도록 해야 한다. 교육과정 내용 체계표의 ‘과정·기능’이 다양하게 제시되었음에도 2015 개정 초등 과학교과서처럼 1960년대의 이론인 기초탐구과정과 통합탐구과정만으로 구성된 단원을 임의로 제시하여 최신의 과학 탐구 방법을 반영하지 않는 사례에서 볼 수 있듯이, 최신의 연구 방법이나 탐구에 대한 원리나 이론 등이 무시되는 사례가 없도록 해야 한다.

다섯째, 학생들이 다양한 탐구 활동의 기회를 얻도록 구성된 교과서를 개발해야 한다. 개념 위주의 교수자 중심의 교과서보다는 학습자가 주도적으로 학습할 수 있는 학생 중심의 탐구 활동으로 구성하여 학생들의 탐구 능력이 신장하고 이 과정에서 과학에 대한 긍정적 경험이 많이 이루어지도록 하여 과학에 대한 흥미와 호기심이 신장하도록 구성하여야 한다.

여섯째, 학습량을 적정화하여 과도한 학습량이 되지 않도록 교과서를 구성하여야 한다. 교육과정의 ‘학습량 적정화’가 교과서의 ‘내용 적정화’로 연결되어 현장의 혼란을 초래하는 ‘과다한 분량의 교과서’가 개발되지 않도록 해야 한다. 이를 위해 교육과정 문서를 정확하게 해석하고 교육과정의 시간 배당 기준이나 내용의 양, 수준 등 다양한 고려 사항에 유념하여 교과서를 개발하여야 한다.

일곱째, 2022 개정 과학과 교육과정의 강조점인 ‘깊이 있는 학습’과 ‘교과 간 연계와 통합’, ‘삶과 연계한 학습’, ‘학습 과정에 대한 성찰’을 고려한 교과서를 개발하여야 한다. 과학교과와 다른 교과, 그리고 과학교과 내 다른 과목들의 내용 체계와 연계성을 고려하면서 교과서를 구성하도록 한다.

여덟째, 교과서는 교사와 학생이 함께 서로의 위치에서 활용하는 자료의 기능도 추구하

지만, 교수·학습 과정을 통하여 의도된 교육과정이 제대로 실행되는 교육과정으로 발현된다. 그런 의미에서 교수·학습 활동이 정확하고, 창의적으로 재구성될 수 있는 기반이 되도록 개발되어야 한다.

아홉째, 교과서를 개발하고 난 이후의 후속 작업도 필요하다. 교과서를 개발한 출판사나 저자들이 플랫폼을 이용해 직접 소통하는 과정이 있었으면 한다. 의도된 교육과정과 이를 반영한 교과서, 그리고 이를 학습자료로 활용하여 교육과정을 실행할 현장 교사들이 플랫폼에서 만나는 장치를 갖춰야 하며, 이의 시스템에 관한 확인을 교과서 검인정 과정에서 확인하였으면 한다.

마지막으로 교과서를 제작하는데 출판사마다 물적, 인적 자원을 동원하고 있다. 또한, 교과서 검인정 심사과정에 참여할 인력들도 동원되고 있다. 이런 점들을 고려했을 때 지금까지의 교과서 검정 시스템에 개선할 여지가 있는지 검토해보아야 한다. 교과서 저자들에 대한 전문성 판단 여부 장치가 가동되고 있지 않다. 관련 전문성이 있는지에 관한 판단 장치는 교과서를 출판할 수 있는 출판사의 출판 능력과 함께 판단해야 한다. 또한, 교과서 심사과정에 참여하는 인력 풀은 여러 가지 제한 조건 때문에 제한적으로 운영될 수밖에 없는 현실로 인하여 비전문가들이 심사과정에 참여하는 우려를 최소화해야 한다. 향후 교과서 심사위원으로 참여할 수 있는 인력 풀의 자격 조건을 강화하고, 교육과정을 잘 이해하고, 학교 교실 현장을 잘 이해하는 전문가들이 참여하여 심사위원의 전문성을 높여야 한다. 그리고 가능하면 교과서의 심의위원들의 판단으로 좋은 교과서가 결정되기보다는 학교 현장에서 좋은 교과서로 판단 받을 수 있는 방향으로 교과서 심의 제도가 기능했으면 한다.

III. 과학과 교육과정 주요 개정 사항

1. 초·중학교 과학

가. 초등학교

초등학교 ‘과학’ 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다. 첫째, 기본에 충실한 ‘과학’을 추구하였다. 이를 위해, ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’, ‘과학과 사회’ 5개 영역으로 설정하고, 초등학교 ‘과학’에서 다루는 내용 요소를 체계화하였고, 초등학교와 중학교에서 다루는 개념의 위계성과 연계성을 확보하면서 내용을 적정화하였다. 또, 가치·태도 요소를 정련하고, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 균형적 발달이 이뤄지도록 내용 요소와 성취기준을 구성하였다. 예를 들어, 초등학교와 중학교의 내용 요소를 종합적으로 검토하면서 3~4학년군에 “힘과 우리 생활” 단원에서 현상 위주로 힘을 다룸으로써 후속 단원들의 토대를 제공하였고, 학습 내용의 적정화와 교사의 재량권 확대를 위해 한 학기 17주 분량을 16주로 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’ 영역별 단원 수를 8개에서 7개로 축소하였다(예를 들어, 운동과 에너지 영역에서 기존의 ‘그림자와 거울’, ‘빛과 렌즈’를 ‘빛의 성질’로 통합). 또, 기존의 과학 관련 주요 가치·태도에 ‘과학 활동의 윤리성’, ‘안전·지속가능 사회 기여’, ‘과학문화 향유’ 등 참여와 실천 요소를 추가하였고, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 중 둘 이상을 아우르는 성취기준을 제시하였다.

둘째, 경계를 완화한 ‘과학’을 추구하였다. 이를 위해, 전통적으로 지켜왔던 ‘과학’ 내 ‘운동과 에너지’, ‘생명’, ‘물질’, ‘지구와 우주’ 영역 사이의 고정 비율을 완화하였고, 삶과 연계하는 맥락에서 과학 중심의 범교과 주제를 포함하였다. 예를 들어, 초등학교 3~4학년군에서 ‘생명’ 영역의 비중을 2015 개정 교육과정의 4개 단원에서 5개 단원으로 확대하고 5~6학년군에서는 2015 개정 교육과정의 4개 단원에서 2개 단원으로 축소하였다.

셋째, 국제적 흐름을 반영한 ‘과학’을 추구하였다. 이를 위해, 미국, 영국, 싱가포르 등의 외국 교육과정의 흐름과 TIMSS 등의 국제 학업성취도 평가에서 다루는 내용 등을 적정 수준에서 반영하였다. 예를 들어, 초등학교 저학년에서 ‘생명’ 영역의 비중을 높이고 감염병 관련 내용을 통합단원에 포함하였다. 또, 3~4학년군에 밀기와 당기기 등 힘과 관련된 내용 요소를 포함하였다.

넷째, 삶과 연계한 ‘과학’을 추구하였다. 이를 위해, 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 과학적으로 해결하고 참여·실천하는 ‘역량’을 함양할 수 있도록 구성하였다. 예를

들어, 성취기준 작성 시 학습의 도달점이자 생활 속 문제해결과 관련된 종합적인 성취기준을 포함하였다. 또, 슬기로운 삶과 지속가능한 사회를 지향하는 통합단원을 확대하고, 6학년에 진로연계 단원을 배치하였다.

다섯째, 미래 역량으로서 과학적 소양을 함양하는 ‘과학’을 추구하였다. 이를 위해, 디지털 리터러시, 민주시민 소양, 학습자의 행위 주체성, 생태전환교육 등 미래 역량을 함양할 수 있도록 구성하였다. 예를 들어, 디지털 리터러시 함양, 민주시민 소양 함양, 생태전환교육을 포함하는 성취기준을 제시하였고, 특히 통합단원에서는 건강, 기후변화, 자원과 에너지, 진로 등 과학과 사회의 상호작용을 중심으로 통합적인 주제를 다루면서 미래 역량을 기르도록 내용 요소와 성취기준을 제시하였다. 초등학교 과학의 학년별 단위 배치(안)은 <표 III-1>과 같다.

<표 III-1> 초등학교 과학 학년별 단위 구성(안)

학년군	3~4학년군		5~6학년군	
학년	3학년	4학년	5학년	6학년
1학기	(1) 힘과 우리 생활 ^a (2) 동물의 생활 ^c (3) 식물의 생활 ^c (4) 생물의 한살이 ^c	(9) 자석의 이용 ^a (10) 물의 상태 변화 ^b (11) 땅의 변화 ^d (12) 다양한 생물과 우리 생활	(1) 지층과 화석 ^d (2) 빛의 성질 ^a (3) 용해와 용액 ^b (4) 우리 몸의 구조와 기능 ^c	(9) 산과 염기 ^b (10) 물체의 운동 ^a (11) 식물의 구조와 기능 ^c (12) 지구의 운동 ^d
2학기	(5) 물체와 물질 ^b (6) 지구와 바다 ^d (7) 소리의 성질 ^a (8) 감염병과 건강한 생활	(13) 밤하늘 관찰 ^d (14) 생물과 환경 ^c (15) 여러 가지 기체 ^b (16) 기후변화와 우리 생활	(5) 혼합물의 분리 ^b (6) 날씨와 우리 생활 ^d (7) 열과 우리 생활 ^a (8) 자원과 에너지 ^e	(13) 계절의 변화 ^d (14) 물질의 연소 ^b (15) 전기의 이용 ^a (16) 과학과 나의 진로 ^e

영역명: a : 운동과 에너지, b : 물질, c : 생명, d : 지구와 우주, e : 과학과 사회

운동과 에너지 영역의 주요 변경 사항을 정리하면, 우선 단원의 수는 2015 개정 교육과정에서 3~4학년군 4개 단위, 5~6학년군 4개 단원으로 총 8개 단위이었으나, 2022 개정 교육과정에서는 3~4학년군 3개 단위, 5~6학년군 4개 단원으로 구성하여 총 단원의 수를 7개로 줄였다. ‘물체와 무게’ 단원을 2022 개정 교육과정에서는 ‘힘과 우리 생활’로 수정함으로써 힘과 관련된 개념과 현상을 보다 강조하였으며, 3~4학년군의 ‘그림자와 거울’, 5~6학년군의 ‘빛과 렌즈’의 2개 단원으로 구분되었던 빛의 직진, 반사, 굴절 성질을 2022 개정 교육과정에서는 5~6학년군의 ‘빛의 성질’에서 통합적으로 다루도록 하고, 렌즈 사용에 대한 범위 제한을 삭제하였다. 5~6학년군 ‘온도와 열’ 단원을 2022 개정 교육과정에서는 ‘열과 우리 생활’로 수정하면서, 기존 교육과정에서 열의 이동 방식 중 복사에 대한 제한을 삭제하고, 현상적인 측면에서만 복사를 다루도록 하였다. 3~4학년군 ‘자

석의 이용’ 단원에서 자석과 자석에 붙는 물체의 상호작용을 추가하였고, 나침반과 관련된 내용 축소하고, 5~6학년 ‘전기의 이용’ 단원에서 기존 교육과정에 포함되었던 전구의 직렬연결과 병렬연결은 다루지 않으며, 전지의 직렬연결을 성취기준에 포함하였다.

물질 영역의 주요 변경 사항을 정리하면, 우선 단원의 수는 2015 개정 교육과정에서 3~4학년군 4개 단원, 5~6학년군 4개 단원으로 총 8개 단원이었으나, 2022 개정 교육과정에서는 3~4학년군 3개 단원, 5~6학년군 4개 단원으로 구성하여 총 단원 수를 7개로 줄였다. 3~4학년군의 ‘혼합물의 분리’ 단원을 2022 개정 교육과정에서는 5~6학년군으로 이동하여 ‘용해와 용액’ 단원 뒤로 배치하여 다양한 탐구를 가능하게 하고, 자석에 붙는 성질을 이용한 고체 혼합물의 분리 내용은 운동과 에너지 영역과 중복되어 삭제하였으며, 골고루 섞이지 않는 액체 혼합물의 분리 내용을 추가하였다. 3~4학년군의 ‘물질의 성질’, ‘물질의 상태’ 단원의 내용을 일부 축소 통합하여 ‘물체와 물질’ 단원으로 조정하였다. 3~4학년군 ‘물질의 성질’ 단원에서 다루던 물질의 변화 내용은 5~6학년군 ‘물질의 연소’ 단원으로 이동하였으며, ‘물질의 상태’ 단원에서 다루던 ‘기체의 무게’ 내용은 3~4학년군 ‘여러 가지 기체’로 이동하였다. 또한, 물질의 상태 변화 및 혼합물의 분리와 같은 단원에서는 ‘생태전환교육’과 연계할 수 있도록 하였다. 5~6학년군 ‘여러 가지 기체’ 단원을 2022 개정 교육과정에서는 3~4학년군으로 이동하여 5~6학년군에서 산소, 이산화탄소 발생 및 성질 확인을 위한 발생 실험 내용을 삭제하고 3~4학년 수준에서 여러 가지 기체에 대한 흥미를 느낄 수 있게 구성하였다. 5~6학년군 ‘연소와 소화’ 단원을 2022 개정 교육과정에서는 ‘물질의 연소’ 단원으로 조정하여 ‘물질 변화’에 대한 내용은 추가하고, ‘소화 방법 및 화재 안전 대책’에 관련된 내용은 삭제하였다.

생명 영역의 주요 변경 사항을 정리하면, 우선 단원의 수는 2015 개정 교육과정에서 3~4학년군 4개 단원, 5~6학년군 4개 단원으로 총 8개 단원이었으나, 2022 개정 교육과정에서는 3~4학년군 5개 단원, 5~6학년군 2개 단원으로 구성하여 총 단원의 수를 7개로 줄였다. 5~6학년군에 편성하였던 ‘다양한 생물과 우리 생활’, ‘생물과 환경’ 단원을 2022 개정 교육과정에서는 3~4학년군으로 이동하여 국제적 흐름을 반영한 ‘과학’을 추구하였다. ‘동물의 한살이’, ‘식물의 한살이’의 2개 단원을 ‘생물의 한살이’로 통합하여 내용을 적정화하고, 통합교육과정 1~2학년군과 내용 연계성을 강화하였다. ‘생물의 한살이’ 단원에서는 동물 중심으로 한살이 과정을 직접 관찰하도록 하고 식물의 한살이 내용은 통합교육과정 1~2학년군에서 다루는 씨앗을 심고 식물의 자람을 관찰하는 내용과 중복되지 않도록 씨가 싹트는 데 필요한 조건과 식물이 자라는 데 필요한 조건 위주로 다루도록 하였다. 5~6학년군 ‘다양한 생물과 우리 생활’ 단원을 2022 개정 교육과정에서는 3~4학년군으로 이동하면서 주변에서 쉽게 구할 수 있는 버섯, 곰팡이, 해캄, 짚신벌레를 디지털현미경이나 실체현미경 등 학생들이 다룰 수 있는 다양한 도구를 사용하여 관찰하도록 하고, 지역의 특성에 따라 관찰 가능한 소재로 변경하여 다루도록 하여 내용 수준을 적정화하도록 하였다.

5~6학년군 ‘생물과 환경’ 단원을 2022 개정 교육과정에서는 3~4학년군으로 이동하면서 생물의 환경 적응 및 생물과 환경의 상호작용 내용을 삭제하고, 생물 요소와 비생물 요소를 구분하며 생물 요소들의 먹이 관계를 이해하는 수준으로 생태계의 구조와 기능 관련 내용 축소하였다.

지구와 우주 영역의 주요 변경 사항을 정리하면, 우선 단원의 수는 2015 개정 교육과정에서 3~4학년군 4개 단원, 5~6학년군 4개 단원으로 총 8개 단원이었으나, 2022 개정 교육과정에서는 3~4학년군 3개 단원, 5~6학년군 4개 단원으로 구성하여 단원의 수를 7개로 줄였다. 3~4학년군의 ‘지구의 모습’ 단원을 ‘지구와 바다’ 단원으로 단원명을 바꾸고, 해양학을 강조하기 위해 밀물과 썰물 개념을 추가하고, 갯벌의 가치와 보전 필요성 관련 내용을 추가하였다. 2015 개정 교육과정의 ‘지구의 모습’ 단원에서 다루던 내용 중에서 달의 모양과 표면, 환경 관련 내용은 3~4학년군의 ‘밤하늘 관찰’ 단원으로 이동하였다. 3~4학년군에 배치되었던 ‘지표의 변화’와 ‘화산과 지진’ 단원을 2022 개정 교육과정에서는 ‘땅의 변화’ 단원으로 하나로 통합하여 두 개 단원에서 분산되어 다루던 강 주변 지형의 특징과 화산 활동을 하나의 단원에서 통합적으로 다루고, 바닷가 주변 지형 관련 내용은 3~4학년군의 ‘땅의 변화’ 단원으로 이동하였다. 3~4학년군에 배치되었던 ‘지구의 모습’ 단원, 5~6학년군의 ‘태양계와 별’ 그리고 ‘지구와 달의 운동’ 단원을 통합하여 3~4학년군의 ‘밤하늘 관찰’ 단원을 구성하였다. 2015 개정 교육과정에서 3개 단원에서 다루던 내용 중에서 달의 모양과 표면, 달의 위상 변화 등 현상 관찰 중심의 내용을 모아서 ‘밤하늘 관찰’ 단원을 신설하면서, 달의 위상 변화의 원인은 다루지 않으며, 태양계 거리 비교 등 다른 물리량을 비교하는 내용은 삭제하였다. 3~4학년군 지층과 화석 단원을 2022 개정 교육과정에서는 5~6학년군 ‘지층과 화석’ 단원으로 학년군을 이동하고, 퇴적암의 생성 과정, 퇴적암 모형 만들기 탐구 활동은 삭제하고, 2015 개정 교육과정에서 다루던 유수의 작용은 3~4학년군 ‘땅의 변화’ 단원 뒷부분에 배치하였다. 5~6 학년군 ‘날씨와 우리 생활’ 단원은 5~6 학년군에 그대로 유지하지만, 날씨 앱 등을 활용하도록 하고 생활에서 쉽게 접하는 습도를 포함한 기상 요소를 확대하고, 비와 눈이 내리는 과정, 계절별 날씨의 특징 관련 내용은 삭제하였다. 5~6학년군 ‘계절의 변화’ 단원에서는 태양 고도 측정기 만들기 실험을 추가하고, 하루 동안 기온 측정 활동은 삭제하였다.

과학과 사회’ 영역을 신설하고 슬기로운 삶과 지속가능한 사회를 지향하면서 다른 교과 의 일부 내용과 연계 지도가 가능한 통합단원을 4개 단원(학년당 1개 단원)으로 확대하여 편성하였는데, 그 주요 내용은 다음과 같다. 우선, ‘감염병과 건강한 생활’ 단원을 신설하여 학생들이 생활 속에서 경험하는 다양한 감염병을 이해하고 건강한 생활을 위해 감염병 예방 수칙을 실천하도록 하였다. ‘기후변화와 우리 생활’ 단원을 신설하여 기후변화로 인한 심각성을 알고 기후변화가 우리 생활과 환경에 미치는 영향을 탐색하여 기후변화 대응 방법을 실천할 수 있도록 하였다. 2015 개정 교육과정에서 ‘에너지와 생활’ 단원을 새 교

육과정에서는 ‘자원과 에너지’ 단원으로 내용을 확대하여, 자원과 에너지를 지속가능하게 이용하는 방법에 대해 탐색하고 이를 생활 속에서 실천할 수 있도록 하였다. ‘과학과 나의 진로’ 단원을 신설하여 다양한 진로가 과학과 관련됨을 이해하고 과학이 사회에 기여하고 있음을 인식하여 미래의 나를 위한 준비의 필요성을 느낄 수 있도록 하였다.

2) 중학교

중학교 ‘과학’ 개정 시안 개발에서 고려한 중점 사항은 다음과 같다.

첫째, 2015 개정 교육과정 운영 결과를 종합적으로 분석하여 개선 사항을 반영하도록 하였다. 특히, 학습량 적정화, 흥미와 학생 발달단계, 교육과정 내용 관련 국제 동향, 그리고 과학 지식의 체계를 고려하여, 기존 내용을 일부 축소하고 꼭 필요한 내용을 중심으로 새로운 내용을 도입하였으며, 단위 순서를 일부 조정하였다. 예를 들면, 고등학교 통합과학과의 연계를 고려하여 전자기 유도 개념은 중학교에서 삭제하고 고등학교로 이동하였고, 다양한 혼합물의 분리 방법에 관한 성취기준을 통합하고 간소화하면서 크로마토그래피는 중학교에서 배우는 개념으로 설명할 수 없는 수준이므로 삭제하고, 다른 나라에서 공통으로 중학교 수준에서 다루는 주기율표를 추가하였다. 증산작용은 초등학교와 중학교에서 다루는 개념이 위계가 없이 중복되는 성격이 강하여 중학교에서 삭제하였다. ‘태양계’ 단위에서도 지구의 크기 측정에 관한 성취기준을 삭제하고 ‘수권과 해수의 순환’ 단원의 염분비 일정 법칙, 우리나라 주변 해류 및 조석 현상을 삭제하였다.

둘째, 자유학기제와 진로연계교육을 고려하고, 교사의 재량권 확대를 위한 한 학기 17주 학습량을 16주 학습량으로 변화를 추구하는 총론의 논의에 따라 내용의 재구조화가 이루어졌다. 이와 함께 2학년 수업량이 과중해지는 것에 대한 우려를 고려하여 중학교 과학을 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’, ‘과학과 사회’ 5개 영역으로 구분하고 1학년 7개 단위, 2학년 8개 단위, 3학년 8개 단위로 구성하였다.

셋째, 2022 개정 교육과정 총론에 따라 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능 또는 가치·태도 함양을 포함하도록 성취기준을 재진술하고, 디지털·인공지능 소양 함양 및 생태전환교육을 성취기준에 반영하도록 하였다. 예를 들면, 성취기준 [9과01-02]에서는 “인공지능 등 첨단 과학기술이 가져올 미래 사회의 변화”에 대해, 성취기준 [9과01-03]에서는 “인류의 지속가능한 삶을 위한 과학기술의 중요성과 역할”에 대해, 성취기준 [9과18-03]에서는 “기후변화에 영향을 미치는 해류의 역할”에 대해 다루도록 하였다. 디지털·인공지능 소양 함양에 적합한 단원을 선정하여 디지털 탐구 도구, 인공지능, 실시간 데이터를 활용하는 ‘탐구 활동’을 제시하고, ‘성취기준 적용 시 고려 사항’에도 관련 교수-학습 활동이 이루어지도록 제안하였다. 예를 들면 “기관계에 대한 탐구는 증강 현실, 가상 현실 등 실감형 자료를 활용하여 디지털 소양을 함양할 수 있으며, 모식도 작성, 모형 제작, 역할 놀이, 발표 활동 시 모둠원들이 협력적 소통을 통해 수행할 수 있도록 지도한다.”, “온실 기체

농도 측정이 시작된 이래로 온실 기체량과 기후변화에 관한 자료를 검색하여 변화 경향성과 관련성을 분석한다.” 등과 같이 관련 내용을 강조하여 제시하였다. 중학교 과학의 학년별 단위 배치(안)은 <표 III-2>와 같이 제시하였다.

<표 III-2> 중학교 과학 학년별 단위 구성(안)

학년	중학교 1학년	중학교 2학년	중학교 3학년
단위 수	7	8	8
단위 구성	(1) 과학과 인류의 지속 가능한 삶 (2) 생물의 구성과 다양성 (3) 열 (4) 물질의 상태 변화 (5) 힘의 작용 (6) 기체의 성질 (7) 태양계	(8) 물질의 특성 (9) 지권의 변화 (10) 빛과 파동 (11) 물질의 구성 (12) 식물과 에너지 (13) 동물과 에너지 (14) 전기와 자기 (15) 별과 우주	(16) 화학 반응의 규칙성 (17) 날씨와 기후변화 (18) 수권과 해수의 순환 (19) 운동과 에너지 (20) 자극과 반응 (21) 생식과 유전 (22) 재해·재난과 안전 (23) 과학과 나의 미래

과학과 구성 영역별로 구체적인 개정 내용을 살펴보면 다음과 같다.

운동과 에너지 영역의 주요 변경 사항을 정리하면, 열역학 분야에서는 기존 ‘열과 우리 생활’ 단원을 ‘열’로 단위명을 수정하고 단위 배치도 2학년에 1학년으로 앞당겨서 물질 영역의 ‘물질의 상태 변화’ 단위와 연계되도록 구성하였다. 즉, 온도, 열평형, 열의 이동 방식 등 열의 주요 개념을 이해한 이후에, 물질이 열에너지를 얻어 온도가 상승하면 나타나는 열팽창([9과03-03])이나 상태 변화([9과04-02~04]) 등의 현상을 이어서 학습할 수 있도록 하였다. 또한, 온도와 열평형을 하나의 성취기준으로 구성하고, 열의 이동 방식을 별도의 성취기준으로 분리하였다. 힘 개념과 관련해서는 기존 ‘여러 가지 힘’ 단원을 ‘힘의 작용’으로 수정하면서 여러 가지 힘은 특징만을 간략히 다루고 힘의 정의 및 힘의 표시 방법을 강조하여 제시하고, 힘의 평형을 추가하며 알짜 힘이 0이 아닐 때 나타나는 현상을 조사하여 분류하도록 하였다. 이것은 새로운 학습 요소를 추가하였다기보다는 여러 가지 힘은 그 특징만을 간략히 학습하고, 이미 다루던 힘의 정의나 힘과 운동과의 관계를 명시적으로 성취기준에 제시하여 학습의 강조점을 단원의 제목과 같이 힘과 그 힘에 의해 나타나는 효과에 초점을 맞추도록 하였다. ‘빛과 파동’은 단위명을 유지하면서 반사와 굴절, 파동의 발생과 전달 등 기초 개념을 강조하여, 파동의 전달이 에너지와 정보를 전달한다는 것을 학습하도록 성취기준 해설에 제시하였다. 또한, 파동의 종류인 종파와 횡파는 다루지 않도록 하여 학습량을 줄이고자 하였다. ‘전기과 자기’ 단원은 ‘에너지 전환과 보존’에서 다루던 전기 에너지(소비 전력)의 개념을 이 단위에서 함께 학습하도록 하고, 단원을 통합하면서 기존에 다루던 전자기 유도는 고등학교 통합과학에서 다루도록 중학교 과정에서는 삭제하였

다. 운동 및 에너지 개념과 관련해서는 기존 교육과정에서 ‘운동과 에너지’ 및 ‘에너지 전환과 보존’의 2개 단원을 ‘운동과 에너지’ 단원에서 통합하면서 역학적 에너지 보존 자유낙하 및 단진자 등 물체의 운동과 연계하여 다루도록 하였다. 즉, 역학적 에너지 보존 법칙을 유사한 개념인 위치 에너지와 운동 에너지를 학습하면서 함께 다루도록 통합하였다. 또한, 성취기준 해설에 운동에 대한 기록과 자료의 해석과 분석에 사진이나 운동 센서 등 다양한 디지털 탐구 도구를 활용할 수 있도록 안내하였다.

물질 영역의 주요 변경 사항을 보면, 우선 ‘물질의 상태 변화’ 단원과 ‘기체의 성질’ 단원의 순서는 비례, 반비례 등의 수학 교과 학습 시기를 고려하여 ‘기체의 성질’ 단원을 뒤에 배우도록 순서를 변경하고, ‘물질의 상태 변화’ 단원에서 물질이 입자로 구성됨을 학습할 수 있도록 증발과 확산 내용을 포함하였다. ‘기체의 성질’ 단원에서는 압력의 의미를 추가하였다. ‘물질의 특성’ 단원은 ‘물질의 구성’ 단원과 순서를 변경하였고, 중학교 발달단계에서 이해하기 어려운 크로마토그래피는 삭제하고, 다양한 혼합물의 분리 방법에 대한 성취기준을 통합하고 간소화하였다. ‘물질의 구성’ 단원에서는 TIMSS 등 국제 학업성취도 평가들과 비교하여 주기율표를 추가하였다. ‘물질의 구성’ 단원의 순서를 재배치하여 3학년에 1학기에 배우는 화학 반응 관련 단원과 학습 시점이 차이가 크지 않도록 구성하였다.

생명 영역의 주요 변경 사항을 정리하면, ‘생물의 구성과 다양성’은 2015 개정 교육과정의 ‘생물의 다양성’에서 단원명을 변경하여, 2015 개정 교육과정의 ‘생물의 다양성’ 단원에 ‘동물과 에너지’ 단원에서 다루던 생물의 유기적 구성 단계의 개념을 통합하고 세포 내용을 추가함으로써, 생명의 기본 단위와 유기적 구성에 대한 이해 후 생물의 다양성과 보전에 대한 학습이 이루어질 수 있도록 구성하였다. ‘식물과 에너지’ 단원은 단원명은 같게 유지하면서 초등학교 5-6학년군 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 다루는 광합성 내용과 연계성을 강화하도록 조정하였다. 초등학교에서 학습되는 식물의 증산작용을 삭제하고, 식물이 에너지를 얻는 광합성에 관한 개념만을 집중적으로 다룰 수 있도록 조정하였다. ‘동물과 에너지’ 단원은 단원명은 같이 유지하면서 생물의 유기적 구성 단계에 관한 내용은 새 교육과정의 ‘생물의 구성과 다양성’ 단원으로 이동하여 생물의 구성 내용과 통합하여 학습량을 줄이고, 동물이 에너지를 얻기 위한 주요 기관계의 통합적 관계를 중점적으로 다룰 수 있도록 구성하였다. ‘자극과 반응’과 ‘생식과 유전’은 기존 교육과정의 내용을 대부분 그대로 유지하였다.

지구와 우주 영역의 주요 변경 사항을 정리하면, ‘태양계’ 단원을 2학년에서 1학년으로 이동하고, 지구와 달의 크기 측정 내용은 삭제함으로써 태양계 천체들에 대해 호기심을 가지도록 하는 데 중점을 두었다. ‘지권의 변화’ 단원은 1학년에서 2학년으로 이동하고, 암석과 광물의 활용과 자원으로서의 가치에 대해 인식하는 내용을 추가하였다. ‘별과 우주’ 단원은 3학년에서 2학년으로 이동하고, 성취기준을 구체화하였다. ‘날씨와 기후변화’ 단원에는 대기 대순환 내용을 ‘수권과 해수의 순환’ 단원에는 대기 대순환과 해양 표층 순환과의 관

계 및 해류 내용을 추가하여 기후변화에 대한 기본 개념을 형성하도록 하였다. '수권과 해수의 순환' 단원은 2학년에서 3학년으로 이동하고, 조석, 염분비 일정의 법칙을 삭제하였으며, 대기 대순환과 해양 표층 순환과의 관계 및 해류 내용을 추가하여 기후변화에 대한 기본 개념을 형성하도록 하였다.

과학과 사회 영역에서는 통합단원의 성격을 고려하여 단원의 순서 및 내용을 조정하였다. '과학과 인류의 지속가능한 삶' 단원은 2015 개정 교육과정에서 3학년에 있던 단원을 1학년으로 이동하여 첫 단원에 배치함으로써 중학교 과학의 주요 개념을 학습하기 전에 과학의 의미와 과학적 탐구 방법을 먼저 학습할 수 있도록 하였다. 그리고 인공지능 등 첨단 과학기술에 관한 내용을 추가하고, 생태전환교육과 관련하여 과학기술의 역할을 이해하고, 학생들 스스로 실천 방안을 찾아 실천할 수 있도록 하였다. '재해·재난과 안전' 단원은 2학년에서 3학년으로 이동하여, 자연재해, 감염병 등 재해·재난과 안전과 관련한 기본적인 과학 개념과 원리를 학습한 후에 통합적으로 접근함으로써, 그 발생 원인과 피해를 과학적으로 분석할 수 있도록 하였다. '과학과 나의 미래' 단원은 2015 개정 교육과정에서 1학년에 있던 단원을 3학년 진로연계학과 연계하여 과학 관련 직업을 탐색하고 진로 선택을 위한 과학 학습을 계획할 수 있도록 3학년에 배치하였다. 즉, 진로 연계교육과 연계하여 모든 과학 분야에 대한 학습을 바탕으로 과학과 과학기술의 역할을 이해한 후에 진로 교육을 체험할 수 있도록 하였다.

2. 고등학교 공통 과목

가. 통합과학 1, 2

고등학교 공통 과목인 통합과학 1, 2는 2015 개정 교육과정의 통합과학을 계승하면서, 고교학점제 취지에 맞추어 학기 단위 이수가 가능하도록 통합과학 1과 통합과학 2의 2개 과목으로 나누어 교육과정 시안을 개발하였다. 고등학교 ‘통합과학 1, 2’ 개정 시안 개발에서 고려한 중점 사항은 다음과 같다.

첫째, 과학 내용 영역들을 관통하는 과학과 빅 아이디어를 중심으로 내용을 구성함으로써 과학 영역 간의 융·복합은 물론 과학·기술·사회 등을 가로지르는 융·복합적 과학 지식·이해가 가능하도록 교육과정을 구성하였다. ‘통합과학 1’은 과학의 기초, 물질과 규칙성, 및 시스템과 상호작용의 3개 영역으로, ‘통합과학 2’는 변화와 다양성, 환경과 에너지 및 과학과 미래 사회의 3개 영역으로 구성하였다. 이러한 통합과학 1, 2의 영역 구성은 과학의 빅 아이디어(big ideas)에 해당하는 것이다. 특히 ‘과학의 기초’ 영역에서는 시공간을 포함한 과학 탐구에서 중요한 기본량과 단위, 측정과 표준 등 과학의 도구적 언어를 다룸으로써 미래 사회를 살아가는 데 필수 불가결한 과학의 기초, 과학으로의 입문이 가능하도록 과학의 언어를 도입하였다.

둘째, 초·중학교와 고등학교 선택 과목 사이의 가교로서 모든 한국인이 알아야 하는 현대인의 소양으로서 과학영역별 학문의 근간이자 선택 과목 이수를 위한 기초가 되는 학습 내용으로 구성하였다. 즉, 중학교까지 학습한 과학과 핵심 개념에 대한 이해를 바탕으로 자연 현상을 통합적, 융합적으로 이해하고, 이를 기반으로 미래 사회에 필요한 과학적 기초소양을 함양할 수 있도록, 모든 과학 영역의 공통·기초가 되는 핵심 내용과 함께 미래 사회 과학기술에 관한 기초 내용인 과학과 미래 사회 영역을 아울러 통합과학 1, 2의 교육내용을 구성하였다. 빅 아이디어를 중심으로 물리학, 화학, 생명과학, 및 지구과학을 관통하고 통합하는 내용으로 구성함으로써 내용량을 적정화하고, 이를 통해 확보된 시간을 과학과 미래 사회 영역에 투자할 수 있도록 하였다. 과학과 미래 사회 영역에서는 점차 다양한 과학과 선택 과목 학습의 토대가 되는 인공지능과 로봇, 생명과 과학 윤리 등 지속가능한 미래 사회의 책임 있는 민주시민이 갖춰야 첨단 과학지식과 탐구 방법 그리고 과학기술윤리 등을 포함하였다.

셋째, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 아우르는 성취기준을 통해 역량을 함양할 수 있도록 내용을 구성하였다. ‘통합과학 1, 2’ 과목을 통해 과학을 통한 역량, 즉 과학적 소양을 함양할 수 있도록 자연 현상과 사회과학적·지구 생태적 쟁점, 미래 첨단과학과 우주개발에 이르기까지 융·복합적 과학 지식·이해를 토대로 행위주체로서 의사결정하고 민주시민으로 성장할 수 있도록 성취기준을 구성하였다.

넷째, 디지털·AI 소양을 함양하고 이공계 진로를 탐색할 수 있도록 첨단 과학기술을 기반으로 한 빅 데이터 관측 데이터와 기기를 활용한 탐구체험이 가능하도록 교육과정을 구성하였다. 융·복합적 지식을 특징으로 하는 미래 사회를 살아가는 데 필요한 과학소양을 함양할 수 있도록 글로벌 수준의 빅데이터를 활용한 과학 탐구와 관측 데이터를 활용한 다양한 탐구 활동을 제공하였다. 이를 통해 과학과 과정·기능을 체험함으로써 과학기술 기반의 미래 사회를 살아갈 학생들이 행위주체로서 과학 소양인으로서 의사결정과 문제해결이 가능할 것으로 기대된다.

끝으로, 국제적 동향을 반영하여 통합과학 1, 2의 내용 체계와 성취기준을 개발하였다. 국제 동향을 반영한 과학과 교육과정 시안 개발을 특징으로 한다. 국제학업성취도평가(PISA), 수학·과학 성취도 추이 변화 국제 비교 연구(TIMSS) 등을 포함하여 미국, 영국, 캐나다, 싱가포르 등의 외국 교육과정의 동향을 반영하여 우리나라 과학과 성취기준이나 내용 구성 등을 조정하고, 현장의 과학교사들이 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 조합하여 성취기준을 재구성할 수 있도록 내용 체계를 개발하였다. 미국의 NGSS는 물론 캐나다 브리티시컬럼비아주, 영국의 과학교사 지원(<https://thescienceteacher.co.uk/>) 등에 이르기까지 과학 영역들을 관통하는 빅 아이디어를 제공하고, 이를 중심으로 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 온라인 기반으로 제시함으로써 현장 교사들이 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 학교와 지역의 상황에 적합하게 재조합하여 교육할 수 있도록 하고 있다. 이러한 국제 동향을 참조하여 통합과학 1, 2의 내용 체계를 개발하였으며, 향후 학교 현장의 교육과정 재구성을 위한 온라인 기반의 교육과정 지원 시스템을 구축, 제공할 예정이다.

통합과학 1, 2의 구성 영역별로 구체적인 개정 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 통합과학 1의 첫 영역으로 ‘과학의 기초’를, 통합과학 2의 마지막 영역으로 ‘과학과 미래 사회’를 신설하였다. ‘과학의 기초’ 영역은 기본량과 단위, 측정과 어림, 정보와 신호 등을 포함함으로써 자연과학 탐구를 위한 기초소양에 해당하는 내용을 다루도록 하였다. 이 영역은 고등학교 과학 과목의 출발점으로서 과학의 본질에 관해서 탐구 대상과 방법론 측면에서 설명하도록 구성하였다. ‘과학과 미래 사회’ 영역은 인공지능과 과학탐구, 로봇, 감염병과 병원체, 과학기술과 윤리 등 과학기술의 발전이 미래 사회에서 인류의 삶에 미치는 영향을 주요 학습 내용으로 포함하였다.

둘째, 물질과 규칙성 영역은 기존 2015 개정 교육과정의 물질의 규칙성과 결합 및 자연의 구성 물질에 해당하는 내용을 수용하면서 일부 성취기준을 통합하거나 부분적으로 수정하였다. 예를 들어 기존 교육과정에서 ‘물질의 물리적 성질’과 관련하여 제시한 신소재 개발에 관한 내용은 삭제하고, 대신 ‘물질의 전기적 성질’로 내용 범위를 제한하여 도체와 부도체, 반도체 등과 같이 일상생활과 첨단기술에서 보다 친숙하고 유용하게 응용되는 사례를 강조하였다.

셋째, 시스템과 상호작용 영역은 기존 2015 개정 교육과정의 역학적 시스템, 생명 시스템, 지구 시스템의 내용을 수용하면서 일부 성취기준을 통합하거나 부분적으로 수정하였다. 예를 들어 역학적 시스템의 경우 기존 내용 요소를 그대로 수용하되 물체의 다양한 운동을 중력의 작용을 받는 경우와 상호작용이 없는 경우로 구분하여 보다 체계적으로 제시하도록 하였다.

넷째, 변화와 다양성 영역은 기존 2015 개정 교육과정의 화학 변화, 생명 다양성과 유지의 내용을 수용하면서 일부 성취기준을 통합하거나 부분적으로 수정하였다.

다섯째, 환경과 에너지 영역은 기존 2015 개정 교육과정의 생태계와 환경, 발전과 신재생 에너지의 내용을 수용하면서 일부 성취기준을 통합하거나 부분적으로 수정하였다. 예를 들어, 에너지 생산에 대해서는 기존 교육과정에서 다루던 핵발전, 태양광 발전, 풍력 발전 등 구체적인 발전 방식에 대한 내용은 삭제하고 운동 에너지가 전기 에너지로 전환되어 활용되는 과정 자체에 보다 초점을 두었다. 또한, 파력, 조력, 연료 전지 등과 같은 신재생 에너지의 종류를 학습하는 대신 신재생 에너지의 필요성과 의의를 에너지 효율 관점에서 지속 가능한 발전과 지구 환경 문제와 연계하여 다루도록 하였다.

나. 과학탐구실험 1, 2

과학탐구실험 1, 2의 구성 영역별로 구체적인 개정 내용을 살펴보면 다음과 같다.

과학탐구실험 1, 2는 2015 교육과정의 과학탐구실험을 계승한 것으로, 고교학점제 취지에 맞추어 학기 단위 이수가 가능한 2개 과목으로 교육과정 시안을 개발하였다. 과학탐구실험 1은 ‘과학의 본성과 역사 속의 과학 탐구’, 및 ‘과학 탐구의 과정과 절차’의 2개 영역으로, 과학탐구실험 2는 ‘생활 속의 과학 탐구’ 및 ‘미래 사회와 첨단 과학 탐구’의 2개 영역으로 구성하였다.

과학탐구실험 1, 2의 경우, 9학년까지의 과학을 학습한 학생들을 대상으로 하여 과학 탐구 실천 및 과학을 통한 역량을 함양하기 위한 탐구 활동 중심의 과목이다. ‘과학탐구실험 1, 2’에서는 전통적인 과학 교과목에서 다루는 과학 내용과 함께 미래 사회 융·복합적 과학 빅 아이디어와 관련된 과학탐구와 실험을 포함하여, 문제의 발견과 해결을 포괄하는 프로젝트의 형태의 과학 탐구 활동을 경험할 수 있도록 시안을 개발하였다.

특히 미래 역량으로서 과학적 소양을 함양할 수 있도록, 글로벌 수준의 빅데이터를 활용한 기후변화 경향성 파악하기, 첨단의 과학 실험 기기, 컴퓨터 활용 실험(MBL), 시뮬레이션을 이용한 탐구와 실험 등으로 구성함으로써 디지털 소양과 이공계 진로를 적극적으로 탐색할 수 있도록 하였다.

3. 고등학교 일반 선택

(물리학)

일반 선택 ‘물리학’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다. 첫째, 전통적인 물리학 개념 구조보다는 물리학이 생활과 기술사회에 응용되는 측면을 강조하여 현재와 가까운 미래에 학생의 삶에 유용하고 의미 있는 내용으로 구성하였다. 이를 통해 더 많은 학생이 물리 과목을 선택하도록 유도하고, 학교 물리교육이 활성화될 수 있도록 하는데 주안점을 두었다. 둘째, 기존 대학 일반물리학의 축소판이 아니라 미래를 살아가는 학생들에게 유용하고 의미 있는 물리학 내용으로 구성하고자 하였다. 이를 위해 현대 물리학의 내용을 포괄적으로 도입하였다. 또한, 물리학의 전통적인 개념 구조보다는 물리학이 생활과 기술사회에 응용되는 측면을 강조하였다. 셋째, 물체의 거동과 같이 직접 관찰 가능한 거시 세계의 현상에서 시작하여 원자 수준의 크기에서 벌어지는 현상 등과 같이 인간의 지각 범위를 초월하는 미시세계로 이어지는 스토리 라인을 따라 구성하였다.

‘물리학’ 과목의 각 영역의 주요 내용 및 2015 개정 교육과정 대비 변경 사항을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 힘과 에너지 영역은 물체의 운동 상태 변화를 물체가 받는 힘과의 관계 및 에너지 전환과 보존 관점에서 이해하는 것을 주요 내용으로 구성하였다. 기존 2015 개정 교육과정 일반 선택 ‘물리학I’ 에서 다루던 내용 중에서 속도와 가속도 등 운동학 관련 내용과 질량-에너지 등가원리는 신설되는 진로 선택 ‘역학과 에너지’ 로 이동하였고, 충격량의 경우는 선수 과목인 ‘통합과학1’ 에서 이미 다루는 내용은 삭제하였다. 또한 열기관과 열효율과 같이 중학교 교육과정 및 고등학교 진로 선택 과목에서 반복하여 다루는 주제는 개념의 위계성을 고려하여 내용을 조정하였다. 한편 기존 교육과정에서는 진로 선택 ‘물리학II’ 에서 다루던 정역학 관련 내용을 추가하였다.

둘째, 전기와 자기 영역에서는 전기장과 자기장이 서로 유도하는 현상에 대한 이해를 바탕으로 전기 에너지 활용과 유무선 정보 통신 기술에 대한 응용에 관한 내용으로 구성하였다. 기존 2015 개정 교육과정 일반 선택 ‘물리학I’ 에서 다루던 내용 중에서 원자의 에너지 준위, 고체의 에너지띠 등의 내용은 빛과 물질 단원으로 재배치하였고, 대신 기존 교육과정에서는 진로 선택 ‘물리학II’ 에서 다루던 전기회로와 전력, 축전기와 관련된 내용을 이동하여 전기와 자기에 해당하는 내용을 전기 에너지의 전환과 활용 관점에서 포괄적으로 다루도록 하였다.

셋째, 빛과 물질 영역에서는 미시세계에서 일어나는 현상을 빛과 물질의 이중성을 중심으로 학습하고 원자 구조에 대한 이해를 바탕으로 반도체 소자의 원리를 소개하도록 구성하였다. 기존 2015 개정 교육과정 일반 선택 ‘물리학I’ 에서 다루던 파동의 요소와 전반사 등

은 신설되는 진로 선택 ‘역학과 에너지’로, 전자기파 스펙트럼과 관련된 내용은 ‘전자기와 양자’로 이동하면서 영역의 주요 내용이 파동 자체가 아니라 빛과 물질의 상호작용에 초점을 두도록 하였다. 이에 따라 기존 대신 기존 교육과정에서 제외되었던 굴절과 렌즈를 추가하였고, 양자화된 에너지 준위와 고체의 에너지띠 등 현대물리에 해당하는 내용을 빛과 연계하여 도입하였다.

(화학)

일반 선택 ‘화학’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, 21세기를 살아가는 데 필요한 미래 사회의 핵심역량과 민주 시민으로서 갖추어야 할 화학에 대한 기초 소양을 함양하기 위한 내용으로 구성하였다. 이를 통해 더 많은 학생이 화학 학습에 흥미를 가지고, 화학 과목을 선택하도록 유도하고, 학교 화학교육이 활성화될 수 있도록 하는데 주안점을 두었다.

둘째, 화학을 통해 자연 세계를 탐구하면서 지적 희열을 느끼고, 화학이 공학과 기술 등의 응용뿐만 아니라 현대 문명과 일상생활에도 지대한 영향을 제공한 측면을 강조하였다.

셋째, 물질의 구조, 물질의 성질, 물질의 변화 영역에 포함된 개념을 중심으로 화학의 언어, 물질의 구조와 성질, 화학 평형, 역동적인 화학 반응의 4개 영역으로 구성하였다. 화학의 언어 영역에서는 화학 학습의 기초에 해당하는 내용을, 물질의 구조와 성질 영역에서는 분자 구조를 바탕으로 물질의 성질에 대한 이해를, 화학 평형 영역에서는 화학 반응에서 가역 반응을 해석하고 변인에 따른 화학 변화의 방향성을, 역동적인 화학 반응 영역에서는 산과 염기가 반응할 때의 양적 관계를 포함하였다.

넷째, ‘화학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 화학을 학습함으로써 자연 세계의 다양한 현상을 화학적으로 해석할 수 있는 능력을 함양하고 화학적 원리가 인간의 삶에 주는 영향을 폭넓게 이해할 수 있도록 구성하였다. 다섯째, ‘화학’ 탐구를 통해 일상생활의 다양한 문제 상황을 합리적으로 설명하고 예측하는 사고의 기반을 형성하고, 개인과 공동체가 문제 상황에 직면하였을 때 과학적이고 합리적인 태도로 의사 결정할 수 있는 역량의 기반이 될 수 있도록 구성하였다.

(생명과학)

일반 선택 ‘생명과학’ 교육과정의 주요 특징은 다음과 같다.

첫째, 일반 선택 ‘생명과학’은 생명과학 탐구능력과 태도를 함양하며, 생명과학 분야의 기본 개념을 이해하고, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 생명 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결하는 ‘역량’ 함양에 중점을 두고 생명과학 기초 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 공통

과목 ‘통합과학’과 진로 선택 과목 ‘세포와 물질대사’, ‘생물의 유전’에서 다루는 개념의 위계성과 연계성을 고려하여 생명 시스템의 구성, 항상성과 몸의 조절, 생명의 연속성과 다양성 3개 영역으로 구성하였으며, 교사의 재량권 확대를 위해 한 학기 17주 분량을 16주로 하여 학습 내용을 적정화하였다. 또, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호 보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 균형적 발달이 이뤄지도록 내용 요소와 성취기준을 구성하였으며, 디지털 리터러시, 민주시민 소양, 행위 주체성, 생태전환교육 등 미래 역량을 함양할 수 있도록 구성하였다.

둘째, ‘생명과학’은 2015 개정 교육과정 과학과의 생명과학과 인간의 생활, 생물의 구조와 에너지, 항상성과 몸의 조절, 생명의 연속성, 환경과 생태계 영역의 주요 내용 중 과목 성격을 고려하여 생명과학의 핵심 개념 중심으로 생명 시스템의 구성, 항상성과 몸의 조절, 생명의 연속성과 다양성의 3개 영역으로 재구성하였다.

셋째, 생명 시스템의 구성 영역은 생물 및 생명과학의 특성을 다루고, 생명과학 분야의 학문적 특징은 간략하게 다루도록 하고, 현대 생명과학 분야의 성과가 여러 학문 분야의 성과와 결합되어 나타난다는 것을 다루도록 하여 생명과학 분야에 대해 이해하도록 하였으며, 세포로부터 생태계에 이르는 생명의 구성 단계들이 구조적 체계를 이루고 있고, 구성 단계별 각각의 생명 시스템이 통합적 기능을 한다는 것에 초점을 두도록 주요 내용으로 구성하였다.

넷째, 항상성과 몸의 조절 영역에서는 신경 세포의 구조와 기능, 시냅스를 통한 신경 신호의 전달, 신경계 구조와 기능, 내분비계와 신경계 작용 원리에 의한 항상성 유지 과정, 인체의 선천적·후천적 면역 반응과 백신의 종류와 작용 원리를 주요 내용으로 다루도록 하였다. 다양한 가상 현실, 증강 현실 기술을 적용한 실감형 콘텐츠를 활용, 휴대용 또는 착용형 간단한 장비나 센서로 스마트 헬스케어 시스템을 활용한 탐구를 하도록 강조하여 디지털 소양을 함양할 수 있도록 하였다.

다섯째, 생명의 연속성과 다양성 영역에서는 염색체 구조와 DNA, 유전자의 관계, 생식세포 형성과정, 생물 진화의 원리와 생물의 다양성을 주요 내용으로 구성하였다. 진화 사례 중심으로 변이와 자연선택에 의한 진화의 원리를 이해하도록 하고, 하디-바인베르크 법칙은 다루지 않도록 하였으며, 생물의 분류 체계는 역과 계 수준에서만 다루고 세부적인 분류 기준들은 설명하지 않도록 하고 분류군의 특징을 문 수준에서 다루도록 하여 학습 내용의 수준과 학습량을 적정화하였다.

(지구과학)

일반 선택 ‘지구과학’ 교육과정 시안(최종안) 개발의 주요 개정 사항과 특징은 다음과 같다.

첫째, 이공계열 진로 적성을 포함하여 진로 적성을 막론하고 많은 학생이 지구과학 과목

을 선택하여 지구과학 소양을 함양할 수 있도록 유도하는 데 초점을 두었다. 둘째, ‘지구과학’ 과목 시안(최종안) 개발에서는 기존 지구과학의 지식 구조보다는 지구시스템과학과 같이 통합적 빅 아이디어를 중심으로 위계성과 연계성을 확보하면서 학습 내용을 적정화하였다. ‘지구과학’은 대기와 해양의 상호 작용, 지구의 역사와 한반도의 암석, 및 태양계 천체와 별과 우주의 진화의 3개 영역으로 구성하였다. 즉, 지구·우주과학을 관통하는 유체 지구, 고체 지구, 천체 영역에 대해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 아울러 내용을 구성하였다. 셋째, 첨단 과학기술을 기반으로 융·복합적 지식을 특징으로 하는 미래 사회를 살아가는 데 필요한 지구·우주과학 관련 소양을 함양할 수 있도록 글로벌 수준의 빅 데이터를 활용한 대기와 해양의 상호 작용 탐구, 천체관측 데이터를 활용한 우주의 과거와 미래 추적 등 현대 지구(시스템)과학의 내용을 포괄적으로 도입하였다. 넷째, 다양한 탐구 활동을 통해 과학과 과정·기능을 체험함으로써 행위 주체성을 함양할 수 있도록 내용을 구성하였다. 지구와 우주 및 주변 환경의 변화에 대한 인간의 탐구 노력과 지식의 발달 과정을 이해할 수 있도록 다양한 탐구실험과 활동을 중심으로 내용을 구성하였다.

‘지구과학’ 과목의 영역별 주요 개정 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 유체 지구의 ‘대기와 해양의 상호 작용’ 영역은 순환하는 해양과 역동적인 대기의 특성을 각각 다루고, 이어서 대기와 해양의 상호 작용으로 인한 다양한 기후변화 등의 내용으로 구성하였다. 기존 2015 교육과정 선택 과목인 ‘지구과학 I, II’ 과목에서 유체 지구, 즉 대기와 해양 영역의 내용들 중에서 ‘해수의 성질, 표층 순환과 심층 순환, 수온과 염분, 이동성 고기압과 저기압, 악기상, 용승과 침강, 남방진동, 지구온난화와 기후변화 요인’ 등 모든 학생이 알아야 할 지구·우주과학 분야의 기본 개념으로 구성하였다.

둘째, 고체 지구의 ‘지구의 역사와 한반도의 암석’ 영역은 한반도의 암석, 지구의 역사를 통해 한반도와 지구시스템이 거쳐 온 변화 등의 내용으로 구성하였다. 기존 2015 교육과정 선택 과목인 ‘지구과학 I, II’ 과목에서 고체 지구의 기본 내용인 ‘퇴적구조와 퇴적암, 화성암, 변성작용과 변성암, 변동대, 지사 해석 방법, 상대연령과 절대연령, 지질시대의 환경과 생물, 국가지질공원’ 등 지구·우주과학의 기본 개념으로 구성하였다.

끝으로, 천체의 ‘태양계 천체와 별과 우주의 진화’ 영역에서는 태양계 천체의 관측과 운동, 별과 우주의 진화를 통해 지구와 태양계, 그리고 별과 우주의 과거와 미래 등의 내용으로 구성하였다. 기존 2015 개정 교육과정 선택 과목인 ‘지구과학 I, II’ 과목에서 천체의 기본 내용인 ‘태양계 모형, 행성의 겉보기 운동, 일식과 월식, 별의 물리량, 별의 진화와 H-R도, 은하의 구성과 분류, 우주의 팽창’ 등 천체 분야의 기본 개념으로 구성하였다. 요컨대 미래 사회를 살아가는 데 필요한 지구·우주과학 관련 기본 소양을 함양할 수 있도록 ‘지구과학’ 영역별 내용을 구성하였다.

4. 고등학교 진로 선택

(역학과 에너지)

진로 선택 ‘역학과 에너지’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

‘역학과 에너지’ 과목에서는 힘의 평형과 구조의 안정성, 만유인력과 천체의 운동 등과 같이 힘과 상호작용을 이해하고, 다양한 열 현상과 열기관에 대해 에너지 개념을 바탕으로 체계적으로 이해하도록 구성하였다. 또한 파동의 발생과 특성에 대한 이해를 바탕으로 소리와 그 응용 분야에 대해서 학습하도록 구성하였다. 진로 선택 시 필요한 기본 능력을 함양하는 과목으로서 자연과학 계열의 진로와 관련성이 드러나도록 구성하되, 특히 건축, 토목, 기계, 초음파 등과 같이 거시 수준에서 물체의 거동을 다루는 이공계열 진로와의 관련성을 강조하였다.

‘역학과 에너지’ 과목의 각 영역의 주요 내용 및 2015 교육과정 대비 변경 사항을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 시공간과 운동 영역에서는 지표면에서 운동하는 물체와 인공위성 및 행성의 운동을 중력의 관점에서 살펴보고 중력으로 인해 시공간이 휘어져 나타나는 현상을 다루었다. 기존 2015 개정 교육과정 진로 선택 ‘물리학Ⅱ’에서 다루던 내용 중에서 정역학 및 일-운동 에너지 관계는 일반 선택 ‘물리학’으로 이동하고 힘의 합성과 등가속도 운동 관련 내용을 통합하는 등 기존 성취기준을 통합 축소하였다. 대신 행성에 따른 탈출 속도의 차이와 발사체 원리, 등가 원리와 관련하여 중력 시간 지연 현상을 소개하는 등 중력과 우주 관련 내용은 보강하였다.

둘째, 열과 에너지 영역에서는 다양한 열 현상과 열기관의 특성을 에너지 개념을 바탕으로 다루고 열역학 법칙의 적용을 주요 내용으로 하였다. 기존 2015 교육과정 진로 선택 ‘물리학Ⅱ’에서 다루던 내용 중에서 열의 일당량 개념은 명시적으로 다루지 않는 대신 열역학 1법칙으로 통합하였으며, 기존 일반 선택 ‘물리학Ⅰ’에서 다루던 열기관과 열효율 관련 내용을 열의 이동과 활용, 이상기체 법칙 등을 중심으로 재편하였다.

셋째, 탄성파와 소리 영역에서는 매질을 통한 에너지의 전파 과정과 파동의 투과와 반사 현상에 대한 기본적인 이해, 음파의 간섭과 도플러 현상의 실생활 이용 및 악기의 원리 등을 다루었다. 기존 2015 개정 교육과정 진로 선택 ‘물리학Ⅱ’의 해당 영역에서는 전자기파의 활용을 중심으로 다루었다면, 2022 개정 교육과정에서는 영역명과 같이 탄성파를 중심으로 파동의 일반적인 특성, 즉 진동과 파동, 투과와 반사, 정상파 등의 내용으로 구성하였다. 기존 교육과정에서 다루던 전자기파의 간섭과 회절은 신설되는 진로 선택 ‘전자기와 양자’ 과목으로 이동하였으며, 대신 이 영역에서는 악기와 소음제어 등 탄성파의 종류 중에서 일상생활에서 흔히 접하는 소리를 보다 강조하였다.

(전자기와 양자)

진로 선택 ‘전자기와 양자’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

‘전자기와 양자’ 과목에서는 전자기학, 광학, 양자역학과 같이 자연현상의 근본적인 성질을 이해하고 관련된 진로와 연계되도록 구성하였다. 특히 전기, 전자, 정보 통신, 재료, 반도체, 컴퓨터 하드웨어, 디스플레이, 센서 등과 같이 현대 산업의 바탕을 이루는 정밀과학과 관련된 다양한 이공계열 진로와 관련성을 강조하였다. 특히 양자컴퓨팅, 양자 정보 통신 등 원자 이하 수준의 미시세계를 다루는 미래 유망기술인 양자기술 관련 내용을 포함하였다.

‘전자기와 양자’ 과목의 각 영역의 주요 내용 및 2015 교육과정 대비 변경 사항을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 전자기적 상호작용 영역에서는 물질의 전기적 및 자기적 상호작용에 대한 이해를 바탕으로 이러한 지식이 에너지 전환 및 정보 통신과 관련된 현대의 전기전자통신 기술에 어떻게 활용되는지를 다루었다.

기존 2015 개정 교육과정 진로 선택 ‘물리학Ⅱ’에서 다루던 내용 중에서 저항의 연결, 옴의 법칙 등 전기회로와 관련된 내용은 일반 선택 ‘물리학’으로 이동하고, 전기력선과 자기력선, 축전기 등 일반 선택 ‘물리학’ 과목과 중복되는 주제는 개념의 위계성을 고려하여 내용 수준을 조정하고 기존 교육과정에서 제외되었던 로런츠힘 등을 추가하였다. 한편, 교류 회로와 전자기파에 해당하는 내용을 축소하였으며 대신 다이오드와 트랜지스터 등 반도체 소자를 활용한 장치와 회로의 기초 원리와 활용방안을 소개하였다.

둘째, 빛과 정보 통신 영역에서는 간섭, 편광, 굴절, 물질과의 상호작용 등 빛의 기본 특성과 함께 이와 관련된 광학 기기, 정밀 측정, 영상기술, 의료진단 기술을 주요 내용으로 하였다. 기존 2015 개정 교육과정 진로 선택 ‘물리학Ⅱ’에서 다루던 내용 중에서 볼록 렌즈와 상의 생성 원리 등은 일반 선택 ‘물리학’으로 이동하였으며, 기존에 다루던 간섭과 회절과 관련된 내용은 이러한 과학 개념이 홀로그래프 등 현대 정밀 기술에 적용되는 사례를 중심으로 통합하여 재편하였다. 같은 맥락에서 광전효과나 편광을 도입하면서 기초 개념보다는 레이저 등 디지털 정보 기술의 응용 중심으로 소개하였다.

셋째, 양자와 미시세계 영역에서는 빛과 물질의 이중성, 터널 효과, 중첩과 확률 파동 등 미시세계의 고유한 특성과 기묘하고 아름다운 거동을 감상하고, 원자 이하 수준을 다루는 정밀과학이 현대 문명과 기술 발전에 끼친 영향을 탐색할 기회를 갖도록 하였다. 파동-입자 이중성 및 불확정성 원리 등 기존 교육과정의 내용을 유지하되 확률 파동의 간섭과 확률적 상태 변화 관점에서 재구성하였으며, 미시세계에 대한 탐구가 양자컴퓨터, 양자암호통신 등 양자 기술에 응용되어 사회에 미치게 될 영향을 소개하였다.

(물질과 에너지)

진로 선택 ‘물질과 에너지’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, 이 과목에서는 인류 문명의 발전과 우리 삶의 질 향상에 기여해 온 물질 현상과 에너지의 관계에 포함된 화학 개념과 법칙 및 물질 탐구 과정을 이해하고 관련된 진로와 연계되도록 구성하였다. 둘째, 고교학점제 시행에 알맞은 학습량을 고려하여 고등학교 수준에서 핵심적으로 알아야 물질과 에너지 관련 내용인 물질의 세 가지 상태, 용액의 성질, 화학 변화의 자발성, 반응 속도의 4개 영역에서 관련된 개념을 포함하였다. 물질의 세 가지 상태 영역에서는 우리 주변에서 존재하는 물질의 상태와 관련된 현상을, 용액의 성질 영역에서는 대표적인 용매인 물과 묽은 용액의 성질을, 화학 변화의 자발성 영역에서는 화학 반응에서의 에너지 출입과 변화의 방향을, 반응 속도 영역에서는 여러 조건에 따른 화학 반응의 빠르기를 다룬다. 셋째, 자연의 다양한 현상을 이해하고 이러한 현상이 일상생활에서 어떻게 적용되어 인간의 삶에 영향을 주는지 이해하고, 환경에 대한 위기의식과 지속가능한 삶의 관점에서 물질 현상과 에너지의 관계를 강조하였다. 넷째, 물질의 변화 시 나타나는 에너지는 반도체, 화장품, 식품, 의약품, 전지 등 현대인의 삶 대부분의 영역에서 이용되고, 순수 화학 분야, 화학을 응용하는 공학 및 농생명, 의학 분야 등 물질 변화 시 나타나는 에너지를 이용하는 등 다양한 이공계열 진로와 관련성을 강조하였다. 다섯째, 우리 삶의 질 향상에 기여해 온 물질 탐구 과정과 지식에 대한 이해를 바탕으로 학생들이 화학에 대한 호기심과 흥미를 갖고 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하도록 구성하였다. 여섯째, 미래 사회 시민으로서 개인과 사회의 문제를 과학적으로 접근하고 해결할 수 있도록 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양하고 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있도록 구성하였다.

(화학 반응의 세계)

진로 선택 ‘화학 반응의 세계’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, 이 과목은 다양한 화학 반응에 포함된 화학 개념을 이해하고, 탐구 능력과 태도를 함양하여, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 물질 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결할 수 있도록 구성하였다.

둘째, 고교학점제 시행에 알맞은 학습량을 고려하여 고등학교 수준에서 핵심적으로 알아야 화학 반응 관련 내용인 산 염기 평형, 산화 환원 반응, 탄소 화합물과 반응의 3개 영역으로 구성하였다. 산 염기 평형 영역에서는 화학 평형 관점에서 바라본 산과 염기를, 산화·환원 반응 영역에서는 화학전지의 화학적 원리를, 탄소 화합물과 반응 영역에서는 탄소 화합물과 관련한 간단한 반응을 포함하였다.

셋째, 화학 반응과 관련된 지식과 탐구 방법은 순수 화학뿐만 아니라 화학을 응용하는 공학, 생명공학, 의학 등 다양한 분야에서 필요로 하고 있으므로 화학 반응과 관련된 개념

학습에 그치지 않고 해당 지식이 어떻게 응용되는지 강조하였다.

넷째, 학생들이 흥미로운 실험을 하면서 3개 영역의 기초 개념과 응용에 대해 자연스럽게 학습할 수 있도록 탐구 활동을 구성하였다.

다섯째, 화학 반응은 반도체, 전지, 의약품, 화장품, 식품 등 현대인의 실제적인 삶에 널리 이용되고 있음을 이해하고, 미래 사회 시민으로서 개인과 사회의 문제를 과학적으로 접근하고 해결할 수 있도록 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양하고 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있도록 구성하였다.

(세포와 물질대사)

진로 선택 ‘세포와 물질대사’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, 진로 선택 ‘세포와 물질대사’는 생명의 기본 단위인 세포와 생명체에서 일어나는 다양한 생명 현상에 대한 학문적 흥미와 호기심을 갖고, 생명과학 탐구능력과 태도를 함양하여, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 생명 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결하는 생명과학의 학문적 소양을 기르는 데 중점을 두고 있다. 생명과학의 학문적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하는 것을 목표로 일반 선택 과목 ‘생명과학’에서 다루는 개념의 위계성과 연계성을 확보하면서 세포, 물질대사와 에너지, 세포호흡과 광합성 등 3개 영역으로 구성하고, 교사의 재량권 확대를 위해 한 학기 17주 분량을 16주로 하여 학습 내용을 적정화하였다. 또, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 균형적 발달이 이뤄지도록 내용 요소와 성취기준을 구성하였으며, 디지털 리터러시, 민주시민 소양, 행위 주체성, 생태전환교육 등 미래 역량을 함양할 수 있도록 구성하였다.

둘째, ‘세포와 물질대사’는 2015 개정 교육과정 과학과의 생명과학과 인간의 생활, 생물의 구조와 에너지, 항상성과 몸의 조절, 생명의 연속성, 환경과 생태계 영역의 주요 내용 중 과목 성격을 고려하여 세포와 물질대사 관련 핵심 개념 중심으로 세포, 물질대사와 에너지, 세포호흡과 광합성의 3개 영역으로 재구성하였다.

셋째, 세포 영역에서는 세포를 이루는 주요 구성 물질의 화학식보다는 간단한 형태적 특징 특징을 이해하고 세포 내에서의 중요 기능을 이해하도록 하였다. 다양한 세포 연구 방법을 토대로 세포 소기관의 구조와 기능 이해, 세포 소기관의 유기적 관계, 원핵세포와 진핵세포의 특징, 세포막의 구조와 특성을 주요 내용으로 구성하였다.

넷째, 물질대사와 에너지 영역에서는 효소에 의한 화학 반응으로서의 물질대사, 물질대사를 통한 에너지 출입, 생명 활동에서의 ATP의 역할, 효소의 종류와 특성, 효소의 작용 기작, 효소의 이용을 주요 내용을 구성하였다. 효소의 작용에 영향을 미치는 요인들에 대해 스스로 변인을 설정하여 실험을 설계하고 수행하도록 하여 탐구를 강조하였으며, 다양한 디지털 탐구 도구나 디지털 플랫폼을 활용하여 디지털 소양을 함양할 수 있도록 하였다.

다섯째, 세포호흡과 광합성 영역에서는 미토콘드리아와 엽록체의 구조와 기능, 세포호흡 과정, 발효, 명반응과 탄소고정반응, 전자전달계, 광합성과 세포호흡의 관계를 주요 내용으로 구성하였다. 동물세포와 식물세포 중심으로 세포호흡과 광합성 과정이 효소에 의해 조절되는 일련의 화학반응임을 이해하고, 유기물의 분자 구조식은 다루지 않도록 하여 학습 수준을 적정화하였다.

(생물의 유전)

진로 선택 ‘생물의 유전’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, 진로 선택 ‘생물의 유전’은 생물의 유전 관련 다양한 생명 현상에 대한 학문적 흥미와 호기심을 갖고, 생명과학 탐구능력과 태도를 함양하여, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 생명 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결하는 생명과학의 학문적 소양을 기르는 데 중점을 두고 있다. 생명과학의 학문적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하는 것을 목표로 일반 선택 과목 ‘생명과학’에서 다루는 개념의 위계성과 연계성을 확보하면서 유전자와 유전물질, 유전자의 발현, 생명공학기술의 3개 영역으로 구성하고, 교사의 재량권 확대를 위해 한 학기 17주 분량을 16주로 하여 학습 내용을 적정화하였다. 또, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 균형적 발달이 이뤄지도록 내용 요소와 성취기준을 구성하였으며, 디지털 리터러시, 민주시민 소양, 행위 주체성, 생태전환교육 등 미래 역량을 함양할 수 있도록 구성하였다.

둘째, ‘생물의 유전’은 2015 개정 교육과정 과학과의 생명과학과 인간의 생활, 생물의 구조와 에너지, 항상성과 몸의 조절, 생명의 연속성, 환경과 생태계 영역의 주요 내용 중 과목 성격을 고려하여 생물의 유전 관련 핵심 개념 중심으로 유전자와 유전물질, 유전자의 발현, 생명공학기술의 3개 영역으로 재구성하였다.

셋째, 유전자와 유전물질 영역에서는 유전자와 유전 형질, 상염색체와 성염색체 유전, 다 유전자유전, 사람의 유전병, DNA 구조와 유전물질이라는 증거, 원핵세포와 진핵세포의 유전체 구성, DNA 복제 원리를 주요 내용으로 구성하였다. 특히, 사람의 유전 형질은 과학적으로 명확하게 증명된 사례를 도입하여 오개념이 형성되지 않도록 하였다.

넷째, 유전자의 발현 영역에서는 생명의 중심원리, 전사와 번역 과정, 효소에 의한 화학 반응으로서의 물질대사, 물질대사를 통한 에너지 출입, 원핵생물과 진핵생물의 유전자 발현 조절, 발생과 세포 분화에서의 유전자 발현 조절을 주요 내용을 구성하였다. 유전자 발현 조절은 생물의 발생 초기 단계의 유전자 발현 조절 과정을 다루도록 하여 학습 수준과 학습량을 적정화하였다.

다섯째, 생명공학기술 영역에서는 생명공학기술의 발달, 생명공학기술 관련 분야, 유전자 변형 생물체의 개발과 이용, 생명공학기술의 활용과 생명윤리를 주요 내용으로 구성하였다.

생명공학기술 발달 및 성과를 우리 생활 관련 사례 중심, 생명공학기술의 원리 중심보다는 활용 사례 및 관련 새로운 학문 분야와 직업 중심으로 하여 학생들의 흥미를 유도하도록 하였다.

(지구시스템과학)

진로 선택 ‘지구시스템과학’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

지구에서 일어나는 다양한 자연현상은 지구를 구성하는 주요한 계(system)인 지권, 대기권, 수권, 생물권 등의 상호 작용을 통해 에너지와 물질을 교환하는 과정에서 나타난다. 이러한 측면에서 지구를 이해하기 위해 독립적으로 발전해 온 고체 지구, 유체 지구, 천문 영역의 다양한 학문 분야는 현재 지구시스템이라는 이름으로 긴밀하게 연계되어 유기적으로 연구되고 있다. 따라서 일반 선택 ‘지구과학’ 과목과 위계성 및 연계성을 확보하면서 지구를 하나의 시스템으로 인식하기 위해 핵심 아이디어를 중심으로 내용을 구성하였다. 이 과목에서는 지구시스템을 구성하는 각 권의 상호 작용과 관련된 기본 개념을 이해하고 지구 시스템에서 나타나는 다양한 현상을 과학적으로 이해할 수 있도록 내용을 구성하였으며, 핵심 아이디어를 중심으로 서로 연계된 시스템 차원에서 과학적 소양을 함양하는 데 초점을 맞추었다. ‘지구시스템과학’은 지구 탄생과 생동하는 지구, 해수의 운동, 강수 과정과 대기의 운동의 3개 영역에서 지구시스템의 형성과 상호 작용, 진화에 이르기까지 고체 지구, 유체 지구, 천문 영역에 대해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 아울러 성취기준을 구성하였다. ‘지구시스템과학’을 통해 지구시스템에 학문적 흥미와 호기심을 가지고 올바른 지구생태계적 관점을 기를 수 있으며, 인류가 살아가는 터전인 지구생태계에 대한 융·복합적 이해를 토대로 디지털 리터러시, 생태전환교육 등과 같은 역량과 민주 시민으로서 참여·실천하는 역량을 함양할 수 있을 것이다.

‘지구시스템과학’ 과목의 영역별 주요 개정 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째 영역인 ‘지구 탄생과 생동하는 지구’에서는 지구시스템 구성 권역 중 하나인 지권의 시공간적인 변화와 지구시스템의 구성 물질과 변천으로 내용을 구성하였다. 기존 2015 교육과정 선택 과목인 ‘지구과학 I, II’ 과목에서 고체 지구의 내용 중 이공계열 진로·적성을 가진 학생들이 진로 선택 과목으로 학습할 수 있도록 ‘지구의 탄생과 지권의 형성, 규산염 광물의 성질, 지진파와 지구 내부구조, 판구조와 플룸’ 등의 내용으로 구성하였다.

두 번째 영역인 ‘해수의 운동’에서는 유체 지구의 해양학을 중심으로 해수를 움직이는 힘과 해류의 발생과 운동, 해파와 조석의 발생 등 해수의 운동과 순환을 종합적으로 다루어. 이공계열 진로·적성을 가진 학생들이 진로 선택 과목으로 학습할 수 있도록 내용을 구성하였다.

끝으로 ‘강수 과정과 대기의 운동’ 영역에서는 대기과학을 중심으로 지구 열수지와 온

실효과, 구름 생성에서 대기 연직 운동의 중요성, 대기의 운동과 순환에 작용하는 힘, 지상풍과 지균풍, 편서풍 파동 등으로 내용을 구성하여 이공계열 진로·적성을 가진 학생들이 진로 선택 과목으로 학습할 수 있도록 하였다.

(행성우주과학)

진로 선택 ‘행성우주과학’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

최근 국제천문연맹(IAU)은 천문교육의 강화 필요성을 제시하고 있으며, 이를 위해 학습자 중심 교육, 연구 기반 프로젝트 및 시민 과학을 지원하기 위한 관측기기 보급과 시뮬레이션 등을 강조하고 있다. 관측으로부터 시작된 천문 분야의 학문은 지구과학을 구성하는 세부 영역 중 대중적 인지도가 높고 많은 학생이 흥미를 느끼는 영역이므로 일반 선택 ‘지구과학’ 과목과 위계성 및 연계성을 확보하면서 최신 연구성과와 핵심 아이디어를 중심으로 내용을 구성하였다. 이 과목에서는 태양계가 속한 은하와 우주에 대한 탐구를 바탕으로 태양계, 별, 우주와 관련된 현상을 과학적으로 이해할 수 있도록 내용을 구성하였으며, 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융·복합 영역이 창출되는 미래 사회를 주도하기 위해 핵심 아이디어를 중심으로 과학적 소양을 함양하는 데 초점을 맞추었다. ‘행성우주과학’은 우주 탐사와 행성계, 태양과 별의 관측, 은하와 우주의 3개 영역에서 우주 탐사를 통해 새롭게 밝혀진 사실로부터 시공간적인 우주의 진화에 이르기까지 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 아울러 성취기준을 구성하였다. ‘행성우주과학’을 통해 우주를 구성하는 천체에 대한 과학적 흥미와 호기심을 가지고 생명체가 거주할 수 있는 행성 지구의 소중함을 인식함으로써 올바른 우주관을 기를 수 있으며, 관측 데이터를 기반으로 우주를 탐구하는 능력을 함양하고 이를 활용하여 인류가 직면한 문제를 인식하는 과정에서 미래 사회에 필요한 과학적 소양을 기르고 행위 주체성을 함양할 수 있을 것이다.

‘행성우주과학’ 과목은 행성지질학과 천체로 구성하였다. 영역별 주요 개정 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째 영역인 ‘우주탐사와 행성계’에서는 우주탐사를 통해 새롭게 밝혀진 사실과 함께 우주 위험 감시의 중요성 및 행성계의 특징을 다룬다. ‘우주탐사와 행성계’ 영역에서는 ‘태양계의 구성 천체, 우주탐사, 우주 위험 감시, 케플러 법칙, 신기술 망원경, 외계 행성계, 생명가능지대’ 등의 내용으로 구성하여 이공계열 진로·적성을 가진 학생들이 진로 선택 과목으로 학습할 수 있도록 하였다.

두 번째 영역인 ‘태양과 별의 관측’에서는 태양과 별의 관측을 통해 알 수 있는 물리적 특징을 다룬다. 기존 2015 개정 교육과정 선택 과목인 ‘지구과학 I, II’ 과목의 천체 관련 내용 중 이공계열 진로·적성을 가진 학생들이 진로 선택 과목으로 학습할 수 있도록 ‘태양 활동, 태양 및 천체 관측, 거리지수, 별자리, 쌍성계, 질량-광도 관계, 변광성, 초신성’ 등의 내용으로 구성하였다.

끝으로 ‘은하와 우주’ 영역에서는 은하를 구성하는 물질과 관측 가능한 우주를 구성하는 은하의 분포에 대한 특징을 다룬다. 기존 2015 개정 교육과정 선택 과목인 ‘지구과학 I, II’ 과목의 천체 관련 내용 중에서 우주공간 개발, 최신 우주 탐사 영역과 방법 등과 관련된 ‘성간 티끌과 성간 소광, 세페이드 변광성, 은하의 회전과 질량, 암흑 물질, 전천 탐사, 우주 거대 구조’ 등의 내용으로 구성하여 이공계열 진로·적성을 가진 학생들이 진로 선택 과목으로 학습할 수 있도록 하였다.

5. 고등학교 융합 선택

(과학의 역사와 문화)

‘과학의 역사와 문화’는 기존의 ‘과학사’의 연대기적 지식 나열에서 벗어나 학생들이 주변 생활에서 경험할 수 있는 흥미로운 문화들을 중심으로 그 안의 과학적 원리들을 탐색할 수 있도록 고안하였다. 과학과 역사에서 중요한 사건이나 사례를 중심으로, 과학을 둘러싼 사회, 경제, 문화 등 다양한 환경과 지식과의 상호 연계성을 탐구하도록 구성하였다. ‘과학의 역사와 문화’는 ‘통합과학 1, 2’ 및 ‘과학탐구실험 1, 2’ 과목을 통해 습득한 과학지식을 바탕으로 인류 문명의 역사에서 과학의 변화 과정을 탐구함으로써 자기주도적 문제해결 능력을 기르도록 구성되었다. ‘과학의 역사와 문화’는 ‘과학과 문명의 탄생과 통합’, ‘변화하는 과학과 세계’, ‘과학과 인류의 미래’의 3개 영역으로 구성되어 있다. 과학기술은 사회적 신념과 가치관에 영향을 받아 변화하였으며, 과학기술의 발전은 우리의 생활과 가치에 영향을 미치는 등 과학은 주변의 다양한 문화와 환경과 끊임없이 상호 작용해왔다. ‘과학의 역사와 문화’를 통해 과학과 인류 문명의 등장에서부터 오늘날 우리 주변에서 나타나는 과학과 문화의 역동적인 변화에 이르기까지 다양한 사건과 쟁점들을 사례 중심으로 탐구할 수 있도록 구성하여, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 종합적으로 함양하게 함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고 미래 사회에 필요한 융합적 과학 소양을 기를 수 있도록 하였다.

(기후변화와 환경생태)

기후변화와 이에 따른 환경생태의 급변은 우리가 해결해야 할 당면 과제이자 국제적인 현안이다. 이를 교육과정에 반영하여 그 중요성과 심각성을 인식하게 할 목적으로 ‘기후변화와 환경생태’가 신설되었다. ‘기후변화와 환경생태’는 기후변화가 초래하는 환경과 생태계의 변화와 더불어 이로 인해 발생하는 문제들을 예방하고 극복하기 위한 인류의 노력을 종합적으로 이해하도록 하고, 다양한 사회 문제를 지혜롭게 해결할 수 있는 역량을 기르는 데 중점을 두었다. ‘기후변화와 환경생태’는 중학교 ‘과학’ 및 고등학교 ‘통합과학 1, 2’, ‘지구과학’, ‘생명과학’, ‘환경’에서 습득한 과학지식을 바탕으로 융합적 사고력을 함양하도록 구성되었다. ‘기후변화와 환경생태’는 ‘기후와 환경생태의 특성’, ‘기후위기와 환경생태 변화’, ‘기후위기에 대응하는 우리의 노력’의 3개 영역으로 구성되어 있다. ‘기후변화와 환경생태’를 통해 기후위기의 심각성을 인식시키고 우리 주변에서 일어나는 기후변화에 따른 대표적인 생태계 변화의 다양한 사례를 중심으로 기후위기와 환경생태 변화 간의 상호 연계성을 파악할 수 있도록 하였다. 탄소 중립 사회 구현을 위한 탄소저감 기술의 개발이나 적용, 기후위기에 대응하기 위한 시민들의 실천적 참여, 관련 국제기

구나 국제 협약 등을 체계적으로 알아볼 수 있도록 구성하여, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 종합적으로 함양하게 함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고 미래 사회에 필요한 융합적 과학 소양을 기를 수 있도록 하였다.

(융합과학 탐구)

‘융합과학 탐구’는 데이터 활용, 인공지능, 가상실험 등을 이용한 탐구 활동을 통해 과학의 원리를 이해하고, 이를 기반으로 융합적 사고 능력과 탐구 능력을 함양하여 일상생활과 사회 속의 과학 문제를 해결할 수 있도록 구성하였다. ‘통합과학 1, 2’를 학습한 과학 지식을 바탕으로 하는 간학문적 성격의 과목으로, ‘과학탐구실험 1, 2’에서 익힌 과학 탐구에 대한 기본역량을 바탕으로 데이터에 근거한 융합탐구를 경험할 수 있도록 하였다. ‘융합과학 탐구’는 ‘융합과학 탐구의 이해’, ‘융합과학 탐구의 과정’, ‘융합과학 탐구의 전망’의 3개 영역으로 구성되어 있다. ‘융합과학 탐구’는 다양한 디지털 기술과 도구를 활용한 탐구 중심의 학습을 지향하도록 구성하여, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 종합적으로 함양하게 함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고 미래 사회에 필요한 융합적 과학 소양을 기를 수 있도록 하였다.

6. 과학계열 고등학교 진로 선택

(고급 물리학)

과학계열 진로 선택 ‘고급 물리학’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

‘고급 물리학’은 물리학에 흥미와 관심이 있는 과학계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생들이 심화된 수준으로 물리학의 학문적 체계와 내용을 학습하는 데 중점을 두고 개발하였다. 이 과목에서는 물리학의 심화 내용에 대한 통합적인 이해를 바탕으로 최신 물리학 내용을 학습하도록 하는 데 중점을 두었다. 이를 위해 물리학 전 분야의 내용을 역학, 전자기학, 광학, 현대 물리의 네 영역으로 나누고, 각 영역과 관련된 물리학 전공과목을 이수하는데 필요한 탐구 방법을 익히고 다양한 물리 현상을 통합적인 관점에서 파악할 수 있도록 구성하였다.

역학 영역에서는 입자계의 운동을 뉴턴의 운동 법칙으로 설명하고, 열역학 법칙으로 이상 기체의 운동과 열역학 과정을 설명하도록 구성하였다. 기존 교육과정의 내용 중에서 유사한 내용은 통합하고, 단진동과 용수철 진자 등 타 과목과 중복되는 내용이나 복잡계 물리학 등 일부 심화 내용을 삭제하여 총 6개의 성취기준으로 재구성하였다.

전자기학 영역에서는 전기력을 바탕으로 전자기 작용을 이해하고 이를 바탕으로 전기회로를 응용한 다양한 현대적 활용을 다루도록 구성하였다. 기존 교육과정의 내용 중에서 유사한 내용은 통합하고, 청각과 시각 기관 작동 원리, 체지방 측정, 영상 의학 장치 등 일부 심화 내용은 삭제하여 총 6개의 성취기준으로 재구성하였다.

광학 영역에서는 파동과 빛의 성질에 대한 이해를 바탕으로 광학 기기와 영상 예술에 대한 광범위한 응용을 포함하도록 구성하였다. 기존 교육과정의 내용 중에서 유사한 내용은 통합하고, 파동의 종류와 특성, 영상 장치의 원리 등 이미 일반 계열 과목에서 중복하여 다루는 내용은 삭제하여 총 4개의 성취기준으로 재구성하였다.

현대 물리 영역에서는 20세기 이후 물리학의 새로운 발전을 이룬 상대성 이론과 양자역학의 기본 개념 및 양자역학을 토대로 새롭게 이해하게 된 핵과 소립자를 다루었다. 기존 교육과정의 내용 중에서 유사한 내용은 통합하고, 반도체 소자와 접합 원리, 레이저 등 일반 계열 과목에서 중복해서 다루는 내용이나 입자 가속기 등 일부 심화 내용을 삭제하여 총 6개의 성취기준으로 재구성하였다.

(고급 화학)

과학계열 진로 선택 ‘고급 화학’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, 화학에 흥미와 관심이 있는 과학계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생들이 심화된 수준으로 화학의 학문적 체계와 내용을

학습하는 데 중점을 두고 개발하였다.

둘째, 이 과목에서는 화학의 심화 내용에 대한 통합적인 이해를 바탕으로 최신 화학 내용을 학습하도록 하는 데 중점을 두었다.

셋째, ‘고급 화학’은 물질의 구조, 물질의 성질, 물질의 변화와 에너지, 물질의 변화와 화학 평형의 네 영역으로 구성하였다. 물질의 구조 영역에서는 원자를 이루는 전자가 화학 결합과 물질의 성질에 미치는 영향을, 물질의 성질 영역에서는 물질의 기체, 액체, 고체, 용액의 다양한 성질을, 물질의 변화와 에너지 영역에서는 다양한 상태 함수와 산화·환원 반응을 바탕으로 한 화학 전지와 전기 분해를, 물질의 변화와 화학 평형 영역에서는 다양한 화학 평형을 이루는 화학 반응과 반응 속도론적 해석을 포함한다. 넷째, 반도체, 전지, 의약품, 화장품 등 현대인의 삶과 공존하는 영역에서 활용된 화학적 원리를 이해하고, ‘고급 화학’ 내용이 지속가능한 사회와 문제해결을 위한 과학과 공학 기술 개발의 기초가 됨을 강조하였다. 다섯째, 각 영역과 관련된 화학 전공과목을 이수하는데 필요한 탐구 방법을 익히고 다양한 화학 현상을 통합적인 관점에서 파악할 수 있도록 구성하였다.

(고급 생명과학)

과학계열 진로 선택 ‘고급 생명과학’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, 특수목적 고등학교 진로 선택 ‘고급 생명과학’은 보다 전문적인 생명과학 개념을 이해하며, 생명과학의 주제에 대해 과학적으로 탐구하는 능력과 태도를 함양하여 생명과학 및 관련 분야의 전공과목 이수에 필요한 기본 소양을 기르는 데 중점을 둔다. 과학계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점으로 교육과정을 이수하는 학생들이 심화된 수준의 생명과학의 학문적 체계와 내용을 학습하기 위한 과목으로 보통교과 일반 선택 과목 ‘생명과학’, 진로 선택 과목 ‘세포와 물질대사’, ‘생물의 유전’에서 다루는 개념의 위계성과 연계성을 확보하면서 생명과학을 관통하는 심화 개념을 바탕으로 생물의 구조와 에너지, 생물의 조절과 방어, 생명의 연속성, 생명공학기술과 미래의 4개 영역으로 구성하고 교사의 재량권 확대를 위해 한 학기 17주 분량을 16주로 하여 학습 내용을 적정화하였다. 또, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 균형적 발달이 이뤄지도록 내용 요소와 성취기준을 구성하였으며, 디지털 리터러시, 민주시민 소양, 행위 주체성, 생태전환교육 등 미래 역량을 함양할 수 있도록 구성하였다.

둘째, 생물의 구조와 에너지 영역에서는 생명체의 구성 분자, 비순환적 광인산화와 순환적 광인산화, 캘빈회로, 다른 자리 입체성 효소, 광호흡과 C3, C4 CAM 식물, ATP 합성 과정을 주요 내용으로 구성하였다. 세포호흡과 광합성의 전자전달계와 화학 삼투를 비교하여 공통점과 차이점을 실험 자료 해석을 통해 설명하는 과정에서 지식정보처리와 협력적 소통 능력을 함양하도록 하였다.

셋째, 생물의 조절과 방어 영역에서는 신경과 호르몬에 의한 조절, 흥분성, 억제성 시냅스, 림프구의 종류와 면역 반응, 주조직적합성 복합체를 주요 내용으로 구성하였다. 우리 몸 조절 이상과 면역 관련 질환 관련 빅데이터를 활용하도록 하여 디지털·인공지능 소양을 함양하도록 하였다.

넷째, 생명의 연속성 영역에서는 DNA 교정과 수선, 전사 인자와 RNA 가공, 오페론, 호메오 유전자를 주요 내용으로 구성하였다. 원핵생물과 진핵생물이 유전자의 복제와 발현의 실생활 활용 사례를 도입하여 흥미와 호기심을 끌어내도록 하였다.

다섯째, 생명공학기술과 미래 영역에서는 생명공학기술의 원리, 생명공학기술의 발달과 전망을 주요 내용으로 구성하였다. 염색체 혹은 유전자를 인위적으로 조작하는 방법으로 형질전환 기술, 유전자 편집 기술 등의 사례를 소개하고, 이러한 기술을 유전학 및 생명공학 연구 및 의료를 포함한 산업 분야에서 어떻게 활용되고 있는지를 학습할 수 있도록 하여 생명과학에 관한 흥미와 호기심을 끌어내도록 하였다.

(고급 지구과학)

과학계열 진로 선택 ‘고급 지구과학’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

특수목적 고등학교 진로 선택 ‘고급 지구과학’은 고체 지구, 유체 지구, 천문 영역에 흥미와 관심이 많은 학생이 지구를 포함한 우주의 시공간에서 나타나는 현상을 발견하고 지구과학의 심화된 핵심 개념 이해 및 다양한 탐구 방법을 활용하여 실생활에서의 문제해결 능력과 과학적 소양을 함양하기 위한 과목이다. 이 과목에서는 지구과학 교과와 일반 선택 및 진로 선택 과목과 위계성 및 연계성을 확보하면서 핵심 아이디어에 도달하기 위해 고차원적인 핵심 개념을 통합적으로 이해할 수 있도록 내용을 구성하였다. ‘고급 지구과학’을 통해 지구시스템과 우주에 대한 학문적 호기심과 흥미를 가지고 지구의 소중함과 우주의 아름다움을 인식함으로써 당면한 전 지구적 위기에 능동적으로 대응할 수 있는 능력과 올바른 과학적 가치 판단 능력, 객관적 탐구 태도를 갖추어 개인과 사회, 인류가 직면한 문제를 해결하기 위한 행위 주체성을 함양할 수 있을 것이다.

‘고급 지구과학’은 고체 지구, 대기와 해양, 우주의 3개 영역에서 지구시스템과학과 행성우주과학의 핵심 아이디어를 포괄하는 전반적인 내용으로 구성하였다.

먼저 고체 지구 영역에서는 지구 내부의 구조, 지구의 구성 물질과 암석, 지구의 역사를 통해 지구시스템의 구성과 변화에 관한 내용을 다룬다. 2015 개정 교육과정의 내용 중에서 유사한 내용은 통폐합하고, ‘지구 내부와 역장, 고지자기와 판구조론, 광물과 암석, 지사 해석의 원리, 지질시대와 한반도의 지체 구조’ 등과 같이 심화된 내용을 중심으로 재구성하였다.

대기와 해양 영역에서는 대기와 해양에 작용하는 힘, 대기의 성질과 운동, 해수의 성질과 운동, 대기와 해양의 상호 작용을 통해 유체 지구의 특징에 관한 내용을 다룬다. 대기와 해

양 관련 내용 중에서 일반고등학교 선택 과목과 차별화하여 ‘단열변화, 대기 안정도, 대기와 해양에 작용하는 힘, 대기의 순환, 해수의 성질, 해파와 해일, 해양의 순환, 기조력, ENSO’ 등과 같이 심화된 내용으로 재구성하였다.

우주 영역에서는 천구와 천체의 운동, 별의 특성과 항성 물리, 은하와 우주를 통해 천체 및 우주에 대한 전반적인 내용을 다룬다. 천체 관련 내용 중에서 ‘구면좌표계, 행성의 운동, 별의 물리량, 별의 진화, 성간물질, 우리은하의 구조와 질량, 대폭발 우주, 현대 우주론’ 등과 관련된 우주과학 관련 심화된 탐구와 실험을 체험할 수 있는 내용과 활동을 중심으로 성취기준을 재구성하였다.

(과학과제 연구)

과학계열 진로 선택 ‘과학과제 연구’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, ‘과학과제 연구’는 과학계열 고등학교 또는 일반계 고등학교에서 과학의 심화 교육과정을 이수하는 학생을 위한 과목으로 과학 핵심 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 다양한 탐구 중심의 학습에 중점을 둔다. ‘과학과제 연구’에서는 토론과 조사를 거쳐 특정 과학과제를 선정하여 실험·실습을 수행하고 결론을 도출하여 보고서를 작성하는 일련의 연구 과정을 체험하도록 하여 과학기술 분야로 진로를 선택하고 대학에서 관련 학문을 연구하는 데 필요한 연구수행 능력을 기르기 위해 고안되었다. ‘과학과제 연구’는 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성을 목표로 과학을 관통하는 심화 개념을 바탕으로 탐구하기 위해 과학 연구의 문제 탐색 및 선정, 과학 연구의 설계 및 결과 해석, 과학 연구의 결론 도출 및 공유 3개 영역으로 구성하고, 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 행위 주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

둘째, ‘과학과제 연구’는 자연과 일상생활에서 경험하는 다양한 과학 현상들에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 연구 주제를 선정하여 실험 실습을 수행함으로써 과학 연구 능력을 함양하는 데 초점을 두도록 하였다. 또한, 과학 연구 활동을 통해 개인과 사회의 다양한 실생활에서의 문제를 동료들과 협력하면서 과학 연구 능력을 함양하고 자연과 일상생활에서 과학 관련 문제를 해결하는 과정에서 이공계열 분야의 진로를 선택할 때 필요한 과학 연구 역량을 함양하도록 하였다.

셋째, ‘과학과제 연구’ 과학 연구의 문제 탐색 및 선정 영역에서는 과학 연구 방법론 및 연구 윤리, 문헌 조사 및 연구 주제 선정을 다루고, 과학적 연구 방법, 과학의 과정을 이해하고 과학 연구 윤리 미준수로 나타나는 과학계 및 사회적 문제에 관한 토론 및 발표 자료를 제작하고 공유하여 체감할 수 있도록 하였다.

넷째, 과학 연구의 설계 및 수행 영역에서는 연구 설계, 자료수집 및 결과 해석을 다루

고, 모둠 또는 반 전체에서 연구 아이디어를 발표하고 토론하는 과정을 통해 연구 주제 선정하도록 하여 협력적 소통 능력을 함양할 수 있도록 하였다.

다섯째, 과학 연구의 결론 도출 및 공유 영역에서는 연구의 결론 도출, 연구 보고서 작성 및 발표를 다루며, 연구 문제의 해답이나 연구 가설의 검증 시 문헌 조사를 병행하며, 추가적인 실험을 수행하도록 하여 과학 연구 능력을 함양하고, 결론 도출 시 참고문헌을 토대로 한 논의를 통한 협력적 소통 능력 함양과 연구 보고서 작성 시 연구 윤리 규정을 준수하도록 하여 연구 윤리 교육이 이루어지도록 하였다.

7. 과학계열 고등학교 융합 선택

(물리학 실험)

과학계열 융합 선택 ‘물리학 실험’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

‘물리학 실험’은 일반계 고등학교나 특수목적 고등학교에서 물리학의 심화된 교육과정을 이수하는 학생을 위한 과목으로 개발하였다. 이 과목은 물리학 분야의 전공과목을 이수하는데 필요한 탐구 방법을 익히고 다양한 물리 현상을 통합적인 관점에서 파악할 수 있도록 물리 실험의 기초, 역학, 전자기학, 광학, 현대 물리 영역으로 구성하였다. 이 과정에서 첨단기의 고급 물리 실험 기기, 컴퓨터 활용 실험(MBL), 물리 시뮬레이션을 이용한 실험을 적극적으로 활용하여 복잡한 문제를 능동적이고 창의적으로 해결하는 미래 핵심역량을 함양할 수 있도록 구성하였다.

물리 실험의 기초 영역에서는 표준화된 측정 도구를 사용하여 물리량을 측정하고 이 과정에서 발생하는 오차를 처리하는 방법을 다룬다. 역학 영역에서는 다양한 형태의 운동과 에너지를 분석하고, 열역학과 관련된 실험을 설계하고 수행하도록 구성하였다. 전자기학 영역에서는 전기장과 전위를 확인하고, 실험을 통해 여러 가지 전기회로의 특성을 분석하도록 하였다. 광학 영역에서는 파동의 다양한 성질을 확인하고, 거울, 렌즈, 슬릿 등을 이용하여 빛의 성질을 확인하는 실험을 수행하도록 구성하였다. 현대 물리 영역에서는 광전효과 실험을 통해 빛의 입자성을 확인하고, 원자의 구조를 밝혀내는 다양한 실험을 다루었다.

(화학 실험)

과학계열 융합 선택 ‘화학 실험’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, 물질 탐구 과정과 지식에 대한 통합적 이해를 바탕으로 학생들이 화학에 대한 호기심과 흥미를 갖고 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 전문가로서의 역량 신장을 목표로 개발하였다.

둘째, 이 과목은 화학 분야의 전공과목을 이수하는데 필요한 탐구 방법을 익히고 다양한 화학 현상을 통합적인 관점에서 파악할 수 있도록 화학 실험의 기초, 물질의 성질, 화학 반응, 탄소 화합물의 합성과 특성의 네 영역으로 구성하였다. 화학 실험의 기초 영역에서는 화학 실험 수행 시 필수적인 데이터 해석과 실험 기구 사용 방법을, 물질의 성질 영역에서는 기체, 액체, 고체, 용액의 다양한 성질 관찰을, 화학 반응 영역에서는 다양한 화학 반응에서 일어나는 변화의 관찰을, 탄소 화합물의 합성과 특성 영역에서는 다양한 탄소 화합물의 성질과 간단한 합성을 포함하였다.

셋째, 실험 과정에서 첨단기의 고급 화학 실험 기기, 컴퓨터 활용 실험(MBL), 시뮬레이션을 이용한 실험을 적극적으로 활용하여 복잡한 문제를 능동적이고 창의적으로 해결하는 미래

핵심역량을 함양할 수 있도록 구성하였다. 넷째, ‘화학 실험’의 학습은 반도체, 전지, 의약품, 화장품 등 현대인의 삶과 공존하는 영역에서 활용된 화학적 원리를 이해하고, 지속가능한 사회와 문제해결을 위한 과학과 공학 기술 개발의 기초가 됨을 강조하였다. 다섯째, 다양한 탐구와 실험 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 함양하여 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있으며, 이를 바탕으로 첨단 과학기술이 요구하는 창의적 지식 생산과 더불어 변동성과 불확실성이 특징인 미래 사회에 대응할 수 있는 역량과 과학적 소양을 기를 수 있도록 구성하였다.

(생명과학 실험)

과학계열 융합 선택 ‘생명과학 실험’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

첫째, 과학계열 고등학교 융합 선택 ‘생명과학 실험’은 보다 전문적인 생명과학 개념을 이해하며, 생명과학의 주제에 대해 과학적으로 탐구하는 능력과 태도를 함양하여 생명과학 및 관련 분야의 전공과목 이수에 필요한 기본 소양을 기르는 데 중점을 둔다. 과학계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점으로 교육과정을 이수하는 학생들이 심화된 수준의 생명과학의 학문적 체계와 내용을 학습하기 위한 과목으로 보통교과 일반 선택 과목 ‘생명과학’, 진로 선택 과목 ‘세포와 물질대사’, ‘생물의 유전’에서 다루는 개념의 위계성과 연계성을 확보하면서 생명과학 분야의 지식과 실천을 연계하여 생명과학 전반에 대한 탐구·실험을 위해 생물의 구조와 에너지, 자극과 반응, 생명의 연속성과 다양성, 환경과 생태계, 생명공학 5개 영역으로 구성하고 교사의 재량권 확대를 위해 한 학기 17주 분량을 16주로 하여 학습 내용을 적정화하였다. 또, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 균형적 발달이 이뤄지도록 내용 요소와 성취기준을 구성하였으며, 디지털 리터러시, 민주시민 소양, 행위주체성, 생태전환교육 등 미래 역량을 함양할 수 있도록 구성하였다.

둘째, ‘생명과학 실험’은 생명과학 분야의 학문 체계와 핵심 개념을 이해하고, 생명과학 탐구를 바탕으로 학문적 흥미와 호기심을 가지고 올바른 자연관과 생명관을 기르며, 생명과학 탐구 능력을 함양하고 자연과 일상생활에서 생명과학 관련 문제를 해결하는 과정에서 이공계열 분야의 진로를 선택할 때 필요한 생명과학 실험 역량을 함양하도록 하였다.

셋째, ‘생명과학 실험’의 생물의 구조와 에너지 영역은 현미경의 구조와 원리, 삼투와 수분퍼텐셜, 조직과 기관, 효소의 특성, 광합성, 세포호흡, 발효를 다루고, 자극과 반응 영역은 동물과 식물의 반응을 다루며, 생명의 연속성과 다양성 영역은 세포분열, 수정과 발생, 염색체, 유전 원리, 진화, 생물의 채집과 분류를 다루고, 환경과 생태계 영역은 개체군과 군집을 다루며, 생명공학 영역은 생명공학 연구 방법, 유전체 탐구 관련 주요 실험으로 구성하였다.

(지구과학 실험)

과학계열 융합 선택 ‘지구과학 실험’ 과목의 개정 시안 개발의 특징은 다음과 같다.

‘지구과학 실험’은 고체 지구, 유체 지구, 천문 영역에 흥미와 관심이 많은 학생이 지구를 포함한 우주의 시공간에서 나타나는 현상을 발견하고 지구과학의 심화된 핵심 개념 이해 및 다양한 탐구 방법을 활용하여 실생활에서의 문제해결 능력과 과학적 소양을 함양하기 위한 과목이다. 이 과목에서는 지구과학 교과와 일반 선택 및 진로 선택 과목과 위계성 및 연계성을 확보하면서 지구과학의 핵심 아이디어에 도달할 수 있도록 내용을 구성하였다. 데이터 사이언스, 인공지능 기반 연구 등 최근의 연구 결과와 과학적 성과를 반영하였으며, 실험실 내에서 단기간에 수행할 수 있는 실험부터 태양과 별의 관측, 일기도의 해석 등 장기간의 데이터 변화를 연구할 수 있는 실험까지를 포괄하였다. 또한, 실제 실험을 수행하기 어려운 탐구 주제는 시뮬레이션을 도입하여 디지털 리터러시를 함양할 수 있도록 반영하였다.

‘지구과학 실험’을 통해 지구시스템과 우주에 대한 학문적 호기심과 흥미를 가지고 지구과학 분야의 다양한 학문적 성과 및 최신 연구 자료를 중심으로 실제 실험 및 시뮬레이션 등을 수행하는 과정을 통해 당면한 전 지구적 위기에 능동적으로 대응할 수 있는 능력과 올바른 과학적 가치 판단 능력, 객관적 탐구 태도를 갖추어 개인과 사회, 인류가 직면한 문제를 해결하기 위한 행위 주체성을 함양할 수 있을 것이다.

‘지구과학 실험’은 고체 지구의 탐구, 대기와 해양의 탐구, 우주의 탐구의 3개 영역에서 지구과학 영역의 핵심 아이디어를 포괄하는 전반적인 내용을 다룬다. 구체적으로 살펴보면, 고체 지구 탐구 영역에서는 지구 내부의 구조, 지구의 구성 물질과 암석, 지구의 역사를 통해 지구시스템의 구성과 변화에 관한 내용을 다룬다. 대기와 해양 탐구 영역에서는 대기와 해양에 작용하는 힘, 대기의 성질과 운동, 해수의 성질과 운동, 대기와 해양의 상호 작용을 통해 유체 지구의 특징에 관한 내용을 다룬다. 우주 탐구 영역에서는 천구와 천체의 운동, 별의 특성과 항성 물리, 은하와 우주를 통해 천체 및 우주에 대한 전반적인 내용을 다룬다.

IV. 요약 및 제언

1. 요약

본 연구의 목적은 기후환경 변화, 디지털 전환 등에 대응하며 미래 사회를 살아갈 모든 학생이 행위주체로서 핵심역량을 함양할 수 있도록 2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안)을 개발하는 것이다. 이를 위해 국·내외 과학과 교육과정 사례와 동향을 분석하고, 과학과 문서 체제 등 교육과정 개발의 방향을 설정하고 시안 개발에 대한 현장 의견을 조사하였다. 2022 개정 과학과 교육과정 시안 개발의 주안점으로는 1) 국제 평가 및 국제 동향을 반영한 과학과 교육과정 시안 개발, 2) 핵심 아이디어(Big Idea) 중심의 융·복합 및 통합교육과정 구현, 3) 과학과 탐구 강화를 통한 역량 함양, 4) 디지털·AI 교육환경을 활용한 과학과 디지털·AI 소양 교육, 5) 핵심 아이디어를 중심으로 학습량 적정화 등을 설정하였다.

문서 체제는 각론 조정 연구팀과 협업을 통해 개발(안)을 도출하였으며, 2022 개정 과학과 교육과정 시안의 문서 체제는 과학과 교과 교육과정 설계의 근거 도입, 영역별 핵심 아이디어(가치)를 중심으로 한 교육내용 적정화, ‘지식·이해’, ‘과정·기능’, ‘가치·태도’를 조합한 성취기준 진술 등을 특징으로 한다.

과학과 교육과정 시안 개발의 범위는 초·중·고 모든 과학 교과목으로, 초·중학교 ‘과학’ 교과, 고등학교 공통 과목인 ‘통합과학 1, 2’와 ‘과학탐구실험 1, 2’ 과목, 그리고 고등학교 선택 과목인 일반 선택 4개 과목, 진로 선택 13개 과목(과학계열 진로 선택 과목 포함), 융합 선택 7개 과목(과학계열 진로 선택 과목 포함) 등을 포함한다.

본 연구는 17개 시·도 교육청, 전국과학교사협회, 과학교육 및 과학과 교육과정의 내용학 및 교과교육학과 관련된 학회 및 전문 연구기관 등의 추천을 통해 연구진을 구성하고, 총론 연구진과 교육부, 한국물리학회 등 비롯한 물리학·화학·생명과학·지구과학 분야의 전문학회의 교과내용학 및 교과교육학 전문가로 구성된 전문가 자문회의, 한국과학창의재단 과제담당자와의 협의회, 각종 학술대회 및 공개토론회 등을 통해 시안을 개발하였다. 특히 개정할 교육과정의 현장 적합성 제고를 위해 연구진에 현장 교원을 50% 이상의 비율로 포함하였다.

초등학교 ‘과학’ 교과 시안 개발에서는 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주, 과학과 사회 등 5개 영역으로 구성하고, 영역별 핵심 아이디어를 중심으로 ‘과학’에서 목표로 하는 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 연결하여 성취기준을 개선하였다. 초등학교 ‘과학’ 교과 시안 개발에서는 성취기준과 탐구 활동을 제시하면서 디지털 리터러시 함양, 민주시민 소양 함양, 생태전환교육, 생활 속 문제해결 관련 내용을 포함하고, 과학과 사회의 상호작용을 중심으로 미래 역량을 기를 수 있도록 하는 통합단원을 4개 단원으로 확대하였

다. 또한, 교육과정 내용의 적정화를 위해 한 학기를 16주 분량의 내용으로 구성하고, 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주와 같은 과학 내용 영역별 단위 수를 8개에서 7개로 축소하고, 기존 과학 내용 영역별 균배를 완화하여 초등학교 3~4학년군의 생명 관련 단원을 5개로 늘리고 5~6학년군의 생명 단원을 2개로 축소하였다. 아울러 초등학교 3~4학년군에서 ‘밀기와 당기기’ 등 힘과 관련된 내용요소를 추가하고 생명 영역의 비중을 높이는 등 국제 평가와 교육과정의 국제적 동향을 반영하였다.

중학교 ‘과학’ 교과 시안 개발의 경우 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주, 과학과 사회 등 5개 영역으로 구성하고, 영역별 핵심 아이디어를 중심으로 과학과가 목표로 하는 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 연결하여 성취기준을 개선하였다. 중학교 ‘과학’ 교과 시안 개발에서는 한 학기를 16주를 기준으로 학습량을 적정화하여 중학교 1학년 자유학기제와 3학년 진로연계학기 도입과 교사의 재량권 확대에 대비하였다. 또한, 초등학교 및 고등학교 통합과학과의 연계성을 고려하여 중학교에서 다루는 과학 개념의 위계성을 고려하여 내용을 구성하고, 물질 영역에 주기율표를 추가하는 등 국제 평가 결과와 과학교육 동향을 반영하여 교육내용을 조정하였다.

고등학교 공통 과목인 ‘통합과학 1’은 과학의 기초, 물질과 규칙성, 및 시스템과 상호작용의 3개 영역으로, ‘통합과학 2’는 변화와 다양성, 환경과 에너지 및 과학과 미래 사회의 3개 영역으로 구성하였다. ‘통합과학 1, 2’ 과목의 시안 개발에서는 과학 내용 영역들을 관통하는 과학과 빅 아이디어를 중심으로 내용을 구성함으로써 과학 영역 간의 융·복합은 물론 과학·기술·사회 등을 가로지르는 융·복합적 과학 지식·이해가 가능하도록 교육과정을 구성하는 데 중점을 두었다. 또한, 초·중학교와 고등학교 선택 과목 사이의 가교로서 모든 과학 영역에 공통, 기초인 핵심 내용과 함께 미래 사회 과학기술에 관한 기초 내용인 과학과 미래 사회 영역을 아울러 구성하고, 디지털·AI 소양을 함양하고 이공계 진로를 탐색할 수 있도록 첨단과학기술과 지능형 과학실을 이용한 탐구체험이 가능하도록 교육과정을 구성하였다. ‘과학탐구실험 1’ 과목은 2015 교육과정의 내용 체계를 계승하여 과학의 본성과 역사 속의 과학 탐구 및 과학 탐구의 과정과 절차의 2개 영역으로 구성하고, ‘과학탐구실험 2’ 과목은 생활 속의 과학 탐구 및 미래 사회와 첨단 과학 탐구의 2개 영역으로 구성하였다. ‘과학탐구실험 1, 2’ 과목의 경우 지능형 과학실과 같은 디지털·AI 교육환경을 활용하여 융·복합적 과학 빅 아이디어와 관련된 과학탐구와 실험을 체험함으로써, 미래 역량인 과학적 소양을 함양하고 디지털 소양과 이공계 진로를 적극적으로 탐색할 수 있도록 시안을 개발하였다.

고등학교 과학과 일반 선택 과목인 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학의 4개 과목의 시안 개발에서는 진로 적성을 막론하고 모든 고등학생이 물·화·생·지 과학영역별 진로를 탐색하고 과학기술사회를 살아가는 데 필요한 과학영역별 핵심 개념을 접할 수 있도록 스토리 라인을 개발하고 내용을 구성하였다. 고등학교 과학과 진로 선택 과목에는 물리학 계열의

역학과 에너지, 전자기와 양자, 화학 계열의 물질과 에너지, 화학 반응의 세계, 생명과학 계열의 세포와 물질대사, 생물의 유전, 지구과학 계열의 지구시스템과학, 행성우주과학 등 8개 과목을 개발하여 진로와 적성에 따라 심화된 학습을 구성하도록 하였다. 과학계열 고등학교 진로 선택 과목인 고급 물리학, 고급 화학, 고급 생명과학, 고급 지구과학, 과학과제 연구의 경우 물리학·화학·생명과학·지구과학 영역별로 심화 내용을 통합적으로 이해하고, 최신 학문적 성과와 내용을 학습할 수 있도록 내용을 구성하는 데 중점을 두었다. 또한, 이공계열 진로와 관련된 전공과목 이수에 필요한 탐구 방법을 익히고 디지털 리터러시, 행위 주체성 등을 함양할 수 있도록 시안을 개발하였다.

고등학교 과학과 융합 선택 과목인 과학의 역사와 문화, 기후변화와 환경생태, 융합과학 탐구, 그리고 과학계열 융합 선택 과목인 물리학 실험, 화학 실험, 생명과학 실험, 지구과학 실험 과목의 시안 개발에서는 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점으로 교육과정을 이수하는 학생들이 심화한 수준의 물리학·화학·생명과학·지구과학의 학문 체계와 내용을 과학적 탐구 활동을 통해 학습하고, 관련 진로를 선택하고 대학에서 관련 학문을 연구하는 데 필요한 과학 역량을 기르는 데 중점을 두었다.

2. 제언

4차 산업혁명 시대로의 진입, 지능정보기술 중심의 글로벌 경쟁 심화 등 대전환 시대를 맞아 개인과 사회를 막론하고 이공계열의 기초 지식과 역량의 중요성이 더 증대하고 있다. 디지털 전환, 기후환경 변화 등과 같이 예측할 수 없는 변화에 대응하고, 학령인구 감소 및 학습자 성향 변화에 따른 맞춤형 교육혁신으로의 혁신과 변화가 요구되면서 미래 사회를 살아갈 모든 학생의 과학적 소양과 역량 함양을 목표로 하는 2022 개정 과학과 교육과정 시안을 개발하였다. 잦은 교육과정과 입시 체제 변경으로 인한 학교 현장의 피로감을 줄이고 개정할 교육과정의 현장 적합성 제고를 위해 연구진의 50% 이상을 현장 교원으로 구성하고, 국민 참여형 교육과정 개발을 추진하였다. 총론과 각론 그리고 과학과 교육과정의 이론과 실천 사이의 틈새를 좁혀 현장 수용성이 높은 교육과정을 개발하려고 노력하였다. 2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발 연구인 본 연구에서는 초·중·고 과학과 교과목별 교과 교육과정 설계의 근거를 포함한 내용체계 확정, 성취기준 진술, 디지털·AI 소양을 비롯한 역량 함양을 위한 과학과 교수학습 및 평가체제 개발 등을 추진하였다. 본 연구의 제언은 다음과 같다.

첫째, 핵심 아이디어를 포함하여 2022 개정 교육과정 내용 체계의 현장 접근성을 높일 수 있도록 과학과 교육과정 편성·운영 방안과 관련된 현장 지원 연구가 필요하다. 2015 개정 교육과정에서 소개된 핵심 개념(core concepts)이나 빅 아이디어와 차별화하여 2022 개정 내용 체계에서는 새롭게 핵심 아이디어를 도입하고, 핵심 아이디어와 성취기준에 지식·이해

는 물론 과정·기능과 가치·태도를 포함하여 제시하였다. 2015 개정 교육과정에서 성취기준에 지식·이해와 함께 과정·기능을 추가하였고, 2022 개정 교육과정에서는 가치·태도를 새롭게 추가하였다. 성취기준 등에 새롭게 추가된 가치·태도를 어떻게 구현할 것인지를 포함하여 2022 개정 교육과정에서 새롭게 도입된 내용 체계를 학교 현장에 안착시킬 수 있는 다양한 지원 방안 마련이 필요할 것이다.

둘째, 과학 교과는 초등학교 3학년부터 시작되므로 초등 통합교과와의 연계성이 매우 중요하다. 연계가 제대로 이루어지지 않을 경우 기본 개념과 개념의 위계를 중요시하는 과학 교과의 흐름에서 잃어버린 사슬이 발생할 수 있으며, 이를 보완하는 과정에서 과학교과 전체의 학습량의 누적적 일탈의 연쇄 반응이 일어날 가능성이 크다. 따라서 초등학교 통합교과(1, 2학년)와 3~4학년군 과학 교과 간 교육내용 연계성 확보를 위한 후속 연구와 지원이 필요하다. 교과서 개발에서도 과학교과 전공자가 초등 통합교과 교과서 집필에 참여할 수 있는 방안을 마련해야 할 것이다.

셋째, 초등학교와 중학교 등 학교급별로 과학 교과목 목표에서 강조한 과학적 소양 함양 및 이공계 진로 탐색을 학교 현장에서 구현하는 방안을 마련할 필요가 있다. 구성주의와 인지주의 전통 아래 전통적인 과학 개념과 과학적 탐구와 태도의 함양을 넘어서, 포스트휴먼 시대를 맞이하여 연결주의와 관계주의 학습 이론으로 전환함에 따라 과학·기술·사회의 상호작용을 이해하고, 디지털 소양과 환경생태 소양 등을 포함한 과학적 소양과 역량 함양 및 과학 교과를 통한 이공계열 진로 탐색을 초·중등학교 과학교육을 통해 구현할 수 있도록 다양한 지원 방안을 마련할 필요가 있다.

넷째, 교육과정 시안 개발 과정을 포함하여 증거기반 교육과정 개정을 위한 교육과정 개발과 현장 적용 등 모든 과정에 대한 모니터링이 필요하다. 교육과정 시안 개발에서부터 공론화를 통한 교육과정 개정, 교육과정 개정 고시 이후의 현장 안착 지원, 교육과정 현장 적용에 대한 평가 등에 이르기까지 단계마다 증거와 평가 자료를 수집할 수 있는 교육과정 평가체제를 구축·운영할 필요가 있다. 교육과정 평가를 통해 과학과 교육과정 수시·부분 개정은 물론 전면 개정을 위한 증거 자료를 수집하고 연구와 증거기반 교육과정 개정을 지향할 필요가 있다.

다섯째, 2022 개정 과학과 역량 함양 교육과정을 구현할 수 있는 학생 참여형의 과학과 교수·학습 방법 및 과정 중심의 과학과 평가 방법에 대한 구체적인 예시 자료를 개발할 필요가 있다. 특히 지능형 과학실 등 디지털·AI 교육환경을 이용하여 관련 소양을 함양할 수 있도록 실천 가능한 과학과 교수·학습 방법 및 평가 방법을 개발·안내할 필요가 있다. 실제 적용이 가능한 예시에서부터 디지털·AI 교육환경을 활용할 수 있는 교사 전문성 개발 방안이 이르기까지 실효성 있는 교수·학습 방법 및 평가 방법 개발이 요청된다.

여섯째, 과학계열 고등학교의 과학 인재 양성을 추구하는 과학고의 설립 목적을 고려하였을 때 공통과정인 통합과학 1, 2와 과학탐구실험 1, 2는 각 과학고의 상황에 따라 탄력적

으로 운영하는 방안을 마련할 필요가 있다. 또한 2022 개정 과학계열 교육과정의 이수 학점은 과학고 설립 목적과 연관된 지표이므로 적절한 학점 편성이 필수적이다. 2015 개정 교육과정에서 전문교과 I 은 72단위 이상 편성하였으므로, 2022 개정 과학계열 선택 과목의 70학점 이상 편성이 적절할 것으로 예상되므로 이에 대한 제도적 장치도 필요하다.

이 밖에도 초·중학교를 포함하여 과학 탐구 활동을 확대를 위한 디지털·AI 교육환경 확충, 과학과 진로 선택 과목 이수 비율을 높이기 위한 과학과 교육과정 편성과 운영의 질 제고, 고교학점제하에서 과학교사들의 수업 전문성 제고를 위한 선택 과목 편성·운영의 내실화 및 주당 수업시수 감축 등과 같은 교육과정 개정에 따른 현장 안착 및 교육과정 편성·운영과 관련된 실효성 있는 방안 마련도 필요하다.

참고문헌

- 교육부(2015). 2015 개정 교육과정. 세종: 교육부.
- 교육부(2016). 지능정보사회에 대응한 중장기 교육정책의 방향과 전략. 교육부 보도자료 (2016. 12. 23.).
- 교육부(2017). 고교학점제 추진 방향 및 연구학교 운영 계획. 교육부 보도자료(2017. 11. 27.).
- 교육부(2018). 2022학년도 대학입학제도 개편 방안 및 고교교육 혁신 방향. 교육부 보도자료 (2018. 8. 17.).
- 교육부(2020). 코로나 이후, 미래교육 전환을 위한 10대 정책과제. 교육부 보도자료 (2020.10.05.).
- 교육부(2021a). 2025년, 포용과 성장의 고교 교육 구현 - 「고교학점제 종합 추진계획」 발표. 교육부 보도자료(2021.02.17.).
- 교육부(2021b). 2022 개정 총론 주요사항 마련을 위한 연구 공청회 자료집. 세종: 교육부.
- 교육부(2021c). 2022 개정 교육과정 총론 주요사항 발표. 교육부 보도자료 2021.11.24.
- 교육부(2022). 2022 개정 교과 교육과정 정책연구진 7차 합동 워크숍 자료집.
- 김도훈, 한경희, 정덕호(2016). 2030 미래 사회 인재상 및 핵심 과학 역량
- 김영민, 김희백, 백성혜, 한인식, 이영준, 심재호, 강남화, 정용재(2015). 한국형 차세대과학교육표준 개발 마스터플랜 수립 방안 연구. 한국과학창의재단 연구보고서.
- 김은영(2018). OECD 교육 2030: 미래 교육과 역량. 서울교육 해외교육, 231호(여름호). 서울특별시교육청 교육연구정보원.
- 김진숙(2020). 고교학점제 도입을 위한 2022 개정 교육과정 방향 탐색. 고교학점제 도입에 따른 2022 고등학교교육과정 방향 및 대입제도 개편 방향 탐색 세미나 자료집, pp7-51. 교육부, 한국교육과정평가원.
- 김진숙, 이광우, 조보경, 이민형, 임유나(2018). 학점제 도입을 위한 고등학교교육과정 재구조화 방안 연구. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2018-8.
- 김진용(2017). 신입 과학기술 인력의 창의성 및 핵심 직무역량 수준 진단과 시사점. KISTEP ISSUE WEEKLY, 2017-07(통권 제213호), 1-17.
- 김효준, 송진웅(2019). 미국 차세대 과학교육표준(NGSS)과 한국 미래세대 과학교육표준(KSES)의 종합적 비교와 TIMSS Science Framework 준거를 통한 수행기대의 물리 내용 요소 분석. 새물리, 69(9), 916-931.
- 김희백, 강남화, 김명화, 맹승호, 박종석, 백윤수, 손정우, 심규철, 오필석, 이기영, 이봉우,정은영, 한인식(2017). 미래세대 과학교육표준 개발을 위한 기초 연구 사업 최종보고서.

서울: 한국과학창의재단

노은희, 이광우, 김진숙, 신항수, 변희현, 주형미, 김영은, 지영래(2019). 고교학점제 도입에 따른 고등학교 교과 이수 기준 설정 방안 탐색. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2019-3

백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 최종현(2012). 융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초 연구. 한국과학창의재단 연구보고 2012-12.

서민희, 김경희, 이재원, 전성균, 김슬비(2021). TIMSS 2019 결과 및 변화 추이 심층 분석. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2021-5

손민호, 김경자, 이찬승, 조현영, 박운재(2017). 초·중등학교교육과정 국제 비교 연구 : 초·중·고 필수 및 선택 과목 편제를 중심으로. 교육부 연구보고서.

송진웅, 강남화, 곽영순, 나지연, 방담이, 손연아, 손정우, 심규철, 이기영, 이보경, 전화영, 최임정(2014). 문·이과 통합형 과학과 교육과정 재구조화 연구. 교육부 연구보고서.

송진웅, 강석진, 곽영순, 김동건, 김수환, 나지연, 도종훈, 민병곤, 박성춘, 배성문, 손연아, 손정우, 오필석, 이준기, 임혁, 정대홍, 정용재, 정종훈(2018). 미래 세대를 위한 과학교육 표준 개발. 한국과학창의재단 연구보고서 BD18050003.

송진웅, 강석진, 곽영순, 김동건, 나지연, 도종훈, 박성춘, 손연아, 손정우, 오필석, 이준기, 이현정, 임혁, 정대홍, 정용재(2019). 미래세대 과학교육표준(단계별 수행기대) 개발, 현장 적용 실행방안 도출 및 지표 개발 연구. 한국과학창의재단 연구보고서 BD19040004.

송진웅, 곽영순, 손정우, 이준기, 정대홍, 조현국, 김효진, 강신철(2020). 고교-대학 연계를 고려한 미래세대 과학교육표준 발전방안 연구. 한국과학창의재단 연구보고서.

신영준, 곽영순, 김영학, 송오준, 심규철, 유아람, 이재봉, 이준기, 임성민, 최애란, 최원호, 추교형, 홍옥수(2021). 역량 함양 과학과 교육과정 재구조화 연구. 교육부 연구보고서.

윤현진, 김영준, 이광우, 전제철(2007). 미래 한국인의 핵심역량 증진을 위한 초·중등학교교육과정 비전 연구(I): 핵심역량 준거와 영역 설정을 중심으로. 서울: 한국교육과정평가원.

이광우, 김진숙, 이경언, 권점례, 조보경, 김현미, 김기철, 김현정, 김현수, 이수정, 이민형, 임유나(2018). 고교학점제 실행 기반 구축 연구 : 수업시수, 학교 밖 학습경험, 조기졸업 및 재이수제. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2018-13.

이광우, 김진숙, 이근호, 한혜정, 이주연, 김경자, 형인이(2017). 지능정보사회 대응을 위한 중장기 고교 교육과정 방향 탐색 연구 - 학습자 중심 고교학점제 실행 방향 및 과제-. 한국교육과정평가원 CRC 2017-9.

이광우, 민용성, 전제철, 김미영, 김혜진(2008). 미래 한국인의 핵심역량 증진을 위한 초·중등학교교육과정 비전 연구(II): 핵심역량 영역별 하위 요소 설정을 중심으로. 서울: 한국교육과정평가원.

이근호, 이광우, 박지만, 박민정(2013). 핵심역량 중심의 교육과정 재구조화 방안 연구. 서울:

- 한국교육과정평가원.
- 이미숙, 이광우, 김진숙, 백경선, 이주연, 김영은, 이수정, 이민형, 이상아, 임유나, 김정빈 (2019). 고교학점제 도입을 위한 교육과정 개선 방안. 한국교육과정평가원 연구보고 CRC 2019-8.
- 이화영, 강현영, 박영순, 박정숙, 윤일규, 이현숙, 이호, 윤일규, 전수진, 전용주, 최임정, 최정원, 홍옥수, 황태주, 고수영(2020). 고교 선택 과목 진로 연계 활성화 방안 연구- 이공계 진로 -진학 연계를 중심으로-. 교육부 정책연구 11-1342000-000632-01.
- 전승준, 고훈영, 이영식, 박영순, 최성연, 강훈식, 박민아(2017). 모든 한국인을 위한 과학 개발. 한국과학창의재단 연구보고서.
- 정대홍, 강다연, 고수영, 김명화, 박지선1, 박지선2, 서기원, 손미현, 심규철, 이재봉, 조한국, 하민수, 홍옥수, 문공주(2021). 포스트코로나 대비 미래지향적 과학교과군 교육과정 구성 방안 연구. 교육부 연구보고서.
- 조상식, 박종배, 김선희, 김사훈, 안홍선, 김빛나, 유하라, 이현석, 최영선(2019). 총론 주요사항 및 교과 교육과정 현황 국제비교 연구. 교육부 연구보고서.
- 조향숙, 이환철, 이화영, 최임정, 김울, 홍옥수, 류지열(2018). 이공계 대학 전공 계열별 대학과 고교간 학습격차 조사 및 해결방안 모색 연구. 한국과학창의재단 연구보고 BD19030011.
- 최상덕, 서영인, 황은희, 최영섭, 장상현, 김영철, 김경은, 김은하(2013). 미래 인재 양성을 위한 핵심역량 교육 및 혁신적 학습생태계 구축(I). 서울: 한국교육개발원.
- 한국과학창의재단(2019). 2015 개정 과학과 교육과정 운영 모니터링 연구. 한국과학창의재단 연구보고 BD19030006.
- 한국과학창의재단(2020). 2015 개정 과학과 교육과정 현장적용 실태분석 연구. 한국과학창의재단 연구보고 BD20070005.
- AAAS (1989). Science for All Americans. New York: Oxford University Press.
- AAAS (1993). Benchmarks for Science Literacy: A tool for curriculum reform. New York: Oxford University Press.
- AAAS (1997a). Blueprints for Reform: Science, Mathematics, and Technology Education. New York: Oxford University Press.
- AAAS (1997b). Resources for science literacy: Professional development. New York: Oxford University Press.
- AAAS (2001). Atlas of Science Literacy, Vol. 1.
- AAAS (2007). Atlas of Science Literacy, Vol. 2.
- Australian Curriculum Assessment, and Reporting Authority(ACARA) (2021a, Mar. 19). F-10

- overview - Version implementation advice - The Australian Curriculum v8.3. Retrieved from <http://www.australiancurriculum.edu.au/curriculum/overview>
- Australian Curriculum Assessment, and Reporting Authority(ACARA) (2021b, Mar. 19). Overview - Introduction - The Australian Curriculum v8.3. Retrieved Feb . 7, 2017 from <http://www.australiancurriculum.edu.au/seniorsecondary/overview>
- California Department of Education(2021a, Mar. 19). NGSS for California Public Schools, K-12. Retrieved from <http://www.cde.ca.gov/pd/ca/sc/ngssstandards.asp>
- Department for Education, UK. (2013). The national curriculum in England Framework document. Department for Education, UK.
- Department of Education, UK. (2015). Combined science GCSE subject content. Department for Education, UK.
- Marks, H. M. (2000). Student engagement in instructional activity: Patterns in the elementary, middle, and high school years. *American Educational Research Journal*, 37(1), 153-184.
- National Research Council (2012). A framework for k-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington D.C.: National Academies Press.
- Newmann, F. M. (1989). Student engagement and high school reform. *Educational Leadership*, 46(5), 34-36.
- NGSS Lead States (2013). Next Generation Science Standards: For states, by states. Washington DC: The National Academies Press.
- OECD (2003). Definition and selection of competencies: Theoretical and conceptual foundation. OECD Press.
- OECD (2005). Definition and Selection of Key Competencies: Executive Summary. Paris, France: OECD.
- OECD (2006). Schooling for Tomorrow: Think Scenarios, Rethink Education. Paris, France: OECD.
- OECD (2015). Universal Basic Skills: What Countries Stand to Gain. Paris, France: OECD Publishing.
- OECD (2018). The future of education and skills: Education 2030. Position Paper.
- OECD (2019). OECD Learning Compass 2030: A series of concept notes. OECD.
- OECD (2020). What students learn matters: Towards a 21st century
- Phillips, A. (2011). Service-Learning and Social Work Competency-Based Education: A 'Goodness of Fit' ? *Advances in Social Work*. 12(1), 1-20.

- Rivenbark, W, C. and Jacobson, W. S. (2014) Three Principles of Competency-Based Learning: Mission, Mission, Mission. *Journal of Public Affairs Education*, 20 (2), 181 – 192.
- Rychen, D. S. (2002). Key Competencies for the Knowledge Society: A contribution from the OECD Project Definition and Selection of Competencies (DeSeCo) (Education – Lifelong Learning and the Knowledge Economy, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2020). Education in a Post-COVID World: Nine Ideas for Public Action. Paris, France: UNESCO.
- World Economic Forum(2021, Mar. 19). The Future of Jobs – Employments, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

[부록 1] 2022 개정 주요 과학과 교육과정 변화 내용

미래 사회에 필요한 **핵심역량** 함양을 목표로, **학습자 맞춤형** 교육과정과 **학습자 주도성**을 구현할 수 있도록 과학과 **학습량을 적정화**하여 **모든 학생**을 위한 과학 교육 구현

학교급	2015 개정 교육과정	2022 개정 교육과정	비고
초등학교	■ 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구 영역 ■ 통합단원(물의 여행, 에너지와 생활) ■ 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구 영역 단위 균등 배분 ■ 그림자와 거울, 빛과 렌즈 ■ 동물의 한살이, 식물의 한살이 ■ 지표의 변화, 화산과 지진 ■ 물질의 상태 변화 ■ 전구의 연결방법에 따른 불의 밝기	■ (신설) 과학과 사회 영역 신설 ■ (확대) 통합단원 학년당 1개로 확대(건강과 우리 생활, 기후변화와 우리 생활, 자원과 에너지, 과학과 나의 진로) ■ (조정) 3~4학년군의 생명 영역 비중 상향 ■ (통합) 빛의 성질로 통합 ■ (통합) 생물의 한살이로 통합 ■ (통합) 땅의 변화로 통합 ■ (삭제) 내용 축소 후 타 단원으로 분산 ■ (이동) 중학교로 이동	■ 영역 신설 ■ 융·통합 고려 ■ 발달단계 고려 ■ 학습량 경감 ■ 발달단계 고려
중학교	■ 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구 영역 ■ 과학과 인류 문명 ■ 과학과 나의 미래 ■ 에너지 전환과 보존 ■ 지구의 크기 측정, 전자기 유도, 크로마토그래피를 이용한 혼합물 분리, 조석 현상	■ (신설) 과학과 사회 영역 신설 ■ (강화) 디지털 소양 관련 및 생태전환교육 내용 요소 및 탐구 활동 강화 ■ (변경) 과학과 인류의 지속 가능한 삶으로 개편 ■ (강화) 단원을 3학년으로 이동하여 진로 연계 내용 추가 ■ (통합) 유사 단원과 통합 ■ (이동/삭제) 학습 부담 경감을 위해 일부 내용 고등학교 이동 또는 삭제 ■ (보완) 세포, 주기율표 등 내용 요소 일부 보완	■ 영역 신설 ■ 디지털 기초 소양 및 생태전환교육 강조 ■ 초·중고 및 단원 간 연계성 강화 ■ 학습량 경감 ■ 개념 위계 고려
고등학교	■ 공통 과목 ‘통합과학’과 ‘과학탐구실험’ ■ 과학사, 생활과 과학, 융합과학, 융합과학탐구 ■ 물리학 I, II/화학 I, II/생명과학 I, II/지구과학 I, II	■ (보완) 공통 과목 ‘통합과학 1, 2’와 ‘과학탐구실험 1, 2’로 학기별 과목 구성 ■ (신설) 진로를 막론하고 과학소양 함양을 위한 융합 선택 과목으로 ‘기후 변화와 환경생태’, ‘과학의 역사와 문화’, ‘융합과학 탐구’를 신설 ■ (보완) 진로에 따라 일반 선택, 진로 선택, 융합 선택, 과학계열 선택(진로 선택, 융합 선택)을 선택 이수 ■ (이동) 과학계열(2015개정 교육과정의 전문교과 I) 과목 일반계 고등학교 과학과 심화 학습 내실화	■ 공통(소양)교육 ■ 과학 소양 교육 ■ 진로 맞춤형 교육 ■ (전공)심화교육

[부록 2] 연구진 합동 워크숍

일시(장소)	워크숍	주요 내용
2021.12. 3.(금) (국립특수교육원)	2022 개정 교육과정 개발을 위한 교과별 교육과정 책임자 1차 워크 숍	2022 개정 교육과정 총론 주요 사항, 개발 방향 안내 및 의견 수렴 등
2021.12.17.(금) (대전 유성호텔/온라인)	2022 개정 교육과정 개발을 위한 정책 연구진 2차 합동 워크숍	2022 개정 교육과정 총론 주요 사항, 개발 방향 안내 및 의견 수렴, 분임 토의 등
2022.1.14.(금) (대전 유성호텔/온라인)	2022 개정 교과 교육과정 고등학교 정책 연구진 합동 워크숍	2022 개정 고등학교 교육과정 개선방 안, 2022 개정 교과 교육과정 개발 방향 안내 및 의견 수렴, 분임 토의 등
2022.1.21.(금) (대전 유성호텔/온라인)	2022 개정 교과 교육과정 초등학교 정책 연구진 합동 워크숍	2022 개정 초등학교 교육과정 개선방 안, 2022 개정 교과 교육과정 개발 방향 안내 및 의견 수렴, 연계성 증 진 방안 의견 수렴 결과 공유, 분임 토의 등
2022.2.18.(금) (대전 유성호텔/온라인)	2022 개정 교과 교육과정 정책 연 구진 3차 합동 워크숍	2022 개정 교육과정 1차 초안(성격 및 목표, 내용 체계) 검토 결과에 대한 논의, 성취기준 개발 및 2차 초안 제 출 안내
2022.4.15.(금) (온라인)	2022 개정 교과 교육과정 정책 연 구진 4차 합동 워크숍	2차 초안(성격 및 목표, 내용 체계, 성 취기준) 검토 결과에 대한 논의
2022.6.24.(금) (대구 인터불고/온라인)	2022 개정 교과 교육과정 정책 연 구진 5차 합동 워크숍	1차 시안 개발 연구 결과(내용 체계 및 성취기준)의 수정 및 보완 논의, 2차 시안 개발 연구 방향(성취기준 해설, 성취기준 적용 시 고려 사항, 교수· 학습 및 평가, 교과 교육과정 설계의 개용 등) 논의
2022.7.29.(금) (대구 인터불고/온라인)	2022 개정 교과 교육과정 정책 연 구진 6차 합동 워크숍	교수·학습 및 평가의 방향 등 진술 지 침 논의, 과목별 시안 검토 및 수정 보완
2022.9.2.(금) (대구 인터불고/온라인)	2022 개정 교과 교육과정 정책 연 구진 7차 합동 워크숍	시안의 항목별 주요 진술 지침 및 교과 교육과정 시안 개발 공통 반영 사항 논의, 교과별 국가·사회적 요구 사 항 및 범교과 주제 등에 대한 논의, 공청회 준비 관련 논의, 과목별 시안 검토 및 수정·보완

[부록 3] 2022 개정 과학과 교육과정 시안 검토 공청회

가. 일시 : 2022년 10월 7(금) 15시 ~ 19시

나. 장소 : 서울 코엑스 컨퍼런스룸(남) 318호

다. 일정표

일정(분)	내용
14:30~15:00 (30')	접수 및 등록
15:00~15:10 (10')	■ 개회식 * 개회 및 국민의례 * 2022 개정 교육과정 시안 개관(경인교대 신영준 교수)
15:10~15:40 (30')	■ [주제 발표 1] (공통과정 및 융합 선택) * 2022 개정 초등학교 과학과 교육과정 시안(공주교대 정용재 교수) * 2022 개정 중학교 과학과 교육과정 시안(서울대 정대홍 교수) * 2022 개정 고등학교 통합과학 교육과정 시안(한국교원대 곽영순 교수) * 2022 개정 융합 선택 교육과정 시안(경북대 황의욱 교수)
15:40~16:30 (50')	■ [지정 토론 1] (공통과정 및 융합 선택) * 서울 이문초 이진희 수석교사(前 서울시초등수석교사회장) * 최현식 학부모(인천당산초등학교운영위원장) * 김포한가람중 정현주 교사(재미있는 과학 수업만들기 연구위원) * 국립경상대 손정우 교수(2015 개정 교육과정 개정위원) * 이은희 학부모(과학문화전문인력강사)
16:30~16:50 (20')	휴식
16:50~17:20 (30')	■ [주제 발표 2] (일반 선택 및 진로 선택) * 2022 개정 물리학 계열 교육과정 시안(대구대 임성민 교수) * 2022 개정 화학 계열 교육과정 시안(조선대 박현주 교수) * 2022 개정 생명과학 계열 교육과정 시안(공주대 심규철 교수) * 2022 개정 지구과학 계열 교육과정 시안(전남대 김종희 교수)
17:20~18:10 (50')	■ [지정 토론 2] (일반 선택 및 진로 선택) * 부천 부명고 박형군 교사(경기도 물리학교육연구회 연구위원) * 서울대 신석민 교수(대한화학회 회장) * 경기고 임혁 교사(전국과학교사협의회 회장) * 용인고 김희만 교장(경기지구과학교육연구회 회장) * 서울대 권준환 학생(물리천문학부 물리학 전공 학생)
18:10~18:20 (10')	휴식
18:20~19:00 (40')	■ 종합토론 및 질의응답 좌장: 경인교대 신영준 교수
19:00~	■ 마무리 및 폐회

[부록 4] 주요 발표 및 의견 수렴

1. 한국과학교육학회

가. 일시 : 2022년 7월 28(목)

나. 장소 : 경북대학교(온라인)

다. 주요 발표 내용

- 발표 1 : 2022 개정 과학과 교육과정 시안 개발 연구 개관 및 향후 일정(신영준)
- 발표 2 : 2022 개정 과학과 교육과정의 쟁점: 성격과 목표(정용재)
- 발표 3 : 2022 개정 과학과 교육과정의 쟁점: 핵심 아이디어와 성취기준(임성민)
- 발표 4 : 2022 개정 과학과 교육과정의 쟁점: 과정 · 기능과 가치 · 태도(곽영순)

2 한국초등과학교육학회

가. 일시 : 2022년 7월 29(금)~30(토)

나. 장소 : 온라인 학술대회

다. 주요 발표 내용

- 워크숍: 2022 개정 초등 과학과 교육과정 시안 개발 경과와 주요 내용
(정용재, 문양희, 전성수, 강석진, 김성호, 임재근, 소금현, 신원섭, 박철진, 오현석, 권유지, 한제준, 이성희, 하지훈)

3. 대한지구과학교육학회

가. 일시 : 2022년 8월 6(토)

나. 장소 : 조선대학교 국제관

다. 주요 발표 내용

- 특별강연 : 기후변화와 지구환경의 위기(김해동 계명대학교)
- 발표 : 2022 개정 과학과 교육과정 개관(곽영순)
- 토론 : 2022 개정 과학과 교육과정의 초등과학에서의 지구과학(오현석, 한제준)
- 토론 : 2022 개정 과학과 교육과정의 중등학교에서의 지구과학(김종희, 박창용, 김현중)
- 발표 : 문헌 고찰을 통한 2022 개정 과학과 교육과정 내용의 선정과 조직 제안-초등학교 지구와 우주 영역을 중심으로(오현석, 한제준, 권유지)

4. 한국생물교육학회

가. 일시 : 2022년 8월 10(수)~12(금)

나. 장소 : 경북대학교 글로벌프라자

다. 주요 발표 내용

- 기조강연 : Biology Education according to 2022 Revision of the National Science Curriculum, Korea(심규철)
- 발표 1 : 2022 개정 과학과 교육과정에 반영된 기후환경교육 내용(황의욱, 서혜애, 신영준)
- 발표 2 : 2022 개정 교육과정의 초등과학 과학과 사회 영역의 구성 방향(이성희, 신영준, 정용재, 하지훈)
- 발표 3 : 2022 개정 교육과정 고등학교 통합과학 생명영역의 구성 방향(심현표, 김영학, 박형식)
- 발표 4 : 2022 개정 교육과정의 초등과학 생명 영역의 구성 방향(소금현, 신원섭, 박철진)
- 발표 5 : 2022 개정 교육과정 과학 교과 고등학교 선택 과목 생명 영역의 구성 방향(심규철, 민재식, 이훈복)
- 발표 6 : 2022 개정 교육과정의 중학교 과학 생명 영역의 구성 방향(황인신, 김지현, 김홍태)

5. 한국물리학회(2022 물리학 교육과정 공청회)

가. 일시: 2022.8.25.(목) 16:30~18:30

나. 장소: 온라인 (ZOOM 및 YouTube) 생중계

다. 주요 발표 내용

- 발표 1 : 2022 중학교 ‘과학’의 물리 영역 시안과 주요 논의(이재봉, KICE)
- 발표 2 : 2022 고교 물리학 개정 방향 및 일반 선택 ‘물리학’ 시안 논의(임성민, 대구대)
- 발표 3 : 2022 고교 진로 선택 ‘역학과 에너지’ 및 ‘전자기와 빛(양자)’ 시안 논의(정용욱, 경상대)
- 지정토론 1 : 2022 중학교 ‘과학’의 물리 영역 시안에 대하여(정준형, 초지중)
- 지정토론 2 : 2022 고교 물리학 일반 선택 ‘물리학’ 시안에 대하여(김민성, 정현고)
- 지정토론 3 : 2022 고교 진로 선택 ‘역학과 에너지’ 및 ‘전자기와 빛(양자)’ 시안에 대하여(이세연, 명덕고)

6. 국민소통채널

• 1차 : 2022년 8월 30일 09시 ~ 2022년 9월 13일 18:00

• 2차 : 2022년 10월 7일 09시 ~ 2022년 10월 12일 18:00

7. 대한화학회 심포지엄

가. 일시 : 2022년 10월 21일(금)

나. 장소 : 경주 화백컨벤션센터(HICO)

다. 주요 발표 내용

심포지엄 구성: Chemistry Education - Issues in the Chemistry Field of the 2022 Revised National Science Curriculum

- 발표 1 : Issues in the Content Structure of the High School Chemistry Curriculum(김현정)
- 발표 2 : Major Changes in the 2022 Revised Chemistry Curriculum(백종호)
- 발표 3 : Suggestion of scientists and science educators collaborative curriculum study on subjects of arguments(정대홍)

8. 한국과학교육단체총연합회 글로벌과학교육포럼

가. 일시 : 2022년 12월 3일(토)

나. 장소 : 서울교육대학교 및 온라인

다. 주요 발표 내용

일정(분)	내용
13:00~13:20 (20')	(사회 : 김울) ▣ 교육과정개관-2022개정 교육과정 개정 방향(신영준:경인교대)
13:20~14:00 (40')	▣ [주제 발표 1] (초등학교 과학) 및 질의 응답 * 2022개정 초등학교 과학과 교육과정 시안 해설(전성수: 경남도계초)
14:00~14:10 (10')	휴식
14:10~14:50 (40')	▣ [주제 발표 2] (중학교 과학) 및 질의 응답 * 2022개정 중학교 과학과 교육과정 시안 해설(양정은: 서울양천중)
14:50~15:30 (40')	▣ [주제 발표 3] (고등학교 통합과학) 및 질의 응답 * 2022개정 고등학교 통합과학과 교육과정 시안 해설(박창용: 서울이화여고)

[부록 5] 2022 개정 과학과 교육과정 시안

일러두기

과학과 교육과정은 아래의 문서 목차를 기준으로 작성되었으며,
목차 및 주요 용어의 의미에 대한 해설을 참고하여 교육활동에 활용하시기 바랍니다.

교육과정 설계의 개요

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

1. 성격 및 목표

성격 교과(목) 교육의 필요성 및 역할 설명

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

2. 내용 체계 및 성취기준

내용 체계 학습 내용의 범위와 수준을 나타냄

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

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

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

3. 교수·학습 및 평가

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

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

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

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



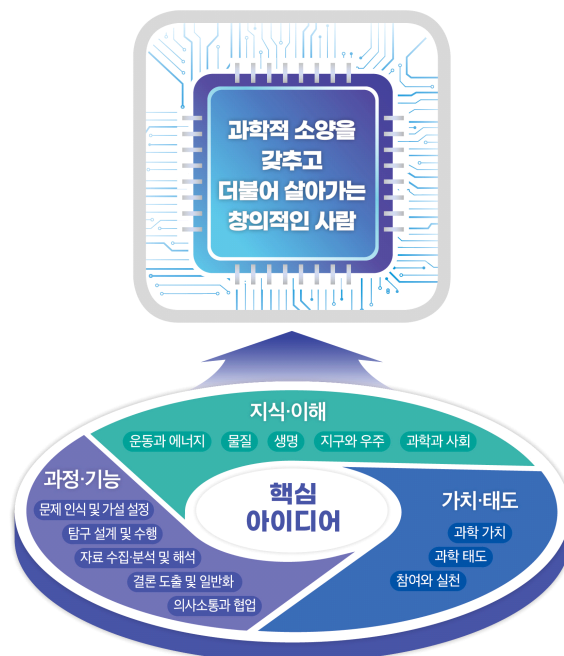
공통 교육과정

과학

교육과정 설계의 개요

과학과 교육과정은 미래 사회를 살아갈 시민으로서 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하는 것을 목적으로 한다. 과학과 교육과정에서는 과학 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도가 복합적으로 발현되어 나타나는 총체적인 능력인 역량을 함양하고자 한다.

과학과 교육과정에서는 자기관리, 지식정보처리, 창의적 사고, 심미적 감성, 협력적 소통, 공동체 역량 등과 같은 범교과적이고 일반적인 총론의 역량과 연계하여 과학적 탐구와 문제해결 능력, 과학적 의사결정 능력 등을 기르는 데 초점을 둔다. 이를 위해 과학과 교육과정은 생태 소양, 민주 시민의식, 디지털 소양을 갖추고, 첨단 과학기술을 기반으로 융복합 영역을 창출하는 미래 사회에 유연하게 대응할 수 있는 과학적 소양을 갖춘 사람을 양성하는 것을 목표로 한다.



과학과 교육과정의 영역은 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주, 과학과 사회의 5개 영역으로 구성하였다. 운동과 에너지 영역은 자연과 사물 사이의 상호작용이나 법칙을, 물질 영역은 물질의 구조와 성질 및 화학적 변화를, 생명 영역은 인간을 포함한 생명 현상의 원리를, 지구와 우주 영역은 자연 현상의 변화와 지구시스템의 주요 원리를 다룬다. 과학과 사회 영역은 개인과 사회의 지속 가능한 발전에서 과학의 역할을 강조하는 현실을 반영한 영역으로, 과학의 일반적 성격 및 사회적 역할을 중점적으로 다룬다.

과학과 핵심 아이디어는 과학 영역별로 주요 개념과 일반화된 지식을 중심으로 구성하였다. 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주, 과학과 사회 등 과학의 영역별로 주요 과학 개념과 원리의 일상생활 적용과 통합·융합 교육을 체험할 수 있도록 과학의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 종합하여 핵심 아이디어를 도출하였다. 이러한 핵심 아이디어는 해당 영역의 학습을 통해 일반화할 수 있는 내용을 진술한 것으로, 과학과 관통개념을 공유하면서 과목별로 위계성과 연속성을 지닌다.

과학과 교육과정은 ‘성격 및 목표’, ‘내용 체계 및 성취기준’, ‘교수·학습 및 평가’로 구성된다. ‘성격 및 목표’에서는 각 과목의 고유한 특성과 주요 목표를 제시하였다. ‘내용 체계 및 성취기준’에서는 과목의 핵심 아이디어와 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도별 주요 내용 요소 및 학생이 교과 학습을 통해 할 수 있기를 기대하는 도달점을 성취기준으로 제시하였다. 즉, 과학과 성취기준은 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 ‘영역’별 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 함양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있도록 제시하였다. 과학과 지식·이해는 과학과 영역별로 학생이 알고 이해해야 하는 내용을 학년군별로 제시하였다. 과학과 과정·기능은 학생들이 과학 학습을 통해 개발할 것으로 기대하는 과학과 탐구 기능과 과정에 해당하는 것으로, 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업을 근간으로 영역별 특성을 반영하였다. 과학과 가치·태도는 과학 가치(과학의 심미적 가치, 감수성 등), 과학 태도(과학 창의성, 유용성, 윤리성, 개방성 등), 참여와 실천(과학문화 향유, 안전·지속가능 사회에 기여 등)으로 구성하였다. ‘교수·학습 및 평가’에서는 교육과정에서 제시한 성취기준에 도달하는 데 필요한 교수·학습 및 평가의 주요 방향을 제시하였다. 과학과 교육과정에서는 학생이 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도하고, 학생이 행위 주체로서 자신의 역량 함양을 위해 교수·학습에 참여하도록 하는 방향, 그리고 교수·학습과 연계하여 학생의 학습과 성장을 도울 수 있는 평가 방향을 제시하였다. 특히, 미래 교육 환경에 적합한 다양한 교수·학습 활동을 통해 디지털·인공지능 기초 소양을 함양하도록 하였다.

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘과학’은 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위한 교과이다. ‘과학’ 교과에서는 모든 학생이 과학의 기본 개념을 익히고, 과학 탐구 능력과 태도를 길러, 자연과 일상생활에서 접하는 현상을 과학적으로 이해하고, 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 과학적으로 해결하고 참여·실천하는 역량 함양에 중점을 둔다.

‘과학’은 초등학교 1~2학년에서 학습한 내용과 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하고, 고등학교 과학 교과목 학습에 필요한 과학 기초 학력을 보장하기 위한 교과이다. ‘과학’은 초등학교 1~2학년의 ‘슬기로운 생활’과 고등학교 1학년의 ‘통합과학1, 2’, ‘과학탐구실험1, 2’, 그리고 고등학교 일반선택, 융합선택 및 진로선택 과목과 긴밀하게 연계되어 있다.

‘과학’은 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주 및 과학과 사회의 5개 영역으로 구성된다. 운동과 에너지 영역에서는 힘과 에너지, 전기와 자기, 열, 빛과 파동 등을 다루며, 물질 영역에서는 물질의 성질, 물질의 변화, 물질의 구조 등을 다룬다. 생명 영역에서는 생물의 구조와 에너지, 항상성과 몸의 조절, 생명의 연속성, 환경과 생태계, 생명과학과 인간의 생활 등을 다루며, 지구와 우주 영역에서는 고체 지구, 유체 지구, 천체 등을 다룬다. 과학과 사회 영역에서는 이들 4개 영역의 내용을 통합적으로 다루면서 과학과 안전, 과학과 지속가능한 사회, 과학과 진로 등을 다룬다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. ‘과학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 ‘과학’의 5개 영역과 관련된 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 함양함으로써 영역별 핵심 아이디어를 습득하고, 행위 주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

자연 현상과 일상생활에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 과학적 탐구를 통해 주변의 현상을 이해하고, 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 데 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 과학적 소양을 기른다.

- (1) 자연 현상과 일상생활에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로, 개인과 사회의 문제를 인식하고 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 이해하고 자연 현상과 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.

- (3) 자연 현상과 일상생활을 과학적으로 탐구하여 과학의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고, 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

(1) 운동과 에너지

핵심 아이디어		- 자연과 일상생활 속의 여러 가지 힘은 물체의 속력과 운동 방향을 변화시키고, 물체의 운동은 힘과 에너지를 통해 예측할 수 있으며, 이는 안전한 일상생활의 토대가 된다. - 전하와 전류는 다양한 전기와 자기 현상을 일으키고, 전기와 자기에 대한 성질은 전구, 전동기 등 여러 가지 전기 기구의 작동 원리로 유용하게 활용된다. - 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하며, 일상생활에서는 단열 등 다양한 분야에 물질의 열적 성질이나 열의 이동 방식이 이용된다. - 빛과 소리는 반사, 굴절, 진동 등 파동의 특성을 가지며, 그 특성은 거울, 렌즈, 악기, 색의 구현 등 편리하고 심미적인 삶에 도움이 된다.		
범주	구분	학년(군)별 내용 요소		
		초등학교		중학교
		3~4학년군	5~6학년군	1~3학년
지식·이해	힘과 에너지	- 밀기와 당기기 - 무게 - 수평잡기 - 도구의 이용	- 위치의 변화 - 속력 - 속력과 안전	- 힘 - 중력 · 마찰력 · 탄성력 · 부력 - 등속 운동 - 자유 낙하 운동 - 일과 에너지 - 중력에 의한 위치 에너지 - 운동 에너지 - 역학적 에너지 보존
	전기와 자기	- 자석과 물체 사이의 힘 - 자석과 자석 사이의 힘 - 자석의 극 - 자석의 이용	- 전기 회로 - 전지의 직렬연결 - 전자석 - 전기 안전	- 전기력 · 대전 - 정전기 유도 - 전압 · 전류 - 옴의 법칙 - 전기 에너지 - 자기력 · 자기장
	열		- 온도 - 열의 이동 - 단열	- 열평형 - 전도 · 대류 · 복사 - 비열 - 열팽창
	빛과 파동	- 소리의 발생 - 소리의 세기	- 빛의 직진 - 평면거울에서 빛의	- 시각과 상 · 반사와 굴절 - 거울과 렌즈 · 빛의 합성과 색

		• 소리의 높낮이 • 소리의 전달	- 반사 • 빛의 굴절 • 렌즈의 이용	• 파동의 발생과 전달 • 파동의 요소와 소리의 특성
과정·기능		• 자연과 일상생활에서 운동과 에너지 관련 문제 인식하기 • 문제를 해결하기 위한 탐구 설계하기 • 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등을 통해 자료를 수집하고 비교·분석하기 • 수학적 사고와 컴퓨터 및 모형 활용하기 • 결론을 도출하고, 자연과 일상생활에서 운동과 에너지 관련 상황에 적용·설명하기 • 자신의 생각과 주장을 과학적 언어를 사용하여 다양한 방식으로 표현하고 공유하기		• 자연과 일상생활에서 운동과 에너지와 관련된 현상을 관찰하고 문제를 찾아 정의하고 가설을 설정하기 • 적절한 변인을 포함하여 탐구 설계하기 • 운동과 에너지 사이의 관계를 이끌어내기 위해 자료를 수집하고 이를 그래프로 변환하여 해석하기 • 운동과 에너지와 관련된 다양한 현상을 관찰하여 규칙성을 추리하기 • 모형을 만들어 현상을 설명하거나 예측하기 • 과학적 증거에 기반하여 주장하기
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제 해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유		

(2) 물질

핵심 아이디어		• 물질은 여러 가지 상태로 존재하며, 구성 입자의 운동에 따라 물질의 상태와 물리적 성질이 변한다. • 물질의 상태 변화 및 화학 반응에는 에너지 출입이 수반되며, 이는 일상생활에 유용하게 활용된다. • 물질은 서로 구분할 수 있는 고유한 특성을 가지며, 물질의 특성은 일상생활의 다양한 혼합물 분리에 이용된다. • 화학 반응을 통해 물질은 다른 물질로 변하며, 화학 반응의 규칙성은 새로운 물질의 생성 원리가 된다.		
범주	구분	학년(군)별 내용 요소		
		초등학교		중학교
		3~4학년군	5~6학년군	1~3학년
지식·이해	물질의 성질	• 물체와 물질 • 물질의 세 가지 상태 • 기체의 무게 • 온도와 압력에 따른 기체의 부피 변화 • 물의 상태 변화	• 용액, 용매, 용질 • 용해 • 용액의 진하기 • 혼합물의 분리	• 입자 운동 • 기체의 압력 • 기체의 압력과 부피 관계 • 기체의 온도와 부피 관계 • 물질의 상태와 입자 모형 • 상태 변화와 열에너지 • 밀도, 용해도, 녹는점, 끓는점 • 순물질과 혼합물
	물질의 변화		• 지시약 • 산성 용액 • 염기성 용액 • 연소 조건 • 연소 생성물	• 화학 변화 • 화학 반응식 • 질량 보존 법칙 • 일정 성분비 법칙 • 기체 반응 법칙 • 화학 반응에서 열에너지의 출입
	물질의 구조			• 원소 • 원자 • 분자 • 이온 • 화합물 • 화학식 • 주기율표
과정·기능		• 자연과 일상생활에서 물질과 관련된 문제 인식하기 • 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등을 통해 자료를 수집하고 비교·분석하기 • 탐구 결과를 해석하여 결론을 도출하기 • 물질과 관련된 일상생활의 문제를 해결하기 위한 탐구 설계하기 • 결론을 도출하고, 자연과 일상생활에서 물질 관련 상황에 적용·설명하기 • 자신의 생각과 주장을 과학적 언어를 사용하여 다양한 방식으로 표현하고 공유하기		
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제 해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유		

(3) 생명

핵심 아이디어		- 생물은 세포로 이루어져 있고, 여러 구성 단계가 유기적으로 연관되어 있으며, 조화로운 작용을 통해 건강한 몸을 유지한다. - 식물은 광합성으로 양분을 만들며, 생물은 호흡을 통해 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는다. - 동물은 다양한 감각 기관을 통해 자극을 받아들이고, 신경계와 호르몬의 작용을 통해 반응한다. - 생물은 생식을 통해 자손을 생산하고, 생물의 형질은 유전자에 의해 자손에게 전달되며, 생물의 유전 현상은 사람의 가계에서도 관찰된다. - 우리 주변의 다양한 생물은 환경과 영향을 주고받으며 밀접한 관계를 맺고 있으며, 생물다양성은 생태계와 인간의 삶과도 밀접하게 관련되어 있다.		
범주	구분	학년(군)별 내용 요소		
		초등학교		중학교
		3~4학년군	5~6학년군	1~3학년
지식·이해	생물의 구조와 에너지	- 동물의 생김새 - 식물의 생김새 - 균류, 원생생물, 세균의 특징	- 세포의 구조 - 뼈와 근육의 구조와 기능 - 소화·순환·호흡·배설 기관의 구조와 기능 - 뿌리, 줄기, 잎, 꽃의 구조와 기능 - 증산 작용 - 광합성 산물	- 세포와 생물 구성 단계 - 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계의 구조와 기능 - 광합성 과정 - 광합성에 영향을 미치는 요인 - 식물의 호흡과 광합성의 관계
	항상성과 몸의 조절			- 감각 기관의 구조와 기능 - 뉴런과 신경계의 구조와 기능 - 자극에서 반응까지의 경로 - 호르몬에 의한 항상성 유지
	생명의 연속성	- 동물의 한살이 - 식물의 한살이 - 식물이 자라는 조건 - 다양한 환경에 사는 동물과 식물 - 특징에 따른 동물 분류 - 특징에 따른 식물 분류		- 세포분열 - 동물의 발생 과정 - 유전 형질과 유전 원리 - 변이와 생물다양성 - 종의 개념과 분류 체계 - 생물다양성 보전의 중요성
	환경과 생태계	- 생물 요소와 비생물 요소 - 환경오염이 생물에 미치는 영향 - 먹이사슬과 먹이그물		
	생명과학과 인간의 생활	- 생활 속에서 동물과 식물의 이용 - 균류, 원생생물, 세균의 이용 - 생명과학과 우리 생활		
과정·기능		- 자연과 일상생활에서 생명 현상 관련 문제 인식하기 - 문제를 해결하기 위한 탐구 설계하기 - 생물 관찰 및 분류하기 - 자료 조사 및 해석하기 - 모형으로 설명하기 - 자신의 생각과 주장을 과학적 언어를 사용하여		
		- 생물 특징과 생명 활동 관계 추론하기 - 생물 분류하기 - 생명 현상 관찰을 토대로 문제를 인식하고 가설 설정하기 - 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등을 통해 자료를 수집하고 비교·분석하기		

	협력적 소통하기	· 적절한 변인을 포함하여 탐구 설계하기 · 탐구 결과를 해석하여 결론을 도출하기 · 모형을 만들어 생명 현상을 설명하거나 예측하기 · 협력적 소통하기
가치·태도	· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제 해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유	

(4) 지구와 우주

핵심 아이디어		· 지구계는 지권, 수권, 기권, 생물권 등으로 구성되며, 이러한 지구계 구성 요소들이 상호작용을 통해 에너지와 물질을 교환하는 과정에서 다양한 자연 현상들이 발생한다. · 암석과 화석, 지구 내부를 탐구함으로써 지질시대 동안 지구 환경과 생물의 변천 과정을 밝혀낼 수 있다. · 물은 땅과 바다, 대기 등으로 끊임없이 순환하면서 지표의 특징을 변화시키고 지하구조를 만든다. · 지구의 기후시스템은 태양 복사와 지구 복사, 인간 활동 등의 영향을 받으며, 이러한 요인들이 복합적으로 상호작용하여 나타난 기상 현상과 기후변화는 우리 생활과 지속가능성에 영향을 미친다. · 태양계는 행성 및 소천체 등으로 구성되며, 생성 과정에 따라 태양계 천체의 표면은 다양하게 나타난다. · 별의 표면 온도, 크기, 질량, 거리 등을 결정하는 데 관측 자료와 증거 기반 해석 등이 활용된다.		
범주	구분	학년(군)별 내용 요소		
		초등학교		중학교
		3~4학년군	5~6학년군	1~3학년
지식·이해	고체 지구	· 강 주변 지형 · 화산 활동 · 화성암 · 지진 대처 방법	· 지층 · 퇴적암 · 화석의 생성 · 과거 생물과 환경	· 지구계 · 광물과 암석 · 암석의 순환 · 풍화 작용 · 판과 대륙이동설 · 지진대와 화산대
	유체 지구	· 바다의 특징 · 밀물과 썰물 · 파도 · 바닷가 주변 지형 · 갯벌 보전 · 지구의 대기	· 날씨와 기상 요소 · 이슬, 안개, 구름 · 고기압과 저기압	· 대기와 해양의 층상 구조 · 수권과 수자원 · 염분과 해류 · 온실효과와 지구온난화 · 대기 대순환 · 강수 과정 · 중위도 저기압 · 일기도
	천체	· 달의 모양과 표면 · 달의 위상변화 · 태양계 행성 · 별과 별자리	· 태양과 별의 위치 변화 · 지구의 자전과 공전 · 계절별 별자리 변화 · 태양 고도의 일변화 · 계절별 낮의 길이	· 태양계 구성 천체 · 태양 표면과 태양 활동 · 달의 위상변화 · 일식과 월식 · 연주시차 · 별의 특성 · 우리은하 · 우주 팽창 · 우주탐사
과정·기능		· 자연과 일상생활에서 지구와 우주 관련 문제		· 지구와 우주 관련 현상 관찰을 토대로 문제를

	- 인식하기 - 문제를 해결하기 위한 탐구 설계하기 - 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등을 통해 자료를 수집하고 비교·분석하기 - 수학적 사고, 컴퓨터 및 모형 활용하기 - 결론을 도출하고, 지구와 우주 관련 상황에 적용·설명하기 - 자신의 생각과 주장을 과학적 언어를 사용하여 다양한 방식으로 표현하고 공유하기	- 인식하고 가설을 설정하기 - 관련 변인을 포함하여 탐구 설계하기 - 지구시스템 구성 요소들의 상호작용에 대한 자료를 조사·평가 및 변환하기 - 지구와 우주와 관련된 다양한 현상을 관찰하여 규칙성을 추리하기 - 모형을 만들어 현상을 설명하거나 예측하기 - 과학적 증거에 기반하여 주장하기
가치·태도	- 과학의 심미적 가치 - 과학 유용성 - 자연과 과학에 대한 감수성 - 과학 창의성 - 과학 활동의 윤리성 - 과학 문제 해결에 대한 개방성 - 안전·지속가능 사회에 기여 - 과학 문화 향유	

(5) 과학과 사회

핵심 아이디어		- 과학 탐구를 통해 얻은 과학기술은 질병의 발생 원인 규명과 예방법 마련 등 인류 복지에 기여하고, 인류가 처한 여러 가지 재난 상황 극복에 활용된다. - 과학기술은 자원과 에너지 등의 효율적 이용 방안을 제공하여 지속가능한 사회에 기여한다. - 과학기술의 발달은 미래 사회의 모습과 직업에 영향을 미치며, 개인은 이러한 미래 사회의 모습과 새로운 진로를 탐색하며 자신의 삶을 준비한다.		
범주	구분	학년(군)별 내용 요소		
		초등학교		중학교
		3~4학년군	5~6학년군	1~3학년
지식·이해	과학과 안전	- 질병과 예방 - 감염병과 건강한 생활		- 재해·재난 - 재해·재난에 대한 과학적 대처 방안
	과학과 지속가능한 사회	- 기후변화 사례 - 기후위기 대응	- 자원의 종류 - 자원의 효율적인 이용 - 지속가능한 에너지 이용	- 과학적 탐구 방법 - 과학기술의 영향 - 과학과 지속가능한 사회
	과학과 진로		- 진로와 과학의 관련성 - 진로 계획	- 과학 관련 진로와 직업 - 진로 계획 실천 방안
과정·기능		- 자연과 일상생활에서 과학과 기술 및 사회의 상호작용과 관련된 문제 인식하기 - 문제를 해결하기 위한 탐구 설계하기 - 신뢰성 있는 출처를 활용하여 자료를 수집하고 정리하기 - 융합적 사고와 수학적 사고, 컴퓨터 및 모형 활용하기 - 결론을 도출하고, 과학·기술·사회 문제 해결 상황에 적용·설명하기 - 자신의 생각과 주장을 과학적 언어를 사용하여 다양한 방식으로 표현하고 공유하기		- 자연과 일상생활에서 과학과 기술 및 사회의 상호작용과 관련된 문제를 찾아 정의하고 가설 설정하기 - 문제를 해결하기 위해 변인이 포함된 탐구 설계하기 - 다양한 도구를 활용하여 자료를 수집하고 변환하기 - 융합적 사고, 수학적 사고와 컴퓨터 등을 활용해 자료를 분석·평가·추론하기 - 결론을 도출하고, 결론의 사회적 가치를 판단하여 과학·기술·사회 문제 해결 상황에 적용·설명하기

		• 타당한 근거에 기초하여 자신의 주장을 펼치고 실천적 대안 마련하기
가치·태도	• 과학의 심미적 가치 • 과학의 사회적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제 해결에 대한 개방성 • 과학 문제 해결의 학문 간 융합적 접근 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유	

나. 성취기준

[초등학교 3~4학년]

(1) 힘과 우리 생활

- [4과01-01] 일상생활에서 힘과 관련된 현상에 흥미를 갖고, 물체를 밀거나 당길 때 나타나는 현상을 관찰할 수 있다.
- [4과01-02] 수평잡기 활동을 통해 물체의 무게를 비교할 수 있다.
- [4과01-03] 무게를 정확히 비교하기 위해서는 저울이 필요함을 알고, 저울을 사용해 무게를 비교할 수 있다.
- [4과01-04] 지레, 빗면과 같은 도구를 이용하면 물체를 들어 올릴 때 드는 힘의 크기가 달라짐을 알고, 도구가 일상생활에서 어떻게 쓰이는지 조사하여 공유할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 무거운 물체를 밀 때와 가벼운 물체를 밀 때의 특징 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [4과01-01] 무거운 물체를 밀고 당길 때와 가벼운 물체를 밀고 당길 때 드는 힘의 크기를 느끼는 데 중점을 둔다.
- [4과01-03] 무게와 질량을 구분하지 않으며 무게를 비교하는 단위로 g, kg을 사용한다.
- [4과01-04] 지레, 빗면과 같은 간단한 도구를 이용할 때 힘의 크기가 달라진다는 점을 관찰하는 데 중점을 두며, 도구의 원리나 구조적 특성을 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘물체의 운동’, 중학교 1~3학년군 ‘힘의 작용’과 연계된다.
- 무게를 비교할 때는 용수철저울이나 전자저울 등을 사용하고, 분동을 사용하는 윗집시저울은 다루지 않는다.
- 조사한 내용을 공유할 때 사회 관계망 서비스(SNS)를 활용할 수 있으며, 글과 그림으로 표현한 발표 자료 만들기를 할 수 있다.

(2) 동물의 생활

[4과02-01] 여러 가지 동물을 관찰하여 특징에 따라 동물을 분류할 수 있다.

[4과02-02] 다양한 환경에 서식하는 동물을 조사하여 동물의 생김새와 생활 방식이 환경과 관련되어 있음을 설명할 수 있다.

[4과02-03] 동물의 특징을 이용하여 일상생활에서 활용할 수 있는 생활용품을 설계하여 협력적으로 소통할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 동물 분류 기준 정하기

(가) 성취기준 해설

- [4과02-01] 동물의 형태적 특징을 찾고 그 특징에 따라 분류 기준을 정하여 분류하는 활동을 하도록 하며 생물학적 분류 체계는 다루지 않는다.
- [4과02-02] 서식지에 따른 동물의 생김새와 생활 방식의 다양성을 다루고, 적응 개념은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘생물의 한살이’, ‘생물과 환경’, 5~6학년군 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 과 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’, ‘동물과 에너지’와 연계된다.
- ‘동물의 생활’에서는 여러 가지 동물의 형태적 특징을 중심으로 관찰, 분류 활동을 한다.

(3) 식물의 생활

[4과03-01] 여러 가지 식물을 관찰하여 특징에 따라 식물을 분류할 수 있다.

[4과03-02] 다양한 환경에 서식하는 식물을 조사하여 식물의 생김새와 생활 방식이 환경과 관련되어 있음을 설명할 수 있다.

[4과03-03] 식물의 특징을 이용하여 일상생활에서 활용할 수 있는 생활용품을 설계하여 협력적으로 소통할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 식물 분류 기준 정하기

(가) 성취기준 해설

- [4과03-01] 여러 가지 식물의 잎을 채집해 생김새 등과 같은 외형적 특징에 따라 기준을 세워 분류하는 활동을 하며 생물학적 분류 체계는 다루지 않는다.
- [4과03-02] 서식지에 따른 식물의 생김새와 생활 방식의 다양성을 다루고, 적응 개념은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘생물의 한살이’, ‘생물과 환경’, 5~6학년군 ‘식물의 구조와 기능’과 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’, ‘식물과 에너지’와 연계된다.
- 여러 가지 식물을 줄기, 잎, 꽃 등으로 분류 활동을 할 수 있으나, 주변에서 쉽게 구할 수 있는 식물의 잎을 대상으로 활동하도록 한다.
- 초등학교 5~6학년군 ‘식물의 구조와 기능’에서 각 부위의 구조와 기능을 이해하는 데 중점을 두고 다루므로 ‘식물의 생활’에서는 여러 가지 식물의 잎을 중심으로 관찰, 분류 활동을 한다.

(4) 생물의 한살이

[4과04-01] 동물의 한살이를 직접 관찰하고, 관찰한 내용을 글과 그림으로 표현할 수 있다.

[4과04-02] 식물이 자라는 데 필요한 조건을 찾는 실험을 설계하여 수행할 수 있다.

[4과04-03] 생물의 한살이 과정을 조사하여 생물에 따라 한살이의 유형이 다양함을 소개하는 자료를 만들어 공유할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 곤충의 한살이 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [4과04-02] 씨가 싹트는데 필요한 조건은 물과 온도로 한정하고, 식물이 자라는데 필요한 조건은 물과 햇빛으로 제한한다.
- [4과04-03] 한살이의 유형을 이해하는 생물의 범위는 동물과 식물에 한정하여 다루고, 식물의 한살이 유형은 한해살이와 여러해살이로 구분하여 이해하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘동물의 생활’, ‘식물의 생활’, ‘생물과 환경’, 5~6학년군 ‘식물의 구조와 기능’, ‘우리 몸의 구조와 기능’, 중학교 1~3학년군 ‘식물과 에너지’, ‘동물과 에너지’와 연계된다.
- 동물의 한살이 관찰을 위해서는 주변에서 쉽게 구할 수 있으며, 한살이 기간이 짧은 동물(예: 배추흰나비)을 선택하는 것이 좋다.

- 동물의 한살이 관찰을 통하여 동물에 대한 관심과 호기심을 증대시키는 것도 중요한 목표이므로 동물을 직접 관찰하는 활동을 권장하며, 보조 학습 자료로 동영상이나 누리망을 활용할 수 있다. 다양한 도구를 활용하여 글과 그림으로 한살이를 표현해 보도록 지도할 수 있다.
- 동물의 한살이 관찰에는 시간이 많이 소요되므로 학습이 시작되기 전에 관찰 대상을 미리 준비해야 하며, 교수·학습 전개 시 수업 차시에 따라 연속하여 진행하기에는 무리가 있으므로 동물의 한살이 정도에 맞추어 융통성 있게 수업 시간을 재구성하는 것이 좋다.

(5) 물체와 물질

[4과05-01] 물체를 이루는 여러 가지 물질의 성질을 비교하고, 물질의 종류에 따라 물체를 분류할 수 있다.

[4과05-02] 물질의 세 가지 상태인 고체, 액체, 기체의 성질을 관찰하여 비교할 수 있다.

[4과05-03] 다양한 물질의 성질을 이용하여 쓰임새 있는 물체를 설계할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 용기에 따른 고체와 액체의 모양과 부피 변화 관찰하기
- 기체가 공간을 차지하고 있음을 알아보는 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [4과05-01] 나무, 철, 유리, 플라스틱 등 학생들이 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 물질의 다양한 성질을 관찰하고 비교하는 활동에 중점을 두고, 이를 바탕으로 여러 가지 물체를 물질의 종류에 따라 분류하도록 한다.
- [4과05-02] 물질의 세 가지 상태인 고체, 액체, 기체의 성질을 관찰하고 비교하는 활동에 중점을 두고, 한 가지 물질이 여러 가지 상태로 존재한다는 것은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘물의 상태 변화’, ‘여러 가지 기체’, 5~6학년군 ‘혼합물의 분리’, 중학교 1~3학년군 ‘물질의 특성’과 연계된다.
- 일상생활에서 사용할 수 있는 물체를 기초적인 아이디어 수준에서 설계하며, 물체의 쓰임새에 적합한 성질을 지닌 물질을 이용하는 데 중점을 두고 지도한다.

(6) 지구와 바다

[4과06-01] 지구가 대기로 둘러싸여 있음을 알고, 지구 표면을 구성하는 육지와 바다의 특징을 비교할 수 있다.

[4과06-02] 바닷물의 특징을 육지의 물과 비교하고, 바닷가에서 볼 수 있는 다양한 지형을 조사할 수 있다.

[4과06-03] 밀물과 썰물의 차이를 알고, 갯벌의 가치와 보전의 필요성을 설득·홍보할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 지구의 육지와 바다 면적 비교하기
- 육지의 물과 바닷물을 가열하여 남는 물질 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [4과06-02] 바닷물의 침식, 운반, 퇴적 작용에 대해서는 다루지 않는다.
- [4과06-03] 밀물과 썰물은 바닷물의 높이 변화를 다루는 수준이며, 조석 용어와 원인에 대해서는 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘날씨와 우리 생활’, 중학교 1~3학년군 ‘날씨와 기후변화’, ‘수권과 해수의 순환’과 연계된다.
- 여행에서 촬영한 사진 자료나 스마트 기기를 활용하여 육지와 바다의 다양한 모습과 지형을 탐색하여 수업에 활용할 수 있다.
- 지구의 물은 바닷물과 육지의 물로 구분하며, 지구 표면에서 바다가 차지하는 비율은 정성적으로 다룬다. 지구의 육지와 바다 면적을 시각적으로 비교할 수 있는 자료를 활용할 수 있다.
- 육지의 물과 바닷물을 가열할 때는 끓임쪽을 넣고 가열하는 등 안전에 유의한다.
- 우리나라의 대표적인 갯벌의 위치, 갯벌에 사는 생물의 다양성, 갯벌 보전의 필요성을 알아보는 활동을 통해 환경과 생명의 가치를 알고 생태감수성을 기르도록 한다.

(7) 소리의 성질

[4과07-01] 여러 가지 물체를 이용하여 소리를 내보고, 소리가 나는 물체는 떨림이 있음을 설명할 수 있다.

[4과07-02] 큰 소리와 작은 소리, 높은 소리와 낮은 소리를 구분하고, 세기와 높낮이가 다른 소리를 낼 수 있다.

[4과07-03] 여러 가지 물질을 통하여 소리가 전달되는 것을 관찰하고, 소음을 줄이는 방법을 찾아 일상생활에서 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 소리가 나는 소리굽쇠의 떨림 관찰하기
- 물체의 길이에 따른 소리의 높낮이 비교하기

(가) 성취기준 해설

- [4과07-03] 소리가 여러 가지 물질을 통해 전달되는 현상을 관찰하는 데 중점을 두며, 소리 전달의 과학적 원리는 다루지 않도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘빛과 파동’과 연계된다.
- 소리를 관찰하기 위해 청각뿐만 아니라 시각, 촉각 등의 다양한 감각을 활용할 수 있도록 한다.
- 큰 소리로 인해 청각이 손상될 수 있으므로 안전에 유의한다.
- 소리의 세기와 높낮이를 탐구할 때 디지털 탐구 도구를 활용할 수 있다.
- 소음을 줄이는 방법을 찾아 실천해 봄으로써 공동체의 문제 해결에 참여하는 민주 시민으로서의 소양을 기르되, 소리 자체에 대한 부정적 인식이 형성되지 않도록 유의한다.

(8) 감염병과 건강한 생활

[4과08-01] 생활 속 감염병의 사례를 알고, 다양한 질병과 그 위험성에 대해 토의할 수 있다.

[4과08-02] 감염병으로부터 안전한 사회에 관심을 가지고, 여러 감염 과정을 통해 생활 습관과 감염병 유행과의 연관성을 설명할 수 있다.

[4과08-03] 건강한 생활을 위해 필요한 감염병 예방 수칙을 공유하고, 생활 속에서 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 감염 과정과 감염병 예방 방법 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [4과08-01] 질병은 예방접종이나 범유행 상황 등 학생이 경험하거나 인지할 수 있는 생활 속 질병을 다룬다.

- [4과08-02] 감염 과정은 생활 습관과 관련지을 수 있는 접촉 감염, 비말 감염, 공기 감염, 수인 감염, 타액 감염 등의 사례로 한정하여 다루며, 감염병의 특성과 면역 반응을 구체적으로 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘재해·재난과 안전’과 연계된다.
- 예방접종의 경험이나 범유행 상황 등을 통해 생활 속에서 다양한 감염 사례가 있음을 인식할 수 있도록 한다.
- 다양한 감염 과정을 놀이, 역할극, 그림, 표, 책 만들기 공예 등 다양한 시각화 방법을 통해 표현할 수 있다. 단, 단순한 표현 활동보다는 생활 속 습관과 감염병 유행과의 연관성을 탐구하도록 지도한다.
- 건강한 생활을 위해 지켜야 하는 수칙은 감염 과정과 생활 습관을 관련지어 학생들이 실천 가능한 수준으로 제시하도록 한다.

(9) 자석의 이용

[4과09-01] 자석과 여러 가지 물체를 가까이했을 때 나타나는 현상을 관찰하고, 자석과 자석에 붙는 물체 사이에 작용하는 힘의 특징을 말할 수 있다.

[4과09-02] 자석과 자석을 가까이했을 때 나타나는 현상을 관찰하여 그 특징을 자석의 극과 관련지어 설명할 수 있다.

[4과09-03] 자석을 이용하여 일상생활을 편리하게 하는 장치를 설계할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 자석의 극을 찾고 서로 같은 극과 다른 극을 가까이했을 때의 특징 비교하기
- 나침반과 자석을 가까이했을 때 나타나는 현상 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [4과09-01~02] 자석과 물체, 자석과 자석 사이의 상호작용을 다루되, 자기장의 개념은 도입하지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘전기의 이용’, 중학교 1~3학년군 ‘전기와 자기’와 연계된다.
- 자석을 이용한 장치 설계하기 활동은 학습한 자석의 성질을 이용하여 생활을 편리하게 만드는 장치를 구상해볼 수 있도록 하기 위한 것으로, 설계한 것이 반드시 만들기로 이어져야 함을 의미하는 것은 아니다.

(10) 물의 상태 변화

[4과10-01] 물이 세 가지 상태로 변할 수 있음을 알고, 우리 주변에서 예를 찾을 수 있다.

[4과10-02] 물이 얼 때, 얼음이 녹을 때, 물이 증발할 때와 끓을 때, 수증기가 응결할 때의 변화를 관찰할 수 있다.

[4과10-03] 물의 상태 변화를 이용하여 물을 얻을 수 있는 장치를 설계하고 만들 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 물이 얼 때와 얼음이 녹을 때의 무게와 부피 변화 관찰하기
- 물이 증발할 때와 끓을 때의 특징 관찰하기
- 얼음이 든 비커의 바깥 면 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [4과10-01] 물의 상태 변화는 관찰 가능한 현상 수준에서만 다루고, 물의 상태가 변하는 까닭은 다루지 않는다.
- [4과10-02] 물이 얼 때와 얼음이 녹을 때의 부피 변화는 물기둥의 높이 변화로 관찰하도록 한다. 물의 증발과 끓음을 비교할 때는 물이 수증기로 상태가 변하는 현상이라는 공통점에 중점을 둔다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘물체와 물질’, 중학교 1~3학년군 ‘물질의 상태 변화’와 연계된다.
- 실험 전에 학생들에게 물을 가열하거나 얼음을 다룰 때 주의할 점과 안전사고 대처 방법을 지도한다.
- 생태전환교육과 연계하여 물의 중요성과 물 부족 현상을 다룬다. 물을 얻는 여러 가지 사례나 장치를 조사하고, 이를 바탕으로 물을 얻을 수 있는 장치를 창의적으로 고안하도록 한다.
- 물을 얻을 수 있는 장치를 설계할 때는 물의 상태 변화를 이용하는 데 중점을 두고, 우리 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 이용하여 간단한 장치를 만드는 수준에서 지도한다.

(11) 땅의 변화

- [4과11-01] 흐르는 물의 작용과 강 주변 지형의 특징을 관련지을 수 있다.
 [4과11-02] 화산의 의미와 화산 활동으로 나오는 물질을 알고, 화산 활동을 모형으로 표현할 수 있다.
 [4과11-03] 화성암을 관찰하고 분류할 수 있다.
 [4과11-04] 화산 활동과 지진이 우리 생활에 미치는 영향을 조사하여, 대처 방법을 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 흙 언덕을 만들고 물을 흘려보낸 후, 깎이는 곳과 쌓이는 곳 관찰하기
- 지진의 피해 사례를 조사하고 대처 방법 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [4과11-01] 강 주변 지형은 흐르는 물에 의한 침식, 운반, 퇴적 작용을 중심으로 다룬다.
- [4과11-02] 화산 활동과 화산 분출물을 중심으로 학습한다.
- [4과11-03] 화성암은 현무암과 화강암만 다룬다.
- [4과11-04] 화산 활동의 피해와 이로온 점을 함께 다루며, 지진 발생 원인은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘지층과 화석’, 중학교 1~3학년군 ‘지권의 변화’와 연계된다.
- 휴화산이나 활화산과 같은 화산의 상태에 대해서는 다루지 않으며, 화산과 화산이 아닌 산을 비교하여 화산의 의미를 살펴볼 수 있다.
- 학생들이 화산 활동과 지진을 직접 관찰하기 어려우므로, 화산 활동이나 지진과 관련된 영상을 스마트 기기로 조사하는 활동이 필요하다.
- 화산 활동을 모형실험으로 지도하는 경우 안전사고가 발생하지 않도록 유의하며, 실제 화산 활동과 모형실험의 공통점과 차이점을 비교할 수 있다.

(12) 다양한 생물과 우리 생활

- [4과12-01] 균류·원생생물·세균을 관찰하여 특징과 사는 곳을 설명할 수 있다.
 [4과12-02] 균류·원생생물·세균이 우리 생활에 미치는 영향을 조사하여 발표할 수 있다.
 [4과12-03] 우리 생활에 생명과학이 이용되는 사례를 소개하는 자료를 만들어 공유할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 버섯과 곰팡이 관찰하기
- 해캄과 짚신벌레 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [4과12-03] 우리 생활에 생명과학이 이용되는 사례는 균류, 원생생물, 세균을 중심으로 학생들이 생활 속에서 경험하고 인지할 수 있는 수준으로 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘동물의 생활’, ‘식물의 생활’, ‘생물과 환경’과 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’과 연계된다.
- 주변에서 쉽게 구할 수 있는 버섯, 곰팡이, 해감, 짚신벌레를 디지털현미경이나 실체현미경 등 학생들이 다룰 수 있는 다양한 도구를 사용하여 직접 관찰하도록 하고, 지역의 특성에 따라 관찰 가능한 소재로 변경하여 다룰 수 있다.
- 세균은 사진 자료나 동영상 자료 등을 활용하여 관찰할 수 있게 한다.
- 세균이나 곰팡이 등이 우리 생활에 미치는 영향이나 생명과학의 이용 사례는 실생활에 많이 반영된 자료들을 중심으로 한다.
- 우리 생활에 생명과학이 이용되는 사례는 관련 도서와 누리망 자료를 활용하고, 발표 자료를 만들고 공유하는 활동은 디지털 소양 교육과 연계하여 지도할 수 있다.

(13) 밤하늘 관찰

[4과13-01] 달의 모양과 표면, 달의 위상변화를 관찰하여 밤하늘 관찰에 흥미를 가질 수 있다.

[4과13-02] 태양계 구성원을 알고, 태양과 행성을 조사할 수 있다.

[4과13-03] 별의 정의를 알고, 북극성 주변의 별자리를 관찰할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 여러 날 동안 보이는 달의 모양 관찰하기
- 태양계 행성 모형 만들기

(가) 성취기준 해설

- [4과13-01] 달의 위상변화 원인을 다루지 않고, 달의 모양이 주기적으로 바뀌는 현상을 관찰하여 확인하는 데 초점을 둔다.
- [4과13-02] 태양계를 구성하는 행성들의 표면적인 특징 위주로 조사하고, 태양과 행성의 실제 크기나 태양에서 행성까지의 실제 거리, 행성의 질량, 자전 속도, 대기 성분 등과 같은 구체적인 물리량은 다루지 않는다.
- [4과13-03] 별의 정의는 행성과 비교하여 스스로 빛을 내는 천체라는 수준에서만 다룬다. 별자리는 학생들이 쉽게 관찰할 수 있는 북극성 주변의 별자리를 다루며, 계절별 별자리와 관련짓지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘지구의 운동’, ‘계절의 변화’, 중학교 1~3학년군 ‘태양계’, ‘별과 우주’와 연계된다.
- 여러 날 동안 달의 모양 변화 등은 관찰 시기와 방법을 안내한 후 관찰하도록 한다.
- 모형이나 시청각 자료, 천체 관측 프로그램 등을 이용하여 천체에 대한 호기심을 유도하고 공간적 이해를 도울 수 있다.
- 야간에 달, 행성, 별 등을 관찰할 경우 안전 사항을 준수하도록 한다.

(14) 생물과 환경

[4과14-01] 생태계의 구성 요소를 조사하여 생물 요소와 비생물 요소로 분류할 수 있다.

[4과14-02] 생물 요소들의 먹고 먹히는 관계를 조사하여 먹이그물로 표현할 수 있다.

[4과14-03] 인간 활동이 생태계에 미치는 영향을 조사하고, 생태계 보전을 위해 우리가 할 수 있는 일을 토의하여 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 양분을 얻는 방법에 따라 생물 요소 분류하기
- 먹이 관계 모형 만들기

(가) 성취기준 해설

- [4과14-01] 숲, 바다, 강 등 다양한 생태계를 다루고, 각 생태계에서 생물 요소와 비생물 요소를 분류할 수 있게 한다.
- [4과14-02] 생태계에서 다양한 먹이 관계를 알아보고 먹이 관계가 복잡할수록 생물이 생존하는 데 유리함을 이해하게 한다.
- [4과14-03] 대기오염, 수질오염, 토양오염 등의 환경오염에 관한 사례를 중심으로 다루고, 생태계 보전을 위해 우리가 해야 할 일을 조사하여 실천함으로써 생태계 보전에 대한 의식을 가지게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘동물의 생활’, ‘식물의 생활’, ‘생물의 한살이’, ‘다양한 생물과 우리 생활’과 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’과 연계된다.
- 먹이사슬 놀이, 먹이그물 모형 만들기 등과 같은 모의 활동을 통하여 생태계의 구성 요소들이 상호 관련되어 있음을 인식하게 한다.
- 생태전환교육과 연계하여 생태계 보전 또는 복원을 위한 활동을 학생 스스로 계획하고 실천함으로써 생태계 보전과 관련한 문제해결력을 기르도록 지도할 수 있다.

(15) 여러 가지 기체

[4과15-01] 실험을 통해 기체가 무게가 있음을 설명할 수 있다.

[4과15-02] 온도나 압력에 따라 기체의 부피가 달라지는 현상을 관찰하고, 우리 주변에서 예를 찾을 수 있다.

[4과15-03] 일상생활에서 이용되는 기체의 종류와 성질을 조사하고, 여러 가지 기체에 대해 흥미를 느낄 수 있다.

[4과15-04] 기체의 성질을 이용하여 작동시킬 수 있는 장치를 설계하고 만들 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 공기를 넣거나 뺄 때의 무게 변화 관찰하기
- 온도나 압력에 따른 기체의 부피 변화 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [4과15-01] 부피가 같은 용기에 공기를 1기압으로 담은 상태와 이 상태에서 공기를 넣거나 뺄 상태의 무게를 비교하는 실험을 바탕으로 기체가 무게가 있음을 설명한다.
- [4과15-02] 온도를 높일 때와 낮출 때 공기의 부피 변화, 압력을 높일 때와 낮출 때 공기의 부피 변화를 관찰하도록 한다. 온도나 압력에 따라 기체의 부피가 어떻게 변하는지를 정성적으로 이해하도록 하고, 입자 모형으로 기체의 부피가 변하는 까닭은 설명하지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘물체와 물질’, 중학교 1~3학년군 ‘기체의 성질’과 연계된다.
- 질소, 산소, 이산화 탄소 등 여러 가지 기체의 성질과 일상생활 속 이용 사례를 조사하여 발표하도록 지도한다.
- 장치를 작동시키는 기체로는 공기를 사용하고, 장치를 평가할 때는 기체의 어떤 성질을 이용했는지에 중점을 둔다.

(16) 기후변화와 우리 생활

[4과16-01] 기후변화 현상의 예를 알고, 기후변화가 인간의 활동과 관련되어 있음을 토의할 수 있다.

[4과16-02] 기후변화의 심각성에 관심을 가지고, 기후변화가 우리 생활과 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.

[4과16-03] 기후변화 대응 방법을 조사하고, 생활 속에서 기후변화 대응 방법을 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 해수면 상승으로 인한 피해 모형실험하기

(가) 성취기준 해설

- [4과16-01] 기후변화의 과학적 원인은 다루지 않으며 기온, 강수량 등 기후요소가 평년값에 비해 현저히 높거나 낮은 사례(가뭄, 폭설, 폭염, 한파, 홍수 등)를 탐구하도록 한다.
- [4과16-02] 인간의 삶에 부정적인 영향을 미치는 기후변화 현상의 사례를 모형이나 실험 활동을 통해 알아보고, 이에 기반하여 기후변화로 인한 인간의 피해를 예측하고 설명할 수 있도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘날씨와 우리 생활’, 중학교 1~3학년군 ‘날씨와 기후변화’, ‘재해·재난과 안전’과 연계된다.
- 기후라는 용어를 설명하는 데 중점을 두기보다는 기후변화의 사례를 주로 다룬다.
- 기후변화에 대응하는 방법은 기후변화로 인한 자연환경의 변화를 인간이 완화하는 방안, 혹은 변화에 적응하는 방안으로 생각해볼 수 있으나, 이를 구분하여 지도하지 않도록 한다.
- 기후변화가 우리 생활과 환경에 끼치는 영향을 학습하면서 지나친 불안감이나 무기력함을 느끼기보다는 기후위기를 해결하기 위한 진취적인 실천 의지를 다지도록 한다.

[초등학교 5~6학년]

(1) 지층과 화석

- [6과01-01] 지층의 특징을 알고, 지층의 형성 과정을 모형으로 표현할 수 있다.
 [6과01-02] 지층이 퇴적암으로 이루어짐을 알고, 퇴적암을 알갱이의 크기에 따라 분류할 수 있다.
 [6과01-03] 화석의 생성 과정을 모형으로 설명하고, 지구의 과거 생물과 환경을 추리하는 활동을 통해 화석의 가치를 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 이암, 사암, 역암 관찰하기
- 화석을 관찰하고 화석 모형 만들기

(가) 성취기준 해설

- [6과01-01] 지층의 두께나 색 등을 다루고, 지층이 휘어지거나 끊어진 모습을 소개하되 생성 원리는 다루지 않는다.
- [6과01-02] 퇴적암은 이암, 사암, 역암만 다룬다.
- [6과01-03] 화석 표본은 동물과 식물의 특징이 분명하게 드러나는 것을 사용한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘땅의 변화’, 중학교 1~3학년군 ‘지권의 변화’와 연계된다.
- 여러 가지 지층, 퇴적암, 화석 등을 관찰하여 그 특징을 찾아 생성 과정을 추리하는 활동이 필요하다. 이때, 학생들이 직접 조사한 자료를 활용할 수 있다. 학생들이 박물관에서 찍은 사진이나 여행지에서 찍은 사진을 이용하여 관련 특징을 설명하면 학습 효과를 높일 수 있을 것이다.
- 디지털 소양 교육과 관련하여 실감형 자료를 활용한 화석 관찰도 가능하다.

(2) 빛의 성질

- [6과02-01] 물체를 보기 위해서 빛이 있어야 함을 알고, 빛의 성질에 대해 흥미를 느낄 수 있다.
 [6과02-02] 빛이 나아가는 현상을 관찰하여 빛이 직진, 반사, 굴절하는 성질이 있음을 말할 수 있다.
 [6과02-03] 거울과 렌즈의 쓰임새를 조사하고 거울이나 렌즈를 이용한 장치를 창의적으로 만들 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 어둠상자 속의 물체 관찰하기
- 평면거울에서 빛의 반사 실험하기
- 렌즈를 이용하여 빛의 굴절 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [6과02-02] 빛이 직진, 반사, 굴절하는 성질은 햇빛이나 레이저 광선의 진행으로 나타나는 현상을 관찰하여 알 수 있도록 하되, 반사와 굴절의 법칙은 다루지 않는다. 또, 볼록렌즈와 물체 사이의 거리, 볼록렌즈와 눈 사이의 거리에 따른 물체의 모습 차이는 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘빛과 파동’과 연계된다.
- 물체를 보기 위해서는 빛이 필요하며 빛이 없을 때 불편한 점을 과학 글쓰기, 그림 그리기, 역할 놀이 등의 다양한 활동으로 융합하여 전개할 수 있다.
- 빛의 직진, 반사, 굴절 현상을 관찰할 때 컴퓨터 시뮬레이션, 가상 현실, 증강 현실 등을 이용하여 관찰을 보조할 수 있다.

(3) 용해와 용액

[6과03-01] 용해 현상의 의미를 알고, 용질의 종류와 물의 온도에 따라 물에 녹는 용질의 양이 달라짐을 비교할 수 있다.

[6과03-02] 용질이나 용매의 양에 따라 용액의 진하기가 달라짐을 관찰하고, 용액의 상대적인 진하기를 비교할 수 있다.

[6과03-03] 일상생활에서 용액이 쓰이는 사례를 조사하여 용액의 필요성을 알리는 자료를 만들고 공유할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 용해 전과 후의 무게 측정하기
- 물에 녹는 용질의 양에 영향을 미치는 요인 탐구하기
- 진하기가 다른 용액에서 물체의 뜨는 정도 비교하기

(가) 성취기준 해설

- [6과03-01] 용질, 용매, 용액, 용해의 개념을 다루되, 입자 모형으로 용해 현상을 설명하거나 용해 현상이 일어나는 과학적 이유나 원리를 설명하지 않는다. 용해 전과 후의 무게를 비교하여 용해 과정에서 물질이 사라지지 않음을 이해하도록 한다.
- [6과03-02] 진하기가 다른 두 용액에서 같은 물체의 뜨는 정도가 다름을 이용하여 용액의 상대적인 진하기를 비교하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군의 ‘혼합물의 분리’, ‘산과 염기’, 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 특성’과 연계된다.
- 일상생활에서 용액의 사용 사례를 조사하여 우리 주변에서 용액의 중요성과 필요성을 이해할

수 있도록 한다. 디지털 소양 교육과 연계하여 포스터, 동영상 등 다양한 형태로 디지털 자료를 제작하여 누리망이나 사회 관계망 서비스 등에서 공유하도록 한다.

(4) 우리 몸의 구조와 기능

- [6과04-01] 뼈와 근육의 생김새를 관찰하고 모형을 만들어 몸이 움직이는 원리를 설명할 수 있다.
 [6과04-02] 소화, 순환, 호흡, 배설 기관의 구조와 기능을 알아보고, 우리 몸의 여러 기관이 서로 관련되어 있음을 설명할 수 있다.
 [6과04-03] 우리 몸의 여러 기관과 관련된 질병을 조사하고, 건강을 유지하기 위한 생활 방식을 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 운동할 때 몸에서 일어나는 변화 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [6과04-01] 중학교와 고등학교 과정에서는 뼈와 근육에 대해서 학습하지 않으므로, 뼈와 근육의 구조와 기능을 기초적으로 이해하는 데 중점을 둔다.
- [6과04-02] 우리 몸의 각 기관은 종류, 위치, 생김새, 기능을 중심으로 탐구한다.
- [6과04-03] 질병은 소화, 순환, 호흡, 배설 기관과 관련된 것으로 조사하고 건강을 유지하기 위한 생활 방식은 각 질병의 예방법을 중심으로 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘동물의 생활’, ‘생물의 한살이’와 중학교 1~3학년군 ‘동물과 에너지’와 연계된다.
- 우리 몸의 각 기관의 위치와 생김새는 그림과 모형 등을 통해 관찰하게 하고, 각 기관의 기능은 기관계의 역할을 위주로 이해하게 한다.
- 일상생활에서 우리 몸의 각 기관에 발생하는 질병과 예방법을 책이나 발표 자료 등의 다양한 형태로 만들어 공유함으로써 학생들의 건강을 유지하기 위한 실천 의지를 다진다. 또한, 발표 자료를 만들거나 공유하는 활동은 디지털 소양 교육과 연계하여 지도할 수 있다.

(5) 혼합물의 분리

- [6과05-01] 알갱이의 크기가 다른 고체 혼합물과 골고루 섞이지 않는 액체 혼합물을 분리할 수 있다.
 [6과05-02] 물에 용해되는 성질을 이용하여 고체 혼합물을 분리하고, 물을 증발시켜 물에 용해된 고체 물질을 분리할 수 있다.
 [6과05-03] 지속가능한 삶을 위한 과학기술 사례 중 혼합물의 분리를 이용한 장치를 조사하여 공유할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 모래와 자갈의 혼합물 분리하기
- 물과 기름의 혼합물 분리하기
- 소금과 모래의 혼합물 분리하기

(가) 성취기준 해설

- [6과05-01] 혼합물의 의미를 학습한 뒤 혼합물의 분리 실험을 진행하도록 한다. 혼합물은 두 가지 이상의 물질이 성질이 변하지 않고 섞여 있는 상태라는 수준에서 다룬다. 골고루 섞이지 않는 액체 혼합물 분리에서 액체가 골고루 섞이지 않는 까닭은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군의 ‘물체와 물질’, 5~6학년군의 ‘용해와 용액’, 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 특성’과 연계된다.
- 대부분 물질은 혼합물 상태이기 때문에 필요한 물질을 얻기 위해서는 혼합물을 분리할 필요가 있음을 이해하도록 지도한다.
- 혼합물의 분리 실험을 할 때는 우리 주변에서 쉽게 구할 수 있는 물질을 사용하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 과학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.
- 유리 기구를 사용하거나 거름 장치와 증발 장치로 실험할 때는 실험 전에 학생들에게 주의할 점과 안전사고 대처 방법을 지도한다.
- 생태전환교육과 연계하여 오염된 물을 정화할 수 있는 장치 등과 같이 경제적, 사회적, 지역적 상황을 고려하여 개발된 과학기술 사례를 중심으로 조사하도록 한다. 디지털 소양 교육과 연계하여 조사 결과를 누리망이나 사회 관계망 서비스 등에서 공유하도록 한다.

(6) 날씨와 우리 생활

[6과06-01] 기상 요소를 조사하고, 날씨가 우리 생활에 주는 영향을 인식할 수 있다.

[6과06-02] 이슬, 안개, 구름을 관찰하고, 공통점과 차이점을 찾을 수 있다.

[6과06-03] 고기압과 저기압의 분포에 따른 날씨의 특징을 기상 요소로 표현할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 이슬, 안개 발생 실험하기
- 바람 발생에 대한 모형실험하기

(가) 성취기준 해설

- [6과06-01] 기상 요소는 기온, 바람, 습도, 구름의 양, 강수량을 중심으로 다루고, 기상 자료에서 규칙성을 파악하도록 한다.
- [6과06-02] 구름에서 비와 눈이 내리는 과정을 다루지 않고 현상을 중심으로 다루며, 단열 팽창과 관련된 구름의 생성 과정은 다루지 않는다.
- [6과06-03] 고기압과 저기압의 날씨와 고기압에서 저기압으로 부는 바람의 방향을 이해하는 수준에서 현상 중심으로 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘지구와 바다’, 중학교 1~3학년군 ‘날씨와 기후변화’, ‘수권과 해수의 순환’과 연계된다.
- 날씨는 학생들이 매일 접하는 자연 현상으로, 관찰과 실험을 중심으로 한 탐구 활동의 좋은 소재가 된다. 따라서 관찰과 실험을 중심으로 여러 가지 기상 요소의 특징을 이해하고, 우리 생활과 관련짓도록 한다.
- 이슬, 안개 발생 실험 과정에서 응결 현상을 중심으로 설명하고, 단열 팽창 실험 기구를 활용하지 않는다.
- 바람 발생에 대한 모형실험은 해륙풍 모형으로 제시하며, 가열에 따른 육지와 바다의 온도 차이에 의해 고기압에서 저기압으로 바람이 부는 것으로 설명한다.

(7) 열과 우리 생활

- [6과07-01] 물체의 따뜻하고 차가운 정도를 온도로 표현함을 알고, 온도계를 이용하여 온도를 측정할 수 있다.
- [6과07-02] 온도가 다른 두 물체가 접촉했을 때 두 물체의 온도 변화를 관찰하고 그 원인을 추리할 수 있다.
- [6과07-03] 주위에서 열의 이동으로 나타나는 현상을 관찰하여 열의 이동 방식이 다양함을 설명할 수 있다.
- [6과07-04] 일상생활에서 단열을 이용하는 사례를 조사하고, 온도를 오랫동안 일정하게 유지할 수 있는 장치를 창의적으로 만들 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 온도가 다른 두 물체가 접촉할 때 두 물체의 온도 변화 측정하기
- 열이 이동하는 여러 방식의 특징 비교하기

(가) 성취기준 해설

- [6과07-02] 온도가 다른 두 물체를 접촉하는 탐구에서는 두 물체의 온도 변화를 측정하는 데 중점을 두고, 물체의 온도가 변하는 원인이 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체로 열이 이동하기 때문이라는 사실을 추리하도록 한다. 단, 열평형이라는 용어는 사용하지 않는다.
- [6과07-03] 전도, 대류, 복사는 고체, 액체, 기체에서의 열의 이동과, 빛에 의한 열 이동 현상을 관찰하는 데 중점을 두고 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘물의 상태 변화’, 5~6학년군 ‘날씨와 우리 생활’, 중학교 1~3학년군 ‘열’과 연계된다.
- 일상생활의 열과 관련된 현상을 과학 글쓰기, 그림 그리기, 역할 놀이, 장치 만들기 등의 다양한 활동으로 융합하여 다룰 수 있다.
- 뜨거운 물질이나 물체 등을 다룰 때 화상, 화재 등의 안전사고에 유의한다.

(8) 자원과 에너지

- [6과08-01] 우리가 생활에서 이용하는 다양한 자원을 조사하고, 자원의 유한함을 설명할 수 있다.
 [6과08-02] 재생에너지의 종류를 조사하고, 에너지를 지속가능하게 이용하는 방법에 관심을 갖는다.
 [6과08-03] 자원과 에너지의 효율적인 이용 방법에 대해 탐색하고, 생활 속에서 실천할 수 있는 다양한 사례를 공유할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 효율적으로 에너지를 이용하는 집 모형의 효과 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [6과08-02] 재생에너지는 태양 에너지, 풍력, 수력, 해양 에너지, 지열 에너지, 바이오 에너지 등을 의미한다.
- [6과08-03] 효율적인 자원의 이용 방법에서 물 자원과 산림 자원, 광물 자원을 종합적으로 다루며, 학생들이 배운 내용을 바탕으로 생활 속에서 자원의 소중함을 느끼고, 효율적인 이용 방법을 공유하고 실천할 수 있도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘식물과 에너지’, ‘동물과 에너지’, ‘전기와 자기’, ‘운동과 에너지’와 연계된다.
- 재활용된 자원이 순환 과정을 거치는 사례가 있으나, 이러한 사례로 인해 자원이 무한한 것이라는 인식을 갖지 않도록 유의한다.
- 일상생활에서 이용하는 에너지를 알아보고, 지속가능한 에너지 이용이 필요한 까닭을 알 수 있도록 한다.

(9) 산과 염기

- [6과09-01] 여러 가지 용액에 지시약을 넣었을 때의 변화를 관찰하여 용액을 산성 용액과 염기성 용액으로 분류할 수 있다.
 [6과09-02] 산성 용액과 염기성 용액의 성질을 관찰하고, 산성 용액과 염기성 용액을 섞을 때 용액의 성질 변화를 실험을 통해 추론할 수 있다.
 [6과09-03] 우리 주변에서 산성 용액과 염기성 용액을 이용하는 예를 찾아서 설명할 수 있다.
 [6과09-04] 산성화로 인한 환경의 피해 사례를 소개하는 자료를 만들고 공유할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 지시약을 이용하여 용액 분류하기
- 묽은 염산과 묽은 수산화 나트륨 용액을 섞을 때 용액의 색깔 변화 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [6과09-01] 리트머스 시험지, 페놀프탈레인 용액, 붉은 양배추 용액 등과 같은 지시약의 색깔 변화를 이용하여 여러 가지 용액을 산성 용액과 염기성 용액으로 분류하도록 한다.
- [6과09-02] 산성 용액은 탄산 칼슘과 반응하고 염기성 용액은 단백질을 응고시키는 성질을 중심으로 다룬다. 산성 용액과 염기성 용액을 섞을 때 용액의 성질 변화에서 지시약이 들어 있는 용액의 색깔이 변하는 현상을 관찰하는 수준에서만 다루고 중성, pH, 중화 개념은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘물체와 물질’, 5~6학년군 ‘물질의 연소’, 중학교 1~3학년군 ‘화학 반응의 규칙성’과 연계된다.
- 겉보기 성질이 비슷한 여러 가지 용액의 분류 활동 결과를 바탕으로, 용액을 분류하는 새로운 기준이 필요함을 인식하도록 한다.
- 산성 용액이나 염기성 용액을 사용할 때는 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 과학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.
- 생태전환교육과 연계하여 산성비, 해양 산성화, 토양 산성화 등 산성화로 인한 생태계의 피해 사례 및 관련 자료를 수집하여 분석하도록 한다. 디지털 소양 교육과 연계하여 환경 파괴의 원인, 현황, 전망, 대책 등을 포함한 조사 결과를 누리망이나 사회 관제망 서비스 등에서 공유하도록 한다.

(10) 물체의 운동

[6과10-01] 운동하는 물체는 시간에 따라 위치가 변화함을 알고 그 변화를 표현할 수 있다.

[6과10-02] 물체의 이동 거리와 걸린 시간을 측정하여 속력을 구하고 빠르기를 비교할 수 있다.

[6과10-03] 속력과 관련된 안전 수칙과 안전장치를 조사한 결과를 공유하고 일상생활에서 교통안전을 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 운동하는 물체의 공통된 특징 탐구하기
- 같은 시간 동안에 물체가 이동한 거리 비교하기

(가) 성취기준 해설

- [6과10-01] 시간에 따라 위치가 변하는 다양한 운동을 다루면서 처음 위치와 나중 위치를 간단한 좌표 평면 위에 표현하되 두 위치 사이의 거리는 구하지 않는다.
- [6과10-02] 물체의 속력을 구할 때 물체가 한 길을 따라 한 방향으로 운동하는 경우만 다

루며, 속력의 단위 변환에 중점을 두지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘힘과 우리 생활’, 중학교 1~3학년군 ‘운동과 에너지’와 연계된다.
- 속력의 산술적 계산 능력보다는 속력의 의미를 이해하고 물체의 빠르기를 정량적으로 표현하여 소통할 수 있는 과학적인 의사소통 능력 평가에 중점을 둔다.
- 물체의 속력을 측정하고 계산할 때 디지털 탐구 도구나 계산기 등을 활용할 수 있다.
- 속력과 관련된 안전 수칙과 안전장치를 조사한 결과를 발표하거나 사회 관계망 서비스 등을 통해 공유하고, 교통안전의 실천은 실천적 습관 형성에 주안점을 둔다.

(11) 식물의 구조와 기능

[6과11-01] 생물을 이루고 있는 기본 단위인 세포를 현미경으로 관찰할 수 있다.

[6과11-02] 식물의 각 기관의 구조를 관찰하고, 기능을 알아보는 실험을 수행하여 식물 각 기관의 구조와 기능을 설명할 수 있다.

[6과11-03] 여러 가지 식물의 특징을 설명하는 자료를 만들어 공유할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 줄기에서 물의 이동 실험하기
- 광합성 산물 확인 실험하기
- 증산 작용 확인 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [6과11-01] 세포 관찰은 식물 세포로 하고, 세포의 구조는 핵, 세포막, 세포벽을 용어 수준에서 다룬다.
- [6과11-02] 식물의 기관에서 물과 양분의 이동을 탐구하면서 식물의 기관이 서로 연결되어 있음을 다룬다.
- [6과11-03] 학생들이 관심 있는 식물의 구조와 기능을 관찰하거나 조사하고 이를 설명하는 자료를 만들어 발표하고 공유하게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘식물의 생활’, ‘생물의 한살이’, 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’, ‘식물과 에너지’와 연계된다.
- 식물 세포 현미경 표본을 만들어 직접 관찰하되 학교 사정에 따라 이미 만들어진 현미경 표본을 이용하여 관찰할 수도 있다.
- 식물의 구조와 기능을 설명하는 자료를 만들어 공유하는 활동은 디지털 소양 교육과 연계하

여 지도할 수 있다.

- 초등학교 3~4학년군 ‘식물의 생활’과 ‘생물의 한살이’에서는 식물들의 특징을 관찰하고 비교하는 데 중점을 두지만, ‘식물의 구조와 기능’에서는 식물 각 기관의 구조와 기능에 중점을 두는 만큼 실험을 통해 탐구하도록 한다.

(12) 지구의 운동

[6과12-01] 하루 동안 태양과 별을 관찰하여 위치 변화의 규칙성을 찾을 수 있다.

[6과12-02] 지구의 자전을 알고, 낮과 밤이 생기는 이유를 설명할 수 있다.

[6과12-03] 지구의 공전을 알고, 계절에 따라 달라지는 별자리를 관찰할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 낮과 밤이 생기는 이유 모형실험하기
- 천체 관측 프로그램을 이용하여 계절별 대표적인 별자리 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [6과12-01] 남쪽 하늘을 바라보는 관측자 관점에서 태양과 별의 위치가 달라지는 현상을 중심으로 다룬다.
- [6과12-02] 지구의 자전에서는 지구가 자전축이 기울어진 채 하루에 한 바퀴 도는 것을 중심으로 다룬다.
- [6과12-03] 별자리 명칭보다는 계절에 따라 보이는 별자리와 별자리의 위치가 달라지는 까닭을 이해하는 데 초점을 둔다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘밤하늘 관찰’, 5~6학년군 ‘계절의 변화’, 중학교 1~3학년군 ‘태양계’, ‘별과 우주’와 연계된다.
- 관찰과 실험을 중심으로 지구의 운동과 관련된 개념을 이해하고 지구의 자전과 공전에 의하여 일어나는 현상을 지구의 관측자 중심으로 탐구할 수 있는 활동이 필요하다.
- 탐구 활동을 하기 전, 교실이나 운동장 등의 공간에서 관측자가 남쪽을 바라볼 때를 기준으로 방위를 설정할 필요가 있다.
- 디지털 소양 교육 관련하여, 계절별 대표적인 별자리는 남쪽 하늘의 별자리를 중심으로 천체 관측 프로그램이나 실감형 자료를 활용하여 조사할 수 있다.

(13) 계절의 변화

[6과13-01] 태양 고도 측정기로 하루 동안 태양 고도, 그림자 길이, 기온을 측정하여 이들의 관계를 찾을 수 있다.

[6과13-02] 계절에 따른 태양의 남중 고도와 낮의 길이 사이의 관계를 자료에 근거하여 추론할 수 있다.

[6과13-03] 계절 변화의 원인을 지구의 자전축이 기울어진 채 공전하는 것으로 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 태양 고도 측정기 만들기
- 디지털 자료를 활용하여 계절별 태양의 남중 고도, 낮의 길이 관계 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [6과13-03] 지구 자전축이 기울어진 채 공전하기 때문에 계절에 따라 태양의 남중 고도가 달라져 지표가 받는 태양 에너지의 차이로 계절의 변화가 생김을 이해하게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘밤하늘 관찰’, 5~6학년군 ‘지구의 운동’과 중학교 1~3학년군 ‘태양계’, ‘별과 우주’와 연계된다.
- 태양 고도 측정기 만들기 활동에서는 단순히 그림자의 길이를 이용하는 장치, 정확한 태양 고도값을 측정하는 장치 등 다양한 태양 고도 측정 장치를 설계하고 만들 수 있다. 또한, 하루 동안 태양 고도와 그림자 길이를 직접 측정하여, 표와 그래프로 나타내는 활동이 필요하다.
- 디지털 소양 교육과 관련하여, 누리집을 활용하여 계절에 따른 태양의 남중 고도와 낮의 길이 자료를 수집하고 해석할 수 있다.

(14) 물질의 연소

[6과14-01] 물질의 성질이 달라지는 변화와 달라지지 않는 변화를 관찰하여 비교할 수 있다.
 [6과14-02] 물질이 연소할 때 나타나는 공통적인 현상을 관찰하고, 연소의 조건을 찾을 수 있다.
 [6과14-03] 연소 전과 후의 물질을 비교하여 연소 과정에서 물질의 성질이 달라짐을 설명할 수 있다.
 [6과14-04] 연소 과정에서 생성되는 물질로 인한 생태계의 피해 사례를 수집하고 분석하여 해결책을 제안하고 공유할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 서로 다른 물질을 섞었을 때 물질의 성질 변화 관찰하기
- 양초와 알코올이 탈 때 나타나는 공통적인 현상 관찰하기
- 연소 후 생성되는 물질 확인하는 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [6과14-01] 서로 다른 물질을 섞었을 때 물질의 성질이 달라지는 변화를 활용한 재미있고 간단한 실험을 실시한다. 물질을 섞은 후 물질의 성질이 달라지는 까닭은 다루지 않으며, 물리 변화나 화학 변화 용어를 도입하지 않는다.
- [6과14-02] 양초, 알코올, 나무 등과 같은 물질의 연소를 중심으로 다룬다.
- [6과14-03] 물이나 이산화 탄소와 같은 연소 생성물은 염화 코발트 종이나 석회수 등을 이용한 실험으로 확인하고, 그을음은 연소 생성물로 다루지 않는다.
- [6과14-04] 생태계의 피해 사례는 연소 생성물 중 이산화 탄소에 의한 피해 사례를 중심으로 조사한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘물체와 물질’, ‘여러 가지 기체’, 5~6학년군 ‘산과 염기’, 중학교 1~3학년군 ‘화학 반응의 규칙성’과 연계된다.
- 연소 과정에 필요한 물질이나 연소 후 생성되는 물질을 지도할 때 초등학교 3~4학년군 ‘여러 가지 기체’에서 학습한 산소나 이산화 탄소의 성질을 상기시킨다.
- 실험할 때는 학생들이 적절한 안전 장구를 착용하도록 하고, 실험 전에 학생들에게 주의할 점과 안전사고 대처 방법을 지도한다.
- 생태전환교육과 연계하여 연소 생성물 중 이산화 탄소에 의한 생태계의 피해 사례를 수집하여 분석하도록 한다. 디지털 소양 교육과 연계하여 피해의 원인, 현황, 전망 등을 바탕으로 실천 가능한 해결책이나 행동 방식을 제안하고, 누리망이나 사회 관계망 서비스 등에서 공유하도록 한다.

(15) 전기의 이용

[6과15-01] 전지와 전구, 전선을 연결하여 전구에 불을 켜보고, 불이 켜지는 전기 회로의 특징을 말할 수 있다.

[6과15-02] 전지 한 개를 연결한 전기 회로와 전지 두 개를 직렬연결한 전기 회로의 특징을 비교할 수 있다.

[6과15-03] 전자석을 만들어 전자석의 성질을 탐색하고 전자석이 사용되는 예를 조사할 수 있다.

[6과15-04] 전기를 효율적이고 안전하게 사용하는 방법을 조사하여 실천 계획을 세우고 일상생활에서 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 전구에 불이 켜지는 전기 회로와 불이 켜지지 않는 전기 회로 비교하기
- 전지 한 개를 연결한 전기 회로와 전지 두 개를 직렬연결한 전기 회로에서 전구의 밝기 비교하기
- 전자석의 성질을 영구 자석과 비교하여 탐색하기

(가) 성취기준 해설

- [6과15-02] 전구의 직렬연결과 병렬연결은 다루지 않고, 전지의 연결은 직렬연결만 다룬다.
- [6과15-03] 전자석은 전지를 이용하여 제작하고, 전지의 수에 따라 전자석의 세기가 달라지는 현상, 전지의 연결 방향에 따라 전자석의 극이 달라지는 현상을 관찰하여 영구 자석과의 차이를 비교하도록 하되, 전류에 의한 자기장 개념은 도입하지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 '자석의 이용', 중학교 1~3학년군 '전기와 자기'와 연계된다.
- 탐구 활동 등의 학습 과정에서 전기 안전에 유의하도록 한다.
- 전지와 전구, 전선을 연결하여 전구에 불이 켜지는 전기 회로를 구성하여 도체와 부도체를 구별하는 활동을 진행할 수 있다.
- 전지 한 개를 연결한 회로와 전지 두 개를 직렬연결한 회로의 특징을 비교하기 위해 발광다이오드, 전동기, 버저 등의 다양한 전기 부품을 이용할 수 있다.
- 전구 등의 전기 부품은 전지의 연결을 고려하여 알맞은 규격을 사용한다.
- 전기를 효율적이고 안전하게 사용하는 방법에 대한 학습을 생활 규칙 만들기, 과학 글쓰기, 그림 그리기, 역할 놀이 등의 다양한 활동으로 융합하여 전개할 수 있다.

(16) 과학과 나의 진로

[6과16-01] 미래 사회에 일어날 수 있는 문제를 조사하고, 문제를 해결하는 데 과학이 기여할 수 있는 방법을 토의할 수 있다.

[6과16-02] 다양한 진로가 과학과 관련됨을 알고, 자신의 진로를 과학과 관련지어 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 우리의 진로에 영향을 미치는 과학적 요소 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [6과16-01] 단순한 상상이 아니라 현재의 다양한 정보를 기반으로 미래 사회의 문제를 예상해보도록 한다.
- [6과16-02] 과학자와 관련된 직업을 다루는 것이 아니라 학생이 희망하는 다양한 직업을 기준으로 하여 해당 직업과 관련된 과학적 요소를 찾도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘과학과 나의 미래’와 연계된다.
- 인구 문제, 환경 문제 등 미래 사회에 일어날 수 있는 문제의 해결과 관련하여 과학의 유용성을 다룰 때는 과학이 모든 문제를 해결할 수는 없다는 것도 함께 지도한다.
- 과학기술의 발달이 가지고 올 미래 사회의 모습에 맞춰 새로운 진로의 탐색이나 미래의 나를 위한 준비의 필요성을 느낄 수 있도록 지도한다.

[중학교 1~3학년]

(1) 과학과 인류의 지속가능한 삶

[9과01-01] 과학적 탐구 방법을 이해하고, 일상생활의 문제에 대한 과학적 해결 방안을 제안할 수 있다.

[9과01-02] 과학의 발전이 인류 문명에 미친 영향을 이해하고, 인공지능 등 첨단 과학기술이 가져올 미래 사회의 변화를 조사하여 발표할 수 있다.

[9과01-03] 인류의 지속가능한 삶을 위한 과학기술의 중요성과 역할에 대해 토의하고, 개인과 사회 차원의 활동 방안을 찾아 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 주변에서 탐구할 문제를 발견하고 탐구 계획서 작성하기

(가) 성취기준 해설

- [9과01-01] 간단한 탐구 실험을 제시하여 탐구 절차 및 방법을 익히도록 하며, 학생이 스스로 발견한 문제를 일정 기간 동안 지속적으로 탐구하여 해결해 보는 기회를 제공할 수 있다.
- [9과01-02] 과학적 탐구 방법을 통해 얻은 과학 지식과 방법이 인류 문명과 문화 발달에 미친 영향을 중심으로 학습하고, 원리보다는 활용 측면에서 첨단 과학기술 사례를 함께 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘기후변화와 우리 생활’, 5~6학년군 ‘자원과 에너지’와 연계된다.
- 인류 문명 발달 과정에서 과학적 원리 발견, 기술 발달, 기기 발명에 관한 자료를 수집하고 토의하도록 지도할 수 있다. 과학 개념과 원리가 기술, 공학, 예술, 수학 등 과학 외의 교과와 관련 있음을 사례를 통해 이해하도록 한다.
- 조사와 토의·토론 등의 교수·학습 방법을 활용하여 첨단 과학기술 사례를 찾고, 이 과정에서 과학이 사회에 미치는 영향을 알게 한다. 조사한 자료를 바탕으로 미래 생활의 모습을 예측하도록 하고, 이를 글이나 그림으로 표현하도록 하여 관련 내용을 평가할 수 있다.
- 인류가 직면한 에너지나 환경 문제와 같은 과학 관련 쟁점을 알고 이에 대한 자신의 의견을 과학적으로 제시하게 한다.

(2) 생물의 구성과 다양성

[9과02-01] 세포는 생명 활동이 일어나는 기본 단위임을 이해하고, 세포의 구조와 기능의 관계를 추론할 수 있다.

[9과02-02] 생물의 유기적 구성 단계를 이해하고, 동물과 식물을 비교하여 분석할 수 있다.

[9과02-03] 생물다양성을 이해하고, 변이와 생물다양성의 관계를 추론할 수 있다.

[9과02-04] 종의 개념과 분류 체계를 이해하고, 생물을 계 수준에서 분류할 수 있다.

[9과02-05] 생물다양성 보전의 필요성을 이해하고, 생물다양성 유지를 위한 방안을 조사하고 실천할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 세포 관찰하기
- 생물다양성 보전 놀이 활동하기

(가) 성취기준 해설

- [9과02-01] 세포의 구조는 세포벽, 세포막, 핵, 엽록체, 미토콘드리아를, 세포의 특징으로는 생명 활동을 유추할 수 있는 세포(적혈구, 신경세포, 상피세포 등)를 다룬다.
- [9과02-04] 종은 생물학적 종 개념만을, 생물 분류 체계는 5계만을 다루도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘다양한 생물과 우리 생활’, ‘생물과 환경’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘통합과학2’의 변화와 다양성과 연계된다.
- 생물다양성 이해를 위해 우리 학교(마을)의 생물을 관찰하여, 우리 학교(마을) 생태 지도 만들기 및 생물 분류 활동을 할 수 있다.
- 생물다양성 보전 놀이 활동을 통해 생물다양성 보전의 필요성을 이해하도록 하고, 개인적, 사회적 차원에서 이루어질 수 있는 생물다양성 유지 방안을 조사하고 이를 실천하며, 이 과정에서 지속가능성을 고려한 생태전환교육이 이루어질 수 있도록 한다.

(3) 열

- [9과03-01] 온도와 열평형 과정을 물질을 구성하는 입자들의 배치나 움직임 등으로 설명할 수 있다.
 [9과03-02] 열은 전도, 대류, 복사로 전달됨을 알고, 열전달 과정을 모형 등을 사용하여 다양하게 표현할 수 있다.
 [9과03-03] 물질에 따라 비열과 열팽창 정도가 다를 수 있고, 이러한 성질이 일상생활에서 유용하게 활용됨을 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 열화상 카메라를 이용하여 물체에서 열의 전도 비교하기
- 온도 센서를 이용하여 여러 가지 액체의 비열 비교하기

(가) 성취기준 해설

- [9과03-01] 온도가 다른 두 물체가 열평형에 도달하는 과정을 시간-온도 그래프 등을 활용하여 설명할 수 있도록 한다.
- [9과03-02] 열의 이동 방식을 주변 도구나 신체를 이용하여 비유적으로 다양하게 표현하고, 그 차이를 설명할 수 있도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘열과 우리 생활’, 고등학교 ‘역학과 에너지’의 열과 에너지와 연계된다.
- 온도를 측정하거나 열의 전도를 관찰하는 활동에서 온도 센서 등 디지털 탐구 도구를 활용하도록 한다.
- 비열과 열팽창 실험에서 가열 장치로 실험할 때 화상이나 화재 등 안전사고에 유의하도록 안전 교육을 실시하고, 안전장치나 안전 장구가 갖추어진 상태에서 실시하도록 한다.

(4) 물질의 상태 변화

- [9과04-01] 확산 및 증발 현상을 관찰하여 물질을 구성하는 입자가 운동하고 있음을 추론할 수 있다.
 [9과04-02] 물질의 세 가지 상태의 특징을 설명하고, 이를 입자 모형으로 표현할 수 있다.
 [9과04-03] 여러 가지 물질의 상태 변화를 관찰하고, 이를 입자 모형으로 설명할 수 있다.
 [9과04-04] 물질의 상태 변화와 열에너지 출입 관계를 이해하고, 이를 실생활에 적용하여 과학의 유용성을 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 확산 현상 관찰하기
- 물질의 상태 변화 시 질량과 부피 변화 측정하기
- 상태 변화 실험에서 가열 곡선 또는 냉각 곡선 그리기

(가) 성취기준 해설

- [9과04-02] 물질의 상태를 나타내는 입자 모형은 입자 사이의 상대적 거리, 입자 배열의 불규칙한 정도, 입자의 운동성 등을 비교한 내용을 포함한다.
- [9과04-03] 여러 가지 물질의 상태 변화를 관찰하여 용해, 응고, 기화, 액화, 승화를 구분하고, 물질의 상태가 변할 때 부피는 변하고 질량과 물질의 성질은 변하지 않는 이유를 입자 모형으로 설명한다.
- [9과04-04] 물질의 상태 변화 시 온도가 일정한 이유를 상태 변화 과정에서 출입하는 열에너지와 관련지어 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘물의 상태 변화’, 고등학교 ‘물질과 에너지’의 물질의 세 가지 상태와 연계된다.
- 질량은 물질이 가지고 있는 고유한 양임을 설명한다. 질량은 무게를 측정하여 확인하고, 기체의 질량을 저울로 측정할 때는 부력이 측정값에 영향을 줄 수 있음을 유의한다.
- 상태 변화 시 열에너지의 출입으로 입자의 배열과 운동이 달라지는 실험 결과를 입자 모형을 사용하여 설명하도록 한다.
- 녹는점, 끓는점, 어는점의 정확한 개념은 중학교 1~3학년군 ‘물질의 특성’에서 학습하므로 각 상태 변화가 일어나는 온도라는 측면에 주안점을 둔다.

(5) 힘의 작용

[9과05-01] 물체에 작용하는 힘을 화살표를 이용하여 나타내고, 힘의 평형을 이루는 조건을 설명할 수 있다.

[9과05-02] 중력, 탄성력, 마찰력, 부력을 이해하고, 각 힘의 특징을 크기와 방향으로 설명할 수 있다.

[9과05-03] 알짜힘이 0이 아닐 때 물체의 운동 상태가 변함을 알고, 그 예를 조사하여 분류할 수 있다.

[9과05-04] 다양한 사례에서 작용하는 힘과 힘의 평형 관계를 설명하고, 일상생활에서 힘의 특징을 이용한 기구나 장치를 설계할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 용수철의 탄성력 측정하기
- 물속에서 부력 측정하기
- 장난감이나 놀이 기구에서 힘의 작용 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [9과05-01] 힘의 정의를 알고 힘을 크기와 방향으로 나타낼 수 있도록 하며, 나란한 힘의 합력만을 다루도록 한다.
- [9과05-02] 중력을 지도할 때, 질량과 무게를 구별하도록 한다.
- [9과05-03] 물체가 힘을 받았을 때 물체의 운동을 속력이 변하거나 운동 방향이 바뀌거나 두 가지가 모두 변하는 사례로 분류하도록 한다.
- [9과05-04] 바닥에 놓인 물체에 작용하는 힘을 설명할 때, 중력과 함께 바닥이 물체를 떠받치는 힘을 도입한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘힘과 우리 생활’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘물리학’의 힘과 에너지와 연계된다.
- 학생들이 일상적으로 경험하는 힘의 개념을 글, 그림 등 다양한 형태로 표현하도록 하여 과학적인 힘의 개념이 형성되도록 지도한다.
- 힘의 작용에 대한 이해 정도를 평가하기 위해 일상생활에서 물체가 힘을 받았을 때 속력이 변하거나 운동 방향이 바뀌거나 두 가지가 모두 변하는 사례를 조사하고, 포스터 발표, 보고서 작성 등 다양한 형태의 산출물을 제작하도록 할 수 있다.

(6) 기체의 성질

[9과06-01] 압력의 의미를 알고, 기체의 압력을 입자의 운동으로 설명할 수 있다.

[9과06-02] 기체의 압력과 부피 관계를 실험 결과로부터 알아내고, 이를 입자 모형으로 해석할 수 있다.

[9과06-03] 기체의 온도와 부피 관계를 실험 결과로부터 알아내고, 이를 입자 모형으로 해석할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 기체의 압력과 부피 관계와 기체의 온도와 부피 관계를 실험으로 알아보기

(가) 성취기준 해설

- [9과06-01] 압력의 의미는 일상생활에서 경험할 수 있는 예시로 설명하고, 기체의 압력은 일정한 면적에 입자의 충돌로 가해지는 힘의 수준에서 다룬다.
- [9과06-02~03] 기체의 압력과 부피, 기체의 온도와 부피를 측정한 각각의 실험 결과에서 두 변인 간 관계를 찾고 그 이유를 입자 모형으로 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 '여러 가지 기체', 고등학교 '물질과 에너지'의 물질의 세 가지 상태와 연계된다.
- 기체의 압력과 부피, 온도와 부피 관계를 확인할 수 있는 생활 속 현상을 찾아 발표하는 활동을 할 수 있다. 또한, 수식을 활용하여 변인 사이의 양적 관계를 계산하는 정량적 내용은 고등학교 '물질과 에너지'에서 다루므로 입자 모형을 이용한 정성적 설명에 주안점을 둔다.
- 탐구 활동 수행 시, 의사소통과 협업 능력을 키우기 위해 여러 모듈의 데이터를 공유하여 탐구 활동을 수행할 수 있으며, 데이터 공유 시 공유 플랫폼을 활용할 수 있다.
- 데이터를 수집하거나 시각화할 때 다양한 센서와 소프트웨어를 활용하여 디지털 소양을 함양하도록 지도한다.

(7) 태양계

[9과07-01] 태양계를 구성하는 천체의 특징을 알고, 행성을 목성형 행성과 지구형 행성으로 구분할 수 있다.

[9과07-02] 태양의 표면과 대기에서 일어나는 현상을 알고, 태양의 활동이 지구에 미치는 영향을 추론할 수 있다.

[9과07-03] 지구 자전에 의한 천체의 겉보기 운동과 지구 공전에 의한 별자리 변화를 이해하고, 밤하늘 천체에 호기심을 가진다.

[9과07-04] 달을 관측하여 달의 위상변화 원리를 이해하고, 일식과 월식을 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 망원경을 이용하여 달, 행성 관측하기
- 태양계 천체 자료 수집 및 분석하기
- 모형을 이용하여 달의 위상변화 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [9과07-01] 태양계를 구성하는 천체인 태양, 행성, 왜소행성, 소행성, 위성, 혜성을 개괄적으로 학습하며, 자세한 특징은 다루지 않는다.
- [9과07-03] 관측자의 위치(고위도, 저위도, 중위도)에 따른 일주운동은 다루지 않는다. 지구의 자전과 공전을 우주에서 바라보는 관점으로 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘밤하늘 관찰’, 5~6학년군 ‘지구의 운동’, ‘계절의 변화’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘지구과학’의 태양계 천체와 별과 우주의 진화, ‘행성우주과학’의 우주탐사와 행성계와 연계된다.
- 태양, 달, 행성을 천체 망원경으로 관측할 기회를 제공하도록 한다. 지역 천문대나 과학교육원 등을 활용할 수 있다.
- 야간에 별이나 행성 등을 관측할 때 안전 사항을 준수하도록 하고, 특히 태양의 흑점, 일식 등을 관찰할 때는 눈으로 직접 보지 않고 필터 등을 사용하도록 지도한다.
- 태양계 학습 시 디지털 탐구 도구, 최신 관측 자료, 천체 관측 프로그램, 앱 등을 적절하게 활용하도록 한다.
- 일식과 월식은 천체 관측 프로그램이나 모형 등으로 수업을 진행할 수 있으며, 작도 중심의 수업 활동은 지양한다.

(8) 물질의 특성

[9과08-01] 물질의 특성의 의미를 알고, 실험을 통해 밀도, 용해도, 녹는점, 끓는점 등을 설명할 수 있다.

[9과08-02] 물질의 특성을 근거로 우리 주변의 물질을 순물질과 혼합물로 분류할 수 있다.

[9과08-03] 물질의 특성을 이용하여 혼합물이 분리되는 원리를 이해하고, 이를 이용한 사례를 주변에서 찾을 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 혼합물 분리 실험을 설계하고 수행하기

(가) 성취기준 해설

- [9과08-01] 물질의 특성은 특정한 조건에서 항상 일정한 값을 가지며 물질의 양에 따라 달라지지 않는 것으로 물질을 구분하는 중요한 정보가 됨을 이해하고, 그 사례로 밀도, 용해도, 녹는점, 끓는점 등이 있음을 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 '물체와 물질'과 중학교 1~3학년군 '화학 반응의 규칙성'과 연계된다.
- 순물질과 혼합물을 분류하는 활동 시, 순물질과 혼합물을 구별하는 기준에 대해 토의하고, 이 기준에 따라 여러 가지 물질을 순물질과 혼합물로 구별하는 활동을 할 수 있다.
- 탐구 활동 수행 시 여러 모둠의 실험 데이터를 공유하여 탐구할 수 있다.
- 혼합물의 분리 실험을 설계할 때 혼합물을 구성하는 순물질의 종류와 각 순물질의 특성에 관해 조사한 자료를 근거로 효과적인 분리 방법에 관해 논의하여 실험 계획을 공유할 수 있도록 한다.
- 혼합물의 분리 방법과 원리를 이해하는 수준에서 다루며, 혼합물의 분리 결과를 확인하는 활동을 할 수 있다.

(9) 지권의 변화

- [9과09-01] 지구계의 구성 요소를 알고, 지권의 층상 구조와 그 특징을 조사·발표할 수 있다.
 [9과09-02] 조암 광물의 주요 특성을 관찰하고, 암석과 광물의 활용 방안 및 자원으로서 가치에 대해 조사할 수 있다.
 [9과09-03] 지각을 이루는 암석을 생성 과정에 따라 분류하고, 암석의 순환 과정을 설명할 수 있다.
 [9과09-04] 풍화 과정을 이해하고, 토양 생성 과정을 풍화 작용의 예로 설명할 수 있다.
 [9과09-05] 대륙이동설을 이해하고, 지진과 화산이 발생하는 지역의 분포를 판의 경계와 관련지어 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 광물 특성 관찰하기
- 암석을 관찰하여 분류하기
- 빅데이터를 활용하여 화산대 및 지진대와 판의 경계와의 관련성 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [9과09-01] 지구계의 구성 요소 및 지권을 구성하는 각 층의 명칭과 상태만 다루며, 지구 내부구조 탐사에서 지진파의 특성은 다루지 않는다.
- [9과09-02] 광물의 특성은 색, 조흔색, 굳기, 염산 반응, 자성만 다루고, 굳기는 방해석과 석영 정도만 비교하여 제시한다.
- [9과09-03] 지각에 분포하는 다양한 암석 중, 화성암은 현무암, 유문암, 화강암, 반려암을, 퇴적암은 이암, 사암, 역암, 석회암을, 변성암은 편암, 편마암, 대리암, 규암만을 대표적으로 다룬다.
- [9과09-05] 화산대와 지진대의 분포가 판의 경계와 일치한다는 정도만 다루고, 판의 경계에서 나타나는 다양한 지질학적 특성은 고등학교 ‘지구과학’에서 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘땅의 변화’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘지구과학’의 지구의 역사와 한반도의 암석, ‘지구시스템과학’의 지구 탄생과 생동하는 지구와 연계된다.
- 표준 샘플을 이용한 광물과 암석 관찰을 통해 이들의 대표적인 특징을 알게 한 후, 학교 주변이나 국가지질공원을 구성하는 광물과 암석을 수업의 소재로 활용할 수 있다.
- 광물과 암석이 다양하게 활용되는 예를 조사하고, 이를 통해 광물과 암석이 유한한 자원임을 인식시켜 그 가치에 대해 토의해볼 수 있다.
- 빅데이터 및 증강 현실을 활용하여 지진대와 화산대의 분포를 판의 경계와 관련지어 추론할 수 있으며, 최근 발생한 지진과 화산에 대해 조사·발표하도록 지도할 수 있다.

(10) 빛과 파동

- [9과10-01] 빛의 반사와 굴절의 원리를 이해하고, 물체를 보는 과정을 빛의 경로를 이용하여 표현할 수 있다.
- [9과10-02] 평면거울에서 상이 생기는 원리를 설명하고, 일상생활에서 사용되는 거울과 렌즈의 종류를 분류하고 상의 특징을 비교할 수 있다.
- [9과10-03] 물체의 색을 빛의 반사와 관련지어 설명하고, 영상 장치에서 빛의 합성을 이용하여 다양한 색이 표현되는 원리를 이해할 수 있다.
- [9과10-04] 파동의 발생과 전달 과정을 이해하고, 소리의 특성을 진폭, 진동수, 파형 등의 과학적 용어로 표현할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 거울과 렌즈에 의한 상의 특징 관찰하기
- 디지털 탐구 도구를 이용하여 소리의 진폭, 진동수, 파형 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [9과10-01] 실험을 통해 빛의 반사, 굴절의 특징을 확인하고, 굴절 법칙은 정량적으로 다루지 않는다.
- [9과10-02] 상이 생기는 원리는 평면거울에 의한 상만을 빛의 반사 법칙을 적용하여 이해하도록 한다. 다양한 거울과 렌즈에 의해 생기는 상의 위치나 크기를 정량적으로 계산하거나 실상과 허상을 구분하는 활동은 하지 않고, 정성적인 특징을 다양한 예를 통해 비교하도록 한다.
- [9과10-04] 소리는 파동의 일종으로 매질을 통해 전달됨을 설명하고, 다양한 소리의 파형을 비교하여 파동의 진폭, 진동수, 파장의 개념을 설명하도록 한다. 종파와 횡파를 구분하여 설명하지는 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘소리의 성질’, 5~6학년군 ‘빛의 성질’, 고등학교 ‘물리학’의 빛과 물질과 연계된다.
- 학생들의 이해와 흥미를 위해 빛과 파동의 성질을 이용한 다양한 기구나 악기를 활용할 수 있다.
- 파동을 이용한 에너지와 정보의 전달 사례를 조사하여 동영상, 포스터, 보고서 등 다양한 형태의 산출물을 제작하도록 하고 이를 평가할 수 있다.
- 음악, 미술 등 다른 교과와 주제 통합 수업으로 구성할 수 있다.

(11) 물질의 구성

[9과11-01] 원소와 화합물의 정의를 알고, 원소와 화합물을 화학식으로 표현할 수 있다.

[9과11-02] 원소를 구성하는 입자인 원자는 양성자, 중성자, 전자로 구성되며, 양성자의 수에 따라 원소의 종류가 달라짐을 입자 모형을 활용하여 설명할 수 있다.

[9과11-03] 원소는 양성자의 수에 따라 주기율표에 배치됨을 알고, 주기율표에서 성질이 유사한 원소를 찾을 수 있다.

[9과11-04] 물질을 이루는 입자는 원자, 분자, 이온 등으로 존재할 수 있음을 알고, 이온은 전하를 띠고 있음을 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 같은 족 원소들의 유사성 탐구하기
- 전기력을 이용한 실험으로 이온의 이동 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [9과11-02] 질량수나 동위 원소는 다루지 않는다.
- [9과11-03] 동족 원소의 유사성은 1족 원소의 물과의 반응성, 18족 원소의 안정성 등 비슷한 성질을 지닌 원소들이 있음을 탐구를 통해 추론하고, 각 반응에 관한 구체적 설명이나 원리 및 원소의 주기성은 다루지 않는다.
- [9과11-04] 이온의 경우 원자가 전기적으로 중성임을 토대로 전자를 잃으면 양이온이 되고, 전자를 얻으면 음이온이 된다는 수준에서 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘용해와 용액’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성과 연계된다.
- 생태전환교육과 연계하여 우리 주변의 물질 중 지구 환경에 영향을 미치는 물질을 중심으로 화학식으로 표현하고, 이 물질을 원소 또는 화합물인지 구분하도록 한다.

(12) 식물과 에너지

- [9과12-01] 광합성 과정을 이해하고, 환경 요인과 광합성의 관계를 탐구하는 실험을 설계할 수 있다.
 [9과12-02] 식물의 호흡과 광합성의 관계를 이해하고, 호흡과 광합성 과정에서 출입하는 에너지와 물질의 변화를 분석할 수 있다.
 [9과12-03] 광합성 산물의 저장과 이용 과정을 이해하고, 모형으로 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 광합성에 필요한 물질과 산물 확인하는 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [9과12-03] 광합성 결과 만들어진 산물은 생명 활동에 필요한 에너지원임을 강조하여 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘식물의 생활’, 5~6학년군 ‘식물의 구조와 기능’, 고등학교 ‘생명과학’ 생명 시스템의 구성, ‘세포와 물질대사’의 세포호흡과 광합성과 연계된다.
- 광합성 실험은 디지털 탐구 도구를 이용하여 데이터를 얻고 이를 해석하여 문제를 해결하는 디지털 기반 탐구 활동을 할 수 있다.
- 광합성 산물의 저장, 이용 과정을 모형으로 표현하는 활동에서는 정보 그림 만들기 등을 통해 창의성을 발휘할 수 있도록 지도한다.

(13) 동물과 에너지

- [9과13-01] 소화계의 구조와 기능을 이해하고, 소화 과정을 소화 효소의 작용과 관련지어 추론할 수 있다.
 [9과13-02] 순환계의 구조와 기능을 이해하고, 혈액의 순환 경로를 종합하여 발표할 수 있다.
 [9과13-03] 호흡계의 구조와 기능을 이해하고, 호흡 운동의 원리를 나타내는 모형을 만들 수 있다.
 [9과13-04] 배설계의 구조와 기능을 이해하고, 노폐물이 배설되는 과정을 모식도로 표현할 수 있다.
 [9과13-05] 동물이 세포호흡을 통해 에너지를 얻는 과정을 소화, 순환, 호흡, 배설과 관련지어 통합적으로 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 음식물에 들어 있는 영양소 검출하기
- 침의 소화 작용 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [9과13-01] 소화 기관에서 일어나는 소화 과정은 아밀레이스, 펩신, 트립신, 라이페이스 등

대표적인 몇 가지 소화 효소 중심으로 간단하게 언급한다.

- [9과13-05] 각 기관계의 구조와 기능에 대한 자세한 언급보다는 에너지를 얻기 위한 통합적 관계에 중점을 두고 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘동물의 생활’, 5~6학년군 ‘우리 몸의 구조와 기능’, 고등학교 ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성과 연계된다.
- 기관계에 대한 탐구는 증강 현실, 가상 현실 등 실감형 자료를 활용하여 디지털 소양을 함양할 수 있으며, 모식도 작성, 모형 제작, 역할 놀이, 발표 활동 시 모둠원들이 협력적 소통을 통해 수행하도록 지도한다.

(14) 전기와 자기

[9과14-01] 마찰 전기, 정전기 유도 현상을 관찰하고, 이를 전기력과 원자 모형을 이용하여 설명할 수 있다.

[9과14-02] 전기 회로에서 전류를 모형으로 설명하고, 실험을 통해 저항, 전류, 전압 사이의 관계를 이끌어낼 수 있다.

[9과14-03] 저항의 직렬연결과 병렬연결의 특징을 비교하고, 일상생활에서 전기 에너지가 다양한 형태의 에너지로 전환됨을 소비 전력과 관련지어 설명할 수 있다.

[9과14-04] 자기장 안에 놓인 전류가 흐르는 코일이 받는 힘의 특성을 추리하고, 전동기 등 일상생활에서 활용한 예를 찾을 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 저항, 전류, 전압 사이의 관계 탐구하기
- 전류가 흐르는 코일 주위의 자기장 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [9과14-02] 일상생활에 활용되는 다양한 물질의 저항이 다름을 도체와 부도체의 예를 들어 설명하고, 반도체를 소개한다.
- [9과14-03] 저항의 연결에 따른 합성 저항의 정량적인 계산과 혼합 연결은 다루지 않는다. 소비 전력은 정량적인 계산보다는 에너지 전환 관점에서 다루도록 하고, 효율적인 전기 사용의 중요성을 인식하도록 한다.
- [9과14-04] 코일을 이용하여 전류의 세기와 방향에 따른 자기장의 세기와 방향을 정성적으로 확인하고, 전류가 흐르는 코일과 자석의 상호작용 관점에서 전동기의 원리를 이해하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘자석의 이용’, 5~6학년군 ‘전기의 이용’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘물리학’의 전기와 자기와 연계된다.
- 전기 회로 실험에서 디지털 탐구 도구나 가상 실험을 활용할 수 있다.
- 가정에서 전기 에너지가 전환되어 나타나는 다양한 형태의 에너지와 소비 전력에 대해 조사하여 보고서를 작성하게 하고, 이를 평가할 수 있다.
- 환경이나 기후변화의 관점에서 효율이 높은 전기 기구를 사용하는 것의 중요성을 이해하고 에너지의 효율적 사용을 실천하도록 지도한다.

(15) 별과 우주

[9과15-01] 연주시차를 이용하여 별까지의 거리를 구할 수 있고, 별의 등급과 밝기의 관계 및 표면 온도와 색의 관계를 설명할 수 있다.

[9과15-02] 우리은하의 구조와 크기를 이해하고, 성운과 성단의 특징을 비교할 수 있다.

[9과15-03] 모형을 이용하여 우주가 팽창하고 있음을 설명할 수 있다.

[9과15-04] 우주탐사의 의의와 인류에게 미치는 영향을 조사하여 과학의 유용성을 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 디지털 탐구 도구를 활용하여 광원으로부터의 거리에 따른 빛의 세기 실험하기
- 천체 관측 프로그램을 활용하여 우리은하를 구성하는 천체 관측하기
- 우주탐사 계획 세우기

(가) 성취기준 해설

- [9과15-01] 별까지의 거리를 구하는 방법은 수식을 도입하지 않으며, 연주시차와 겉보기 등급과 절대등급의 개념을 중심으로 다룬다. 별의 표면 온도는 별의 색을 이용하여 비교하는 수준으로만 다룬다.
- [9과15-03] 우주 팽창과 관련된 심화 내용(적색 편이, 허블 법칙, 가속 팽창 등)은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘밤하늘 관찰’, 고등학교 ‘통합과학 2’의 환경과 에너지, ‘지구과학’의 태양계 천체와 별과 우주의 진화, ‘행성우주과학’의 우주탐사와 행성계, 태양과 별의 관측, 은하와 우주와 연계된다.
- 디지털 탐구 도구를 활용하여 우리은하를 구성하는 천체의 종류와 특징을 비교·분석하는 수업을 전개할 수 있다.
- 우주 팽창은 스티커를 붙인 풍선 모형을 이용하여 설명할 수 있다.
- 우주탐사 성과를 바탕으로 우주탐사 계획을 세우고, 토의 및 토론, 보고서 작성, 만화 그리기, 연극 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적용할 수 있다.

(16) 화학 반응의 규칙성

[9과16-01] 물리 변화와 화학 변화의 의미를 알고, 화학 변화에서 새로운 물질이 생성됨을 관찰할 수 있다.

[9과16-02] 간단한 화학 반응을 화학 반응식으로 표현하고, 화학 반응식에서 계수의 비를 입자 수의 비로 해석할 수 있다.

[9과16-03] 화학 반응에서 질량이 보존됨을 실험을 통해 추론할 수 있다.

[9과16-04] 화합물을 구성하는 성분 원소의 질량비가 일정함을 실험 자료를 해석하여 설명할 수 있다.

[9과16-05] 기체 반응에서 기체 부피 사이의 비가 일정함을 실험 자료를 해석하여 설명할 수 있다.

[9과16-06] 화학 반응에서 열에너지가 출입함을 알고, 생활 속 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 화학 반응 전후의 질량 변화 관찰하기
- 화학 반응을 이용한 간단한 냉각 장치 만들기

(가) 성취기준 해설

- [9과16-03] 화학 반응이 일어날 때 물질을 구성하는 원자의 배열만 변하고, 원자의 종류와 수는 변하지 않음을 강조하여 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘물체와 물질’, 5~6학년군 ‘물질의 연소’, 고등학교 ‘통합과학2’의 변화와 다양성과 연계된다.
- 질량 보존 법칙을 확인하는 실험에서 기체의 질량을 측정할 때는 부력이 영향을 미칠 수 있음을 유의한다.

- 일정 성분비 법칙은 화합물을 구성하는 원소를 화학식으로 일정하게 표현할 수 있는 근거가 된다는 사실을 학생들이 이해하도록 지도한다.
- 탐구 활동 수행 시, 의사소통과 협업 능력을 키우기 위해 여러 모둠의 데이터를 공유할 수 있으며, 데이터 공유 시 공유 플랫폼 등을 활용하여 디지털 소양 교육과 연계하여 지도한다.
- 질량 보존 법칙, 일정 성분비 법칙, 기체 반응 법칙은 개념의 추상성이 높으므로, 시각적 접근이 가능하도록 모형, 소프트웨어, 앱 등을 활용하여 디지털 소양을 함양하도록 지도한다.

(17) 날씨와 기후변화

- [9과17-01] 지구 대기권을 4개 권역으로 구분하며, 온실효과와 지구온난화를 복사 평형의 관점으로 설명할 수 있다.
- [9과17-02] 대기 대순환에서 위도별 바람의 특성을 파악하고, 대기 대순환의 역할을 설명할 수 있다.
- [9과17-03] 상대습도, 단열 팽창 및 응결 현상의 관계를 이해하고, 구름의 생성과 강수 과정을 설명할 수 있다.
- [9과17-04] 기압, 기단, 전선의 개념을 이해하고, 일기도에서 저기압과 고기압의 분포에 따른 날씨를 해석할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 기후변화 관련 자료 검색 및 분석하기
- 디지털 탐구 도구를 이용하여 구름 생성 과정 실험하기
- 일기도, 레이더 및 위성 영상 등 실시간 데이터를 활용하여 날씨 해석하기

(가) 성취기준 해설

- [9과17-02] 위도별로 지상에서 부는 바람은 북반구를 기준으로 설명하고, 대기 대순환 설명 시 전향력이나 지구가 자전하지 않을 경우는 다루지 않는다.
- [9과17-03] 대기 중의 수증기량과 이슬점, 포화 수증기압, 상대습도 등의 관계를 파악하고, 구름의 생성은 모형실험으로 다룬다. 강수 과정은 빙정설과 병합설에 대해 정성적으로 간단하게 설명한다.
- [9과17-04] 기압의 개념과 크기 및 지표면의 차등 가열에 따른 온도 차이로 인해 기압의 변화가 생겨서 바람이 분다는 것을 다룬다. 등압선 그리기, 일기 예보의 과정, 일기도 작성은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘날씨와 우리 생활’, 고등학교 ‘통합과학 2’의 환경과 에너지, ‘지구 과학’의 대기와 해양의 상호작용, ‘지구시스템과학’의 강수 과정과 대기의 운동, ‘기후변화와 환경생태’의 기후위기와 환경생태 변화, 기후위기에 대응하는 우리의 노력과 연계된다.

- 대기권의 높이에 따른 온도 분포 그래프를 그려보는 활동을 통해 대기권이 4개의 권역으로 이루어져 있음을 이해하도록 지도한다.
- 복사 평형, 단열 팽창, 바람의 생성, 전선의 형성은 모형이나 실험을 통해 이해할 수 있도록 한다.
- 온실 기체 농도 측정이 시작된 이래로 온실 기체량과 기후변화에 관한 자료를 검색하여 변화 경향성과 관련성을 분석한다.
- 기후변화와 환경 재난 등에 대한 심각성을 인식하고, 환경과 인간이 공존할 수 있는 다양한 방법을 모색하도록 지도한다.

(18) 수권과 해수의 순환

[9과18-01] 수권에서 해수, 담수, 빙하의 분포와 활용 사례를 조사하고, 자원으로서 물의 가치에 대해 토론할 수 있다.

[9과18-02] 해수의 수온과 염분의 분포 및 변화를 해석하여 해수의 특성을 설명할 수 있다.

[9과18-03] 대기 대순환과 해양 표층 순환과의 관계를 이해하고, 기후변화에 영향을 미치는 해류의 역할을 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 디지털 탐구 도구를 이용하여 해수의 연직 수온 분포 실험하기
- 실시간 데이터를 활용하여 우리나라 주변 해양 정보(수온, 염분) 분석하기

(가) 성취기준 해설

- [9과18-01] 자원으로서의 물의 가치에서는 지하수의 가치와 활용 방안, 지속가능한 수자원 활용 방안 조사·실천 등을 포함하여 다룬다.
- [9과18-02] 위도에 따른 해수의 연직 수온 분포 차이보다는 우리나라 주변 해역의 계절별 연직 수온 분포를 위주로 다룬다.
- [9과18-03] 해류가 전 지구적인 에너지 재분배를 통하여 기후변화에 미치는 영향을 이해하게 하고, 북태평양의 아열대 순환을 구성하는 해류만을 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘지구와 바다’, 고등학교 ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘지구과학’의 대기와 해양의 상호작용, ‘지구시스템과학’의 해수의 운동, ‘기후변화와 환경생태’의 기후 위기와 환경생태 변화, 기후위기에 대응하는 우리의 노력과 연계된다.
- 자원으로 물의 가치, 물 부족 실태에 대해 조사하고 토론하는 과정에서 수자원의 중요성을 인식하고, 물 절약 방안 등과 같은 지속가능한 삶을 위한 실천 방안을 찾아 행동하도록 지도한다.
- 모둠별로 다양한 조건을 설정하여 해수의 연직 수온 분포 실험을 수행한 후 결과를 다른 모둠과 비교하여 분석할 수 있다.

(19) 운동과 에너지

[9과19-01] 직선상에서 움직이는 물체의 운동을 그래프로 나타내고 해석할 수 있다.

[9과19-02] 자유 낙하하는 물체의 운동에서 시간에 따른 속력의 변화가 일정함을 분석할 수 있다.

[9과19-03] 일의 정의를 알고, 자유 낙하하는 물체의 운동에서 중력이 한 일을 위치 에너지와 운동 에너지로 표현할 수 있다.

[9과19-04] 물체의 운동에서 역학적 에너지의 전환과 보존을 이해하고, 이를 활용하여 일상생활 속 물체의 운동을 예측할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 여러 가지 물체의 자유 낙하 운동 분석하기
- 자유 낙하하는 물체의 역학적 에너지 보존 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [9과19-01] 물체의 직선 운동에서 등속 운동과 속력이 일정하게 증가하거나 감소하는 운동을 다루며, 속력이 변하는 경우에는 시간-속력 그래프를 그려서 운동을 분석한다.
- [9과19-02] 자유 낙하하는 물체의 운동에서 물체의 종류나 질량에 상관없이 단위 시간당 속력 변화량이 9.8m/s 로 일정함을 자료를 분석하여 이끌어내도록 한다.
- [9과19-03] 중력이 한 일은 운동 에너지, 중력에 대해서 한 일은 위치 에너지로 전환됨을 확인한다.
- [9과19-04] 단진자나 자유 낙하하는 물체 등의 사례에서 역학적 에너지 보존 법칙을 이용해 물체의 운동 상태를 예측할 수 있음을 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘물체의 운동’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘물리학’의 힘과 에너지와 연계된다.
- 공기 등에 의한 마찰을 무시할 수 있는 물체의 운동을 기록한 실험이나 동영상 자료를 활용할 수 있다.
- 운동에 대한 기록과 자료의 해석·분석에 사진기나 운동 센서 등 다양한 디지털 탐구 도구를 활용할 수 있도록 한다.

(20) 자극과 반응

[9과20-01] 감각기관의 구조와 기능을 이해하고, 실험을 통해 자극이 뇌로 전달되는 과정을 추론할 수 있다.

[9과20-02] 뉴런과 신경계의 구조와 기능을 이해하고, 자극에서 반응이 일어나기까지의 과정을 모형으로 설명할 수 있다.

[9과20-03] 우리 몸의 기능 조절에 호르몬이 관여함을 알고, 관련 자료를 조사하여 발표할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 맹점 확인 실험하기
- 무조건 반사와 의식적 반응 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [9과20-01] 감각 기관의 구조는 간단히 언급하고, 자극이 감각 기관에서 뇌로 전달되는 과정을 중점적으로 설명한다.
- [9과20-03] 호르몬의 종류는 성장호르몬, 인슐린, 글루카곤, 티록신 정도만 언급하고, 신경계와 호르몬의 작용으로 몸을 최적의 상태로 유지함을 강조하여 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘우리 몸의 구조와 기능’, 고등학교 ‘생명과학’의 항상성과 몸의 조절과 연계된다.
- 시각 관련 실험은 현상을 관찰하고, 관찰한 사실을 바탕으로 눈의 구조를 추론하는 사고력과 설명 능력을 향상할 수 있도록 지도한다.
- 실험을 통해 무조건 반사와 의식적 반응의 속도 차이를 측정하고, 데이터를 분석하는 활동을 통해 과학적 탐구 역량을 함양할 수 있도록 지도한다.

- 호르몬과 관련된 질병의 성별, 연령별 발병 비율을 누리망 자료 등을 활용하여 조사하고 분석하는 활동을 할 수 있다.

(21) 생식과 유전

- [9과21-01] 개체의 생장에 세포분열이 필요한 이유를 세포의 표면적과 부피의 관계로 추론할 수 있다.
- [9과21-02] 염색체와 유전자의 관계를 이해하고, 체세포분열과 생식세포 형성과정의 특징을 염색체 행동을 중심으로 해석할 수 있다.
- [9과21-03] 수정란으로부터 개체가 발생하는 과정을 모형으로 표현할 수 있다.
- [9과21-04] 멘델 유전 실험의 의의와 원리를 이해하고, 멘델 유전 원리가 적용되는 유전 현상을 조사하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [9과21-05] 사람의 유전 형질과 유전 연구 방법을 알고, 가계도를 분석하여 사람의 유전 현상을 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 세포분열 관찰하기
- 유전 현상 모의 활동하기

(가) 성취기준 해설

- [9과21-02] 체세포분열과 생식 세포 형성 과정은 염색체의 행동을 중심으로 간단하게 다루며, 분열 과정의 단순한 암기보다 분열의 생물학적 의미를 이해하는 데 중점을 둔다.
- [9과21-03] 발생 과정은 수정란의 초기 발생에서 난할만을 간단하게 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘동물의 생활’, ‘생물의 한살이’, 고등학교 ‘생명과학’의 생명의 연속성과 다양성과 연계된다.
- 체세포분열과 생식 세포 형성 과정 학습에서 증강 현실, 가상 현실 등 실감형 자료를 활용하여 세포분열 과정에 대한 이해를 높일 수 있도록 지도한다.
- 사람의 유전 형질 중 단일 유전자에 의해 나타난 형질이 아닌 표현형이 있음에 유의하며 과학적으로 입증된 내용만 다룬다.
- 가계도 분석 활동에서 학생과 학생 가족의 질병, 가족 관계 등 개인 정보 유출의 문제가 발생하지 않도록 한다.

(22) 재해·재난과 안전

[9과22-01] 재해·재난 사례와 관련된 자료를 조사하고, 그 발생 원인과 피해에 대해 과학적으로 분석할 수 있다.

[9과22-02] 과학적 원리를 이용하여 재해·재난에 대한 대비 및 대처 방안을 세울 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 빅데이터를 이용하여 재해·재난 사례 분석하기
- 재해·재난의 피해를 줄이기 위한 홍보자료 제작하기

(가) 성취기준 해설

- [9과22-01] 재해·재난에 대한 사례 조사는 감염병 질병 확산, 화학물질 유출, 운송 수단 사고, 지진, 화산, 기상재해 등에서 선택하여 다룬다.
- [9과22-02] 재해·재난의 피해를 줄이기 위한 방안을 논의할 때는 사후 대처뿐만 아니라 사전 예방 및 대비를 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 3~4학년군 ‘기후변화와 우리 생활’, 5~6학년군 ‘자원과 에너지’와 연계된다.
- 재해·재난에 대한 사례 조사는 누리망 검색이나 서적 등을 활용할 수 있으며, 재해·재난의 종류에 따라 보고서를 작성하여 발표할 수 있다. 이때 편향된 관점을 갖지 않도록 다양한 자료를 조사하여 비교하도록 한다.
- 교수·학습 방법으로 주로 조사와 토의·토론, 발표를 활용하고, 참여하려는 태도와 의사소통 및 협동성을 평가할 수 있다.

(23) 과학과 나의 미래

[9과23-01] 과학과 관련된 직업의 종류와 하는 일을 조사하고, 과학기술의 발달로 생기는 미래 사회의 직업 변화를 예상할 수 있다.

[9과23-02] 자신의 진로와 관련 있는 과학 분야를 조사하고, 진로 선택을 위하여 필요한 과학 학습을 계획할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 다양한 직업 속 과학 탐색하기
- 미래 사회에서 과학의 역할과 새로운 과학 직업 토의하기

(가) 성취기준 해설

- [9과23-02] 과학과 직접적으로 관련된 직업에서 과학의 역할 뿐만 아니라 기술, 공학, 사회, 예술, 문학 분야 등의 직업에서 필요한 과학 학문을 조사하여, 과학의 중요성과 유용

성을 깨닫고 과학 학습 계획을 세우도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 초등학교 5~6학년군 ‘과학과 나의 진로’와 연계된다.
- 과학 관련 직업군별 탐방 활동 보고서나 자료 조사 보고서를 바탕으로 직업군의 특성에 대해 발표하고 토론한다.
- 학생이 원하는 진로를 먼저 정하고, 비슷한 진로를 계획하는 학생들이 모둠을 만들어 함께 조사하고 발표한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성

할 수 있다.

- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학교급 전환에 따른 학교급 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

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

(라) 학생의 과학에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 과학 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

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

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

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

(라) 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필 평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

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

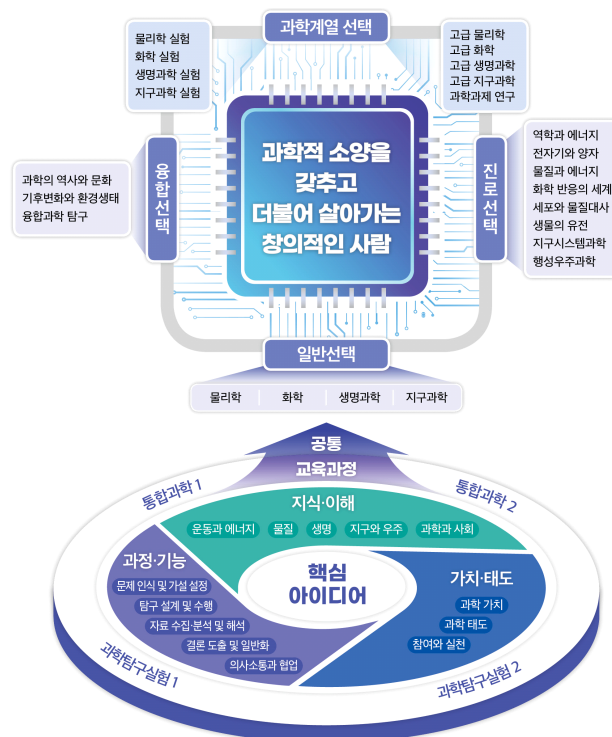


선택중심 교육과정

교육과정 설계의 개요

과학과 교육과정은 미래 사회를 살아갈 시민으로서 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하는 것을 목적으로 한다. 과학과 교육과정에서는 과학 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도가 복합적으로 발현되어 나타나는 총체적인 능력인 역량을 함양하고자 한다.

과학과 교육과정에서는 자기관리, 지식정보처리, 창의적 사고, 심미적 감성, 협력적 소통, 공동체 역량 등과 같은 범교과적이고 일반적인 총론의 역량과 연계하여 과학적 탐구와 문제해결 능력, 과학적 의사결정 능력 등을 기르는 데 초점을 둔다. 이를 위해 과학과 교육과정은 생태 소양, 민주 시민의식, 디지털 소양을 갖추고, 첨단 과학기술을 기반으로 융복합 영역을 창출하는 미래 사회에 유연하게 대응할 수 있는 과학적 소양을 갖춘 사람을 양성하는 것을 목표로 한다.



고등학교 과학과 교육과정은 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학, 통합·융합과학 등과 관련된 과목과 영역으로 구성하였다. 과학과 핵심 아이디어는 과학 분야별 주요 개념과 일반화된 지식을 중심으로 구성하였다. 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 등 과학의 분야별로 주요 과학 개념과 원리의 일상생활 적용과 통합·융합 교육을 체험할 수 있도록 과학의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 종합하여 핵심 아이디어를 도출하였다. 이러한 핵심 아이디어는 해당 영역의 학습을 통해 일반화할 수 있는 내용을 진술한 것으로, 과학과 관통개념을 공유하면서 과목별로 위계성과 연속성

을 지낸다.

고등학교 과학과 과목은 공통 과목에서 출발하여 일반선택, 융합선택, 진로선택 과목으로 구성된다. 일반선택 과목은 과학의 학문영역별 주요 학습 내용으로, 융합선택 과목은 과학 안팎의 주제를 융합하여 체험·응용하는 내용으로, 진로선택 과목은 심화학습 및 진로 관련 내용으로 구성하였다. 학생들은 공통 과목을 이수하고, 진로·적성에 따라 일반선택·융합선택·진로선택 과목을 이수하고, 이어서 과학계열 진로선택 과목을 이수할 수 있다.

고등학교 과학과 공통 과목은 통합과학1과 통합과학2 및 과학탐구실험1과 과학탐구실험2로 구성된다. 공통 과목은 중학교까지 학습한 내용을 바탕으로 자연 현상을 통합적으로 이해하고, 이를 기반으로 자연과 인간의 관계, 과학기술의 발달과 미래 예측과 적응, 사회문제에 대한 합리적 판단 능력 등 미래 사회에 필요한 과학적 소양 함양을 목적으로 한다.

일반선택 과목은 과학과 공통 과목과 연계하여 이공계 진로를 선택하기 위한 기초 과학 개념을 이해하기 위한 과목이며, 인문사회 및 예체능계로 진로를 선택하는 학생들도 알아야 할 자연과학의 기본적인 핵심적인 내용으로 구성된다. 고등학교 과학과 일반선택 과목은 ‘물리학’, ‘화학’, ‘생명과학’ 및 ‘지구과학’의 4개 과목으로 구성된다.

융합선택 과목은 인문사회, 예체능 및 이공계 진로를 선택하는 모든 학생을 위한 과목으로, 과학이 인간의 삶과 어떻게 관련되며 환경, 사회, 문화 등 폭넓은 맥락 속에서 과학적 이해를 추구하는 과학 교양 과목이다. 융합선택 과목은 ‘과학의 역사와 문화’, ‘기후변화와 환경생태’ 및 ‘융합과학탐구’의 3개 과목으로 구성된다.

진로선택 과목은 이공계 진로를 선택하는 학생을 위한 과목으로, 일반선택 과목과 연계하여 각 분야의 과학이 어떻게 응용·심화되는지를 보여주는 과목이다. 진로선택 과목은 물리학 분야의 ‘역학과 에너지’와 ‘전자기와 양자’, 화학 분야의 ‘물질과 에너지’와 ‘화학반응의 세계’, 생명과학 분야의 ‘세포와 물질대사’와 ‘생물의 유전’, 지구과학 분야의 ‘지구시스템과학’과 ‘행성우주과학’ 등 8개의 과목으로 구성된다.

과학계열 선택과목은 융합선택과 진로선택 과목으로 구성된다. 융합선택 과목은 ‘물리학 실험’, ‘화학 실험’, ‘생명과학 실험’ 및 ‘지구과학 실험’의 4개 과목으로 구성된다. 과학계열 진로선택 과목은 ‘고급 물리학’, ‘고급 화학’, ‘고급 생명과학’, ‘고급 지구과학’ 및 ‘과학과제 연구’의 5개 과목으로 구성된다.

과학과 교육과정은 ‘성격 및 목표’, ‘내용 체계 및 성취기준’, ‘교수·학습 및 평가’로 구성된다. ‘성격 및 목표’에서는 각 과목의 고유한 특성과 주요 목표를 제시하였다. ‘내용 체계 및 성취기준’에서는 과목의 핵심 아이디어와 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도별 주요 내용 요소 및 학생이 교과 학습을 통해 할 수 있기를 기대하는 도달점을 성취기준으로 제시하였다. 즉, 과학과 성취기준은 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 영역별 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 함양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있도록 제시하였다. 과학과 지식·이해는 과학과 영역별로 학생이 알고 이해해야 하는 내용을 학년군별로 제시하였다. 과학과 과정·기능은

학생들이 과학 학습을 통해 개발할 것으로 기대하는 과학과 탐구 기능과 과정에 해당하는 것으로, 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업을 근간으로 영역별 특성을 반영하였다. 과학과 가치·태도는 과학 가치(과학의 심미적 가치, 감수성 등), 과학 태도(과학 창의성, 유용성, 윤리성, 개방성 등), 참여와 실천(과학문화 향유, 안전·지속가능 사회에 기여 등)으로 구성하였다.

‘교수·학습 및 평가’에서는 교육과정에서 제시한 성취기준에 도달하는 데 필요한 교수·학습 및 평가의 주요 방향을 제시하였다. 과학과 교육과정에서는 학생이 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도하는 방향, 학생이 행위 주체로서 자신의 역량 함양을 위해 교수·학습에 참여하도록 하는 방향, 그리고 교수·학습과 연계하여 학생의 학습과 성장을 도울 수 있는 평가 방향을 제시하였다. 특히, 미래 교육 환경에 적합한 다양한 교수·학습 활동을 통해 디지털·인공지능 기초 소양을 함양하도록 하였다.

통합과학1, 통합과학2

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘통합과학1’과 ‘통합과학2’는 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하는 것을 목적으로 한다. ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 과목에서는 모든 학생이 과학의 기본 개념을 익히고, 과학 탐구 능력과 태도를 길러, 자연과 일상생활에서 접하는 현상을 과학적으로 이해하고, 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 해결하고 참여·실천하는 역량 함양에 중점을 둔다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. 과학적 소양을 바탕으로 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하기 위해 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’는 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 등의 분야를 관통하는 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 아울러 구성한다.

‘통합과학1’과 ‘통합과학2’는 중학교까지 학습한 과학 내용과 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하고, 고등학교 과학과 선택과목 학습에 필요한 과학 기초 학력을 보장하기 위한 과목이다. ‘통합과학1’은 과학의 기초, 물질과 규칙성, 시스템과 상호작용의 3개 영역으로 구성된다. ‘통합과학2’는 변화와 다양성, 환경과 에너지, 과학과 미래 사회의 3개 영역으로 구성된다. 과학의 기초 영역에서는 시공간을 포함한 과학 탐구에서 중요한 기본량과 단위, 측정과 표준 등 과학의 도구적 언어를 다룬다. 물질과 규칙성, 시스템과 상호작용, 변화와 다양성, 환경과 에너지 영역은 전통적인 과학의 기초 지식과 개념에 해당하는 내용이면서도 빅 아이디어 중심으로 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학과 같은 과학 영역을 관통하고 통합하는 내용으로 구성하였다. 과학과 미래 사회 영역에서는 인공지능과 로봇, 생명과 과학 윤리 등 지속가능한 미래 사회의 책임 있는 민주 시민이 갖추어야 할 첨단 과학 지식, 인공지능과 과학 탐구, 과학·기술·윤리 등을 다룬다.

‘통합과학1’과 ‘통합과학2’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다. ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’의 6개 영역과 관련된 지식·이해와 가치·태도를 함양하기 위한 과학과 과정·기능을 체험함으로써 행위주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

자연 현상과 일상생활에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 과학적 탐구를 통해 주변의 현상을 이해하고 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 데 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 과학적 소양을 기른다.

- (1) 자연 현상과 일상생활에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로, 개인과 사회의 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 이해하고 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 자연 현상과 일상생활을 과학적으로 탐구하여 과학의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

〈통합과학1〉

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 자연 세계는 시간과 공간을 배경으로 몇 가지 기본량으로 기술할 수 있으며, 양을 측정할 때 사용하는 표준과 단위는 일상생활과 산업기술에서 중요하다. · 우주 초기 원소 형성, 태양계의 형성과 진화, 별의 진화 등 모든 천문 현상은 천체에서 방출되는 빛의 분석을 통해 이루어진다. · 자연계에 존재하는 원소에는 규칙성이 있으며, 원소의 결합으로 지각과 생명체를 구성하는 물질들이 구성된다. · 자연계에서 물체의 운동 변화는 역학적 상호작용으로 설명하며, 일상생활에서 안전하고 편리한 삶에 활용된다. · 지구계는 기권, 수권, 지권, 생물권 등 여러 하위 권역들로 구성되며, 지구계 구성 권역들이 물질과 에너지를 교환하는 과정에서 다양한 자연 현상들이 발생한다. · 생명체는 생명 시스템의 기본 단위인 세포로 구성되어 있으며, 세포에서 일어나는 다양한 반응을 통해 생명 현상이 유지된다.
범주	구분	내용 요소
	과학의 기초	· 기본량과 단위 · 측정과 어림 · 정보와 신호
지식·이해	물질과 규칙성	· 원소 형성 · 별의 진화 · 원소의 주기성 · 이온 결합 · 공유 결합 · 지각과 생명체 구성 물질의 규칙성 · 물질의 전기적 성질
	시스템과 상호작용	· 지구시스템의 구성과 상호작용 · 판구조론과 지각 변동 · 중력장 내의 운동 · 충격량과 운동량 · 생명 시스템의 기본 단위 · 물질대사 · 유전자와 단백질
과정·기능		· 자연 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 · 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 · 다양한 도구를 수학적 사고를 활용하여 정보를 조사·수집·해석하기

	• 수학적 사고와 모형을 활용하여 통합 및 융합 과학 관련 현상 설명하기 • 증거에 기반한 과학적 사고를 통해 자료를 과학적으로 분석·평가·추론하기 • 결론을 도출하고 자연 현상 및 융복합 문제 상황에 적용·설명하기 • 과학적 주장을 다양한 방법으로 소통하고, 의사결정을 위해 과학적 지식 활용하기
가치·태도	• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유

나. 성취기준

(1) 과학의 기초

[10통과1-01-01] 자연을 시간과 공간에서 기술할 수 있음을 알고, 길이와 시간 측정의 현대적 방법과 다양한 규모의 측정 사례를 조사할 수 있다. [10통과1-01-02] 과학 탐구에서 중요한 기본량의 의미를 알고, 자연 현상을 기술하는 데 단위가 가지는 의미와 적용사례를 설명할 수 있다. [10통과1-01-03] 과학 탐구에서 측정과 어림의 의미를 알고, 일상생활의 여러 가지 상황에서 측정 표준의 유용성과 필요성을 논증할 수 있다. [10통과1-01-04] 자연에서 일어나는 다양한 변화를 측정·분석하여 정보를 산출함을 알고, 이러한 정보를 디지털로 변환하는 기술을 정보 통신에 활용하여 현대 문명에 미친 영향을 인식한다.	〈탐구 활동〉 • 미시세계와 거시세계의 물체의 크기에 따른 차이점 분석하기 • 일상생활에서 측정 표준이 활용되는 사례 탐색하기 • 스마트 기기를 활용하여 여러 가지 기본량을 측정하고 분석하기
--	---

(가) 성취기준 해설

- [10통과1-01-01] 원자와 우주를 시간과 공간 차원에서 비교하면서 규모(scale)의 의미와 필요성을 소개하고, 시간과 공간을 측정하려는 과학자들의 노력이 인간의 경험 범위를 얼마나 확장했는지를 설명한다.
- [10통과1-01-02] 과학의 기본량으로 시간, 길이, 질량, 전류, 온도 등 초·중학교 과학 교과에서 이미 학습한 내용을 중심으로 다루며, 부피, 속력, 농도 등과 같은 초·중·고등학교 과학 교과의 주요 과학 개념들이 이러한 기본량으로부터 도출됨을 설명한다.
- [10통과1-01-04] 인간을 둘러싼 자연계의 변화가 전달될 때 신호가 되고, 이를 측정하여 분석할 때 정보가 됨을 다룬다. 센서를 통해 아날로그 형태의 다양한 신호가 전기 신호로 바뀌어 디지털 정보가 됨을 소개하며, 센서의 작동 원리는 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 이 영역은 고등학교 과학 과목의 출발점으로서 과학의 본질에 관해서 탐구 대상과 방법론 측면에서 다룬다. 즉 과학은 시간과 공간을 배경으로 하는 우주를 대상으로 하며, 여기서 벌어지는 다양한 현상을 관찰하고 측정하는 것이 과학의 기초이자 인간 사회의 일상생활에도 유용함을 소개한다.
- 고등학교 과학 과목의 출발점으로서 학생들이 과학에 대해 흥미와 호기심을 가질 수 있도록 개념 설명은 지양하고 학생들의 흥미를 끄는 구체적인 사례를 중심으로 지도한다.
- 가장 짧은 시간과 긴 시간, 가장 짧은 거리와 긴 거리는 무엇인지 등에 관한 질문으로부터 다양한 시공간 규모를 인간의 경험 세계와 비교·탐색함으로써 자연 세계의 신비를 느끼게 하고 과학 탐구에 대한 호기심을 유발한다.
- 과거로부터 현재까지 자연 현상을 관찰하고 정밀하게 측정하고자 하는 인간의 노력을 부각함으로써, 우주의 광대함과 인간의 도전 정신의 위대함, 그와 동시에 인간의 활동으로서 과학의 한계를 제시하도록 한다.
- 과학의 기본량 측정이나 생활 속의 측정 표준에서 학교 환경에서 사용가능한 다양한 디지털 탐구 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 물질과 규칙성

- [10통과1-02-01] 천체에서 방출되는 빛의 스펙트럼을 분석하여 우주 초기에 형성된 원소와 천체의 구성 물질을 추론할 수 있다.
- [10통과1-02-02] 우주 초기의 원소들로부터 태양계의 재료이면서 생명체를 구성하는 원소들이 형성되는 과정을 통해 지구와 생명의 역사가 우주 역사의 일부분임을 해석할 수 있다.
- [10통과1-02-03] 세상을 구성하는 원소들의 성질이 주기성을 나타내는 현상을 통해 자연의 규칙성을 도출하고, 지구와 생명체를 구성하는 주요 원소들이 결합을 형성하는 이유를 해석할 수 있다.
- [10통과1-02-04] 인류의 생존에 필수적인 물, 산소, 소금 등이 만들어지는 결합의 차이를 이해하고 각 물질의 성질과 관련지어 설명할 수 있다.
- [10통과1-02-05] 지각과 생명체를 구성하는 물질들이 기본 단위체의 결합을 통해서 형성된다는 것을 규산염 광물, 단백질과 핵산의 예를 통해 설명할 수 있다.
- [10통과1-02-06] 지구를 구성하는 물질을 전기적 성질에 따라 구분할 수 있고, 물질의 전기적 성질을 응용하여 일상생활과 첨단기술에서 다양한 소재로 활용됨을 인식한다.

〈탐구 활동〉

- 분광기를 활용하여 다양한 물질이 방출하는 스펙트럼을 관찰·비교하기
- 지구와 생명체의 구성 성분을 비교하여, 우주와 지구 역사를 통한 구성 성분의 유래 탐구하기
- 같은 족 원소들의 유사성을 탐구하는 실험 설계하기
- 이온 결합 화합물과 공유 결합 화합물의 성질을 비교하는 실험하기
- DNA 모형을 제작하고 DNA의 구조적 특징과 규칙성 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [10통과1-02-01] 분광기를 활용하여 수소의 선스펙트럼을 관찰하고 이를 우주 전역의 선스펙트럼을 관찰한 결과 자료와 비교함으로써 우주 진화 초기에 만들어진 수소와 헬륨이 현재 우주의 주요 구성 원소임을 파악하게 한다.
- [10통과1-02-02] 별의 진화 과정에서 별 내부의 핵융합을 통해 탄소, 질소, 산소가 생성되는 것을 정성적으로 다루고, 초신성 폭발의 결과로 철보다 무거운 원소가 만들어짐을 다룬다.
- [10통과1-02-03] 주기율표의 1족과 17족 원소를 통해 동족 원소는 유사한 화학적 성질을 가진다는 것을 다룬다. 주요 원소들이 화학 결합을 형성하는 이유를 전자껍질 모형을 이용한 전자배치를 통해 안정성을 지닌 원소와 비교하여 설명한다.
- [10통과1-02-04] 각 화학 결합으로 나타나는 성질은 전기 전도성에 한정하여 다룬다.
- [10통과1-02-05] 지각을 구성하는 규산염 광물은 Si-O 사면체를 기본 골격으로 하여 다양한 광물들이 만들어짐을 다루되, 구체적인 구조식이나 화학식은 다루지 않는다. 일정한 구조

를 가진 기본 단위체들의 다양한 배열을 통해 여러 가지 구조와 기능을 갖는 생명체의 주요 구성 물질이 생성될 수 있음을 단백질과 핵산을 중심으로 학습하고, 기본 단위체를 비롯한 단백질과 핵산의 구체적인 구조식이나 화학식은 다루지 않는다.

- [10통과1-02-06] 지구를 구성하는 여러 물질을 원자 내 자유전자의 이동에 따라 도체, 부도체, 반도체로 구분할 수 있고, 특히 규산염 광물이 반도체 소자의 재료가 되어 현대 사회에서 매우 유용하게 활용됨을 소개한다. 이때 반도체의 원리는 불순물을 추가함에 따라 전기적 성질을 제어하기 쉽다는 수준으로 소개하고 접합 원리는 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘태양계’, ‘지권의 변화’, ‘생식과 유전’, ‘물질의 구성’, 고등학교 ‘물리학’의 빛과 물질, ‘전자기와 양자’의 양자와 미시세계, ‘화학’의 물질의 구조와 성질, ‘생명과학’의 생명의 연속성과 다양성, ‘생물의 유전’의 유전자와 유전물질, ‘지구과학’의 지구의 역사와 한반도의 암석, ‘지구시스템과학’의 지구 탄생과 생동하는 지구, ‘행성우주과학’의 태양과 별의 관측과 연계된다.

(3) 시스템과 상호작용

- [10통과1-03-01] 지구시스템은 태양계라는 시스템의 구성요소임을 알고, 지구시스템을 구성하는 권역들 간의 물질 순환과 에너지 흐름의 결과로 나타나는 현상을 논증할 수 있다.
- [10통과1-03-02] 지권의 변화를 판구조론 관점에서 해석하고, 에너지 흐름의 결과로 발생하는 지권의 변화가 지구시스템에 미치는 영향을 추론할 수 있다.
- [10통과1-03-03] 중력의 작용으로 인한 지구 표면과 지구 주위의 다양한 운동을 설명할 수 있다.
- [10통과1-03-04] 상호작용이 없을 때 물체가 가속되지 않음을 알고, 충격량과 운동량의 관계를 충돌 관련 안전장치와 스포츠에 적용할 수 있다.
- [10통과1-03-05] 생명 시스템을 유지하기 위해서 다양한 화학 반응과 물질 출입이 필요함을 이해하고, 일상생활에서 활용되는 화학 반응 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
- [10통과1-03-06] 생명 시스템의 유지에 필요한 세포 내 정보의 흐름을 유전자로부터 단백질이 만들어지는 과정을 중심으로 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 화산 분출로 인한 환경·사회경제적 피해의 종류를 조사하고, 지구와 생명 시스템 측면에서 피해를 줄이기 위한 대책 수립하기
- 자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동을 시각화하여 비교하기
- 교통수단과 스포츠 등에서 충격을 줄이는 방법 탐색하기
- 막을 통한 물질의 이동을 실험하고 생명 활동 유지에서 세포막의 역할 탐구하기
- 효소 작용의 원리에 관한 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [10통과1-03-01~02] 지구시스템을 구성하는 권역들의 성층구조를 파악하게 한다. 기권, 수권 등 각 권역이 상호작용하는 과정의 에너지 흐름과 물질 순환으로 인해 지표의 변화, 날씨의 변화 등과 같은 여러 가지 과학적 현상이 일어남을 다룬다.
- [10통과1-03-03] 지구 표면을 향해 낙하하거나 지구 주위를 공전하는 원운동은 모두 중력에 의한 지구 중심 방향의 가속도 운동임을 설명한다.
- [10통과1-03-04] 일상생활의 역학 시스템에서 물체의 관성 및 충돌에 의한 안전사고 예방을 위한 대비책 및 장치를 고안할 때 관성 법칙과 충격량을 활용하게 한다.
- [10통과1-03-05] 생명 시스템의 기본 단위인 세포에서 일어나는 화학 반응에 효소가 필요하고, 세포막을 통한 선택적 투과를 통해 물질 출입이 일어남을 학습한다.
- [10통과1-03-06] 전사와 번역을 통해 유전물질로부터 단백질이 만들어지는 과정에 대해 학습하고, 생명 시스템의 유지를 위한 세포 내 정보의 흐름이 체계적으로 구성되어 있음을 이해한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘힘의 작용’, ‘운동과 에너지’, ‘생물의 구성과 다양성’ 및 ‘생식과 유전’, 고등학교 ‘지구시스템과학’의 지구 탄생과 생동하는 지구, ‘물리학’의 힘과 에너지, ‘역학과 에너지’의 시공간과 운동, ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성, 생명의 연속성과 다양성, ‘세포와 물질대사’의 세포, 물질대사와 에너지, 세포호흡과 광합성 및 ‘생물의 유전’의 유전자와 유전물질, 유전자의 발현과 연계된다.
- 지구시스템의 균형이 깨짐으로써 인간세계에 주는 영향에 대해 조사·토론할 때, 주제와 관련된 과학이론이나 보도, 영상물, 전 지구 규모의 빅데이터와 시뮬레이션을 통해 지구시스템 차원의 연계성을 확인하고 디지털·인공지능 소양을 함양한다.
- 지구시스템을 구성하는 권역들 간의 상호작용이 지구 생명체의 존속에 기여하고 있으며, 미래세대를 위해 지구시스템을 최적의 상태로 보전해야 할 인류의 생태적 책임감을 인식시킨다.

- 안전사고 예방 대비책 및 장치에 대한 고안은 과제 연구나 프로젝트 학습을 통해 창의적 산출물을 고안하도록 지도할 수 있다.
- 스마트 기기의 앱을 활용한 다중점광사진, 가상현실 기기로 달에서의 중력 체험하기 등과 같이 디지털 탐구 도구를 적극 활용하여 디지털 소양을 함양함과 더불어 학생의 능동적 탐구를 유발한다.

〈통합과학2〉

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 지구와 생명의 역사에 포함된 화학 반응에는 산화·환원 반응, 산·염기 반응이 있으며, 화학 변화에는 에너지가 출입한다. • 지질시대를 통해 지질 구조를 포함한 환경과 생명체는 끊임없이 변천해왔으며, 변이의 발생과 자연선택의 과정을 통해 생명체가 진화하고 생물다양성이 형성된다. • 생태계 구성 요소 사이의 균형적인 상호 관계가 생태계 평형 유지를 위해 중요함을 인식하고, 환경 보전을 위한 노력을 실천한다. • 지구의 기후시스템은 태양복사와 지구복사의 영향을 받으며, 인간 활동에 의한 대기 중의 이산화탄소 농도 증가가 기후에 영향을 미친다. • 에너지는 여러 형태로 존재하면서 끊임없이 형태를 전환하는데, 이를 활용하여 전기 에너지를 얻을 수 있으며, 에너지의 지속가능하고 효율적인 활용이 중요하다. • 인공지능과 로봇이 미래 사회에서 인간의 삶과 문명에 막대한 영향을 준다는 것과 과학기술 발전의 양면성을 인식하고, 건전한 가치 판단에 따라 책임 있게 과학기술을 사회에 적용하고 활용한다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	변화와 다양성	• 지질시대의 생물과 화석 • 지질시대 환경 변화와 대멸종 • 자연선택 • 생물다양성 • 산화와 환원 • 산성과 염기성 • 중화 반응 • 물질 변화에서 에너지 출입	
	환경과 에너지	• 생태계 구성 요소 • 생태계 평형 • 대기와 해양의 상호작용 • 온실기체와 지구온난화 • 핵융합 • 발전 • 에너지 전환과 효율	
	과학과 미래 사회	• 감염병과 병원체 • 인공지능과 과학 탐구 • 로봇 • 과학기술과 윤리	
과정·기능		• 자연 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 • 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 • 다양한 도구를 활용하여 정보를 조사·수집·해석하기 • 수학적 사고와 모형을 활용하여 통합 및 융합 과학 관련 현상 설명하기 • 증거에 기반한 과학적 사고를 통해 자료를 과학적으로 분석·평가·추론하기 • 결론을 도출하고 자연 현상 및 융복합 문제 상황에 적용·설명하기 • 과학적 주장을 다양한 방법으로 소통하고, 의사결정을 위해 과학적 지식 활용하기	
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성	

	• 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유
--	---

나. 성취기준

(1) 변화와 다양성

[10통과2-01-01] 지질시대를 통해 지구 환경이 끊임없이 변화해 왔으며 이러한 환경 변화가 생물다양성에 미치는 영향을 추론할 수 있다. [10통과2-01-02] 변이의 발생과 자연선택 과정을 통해 생물의 진화가 일어나고, 진화의 과정을 통해 생물다양성이 형성되었음을 추론할 수 있다. [10통과2-01-03] 자연과 인류의 역사에 큰 변화를 가져온 광합성, 화석 연료 사용, 철의 제련 등에서 공통점을 찾아 산화와 환원을 이해하고, 생활 주변의 다양한 변화를 산화와 환원의 특징과 규칙성으로 분석할 수 있다. [10통과2-01-04] 대표적인 산·염기 물질의 특징을 알고, 산과 염기를 혼합할 때 나타나는 중화 반응을 생활 속에서 이용할 수 있다. [10통과2-01-05] 생활 주변에서 에너지를 흡수하거나 방출하는 현상을 찾아 에너지의 흡수 방출이 우리 생활에 어떻게 이용되는지 토의할 수 있다.	〈탐구 활동〉 • 생물 대멸종의 원인과 그 이후의 변화를 설명하는 여러 가설들의 타당성 평가하기 • 자연선택 과정에 대한 모의실험하기 • 산과 염기를 혼합할 때 용액의 온도를 측정하여 그래프로 나타내기 • 가열장치 없이 물과 산화 칼슘을 이용한 음식 조리 방법 설계하고 실험하기
--	---

(가) 성취기준 해설

- [10통과2-01-02] 변이의 발생과 자연선택 과정에 대한 모의실험을 수행하고 다윈의 자연선택 설을 중심으로 생물의 진화를 학습한다. 생물다양성을 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성으로 설명하고, 생물다양성을 보전하기 위한 구체적인 사례와 실천 방안을 탐색한다.
- [10통과2-01-03] 산화·환원 반응을 산소와 전자의 이동으로 설명하되, 산화수는 다루지 않는다.
- [10통과2-01-04] 산·염기 정의는 아레니우스 정의만 다루고, 중화 반응 과정에서의 변화는 용액의 온도 변화와 지시약의 색 변화만을 다룬다.
- [10통과2-01-05] 화학 반응의 열 출입에서 열화학 반응식, 엔탈피를 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’, ‘지권의 변화’, ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘생명과학’의 생명의 연속성과 다양성, ‘지구과학’의 지구의 역사와 한반도의 암석, ‘화학’의 역동적인 화학 반응과 연계된다.
- 산화·환원 반응과 산·염기 반응을 화학 반응의 예시로 이해하기보다는 우리 주변에서 경험하는 다양한 변화와 다양성의 예시로 이해할 수 있도록 한다.
- 에너지를 흡수하거나 방출하는 현상은 초·중학교 과학에서 다룬 다양한 화학 변화와 물리 변화에 근거하여 예시를 찾도록 지도하고, 학습한 내용이 이후 다양한 지구 및 생명 현상에 적용됨을 이해하게 한다.

(2) 환경과 에너지

- [10통과2-02-01] 생태계 구성요소를 이해하고 생물과 환경 사이의 상호 관계를 설명할 수 있다.
- [10통과2-02-02] 먹이 관계와 생태 피라미드를 중심으로 생태계 평형이 유지되는 과정을 이해하고, 환경의 변화가 생태계에 미칠 수 있는 영향에 대해 협력적으로 소통할 수 있다.
- [10통과2-02-03] 온실효과 강화로 인한 지구온난화의 메커니즘을 이해하고, 엘니뇨, 사막화 등과 같은 현상이 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향과 대처 방안을 분석할 수 있다.
- [10통과2-02-04] 태양에서 수소 핵융합 반응을 통해 질량 일부가 에너지로 바뀌고, 그중 일부가 지구에서 에너지 흐름을 일으키며 다양한 에너지로 전환되는 과정을 추론할 수 있다.
- [10통과2-02-05] 발전기에서 운동 에너지가 전기 에너지로 전환되는 과정을 이해하고, 열원으로서 화석 연료, 핵에너지를 이용하는 발전소가 인간 생활에 미치는 영향을 조사·발표할 수 있다.
- [10통과2-02-06] 에너지 효율의 의미와 중요성을 이해하고, 지속가능한 발전과 지구 환경 문제 해결에 신재생 에너지 기술을 활용하는 방안을 탐색할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 개체군 변동 모의실험하기
- 지구온난화에 따른 지구 열수지 변동 탐구하기
- 기후변화로 인한 생태계와 지구계의 미래 시나리오 구상하기
- 자석과 코일의 상대 운동에 의해 운동 에너지가 전기 에너지로 전환되는 과정 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [10통과2-02-01] 생태계 구성요소들이 서로 영향을 주고받음을 생물과 환경 사이의 상호 관계를 중심으로 학습한다.
- [10통과2-02-04] 태양에서 수소가 헬륨으로 핵융합하는 과정에서 질량이 줄어서 태양 에너지가 생성됨을 정성적으로만 다룬다.
- [10통과2-02-05] 코일을 통과하는 자기장의 세기가 변할 때 유도되는 전류를 관찰하여 전자기 유도 현상을 정성적으로 이해하고, 이를 이용한 간이 발전기를 만들어 발전소에서 전기

에너지를 만드는 방법을 설명한다.

- [10통과2-02-06] 에너지가 다양한 형태로 존재하고, 에너지가 다른 형태로 전환되는 과정에서 에너지의 총량이 보존됨을 일상생활의 사례 중심으로 설명한다. 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며 특히 화석 연료의 사용 과정에서 버려지는 열에너지로 인해 에너지 이용의 효율이 낮아진다는 것을 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘날씨와 기후변화’, ‘수권과 해수의 순환’, ‘운동과 에너지’, 고등학교 ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성, ‘지구과학’의 대기와 해양의 상호작용, ‘물리학’의 전기와 자기, ‘역학과 에너지’의 열과 에너지, ‘화학반응의 세계’의 산화·환원 반응과 연계된다.
- 이 영역에서는 인류가 환경과 에너지 문제에 어떻게 대처하고 있는지를 탐색하기 위해 탐구 실험 학습, 조사 학습, 프로젝트 학습 등을 활용하는 수업을 계획하여 전개할 수 있다.
- 지구 환경, 신재생 에너지 등과 같은 인류가 당면한 주요 문제에 대해 세계시민으로서 관심과 책임감을 느끼고, 이를 해결하기 위해 과학적 언어로 이해하고 과학 지식과 방법에 기초하여 해결 방안을 창의적으로 탐구·실천하도록 지도한다.

(3) 과학과 미래 사회

- [10통과2-03-01] 감염병의 진단, 추적 등을 사례로 과학의 유용성을 설명하고, 미래 사회 문제 해결에서 과학의 필요성에 대해 논증할 수 있다.
- [10통과2-03-02] 빅데이터를 과학기술사회에서 사용하고 있는 사례를 조사하고, 빅데이터 활용의 장점과 문제점을 추론할 수 있다.
- [10통과2-03-03] 인공지능 로봇, 사물인터넷 등과 같이 과학기술의 발전을 인간 삶과 환경 개선에 활용하는 사례를 찾고, 이러한 과학기술의 발전이 미래 사회에 미치는 유용성과 한계를 예측할 수 있다.
- [10통과2-03-04] 과학기술의 발전 과정에서 발생할 수 있는 과학 관련 사회적 쟁점(SSI)과 과학기술 이용에서 과학 윤리의 중요성에 대해 논증할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 핵산과 단백질을 이용한 감염병 진단 기술 체험하기
- 디지털 탐구 도구를 활용한 실시간 생활 데이터 측정하기
- 일상생활에 활용되는 로봇의 특징 분석 및 개선방안 고안하기

(가) 성취기준 해설

- [10통과2-03-02] 과학 실험, 기상 관측, 유전체 분석, 신약 개발 등과 같은 분야에서 많은 정보를 디지털 형태로 전환하여 대량의 데이터를 축적할 수 있게 되면서, 일상생활의 다양한 분야에서 폭넓게 활용할 수 있음을 소개한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 이 영역을 지도할 때 디지털 탐구 도구를 활용하여 자신에게 필요한 정보를 선별하고 자신이 찾은 정보를 비판적으로 평가하는 디지털 소양 함양에 초점을 둔다.
- 과학기술의 발전이 미래 사회에서 인류의 삶에 어떠한 영향을 미치는지 탐색하기 위해 탐구 실험 학습, 조사 학습, 프로젝트 학습 등을 활용하는 수업을 계획·전개할 수 있다.
- 마이크로프로세서를 탑재한 퍼지컬 컴퓨팅 기기 등 최신 디지털 탐구 도구를 적극적으로 이용하여 학생들이 생활 주변의 문제를 해결하기 위해 실시간 데이터를 수집, 저장, 처리하고 이를 바탕으로 창의적인 문제해결 방안을 도출하도록 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 관련 다양한 활동을 통해 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 관련 기초 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- (나) ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
 - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
 - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
 - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

- ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보 통신 기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’와 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 기상청 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교와 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.

- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

(마) 학생이 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생명체를 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

- (가) ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 과목의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.
- (나) ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가한다. 특히, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.
- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
- (라) ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 활용한다.

(2) 평가 방법

- (가) ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
 - 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
 - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
 - 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
 - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.
- (다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.
 - ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
 - ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
 - ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

- (라) ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’를 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필 평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.
- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
 - 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
 - 평가 도구를 개발할 때는 창의융합적 문제해결력과 인성 및 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
 - 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
 - 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.
- (마) 학생들의 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.
- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
 - 평가 결과를 학생의 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

과학탐구실험1, 과학탐구실험2

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’는 과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위한 과목이다. ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’에서는 모든 학생이 과학의 기본 개념을 익히고 과학 탐구 능력과 태도를 길러, 자연과 일상생활에서 접하는 현상을 과학적으로 이해하고, 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 과학적으로 해결하고 참여·실천하는 역량 함양에 중점을 둔다.

‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’는 중학교까지 학습한 과학 내용과 탐구 활동을 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하고, 고등학교 과학과 선택과목 학습에 필요한 최소한의 과학 기초 학력과 탐구 역량을 배양하기 위한 과목이다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. 이러한 과학적 소양을 바탕으로 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하기 위해 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’는 과학의 본성과 역사 속의 과학 탐구, 과학 탐구의 과정과 절차, 생활 속의 과학 탐구, 미래 사회와 첨단 과학 탐구 영역을 관통하는 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 아울러 구성하되, 과학 지식 생산을 위한 과학탐구실험 활동의 체험적·실천적 경험을 제공하는 데 중점을 둔다.

‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’에서는 첨단 과학기술과 지능형 과학실을 활용한 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다. ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’와 관련된 지식·이해와 가치·태도를 함양하기 위한 과학과 과정·기능을 체험함으로써 행위주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

자연 현상과 일상생활에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 과학적 탐구를 통해 주변의 현상을 이해하고 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 데 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 과학적 소양을 기른다.

- (1) 자연 현상과 일상생활에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로, 개인과 사회의 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 이해하고 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 자연 현상과 일상생활을 과학적으로 탐구하여 과학의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학·기술·사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

〈과학탐구실험1〉

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 과학사와 과학자들의 탐구실험에서 과학의 다양한 본성이 발견되며, 과학 탐구 수행 과정에서 과학의 본성을 경험할 수 있다. · 탐구할 문제와 상황 특성에 따라 탐구 활동은 문제 발견, 탐구 활동 계획 수립, 탐구 수행, 결과 표상 등의 과정으로 진행된다. · 주제에 따라 다양한 과학 탐구 방법을 활용하고, 과학에 대한 흥미와 호기심, 즐거움 등을 함양한다. · 과학 탐구는 흥미와 호기심, 협력, 증거에 근거한 결과 해석 등 다양한 과학적 태도가 필요하다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	과학의 본성과 역사 속의 과학 탐구	· 패러다임의 전환을 가져온 결정적 실험 · 과학의 본성 · 선조들의 과학	
	과학 탐구의 과정과 절차	· 귀납적 탐구 · 연역적 탐구 · 탐구 과정과 절차	
과정·기능		· 자연 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 · 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 · 다양한 도구를 활용하여 정보를 조사·수집·해석하기 · 수학적 사고와 모형을 활용하여 통합 및 융합 과학 관련 현상 설명하기 · 증거에 기반한 과학적 사고를 통해 자료를 과학적으로 분석·평가·추론하기 · 결론을 도출하고 자연 현상 및 융복합 문제 상황에 적용·설명하기 · 과학적 주장을 다양한 방법으로 소통하고, 의사결정을 위해 과학적 지식 활용하기	
가치·태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여	

나. 성취기준

(1) 과학의 본성과 역사 속의 과학 탐구

[10과탐1-01-01] 과학사에서 패러다임의 전환을 가져온 결정적 실험을 따라 해보고, 과학의 발전 과정에 관해 설명할 수 있다.

[10과탐1-01-02] 과학사의 다양한 사례들로부터 과학의 본성을 추론할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 경사면을 이용하여 질량이 다른 물체의 낙하 운동에 대한 갈릴레이의 실험 체험하기
- 크기, 시간, 온도 등 과학의 단위 및 도량형 발견의 역사 추적하기
- 멘델레예프의 주기율표 만들기

(가) 성취기준 해설

- [10과탐1-01-01] 과학사에서 패러다임의 전환을 가져온 대표적 사례로 갈릴레이가 수행했던 다양한 형태의 실험을 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’에서 다룬 탐구 활동 및 주제와 관련 지어 수행해본다.
- [10과탐1-01-02] 과학자들의 꾸준한 노력과 함께 과학자의 우연한 발견 등을 통한 과학 지식 도출과 과학 지식의 잠정성 등 다양한 사례를 통해 과학의 본성을 체험할 기회를 제공하고, 우리 선조들의 과학 기술 발전의 사례도 찾아본다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’의 물질과 규칙성, 시스템과 상호작용, 변화와 다양성, 환경과 에너지, 그리고 ‘과학의 역사와 문화’의 과학과 문명의 탄생과 통합과 연계된다.
- ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’에 제시된 과학사와 관련된 과학자들의 탐구 활동을 중심으로 직접 실험과 탐구를 수행하도록 지도할 수 있다. 특히 과학의 본성이나 가설연역적 탐구 방법 등을 직접적인 실험과 탐구 활동을 통해 체험할 수 있도록 한다.
- 과학사 내용을 담은 영상 등과 같은 시각 자료를 활용하여 과학 탐구 활동에 대한 흥미를 유발할 수 있다.

(2) 과학 탐구의 과정과 절차

- [10과탐1-02-01] 직접적인 관찰을 통한 탐구를 수행하고, 귀납적 탐구 방법을 설명할 수 있다.
- [10과탐1-02-02] 가설 설정을 포함한 과학사의 대표적인 탐구실험을 수행하고, 연역적 탐구 방법의 특징을 예증할 수 있다.
- [10과탐1-02-03] 탐구 수행에서 얻은 정성적 혹은 정량적 데이터를 분석하고 그 결과를 다양하게 표상하고 소통할 수 있다.
- [10과탐1-02-04] 흥미와 호기심을 갖고 과학 탐구에 참여하고, 분야 간 협동 연구 등을 통해 협력적 탐구 활동을 수행하며, 도출한 결과를 증거에 근거하여 해석하고 평가할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 파스퇴르의 생물 속생설 도출 과정 재연하기
- 손전등을 이용하여 뉴턴의 프리즘 실험 구현하기
- 관측 자료(빅데이터)를 활용하여 한반도의 기후변화 경향성 파악하기
- 화학 반응을 활용한 과학마술 시나리오 개발 및 시연하기
- 우리 주변에서 천연 항생 물질 찾기

(가) 성취기준 해설

- [10과탐1-02-01~02] 과학사의 다양한 사례를 중심으로 귀납적 탐구와 연역적 탐구 등을 다룬다.
- [10과탐1-02-02] ‘과학탐구실험1’에서 제시한 탐구 활동과 연계하여 귀납적 탐구 및 연역적 탐구를 학생들이 직접 수행함으로써 과학 지식의 변천 과정을 체험하게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘통합과학2’의 변화와 다양성, 환경과 에너지, 과학과 미래 사회 영역과 연계된다.
- 전 지구적 규모의 빅데이터를 활용한 귀납적 탐구, 과학사의 동시 발견 등 인류 차원의 과학발전과 과학의 본성을 체험하도록 지도할 수 있다.
- 파스퇴르의 생물 속생설 도출 과정, 주기율표 구성 과정 등을 프로젝트 학습의 형태로 진행함으로써 과학 탐구의 전체 과정과 해결책 도출 과정을 체험하고 올바른 과학적 태도를 배양하도록 지도할 수 있다.
- ‘관측 자료(빅데이터)를 활용하여 한반도의 기후변화 경향성 파악하기’ 등의 경우 전 지구 규모의 실측 데이터를 활용하여 지구시스템 차원의 연결성과 상호작용을 파악하고, 데이터의 디지털화와 시뮬레이션 등을 체험함으로써 디지털 소양을 함양하도록 지도할 수 있다.
- 과학 탐구에서 협업의 필요성과 의의를 강조하기 위해 생활 속의 과학 탐구와 관련된 과제 연구, 프로젝트 학습 등을 통해 탐구를 수행하도록 지도할 수 있다. 장기간의 공동 탐구 활동을 통해 올바른 과학적 태도와 탐구 과정을 체험하도록 지도할 수 있다.

〈과학탐구실험2〉

가. 내용 체계

핵심 아이디어		- 과학 탐구를 통해 생활 및 다양한 상황에 과학 지식을 적용한다. - 과학 탐구의 산출물은 첨단 과학기술 등 다양한 분야로 공유 및 확산된다. - 과학 탐구에서는 생명 존중, 연구 진실성, 지식 재산권 존중 등과 같은 연구 윤리와 함께 안전 사항을 준수해야 한다.
범주	구분	내용 요소
	생할 속의 과학 탐구	제품 속 과학 · 놀이 속 과학 · 스포츠 속 과학 · 문화예술 속 과학
지식·이해	미래 사회와 첨단 과학 탐구	- 첨단 과학기술 · 탐구 산출물 - 안전 사항 · 연구 윤리
과정·기능		- 자연 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 - 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 - 다양한 도구를 활용하여 정보를 조사·수집·해석하기 - 수학적 사고와 모형을 활용하여 STEM 관련 현상 설명하기 - 증거에 기반한 과학적 사고를 통해 자료를 과학적으로 분석·평가·추론하기 - 결론을 도출하고 자연 현상 및 STEM 상황에 적용·설명하기 - 과학적 주장을 다양한 방법으로 소통하고, 의사결정을 위해 과학적 지식 활용하기
가치·태도		- 과학의 심미적 가치 - 과학 유용성 - 자연과 과학에 대한 감수성 - 과학 창의성 - 과학 활동의 윤리성 - 과학 문제해결에 대한 개방성 - 안전·지속가능 사회에 기여 - 과학 문화 향유

나. 성취기준

(1) 생활 속의 과학 탐구

- [10과탐2-01-01] 영화, 건축, 요리, 스포츠, 미디어 등 생활 속의 과학 원리를 실험 등을 통해 탐구하고, 과학 원리를 활용한 놀이 체험을 통해 과학의 즐거움과 유용성을 느낄 수 있다.
- [10과탐2-01-02] 사회적 이슈나 생활 속에서 과학 탐구 문제를 발견하고, 이를 해결하기 위한 과학 탐구 활동을 계획하고 수행할 수 있다.
- [10과탐2-01-03] 과학 개념을 적용하여 실생활 문제의 해결방안을 창의적으로 고안하고, 필요한 도구를 설계·제작할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 미디어나 생활 속의 과학 원리와 유사과학 탐색·비평하기
- 스마트 기기를 이용하여 우리 주변에 서식하고 있는 다양한 생물을 조사하고 외래종이 생물다양성에 미치는 영향 논증하기
- 스마트 기기를 이용하여 놀이공원에서 다양한 운동의 가속도 비교하기
- 운동 관련 안전사고 예방 장치 고안하기
- 오염물질 측정 장치를 활용한 학교 주변 환경 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [10과탐2-01-01] 과학이 적용된 생활 제품, 영화, 건축, 요리, 스포츠, 미디어, 놀이 체험 등의 다양한 분야에서 몇 가지 사례를 중심으로 과학적 원리, 유용성과 가치, 즐거움 등을 깨달을 수 있는 탐구와 실험 활동을 진행한다.
- [10과탐2-01-02] ‘통합과학1’과 ‘통합과학2’에 제시된 일상생활과 관련된 탐구 주제 및 활동을 중심으로 사회적 현상과 이슈에서 문제를 찾고, 연구 윤리와 안전 사항을 준수하여 과학 탐구의 전체 과정을 수행하며, 해결책을 다양한 표상을 통해 산출하도록 한다.
- [10과탐2-01-03] ‘운동 관련 안전사고 예방 장치 고안하기’ 탐구 활동을 통해 협업의 가치를 깨닫고, 과학 탐구 전체 과정을 경험하여 공학적 설계 과정을 거쳐 창의적인 산출물을 고안하게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, 시스템과 상호작용, ‘통합과학2’의 변화와 다양성, 환경과 에너지 영역과 연계된다.

- 운동 관련 안전사고 예방 장치 고안하기, 오염물질 측정 장치를 활용한 학교 주변 환경 탐구하기 등의 활동을 통해 과학 장치의 유용성과 효율성 평가 준거 개발, 과학 탐구에서 협업의 필요성, 장치 기획에서부터 산출물 발표까지 과학 공동체 활동의 중요성을 인식하도록 지도할 수 있다.

(2) 미래 사회와 첨단 과학 탐구

[10과탐2-02-01] 첨단 과학기술 속의 과학 원리를 찾아내는 탐구 활동을 통해 과학 지식이 활용된 사례를 추론할 수 있다.

[10과탐2-02-02] 과학 원리가 적용된 첨단 과학기술 및 탐구 산출물을 발표하고 공유하며, 이를 확산할 수 있다.

[10과탐2-02-03] 탐구 활동 과정에서 지켜야 할 생명 존중, 연구 진실성, 지식 재산권 존중 등과 같은 연구 윤리와 함께, 과학기술 이용과 관련된 과학 윤리 및 안전 사항을 준수할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 마이크로 컨트롤러(Micro Controller unit)를 활용하여 물리적, 생명적 현상을 수집하고 분석하기
- 각종 센서를 활용한 생활 발명품 아이디어 고안 및 시제품 발표 대회 개최하기
- 희토류 등 자원탐사 및 정주 공간 확보를 위한 우주개발 사례 조사를 통해 과학기술의 발전 방향 평가하기

(가) 성취기준 해설

- [10과탐2-02-01] 마이크로 컨트롤러(Micro Controller unit)를 활용한 각종 자료 수집·분석 등의 활동을 통해 첨단 과학기술에 포함된 기초 과학 원리를 파악하고, 주변 환경을 탐구하고 개선하는 데 첨단 과학기술을 활용하는 체험을 제공한다.
- [10과탐2-02-02] 사물인터넷 센서의 실시간 데이터 활용 등을 통해 첨단 과학기술을 이용한 산출물을 만들어내는 탐구 활동을 진행한다.
- [10과탐2-02-03] 자원탐사 및 정주 공간 확보를 위한 우주개발 사례 조사 등의 활동을 통해 미래 과학기술의 발전 방향, 과학기술 이용과 관련된 환경정의, 안전 사항을 점검할 기회를 제공한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘통합과학2’의 환경과 에너지, 과학과 미래 사회 영역과 연계된다.

- 각종 센서를 활용한 생활 발명품 아이디어 고안 등의 탐구 활동을 통해 공학적 설계를 바탕으로 창의적 산출물을 만들어내는 과정을 체험하도록 지도할 수 있다.
- 생명 존중, 연구 진실성, 저작권 존중 등과 같은 연구 윤리 준수 및 안전 사항 준수를 포괄적으로 경험할 수 있는 탐구와 실험 활동을 진행할 수 있다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’와 관련한 다양한 활동을 통해 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 관련 기초 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- (나) ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해 뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.

- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

- ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적인 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보 통신 기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’와 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 기상청 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교와 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 관련된 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

(마) 학생이 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 실시하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생명체를 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

(가) ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 과목의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.

(나) ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가한다. 특히, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.

(다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

(라) ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 활용한다.

(2) 평가 방법

(가) ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.

(나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.

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

(다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.

- ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
- ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
- ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

(라) ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’를 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필 평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

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

(마) 학생들의 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를

취한다.

- 평가 결과를 학생의 ‘과학탐구실험1’과 ‘과학탐구실험2’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

물리학

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘물리학’은 모든 자연 현상과 과학기술을 이해하는 데 필요한 기초 개념을 제공하고 자연 세계에 대한 본질적 이해를 추구하는 학문이다. 물리학은 자연 세계의 신비를 탐구하면서 얻을 수 있는 지적 희열을 제공할 뿐만 아니라, 물리 탐구를 통해 생성된 과학 지식은 공학과 기술에 응용되어 현대 문명과 일상생활에도 지대한 영향을 주고 있다.

‘물리학’은 21세기를 살아가는 데 필요한 미래 사회의 핵심역량과 민주 시민으로서 갖추어야 할 물리학에 대한 기초 소양을 함양하기 위한 과목이다. ‘물리학’은 일상생활이나 자연 현상, 첨단 과학기술 속에 물리학의 기본 법칙이 담겨있음을 알고 이들 현상을 이해하고 탐구할 수 있는 능력을 바탕으로 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 과학적으로 해결하고 참여·실천하는 역량을 함양하는 데 중점을 둔다.

‘물리학’은 초등학교 ‘과학’부터 고등학교 ‘통합과학1, 2’, ‘과학탐구실험1, 2’까지 다룬 물리학의 기초 개념을 바탕으로 자연 현상을 체계적으로 이해하기 위한 과목이다. ‘물리학’의 내용은 고등학교 진로선택 과목 ‘역학과 에너지’, ‘전자기와 양자’ 및 융합선택 과목 ‘과학의 역사와 문화’, ‘융합과학 탐구’와 긴밀한 연계를 가진다.

‘물리학’은 직접 관찰 가능한 거시세계 현상에서 시작하여 인간의 지각 범위를 초월하는 미시세계로 이어지는 스토리라인에 따라 힘과 에너지, 전기와 자기, 빛과 물질 영역으로 구성된다. 힘과 에너지 영역에서는 물체의 운동 상태 변화를 물체가 받는 힘과의 관계 및 에너지 전환과 보존 관점에서 이해하는 것을 주요 내용으로 한다. 전기와 자기 영역에서는 전기장과 자기장이 서로 유도하는 현상에 대한 이해를 바탕으로 전기 에너지 활용과 유무선 정보 통신 기술에 대한 응용을 다룬다. 빛과 물질 영역에서는 미시세계에서 일어나는 현상을 빛과 물질의 이중성을 중심으로 학습하고 원자 구조에 대한 이해를 바탕으로 반도체 소자의 원리를 소개한다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. ‘물리학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 함양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 행위 주체로서 갖추어야 할 과학적 소

양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

자연 현상과 일상생활에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 자연의 신비와 아름다움을 인식하고, 물리학의 기본 개념을 통합적으로 이해하며 올바른 과학적 태도를 기른다. 또한 물리학의 탐구 능력을 함양하고 이를 활용하여 물리학과 관련된 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 데 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 과학적 소양을 기른다.

- (1) 자연 현상과 일상생활에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 물리학과 관련된 개인과 사회의 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 이해하고 물리학과 관련된 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 자연 현상과 일상생활을 과학적으로 탐구하여 물리학의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 물체에 알짜힘이 작용하면 속도 변화가 일어나며, 이러한 관계는 일상생활에서 안전하고 편리한 삶에 적용된다. · 자연계에서 벌어지는 모든 현상에서 에너지는 보존되고 전환되며, 이때 전환되는 에너지를 효율적으로 활용하는 것은 현대 기술 문명에서 중요하다. · 전하를 띤 입자는 전기장을 만들어 다른 전하에 전기력을 가하며, 이는 전기 회로에서 전기 에너지를 저장하고 소비하는 장치의 기본 원리이다. · 전기와 자기가 서로 관련되는 현상은 전기 에너지의 전환, 전기 신호와 에너지 전달과 관련된 기술에 적용된다. · 빛이 중첩, 간섭, 굴절하고 물질과 상호작용하는 성질은 광학 기기, 정밀 측정, 영상 장치 등 다양한 기술에 활용된다. · 원자 내의 전자는 양자화된 에너지 준위를 가지며, 이러한 성질은 반도체 소자의 발명으로 응용되어 현대 문명과 산업을 혁신적으로 변화시켰다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	힘과 에너지	· 평형과 안정성 · 뉴턴 운동 법칙 · 일-에너지 정리 · 역학적 에너지 보존 · 열과 에너지 전환	
	전기와 자기	· 전기장과 전위차 · 축전기 · 자성체 · 전류의 자기 작용 · 전자기 유도	
	빛과 물질	· 중첩과 간섭 · 굴절 · 빛과 물질의 이중성 · 에너지띠와 반도체 · 광속 불변	
과정·기능		· 물리 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 · 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 · 다양한 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집·기술하기 · 증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가·추론하기 · 결론을 도출하고 자연 현상 및 기술 상황에 적용하여 설명하기 · 모형을 생성하고 활용하기 · 다양한 매체를 활용하여 표현하고 의사소통하기	
가치·태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제 해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 힘과 에너지

- [12물리01-01] 물체에 작용하는 알짜힘과 돌림힘이 0일 때 평형을 이룸을 알고, 다양한 구조물의 안정성을 분석할 수 있다.
- [12물리01-02] 뉴턴 운동 법칙으로 등가속도 운동을 설명하고, 교통안전 사고 예방에 적용할 수 있다.
- [12물리01-03] 작용과 반작용 관계와 운동량 보존 법칙을 알고, 스포츠, 교통수단, 발사체 등에 적용할 수 있다.
- [12물리01-04] 일과 운동 에너지의 관계를 이해하고, 위치 에너지와 역학적 에너지 보존 법칙을 설명할 수 있다.
- [12물리01-05] 역학적 에너지가 열의 형태로 전환될 때 에너지 총량이 변하지 않음을 설명할 수 있다.
- [12물리01-06] 열이 역학적 에너지로 전환되는 과정의 효율을 정성적으로 이해하고, 영구기관이 불가능함을 사례를 통해 논증할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 동영상을 활용하여 물체의 등가속도 운동 분석하기
- 일차원 충돌 상황에서 운동량 보존 확인하기

(가) 성취기준 해설

- [12물리01-01] 일상생활에서 접할 수 있는 다양한 상황에서 돌림힘을 적용하되, 동역학적 상황이나 돌림힘의 기준점이 2개 이상이 되는 등 현실에서 찾기 힘든 복잡한 상황은 다루지 않는다.
- [12물리01-04] 역학적 에너지 보존의 예로 지표 근처의 중력에 의한 위치 에너지와 탄성력에 의한 위치 에너지를 포함한다.
- [12물리01-05] 열역학 과정을 명시적으로 다루지 않고, 열의 형태로 에너지가 전환되면서 발생하는 다양한 현상으로 열전달, 물질의 상태 변화, 기상 현상 등 중학교 과정에서 다룬 내용을 정성적으로 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘힘의 작용’과 ‘운동과 에너지’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호 작용, ‘역학과 에너지’의 시공간과 운동 및 열과 에너지와 연계된다.
- 고등학교에서 물리학을 처음 시작하는 영역으로서, 물리학이란 무엇이며 인류 문명과 일상 생활에서 어떤 의의가 있는지를 소개하는 내용을 포함하여 수업을 구성할 수 있다.
- 뉴턴 역학과 운동량, 충격량을 다룰 때는 동영상을 분석하거나 마이크로프로세서 기반 장치 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 창의적으로 설계하는 경험을 제공하고 학생의 흥미를 유발하

여 적극적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.

- 학생들이 역학 실험을 실제로 수행하여 예상 값과 결과 값이 일치하거나 다르게 나오는 이유에 대해서 추론하고 근거를 제시하며 토의하게 할 수 있다.
- 열역학 법칙, 열역학 과정, 열기관은 고등학교 ‘역학과 에너지’에서 정량적으로 다루므로, 이 영역에서는 에너지 전환 과정에서 출입하는 열을 고려할 때 에너지 총량이 보존된다는 점에 초점을 맞추어 정성적으로 접근한다.

(2) 전기와 자기

- [12물리02-01] 전하를 띤 입자들이 전기장과 전위차를 형성하여 서로 전기적으로 상호작용함을 설명할 수 있다.
- [12물리02-02] 전기 회로에서 저항의 연결에 따라 소비 전력이 달라짐을 알고, 다양한 전기 기구에서 적용되는 사례를 찾을 수 있다.
- [12물리02-03] 축전기에서 전기 에너지를 저장하는 원리가 각종 센서와 전기 신호 입력 장치 등 실생활 제품에서 활용됨을 설명할 수 있다.
- [12물리02-04] 자성체의 종류를 알고 일상생활과 산업 기술에서 자성체가 활용되는 예를 찾을 수 있다.
- [12물리02-05] 전류의 자기 작용을 이용하여 에너지를 전환하는 장치의 원리를 알고, 스피커와 전동기 등을 설계할 수 있다.
- [12물리02-06] 전자기 유도 현상이 센서, 무선통신, 무선충전 등 에너지 전달 기술에 적용되어 현대 문명에 미친 영향을 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 저항의 직렬연결과 병렬연결에서 전류와 전압 측정하여 비교하기
- 다양한 재료를 활용하여 스피커를 설계하고 제작하여 음성 정보의 전기적 재생 과정 탐색하기
- 전자기 유도 작용을 이용한 무선 충전 원리를 이해하고 구현하기

(가) 성취기준 해설

- [12물리02-02] 저항의 연결에 따른 차이를 설명하는 사례로 가정에서 여러 개의 전기 제품을 병렬연결하여 사용하는 상황 등을 제시하고, 전기 안전과 연관지어 안전한 전기 사용 방안을 도출하도록 한다.
- [12물리02-03] 축전기에서 전기 에너지가 저장되는 원리와 활용 방안을 다루되, 축전기의 전기 용량, 연결, 유전체는 포함하지 않는다.
- [12물리02-05] 전류의 자기 작용의 예시로 스피커와 전동기의 원리를 에너지 전환 관점에서 설명하고, 학생들이 스피커를 공학적으로 설계하고 제작하도록 지도한다.
- [12물리02-06] 전자기 유도 법칙 자체보다는 에너지와 신호 전달 기술에 초점을 맞추어 내용을 전개한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘전기와 자기’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘전자기와 양자’의 전자기적 상호작용과 연계된다.
- 이 영역에서는 전기와 자기의 상호작용을 에너지 관점으로 해석하여 전자기 현상이 전기 회로와 전자 제품 등 실생활에 활용되는 예를 중심으로 접근한다.
- 전기장을 전기력선으로 표현하고 전기장을 정량적으로 구하는 것은 고등학교 ‘전자기와 양자’에서 다루고 있음을 고려할 때, 이 영역에서는 전하에 의해서 전기장이 생성된다는 점을 정성적으로 다룬다.
- 전자기학 원리가 적용된 기기나 제품의 기초 과학 원리를 파악하고, 공학적 설계를 바탕으로 창의적 산출물을 만들어내기 위한 탐구 활동이 포함되도록 기획할 수 있다.

(3) 빛과 물질

- [12물리03-01] 빛의 중첩과 간섭을 통해 빛의 파동성을 알고, 이를 이용한 기술과 현상을 예를 들어 설명할 수 있다.
- [12물리03-02] 빛의 굴절을 이용하여 볼록렌즈에서 상이 맺히는 과정을 설명하고, 반도체와 디스플레이 제작 공정에서 중요하게 활용됨을 인식할 수 있다.
- [12물리03-03] 빛과 물질의 이중성이 전자 현미경과 영상 정보 저장 등 다양한 분야에 활용됨을 설명할 수 있다.
- [12물리03-04] 원자 내의 전자는 양자화된 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰 증거를 바탕으로 논증할 수 있다.
- [12물리03-05] 고체의 에너지띠 구조로부터 도체와 부도체의 차이를 알고, 반도체 소자의 원리를 설명할 수 있다.
- [12물리03-06] 모든 관성계에서 빛의 속력이 동일하다는 원리로부터 시간 팽창, 길이 수축 현상이 나타남을 알고, 이러한 지식이 사회에 미친 영향을 조사할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭 관찰하기
- 볼록렌즈에 의한 실상을 관찰하여 상의 위치와 초점거리 찾기

(가) 성취기준 해설

- [12물리03-02] 상이 맺히는 과정을 설명하기 위해 광선 추적법을 도입하며, 결상 공식이나 렌즈 제작자 공식, 복합 렌즈 등 복잡한 상황은 다루지 않는다. 광학 기술이 반도체 제작 공정에서 매우 정밀한 회로 기판을 인쇄하는 데 사용됨을 포토 리소그래피(photo-lithography) 과정을 중심으로 개략적으로 소개한다.
- [12물리03-04] 수소 선스펙트럼 결과를 바탕으로 보어(Bohr)의 수소 원자 모형을 제시하고, 보어 모형의 한계를 언급한다.

- [12물리03-05] 반도체 소자의 원리를 설명하는 사례로 p-n 접합과 다이오드를 다룬다.
- [12물리03-06] 특수 상대성 이론은 광속 불변의 결과로 시간 팽창과 길이 수축이 일어나는 현상 위주로 설명하고, 동시성의 상대성과 정량적 계산은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘빛과 파동’, 고등학교 ‘전자기와 양자’의 빛과 정보 통신과 양자와 미시세계와 연계된다.
- 빛의 반사, 굴절, 간섭, 중첩과 관련된 현상들을 생활 속에서 찾고 탐구 활동을 통해 직접 경험하도록 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘물리학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

- ‘물리학’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보 통신 기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘물리학’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간

으로 자료를 측정하거나 기상청 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.

- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.
- 교육용 마이크로프로세서를 활용한 피지컬 컴퓨팅을 탐구 실험·실습에 도입하여 학생의 참여도를 높이고 융복합적 문제해결 능력을 신장하는 기회를 제공한다.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(나) ‘물리학’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.

(다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한

평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

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

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

나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.

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

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

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

화학

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘화학’은 21세기를 살아가는 데 필요한 핵심역량과 시민으로서 갖추어야 할 화학에 대한 기초 소양을 함양하기 위한 과목이다. ‘화학’은 일상생활이나 자연 현상에 적용되는 물질 세계의 기본 법칙을 다루고, 개인과 사회의 문제를 해결할 때 필요한 화학적 소양과 문제해결력을 기르는 것을 목적으로 한다.

‘화학’은 초등학교 ‘과학’부터 고등학교 ‘통합과학1, 2’, ‘과학탐구실험1, 2’까지 다룬 화학 영역의 기초 개념을 바탕으로, 고등학교 과학과 진로선택 과목 학습에 필요한 화학 지식과 화학적 기초 소양을 키우기 위한 과목이다. ‘화학’은 ‘통합과학1, 2’, ‘과학탐구실험1, 2’, 고등학교 진로선택 ‘물질과 에너지’와 ‘화학반응의 세계’, 융합선택 과목과 긴밀한 연계를 가진다.

‘화학’은 화학의 언어, 물질의 구조와 성질, 화학 평형, 역동적인 화학 반응의 4개 영역으로 구성된다. 화학의 언어 영역에서는 화학 학습의 기초에 해당하는 내용을, 물질의 구조와 성질 영역에서는 분자 구조를 바탕으로 물질의 성질에 대한 이해를, 화학 평형 영역에서는 화학 반응에서 가역 반응을 해석하고 변인에 따른 화학 변화의 방향성을, 역동적인 화학 반응 영역에서는 산과 염기가 반응할 때의 양적 관계를 다룬다.

‘화학’은 자연 세계를 탐구하면서 얻을 수 있는 지적 희열을 제공하고, 화학 탐구를 통해 생성된 과학 지식은 공학과 기술에 응용되어 지속가능한 사회를 위한 문제해결과 첨단 과학기술 개발에 활용된다. 반도체, 전지, 의약품, 화장품 등 현대인의 삶과 공존하는 대부분의 영역에서 화학을 직·간접적으로 활용하고 있으며, 학생들은 화학을 학습함으로써 자연 세계의 다양한 현상을 화학적으로 해석할 수 있는 능력을 함양하고, 화학적 원리가 인간의 삶에 주는 영향을 폭넓게 이해할 수 있다. 이러한 이해는 일상생활의 다양한 문제 상황을 합리적으로 설명하고 예측하는 사고의 기반을 형성하고, 개인과 공동체가 문제 상황에 직면하였을 때 과학적이고 합리적인 태도로 의사 결정을 할 수 있는 역량의 기반이 된다. ‘화학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있으며, 이를 바탕으로 과학적 사고력을 갖춘 미래 사회 시민으로서 개인, 사회의 문제를 과학적으로 접근하고 해결할 수 있을 것이다.

나. 목표

자연 현상과 일상생활의 경험에 대하여 흥미와 호기심을 가지고, 화학의 핵심 개념에 대한 이해와 과학 탐구를 통해 주변의 현상을 이해하여 민주 시민으로서 과학적이고 창의적인 태도로 개인과 사회 문제해결에 참여하는 데 필요한 과학적 소양을 기른다.

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 물은 화학 반응에 참여하는 물질의 양을 나타내는 단위로, 과학 · 공학 · 의학 등에서 표준화된 소통의 도구로 활용된다. · 분자의 구조는 물질의 물리적, 화학적 성질을 결정하고, 이는 과학 · 기술 · 사회에서 유용하게 활용된다. · 가역 반응이 평형에 도달하게 되는 것은 생명 현상을 이해하는 핵심 원리이며 산업에서 중요하게 쓰인다. · 물 농도 개념을 응용한 pH는 여러 분야에서 사용되며, 중화 반응의 양적 관계에 대한 이해는 지속가능한 삶에 활용된다.
범주 \ 구분		내용 요소
지식 · 이해	화학의 언어	· 화학의 유용성 · 물 · 화학 반응의 양적 관계
	물질의 구조와 성질	· 전기 음성도 · 공유 결합의 극성 · 루이스 전자점식 · 전자쌍 반발 이론 · 분자의 구조
	화학 평형	· 가역 반응과 동적 평형 · 평형 상수 · 평형의 이동
	역동적인 화학 반응	· 물 농도 · 물의 자동 이온화와 pH · 중화 반응의 양적 관계
과정 · 기능		· 물질 현상에서 문제 발견 및 가설 설정하기 · 변인을 조작적으로 정의하고, 탐구 설계하기 · 디지털 탐구 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집 · 변환 · 해석하기 · 증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석 · 평가 · 추론하기 · 결론을 도출하고 물질 현상을 설명 · 예측하기 · 모형을 만들어 물질 현상을 해석하기 · 도출된 결론을 바탕으로 해결 방안에 대한 합리적 의사 결정하기 · 매체를 활용하여 의사소통 · 협업하기
가치 · 태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제해결에 대한 개방성 · 안전 · 지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유

나. 성취기준

(1) 화학의 언어

- [12화학01-01] 화학이 현대 과학·기술·사회의 발전에 기여한 사례를 조사·발표하며 화학에 흥미와 호기심을 가질 수 있다.
- [12화학01-02] 다양한 단위를 몰로 환산할 수 있음을 이해하고, 물질의 양을 몰 단위로 표현할 수 있다.
- [12화학01-03] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고, 화학 반응에서 물질의 양적 관계를 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 다양한 물질의 물질량을 탐색하고, 특정한 몰수에 해당하는 물질의 질량 측정하기
- 화학 반응에서의 양적 관계를 확인할 수 있는 실험을 계획하고 수행하기

(가) 성취기준 해설

- [12화학01-03] 화학 반응식의 계수비는 반응하는 물질의 몰수비임을 강조하고, 화학 반응의 양적 관계를 다룰 때는 물질량을 이용하여 몰수로 표현하면 반응물과 생성물의 양적 관계를 쉽게 이해할 수 있음을 강조한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 구성과 화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘물질과 에너지’의 용액의 성질, ‘화학반응의 세계’의 산 염기 평형과 연계된다.
- 화학이 인류의 문제를 해결하는 데 기여한 다양한 사례를 조사하여 화학을 학습해야 하는 이유와 중요성을 깨닫도록 지도한다.
- 몰은 물질의 양을 나타내는 기본 물리량으로 학생들이 수치적 계산에 치우치지 않고 물질의 양 표현에 대한 편리성이 있음을 인식할 수 있도록 지도한다.

(2) 물질의 구조와 성질

- [12화학02-01] 실험을 통해 화학 결합의 전기적 성질을 설명할 수 있다.
- [12화학02-02] 전기 음성도의 주기적 변화를 이해하고, 결합한 원소들의 전기 음성도 차이와 쌍극자 모멘트를 이용하여 결합의 극성을 판단할 수 있다.
- [12화학02-03] 원자와 분자를 루이스 전자점식으로 표현하고, 전자쌍 반발 이론을 근거로 분자의 구조를 추론하여 모형으로 나타낼 수 있다.
- [12화학02-04] 물질의 물리적, 화학적 성질을 분자의 구조와 연관 짓고, 이에 대한 호기심을 가질 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 물의 전기 분해 실험하기
- 소프트웨어를 활용하여 분자 구조 모델링하기

(가) 성취기준 해설

- [12화학02-02] 쌍극자 모멘트는 정성적으로 다룬다.
- [12화학02-03] 중심 원자는 2, 3주기 전형 원소 중 Be, B와 옥텟 규칙을 따르는 경우로 한정한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 구성’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘물질과 에너지’의 물질의 세 가지 상태, 용액의 성질과 연계된다.
- 분자 구조를 이해하면 공유 결합 화합물의 성질을 예측하고 설명할 수 있음을 학습함으로써 화학의 유용성을 깨닫도록 지도한다.
- 소프트웨어를 활용하여 분자 구조를 모델링하는 경험을 통해 디지털 소양을 함양하도록 지도한다.
- 물의 전기 분해 실험을 할 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

(3) 화학 평형

- [12화학03-01] 가역 반응에서 나타나는 화학 평형 상태의 특징을 설명할 수 있다.
- [12화학03-02] 화학 반응에서 반응물과 생성물의 농도 자료를 통해 평형 상수의 의미를 설명할 수 있다.
- [12화학03-03] 반응 지수의 의미를 알고, 이를 평형 상수와 비교하여 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.
- [12화학03-04] 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형의 이동을 이해하고, 이를 일상생활 속 현상을 설명하는 데 적용하여 화학의 유용함을 느낄 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 자료 해석을 통해 화학 평형에서 농도비의 규칙성을 찾는 탐구하기
- 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형 이동 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [12화학03-01] 가역 반응의 예시를 들 때 거시적으로 관찰 가능한 화학 평형 상태의 특징과 동적 평형 상태를 구분하여 다룬다.
- [12화학03-02] 몰 농도 개념에 대한 설명은 평형 상수의 의미를 이해하는 데 필요한 정도로만 하고 자세한 내용은 ‘역동적인 화학 반응’에서 다룬다. 압력 평형 상수는 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학2’의 변화와 다양성, ‘물질과 에너지’의 화학 변화의 자발성, ‘화학반응의 세계’의 산 염기 평형과 연계된다.
- 우리 주변의 다양한 가역 반응의 예시를 들어 화학 평형이 일상생활과 가까운 현상임을 느낄 수 있게 지도한다.
- 생명 현상에서 일어나는 화학 평형, 산업 현장에서 수득률을 높이기 위해 화학 평형을 이용한 사례를 조사하여 진로 탐색에 도움을 준다.
- 실험을 직접 수행하기 어려운 경우 모의실험 등을 활용하여 지도한다.
- 실험을 할 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

(4) 역동적인 화학 반응

[12화학04-01] 물의 자동 이온화와 물의 이온화 상수를 이해하고, 수소 이온의 농도를 pH로 표현할 수 있다.

[12화학04-02] 물 농도의 의미를 이해하고, 원하는 물 농도의 용액을 만들 수 있다.

[12화학04-03] 중화 반응을 이해하고, 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.

[12화학04-04] 중화 적정 실험을 계획하고 수행하여 미지 시료의 농도를 찾을 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 강산이나 강염기 희석 시 물 농도에 따른 pH 데이터를 수집하여 그래프로 표현하고 해석하기
- 적절한 실험 도구를 사용하여 표준 용액 만들기
- 식초 속 아세트산 함량 구하는 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [12화학04-03] 중화 반응에서의 양적 관계는 강산과 강염기의 반응으로 제한한다.
- [12화학04-04] 중화 적정 곡선은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학2’의 변화와 다양성, ‘화학 반응의 세계’의 산 염기 평형과 연계된다.
- 산과 염기 수용액을 다룰 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(나) ‘화학’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.

- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절한 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘화학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 교수·학습 방법

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

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

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

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

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

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

- 실험 기구의 사용 방법과 실험 약품에 대한 물질안전보건자료를 안내하고, 실험실 안전 교육을 실시한다.
- 실험 과정에서 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘화학’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
- 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
 - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
 - 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
 - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.
- (다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘화학’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.
- ‘화학’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
 - ‘화학’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
 - ‘화학’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.
- (라) ‘화학’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필 평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.
- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
 - 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
 - 평가 도구를 개발할 때는 창의 융합적 문제해결력 및 인성과 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
 - 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
 - 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용할 수 있다.
- (마) 학생들의 ‘화학’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.
- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘화학’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.

- 평가 결과를 학생의 '화학' 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

생명과학

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘생명과학’은 ‘생명과학 기초 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위한 과목이다. ‘생명과학’에서는 생명과학 탐구능력과 태도를 함양하며, 생명과학 분야의 기본 개념을 이해하고, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 생명 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결하는 역량 함양에 중점을 둔다.

‘생명과학’은 중학교 ‘과학’, 고등학교 ‘통합과학1, 2’, ‘과학탐구실험1, 2’ 및 고등학교 진로선택 과목인 ‘생물의 유전’, ‘세포와 물질대사’, 융합선택 과목인 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학 탐구’와 긴밀하게 연계되어 있다.

‘생명과학’은 통합과학까지 학습한 지식과 실천을 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하기 위해 생명과학을 관통하는 기본 개념 중 생명 시스템의 구성, 항상성과 몸의 조절, 생명의 연속성과 다양성의 3개 영역으로 구성된다. ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성 영역은 세포로부터 생태계에 이르는 생명의 구성 단계와 생물 및 생명과학의 특성을 다루고, 항상성과 몸의 조절 영역은 자극에 대한 반응과 항상성, 인체의 면역 반응을 다루며, 생명의 다양성 영역은 유전 정보와 생식세포, 진화와 생물의 다양성을 다룬다.

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

나. 목표

자연과 일상생활에서 생명과학에 대한 흥미와 호기심을 가지고 생명 현상 탐구를 바탕으로 생명과학 기초 개념을 통합적으로 이해하여 올바른 자연관과 생명관을 기른다. 또한, 생명과학 탐구능력을 함양하고 일상생활에서 생명과학 관련 문제를 해결하는 과정에서 과학적이고 창의적으로 해결하는데 필요한 과학적 소양을 기른다.

- (1) 생명 현상에 대한 과학적 흥미와 호기심을 바탕으로, 생명과학 관련 일상생활 문제를 인식하고 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 활용하여 생명과학 관련 문제의 해결 방안을 탐색하고 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 생명 현상을 과학적으로 탐구하여 생명과학의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 생명 시스템은 세포로부터 생태계까지의 단계로 구성되어 있으며, 물질대사 및 기관계의 통합적 작용을 통해 생명 활동을 유지한다. · 생물과 환경, 생태계를 이루는 군집, 개체군 내 생물들의 상호작용을 이해하고, 다양한 생물이 하나의 생태계에서 더불어 살아가는 것의 가치를 인식한다. · 다양한 자극에 대해 신경계를 통해 신경 자극의 전도와 전달이 이루어져 반응하며, 신경계와 내분비계에 의한 우리 몸의 항상성 조절 원리는 건강한 몸 유지에 적용된다. · 우리 몸은 선천적· 후천적 면역 반응으로 병원체를 방어하며, 백신 접종을 통해 감염병을 효율적으로 예방한다. · 염색체에 유전자가 존재하고, 생식세포 형성과정을 통해 유전적 다양성이 자손에게 전달된다. · 생물은 환경에 적응하여 진화하며, 분류 체계에 따라 생물들의 유연관계는 계통수로 표현된다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	생명시스템의 구성	· 생명과학의 이해 · 생명의 구성 단계 · 물질대사와 에너지 · 사람 기관계의 통합적 작용 · 대사성 질환 · 생태계의 구조와 기능 · 개체군의 특성 · 군집의 특성	
	항상성과 몸의 조절	· 뉴런의 구조와 기능 · 신경 자극의 전도와 시냅스 전달 · 신경계의 구조와 기능 · 내분비계의 특성 · 항상성 유지 원리 · 선천적· 후천적 면역 · 항원· 항체 반응 · 백신의 작용 원리	
	생명의 연속성과 다양성	· 염색체의 구조 · DNA와 유전자 · 생식 세포의 형성과 의의 · 진화의 원리 · 생물 분류 체계 · 동물과 식물의 다양성과 계통수	
과정·기능		· 생물 특징과 생명 활동 관계 추론하기 · 생명 현상에서 문제 발견 및 가설 설정하기 · 생명과학 탐구 설계, 수행 및 조사하기 · 생명과학적 근거를 기반으로 자료 해석, 분석 및 결론 도출하기 · 모형 생성하여 생명 현상 설명하기 · 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통하기	
가치·태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제 해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 생명 시스템의 구성

- [12생과01-01] 생물 및 생명과학의 특성을 이해하고 생명과학의 성과를 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12생과01-02] 세포에서부터 생태계까지 생명 시스템의 구성 단계의 특징을 바탕으로 체계적인 설명 자료를 만들 수 있다.
- [12생과01-03] 물질대사 과정에서의 에너지 전환 과정을 바탕으로 다양한 생명 활동에서의 에너지 사용을 추론할 수 있다.
- [12생과01-04] 소화, 순환, 호흡, 배설 과정이 기관계의 통합적 작용으로 나타남을 신체의 생리적 변화와 연관지어 추론할 수 있다.
- [12생과01-05] 물질대사 관련 질병 조사를 위한 방법을 고안하여 수행하고 대사성 질환을 예방하기 위한 올바른 생활 습관에 대해 토의하며 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12생과01-06] 생태계의 구조를 이해하고 물질의 순환과 에너지의 흐름을 추론하여 생태계 구성 요소들의 중요성을 설명할 수 있다.
- [12생과01-07] 개체군과 군집의 특성을 이해하고 이들의 상호작용의 예를 조사하여 발표할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 소화제와 소화 효소를 이용한 영양소 분해 실험하기
- 방형구법으로 식물 군집 분석하기

(가) 성취기준 해설

- [12생과01-01] 생물과 비생물의 특성을 비교하고, 생명과학 분야의 학문적 특징은 간략하게 다루며, 현대 생명과학 분야의 성과는 여러 학문 분야의 성과와 결합되어 나타난다는 것에 초점을 두도록 한다.
- [12생과01-02] 세포로부터 개체, 그리고 생태계에 이르기까지 생물의 구성 단계들이 구조적 체계를 이루고 있으며, 각각이 생명 시스템으로서 기능을 하고 있다는 것을 다룬다.
- [12생과01-03] ATP 구조를 구체적으로 다루기보다는 모든 살아있는 세포는 물질대사 과정에서 에너지가 ATP로 저장되고 사용된다는 수준에서 다루도록 한다.
- [12생과01-04] 기관계의 통합적 작용을 실제 인체 활동 과정에서 나타나는 생리적 변화의 사례를 바탕으로 설명하도록 한다.
- [12생과01-06] 생태계를 하나의 살아있는 유기체와 같은 개념으로서 이해하도록 하여 외부 환경의 변화에 의해 생태계 평형이 깨질 수 있음을 다룬다.

- [12생과01-07] 개체군 내의 상호작용은 텃세, 순위제, 리더제, 사회생활, 가족생활을, 군집 내의 상호작용은 종간 경쟁, 분서, 공생, 기생, 포식과 피식을 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’, ‘동물과 에너지’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘세포와 물질대사’의 세포, 물질대사와 에너지와 연계된다.
- 생물과 비생물의 특성 이해를 위한 활동에서는 바이러스와 휴머니오이드의 구조와 기능을 모식도나 모형으로 설명하도록 지도한다.
- 사람 기관계의 통합적 작용은 정보 그림, 영상, 역할놀이 등 다양한 방법을 활용하여 표현할 수 있도록 지도한다.
- ‘생태전환교육’의 차원에서 생태계 구조와 기능의 중요성을 설명한다.

(2) 항상성과 몸의 조절

- [12생과02-01] 신경 세포의 구조와 기능을 이해하고, 신경 세포에서의 전도 과정을 모식도로 표현할 수 있다.
- [12생과02-02] 시냅스를 통한 신경 신호의 전달 과정을 이해하고, 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
- [12생과02-03] 사람 신경계의 구조와 기능을 이해하고 중추 신경계와 말초 신경계의 특징을 설명할 수 있다.
- [12생과02-04] 내분비계와 신경계 작용 원리와 상호작용의 이해를 바탕으로 우리 몸의 항상성이 유지되는 과정을 추론할 수 있다.
- [12생과02-05] 병원체의 종류와 특징을 이해하고 우리 몸의 방어 작용을 선천적 면역과 후천적 면역으로 구분하여 설명할 수 있다.
- [12생과02-06] 항원 항체 반응의 특이성을 이해하고, 혈액의 응집 반응 원리를 이용하여 혈액형을 판정할 수 있다.
- [12생과02-07] 백신의 종류와 작용 원리를 조사하고 질병의 예방 측면에서 백신의 필요성을 인식하여 협력적으로 소통할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 실감형 콘텐츠를 활용한 뇌 구조 탐구하기
- 스마트 헬스케어를 활용한 항상성 유지 작용 탐구하기
- 혈액형 검사를 통해 혈액형 판별하기

(가) 성취기준 해설

- [12생과02-03] 중학교 수준에서 다루었던 자극과 반응 사이에 정보를 전달하는 신경계의 구조와 종류보다는 중추 신경계의 핵심인 대뇌 중심으로 뇌의 구조와 기능을 설명하고 중뇌, 소뇌, 연수, 간뇌는 간략하게 다루도록 한다.
- [12생과02-04] 내분비계는 호르몬의 종류에 초점을 두기보다는 신경계와 호르몬의 통합적 작용에 의한 항상성 조절에 초점을 두어 다루도록 한다.
- [12생과02-07] 백신 제조 방법에 따른 다양한 종류의 백신을 조사하고 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 특징을 감염이나 예방과 관련지어 이해하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘자극과 반응’, 고등학교 ‘통합과학 2’의 과학과 미래 사회와 연계된다.
- 다양한 가상 현실, 증강 현실 기술을 적용한 실감형 콘텐츠를 활용하여 뇌 구조를 탐구한다. 또한, 최신의 뇌 연구 관련 영상들을 시청하여 뇌과학 분야에 대한 흥미를 높인다.
- 휴대용 또는 착용형 간단한 장비나 센서로 스마트 헬스케어 시스템을 활용한 항상성 유지 작용을 탐구할 수 있는 실험을 스스로 설계하여 수행한다.
- 동영상 공유 플랫폼의 백신 연구 전문가들의 영상을 시청하고, 다양한 종류의 백신의 작용원리를 탐구하도록 지도한다.

(3) 생명의 연속성과 다양성

- [12생과03-01] 염색체의 구조를 이해하고, DNA, 유전자의 관계를 설명할 수 있다.
- [12생과03-02] 생식세포 형성과정을 체세포분열 과정과 비교하고, 생식세포 형성의 중요성을 생명의 연속성 및 다양성과 관련지어 추론할 수 있다.
- [12생과03-03] 생물 진화의 원리를 이해하고, 생물 진화 연구의 다양한 사례를 조사하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12생과03-04] 생물의 분류 체계를 바탕으로 각 분류군의 차이를 이해하고 생물군을 분류 체계에 따라 설명할 수 있다.
- [12생과03-05] 동물과 식물 분류군의 특징을 문 수준에서 이해하고, 생물의 유연관계를 계통수로 나타낼 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 염색체 모형을 이용한 핵형 분석하기
- 생식세포 형성과정을 창의적인 모델로 제작하기
- 온라인 식물도감 만들기
- 생물 분류 프로그래밍을 이용하여 계통수 작성하기

(가) 성취기준 해설

- [12생과03-01] 염색체, DNA, 유전자의 개념을 단계적으로 다루고, 이들 간의 상호 관계를 이해하도록 한다.
- [12생과03-03] 진화에 대한 다윈의 아이디어를 조사하는 활동 등 자연선택에 의한 진화 과정을 중심으로 다루며, 하디-바인베르크 법칙은 다루지 않고 진화의 사례를 조사하여 변이와 자연선택에 의한 진화의 원리를 이해하도록 한다.
- [12생과03-04] 생물의 분류 체계를 역과 계 수준에서만 다루도록 하고 세부적인 분류기준들을 설명하지 않는다.
- [12생과03-05] 동물과 식물의 분류군의 특징을 문 수준에서 다루도록 하며, 식물과 동물의 계통수를 통해 유연관계를 이해하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’과 ‘생식과 유전’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, 시스템과 상호작용, 고등학교 ‘세포와 물질대사’의 세포, ‘생물의 유전’의 유전자와 유전물질과 연계된다.
- 생식세포 형성과정 모델을 창의적인 방법으로 제작하기 위해 간단한 디지털 프로그램이나 앱 도구를 소개하여 디지털 활용 능력도 키울 수 있도록 한다.
- 주변의 식물을 분류할 때에는 디지털 플랫폼을 활용하는 방법을 중심으로 안내한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘생명과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
 - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
 - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
 - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 생명과학자 이야기, 생명과학사, 시사성 있는 최신 생명과학 내용 등을 도입하여 과학에 대

한 호기심과 흥미를 유발한다.

- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘생명과학’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

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

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

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

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

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

지구과학

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘지구과학’은 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위한 과목이다. ‘지구과학’에서는 모든 학생이 지구시스템과학과 행성우주과학 분야의 기본 개념을 익히고 과학 탐구 능력과 태도를 길러, 자연과 일상생활에서 접하는 지구와 우주에 관한 현상을 과학적으로 이해하고, 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 과학적으로 해결하고 참여·실천하는 역량 함양에 중점을 둔다.

‘지구과학’은 중학교 ‘과학’, 고등학교 ‘통합과학1, 2’, ‘과학탐구실험1, 2’까지 다른 지구과학의 기초 개념을 바탕으로 자연 현상을 체계적으로 이해하기 위한 과목으로, 고등학교 진로선택 과목인 ‘지구시스템과학’, ‘행성우주과학’, 융합선택 과목인 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학 탐구’와 긴밀한 연계를 가진다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 소양을 갖추고 과학적 문제해결력과 창의성을 갖춘 전문가 집단과 시민이 함께 이끄는 사회이다. 이러한 과학적 소양을 바탕으로 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하기 위해 ‘지구과학’의 내용은 지구·우주과학을 관통하는 유체 지구, 고체 지구, 천체 영역에 대해 ‘지식·이해, 과정·기능, 가치·태도’의 세 차원을 아울러 구성한다.

유체 지구 영역에서는 순환하는 해양과 역동적인 대기의 특성을 각각 다루고, 이어서 대기와 해양의 상호작용으로 인한 다양한 기후변화를 다룬다. 고체 지구 영역에서는 한반도의 암석, 지구의 역사를 통해 한반도와 지구시스템이 거쳐 온 변화를 다룬다. 천체 영역에서는 태양계 천체의 관측과 운동, 별과 우주의 진화를 통해 지구와 태양계, 그리고 별과 우주의 과거와 미래를 추적해 본다. 이러한 구성은 첨단 과학기술을 기반으로 융복합적 지식을 특징으로 하는 미래 사회를 살아가는 데 필요한 지구·우주과학 관련 소양을 함양하고, 행위주체성을 갖춘 민주 시민으로 성장하는 데 이바지할 것이다.

‘지구과학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다. ‘지구과학’과 관련된 지식·이해와 가치·태도를 배양하기 위한 과학과 과정·기능을 체험함으로써 행위주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

지구와 우주에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 지구와 우주의 소중함과 아름다움을 인식하고, 지구과학의 기본 개념을 통합적으로 이해하며, 올바른 자연관과 우주관을 기른다. 또한 지구과학의 탐구 능력을 함양하고 이를 활용하여 일상생활에서 지구과학 관련 문제를 해결하고 소통하면서 과학적 역량을 기른다.

- (1) 지구와 우주에 대한 과학적 흥미와 호기심을 바탕으로 지구과학 관련 일상생활 문제를 인식하고 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 활용하여 지구과학 관련 문제의 해결방안을 탐색하고 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 지구와 우주 관련 현상을 과학적으로 탐구하여 지구과학의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 해수는 바람, 밀도 차 등 다양한 요인들에 의해 운동하고 순환한다. · 지구의 기후시스템은 태양복사와 지구복사, 지역의 지질학적 특징, 인간 활동 등의 영향을 받으며, 이러한 요인들이 복합적으로 상호작용하여 다양한 기상 현상과 기후변화가 나타난다. · 지구시스템은 지권, 수권, 기권, 생물권 등으로 구성되며, 이러한 지구시스템을 구성하는 권역들이 상호작용을 통해 에너지와 물질을 교환하는 과정에서 다양한 자연 현상들이 발생한다. · 지층과 화석, 지구 내부를 탐구함으로써 지질시대 동안의 지구 환경과 생물의 변천 과정을 밝혀낼 수 있다. · 행성의 겉보기 운동은 태양계 모형으로 나타낼 수 있으며, 태양계의 식 현상은 태양-지구-달 시스템의 운동을 통해 추론한다. · 별의 관측을 통해 질량에 따른 진화 과정과 물리량을 결정할 수 있으며, 별과 성간 물질 등으로 구성된 은하 관측에 근거하여 우주가 팽창하고 있음을 추론한다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	대기와 해양의 상호작용	· 해수의 성질 · 표층 순환 · 심층 순환 · 수온과 염분 · 일기 예보 · 이동성 고기압과 저기압 · 악기상 · 용승과 침강 · 남방진동 · 지구온난화 · 기후변화 요인	
	지구의 역사와 한반도의 암석	· 퇴적구조와 퇴적암 · 화성암 · 변성작용과 변성암 · 변동대 · 지사 해석 방법 · 상대연령과 절대연령 · 지질시대의 환경과 생물 · 국가지질공원	
	태양계 천체와 별과 우주의 진화	· 태양계 모형 · 행성의 겉보기 운동 · 일식과 월식 · 별의 물리량 · 별의 진화와 H-R도 · 은하의 구성과 분류 · 우주의 팽창	
과정·기능		· 지구와 우주 관련 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 · 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 · 다양한 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 조사·수집·해석하기 · 수학적 사고와 모형을 활용하여 지구와 우주 및 STEM 관련 현상 설명하기 · 증거에 기반한 과학적 사고를 통해 자료를 과학적으로 분석·평가·추론하기 · 결론을 도출하고 자연 현상 및 STEM 상황에 적용·설명하기 · 과학적 주장을 다양한 방법으로 소통하고, 의사결정을 위해 과학적 지식 활용하기	
가치·태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 대기와 해양의 상호작용

- [12지구01-01] 해수의 물리적, 화학적 성질을 이해하고, 실측 자료를 활용하여 해수의 온도, 염분, 밀도, 용존 산소량 등의 분포를 분석·해석할 수 있다.
- [12지구01-02] 심층 순환의 발생 원리와 분포를 알고, 표층 순환 및 기후변화의 관련성을 추론할 수 있다.
- [12지구01-03] 중위도 저기압과 고기압이 통과할 때 날씨의 변화를 일기도, 위성 영상, 레이더 영상을 종합하여 예측할 수 있다.
- [12지구01-04] 태풍의 발생, 이동, 소멸 과정 및 태풍 영향권에서 날씨를 예측하고, 뇌우, 집중호우, 폭설, 강풍, 황사 등 주요 악기상의 생성 메커니즘과 대처 방안을 제시할 수 있다.
- [12지구01-05] 대기와 해양의 상호작용 사례로서 해수의 용승과 침강, 엘니뇨-남방진동(ENSO)의 진행 과정 및 관련 현상을 설명할 수 있다.
- [12지구01-06] 기후변화의 원인을 자연적 요인과 인위적 요인으로 구분하여 설명하고, 인간 활동에 의한 기후변화 문제를 과학적으로 해결하는 방법을 탐색할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 인공위성 및 ARGO 자료로 해수의 성질 비교하기
- 일기도와 위성 및 레이더 영상 등을 이용하여 기압계와 연관된 과거 날씨 분석하기
- 기후변화의 원인을 설명하는 다양한 가설 추론하기

(가) 성취기준 해설

- [12지구01-01~02] 해수의 밀도가 수온과 염분에 따라 결정된다는 것을 T-S 다이어그램을 통해서 이해시키고, 심층 순환에서 주요 해류는 단순화시킨 바다 단면을 이용해서 다루며, 실제 해저 지형이나 대륙의 분포 등이 해류의 방향이나 해수의 대순환에 미치는 영향은 다루지 않는다.
- [12지구01-03] 온대 저기압이란 용어는 중위도 저기압(mid-latitude Low)으로 표현한다. 저기압은 규모에 따라 전선을 동반한 저기압(중위도 종관 규모 저기압)과 중규모 저기압(소나기(스콜)를 만드는 저기압)으로 구분한다는 것을 다룬다. 실제 우리나라 주변의 일기도와 관련지어 중위도 저기압이 통과하면서 나타나는 날씨의 변화를 설명한다.
- [12지구01-04] 최근에 발생한 사례를 중심으로 태풍이 우리나라에 준 피해와 영향 및 위력을 간략하게 다루면서, 대기와 해양 및 대기와 육지의 상호작용 등에 초점을 둔다. 뇌우, 집중호우, 강풍, 폭설, 우박 등과 같은 우리나라의 주요 악기상을 소개하고 이들의 생성 메커니즘을 간단히 다룬다.
- [12지구01-05] 대기와 해양의 상호작용과 기후시스템의 주기적인 변동성에 초점을 맞추어 엘니뇨-남방진동(ENSO)의 영향을 다루고, 엘니뇨와 라니냐 시기에 나타나는 현상을 중심으로 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘수권과 해수의 순환’, 고등학교 ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘지구시스템과학’의 해수의 운동과 연계된다.
- 해수의 운동 관련 내용은 중학교 내용을 심화하여 표층 순환과 심층 순환까지 다루되, 역학적 원리에 대한 설명은 배제하고 정성적으로 다룬다.
- 실제 일기도를 해석하거나 위성 영상을 활용하여 유체 지구인 대기와 해양에서 발생하는 다양한 현상들이 우리 생활에 미치는 영향을 조사하고, 이를 통해 지구계 내에서 기권 및 수권, 지권, 생물권의 상호작용을 이해하도록 지도할 수 있다.
- 인공위성 자료를 이용한 해수의 성질 조사, 일기도나 위성 영상 등을 이용하여 날씨 변화 예상, 남방진동이 우리 생활에 주는 영향 조사 등의 경우 전 지구 규모의 빅데이터 관측 자료를 활용하여 지구시스템 차원의 연결성과 상호작용을 파악하고, 데이터의 디지털화와 시뮬레이션 등을 체험함으로써 디지털 소양을 함양하도록 지도할 수 있다.
- 일기도나 위성 영상을 장기간 추적하는 프로젝트 학습 등의 형태로 탐구를 수행하도록 지도함으로써 과학적 태도와 탐구 과정을 체험하도록 지도할 수 있다.

(2) 지구의 역사와 한반도의 암석

- [12지구02-01] 지층 형성의 선후 관계를 결정짓는 법칙들을 활용하여 상대 연령을 비교하고, 방사성 동위 원소를 이용한 광물의 절대 연령 자료로 암석의 절대 연령을 구할 수 있다.
- [12지구02-02] 지질시대를 기(紀) 수준에서 구분하고, 지층과 화석을 통해 지질시대의 생물과 환경 변화를 해석할 수 있다.
- [12지구02-03] 변동대에서 마그마가 생성되고, 그 조성에 따라 다양한 화성암이 생성됨을 설명할 수 있다.
- [12지구02-04] 변성작용의 종류와 지각 변동에 따른 구조를 변동대와 관련지어 설명하고, 지구시스템에서 암석이 순환함을 추론할 수 있다.
- [12지구02-05] 우리나라의 대표적인 지질공원의 지질학적 형성 과정을 추론하고, 지역사회와 함께하는 지질공원의 지속가능한 발전방안을 제안할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 지질단면도에서 층서 대비하기
- 고기후 연구 방법 비교·평가하기
- 한반도에서 산출되는 화석 분포 지도 그리기
- 한반도 지질 명소(국가지질공원)에서 관찰 가능한 암석과 지질 구조 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [12지구02-01] 지층 형성의 선후 관계를 결정짓는 법칙들(수평퇴적의 법칙, 지층누중의 법

칙, 동물군 천이의 법칙, 관입의 법칙, 부정합의 법칙 등)을 이해하고, 시간과 암석에 따라 층의 순서를 결정하고 지구의 역사에 대해 설명한다. 지층의 나이를 결정하는 데 상대 연령과 절대 연령이 있음을 이해하고 절대 연령의 경우 방사성 동위 원소를 이용하는 원리를 설명하고 간단한 계산을 통해 적용해 본다.

- [12지구02-02] 지층에서는 퇴적암의 퇴적 구조와 퇴적 환경을 함께 다루고, 지질시대의 환경을 다루면서 표준 화석으로 살펴본 고생물, 지질시대를 결정하는 생물의 변천, 지구 환경의 변화 등을 다룬다. 또한, 지구의 역사를 통하여 기후가 어떻게 변해왔는지를 고기후 연구 방법을 조사하여 설명하되, 고기후 연구 방법만 소개하고 자세한 메커니즘은 다루지 않는다.
- [12지구02-05] 우리나라의 모든 국가지질공원에 대해 각각의 특성을 열거하는 방식으로 다루는 것은 지양하며, 주변의 지질공원을 방문할 때 관찰 가능한 내용을 중심으로 다루도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘지권의 변화’, 고등학교 ‘지구시스템과학’의 지구 탄생과 생동하는 지구와 연계된다.
- 지사학의 법칙들을 다루기 전에 지사학의 기본 원리인 동일과정의 원리에 대해 다룬다. 또한, 지질시대의 기후변화를 다양한 고기후 연구 방법을 통해 다룬다.
- 화성암의 종류보다는 화성암이 생성되는 고유의 환경이 가지는 의미를 이해하는 데 중점을 두며, 한반도에 나타나는 대표적인 지형과 연계해서 수업을 전개한다.
- 암석에서 나타나는 다양한 지질 구조(퇴적암의 층리, 점이층리, 연흔 등, 화성암의 관입과 포획, 절리, 변성암의 습곡, 단층 등)의 생성 과정과 특징을 함께 다룬다.

(3) 태양계 천체와 별과 우주의 진화

- [12지구03-01] 태양-지구-달 시스템에서의 식 현상을 이해하고 모형을 이용하여 태양계 행성의 겉보기 운동을 설명할 수 있다.
- [12지구03-02] 별의 분광형 결정 및 별의 분류 과정을 이해하고, 흑체복사 법칙을 이용하여 별의 물리량을 추론할 수 있다.
- [12지구03-03] 다양한 질량을 가진 별의 진화 과정을 H-R도에 나타내고 해석할 수 있다.
- [12지구03-04] 허블의 은하 분류 체계에 따른 은하의 특징을 비교하고 외부은하의 자료를 이용하여 특이 은하의 관측적 특징을 추론할 수 있다.
- [12지구03-05] 허블-르메트르 법칙으로 우주의 팽창을 이해하고 우주의 진화에 대한 다양한 설명 체계의 의미를 현대 우주론의 관점에서 비교할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 천체 관측 프로그램으로 행성의 운동과 식 현상 시뮬레이션하기
- 별의 분광형과 광도 자료를 분석하여 H-R도 작성하기
- 빅데이터와 인공지능을 이용하여 은하 분류하기

(가) 성취기준 해설

- [12지구03-01] 천체의 운동을 3차원 공간에서 이해할 수 있도록 천체 관측 시뮬레이션 프로그램을 활용한다. 식 현상은 중학교의 '태양계'에서 학습한 내용을 심화하여 천체의 공전 궤도 특징으로부터 식 현상의 원리를 설명하며, 일식은 지표면에 드리워진 달 그림자의 이동 궤적과 개기, 금환, 부분, 혼성 일식을, 월식은 개기, 부분 월식과 반영식을 다룬다.
- [12지구03-03] 다양한 질량을 가진 별들의 진화 경로를 H-R도상에 제시하고, 영년 주계열을 기준으로 전주계열과 후주계열을 비교하여 이해한다. 별이 진화의 마지막 단계를 거쳐 다시 성간 물질로 되돌아가는 과정을 다룬다.
- [12지구03-04] 허블의 은하 분류 체계가 형태학적 분류임을 이해하고 은하의 유형에 따른 성간 물질의 비율, 구성 천체의 나이 등의 특징을 비교하여 다룬다. 다양한 파장으로 관측한 외부은하의 관측 자료로부터 특이 은하의 스펙트럼을 이해할 수 있도록 지도한다.
- [12지구03-05] 우주에 대한 관측적 증거를 바탕으로 현대 우주론이 정립되기까지의 과정에서 정적 우주, 팽창 우주, 급팽창, 가속 팽창의 개념을 다루며, 관측 가능한 우주의 개념을 도입한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘태양계’와 ‘별과 우주’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘행성우주과학’의 태양과 별의 관측과 은하와 우주와 연계된다.
- 천구와 좌표계의 개념은 도입하지 않으며, 디지털·인공지능 소양 함양과 관련하여 천체 관측 프로그램을 활용한 시뮬레이션 과정에 대한 수행평가를 실시할 수 있다.
- 질량이 서로 다른 주계열성의 물리량과 별이 진화하는 과정에서의 물리량 변화를 흑체복사 법칙을 이용하여 해석하는 과정에 초점을 맞춘다.
- 다양한 질량을 가진 별의 진화 과정에서 핵융합에 의한 에너지 생성과 내부구조의 차이를 다루되, 주계열 이후의 단계에서 구체적인 핵반응 메커니즘은 다루지 않는다.
- 우주에 대한 관측적 증거를 제시하여 이론이 정립되는 과정을 귀납적으로 추론하도록 지도하고, 표준 모형과 관련된 개념은 다루지 않는다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 교수·학습 방법

(가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘지구과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 계획 수립이나 학습자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

- ‘지구과학’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보 통신 기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.

다.

- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘지구과학’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 기상청 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교와 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

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

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

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

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생명체를 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

(사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위

한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(나) ‘지구과학’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.

(다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

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

(2) 평가 방법

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

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

- 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.

- 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
- 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
- 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.

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

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

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

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

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

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

역학과 에너지

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘역학과 에너지’는 물리학의 학문적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하기 위한 과목이다. ‘역학과 에너지’에서는 역학의 기본 법칙을 이해하고 다양한 물체의 운동 및 열 현상과 열기관, 탄성파 등에 대해 학문적 흥미와 호기심을 갖도록 하며, 물리학 탐구 능력과 과학적 태도를 함양하여, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 물리 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결하는 물리학의 학문적 소양을 기르는 데 중점을 둔다.

‘역학과 에너지’는 초등학교 ‘과학’부터 고등학교 ‘통합과학1, 2’까지 다룬 물리학의 기초 개념을 바탕으로 구성되며, 일반선택 과목인 ‘물리학’과 진로선택 과목 ‘전자기와 양자’ 및 융합선택 과목 ‘과학의 역사와 문화’, ‘융합과학 탐구’와 긴밀한 연계를 가진다. ‘역학과 에너지’는 힘과 에너지 등 과학의 기초 개념을 다루기 때문에 모든 자연과학 계열 진로, 특히 기계, 항공, 조선, 건축, 토목, 음향 등과 같이 거시 수준에서 물체의 거동을 다루는 공학 계열 진로와 관련 있다.

‘역학과 에너지’는 시공간과 운동, 열과 에너지, 탄성파와 소리 영역으로 구성된다. 시공간과 운동 영역에서는 지표면에서 운동하는 물체와 인공위성 및 행성의 운동을 중력의 관점에서 살펴보고 중력으로 인해 시공간이 휘어져 나타나는 현상을 다룬다. 열과 에너지 영역에서는 다양한 열 현상과 열기관의 특성을 에너지 개념을 바탕으로 다루고 열역학 법칙의 적용을 주요 내용으로 한다. 탄성파와 소리 영역에서는 매질을 통한 에너지의 전파 과정과 파동의 투과와 반사 현상에 대한 기본적인 이해, 음파의 간섭과 도플러 현상의 실생활 이용 및 악기의 원리 등을 다룬다.

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

나. 목표

역학 및 에너지가 관련되는 다양한 자연 현상과 일상생활의 경험에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 자연의 신비와 아름다움을 인식하고, 물리학의 핵심 개념에 대한 이해와 탐구 역량, 과학적 태도를 함양하여 과학기술과 관련된 진로를 선택하기 위해 필요한 역량을 기른다.

- (1) 자연 현상과 일상생활에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 역학과 에너지와 관련된 개인과 사회의 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 이해하고 역학과 에너지와 관련된 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 자연 현상과 일상생활을 과학적으로 탐구하여 역학과 에너지의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 물체의 운동은 뉴턴 운동 법칙 또는 일과 에너지의 관점에서 분석·설명되며, 일상생활 속에서 물체의 운동을 과학적으로 이해하는 데 도움이 된다. • 중력은 지표면에서의 다양한 운동과 인공위성 및 행성의 운동을 만들어내며, 블랙홀, 중력 시간 지연과 같은 현상의 원인으로서 자연의 이해에 필수적이다. • 단열과 열팽창 등은 에너지 기술 및 건축 설계에 활용되며, 기체에 가해지는 열과 일은 계의 내부 에너지를 변화시킨다. • 화석연료를 사용하는 다양한 열기관이 개발·활용되면서 산업발전과 함께 환경오염 문제가 발생하였으며, 열과 관련된 다양한 현상은 방향성이 있어 어떤 변화는 되돌릴 수 없다. • 탄성파가 매질을 통해 진행·투과·반사하는 성질과 간섭 현상은 소음 제어 기술에 중요하게 이용된다. • 도플러 효과는 실생활 속에서 물체의 속도 측정에 활용되며, 소리의 중첩, 정상파, 공명 현상에 대한 이해는 악기에 중요하게 활용된다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	시공간과 운동	• 벡터의 합성 • 포물선 운동과 원운동 • 역학적 에너지 • 중력과 천체 운동 • 탈출 속도 • 등가 원리	
	열과 에너지	• 열의 이동 • 이상 기체 법칙 • 열역학 제1법칙 • 열기관 • 열역학 제2법칙	
	탄성파와 소리	• 탄성파 • 투과와 반사 • 도플러 효과 • 간섭과 소음 제어 • 정상파	
과정·기능		• 물리 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 • 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 • 다양한 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집·기술하기 • 증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가·추론하기 • 결론을 도출하고 자연 현상 및 기술 상황에 적용·설명하기 • 모형을 생성하고 활용하기 • 다양한 매체를 활용하여 표현하고 의사소통하기	
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제 해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 시공간과 운동

- [12역학01-01] 물체에 작용하는 여러 가지 힘의 합력을 구하여 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다.
- [12역학01-02] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 물체의 포물선 운동을 정량적으로 설명하고, 포물선 운동에서의 역학적 에너지를 구할 수 있다.
- [12역학01-03] 물체에 작용하는 힘의 방향에 따라 물체의 운동 방향이 변할 수 있음을 원운동 등 다양한 예를 들어 설명할 수 있다.
- [12역학01-04] 케플러 법칙으로부터 중력의 존재가 밝혀지는 과학사적 배경을 이해하고, 중력을 이용하여 인공위성과 행성의 운동을 분석하고 설명할 수 있다.
- [12역학01-05] 역학적 에너지 보존을 이용하여 행성에 따라 탈출 속도가 다름을 이해하고, 운동량 보존을 이용하여 우주선이 발사되어 궤도에 오르는 원리를 설명할 수 있다.
- [12역학01-06] 등가 원리와 시공간의 휘어짐으로 인해 블랙홀과 중력 시간 지연이 나타남을 이해하고, 일반 상대론에 흥미를 느낄 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 스마트폰을 이용하여 다양한 놀이 기구의 운동 분석하기
- 포물선 운동을 하는 물체의 동영상 분석하여 역학적 에너지 보존 확인하기
- 행성 관측 데이터를 이용하여 케플러 법칙 확인하기

(가) 성취기준 해설

- [12역학01-01] 마찰력, 장력, 수직항력 등 물체에 작용하는 여러 가지 힘은 2차원 평면상에서 작용하는 힘으로만 다루도록 제한하고, 벡터의 합성을 통해 힘의 합력을 구하여 물체의 운동 예측에 활용할 수 있게 한다.
- [12역학01-04] 태양과 행성 사이의 중력이 구심력이 됨을 이용하여 케플러 법칙을 설명할 수 있으며, 이러한 과학적 사고가 중력의 존재를 설명하는 데 과학사적으로 활용되었음을 이해하게 한다. 인공위성과 천체의 운동은 원운동에만 한정하여 정량적으로 설명하게 하며, 타원 운동에 대한 정량적인 설명은 도입하지 않는다.
- [12역학01-05] 탈출 속도의 차이로 인해 행성별로 대기의 구성이 다름을 정성적으로 소개하고, 우주선이 발사되어 궤도에 오르는 원리를 정량적으로 다루지 않고 뉴턴 운동 법칙과 운동량 보존 법칙을 이용하여 정성적으로 설명한다.

- [12역학01-06] 중력 질량과 관성 질량의 등가 원리 및 시공간의 휘어짐에 대한 기초적인 설명과 함께, 탈출 속도의 의미로부터 블랙홀의 의미를 기초적으로 설명하고, 위성 항법 장치(GPS) 시간 보정 등 중력 시간 지연이 실생활에서 활용되는 사례를 찾을 수 있게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘힘의 작용’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘물리학’의 힘과 에너지와 연계된다.
- 물체의 다양한 운동을 센서, 동영상 분석, 공공 데이터 활용 등을 통해 정량적으로 분석함으로써 데이터를 활용한 탐구 활동이 이루어지도록 한다.

(2) 열과 에너지

- [12역학02-01] 건축을 포함한 다양한 열에너지 관련 기술에 단열, 열팽창 등이 활용된 예를 조사함으로써 과학의 유용성에 대한 가치를 인식할 수 있다.
- [12역학02-02] 열에 의한 물질의 상태 변화를 이해하고, 이상 기체의 온도, 압력, 부피의 관계를 설명할 수 있다.
- [12역학02-03] 계에 가해진 열이 계의 내부 에너지를 변화시키거나 외부에 일을 할 수 있음을 이해하고, 일상생활 속의 예를 찾음으로써 흥미를 느낄 수 있다.
- [12역학02-04] 다양한 열기관에서의 순환 과정과 열효율을 설명하고, 열기관의 개발과 활용이 인류 공동체에 미친 영향을 산업발전과 환경 측면에서 평가할 수 있다.
- [12역학02-05] 열의 이동, 기체의 확산과 같은 비가역 현상을 엔트로피를 이용하여 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 단열재의 종류에 따른 보온/보냉 효과 비교하기
- 센서를 이용하여 기체의 압력, 부피, 온도 관계 분석하기

(가) 성취기준 해설

- [12역학02-01] 고체뿐만 아니라 액체, 기체와 같은 유체에서 열이 전도, 대류, 복사 등의 방법으로 전달되는 과정을 이해하고, 냉난방을 위한 건축물의 단열재 및 건축물의 구조 등 실생활에 활용되는 사례를 조사하고 설명할 수 있게 한다.
- [12역학02-02] 물질의 고유한 특성인 비열과 잠열을 정량적으로 이해할 수 있게 하고, 이상 기체 법칙을 실생활에서의 다양한 열 현상에 적용할 수 있게 한다.

- [12역학02-03] 등압 과정, 등적 과정, 등온 과정 등 다양한 열역학 과정을 통해 이상 기체에 가해진 열과 일, 내부 에너지의 변화 등 열역학 제1법칙의 기초를 이해할 수 있게 하고, 열역학 제1법칙이 에너지 보존 법칙의 다른 표현임을 이해할 수 있게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘열’, 고등학교 ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘물리학’의 힘과 에너지와 연계된다.
- 열기관 등에서의 열 현상의 정량적인 계산은 지양하고, 다양한 사례를 통하여 열역학 법칙의 활용 및 열효율을 높이기 위한 인류의 노력을 조사하게 하고, 특히 열의 활용으로 인한 지구온난화 등 지구 환경 문제 사이의 관계를 인식하게 한다.
- 변인 간의 간단한 관계를 확인하는 실험보다는 학생의 흥미를 북돋고 창의적 설계를 유도할 수 있는 탐구 활동을 진행하도록 한다.

(3) 탄성파와 소리

- [12역학03-01] 용수철 진자를 통해 단진동을 이해하고, 가속도와 변위 사이의 관계를 설명할 수 있다.
- [12역학03-02] 탄성파의 진행, 투과, 반사를 이해하고, 탄성파가 활용되는 예를 찾음으로써 과학의 유용성을 인식할 수 있다.
- [12역학03-03] 도플러 효과를 이해하고 물체의 속도 측정 등 다양한 장치에 이용됨을 설명할 수 있다.
- [12역학03-04] 음향 장치 또는 실내의 공간에서의 소음 제어에 음파의 간섭이 활용됨을 이해하고, 실생활에 사용되는 사례를 조사할 수 있다.
- [12역학03-05] 현악기, 관악기 등에서 소리를 내는 원리를 정상파를 이용하여 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 파동 용수철을 이용하여 종파와 횡파를 구현하고, 각 탄성파의 진행 속력 측정하기
- 스마트폰을 활용하여 도플러 효과 측정하기
- 정상파를 이용한 음파의 진행 속력 측정하기

(가) 성취기준 해설

- [12역학03-02] 탄성파의 진행을 파장, 진동수, 진행 속력으로 기술하도록 한다. 탄성파가 매질의 경계면에서 투과 또는 반사를 할 때 탄성파의 위상이 변화됨을 다루고, 탄성파가 활용되는 예로 초음파 영상, 비파괴 검사 등을 이용한다.
- [12역학03-04] 둘 이상의 파원에서 만들어지는 파동은 중첩될 수 있으며, 특히 중첩이 일정한 형태로 지속될 때 간섭 현상이 발생함을 알게 하여, 이를 활용한 소음 제거, 소리의 증폭 등 다양한 활용이 가능함을 알게 한다.
- [12역학03-05] 정상파의 특성을 악기를 이용하여 이해하게 하고, 현 또는 관의 길이에 따

라 정상파의 파장이 달라짐을 정량적으로 설명할 수 있게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘빛과 파동’, 고등학교 ‘물리학’의 빛과 물질, ‘전자기와 양자’의 빛과 정보 통신과 연계된다.
- 파동 방정식을 도입하지 않고, 탄성체의 연속적 결합을 통하여 파동의 진행과 파동의 속성을 설명할 수 있음을 탐구 활동을 통하여 이해할 수 있게 지도한다.
- 스마트 기기나 소리 센서 등을 이용하여 진폭 또는 진동수와 같은 음파의 특성을 분석하고 탐구를 수행하도록 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘역학과 에너지’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

- ‘역학과 에너지’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보 통신 기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘역학과 에너지’와 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하

여 실시간으로 자료를 측정하거나 기상청 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.

- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.
- 교육용 마이크로프로세서를 활용한 피지컬 컴퓨팅을 탐구 실험·실습에 도입하여 학생의 참여도를 높이고 융복합적 문제해결 능력을 신장하는 기회를 제공한다.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

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

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

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

전자기와 양자

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘전자기와 양자’는 물리학의 학문적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하기 위한 과목이다. ‘전자기와 양자’는 전기와 자기의 상호작용, 빛의 성질과 응용, 원자보다 작은 미시 세계 등에 대해 학문적 흥미와 호기심을 갖도록 하며, 물리학 탐구 능력과 과학적 태도를 함양하여, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 물리 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결하는 물리학의 학문적 소양을 기르는 데 중점을 둔다.

‘전자기와 양자’는 초·중학교 ‘과학’부터 고등학교 ‘통합과학1, 2’까지 다룬 물리학의 기초 개념을 바탕으로 구성되며, 일반선택 과목인 ‘물리학’과 진로선택 과목인 ‘역학과 에너지’ 및 융합선택 과목 ‘과학의 역사와 문화’, ‘융합과학 탐구’와 긴밀한 연계를 가진다. ‘전자기와 양자’는 전자기학, 광학, 양자역학, 천체물리학과 같이 자연 현상의 근본적인 성질을 이해하는 물리학 분야를 포함하고, 전기, 전자, 정보 통신, 재료, 반도체, 컴퓨터 하드웨어, 디스플레이, 센서, 양자컴퓨팅 등과 같이 현대와 미래 산업의 근간을 이루는 다양한 이공계열 진로와 관련 있다.

‘전자기와 양자’는 물질의 전자기적 성질과 빛에 대해 거시세계의 현상에서 시작하여 원자 수준의 크기에서 벌어지는 현상 등과 같이 인간의 지각 범위를 초월하는 미시세계로 이어지는 스토리라인에 따라 전자기적 상호작용, 빛과 정보 통신, 양자와 미시세계 영역으로 구성된다. 전자기적 상호작용 영역에서는 물질의 전기적 및 자기적 상호작용에 대한 이해를 바탕으로 이러한 지식이 에너지 전환 및 정보 통신과 관련된 현대의 전기전자통신 기술에 어떻게 활용되는지를 다룬다. 빛과 정보 통신 영역에서는 간섭, 편광, 굴절, 물질과의 상호작용 등 빛의 기본 특성과 함께 이와 관련된 광학 기기, 정밀 측정, 영상기술, 의료진단 기술을 다룬다. 양자와 미시세계 영역에서는 빛과 물질의 이중성, 터널 효과, 중첩과 확률 파동 등 미시세계의 고유한 특성과 기묘하고 아름다운 거동을 감상하고, 원자 이하 수준을 다루는 정밀과학이 현대 문명과 기술 발전에 끼친 영향을 탐색할 기회를 갖는다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. ‘전자기와 양자’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원

을 상호보완적으로 함양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 행위 주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

전자기 및 양자와 관련되는 다양한 자연 현상과 일상생활의 경험에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 자연의 신비와 아름다움을 인식하고, 물리학의 핵심 개념에 대한 이해와 탐구 역량, 과학적 태도를 함양하여 과학기술과 관련된 진로를 선택하기 위해 필요한 역량을 기른다.

- (1) 자연 현상과 일상생활에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 전자기 및 양자와 관련된 개인과 사회의 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 이해하고 전자기 및 양자와 관련된 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 자연 현상과 일상생활을 과학적으로 탐구하여 전자기와 양자의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 전기장과 자기장을 통한 상호작용은 여러 가지 자연현상을 만들어낸다. · 저항, 축전기, 인덕터, 다이오드, 트랜지스터 등 전자기적 상호작용을 이용하는 여러 소자들을 이용하여 다양한 기능을 갖는 장치와 회로들을 개발하고 활용한다. · 굴절, 간섭, 회절, 편광 등 빛의 진행과 관련된 성질이 정보를 처리하는 다양한 기술에 활용되어 현대 문명에 영향을 준다. · 빛과 물질의 상호작용에 기반하는 광전효과와 레이저를 이용한 기술들이 디지털 정보 통신 등에서 널리 활용된다. · 미시 입자는 입자-파동 이중성 및 중첩을 토대로 확률적인 방식으로 규모하게 거동하며, 이를 활용한 양자 기술은 미래 사회를 획기적으로 바꿀 것으로 기대된다. · 원자 같은 미시 입자는 불확정성 원리를 따르면서 터널 효과 같이 거시적으로는 불가능한 방식으로 거동하며, 이에 대한 인식은 세계관의 변화로 이어진다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	전자기적 상호작용	· 전기력선과 등전위면 · 유전분극 · 로런츠 힘 · 유도기전력 · 반도체 소자	
	빛과 정보 통신	· 렌즈와 수차 · 간섭과 회절 · 편광 · 광전효과 · 레이저	
	양자와 미시세계	· 입자-파동 이중성 · 확률 파동 · 중첩 · 터널 효과 · 불확정성 원리 · 핵융합	
과정·기능		· 물리 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 · 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 · 다양한 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집·기술하기 · 증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가·추론하기 · 결론을 도출하고 자연 현상 및 기술 상황에 적용·설명하기 · 모형을 생성하고 활용하기 · 다양한 매체를 활용하여 표현하고 의사소통하기	
가치·태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제 해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 전자기적 상호작용

- [12전자01-01] 전하 주위의 전기장을 정량적으로 구하고, 전기력선과 등전위면으로부터 전기장의 세기와 방향을 추리할 수 있다.
- [12전자01-02] 정전기 유도와 유전분극을 설명하고, 일상생활에서 적용되는 예를 찾을 수 있다.
- [12전자01-03] 자기력선을 이용하여 전류가 흐르는 도선 주위의 자기장의 세기와 방향을 추리할 수 있다.
- [12전자01-04] 로런츠 힘이 발생하는 조건을 알고, 로런츠 힘과 관련된 현상과 기술을 설명할 수 있다.
- [12전자01-05] 자기선속의 변화로 전자기 유도를 이해하고, 변압기, 인덕터 등 전자기 유도의 활용 기술을 설명할 수 있다.
- [12전자01-06] 저항, 축전기, 인덕터를 활용하는 장치를 찾아 에너지 관점에서 정성적으로 설명할 수 있다.
- [12전자01-07] 다이오드, 트랜지스터 등 반도체 소자를 활용하는 전자회로를 분석하고, 현대 문명에서 반도체의 중요성을 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 도체판과 자석을 이용하여 자기 브레이크 탐색하기
- 트랜지스터를 이용하여 스피커 소리 증폭하기

(가) 성취기준 해설

- [12전자01-01,03] 등전위면, 전기력선, 자기력선을 그리는 방법 대신 이미 그려진 그림을 해석하여 전기장과 자기장에 대한 정보를 추리하는 방식으로 다룬다.
- [12전자01-04] 도선이 받는 힘, 입자 가속기, 토카막, 벵앨런데 등 로런츠 힘과 관련된 다양한 현상과 사례를 다룬다.
- [12전자01-07] 반도체 소자를 활용한 정류, 증폭, 기초 논리회로 등을 회로 위주로 다루며, 미시적 작동 원리에 초점을 맞추지 않도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘전기와 자기’, 고등학교 ‘통합과학1, 2’의 물질과 규칙성, 환경과 에너지, ‘물리학’의 전기와 자기와 연계된다.
- 전기장과 자기장을 다룰 때, 입자가 장을 만들고 장이 만들어진 곳에 놓인 다른 입자가 힘을 받는다는 의미에서 장이 상호작용의 매개물이라는 것을 인식하게 한다.
- 전자기 상호작용을 다룰 때, 자연 현상 이외에 전자기 상호작용을 이용한 기술들이 다양한 산업 영역에서 활용됨을 소개한다.
- 저항, 축전기, 인덕터, 다이오드, 트랜지스터 등의 소자를 활용한 장치와 회로들이 어떻게

작동하고 일상생활에서 어떻게 활용되는지를 인식하도록 지도한다.

(2) 빛과 정보 통신

- [12전자02-01] 빛의 간섭과 회절을 알고, 홀로그램 등 현대의 정밀 기술에 활용되는 예를 찾을 수 있다.
- [12전자02-02] 렌즈와 거울을 이용한 광학 기기의 원리와 수차를 설명할 수 있다.
- [12전자02-03] 편광의 원리를 이해하고, 이를 활용한 디지털 정보 기술의 사례를 조사할 수 있다.
- [12전자02-04] 광전효과에서 빛과 물질이 상호작용하는 방식을 알고, 디지털 영상 정보, 광센서, 태양전지 등 광전효과와 관련된 다양한 기술을 조사할 수 있다.
- [12전자02-05] 레이저의 특징과 빛이 증폭되는 원리를 알고, 레이저가 디지털 광통신 등 여러 영역에서 활용됨을 조사하여 현대 문명에서 레이저의 중요성을 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 세워진 비누막에 의한 빛의 간섭 양상 관찰하고 설명하기
- 센서와 편광판을 이용하여 다양한 디스플레이에서 나오는 빛의 편광 상태 조사하기

(가) 성취기준 해설

- [12전자02-01] 반사에 의한 위상변화를 포함하여 간섭 현상을 다루며, 회절과 분해능은 정성적으로만 다룬다.
- [12전자02-02] 카메라, 망원경, 현미경 등의 광학 기기는 정성적 원리 위주로 다루며, 렌즈, 거울, 프리즘 등이 광학 기기에서 어떻게 활용되며 어떤 원리가 관련되는지를 설명할 수 있도록 지도한다. 수차는 구면수차와 색수차에 대한 용어 도입 없이 정성적으로 다룬다.
- [12전자02-03] 편광판을 지나는 빛의 투과량 변화는 정성적으로 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘빛과 파동’, 고등학교 ‘물리학’의 빛과 물질과 연계된다.
- 레이저 등 광학 기기를 실물로 다룰 때 빛의 특성에서 유래하는 위험 요인을 설명하고 안전에 유의한다.
- 빛과 물질이 상호작용하는 기본 방식인 흡수와 방출을 이해하고, 광전효과와 레이저가 현대 사회에서 어떻게 이용되는지 인식할 수 있도록 지도한다.

(3) 양자와 미시세계

- [12전자03-01] 단일 양자 수준의 이중 슬릿 실험을 통해서 입자-파동 이중성을 확인하고, 단일 양자의 분포에 대한 실험 결과를 확률 파동의 간섭을 토대로 해석할 수 있다.
- [12전자03-02] 중첩과 측정을 통한 확률적 상태 변화를 이해하고, 이를 이용한 양자컴퓨터, 양자암호 통신 등의 양자 기술이 일상생활과 미래 사회에 미칠 영향을 인식할 수 있다.
- [12전자03-03] 터널 효과를 설명하고, 관련된 현상과 기술을 조사하여 발표할 수 있다.
- [12전자03-04] 현대의 원자모형을 불확정성 원리와 확률을 기반으로 설명하고, 보어의 원자모형과 비교할 수 있다.
- [12전자03-05] 별에서 핵융합에 의해 에너지가 생성되고 빛이 방출되는 원리를 알고, 별빛의 스펙트럼에 기반하여 별의 구성 원소를 추리할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 전자의 이중 슬릿 실험에 대한 컴퓨터 모의실험하기
- 스펙트럼 관찰을 통해 에너지 준위 확인하기

(가) 성취기준 해설

- [12전자03-01] 드브로이 관계식을 바탕으로 단일 전자나 광자 수준의 이중 슬릿 실험에서 나타나는 입자-파동 이중성의 기묘함을 학생들이 인식할 수 있도록 정성적으로 다룬다.
- [12전자03-02] 양자 기술은 물리적 원리보다는 사회에 미치는 영향을 중심으로 다룬다.
- [12전자03-03] 터널 효과가 고전적으로 불가능하지만 전자소자 소형화에 따른 터널 효과 발생 문제와 주사 터널링 현미경(STM) 등 다양한 현상과 기술에서 나타나는 확률적 현상임을 정성적으로 설명하여 지도한다.
- [12전자03-04] 현대의 원자모형에서 오비탈은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘물리학’의 빛과 물질과 연계된다.
- 양자물리 개념에 대한 엄밀한 설명보다는 양자물리의 기묘함을 학생들이 인식하게 하고, 학생들의 상상력을 북돋우는 데 초점을 맞추어 지도한다.
- 양자현상에 대한 직접 관찰과 실험 대신 컴퓨터 모의실험을 활용하여 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘전자기와 양자’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
 - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
 - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
 - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수

학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과

학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.

- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘전자기와 양자’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.
- 물리학이 많은 과학 분야의 기초를 제공하며, 자연 세계를 본질적으로 이해하는 기본적 학문임을 인식시키고, 학습 내용과 관련된 첨단 과학이나 기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.

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

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

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

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

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

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

- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정

도를 점검한다.

- 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준에 도달할 수 있도록 지도한다.

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

물질과 에너지

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘물질과 에너지’는 급변하는 미래 사회를 살아가는 데 필요한 핵심역량과 시민으로서 갖추어야 할 화학적 소양을 함양하기 위한 과목이다. ‘물질과 에너지’ 과목에서는 고등학교 ‘화학’에서 학습한 내용을 심화하여 인류 문명의 발전과 우리 삶의 질 향상에 기여해 온 물질 현상과 에너지의 관계에 포함된 화학 개념과 법칙을 이해하고, 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하고 화학 관련 진로 설정에 필요한 역량을 기르는 것을 목적으로 한다.

‘물질과 에너지’는 고등학교 ‘화학’에서 다룬 화학 지식과 실천을 바탕으로 확장하여, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 물질 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결할 수 있는 역량을 함양하고, 화학에 대한 기초 전문 지식을 갖추기 위한 과목이다. ‘물질과 에너지’는 고등학교 ‘화학’, 고등학교 진로선택 ‘화학반응의 세계’와 융합선택 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학 탐구’와 긴밀하게 연계되어 있다.

‘물질과 에너지’는 물질의 세 가지 상태, 용액의 성질, 화학 변화의 자발성, 반응 속도의 4개 영역으로 구성된다. 물질의 세 가지 상태 영역에서는 우리 주변에서 존재하는 물질의 상태와 관련된 현상을, 용액의 성질 영역에서는 대표적인 용매인 물과 묽은 용액의 성질을, 화학 변화의 자발성 영역에서는 화학 반응에서의 에너지 출입과 변화의 방향을, 반응 속도 영역에서는 여러 조건에 따른 화학 반응의 빠르기를 다룬다.

‘물질과 에너지’의 학습은 자연의 다양한 현상을 이해하고 이러한 현상이 일상생활에서 어떻게 적용되어 인간의 삶에 영향을 주는지 알게 한다. 환경에 대한 위기의식과 지속가능한 삶을 위하여, 물질 현상과 에너지의 관계를 다루는 것은 중요하다. 물질의 변화와 이 과정에서 동반되는 에너지는 반도체, 전지, 의약품, 화장품 등 현대인의 삶 대부분에서 활용된다. ‘물질과 에너지’에서는 우리 삶의 질 향상에 기여해 온 물질 탐구 과정과 지식에 대한 이해를 바탕으로 학생들이 화학에 대한 호기심과 흥미를 갖고, 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다. 이를 바탕으로 미래 사회 시민으로서 과학적 사고를 가지고 과학 관련 문제에 참여할 수 있는 과학적 소양을 기를

수 있을 것이다.

나. 목표

물질 및 에너지와 관련된 다양한 자연 현상과 일상생활의 경험에 대하여 흥미와 호기심을 가지고, 화학의 핵심 개념에 대한 이해와 과학적 탐구를 통해 주변의 현상을 이해하고 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 데 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 과학적 소양을 기른다.

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 물질의 상태는 온도와 압력에 따라 변하며, 분자 간 상호작용에 따라 기체, 액체, 고체 상태로 존재하여 일상생활에 영향을 준다. • 고유한 성질을 가지는 물질들이 혼합된 용액에서 진하기의 정도에 따라 다양한 특성이 나타나고, 용액의 성질은 일상생활에서의 여러 현상을 설명한다. • 물질의 화학 변화 시 출입하는 에너지는 다양한 방식으로 구현되고, 에너지는 우리의 삶의 질을 향상시키는 데 중요하게 활용된다. • 화학 반응 속도는 농도, 온도, 촉매 등 다양한 요인에 의해 변하며, 이러한 변화는 환경적, 생물학적, 경제적으로 우리 생활에 영향을 미친다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	물질의 세 가지 상태	• 이상 기체 방정식 • 혼합 기체의 분압과 몰 분율 • 액체의 분자 간 상호작용과 성질 • 입자 배열에 따른 고체의 분류	
	용액의 성질	• 물의 성질과 수소 결합 • 용액의 농도에 따른 증기압, 끓는점, 어는점 변화 • 삼투현상	
	화학 변화의 자발성	• 엔탈피와 열화학 반응식 • 헤스 법칙 • 엔트로피	
	반응 속도	• 반응 속도의 표현과 의미 • 반응 속도식 • 1차 반응의 반감기 • 활성화 에너지 • 반응 속도에 영향을 미치는 요인	
과정·기능		• 물질 현상에서 문제 발견 및 가설 설정하기 • 변인을 조작적으로 정의하고, 탐구 설계하기 • 디지털 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집·변환·해석하기 • 증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가·추론하기 • 결론을 도출하고 물질 현상을 설명·예측하기 • 모형을 만들어 물질 현상을 해석하기 • 도출된 결론을 바탕으로 해결 방안에 대한 합리적 의사 결정하기 • 매체를 활용하여 의사소통·협업하기	
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 물질의 세 가지 상태

- [12물예01-01] 기체의 온도, 압력, 부피, 몰수 사이의 관계를 통합적으로 이해하고, 이상 기체 방정식을 근사적으로 활용하는 사례를 조사하여 화학의 유용함을 인식할 수 있다.
- [12물예01-02] 혼합 기체의 부분 압력과 몰 분율의 관계를 알고, 일상생활에서 유용하게 사용되는 혼합 기체에 호기심을 가질 수 있다.
- [12물예01-03] 물질이 액체로 존재할 수 있는 이유를 분자 간 상호작용으로 이해하고, 액체의 종류에 따라 끓는점이 달라짐을 설명할 수 있다.
- [12물예01-04] 고체를 결정과 비결정으로 구분하고, 결정성 고체를 화학 결합의 종류에 따라 분류할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 이상 기체 방정식을 활용하여 기체의 종류를 확인할 수 있는 실험 설계하고 수행하기
- 수소 화합물의 끓는점에 영향을 주는 요인 추론하기

(가) 성취기준 해설

- [12물예01-04] 결정 구조는 다루지 않고, 이온 결합, 공유 결합, 금속 결합을 이용하여 결정성 고체를 이온 결정, 분자 결정, 공유 결정, 금속 결정으로 구분하는 수준으로 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 상태 변화’, ‘기체의 성질’, ‘물질의 특성’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘화학’의 화학의 언어, 물질의 구조와 성질과 연계된다.
- 모의실험을 통해 기체의 압력과 부피, 온도와 부피, 몰수와 부피 관계 등을 파악하여 디지털 소양을 함양하도록 지도한다.
- 물질이 온도와 압력에 따라 기체상, 액체상, 고체상으로 존재할 수 있음을 지도한다.
- 실험을 할 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

(2) 용액의 성질

[12물예02-01] 다른 액체와 구별되는 물의 성질을 수소 결합으로 설명하고, 경이로운 물의 성질에 흥미를 느낄 수 있다.

[12물예02-02] 실험 데이터를 이용하여 용액의 농도에 따른 증기압, 끓는점, 어는점의 변화를 비교하고, 일상생활에서 나타나는 사례와 연관 지어 설명할 수 있다.

[12물예02-03] 용액의 농도에 따른 삼투현상을 이해하고, 일상생활에서 삼투현상이 나타나는 사례를 찾아 화학 원리가 유용하게 적용됨을 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 온도 센서를 이용하여 다양한 농도 조건에서 설탕물의 끓는점과 어는점 측정하기
- 농도와 삼투현상의 관계를 찾기 위한 실험 설계하고 수행하기

(가) 성취기준 해설

- [12물예02-02] 끓는점 오름과 어는점 내림은 몰랄 농도 또는 몰 분율을 도입하여 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 상태 변화’, ‘물질의 특성’, 고등학교 ‘화학’의 물질의 구조와 성질과 연계된다.
- 디지털 센서를 이용한 온도 데이터의 수집과 저장, 처리를 통해 데이터 기반 탐구 활동을 하도록 지도한다.
- 실험을 할 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

(3) 화학 변화의 자발성

- [12물에03-01] 엔탈피의 의미를 알고, 엔탈피를 이용하여 열화학 반응식을 표현할 수 있다.
- [12물에03-02] 측정하기 어려운 화학 반응의 엔탈피를 헤스 법칙으로 구하여 화학 법칙의 유용성을 인식할 수 있다.
- [12물에03-03] 엔트로피의 의미를 이해하고, 엔탈피와 엔트로피의 변화로 화학 변화의 자발성을 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 대체 연료와 화석 연료의 효율성을 비교하는 탐구하기
- 중화 반응으로 헤스 법칙을 확인하는 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [12물에03-01] 화학 반응에서 열의 출입에 관련된 내용으로 제한하며, 열역학 함수로서의 엔탈피는 다루지 않는다.
- [12물에03-03] 깁스 자유 에너지는 다루지 않으며, 엔트로피는 정성적으로 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 상태 변화’와 ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학2’의 변화와 다양성과 연계된다.
- 화학 반응의 엔탈피 변화 그림, 열화학 반응식 등 다양한 자료를 활용하여 헤스 법칙을 해석하도록 지도한다.
- 대체 연료는 수소, 에탄올 등과 같이 간단한 물질을 다루고, 연소 시 단위 질량이나 단위 부피당 반응 엔탈피를 화석 연료와 비교하여 연료의 효율성을 판단하도록 지도한다.
- 실험을 할 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

(4) 반응 속도

- [12물예04-01] 화학 반응 속도를 반응물의 농도로 표현할 수 있음을 알고, 자료 해석을 통하여 반응 속도식을 구할 수 있다.
- [12물예04-02] 1차 반응의 반감기가 반응물의 농도에 의존하지 않음을 이해하고, 1차 반응의 반감기가 활용되는 사례를 조사·발표할 수 있다.
- [12물예04-03] 화학 반응에서 유효 충돌과 활성화 에너지의 의미를 알고, 화학 반응이 일어나기 위한 조건에 관심을 가질 수 있다.
- [12물예04-04] 농도, 온도, 촉매에 따라 반응 속도가 달라짐을 이해하고, 일상생활에서 각각의 예를 찾아 화학의 유용성을 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 센서를 활용하여 반응 속도를 측정하는 실험 설계하고 수행하기
- 농도, 온도, 촉매와 반응 속도의 관계를 탐구하는 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [12물예04-02] 적분 속도식을 유도하는 것은 다루지 않으며, 자료 해석을 통해 반감기를 찾으려 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학2’의 변화와 다양성, ‘화학’의 역동적인 화학 반응과 연계된다.
- 디지털 탐구 도구를 이용하여 학생들이 문제를 해결하기 위해 실시간 데이터를 수집, 저장, 처리함으로써 디지털 소양을 함양하도록 지도한다.
- 생태전환교육과 연계하여 토양 오염, 수질 오염, 대기 오염 등 인류가 당면한 환경 문제의 심각성을 인지하고, 촉매나 효소를 사용하여 이를 해결하는 방법을 통해 지속가능한 지구에 대한 책임감을 갖도록 지도한다.
- 실험을 할 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

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

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

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

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과

학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.

- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘물질과 에너지’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

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

- 실험 기구의 사용 방법과 실험 약품에 대한 물질안전보건자료를 안내하고, 실험실 안전 교육을 실시한다.
- 실험 과정에서 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 실시하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

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

화학 반응의 세계

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘화학 반응의 세계’는 21세기를 살아가는 데 필요한 핵심역량과 시민으로서 갖추어야 할 화학 소양을 함양하기 위한 과목이다. ‘화학 반응의 세계’는 다양한 화학 반응과 관련된 지식과 탐구 방법을 학습함으로써 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 화학 관련 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 능력을 길러 화학 관련 진로 설정에 필요한 역량을 기르는 것을 목적으로 한다.

‘화학 반응의 세계’는 고등학교 ‘화학’에서 다룬 화학 지식(앞)과 실천을 확장하여, 화학 반응과 관련된 개념을 다룬다. ‘화학 반응의 세계’는 고등학교 ‘화학’, 고등학교 진로선택 ‘물질과 에너지’와 융합선택 ‘융합과학 탐구’와 긴밀하게 연계되어 있다.

‘화학 반응의 세계’는 산 염기 평형, 산화·환원 반응, 탄소 화합물과 반응의 3개 영역으로 구성된다. 산 염기 평형 영역에서는 화학 평형 관점에서 바라본 산과 염기를, 산화·환원 반응 영역에서는 화학 전지의 화학적 원리를, 탄소 화합물과 반응 영역에서는 탄소 화합물과 관련한 간단한 반응을 다룬다.

화학 반응은 반도체, 전지, 의약품, 화장품, 식품 등 현대인의 삶에 널리 이용되고 있으며 화학 반응과 관련된 지식과 탐구 방법은 순수 화학뿐만 아니라 화학을 응용하는 공학, 생명공학, 의학 등 다양한 분야에서 필요로 하고 있다. ‘화학 반응의 세계’에서 제시하는 화학 지식과 탐구 방법을 학습함으로써 일상생활의 다양한 문제뿐만 아니라 우리 인류를 위협하는 사회 문제를 과학적으로 해결하는 데 필요로 하는 사고 방법과 지식체계를 형성할 수 있다. ‘화학 반응의 세계’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있으며, 이를 바탕으로 과학적 사고력을 갖춘 미래 사회 시민으로서 개인과 사회의 문제를 과학적으로 접근하고 해결할 수 있을 것이다.

나. 목표

다양한 화학 반응이 관련되는 자연 현상과 일상생활의 경험에 대하여 흥미와 호기심을 가지고, 화학의 핵심 개념에 대한 이해와 과학적 탐구 능력의 함양을 통하여 민주 시민으로서 과학적이고 창의적인 태도로 개인과 사회 문제 해결에 참여할 뿐만 아니라 이공계열 분야의 진로를 선택할 때 필요한 화학 기초 역량을 기른다.

- (1) 자연 현상과 물질에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 다양한 화학 반응이 관련된 일상생활 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 활용하여 화학 관련 문제의 해결 방안을 탐색하고 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 자연 현상과 일상생활을 과학적으로 탐구하여 화학 반응의 세계의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고, 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제 해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 산과 염기, 중화 반응은 화학 평형의 원리로 설명할 수 있으며, 이는 생명의 항상성과 지구 생태의 지속가능성에 영향을 미친다. · 물질의 산화· 환원 반응의 경향성은 정량적으로 측정 가능하며, 이는 산화· 환원 반응의 조절 및 화학 전지 개발의 기본 원리가 된다. · 탄소 화합물의 성질은 작용기를 기준으로 분류되고 이해될 수 있으며, 탄소 화합물의 변화는 고분자 재료 및 신약 개발 등 최신 과학· 기술· 사회 발달에 중요한 축이 된다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	산 염기 평형	· 산과 염기의 정의와 성질 · 이온화 상수와 산 염기의 세기 · 약산과 약염기 수용액의 pH · 중화 적정 곡선 · 염의 가수 분해 · 완충 작용	
	산화· 환원 반응	· 산화· 환원 반응과 산화수 · 산화· 환원 반응식 · 표준 환원 전위 · 화학 전지 · 전기 분해 · 화학 전지의 유용성	
	탄소 화합물과 반응	· 작용기와 반응 · 고분자 물질 · 신물질 개발	
과정·기능		· 물질 현상에서 문제 발견 및 가설 설정하기 · 변인을 조작적으로 정의하고, 탐구 설계하기 · 디지털 탐구 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집· 변환· 해석하기 · 증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석· 평가· 추론하기 · 결론을 도출하고 물질 현상을 설명· 예측하기 · 모형을 만들어 물질 현상을 해석하기 · 도출된 결론을 바탕으로 해결 방안에 대한 합리적 의사 결정하기 · 매체를 활용하여 의사소통· 협업하기	
가치·태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제해결에 대한 개방성 · 안전· 지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 산 염기 평형

- [12반응01-01] 브뢴스테드-라우리 산과 염기의 정의를 이해하고, 이에 따라 산과 염기를 구별할 수 있다.
 [12반응01-02] 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적인 세기를 추론하고, 약산과 약염기 수용액의 pH를 구할 수 있다.
 [12반응01-03] 중화 적정 실험의 pH 변화를 데이터에 근거하여 해석할 수 있다.
 [12반응01-04] 이온화 상수를 이용하여 염의 가수 분해를 설명할 수 있다.
 [12반응01-05] 화학 평형으로 생체 내 완충 작용을 설명하고, 화학 원리의 신비로움을 느낄 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 0.1M의 강산, 강염기, 약산, 약염기 수용액의 pH를 측정하고 이론값과 비교하기
- 실험 데이터에 근거하여 중화 적정 곡선 시각화하기
- 짝산 짝염기의 이온화 상수를 바탕으로 염 수용액의 액성을 예측하고 실험 결과와 비교하기
- 강산이나 강염기를 첨가할 때 물과 완충 용액의 pH 변화 비교하기

(가) 성취기준 해설

- [12반응01-01] 브뢴스테드-라우리 산과 염기 정의의 확장성과 유용성을 다룬다.
- [12반응01-05] 완충 작용을 설명할 때 복잡한 pH 계산은 지양하고, 생체 내 화학 반응에서 완충 용액의 중요성을 중심으로 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 구성’, ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학2’의 변화와 다양성, ‘화학’의 화학 평형, 역동적인 화학 반응과 연계된다.
- 브뢴스테드-라우리 정의에서부터 약산, 약염기 수용액의 pH를 구하기까지 화학 평형의 개념이 바탕이 됨을 인지하도록 지도한다.
- 중화 적정 곡선을 다룰 때 학생들이 수학적 사고에 기반한 컴퓨팅 사고력과 디지털 소양을 함양하도록 수업을 구성하여 지도할 수 있다.
- 산과 염기 수용액을 다룰 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

(2) 산화·환원 반응

- [12반응02-01] 전자의 이동과 산화수 변화로 산화·환원 반응을 이해하고, 반쪽 반응식을 활용하여 산화·환원 반응식을 완성할 수 있다.
- [12반응02-02] 화학 전지의 발전 과정을 조사하여 실용 전지의 구조적 공통점을 추론할 수 있다.
- [12반응02-03] 화학 전지의 원리를 산화·환원 반응으로 설명하고, 표준 환원 전위를 이용하여 전위차를 구할 수 있다.
- [12반응02-04] 전기 분해의 원리를 산화·환원 반응으로 설명하고, 산업 현장에서 활용되는 전기 분해의 예를 조사하여 발표할 수 있다.
- [12반응02-05] 생명 현상 및 화학 전지에서 이용되는 다양한 산화·환원 반응과 그 반응에 이용된 물질의 역할을 조사하여 화학의 신비로움을 느낄 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 금속판과 전해질을 이용하여 전지를 구성하고, 효율적인 전지가 갖추어야 하는 조건 탐색하기
- 염 수용액과 전원 장치를 이용하여 금속 제품 표면에 도금하기
- 지속가능한 발전을 위한 미래 전지 설계하기

(가) 성취기준 해설

- [12반응02-01] 산화·환원 반응은 동시에 일어남을 다룬다. 산화제와 환원제가 따로 정해져 있는 것이 아니라 특정 산화·환원 반응에서 상대적 세기에 의해 결정되는 것임을 강조한다.
- [12반응02-03] 산화·환원 반응을 통하여 화학 에너지가 전기 에너지로 전환되는 원리를 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학2’의 변화와 다양성, ‘화학’의 화학의 언어와 연계된다.
- 학생들이 조사한 과제를 발표하는 과정에서 다양한 의견들을 서로 검토하도록 동료 평가를 실시할 수 있다.
- 화학 전지 만들기 및 도금 실험을 수행할 때 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

(3) 탄소 화합물과 반응

- [12반응03-01] 일상생활에 유용한 탄소 화합물을 작용기에 따라 분류할 수 있다.
- [12반응03-02] 간단한 탄소 화합물의 화학 반응 예를 찾아 작용기의 변화로 설명할 수 있다.
- [12반응03-03] 단위체의 중합 반응으로 다양한 고분자가 합성되는 것을 이해하여 화학 반응의 유용성을 인식할 수 있다.
- [12반응03-04] 탄소 화합물의 반응을 통해 합성된 새로운 물질이 과학·기술·사회 발전에 끼친 영향을 조사하여 화학의 유용성을 깨달을 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 간단한 알코올, 알데하이드, 카복실산 분자를 화학식으로 표현하고 성질 탐구하기
- 음주 측정기 만들기, 은거울 반응 등 실험을 통해 작용기의 변화 탐구하기
- 탄소 화합물의 반응을 이용하여 의약품, 인공 향, 고분자 등 새로운 물질 만들기

(가) 성취기준 해설

- [12반응03-01~02] 작용기는 알코올, 알데하이드, 카복실산만 다루고 작용기가 바뀌면 화합물의 성질도 바뀐다는 수준으로 다룬다.
- [12반응03-03] 단백질, 핵산과 같은 천연 고분자뿐만 아니라 합성 고분자도 단위체의 반복적 결합으로 만들어진다는 것을 이해하는 수준으로 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 구성’, 고등학교 ‘통합과학1, 2’의 물질과 규칙성, 과학과 미래 사회, ‘화학’의 물질의 구조와 성질과 연계된다.
- 탄소 화합물의 반응의 종류를 학습하기보다는 탄소 화합물의 반응을 활용하여 인간의 삶을 윤택하게 하는 화합물을 개발할 수 있다는 점을 중점으로 지도한다.
- 탄소 화합물의 반응 관련 실험을 수행할 때 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리할 수 있도록 한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘화학반응의 세계’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
 - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
 - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
 - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미

를 유발한다.

- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘화학반응의 세계’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 관련된 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

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

- 실험 기구의 사용 방법과 실험 약품에 대한 물질안전보건자료를 안내하고, 실험실 안전 교육을 실시한다.
- 실험 과정에서 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

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

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

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

세포와 물질대사

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘세포와 물질대사’는 ‘생명과학의 학문적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위한 과목이다. ‘세포와 물질대사’에서는 생명의 기본 단위인 세포와 생명체에서 일어나는 다양한 생명 현상에 대한 학문적 흥미와 호기심을 갖도록 하며, 생명과학 탐구능력과 태도를 함양하여, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 생명 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결하는 생명과학의 학문적 소양을 기르는 데 중점을 둔다.

‘세포와 물질대사’는 고등학교 일반선택 과목인 ‘생명과학’과 진로선택 과목인 ‘생물의 유전’, 융합선택 과목인 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학탐구’와 긴밀하게 연계되어 있다.

‘세포와 물질대사’는 고등학교 ‘생명과학’에서 학습한 지식과 실천을 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하기 위해 세포와 물질대사 관련 핵심 개념을 바탕으로 세포, 물질대사와 에너지, 세포호흡과 광합성 3개의 영역으로 구성된다. ‘세포와 물질대사’의 세포 영역은 생명체를 이루는 기본 구성 물질, 세포의 특성을 다루고, 물질대사와 에너지 영역은 세포 내에서 일어나는 물질대사, 생명 활동에 필요한 에너지의 공급을 다루며, 세포호흡과 광합성 영역은 동물세포와 식물세포에서 일어나는 세포호흡과 광합성을 다룬다.

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

나. 목표

생명 현상 탐구를 바탕으로 세포와 물질대사 관련 핵심 개념을 통합적으로 이해하여 학문적 흥미와 호기심을 가지고 올바른 자연관과 생명관을 기른다. 또한, 생명과학 탐구 능력을 함양하고 일상 생활에서 생명과학 관련 문제를 해결하는 과정에서 이공계열 분야의 진로를 선택할 때 필요한 생명과학 기초 역량을 기른다.

- (1) 세포와 물질대사에 대한 과학적 흥미와 호기심을 바탕으로 생명과학 관련 일상생활 문제를 인식하고 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 활용하여 세포와 물질대사 관련 문제의 해결 방안을 탐색하고 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 생명 현상을 과학적으로 탐구하여 세포와 물질대사의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 생명체는 구조적 및 기능적 특징을 갖는 기본 구성 물질로 이루어져 있으며, 세포의 생명 활동 유지에는 여러 세포 소기관이 유기적으로 연관되어 있다. · 세포에서는 다양한 화학 반응에 의해 세포의 생명 활동이 일어나며, 효소에 의해 조절되는 에너지의 출입을 동반한 물질대사는 건강 유지의 원리가 된다. · 세포는 세포호흡을 통해 생명 활동에 필요한 에너지를 얻으며, 광합성을 통해 빛에너지를 화학에너지로 전환하여 합성된 유기물은 우리 생활에 다양하게 이용된다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	세포	· 생명체의 구성 물질 · 세포의 연구방법 · 세포 소기관의 유기적 관계 · 원핵세포와 진핵세포 · 세포막의 물질 수송	
	물질대사와 에너지	· 물질대사 · ATP · 생명 활동에 필요한 에너지 · 효소의 작용 · 효소의 종류 · 효소의 이용	
	세포호흡과 광합성	· 미토콘드리아의 구조와 기능 · 세포호흡 과정 · 발효 · 엽록체의 구조와 기능 · 명반응과 탄소 고정반응 · 전자전달계 · 광합성과 세포호흡의 관계	
과정·기능		· 생물 특징과 생명 활동 관계 추론하기 · 생명 현상에서 문제 발견 및 가설 설정하기 · 생명과학 탐구 설계, 수행 및 조사하기 · 생명과학적 근거를 기반으로 자료 해석, 분석 및 결론 도출하기 · 모형 생성하여 생명 현상 설명하기 · 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통하기	
가치·태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제 해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 세포

- [12세포01-01] 탄수화물과 지질의 종류와 주요 기능을 이해하고 생물체에 들어있는 탄수화물과 지질을 관찰할 수 있다.
- [12세포01-02] 핵산과 단백질의 기본 구조와 세포에서의 주요 기능을 조사하여 설명할 수 있다.
- [12세포01-03] 동물세포와 식물세포를 구성하는 세포 소기관의 구조와 기능을 이해하고, 세포 소기관들의 유기적 관계를 추론하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12세포01-04] 원핵세포와 진핵세포의 공통점과 차이점을 설명할 수 있다.
- [12세포01-05] 세포막의 구조와 특성을 이해하고, 세포막을 통한 물질 수송 과정을 추론할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 핵산과 단백질의 모형 제작하기
- 현미경을 이용하여 세포의 크기 측정하기
- 간이 원심분리기구 제작하기
- 세포에서 삼투현상 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [12세포01-01~02] 탄수화물과 지질 관찰은 주변 생물 재료를 활용하도록 하며, 탄수화물, 지질, 핵산, 단백질의 화학적 구조는 화학식으로 다루기보다는 간단한 형태로 다루고, 물질들의 중요 특성과 기능을 이해하는 수준에서 다룬다.
- [12세포01-03] 세포 소기관의 구조와 기능은 전자현미경을 포함한 다양한 현미경의 이용, 세포 분획법, 자기 방사법 등의 방법으로 알아낼 수 있음을 이해하도록 하고, 세포 소기관의 유기적 관계는 물질의 합성과 분비를 중심으로 다루도록 한다.
- [12세포01-04] 원핵세포와 진핵세포의 차이를 DNA, 세포 내 막 구조, 리보솜, 세포벽을 중심으로 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, 시스템과 상호작용, ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성, 생명의 연속성과 다양성과 연계된다.
- 현미경으로 관찰할 때 탄수화물과 지질임을 확인하는 방법에 대해서도 다루도록 한다.
- 현미경을 이용한 세포의 크기 측정은 마이크로미터 이외에도 현미경용 이미지 분석 소프트웨어를 이용하여 측정할 수 있다.
- 다양한 생물 재료를 사용하여 흥미를 느끼도록 유도하며, 세포 또는 생물체 내의 물질 관찰 시에는 실험실 안전교육을 실시하고 생물 재료 및 화학약품 처리 방법에 따라 분리하여

수거하고 처리하여 학생 안전 및 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.

(2) 물질대사와 에너지

- [12세포02-01] 물질대사는 생명체에서 생명을 유지하기 위해 일어나는 화학 반응임을 이해하고 에너지의 출입이 동반됨을 추론할 수 있다.
- [12세포02-02] 생명 활동에 필요한 에너지를 공급하는 과정에서 광합성과 세포호흡 그리고 ATP의 역할을 설명할 수 있다.
- [12세포02-03] 효소의 종류와 특성을 이해하고 효소의 활성에 영향을 미치는 요인에 대한 실험을 설계하여 수행할 수 있다.
- [12세포02-04] 효소의 작용 기작을 이해하고, 생명체 내에서 일어나는 효소 작용의 중요성에 대해 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12세포02-05] 효소가 우리 생활이나 산업에 다양하게 이용되는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 1일 칼로리 섭취량과 소비량 조사하여 에너지 섭취량과 소비량 비교하기
- 발아 중인 콩의 물질대사와 에너지대사 탐구하기

(가) 성취기준 해설

- [12세포02-01] 물질대사 과정에서 효소를 이용한 화학 반응이 일어나며, 에너지 출입을 통한 생명 활동 과정에서 균형있는 에너지 섭취와 소비의 중요성을 다룬다.
- [12세포02-02] 세포호흡을 통한 물질 분해 및 에너지 생성 과정, 광합성에서는 물질 합성 및 에너지 저장 과정에 중점을 두어 다룬다.
- [12세포02-03] 효소의 작용에 영향을 미치는 요인들에 대해 스스로 변인을 설정하여 실험을 설계하고 수행할 수 있도록 지도한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘식물과 에너지’와 ‘동물과 에너지’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성과 연계된다.
- 조사하는 활동에서 다양한 디지털 탐구 도구나 디지털 플랫폼을 활용하여 디지털 소양을 함양할 수 있도록 지도한다.

(3) 세포호흡과 광합성

- [12세포03-01] 미토콘드리아의 구조를 이해하고 생명체 내에서의 미토콘드리아의 기능을 추론할 수 있다.
- [12세포03-02] 세포호흡 과정의 단계별 특징을 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12세포03-03] 세포호흡 과정에서의 인산화 과정을 기질 수준의 인산화와 산화적 인산화 과정으로 구분할 수 있다.
- [12세포03-04] 산소호흡과 발효의 공통점과 차이점을 이해하고, 실생활에서 발효를 이용한 사례 조사 계획을 세워 조사할 수 있다.
- [12세포03-05] 엽록체의 구조를 이해하고 기능과 관련지어 설명할 수 있다.
- [12세포03-06] 광합성의 명반응과 탄소 고정반응을 단계별로 구분하여 특징을 이해하고 두 반응의 상호 관계를 추론할 수 있다.
- [12세포03-07] 광합성과 세포호흡의 전자 전달계를 비교하여 공통점과 차이점을 다양한 매체를 활용하여 설명할 수 있다.
- [12세포03-08] 광합성 관련 과학사적 연구 결과를 조사하여 시각화 자료를 창의적으로 제작하여 협력적으로 소통할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 미토콘드리아와 엽록체 내부구조 모형 제작하기
- 발효 실험 설계하여 수행하기
- 크로마토그래피로 식물의 잎에서 광합성 색소 분리하기

(가) 성취기준 해설

- [12세포03-02~07] 세포호흡과 광합성 과정이 효소에 의해 조절되는 일련의 화학 반응임을 이해하도록 하며, 세포호흡과 광합성의 탄소 고정반응 과정에서 유기물의 분자 구조식은 다루지 않도록 한다.
- [12세포03-03] 산화적 인산화 과정에서 화학 삼투에 의해 ATP가 합성된다는 수준 정도를 다루도록 한다.
- [12세포03-07] 광합성과 세포호흡의 전자 전달 과정에서 이루어지는 인산화 반응을 에너지, 효소, 산화·환원 반응 중심으로 다루도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘생물의 구성과 다양성’, ‘식물과 에너지’, ‘동물과 에너지’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성과 연계된다.
- 미토콘드리아와 엽록체의 내부구조에 대한 수업에서는 다양한 도구나 매체를 활용하며, 가상 현실이나 증강 현실을 활용하여 탐구하도록 하여 디지털 소양을 함양할 수 있도록 지도한다.

- 실생활에서의 발효 사례와 광합성 관련 과학사 연대표 발표에서는 시각화할 수 있는 도구를 활용하도록 안내하며, 영상 제작이나 다양한 디지털 기기나 디지털 플랫폼을 활용하여 디지털 소양을 함양할 수 있도록 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

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

용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.

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

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

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

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

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

(라) 학생의 ‘세포와 물질대사’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이

고 ‘세포와 물질대사’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

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

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

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정

도를 점검한다.

- 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준에 도달할 수 있도록 지도한다.

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

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

생물의 유전

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘생물의 유전’은 ‘생명과학의 학문적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위한 과목이다. ‘생물의 유전’에서는 생물의 유전 관련 다양한 생명 현상에 대한 학문적 흥미와 호기심을 갖도록 하며, 생명과학 탐구능력과 태도를 함양하여, 자연과 일상생활에서 접하게 되는 다양한 생명 현상에 대한 의문점들을 과학적이고 창의적으로 해결하는 생명과학의 학문적 소양을 기르는 데 중점을 둔다.

‘생물의 유전’은 고등학교 일반선택 과목인 ‘생명과학’과 진로선택 과목인 ‘세포와 물질대사’, 융합선택 과목인 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학탐구’와 긴밀하게 연계되어 있다.

‘생물의 유전’은 고등학교 ‘생명과학’에서 학습한 지식과 실천을 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하기 위해 유전학 분야의 핵심 개념을 바탕으로 유전자와 유전물질, 유전자의 발현, 생명공학기술 3개 영역으로 구성된다. ‘생물의 유전’의 유전자와 유전물질 영역은 생물의 유전, 유전물질과 유전체의 구성을 다루고, 유전자의 발현 영역은 유전자의 발현 과정, 유전자의 발현 조절을 다루며, 생명공학기술 영역은 생명공학기술의 발달과 관련 분야, 생명공학기술의 활용과 생명윤리를 다룬다.

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

나. 목표

생명 현상 탐구를 바탕으로 생물의 유전 관련 핵심개념을 통합적으로 이해하여 학문적 흥미와 호기심을 가지고 올바른 자연관과 생명관을 기른다. 또한, 생명과학 탐구 능력을 함양하고 일상생활에서 생명과학 관련 문제를 해결하는 과정에서 이공계열 분야의 진로를 선택할 때 필요한 생명과학 기초 역량을 기른다.

- (1) 생물의 유전에 대한 과학적 흥미와 호기심을 바탕으로 생명과학 관련 일상생활 문제를 인식하고 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 활용하여 생물의 유전 관련 문제의 해결 방안을 탐색하고 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 생명 현상을 과학적으로 탐구하여 생물의 유전의 핵심개념을 이해한다.
- (4) 과학·기술·사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 생물에서는 유전자를 통해 후손에게 전달된 유전 형질에 의해 다양한 유전 현상이 나타나며, 염색체와 유전자의 이상으로 유전병이 발생한다. · DNA가 유전물질이라는 것을 나타내는 여러 실험적 증거가 있으며, 반보존적 복제를 통해 DNA가 복제된다. · 유전자는 전사와 번역 과정을 통해 발현되며, 유전자의 발현 조절은 생명체의 발생 및 생명 활동에 중요하다. · 생명공학기술의 발달로 생명과학 분야가 확장되었으며, 생명공학기술은 인류 복지와 질병 치료에 기여해 왔다. · 생명공학기술이 발달하면서 발생할 수 있는 다양한 문제들을 사회적 책임과 생명윤리에 대한 인식을 통해 대처할 수 있다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	유전자와 유전물질	· 유전자와 유전 형질 · 상염색체 유전과 성염색체 유전 · 다유전자유전 · 사람의 유전병 · DNA 구조와 DNA가 유전물질이라는 증거 · 원핵세포와 진핵세포의 유전체의 구성 · DNA 복제 원리	
	유전자의 발현	· 중심원리 · 전사와 번역 · 원핵생물의 유전자 발현 조절 · 진핵생물의 유전자 발현 조절 · 발생과 세포 분화에서의 유전자 발현 조절	
	생명공학기술	· 생명공학기술의 발달 · 생명공학기술 관련 분야 · 유전자 변형 생물체의 개발과 이용 · 생명공학기술의 활용과 생명윤리	
과정·기능		· 생물 특징과 생명 활동 관계 추론하기 · 생명 현상에서 문제 발견 및 가설 설정하기 · 생명과학 탐구 설계, 수행 및 조사하기 · 생명과학적 근거를 기반으로 자료 해석, 분석 및 결론 도출하기 · 모형 생성하여 생명 현상 설명하기 · 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통하기	
가치·태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제 해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 유전자와 유전물질

- [12유전01-01] 유전 형질이 유전자를 통해 자손에게 유전됨을 이해하고, 상염색체 유전과 성염색체 유전 양상의 차이를 설명할 수 있다.
- [12유전01-02] 사람 유전 연구 방법의 어려움을 이해하고, 사람의 유전 현상 분석을 근거로 유전 형질의 유전적 특성을 추론할 수 있다.
- [12유전01-03] 사람의 다유전자유전에 대해 이해하고, 유전 현상의 다양성 사례를 조사하여 과학적 근거를 활용하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12유전01-04] 염색체와 유전자 이상에 대해 이해하고, 사람의 유전병을 발병 원인별 조사 계획을 세워 조사할 수 있다.
- [12유전01-05] DNA의 구조와 유전물질 규명 관련 과학사적 연구 결과를 설명하기 위한 발표 자료를 창의적으로 제작할 수 있다.
- [12유전01-06] 원핵세포와 진핵세포의 유전자 구조와 유전체 구성을 이해하고, 공통점과 차이점을 비교하여 설명할 수 있다.
- [12유전01-07] 반보존적 DNA 복제 과정을 이해하고 그 의미를 추론하여 협력적으로 소통할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 가계도 분석하기
- DNA를 추출하여 관찰하기
- DNA 복제 모의실험하기

(가) 성취기준 해설

- [12유전01-01] 유전 형질을 다룰 때, 과학적으로 명확하게 증명된 사례를 도입하여 유전자와 유전 형질의 관계를 다루도록 한다.
- [12유전01-03] 사람의 다유전자유전 사례에 초점을 두기보다는 사람의 유전 대부분이 다유전자유전에 의해 이루어지고 있다는 의미에 초점을 두도록 한다.
- [12유전01-07] 반보존적 복제의 구체적인 분자생물학적 기작보다는 반보존적 복제가 갖는 의미를 중심으로 다루며, DNA의 반보존적 복제를 다룰 때, RNA 프라이머나 관여하는 효소의 기능 등을 상세히 다루기보다는 용어 수준에서 다루도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘생식과 유전’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, 시스템과 상호작용, ‘생명과학’의 생명의 연속성과 다양성과 연계된다.
- 협력적으로 소통하기 위한 설명 자료 및 발표 자료는 정보 그림, 시청각 설명 자료, 영상, 디지털 플랫폼 등 다양한 매체를 활용할 수 있도록 지도한다.

(2) 유전자의 발현

- [12유전02-01] 전사와 번역 과정을 거쳐 유전자가 발현되는 중심원리를 이해하고, 모형을 이용하여 유전자 발현 과정을 설명할 수 있다.
- [12유전02-02] 유전 부호를 이해하고, 유전 부호 표를 사용하여 유전 정보를 해독할 수 있다.
- [12유전02-03] 원핵생물과 진핵생물의 유전자 발현 조절 과정을 비교하기 위한 설명 자료를 다양한 매체를 활용하여 제작할 수 있다.
- [12유전02-04] 생물의 발생 과정에서 세포 분화가 유전자 발현 조절 과정을 통해 일어남을 추론할 수 있다.
- [12유전02-05] 생물의 유전자 발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 기여한 사례를 조사하여 협력적으로 소통할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 단백질 합성 과정 모의실험하기

(가) 성취기준 해설

- [12유전02-03] 원핵생물의 전사 조절 과정을 주로 다루고, 진핵생물의 경우는 원핵생물의 전사 조절과의 다른 점만을 간략하게 다루도록 한다.
- [12유전02-04] 생물의 발생 초기 단계의 유전자 발현 조절 과정을 다루도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘생식과 유전’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, 시스템과 상호작용, ‘생명과학’의 생명의 연속성과 다양성과 연계된다.
- 생물의 유전과 발생 관련 역사적 사건에 대한 영상 시청을 통해 생물의 유전에 대한 흥미와 호기심을 유발한다.
- 유전자 발현 조절과 발현 관련 최신 연구를 조사하는 과정에서 생명과학 분야에서 인공지능을 어떻게 이용할 수 있는지를 조사하도록 지도한다.

(3) 생명공학기술

- [12유전03-01] 생명공학기술 발달 과정에서의 주요 사건을 조사하고 다양한 매체를 활용하여 발표할 수 있다.
- [12유전03-02] 단일클론항체, 줄기세포, 유전자 편집 기술이 난치병 치료에 활용된 사례를 조사하고, 이러한 치료법의 전망에 대해 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12유전03-03] 생명공학기술 관련 학문 분야를 이해하고 우리 생활과 산업에 활용 사례를 조사하여 창의적으로 설명 자료를 제작할 수 있다.
- [12유전03-04] 유전자 변형 생물체(LMO)의 특징을 이해하고 인간과 생태계에 미치는 영향을 추론할 수 있다.
- [12유전03-05] 생명공학기술의 활용 과정에서 나타나는 문제점과 이에 대한 사회적 책임을 인식하고 생명윤리 쟁점에 대해 의사 결정할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 단백질 화합물 상호작용 가상 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [12유전03-01] 생명공학기술의 발달 과정에서의 주요 사건이 가져온 기술 발달뿐만 아니라 성과를 우리 생활과 관련된 사례를 중심으로 다루어 흥미를 유발하도록 한다.
- [12유전03-02~03] 생명공학기술의 원리 중심보다는 우리 생활과 밀접한 사례를 중심으로 생명공학기술 활용 사례 및 관련 새로운 학문 분야와 직업을 조사하도록 하여 학생들의 흥미를 유도하도록 한다.
- [12유전03-04~05] 생명공학의 발달 과정에서 나타나는 생태적, 윤리적, 제도적, 사회적 문제점을 이해하고, 미래 사회에 미칠 영향을 예측하여 발표하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘생식과 유전’, 고등학교 ‘통합과학2’의 과학과 미래 사회, ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성, 생명의 연속성과 다양성과 연계된다.
- 생명공학기술 발달 과정의 주요 사건 및 생명공학기술 활용 사례 조사 결과를 정보 그림 및 시청각 설명 자료 제작, 영상 제작 등 다양한 방법을 사용하여 발표하도록 하여 디지털 소양을 함양할 수 있도록 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘생물의 유전’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
 - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
 - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
 - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 생명과학자 이야기, 생명과학사, 시사성 있는 최신 생명과학 내용 등을 도입하여 과학에 대

한 호기심과 흥미를 유발한다.

- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘생물의 유전’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

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

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

지구시스템과학

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘지구시스템과학’은 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위한 과목이다. ‘지구시스템과학’에서는 지구시스템의 구성 및 구성 권역들의 상호작용에 대한 기본 개념을 이해하고, 지구과학 탐구 능력과 태도를 길러, 시·공간적으로 밀접하게 관련된 생물권을 포함한 지구시스템 관련 현상을 과학적으로 이해하고, 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 과학적으로 해결하고 참여·실천하는 역량 함양에 중점을 둔다.

‘지구시스템과학’은 일반선택 과목인 ‘지구과학’까지 학습한 과학 지식과 실천을 연계하여 미래 사회를 살아가는 데 필요한 역량을 함양하기 위한 과목으로, 고등학교 진로선택 과목인 ‘행성우주과학’, 융합선택 과목인 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학 탐구’와 연계된다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제해결력과 창의성을 갖춘 전문가 집단과 시민이 함께 이끄는 사회이다. 지구시스템과학의 내용은 지구 탄생과 생동하는 지구, 해수의 운동, 강수 과정과 대기의 운동 등의 영역에 대해 ‘지식·이해, 과정·기능, 가치·태도’의 세 차원을 아울러 구성한다.

지구 탄생과 생동하는 지구 영역에서는 지구시스템 구성 권역 중 하나인 지권의 시공간적인 변화와 지구시스템의 구성 물질과 변천을 다룬다. 해수의 운동 영역에서는 지구시스템 구성 권역 중 수권을 중심으로 해수를 움직이는 힘과 해류의 발생과 운동, 해파와 조석의 발생 등 해수의 운동과 순환을 종합적으로 다룬다. 강수 과정과 대기의 운동 영역에서는 지구 열수지와 온실효과, 구름 생성에서 대기 연직 운동의 중요성, 대기의 운동과 순환에 작용하는 힘, 지상풍과 지균풍, 편서풍 파동 등을 다룬다.

‘지구시스템과학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다. ‘지구시스템과학’과 관련된 핵심 아이디어를 함양하기 위한 과학과 과정·기능을 체험함으로써 행위주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

지구시스템 탐구를 바탕으로 지구시스템의 구성 및 구성 권역들의 상호작용 관련 핵심개념을 통합적으로 이해하여 학문적 흥미와 호기심을 가지고 올바른 지구생태계적 관점을 기른다. 또한, 지구시스템과학 탐구 능력을 함양하고 이를 활용하여 실제 상황에서 지구과학 관련 문제를 해결하고 소통하면서 과학적 역량을 기른다.

- (1) 지구시스템에 대한 과학적 흥미와 호기심을 바탕으로 지구과학 관련 일상생활 문제를 인식하고 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 활용하여 지구시스템 관련 문제의 해결 방안을 탐색하고 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 지구시스템을 과학적으로 탐구하여 지구시스템과학의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		· 지구시스템은 지권, 수권, 기권, 생물권 등으로 구성되며, 이러한 지구시스템을 구성하는 권역들이 상호작용을 통해 에너지와 물질을 교환하는 과정에서 다양한 자연 현상들이 발생한다. · 지구의 기후시스템은 태양복사와 지구복사, 지역의 지질학적 특징, 인간 활동 등의 영향을 받으며, 이러한 요인들이 복합적으로 상호작용하여 다양한 기상 현상과 기후변화가 나타난다. · 암석과 화석, 지구 내부를 탐구함으로써 지질시대를 통한 지구 환경과 생물의 변천 과정을 밝혀낼 수 있다. · 판구조론을 통해 과거와 현재의 지구 표면의 암석 이동을 설명할 수 있으며, 판의 경계에서 발생하는 다양한 지각 변동을 추론할 수 있다. · 해수는 바람, 밀도 차 등 다양한 요인들에 의해 운동하고 순환한다. · 기온의 연직 분포에 따라 대기 안정도가 변화하며, 대기에 작용하는 여러 가지 힘에 의해 지균풍, 경도풍, 지상풍 등이 발생한다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	지구 탄생과 생동하는 지구	· 지구의 탄생 · 지권의 형성 · 규산염 광물의 성질 · 지진파 · 지구 내부구조 · 판구조와 플룸	
	해수의 운동	· 에크만 수송 · 지형류 · 천해파와 심해파 · 풍랑과 너울 · 쓰나미 · 폭풍 해일 · 조석과 기조력	
	강수 과정과 대기의 운동	· 태양복사 · 지구복사 · 열수지 · 온실효과 · 대기 안정도 · 강수과정 · 지균풍 · 경도풍 · 지상풍 · 편서풍 파동 · 제트류	
과정·기능		· 지구와 우주 관련 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 · 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 · 다양한 도구를 활용하여 정보를 조사·수집·해석하기 · 수학적 사고와 모형을 활용하여 지구와 우주 및 지구계 관련 현상 설명하기 · 증거에 기반한 과학적 사고를 통해 자료를 과학적으로 분석·평가·추론하기 · 결론을 도출하고 자연 현상 및 융복합 문제 상황에 적용·설명하기 · 과학적 주장을 다양한 방법으로 소통하고, 의사결정을 위해 과학적 지식 활용하기	
가치·태도		· 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 · 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 · 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제해결에 대한 개방성 · 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 지구 탄생과 생동하는 지구

- [12지시01-01] 지구의 탄생 이후 지구 대기, 원시 바다, 생명체 탄생 등의 과정을 통한 지구시스템 각 권역의 형성 과정을 추론할 수 있다.
- [12지시01-02] 지구시스템이 진화해온 역사에서 물, 탄소, 산소의 순환 과정을 통해 지권, 수권, 기권이 변화해 왔음을 추적할 수 있다.
- [12지시01-03] 판구조론의 발달사와 관련지어 판을 움직이는 맨틀의 상부 운동과 플룸에 의한 구조 운동을 구분할 수 있다.
- [12지시01-04] 암석의 순환 과정에서 화산 활동의 역할과 화산 활동으로 생성되는 암석의 특성을 추론할 수 있다.
- [12지시01-05] 지진파의 종류와 특성을 이해하고, 지진파를 이용하여 지구 내부구조를 알아내는 과정을 탐구할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 지구가 역동적 행성으로 진화한 이유를 다른 고체 행성의 진화 과정과 비교하기
- 관측 기기의 발달과 관련지어 판구조론 정립의 역사 추적하기
- 한반도 지진의 분포 특성과 지진 발생 가능성 예측하기
- 지진파 자료를 활용하여 지각의 두께 구하기
- 편광현미경으로 화산암과 심성암의 조직 비교 · 관찰하기

(가) 성취기준 해설

- [12지시01-01] 지구 생명체 탄생 이전의 권역 형성을 다룬다. 원시 태양계 성운에서 행성계인 태양계가 형성되는 물리적 과정(응축, 집적, 분화)을 알아보고, 행성으로서 지구가 탄생하고 진화하는 모습을 설명한다. 마그마 바다에서 화성암이 형성됨을 다루고 이후 냉각 과정에서의 상호작용을 다룬다.
- [12지시01-02] 생명체 탄생 이후 생명체와 지구계의 상호작용을 중심으로 다룬다. 산소의 순환은 남세균과 호상철광층의 형성, 탄소의 순환은 얼음덩어리 지구와 석회암의 퇴적, 물의 순환은 풍화, 침식, 퇴적 작용과 지형의 형성을 다룬다. 그리고 이 과정에서 생명과 행성의 공진화 개념을 다루어 환경과 생명의 소중함을 인식하도록 한다.
- [12지시01-03] 상부 맨틀의 대류에 의한 판 운동과 맨틀-핵의 경계에서 올라오는 플룸 운동을 구분하여 이해하며, 플룸 상승류의 사례로 열점을 설명한다. 판을 움직이는 힘의 경우, 맨틀 대류에 의한 수동적인 움직임으로 설명하기보다는, 판을 움직이는 능동적인 힘(섭입하는 판이 당기는 힘, 해령에서 미는 힘 등)에 관해 다룬다.
- [12지시01-04] 마그마의 특성에 따라 순산화산과 성층화산으로 화산체의 형태를 분류하며,

분출되는 물질의 종류가 달라짐을 다룬다. 편광현미경을 이용한 화산암과 심성암 박편 관찰을 통해 화산암의 유리질, 반상조직과 심성암의 조립질을 비교·관찰하는 정도만 다루며, 광학적 성질에 대해서는 다루지 않는다.

- [12지시01-05] 지진파 단층 촬영 결과를 이용하여 알아낸 지구 내부구조를 함께 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘지권의 변화’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘지구과학’의 지구의 역사와 한반도의 암석과 연계된다.
- 고체 지구 영역의 지구계와 지구 구성 물질, 그리고 판구조론에 해당하는 내용으로, 빅데이터와 시뮬레이션 등을 활용한 탐구 활동을 통해 지구시스템 차원의 연계성을 확인하고 디지털 소양을 함양한다.

(2) 해수의 운동

[12지시02-01] 에크만 수송과 관련지어 지형류의 발생 원리를 설명할 수 있다.

[12지시02-02] 해파의 발생 과정을 이해하고, 천해파와 심해파의 차이점을 비교·설명할 수 있다.

[12지시02-03] 해일이 발생하는 여러 가지 원인을 이해하고, 피해 사례와 대처 방안을 제안할 수 있다.

[12지시02-04] 조석의 발생 과정을 이해하고 자료 해석을 통해 각 지역에서의 조석 양상을 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 해파 발생 및 전파 실험하기
- 실시간 자료를 이용한 조석 현상의 패턴 추론하기

(가) 성취기준 해설

- [12지시02-01] 지구 규모의 해수 순환에 대한 정성적 이해를 바탕으로, 수압 경도력과 전향력에 의한 정역학 평형을 학습하여 해수를 움직이는 힘을 정량적으로 이해하도록 한다.
- [12지시02-02] 해파는 해수면이 주기적으로 상하 운동하면서 에너지를 전파하는 현상으로 바닷물이 직접 이동하는 것은 아니라는 사실을 이해시킨다. 이때 심해파와 천해파의 중간 영역(전이파)에 대한 개념을 간단히 다룬다.
- [12지시02-03] 해일 발생 당시의 기압, 만조 시기, 해안 및 해저 지형에 따라서도 해일의 피해가 달라질 수 있음을 이해한다.
- [12지시02-04] 기조력을 정성적으로 도입하고 평형 조석론 정도만 다루며, 달에 의한 기조력이 태양보다 2배 정도 크다는 것을 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘수권과 해수의 순환’, 고등학교 ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘지구과

학'의 대기와 해양의 상호작용과 연계된다.

- 실시간 자료를 이용한 조석 현상 분석, 쓰나미 피해 사례와 대처 방안 조사 및 발표 등을 프로젝트 학습의 형태로 진행함으로써 과학 탐구의 전체 과정을 체험하게 하고, 전 지구 규모의 빅데이터와 시뮬레이션을 통해 지구시스템 차원의 연계성을 확인하고 디지털 소양을 함양한다.

(3) 강수 과정과 대기의 운동

- [12지시03-01] 대기를 구성하는 기체들이 선택적 흡수체임을 이해하고, 온실효과 및 태양 자외선 차단 효과, 물의 존재 등으로 지구 생명체 존재 조건을 추론할 수 있다.
- [12지시03-02] 지표와 대기의 열 출입과 관련된 물리 과정 및 전 지구 평균 열수지를 해석할 수 있다.
- [12지시03-03] 기온의 연직 분포와 대기의 안정도와의 관계를 이해하고, 단열변화를 통해 안개나 구름이 생성되는 과정 및 강수 과정을 분석할 수 있다.
- [12지시03-04] 기압의 연직 분포로 정역학적 균형을 이해하고, 대기 중 연직 운동의 발생 원인을 추론할 수 있다.
- [12지시03-05] 지균풍, 경도풍, 지상풍의 발생 원리와 관련된 힘의 작용을 설명할 수 있다.
- [12지시03-06] 행성파의 발달 과정을 이해하고, 지상 고·저기압 발달에서 편서풍 파동의 역할을 평가할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 단열선도를 이용하여 대기 안정도 해석하기
- 회전원판을 이용한 전향 효과 실험하기
- 편서풍 파동 및 제트류와 관련지어 상층 일기도 해석하기
- 행성파 시뮬레이션 실험하기

(가) 성취기준 해설

- [12지시03-01] 생명가능지대로서의 지구, 즉 지구에 물이 존재함으로써 생명체가 발생하고 존재할 수 있는 이유에 대한 근거를 다룬다.
- [12지시03-02] 지표와 대기의 열 출입을 물리 과정, 즉 산란, 반사, 흡수, 굴절 등으로 설명한다. 에너지(열) 수지를 다루면서 잠열의 효과가 가장 크다는 것을 파악함으로써 구름 생성을 위한 단열변화로 연결한다.
- [12지시03-03] 단열변화에서 기온과 습도의 변화를 이해하고, 단열변화와 단열 감률을 고려한 대기의 안정도를 구름의 생성과 관련지어 다룬다.
- [12지시03-04~05] 수평 운동으로서 대기의 운동을 이해하기 위해 정역학 평형, 바람에 작용하는 힘들에 관한 개념 학습을 토대로 지상풍, 지균풍, 경도풍, 태양 상수, 편서풍 파동 등의 개념을 이해하고, 지상과 상층의 바람, 편서풍 파동(제트류), 대기 대순환 등을 시스템

적으로 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘날씨와 기후변화’, 고등학교 ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘지구과학’의 대기와 해양의 상호작용과 연계된다.
- 지구 열수지와 지구온난화의 관련성 시뮬레이션 등의 활동을 통해 디지털·인공지능 소양을 함양한다.
- 상층 일기도를 확보하기 어려운 경우에는 보다 짧은 기간 동안의 일기를 예측하도록 한다.
- 편서풍 파동 실험으로 사용하던 회전 원통 실험은 로스비파인 편서풍 파동에 대한 오개념을 유발할 수 있으므로, 이 실험을 다룰 때는 실험이 갖는 한계점에 유의하여 활동을 구성한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘지구시스템과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
 - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
 - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
 - 융합적 사고와 과학적 창의성을 제발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수

학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.

- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘지구시스템과학’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 관련된 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

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

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

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

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

행성우주과학

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘행성우주과학’은 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위한 과목이다. ‘행성우주과학’에서는 행성 지구를 비롯한 천체 및 우주과학 관련 기본 개념을 이해하고, 지구과학 탐구 능력과 태도를 길러, 시·공간적으로 밀접하게 관련된 지구 행성계를 포함한 천체와 우주 관련 현상을 과학적으로 이해하고, 민주 시민으로서 개인과 사회 문제를 과학적으로 해결하고 참여·실천하는 역량 함양에 중점을 둔다.

‘행성우주과학’은 일반선택 과목인 ‘지구과학’까지 학습한 과학 지식과 실천을 연계하여 미래 사회를 살아가는 데 필요한 역량을 함양하기 위한 과목으로, 고등학교 진로선택 과목인 ‘지구시스템과학’, 융합선택 과목인 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학 탐구’와 긴밀한 연계를 가진다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제해결력과 창의성을 갖춘 전문가 집단과 시민이 함께 이끄는 사회이다. 이러한 민주 시민으로서의 과학적 소양을 바탕으로 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하기 위해 ‘행성우주과학’의 내용은 우주탐사와 행성계, 태양과 별의 관측, 은하와 우주 등의 영역에 대해 ‘지식·이해, 과정·기능, 가치·태도’의 세 차원을 아울러 구성한다.

우주탐사와 행성계 영역에서는 우주탐사를 통해 새롭게 밝혀진 사실과 함께 우주 위험 감시의 중요성 및 행성계의 특징을 다룬다. 태양과 별의 관측 영역에서는 태양과 별의 관측을 통해 알 수 있는 물리적 특징을 다룬다. 은하와 우주 영역에서는 은하를 구성하는 물질과 관측 가능한 우주를 구성하는 은하의 분포에 대한 특징을 다룬다. 이러한 구성은 첨단 과학기술을 기반으로 융복합적 지식을 특징으로 하는 미래 사회를 살아가는 데 필요한 행성우주과학 관련 소양을 함양하고, 행위주체성을 갖춘 민주 시민으로 성장하는 데 이바지할 것이다.

‘행성우주과학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다. ‘행성우주과학’과 관련된 지식·이해와 가치·태도를 배양하기 위한 과학과 과정·기능을 체험함으로써 행위주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

태양계가 속한 은하와 우주에 대한 탐구를 바탕으로 태양계, 별, 우주 관련 핵심 개념을 통합적으로 이해하여 학문적 흥미와 호기심을 가지고 생명체가 거주할 수 있는 행성 지구의 소중함을 인식하여 올바른 우주관을 기른다. 또한, 우주를 탐구하는 능력을 함양하고 이를 활용하여 인류가 직면한 행성우주과학 관련 문제를 해결하고 소통하면서 과학적 역량을 기른다.

- (1) 우주에 대한 과학적 흥미와 호기심을 바탕으로 인류가 직면한 행성우주과학 관련 문제를 인식하고 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 활용하여 행성우주과학 관련 문제의 해결방안을 탐색하고 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 태양계, 별, 우주를 과학적으로 탐구하여 행성우주과학의 핵심개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 첨단 관측 장비의 발달로 우주탐사의 범위가 확장되고 있다. • 우주 위험 감시 기술을 통해 지구에 다가올 우주 재난을 예측할 수 있다. • 태양계를 지배하는 힘은 태양의 중력이며, 태양계 천체의 운동은 케플러의 법칙으로 설명할 수 있다. • 별에서 나오는 전자기파를 관측하여 별의 특성을 파악할 수 있다. • 별의 관측 자료와 증거기반 해석 등을 활용하여 천체의 거리 및 물리량을 결정한다. • 은하의 회전 속도를 관측하여 암흑물질이 존재함을 알 수 있고, 우주를 구성하는 기본 천체인 은하는 여러 규모의 집단을 이루고 있음을 추론할 수 있다.
범주	구분	내용 요소
	지식·이해	- 우주탐사와 행성계 • 태양계의 구성 천체 · 우주탐사 · 우주 위험 감시 · 케플러 법칙 • 신기술 망원경 · 외계 행성계 · 생명가능지대 - 태양과 별의 관측 • 태양 활동 · 태양 및 천체 관측 · 거리지수 · 별자리 • 쌍성계 · 질량-광도 관계 · 변광성 · 초신성 - 은하와 우주 • 성간 티끌 · 성간 소광 · 세페이드 변광성 • 은하의 회전과 질량 · 암흑 물질 · 전천 탐사 · 우주 거대 구조
	과정·기능	• 지구와 우주 관련 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 • 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 • 다양한 도구를 활용하여 정보를 조사·수집·해석하기 • 수학적 사고와 모형을 활용하여 지구와 우주 및 지구계 관련 현상 설명하기 • 증거에 기반한 과학적 사고를 통해 자료를 과학적으로 분석·평가·추론하기 • 결론을 도출하고 자연 현상 및 융복합 문제 상황에 적용·설명하기 • 과학적 주장을 다양한 방법으로 소통하고, 의사결정을 위해 과학적 지식 활용하기
	가치·태도	• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유

나. 성취기준

(1) 우주탐사와 행성계

- [12행우01-01] 태양계 탐사선의 활동을 통해 알아낸 성과를 이해하고, 인공위성을 활용한 우주탐사의 필요성을 토론할 수 있다.
- [12행우01-02] 태양 활동 감시 시스템과 지구 접근 천체를 비롯한 지구를 위협하는 우주 위험 감시 기술의 중요성을 우주 재난 측면에서 인식할 수 있다.
- [12행우01-03] 태양계를 지배하는 힘이 태양의 중력임을 이해하고, 케플러의 세 가지 법칙을 이용하여 태양계 구성 천체들의 운동을 설명할 수 있다.
- [12행우01-04] 행성과 소천체의 정의를 구분하여 이해하고, 소천체 탐사 자료를 통해 이들의 특징을 추론할 수 있다.
- [12행우01-05] 외계 행성계 탐사의 원리를 이해하고, 외계 행성에 생명체가 존재할 수 있는 조건과 외계 생명체의 존재 가능성에 대해 논증할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 태양 활동 감시 시스템의 실생활 관련성 조사하기
- 천체 망원경을 이용하여 행성 관측하기
- 중심별의 표면 온도에 따른 생명가능지대 추론하기

(가) 성취기준 해설

- [12행우01-01] 최근의 태양계 탐사선 탐사 결과로부터 새롭게 밝혀진 사실을 중심으로 다룬다. 태양계 탐사선과 관련하여 행성 탐사선, 소천체 탐사선 등의 활동과 성과를 다룬다. 우리나라의 우주개발 성과와 계획을 간략히 소개한다.
- [12행우01-02] 우주 위험 감시 기술과 관련하여 우주기상, 소천체 충돌, 우주 쓰레기 등의 문제를 다룬다.
- [12행우01-03] 케플러의 세 가지 법칙에서 각 법칙의 물리적 의미를 다루고, 태양계의 모든 천체에 케플러의 법칙이 적용된다는 사실을 설명할 수 있도록 한다.
- [12행우01-04] 소천체에 속하는 왜소행성, 소행성, 혜성, 운석 등을 설명하고, 이들을 태양계 원시 물질로 구성된 천체와 분화된 천체로 구분할 수 있음을 다룬다.
- [12행우01-05] 외계 행성계에서의 생명가능지대가 중심별의 표면 온도 등에 의해 결정된다는 것을 설명하며, 생명가능지대가 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 범위로 설정된다는 사실을 통해 물이 생명 현상의 중요한 요소임을 이해하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘태양계’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘지구과학’의 태양계 천체와 별과 우주의 진화와 연계된다.
- 인공위성을 이용한 태양계 탐사의 역사를 시간순으로 나열하여 다루지는 않으며, 우주탐사 프로젝트를 조사하고 여러 모듈의 데이터를 공유하는 탐구 활동을 수행함으로써 디지털·인공지능 소양을 함양할 수 있다.
- 태양의 광구와 대기에서 관측할 수 있는 현상보다는 우주 환경 변화에 따른 우주 재난의 예측 가능성에 초점을 두며, 우주 환경까지 포함하는 생태주의 관점을 함양하도록 지도한다.
- 케플러의 법칙을 이용하여 태양계 천체의 데이터를 해석하는 탐구 활동과 수행평가를 실시할 수 있다.
- 탐사선이 관측한 표면 사진을 이용하여 태양계 행성과 소천체의 지질학적 특징을 조사하고 여러 모듈의 데이터를 공유하고 소통하는 탐구 활동을 수행할 수 있다.

(2) 태양과 별의 관측

[12행우02-01] 태양의 광구와 대기에서 나타나는 현상을 설명하고, 이러한 현상이 다양한 파장의 관측 자료에서 어떻게 나타나는지 비교·분석할 수 있다.

[12행우02-02] 별의 시차와 밝기를 이용하여 거리를 측정하는 다양한 방법을 비교·평가할 수 있다.

[12행우02-03] 별의 시선속도와 접선속도의 합으로 공간 운동이 나타남을 이해하고, 별자리를 구성하는 별들의 장시간에 걸친 형태 변화를 추론할 수 있다.

[12행우02-04] 쌍성의 관측 자료를 이용하여 항성의 질량을 직접적으로 구할 수 있음을 이해하고, 질량-광도 관계를 이용하여 쌍성이 아닌 별의 질량을 구할 수 있다.

[12행우02-05] 광도곡선의 특징을 비교하여 맥동변광성과 폭발 변광성을 구분하고, 폭발 변광성 중 초신성 관측 자료를 통해 알 수 있는 과학적 사실을 추론할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 망원경으로 태양 광구를 관측하고 태양 흑점의 이동 자료를 이용하여 태양의 자전주기 구하기
- 별자리를 구성하는 별들의 공간 분포를 입체적으로 표현하기
- 쌍성의 질량과 절대등급 자료를 이용하여 주계열성의 질량-광도 관계 구하기

(가) 성취기준 해설

- [12행우02-01] 태양 광구에서 흑점과 쌀알 무늬가 나타나는 이유를 이해하고, 흑점의 관측 자료로부터 태양 활동의 주기와 차등 자전을 설명한다. 태양의 위성 영상자료를 컴퓨터로 합성하는 활동을 통해 태양의 차등 자전을 이해한다.
- [12행우02-02] 별의 연주시차를 이용하여 거리를 계산하는 방법을 다루고, 별의 겉보기 등급과 절대등급을 이용하여 거리를 계산하는 방법(거리지수)을 설명한다.

- [12행우02-03] 별의 접선속도와 시선속도를 관측하여 공간 운동을 계산할 수 있음을 소개하고, 별자리를 구성하는 별들이 물리적인 연관성은 없지만, 시선 방향의 범위가 비슷한 별들의 집단임을 이해하도록 한다.
- [12행우02-04] 케플러의 법칙을 쌍성계에 적용하여 쌍성계의 주기와 장반경으로부터 쌍성계를 구성하는 별의 질량을 구하는 과정을 이상적인 조건에 대해서만 다룬다.
- [12행우02-05] 변광성의 관측 자료를 제시하여 맥동변광성과 폭발 변광성을 구분하게 하며, 맥동변광성의 맥동 기작은 다루지 않는다. 초신성의 종류와 초신성 폭발 과정은 다루지 않는다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘태양계’와 ‘별과 우주’, 고등학교 ‘지구과학’의 태양계 천체와 별과 우주의 진화와 연계된다.
- 태양을 관측할 때는 태양 관측용 망원경을 사용하거나 망원경에 필터를 장착하여 안전하게 관측할 수 있도록 지도한다.
- 태양 광구를 주기적으로 관측한 자료를 분석하여 스프레드시트나 파이썬 등의 프로그램으로 태양의 위도에 따른 자전주기를 계산하는 탐구 활동과 수행평가를 실시할 수 있다.
- 별자리를 구성하는 별들의 데이터를 이용하여 별자리의 입체적인 공간 분포를 시각적으로 표현하는 탐구 활동을 실시할 수 있다.

(3) 은하와 우주

- [12행우03-01] 성단의 C-M도를 이용하여 성단의 나이와 거리를 비교하고, 맥동변광성의 주기-광도 관계를 이용하여 우리은하의 구조와 규모를 추론할 수 있다.
- [12행우03-02] 성간 소광 자료를 통해 성간 티끌의 존재를 추론하고, 성간 티끌의 특징을 설명할 수 있다.
- [12행우03-03] 은하의 회전 속도 곡선을 이용하여 질량 분포를 이해하고 은하에 빛을 내지 않는 물질의 존재를 추론할 수 있다.
- [12행우03-04] 대규모로 이루어진 외부은하의 적색 편이 탐사의 성과를 이해하고, 은하의 공간 분포를 파악함에 있어서 분광 관측 자료의 중요성을 인식할 수 있다.
- [12행우03-05] 은하의 공간 분포 자료를 통해 은하의 집단을 이해하고, 은하 장성, 보이드 등 우주의 거시적인 구조를 현대 우주론과 관련지어 설명할 수 있다.

<탐구 활동>

- 주계열 맞추기를 이용하여 성단의 거리 구하기
- 세페이드 변광성을 이용하여 우리은하의 중심 찾기과 크기 구하기
- 전천 탐사를 통해 얻은 은하의 공간 분포 자료에서 은하단, 보이드 등 다양한 구조 식별하기

(가) 성취기준 해설

- [12행우03-01] 성단은 C-M도를 도입하여 설명하며, 성단의 주계열 맞추기를 이용하여 거리를 구하는 방법을 다룬다. 세페이드 변광성의 주기-광도 관계를 이용하여 우리은하의 규모를 계산하는 방법을 이해할 수 있도록 한다.
- [12행우03-02] 성간 기체가 다양한 상태로 분포하고 있음을 설명하고, 성간 소광에 의해 천체의 거리가 실제와 다르게 측정될 수 있음을 알고 관측 결과를 보정해야 하는 이유를 다룬다.
- [12행우03-03] 우리은하의 회전 속도 곡선으로부터 계산된 질량과 별의 광도로부터 추정하는 은하의 질량이 일치하지 않는다는 사실로부터 빛을 내지 않는 물질의 존재 가능성을 이해할 수 있도록 한다.
- [12행우03-04~05] 다양한 천천 탐사의 성과를 간략히 소개하고, 이로부터 알아낸 은하의 공간 분포를 이해할 수 있도록 한다. 은하군 및 은하단, 초은하단의 특징을 설명하고, 초은하단과 보이더는 우주 팽창의 영향을 받는 규모임을 간략히 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 '태양계'와 '별과 우주', 고등학교 '지구과학'의 태양계 천체와 별과 우주의 진화와 연계된다.
- 천체의 거리를 구하는 과정이 거리 규모에 따라 다른 이유를 이해하도록 한다.
- 성단의 H-R도와 세페이드 변광성의 관측 자료를 이용하여 천체의 거리를 계산하는 탐구 활동과 수행평가를 실시할 수 있다.
- 우리은하와 외부은하의 회전 속도 곡선을 제시하고 공통적인 특징을 파악하는 모듈별 탐구 활동과 보고서 평가를 실시할 수 있다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘행성우주과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
 - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
 - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
 - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미

를 유발한다.

- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘행성우주과학’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

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

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

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

- (가) ‘행성우주과학’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘행성우주과학’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
 - 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
 - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
 - 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
 - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.
- (다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘행성우주과학’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.
 - ‘행성우주과학’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
 - 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
 - ‘행성우주과학’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를

해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

- (라) ‘행성우주과학’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필 평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.
- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
 - 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
 - 평가 도구를 개발할 때는 창의 융합적 문제해결력 및 인성과 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
 - 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
 - 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.
- (마) 학생들의 ‘행성우주과학’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.
- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘행성우주과학’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
 - 평가 결과를 학생의 ‘행성우주과학’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

과학의 역사와 문화

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘과학의 역사와 문화’는 인류 문명의 역사 속 과학의 특징과 가치를 이해하고, 이를 기반으로 과학의 사회적 역할을 고려하여 미래 사회에 필요한 과학적 소양을 함양하기 위한 과목이다. ‘과학의 역사와 문화’에서는 과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 기르기 위해 과학의 역사에서 중요한 사건이나 사례를 중심으로, 과학과 사회, 경제, 문화 등의 상호작용을 탐색한다. 이를 통해 과학기술의 발달로 인한 사회문화의 변화를 예측하고, 이러한 변화의 과정 속에서 발생할 수 있는 다양한 문제를 지혜롭게 해결할 수 있는 역량을 기르는 데 중점을 둔다.

‘과학의 역사와 문화’는 ‘통합과학1, 2’ 및 ‘과학탐구실험1, 2’ 과목을 통해 습득한 과학 지식을 바탕으로 인류 문명의 역사에서 과학의 변화 과정을 이해하고, 과학과 사회문화의 상호 관계를 탐구함으로써 자기주도적 문제해결 능력을 기르기 위한 과목이다. ‘과학의 역사와 문화’는 과학을 중심으로 과학과 다양한 분야의 상호작용을 탐색하고, 과학의 역할과 가치를 이해하며, 과학기술의 발달로 인한 미래 사회의 다양한 변화 속에서 올바른 가치 판단을 할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 구성되어 있다.

‘과학의 역사와 문화’는 과거, 현재, 미래의 시간 흐름 속에서 인류 문명과 과학의 상호 관계를 조망할 수 있도록 과학과 문명의 탄생과 통합, 변화하는 과학과 세계, 과학과 인류의 미래의 3개 영역으로 구성되어 있다. 과학과 문명의 탄생과 통합 영역에서는 인류 문명의 초창기부터 근대에 이르기까지 과학과 사회문화 사이의 상호작용과 융합의 사례를 다룬다. 변화하는 과학과 세계 영역에서는 산업혁명 이래 등장한 과학기술이 사회와 문화에 미친 영향과 관계를 고찰한다. 과학과 인류의 미래 영역에서는 오늘날 주목받고 있는 사회적 변화와 문화적 현상에서 과학의 역할을 탐색하고, 과학기술의 발달로 인해 나타날 수 있는 미래의 변화와 파생되는 문제를 예측하고 논의한다.

과학은 사회문화와의 끊임없는 상호작용 속에서 발달하고, 과학기술의 발전은 우리의 생활과 가치 판단에 큰 영향을 미친다. 이로 인해 새로운 지식과 문화가 창출되지만 예측하지 못했던 새로운 문제들도 생겨나고 있다. 이러한 문제에 유연하게 대처하기 위해서는 창의적이고 융합적인 사고를 기르는 것이 중요하다. ‘과학의 역사와 문화’를 통해 과거 과학과 인류 문명의 등장부터 오늘날 우리 주변에서 나타나는 변화에 이르기까지 다양한 사건과 쟁점, 사례를 탐구함으로써 지식·이해,

과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 함양하여 미래 사회에 필요한 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

과학과 인류 문명의 발전에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 과학적 사고와 탐구를 기반으로 역사적 맥락 속 과학과 사회문화의 상호 관계를 이해하고, 과학기술이 개인의 삶과 사회에 미치는 영향을 고려하여 미래 사회에 나타날 다양한 문제를 자기주도적으로 해결하는 능력을 기른다.

- (1) 과학과 사회문화의 관계에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로, 개인과 사회의 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 인류 문명에 중요한 영향을 미친 과학적 발견과 역사적 사건을 토대로 다가오는 미래에 나타날 수 있는 변화를 예측하고 대응할 수 있는 능력을 기른다.
- (3) 과학과 사회, 경제, 예술 등 다양한 분야와의 관계에서 과학의 역할과 가치를 이해한다.
- (4) 과학기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		- 과학은 인류 문명의 시작부터 오늘날까지 우리의 삶과 가치에 큰 영향을 미치고 있다. - 과학적 발견은 과학자의 신념이나 가치, 당대의 사회문화적 배경 등의 영향을 받는다. - 과학은 사회, 경제, 문화 등 다양한 분야와 상호작용하며 발전하였다. - 과학기술은 미래 사회를 변화시키는 원동력이며, 미래의 변화를 예측하고 대응하는 데 중요한 역할을 한다. - 미래 과학기술과 관련된 사회 문제 해결을 위해서는 과학자의 윤리 의식과 시민의 참여가 필요하다.
범주	구분	내용 요소
	범주	구분
지식·이해	과학과 문명의 탄생과 통합	- 과학의 문명과 태동 - 그리스 문명과 과학 - 중세 과학과 종교 - 르네상스와 과학혁명 - 과학과 예술의 통합 - 과학자의 신념과 세계관
	변화하는 과학과 세계	- 현대 과학과 사회문화 - 현대 과학과 예술 - 감염병과 백신 - 교통수단 속의 과학 - 산업혁명 이후 과학기술의 명암
	과학과 인류의 미래	- 과학기술 기반 문화 콘텐츠 - 미디어 속 과학의 언어 - 과학기술과 음악 - 인간과 사물의 대화 - 증강 현실과 가상 현실의 세계 - 과학기술과 시민 참여
과정·기능		- 과학과 사회문화 사이의 상호작용과 관련된 문제 인식하기 - 문제를 해결하기 위해 변인이 포함된 탐구 설계하기 - 다양한 도구를 활용해 자료를 수집·기술·변환하기 - 융합적 사고를 바탕으로 자료를 분석·평가·추론하기 - 결론 도출 및 결론의 사회적 가치 판단하기 - 과학기술을 이용한 사회 문제 해결 방안 마련하기 - 과학기술의 발달에 따른 미래 사회 변화 예측하기 - 타당한 근거에 기초하여 자신의 주장을 펼치고 실천적 대안 마련하기 - 다양한 매체를 활용하여 표현하고 협력적 소통하기
가치·태도		- 과학의 심미적 가치 - 과학의 사회적 가치 - 과학 유용성 - 자연과 과학에 대한 감수성 - 과학 창의성 - 과학 활동의 윤리성 - 과학 문제 해결에 대한 개방성 - 과학 문제 해결의 학문 간 융합적 접근 - 안전·지속가능 사회에 기여

나. 성취기준

(1) 과학과 문명의 탄생과 통합

- [12과사01-01] 인류 문명의 탄생 과정에서 인류의 지혜가 담긴 과학적 사례를 발견하고, 이를 통해 과학이 인류 문명의 형성 과정에 기여하였음을 이해할 수 있다.
- [12과사01-02] 고대 그리스 철학자의 과학적 사고나 주장 등을 조사하고, 그리스 문명이 고대에서 현대에 이르기까지 인간의 삶에 미친 영향을 설명할 수 있다.
- [12과사01-03] 중세 시대 유럽과 중동 지역을 중심으로 종교나 문화가 과학에 기여한 바를 이해하고, 고대 그리스의 과학과 중세 과학의 특징을 비교할 수 있다.
- [12과사01-04] 르네상스와 과학혁명이 일어난 사회문화적 배경을 조사하고, 과학과 예술 사이의 융합적 사례를 설명할 수 있다.
- [12과사01-05] 과학 지식의 형성 과정에서 과학자의 신념이나 세계관이 영향을 준 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 르네상스와 과학혁명 시기의 예술 작품에 포함된 과학적 원리 분석하기

(가) 성취기준 해설

- [12과사01-02] 고대 그리스 시대의 우주관과 자연관을 이해하고, 고대 그리스 철학자들의 생각이 오늘날 과학이나 예술, 철학 등 다양한 분야에서 어떻게 활용되고 있는지 조사하도록 한다.
- [12과사01-04] 예술 작품에 등장하는 과학적 소재나 창작 과정에서 나타난 과학적 개념이나 원리를 탐색하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고대 그리스 시대의 과학과 16~17세기 과학혁명 시기의 과학을 서로 비교함으로써 고대 그리스 철학이 미친 영향을 이해할 수 있도록 지도한다. 플라톤과 아리스토텔레스의 철학적 관점이 과학과 예술 등 다양한 분야에서 적용된 사례를 이해하고, 오늘날 융합적 사고와는 어떤 차이점이 있는지 생각할 기회를 제공한다.
- 과거에 있었던 사례나 사건을 조사하는 것에서 그치지 않고, 과거 과학자나 예술가의 아이디어나 사고 과정이 오늘날에 적용된다면 어떤 일이 일어날 것인지 예측하고 토론하도록 한다.

(2) 변화하는 과학과 세계

- [12과사02-01] 상대성 이론 등과 같은 현대 과학의 등장이 당시의 사회문화에 끼친 영향을 이해함으로써 과학의 사회적 가치를 느낄 수 있다.
- [12과사02-02] 현대 과학의 등장 과정에서 나타난 과학자들의 논쟁이나 토론 사례를 조사하고, 과학적 의사소통에서 지켜야 할 규범과 태도를 이해할 수 있다.
- [12과사02-03] 현대 예술 작품이나 건축물에 과학적 원리가 적용된 사례를 조사하고, 과학과 문화의 관련성을 추론할 수 있다.
- [12과사02-04] 감염병이 사회에 영향을 미친 대표적인 사례를 찾고, 과학이 사회 문제 해결에 기여함을 인식할 수 있다.
- [12과사02-05] 과학기술이 교통수단의 발달에 미친 영향을 인식하고, 교통수단의 발전이 가져올 미래 사회의 변화를 예측할 수 있다.
- [12과사02-06] 산업혁명 이후 나타난 과학기술이 인류 문명에 미친 긍정적 효과와 부정적 효과에 대해 토론할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 상대성 이론의 관점에서 미래주의 예술 작품 분석하기

(가) 성취기준 해설

- [12과사02-04] 근대 사회 등장 이래 우리나라뿐만 아니라 유럽 및 세계 전역에서 유행했던 감염병을 조사하고, 감염병 등장이 미친 사회 변화와 이러한 문제를 극복하는 과정에서 과학의 역할을 조사하여 능동적으로 문제를 발견하고 해결하는 자세를 갖도록 한다.
- [12과사02-06] 산업혁명 이후 화학 무기, 원자력, 유전자 재조합 등의 과학기술 발전으로 발생한 사회적 갈등을 알아봄으로써 과학기술이 갖는 양면성을 이해하고, 새롭게 등장하는 과학기술에 대해 균형적으로 판단할 수 있는 시야를 갖도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 현대 과학의 등장으로 인해 나타나는 장단점에 대해 근거를 가지고 추론하며, 서로 다른 관점을 가진 경우에도 이해하고 배려할 수 있는 마음을 가질 수 있도록 한다.

(3) 과학과 인류의 미래

- [12과사03-01] 과학기술의 발전을 통해 새롭게 나타난 문화적 변화를 찾아보고, 과학을 주제로 하는 예술 작품이나 콘텐츠를 제작하여 발표할 수 있다.
- [12과사03-02] 일상생활이나 미디어에서 사용되는 과학 용어를 조사하고, 과학 용어가 우리 사회에 미치는 파급효과를 설명할 수 있다.
- [12과사03-03] 과학기술의 발전이 음악에 영향을 끼친 사례를 탐색하고 인공지능으로 음악을 창작하거나 로봇을 활용한 연주를 통해 과학의 심미적 가치를 느낄 수 있다.
- [12과사03-04] 인간과 기계, 사물 등을 연결하는 과학기술의 발전 동향을 파악하고 미래 사회의 변화를 예측할 수 있다.
- [12과사03-05] 가상 현실이나 증강 현실을 활용한 우리 주변의 사례를 조사하고, 이러한 기술이 미래 사회에 미칠 수 있는 영향에 대해 토론할 수 있다.
- [12과사03-06] 집단적 의사결정을 통해 과학기술과 관련된 사회적 문제를 해결한 사례를 조사하여 과학기술에 대한 시민의 이해와 균형 있는 가치 판단의 필요성을 인식할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 가상 현실이나 증강 현실을 이용한 과학문화 콘텐츠 제작하기

(가) 성취기준 해설

- [12과사03-02] 에너지나 DNA와 같은 과학 용어를 뉴스나 미디어 속에서 어떻게 활용하는지 찾아보고 과학적 맥락과 그 밖의 맥락에서 활용하는 용어의 의미를 서로 비교하여 차이점을 이해하도록 한다. 또한, 새로운 과학 용어를 다양한 사회 또는 자연 현상 설명에 활용한다는 점을 통해 과학적 아이디어를 다양한 상황이나 맥락에 적용하도록 한다.
- [12과사03-06] 핵발전소 가동 연장이나 자동차의 안전성 논란 등 과학과 관련된 사회적 쟁점의 사례를 조사하여 대중의 과학적 시각과 균형적인 가치 판단이 중요함을 깨닫도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 과학기술이 인류의 발전에 올바른 방향으로 기여하도록 학생들의 능동적 참여를 유도하고 과학기술이 가져올 변화에 대해 균형적인 시각과 비판적인 자세를 견지할 수 있도록 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘과학의 역사와 문화’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
 - 지속적인 관찰이 요구되는 탐구를 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
 - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

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

(라) 학생의 ‘과학의 역사와 문화’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 학생의 진로선택과 관련해 과학 지식을 활용할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.

- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘과학의 역사와 문화’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 관련된 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

(마) 범교과 학습, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련하여 ‘과학의 역사와 문화’와 교육 내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 이를 함께 학습할 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

- ‘과학의 역사와 문화’의 융합적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
- ‘과학의 역사와 문화’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

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

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

(마) 학생들의 ‘과학의 역사와 문화’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

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

기후변화와 환경생태

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘기후변화와 환경생태’는 기후변화와 환경생태의 상호작용에 대한 이해를 바탕으로 미래 사회에 필요한 과학적 소양을 함양하기 위한 과목이다. ‘기후변화와 환경생태’는 과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 기르기 위해 기후변화가 초래하는 환경과 생태계의 변화를 이해하고, 기후위기에 대응하는 인류의 노력을 탐색한다. 이를 통해 다양한 사회 문제에 능동적이고 지혜롭게 대응할 수 있는 역량을 기르는 데 중점을 둔다.

‘기후변화와 환경생태’는 ‘통합과학1, 2’ 및 ‘과학탐구실험1, 2’ 과목을 통해 습득한 과학 지식을 바탕으로 기후변화와 환경생태의 상호 관계를 이해하고, 기후위기에 대응할 수 있는 미래 사회의 필수 역량을 기르기 위한 과목이다. ‘기후변화와 환경생태’는 기후변화에 따른 환경생태의 변화를 이해하고, 기후위기에 따른 환경생태의 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 역량을 기를 수 있도록 구성되어 있다.

‘기후변화와 환경생태’는 기후와 환경생태의 특성, 기후위기와 환경생태 변화, 기후위기에 대응하는 우리의 노력의 3개 영역으로 구성되어 있다. 기후와 환경생태의 특성 영역에서는 기후의 일반적인 특성과 기후와 환경생태의 상호작용에 대해서 다룬다. 기후위기와 환경생태 변화 영역에서는 기후위기의 원인을 탐색하고, 기후위기에 따른 다양한 생태계의 변화를 사례 중심으로 다룬다. 기후위기에 대응하는 우리의 노력 영역에서는 기후위기에 대응하기 위한 인류와 국제사회의 노력을 다룬다.

과거와 현재의 자료를 바탕으로 예측된 기후변화의 양상에 따른 환경생태의 변화를 추론하고 이로 인해 발생할 수 있는 다양한 문제들에 대처할 수 있는 능력을 함양하는 것은 중요하다. ‘기후변화와 환경생태’를 통해 기후변화로 인한 환경생태의 변화를 사례 중심으로 살펴봄으로써 기후위기의 심각성을 인식시키고, 기후위기와 환경생태 변화 간 상호 연계성을 파악할 수 있다. 또한, 기후위기에 대응하기 위한 시민들의 참여와 국제사회의 노력을 탐색함으로써 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 함양하여 미래 사회에 필요한 과학적 소양을 기를 수 있다.

나. 목표

자연 현상이나 일상생활의 과학 경험에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 기후변화에 따른 환경생태 변화의 심각성을 이해하고, 기후위기에 대응하는 인류와 사회의 노력을 탐색함으로써 다양한 사회적 문제에 창의적이고 적극적으로 대처할 수 있는 역량을 함양한다.

- (1) 기후변화와 환경생태에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 개인과 사회가 직면한 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 기후변화가 환경생태에 미치는 영향을 다양한 사례들을 중심으로 이해하고, 기후위기와 급격한 환경생태 변화의 심각성을 인식한다.
- (3) 기후변화에 따른 미래의 생태계 변화를 예측한 시나리오를 탐구함으로써 발생할 수 있는 다양한 문제를 예측하고 이에 대응할 수 있는 능력을 기른다.
- (4) 과학기술 및 사회의 상호 관계에 대한 이해를 바탕으로 개인과 사회의 문제를 해결하고, 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		- 기후변화는 환경생태의 변화를 초래하여 인간의 삶에 직접적인 영향을 미친다. - 기후변화는 해양생태계, 육상생태계, 담수생태계에 변화를 일으켜 인간의 생활 환경에 영향을 준다. - 기후변화 시나리오에 따라 미래의 생태계 변화가 다양하게 나타난다. - 탄소중립 사회 구현을 위해 새로운 탄소 저감 기술의 개발 및 국제사회의 공동 대응 노력과 더불어 민주 시민의 적극적인 참여가 필요하다.
범주 \ 구분		내용 요소
지식·이해	기후와 환경생태의 특성	- 기후요소와 기후인자 - 지구시스템의 상호작용 - 기후와 환경생태의 상호작용
	기후위기와 환경생태 변화	- 기후위기 - 해수면 상승 - 극한 기상 현상 - 기후변화 시나리오 - 육상생태계의 변화 - 수생태계의 변화 - 기후변화와 감염병
	기후위기에 대응하는 우리의 노력	- 해양생태계의 변화와 복원 - 급격한 환경생태 변화와 대응 노력 - 탄소 저감 과학기술 - 환경생태 보전을 위한 국제적 노력과 시민참여
과정·기능		- 자연과 일상생활에서 문제 인식하기 - 문제를 해결하기 위해 변인이 포함된 탐구 설계하기 - 다양한 도구를 활용해 데이터를 수집·기술·변환하기 - 융합적 사고, 수학적 사고를 바탕으로 데이터를 분석·평가·추론하기 - 결론을 도출하고 자연 현상 및 일상생활에 적용·설명하기 - 과학적 모형을 생성하고 활용하기 - 과학기술을 이용한 사회 문제 해결 방안 마련하기 - 과학기술 발달에 따른 미래 사회 변화 예측하기 - 타당한 근거에 기초하여 자신의 주장을 펼치고 실천적 대안 마련하기 - 다양한 매체를 활용하여 표현하고 협력적 소통하기
가치·태도		- 과학의 심미적 가치 - 과학의 사회적 가치 - 과학 유용성 - 자연과 과학에 대한 감수성 - 과학 창의성 - 과학 활동의 윤리성 - 과학 문제 해결에 대한 개방성 - 과학 문제 해결의 학문 간 융합적 접근 - 안전·지속가능 사회에 기여 - 과학 문화 향유

나. 성취기준

(1) 기후와 환경생태의 특성

[12기환01-01] 날씨와 기후의 특성을 이해하고, 이를 비교하여 설명할 수 있다.

[12기환01-02] 기후시스템이 유지되는 되먹임 과정을 이해하고 생물권과 다른 권역 간 상호작용을 설명할 수 있다.

[12기환01-03] 기후변화가 생태계와 우리의 생활환경에 영향을 미친 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 우리 지역 생태지도 제작하기

(가) 성취기준 해설

- [12기환01-01] 기후를 결정하는 기후요소와 기후인자를 구분하여 이해하도록 한다.
- [12기환01-02] 지구시스템의 기권, 수권, 지권과 생물권 간 상호작용을 이해하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 기후와 환경생태에 대한 과도한 개념 설명으로 흥미를 잃지 않도록 하고, 대중 매체를 통해 학생들이 쉽게 접할 수 있는 사례를 중심으로 예상되는 문제점, 또는 파급효과 등을 토의함으로써 우리 주변에서 일어나는 다양한 기후변화 사례에 대해 관심을 가질 수 있도록 지도한다.

(2) 기후위기와 환경생태 변화

[12기환02-01] 기후위기가 일어나는 주요 원인을 이해하고, 기후위기의 심각성을 인식할 수 있다.

[12기환02-02] 빙상의 융해와 열팽창으로 인한 해수면 상승을 기후변화와 연계하여 설명할 수 있다.

[12기환02-03] 극한 기상 현상의 종류와 원인을 이해하고 극한 기상 현상이 환경생태에 미친 영향을 사례를 들어 설명할 수 있다.

[12기환02-04] 기후변화 시나리오에 따른 미래 생태계 변화 예측 보고서를 찾아보고, 미래의 기후와 생태계의 변화 양상을 추론할 수 있다.

[12기환02-05] 꽃의 개화 시기 변화 자료를 조사하고, 꽃의 개화 시기 변화가 우리 생활에 끼치는 영향을 추론할 수 있다.

[12기환02-06] 꿀벌을 비롯한 곤충의 개체 수 감소 원인을 기후변화와 연계하여 설명할 수 있다.

[12기환02-07] 수생태계의 물꽃 현상을 이해하고, 기후변화가 수생태계의 생물다양성에 끼치는 영향을 추론할 수 있다.

[12기환02-08] 모기나 파리와 같은 곤충 매개 감염병이 새롭게 출현하거나 급격히 확산되는 현상을 기후변화와 연계하여 설명할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 기후변화 시나리오에 따른 미래 한반도 생물의 분포 변화 시각화 자료 작성하기

(가) 성취기준 해설

- [12기환02-03] 극한 기상 현상은 슈퍼 태풍이나 메가 가뭄과 같은 대표적인 사례들을 중심으로 다룬다.
- [12기환02-04] 기후변화 시나리오에 따른 생물의 분포 변화와 관련된 다양한 보고서나 자료들을 안내하고, 자기주도적으로 자료를 분석하고 해석한 후 토론이나 발표를 하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 기후와 환경생태에 대한 개념은 핵심 내용을 중심으로 간략히 다루고, 다양한 사례들을 중심으로 흥미를 유발하도록 한다.

(3) 기후위기에 대응하는 우리의 노력

[12기환03-01] 산호의 멸종으로 인한 백화현상의 예를 통해 기후변화가 해양생태계에 미치는 영향을 살펴보고, 바다 사막화를 예방하거나 복원할 수 있는 과학기술의 사례를 제시할 수 있다.

[12기환03-02] 기후변화에 따라 가속화되는 사막화, 대형산불, 지역적 가뭄과 홍수 등을 이해하고, 이를 극복하기 위한 인류의 노력에 대해 토의할 수 있다.

[12기환03-03] 탄소중립 사회를 이루기 위한 탄소 저감 관련 과학기술 개발 현황을 알아보고, 이의 적용 사례를 제시할 수 있다.

[12기환03-04] 기후위기와 환경생태 변화에 대응하기 위한 국제사회의 노력을 알아보고, 민주 시민으로서 참여 방안을 제안할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 탄소 저감 과학기술 고안하기

(가) 성취기준 해설

- [12기환03-04] 국제사회의 생물다양성 협약, 기후변화에 관한 정부 간 협의체나 국제기구를 소개하고, 이들의 노력이나 체결된 국제 협약 등을 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 기후와 환경생태의 변화가 우리의 삶에 직접적인 영향을 미칠 수 있음을 관련된 다양한 사례를 통해 알아볼 수 있도록 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

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

용한다.

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

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

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

(라) 학생의 ‘기후변화와 환경생태’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 학생의 진로선택과 관련해 과학 지식을 활용할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

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

동기를 부여한다.

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

- ‘기후변화와 환경생태’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.

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

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

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

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

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

융합과학 탐구

1. 성격 및 목표

가. 성격

‘융합과학 탐구’는 빅데이터, 인공지능, 모의실험 등을 이용한 탐구 활동을 통해 융합과학의 역할과 필요성을 이해하고, 융합적 사고 능력과 탐구 능력을 함양하기 위한 과목이다. ‘융합과학 탐구’는 과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 기르기 위해 사회 문제의 해결을 위한 융합과학적 접근 방법을 탐색할 수 있는 기회를 제공한다. 이를 통해 융합과학의 가치와 유용성을 이해하고 일상생활의 문제를 융합적이고 창의적으로 해결할 수 있는 역량을 기르는 데 중점을 둔다.

‘융합과학 탐구’는 ‘통합과학1, 2’ 및 ‘과학탐구실험1, 2’ 과목을 통해 습득한 과학 지식과 탐구 역량을 바탕으로 간학문적 성격의 융합적 탐구를 경험할 수 있는 과목이다. ‘융합과학 탐구’는 디지털 탐구 도구를 활용한 데이터 수집, 분석 및 시각화, 인공지능을 활용한 모델링과 예측, 데이터 시뮬레이션 및 해석 등의 탐구 활동을 경험함으로써 융합적 사고를 바탕으로 일상생활과 사회 속 과학 문제를 해결할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 구성되어 있다.

‘융합과학 탐구’는 융합과학 탐구의 이해, 융합과학 탐구의 과정, 융합과학 탐구의 전망의 3개 영역으로 구성된다. 융합과학 탐구의 이해 영역에서는 융합과학 탐구의 특성과 필요성, 데이터의 종류와 가치, 디지털 탐구 도구의 활용 등 융합과학 탐구를 이해하고 수행하는 데 필요한 기초 소양과 관련된 내용을 다룬다. 융합과학 탐구의 과정 영역은 융합과학 탐구에 대한 절차적 지식의 이해와 참여 경험을 제공하여, 자기주도적으로 융합과학 탐구를 수행할 수 있는 역량을 함양하도록 구성되어 있다. 융합과학 탐구의 전망 영역에서는 미래 사회에 등장하게 될 융합과학기술을 조망하고 오늘날 인류가 겪고 있는 난제의 해결 방안을 탐색한다. 또한, 융합과학 탐구를 수행하고 기술을 이용하는 데 필요한 윤리적 태도에 대해 다룬다.

미래 사회는 다양한 분야의 지식과 기술이 결합하여 새로운 학문 영역이 끊임없이 창출되는 사회로 창의성과 융합적 사고가 요구된다. ‘융합과학 탐구’에서는 디지털 탐구 도구 등을 활용한 융합적 탐구 활동 기반의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 종합적으로 함양함으로써 미래 사회에 필요한 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

자연 현상이나 일상생활의 과학 경험에 대하여 흥미와 호기심을 가지고, 융합과학 탐구 과정을 이해하여 융합적 사고를 바탕으로 개인과 사회의 문제를 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양을 기른다.

- (1) 자연 현상과 일상생활에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 개인과 사회의 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 융합탐구의 과정을 이해하고 일상생활과 사회 속의 다양한 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 능력을 기른다.
- (3) 과학기술을 포함한 다양한 분야의 연계와 활용에 기반한 융합과학 탐구의 역할과 가치를 이해한다.
- (4) 과학기술 및 사회의 상호 관계에 대한 이해를 바탕으로 개인과 사회의 문제를 해결하고, 민주 시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		- 과학기술을 포함한 다양한 분야의 연계 활용은 과학의 발전과 사회 문제 해결에 도움이 된다. - 디지털 탐구 도구와 기술, 데이터에 기반한 과학적 탐구 능력은 미래 사회에 요구되는 중요한 과학적 소양이다. - 미래 사회의 변화에 대응하기 위해 융합적 사고능력 함양이 필요하며, 미래 사회의 문제해결을 위해서 시민의 참여가 요구된다.
범주	구분	내용 요소
지식·이해	융합과학 탐구의 이해	- 융합과학의 역할과 유용성 - 다양한 탐구 과정의 특성 - 데이터의 이해와 활용 - 디지털 탐구 도구의 이해와 활용
	융합과학 탐구의 과정	- 융합과학 탐구의 요소와 절차 - 융합적 탐구 문제 발견 - 가설과 과학적 모형 - 디지털 탐구 도구와 데이터 수집 - 데이터의 시각화와 평가 - 결론 도출 및 과학적 의사소통
	융합과학 탐구의 전망	- 미래 사회와 융합과학기술 - 융합과학기술과 사회적 난제 해결 - 융합과학 탐구와 윤리 - 사회 문제와 시민참여
과정·기능		- 자연과 일상생활에서 문제 인식하기 - 문제를 해결하기 위해 변인이 포함된 탐구 설계하기 - 컴퓨터, 인공지능 등 다양한 도구를 활용해 데이터를 수집·기술·변환하기 - 융합적 사고, 수학적 사고를 바탕으로 데이터를 분석·평가·추론하기 - 결론을 도출하고 자연 현상 및 일상생활에 적용·설명하기 - 과학적 모형을 생성하고 활용하기 - 과학기술을 이용한 사회 문제 해결 방안 마련하기 - 과학기술 발달에 따른 미래 사회 변화 예측하기 - 타당한 근거에 기초하여 자신의 주장을 펼치고 실천적 대안 마련하기 - 다양한 매체를 활용하여 표현하고 협력적 소통하기
가치·태도		- 과학의 심미적 가치 - 과학의 사회적 가치 - 과학 유용성 - 자연과 과학에 대한 감수성 - 과학 창의성 - 과학 활동의 윤리성 - 과학 문제 해결에 대한 개방성 - 과학 문제 해결의 학문 간 융합적 접근 - 안전·지속가능 사회에 기여 - 과학 문화 향유

나. 성취기준

(1) 융합과학 탐구의 이해

- [12용탐01-01] 과학이 다양한 분야와 연계하여 인류 사회의 문제해결에 기여하였음을 이해하고, 융합적 탐구의 유용성을 느낄 수 있다.
- [12용탐01-02] 예술에서의 창작이나 사회과학적 탐구 과정을 이해하고, 과학적 탐구 과정과의 공통점과 차이점을 비교할 수 있다.
- [12용탐01-03] 과학적 탐구 과정에서 사용되는 다양한 데이터의 종류를 이해하고, 지식의 창출 과정에서 데이터의 가치와 중요성을 인식할 수 있다.
- [12용탐01-04] 인공지능을 포함한 디지털 탐구 도구나 기술의 활용 사례를 조사하고, 과학적 탐구 과정에서 디지털 탐구 도구와 기술 활용의 의의를 평가할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 디지털 탐구 도구를 활용하여 가정의 전력 소모량 계산하기

(가) 성취기준 해설

- [12용탐01-01] 현미경을 이용한 물질의 구조에 대한 분석, X-선 분광학 기술을 이용한 DNA 구조의 발견 등과 같이 다양한 분야의 과학기술이 서로 결합하여 과학의 발전을 가져온 사례 등을 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 과학적 발견의 사례나 사회 문제 해결을 소개할 때 ‘통합과학1, 2’ 수준에서 이해할 수 있는 사례를 중심으로 소개하며, 새로운 과학 개념이나 이론을 설명하는 것을 지양한다.
- 인공지능이나 빅데이터가 과학 연구에 활용되고, 다양한 사회 문제를 해결하거나 그 원인을 밝히는 데 기여하였음을 소개하도록 한다.

(2) 융합과학 탐구의 과정

- [12용탐02-01] 실생활에서 관찰이나 경험을 통해 직접 얻은 데이터나 공개된 데이터를 가공하여 융합적 탐구 문제를 스스로 발견할 수 있다.
- [12용탐02-02] 융합적 탐구 문제해결을 위한 가설이나 모형을 고안하고, 문제를 해결할 수 있는 방법이나 절차 등을 설계할 수 있다.
- [12용탐02-03] 디지털 탐구 도구를 포함한 다양한 도구를 활용하여 데이터를 수집하고, 수집한 데이터의 타당성과 신뢰성을 평가할 수 있다.
- [12용탐02-04] 융합적 탐구 과정을 통해 얻은 데이터를 탐구 목적이나 맥락에 맞게 시각 자료로 표현할 수 있다.
- [12용탐02-05] 평균, 표준편차 등을 바탕으로 데이터의 특성을 파악하고, 이를 토대로 가설이나 모형을 평가할 수 있다.
- [12용탐02-06] 데이터 분석 결과를 바탕으로 결론을 도출하고 평가할 수 있다.
- [12용탐02-07] 다양한 표현 방법을 활용하여 융합적 탐구 문제, 과정, 결과, 결론 등을 효과적으로 발표하고 토론할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 공개 데이터셋을 활용하여 데이터를 수집하고 시각화하기
- 인공지능을 활용하여 미세먼지 농도 예측하기

(가) 성취기준 해설

- [12용탐02-03] 센서나 기기가 데이터를 측정 또는 수집하는 방법을 경험함으로써 데이터 수집의 한계나 어려움을 이해할 수 있도록 한다.
- [12용탐02-04] 표, 막대그래프, 히스토그램, 분산형 그래프 등 다양한 시각 자료의 특성을 이해하고 수집한 데이터를 적절한 형태로 시각화하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 자기 주도적으로 융합과학 탐구에 적절한 문제를 선정하고 융합과학 탐구의 과정을 수행하여 과학의 가치와 유용성을 느낄 수 있도록 지도한다.
- 학생이 자신의 관심과 진로, 여건 등을 고려하여 스스로 탐구 주제를 선정·수행할 수 있도록 하며, 융합적 탐구 목적에 따라 스마트 기기, 인공지능 등과 같은 다양한 디지털 탐구 도구를 활용할 수 있도록 한다.
- 인공지능이나 빅데이터, 사물인터넷 등 디지털 기술을 활용해서 과학 및 다양한 분야의 문제해결에 도움이 될 수 있음을 설명하며, 이를 통해 디지털 탐구 도구의 활용과 판단을 위해 갖추어야 할 소양과 기본 원칙 등을 포함하여 지도한다.
- 디지털 탐구 도구 활용을 위해 갖추어야 할 소양과 기본 원칙 등을 다루고, 인공지능이나 빅데이터, 사물인터넷 등 디지털 기술을 과학 및 다양한 분야의 문제해결에 활용할 수 있음

을 설명한다.

- 학생들이 유의미한 자료 탐색을 할 수 있도록 정부출연연구기관이나 학술기관 소장 데이터 셋 등을 소개하고, 지능형 과학실을 활용할 수 있다.

(3) 융합과학 탐구의 전망

[12용탐03-01] 과학기술의 변화와 발전을 고려하여 미래 사회에 등장할 새로운 융합과학기술을 예측할 수 있다.

[12용탐03-02] 오늘날 인류가 겪고 있는 난제를 융합과학기술을 활용하여 해결할 수 있는 방안에 대해 토의할 수 있다.

[12용탐03-03] 융합과학 탐구 과정에서 준수해야 할 윤리에 대해 알아보고, 과학기술의 발달에 따라 발생할 수 있는 윤리적 쟁점을 토론할 수 있다.

[12용탐03-04] 융합과학기술을 활용하여 사회 문제를 해결하는 과정에서 시민참여가 문제해결에 도움을 준 사례를 제시할 수 있다.

〈탐구 활동〉

- 식량자원 부족 및 대기오염 문제해결을 위한 융합과학기술 고안하기

(가) 성취기준 해설

- [12용탐03-02] 오늘날 인류가 직면한 식량이나 물 부족, 각종 자원의 고갈, 기후변화나 싱크홀 등과 같은 난제에 대해 융합과학기술을 통한 간학문적 문제 해결 방안에 대해 토의하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 융합과학 탐구를 수행하는 과정에서 사회적, 경제적, 윤리적 관점 등에 따라 긍정적인 면과 부정적인 면을 분석할 수 있도록 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘융합과학 탐구’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
 - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
 - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
 - 지속적인 관찰이 요구되는 탐구를 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
 - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.
- (나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구나 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.

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

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

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

(라) 학생의 ‘융합과학 탐구’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 학생의 진로선택과 관련해 과학 지식을 활용할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

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

- ‘융합과학 탐구’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 관련된 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

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

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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



과학 계열 선택 중심 교육과정

고급 물리학

1. 성격 및 목표

가. 성격

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

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

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

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

나. 목표

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

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		- 역학은 물체 사이에 작용하는 힘과 운동의 관계를 다루는 학문으로, 힘과 돌림힘, 선운동량과 각운동량, 일과 에너지라는 물리량을 도입하여 질점과 입자계의 운동을 기술한다. - 열역학은 열과 관련된 현상을 기술하는 물리학의 한 영역으로, 열역학 제1법칙과 제2법칙 등을 기반으로 여러 거시적인 양들 사이의 관계를 기술한다. - 전자기학은 전기와 자기 현상을 탐구하는 학문으로, 물질의 구성이나 물질 간의 상호 작용을 이해하는 근본적인 이론 체계이며 현대 정보과학 기술의 기반이 된다. - 광학은 빛의 거동과 특성을 연구하고 응용하는 물리학의 한 분야로, 레이저, 현미경, 망원경, 카메라 등 여러 학문과 산업 분야에서 쓰이는 주요 광학 기술의 기반이 된다. - 현대 물리는 고전 물리에 대한 근본적인 의문을 해결하는 과정에서 발전한 학문으로, 시공간과 미시세계에 대한 새로운 이론과 관점을 제안하는 상대성 이론과 양자역학을 포함한다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	역학	- 입자계의 운동 • 선운동량과 각운동량 보존 법칙 - 보존력과 비보존력 • 이상 기체 방정식 - 열역학 제1법칙 • 열 역학 제2법칙과 엔트로피	
	전자기학	- 전기장과 전기용량 • 전류의 자기 작용과 전자기 유도 - 키르히호프 회로 법칙과 교류 회로 • 맥스웰 방정식과 전자기파	
	광학	- 거울과 렌즈에 의한 상 • 빛의 간섭과 간섭계 - 회절과 분해능 • 편광	
	현대 물리	- 특수 상대성 이론과 일반 상대성 이론 - 상보성 원리와 불확정성 원리 - 핵분열과 핵융합의 기본 과정 • 물질의 기본 상호 작용	
과정·기능		- 물리 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 - 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 - 다양한 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집·기술하기 - 증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가·추론하기 - 결론을 도출하고 자연 현상 및 기술 상황에 적용·설명하기 - 모형을 생성하고 활용하기 - 다양한 매체를 활용하여 표현하고 의사소통하기	
가치·태도		- 과학의 심미적 가치 - 과학 유용성 - 자연과 과학에 대한 감수성 - 과학 창의성 - 과학 활동의 윤리성 - 과학 문제 해결에 대한 개방성 - 안전·지속가능 사회에 기여 - 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 역학

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(2) 전자기학

- [12고물02-01] 가우스 법칙으로 도체와 유전체가 만드는 전기장을 구하고, 전위, 정전기 차폐와 등전위면, 전기 쌍극자 등을 설명할 수 있다.
- [12고물02-02] 평행판 축전기의 직렬연결과 병렬연결에 따른 전기 용량 변화를 계산하고, 평행판 축전기에서 유전체의 역할을 설명할 수 있다.
- [12고물02-03] 전류에 의한 자기장과 전자기 유도 법칙, 자체 유도 계수를 설명할 수 있다.
- [12고물02-04] 전자기파의 발생 원리를 이해하고, 전자기파의 성질과 종류를 조사·발표할 수 있다.

[12고물02-05] 키르히호프 법칙을 이용하여, 다양한 회로 내 전류, 전압을 예측할 수 있다.

[12고물02-06] 교류 전기의 발생 원리와 교류 기전력의 주기적 변화를 이해하고, LC 회로와 RLC 회로에서 전기 진동과 공진 현상을 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(3) 광학

[12고물03-01] 거울과 얇은 렌즈에 의한 상을 설명하고, 현미경, 망원경, 카메라 등 여러 가지 광학 기기의 원리에 적용할 수 있다.

[12고물03-02] 영의 이중 슬릿 실험에서 나타나는 무늬의 특징과 다양한 간섭계를 설명할 수 있다.

[12고물03-03] 회절의 원리와 관련 현상을 설명하고, 광학 기기의 분해능에 적용할 수 있다.

[12고물03-04] 편광 방향에 따라 빛의 투과가 달라지는 현상에서 규칙성을 찾고, 3D 영상 기술 등 편광이 실생활에 적용되는 사례를 찾아 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘빛과 파동’, 고등학교 ‘물리학’의 빛과 물질, ‘전자기와 양자’의 빛과 정보 통신과 연계된다.

- 뉴턴 링, 마이컬슨 간섭계 등과 같은 사례를 들어 빛의 파동적 특성이 초정밀 정량적 측정에 활용됨을 소개한다.

(4) 현대 물리

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

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

과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를

유발한다.

- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘고급 물리학’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.
- 물리학이 많은 과학 분야의 기초를 제공하며, 자연 세계를 본질적으로 이해하는 기본적 학문임을 인식시키고, 학습 내용과 관련된 첨단 과학이나 기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.

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

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

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

고급 화학

1. 성격 및 목표

가. 성격

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

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

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

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

나. 목표

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

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		- 전자의 위치는 확률함수로 표현하며 다양한 화학 결합과 물질의 특징을 설명하는 토대가 된다. - 입자 간 상호 작용에 의해 물질의 상태와 특성이 나타나며, 이를 수학적 접근을 통해 예측한다. - 열역학 함수는 물질의 상태 변화와 화학 반응을 이해하고 예측하는 데 활용된다. - 깁스 자유 에너지의 변화는 다양한 화학 반응을 해석하고 예측하는 데 활용된다. - 반응 속도는 온도, 농도, 촉매의 영향을 받고, 반응경로는 반응 차수에 영향을 미친다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	물질의 구조		- 원자 오비탈 • 원소의 주기적 성질 • 화학 결합과 에너지 - 루이스 구조 • 형식 전하와 공명 • 원자가 결합 이론 - 혼성 오비탈과 분자 구조 • 탄화수소의 구조와 성질
	물질의 성질		- 기체 분자 운동론 • 이상 기체 방정식 • 부분 압력의 법칙 - 이상 기체와 실제 기체 • 분자 간 상호 작용 • 고체 결정의 종류 - 용액의 농도 • 용해도에 영향 주는 요인 • 묽은 용액의 총괄성
	물질의 변화와 에너지		- 엔탈피 • 헤스 법칙 • 엔트로피 • 깁스 자유 에너지 - 산화수와 산화·환원 반응식 • 표준 환원 전위와 화학 전지의 전위차 - 전위차와 깁스 자유 에너지 • 전기 분해의 양적 관계
	물질의 변화와 화학 평형		- 질량 작용 법칙과 평형 상수 • 깁스 자유 에너지와 화학 평형 • 상평형 - 용해도곱 상수 • 루이스 산 염기의 정의 • 산과 염기의 세기 - 중화 적정 • 완충 용액 • 반응 속도식 • 적분 속도식 - 반응 속도와 유효 충돌 • 반응 메커니즘 • 활성화 에너지와 촉매
과정·기능			- 물질 현상에서 문제를 찾아 정의하고, 가설을 설정하고 평가하기 - 변인을 조작적으로 정의하고, 탐구 설계하기 - 디지털 탐구 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집·변환·해석하기 - 증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가·추론하기 - 결론을 도출하고 물질 현상을 설명·예측하기 - 모형을 만들어 물질 현상을 해석하기 - 도출된 결론을 바탕으로 해결 방안에 대한 합리적 의사 결정하기 - 매체를 활용하여 의사소통·협업하기
가치·태도			- 과학의 심미적 가치 - 과학 유용성 - 자연과 과학에 대한 감수성 - 과학 창의성 - 과학 활동의 윤리성 - 과학 문제해결에 대한 개방성 - 안전·지속가능 사회에 기여 - 과학 문화 향유

나. 성취기준

(1) 물질의 구조

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(2) 물질의 성질

- [12고화02-01] 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계를 기체 분자 운동론으로 이해하고, 온도에 따른 기체 분자의 속력 분포 변화를 예측할 수 있다.
- [12고화02-02] 이상 기체 방정식을 이해하고, 혼합 기체의 부분 압력과 몰 분율의 관계를 설명할 수 있다.

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(3) 물질의 변화와 에너지

- [12고화03-01] 계의 내부 에너지 변화를 열과 일로 나타내고, 에너지 보존 법칙을 설명할 수 있다.
- [12고화03-02] 엔탈피의 정의를 이해하고 헤스 법칙을 활용하여 다양한 화학 반응의 반응 엔탈피를 예측할 수 있다.
- [12고화03-03] 엔트로피의 정의를 이해하고 화학 변화에서 엔트로피의 변화를 예측할 수 있다.
- [12고화03-04] 깁스 자유 에너지의 정의를 이해하고, 이를 활용하여 반응의 자발성을 예측할 수 있다.
- [12고화03-05] 산화·환원 반응에서 산화수 정의를 이해하고, 산화수 변화를 통해 산화·환원

반응식을 완성할 수 있다.

[12고화03-06] 표준 환원 전위의 정의를 이해하고, 여러 가지 물질의 표준 환원 전위를 활용하여 화학 전지의 표준 전지 전위차를 구할 수 있다.

[12고화03-07] 표준 전지 전위차와 깁스 자유 에너지 관계를 이해하고, 다양한 화학 전지에 호기심을 갖는다.

[12고화03-08] 전기 분해의 원리를 산화·환원 반응으로 설명하고, 전기량과 생성물의 양적 관계를 활용하여 전기량 또는 생성물의 양을 예측할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(4) 물질의 변화와 화학 평형

[12고화04-01] 질량 작용 법칙으로 평형 상수를 구하고, 반응 지수를 활용하여 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.

[12고화04-02] 온도와 평형 상수와의 관계를 표준 깁스 자유 에너지 변화로 표현하고, 화학 평형의 이동에 영향을 미치는 요인을 설명할 수 있다.

[12고화04-03] 상평형과 용해 평형에 영향을 미치는 요인을 탐색하고, 평형 상수를 활용하여 평형 상태를 표현할 수 있다.

[12고화04-04] 루이스 산 염기 정의를 이해하고, 산 염기 평형을 이온화 상수로 표현할 수 있다.

[12고화04-05] 약산과 약염기의 중화 반응 시 특징을 이해하고, pH를 pK_a 값으로부터 구할 수 있다.

[12고화04-06] 다양한 산 염기 중화 적정 곡선을 이해하고, 완충 용액의 pH 변화를 관찰하여 완충 용액의 유용성을 인식할 수 있다.

[12고화04-07] 화학 반응 속도에 영향을 미치는 요인을 이해하고, 아레니우스 식을 이용하여

반응 속도의 변화를 설명할 수 있다.

[12고화04-08] 0, 1, 2차 반응의 적분 속도식을 이해하고, 이를 반응 속도 예측에 활용할 수 있다.

[12고화04-09] 유효 충돌의 의미를 이해하고, 온도와 농도 변화 시 반응 속도의 변화를 충돌 이론으로 설명할 수 있다.

[12고화04-10] 반응 메커니즘을 이해하고, 반응 속도 결정 단계가 전체 반응 속도에 미치는 영향을 탐구할 수 있다.

[12고화04-11] 다양한 촉매의 정의를 이해하고, 촉매에 따른 활성화 에너지 변화 원인을 추론할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(나) ‘고급 화학’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.

- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘고급 화학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 교수·학습 방법

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

지텔 탐구 도구 및 환경을 적극적으로 활용한다.

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

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

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

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

- 실험 기구의 사용 방법과 실험 약품에 대한 물질안전보건자료를 안내하고, 실험실 안전 교육을 실시한다.
- 실험 과정에서 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 실시하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.

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

- (사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
 - 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교과 내용이나 실험·실습 활동을 보다 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.
- (아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
 - 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준을 보장하도록 지도한다.

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

- (가) ‘고급 화학’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘고급 화학’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
- 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생

자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.

- 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
- 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
- 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.

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

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

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

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

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

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

고급 생명과학

1. 성격 및 목표

가. 성격

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

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

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

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

나. 목표

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

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 생물은 생명 활동 유지를 위해 끊임없이 에너지와 물질을 필요로 한다. • 우리 몸은 신경계와 내분비계의 작용으로 항상성을 유지하며, 면역계의 작용을 통해 병원체로부터 방어한다. • 유전 정보는 생명의 연속성을 제공하며, DNA를 통해 부모에서 자식에게로 전달된다. • 다세포 생명체는 선택적 유전자 발현을 통해 수정란으로부터 다양한 종류의 세포로 분화한다. • 생명공학기술은 보건, 연료, 식량 등 다양한 분야에서 인류 삶의 질 향상에 기여한다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	생물의 구조와 에너지	• 생명체의 구성 분자 • 비순환적 광인산화와 순환적 광인산화 • 캘빈회로 • 다른 자리 입체성 효소 • 광호흡과 C3, C4, CAM 식물 • ATP 합성 과정	
	생물의 조절과 방어	• 신경과 호르몬에 의한 조절 • 흥분성, 억제성 시냅스 • 림프구의 종류와 면역 반응 • 주조직적합성 복합체	
	생명의 연속성	• DNA 교정과 수선 • 전사 인자와 RNA 가공 • 오페론 • 호메오 유전자	
	생명공학기술과 미래	• 생명공학기술의 원리 • 생명공학기술의 발달과 전망	
과정·기능		• 생물 특징과 생명 활동 관계 추론하기 • 생명 현상에서 문제 발견 및 가설 설정하기 • 생명과학 탐구 설계, 수행 및 조사하기 • 생명과학적 근거를 기반으로 자료 해석, 분석 및 결론 도출하기 • 모형 생성하여 생명 현상 설명하기 • 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통하기	
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제 해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 생물의 구조와 에너지

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3 학년군의 ‘식물과 에너지’, 고등학교 ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성, ‘세포와 물질대사’의 물질대사와 에너지와 연계된다.
- C3, C4, CAM 식물의 구체적인 사례와 생육 환경에 대한 정보를 함께 제공하여 각 식물들이 진화적으로 환경에 어떻게 적응하였는지 이해하는 과정에서 지식정보처리 능력을 함양하거나 C4와 CAM 식물의 효율적 시스템을 C3 식물에 적용할 수 있다면 어떤 장점이 있을지 아이디어를 제시하는 과정에서 창의적 문제해결 능력을 함양하도록 지도한다.

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

(2) 생물의 조절과 방어

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(3) 생명의 연속성

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘생식과 유전’, 고등학교 ‘통합과학 1’의 시스템과 상호 작용, ‘생명과학’의 생명의 연속성과 다양성, ‘생물의 유전’의 유전자와 유전물질, 유전자의 발현과 연계된다.
- 호메오 유전자의 순차적인 발현을 통해서 초파리 배아에서의 형태형성 과정을 통합적으로 이해하고, 이러한 발생의 과정이 고등 생물에서도 나타남을 통해 진화적으로 서로 관련이 있음을 학습하도록 지도한다.
- 원핵생물과 진핵생물이 유전자의 복제와 발현에서 보이는 차이를 실생활에서 어떻게 활용하고 있는지, 혹은 어떻게 활용할 수 있는지를 논의하여 생명과학에 관한 흥미와 호기심을 끌어내고

창의적 문제해결 능력을 함양하도록 지도한다.

(4) 생명공학기술과 미래

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

(가) ‘고급 생명과학’ 관련 다양한 활동을 통해 ‘고급 생명과학’ 교육과정에서 제시한 목표를 달성하

고, ‘고급 생명과학’ 관련 전문 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.

(나) ‘고급 생명과학’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.

(다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.

(라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘고급 생명과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.

(마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 교수·학습 방법

(가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘고급 생명과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

- 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.
- 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.
- 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며,

과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.

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

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

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

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

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

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

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.

- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(나) ‘고급 생명과학’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.

(다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

(라) ‘고급 생명과학’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한

평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

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

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

- (마) 학생들의 ‘고급 생명과학’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.
- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘고급 생명과학’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
 - 평가 결과를 학생의 ‘고급 생명과학’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

고급 지구과학

1. 성격 및 목표

가. 성격

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

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

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

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

‘고급 지구과학’에서는 심화된 지구과학 개념과 원리 및 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이

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

나. 목표

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

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 지구 내부구조와 상태는 지진파와 역장 연구를 통해 알아낼 수 있고 지구 내부 에너지가 판을 움직이는 원동력이다. • 지각은 다양한 광물과 암석으로 구성되어 있고, 암석의 종류에 따라 조직이 다르게 나타난다. • 대기와 해양에 작용하는 여러 가지 힘에 의해 바람과 해류가 발생하며, 대기와 해양의 상호 작용 변화에 의해 전 지구적 기후변화가 초래된다. • 별은 다양한 물리량에 의해 분류되며 질량에 따라 내부구조 및 진화 경로가 달라진다. • 은하의 구조와 질량 분포는 별과 성간 물질을 연구하여 알아내고 우주는 다양한 은하로 구성되어 팽창하고 있다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	고체 지구	• 지구 내부와 역장 • 고지자기와 판구조론 • 광물과 암석 • 지사 해석의 원리 • 지질시대와 한반도의 지체구조	
	대기와 해양	• 단열변화 • 대기 안정도 • 대기와 해양에 작용하는 힘 • 대기의 순환 • 해수의 성질 • 해파와 해일 • 해양의 순환 • 기조력 • ENSO	
	우주	• 구면좌표계 • 행성의 운동 • 별의 물리량 • 별의 진화 • 성간물질 • 우리은하의 구조와 질량 • 대폭발 우주 • 현대 우주론	
과정·기능		• 지구와 우주 관련 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기 • 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기 • 다양한 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 조사·수집·해석하기 • 수학적 공식과 모형을 활용하여 지구와 우주 및 지구계 관련 현상 설명하기 • 증거에 기반한 과학적 사고를 통해 자료를 과학적으로 분석·평가·추론하기 • 결론을 도출하고 자연 현상 및 STEM 상황에 적용·설명하기 • 과학적 주장을 다양한 방법으로 의사소통하고, 의사 결정을 위해 과학적 지식 활용하기	
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 고체 지구

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(2) 대기와 해양

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

(가) 성취기준 해설

- [12고지02-03] 대기와 해양에 작용하는 힘의 크기를 수식으로 유도하도록 한다.
- [12고지02-05] 행성파의 발달 과정을 먼저 다루고, 편서풍 파동과 제트류를 대기 대순환 및 지상

고·저기압의 발달과 관련지어 설명한다.

- [12고지02-07] 중간 수심파의 개념을 간단히 다루고 심해파와 천해파의 속도를 계산할 수 있다.
- [12고지02-10] 달과 태양에 의한 기조력의 크기를 유도하고 조석 진화의 결과 나타나는 현상을 추론할 수 있다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(3) 우주

- [12고지03-01] 시간계와 구면좌표계를 이해하여 천체의 위치 변화를 천구에 표현하고, 망원경과 검출기의 특성과 원리를 설명할 수 있다.
- [12고지03-02] 천구상에서 행성의 겉보기 운동을 이해하고 행성의 회합 주기와 공전 주기를 구하는 원리를 적용하여 행성의 공전 궤도 반경을 구할 수 있다.
- [12고지03-03] 연주시차, 분광시차, 주계열 맞추기, 세페이드 변광성의 주기-광도 관계 등을 이용하여 별까지의 거리를 구할 수 있다.
- [12고지03-04] 흑체복사 법칙을 통해 별의 스펙트럼과 표면 온도, 광도와 등급, 색지수 등의 물리량을 이해하고, 별의 분광 분류에 따른 H-R도 상에서의 특징을 설명할 수 있다.
- [12고지03-05] 별의 질량에 따른 진화 과정을 H-R도와 관련지어 이해하고, 별의 내부구조 변화를 설명할 수 있다.
- [12고지03-06] 별의 진화 과정에 따라 중심부에서 일어나는 핵융합 반응의 종류와 생성되는 에너지량의 변화를 이해하고, 변광성, 밀집성, 특이성의 특징을 설명할 수 있다.
- [12고지03-07] 성간 소광과 적색화를 통해 알 수 있는 성간 티끌의 분포를 이해하고, 성간 기체의 계층적 구조에 의한 발광성운과 전리수소 영역을 설명할 수 있으며, 성간 분자운이 재사용되어 별이 생성되는 과정을 발표할 수 있다.
- [12고지03-08] 성단의 공간 분포와 21cm 수소선 관측 결과로부터 우리은하의 구조를 이해하고, 태양 부근에 존재하는 항성의 운동과 은하의 속도 곡선으로부터 은하를 구성하는 물질 분포와 은하의 질량을 설명할 수 있다.
- [12고지03-09] 은하의 분류 기준 체계와 외부은하의 크기, 질량-광도비 등의 일반적 특징을 이해하고, 활동 은하핵의 특성과 은하 병합의 결과를 설명할 수 있다.
- [12고지03-10] 허블-르메트르 법칙을 통해 허블 상수와 우주의 나이를 계산할 수 있으며, 대

폭발 우주론에 의한 우주의 진화 과정과 대폭발 우주론을 지지하는 관측적 사실을 설명할 수 있다.

[12고지03-11] 우주론적 원리를 통해 고전적 우주 모형으로부터 급팽창 우주와 가속 팽창 우주 모형을 포함하는 현대 우주론이 정립되는 과정을 이해하고 표준 모형을 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(나) ‘고급 지구과학’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.

(다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.

(라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘고급 지구과학’ 과목의

교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.

- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘고급 지구과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

- ‘고급 지구과학’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및

스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.

- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘고급 지구과학’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 기상청 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교와 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

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

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

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

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

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

(사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위

한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(나) ‘고급 지구과학’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.

(다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

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

(2) 평가 방법

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

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

- 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이

학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.

- 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
- 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
- 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.

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

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

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

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

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

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

계획과 연계하도록 한다.

과학과제 연구

1. 성격 및 목표

가. 성격

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

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

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

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

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

학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

나. 목표

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

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		- 과학 연구의 성과는 일련의 과정을 통해 얻을 수 있다. - 미래 사회에 대응할 수 있는 창의적 지식 생산은 과학 연구를 통해 이루어진다. - 과학 연구 과정에서 연구 윤리 준수는 과학의 가치를 높이는 데 기여한다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	과학 연구의 문제 탐색 및 선정		- 과학 연구 방법론 및 연구 윤리 - 문헌 조사 및 연구 주제 선정
	과학 연구의 설계 및 수행		- 연구 설계 - 연구 수행 및 자료 수집, 자료 변환
	과학 연구의 결론 도출 및 공유		- 연구의 결과 해석 및 결론 도출 - 연구 보고서 작성 및 발표
과정·기능			- 과학 문제 발견 및 가설 설정하기 - 과학 연구 설계, 수행 및 조사하기 - 과학 실험 데이터 수집 및 자료 변환하기 - 과학적 근거를 기반으로 자료 해석 및 분석하기 - 과학 실험 결론 도출 및 평가하기 - 모형 생성하여 과학 현상 설명하기 - 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통하기
가치·태도			- 과학의 심미적 가치 · 과학 유용성 - 자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성 - 과학 활동의 윤리성 · 과학 문제 해결에 대한 개방성 - 안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유

나. 성취기준

(1) 과학 연구의 문제 탐색 및 선정

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

(가) 성취기준 해설

- [12과연01-03] 과학 연구의 윤리 규정의 사례 제시뿐만 아니라 연구 윤리 미준수로 나타나는 과학계 및 사회적 문제를 다루도록 한다.

- [12과연01-04] 연구 주제 선정 시 학생이 주도적으로 주제를 선정하도록 하며, 연구 여건이나 흥미도 등을 종합적으로 고려하여 선정할 수 있다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(2) 과학 연구의 설계 및 수행

[12과연02-01] 자료 및 문헌 조사를 통해 연구 주제와 관련 자료를 모을 수 있다.

[12과연02-02] 연구 목적에 대한 연구 문제 또는 연구 가설을 설정할 수 있다.

[12과연02-03] 연구 목적을 달성할 수 있는 연구 방법과 내용을 설계하고 필요한 재료와 기기를 확보할 수 있다.

[12과연02-04] 과학 연구를 수행하여 자료를 수집하고 표, 그래프 등으로 변환할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(3) 과학 연구의 결론 도출 및 공유

[12과연03-01] 자료를 해석하여 연구 문제 또는 연구 가설에 대한 해답을 검증할 수 있다.

[12과연03-02] 연구 결과 해석을 바탕으로 동료들과 토론하며 연구 결론을 도출할 수 있다.

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

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

(가) 성취기준 해설

- [12과연03-03] 연구 보고서 형식은 서론(연구 배경, 연구 필요성 및 목적, 연구 문제 또는 연구 가설), 연구 방법(재료 및 방법), 연구 결과, 고찰, 결론, 참고 문헌 등으로 구성할 수 있다. 예비

과학자인 학생이 연구한다는 측면을 고려하여 서론에서 별도의 항목으로 연구 동기를 구성할 수 있다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(나) ‘과학과제 연구’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.

(다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.

(라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘과학과제 연구’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.

(마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

(2) 교수·학습 방법

(가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘과학과제 연구’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 야외 조사, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

- ‘과학과제 연구’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·

학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.

- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘과학 과제연구’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

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

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

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

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체

활동을 마련하여 제공할 수 있다.

- 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교과 내용이나 실험·실습 활동을 보다 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(나) ‘과학과제 연구’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.

(다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

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

(2) 평가 방법

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

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

- 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
- 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.

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

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

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

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

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

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

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

물리학 실험

1. 성격 및 목표

가. 성격

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

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

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

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

나. 목표

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

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 모든 실험은 측정에서 시작하며, 실제 실험을 수행하면서 측정을 하면 여러 원인으로 오차가 발생하고, 이를 고려하여 실험 결과를 해석하고 결론을 내리는 것은 중요한 과정이다. • 역학은 물체 사이에 작용하는 힘과 운동의 관계를 다루는 학문으로, 실험을 통한 정량적인 측정을 통해 확립되었다. • 전자기학은 전기와 자기 현상을 탐구하는 학문으로, 실험에 기초하여 이론적으로 발전하고 완성되었으며 현대 첨단 기술의 기반이 된다. • 광학은 빛의 거동과 특성을 연구하고 응용하는 물리학의 한 분야로, 빛을 광선으로 취급하거나 파동으로 취급하는 이론으로 실험 결과를 해석할 수 있다. • 현대 물리는 원자의 구조와 빛에 대한 새로운 이해에서 시작되었으며, 몇 가지 결정적인 실험이 현대 물리 이론 형성에 중요한 역할을 하였다.	
범주		구분	내용 요소
자식·이해	물리 실험의 기초		• 측정의 오차와 유효 숫자 • 추세선과 자료의 해석 • 컴퓨터와 센서의 활용
	역학		• 마찰력 측정 • 중력 가속도 측정 • 원운동 분석 • 운동량 보존 • 진자의 주기 운동과 역학적 에너지 보존 • 열음의 융해열 • 열의 일당량 측정
	전자기학		• 저항과 휘트스톤 브리지 • 자기장 속에서 전류가 받는 힘 • 유도 기전력 • RL, RC 회로와 시간 상수 • RLC 회로의 교류 특성 • 다이오드와 정류 회로의 설계
	광학		• 정상파와 공명 • 거울과 렌즈에 의한 상 • 빛의 굴절과 전반사 • 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭 • 빛의 회절 • 편광
	현대 물리		• 광전효과 • 음극선의 성질 • 전하의 비전하 • 전자의 에너지 준위
과정·기능			• 물리 현상과 자료로부터 문제를 인식하고 가설을 설정하기 • 변인을 조작적으로 정의하여 실험 설계하기 • 표준화된 측정 도구를 사용하여 정보를 수집·기술하기 • 실험 결과를 체계적으로 정리하고 오차를 해석하기 • 실험 결과와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가하기 • 증거를 바탕으로 물리학의 법칙과 이론을 해석하고 주장하기
가치·태도			• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제 해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유

나. 성취기준

(1) 물리 실험의 기초

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(2) 역학

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

- [12물실02-06] 진자의 주기에 영향을 주는 요인을 실험을 통해 확인할 수 있다.
- [12물실02-07] 두 물체가 접촉하고 있다가 서로 밀어서 떨어질 때 총 운동량이 보존됨을 실험을 통해 확인할 수 있다.
- [12물실02-08] 용수철 진자 실험을 통해 역학적 에너지가 보존됨을 확인할 수 있다.
- [12물실02-09] 열량계를 이용해 얼음의 용해열을 측정하고, 물의 상태 변화에 따른 온도 변화를 설명할 수 있다.
- [12물실02-10] 줄의 실험 장치를 이용하여 열의 일당량을 측정할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(3) 전자기학

- [12물실03-01] 회로 시험기를 이용하여 다양한 전하 분포에 의한 등전위선을 그릴 수 있다.
- [12물실03-02] 간이 축전기를 만들어 두 극판 사이의 거리 및 면적에 따른 전기 용량의 변화를 측정할 수 있다.
- [12물실03-03] 전압, 전류, 저항 사이의 관계를 알아보는 실험을 설계하여 수행할 수 있다.
- [12물실03-04] 건전지 내부 저항의 크기를 측정하는 실험을 설계하여 수행할 수 있다.
- [12물실03-05] 휘트스톤브리지를 이용하여 미지 저항체의 전기 저항 값을 측정할 수 있다.
- [12물실03-06] 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 크기와 방향에 영향을 주는 요인을 실험을 통해 확인할 수 있다.
- [12물실03-07] 코일에 발생하는 유도 기전력의 크기와 방향에 영향을 주는 요인을 실험을 통

해 확인할 수 있다.

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

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

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(4) 광학

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

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

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

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

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

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

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(5) 현대 물리

- [12물실05-01] 광전효과 실험을 통해 빛의 세기와 광전류의 관계를 확인하고 빛의 입자성을 설명할 수 있다.
- [12물실05-02] 음극선 실험을 통해 음극선의 성질을 설명할 수 있다.
- [12물실05-03] 균일한 자기장 속에 있는 전자의 운동을 통해 전자의 비전하를 측정할 수 있다.
- [12물실05-04] 원자 내부의 전자가 특정한 에너지 준위를 가지고 있음을 프랑크-헤르츠 실험을 통해 확인할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘전기와 자기’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘물리학’의 전기와 자기, ‘전자기와 양자’의 양자와 미시세계, ‘고급 물리학’의 현대 물리와 연계된다.
- 현대 물리의 중요 실험 중 일부를 직접 수행함으로써, 20세기의 양자 물리학 이론에 친숙해질 수 있도록 한다.
- 고전압 및 고온의 실험 장치를 다룰 때 기기의 사용 방법과 안전상 유의 사항을 충분히 숙지한 이후에 실험하도록 지도한다.

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

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

과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를

유발한다.

- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘물리학 실험’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.
- 물리학이 많은 과학 분야의 기초를 제공하며, 자연 세계를 본질적으로 이해하는 기본적 학문임을 인식시키고, 학습 내용과 관련된 첨단 과학이나 기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.

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

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

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

화학 실험

1. 성격 및 목표

가. 성격

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

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

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

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

나. 목표

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

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 화학자들은 여러 가지 실험 도구를 사용하여 물질의 성질과 변화를 측정함으로써 원자, 분자 수준의 미시 세계의 규칙성을 탐구한다. • 기체, 액체, 고체의 성질을 설명하는 기본 법칙은 혼합물을 분리하여 얻은 순수한 물질을 탐구하여 완성되고, 이 법칙들은 물질 세계의 규칙 설명에 사용된다. • 열역학과 반응 속도론은 화학 반응의 방향성과 속도를 설명하고, 이를 예측할 수 있어 산업 현장에서 유용하게 활용된다. • 화학자들은 분자 구조와 물질의 성질 사이의 관계를 탐구하고, 특정 성질을 갖는 물질을 합성하여 삶의 편리성을 증진시킨다.	
범주		구분	내용 요소
자식 이해	화학 실험의 기초	• 데이터 처리 • 여러 가지 도구의 특징과 사용법 • 첨단 기자재 사용법	
	물질의 성질	• 물질의 세 가지 상태와 특징 • 혼합물의 분리 • 묽은 용액의 성질	
	화학 반응	• 화학 변화와 반응열 측정 • 화학 평형 • 산 염기 평형 • 산화·환원 반응 • 반응 속도	
	탄소 화합물의 합성과 특성	• 탄화수소의 성질 • 탄화수소 유도체의 반응과 성질 • 방향족 탄화수소의 성질	
과정 기능		• 물질 현상과 자료를 탐구하여 문제를 정의하고 가설을 설정하기 • 변인을 조작적으로 정의하고, 실험 설계하기 • 적절한 측정 도구를 선별하여, 정보를 수집하기 • 수집된 자료를 분석하여 규칙성과 자료 분석의 한계 파악하기 • 반성적 사고를 통해 탐구 과정과 결론의 타당성·신뢰도 판단하기 • 디지털 탐구 도구를 활용하여 모형을 만들고 수정하기 • 자료와 증거에 기초하여 논증이나 반론을 구성하기	
가치 태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 화학 실험의 기초

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(2) 물질의 성질

- [12화실02-01] 원소의 스펙트럼을 관찰하여 얻은 정보를 바탕으로 원자 오비탈의 에너지 준위가 양자화되어 있음을 설명할 수 있다.
- [12화실02-02] 분자량을 아는 기체의 질량과 부피를 측정하여 기체 상수를 도출하고, 이론값과 차이가 발생한 원인에 대해 토론하여 실험 방법을 개선할 수 있다.
- [12화실02-03] 이상 기체 방정식을 활용하여 미지 기체의 분자량을 측정할 수 있는 실험을 설계·수행함으로써 이론을 바탕으로 미지 세계를 밝히는 과학의 즐거움을 느낄 수 있다.
- [12화실02-04] 3D 모델링을 통해 단순 입방, 체심 입방, 면심 입방, 육방 밀집 결정 구조를 만들고, 각 결정의 단위세포의 특징을 설명할 수 있다.
- [12화실02-05] 다양한 여과법을 이해하고 필요한 장치를 꾸며 혼합물을 분리할 수 있다.
- [12화실02-06] 추출의 원리를 이용하여 혼합물을 분리하고, 분배 계수를 이용하여 효과적인 추출 방법을 논의할 수 있다.
- [12화실02-07] 회전 증발 농축기를 이용하여 용액에서 용매를 제거하고 특정 성분의 물질을

얻을 수 있다.

[12화실02-08] 재결정과 분별 결정의 원리를 이해하고, 이를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.

[12화실02-09] 다양한 종류의 크로마토그래피 원리를 이해하고, 이를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.

[12화실02-10] 분별 증류의 원리를 이해하고, 이를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.

[12화실02-11] 여러 가지 액체의 증기압을 측정하고, 액체의 종류에 따른 증기압을 분자 간 상호 작용의 크기로 설명할 수 있다.

[12화실02-12] 증기압 내림을 현상을 관찰하고, 이를 열역학 관점에서 설명할 수 있다.

[12화실02-13] 어는점 내림 원리를 이용하여 비휘발성 수용성 고체의 화학식량을 구하는 실험을 설계하고 수행할 수 있다.

[12화실02-14] 용액의 삼투압을 측정하여 고분자 물질의 화학식량을 구할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(3) 화학 반응

[12화실03-01] 여러 가지 화학 반응의 반응열을 측정하여 헤스 법칙이 성립함을 확인하고, 반응 엔탈피를 포함한 열화학 반응식으로 나타낼 수 있다.

[12화실03-02] 농도, 온도, 압력 변화에 따른 평형 이동을 관찰하고 평형 상수를 구하여 화학 평형과 수학적 규칙의 연관성에 호기심을 가질 수 있다.

[12화실03-03] 중화 적정 실험을 수행하여 미지 산의 농도를 구함으로써 과학적 문제해결 방식에 즐거움을 느낄 수 있다.

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

- [12화실03-05] 산화·환원 반응을 이용하여 화학 전지를 꾸미고 기전력을 결정하는 요인을 설명할 수 있다.
- [12화실03-06] 전기 분해를 통해 두 전극에서 생성되는 물질의 양을 측정하고 이론적 예측값과 비교할 수 있다.
- [12화실03-07] 화학 반응의 초기 반응 속도를 측정하는 실험을 통하여 반응 속도식과 반응 차수를 구할 수 있다.
- [12화실03-08] 농도, 온도, 촉매가 반응 속도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 설계할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(4) 탄소 화합물의 합성과 특성

- [12화실04-01] 여러 가지 탄화수소의 서로 다른 성질을 관찰하고, 이를 분자 구조 관점에서 설명할 수 있다.
- [12화실04-02] 여러 가지 알코올의 산화 실험을 수행하고, 생성물을 확인하기 위한 실험을 설계할 수 있다.
- [12화실04-03] 다양한 탄화수소 유도체의 반응을 관찰하고, 이를 작용기의 특성과 관련지어 설명할 수 있다.
- [12화실04-04] 비누를 제조하고, 그 원리를 설명할 수 있다.
- [12화실04-05] 벤젠, 나프탈렌 등 방향족 탄화수소의 구조와 성질을 설명할 수 있다.
- [12화실04-06] 아스피린을 합성하고, 합성 화학이 인류 문명에 미친 영향에 대해 논의할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

(가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘화학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

- ‘화학 실험’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.

- ‘화학 실험’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

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

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

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

- 실험 기구의 사용 방법과 실험 약품에 대한 물질안전보건자료를 안내하고, 실험실 안전 교육을 실시한다.
- 실험 과정에서 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(나) ‘화학 실험’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.

(다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

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

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

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

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

생명과학 실험

1. 성격 및 목표

가. 성격

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

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

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

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

나. 목표

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

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 생명 시스템은 기본 단위인 세포로부터 생태계에 이르기까지 체계적으로 구성되어 있으며, 체계를 유지하고, 성장·번식하기 위해 에너지와 물질이 필요하다. • 생명체는 자극에 반응하여 항상성과 생명시스템을 유지한다. • 유전 정보는 생명의 연속성을 제공하며, 변이는 생물이 환경에 적응하며, 진화하는 데 영향을 준다. • 생물은 서로 상호 작용하며 살아가고 생태계를 구성하는 환경과도 끊임없이 서로 영향을 주고받는다. • 생명공학 연구 성과는 다양한 분야에서 인류 복지와 삶의 질 향상에 기여하고 있다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	생물의 구조와 에너지	• 현미경의 구조와 원리 • 삼투와 수분퍼텐셜 • 조직과 기관 • 효소의 특성 • 광합성 • 발효 • 원심분리	
	자극과 반응	• 동물의 반응 • 식물의 반응	
	생명의 연속성과 다양성	• 세포분열 • 식물의 수분 • 수정과 발생 • 염색체 • 유전 원리 • 진화 • 생물의 채집 및 분류	
	환경과 생태계	• 개체군 • 군집	
	생명공학	• 생명공학 연구방법 • 유전체 탐구	
과정·기능		• 생명 현상과 자료로부터 문제를 인식하고 가설을 설정하기 • 생명과학 실험 설계 및 수행하기 • 생물의 특징 관찰 및 분류하기 • 도구를 사용하여 정보 수집, 자료 변환 및 해석하기 • 생명과학 실험 결과와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석 및 추론하기 • 생명과학 실험 결과 해석을 근거로 결론 도출 및 일반화하기 • 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통하기	
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제 해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 생물의 구조와 에너지

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘세포와 물질대사’의 세포, 물질대사와 에너지, 세포호흡과 광합성, ‘고급 생명과학’의

생물의 구조와 에너지와 연계된다.

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

(2) 자극과 반응

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

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(3) 생명의 연속성과 다양성

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

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

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

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

[12생실03-05] 초파리 침샘염색체를 현미경을 통해 관찰하고 침샘염색체와 일반염색체의 차

이를 추론할 수 있다.

[12생실03-06] 야생형 초파리의 형질과 구별되는 다양한 돌연변이 형질을 관찰할 수 있다.

[12생실03-07] 초파리 교배 실험을 통해 멘델 유전법칙을 확인하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.

[12생실03-08] X 염색체 연관 유전의 원리를 알아보는 교배 실험을 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.

[12생실03-09] 가계 조사와 통계 조사를 통해 사람 유전 형질의 유전 원리를 추론할 수 있다.

[12생실03-10] 진화적 관점에서 대립유전자의 빈도 변화를 알아보는 모의실험을 설계하고 수행할 수 있다.

[12생실03-11] 생물체의 구조와 기능을 진화의 관점에서 이해할 수 있는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

[12생실03-12] 생물을 채집하여 표본을 제작하고 생물을 동정하여 분류할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘생명과학’의 생명의 연속성과 다양성, ‘생물의 유전’의 유전자와 유전물질, 유전자의 발현과 연계된다.
- 돌연변이체 이용 실험은 「유전자변형생물체의 국가 간 이동 등에 관한 법률」 등 관련 법률, 시행령, 시행규칙과 같은 규정에 따라 LMO 연구시설로 신고하고 LMO 관리대장을 작성하는 등 규정을 준수해야 한다. 또한 LMO와 관련된 모든 폐기물은 고압증기멸균기 또는 화학 약품을 처리하여 생물학적 활성을 제거하고, 「폐기물관리법」에 따라 처리해야 한다. 더 이상 LMO 관련 실험을 하지 않을 때는 연구시설 폐쇄 신고를 하는 등 관련 법규에 관한 숙지가 필요하다.
- 생물체의 구조와 기능을 진화의 관점으로 이해하는 실험은 가상 생물 모형을 이용하여 분류하고 계통수를 작성할 수 있으나, 앱이나 인공지능을 이용하여 분류와 계통수를 작성하여 디지털·인공지능 소양을 함양하도록 지도할 수 있다.

(4) 환경과 생태계

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(5) 생명공학

- [12생실05-01] 동물 세포 배양 관련 최신 연구를 조사하고 동물 세포를 계대 배양할 수 있다.
- [12생실05-02] 식물 조직 배양이 활용되는 분야를 조사하고, 식물 조직 배양 실험을 수행할 수 있다.
- [12생실05-03] 세포에서 DNA를 추출하는 실험을 수행하고 실험 과정의 각 단계가 어떤 의미가 있는지 추론할 수 있다.
- [12생실05-04] 전기영동의 원리를 이해하고 DNA 전기영동 실험을 수행하고 결과를 해석할 수 있다.
- [12생실05-05] 제한 효소의 종류가 다양함을 이해하고, 제한 효소의 기능을 확인하는 실험을

설계하여 수행할 수 있다.

[12생실05-06] 대장균 형질전환 실험을 수행하고, 배양된 대장균의 형질전환 여부를 추론할 수 있다.

[12생실05-07] 유전자를 증폭하는 실험을 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.

[12생실05-08] 생물정보학의 연구 방법을 이용하여 유전체 분석이 인간의 질병 치료에 기여한 사례를 조사하여 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통을 할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

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

같은 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.

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

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

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

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

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 생명과학자 이야기, 생명과학사, 시사성 있는 최신 생명과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육

자원을 적극적으로 활용한다.

- ‘생명과학 실험’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

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

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

(가) ‘생명과학 실험’에서의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류

를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.

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

(2) 평가 방법

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

- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
 - 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
 - 평가 도구를 개발할 때는 창의융합적 문제해결력과 인성 및 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
 - 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
 - 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.
- (마) 학생들의 ‘생명과학 실험’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.
- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘생명과학 실험’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
 - 평가 결과를 학생의 ‘생명과학 실험’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

지구과학 실험

1. 성격 및 목표

가. 성격

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

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

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

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

‘지구과학 실험’에서는 심화된 지구과학 개념과 원리 및 탐구 중심의 학습을 통해 성취기준의

세 차원을 상호보완적으로 연계하여 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다. 이를 통해 첨단 과학 기술이 요구하는 창의적 지식 생산과 더불어 변동성과 불확실성이 특징인 미래 사회에 대응할 수 있는 역량을 갖추으로써 과학적 소양을 함양할 수 있을 것이다.

나. 목표

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

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

2. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

핵심 아이디어		• 지진파와 역장 연구를 통해 지구 내부구조와 상태를 탐구한다. • 편광현미경으로 드러나는 조직에 따라 암석을 화성암, 변성암, 퇴적암으로 구분한다. • 지층의 기록을 통해 지질시대 동안 지구 환경과 생물의 변천을 밝혀낸다. • 압력경도력, 전향력 등과 같이 바람과 해류를 발생시키는 여러 가지 힘의 영향과 결과를 탐구한다. • 별은 다양한 물리량에 따라 분류되며, 별의 질량에 따라 내부구조 및 진화 경로가 달라진다. • 별과 성간 물질을 연구하여 은하의 구조와 질량 분포를 알아낸다.	
범주		구분	내용 요소
지식·이해	고체 지구 탐구	• 지구타원체와 지오이드 • 진앙과 진원의 위치 결정 • 지구 중력 측정과 중력 보정 • 편광현미경과 박편 관찰 • 고지자기와 인도 대륙의 이동 경로 구하기 • 암석의 절대 연령 측정 • 주향과 경사의 측정 • 지질도 작성과 해석	
	대기와 해양 탐구	• 단열선도 작성과 해석 • 전향력 시뮬레이션 • 일기도 작성 및 분석 • 기상 위성 사진 해석 • 대기 대순환 시뮬레이션과 해석 • 천해파 속도 • 조석 자료 분석 • 수온과 염분의 자료 분석 • 해수면 경사와 해류	
	우주 탐구	• 지평좌표계와 적도 좌표계 • 인공위성과 원격 탐사 • 천체 망원경 조작법 • 천체 사진 촬영법 • 달과 행성 관측 • 별의 스펙트럼 관측 • 변광성 측정법 • H-R도 작성 • 쌍성의 질량 계산 • 은하 회전 곡선을 이용한 질량 구하기	
과정·기능		• 지구와 우주 관련 시스템과 현상으로부터 문제를 인식하고 가설을 설정하기 • 변인을 조작적으로 정의하여 실험 설계하기 • 표준화된 측정 도구를 사용하여 자료와 증거를 수집·해석하기 • 수학적 공식과 모델을 활용하여 설명하고 예측하기 • 실험 결과와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·해석·평가하기 • 증거를 바탕으로 지구과학의 법칙과 이론을 도출·주장하고 의사 결정에 활용하기	
가치·태도		• 과학의 심미적 가치 • 과학 유용성 • 자연과 과학에 대한 감수성 • 과학 창의성 • 과학 활동의 윤리성 • 과학 문제해결에 대한 개방성 • 안전·지속가능 사회에 기여 • 과학 문화 향유	

나. 성취기준

(1) 고체 지구 탐구

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

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(2) 대기와 해양 탐구

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

(가) 성취기준 해설

- [12지실02-02] 실제 측정 자료를 이용하여 단열선도에서 수증기량과 관련된 요소를 판단하는 실습을 통해 단열선도를 이해하도록 한다.
- [12지실02-06] 대기 대순환과 평균 자오면 순환을 설명할 수 있는 동영상 자료를 찾아 모듈별 토론 활동을 통해 자료를 공유할 수 있도록 한다.
- [12지실02-10] 수온과 염분 조건을 달리하여 밀도가 서로 다른 수괴가 섞이기 어렵다는 사실을 파악할 수 있도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

(3) 우주 탐구

- [12지실03-01] 천구의를 이용하여 구면 좌표의 원리를 이해하고 천체의 위치를 표현할 수 있다.
- [12지실03-02] 천체 관측 프로그램을 이용하여 아날렘마, 행성의 겉보기 운동 등을 시뮬레이션할 수 있다.
- [12지실03-03] 시간계를 정의하는 다양한 방법을 이해하고, 태양의 위치 변화 자료를 이용하여 시태양시, 평균 태양시, 균시차의 개념을 설명할 수 있다.
- [12지실03-04] 인공위성의 고도 변화와 공전 주기 등을 이용하여 케플러 법칙을 이해하고, 행성의 질량을 계산할 수 있다.
- [12지실03-05] 천체 망원경을 조작하여 천체를 관측하고 망원경의 성능을 이해하여 관측 시스템의 분해능, FOV, 행성의 크기 등을 계산할 수 있다.
- [12지실03-06] 달 표면 관측 자료를 이용하여 크레이터의 크기와 높이를 계산할 수 있다.
- [12지실03-07] 태양의 흑점 관측 자료를 분석하여 흑점군 분류, 상대 흑점수, 흑점 주기를 구하고, 태양의 위도에 따른 자전주기를 구할 수 있다.
- [12지실03-08] 주계열 맞추기와 세페이드 변광성의 주기-광도 관계 등을 이용하여 우리은하에 속한 천체와 외부은하에 속한 천체까지의 거리를 계산할 수 있다.
- [12지실03-09] 분광기를 이용하여 태양과 별의 스펙트럼을 관측하고, 흑체복사 법칙을 이용하여 별의 스펙트럼과 물리량을 비교할 수 있다.
- [12지실03-10] 차등측광법의 원리를 이해하고 측광계의 기기등급을 통해 표준등급과 색지수를 구할 수 있다.
- [12지실03-11] 다양한 성단의 측광 자료를 이용하여 성단의 H-R도를 작성하고 성단의 특징을 비교할 수 있다.
- [12지실03-12] 성간 티끌에 의한 성간 소광과 색초과의 관계를 이해하고, 색초과를 고려하여 별의 거리를 계산할 수 있다.
- [12지실03-13] 우리은하에 존재하는 다양한 구상 성단의 공간 분포 자료를 분석하여 우리은하의 중심을 찾을 수 있다.
- [12지실03-14] 다양한 외부은하의 관측 자료를 이용하여 은하 중심으로부터의 거리에 따른 회전 속도 양상을 분석하고 은하의 질량을 구할 수 있다.
- [12지실03-15] 허블-르메트르 법칙을 이용하여 우주의 크기와 나이를 계산하는 과정을 유도하고 최신 연구 결과를 통하여 우주 팽창에 대하여 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

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

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

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

3. 교수·학습 및 평가

가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

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

(2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록

록 ‘지구과학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

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

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

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

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

처리하는 기회를 제공한다.

- 학교와 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

나. 평가

(1) 평가의 방향

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

(나) ‘지구과학 실험’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.

(다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

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

(2) 평가 방법

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2022 개정 과학과 교육과정 시안(최종안) 개발 정책연구

연구수행기관	경인교육대학교 산학협력단
연구책임자	신영준(경인교육대학교)
참여연구원	강인숙(경남마산동중학교) 외 55명
연구보조원	박래석(경인교육대학교) 외 1명
연구협력기관	이해룡(교육부)
과제책임자	김 울(한국과학창의재단)
과제담당자	정지현(한국과학창의재단) 김현정(한국과학창의재단)
발간번호(국가기록원)	11-B552111-000030-01
성과물번호(KOFAC)	A23010009
발행일	2022.12.31.
발행처	한국과학창의재단
주소	서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22, 한국과학기술회관 2관 한국과학창의재단(4~5층)
전화	02-555-0701
팩스	02-555-0702
홈페이지	www.kofac.re.kr

※ 이 보고서는 2022년도 교육부의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 수행된 성과물임