

핵심소양의 관점에서 고교 물리교과서 콘텐츠 디자인에 대한 연구

-- 학생들의 과학적 사유의 발전을 촉진하는 방법

인민교육출판사 물리실 웨이신

개요: 핵심소양의 요구사항을 관찰하여 실행에 옮기는 것은 교과서를 편집하는 핵심과제이며, 이번 물리 교육 과정을 개정하는 두드러진 특징이 바로 “과학적 사유”를 부각하는 것이다. 현존 교과서를 기점으로, 현행 고교 물리교과서에 대해 텍스트 연구한 결과 다음과 같은 내용을 발견했다: 현존 교과서는 학생들의 과학적 사유 발전을 중요시하여, 상당히 전면적으로 다양한 물리 사고 방법을 보여주고; 다양한 과학적 사유와 관련되는 경우, 상당 부분의 내용은 학생들에게 직접 진술하는 방식으로 보여주었기에, 학생들의 사유 참여를 위한 유리한 환경을 마련해주지 못했다. 그 결과 교과서는 콘텐츠 디자인의 변혁으로 학생들의 사유 참여도와 강도를 향상시킨다는 것을 보여준다. 콘텐츠 디자인 분야에서 학생들의 자기구축 사유를 강조하고, 사고능력을 키우는 흔적을 강조해야 하며, 학생들이 문제를 의식하고 질문하는 능력을 강조해야 한다.

키워드: 교과서; 핵심소양; 과학적 사유; 콘텐츠 디자인

현세기 초에 교육 과정의 개혁을 실행한 이후, 물리교육과정의 관념에 엄청난 변화가 발생했다. <일반 고등학교 물리 교육 과정 표준(2003 버전)>(이하 <표준>이라 칭함)은 과학적 본질의 관점에서, 물리 과정의 교육 목표를 새로 제출하고, 사람의 발전을 근본으로 삼아 전체 학생들의 과학적 소양의 향상을 강조했다. 구체적인 경우, 기존에 물리 기초지식과 기본 기능만 중시하던 데로부터 나아가 학생들의 과학적 탐구능력, 그리고 과학, 기술 및 사회 관계에 대한 이해에 관심을 돌렸다; 단지 학습 결과만 관심하던데로부터 점차적으로 과정과 결과를 동시에 중시하게 되었다; 단일한 강의식 수업 모드로부터 계발형과 탐구형 등 다양화 수업 방식으로 변화했다. 끊임없이 깊이 실천함에 따라, 많은 실증적 연구로 교육 과정 개혁의 큰 성과를 긍정함과 동시에, 그중에서 시급히 해결해야 할 중요한 문제를 지적했다. 예를 들면, “탐구”에 대한 이해가 너무 편협하여, 탐구와 실험을 동등하게 대하고, 학생들의 조작 능력만 강조했다. 탐구 프로세스가 과도하게 경직되어 있어, 학생들의 사유 발전을 무시함으로써, 탐구 형태로 과학적 사유와 핵심개념을 유효하게 융합하고 통합시킬 수 없다.

문제점을 해결하고 계속하여 교육 과정의 개혁을 심화시키기 위해, 세계적으로 기타 주요 국가의 교육과정 표준, “핵심개념” “학과공통개념” 등 해당 연구에 기초하여, 중국의 교육 연구자들이 “핵심소양”의 개념을 제출했으며, 해당 단계별 교육과정에 점차 형성된, 학생들이 평생 자기 발전 및 사회적 발전수요에 적응하는 필수품격과 핵심능력으로 정의한다(린충더, 2016). 이 개혁은 “전반적 발전 인재”양성을 핵심목표로, “핵심소양”을 손잡이로 삼고 여러 학과의 교육과정 목표 및 탐 디자인을 바인딩하고 조정함으로써, 학생들이 문화기초(인문 배경, 과학정신)와 자율적 발전(학습하는 방법을 배우고, 건강하게 생활), 사회적 참여(책임 및 담당, 실천 및 혁신) 등 세가지 측면으로 종합 발전을 거두게 되었다.

물리학과에 있어, 전단계의 수업개혁인 “물리 과목은 물리학 본질을 핵심적으로 반영해야 한다”와 “과학탐구”를 유지함과 동시에, 이번 교육과정 표준을 수정하는 과정에 “지식 및 기능”“프로세스 및 방법”“정감, 태도, 가치관”의 3차원 수업 목표를 “물리관념, 과학적 사유, 과학적 탐구, 과학적 태도 및 책임” 네 개 측면으로 새롭게 통합시킴으로써, 학생들이 기본 개념과 법칙을 배운 후 “물질”“에너지”“상호 작용” 등 빅 컨셉의 정제 및 승화를 더 강조했으며, 이런 빅 컨셉으로 자연계의 경관을 보여줄 수 있다. 또한, “과학탐구”를 견지함과 동시에 학생들의 “과학적 사유”에 대한 중시도를 강화하여, 과학탐구 과정의 조작능력을 중시해야 할 뿐만아니라, 학생들의 모형 구축, 과학적 추리, 과학적 논증 등 머리쓰기 능력 교육에도 큰 관심을 돌려야 한다.

물리핵심소양의 통솔하에, 교과서는 이전 교과서의 진수를 계승하고 발양하면서 계속 개선해야 한다. 이 연구의 주요 목적은 현존 교과서의 과학탐구를 계속하는 전제하에, 과학적 사유를 강조하는 관점에서 교재의 콘텐츠 디자인을 심사하며, 당전 콘텐츠 디자인과 핵심소양 요구사항의 차이점을 찾아내어, 교과서를 개선할 데 대한 제안을 제시하는 것이다.

1. 물리교과서 콘텐츠와 핵심소양의 관계

교육과정 표준의 요구사항에 따라, 물리교과서의 콘텐츠와 물리학 본질은 밀접하게 연결되어 있으며, 물리학 핵심소양은 교육 콘텐츠를 캐리어로 학생들에게 전달된다.

(1) 과학적 특성을 토대로 하는 물리교육콘텐츠

2001년의 <교육과정 표준>이거나 이번 개정 후 <교육과정 표준>이거나를 막론하고, “고교 물리 교육과정은 물리학과 본질을 중시하여 반영해야 한다”는 원칙을 시종일관 고수해야 한다. Abd-EL-Khali (1997), Lederman(2007) 및 Osborne 등 사람들의(2003) 연구결과에 따르면, 과학본질은 “과학적 방법”“과학은 인간의 활동이다”“과학지식 및 그 한계” 등 세가지 주요 측면으로 해석할 수 있으며, 이 세가지 측면은 서로 교차되면서 밀접하게 연결되어 있다.

“과학적 방법”의 측면에서, 다음의 내용을 강조한다: 1)물리학의 발생과 수요는 실증 증거에 의존한다; 2)물리학은 일부 공통 요소를 가지는데, 예하면 사고 습관, 연구 패러다임, 논리적 추리, 자세하게 관찰하고 세심하게 기록하는 습관 등이 포함된다; 3)실험은 지식을 얻는 유일한 방법이 아니며, 연역 및 추리를 통해 새로운 지식을 얻을 수도 있다; 4) 유일한 틀에 맞춘 연구방법은 존재하지 않으며, 대체적이고 원칙적인 절차만 존재할 뿐이다;

“과학은 인간의 활동이다”라는 측면에서, 다음의 내용을 강조한다: 5)과학에는 창조성 요소가 있다; 6) 관찰, 가정과 이론이 완전히 객관적인 것만은 아니다. 과학의 주관적 측면의 영향은 긍정적인 효과도 있고 부정적인 영향도 존재한다; 7)역사, 사회와 문화는 모두 과학의 발전 방향을 좌우지한다.

“과학지식 및 그 한계”의 측면에서, 다음의 내용을 강조한다: 8)과학과 기술은 서로 영향을 미치지만 결코 같지 않다; 9) 물리지식으로 모든 문제를 대답할 수 없으며, 물리적 프레임으로 커버할 수 있는 범주만 해석 가능하다.

(2) 물리핵심소양

물리핵심소양은 학생들이 물리교육을 받는 과정에 점차 형성된 학생들이 평생 자기 발전 및 사회적 발전수요에 적응하는 필수품격과 핵심능력이고, 학생들이 물리 학습을 통해 내면화 시킨 물리 학과의 특성을 보유한 품질이며, 학생들의 과학적 소양의 핵심 요소이다. 물리핵심소양은 주로 “물리관념” “과학적 사유” “과학탐구” “과학태도와 책임” 네 개 측면의 요소로 구성된다.

“물리관념”은 주로 물리학과의 핵심개념을 가리키는데, 물질관념, 운동 관념, 상호 작용관념, 에너지관념 및 응용 등 요소를 포함한다. “과학탐구”에는 과학적 질문의 제출, 추측과 가정의 형성, 디자인 실험 및 제정 방안, 정보 취득 및 처리, 증거를 기반으로 결론을 도출하고 해석하며, 과학탐구 과정과 결과에 대해 교류하고 평가, 반성하는 과정이 포함된다. “과학태도와 책임”은 과학본질을 인식하고 과학, 기술, 사회, 환경 관계에 대한 이해를 토대로 점차적으로 형성한 과학 및 기술적 응용에 대한 정확한 태도와 책임감을 강조한다.

“과학적 사유”란 물리학 관점에서 객관 사물의 근본 속성, 내재적 규칙 및 상호 관계를 인식하는 방식이며; 경험과 사실을 토대로 이상적인 모형을 구축하는 추상적인 요약과정이고; 종합 및 추리 논증 분석 방법의 내재화 방식이며; 사실 증거와 과학적 추리를 토대로 다른 관점 및 결론에 대해 의문을 제기하고 비판하며, 나아가 창조적인 견해를 제출하는 능력과 품질을 말한다.

“과학적 사유”는 학생들이 물리를 배우는 과정에 형성된 핵심 능력이며, 물리핵심소양의 주요 콘텐츠이다. 학생들이 과학탐구 활동이거나 “물리관념” 및 “과학태도와 책임”의 형성과정이거나를 막론하고, 모두 과학적으로 사고해야 하며, 과학적 사고 수준은 다른 물리 핵심소양의 수준에 큰 영향을 미친다. “과학적 사유”에 주로 모형 구축, 과학적 추리, 과학적 논증, 귀납 및 혁신 등 요소를 포함된다.

고등학교 단계의 학습을 통해, 학생들은 이상적인 모형을 구축하는 의식과 능력을 구비해야 하며; 과학적 사유 방법을 올바르게 적용하여 정성 및 정량 두가지 측면에서 과학적으로 추리하고 법칙을 찾아내어 결론을 도출하며, 자연 현상을 해석하고 실제 문제를 해결해야 한다; 과학적 증거를 사용하는 의식과 과학적 증거를 평가하는 능력을 구비하여, 연구 문제를 증거로 서술하고 해석하고 예측할 수 있어야 한다; 비판적 사고 의식을 갖고, 증거에 근거하여 대담하게 질문하며, 서로 다른 관점에서 문제를 사고하고 기술 혁신을 추구해야 한다.

(3) 물리핵심소양과 물리교육콘텐츠의 관계

학생들은 배우는 과정에 자체적 인지 과정을 경험하는데, 이 과정에서 일반적으로 학생들이 기존에 보유한 인지를 바탕으로 한다. 예하면 일상 생활에서 쌓은 다양한 경험이거나 관찰해낸 여러 가지 현상, 나아가 자신의 관찰과 경험을 바탕으로 형성한 원시적 “이론”이 포함된다. 이를 토대로, 학생들은 실험과 관찰 방식을 통해 사물 사이의 법칙과 링크를 귀납하고, 교사의 지도와 도움으로, 이론이나 모형으로 법칙을 승화시키거나; 또는 연역의 형태로 논리적 추리를 통해 검증이 필요한 과학가정을

형성하며, 실험으로 테스트하여 최종적으로 물리이론 또는 모형을 형성한다(Gopnik,1994; Carey,1984).

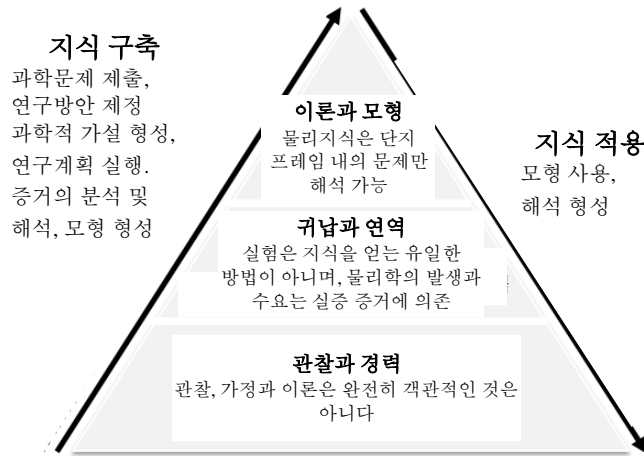


그림 1 학생들이 물리지식을 배우는 일반 과정

관찰의 관점에서, 논리적인 가공을 거쳐, 이론으로 승화하는 것은 지식을 얻는 일반 과정이고, 학생들을 도와 이 과정을 완성하는 경로가 바로 과학탐구이다. 서로 다른 단계에서, 학생들은 지식을 배움과 동시에, 해당 방법과 배후의 사고 방식을 터득하고, 과학본질의 차원에서 관련 의식과 인식을 거두었다. 아래에 여러 과학탐구 단계 별로, 각 단계와 연관된 중요한 물리사고능력과 반영해야 할 물리의 근본 개념을 설명한다.

과학 문제를 제출하고 과학적 가정 단계를 형성한다. 생활 속의 진실한 체험과 수업시간에 진실한 문제 분위기를 조성함으로써, 학생들의 문제 의식을 배양하고, 연구 가능한 과학 문제를 제기하도록 인도하여, 검증 가능한 과학가정을 형성한다. 이 과정에서 과학의 주관성을 인정하여, 학생들이 동일한 현상에 대해 부동한 과학 문제를 형성하고 부동한 과학가정을 제기하는 것을 허용해야 한다. 교과서는 학생들이 비판적 사고방식을 적용하여 질문을 제기하며 거짓된 것은 버리고 진실된 것을 취하는 과정을 통해 일부 탐구 가능한 과학적 추측을 보류하도록 격려해야 한다.

연구방안의 제정 및 연구방안 실행 단계. 물리 연구에는 유일하고 고정된 방법과 절차가 없으며, 움직여 탐구하고, 실험을 통해 증거를 수집하며 결론을 귀납하는 것을 강조함과 동시에, 학생들이 논리의 힘을 경험할 수 있도록 관심을 돌려야 한다. 실험탐구와 이론추리(사후 검증)를 통해 결론을 내리고 학생들이 선택하도록 다양한 방안을 제공하며, 학생들이 과학적 방법, 수단의 다양성 및 과학적 추리의 중요성에 대한 이해를 촉진시킨다.

물리개념, 원리 및 법칙을 분석 및 해석하고 형성하는 단계. 물리이론과 핵심개념은 한정된 사실에 기초하여 좀 더 개괄하고 추상화하는데, 이 과정에서 학생들이 신중하고 실사구시한 과학적 태도로 물리이론, 모형, 개념을 얻어냄과 동시에 그들의 적용 조건에 주의를 돌려, 모든 물리이론에 한계성이 있다는 점을 인식하도록 지도해야 한다.

모형의 사용 및 해석 적용 단계. 학생들이 주요 요인을 정확하게 취하고, 부차적 요인을 무시하며, 적절한 물리 도면을 구축함으로써, 모형을 합리적으로 사용하기 위해 준비하도록 지도한다. 해석 과정에서, 과학적 논증의 중요성을 강조해야 한다. 즉, 결론과 사실은 결코 필연적으로 연결되는 것이 아니라, 과학이론과 추리로 양자를 합리적으로 통합시켜 설득력 있게 과학적으로 해석한다.

2. 당전 고교 물리교과서에 대한 실증 분석

(1) 샘플

연구자는 인민교육출판사의 일반 고등학교 교과서 필수 1, 필수 2, 선수 3-1, 선수 3-2, 선수 3-5 를 선택하여 연구 샘플로 삼았는데, 총 5 권의 교과서는 운동학, 뉴턴역학, 정전기학, 전기회로, 자기학, 근대물리학 등 고교 물리 학습의 주요 분야를 커버하고, 뉴턴 제 2 법칙, 만유인력의 법칙, 역학적 에너지 보존의 법칙, 운동량보존법칙, 쿨롱 법칙, 패러데이 전자기 유도법칙 등 핵심개념, 법칙과 원리 등 총 20 개 챕터 109 개 섹션으로 구성되어 있다. 서로 다른 지식 테마를 비교하면, 과학적 사고 측면에서 고안된 교과서의 공통 특징을 찾아낼 수 있다.

(2) 데이터 수집 및 분석 방법

이 연구에서 교과서의 챕터 콘텐츠에 대해 우선 개념, 법칙과 원리를 단위로 구분하며, 109 개 섹션을 새로 82 개 분석 유닛으로 구분했다(표 1 참조).

표 1 샘플 분석 유닛의 구분 실례

| 분석 유닛명 | 모듈 | 교재 섹션 |
|----------------|--------|---------------------------|
| 뉴턴 제 2 법칙 | 필수 1 | 실험: 가속도와 힘, 질량의 관계에 대한 탐구 |
| | | 뉴턴 제 2 법칙 |
| | | 역학 단위제 |
| 역학적 에너지 보존의 법칙 | 필수 2 | 역학적 에너지 보존의 법칙 |
| | | 실험: 역학적 에너지 보존의 법칙의 검증 |
| 패러데이 전자기 유도법칙 | 선수 3-2 | 회기적인 발견 |
| | | 유도전류의 발생 조건 탐구 |
| | | 렌츠의 법칙 |
| | | 패러데이 전자기 유도법칙 |

모든 분석 유닛을 각각 과학문제의 제기 및 과학적 가설의 형성, 연구방안의 제정 및 실행, 분석의 해석 및 모형 구축, 모형의 사용과 해석의 형성 등 네 가지 측면에서 텍스트를 분석한다. 여러 가지 차원의 과학적 사유를 주목하는 관점에서, 교과서의 과학적 사유와 관련된 처리 방식을 사고와 무관한 과정, 직접 보여주는 사고 과정 및 학생들을 지도하여 자아 사유를 구축하는 과정 등 3 개 유형으로 구분하여 분석한다.

(3) 분석 및 결과

1. 과학문제 제기 및 과학적 가설 형성

과학적 사유 및 상황 유형의 관점에서, 이 분야의 샘플 교과서 콘텐츠 디자인은 아래와 같이 6가지 유형으로 구분할 수 있다. 일상 경험은 학생들이 경험한 적 있는 실례 및 관찰한 적 있는 현상을 포함하며, 학과지식은 주로 학생들이 수업 시간에 배운 지식과 실험을 가리킨다. 추리 과정은 지식을 바탕으로 하는 논리적 추리(귀납, 연역)를 포함할 뿐만 아니라, 유추 등 이전 혁신형 추리도 포함된다.

| | 일상 경험의 상황 | 기존 지식의 상황 |
|--------------------|--|--|
| 추리 과정 무 | 교과서는 학생들의 일상 경험이거나 주어진 익숙한 사례에 따라 상황을 구축하며, 과학적 추리를 거치지 않고 과학문제(또는 추측)를 직접 제시 | 교과서는 기존에 배운 지식을 바탕으로, 과학적 추리를 거치지 않고 과학문제(또는 추측)를 직접 제시 |
| 직접 주어진 추리 과정 | 교과서는 학생들의 일상 경험이거나 주어진 익숙한 사례에 따라 상황을 구축하며, 텍스트와 차트 등 형태로 학생들에게 추리 과정을 보여주고, 마지막에 과학문제(또는 추측) 제시 | 교과서는 기존에 배운 지식을 바탕으로, 텍스트와 차트 등 형태로 학생들에게 과학적 추리 과정을 보여주고, 마지막에 과학문제(또는 추측) 제시 |
| 학생들을 지도하여 추리 과정 구축 | 교과서는 학생들의 일상 경험이거나 주어진 익숙한 사례에 따라 상황을 구축하며, 텍스트와 차트 등 형태로 학생들에게 질문하고, 비계를 설치하여 학생들이 추리과정을 경험하도록 도와주고, 마지막으로 과학문제(또는 추측) 형성 | 교과서는 기존에 배운 지식을 바탕으로, 텍스트와 차트 등 형태로 학생들에게 질문하고, 비계를 설치하여 학생들이 추리과정을 경험하도록 도와주고, 마지막으로 과학문제(또는 추측) 형성 |

통계 결과는 그림 2에 표시한 바와 같다. 샘플 중 65% 좌우의 상황은 학생들의 일상 경험을 바탕으로 구축하고, 나머지 35% 좌우는 학과지식을 토대로 전개한 상황이다. 일상 경험을 이용하여 구축한 상황 중, 50% 좌우는 상황 속의 실례만 주어지고, 그 어떤 사유 과정과 연관되지 않은 상황에서, 직접 과학적 가정이 주어지며; 30% 좌우의 상황은 텍스트, 도표, 방주 등 형태로 직접 구체적인 추리 과정을 보여주었으며, 나중에 과학적 추측이 주어졌다; 단지 20% 좌우의 상황에서, 교과서는 학생들에게 질문을 제기하고, 비계를 설치하여 학생들이 추리과정을 경험하도록 도와주고, 마지막으로 과학적 가정을 형성했다. 기존 지식을 이용하여 구축한 상황에서, 75%는 직접 추리 과정을 보여주고, 10% 좌우 상황은 학생들이 스스로 과학적 가정을 구축하도록 지도한다.

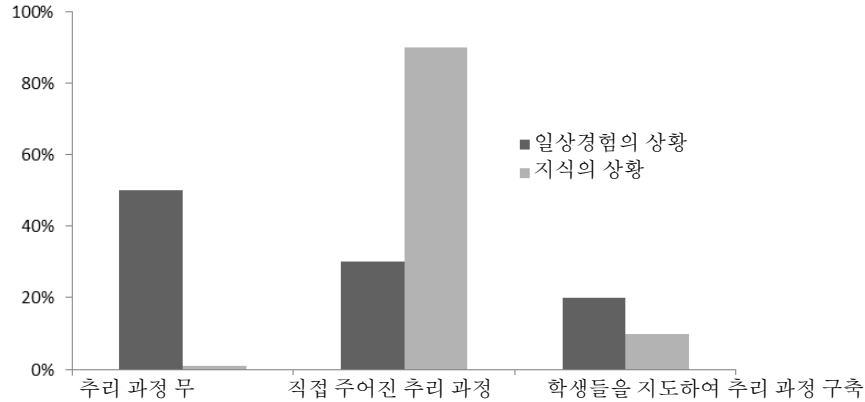


그림 2 “과학문제 제기 및 과학적 가설 형성”차트

추리 과정이 없는 콘텐츠 디자인. 예를 들어 선수 3-1 쿨롱 법칙 부분에서, 교과서는 교사의 데모실험을 통해 학생들이 “전하 사이의 상호 작용력은 전하량이 증가함에 따라 증가하고, 거리가 늘어남에 따라 감소된다”는 점을 감성적으로 인식하게 한 다음 직접 “전하간 작용력이 만유인력과 비슷한 형태를 가질 것인가?”라는 추측을 제시했다. 교과서에서 비록 “전하간 작용력과 만유인력의 유사성은 일찍부터 그 당시 일부 연구자들의 관심을 불러일으켰다”라고 언급했으나, 학생들을 인도하여 대전체 상호 작용(유추 대상)을 분석하지 못하고 및 행성 간의 상호 작용(유추 본체)의 특징 및 유사점과 차이점을 보여주지 못했으며, “유추”와 같은 사고 방식의 본질과 의미를 반영하지 못했다.

직접 주어진 추리 과정의 콘텐츠 디자인. 예를 들어 필수 1 뉴턴 제 2 법칙 콘텐츠의 처리 분야에서, 교과서는 우선 텍스트와 레이스 그림을 통해, “큰힘을 받는 자동차의 가속이 빠르다” “무게가 가벼운 자동차의 가속이 빠르다”라는 학생들의 일상 경험을 빌어, 귀납하는 추리 방식으로 “물체의 질량이 일정할 때, 받는 힘이 커지고, 얻는 가속도가 더 크다; 물체가 받는 힘이 일정할 때, 그의 질량이 작아지고, 가속도가 커진다”라는 초보적인 가정을 얻어낸다. 나아가서 “물체가속도는 물체가 받는 힘과 정비례하고, 물체의 질량과 반비례한다”라고 가정하기 전에, 교과서에서 재차 학생들에게 이 가정의 근원을 직접 지적했다. 즉, “가속도는 질량과 반비례할 수 있고, 또 질량의 제공에 반비례할 수도 있으며, 심지어 더 복잡한 관계가 존재할 수 있다……우리는 가장 간단한 상황으로부터 착수한다”. 이 분야에 대해 교과서에서 학생들을 지도하여 세 개 물리량 사이에 어떤 정량관계가 있는지 질문을 제기하지 않고, 추리과정과 결과를 직접 보여주었다.

학생들을 지도하여 추리 과정을 경험하는 콘텐츠 디자인. 반면에, 렌츠의 법칙중, 교과서에서 우선 한 학생에게 익숙한 실험을 이용하여 분위기를 조성하고, 학생들에게 “스케치 방식으로 전류의 방향, 자석의 극성 및 운동방향을 기록”하도록 요구하며, 이로서 학생들이 스스로 그중의 관계를 귀납하여 결론을 얻도록 지도하며, 나아가서 과학적 가정을 형성한다. 교과서는 학생들의 기존 지식수준과 사고 능력 수준을 감안한 다음, 학생들을 지도하여 “우리가 양자 사이의 관계를 개괄하기 어려운 경우, 하나의 ‘매개체’-- ‘유도전류의 자기장’을 통해 이러한 관계를 설명할 수 있는가?……”라는 아이디어에 따라 사고함으로써, 최종적인 과학가정을 얻게 된다. 이 과정에, 교과서에서 비계 전략을

취하여 학생들을 위해 점차적으로 계단을 설치함으로써, 학생들이 실제 과학적 추측의 과정을 체험하게 한다.

2. 연구방안의 제정 및 연구 계획의 실행

마찬가지로 본 링크에서, 학생들의 사유 참여도 및 연구방안의 오픈 정도에 따라 교과서의 콘텐츠 디자인을 다음과 같이 분류한다.

| 분류 | 다양한 방안 | 단일 방안 |
|----------------------|---|--|
| 구체적 연구방안 제시 | 교과서에서 두 가지 또는 그 이상의 연구방안을 제공하고, 구체적인 조작 절차를 제공하지만, 방안의 설계 아이디어를 해석하지 않았다. | 교과서에서 한 가지 연구방안을 제공하고, 구체적인 조작 절차를 제공하지만, 방안의 설계 아이디어를 해석하지 않았다. |
| 사고방향 및 구체적 방안 제시 | 교과서에서 두 가지 또는 그 이상의 연구방안을 제공하고, 연구방안의 설계 아이디어를 설명함과 동시에, 구체적인 연구방안도 제시했다. | 교과서에서 한 가지 연구방안을 제공하고, 연구방안의 설계 아이디어를 설명함과 동시에, 구체적인 연구방안도 제시했다. |
| 학생들을 지도하여 자기 연구방안 구축 | 교과서에서 필요한 힌트를 제공하고, 비계를 구축하여 학생들을 이끌어 자기 연구방안을 제정하며, 학생들이 다른 아이디어에 따라 서로 다른 연구방안을 제정하도록 허용한다. | 교과서에서 필요한 힌트를 제공하고, 비계를 구축하여 학생들을 이끌어 자기 연구방안을 제정한다. |

샘플 분석의 관점에서, 45%의 상황 중, 교과서는 학생들이 선택하도록 다양한 연구방안을 제공하여, 과학 방법과 수단의 다양성에 대한 이해를 심화하도록 촉진했다. 나머지 55% 상황에서, 교과서는 단일한 연구방안만 제공했다. 다양한 방안을 제공한 샘플 중, 거의 모든 교과서에서 연구방안을 제정하는 아이디어와 추리 과정을 바로 제공하며, 단지 개별적인 상황에서 학생들을 적절하게 지도하여 부분 방안에 대해 추리하고 이론을 구축한다. 단지 한 가지 방안을 제공하는 샘플 중, 약 60% 방안에서 구체적인 조작 절차만 제공하고, 이 방안을 제정한 배후의 사고 과정과는 무관하며, 나머지 40% 좌우의 방안에서 학생들을 지도하여 스스로 사고하고 연구방안을 구축한다.

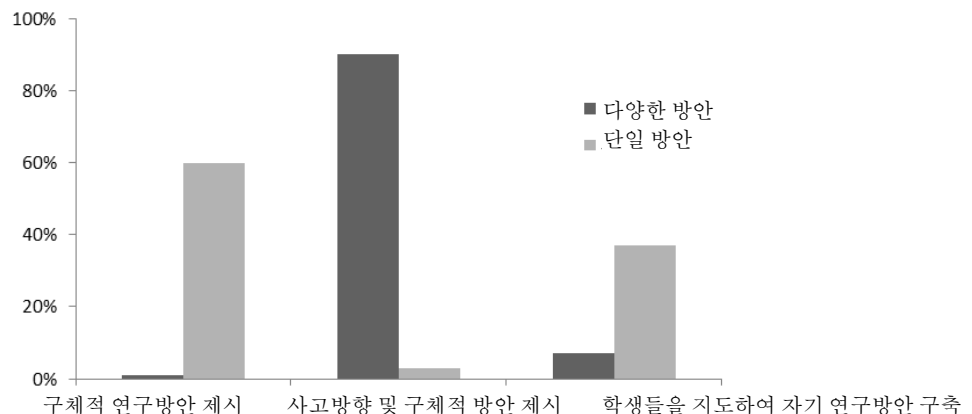


그림 3 “연구방안 제정 및 연구 계획 실행”차트

조작하는 콘텐츠 디자인. 선수 3-2 유도전류에 관한 콘텐츠 중, 교과서에서 실험 장치도와 구체적 조작 절차 및 기록이 필요한 데이터 요구사항 등을 제공하며, 학생들은 단지 힌트에 따라 조작하면 되고, 해당 데이터를 주어진 양식에 기록하면 된다. 이는 데이터를 얻고, 그다음 귀납 분석을 위해 기초를 닦아 놓았다.

직접 연구 아이디어와 방안이 주어진 콘텐츠 디자인. 예를 들어, 필수 1 뉴턴 제 2 법칙 부분 중 직접 연구방안을 제정하는 아이디어를 제공했는데, 예하면 “물체의 질량이 불변하는 상황에서, 서로 다른 힘의 작용하에 물체의 가속도 측정, 가속도와 힘의 관계 분석 … …” 및 발생 가능한 문제의 해결 방법, 예하면 “물체의 가속도를 어떻게 측정(또는)비교하는가” 등이 포함된다. 주어진 연구 아이디어를 토대로, 학생들이 참고하도록 두 가지 완벽한 연구방안을 직접 제공하지만, 구체적인 실험 절차를 제공하지 않아, 학생들에게 일정한 사고의 여지를 남겨주었다.

학생들을 지도하여 스스로 구축한 콘텐츠 디자인. 필수 2 탄성위치에너지에 관한 콘텐츠 중, 교과서에서 학생들에게 “탄성위치에너지의 표현식은 몇 개 물리량과 연관되어 있는가?” “스프링의 탄성위치에너지와 장력이 한 일은 어떤 관계가 있는가?” “장력이 한 일을 어떻게 계산하는가” 및 “이 합을 어떻게 계산하는가” 등 4 개 문제를 제출했다. 그리고 이런 문제점에 대해 힌트와 가이드를 제공하고, 가이드 과정에, “문제열” 형태의 지속적인 질문유형이 있을 뿐만 아니라, 또한 “이 두 추측으로 우리에게 정확한 탄성위치에너지 표현식을 알려줄 수 없다. 만약 탐구 결과가 이러한 추측 결과와 모순되는 경우, 오류가 발생했을 수 있음을 의미하며, 신중하게 탐구의 여러 링크를 평가해야 한다”라는 힌트가 포함된다.

3. 해석 분석 및 얻은 결론

이 링크에서, 선정한 샘플은 모두 표시된 데이터와 도표 등 증거의 관점에서, 학생들의 인지 수준이 접수 가능한 범위내에서, 논증 및 추리 방식으로 과학적 결론을 얻는다. 다른 점이라면, 70% 추리 과정은 교과서 중 직접 주어진 것이고, 그중에 일반적인 수학적 추리가 포함될 뿐만 아니라, 이상적 실험을 포함한 사고 방법도 보여준다. 또한 30% 좌우는 학생들에게 주어진 필요한 힌트로서, 비계 구축 방법을 통해 학생들이 증거로부터 결론에 이르는 추리 논증 과정을 경험하도록 지도한다.

두 번째 유형의 상황에는 연역의 추리 방식도 있고 귀납하는 추리 방식도 있다. 예를 들어, 필수 1 등가속도직선운동의 변위와 시간의 관계를 연구할 때, 교과서에서 사생간 대화의 형태로 수업을 토론하는 장면을 보여주고, 학생들이 속도 - 시간 그림을 이용하여 물체의 변위를 계산하는 방법을 사고하도록 지도한다. 이 과정에서 교과서는 “선생님”과 “학생”의 역할을 빌어, 학생들의 대화 및 선생님의 힌트를 이용하여 학생들에게 계발을 주어 사선을 “수많은 직선 세그먼트”로 보는 극한 사고 방식으로 문제를 해결하는 방법을 의식하게 한다.

필수 2 일과 속도 변화 관계를 탐구하는 콘텐츠 중, 교과서에서 학생들에게 양자 사이에 존재할 수 있는 다양한 관계 가능성에 주의를 돌리도록 힌트를 준다. 어떻게 그림을 통해 그들 사이의 정확한 관계를 찾아낼 수 있는가? 교과서에 최종 결론이

주어지지 않았으며, 방주의 형태로 학생들이 이전에 배운 유사한 상황을 기억해내어 처리하도록 힌트를 준다. 이러한 오픈형 결말로 인해 학생들은 불가불 자신의 추리 능력으로 최종 결론을 내릴 수 밖에 없으며, 학생들 사이의 교류와 상호 질문 능력을 촉진하고, 학생들 사고능력의 다차원 발전에 유리하게 작용한다.

4. 지식 응용 및 해석 형성

지식 응용이란 주로 주어진 개념, 법칙과 원리를 이용하여 해당 물리문제를 해결하는 것을 가리킨다. 교과서에서, 지식 응용의 주요 형태는 바로 예제의 편성과 처리 방식이다. 교과서는 모든 핵심 개념, 법칙과 원리를 배운 후 적절한 예제를 제시하여 학생들이 배운 지식을 튼튼히 한다. 그러나 교과서의 모든 예제는 문제 해결 과정의 표현 형태에 있어, 문제를 해결하는 일반 절차와 방법을 부각시키지 못했다. 교과서의 문제가 다름에 따라, “분석”이란 서브타이틀로 각 타이틀의 난점과 중점에 대해 서술적으로 해석하며, 물리문제를 해결하는 개성화 측면을 충분히 표현했으나, 학생들이 전반적인 차원에서 물리문제의 패러다임을 이해하고 해결할 수 없게 한다.

3. 결론 및 제안

위의 분석을 통해, 현재 고교 물리교과서에서 물리 사고의 중요성을 강조함과 동시에, 학생들의 학습 차이성과 개성화 수요를 중시하고, 과학적 본질과 관련된 콘텐츠를 교과서의 콘텐츠에 침투시켰다는 것을 알 수 있다. 그러나 학생들의 과학적 사유를 교육하는 방법을 좀 더 개혁해야 할 공간과 필요성이 여전히 존재한다. 이에, 다음과 같이 제안하는 바이다.

(1) 학생들을 지도하여 사고방식 자체 구축을 강조

상기 분석내용으로부터 알 수 있는 바와 같이, 교과서에서 비록 학생들에 대한 물리사고 능력의 교육을 중시하지만, 교육 방식은 여전히 추리과정을 직접 제공하는 방식이 위주이므로, 학생들은 항상 피동적인 접수 위치에 처해있게 된다. 교과서의 학생사고 능력에 대한 교육 기능을 강화하기 위해, 추가로 적절하게 지도하고, 비계 구축 방식을 적용해야 하며, 본문이거나 방주에서 “문제열” 형태로 점차 학생들을 깊이 사고하도록 지도하고, 학생들이 극복할 수 없는 난점에 대해 일깨워 주고 이끌어 주어, 학생들이 진정한 자체적 과학가정의 생성, 연구방안의 제정, 해석의 분석과 관련된 데이터 및 대응하는 결론의 탐구 과정을 경험하면서, 피동적인 관찰자로부터 능동적인 참가자로 변하게 한다.

(2) 교과서의 사고능력 교육 흔적을 강조

학생들을 지도하여 스스로 추리를 구축하는 과정에서, 교과서의 표현 형태는 사고 비계의 흔적을 강조함으로써, 학생들이 문제를 사고할 때 어디로부터 착수하고 어디로부터 돌파해야 하는지를 의식하게 한다. 반영된 각종 중요한 과학적 사유에 대해, 교과서는 적절한 칼럼을 설정하고, 이런 사고 방식에 대해 해석하고 설명하는데, 이는 학생들이 사고 방식의 의미와 핵심을 이해하도록 도와주기 위함이다. 예를 들어, 쿨롱 법칙 세션에서, “유추” 사고 방식이 처음 나타날 때, 교과서는 전문적인 칼럼을 통해 전하

간의 상호 작용 및 행성간 상호작용을 비교하는 방법을 해석할 수 있으며, 그중의 유사점과 차이점을 찾는 방법 및 어떤 내용을 감안하여 양자를 연결할 수 있는지를 해석할 수 있다.

예제의 처리 관점에서, 물리문제를 해결하는 기본 절차와 방법을 강조함으로써, 학생들이 약간의 예제를 배운 후 문제를 해결하는 좋은 사고 습관을 양성하게 한다. 이러한 기본 절차와 방법은 두 가지 차원으로 착수할 수 있다. 처음 차원은 전체 고등학교 단계 물리문제 해결의 사고 방식에 기초하여, 다음과 같은 내용이 포함된다: (1) 미결 문제의 물리 그림을 구성(일부 물리량과 물리량 사이의 상호 관계 등 내용 포함); (2) 공식과 이미지를 이용하여 반영한 물리 패턴 특성; (3) 수학 도구로 해결하기; (4) 차원분석법을 이용하여 결과를 평가한다. 두 번째 차원은 바로 한 특정 분야의 문제해결 방법이다. 역학 문제를 예로 들어, 좀 더 구체적으로 학생들을 도와 받는힘의 분석도를 그리는 방식으로 보여주는 물리학 패턴을 인식하게 하며, 여러 물리량의 관계를 표현한다.

(3) 학생들의 문제를 의식하고 질문하는 능력 부각

현재, 교과서에서 상황을 학생들이 스스로 과학문제를 형성하는 플랫폼으로 삼는 경우가 극히 드물다. 그러나, 하나의 좋은 과학문제의 제출 여부는 과학적 혁신의 첫 번째 단계이다. 향후 디자인 과정에 교과서는 더 개방해야 하며, 다양한 연구방안을 제공해야 할 뿐만 아니라, 부동한 아이디어를 가진 학생들이 선택하고 비교할 수 있도록 제공해야 하며, 나아가 학생들의 기존 지식이거나 경험을 바탕으로 적절한 상황을 조성하고, 학생들이 자신의 과학문제를 제출할 수 있도록 지도한다. 또한 다양한 방식으로 과학문제의 정의에 대해 자세한 해석과 설명을 제공한다.

비록 교과서의 일부 연구방안에 “평가” 링크가 있지만, 질문과 비판적 사고에 대한 강조는 여전히 좀더 강화할 수 있다. 실험과정에 학생들이 얻은 비정상 데이터를 열심히 연구하고 사고하도록 격려해야 하며, 물리 법칙으로 사건을 해석할 때, 특별히 “비정상적 현상”을 설정하여 학생들을 미혹시키고, 학생들이 끊임없는 질문 및 판별 과정에 물리 개념, 법칙 및 원리를 깊이 이해하도록 도와준다.

참고문헌

- [1] 린충더(2016). 21 세기 학생들의 핵심소양 발전에 대한 연구. 베이징: 베이징사범대학출판사 출간.
- [2] 중화인민공화국 교육부(2003). 일반 고등학교 물리 교육과정 표준. 베이징: 인민교육출판사.
- [3] Lederman, N. G. (2007). *Nature of science: Past, present, and future. Handbook of research on science education.*
- [4] Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *international journal of science education*, 25(9), 1049-1079. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- [5] Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1997). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- [6] Gopnik, A., & Wellman, H. M. (1994). The theory theory. *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture.*
- [7] Carey, S. . *Conceptual change in childhood. Conceptual change in childhood /*. MIT Press.