

이상화(idealization)에 관한 물리교사들의 인식

윤지현 · 문공주 · 김성원*

이화여자대학교

Exploration of Physics Teachers' Perceptions of Idealization

Yoon, Ji-Hyun · Mun, Kongju · Kim, Sung-Won*

Ewha Womans University

Abstract: The purposes of this study were to understand what is physics teachers' perceptions of idealization and to explore their teaching experiences about idealization in their physics classes. In order to achieve these research purpose, we conducted in-depth interviews with ten Korean physics teachers. The interview data was transcribed and analyzed interpretively. The results are as follows: (1) Physics teachers are not familiar with the term of 'idealization' but they understand the meaning of idealization and ideal condition. (2) Physics teachers understand the necessity of explicit mentions of idealization and ideal conditions in physics classes. (3) Physic teachers adapt conceptions of idealization and ideal condition into their lectures, experimental classes and evaluation strategies. Thus, the results of this study can provide theoretical understanding of idealization. It will help develop teacher education programs and physics teaching strategies. This research also suggested follow-up research questions about idealization in the physics education field.

Key words: Idealization, ideal condition, Physics concept understanding, teacher education, teaching strategy

I. 서론

지속적인 과학교육의 개혁에도 불구하고 학생들에게 물리는 여전히 어렵고 재미없는 과목으로 여겨지고 있다. 또한 여러 연구자들은 학생들의 기본적인 물리 개념에 대한 이해도가 극히 낮은 것을 지적하고 있다(Park *et al.*, 1991; 정성기, 2009). 낮은 물리 개념 이해의 교과 외적 요인으로는 개념전달 위주의 교수-학습방식, 입시 위주의 교육정책, 직업과 물리 교과의 연관성에 대한 이해 부족, 교과목 중심의 교육과정 운영으로 인한 물리학습의 당위성에 대한 이해 부족(류창모, 2003; 이미경, 정은영, 2008; 이봉우, 이성목, 2004; 이보경, 장수철, 2008) 등을 들 수 있다. 교과 내적 요소로는 내용의 어려움, 공식과 수식을 이용한 수학적 계산의 복잡함, 너무 많은 개념의 개수, 물리에 대한 흥미부족(이주연, 2003; 김남희, 2008) 등이 알려져 있다. 이러한 이유 외에도 Song, Cho, 과 Chung(1996)은 학생들이 물리 개념을 학습

하거나 적용할 때 해당 개념에서 사용되는 이상조건(ideal conditions)을 정확하게 인식하지 못하는 것을 한 가지 이유로 지적한 바 있다. 또한 Arons(1990)은 학생들이 물리 문제에서 사용되는 이상조건을 알지 못하는 것이 문제 해결의 실패의 원인 중 하나라고 지적하였다. 또한, 이상조건에 대한 이해는 물리학습능력 뿐 아니라 평가문제 해결에서도 중요하다.

이상조건이 사용되어 물리 개념이 형성되는 과정을 이상화라고 하는데, 이 이상화는 자연과학 연구의 전반에서 사용되지만 이 연구에서는 물리 교과내용에서 나타나는 이상화에 대한 경험에만 한정하였다.

이상조건을 사용한 이상화에 대한 이해가 물리학습에서 중요한 요소임에도 불구하고, 현재 학생들과 교사들은 중요하게 인식하지 못하고 있다. 교사는 학생의 학업 성취에 있어서 뿐 아니라 교육의 성패에 있어서 핵심적인 역할을 한다(이혁규, 1994; 구병두, 2000; 김기태, 조평호, 2003). 이상화에 대한 이해의

*교신저자: 김성원(sungwon@ewha.ac.kr)

**2011.05.17(접수) 2011.08.01(1심통과) 2011.08.12(2심통과) 2011.08.13(최종통과)

***본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 세계수준의 연구중심대학육성사업(WCU)으로부터 지원받아 수행되었습니다(R32-20109).

중요성이 현장 교육에 반영되기 위해서는 교사들의 인식을 이해하는 것이 우선되어야 한다. 현재 이상화에 대한 국내외 선행 연구가 충분하지 않으며, 국외 연구는 주로 과학사나 과학철학과 관련된 연구가 많이 진행되었고, 과학교사들을 대상으로 한 연구는 없었다. 국내 연구에서는 물리학습에 관한 연구가 진행되었으며, 이상화에 대한 학생·교사의 기본적인 인식과 이해를 설문지를 통해 탐색하였다(박종원 외, 1998a; 1998b; 1999a; 1999b).

물리학습에서 이상화의 중요성이 강조되기 위해서는 교사들의 인식이 변화하고, 이러한 변화가 수업 실행에 적용되어야 한다. 본 연구에서는 고등학교 물리 교사 10명을 대상으로 일대일 면담을 통해 이상화에 대한 인식을 깊이 탐색하였다. 특히 교사들의 생각과 수업 경험 및 사례를 포함한 면담 자료를 통한 연구결과를 통해 기존의 이론 중심의 이상화 연구들의 제한점을 넘어 실제 물리 수업 현장을 통해 교사들이 이해하고 있는 이상화의 수준과 사용하고 있는 수업 전략을 파악하였다.

본 연구의 결과는 이상화에 대한 교사들의 이해를 높일 수 있는 방안과 후속 연구에 대한 제언을 할 수 있다. 또한 이상화에 대한 교사 교육과 수업 전략 개발에 기초를 제공하고, 이를 현장에 반영할 수 있는 발판을 마련해 줄 것이다.

II. 이론적 배경

가. 이상화(idealization)의 개념

물리학에서는 복잡한 자연을 이해하기 위해 이상화 기법을 도입한다(Matthews, 1994). 이상화는 복잡한 실제 세계를 이해하는 물리학 방법론의 하나로, 실제 세계로부터 계산과 사고가 용이한 물리 세계를 구성하기 위해 사용한다. 따라서 이상화 과정에서는 물리 개념을 이해하기 위한 이상조건들이 사용된다. 물리학자들은 이렇게 이상조건을 사용하여 이상화된 물리 세계로 자연에 대한 모형(model)을 세우고, 다시 그 모형을 이용하여 자연 현상을 설명하거나 예측한다(박종원 외, 1998a).

이상화 기법을 최초로 시도한 사람은 갈릴레이(Galilei)로 그는 경사면에서 물체의 운동을 설명하면서 스스로 다음의 결정적인 이상조건들을 지적하였다. 그

리고 그는 관성의 법칙을 설명할 때도 마찰이나 다른 저항이 없이 무한히 뻗은 수평면 위에서 운동하는 공처럼 물체의 운동을 방해하는 요인이 없다는 이상적인 가정을 도입하였다(김국태, 1997). 또한, 물체의 자유낙하에서 무거운 물체와 가벼운 물체가 동시에 떨어진다는 결론을 얻을 때 매질에 대한 저항이 완전히 없어야 한다는 이상적인 가정을 하였다(Galilei, 1967, p. 117). 단진자를 설명할 때 줄의 질량이 없고, 진자가 공기 저항이 없고, 받침점의 마찰이 없는 등의 가정을 했다(Matthews, 1994). 이러한 갈릴레이의 이상화(Galilean idealization)는 물리학의 발전에 있어서 기념비적 업적이고 나아가 인간의 사고를 특징짓는 요소이자 과학을 새롭게 정의한다고 할 수 있다(Matthews, 1982, p. 37). 또한 이상화의 도입은 물리가 기하학과 수학을 적극적으로 사용할 수 있도록 하는데 있어 기여하였다. 이상화는 실제 세계를 단순화시키고 수학적 모델과 법칙을 찾아내도록 하였다(박종원 외, 1998a).

이상화는 물리학습에서도 중요하게 사용된다(Garrison, 1986; Matthews, 1987; McMullin, 1985; Nersessian, 1992, 박종원 외, 1998a). 물리학습에서 이상화는 용어나 개념 및 현상의 설명, 법칙이나 공식의 유도 과정, 문제를 해결하는 활동 등에 내포되어 사용되고 있다(박종원 외, 1998b). 이는 물리학습 활동의 대부분을 차지하고 있으며, 물리교사의 교수활동의 전반에서 나타난다. 따라서 이상화에 대한 정확한 이해가 선행되는 것은 물리학습의 중요한 전제조건이 될 수 있다.

학생들은 물리학자들이 구축해놓은 이상화 된 물리 세계의 이론과 법칙들을 이해하기 위해 노력한다. 이상화는 학습하기 용이한 물리 세계를 제공하는 이점이 있지만, 이러한 이상화 된 물리 세계는 이상조건을 제대로 인식하지 못할 경우, 실제 세계와의 괴리를 느끼게 하고 과학적 지식과 일상 지식을 분리된 지식 체계로 갖게 하는 단점이 있다(Song & Choi, 1994; Choi & Song, 1996; Solomon, 1983; 송진웅, 1997). 또한, 이상조건은 문제 해결에 결정적인 단서가 되거나, 간접적인 영향을 주기도 하는가 하면, 이상조건에 대한 이해 부족은 다른 문제로의 적용에 적지 않은 어려움을 야기하기도 한다(Arons, 1990, p. 75). 실제로 많은 물리 오개념들은 실제 세계로부터 경험한 지식과 이상조건이 포함된 이상화된 물리 세계의 지식이 차이를 보일 때 형성된다.

결국 이상조건을 사용한 이상화에 대한 이해는 물리 개념 학습에 선행되어야 할 문제이다. 이상화가 물리학습에서의 어려움에 직·간접적인 영향을 준다면, 위의 이상화에 특성에서 언급하였던, 이상조건의 조정과 제거 과정을 통해 이론의 정교화를 이룩해야 하는 작업은 과학자들의 일만은 아니다. 학생들의 학습에 가장 큰 영향을 미치는 과학교사들이 이상화의 역할과 한계에 대해 충분히 이해한 후 수업에 임하고 실제 세계와 물리 세계의 격차를 학생들이 잘 이해할 수 있도록 도와야 한다. 이는 학생들의 물리에 대한 이해에 도움이 될 것이고, 실제 세계와의 괴리의 폭을 줄이는 것에 큰 역할을 할 것이다. 과학교사들은 과학자들처럼 이상 조건을 조정하고 제거하는 활동을 통해 학생들의 이해와 사고력을 증진시켜야 한다.

나. 이상화의 유형

이상화의 유형은 특정요소를 무시하는 방식, 특정 요소들에 대한 특성의 기술을 생략한 방식, 특정 요소에 대한 극한값을 취하는 방식, 특정 요소가 일정하거나 균일하다고 가정하는 등의 방식의 네 가지로 분류할 수 있다(박종원 외, 1998a).

첫째, 특정 요소를 무시하는 방식은 마찰력이나 줄의 질량 등을 무시하는 방법, 공기 등의 매질의 저항력을 무시하는 방법 등이 있다. McMullin(1985)은 이러한 이상화 기법을 형식적 이상화라고 하였다.

둘째, 특정 요소들의 특성을 무시하는 방식은 모델에서 탐구하고자 하는 것에 충분히 있으리라고 예상되는 다른 특성들 중 직접적인 관련이 없는 경우 명시하지 않고 무시하여 이상화 하는 방식이다. McMullin(1985)은 이러한 이상화 기법을 재료적 이상화라고 이야기하면서 기체운동이론에서 기체 분자 내부의 구조에 대해서는 명시하지 않는 것을 예로 들어 설명하였다.

셋째, 특정 요소에 대한 극한값을 취하는 방식은 실험 혹은 관찰을 통해 측정된 값을 기초하여 직접 측정이 불가능한 측정값 밖의 극한값을 추론해내는 방법이다. 자유 낙하하는 물체의 속력과 매질의 저항과의 관계를 예측할 때, 매질의 저항이 0인 경우는 실험값으로 얻기 어렵기 때문에 실험값들을 통해 극한값을 추론해 내는 경우가 그 예이다(Garrison, 1986, 박종원 외, 1998a에서 재인용).

이상화의 네 번째 기법은 특정 변인들이 일정·균일하다고 가정하는 방식이다. 실제 지구에서는 지구 모양이 균일하지 않고, 경도나 위도 또는 고도에 따른 미세한 변화가 있음에도 불구하고 이 조건들을 모두 이상화시켜 “자유 낙하하는 경우에 가속도는 항상 g 이며, 운동의 종류에 상관없이 항상 아래 방향이다 (Hecht, 1994, p.73)”라고 가정하여 문제를 해결하는 경우가 많다.

Ⅲ. 연구 방법

본 연구는 고등학교 물리교사들이 실제 수업에서의 이상화에 대한 경험과 이러한 경험에 부여하는 의미를 탐색하고자 하였다. 교사의 수업 경험에 대한 연구들은 행동주의에 입각한 관리자적 접근, 인본주의적 접근, 그리고 비판적 접근 등 다양한 접근 방식으로 이루어졌다(Fenstamacher & Soltis, 1986). 그러나 기존의 연구들은 교사의 수업 경험에 대한 본질과 구조를 분명하게 드러내는 것에 한계가 있었다. 반구조화된 면담을 통한 연구는 연구 대상자의 실제적인 경험으로부터 의미를 이끌어내기 위한 매우 효과적인 방법이다. 이 연구는 고등학교 물리교사와의 면담을 통해 드러나는 이상화에 대한 인식 및 수업 전략을 탐색하는 질적 접근을 통해 수행되었다. 면담에 앞서 이상화에 대한 문헌연구로부터 교사들의 이상화와 관련된 경험을 탐색할 수 있는 반 구조화된 면담 질문을 개발하고, 교사들의 심층면담자료를 수집한 후 분석하여 결론을 도출하였다.

가. 연구 참여자

본 연구는 고등학교 물리교사들을 대상으로 한 면담 자료를 분석하여 물리수업에서의 이상화와 관련된 교사들의 경험을 탐색하였다. 본 연구에 참여한 교사들은 모두 연구 목적에 적극적으로 관심을 가지고 참여하였으며, 대부분 교직경력 7년 이상으로 충분한 물리 수업 경험을 가지고 있었다.

연구 참여 교사는 서울·경기 지역에서 근무하는 10명의 고등학교 물리교사로, 일반계 고등학교 교사가 9명, 특수 목적 고등학교 교사가 1명이다. 참여자의 연령 분포는 20대가 1명, 30대가 3명, 40대가 3명, 50대가 3명으로 평균은 37세이다. 참여 교사들의

경력, 성별, 연령, 학력, 지역은 <표 1>에 나타내었다.

나. 면담 자료

연구 참여 교사들과의 심층면담을 위해, 전화나 이메일을 통해 연구 주제 및 연구의 목적을 간단히 설명한 후 인터뷰를 요청하였다. 면담은 개별로 이루어졌으며 약 50분 정도 소요되었다.

면담의 진행은 연구 주제를 제시하고, 면담 내용의 녹음과 전사를 통한 연구 자료의 활용에 대한 동의를 얻는 것에서 시작되었다. 그 후, 이상화에 관한 이론적 배경과 예시를 간략히 제시하여 연구 참여자들이 연구 주제를 명확히 이해할 수 있도록 하였다.

면담은 반구조화된(semi-structured) 면담으로 진행되었으며, 사전에 개발된 개방형 질문내용을 바탕으로 진행되었다. 개방형 질문내용은 크게 두 가지 주제이다. 첫째는 이상화에 대한 교사들의 기본적인 인식을 묻는 질문이며, 둘째는 이상화가 포함된 물리 내용의 수업전략을 묻는 것이었다.

면담 질문은 전문가 4인의 내용 검토를 통해 내용 타당도를 검증한 것이며, 사전 면담 실행을 통해 수정·보완된 것을 실제 면담 자료 수집에 사용하였다(<부록 1> 참조).

다. 자료 분석

면담 자료는 녹음된 모든 내용을 전사하였으며, 전사 자료와 녹음 자료를 반복적으로 확인하여 연구 참

여자의 어조, 느낌, 분위기 등을 고려하여, 연구 참여자의 감정 상태까지 정확히 파악하고자 노력하였다.

각각의 인터뷰 자료는 코딩을 통해 분석하고, 적절한 사례를 추출하여 결과를 제시하였다. 1차 코딩에서는 전사된 내용을 세심하게 반복하여 읽으면서 이상화에 대한 인식과 수업 전략에 관련된 내용을 찾아 간단한 메모로 자료를 펼치는 기초 작업을 하였다. 2차 코딩에서는 1차 코딩에서 기초화한 내용들을 바탕으로 연구 참여자들 간의 공통점을 찾아 범주화하는 작업을 수행하였다.

IV. 결과 및 논의

가. 교사들의 이상화에 대한 인식

본 연구에서는 면담 자료를 통해 교사들이 이상화에 대해 가지고 있는 인식을 탐색하였다. 연구 대상자들 중 이상조건에 대한 논문을 읽어 본 적이 있는 한 명 외의 교사들 모두가 이상화 또는 이상조건이라는 용어에 대해 생소하게 여겼다. 그러나 교사들은 이상화의 예시를 보면서 이상화가 포함된 이론이나, 이론에 사용된 이상조건이 무엇인지 찾아낼 수 있었다. 조교사는 연구자가 제시한 예시들을 보며, 이런 것들이 이상조건이라면 본인도 당연히 알고 있다고 답하였다. 대부분의 교사들이 조교사와 유사한 반응을 나타내었다.

이상화의 개념을 이해한 교사들은 물리학의 특성상 물리 문제를 해결하는 데 있어서 이상화 전략을 지속

표 1
연구 참여 교사

| 교사 | 경력연수 | 학교유형 | 성별 | 연령 | 학력 | 지역 |
|-----|------|------|----|--------|------|----|
| 김교사 | 7 | 일반고 | 여 | 40대 초반 | 박사수료 | 서울 |
| 이교사 | 13 | 일반고 | 남 | 50대 초반 | 석사과정 | 경기 |
| 박교사 | 11 | 특목고 | 남 | 30대 후반 | 박사 | 서울 |
| 최교사 | 2 | 일반고 | 여 | 20대 후반 | 석사과정 | 경기 |
| 정교사 | 7 | 일반고 | 여 | 30대 초반 | 석사 | 서울 |
| 강교사 | 7 | 일반고 | 여 | 30대 초반 | 석사 | 서울 |
| 조교사 | 15 | 일반고 | 여 | 40대 초반 | 박사 | 서울 |
| 윤교사 | 25 | 일반고 | 여 | 40대 후반 | 학사 | 서울 |
| 장교사 | 25 | 일반고 | 여 | 40대 후반 | 학사 | 서울 |
| 임교사 | 20 | 일반고 | 남 | 50대 초반 | 학사 | 서울 |

적으로 사용해오고 있었으며, 수업에서도 이를 사용한다고 하였다.

이상조건에 대해서는 화학에서만 이상기체 방정식, 뭐, 그런 거 할 때 들어봤지, 물리에서는 이상조건이라는 말은 쓰지 않고, 제가 이걸 봤을 때는 그냥, 이상조건이라기보다는, 그냥 하나의 조건으로만 우리가 물리에서는 풀었던 거 같아요. 당연하다고 생각되는……(김교사).

김교사는 이상조건을 이상기체방정식을 떠올리며 접근하였으나, 이상조건에 대한 정확한 개념과 역할을 인식하지는 못하고 있었다. 물리에서의 이상조건은 마치 문제를 풀기 위해서만 필요한 조건으로 이해하고 있었다.

실제로 뭐 마찰이 없다든지, 뭐, 그쪽에서 아까 말씀하신 대로 충돌할 때 충돌에서의 뭐 거의 소리에너지라든지 열에너지로 이렇게 전환되는 게 없다는 거…… 근데 지금 말씀하신 대로 거의 다 쓰는 거예요 보니까……(중략)…… 물리라는 것이, 지금 우리가 하는 것이, '단순화시키는 거다', 그러니까 지금 말한 것처럼 '이상화'라는 걸 '단순화'라고 말한다면 단순화시키기 위해서 여러 가지 조건을 없다고 생각하고 하는 거니까 (이교사).

이교사는 이상화의 예들이 대부분 수업시간에 사용하고 있는 것이라고 답했다. 또한, 이상화를 '단순화'라고 표현하며, 복잡한 실제 세계의 조건들을 단순화하는 측면에 한정하여 이상화를 설명하였다.

이와 같이 교사들의 인식은 이상화 및 이상조건에 대한 정확한 개념, 역할, 중요성 등을 명확하게 이해하고 있는 수준은 아니었다. 본 연구에서는 교사들의 이상화에 인식을 깊이 있게 탐색하기 위해 이상화의 4가지 유형에 대한 교사들의 이해정도를 조사하고 이상화 교육의 필요성에 대한 교사들의 생각도 알아보았다.

1) 교사들의 이상화에 대한 유형별 인식

본 연구에서는 교사들에게 이상화의 네 가지 유형에 대한 이해와 수업에서 이상화 유형을 사용한 예를

물어보았다. 네 가지 이상화 유형은 첫째, 특정 요소 자체를 무시하는 방식, 둘째, 특정 요소들의 특성을 무시하는 방식, 셋째, 특정 요소에 대한 극한값을 취하는 방식, 넷째, 특정 요소가 일정·균일하다고 가정하는 방식이다.

특정 요소 자체를 무시하는 방식의 이상화는 주로 역학 영역에서 사용되고 있었다. 또한, 교사들은 대부분 교과서나 문제지의 문제들을 제시하면서 제시되어 있는 이상조건을 강조하거나 부연 설명을 하는 방법으로 수업에 적용하고 있었다. 김교사는 특정 요소 자체를 무시하는 이상화를 역학과 전자기학에서 비교적 많은 예를 들어 설명하였다. 특히, 역학에서 이와 같은 이상화가 많이 적용된다고 하였다. 무시되는 요소로는 공기 저항, 물체의 질량 및 크기, 속도 변화를 언급하였다.

특히 역학 문제를 풀 때는 '공기 저항을 무시 한다, 그 다음에 '물체의 질량을 무시한다.', '물체, 도르래, 혹은 용수철의 질량은 무시 한다' 또는 '물체의 크기를 무시 한다' 그런 것이 역학에선 가장 많았고, 그 다음에 전자기 같은 거 할 때는 전하가 움직이면, 움직이는 전하에 의해서 전자기파가 발생할 텐데 그런 거에 대한 고려는 하지 않고 '전자가 움직여도 전자기파는 발생하지 않는다'……(중략)…… 운동량에서 질량이 큰 물체와 작은 물체, 즉, 지구, 이런 벽에 물체를 튕겼을 때, 이 물체가 튕겨 나오는데, 분명히 내가 여길 치면 아주 약하나마 속도 변화가 있는데 그것을 0이라고 놓고 푸는 것(김교사).

특정 요소 자체를 무시하는 방식은, 많이 언급을 하는 것 같아요. 기본적으로 자유낙하, 연직 상방·하방 운동 아니면 기타 수평면 상의 운동에서도 공기 저항은 무시하잖아요. 그런 거, 그런 것들…… 또 마찰력이 있을 때 또는 없을 때 수평면에서 움직일, 뉴턴의 운동 방정식 푸는 것들은 딱 명시돼서 설명을 하니까. 특정 요소 자체를 무시하는 방식은 많이 이용하는 거 같고 (최교사).

이와 같이 교사들은 그들의 수업 경험을 통해 특정 요소를 무시하는 이상화를 적용하는 사례를 쉽게 찾아 답하였으나, 이상화를 통해 해당 개념에 접근하거나 이상조건에 주목하지 않고 있었다.

특정 요소들의 특성을 무시하는 방식의 이상화 유형에 대한 대부분의 교사들의 답변은 이러한 유형의 이상화를 수업 시간에 언급하지는 않는다는 것이었다. 또한 본 이상화의 유형에 대해 이해하지 못하거나, 첫째 유형과의 차이점을 잘 구별하지 못하였다. 장교사는 중심에서의 전기장이 0이 되는 조건을 이상 조건이라고 생각하였다. 그러나 이것은 물리 현상으로 이상조건은 아니다. 제시한 표면전하밀도가 도체에서 곡률 반지름이 작은, 즉 뾰족한 부분에서 커지는 특성 자체를 무시한 것이 '특정 요소의 특성을 무시하는 이상화 유형'이라고 볼 수 있다.

장교사는 고등학교 3학년 수준에서는 어려울 것이라고 판단하기 때문에 이에 대해서 수업시간에 자세히 언급하지 않는다고 하였다. 장교사의 경우에는 이상화가 실제세계를 계산하기 쉬운 물리세계로 전환하는 특성을 이해하고 있었다.

아! 이런 것도 들어가겠다. 일종의, 그니까 예를 들어 도체에 전하가 대전이 될 때, 도체 표면으로 전하가 대전이 되잖아요. 그리고 뾰족한 부분이 있으면, 뾰족한 부분으로 더 많은 전하가 대전이 되는데, 이제 그것을 구체적으로 설명을 하기에는 3학년, 고등학교 수준에선 좀 어렵죠. 그니까 '중심에서의 전기장이 0이 되는 조건이다'라는 정도, 그냥 전제 조건으로 깔고 그냥 간단하게 얘기해주고, 그냥 교과서에서도 다루지 않는데, 문제 풀다 보면 또 나오기 때문에 그런 것들을 그냥 조건으로 그냥 애들한테 설명해줘야 되는 것들이 꽤 있어요(장교사).

특정 요소에 대한 극한값을 취하는 방식에 대한 교사들의 인식은 이러한 이상화 방식에 대해 잘 이해하고 있었으며, 수업 시간에도 이를 사용하고 있다고 하였다. 그러나 교사들의 수업 경험은 특정 요소에 대한 극한값을 취하는 이상화를 사용하여 형성된 이론을 수업시간에 소개하고 있는 것에 한정되었다. 그리고 특정 요소에 대해 극한값을 취하는 이상화와 관련된 것과 특정 물리량을 정의할 때 극한값을 취하는 것을 혼동하는 경향이 있었다.

예를 들면 어떤... 문제를 풀어서 속도든 어떤 값이 딱 나왔다, 그러면 t 가 무한대로 갈 때는 이게 어떤 값이 된다, t 가 0일 때는 어떤 값이 된다, 이런 걸

이제 쪽 하면서 그걸 통해서 이것에 대한 물리적인 의미를 좀 더 이해하려고 하잖아요. 그러니까 뭐 예를 들면 공기저항 나왔으니까, 자유낙하 할 때, 이제 종단속도에 이르게 되잖아요..... (중략)..... 근데 그것도 종단속도에 이르는 것도 수식을 써보면 무한대로 가야 종단속도가 되는 거 아니에요.(중략).....학생들에게 제가 어떤 이야기를 하는가 하면, 수식을 써서 답을 구했으면 그거 극한값을 취해보는 거죠. "이쪽 극한과 저쪽 극한값을 취해봐서 그게 어느 정도 타당성이 있으면 '아 이게 옳은 답이다' 그렇지 않다면 '어딘가가 잘못됐다' 하고 판단할 수 있는 하나의 기준이 된다." 이런 이야기는 제가 자주하는 편이고요 (박교사).

위의 박교사는 종단 속도를 설명하면서 극한값을 취해보라고 유도하여 답을 찾으려 하였다. 반면에 임교사는 '지구로부터 인공위성을 무한대까지 보낸다고 할 때, 그 무한대의 위치에너지가 0으로 잡으면' 등의 이상화를 사용한다고 대답하였다. 그런데 이것은 중력 위치에너지의 정의로 이상화 조건은 아니다. 이와 비슷하게 장교사도 초전도체를 예로 저항이 0이 되는 온도를 설명할 때, 임계 온도가 도체의 저항이 0에 가깝게 극한으로 이상화하였다는 내용을 수업하기 보다는 저항이 0이 되는 온도가 임계 온도라는 이상화된 이론만을 설명한다고 하였다. 이 경우도 초전도체의 임계온도에 대한 정의로 저항을 0으로 사용한 것이며 이상조건은 아니다.

박교사의 사례는 교사들이 극한값을 취하는 이상화 방식에 대해 잘 이해하고 있고 이를 수업에 소개하고 있음을 보여 주지만 임교사와 장교사의 사례처럼 물리적인 정의로서 사용되는 극한을 이상조건으로 오해하는 경우도 있음을 보여준다. 그 외의 교사들은 물리 개념을 소개 하는 데 있어 다음의 최고사의 경우와 같이 극한의 값으로 이상화된 상황을 학생들에게 설명하지 않고 있었다.

탈출 속력이나 이런 거 구할 때는, 구하기는 하는데 '이게 이상조건이다' 라고 학생들에게 제시하지 않았거든요, 그냥 당연히 '가다가 보면 멈춰서 지구로 돌아오지 않게 된' 라고 얘길 했지, 그게 무슨 '이렇게 이상화시켰다' 라고 제시하진 않았던 것 같아요.(중략)..... 계속 쓰이기는 하는데 문제에서 너무

당연하게 놓고 이거를 뭐 특별히 이렇다고 조건을 달아주지 않으니깐 그래서 더 선생님들도 인지를 잘 못하는 거 같아요 (최교사).

교사들은 특정 요소가 일정 균일하다고 가정하는 이상화 방식을 충분히 이해하고 있었으며 수업에서도 빈번하게 사용하고 있는 것을 알 수 있었다. 이는 교과서나 참고서등에서 직접적으로 언급되어 있어 교사들도 익숙하게 여기고 있었다. 교사들이 수업에서 적용한 예는 다음과 같다.

특정 요소가 일정하거나 균일하다고 하는 거는, 이것도 자주 사용되는 이상조건의 예인 것 같아요. 왜, 힘에 대해서 수업을 할 때, 중력과 만유인력을 통해서 높이에 따라서 중력이 바뀌는 것도 수업을 같이 하거든요. 원래는 중력이 높이에 따라서 다르지만, 문제에서는 중력 가속도로, 그냥 g 로 일정하게 푼다. 너무 높이가 낮으니깐, 우리가 생각하는 높이는, 특히 뭐 자유낙하의 경우는 가속도는 항상 일정하게 놓는다고 가정한다고 이야기를 하고 (최교사).

MBL 운동 센서는 초음파를 이용하는 거거든요. 초음파를 이용하기 때문에 소리의 속도가 일정하다고 가정하는 거죠. “사실은 온도가 달라지면 소리의 속도도 좀 바뀌는데, 그 정도는 무시하고 고려하지 않아도 실험 결과는 잘 나온다.” 이렇게 설명을 하죠 (박교사).

최교사와 같이 많은 교사들이 특정 요소가 일정·균일하다는 예로 중력가속도 g 를 9.8 혹은 10으로 일정하게 가정하는 것을 언급하였다. 중력가속도에 대한 이상조건은 역학에서 빈번히 제시되며, 계산 문제를 풀 때, 수치를 대입해야 풀 수 있기 때문에 많은 교사들이 쉽게 기억하여 이야기할 수 있었던 것으로 보인다. 박교사는 MBL 장치의 운동 센서에서 초음파의 속도가 온도에 따라 변하지 않고 일정하다고 가정하는 이상조건은 특정 요소가 일정·균일하다는 예로 들어 설명하였다.

교사들은 공통적으로 첫째, 셋째, 넷째 유형의 이상화는 수업에서 사용한 경험이 있는 반면, 두 번째 특정 요소들의 특성을 무시하는 방식은 사용하지 않는다고 답하였다. 아홉 명의 교사들이 수업에서 특정 요

소가 일정·균일하다고 가정하는 방식을 사용한다고 답했으며, 특정 요소 자체를 무시하는 방식을 사용한다고 대답한 교사는 7명이었다. 특정 요소에 대한 극한값을 취하는 방식을 사용한다고 대답한 교사는 4명의 이었으며, 이는 복수 응답 고려한 것이다. 그리고 일부 교사는 물리적인 정의로 사용되는 극한값을 이상조건으로 잘못 알고 있는 경우도 있었다.

2) 이상화 개념의 수업적용에 대한 필요성

본 연구에서는 교사들의 이상화에 대한 이해의 탐색을 바탕으로 하여 효과적인 물리 개념이해를 돕기 위한 수업전략을 제언하기 위해 이상화를 물리 수업에 적용하는 것이 필요하다고 생각하는지 교사들에게 물었다. 대부분의 교사들은 학생들에게 이상화에 대해 명시적으로 설명해야 한다고 대답하였지만, 그렇지 않다는 의견도 있었다. 이상화와 이상조건에 대해 학생들에게 직접 설명하는 것이 불필요하다고 여기는 교사들은 3명이었으며, 이들은 이상화와 사용한 이상조건과 관련된 내용들이 교육과정에 벗어나는 것이며, 학생들이 이해하기에 어렵다는 점을 이유로 들었다.

물리수업에서 이상화에 대해 설명하는 것이 필요하다고 생각하는 교사들은 7명이었으며, 이 중 1명의 교사는 간단한 정도만 언급하되 깊게 설명하는 것이 오히려 좋지 않다고 답하였다. 교사들과의 심층 면담을 통해 알 수 있는 이상화 개념의 수업적용에 대한 효과는 크게 4가지로 정리할 수 있었고, 교사들은 이러한 교육적 효과 때문에 이상화를 설명하는 것이 중요하다고 하였다.

첫째, 물리 문제와 실생활의 현상 차이를 이해한다. 수업시간에 이상화에 대해 명시적으로 설명하는 것은 실험실 상황이나 물리 이론에서 나타난 물리 문제와 실제 물리 현상의 차이를 이해하는 것에 도움이 된다 (박종원 외, 1998b).

우리가 고려하지 않았던 이상조건이 무엇이 있는지에 대해서 알게 된다면 좀 더 아이들이 과학을, ‘과학은 내가 어려워해서 못하는 것이 아니라, 이러이러한 조건이 고려할 때 이런 답이 나오는 거고, 이러이러한 조건이 고려되지 않았을 때 이런 현상이 일어날 수 있다’라는 것을 해야지 자연을 탐구하는 진정한 과학이 아이들한테 받아들여질 수 있고, 그렇지 않

고 이런 이상조건이 그냥 '당연한 거다' 라고 생각을 하면 '과학은 나의 실생활과는 너무나 동떨어진 것이다' 라고 생각할 수 있는 거죠 (김교사).

김교사는 학생들이 과학을 어렵게 생각하는 이유 중의 하나로 이상조건이 배제된 현실과 이상화된 과학 현상의 차이를 지적하였다. 송진웅(1997)은 학생들의 낮은 물리학습 수준의 원인 중 하나로 이상조건을 지적하였다.

둘째, 교사들은 이상화에 대한 설명을 통해 학생들의 오개념을 줄일 수 있다고 말하였다. 학생들은 이해하기 어려운 이상 조건을 사용한 문제 풀이 과정에서 오개념을 나타낸다(박종원 외, 1999a;1999b). 최교사는 교사들이 해당 개념에서 사용된 이상조건들에 대해 언급하지 않을 경우 학생들이 오개념을 형성할 수 있다며, 교사들이 이상조건에 대해 잘 인지하고 수업해야 한다고 강조하였다. 최교사는 학생들이 질량이 M인 물체와 2M인 물체의 낙하 속도를 묻는 문제에서 학생들의 오개념을 가지고 있는 예를 제시하였다.

수업을 하다 보니까 학생들이 어떤 부분에서 크게 오개념을 갖잖아요. 특히 가장 많이 갖는 오개념 중에 하나가 질량을 같은 문제를 떨어뜨렸는데 누가, 질량이 다른 물체, M이랑 2M을 떨어뜨렸는데, 똑같은 모양. 누가 먼저 떨어질까? 이런 거를 설명을 할 때, 학생들은 당연히 무거운 게 빨리 떨어진다는 대답을 먼저 하거든요. 그러니까 학생들이 보면 뭐 공기 저항이나 기타 우리가 별로 언급하지 않는 거에 대해서 많은 오개념을 갖고 있는 것 같아요. 그래서 제가 인제 경험상으로 느낀 바에 의하면 '이걸 풀 때는 이걸 가정을 하고, 이걸 일정하다고 보라고, 아니면 무시하고 할거야' 라고 제시를 해주면, 학생들은 학생들의 오개념을 좀 줄이는 거 같아요 (최교사).

강교사는 이상조건에 설명 없이 그냥 반복적으로 이상조건들을 제시하는 경우 학생들이 오개념을 갖는다며, 학생들이 이상조건을 제대로 이해하지 못한 채 기계적인 암기, 이해의 과정으로 개념을 받아들일 때 오개념이 생길 수 있다는 측면을 지적하였다.

셋째, 이상화는 학생들의 지적 호기심을 높인다. 교사들은 이상화에 대한 설명이 학생들의 학습내용 이

해를 돕는다고 하였다. 김교사와 박교사의 답변을 통해 물리를 잘하는 학생들은 이상조건에 대해 궁금해하고, 해당 이상조건이 없어졌을 때 어떻게 되는지 의문을 갖는다는 것을 알 수 있었다.

이상조건을 제한하는 조건을 찾기 보다는 이 조건이 없어졌을 때 어떤 일이 벌어질 수가 있는지 궁금증을 갖게 되고, 그리고 잘하는 학생들이 그런 거에 대해서 의문을 갖기 때문에, 그러니까는 사고를 촉진하는 거 같아요 (김교사).

(이상화에 대해서 언급했을 때 학생들이) 좀 더 깊이 이해한다고 볼 수 있죠. 그러니까 어 여기(특수목적 고등학교) 학생들은 그래도 물리를 좀 깊이 공부하는 학생들이 많이 있고요. 그러면 당연히 마찰을 무시할 때는 이렇게 되는데 마찰 같은 걸 고려하면 어떻게 되는지, 그런 거에 대해서 궁금하게 생각하는 학생들도 많고 (박교사).

이상화에 대한 설명의 필요성을 느끼지 못한다고 대답한 정교사도 관심 있는 애들한테는 호기심을 증가시킬 수 있을 것이라고 하였다. 또한 최교사는 학생들의 지적 호기심을 높이기 위해 교사들이 먼저 이상조건을 잘 아는 것이 필요하다고 덧붙였다.

넷째, 과목간 · 학년간 연계성을 높인다. 김교사는 물리와 지구과학에서 동일한 개념의 학습에서의 차이를 예로 들면서 타과목과의 연계성을 위해 이상조건이 언급이 필요하다고 하였다.

지구과학에 가면 '지구 밀도' 하면서 여러 가지를 배우는데 물리에서는 '지구랑 달의 운동' 뭐 그런 거 할 때는 "지구가 그냥 균일하게 돼있기 때문에 밀도가 일정한 거야" 그래서 그냥 '부피분의 질량' 할 때에 심화된 문제를 풀 때는 지구가 균일하다라고 그냥 가정하고 문제를 풀어주는데, 애들이 인제, 그렇게 가정해서 물리는 당연히 풀었는데 지구과학 같은데 가보 면은 균일하지 않아지니까 너무 과학이 혼돈스럽다 느낄 수 있는 거 같아요. 그렇기 때문에 물리에서도 이렇게 '균일하다' 라는 것을 가정했다 라는 것을 명시해줄 때 애들이 '아, 균일하지 않을 수도 있다' 라는 것을 알고 어려운 문제를 풀 수 있는 용기가 생길 수 있을 거 같아요(김교사).

애들이 만약에 나중에 대학을 가서 물리를 전공한다거나 이공계를 가다 보면 분명히 고등학교 때 계속 틈틈이 “사실 9.8이 아닐 수도 있지만 가정을 하고 푼다.”라고 들었던 애들은 대학가서 수업을 들었을 때 ‘아, 고등학교 때 선생님이 9.8이 아닐 수도 있다 라는 이유가 이것 때문이었구나’ 이렇게라도 알 수도 있지만, 아예 언급 자체를 안 해버리면 중고등학교 때 계속 그 이상조건을 당연하다는 듯이 받아들이고 나중에 대학을 가서 수업을 듣는데, 9.8이 아닐 수도 있다 그러면 이제 그때 가서 개는 어떤 지적인 충격을 받을 수도 있을 거 아니에요. ……(중략)…… 개들이 고등학교 때 주로 고전역학만 인제 주로 배우면서 질량은 변치 않는다, 변치 않는다, 일정하다, 무게만 변한다. 계속 이렇게 배우다가 물론 나중에 물리2에서 그 상대성 이론이 나오긴 하지만… 질량은 변한다, 이렇게 갑자기 그런 게 나오면 애들이 조금 혼란을 일으킬 수도 있고, 이걸 뭐고, 저건 뭐야, 이렇게 느낄 수도 있기 때문에(정교사).

정교사는 이상조건에 대한 설명 자체가 교육과정을 벗어나기 때문에 상세한 설명의 필요성을 느끼지 못한다고 응답한 교사였다. 그러나 적어도 학년 간 연계를 위해 간단한 언급 정도는 필요할 것 같다고 하였다.

나. 이상화 교육을 위한 수업 전략

교사들의 이상화에 대한 개념적 이해와 인식은 교사들의 수업 전략에 영향을 미치고 있었다. 본 연구에서는 교사의 수업 방식, 교수 자료, 수업 행동, 태도나 말 등 수업 현장에서 학생들에게 배우는 주제에 관해 잘 이해할 수 있도록 하기 위해 교사가 사용하는 거의 모든 것을 포괄하여 수업 전략으로 보고, 교사들의 면

담 자료를 분석하였다. 본 연구 결과를 통해 나타난 교사들의 수업 전략은 이론 수업 전략, 실험 수업 전략, 평가 전략으로 크게 세 가지도 범주화 할 수 있었으며, 7가지의 수업전략은 각각 범주로 나누어 유형화 할 수 있었다(〈표 2〉 참조).

1) 이론 수업 전략

교사들은 이론 수업에서 이상화에 대한 다양한 수업 전략을 사용했다. 연구 참여자 10명의 일대일 면담 자료에서 발견한 이론 수업에서의 수업 전략은 크게 다섯 가지로 나타났다. 이러한 수업 전략들은 대체로 소극적인 형태였다.

첫째, 이상조건에 주목하게 한다. 교사들이 이상화에 대한 수업전략으로 주로 사용하는 것은 이론이나 문제에 제시되어 있는 이상조건에 주목하게 하고, 부연 설명을 하는 것이다. 조교사와 장교사는 수업 시간에 문제에서 제시된 이상조건에 줄을 긋거나 표시를 하는 방법으로 학생들이 이상조건을 분명하게 주목하게 한다. 조교사의 경우 이러한 전략을 통해서 학생들도 자연스럽게 이상조건을 인식할 수 있도록 도왔고, 장교사는 이상조건을 찾아 주목하는 것을 문제 풀이의 과정의 시작으로 보았다.

둘째, 질의응답을 통해서 학생들 스스로 이상조건을 찾도록 한다. 교사들은 질의응답을 통해서 학생들이 스스로 이상조건을 찾아가도록 유도한다. 질문법은 학생들로 하여금 수동적일 수 있는 수업에서 능동적이고 상호적인 수업 형태를 이끌어갈 수 있을 뿐 아니라 물리 개념으로의 적극적인 이해를 도울 수 있을 것이다. 특별히 최교사는 그러한 수업으로 학생들과의 소통 뿐 아니라 학생 이해도의 변화도 느낄 수 있다고 하였다.

셋째, 이상조건을 제거한 상황과 비교하여 제시한

표 2
교사들의 이상화에 대한 수업 전략

| 이상화 수업 전략의 범주 | 수업 전략 |
|---------------|---|
| 이론 수업 전략 | 이상조건에 주목하기 질의응답을 통한 이상조건 찾기 이상조건을 제거한 상황과 비교하기 풀이노트를 이용한 이상조건 찾기 |
| 실험 수업 전략 | 실험실 상황과 이상조건과의 관계알기 오차를 계산과 토의 |
| 평가 전략 | 평가 문항 이상조건을 명확한 제시 |

다. 교사들은 이상조건이 제시된 이론이나 문제 풀이를 가르칠 때, 학생들에게 제시된 이상조건을 제거하여 생각해보도록 한다. 이러한 전략은 이상화를 적극적으로 이용하여 수업하는 예로 볼 수 있다.

넷째, 풀이노트를 만들어 이상조건을 찾도록 한다. 이는 학생들에게 풀이노트를 작성하는 방법을 통해 자신의 능력과 이상조건 필요성 등에 대해 스스로 터득하도록 하는 전략이다.

2) 실험 수업 전략

실험 수업에서 이상화에 대한 수업전략은 이론수업에서 만큼 다양하게 나타나지 않았다. 특수목적고에서 교직을 수행하고 있는 박교사를 제외하고 거의 모든 교사들이 실험 수업을 1년에 1~2회 정도로 시행하고 있어 실험 수업의 경험이 부족한 때문인 것으로 보였다. 실험 수업에서의 이상화에 대한 수업전략은 대부분 오차에 대한 것이다. 이봉우와 이성목(2004)의 연구에서도 학생들이 실험 수업에서 난이도를 느끼는 이유로 절반 이상의 학생들이 오차를 지적하였다. 본 연구 결과에 나타난 실험 수업 전략은 실험실 상황과 이상조건에 대하여 명시하는 것과 오차에 대한 토의를 진행하는 것 두 가지로 나타났다. 각각의 수업 전략에 대한 설명은 다음과 같다.

첫째, 실험실 상황이 이상조건이 결여된 상황임을 알게 한다. 교사들은 학생들로 하여금 실험실 상황이 이상조건이 결여된 상황임을 인지하여, 실험 수업에 있어서 오차에 있어서 이상조건에 주목할 수 있게 한다.

둘째, 오차를 계산하여 토의한다. 박교사는 학생들로 하여금 오차를 계산해서 그 수치가 무시할 근거가 되는지, 혹은 무시할만한 것이 안 되는 큰 비중의 이상조건인지 생각해 보도록 질문을 통해 유도한다고 한다. 또한, 교사들은 실험실 상황, 이상조건 상황, 그리고 실제 과학 현상이 각각 어떻게 다르고, 이러한 차이가 오차 계산에 미치는 영향들을 토의하도록 한다. 특히 이상조건에 의한 오차를 적극적으로 확인하여 학생들이 이론과 실험의 차이에 대한 의문을 과정을 통해 학생들은 이상조건과 물리 개념을 이해할 수 있다.

3) 평가 전략

교사들은 물리 평가 문항을 제작할 때, 이상조건에 대해 특별히 주의를 기울인다. 정교사는 중력가속도 10%을 인쇄 문제로 인해 1.0이라 읽고 문제를 푼 학

생이 지구라는 가정이 문제에 없었다며 문항에 대한 의의를 제기한 사례를 계기로 문제를 출제할 때 이상조건에 특별히 주의하게 되었다고 한다. 임교사 또한 이상조건에 별로 주의를 기울이지 않고 평가 문제를 제출했다가 난처했던 경험을 이야기하였다.

교사들이 문항을 출제할 때 이상조건을 제시하는 방식은 현 수능이나 교과서, 참고서 등에서 제시하는 형태와 동일하게 사용한다고 하였다. 이상조건은 문제 문장의 뒤에 괄호 안에 '단, 무엇을 무엇으로 가정한다'와 같은 형태로 제시한다. 교사들이 이상조건을 제시했던 예를 든 것은 모두 역학 문제였으며, 기존의 교과서나 참고서 등에서 또한 역학 영역에서 이상조건이 빈번히 제시되고 있다. 또한 이러한 이상조건 언급에 있어서 최교사는 학생이 배우지 않은 이상조건에 대해서는 언급하지 않고, 교육과정에 제시된 수준에서만 언급하는 것이 좋다고 조언하였다. 정교사는 평가 문제에서의 이상조건은 평소 수업시간에 사용한 것을 변형하지 않고 그대로 제시하는 것이 학생들에게 혼란을 주지 않는 방법이라고 덧붙였다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 심층 면담을 통해 이상화에 대한 고등학교 물리교사들의 인식을 탐색하였다. 본 연구의 결과를 통해 교사들의 이상화에 대한 인식과 이해수준, 그리고 교사들이 수업에서 이상화를 어떻게 적용하고 있는지 알 수 있었다.

첫째, 이상화에 대해 대부분의 교사들은 용어는 생소하지만 그 의미나 개념은 이해할 수 있다고 하였다. 또한, 이상화의 정의 자체를 인식하지 못하더라도 교사들은 물리학을 배우고 가르치는 과정에서 이상화의 개념을 지속적으로 접하고 있었다. 연구 참여자들은 네 가지 이상화 유형에 대한 수업 실제 경험에 대해 이야기 하면서 교과서와 참고서에 제시되어 온 이상조건에 대해 언급하는 경우가 많았고, 대부분의 교사들이 제시한 예시는 역학분야에 한정되었다. 교사들은 네 가지 유형 중 특정 요소들의 특성을 무시하는 방식을 제외한 세 가지 유형, 특정 요소를 무시하는 방식, 요소들의 특성을 무시하는 방식, 특정 변인들이 일정·균일하다고 가정하는 방식에 대해 교사들은 이상화에 대한 개념을 잘 이해하고 있었으며, 수업에서도 이러한 방식의 이상화를 사용하거나 가르친 경험

이 있다고 하였다. 그러나 교사들의 수업 경험을 잘 살펴보면, 이상화를 통해 도출된 물리 개념이나 법칙 그 자체를 수업에서 설명하고 있을 뿐이며, 수업 시간에 여러 유형의 이상화를 전략으로 사용하지는 않았다. 그리고 일부 교사는 물리적인 정의로 사용되는 극한값을 이상조건으로 잘못 알고 있었다.

둘째, 교사들은 과학 수업에서 이상화와 이상조건에 대해 학생들에게 명시적으로 설명할 필요가 있다고 생각하였다. 교사들은 이상화에 대한 설명을 중요하다고 강조하면서, 그 이유로 4 가지를 언급하였다. (1) 물리 문제와 실생활 간의 물리 현상의 차이를 이해한다. (2) 학생들의 오개념을 줄인다. (3) 학생들의 지적 호기심을 증대시킨다. (4) 과목간·학년간 연계성을 높인다. 연구 참여자 중 일부 교사들이 수업 중 이상화에 대한 설명의 필요성을 느끼지 못한다고 답하였지만, 이상화를 수업에 적용했을 때 가지는 효과에 대해서는 동감하는 입장이었다. 그러나 이상조건에 대한 설명이 해당 개념의 학습이나 교과과정의 수준을 넘을 수 있어 학생들의 물리학습에 대한 어려움과 거부감을 가중시킬 수 있다고 우려하였다. 이 같은 교사들의 의견을 종합할 때, 수업에서 이상화에 대해 명시적으로 가르치는 것은 여러 가지 교육적 효과를 가져 올 수 있으며, 수업에 이상화의 개념을 적용할 때는 학생들의 인지 수준과 개념의 위계와 계열을 고려하여 제시해야 함을 알 수 있었다.

셋째, 이상화에 교사들의 교수 전략을 유형화 하면 이론 수업 전략, 실험 수업 전략, 평가 전략으로 분류할 수 있다. 이론 수업 전략은 이상조건에 주목하기, 질의응답을 통한 이상조건 찾기, 이상조건을 제거한 상황과 비교하기, 풀이노트를 이용한 이상조건 찾기이다. 이러한 이론 수업 전략은 이상화의 개념을 적극적으로 활용한 것은 아니다. 이는 아직 이상조건 종류나 그 쓰임에 대한 연구가 많지 않고 수업 전략에 대한 안내가 없기 때문이라고 생각된다. 실험 수업 전략은 실험 오차와 관련되어 있다. 실험실 상황이 이상조건이 결여된 상황임을 학생들에게 인식시키고, 오차를 계산하고 토론하는 과정을 통해 학생들이 실험의 결과가 이상화된 이론적 값과 차이가 있으며, 이러한 실험 오차를 통해 이상조건에 대해 이해하게 하는 방법이다. 현재 고등학교 물리 수업에서 일 년에 한두 번 정도 밖에 실험을 할 수 없어, 이론과 실제 실험 차이를 이해하는 수업 전략을 사용하는 것이 어렵게 보

인다. 교사들은 평가 문항을 출제할 때 이상화나 이상조건에 대해 특히 관심을 가지고 있었다. 이를 본 연구에서는 이상화를 적용한 평가 전략으로 분류하였다. 2008년 수능시험문제에서 이상조건에 대한 언급 누락으로 문제가 지적된바 있고 학생들의 학업 수준이 높아지면서 학교 교육과정 이외의 내용을 알고 있는 경우가 많아 평가 문제에서 이상조건이 정확히 제시되어 있지 않은 경우 문제제기가 생길 수 있다. 따라서 교사들은 평가 문항 제출에 있어서 확인과 검토 작업을 철저히 거치고 있다. 교사들은 평가 문항 출제에 있어서 수능 시험에서 제시되는 형태를 따르고 있었다. 평가 문항의 이상조건 제시 형식 및 방법에 대한 논의도 필요한 것으로 여겨진다.

본 연구와 같이 이상화를 주제로 한 연구는 많지 않다. 이상화의 개념은 물리 개념 학습에 있어 중요하게 여겨지고 있었으며, 이상화라는 용어는 잘 모르고 있는 교사라도 물리 수업을 하면서 이와 관련된 수업을 진행한 경험을 가지고 있었다. 이 같은 상황에서 교사들이 실제 수업의 교육적 효과를 높이기 위해서는 이상화에 대한 다양한 연구가 이루어져, 이론적 기반을 마련해야 한다. 따라서 본 연구 결과 및 결론에 바탕을 두고 앞으로 이상화와 관련된 연구에 대해 몇 가지 제언하고자 한다.

첫째, 이상화에 대한 교사 연구가 다면적으로 이루어져야 한다. 본 연구는 교사 10명을 대상으로 면담을 통해 교사의 이상화에 대한 인식을 탐색하였다. 이러한 연구를 통해 이상화에 대한 교사들의 인식과 이해 정도 이상화를 수업에 사용한 사례들을 알 수 있었다. 그러나 면담 자료만으로는 실제 수업 현장에서 이상화가 어떻게 적용되고 있는지, 학생들은 교사들의 이상화에 대한 설명을 어떻게 받아들이고 있는지 이해하기에는 부족하였다. 앞으로 교사에 대한 면담은 물론, 실제 이상화나 이상조건과 관련 있는 물리 개념을 가르치는 실제 수업 자료, 그리고 학생들에 대한 조사 등을 통합적으로 수집하여, 다면적인 해석이 이루어지는 연구가 진행되어야 할 필요가 있다. 바탕으로 이상화를 주제로 한 연구는 앞으로 연구 방법과 연구 대상을 다양하게 하여 본 연구가 가지는 제한점을 넘어서야 할 것이다.

둘째, 실제 물리 문제 및 물리 개념과 관련된 이상화와 이상조건 유형 및 종류를 조사하는 연구가 있어야 한다. 실제 수업 현장에서 교사들이 가장 필요로

하는 지식은 교사의 수업실행과 직결되는 교수내용지식이다. 교수내용지식은 과학 개념의 특성과 깊이 연관되어 있다. 따라서 개념별 이상화와 이상조건에 대한 연구를 통해 이론적 구조를 확립한다면, 교사들은 수업 전략을 수립할 때는 물론 평가 문항을 개발할 때에 이를 활용할 수 있을 것이다.

이상화에 대한 본 연구를 통해 교사들의 인식과 현재 이상화가 교실 수업에 적용되는 실태를 탐색할 수 있었다. 본 연구는 이상화와 관련된 연구의 기초가 될 수 있을 것이며, 이후 후속 연구들의 방향을 제시할 수 있을 것이다. 앞으로 이상화에 대한 연구가 활발하게 진행되어 본 연구에 참여한 교사들이 바라는 것과 같은 이상화에 대한 체계적인 교사 교육과 참고 자료들이 제공되기를 기대한다.

국문 요약

이상조건에 대한 이해는 물리학습능력 뿐 아니라 평가 문제 해결에서도 중요하다. 그럼에도 불구하고 교사와 학생들은 그 중요성을 인식하지 못하고 있으며, 이상화에 대한 국내외 선행 연구도 거의 없었다. 따라서 본 연구에서는 물리학습에서의 이상화의 중요성을 강조하기 위해 고등학교 물리교사 10명을 대상으로 일대일 면담을 통해 이상화에 대한 인식을 심층적으로 탐색하였다. 본 연구에서는 교사들의 일대일 면담 결과를 통해 교사들의 이상화에 대한 이해와 그와 관련된 수업전략을 알 수 있었다. 교사들은 이상화라는 용어 자체는 잘 알지 못했지만, 이상화와 이상조건에 대한 개념을 이해하고 있었으며 과학 수업에서 이상화와 이상조건에 대해 명시적으로 언급해야 할 필요성에 대해서도 인식하고 있었다. 또한 때때로 교사들은 이론수업, 실험수업, 평가수업에서 이상화를 제시하거나 응용하여 수업 전략을 사용하고 있었다. 본 연구는 이상화에 대한 교사들의 이해 수준을 높일 수 있는 방안과 후속 연구에 대한 제언하고, 이상화에 대한 교사 교육과 수업 전략 개발에 도움을 줄 수 있을 것이다.

참고 문헌

구병두 (2000). 교사 관련변인이 학업성취에 미치는 영향에 대한 메타분석. *한국농업교육*, 32(2), 177-

185.

김국태 (1997). 갈릴레이의 물리학. 서울: 범양사, 241-255.

김기태, 조평호 (2003). 미래지향적 교사론. 서울: 교육과학사.

김남희 (2008). 중등 물리과목 학습 실태 분석 및 물리과목 기피 현상에 대한 연구. *중앙대학교 교육대학원 석사학위 논문*.

류창모 (2003). 심화 선택 교과로서 물리교과의 의미와 물리교과 선택기피 극복을 위한 대안. *연세대학교 교육대학원 석사학위 논문*.

박중원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1998a). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 I - 이상화의 의미와 특성을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 18(2), 209-219.

박중원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1998b). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 II - 이상화가 물리 학습에 주는 시사점을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 18(2), 245-256.

박중원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1999a). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 III - 이론적 설명에 포함된 이상조건을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 19(1), 62-77.

박중원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1999b). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 IV - 실험에 포함된 이상조건을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 19(1), 78-90.

송진웅 (1997). 물리학에서 사용되는 중요 이상조건 개념에 대한 대학생의 이해. *물리교육*, 15(1), 1-7.

이미경, 정은영 (2008). 과학 영역에서의 학력 변화의 원인 분석과 대책. 보고서: 국제 학업성취도 평가에 나타난 중·고등학생의 학력 변화(pp. 157-172). *한국교육과정평가원*.

이보경, 장수철 (2008). 고등학교 과학 심화선택 과목 이수여부와 대학 과학 교과목의 학업성취도. *교육과정연구*, 26(2), 191-210.

이봉우, 이성묵 (2004). 학생들이 고급 물리 문항에 어려움을 느끼는 이유에 관한 연구. *새물리*, 49(1),

37-43.

이주연 (2003). 고등학생의 물리 과목선택과 물리 과목에 대한 태도 분석. 전남 대학교 교육대학원 석사학위 논문.

이혁규 (1994). 특집 : 국제경쟁력 강화를 위한 시민교육의 방향: 교과교육학 정립을 위한 교사 검증 연구의 필요성. 한국사회과학교육학회, 19, 277-290.

정성기 (2009). 이공계 대학생들의 물리 오개념 연구 - 역학. 한양대학교 교육대학원 석사학위 논문.

Arons, B. A. (1990). A guide to introductory physics teaching. NewYork: John Wiley & Sons.

Clandinin, D. J. & Connelly, F. M. (1991). Personal knowledge. In A. Lewy(ed.) The international encyclopedia of curriculum (pp.128-131), NewYork: Pergamon Press.

Choi, J. S. & Song, J. (1996). Students' preference for different contexts for learning science. Research in Science Education, 26(3), 341-352.

Fenstamacher, G.D. & Soltis, J. F. (1986). Approach to teaching. Journal of Curriculum Studies, 23(2), 207-218.

Galilei, G. (1967). Dialogue concerning the two chief world systems, drake translation. Berkeley:University of California Press.

Garrison, J. W. (1986). Husserl, Galileo, and the processes of idealization. Syntheses, 66, 329-338.

Hecht, E. (1994). Physics. Books/Cole Publishing Company.

Matthews, M. R. (1982). History, philosophy, and science teaching, Science & Education, 1(1), 11-47.

Matthews, M. R. (1987). Experiment and the objectification of theory : Galileo's revolution.

J. D. Novak(ed), Proceedings of the second international seminar misconceptions and educational strategies in science and mathematics. 289-298. NewYork: Cornell University.

Matthews, M. R. (1994). Science teaching : The role of history and philosophy of science. NewYork, London: Routledge.

McMullin, E. (1985). Galilean idealization. Studies in History and Philosophy of science, 16(3), 247-273.

Nersessian, N. (1992). Constructing and instructing : The role of "abstraction techniques" in creating and learning physics. Edited by Richard A. Duschl and Richard J. Hamilton, Philosophy of science cognitive psychology and educational theory and practice, Albany: State University of NewYork Press. 48-68.

Park, J. W. , Song, J. & Pak, S. J. (1991). Conceptions on force and motion of university students taking introductory physics course. 물리교육, 9(1), 47-60.

Solomon, J. (1983). Learning about energy : how pupils think in two domains. European Journal of Science Education, 5(1), 49-59.

Song, J. & Choi, J. S. (1994). Students' preference on different contexts in learning basic concepts of mechanics. 물리교육 12(2), 82-87.

Song, J. , Cho, S. K. & Chung, B. H. (1996). Exploring the parallelism between the change of students' conceptions and the historical change of scientific concepts: inertia. Paper presentation the 27th Annual Conference of ASERA(The University of Canberra,11-14 July 1996).

〈첨부 1〉 면담 질문

| | | |
|-------------------------|---|--|
| 이상화에 대한 개념 이해 | <ul style="list-style-type: none"> - 이상화에 대해 들어보신 적이 있나요? - 수업을 하실 때 어떤 이상조건들을 고려하시나요? 지금 바로 생각나는 몇 가지를 말씀해주세요. - 만약 선생님께서 이상조건이 없는 문제를 접하신다면 어떠실 것 같나요? | |
| 이상화의 유형에 따른 수업 경험 탐색 | <ul style="list-style-type: none"> - 선행 연구에 의한 이상화유형 4가지 중 실제 수업하실 때 사용하셨던 방법 중 생각하시는 것을 각각 말씀해주실 수 있나요? - 위의 이상화 유형 중 선생님 수업에서 주로 사용하는 방법은 무엇인가요? | |
| 이상화에 대한 교사들의 기본적인 인식 탐색 | 이상화와 학생 이해도에 대한 인식 | <ul style="list-style-type: none"> - 이상조건에 대한 이해가 학생의 개념 이해에 어떤 영향을 미친다고 생각하시나요? - 학년/성적/성별에 따라 이상조건에 대한 언급에 차이가 있나요? 있다면 어떠한 차이가 있나요? - 학생들의 사전 지식이나 경험이 이상조건에 어떤 영향을 미칠까요? |
| 교육과정에서의 이상화 | <ul style="list-style-type: none"> - 교육과정에 이상조건에 대한 내용이 명시되어야 한다고 생각하시나요? 그 이유는 무엇인가요? 명시되어야 한다면 어느 정도 명시되어야 한다고 생각하시나요? | |
| 이상화에 대한 자료 획득 | <ul style="list-style-type: none"> - 이상조건에 대한 자료는 찾아보시나요? 찾아보신다면 어떤 방법을 통해서 찾으시나요? | |
| 이상화에 대한 수업 전략 탐색 | 수업 준비 단계 | <ul style="list-style-type: none"> - 교수목표 세우실 때 이상조건을 고려해야 되는지 아닌지 선생님 의견을 말씀해주실 수 있나요? 왜 그렇게 생각하시나요? - 어떤 형태의 이상조건을 생각하십니까? - 수업 내용을 분석하실 때도 이상화에 대한 고려를하시나요? 하신다면 얼마나 하시나요? |