



고등학교 물리 교사들이 교과서 탐구 지도에서 겪는 어려움

이세연, 이봉우*

단국대학교

High-School Physics Teachers' Difficulties in Teaching Textbook Physics Inquiries

Seyeon Lee, Bongwoo Lee*

Dankook University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 July 2018

Received in revised form

25 July 2018

Accepted 2 August 2018

Keywords:

inquiry, teaching inquiry, high school physics, textbook, physics teacher

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the Korean high-school physics teachers' difficulties in teaching textbook physics inquiries. For this purpose, 63 high school physics teachers completed a questionnaire. We asked teachers to evaluate the degree of difficulty in teaching textbook physics inquiries. Additionally, we asked physics teachers to select the two most difficult inquiries to teach and to express their reasons for these selections. The main results are as follows: First, the degree of difficulty for all the inquiry is 2.79, indicating a little easy level of difficulty. The two most difficult inquiries are 'Meissner effect experiment' and 'Investigation of diode characteristics using Cu₂O plate and ZnO powder.' Second, the difficulty reasons to teach physics inquiry was presented in the order of 'environment domain,' 'textbook domain,' 'student domain,' and 'teacher domain.' In particular, the biggest reasons for difficulty for teachers are 'preparation of experimental apparatus' and 'safety.' There are many opinions related to 'problem of the experiment itself' in 'textbook domain' and 'lack of ability to manipulate' in 'student domain.' Based on the results of this study, we added a discussion to activate the high school physics textbook inquiries.

1. 서론

과학교육에서 탐구는 과학적 방법을 지칭하며 과학의 개념 이해와 더불어 가장 중요하게 교육되는 영역이다. 지식의 양이 기하급수적으로 증가하는 현대 사회에서는 지식의 학습보다는 방법적 측면의 학습이 중요하며, 이에 과학적 탐구의 중요성이 더욱 더 커지고 있다. 학생들은 과학 탐구 교육을 통해 과학 지식을 습득할 수도 있으며 과학의 본성을 이해하고, 자연 세계를 연구하는 방법을 배우게 되며 과학에 대한 긍정적인 자세를 갖출 수 있다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998).

우리나라에서는 제3차 교육과정부터 탐구가 과학 교과에 명시적으로 들어갔으며, 제7차 교육과정부터 탐구의 과정을 기초탐구과정과 통합탐구과정으로 구분하여 교육될 수 있는 기틀을 마련하였다. 최근 개정된 2015 개정 과학과 교육과정에서는 과학과 핵심역량으로 과학적 탐구능력을 포함하였고, 고등학교 과학 교과에 '과학탐구실험' 과목을 신설하였다(Ministry of Education, 2015).

최근 이루어진 국제적인 과학교육 개혁(교육과정 개정 포함)에서도 과학적 방법인 탐구가 강조되고 있는 추세이다. 미국의 차세대 과학교육과정(NGSS)에서는 '과학적 공학적 실행(scientific and engineering practices)'을 제시하여 과학적 과정(process) 또는 탐구(inquiry), 기능(skill) 등의 용어 대신 '실행(practice)'을 사용하면서 과학적 탐구에 참여하는 것이 기능뿐만 아니라 실행에 구체화된 지식이 필요하다는 것을 강조하고 있다(NRC, 2011). 영국에서는 탐구를 독립적으로 학습하는 것이 아니라, 과학 내용(물리, 화학, 생물)과 함

께 학습되는 것을 강조하면서, '과학적으로 수행하기(Working scientifically)'를 통해서 매 학년 교육과정에 탐구 관련 내용을 제시하였고, 학년군별 탐구기능(과정)을 질문하기, 계획하기, 자료수집하기, 수행하기, 기록하기, 결론/보고하기, 평가하기 등으로 구분하여 제시하였다(Department of Education, 2015). 한편 캐나다 온타리오 주 교육과정에서는 시작과 계획(initiating and planning), 수행과 기록(performing and recording), 분석과 해석(analysing and interpreting), 의사소통(communicating) 등의 탐구 기능 4가지를 제시하고, 각각에 대해서 연속성(Beginning → Exploring → Emerging → Competent → Proficient)을 제시하였다(Ministry of Education, 2007). 또한 호주에서는 과학 탐구 기능(Science inquiry skills)을 질문하고 예상하기, 계획하고 수행하기, 데이터와 정보를 처리하고 분석하기, 평가하기, 의사소통하기 등의 5가지 세부 기능으로 구분하여 제시하였다(ACARA, 2014).

이와 같이 많은 나라에서 교육과정 개정을 통해 과학적 방법인 탐구를 과학교육에서 중요한 교육 개혁의 방향으로 선택하고 있는 것은 현대 사회에서 과학을 학습함으로써 과학적 지식을 얻는 것을 넘어 과학적인 사고를 바탕으로 과학적인 방법을 통해 과학적 소양(scientific literacy)을 갖추기를 기대하기 때문이다.

과학교육 개혁에서 탐구가 강조되는 것은 탐구가 그만큼 중요하다는 것을 의미하기도 하지만, 오랫동안 탐구 교육을 실시하고 있음에도 불구하고 학교 과학에서 탐구 교육이 제대로 이루어지지 못하는 것을 의미하기도 한다. 많은 연구를 통해 학교에서 탐구 교육이

* 교신저자 : 이봉우 (peak@dankook.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2018.38.4.519

기대만큼 큰 성과를 거두지 못하고 있다는 것이 밝혀졌다. 학교 과학 탐구는 실질적인 과학 탐구(authentic scientific inquiry)를 통해 학생이 과학자와 같은 방식으로 행동하고 생각하는 기회를 갖도록 해야 하는데(Chinn & Malhotra, 2002), 잘 이루어지지 못하고 있다. 다시 말하면, 탐구에 대한 오랜 노력에도 불구하고 학교에서 탐구 교육이 제대로 이루어지지 못하고 있다(Park et al., 2011). 학교에서의 탐구 활동은 학생 중심이 아니라 교사 주도적인 형식으로 진행되고 있으며(Zion et al., 2004), 탐구가 요리책 조리법과 같이 제시된 과정을 따라서 수행하는 식으로 구성되어 학생들에게 의미 있는 학습을 제공하지 못하고 오히려 과학에 대한 왜곡된 관점을 조장하고 있다는 비판을 받고 있다(Bell et al., 2003; Hodson, 1982; Wellington, 1998).

또한 교사들은 그들 자신이 탐구에 대한 경험이 적어 학교에서 탐구를 교육하는데 어려움을 갖고 있다(Smalbeck et al., 2006; Windschitl, 2004). 2007년 개정 과학과 교육과정에서 자유 탐구를 도입하였지만, 많은 교사들은 자유 탐구를 적용하는데 어려움을 제시하였다(Byun & Kim, 2011; Kim et al., 2010; Park & Lee, 2011).

학교에서 이루어지는 탐구는 교과서에 제시된 탐구와 학생들이 자율적으로 수행하는 자유 탐구로 구분될 수 있다. 본 연구는 이 중에서 교과서에 제시된 탐구에 초점을 두고 있다. 교과서에 제시된 탐구들이 탐구의 다양한 과정들을 제시하지 못하는 한계가 있지만(Kim et al., 2007), 자유 탐구는 모든 학생들이 수행하지 않는 것에 비해 교과서 탐구는 교육과정에 기반하기 때문에 수업 시간에 수행될 의무가 있어 대부분의 교사와 학생들이 경험하므로 학교 탐구에 대한 연구에 적절하다.

Lee & Lee(2018)는 중학교 과학교사들이 경험하는 교과서 물리 탐구 지도의 어려움을 교과서, 환경, 학생, 교사 등의 4가지 변인으로 분석하였다. 교과서 변인에서 가장 많은 응답이 있었는데, 교과서에 제시된 실험 자체에 문제가 있기 때문이라는 의견이 49개(16.5%)로 가장 많았다. 환경 변인에서는 실험 도구의 문제점(36개, 12.1%), 실험 도구 준비의 어려움(41개, 13.8%)이 많이 제시되었고, 학생 변인에서는 학생들의 조작능력 부족(47개, 15.8%), 실험의 물리 개념 이해 부족(31개, 10.4%)과 관련된 어려움을 많이 제시하였다.

본 연구의 목적은 고등학교 교사들이 교과서 물리 탐구를 지도하는데 어떤 어려움이 있는지 분석하는 것이다. 고등학교에서는 물리 I, 물리 II 과목을 통해 물리학의 기본적인 이론을 체계적으로 학습하게 되어 중학교 ‘과학’보다는 수준 높은 내용이 포함되어 있다. 또한 교사들도 물리학을 전공하였기 때문에 전공불일치에서 나타나는 요인들도 많이 제거되어 중학교 교사의 의견과 다를 것이다. 고등학교에서는 대학교 입학시험 준비로 인하여 탐구활동이 많이 이루어지지 않을 뿐만 아니라, 학생들의 물리에 대한 관심의 저하와 자신감의 하락, 선택을 저하 등의 이유로 인한 물리 탐구에 대한 인식 차이도 있을 것이다.

본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 고등학교 물리 교사들이 인식하는 교과서에 제시된 물리 탐구를 지도하기 어려운 정도는 어느 수준인가?

둘째, 고등학교 물리 교사들이 교과서 물리 탐구를 지도하기 어려운 이유는 무엇인가?

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 과학교사모임이나 교사 연구회 등에 적극적으로 참가하고 있는 고등학교 물리 교사 63명을 대상으로 했다. 설문은 실시하기 전에 연구의 취지를 충분히 설명하고 이에 동의하는 교사들에게 이메일을 통해 설문을 받았다. 설문에 참여한 교사 중 서울 지역에 근무하는 교사가 30명(47.6%)으로 가장 많았고, 그 다음이 경기(16명, 25.4%), 대전(8명, 12.7%)의 순이었다. 남자 교사가 41명(65.1%), 여자 교사가 18명(28.6%)이었으며, 학교 종류는 남녀공학 학교에 근무하는 교사가 40명(63.5%)으로 가장 많았고, 남학교는 13명(20.6%), 여학교는 10명(15.9%)이었다. 교직 경력을 포함한 연구에 참여한 교사의 정보는 Table 1과 같다.

Table 1. Information of physics teachers that took part in a questionnaire

Gender	No.(%)	School	No.(%)	Teaching year	No.(%)
Male	41(65.1%)	Boys	13(20.6%)	1-5	8(12.7%)
Female	18(28.6%)	Girls	10(15.9%)	6-10	14(22.2%)
no reply	4(6.3%)	Coed	40(63.5%)	10-15	12(19.0%)
				15-20	12(19.0%)
				20-25	11(17.5%)
				25-30	4(6.3%)
				30-35	2(3.2%)

2. 연구 과정 및 방법

현재(2018년 8월) 고등학교 1학년은 2015 개정 교육과정에 의한 교과서를 사용하고 있으며, 2, 3학년은 2009 개정 교육과정에 의한 교과서를 사용하고 있다. 본 연구에서는 2009 개정 교육과정에 의한 물리 I 과목에 제시된 탐구를 대상으로 하였다. 물리 I 은 고등학교 2학년 과정에서 거의 대부분의 자연계열 학생들이 선택하고 있지만, 물리 II는 학교에 따라서 개설되지 않거나, 개설되어도 선택하는 학생 수가 매우 적다. 또한 물리 II는 주로 고등학교 3학년에 개설되어 탐구 활동을 직접 수행하지 않는 경우가 많아 본 연구에서는 물리 I 만 연구 대상으로 선택하였다. 구체적인 탐구명은 교사들의 응답 결과와 함께 Table 3에 제시하였다.

물리 I 은 총 2개의 출판사에서 만든 교과서가 사용되고 있다. 교육과정에서는 각 단원마다 성취기준을 제시하면서 관련된 탐구 활동을 예시로 제시하고 있다. 따라서 두 교과서에서는 이 탐구 활동을 기준으로 교과서를 개발하였기 때문에 비슷한 제목의 탐구 활동들이 두 교과서에 포함되어 있다.

교사들에게 두 교과서에 공통으로 있는 물리 탐구 14개를 제시하고, 각 탐구에 대해서 지도하기 쉽고 어려운 정도를 5점 리커트 척도로 응답하도록 하였다. 또한 교사들에게 자신이 응답한 탐구 중에서 가장 지도하기 어려운 탐구 2개를 선택하고 선택한 탐구가 왜 지도하기 어려운 지에 대해 자세히 기술하도록 요청했다. 교사들의 응답을 내용 의미 단위별로 나누고, 이를 통해 탐구를 지도하기 어려운 이유

를 분석하였다.

탐구 지도의 어려움에 대한 분석들(Table 2)은 Lee & Lee(2018)의 연구에서 사용한 분석들의 일부를 수정하여 사용하였다. 대영역은 교과서 영역, 환경 영역, 학생 영역, 교사 영역 등으로 구성하였다. 교과서 영역은 실험 자체의 문제, 학생 수준과의 적합성 부족, 교과서의 실험 구성 문제, 실험시간 부족 등으로 구분하였고, 환경 영역은 실험 장치의 문제, 실험 장치 및 재료 준비 어려움, 실험 준비 시간 부족 등의 범주에 '안전' 범주를 추가했다. 학생 영역은 탐구과정 미이행, 수행 능력 부족, 결과 해석 능력 부족, 실험 이해 부족 등으로 구성하였고, 교사 영역은 물리 이해 부족으로 구성하였다. 교사들의 응답을 범주에 맞게 구분하여 영역별, 세부 범주별로 비율을 제시하였다. 또한 해당 범주의 내용에 가장 적합한 사례들을 예시로 제시하였다.

III. 연구 결과

1. 고등학교 물리 탐구 지도의 어려움에 대한 교사들의 인식

물리 교과서에 제시된 14개의 탐구를 지도하기 어려운 정도에 대한 물리 교사들의 인식 결과를 Table 3에 제시하였다. 모든 실험에 대한 전체 평균은 2.79로 보통보다 약간 쉽다고 응답하였다. 중학교 과학 교사들의 응답 결과(Lee & Lee, 2018)인 2.9와 비교했을 때 약간 더 쉽다고 인식하고 있음을 알 수 있다.

지도하기 어려운 정도가 보통 이상인 탐구는 전체 14개 중 5개였다. '마이스너 효과 실험'이 3.93으로 가장 지도하기 어렵다고 인식한 탐구였다. 마이스너 효과란 초전도 현상 중 하나로 초전도체가 자기장을 밀어내는 효과다. 교과서에서는 영구자석 위에 작은 초전도체를 올려놓고 초전도체가 자석 위에 떠 있는 모습을 관찰하는 실험으로 구성되어 있다. 실험 과정은 매우 단순하지만, 초전도체를 구하기가

어렵고(비싸기도 하고), 초전도성이 나타나게 하려면 액체질소를 이용해 낮은 온도 상태를 유지해야 하는데, 이때 학생들의 안전을 위협할 수 있는 상황이 발생할 수 있기 때문에 교사들이 지도에 어려움을 느끼고 있었다. 두 번째로 지도하기 어렵다고 인식한 탐구는 'Cu₂O판과 ZnO 가루를 이용한 다이오드 특징 탐색'으로 평균 3.88이었다. 학생들이 다이오드의 원리를 이해하는데 어려움이 있을 뿐만 아니라 다이오드를 제작하는 과정에서 안전 문제가 발생할 수 있기 때문이었다. 이 두 탐구가 갖는 공통점은 2009 개정 교육과정에서 새롭게 포함된 탐구라는 점이다. 제7차 교육과정까지의 물리는 고전 물리학을 중심으로 내용이 기술되어 있었다. 초전도 현상이나 다이오드의 원리에 대한 내용은 2009 개정 교육과정에서 새롭게 포함된 내용이기 때문에 관련 실험 재료를 학교에서 보유하고 있지 않는 경우가 많을 뿐만 아니라 교사들에게도 익숙하지 않았기 때문에 지도에 어려움을 느꼈을 것으로 생각된다.

세 번째로 지도하기 어려운 탐구는 '전기 방전으로 전자기파 발생 시키기'로 평균 3.43이었다. 전자기파에 대한 내용을 학생들이 이해하기 어렵다는 것이 주된 이유였고, 고전압을 만드는 과정에서의 안전 문제도 지도하기 어려운 이유 중 하나였다. 그 다음으로 지도하기 어려운 탐구는 '디지털 카메라로 등가속도 운동 분석하기', '전기장' 등의 순으로 평균이 각각 3.21, 3.13이었다. 반면 '빛의 합성'이나 '자석이 만드는 자기장'의 경우는 평균 1.85, 1.90으로 교사들이 가장 지도하기 쉽다고 응답한 탐구였다.

교사들의 정보에 따른 탐구 지도의 어려움 정도를 성별, 교직경력 등에 대해 분석하고 그 결과를 Table 3에 포함하였다. 전체 평균은 남교사가 2.82, 여교사가 2.72로 통계적으로 차이는 없었지만, 남교사가 여교사보다 물리 탐구 지도에 좀 더 어려움을 느끼고 있었다. 이는 중학교 과학교사에 대한 연구결과(Lee & Lee, 2018)와 동일한 결과였다. 교직 경력별로 보았을 때, 중간 경력 교사보다 저경력 교사(초임교

Table 2. Analysis category of teachers' difficulty in teaching physics inquiry

Domain	Category	Explanation
Textbook	problem of the experiment itself	physically incorrect experiments, experiments that are not well implemented, experiments with many errors
	experimental suitability	inquiries that are not appropriate for student level,
	experiment composition	lack of experimental guidance, lack of explanation of the inquiry process
	inquiry time	lack of experiment time
	etc	etc
Environment	problems in experimental apparatus	poor experimental equipment, sensitivity of experimental apparatus
	preparation of experimental apparatus	difficulty in preparing experimental apparatus
	experiment preparation time	a long time to prepare for the experiment
	safety	dangerous experiment
	etc	etc
Student	unperformed	not performing of process of the experiment
	lack of ability to manipulate	don't manipulate experimental apparatus appropriately
	lack of ability to interpret result	failed to associate experiment data with results
	lack of understanding physics	don't understand the physics involved in the experiment
	etc	etc
Teacher	lack of understanding physics	don't understand the physics involved in the experiment
	etc	etc

Table 3. Middle school science teacher's difficulty degree in teaching textbook physics inquiries

Inquiry title	easy ← → difficult					Ave.	gender			teaching career year			
	1	2	3	4	5		male	female	t	~10	11~20	21~	F
Analyzing constant accelerated motion with a digital camera	4	18	11	17	11	3.21	3.31	3.17	.39	3.00	3.44	3.13	.75
Relationship between force and acceleration, mass and acceleration	12	21	13	8	8	2.66	2.78	2.44	.87	2.62	2.56	2.88	.30
Measurement of weight in the elevator	23	12	8	13	6	2.47	2.55	2.22	.80	2.90	2.52	1.81	2.87
Electric field	5	14	19	14	9	3.13	3.28	2.83	1.32	3.33	3.13	2.88	.68
Magnetic field created by a magnet	25	26	6	5	0	1.85	1.85	1.72	.52	2.14	1.60	1.88	2.15
Magnetic field around the conducting wire	12	14	15	15	6	2.82	2.80	2.94	-.39	2.86	2.68	3.00	.31
Electromagnetic induction, Changing the magnetic field around the coil	15	28	13	4	1	2.15	2.21	1.89	1.19	2.40	1.80	2.38	3.19*
Investigation of diode characteristics using Cu ₂ O plate and ZnO powder	0	5	16	20	19	3.88	3.84	4.00	-.57	4.20	3.88	3.50	2.49
Meissner effect experiment	3	4	9	23	22	3.93	3.97	3.83	.45	4.05	3.92	3.81	.20
Waveform of sound according to low/high sound, loud/small sound and sound source	14	10	21	14	1	2.63	2.76	2.50	.81	2.60	2.63	2.69	.03
Composition of light	27	20	10	4	1	1.90	1.88	1.89	-.05	2.00	1.48	2.44	5.23*
Generating electromagnetic waves by electric discharge	1	7	25	21	7	3.43	3.38	3.56	-.64	3.48	3.50	3.25	.41
Electromagnetic wave shielding	12	18	17	13	1	2.56	2.46	2.72	-.81	2.67	2.50	2.50	.16
Making a novel electric motor	11	20	26	5	0	2.40	2.38	2.33	.16	2.48	2.24	2.56	.76
Average						2.79	2.82	2.72		2.91	2.71	2.77	

*p<0.05

Table 4. Most difficulty physics inquiries to teach

Inquiry title	No. of teachers	No. of descriptions
Analyzing constant accelerated motion with a digital camera	11	33
Relationship between force and acceleration, mass and acceleration	12	27
Measurement of weight in the elevator	2	2
Electric field	6	7
Magnetic field created by a magnet	0	0
Magnetic field around the conducting wire	17	36
Electromagnetic induction, Changing the magnetic field around the coil	3	7
Investigation of diode characteristics using Cu ₂ O plate and ZnO powder	7	19
Meissner effect experiment	20	38
Waveform of sound according to low/high sound, loud/small sound and sound source	5	8
Composition of light	1	2
Generating electromagnetic waves by electric discharge	9	18
Electromagnetic wave shielding	0	0
Making a novel electric motor	6	13
etc	17	23
Total	116	233

사)와 고경력 교사가 더 큰 지도의 어려움을 인식하고 있었다. 특히 ‘전자기 유도, 코일 주위의 자기장 변화시키기’와 ‘빛의 합성’ 탐구에서는 통계적으로 유의미하게 차이가 있었다.

2. 물리 탐구 지도가 어려운 이유

물리 교사들은 물리 I 교과서에 제시된 14개의 탐구 중에서 가장 지도하기 어렵다고 생각한 2개의 탐구를 선택하고 그 선택에 대한 이유를 기술하였다. Table 4에 탐구별로 해당 탐구가 어렵다고 인식한 교사 수와 그 이유를 의미단위별로 분석한 결과를 제시하였다. 구체적으로 탐구명을 적지 않았거나 제시한 탐구 이외에 다른 탐구를 명시한 경우에는 기타로 분류하였다.

가장 많은 교사들이 지도하기 어렵다고 응답한 탐구는 ‘마이스너 효과 실험’이었고, 그 다음으로는 ‘전류가 흐르는 도선 주위의 자기장’이었다. ‘마이스너 효과 실험’은 탐구 지도의 어려움에 대한 리커트 척도 응답에서도 가장 높게 어려움을 나타낸 탐구였지만, ‘전류가 흐르는 도선 주위의 자기장’은 보통 수준의 어려움을 나타낸 탐구였다. 또한 리커트 척도 응답에서 보통 수준의 응답을 보였던 ‘디지털카메라로 등가속도 운동 동영상 분석하기’와 ‘힘과 가속도, 질량과 가속도의 관계’도 각각 11명, 12명이 응답하였다.

실제로 수업 시간에 해당 탐구를 수행했는지를 질문하였는데, ‘디지털카메라로 등가속도 운동 동영상 분석하기’는 11명 중 8명이 수업 시간에 탐구를 진행하였다고 응답하였다. ‘힘과 가속도, 질량과 가속도의 관계’는 12명 중 11명, ‘전류가 흐르는 도선 주위의 자기장’은 17명 중 15명이 수업 시간에 해당 탐구를 진행하는 등 많은 교사들이 실제 탐구를 수행하였고 그 과정에서 인식한 지도의 어려움을 제시하였다. 그러나 ‘마이스너 효과 실험’의 경우에는 20명 중에서 불과 8명만이 수업에서 다루었다고 응답하였다. 즉, 이 탐구의 경우에는 탐구를 수행하는 것 자체에 어려움이 있다고 인식하여 아예 수업에 도입되지도 않은 것이다. ‘마이스너 효과 탐구’는 탐구 재료를 준비하

기도 어려울 뿐만 아니라 위험 요소가 있다고 인식하여 수행되지 않았다(뒤의 '탐구 지도의 어려움 요인' 분석에서 구체적으로 데이터를 제시할 것이다.)

교사들이 응답한 '탐구 지도의 어려움 요인' 233개를 교과서, 환경, 학생, 교사 영역으로 구분하여 분석한 결과를 Table 5에 제시하였다.

Table 5. Analysis result of teachers' difficulty reasons in teaching physics inquiry

Domain	Category	No. of description	Sub-total
Textbook	problem of the experiment itself	38 16.3%	83(35.6%)
	experimental suitability	14 6.0%	
	experiment composition	8 3.4%	
	inquiry time	22 9.4%	
	etc	1 0.4%	
Environment	problems in experimental apparatus	16 6.9%	102(43.8%)
	preparation of experimental apparatus	42 18.0%	
	experiment preparation time	5 2.1%	
	safety	35 15.0%	
	etc	4 1.7%	
Student	lack of ability to manipulate	21 9.0%	45(19.3%)
	lack of ability to interpret result	8 3.4%	
	lack of understanding physics	16 6.9%	
	etc	0 0.0%	
Teacher	lack of understanding physics	3 1.3%	3(1.3%)
	etc	0 0.0%	
Total		233	

가. 물리 탐구 지도가 어려운 이유 : 교과서 영역

탐구 지도에 어려움을 겪는 요인 중 '교과서'와 관련된 의견은 모두 83개로 전체의 35.6%였다. 그 중에서 가장 많은 의견이 제시된 것은 '실험 자체의 문제'에 의한 어려움이었다. 가장 많은 의견이 제시된 탐구는 '전류가 흐르는 도선 주위의 자기장'으로 총 12명의 교사가 의견을 제시하였다. 이 실험은 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 나침반을 놓고 나침반의 바늘이 회전하는 정도를 관찰하는 것이다. 이때 전류의 세기를 변화시키거나, 도선과 나침반 사이의 거리를 변화시키면서 자기장의 세기와 관계를 정성적으로 관찰하게 한다. 이 실험은 중학교 과학 교과서에도 비슷하게 제시되어 있었는데, 중학교 과학 교사들이 언급한 어려움(Lee & Lee, 2018)과 유사하게 지구 자기장에 의한 효과를 고려해야 하는 점과 나침반 바늘이 움직이는 정도로 전류의 세기를 알기 어렵다는 점을 많이 제시하였다. 교과서에서는 원형으로 자기장이 생기는 모습으로 설명하고 있지만, 실제 실험에서는 지구 자기장의 영향으로 제대로 된 모양을 관찰하는 것은 거의 불가능하다. 동심원 모양의 자기장을 보기 위해서는 동쪽(또는 서쪽)에 위치한 나침반 자침이 반대로(180도) 회전해야 하는데, 이르기 위해서는 지구 자기장보다 큰 자기장이 필요하다. 하지만 이 정도의 자기장을 만들기 위해서는 수 암페어 이상의 전류가 필요하다. 학교에서 주로 사용하는 15V, 3A 직류전원장치와 슬라이드형 가변저항기

를 이용해서는 이정도 크기의 전류를 만들기 어렵다. 큰 전류를 만들기 위해 코일 형태로 전선을 감아 사용하는 경우, 원을 아주 크게 만들지 않는 이상 반대 방향으로 흐르는 전류에 의한 효과 때문에, 원하는 형태의 자기장을 만들 수 없는 문제도 발생한다. 이와 관련된 교사들의 의견을 옮기면 다음과 같다.

지구 자기장의 영향으로 교과서에 제시된 나침반의 모양을 확인 할 수 없다. 전원 장치를 이용하여 도선에 흐르는 전류의 세기를 증가시키더라도 나침반의 변화가 거의 없다. 거리에 따른 자기장의 세기의 변화를 나침반으로 확인하기 어렵다. (교사 A)

15가닥의 전선들을 모두 따로 연결해야 하는 번거로움이 있고, 많은 시간을 필요로 한다. 또한 전체적으로 원형 도선이 되므로 직선 도선을 꾸민다고 해도 결국 반대 방향으로 흐르는 나머지 반의 직선 도선 부분이 반대 방향의 자기장을 형성하므로 또한 나침반에 영향을 준다. (교사 B)

'힘과 가속도, 질량과 가속도의 관계' 탐구에서 9명의 교사가 의견을 제시하였다. 이 탐구는 수레에 용수철저울을 연결하여 당기면서 수레의 운동을 측정 한 후, 작용하는 힘(용수철저울의 눈금)과 가속도, 수레의 질량과 가속도의 관계를 알아보는 탐구이다. 이때 수레에 작용하는 힘을 일정하게 유지하기 위해 용수철저울의 눈금을 일정하게 유지하면서 당기는 것이 매우 어렵다는 것이 교사들이 의견이었다. 다음은 이와 관련된 한 교사의 의견이다.

수레를 용수철저울을 이용하여 일정한 크기의 힘을 만드는 데 사람의 힘으로 일정한 크기의 힘을 지속적으로 만드는 데 어려움이 있고, 접촉면의 상태에 따라 오차가 많이 생긴다. 학생들이 디지털 카메라로 측정을 하는 어려움도 있고 질량을 변화시키면서 실험을 여러 번 반복하기가 쉽지는 않은 실험이다. (교사 C)

수레의 질량을 변화시키면 수레에 작용하는 마찰력이 증가하는데 학생들은 마찰력을 제대로 학습할 기회를 갖지 못하였기 때문에 마찰력에 대한 추가 설명을 해야 학생들이 이해할 수 있는 문제도 있다. 물론 바퀴가 있기 때문에 마찰력이 운동을 방해하는 것은 아니다. 그렇지만, 수레바퀴와 바퀴축 사이에 작용하는 마찰은 운동을 방해하게 되고, 결국 수레의 질량이 수레에 작용하는 힘(마찰력)에 영향을 주기도 한다.

용수철에 대해서도 고려할 필요가 있다. 용수철은 훅의 법칙에 의해 늘어난 길이가 작용한 힘에 비례한다고 알고 있지만 특정 구간에서만 비례한다. 작용하는 힘이 작은 경우에는 힘과 용수철의 늘어난 길이가 비례하지 않으며, 탄성한계에 도달하지 않아도 비례 관계가 성립하지 않는다. 교사에 따라서는 용수철저울 대신에 고무줄을 사용하기도 한다. 그러나 고무줄이 늘어나면 굵기가 줄어들기 때문에 '용수철 상수'가 계속 변하는 상황이 된다. 따라서 작용한 힘과 고무줄이 늘어난 길이가 비례하지 않기 때문에 고무줄 사용은 지양해야 한다.

이와 같은 문제들 때문에 교사들 중에는 탐구를 수행하지 않고 이론적으로 설명하는 수업을 진행하기도 한다. 일부 교사들은 도르레와 추를 이용하여 수레 반대쪽에 추를 증가시키면서 작용한 힘의 크기를 변화시키는 실험을 수행하기도 한다. 그러나 수레와 추가 같이 움직이기 때문에 추를 증가시킬 때 힘이 작용하는 물체의 질량도 증가하게 된다. 수레 위에 여러 개의 추를 올려놓은 상태에서 반대쪽으로 추를 하나씩 이동시키면서 실험을 수행하면 조작변인인 작용하는

힘을 변화시키면서 통제변인인 질량을 일정하게 유지할 수 있지만, 이와 같은 방법으로 실험을 수행해야 하는 이유를 학생들에게 이해시키는데 많은 시간을 소요해야 하므로 본 탐구의 목표인 힘/질량과 가속도와와의 관계의 학습에 방해가 될 수 있다.

‘전기 방전으로 전자기파 발생시키기’ 실험의 경우, 교과서에 제시된 방법대로 실험을 수행해도 결과가 제대로 나오지 않았고, 실험이 실패한 이유를 알기 어려워 실험을 수행하는데 어려움이 있었다는 의견이 있었다. 일부 교사들은 교과서에 제시된 실험을 대신하여 코히러 검파기 탐구로 대체하는 시도를 했다는 응답도 있었다.

‘실험의 적합성’과 관련된 의견은 모두 14개가 있었는데, ‘Cu₂O판과 ZnO 가루를 이용한 다이오드 특성 조사’, ‘마이스너 효과 실험’, ‘전기 방전으로 전자기파 발생시키기’ 탐구에서 주로 제시되었다. 이 탐구들은 실험을 수행하는데 어려움에 비해 탐구를 통해 얻는 효과가 크지 않아 적절하지 않다는 의견이었다.

‘탐구 시간’과 관련된 의견은 모두 22개였다. 대부분 1시간 동안 수행하기에는 너무 많은 내용들이 담겨져 있다는 의견이었다. 중학교 과학 교사들이 제시한 이유 중 불과 3.7%만이 탐구를 수행하는데 걸리는 시간 부족을 지적하였지만(Lee & Lee, 2018), 고등학교 물리 교사들의 경우에는 9.4%에 달하였다.

‘디지털카메라로 등가속도 운동 동영상 분석하기’, ‘힘과 가속도, 질량과 가속도의 관계’와 같이 컴퓨터를 이용해서 데이터를 분석하거나, 데이터를 정량적으로 분석하는 과정은 매우 긴 시간을 요구하는데, 교과서에서는 1시간 이내에 수행하도록 구성되어 있다. 고등학교의 경우 대입 시험을 준비하기 위해 이론 공부와 문제 풀이 등에 많은 시간이 필요하여 시간이 많이 걸리는 탐구들은 수업 시간에 수행되지 않는 경향이 있기 때문에 필요 시간을 고려하여 교과서 탐구가 구성될 필요가 있다.

‘Cu₂O판과 ZnO 가루를 이용한 다이오드 특성 조사’ 탐구에서는 구리판을 가열하여 산화구리판을 만들어야 하는데 가열하는 데만 20분이 넘게 걸리는 문제점을 지적하였고, 실험에 사용되는 프로그램이나 실험장치(예: 동영상 분석 프로그램, 오실로스코프, 소리분석 프로그램 등)를 다룰 수 있도록 준비하는 데에도 많은 시간이 소요된다는 의견이 있었다.

나. 물리 탐구 지도가 어려운 이유 : 환경 영역

물리 탐구 지도가 어려운 이유 중 ‘환경’과 관련된 의견은 102개(43.8%)로 가장 높은 비율이었다. 이것은 중학교 과학 교사에 대한 연구 결과(Lee & Lee, 2018)인 29.0%보다도 높은 비율이었다. 가장 많은 응답이 제시된 범주는 ‘실험 기구 준비의 어려움’에 대한 의견으로 총 42개(18.0%)였다. 탐구별로 구분했을 때, ‘디지털카메라로 등가속도 운동 동영상 분석하기’와 ‘마이스너 효과 실험’에 대한 의견이 각각 9개, 14개로 가장 많았다.

동영상 분석 실험을 위해서는 조별로 수행한다고 해도 최소한 디지털 카메라 6대, 컴퓨터 6대가 필요하다. 이러한 디지털 장비를 모두 갖추고 있는 학교가 많지 않을 뿐만 아니라 노후하여 사용하기 어려운 경우도 많았다. 조별로 갖추고 있다고 하더라도 5-6명이 수행하게 되면 활동에 참여하지 못하는 학생들이 많아 탐구의 효과를 거두기 어려운 점도 문제점으로 지적하였다.

‘마이스너 효과 실험’에서는 초전도체와 액체질소가 필요하다. 초전도체를 구입하기에는 가격이 매우 비쌀 뿐만 아니라 구매 경로도 알기 어려워 진행 자체를 못하는 학교가 많았다. 액체질소를 유지하고 보관하는데도 어려움이 있었다. 탐구를 수행할 때마다 적은 양씩 구매하는 것은 비경제적이라서 액체질소를 보관하는 큰 통이 필요한데 보관용기를 구매하는 것에도 어려움이 있었다. 두 실험을 준비하는데 어려움을 겪은 몇 교사의 의견을 제시하면 다음과 같다.

컴퓨터와 사용하는 디지털 카메라의 성능이 실험 자체에 영향을 많이 미침. 특히 컴퓨터의 경우, 모든 모뎀 또는 개인이 실험할 만한 실험실 여건을 갖춘 학교가 많지 않으며, 가능하다하더라도 컴퓨터의 성능이 노후화되어 속도가 매우 느려 실험에 어려움이 있음. (교사 D)

실험재료를 구하는 과정에서 초전도체를 무료로 나눠주는 기관에 의뢰해서 실험을 진행하였는데 실제 액체질소를 유지 보관하는 과정에서 현실적으로 어려움이 있으며 ... (교사 E)

교사 E의 경우처럼 초전도체를 다른 연구소에서 대여하여 사용하는 경우도 있었다. 그렇지만 이러한 대여 경로가 많지 않을 뿐만 아니라 교사의 추가적인 노력이 필요하므로 다른 탐구에 비해 ‘마이스너 효과 실험’이 수업 시간에 잘 이루어지지 않았던 것이다. 교육과정에 포함되어 있고 많은 학교에서 수행하는 탐구의 경우에는 필요한 기구나 재료를 준비하는 과정까지 지원할 필요가 있다.

환경 영역에서 두 번째로 의견이 많이 제시된 범주는 ‘안전’으로 총 35개(15.0%)의 의견이 제시되었다. 중학교 과학 교사에 대한 연구(Lee & Lee, 2018)에서는 안전과 관련된 의견이 8개밖에 되지 않았는데, 고등학교 물리 교과의 탐구에 대해서는 많은 교사들이 탐구를 수행하는 과정에서 나타날 수 있는 위험 요소에 의해 탐구 지도의 어려움을 겪고 있었다. 특히 전기를 사용하는 실험(‘전기장’, ‘전류가 흐르는 도선 주위의 자기장’, ‘전자기 유도, 코일 주위의 자기장 변화시키기’, ‘전기 방전으로 전자기파 발생시키기’)에서 높은 전류를 사용할 필요가 있는데, 이로 인한 안전 문제를 지적하였다. ‘마이스너 효과 실험’에서 액체질소를 사용할 때, 학생들의 부주의로 인한 위험도 매우 크다는 의견도 많았다. 이와 관련된 두 교사의 의견을 제시하면 다음과 같다.

원형도선 주위의 자기장, 코일에 의한 자기장 모두 전류의 세기가 매우 커야 한다는 생각 때문에 위험하다고 판단되어 쉽게 학생 실험을 시키기 어렵다. (교사 F)

마이스너 효과를 위해서는 임계온도 이하로 온도를 낮추어야 하기 때문에 액체질소를 많이 사용함. 액체질소 사용 시 화상의 위험 등 안전사고의 위험이 매우 크며 특히 한번에 학생이 35명이나 되는 상황에서 이러한 위험성을 안고 직접 실험하기에는 큰 위험부담이 있어 영상자료로 대체하는 편임. (교사 G)

여러 가닥의 전선을 감아서 사용할 때 쇼트에 의해 전선이 타는 안전사고가 발생한 경우도 있었고, 어떤 과학실에는 콘센트에 접지공사가 되어있지 않아 유도 코일 손잡이 및 전압 조절기를 통해 전류가 새어 나오는 경우도 있었다. 최근 학교 안전에 대한 교육 및 점검이 강화되면서 실험실 안전 매뉴얼을 보급하는 등 다양한 노력을 기울이고 있다. 그러나 과학실험실 안전 점검 사항에 전기배선 상태에 대한 내용이 강조되어 있지 않은데, 전기기구를 많이 다루는 물리 교과

특성상 접지 연결 상태를 점검할 수 있도록 해야 할 필요가 있다는 지적도 있었다.

다. 물리 탐구 지도가 어려운 이유 : 학생 영역과 교사 영역

탐구 지도가 어려운 요인 중에서 '학생'과 관련된 의견은 총 45개로 전체의 19.3%였다. 중학교 과학 교사의 어려움 요인(Lee & Lee, 2018)에서 학생 관련 변인이 32.3%인 것에 비하면 낮은 비율의 의견이 제시되었다.

학생 관련 의견 중 가장 많이 제시된 범주는 학생들의 '조작 능력 부족'으로 총 21개(9.0%)가 제시되었는데, 중학교 과학 교사에 대한 연구(Lee & Lee, 2018)에서도 가장 의견이 많은 범주였다. 가장 많은 의견이 제시된 탐구는 '디지털카메라로 등가속도 운동 동영상 분석하기'와 '신기한 전동기 만들기'로 각각 5개의 의견이 제시되었다. 학생들이 촬영한 동영상을 컴퓨터로 옮기고, 동영상 분석 프로그램을 이용하여 시간에 따른 위치 정보를 얻는 과정에서 학생들이 잘 수행치 못해 탐구 진행에 어려움이 있었다는 의견이 많이 제시되었다. 전동기를 만드는 과정은 초등학교, 중학교에서도 교과서에 제시되었던 것처럼 크게 어려움이 있는 활동은 아니다. 그러나 학생들이 전선의 피복을 벗기고 다른 전선끼리 연결하는 과정을 수행하지 못하거나, 코일 끝의 한쪽은 절반만 벗겨야 전동기가 계속 회전할 수 있는데, 이 과정을 제대로 수행하지 못해 전동기가 회전하지 않는 경우가 많이 발견되곤 했다. 이와 관련된 두 교사의 의견을 제시하면 다음과 같다.

카메라 삼각대 설치, 카메라 조작법, 카메라에서 동영상 파일을 컴퓨터에 옮기는 과정이 번거롭고, 동영상 분석 프로그램을 사용에 어려움이 있다. (교사 H)

신기한 전동기는 전선의 한쪽을 절반만 벗겨내야 하는데 학생들이 조작이 미숙하여 잘 갖지 못하여 전동기가 작동되지 않는 경우가 많다. 학생들이 섬세하게 조작하도록 지도해야 한다. (교사 I)

평상시에 실험을 많이 접하지 않는 학생들은 실험 장치를 다루어 본 경험이 부족하여 실험을 수행하는데 시간도 많이 소요될 뿐만 아니라 제대로 수행하지 못한다. 많은 학생들은 오실로스코프, 함수발생기, 전원 장치 등의 사용법을 제대로 알지 못하여 많은 어려움이 있다고 했다.

두 번째로 많은 의견이 제시된 범주는 실험과 관련된 물리를 이해하지 못하기 때문에 나타난 어려움이었다. 특히 'Cu₂O판과 ZnO 가루를 이용한 다이오드 특성 조사'에 대해서는 모두 4명이 의견을 제시하였다. 반도체의 원리와 다이오드에 의한 정류작용은 학생들이 이해하기 어려운 내용이라서 실험의 효과를 보기 어렵다는 의견이 있었다.

탐구 지도가 어려운 요인으로 '교사 영역'에 대한 것은 불과 3개(1.3%)만 제시되었는데, 물리를 전공한 교사이기 때문에 관련 물리 내용에 대한 이해에 어려움이 크지 않았기 때문이다.

IV. 결론 및 시사점

물리학은 자연과학의 기반이 되는 개념을 제공하고 자연세계에 대한 본질적 이해를 추구하는 학문으로 고등학교의 물리 교과는 이공계 인력으로서의 기초 소양을 갖추기 위한 교과이다. 특히 탐구는

과학적 연구방법을 익히는 과정으로 매우 중요하다. 본 연구에서는 고등학교 물리교사들이 물리 교과서에 제시된 탐구를 지도하는데 어려워하는 정도는 어떠한지, 그리고 그 이유는 무엇인지 분석하였다.

고등학교 물리 교사들이 교과서 물리 탐구를 지도하는데 어려운 정도는 5점 리커트 척도에서 평균 2.79로 보통보다 약간 쉽게 생각하는 수준이었다. 지도하기 가장 어려워하는 탐구는 '마이스너 효과 실험(3.93)', 'Cu₂O판과 ZnO가루를 이용한 다이오드 특징 탐색(3.88)' 등으로 교육과정에 새롭게 제시된 탐구였다. 남교사와 여교사에 대해서는 차이가 없었으며, 중간 수준의 경력 교사보다 저경력 및 고경력 교사가 더 큰 지도의 어려움을 인식하였다.

물리 탐구 지도가 어려운 이유에 대해서는 환경 영역의 요인이 가장 많이 제시되었고, 그 다음으로 교과서 영역의 요인이 많이 제시되었다. '환경 영역'에서는 실험 기구 및 재료의 준비에서의 어려움이 가장 큰 요인이었고 그 다음으로 안전 문제였다. 안전 문제는 중학교 과학 교사에 대한 결과(Lee & Lee, 2018)에 비해서 상당히 많은 의견이 제시된 요인이었다. 교과서 영역에서는 실험 자체의 문제점을 지적한 의견이 가장 많았으며, 학생 영역에서는 학생들의 조작 능력 부족에 의한 어려움에 대한 의견이 가장 많았다.

종합적으로 정리하면, 고등학교 물리 교사들은 교육과정에 새롭게 제시된 현대물리학 관련 탐구에 대해 실험 준비와 안전 문제 등의 이유로 탐구를 지도하는데 어려움이 있다는 것을 알 수 있다. 이 결과를 바탕으로 고등학교 물리 교과서 탐구 교육의 개선과 관련하여 다음의 몇 가지를 논의해 보고자 한다.

첫째, 고등학교 물리 교사들이 탐구 지도의 어려움에 대한 의견에서 중학교 교사에 비해 특별히 차이가 나는 부분은 바로 '환경 영역'의 안전과 관련된 문제였다. 14개의 탐구 중 탐구 지도의 어려움에 대한 의견이 가장 많이 제시된 탐구는 '마이스너 효과 실험'과 '전류가 흐르는 도선 주위의 자기장'이었다. 이 중에서 '마이스너 효과 실험'은 탐구 지도에 가장 큰 어려움을 나타냈던 탐구였기 때문에 많은 의견이 제시된 것은 당연하다. 그러나 '전류가 흐르는 도선 주위의 자기장'은 지도의 어려움 척도가 2.82로 보통 이하의 수준임에도 불구하고 의견수에서는 36개로 전체 탐구 중에서 2번째로 많은 교사들이 의견을 제시한 탐구였다. 다른 요인들도 있지만, 높은 전류가 필요하므로 사고의 위험성이 있고, 이 때문에 교사들이 실험을 지도하는데 어려움을 느끼고 있었다.

물리학의 경우 전기를 사용하는 실험에서 안전사고의 위험을 받는다. 특히 고전압, 고전류를 사용하는 실험에 대해서는 안전 문제가 발생할 수 있어 주의를 기울일 필요가 있다. 최근 학교 실험실에서의 안전 문제에 관심을 가지고 다양한 자료가 제시되고 있는데, 주로 화학 실험과 관련된 내용들이 많이 있고 물리의 전기 실험과 관련해서는 단순히 감전되었을 때 조치사항 정도만 제시되어 있다. 실험을 수행하면서 안전과 관련해 주의할 사항을 실험 자체의 내용 및 실험 장치와 연관되어 설명될 수 있도록 할 필요가 있다.

둘째, 실험 장치 및 재료 준비와 관련한 체계적인 지원이 필요하다. 현재 교과서 탐구를 수행하는데 필요한 교구들은 학교 별로 자체적으로 준비하도록 되어 있다. 따라서 모든 준비 과정이 교사들의 책임이다. 일반적으로 학교에서 많이 사용하는 재료들은 교구사를 통해서 손쉽게 주문하여 받을 수 있지만, '마이스너 효과 실험'에 필요한 초전도체처럼 구하기 쉽지 않은 재료들도 있다. 또한 탐구에 필요한 교구들은 모두 학교에 배정된 예산 범위 내에서 집행해야 하는데,

컴퓨터나 디지털 카메라와 같은 고가의 IT 장비들은 정해진 예산 내에서 마련하기는 쉽지 않다. 이처럼 구하기 어려운 교구나 비싼 교구들은 학교 보다는 교육청 단위로, 또는 여러 학교가 연합하여 공동으로 보유하고 사용할 수 있는 시스템을 갖출 필요가 있다.

셋째, 탐구 실행 수준에 대한 실태 점검이 필요하다. 본 연구에서 주된 결과는 아니지만 탐구 지도의 어려움이 큰 실험, 탐구에 필요한 교구를 준비하는데 어려운 실험들은 수행 비율이 매우 낮았다. 예로 ‘마이스너 효과 실험’은 교육과정에서 ‘탐구 활동 예시’를 통해 명시적으로 언급된 것처럼 다양한 물질의 구조와 성질을 학습하는 과정에서 학생들이 시각적으로 손쉽게 확인할 수 있는 탐구임에도 불구하고 수업에서 활용되지 못하는 탐구였다. 이 실험은 2009 개정 교육과정에서 새롭게 소개된 탐구였기 때문에 교사들에게 낯선 탐구였고, 재료 준비에도 어려움이 있는 탐구였다. 많은 학교에서 2019년부터 2015 개정 교육과정에 의한 물리학 I 교과서로 수업을 하게 된다. 2015 개정 교육과정의 내용이 2009 개정 교육과정과 비교해서 큰 차이는 없지만, 새로운 내용으로 만들어진 교과서이므로 교사들은 낯설음을 크게 느낄 것이고, 그 결과로 수업 시간에 실행되지 못하는 탐구가 많아질 가능성이 크다. 따라서 교육과정 실행 초기에 실태 조사를 통해 잘 수행되지 못하는 탐구가 무엇인지, 그 이유는 무엇인지를 밝혀 교육과정이 잘 정착될 수 있도록 할 필요가 있다.

국문요약

본 연구의 목적은 고등학교 물리 교사들이 물리 교과서에 제시된 탐구를 지도할 때의 어려움 정도와 어려움의 요인을 분석하는 것이다. 이를 위하여 고등학교 물리 교사 63명을 대상으로 설문을 실시하였다. 교사들은 물리 교과서에 제시된 탐구에 대해 지도하는 데의 어려움 수준을 표시하고, 지도하기 어려운 탐구에 대해 그 이유를 설명하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 물리 교사들의 교과서 탐구 지도의 어려움 수준은 평균 2.79로 보통 이하의 수준이었다. 가장 지도하기 어려운 탐구는 ‘마이스너 효과 실험’과 ‘Cu₂O판과 ZnO가루를 이용한 다이오드 특징 탐색’이었다. 둘째, 교사들의 물리 교과서 탐구 지도의 어려움 요인은 환경 영역, 교과서 영역, 학생 영역, 교사 영역의 순으로 많이 제시되었으며, 특히 환경 영역에서 ‘실험 기구 준비의 어려움’과 ‘안전 문제’와 관련하여 탐구 지도가 어렵다는 의견이 많이 제시되었다. 교과서 영역에서는 ‘실험 자체의 문제점’, 학생 영역에서는 ‘조작 능력 부족’과 관련한 의견이 많이 제시되었다. 본 연구의 결과를 바탕으로 고등학교 물리 교과서의 탐구를 활성화하기 위한 논의를 추가하였다.

주제어 : 탐구, 탐구지도, 고등학교 물리, 교과서, 물리교사

References

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority [ACARA] (2014). *The Australian Curriculum*.
- Bell, R., Blair, L., Crawford, B., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? The impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487-509.
- Byun, S. M. & Kim, H. J. (2011). Recognition of free inquiry activity and its effects on the science inquiry ability of middle school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(2), 210-224.
- Chinn, C., and B. Malhotra (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education* 86: 175-218.
- Department of Education. (2015). *National curriculum in England: Science programmes of study*.
- Hodson, D. (1982). Is there a scientific method? *Education in Chemistry*, 19(4), 112-126.
- Kim, H., Yoon, H., Lee, K., & Cho, H. (2010). Secondary science teachers' perception of 'Free inquiry' of the 2007 revised science curriculum. *Secondary Educational Research*, 58(3), 213-235.
- Kim, T., Lee, J., Shin, K., Park, J., Kim, D., & Lee, S. (2007). A Comparative Study on Physics Inquiry Activities of Science Textbooks for Secondary School in Korea and Singapore. *Journal of Korean Association for Science Education*, 27(7), 547-558.
- Lee, S., and Lee, B., (2018). Science teachers' perception on scientific character instruction. *New Phys.: Sae Mulli*, 68, 611-622.
- Ministry of Education (2007). *The Ontario curriculum, grades 1-8: Science and Technology*.
- Ministry of Education. (2015). *National science curriculum. No. 2015-74*. Sejong: Ministry of Education.
- National Research Council [NRC]. (2011). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
- Park, H., Jeong, D., and Choi, W. (2011). Science teachers' perceptions of science practices. *Journal of Korea Association of Science Education*, 31, 61-77.
- Park, J., & Lee, K. (2011). Actual Conditions of Free Inquiry Implementation and the Perceptions of Teachers and Students in Middle School Science. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 15(3), 603-632.
- Smolleck, L. D., Zembal-Saul, C., & Yoder, E. P. (2006). The development and validation of an instrument to measure preservice teachers' self-efficacy in regard to the teaching of science as inquiry. *Journal of Science Teacher Education* 17, 137-163.
- Wellington, J. J. (1998). Practical work in science: time for a reappraisal. In J. J. Wellington(Ed.), *Practical work in school science* (pp. 3-15). NY: Routledge.
- Windschitl, M. (2004). Caught in the cycle of reproducing folk theories of "Inquiry": How preservice teachers continue the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481-512.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R., and Valanides, N. (2004). Dynamic, open inquiry in biology learning. *Science Education*, 88(5), pp 728-753.