

# 예비 중등과학 교사들의 물체의 운동 개념의 과학사적 관점 분석

주지영 · 김소연 · 백성혜  
(한국교원대학교)

## Analysis of Secondary Pre-service Science Teachers' Conceptions about Motion of Objects Based on the Viewpoints of Science History

Jee-Young, Joo · So-Yean Kim · Seung-Hey Paik  
(Korea National University of Education)

### ABSTRACT

In this study, various scientific viewpoints of 'motion of objects' were analyzed from the Aristoteles age to the Newton age. From the analysis, a questionnaire was developed which was including causes of motion, forms of motion, and preservation quantity of movement. The conceptions of pre-service science teachers were researched by the questionnaire developed in this study based on the science historical viewpoints. The subjects were twenty sophomore students of physic education major and thirty four of other science education major who majored common science education also in a college. Most of the pre-service teachers of physical education major had inertia and Newton's force conception related to the question situations of 'causes of motion' and 'forms of motion'. But a lot of the pre-service teachers of physic education major and other science education major had viewpoints of Descartes or Huygens related to the question situation of 'preservation quantity of movement'. Only few pre-service teachers regardless of major had Newton's viewpoint which represented in current Korean science curriculum for secondary school.

**Key word:** secondary school, pre-service science teacher, viewpoint of science history, conception of force, motion of object

### I. 연구의 목적 및 내용

과학교육에 과학사를 도입할 필요성은 19세기에 물리학자이면서 철학자였던 Mark가 주장한 이래로, 여러 선행 연구(Brush, 1989; Bybee, 1993; Matthews, 1994)에서 꾸준히 제기되어 왔다. 과학교육에 과학사의 통합을 주장한 Jenkins는 과학사 교육에 관한 연구 결과를 분석하여

과학사를 가르쳐야 하는 이유를 과학의 인간화, 흥미 유발, 과학의 본성 인식의 세 가지로 제시하였다(조희형과 박승재, 1994).

우리나라에서도 과학사를 과학교육에 도입하는 문제가 구체적으로 논의(양승훈, 1996; 양승훈 등, 1996; 송진웅 등, 1998)되었다. 이러한 과학사가 오개념을 예측하고 어려운 과학적 개념을 가르치는데 효과적이라는 주장은 여

러 사람들에 의해 지적되어 왔으며(홍준의, 2002; 민경숙, 2000; Justi & Gilbert, 2000; 유미현, 1999; 김은선, 1997; 김은경, 1995; 김도욱, 1995) 학생들의 과학적 본성 및 과학 개념의 이해를 자연스럽게 향상시키기 위한 교과서 체계의 구성 및 교사 교육에 과학사를 도입해야 한다는 주장도 계속 이어지고 있다(King, 1991; 이선경과 김우희, 1995; 이안태, 1997; Allen & Crawley, 1998; 유진숙, 1998; 김현주, 2000).

따라서 이 연구에서는 현재까지 학생들 뿐 아니라 과학 교사들이나 예비 과학교사들조차도 개념 형성이 어려운 주제 중 하나로 꼽히는, 물체의 운동과 힘에 관련된 개념의 과학사적 변천 과정을 살펴보고, 이를 바탕으로 물체의 운동에 관한 중등 예비교사의 관점을 분석함으로써 예비교사교육에 필요한 시사점을 찾아보고자 하였다. 특히 과학사적 관점에서 물체의 운동 원인에 관련된 개념, 운동 형태에 관련된 개념 및 운동시 보존되는 양에 관련된 개념 등은 힘의 개념과 관련하여 물체의 운동을 서술하는 매우 중요한 사고의 분기점을 형성한다고 보고, 이에 대한 관점의 변화를 중심으로 연구의 내용을 선정하였다. 또한 이 연구에서는 대학교에서 물리교육을 전공하는 경우와 다른 과학교육 관련 과목을 전공하는 경우에 따라 예비 교사들의 개념이 크게 다를 것이라고 가정하고 이를 알아봄으로써 중등 과학 예비교사 교육의 문제를 알아보고자 하였다. 연구 문제를 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

1. 물리교육을 전공하는 경우와 다른 과학 관련 교육을 전공하면서 공통과학교육을 복수 전공하는 중등 과학 예비 교사들이 가지고 있는 '물체의 운동 원인'에 대한 사고는 는 경우에 따라 어떻게 다른가?
2. 공통과학교육을 복수 전공하는 중등 과학 예비 교사들이 가지고 있는 '물체의 운동 형태'에 따른 사고는 물리교육을 전공하는 경우와 다른 과학 관련 교육을 전공하는 경우에 따라 어떻게 다른가?
3. 공통과학교육을 복수 전공하는 중등 과학 예비 교사들이 가지고 있는 '운동에서 보존되는 양'에 대한 사고는 물리교육을 전공하는 경우와 다른 과학 관련 교육을 전공하는 경우에 따라 어떻게 다른가?

## II. 선행연구 고찰

이선경과 김우희(1995)는 과학사는 과학을 완성된 개별

학문으로서가 아니라 역사적으로 사회와의 관계 속에서 과학자들의 노력으로 완성되어가는 과정들을 담고 있으므로 과학의 본성과 인간적인 측면을 강조하여 흥미를 유발할 수 있고 과거를 통해 현재 과학의 위치를 숙고하는 좋은 기회를 제공하며, 학생들의 오개념을 예측하고 이를 변화시키는 중요한 자료로 사용되므로 과학 교사 교육에 필수적이라고 하였다. 소원주 등(1998)은 학생들이 과학적 개념을 획득함에 있어서 과학적 방법의 한계, 과학적 지식의 본질 및 그것이 발달되어온 역사적 상황에 대한 이해가 불충분하다고 지적하면서, 이는 과학교육자들이 참된 과학의 모습을 교사들에게 제공해 주지 못하였기 때문이라고 지적하였다. 따라서 학생들의 이해를 돕기 위해 과학 교육 과정이나 과학 교과서에 과학자의 전기나 과학사를 다른 역사물 등을 포함시켜 학생들이 이를 접할 수 있는 기회를 제공해 주어야 한다고 주장하였다.

김은선(2001)은 중학교 과학 '힘과 운동' 단원에 과학사를 도입한 수업을 실시한 후 과학자와 과학수업에 대한 학생들의 태도를 연구하였다. 수업 전후의 수업 태도를 조사한 결과, 과학사 관련자료를 도입한 수업의 학생들이 교과서 중심의 전통적 수업의 학생들보다 긍정적인 반응을 나타냈다고 했다. 임소희(2002)는 과학사를 이용한 수업은 고등학생들의 바른 과학 철학적 관점 정립에 기여함을 밝혔다. 이선경과 김우희(1995)는 과학사가 다양한 과학적 실례들을 포함하고 있어 학생들은 과학사를 통하여 과학적 방법에 대하여 학습할 수 있고, 학생들에게 흥미와 관심을 자연스럽게 유발하고 이를 학습에 지속시키는 데 중요한 역할을 한다고 하였다. 김은경(1995)은 관성 개념을 알아보는 여섯 개의 질문을 사용하여 관성개념을 배우기 전과 배운 직후, 배운지 5개월이 경과한 후 관성에 대한 학생들의 개념 지속 정도를 조사하였다. 그 결과 과학사적 수업이 전통적 수업에 비해 관성 개념의 지속 효과가 있음을 보고하였다.

유미현(1999)은 기원론적인 접근법에 의하여 24차시에 걸쳐 과학사 프로그램을 개발하여 중학교 2학년 물질의 구성 단원에 적용하였는데, 이 수업을 받은 학생들이 전통적 수업을 받은 학생들에 비해 과학적 개념 이해도 점수에서 긍정적인 효과가 있었다고 보고하였다. 김은선(1997)은 과학사를 이용한 수업이 중학생의 과학과 관련된 태도에 미치는 영향에 대한 연구에서 과학사를 도입한 수업이 과학학습 영역에 대하여 뚜렷한 긍정적 태도 변화를 가져왔으며, 다른 영역에서도 근소한 태도 변화가 있

었다고 하였다. 조양숙 등(1996)은 초등학교 학생들의 물질관을 조사하여 나타난 오개념을 교정할 수 있는 과학사 프로그램을 개발하여 적용효과를 알아보았다. 그 결과 과학사 프로그램이 오개념을 과학적 사고로 변화시키는데 효과가 있었음을 보고하였다.

Justi와 Gilbert(2000)는 교사들이 과학사에서 독립적인 에피소드들뿐만 아니라 명확한 모형의 특성화와 과학적 지식의 발달에 관계된 모습을 이해하고 과학교육에 과학사와 과학철학을 신뢰롭고 정교한 방법으로 도입할 수 있도록 교사 교육이 이루어져야 한다고 주장하였다. King(1991)은 초임 교사들이 과학철학 및 과학사에 관한 지식이 매우 부족하여 과학의 본성에 관한 과학 교사들의 이해가 매우 낮음을 지적하였다. 그리고 과학의 가치, 목적, 본성에 기초를 두고 과학 수업에서 탐구, 발견, 관련성, 비평적이고 창조적인 사고와 같은 개념들의 통합을 가능하게 하는 과학철학 및 과학사의 내용을 과학 교사들이 알아야 한다고 주장하였다.

Sequeira와 Leite(1991)는 역학에 관한 포르투갈 학생들의 개념을 조사하여 과학사에서 나타나는 개념발달과 학생의 개념 발달사이의 유사성에 대한 증거를 발견하였다. 그리고 교사는 '학생들의 개념'에서 '현재의 과학개념'으로 개념 변화를 고무하는데 역사적 단계를 이용할 수 있다고 주장하였다. Halloun과 Hestenes는 학생들이 갖는 오개념들과 뉴턴 이전 시대의 지식인들이 갖는 오개념들의 유사성을 주장하고, 그 당시의 지식인들이 올바른 개념을 받아들이는데 어려움을 겪었던 이유 등을 고려한다면 오늘날 학생들이 겪는 어려움을 이해할 수 있다고 하였다(김홍중, 1997).

이러한 연구들은 과학 교육에 과학사 도입이 필요함을 주장하고, 학생들과 교사들의 개념과 과학사적인 개념 변천의 유사성을 고려하여 수업하는 것의 중요성을 지적하였다.

### Ⅲ. 연구의 절차

이 연구에서는 물체의 운동에 관련된 과학사적 관점을 분석하고 이를 토대로 설문지를 개발한 후, 공통과학을 복수 전공하는 대학생들 중에서 물리교육을 전공하는 대학생들과 다른 과학 관련 교육을 전공하는 대학생들로 구분하여 설문지를 통해 이들이 가지는 관점을 비교 분석하였다. 먼저 연구 대상 및 이들을 조사한 시기는 다음과 같다.

### 1. 연구 대상 및 조사 시기

지방의 한 사범대학에 재학 중인 대학생들을 대상으로 하였으며, 공통과학을 복수전공하는 대학생 중에 물리교육을 전공하는 대학교 2학년생 20명과 다른 과학 관련 교육(화학교육, 생물교육, 지구과학교육, 환경교육)을 전공하는 대학교 2학년생 34명을 선정하였다. 설문지 조사 대상의 성별, 전공별 인원수는 Table 1과 같다.

Table 1. Major and sex of pre-service teachers Number (%)

Major	Sex		Total	
	Male	Female		
Physics	15	5	20	
Non - Physics	Chemistry	2	6	8
	Biology	6	16	22
	Earth Science	1	-	1
	Environment	1	2	3
Total	25	29	54	

설문 조사의 시기는 2학년 2학기 중이었으며, 연구 대상 학생들이 이수하는 전공과목 담당 교수의 양해를 얻어서 수업 시간의 일부를 할애하여 설문조사를 실시하였다. 해당 학년과 학과의 학생들 중에서 연구에 참여하기를 원하는 학생들에게만 자료를 얻었기 때문에 학과별로 연구 대상 인원수에 편차가 컸다. 이들은 모두 1학년 때 '일반물리' (3학점)과 '일반물리실험' (1학점)을 이수하였으며, 물리교육을 전공하는 학생들의 경우에는 2학년 1학기에 '역학 1' (3학점)을 필수 과목으로 이수하고 '역학 2' (3학점)를 대부분 선택하여 이수하였다. 그러나 다른 과학 관련 교육을 전공하는 학생들은 더 이상 필수 과목으로 역학에 관련된 수업을 받지 않았다. 물리를 전공한 학생들은 대부분 고등학교에서도 물리 I과 물리 II를 이수하였으나, 다른 과학 관련 과목을 전공하는 학생들은 대부분 고등학교에서도 물리 관련 과목을 선택 과목으로 이수하지 않았다.

### 2. 물체의 운동에 관한 과학사적 관점 분석

물체의 운동에 관한 관점을 과학사적으로 분석하기 위하여 고대 아리스토텔레스에서부터 현 교육과정의 마지막 관점인 뉴턴에 이르기까지 당대의 대표적인 과학자들의

사고를 여러 과학사 관련 문헌 연구를 통해 분석하였다. 그리고 연구자들이 모여서 여러 번의 토의를 거쳐서 물체의 운동에 관한 과학사적 관점이 뚜렷하게 구분되는 유형을 크게 세 가지로 나누었다. 이는 각각 운동의 원인, 운동의 형태, 운동의 보존으로, 이에 관련된 사고의 변천을 Table 2에 제시하였다.

1) 운동의 원인

아리스토텔레스는 물체의 외부에서 운동의 원인이 제공되어야 운동은 유지되고 운동의 원인이 없으면 물체는 정지한다고 보았다. 따라서 운동하는 물체는 비록 등속 운동을 한다고 해도 외부에서 그 운동의 원인(mover)이 계속 제공되어야 한다고 생각하였다. 그리고 그는 물체가 운동할 때 그 주변에 존재하는 공기가 물체의 운동에 영향을 미칠 것이라고 생각하였다(송진웅 등, 1998). 그러나 중세 시대에 이르러 여러 학자들에 의해 임페투스라는 개념이 형성되어 물체의 운동을 설명하게 되었다. 이 관점에 의하면 물체는 자체가 가지는 기동력에 의해 움직이는 것이다(오진곤, 1996). 이러한 사고에 큰 변화가 없다가 뉴턴에 이르러 물체는 마찰이 없을 때 등속 운동을 하는 관성의 개념과 물체의 속도가 변화하는 원인으로서의 힘 개념이 형성되었다(김영식과 임경순, 2001). 이러한 개념이 형성되기까지는 갈릴레오의 이상화 조건에 대한 사고와 데카르트의 직선 관성 등의 개념이 필요하였으나 궁극

적으로 물체의 운동을 관성과 힘의 개념으로 정립한 최초의 사고는 뉴턴부터 시작되었다고 볼 수 있다. 우리나라 과학교육과정에서도 물체의 운동은 뉴턴의 관점으로 가르치도록 제시되어 있다.

2) 운동의 형태

운동의 형태 중에서 과학사적 관점이 뚜렷하게 대비되는 것은 포물선 운동과 원운동이다. 중세의 임페투스설에서는 특별히 포물선 운동에 대한 언급이 없었으며, 모든 물체는 처음에 받은 힘에 의해 운동하다가 그 힘이 떨어지면 멈추거나 자유낙하하는 것으로 설명하였다(양승훈 등, 1996). 갈릴레오는 최초로 포물선 운동을 수평 방향의 등속 운동과 수직 방향의 가속 혹은 감속 운동으로 나누어 해석하면서 처음으로 물체의 운동을 분해하거나 합성하여 이해하는 관점을 형성하였다(양승훈, 1996). 그러나 그는 등속 운동의 경우 힘이 작용하지 않는 관성의 개념은 가지고 있지 않았으므로 등속 운동을 하는 수평 방향으로도 힘이 작용한다고 생각하였다. 그 후 뉴턴은 수평 방향의 등속 운동을 관성의 개념으로, 수직 방향의 가속이나 감속 운동을 힘 개념으로 새롭게 해석함으로써 속도의 변화로 힘을 이해하는 관점을 형성하였다.

한편 원운동의 경우에는 아리스토텔레스 시대부터 갈릴레오까지 천상계에서 일어나는 자연스러운 운동이라고 보았다. 따라서 힘이 작용하지 않을 때 일어나는 운동이라

Table 2. Changes of thoughts about motion of objects based on the representative scientist of those days

Representative scientist of those days	Cause of movement	Form of movement		Preservation quantity of movement
		Parabolic	Circular	
Aristoteles	Outside mover			
The middle ages	Impetus of object	Impetus of object	Natural motion	
Galileo		Divided force into horizontal and perpendicular direction		
Descartes				Speed*weight
Huygens			Centrifugal force	Square of velocity * weight (energy)
Newton	Inertia and force	Inertia of horizontal direction and force of perpendicular direction (focus on change of velocity)	Centripetal force	Velocity*weight

고 생각하였다(김영식, 2002). 그러나 호이겐스는 원운동 하는 물체는 끊임없이 접선 방향으로 튀어 나가려는 경향이 있음을 확인하고 원운동 하는 물체에는 **원심력이 작용**한다고 보았다(김영식과 임경순, 2001). 그 후 뉴턴은 원운동이 비록 등속력이지만 운동의 방향이 계속 바뀌므로 벡터의 개념인 속도는 계속 변한다고 보고, 이로부터 원운동 하는 물체에는 **구심력이 작용**한다고 보았다(김영식과 임경순, 2001). 따라서 물체의 운동 방향으로 힘을 고려한 호이겐스의 관점과 속도의 변화로부터 힘을 고려한 뉴턴의 관점은 시각의 차이가 있다고 말할 수 있다.

### 3) 운동의 보존

물체가 운동할 때 보존되는 양에 대한 개념은 데카르트가 처음 생각하였으며 그 이전까지는 이러한 관점을 찾기 어렵다. 데카르트 관점에 따르면 운동량은 **물체의 무게와 속력**에 비례한다(김영식, 2002). 그리고 물체의 운동 중에 운동량은 보존되며, 다른 물체와 충돌하면 운동량의 일부가 전달되지만 총 운동량은 변화하지 않는다. 따라서 완전 탄성의 경우에 공의 운동 방향이 바뀌어도 운동량은 보존된다. 호이겐스는 데카르트의 속력 개념 대신에 속도 개념을 도입하였기 때문에 완전 탄성에서 공의 방향이 바뀌면 운동량이 보존되지 않는 문제가 생긴다. 이를 해결하기 위하여 그는 **운동 속도를 제곱**하여 운동의 방향이 바뀌어도 보존되는 **에너지의 개념**을 형성하였다(김영식, 2002).

뉴턴은 물체 사이에 작용하는 상호작용으로 힘의 개념을 도출하였다. 또한 물체가 운동을 할 때 보존되는 운동량은 **물체의 질량과 속도**에 비례한다(오원근과 김재우, 2002). 이에 따르면 공이 다른 물체와 충돌하면서 운동 방향만 바뀌고 속력은 동일하다고 가정해도 벡터의 개념으로 속도는 변한 것이기 때문에 공과 부딪친 물체의 움

직임을 고려해야 운동량은 보존된다.

### 3. 설문지 개발

분석한 물체의 운동에 관한 과학사적 관점들이 잘 드러날 수 있는 설문 문항을 각 유형마다 2개씩 개발하였다. 운동을 일으키는 원인에 대한 생각을 알아보기 위해서 정지한 물체와 등속 운동하는 물체를 비교하는 문항과 중력이 작용하지 않는 곳에서 쏜 화살의 움직임에 예측하는 문항을 개발하였다. 그리고 운동의 형태에 따라 작용하는 힘의 개념을 파악하기 위하여 포물선 운동의 경우와 원운동의 경우에 해당하는 문항을 개발하였다. 마지막으로 물체가 운동할 때 보존되는 양의 개념을 알아보기 위하여 완전 탄성을 가정한 공의 되튐 현상에 관련된 문항과 정지한 공에 충돌하는 공에 관련된 문항을 제시하였다. 문항은 과학사적 관점을 포함하는 답지 중에서 자신의 생각과 일치하는 것을 고르는 선택형과, 자신의 생각을 잘 나타내는 답이 없을 때 자신의 생각을 적도록 칸을 제시하는 형태가 혼합된 유형으로 구성하였다.

이 설문지는 힘과 운동의 개념을 다루는 중등학교 학생들과 예비 교사들, 그리고 과학 교사들 모두에게 투입할 수 있는 수준으로 내용을 구성하여, 앞으로 각 연구 대상자들의 결과를 비교할 수 있도록 하였다.

처음 개발된 문항들은 고등학교 2학년 학생 12명에게 투입하여 문제점을 수정, 보완하였다. 1차 수정된 문항은 과학교육을 전공하는 대학원생 10인에게 다시 투입하였다. 그 결과를 토대로 수정된 설문지는 물리교육과에 재학하는 대학교 4학년생 22명에게 내용 타당도를 검증받았다. 그 결과는 Table 3에 제시하였다.

타당도 지수는 5점 만점으로, 중간 점수인 3이 '보통이다'이기 때문에 이보다 높은 점수는 문항을 타당하다고

Table 3. Degree of validity of questionnaire items

Domain	Questionnaire item	1st degree of validity	2nd degree of validity
Cause of movement	Objects with uniform velocity	3.4	3.8
	Movement of arrow	3.5	3.8
Form of movement	Parabolic motion	4.1	4.1
	Circular motion	3.9	3.9
Preservation of movement	Elastic collision	3.5	3.5
	Collision with standing object	2.6	delete

생각하는 것을 의미하며, 이보다 낮은 점수는 타당하지 않다고 생각하는 것을 의미한다. 따라서 '정지한 공에 충돌하는 공'에 관련된 문항은 타당도 지수의 문제 때문에 개발한 최종적인 문항에서 배제하였다. 최종적으로 운동에 관련된 과학사적 관점을 알아보는 유형의 문항을 각각 2개씩 개발하는 과정에서 운동의 보존량에 대한 관점을 알아보는 문항만 하나로 축소되어 학생들의 과학사적 관점을 분석하는데 제한점이 따른다.

최종적으로 마지막 문항을 삭제하고 그 외에도 지적된 사항들을 고려하여 수정된 설문지는 물리교육을 전공하는 대학원생 17명에게 다시 한번 내용 타당도를 검증받았다. 그 결과도 역시 Table 3에 제시하였다. 각 문항의 타당도 지수는 적절하다고 판단되었으며, 신뢰도를 알아보기 위하여 동일 연구 대상자들을 중심으로 검사-재검사 신뢰도를 조사한 결과 0.87로 매우 양호하게 나타났다.

#### IV. 연구 결과 및 논의

##### 1. 운동의 원인에 대한 개념 분석

중등 예비 과학 교사들의 운동의 원인에 대한 생각을 알아보기 위하여 '정지한 물체와 등속 운동하는 물체'의 경우와 '화살의 움직임'의 경우를 각각 제시하였다. 이에 대한 예비 과학 교사들의 관점은 다음과 같다.

###### 1) 정지한 물체와 등속 운동하는 물체

이 문항은 '한 물체는 정지해 있고, 다른 물체는 일정한 속도로 움직이고 있다. 이 상황에 대해 가장 잘 설명한 것은?(단, 공기의 저항이나 마찰력은 고려하지 않는다.)'이라는 질문과 함께 일정한 속도로 움직이는 공의 그림과 정지해 있는 공의 그림을 제시하는 것으로 구성되었다.

선택형으로 제시된 답지 중에서 운동의 원인이 외부로부터 계속 제공되어야 한다고 생각하는 아리스토텔레스의 관점을 포함하는 답지로는 '정지해 있는 물체는 힘을 받

지 않고, 움직이는 물체는 외부로부터 힘을 계속 받아서 운동한다.'로 제시하였다. 그리고 증세시대에 형성된 임페투스 개념을 포함하는 답지로는 '정지해 있는 물체는 힘을 받지 않고, 움직이는 물체는 처음에 받은 힘을 가지고 운동하는 것이다'로 제시하였다. 이는 물체가 운동하려면 외부로부터 힘이 계속 제공되어야 한다는 아리스토텔레스의 관점과 달리 운동의 원인을 물체 내부에 존재하는 것으로 생각하는 것이다. 운동을 시작하는 초기에는 외부로부터 힘을 제공받아야 한다는 생각은 동일하지만, 그 후에 운동을 지속하는 원인에 대한 관점에서 차이가 있다고 보았다.

'정지해 있는 물체나 움직이는 물체 모두 힘을 받고 있지 않다'는 관점은 등속 운동하는 물체의 경우 힘이 작용하지 않는다는 뉴턴 관점을 포함한 답지로 제시하였다. 그리고 과학사적 관점은 아니지만 답지의 유형을 고려하여 '정지해 있는 물체나 움직이는 물체 모두 힘을 받고 있다'는 관점도 제시하였다. 이 답지를 선택한 경우는 기타의 항목으로 분류하였다. 그 외에도 자신의 생각을 자유롭게 응답한 경우 중에 과학사적 관점이 뚜렷하게 드러나지 않는 경우를 기타 항목으로 묶었다. 이 문항에 대한 예비 중등 과학 교사들의 응답 유형은 Table 4와 같다.

물리교육을 전공하는 중등 과학 예비 교사들 중에서 정지한 물체와 등속 운동하는 물체를 관성과 뉴턴의 힘 관점으로 이해하는 경우는 75%였고, 다른 과학 관련 교육을 전공하는 예비 교사들의 경우는 50%였다. 물리교육을 전공하지 않는 예비 교사들보다 물리교육을 전공하는 예비 교사들 중에서 관성과 뉴턴의 힘 관점을 가지는 비율이 높았지만, 25%의 물리교육 전공자들과 50%의 다른 과학 교육 분야 전공자들은 현 과학교육과정에서 요구하는 이러한 관점을 가지지 못하였다는 점은 주목할 만 하다.

기타의 응답 중에는 정지한 물체도 힘을 받는다는 응답이 많았다. 이에 대한 설명을 보면, 제시한 문항에서 지구의 중력 상황을 언급하지 않았음에도 불구하고 예비 교사들은 제시한 물체의 운동을 지구에서의 운동으로 가정하

Table 4. Pre-service science teachers' viewpoints of science history on objects with uniform velocity Number (%)

Major \ Viewpoint	Outside mover	Impetus	Inertia & Force	Others	Total
Physics	-	3(15)	15(75)	2(10)	20(100)
Non-Physics	-	8(23)	17(50)	9(27)	34(100)
Total	-	11(20)	33(61)	10(19)	54(100)

고 중력을 고려하여 물체가 정지하더라도 힘의 평형을 유지한 상태로 이해하는 경우가 많았다. 이는 뉴턴의 관점대로 물체의 운동 속도의 변화를 근거로 힘의 작용에 대해 추론하지 않고, 이미 배운 중력에 대한 지식을 물체의 운동 상황에 기계적으로 적용하여 나타난 현상이라고 볼 수 있다.

## 2) 화살의 움직임

운동의 원인에 대한 학생들의 생각을 다른 각도로 확인하기 위하여 ‘화살을 쏘면 공기 중에서 어떻게 될까?(단, 중력의 효과는 고려하지 않는다.)’라는 문항을 제시하였다. 이 때 학생들이 문항에서 지시하지 않아도 기계적으로 지구 상황에서의 중력을 고려한 운동을 생각하지 않도록 중력의 효과를 고려하지 않는다는 조건을 특별히 명시하였다.

선택형으로 제시한 답지 중에서 운동의 원인이 외부의 공기라는 아리스토텔레스의 관점을 포함하는 답지로 ‘화살이 진행하게 되면 뒷부분은 진공이 된다. 그러면 앞부분의공기가 진공인 뒤 방향으로 빨려가 화살을 진행 방향으로 민다.’는 내용을 제시하였다. 이 관점은 유체 역학에서 다루는 베르누이의 정리와 유사한 관점이라고도 할 수 있다. 중세 시대의 임페투스 관점은 물체가 가지고 있는 힘이 운동을 통해 소모된다는 것이므로 ‘화살을 쏘 때 받은 힘은 날아가면서 소모된다. 화살이 가지고 있는 힘이

모두 소모되면 화살은 멈춘다.’는 답지를 이 관점으로 제시하였다.

‘공기의 저항을 무시한다면 날아가는 화살에는 힘이 작용하지 않는다. 단지 처음 운동 상태를 그대로 유지하는 것이다.’라는 관점은 뉴턴 관점으로 제시하였다. 만약 중력과 공기의 저항을 무시한다면 화살은 힘을 받지 않기 때문에 우주에서의 운동과 마찬가지로 계속 등속 운동을 하게 될 것이기 때문이다. 그 외의 자신의 생각은 기타의 답란에 적도록 하였다. 이 문항에 대한 예비 중등 과학 교사들의 응답 유형은 Table 5에 제시하였다.

물리교육을 전공하는 예비 과학 교사들은 대부분 화살의 움직임을 관성으로 이해하는 뉴턴의 관점을 가지고 있었다. 그러나 물리교육을 전공하지 않는 예비 중등 과학 교사들 중 35%는 물체의 운동 원인을 외부의 기동자(이 경우에는 공기의 추진력)로 생각한 아리스토텔레스의 관점을 가졌으며, 12%는 중세 시대의 임페투스 관점을 가지고 있는 것으로 나타났다.

물체의 운동 원인에 대한 예비 중등 과학 교사들의 과학사적 관점에 일관성이 있는지 알아보기 위하여, 정지한 물체와 등속 운동하는 물체에 관련된 문항과 화살의 움직임에 관련된 문항에 대한 예비 교사들의 관점을 교차하여 분석하였다. 이때 물리교육을 전공하는 예비 교사들의 경우(Table 6)와 다른 과학 관련 교육을 전공하는 예비 교사들의 경우(Table 7)로 구분하여 비교하였다.

**Table 5.** Pre-service science teachers' viewpoints of science history on movement of arrow Number (%)

Major	Viewpoint	Outside mover	Impetus	Inertia & Force	Total
	Physics	-	-	1(5)	19(95)
Non-Physics	12(35)	4(12)	18(53)	34(100)	
Total	12(22)	5(9)	37(69)	54(100)	

**Table 6.** Science historical viewpoints of pre-service science teachers majoring physics on cause of movement Number (%)

Uniform velocity	Arrow motion	Outside mover	Impetus	Inertia & Force	Total
	Outside mover	-	-	-	-
Impetus	-	-	3(15)	3(15)	3(15)
Inertia and force	-	-	15(75)	15(75)	15(75)
Others	-	1(5)	1(5)	2(10)	2(10)
Total	-	1(5)	19(95)	20(100)	

**Table 7.** Science historical viewpoints of pre-service science teachers majoring non-physics science on cause of movement

					Number (%)
Uniform motion	Arrow motion	Outside mover	Impetus	Inertia & Force	Total
	Outside mover		-	-	-
Impetus		4(11)	1( 3)	3( 9)	8( 23)
Inertia and force		6(18)	3( 9)	8(23)	17( 50)
Others		2( 6)	-	7(20)	9( 26)
Total		12(35)	4(12)	18(53)	34(100)

물체의 운동 원인을 알아보는 두 문항 모두에서 관성과 뉴턴의 힘 관점으로 이해하는 비율은 물리교육을 전공하는 예비 중등 과학 교사들의 경우에 75%였지만, 물리교육을 전공하지 않는 예비 중등 과학 교사들의 경우에는 23%로 매우 낮았다. 따라서 운동의 원인에 관한 개념에서는 물리교육을 전공하는 예비 중등교사들과 물리교육을 전공하지 않는 예비 교사들 사이에 차이가 뚜렷하게 나타났다.

예비 중등과학 교사들의 대부분은 앞으로 교사가 된 후에 중학교나 고등학교의 과학 과목에서 물체의 운동을 관성과 뉴턴의 힘 개념으로 지도할 가능성이 높다. 이 경우 비록 교과서라는 매개체가 존재하지만, 교사의 관점은 학생들에게 전달될 가능성이 높다. 따라서 이러한 문제가 앞으로 발생하지 않도록 예비 교사 교육에서 그 해결방안을 찾아보아야 할 것이다.

## 2. 운동의 형태에 따른 개념 분석

물체가 포물선 운동을 하는 경우와 원운동을 하는 경우에 대한 예비 중등 과학 교사들의 개념이 과학사적으로 어떠한 관점에 해당하는지 알아보았다.

### 1) 포물선 운동

이에 관한 문항은 '대포에서 포탄을 쏘아 올렸을 때 포탄의 움직임이 자신의 생각과 가장 유사한 것을 고르라'는 것이었다. 중세의 임페투스설에 따르면 물체가 처음에 받은 힘을 가지고 운동하다가 이를 모두 소모하면 자유낙 하하거나 멈추게 된다. 이러한 생각을 포함한 답지로 '처음 대포가 향한 방향으로 포탄은 힘을 받아 움직인다. 그리고 그 힘이 떨어지면 포탄은 공기보다 무거우므로 자연스럽게 아래방향으로 떨어지게 된다.'는 내용을 제시하였

다.

반면 갈릴레오의 관점에서는 물체의 운동을 수평방향과 수직방향으로 구분하여 이 각각의 운동을 해석하였다. 그러나 뉴턴과 달리 그는 물체가 가지는 힘이 소모되면서 운동에 변화가 일어난다는 임페투스의 관점을 여전히 가지고 있었다. 이러한 생각을 포함하는 답지로 '포탄의 움직임은 수직 방향과 수평 방향으로 구분할 수 있다. 수직 방향으로서는 처음에 힘을 받은 방향이 위 방향이므로 이 방향으로 포탄이 움직인다. 정지해 있을 때에는 수직방향으로는 힘을 받지 않는다. 포탄이 아래로 떨어질 때에는 아래 방향으로 힘을 받는다. 그리고 수평 방향으로서는 처음 가졌던 힘이 소모되지 않으므로 같은 속도로 계속 움직인다. 이 두 움직임을 합성하면 포탄의 움직임을 알 수 있다.'는 내용을 제시하였다.

그리고 마지막으로 뉴턴의 관점으로 '수직 위 방향으로 속력이 감소하다가 아래 방향으로 속력이 증가하는 변화가 일어나는 것으로 보아 힘은 처음부터 포탄의 아래 방향으로 작용했음을 알 수 있다. 그리고 수평 방향으로 속도의 변화가 없으므로 날아가는 포탄에 힘이 작용하지 않은 것이다.' 라는 내용의 답지를 제시하였다. 각각의 답지는 그 설명 내용이 길기 때문에 힘이나 운동 방향을 화살표로 표시한 관련 그림(Fig. 1)을 같이 제시하였다. 그림에서 삼각대는 포탄을 고정시키는 장치로, 긴 직사각형은 포탄을 표현한 것으로 제시하였다. 그리고 점선 화살표는 물체의 운동 방향을, 실선 화살표는 힘의 방향을 표현한 것으로 제시하였다.

이 문항에 대한 예비 중등 과학 교사들의 응답 유형은 Table 8에 제시하였다.

물리교육을 전공하는 예비 중등 과학 교사들의 70%는 포물선 운동을 수평 방향의 관성과 중력으로 구분하는 뉴턴의 관점을 가지고 있었다. 그러나 30%는 수직 방향의



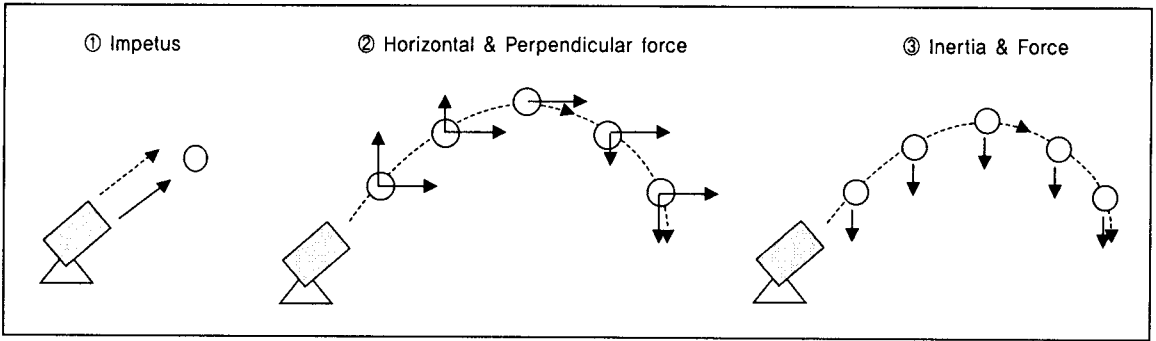


Fig. 1. Illustrations for scientific history viewpoints in parabola motion

Table 8. Pre-service teachers' viewpoints of science history on parabola motion Number (%)

Major \ Viewpoint	Impetus	Horizontal & Perpendicular force	Inertia & Gravitation	Total
Physics	-	6(30)	14(70)	20(100)
Non-Physics	-	27(79)	7(21)	34(100)
Total	-	33(61)	21(39)	54(100)

Table 9. Pre-service teachers' viewpoints of science history on circle motion Number (%)

Major \ Viewpoint	Natural motion	Centrifugal force	Inertia & Force	Others	Total
Physics	-	1(5)	19(95)	-	20(100)
Non-Physics	3(9)	9(26)	20(59)	2(6)	34(100)
Total	3(6)	9(17)	40(73)	2(4)	54(100)

힘과 수평 방향의 힘으로 포물선 운동을 생각함으로써 수평 방향의 운동을 관성으로 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 물리교육을 전공하지 않는 예비 중등과학 교사들의 경우에는 21%에 해당하는 7명만이 뉴턴의 관점으로 포물선 운동을 이해하였으며, 79%는 관성과 뉴턴의 힘의 개념으로 포물선 운동을 이해하지 못하였다. 그리고 갈릴레오와 같이 수직 방향의 힘과 수평 방향의 힘으로 나누어 이해하였다.

## 2) 원운동

원 운동하는 물체에 작용하는 힘을 묻는 문항에서는 아리스토텔레스 시대부터 갈릴레오까지 지속되어 온 자연스러운 운동의 개념을 포함한 답지로 '속력이 일정한 원운동은 관성 때문에 힘이 없어도 일어난다.'는 내용을 제시하였다. 그리고 호이겐스의 생각과 같이 원심력을 고려한

답지로는 '원 운동하는 물체는 바깥 방향으로 힘이 작용한다. 그래서 줄이 끊어지면 원궤도 바깥 방향으로 튀어나간다.'는 내용을 제시하였다. 이 관점은 물체의 운동 방향으로 힘이 작용한다는 개념이므로 임페투스 설과도 관련이 있다. 마지막으로 뉴턴이 생각한 속도의 변화 개념은 비록 등속력 운동이라고 하더라도 운동의 방향이 변화하면 속도는 변화한 것이기 때문에 '속력이 일정한 원운동은 방향이 바뀌었기 때문에 힘이 작용하였음을 알 수 있다.'는 답지로 표현하였다. 이때 뉴턴은 물체가 원운동하면서 접선 방향으로 튀어 나가려는 경향을 관성으로 이해하고 원의 안쪽 방향으로 꺾이는 것을 구심력이라는 힘이 작용하기 때문으로 본 것이다. 이 문항에 대한 예비 중등 과학 교사들의 응답 유형은 Table 9에 제시하였다.

물리교육을 전공하는 예비 중등 과학 교사들의 95%는 뉴턴과 같이 구심력이 작용하는 것으로 원운동을 이해하

고 있었다. 그러나 물리교육을 전공하지 않는 다른 예비 중등 과학 교사들은 59% 만이 이러한 생각을 가지고 있었다. 그리고 26% 는 호이겐스와 같이 원심력이 작용하는 운동으로 이해하고 있었으며, 9% 는 아리스토텔레스부터 갈릴레오까지 지속되어 온 자연스러운 운동, 즉 힘이 작용하지 않는 운동으로 이해하고 있었다.

운동의 형태에 따라 물체에 작용하는 힘의 개념에 일관성을 가지는지 알아보기 위하여 포물선 운동에서의 응답 유형과 원운동에서의 응답 유형을 교차하여 분석하였다. 이때 물리교육을 전공하는 예비 중등 교사들의 경우 (Table 10)와 다른 과학 관련 교육을 전공하는 예비 교사들의 경우(Table 11)를 구분하여 비교하였다.

교차 분석한 결과, 물리교육을 전공하는 중등 예비 교사들의 70% 만이 일관성 있게 관성과 뉴턴의 힘에 대한 관점을 가지고 있었다. 그리고 다른 과학 관련 교육을 전공하는 중등 예비 교사들은 18% 만이 현 중등과학교육과정에서 요구하는 관성과 뉴턴의 힘에 관한 관점을 가지고 있었다. 따라서 물리교육을 전공한 예비교사들과 물리교육을 전공하지 않은 중등 과학 예비교사들의 경우에 운동의 형태에 따른 힘의 관점이 확연히 차이를 알 수 있었다.

### 3. 운동의 보존량에 대한 개념 유형

물체가 운동할 때 보존되는 양에 대한 개념에 대한 중등 예비 과학 교사들의 생각을 알아보기 위하여 '벽에 부딪쳐 튕겨 나오는 공'의 경우를 제시하였다. 문항의 내용은 '속력  $v_1$ 으로 날아온 공이 벽에 충돌한 후 반대방향으로  $v_1$ 의 속력으로 튕겨 나갔다. 이 상황을 가장 잘 설명한 것은?(단, 벽과 공은 완전 탄성충돌로 가정한다.)'이다. 물체가 운동할 때 보존되는 양의 개념은 데카르트가 처음 고안해 내었으며, 데카르트의 관점에서는 운동량을 속력의 관계로 보기 때문에 완전 탄성의 경우에 공의 운동 방향이 바뀌어도 질량과 속력의 곱은 보존된다. 따라서 이에 해당하는 답지로 '공의 운동방향이 바뀌어도 속력이 같으므로 운동량은 보존된다.'는 내용을 제시하였다.

그러나 호이겐스의 관점에서 볼 때 운동량은 방향성을 고려하는 속도에 관계하므로, 질량과 속력의 곱으로 표현되는 운동량은 보존이 되지 않는다. 따라서 운동에서 보존되는 양의 개념을 가지기 위해서는 속도를 제곱하여 질량과 곱한 에너지의 개념이 필요하였다. 이 때문에 호이겐스는 운동 에너지의 개념을 만들었고, 이를 '살아있는 힘'이라고 표현하였다(김영식, 2002). 이러한 관점에 해당하는 답지로 '공의 운동방향이 바뀌었으므로 운동량은 보존이 안 된다.' 라는 내용과 '공의 속도는 운동 방향 때문에 바뀌어 운동량은 보존되지 않지만, 속도의 제곱에 비

Table 10. Science historical viewpoints of pre-service teachers majoring physics on the forms of motion Number (%)

Circle motion \ Parabola motion	Impetus	Horizontal & Perpendicular force	Inertia & Force	Total
Natural motion	-	-	-	-
Centrifugal force (Impetus)	-	1( 5)	-	1( 5)
Inertia & Force	-	5(25)	14(70)	19( 95)
Others	-	-	-	-
Total	-	6(30)	14(70)	20(100)

Table 11. Science historical viewpoints of pre-service teachers majoring non-physics science on the forms of motion Number (%)

Circle motion \ Parabola motion	Impetus	Horizontal & Perpendicular force	Inertia & Force	Total
Aristoteles	-	3( 9)	-	3( 9)
Huygens	-	8(24)	1( 3)	9( 26)
Newton*	-	14(41)	6(18)	20( 59)
Others	-	2( 6)	-	2( 6)
Total	-	27(79)	7(21)	34(100)

Table 12. Pre-service teachers' viewpoints of science history on preservation quantity of movement Number (%)

Major	Speed * Mass	Energy	Velocity * Mass	Others	Total
Physics	12(60)	6(30)	1( 5)	1(5)	20(100)
Non-Physics	15(44)	12(35)	5(15)	2(6)	34(100)
Total	27(50)	18(33)	6(11)	3(6)	54(100)

레하는 에너지 값은 일정하므로 에너지 보존법칙은 성립한다.' 는 내용을 제시하였다.

뉴턴 관점에서는 공이 벽에 부딪치는 순간 공의 속도가 감속하므로 반대 방향으로 힘이 작용한 것이다. 따라서 벽이 힘을 받아 뒤로 밀려나야 공의 질량과 속도의 곱으로 표현된 운동량은 벽의 질량과 속도의 곱으로 표현되는 운동량과 동일하게 되어 보존되므로 벽의 이동을 고려하여야 한다. 이 문항에서 표현하지 않았으나 이 문항의 타당도를 검사 의뢰받은 대부분의 물리 전공자들이 기계적으로 '벽이 지구 표면에 붙어 있다' 는 가정을 하고 이 때문에 벽이 움직일 수 없다고 생각하였기 때문에 타당도를 검증하는 과정에서 이에 관련된 사고를 표현한 답지에 대해 부정적으로 생각하였다. 따라서 여러 번에 걸쳐서 답지의 내용을 수정하였다. 그러나 이 사고는 뉴턴의 관점을 정확하게 대변하는 것이라고 판단하였으므로, 최종적으로 '공에 부딪힌 벽이 일정 속도를 갖고 뒤로 물러나므로 운동량은 보존되는 것이다.' 라는 형태로 이 관점을 표현하였다. 이 문항에 대한 응답 유형은 Table 12에 제시하였다.

물리교육을 전공하는 예비교사들의 5%와 다른 과학 관련 교육을 전공하는 예비교사들의 15%만이, '공에 부딪힌 벽이 일정 속도를 갖고 뒤로 물러나므로 운동량은 보존된다' 는 뉴턴의 관점을 가지고 있었다. 그리고 데카르트가 생각한 것처럼 속력과 질량의 곱으로 운동량을 이해하는 비율이 물리교육 전공 예비 교사들은 60%, 다른 과학 관련 교육을 전공하는 예비 교사들은 44% 였다. 즉 이들은 운동량에 관련된 값을 벡터가 아닌 스칼라의 양으로 이해하고 있었다. 그리고 힘의 개념을 물체 사이의 상호 작용으로 이해하기 보다는, 움직임이 눈으로 관찰되는 물체에 만 초점을 맞추어 생각함을 알 수 있었다. 운동에서 보존되는 양에 대한 개념은 물체의 운동 원인이나 물체의 운동 형태에 대한 개념과는 달리 물리교육을 전공하는 예비 교사들과 다른 과학 관련 교육을 전공하는 예비 교사들의 경우에 그 차이가 두드러지지 않았다. 그리고 물리교육을

전공하지 않는 예비 교사들의 경우에 벡터인 속도의 개념으로 운동량을 이해하는 뉴턴의 관점을 가지는 비율(15%) 이 물리교육을 전공하는 예비 교사들의 경우(5%)보다 오히려 더 높았다. 그러나 전반적으로 볼 때 예비 중등 과학 교사들의 운동량 보존에 관련된 개념이 제대로 형성되어 있지 못함을 알 수 있다. 물체의 운동에서 운동량 개념의 중요성을 고려할 때 이러한 현상은 예비 교사 교육을 통해 해결해야 할 중요한 문제라고 할 수 있다.

## V. 결론 및 제언

이 연구에서는 문헌 고찰을 통해 물체의 운동에 대한 과학사적 변천을 고대 그리스 시대의 철학적 관점으로부터 오늘날 과학교육과정에서 제시하는 뉴턴의 관점까지 다양하게 구분하고, 이를 토대로 운동의 원인, 운동의 형태, 운동에서 보존되는 양에 관련된 설문 문항을 개발하였다. 그리고 개발된 설문지를 통해 중등 과학 예비 교사들의 응답을 공통과학을 전공하는 물리교육 전공자와 다른 과학 관련 교육 전공자들로 구분하고 과학사적 관점을 중심으로 비교 분석하였다. 그리고 이를 통해 예비교사교육에 주는 시사점을 도출하고자 하였다.

연구 결과, 물리교육을 전공하는 중등 과학 예비 교사들은 다른 과학 관련 교육을 전공하는 중등 예비 교사들에 비해 '운동의 원인' 에 있어서는 뚜렷하게 관성의 개념과 뉴턴의 힘 개념을 형성하고 있는 것으로 분석되었다. 그러나 화학이나 생물, 지구과학이나 환경 등과 같이 물리 이외의 과학 관련 교육을 전공하는 중등 과학 예비 교사들의 경우에는 현 중등 과학교육과정에서 요구하는 이러한 개념을 제대로 형성하지 못하고 과학사적으로 볼 때 이보다 전 시대의 사고들과 관련된 개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 두 번째 연구 문제인 '물체의 운동 형태' 에 따른 사고의 경우에도 마찬가지로 나타났다.

그러나 세 번째 연구 문제인 '운동에서 보존되는 양' 에

대한 사고의 경우에는 다른 경향이 나타났다. 이 경우에는 물리교육을 전공하는 예비 교사들이나 다른 과학 관련 교육을 전공하는 예비 교사들이나 모두 운동에서 보존되는 운동량의 개념을 벡터인 속도와 질량의 곱으로 이해하는 비율이 낮았다. 이는 학생들이 벡터인 속도의 개념과 스칼라인 속력의 개념을 제대로 구분하지 못하거나, 혹은 벡터인 속도의 개념을 고려할 때 힘이 상호 작용한다는 사실을 고려하지 못하여 운동량 대신 운동 에너지의 보존을 고려하는 문제 때문에 발생한 것이다.

물체의 운동을 이해하는 여러 과학사적 관점들은 모두 당대의 최고 철학자들이나 과학자들이 자연의 이치를 고민하는 과정에서 형성되거나 발달되었다. 따라서 그 내용들은 그 당시의 관심사를 적절하게 반영하거나 해결하는 과정들을 포함하고 있다. 그러나 이러한 관점들을 오늘날 새롭게 해석하고 비교해 볼 때 관점들 간에는 시각의 차이점이 존재한다. 예를 들어 아리스토텔레스는 외부에서 힘이 제공되어야 그 물체는 움직인다고 생각하였으나, 임페투스설에 의하면 물체 내부에 존재하는 힘에 의해 물체는 움직인다고 보았다. 이는 마찰이 존재하는 상황에서 이동하는 물체와 자유 낙하하는 물체를 각기 설명하는 과정에서 도출된 것이라고 볼 수 있다. 이러한 힘은 공통적으로 소모되거나 외부에서 전달받아 더 커질 수 있다. 이러한 힘의 개념은 오늘날 일상적인 상황을 묘사하는 용어로 흔히 사용된다. '힘을 준다, 힘을 빼앗겼다. 힘을 얻었다.' 등과 같은 일상적인 표현을 통해 우리는 힘에 대한 과학적 오개념을 형성하게 되는데, 이러한 오개념의 근간에서 과학사적으로 볼 때 과거에 형성되었고, 그 후에 전달되어 온 힘에 관련된 유사한 개념의 존재를 확인할 수 있다. 그러나 이들이 물체의 운동을 설명하기 위하여 도입하였던 힘의 개념은 오늘날 과학교육과정에서 제시하는 뉴턴의 힘 개념과는 매우 다른 관점이기 때문에 우리는 이러한 점을 예비교사 교육에서 명확하게 구분하여 제시할 필요가 있다.

물체의 운동과 관련된 이러한 관점들의 차이를 명확하게 구분하고, 오늘날 과학 교육에서 사용하는 용어와 일상생활에서 사용하는 용어가 내포하는 의미의 차이 등에 대한 명확한 이해가 선행되지 못한다면, 같은 용어, 즉 예를 들어 관성이나 운동량, 포물선 운동이나 원심력 등의 용어를 사용하면서도 서로 다른 관점을 가지게 될 가능성이 높다. 특히 예비 교사들은 자신들의 관점을 점검하고, 자신들이 사용하는 용어를 학생들이 다른 개념으로 받아

들일 수 있음을 깨닫는 과정과, 동일한 용어 속에 포함된 다양한 사고의 관점들을 이해하는 과정 등이 필요하다.

더 나아가 이러한 다양한 관점들을 제대로 정리하면서 오늘날 과학교육과정에서 추구하는 관점까지 이끌고 나갈 수 있는 교수법에 대한 관심도 기울여야 할 것이다. 과학사적 관점의 고찰은 이러한 연구에 중요한 방향을 제공해 줄 수 있을 것이다. 앞으로 예비 교사 교육에서 이러한 관점의 다양성을 고려하지 않는다면 예비 교사들이 중등학교 교육 현장에 과학 교사로 발령을 받아 나간 후에 자신이 전달하고자 하는 개념과 다른 다양한 관점들에 대해 제대로 이해하지 못하고 수업을 이끌어 가면서 어려움을 겪게 될 수 있다. 특히 이러한 문제는 물리를 전공하지 않고 중등학교에서 물체의 운동과 관련된 내용을 가르쳐야 하는 교사들의 경우에 더욱 심각하게 발생할 것이다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 우선적으로 예비 과학 교사 교육과정에 과학사적 관점의 변천에 대한 이해를 도모할 수 있는 교육이 포함되어야 할 것이라고 본다. 이를 위해 과학 교사를 양성할 때, 현재 과학교육과정에서 추구하는 한 가지 관점만을 독립적으로 제시하거나, 단순히 상황에 따라 적절하게 도입할 수 있는 관점만을 단편적으로 나열하여 제시하는 방식에서 벗어나 과학사적으로 관점들이 어떻게 변천되어 왔고, 이러한 관점들의 차이점과 공통점, 장점과 단점들이 무엇인지 고찰하는 교육이 포함됨으로써 그 시대의 사회문화적 배경 및 철학적 배경과 함께 과학의 관점들을 예비 교사들이 이해할 수 있도록 구성해야 할 것이다.

과학이 현대와 같은 체계가 확립되기까지 매우 긴 세월을 지내 왔고, 또한 지금 시점의 과학 개념이 완성된 개념이 아니라는 것을 인식하고, 과학의 본질을 이해하여 앞으로의 발전 방향을 과학사를 통해 모색해 나가는 교사 교육을 정립해 나간다면, 미래의 과학 교사들의 과학에 대한 시각과 교수 수준이 현재보다 훨씬 발전할 수 있을 것이다.

이 연구에서는 물체의 운동을 중심으로 과학사적 관점의 변천과 이에 관련된 중등 예비 과학 교사들의 전공에 따른 관점의 차이만을 분석하였다. 따라서 앞으로는 이러한 과학사적 관점의 변천 과정에 대한 이해를 촉진할 수 있는 다양한 교사 교육 프로그램의 개발과 그 교육적 효과를 알아보는 연구가 필요하다. 또한 현재 과학을 가르치는 과학 교사들과 중등학교 학생들의 과학사적 관점과 프로그램의 효과 등에 대한 연구도 병행되어야 할 것이

다. 아울러 물체의 운동 뿐 아니라 과학사적 관점의 변천이 이루어진 다양한 여러 과학의 개념들에 대한 이러한 연구도 함께 이루어져야 할 것이다.

## 국 문 요 약

이 연구에서는 물체의 운동에 대한 과학사적 변천을 아리스토텔레스 시대부터 뉴턴의 관점까지 다양하게 구분하고, 이를 토대로 설문지를 개발하였다. 설문지는 운동의 원인, 운동의 형태, 운동에서 보존되는 양의 개념을 포함하며, 이를 예비 중등 과학 교사들에게 투입하여 이들의 응답을 과학사적 관점으로 분석하였다. 연구 대상은 물리교육을 전공하는 대학교 2학년생 20명과 다른 과학관련교육을 전공하는 대학교 2학년생 34명이었다. 연구 결과, 물리교육을 전공하는 중등 예비교사들은 다른 과학관련교육을 전공하는 예비교사들보다 운동의 원인이나 운동의 형태에 관련된 개념에서는 관성과 뉴턴의 힘 개념을 가지고 있는 비율이 높았다. 그러나 이들은 전공에 상관없이 운동에서 보존되는 양에 대한 개념을 알아보는 설문지에서 운동량을 속력에 비례하는 것으로 이해한 데카르트의 관점이나 운동 에너지가 보존된다는 호이겐스의 관점을 가지는 비율이 매우 높았으며, 상대적으로 운동량을 속도에 비례하는 것으로 이해하는 뉴턴의 관점을 가지고 있지 못하였다.

## 참 고 문 헌

- 김도옥(1995). 연소에 대한 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램의 적용 효과. 한국초등과학교육학회지, 14(2), 135-148.
- 김영식(2002). 과학혁명 - 전통적 관점과 새로운 관점. 아르케: 서울.
- 김영식, 임경순(2001). 과학사신문. 다산출판사: 서울.
- 김은경(1995). 과학사적 수업이 관성 개념의 지속에 미치는 효과. 경북대학교 석사학위 논문.
- 김은선(1997). 과학사를 이용한 수업이 중학생의 과학과 관련된 태도에 미치는 영향. 이화여자대학교 석사학위 논문.
- 김은선(2001). 중학교 과학 물리 영역의 과학사를 도입한 효과-힘과 운동 단원을 중심으로-. 이화여자 대학교 박사학위 논문.
- 김현주(2000). 고등학교 물리Ⅱ 교과서의 과학사 도입 유형 분석 연구. 건국대학교 석사학위논문.
- 김홍중(1997). 과학사적 학습지도에 의한 중학생들의 낙하 운동 개념이해. 제주대학교 석사학위논문.
- 김정흠, 김용운, 나일성, 맹광호, 민영기, 박성래, 박승재, 박익수, 박택규, 이상만, 전상운, 조완규(1988). 세계자연과학사대계Ⅱ. 한국과학기술진흥재단 출판부.
- 민경숙(2000). '산소 이산화탄소' 단위 학습에서 과학사 도입의 효과. 인천교육대 교육대학원 석사학위 논문.
- 소원주, 김범기, 우종욱(1998). 과학교사들의 과학 철학적 관점이 중학생들의 과학의 본성 개념에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 18(1), 109-121.
- 송진웅, 양재섭, 김인환, 장천영, 조수경(1998). 과학의 역사적 이해. 대구대학교출판부.
- 양승훈, 송진웅, 김인환, 조정일, 정원우(1996). 과학사와 과학교육. 민음사: 서울.
- 양승훈(1996). 물리학과 역사. 청문각: 서울.
- 오원근, 김재우(2002). 뉴턴의 '프린키피아'에 나타난 '힘' 개념을 이용한 중등학생의 힘과 운동 개념 학습 지도. 새물리, 44(4), 185-192.
- 오진곤(1996). 과학사총설. 전파과학사: 서울.
- 유미현(1999). 과학사 프로그램의 개발 및 중학교 과학 수업에의 적용효과. 서울대학교 석사학위논문.
- 유진숙(1998). 과학의 본성에 대한 인식 조사 및 인식 변화에 미치는 과학사 프로그램의 효과. 서울대학교 석사학위논문.
- 이선경, 김우희(1995). 열의 오개념 교정을 위한 과학사의 도입에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 15(3), 275-283.
- 이안태(1997). 과학 교육과정의 과학사 교육 개선에 관한 연구. 고려대학교 석사학위논문.
- 임소희(2002). 과학사를 이용한 수업이 고등학생의 과학 철학적 관점의 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 조양숙, 이희순, 김도옥(1996). 초등학교에서 물질관의 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램의 적용. 한국초등과학교육학회지, 52(2), 305-314.
- 조희형, 박승재(1994). 과학론과 과학교육, 교육과학사: 서울.
- 홍준의(2002). 멘델유전학의 발달과정을 이용한 교수-학습 모듈 적용 효과. 한국교원대학교 박사학위논문.

- Allen, N. J., & Crawley, F. E. (1998). Voices from the Bridge: Worldview Conflicts of Kickapoo Students of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 111-132.
- Brush, S. G. (1989). Ernst Mach Leaves 'The Church of Physics', *British Journal for Philosophy of Science*, 40, 519-540.
- Bybee, R. W. (1993). *Reforming Science Education: Social Perspectives and Personal Reflections*. Teachers College Press: New York.
- King, B. B. (1991) Beginning Teachers' Knowledge of and Attitudes toward History and Philosophy of Science. *Science Education*, 75(1), 135-141.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2000). History and Philosophy of Science through Models: Some Challenges in the Case of 'The Atom'. *International Journal of Science Education*, 22(9), 993-1009.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of science*. London: Routledge.
- Sequeira, M., & Leite, L. (1991). Alternative Conceptions and History of Science in Physics Teacher Education. *Science Education*, 75(1), 45-56.