

과학 교과서 및 과학 교사, 고등학생들의 과학의 본성에 대한 관점 분석

김준예 · 전은경 · 백성혜*

한국교원대학교

The Analysis of the Nature of Science Views of Science Textbook, Science Teacher and High School Students

Kim, Jun-Ye · Jeon, Eun-Kyung · Paik, Seoung-Hey*

Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this research was to investigate the nature of the science views of science teachers and high school students as well as the views expressed in 10th grade science textbooks. The subjects were a high school science teacher, 18 male students and 11 female students in a 10th grade class located in Gyeongbuk Province, Korea. The data were analyzed in terms of three main categories of the nature of the science: the definition of science, the development of science, and the method of science. In the results, it was found that the textbook had an inductivism point of view, and that the teacher had a falsificationism point of view in terms of the definition of science. However, the teacher presented the inductive point of view of the textbook in the class. After the class, the students showed an inductive point of view. In terms of scientific development, the textbook represented a relativism point of view briefly, and the viewpoint of the teacher also expressed relativism. The teacher taught briefly from the relativism point of view, as in the textbook. The viewpoints of the students were inductivism and were not affected by the textbook or the explanations of the teacher. In terms of scientific methods, the viewpoints of the textbook and the teacher were falsificationism, and the teacher represented falsificationism views in her classes. The views of the students also showed falsificationism after their classes. However, before conclusions can be made, it is necessary to find concrete proof of the teaching effect on the viewpoints of the students in continuing research.

Key words: nature of science, 10th grade students, science teacher, definition of science, development of science, and method of science, inductivism, falsificationism, relativism

I. 서론

과학은 인식론, 과학사, 과학철학, 과학의 방법론 그리고 현실적 상황 등에 대한 종합적인 분석을 통해서 이해된다. 즉, 과학과 과학지식은 궁극적 물질이나 보편법칙과 같은 실제의 존재와 그 양식에 관한 기본적인 견지에 따라 서로 다르게 이해될 수 있기 때문에 과학 교육 현장에서 과학지식의 논리적 구조와 개념체계를 가르치는 것도 중요하지만 과학 및 과학지식에 대한 기본관점과 변천에 따라 과학지식이 형성되고 변화되는 배경 및 그 과정에 대한 학습지도도 매우 중요하다

(조희형, 박승재, 1994).

이러한 과학 교수-학습 활동에서 교사의 과학의 본성에 대한 신념과 이해 수준은 학생의 과학에 대한 관점을 정립하고 다양한 과학 활동을 내면화하는데 중요한 조건이 되며, 학생들의 과학관에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 강력한 변인이라는 주장이 과학교육계에서는 일종의 통념으로써 널리 수용되고 있다(Lederman, 1992). 과학의 본성에 대해 이해하는 것은 학생들이 생활 속에서 겪게 될 다양한 사회적 문제들에 대해 합리적인 의사결정을 내리는데 필요한 지식, 기술, 태도 등을 함양하기 위해서 필수적이다(Meichtry, 1992).

*교신저자: 백성혜 shpaik@knu.ac.kr

**2007.05.18(집수) 2007.07.04(1심통과) 2007.10.21(2심통과) 2007.12.07(최종통과)

우리나라에서도 제5차 과학교육과정 이후 과학의 본성에 대한 이해가 중요한 목표로 강조되어 왔으며, 현행 제7차 과학교육과정에서도 학생들의 과학적 소양을 함양시키기 위해서는 과학 지식의 형성 과정이나 과학 지식의 잠정성 등 과학의 본성을 다루어야 함을 명시하고 있다(교육인적자원부, 2000).

과학교육 영역에서 우리가 가르쳐야 하는 과학의 본성에 대한 연구는 극히 부분적으로만 진행되어 오다가, 최근에 이르러서야 과학의 본성에 관한 연구가 빈번히 이루어지고 있다(소원주, 1998). 하지만 학생들이나 교사들이 가지고 있는 과학의 본성 자체를 알아보는 연구들이 대부분이었고(권성기, 박승재, 1995; 임소희, 2002; 장병기, 1995; 조은영, 2001; 최은희, 2005; 한지숙, 정영란, 1997), 구체적인 수업 상황에서 과학 교과서에 나타난 과학의 본성이 교사에 의해 학생들에게 어떠한 방식으로 제시되는 지에 대한 연구는 드물다.

따라서 이 연구에서는 과학교과서의 포함되어 있는 과학의 본성을 교사가 수업에서 어떻게 발현하는지 수업 현장 관찰 및 심층적 면담 등을 통한 질적 연구 방법으로 알아보고, 수업에 참여한 학생들이 과학의 본성에 대한 어떠한 관점들을 가지고 있는지 알아보겠다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

경상북도교육청에 소속된 한 인문계 고등학교 1학년 9개 반 중 한 반을 선정하여 연구 대상으로 삼았다. 연구대상 학생들은 남학생 18명, 여학생 11명으로 구성되었다. 학생들의 학력수준 정도는 전국 인문계 고등학교에서 중·하위권에 해당한다. 이 학교 10학년 학생들은 교과사에서 출판한 과학교과서(정완호 등, 2001)를 사용하고 있었다.

이 연구에서 관찰한 과학교사는 10학년 과학을 2년째 수업하는 교직 경력 4년차의 20대 후반 여교사였다. 이 여교사는 연구자와 친분관계를 형성하고 있었기 때문에 사전에 연구대상으로서의 허락을 쉽게 받을 수 있었으며 수업을 관찰한 후에 인터뷰도 자발적으로 응해주었다.

2. 분석 대상 교과서

연구 대상학교에서 고등학교 1학년 학생들을 위해 선택한 과학교과서의 [I. 탐구] 단원 내용 안에 제시된 과학의 본성에 대한 관점을 분석하였다. 교과서 내용은 표 1과 같이 구성되어 있으며, 과학교과서의 첫

표 1

[I. 탐구] 단원의 구성

대단원	중단원	소단원
	I·1 과학자가 하는 일	1. 과학 2. 과학자
I. 탐구	I·2 과학에서의 탐구	1. 과학의 탐구 과정 2. 다양한 탐구의 모습
	I·3 과학과 사회	1. 과학과 우리 생활 2. 과학의 또 다른 측면

단원으로 크게 3개의 중단원으로 나누어져 있고 하나의 중단원은 각 2개의 소단원으로 구성되어 있다.

3. 검사도구

교사와 학생들이 가지고 있는 과학의 본성에 대한 관점을 알아보기 위해 소원주(1998)가 개발한 PPP 검사지를 사용하였다. 이 검사지는 ‘구획의 기준’, ‘과학 변화 양상’, ‘과학적 지식의 인스론적 지위’, ‘과학적 방법’의 4가지 영역으로 구분하고 각 영역의 하위 문항으로 6개씩 총 24문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 Koulaidis & Ogborn(1988)이 채용한 ‘귀납주의’, ‘반증주의’, ‘상대주의’에 해당하는 설명이 짧은 언명의 형태로 제시되어 있다. 연구 대상자들은 이 검사 도구의 3가지 언명을 읽고, 그 중에서 자신의 견해와 일치하는 것을 선택하도록 되어 있다.

이 연구에서는 24개의 문항에 대한 교사와 학생들의 반응 중에서 관찰한 수업과 깊은 관련을 가지는 문항 3개만을 추출하여 교사와 학생들의 관점을 관찰한 수업과 연관지어 분석하였다. 각 문항의 구체적인 명칭은 소원주의 논문에서 명시되어 있지 않으므로, 이 연구에서 각 문항에서 묻는 내용을 근거로 ‘과학의 정의’, ‘과학의 발달’, ‘과학적 방법’이라는 세 가지 명칭으로 분류하였다.

‘과학의 정의’에 해당하는 PPP 문항은 ‘구획의 기준’ 영역에 해당하는 것으로, “어떤 것은 과학이고 어떤 것은 과학이 아니라고 한다. 과학이란 무엇인가?”라고 묻는 문항이다. 이에 대한 3가지 언명 중에서 ‘귀납주의’에 해당하는 것은 “적절한 방법에 의해 어떤 주장을 확실히 증명할 수 있으면 과학이다.”이고, 반증주의에 해당하는 것은 “테스트를 통해 어떤 주장의 거짓된 부분을 찾아낼 수 있으면 과학이다.”이며, 상대주의에 해당하는 것은 “계속해서 연구되어 왔고, 연구의 기초가 확실하면 과학이다.”이다.

‘과학의 발달’에 해당하는 PPP 문항은 ‘과학의 변화 양상’ 영역에 해당하는 것으로, “과학은 어떻게 발달하

는가?”라고 묻는 문항이다. 이에 대한 3가지 언명 중에서 ‘귀납주의’에 해당하는 것은 “과학은 옛날에 밝혀진 지식에 새로 밝혀진 지식이 보태어 지면서 발달한다.”이고, 반증주의에 해당하는 것은 “과학은 대담한 추측이 사실로 밝혀지고 사실로 여겨지던 것이 거짓으로 밝혀지면서 발달한다.”이며, 상대주의에 해당하는 것은 “과학은 보통 연속적으로 발달하지만 특별한 발견이 있을 때 연속적 발달이 끊어진다.”이다.

‘과학적 방법’에 해당하는 PPP 문항은 ‘과학적 방법’ 영역에 해당하는 것으로, “과학자들은 대체로 어떤 순서에 따라 연구를 하는가?”라고 묻는 문항이다. 이에 대한 3가지 언명 중에서 ‘귀납주의’에 해당하는 것은 “과학자는 미리 추측하지 않고 수집된 자료를 분석하여 결론을 내린다.”이고, 반증주의에 해당하는 것은 “과학자는 미리 결과를 예상하고 실험하며 자신의 추측이 맞았는지를 확인한다.”이며, 상대주의에 해당하는 것은 “과학자는 같은 상황이라 할지라도 같은 순서에 따라 연구하지 않는다.”이다.

4. 자료 수집 및 분석

교사의 관점이 실제수업에서 어떻게 나타나는지 알아보기 위해 수업을 캡코더로 녹화하였다. 그리고 교실에서 일어나는 일들을 관찰하고, 수업관찰 일지에 기록을 하였다. 수업을 관찰 한 후, 수업에서 나타내고자 하는 교사의 생각들을 연구자가 바르게 이해하고 있는지 알아보기 위해 수업 후 비구조화 된 면담을 실시였다. 수업이 끝난 후 교사와 학생들에게 투입한 검사지를 정리하여 분석하였다. 수업 내용 및 면담 내용을 전사한 후, 그 당시 느낌이나 생각했던 것들을 기록해 놓은 일지와 대조하면서 분석하였다. 녹음한 자료는 전사하여 범주화된 유형별로 분석하였다. 그 결과, 수업을 통해 과학의 본성에 관련된 관점으로 명확하게 드러난 ‘과학의 정의’, ‘과학의 발달’, ‘과학적 방법’의 세 범주를 중심으로 자료를 분류하고 유형을 유목화 하였다.

분석한 자료의 타당성을 높이기 위해 교과교육전문가 1명과 같은 연구를 수행하는 동료 1명의 검증은 받는 동료검증을 실시하였으며, 토론을 통해 관점의 기준을 명료화하고 이견이 발생하였을 경우에는 서로의 관점이 일치할 때까지 논의하였다. 세 명 중 한 명이라도 관점이 다를 경우에는 어떤 기준의 차이가 있는지 검토함으로써 기준을 명료화하였는데, 그 이유는 세 명 중 한 명이 불일치할 경우 일치도가 매우 낮아지는 문제가 있다고 판단되었기 때문이다. 판단자의 수가 많은 경우에는 합의점에 도달할 때까지 논의를 통해 기준을

명료화하는 과정이 필요 없을 수 있으나, 판단자의 수가 적은 경우에는 전문성이 높아야 하므로, 이러한 과정을 통해 자료를 분석하였다.

연구자에 따라 과학의 본성에 대한 관점이 다르게 판단되는 진술 부분이 있었으나, 이러한 경우에는 연구자들의 토의를 통해 서로 다른 관점을 가지게 된 이유를 논의하면서 관점 간의 시각 차이에 대한 조정을 하는 과정을 겪었으며, 합의점에 도출하지 못한 경우나 관점의 분석이 불분명하다고 판단된 경우에는 분석에서 제외하였다. 그러나 자료 중에서 과학의 본성이 불분명하다고 판단되어 분석에서 제외한 경우의 빈도는 구하지 않았다. 그 이유는 수업 녹화 자료, 수업 중 일어난 사건들에 대한 관찰 자료, 수업 일지, 수업에 대한 교사의 생각에 대한 비구조화된 면담 자료, 투입한 검사지 자료, 교과서 내용 등으로부터 과학의 본성에 해당하는 관점들을 추출하는 과정에서 추출한 자료의 빈도를 구하기 위해 해당 자료의 쪽수나 문장, 혹은 문단 수 등으로 기계적인 분류를 하는 것 자체가 이 연구에서 사용하는 질적 연구의 초점에 맞지 않는다고 판단하였기 때문이다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 과학의 정의

「1. 과학」 소단원에서는 학생들의 과학에 대한 인식을 조사하기 위해 ‘토의’를 제시하고 있으며, 이 활동을 통해 학생들이 과학에 대해 어떻게 인식하고 있는지 알아보고 있다. 교과서에서 나타나고 있는 과학에 대한 인식의 조사는 표 2와 같다.

표 2에서 소개하고 있는 과학은, 과학적 지식을 관찰과 사실을 수집하고 분석하여 이끌어낸 일반화된 법칙이라고 보는 입장이다(Nott & Wellington, 1993;

표 2
과학에 대한 인식의 조사

토의 문장	관 점
과학은 우리 주위의 현상을 설명하는 지식이다	귀납주의
과학은 자연 현상의 의문에 대한 답을 찾는 일이다.	없음
일단 확립된 과학 지식은 결코 변하지 않는다.	귀납주의
과학은 자연 현상을 관찰한 사실의 집합이다.	귀납주의
과학은 ‘왜’라는 의문에 대한 답이다.	없음
과학은 실험을 하는 활동이다.	귀납주의

Ziman, 1984). 이는 전통적인 귀납주의 관점에 해당한다. 그리고 ‘과학은 자연 현상의 의문에 대한 답을 찾는 일이다. 과학은 ‘왜’라는 의문에 대한 답이다.’는 과학의 성격만을 나타내고 과학의 본성에 대한 어떤 관점도 드러내지 않고 있다. 여기에서는 대부분 귀납주의 관점만을 제시하고 있다. 교과서 본문에서는 과학에 대해 다음과 같이 소개하고 있었다.

앞의 토의에서 살펴본 바와 같이 우리는 과학에 대하여 다양한 인식을 가지고 있다. 이들 중에는 과학의 본성을 올바르게 나타낸 것도 있지만 그렇지 않은 것도 있다. 예를 들면, 과학을 단순히 관찰한 사실의 집합으로 보는 견해나 실험을 통하여 얻은 활동은 과학이 될 수 없다고 생각하는 견해는 과학의 부분적 측면만을 강조하여 언급한 것이다.

과학은 자연의 이치와 경험적 사실로부터 이끌어 낸 객관적이고 보편적이며 체계화된 지식과 그러한 지식을 얻기 위한 인간의 활동이라고 할 수 있다.

과학자들은 끊임없이 자연을 관찰하고, 그 속에 존재하는 규칙성을 발견하며, 이를 이용하여 자연 현상을 설명하고 어떤 일이 일어날 것인가를 예측한다. 과학자들의 이러한 노력은 과학적 지식을 보다 객관적이고 신뢰성 있는 체계로 만드는 토대가 된다. (교과서 p11)

교과서에서는 과학에 대한 인식이 다양하다고 하였지만 위에 제시된 교과서 본문 내용의 관점으로 분석해 보면 한 가지 관점만을 가지고 있음을 알 수 있었다. 과학적 지식은 입증된 지식이고, 객관적으로 증명된 지식이기 때문에 믿을 수 있는 지식이며(신일철과 신중섭 역, 1985), 과학적 지식은 관찰과 사실을 수집하고 분석하여 이끌어낸 일반화된 법칙이라고 보는 입장(Nott & Wellington, 1993; Ziman, 1984)으로 이는 귀납주의 관점에 해당한다. 따라서 과학에 대하여 설명하는 교과서 본문 내용은 귀납주의적 관점, 한 가지만 나타내고 있었다.

교사는 어떠한 관점을 가지고 있는지 분석해 보았다. 교사는 “어떤 것은 과학이고 어떤 것은 과학이 아나라고 한다. 과학이란 무엇인가?”라고 묻는 검사지 문항에서 “테스트를 통해 어떤 주장이 거짓된 부분을 찾아낼 수 있으면 과학이다.”라는 반증주의적 관점을 선택하였다. 그러나 수업에서는 과학에 대해 다음과 같이 설명하였다.

교사: 첫 번째 과학에 대해서 알아보잔 말이야. 정의 내려본다. (중략) 넓은 뜻으로 본다 면 과학이라는 것은 보편적인 진리나 법칙을 발견할 목적으로 해서 체계적이고 논리적이고 객관적인 지식을 통틀어서 전부다 과학이라고 하면 된다 말이야. (중략) 좁은 의미로 과학을 정의 내려 본다면 자연현상에 대해 일단 탐구해서 체계화 된 이론이나 법칙을 발견해가지고 그러한 체계적인 지식을 과학이라고 한단 말이야.

교사의 수업을 전반적으로 살펴 본 결과 과학에 대해서 설명을 할 때 과학은 과학적 지식을 관찰과 사실을 수집하고 분석하여 이끌어낸 일반화된 법칙이라고 보는 귀납주의적 관점을 주로 제시하는 것으로 나타났다. 또한 교사는 교과서에서 진술한 내용을 그대로 수업 중에 활용하고 있었다.

이러한 현상은 여러 선행연구에서 지적한 바와 일치하는 것이라고 할 수 있다. Wang(1998)은 교과서가 교육과정에서 제시한 교육목표를 달성하기 위하여 학교에서 가장 많이 사용되는 기본적인 학습 자료로 학습의 내용과 전달 방법을 결정한다고 하였으며, 박진희(2003)는 교사와 학생 사이의 의사소통을 담당하는 역할을 한다고 하였다. 또한 최경희, 김숙진(1996)은 비록 교사들이 예비 교사 교육을 통해 대학 수준의 과학 개념을 가지고 있어도 학교 수업에서 학생들에게는 자신이 가지는 개념과 다른 중등 교과서 수준의 내용을 그대로 전달하는 경향이 높음을 지적하였다. 그 외에도 교사는 관련 전공 지식이나 예비 교사 교육 경험과 무관하게 학교 수업에서 사용하는 교과서의 내용에 의존적인 수업을 진행한다는 연구들(박진희 등, 2004; 백성혜, 조미정, 2005, 하성자 등, 2005)이 있다.

선행연구들에서 지적한 바와 같이, 이 연구에서 관찰한 교사도 자신의 관점과 일치하지 않아도 여과 없이 교과서의 내용을 학생들에게 전달함을 관찰할 수 있었다. 관찰 결과 대부분의 수업에서 교사의 과학에 대한 관점은 크게 드러나지 않았다.

수업을 받은 학생들에게 “과학이란 무엇인가?”를 묻는 문항에서 총 28명의 학생 중 22명의 학생이 귀납주의 관점을 선택했다. 귀납주의 관점을 선택한 학생들의 진술 내용을 살펴보면 다음과 같다.

S-8 : 과학은 관찰을 통해 사실을 수집해서 확실하게 증명된 지식이다.

S-24: 과학이 발전해도 과학자의 이론이나 의미는 변하지 않는다. 많은 실험과 노고로 통해 완성되었기 때문에 본질은 변하지 않을 것이다.

S-28: 과학은 객관적으로 증명된 지식이고 결과가 정확하게 나와야 한다고 본다.

이러한 진술 내용은 교과서에 표현된 내용과 교사의 수업 중 설명 내용과 매우 유사하였다. 대다수의 학생들이 위와 같이 과학적 지식은 관찰사실에 의해 지식이 형성되어 객관적으로 증명된 지식이기 때문에 믿을 수 있는 것이라고 보는 귀납주의 관점(신중섭 역, 1987)을 가진 것으로 나타났다. 그러나 학생들의 이러한 관점이 수업을 통해 형성되었는지에 대한 명확한 증거는 추후 연구를 통해 알아볼 필요가 있다.

2. 과학의 발달

과학의 발달에 관련하여 교과서에 서술된 내용을 선택하여 다음과 같이 분석하였다.

한 과학자가 밝혀 낸 법칙은 후에 다른 과학자에 의하여 동일한 절차로 다시 반복해서 연구되어도 동일한 결과를 얻을 수 있는 보편성을 지닌다. 그러나 객관적 사실에 기초한 과학 지식은 보편적인 절대 진리가 아니라, 시대적, 사회적 상황에 따라 다른 원리나 법칙으로 대체될 수 있는 잠정적 진리이다.

예를 들면, 고대의 천동설은 16세기에 지동설로 바뀐 후 20 세기에 들어와서는 현대의 우주론으로 발달하였다. 또한, 현미경이 없던 시절에는 (중략) 병원균설로 설명할 수 있게 되었다.(교과서 p11)

위 교과서 본문 내용은 천동설이 현대의 우주론으로 발달하고, 질병의 원인을 현미경의 발명 후에 병원균설로 설명할 수 있게 되었다는 점을 예로 들면서 과학 지식이 절대 진리가 아니라, 시대적·사회적 상황에 따라 변할 수 있는 잠정적 진리라는 것을 소개하고 있다. 교과서의 진술은 과학이론의 진실여부를 판단하는 기준은 절대적이 아니라 개인마다 다르고 문화마다 다를 수 있다고 주장하는 상대주의와 일치하며, 상대주의는 과학지식이 절대 진리가 아니라 시대적·사회적 상황에 따라 변할 수 있다는 주장의 근거가 된다. 이처럼 교과서에서 과학 지식에 대해 진술하는 부분은 상대주의적 관점을 나타냄을 알 수 있었다. 그러나 교과서는 과학의 정의에서 귀납주의적 관점을 긴 지면을 할애하여 진술한 반면, 과학의 발달은 상대적으로 매우 짧은 지면을 할애하여 상대주의적 관점을 진술하고 있어서 이것으로 상대주의적 관점을 설명하기에는 내용이 매우 빈약하다.

교사는 과학의 발달에 관하여 어떠한 관점을 가지는지 분석해 보았다. 교사는 “과학은 어떻게 발달하는가?”라고 묻는 문항에서는 “과학은 보통 연속적으로 발달하지만 특별한 발견이 있을 때 연속적 발달이 끊어지고 이전 과학이 새로운 과학으로 대체된다.”는 답을 택했다. 따라서 교사는 상대주의적 관점을 가지는 것으로 나타났다.

그렇다면 교사가 수업에서는 어떤 관점이 나타나는지 살펴보았다. 수업에서 나타난 관점의 사례를 제시하면 다음과 같다.

교 사: 과학에서 나오고 있는 이론이나 법칙은 보편적인, 절대적인 진리야, 아니야? (중략)

학생들: 아니예요.

교 사: 절대적인 진리가 아니라는 말은 변한다는 말이야? 안 변한다는 말이야?

학생들: 변해요.

교 사: 변하지. 예를 들어 이야기 해봐. (중략) 천동설이 혹시 뭔지 모르나?

학생들: 네

교 사: 아이구. 옛날에는 지구가 중심에 있고 태양이나 다른 행성이 지구를 중심으로 돈다고 생각했는데 오늘날에는 태양이 중심이고 지구가 돌잖아. 지동설로 바뀌었잖아. 알겠지? 과학에서 말하는 이론과 법칙과 같은 진리는 절대적인 게 아니고 계속 바뀌는 말이야. 변화되고 발전한다. 알았지?

교사는 과학에서의 이론이나 법칙은 절대적인 진리가 아니라 변하며 발전한다고 설명하고 있었다. 이는 절대적으로 올바른 진리란 있을 수 없고, 올바른 것은 그것을 정하는 기준에 의해 정해지는 것이라고 주장하며, 인식·가치의 상대성을 말하는(Nott & Wellington, 1993; Ziman, 1984) 상대주의적 관점으로 수업을 하는 것을 알 수 있었다. 그러나 교사의 수업내용은 교과서에서 제시된 내용 이상의 전개가 이루어지지 않았으며, 따라서 매우 짧은 시간 동안 이 내용을 다루었다. 또한 특별히 교사의 관점이 드러나도록 수업을 전개하는 모습은 관찰되지 않았다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 교사들이 대부분 여과 없이 교과서의 내용을 그대로 학생들에게 전달함을 다시 한번 확인하는 자료라고 할 수 있다.

과학의 발달에 대한 학생들의 관점은 검사지를 통해 알아보았다. “과학은 어떻게 발달 하는가?”라는 물음에 총 28명의 학생 중 21명의 학생들이 “과학은 옛날에 밝혀진 지식에 새로 밝혀진 지식이 보태어지면서 발달한다.”는 귀납주의 관점을 선택하였다. 귀납주의 관점을 나타낸 학생들의 진술문을 살펴보면 다음과 같다.

S-16: 모든 게 바뀌면서 달라지고 있듯이 과학 또한 옛것에 새것을 더해 과학에 지식이 높아질 것이다.

S-24: 과학자는 지식을 보태고 쌓아서 좀더 나은 지식으로 발전해 가므로 한 단계 업그레이드 되는 것 같다.

S-28: 시간이 지나 과학의 발전으로 더 새로운 지식이 나오고 또 새로운 것을 발견하면 서 옛날에 밝혀진 지식이 새로 밝혀진 지식이 보태어지면서 발달할 것이다.

교과서의 서술 내용과 교사의 수업이 상대주의적 관점이었음에도 불구하고 학생들은 귀납주의적 관점을 선택했다. 이는 홍상욱 등(2004)의 연구에서처럼 학생들의 사고는 귀납주의적으로 편중되었음을 의미한다. 그리고 교과서 내용이 빈약함에 따라 교사의 수업도 매우 간략해서 학생들의 관점을 교사의 수업에서 변화시키기 어렵다고 할 수 있다. 따라서 귀납주의적으로 편향된 과학의 발달에 대한 학생들의 사고를

보다 다양한 관점으로 변화시키기 위해서는 교과서의 보다 풍부한 내용전개와 교사의 풍부한 설명이 있어야 할 것이다.

3. 과학적 방법

「1. 과학의 탐구 과정」 소단원에서 과학자들이 문제를 해결하기 위해 거치는 과학적 방법을 탐구 활동으로 소개하고 있는 단원이다. 학생들의 이해와 흥미를 돕기 위하여 탐구 활동을 자료해석의 형태로 제시하고 있다.

교과서에서 제시하고 있는 탐구활동은 ‘현미 속에는 닭의 각기병을 없애는 물질이 포함되어 있다.’는 명제에 대한 검증 과정을 소개하고 있다. 닭을 두 집단으로 나누어 한 집단은 닭은 흰쌀을 먹여 기르고, 다른 집단의 닭은 현미를 먹여 기르면서 관찰하였다니 그 결과 흰 쌀을 먹여 기른 닭은 대부분 병이 발생하였지만, 현미를 먹여 기른 닭은 병이 발생하지 않았다는 결과를 얻을 수 있었다.

이것은 경험적으로 검증하여 그 결과를 알아본 것으로 명제에 대해 경험적인 검증 방법을 사용한 탐구 활동이다. 이는 우연적 명제는 그것이 경험적으로 검증될 수 있는 경우, 오직 그 경우에 한해서만 유의미하다고 보는 논리경험주의 입장이다. 이 결과를 토대로 에이크먼은 쌀겨에 각기병을 예방하는 물질이 들어 있다고 생각하고 교도소에 있는 사람들을 대상으로 실험하였다. 이 실험결과 확률적으로 현미가 각기병을 예방하는 효과가 있다는 것을 증명 해냈다. 이것은 확률적 검증 개념을 적용하는 논리경험주의의 입장이다. 논리경험주의는 확률적 검증 개념을 적용하여 전체에 대한 의심에서 출발하는 가설-연역적 방법을 제시한다. 가설-연역적인 방법은 반증주의에 포함된다. 따라서 이 탐구 활동은 반증주의 관점을 나타내고 있다.

교과서에서는 또 다른 탐구 활동을 제시하여 탐구 과정에 대해 설명하고 있었다. 여기서는 우리 생활 주변에서 경험할 수 있는 상황을 제시하여 ‘바닷물이 잘 얼지 않는 이유’에 대해 알아보려고 한다. 탐구 과정을 4단계로 제시하면서 먼저 가설을 세우게 한다. 가설의 예로 ‘물이 흐르는 속도가 빠를수록 어는점이 높다’는 것을 들고 있다. 경험적으로 검증할 수 있는 명제에 가까운 가설을 세워 실험을 수행하고 그 가설을 검증하는 것이므로 이 역시 논리경험주의(신증섭 역, 1987)에 해당한다. 논리 경험주의는 반증주의 관점에 포함된다. 따라서 이 탐구활동은 반증주의 관점을 나타내고 있다.

살펴본 바에 의하면 교과서에서 다양한 탐구 과정을

제시하기 보다는 반증주의적 관점으로 구성된 탐구 활동만을 제시함을 알 수 있었다.

이에 대해 교사의 인식을 조사한 결과, “과학자들은 대체로 어떤 순서에 따라 연구를 하는가?”라는 검사지에서 “과학자는 미리 결과를 예상하고 실험하며 자신의 추측이 맞았는지를 확인한다.”는 반증주의 관점을 선택하였다.

교사가 수업에서는 어떠한 관점을 나타내고 있는지 살펴보았다. 교사는 탐구 방법에 대해서 다음과 같이 설명하고 있다.

교사: 귀납적인 방법이 뭐냐 하면 자연현상을 관찰한 다음에 그 알게 된 사실들을 다 모아서 분석해서 하나의 일반적인 이론이나 법칙을 이끌어 내는 게 바로 귀납적인 방법이다. 알겠냐. 관찰을 통해서 알게 된 사실로부터 일반적인 이론이나 법칙을 이끌어 내는 게 바로 귀납적인 방법이다.

그런데 반대로 연역적인 방법이 뭐냐면 일단 자연현상에 대해서 그러니까 ‘제는 왜 아침부터 잘까?’라는 의문을 가져서 즉 문제점을 발견해서 “아! 이것은 이러이러하기 때문에 그럴 것이다.”라고 일단 자기 마음대로 결론을 내려서 “아마 제는 밤에 잠을 안자고 야동(야한 동영상)을 본다고 밤을 세워서 학교에서 1교시부터 잘 것이다.”라고 자기 나름대로 결론을 내려서 이 결론이 맞다는 전체하에서 실험을 통해서 검증한 단 말이야. 이 방법이 바로 연역적인 방법이다. 알겠지. 어쨌든 결론을 먼저 내려놓는 거잖아. 결론을 먼저 내려놓고 난 다음에 실험을 통해서 검증해 나가는 방법이 연역적인 방법이다. 알겠지.

교사는 탐구 방법으로 귀납적인 방법과 연역적인 방법이 있다고 하면서 귀납적인 방법은 관찰을 통해서 알게 된 사실로부터 일반적인 이론이나 법칙을 이끌어 내는 것이고, 연역적인 방법은 결론을 먼저 내린 후 실험을 통해서 검증해 나가는 것이라고 소개하고 있었다. 교사는 귀납적, 연역적 방법의 정의는 제대로 하고 있지만, 각각의 방법을 사용한 탐구를 예로 들어 설명하는 대부분 연역적 관점만을 제시하였다.

교사: 귀납적인 방법의 대표적인 예가 뭐가 있는나하면, 다윈이 뮈를 주장했지? (중략)

학생들: 진화론

교사: 오케이~. 그래 진화론이지. 다윈이 진화론이라는 이론을 만들어냈단 말이야. 이 하나의 진화론이라는 이론이 만들어지기까지의 과정이 뭐냐. 온갖 식물과 동물을 관찰 하면서 수많은 사실들을 모아서 종합해서 분석해 보니까 “아, 동물과 식물은 이런, 이런, 이런 식으로 진화를 하는구나.”하고 결론을 내렸단 말이야. 다윈이 진화론이라... 이론이나 법칙을 만드는 데까지는 귀납적인 방법을 이용했다 말이야. (중략) 연역적인 방법의 대표적인 예는 뒤에서 나오는데 예

이크만이라는 네덜란드의 군위 관이 병이 든 닭을 보고 분명히 병이 들어서 다리를 절뚝절뚝거리는데, 다리가 붓고 하는 각기병에 걸렸었는데 어느 순간 먹이를 다른 것을 주니까 나아단 말이야. “어, 왜 그렇게 되지?”라고 생각했다가 “왜, 저렇게 되지?” 문제점을 인식하고 “아, 병든 닭 한테, 각기병에 걸린 닭한테 현미를 주니까 나아갈 것이다.”라고 결론을 내려놓는 단 말이야. 이 결론을 실험을 통해서 확인해 보는 것이다. 이게 바로 연역적인 방법 이다. 알겠지. (중략) 연역적인 방법이 제일 중요하다.

교사는 수업에서 연역적 방법으로 에이크만의 실험을 예로 들고 있다. 교과서에서 에이크만의 실험을 제시할 때 이 실험이 연역적 방법이라고 명확히 설명을 하지 않았지만, 교사는 이를 연역적 방법으로 이해하고 수업에서 전달하였다. 또한 교사는 귀납적인 방법의 예로 다윈의 진화론을 들고 있었다. 교사가 진술하는 귀납적 방법대로 진화론을 이해한다면 알게 된 사실을 끌어내어 하나의 일반적인 이론이나 법칙을 이끌어 냈다고 볼 수 있지만, 다윈은 선험적 개념구조를 통해 자연의 현상들을 입증하는 방법(박승재, 조희형, 1999)으로 진화론을 설명하였다. 따라서 다윈의 진화론은 귀납적 방법이 아닌 연역적 방법이라고 보는 것이 타당하다. 그러나 교사는 에이크만의 실험과 진화론을 각각 연역적 방법과 귀납적 방법의 사례로 들었으므로, 이 교사는 연역적 방법과 귀납적 방법을 구분하지 못하고 과학적 방법은 연역적 방법으로만 이해하고 있음을 알 수 있다.

이와 관계된 학생들의 관점을 살펴보면, “과학자들은 대체로 어떤 순서에 따라 연구를 하는가?”라는 문항에서 총 28명의 학생 중 17명의 학생들이 “과학자는 미리 결과를 예상하고 실험하며 자신의 추측이 맞았는지를 확인한다.”는 것을 선택해 연역적 방법을 포함하는 반증주의 관점을 선택하였다. 반증주의 관점을 나타내는 학생들의 진술문을 살펴보면 다음과 같다.

S-21: 자신이 생각하는 결과를 놓아두고 추측하며 그 결과를 맞는지 확인하는 것

S-26: 과학자들도 처음에 과학을 발견할 때 “어? 이걸 왜 이러지?”라는 의문을 가진다. 그 뒤에 “아~ 이걸 이렇게 이렇기 때문에 이렇 것이다.”라는 가설을 세워놓을 것이다. 과학자들도 우리와 같다. 그래서 실험을 통해 자기 가설이 맞았는지 확인하고 아 니면 다시 또 다시 연구해 나갈 것이다.

총 28명의 학생 중 17명의 학생들이 과학자의 역할을 과학자들의 직관이나 상상을 통해 가설을 세우고 이를 검증하는 것(Nott & Wellington, 1993)이라고 보는

연역주의 입장을 취하고 있음을 알 수 있었다. 이는 분석한 교과서와 교사의 관점과 일치하는 관점이었다. 학생들이 과학의 본성에 관련된 과학교과서의 내용과 교사의 수업을 통해 이러한 관점을 획득하였는지 알아보는 구체적인 자료는 없지만, 많은 학생들이 귀납적인 방법으로 과학의 방법을 이해하지 않고 연역적인 방법으로 과학의 방법을 이해하고 있다는 점은 매우 특이한 점이라고 할 수 있다. 선행연구(소원주, 1988; 최은희, 2005)에 따르면 보편적으로 학생들은 귀납적인 방법의 관점을 뚜렷하게 나타내었기 때문이다.

위의 연구결과를 종합해 보면, ‘과학의 정의’ 영역에서 교과서는 귀납주의적 관점을 나타내었고, 교사는 반증주의적 관점을 나타내었지만, 수업에서 교사는 교과서대로 귀납주의적 관점을 학생들에게 제시하였으며, 이 수업을 들은 학생들의 관점도 귀납주의로 나타났다. ‘과학의 발달’ 영역에서 교과서가 상대주의적 관점을 나타내고, 교사의 관점이 상대주의일 때 수업에서 교사는 교과서 및 자신의 관점과 일치하는 상대주의의 관점을 나타냈으나, 학생들은 귀납주의적 관점을 수업 후에 가지고 있어서 교과서 및 교사의 수업에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나 과학의 발달에 관련된 교과서 내용이나 교사의 수업이 매우 짧아서 학생들이 충분히 상대주의적 관점을 수업을 통해 형성할 수 있는 기회가 적었기 때문에 이러한 차이가 나타났을 수 있다고 본다. 그리고 ‘과학적 방법’ 영역에서 교과서가 반증주의적 관점을 나타내고, 교사의 관점이 반증주의적 관점을 나타내었을 때 교사는 반증주의적 관점으로 수업을 하였으며, 이 경우에는 수업의 분량과 교과서 내용이 ‘과학의 발달’ 영역에 대한 내용과 달리 풍부하였는데 수업 후에 학생들의 관점 또한 반증주의적 관점을 나타내었다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 제7차 교육과정에서 처음으로 도입하게 된 [I.탐구] 단원에서 과학 교과서가 과학의 본성에 관하여 어떠한 관점을 드러내고 있으며, 이를 수업하는 교사의 관점 및 수업에서 발견되는 관점 등을 분석한 후에 이 수업을 배운 학생들의 관점을 알아보아 수업의 효과를 검증해 보는 데에 그 목적을 두었다. 이 연구 결과를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 과학의 본성에 대한 중요성이 부각되면서 도입된 10학년 과학 교과서 단원은 과학의 본성에 대해 다양한 과학 철학적 관점을 형성하기 위한 안내서로 부

족하였다. 과학의 정의를 나타내는 교과서에 반영된 관점은 대부분이 귀납주의적 관점을 제시하고 있었다. 과학의 발달은 교과서 본문에서 상대주의의 관점이 제시되고 있지만, 교과서에 서술된 몇 줄로부터 학생들이 상대주의적 관점을 제대로 이해하기란 어려웠다. 그리고 과학적 방법에서 제시한 탐구활동들은 대부분 반증주의적 관점을 나타내었다. 따라서 교과서에서 탐구에 대해 다양한 관점을 제시하기 위한 노력이 필요하다.

둘째, 연구대상인 교사는 본인이 가지고 있는 관점을 수업에서 제대로 반영하지 못하였다. 교사는 자신의 관점과 관계없이 대부분 교과서의 내용을 그대로 학생들에게 전달해주는 수업을 하는 것으로 나타났다. 이는 교사가 과학의 관점을 인식하고, 이를 학생들에게 다양한 형태로 제시해 주려는 인식이 매우 부족하기 때문이라고 할 수 있다. 과학의 본성을 가르치는 것에 대한 의미와 중요성을 교사가 인식하게 된다면, 교과서의 제한된 내용의 한계에서 벗어나 학생들에게 과학의 본성을 지도하려는 교육적 노력을 보다 적극적으로 기울일 수 있을 것이다. 따라서 교사교육을 통해 교사들이 교과서의 내용과 독립적으로 과학의 본성에 관련된 다양한 관점을 형성하고 이를 학생들에게 수업을 통해 전달할 수 있는 능력을 길러 주는 것이 필요하다고 본다.

셋째, 학생들은 교과서의 제시 내용이 비교적 풍부하고, 교사의 설명 또한 자세히 제시된 수업에서는 교과서와 교사의 수업에서 나타난 관점과 일치하는 관점을 가지는 것으로 나타났다. ‘과학의 정의’ 영역과 ‘과학적 방법’ 영역에서 이러한 현상을 관찰할 수 있었다. 그러나 교과서나 교사의 수업이 불충분하였을 때, 교과서나 교사의 수업에서 관찰되는 관점과는 상관없이 학생들은 가장 초보적인 관점이라고 할 수 있는 귀납주의의 관점을 유지하고 있었다. 이는 수업을 통해 보다 세련된 관점으로 과학의 본성에 대한 학생들의 관점을 변화시키기 위해서는 교과서의 내용 개발 및 교사의 수업 방식의 변화가 필요함을 의미하는 것이라고 할 수 있다.

제 7차 과학과 교육과정에서 ‘과학’ 교과목의 목표로 가장 강조하고 있는 것은 탐구이다. 그래서 자연을 과학적으로 탐구하는 능력을 기르는 것을 주요 목표의 하나로 제시하고 있을 뿐만 아니라, 기본 과학 개념을 이해시킬 때도 자연의 탐구를 통해서 달성하도록 강조(교육인적자원부, 2001)하고 있다. 탐구의 진정한 이해를 도모하기 위해서 과학의 정의, 과학의 발달, 과학적 방법에 대한 이해에 관심을 가져야 한다. 여러 연구(Meichtry, 1992; Akerson & Abd-El-Khalick, 2005;

Akerson & Volrich, 2006)에서 과학의 본성을 탐구 활동 등에 암묵적으로 포함시켜 제시하기보다 명시적인 교수법을 통해 가르칠 필요가 있음을 주장하였다. 그러나 2007년도에 공개된 교육과정 개정안에서 탐구 단원의 내용이 삭제되어 부족하나마 현재 학생들에게 제시되고 있던 과학의 본성에 대한 관점이 앞으로 교육되지 못하게 되었다. 이는 과학의 본성을 가르치는 것이 과학교육에서 중요하다고 주장하는 국내외 연구 경향에 비추어 볼 때에 교육과정 개정으로 인해 발생한 심각한 문제라고 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 비록 교과서에서 과학의 본성에 관련된 내용이 각 단원에 제시된 과학 지식 및 탐구 활동의 내용 속에 암묵적으로 제시되어 있다고 하더라도 이를 명시적으로 드러내고 학생들에게 제시할 수 있는 교사 양성을 위해 교사 교육이 이루어질 필요가 있다.

또한 과학 교과서와 교사의 수업에서 나타나는 과학의 본성에 대한 관점과 학생의 관점의 관련성을 보다 명료히 알아보기 위한 연구를 위해서 보다 많은 자료적 뒷받침이 필요하다고 본다. 또한 과학의 본성에 대한 관점이 형성되고 변화되는 배경 및 과정에 대한 정보를 더욱 많이 수집하고 이를 효율적으로 교육시키기 위한 자료의 개발도 필요하다.

국론 요약

이 연구의 목적은 과학교사 및 고등학생들의 과학의 본성에 대한 관점을 10학년 과학 교과서에서 표현된 관점과 함께 탐색해 보는 것이다. 연구대상은 경북에 위치한 고등학교의 과학교사 1명과, 10학년 남학생 18명, 여학생 11명이다. 연구에서 과학의 본성에 해당하는 3가지 주요 영역인 과학의 정의, 과학의 발달, 과학적 방법을 중심으로 자료를 분석하였다. 연구결과, 과학의 정의 영역에서 교과서는 귀납주의적 관점을 나타내었고, 교사는 반증주의적 관점을 나타내었다. 그러나 수업에서 교사는 교과서대로 귀납주의적 관점을 학생들에게 제시하였고, 이 수업을 들은 학생들의 관점도 귀납주의로 나타났다. 과학의 발달 영역에서 교과서는 짧은 지면을 할애하여 상대주의적 관점을 나타내고, 교사의 관점도 상대주의로 분석되었으나, 교과서의 내용처럼 교사의 설명도 매우 간략한 형태로 학생들에게 제시되었다. 수업을 받은 학생들의 관점은 교사의 수업이나 교과서의 영향을 받지 않은 귀납주의로 나타났다. 과학적 방법 영역에서 교과서와 교사가 반증주의적 관점을 가지고 있으며, 수업에서도 반증주의적 관점이 나타났다. 그 수업 후 학생들의 관점 또한 반증주의적

관점으로 나타났다. 그러나 학생들의 사고가 수업의 영향을 받는지에 대한 구체적인 증거는 추후 연구에서 이루어질 필요가 있다.

참고 문헌

교육인적자원부 (2000). 과학과 교육과정. 서울: 대한교과서 주식회사.

교육인적자원부 (2001). 고등학교 교육과정 해설; 과학. 서울: 대한교과서 주식회사.

김성애 (2005). 과학적 방법론에 의한 과학철학적 관점을 검사하는 도구 개발. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.

권성기, 박승재 (1995). 교육대학생의 과학의 본성 개념과 구성주의 학습관의 연관성 및 변화조사. 한국과학교육학회지, 15(1), 104-114.

박승재, 조희형 (1999). 교수-학습이론과 과학교육. 서울: 교육과학사.

박진희 (2003). 화학교사들이 전기화학에서 가지고 있는 개념의 어려움과 원인 분석. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.

박진희, 김동욱, 백성혜 (2004). 다니엘 전지를 구성하는 염다리의 역할에 대한 고등학생, 화학교사, 그리고 예비 과학 교사들의 개념 유형 분석. 한국과학교육학회지, 24(3), 544-555.

백성혜 (2000). 가설 설정 능력이 추리 능력과 구분되어야 하는 이유. 화학교육, 27(4), 42-48.

백성혜, 김윤기, 최은희, 김성애 (2005). 고등학생과 과학교사의 과학철학적 관점에 대한 연구. 대한화학회지, 49(5), 503-512.

백성혜, 조미정 (2005). 대기 중의 수증기량이 증발과 끓음에 미치는 영향에 대한 고등학생과 화학 전공 교사들의 인식 조사 및 관련 교과서 내용 분석. 한국과학교육학회지, 25(7), 773-786.

소원주 (1998). 과학교사의 과학철학적 관점과 과학서술 방식이 중학생들의 과학관의 변화에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 박사 학위 논문.

신일철, 신중섭 역 (1985). 현대의 과학철학. 서울: 서광사.

신중섭 역 (1987). 논리실증주의의 과학철학과 새로운 과학철학. 서울: 서광사.

이돈희 (1985). 교육철학개론. 서울: 교육과학사.

임소희 (2002). 과학사를 이용한 수업이 고등학생의 과학철학적 관점에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.

장병기 (1995). 과학 수업 및 과학의 본성에 대한 초등 교사의 인식. 초등과학교육혁신을 위한 국제학술심포지움 및 하계학술논문발표회, 35-49.

정완호, 권재술, 김대수, 김범기, 신영준, 우종욱, 이

길재, 정진우, 최병순, 황원기 (2002). 고등학교 과학. 서울: 교학사.

조은영 (2001). 중·고등학생의 과학철학적 관점. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.

조희형, 박승재 (1994). 과학론과 과학교육. 서울: 교육과학사.

최경희, 김숙진 (1996). 과학 교과서 선정과 평가에 관련된 교사들의 인식조사와 과학 교과서 평가틀 개발에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 16(3), 303-313.

최은희(2005). 고등학생과 과학교사의 과학철학적 관점에 대한 연구. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.

하성자, 김범기, 백성혜 (2005). 어느점 내림 현상에 대한 교과서 내용 및 중등 과학 교사들의 개념 분석. 한국과학교육학회지, 25(2), 88-97.

한지숙, 정영란 (1997). 중·고등학교 과학교사와 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 조사. 한국과학교육학회지, 17(2), 119-125.

홍상욱, 임은경, 장명덕, 정진우 (2004). 해석적인 서술방식으로 구성된 과학 읽기 자료가 고등학생의 과학철학적 관점에 미치는 영향. 한국과학교육학회, 24(2), 234-245.

AAAS (1993). Project 2061: Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press.

Akerson, V. L., & Abd-El-khalick, F. S. (2005). How should I know what scientists do - I am just a kid: Fourth grade students' conception of nature of science. Journal of Elementary Science Education, 17, 1-11.

Akerson, V. L., & Morgan, L. V. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. Journal of Research in Science Teaching, 43(4), 377-394.

Koulaidis, V., & Ogborn, J. (1988). Use of systemic networks in the development of a questionnaire. International Journal of Science Education, 10(5), 497-509.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. Journal of Research in Science Teaching, 20(4), 331-359.

Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. Journal of Research in Science Teaching, 29(4), 389-407.

Nott, M., & Wellington, J. (1993). Your nature of science profile: An activity for science teachers. School Science Review, 75(270), 109-112.

Wang, H. C. (1998). Science in historical perspectives: A content analysis the history of science in secondary school physics textbooks. Doctoral Dissertation, University of Southern California.

Ziman, J. (1984). An instruction to science studies. Cambridge: Cambridge University Press.