

과학교육과정 “내용”의 연구모형

박 승 재

(서울대 사대 물리교육과)

I. 서 론

교육연구에 있어서 “교육과정”의 의미 분석이나 구정에 대한 논의는 많지만, 한국 초중등 교육에 있어서 문교부 고시인 각급 학급 “교육과정”은 일반 논의로서 교육과정 구성의 방향과 교육 목표 및 편제가 제시되어 있고, 각론으로서 각 교과는 목표, 내용, 지도 및 평가상의 유의점으로 진술되어 있다(3~8).

교육과정의 연구는 교육철학과 사회적 영향뿐만 아니라 각 분야 학문의 압력, 그리고 지적, 정의적, 신체적 영역을 망라하는 복합적인 연구과제이다. 더구나 실천적인 면이 있어서 국가 지역과 시간에 따라 유동적임으로 더욱 복잡하여 학술적인 접근을 시도하려는 연구자에게는 학문적 매력이 적으나 불가결한 과제이다.

그러나 교육과정 개편에 있어서, 바람직하다고는 판단되지 않지만 현실적으로, 총론의 중요 논의 중 한가지는 “편제”이고, 교과에 경우에는 “내용”이라고 하겠다. 이 내용은 교과서 집필, 현장지도, 평가

등에 “절대적”영향을 끼치므로 각 학문 영역 관계자는 예민한 반응을 하며 교육과정 개정에 있어서 가장 많은 시간을 이 논의에 소비한다.

본론은 근래에 활발히 연구되고 있는 아동의 과학 개념 연구와 관련하여 과학교육과정에 있어서 “내용”의 선정과 조직에 대한 한가지 연구모형을 제시하려고 한다.

첫째는 구체적 예시를 위하여 초중등 과학교과 중에서 물리학의 한 분야인 “힘과 운동” 단원에 제시된 “내용”을 검토하고, 둘째는 아동의 힘과 운동개념 연구에 대한 근래의 연구를 개관한 다음, 셋째로 한 단원의 내용 구성을 예시로 과학 교육과정 내용 구성의 연구모형을 한가지 제시하려고 한다.

이러한 연구는 지금까지의 무모한 자기 분야 “영토 확보” 논쟁을 지양하고 학습지도와 관련하여 의미있는 내용의 선정과 조직을 통하여 기본 개념의 구조적 이해를 도모할 것을 기대한다. 또한 이것은 계속 또는 병행될 탐구력의 신장과 태도 함양 교육에 대한 연구와 실천에 의미있게 관련지워질 것으로 생각한다.

II. 과학교과의 “힘과 운동” 단원 내용과 연구과제

초중고등학교 “교육과정” 중 과학교과의 “힘과 운동” 관계 단원의 내용을 조사해 보면 다음[표1]과 같다(3~5).

국민학교에서는 연모까지를 포함한 힘의 기초 개념과, 좌표와 속력까지를 포함한 운동의 기초 개념을 다루나 힘과 운동 관계는 다루지 않는다.

중학교에서는 힘의 크기와 방향뿐 아니라 두 힘의 합성까지 다루며 운동에 있어서는 속력과 속력의 변화까지 다루나 가속도의 용어는 사용하지 않고, 힘과 속력 및 힘과 운동 방향의 정성적 관계를 두가지 다른 화살표를 사용하며 다룬다.

고등학교에서는 기본적으로 뉴턴 역학의 운동학과 동역학을 수량적으로 다룬다.

[표 1] 각급 학교 과학교육과정 중 “힘과 운동” 단원 “내용”

국민학교 5학년	중학교 1학년	고 등 학 교	
		물리Ⅰ(공통)	물리Ⅱ(과학과정)
가) 힘과 연모 힘의 작용 (힘의 크기, 힘의 작용 점과 무게, 물체의 무게) 힘과 연모 (지레, 도드레, 빗면) 바) 물체의 위치와 운동 물체의 위치나타내기 (기준과 좌표 위치나타내기 모눈종이, 방위판 위치변화 관찰) 물체의 운동 (속력, 속력비교)	가) 힘과 운동 여러가지 힘 (탄력성, 마찰력, 자력, 전기력, 중력) 힘의 크기와 방향 두 힘의 합성 두 힘의 평형 힘과 운동과의 관계 (속력 힘과 속력 의 정성적인 관계 힘과 운동 방향의 정성적인 관계) 여러가지 운동 낙하운동 주기운동 원운동	가) 힘과운동 운동의 법칙 운동의 기술 관성 힘과 가속도 작용과 반작용 힘과 에너지 자연계의 힘 위치에너지와 운동에너지 중력장내의 운동 단진동	운동량과 에너지 운동량과 충격량 운동량의 보존 역학적 에너지와 그 보존 천체의 운동 케플러의 법칙 만유인력의 법칙

그런데 현재[표1]과 같은 내용의 선정과 조직은 바람직한가? 어떤 과정을 거쳐 이와 같은 내용이 구성되었는가? 무엇을 어떻게 연구하여 합당한 내용을 구성할 것인가? 합당한 내용이란 무엇인가?

III. 한가지 연구 결과

중학생의 과학수업에 의한 힘과 운동의 개념 변화에 대한 한 연구 “요약 및 결론”은 다음과 같다(1).

“중학교 학생들이 ‘힘과 운동’ 단원을 배우기 전에 가지고 있는 개념을 조사하고 보통의 학교 과학 수업이 끝난 다음에 동일한 검사를 하여 힘과 운동의 개념 변화 및 변화 유형을 조사했다. 각 문항별 분석 결과는 다음과 같다.

위로 던진 공이 올라가고 있는 경우에 공에 작용하는 힘에 대해 옳은 선택을 한 비율은 11.7%에서 26.8%로 약간 증가했지만 수업후에 옳은 설명은 14%(8명)으로 더욱 낮아졌다. 반면에 위로 힘이 작용한다는 것을 선택한 경우는 70%이상으로 그 중 힘과 운동 방향이 같다고 생각한 경우는 수업전과 후에 39%, 36%로 변하지 않았다.

던져진 공이 최고점에 있는 순간 공에 작용하는 힘에 대해서는 옳은 선택률은 33.9%에서 25.0%로 줄었다. 그 중 옳게 중력이 작용한다는 설명은 7.1%에서 8.9%로 변화는 거의 없다. 반면에 공에 작용하는 힘이 없다는 선택을 한 비율은 61%에서 71%로 약간 늘어났고 이 경우의 설명에는 69.6%가 직관적인 개념에서 나온 것이었다.

공이 내려오고 있을 때 작용하는 힘에 대해서 옳은 선택을 한 경우는 87%에서 수업후에 91%로 다른 문항에 비해 매우 높았다. 옳은 설명은 21%에서 39%로 수업후에 약간 증가했지만 나머지 53.6%의 학생은 운동 방향의 힘과 같은 직관적인 개념을 가지고 있었다.

세 문항에 대해 일관되게 옳은 선택을 하고 있는가를 분석한 결과로 항상 중력이 아래로 작용한다는 응답을 한 경우는 수업 후에도 남학생의 7%, 여학생의 14% 정도에 불과했다. 운동 방향으로 힘이 작용한다는 선택을 일관되게 한 경우는 47%의 학생이 있었다.

비스듬히 던진 공이 포물선으로 운동하여 포물선의 최고점에서 작용하는 힘에 대해 수업후에 옳은 선택을 한 비율이 3.6%(2명)이며 옳은 설명을 한 경우는 단 1명이었다. 85%의 학생이 던진 힘과 중력이 작용한다는 선택을 했으며 그런 생각을 갖고 있는 비율이 53.6%에서 수업후에 64.3%로 약간 증가했다.

포물선으로 내려오는 공에 작용하는 힘에 대해 선택률이 23%로 포물선의 최고점에서의 결과보다 높다. 그렇지만 옳은 설명을 한 경우는 2명에 불과했다. 던진 힘과 중력을 생각하고 있는 경우는 수업후에도 52%이었다.

위로 똑바로 던진 공이 올라갈 때 두 지점에서 힘의 크기 비교에서는 옳은 선택률이 7.1%에서 3.6%로 매우 낮았고 옳은 설명을 하는 경우는 수업후에 하나도 없었다. 오히려 아래 지점에 있을 때의 공에 작용하는 힘이 더 크다는 선택을 80%의 학생이 했고, 던진 힘이 올라갈수록 줄어든다는 생각을 70%의 학생이 하고 있었다.

똑바로 내려오는 공이 두 지점에서 있는 순간 힘의 크기 비교에 대해서는 옳은 선택이 10%에서 7%이지만 옳은 설명은 수업후에 2명이었다. 아래있는 지점에 있는 공에 작용하는 힘이 크다는 선택률이 수업전후에 59%, 73%로 늘어났다.

올라갈 때는 던진 힘이 공에 작용하기 때문이고 내려올 때는 중력이 아래로 작용하기 때문이라는 직관적인 개념을 하고 있으며 포물선 운동을 던진 힘과 중력의 합력이 작용한다는 생각을 갖고 있었다. 던진 힘은 점점 줄어들고 중력은 계속 작용하기에 물체에 작용하는 중력은 내려올수록 커지고 따라서 공의 속력이 빨라진다는 생각으로 강화되었다.

남녀 중학생의 힘과 운동 개념의 수업에 의한 변화를 조사한 결과 학생들의 수업전의 직관적인 개념을 고려하지 못한 수업에 의해서는 과학적인 개념으로 변화가 거의 일어나지 않았으며 오히려 다른 직관적인 개념으로 강화되는 경우가 많았다. 수업후에 직관적인 생각이 유지되거나 강화되는 경우는 평균 77%이었다. 과학적 사고로 일치되는 경우는 7%에 불과하였다.

남녀 학생의 차이가 수업전에는 있었으나 수업후에는 별로 차이가 없었고 특히 보통의 과학 수업에 의

한 개념의 변화 유형에서는 개략적으로 비슷한 양상을 보였다.

중학생의 힘과 운동 개념이 과학적인 개념으로 변하지 않은 이유를 간접적으로 알아보기 위한 교사와 국민학교 학생에 대한 결과로 국민학교 학생들은 학교 수업을 받기 이전이므로 직관적인 사고가 더욱 강하고 교사의 힘과 운동개념도 과학자의 개념과 차이가 있었음을 알아냈다. 그러나 이 결론은 잠정적인 것이다."

이것은 하나의 단편적인 연구 결과라 하겠으나, 문제는 어떻게 해서 과학개념 이해가 이와같이 미흡한가이다. 좁은 의미의 교육과정 내용에 관계되는가 아니면 학습지도까지 포함한 광의의 교육과정, 즉 과학 교육과정의 계획과 운영 전체에 관계되는가?

우선 과학교육과정 내용의 선정과 조직의 합당성을 연구하는 한가지 접근으로서 학생의 개념에 대한 연구로부터 그 실마리를 찾고자 한다.

IV. 아동의 과학개념에 대한 근래의 연구

1970년대 후반부터 특별히 물리교육 연구자들 중 일부는 학생들의 물리개념 학습에 대한 새로운 국면에 연구를 집중하기 시작하였다. 이들은 학생들이 물리학습 이전에 물리 현상과 사물에 대해 자기 나름의 생각, 직관적 개념, 또는 설명방식을 지니고 있을 뿐 아니라 형성된 그 개념 구조는 변하기 어렵다는 것으로 물리개념 학습에 중요한 역할을 한다는 것이다(23, 25, 33). Sutton은 이의 원천을 직접적 경험, 일상적인 언어(특히 은어), 허락된 또는 동료들에 의해 호응을 받는 신념과 견해, 그리고 형식적 및 비형식적 "교육"으로 말미암는다는 것이다(36).

연구자들은 학생들의 개념 구조를 파악하기 위하여, 학생들이 어떻게 자연의 세계와 과학자들의 세계를 인식하려하는가를 이해하기 위하여, 물리교수방법을 개선하기 위하여, 학습자에 대한 다른 연구방법을 추구하기 위하여, 기존의 학습이론들을 검토해보기 위하여 그리고 교육과정의 개선을 위하여 1980년대에 이르러 더욱 많은 학자들이 활발하게 연구를 수행하고 있다(35).

1980년 영국 Leeds 대학교 연구모임(20), 1981년과 1983년에 미국 교육연구학회(AERA) 심포지움(39), 1982년 영국 Leicester 대학에서의 Seminar(37), 1983년 Cornell 대학 국제회의에서는 60여편의 논문 발표가 있었으나(25), 1987년 제2차 모임에서는 그 3분의 1이 넘었다(31). 독일 IPN의 Pfundt와 Duit 보고에는 1987년까지 1,500여편의 논문이 발표되었다는 것인데 물리학습 분야가 가장 많고 그 중에서도 역학 학습에 대한 연구 논문이 가장 많다는 것이다(35).

연구 방법은 비구조적 면담과 준구조적 면담, 특히 Gilbert의 IAI 방법 등이 많이 채택되었으나 일부는 주관식 서술, 선택후 설명, 단단식 선택 지필검사 도구를 사용하기도 하였다(38). 특수하게 개념도 작성과 V도법 방법(32), 카드분류, 단어연상, 대화의 읽기 방법 등도 채택되었으나 객관식 선택형 지필검사는 거의 사용되지 않았다(35,36).

면담이나 서술식 방식 등에 의한 정성적 자료분석 방법이 중요시 된 것은 당연하다고 하겠다. 개별적 또는 집단적 자료 분석이 시도 되었는데, 말한 것 또는 진술한 것을 그대로 인용하는 것으로부터 범주화에 따라 분류하여 정량화 하는 시도 등이 있어왔다.

특별히 계통도에 의한 분석(21)은 그 두 극단의 중간으로서 모두를 포괄하려는 것으로 계속 추구될 만하다.

이러한 연구의 이론적 배경이 오로지 기존의 것을 바탕으로 하였다고는 할 수 없으나 밀접히 관계된 것은 과학철학적으로 "Post-Positivism", 그리고 인식론적으로는 "Constructivism"과 관계가 깊다. 일반적으로 심리학 내지 학습심리학자중 Ausbel, Kelly, Lindsay, Rumelhart and Norman, Wittrock 등의 이론이 자주 거론된다.

이 과제는 주로 지적 영역과 관계되어 계속 확장 연구되고 있지만 情意的 영역과 관련하여 왜 개념 변화를 시도하려고 하는가 등을 추적하는 Head(38)의 연구도 있으며, 과학교사의 교육에 대한 개념 연구도 Hewson 등에 의해 추구하고 있다(27).

미국의 Cornell, Pittsburg, Washington 대학교, 영국의 Leeds, Leicester, London 대학교 불란서의 Paris VI 대학교, 독일의 IPN 연구소, 호주의 Monash, 뉴질랜드의 Waikato, 스웨덴의 Goeteborg, 이스라엘의

Hebrew 대학교 등에서 활발하지만 이외의 국가와 대학 및 연구기관에서도 상당한 관심을 가지고 연구하고 있다.

일본은 서구와 교류는 별로 없으나 자기들 나름대로 물리개념 학습과 지도에 대한 연구가 상당한 기간 이미 시행되어 왔음을 "物理教育"誌와 1986년도에 동경에서 개최된 국제물리교육연구모임 보고서(28) 등으로 알 수 있다. 아세아 지역에서는 별로 연구가 시행되지 않았으나 RECSAM에서의 논의를 비롯하여 소규모로 시행되고 있다.

한국에서는 한국과학교육학회지에 1984년 게재된 이론적 논의로부터(18), 86~88년 학회지(2, 9, 14, 19)에 계속 발표되고 있으며, 1987년부터 서울대학교와 한국교원대학교 물리교육 석사과정 논문 과제로 되어 왔고(1, 12, 13, 16, 17), 한국물리학회의 "물리교육"지에도 1987년부터 발표되고 있다(11, 15). 현재 아·태지역 물리교사교육자협회(APPTA) 연구과제로 호주의 Gunstone 교수를 중심으로 한국, 필리핀, 말레이시아, 타일랜드 등이 공동 연구중이며 1988년 12월 5일부터 나흘간 서울대학교에서 아태지역 물리개념 연구 워크숍이 개최될 예정이다.

본 연구는 과학교육 연구의 중요한 한 분야로 과학교육학회, 과학교육과, "과학교육" 과목을 의미있게 특징 지워질 하나의 중요 연구과제로 생각되는데, 특히 과학교육과정 내용구성에 의미있는 공헌을 알 것으로 가정하고 다음과 같은 연구 모형을 제시한다.

V. 한 단원 내용 구성의 연구 모형

학교 교육과정 전체는 물론 한 과목의 경우를 연구하는 것도 매우 복잡하여 본 논의는 과학교육과정 "내용" 구성에 한정한다고 하였으나, 이것은 전체와 무관한 것이 아니라 오히려 미시적 연구와 그로인한 귀납적 추구가 한가지 필요한 측면이라고 하겠다.

그러나 한 단원 구성을 현재의 교육과정 "내용"과 완전히 무관하게 새로운 단원 구성도 시도될 수 있으나, 본론은 직관적이든 시행착오에 의했든, 40여년에 걸쳐 5차나 개정된 현재의 과학교육과정 내용중 한 단원을 택하여 그 단원 요소의 선정과 전체 구성에 있어서 대상 아동의 이해 가능성 여부에 기초를 두고 수

정보완하는 형태의 연구모형을 제시한다.

1. 내용 요소인 개념에 대한 연구

구체적으로 중학교 1학년생을 대상으로 과학과목의 “힘과 운동” 단원에 대해 연구한다면 그 내용요소인 힘, 힘과 속력의 변화, 힘과 운동 방향 등에 대한 개념을 과제로 연구내용, 연구방법, 선택기준 등에 대해 논의할 수 있겠다.

1) 연구내용

첫째는 각 개념에 대해 아동의 학습전에 지니고 있는 생각과 형태를 남겨, 지역, 상중하 학력별 등으로 조사한다(아동의 개념조사). 이 연구 내용과 방법은 잇달은 모든 연구의 바탕이 되는 것으로, 어떻게 보다 바람직한 자료를 수집하고 의미있게 분석하는가가 중요 문제이다. 이러한 서술적 조사 결과를 과학사와 비교해 보는 것도 의미있을 것이다.

둘째는 아동이 지닌 개념이 파악되면 어떤 요인에 의하여 그러한 개념을 학습전에 지니게 되는가를 탐색한다. 예를 들면 일상언어, 경험, 대중매체 등에 의한 비형식적, 그리고 하급 학년까지의 형식적 “교육”의 영향 등을 고려하여 학습의 일률(mechanism)을 연구한다(아동 개념의 영향조사).

셋째는 비록 서술적이라도 현재의 전형적인 학교 수업 전후의 학생 개념을 조사하여 서술적으로나마 비교 분석을 하며, 성취수준을 면밀히 파악하고 상관요인 또는 영향요인을 계속 탐색한다(학습전후 아동 개념 비교).

넷째는 수업 모형을 창안하여 실험 연구를 시도하고 변인별 그리고 수업 모형별 학습 성취수준을 비교하고 집단의 최고 성취 가능성을 모색한다(개념 학습 지도 모형 연구).

다섯째 이러한 연구를 바탕으로 교육과정 “내용” 요소로서의 선택 기준을 세우고 잠정적 선택안을 제시하며(내용요소 선택 연구), 다음에 잇달은 단원구성 연구 후 현장에서의 연구(현장연구)를 거쳐 수정 보완된 안을 최종 심의회에 제시한다.

2) 연구방법

모든 연구 내용에 기반이 되는 아동의 개념 조사 연구 방법만을 제한한다면, 연구하려는 개념에 대해,

첫째, 한두 학급 학생을 대상으로 단답형 내지는

서술형 주관식 지필검사를 실시한 후 계통도 방식(21)으로 정성적 자료를 분석하여 아동의 개념 형태를 파악한다.

둘째, 주관식 지필검사 결과를 바탕으로 소수 학생을 대상으로 세밀한 면접을 하며 주관식 지필검사 결과와 비교하고 되풀이하는 것을 통해 깊이있는 파악을 한다.

셋째, 다인수 학급의 실용성을 위하여 상기 조사 연구를 바탕으로 선택후 설명 방식 또는 2~3단계 선택식 평가를 한 후 주관식 및 면접 결과와의 상관을 조사하며 정량적 통계 처리를 한다(24).

이렇게 여러 단계에 걸쳐 여러 방법을 시도하는 것은 보다 철저하게 깊이 있는 파악과 이것을 바탕으로 타당하고 신뢰로운 다인수 평가의 실용성을 도모하려는 데 있다.

3) 선택기준

보통 아동의 평균 성취수준이 60%이상의 개념을 합당한 내용 요소로 확인하며, 연구중에 60%이상의 아동의 응답으로 새로 나타나는 개념을 추가 내용 요소로 추천한다.

예를 들면, 중학교 1학년 “힘과 운동” 단원에 있어서 힘의 방향과 속도의 변화(가속도) 관계의 성취가 60%미만이면 존속을 재고하고, 운동량 개념이 많은 학생으로부터 제시되면 이 개념을 내용요소로 연구할 것을 제의한다.

2. 내용 요소의 구성 연구

한 단원의 구성 요소로서의 개념 선정과 개념들의 조직에 대한 연구중 한가지는, 물론 그 분야 전문가의 견해가 중요하나 그것은 아동의 심리적 수준과 형태에 부합해야 한다. 이러한 연구를 위해서는

첫째, 단원 학습전에 그 단원과 관계되는 단어 연상 조사를 실시하고, 단원 학습 후에 똑같은 조사를 하여 비교한다.

둘째, 단원 학습 후 “개념도” 작성(32)을 통해 개념 구조화 경향을 파악한다. 이로서 전문가적 견해와 아동의 개념 구성 형식을 비교할 수 있겠다.

셋째, 단원 학습 전후에 총체적인 지적 발달 관계 조사와 그에 대한 내용수준 분석도 시도할 만 하다(20).

3. 연구 계획과 종합

이러한 연구는 학술적 이론 형성과 실천적 현장 연구를 포괄하여 많은 연구자의 참가가 요청된다. 작게는 연구팀의 구성으로부터 크게는 학회의 조직적인 활동이 요청됨으로 리더십과 연구자의 협동적 자세가 필요하며 정보체제화가 절실함으로 컴퓨터망 구성이 필연적일 것이다. 한국에 있어서는 이러한 모든 활동에 행정적 지원체제가 강하게 작용함으로 그들의 인식이 또 하나의 중요 관건일 것이다.

VI. 결어

한국 과학교육계는 깊이있는 학술적 이론 연구와 더불어 현실적 실천 연구가 동시에 요청된다.

한국 과학교육에서 가장 명백히 진술되고 전체 과학교육에 너무나 지나치게 영향을 끼치는 과학 교육과정의 "내용" 구성을 어떻게 합당하도록 개선할 것인가는 바로 이러한 한국 과학교육 연구의 양면성을 띤 시급한 일이다.

아동의 과학 개념 연구는 과학교육을 하나의 바람직한 교과교육으로 부상시키는데 중요한 역할을 할 것이 기대되는 동시에 과학교육 과정 "내용" 구성과 학습지도 방법에 크게 공헌할 것이다.

본 논의는 직관적 제안으로, 계속되는 실제 연구과정과 그 결과에 의해 얼마나 가치있는가가 판명될 것이다.

참고문헌

- (1) 권성기, "중학생의 과학수업에 의한 힘과 운동의 개념 변화", 서울대학교 대학원 교육학 석사학위논문, 1987.
- (2) 권재술, 이성왕, "물리문제 해결 실패자(초심자)와 성공자(전문가)의 문제해결 과정에 관한 연구", 한국과학교육학회지, 제8권 1호, 1988. 6.
- (3) 문교부, 문교부 고시 제442호 1981, 12, 31, 별책 2, 국민학교 교육과정
- (4) 문교부, 문교부 고시 제442호 1981, 12, 31, 별책 3, 중학교 교육과정
- (5) 문교부, 문교부 고시 제442호 1981, 12, 31, 별책 4, 고

등학교 교육과정

- (6) 문교부, 제5차 교육과정(문교부 고시 제86-7호, '86, 3, 31) 국민학교 교육과정
- (7) 문교부, 제5차 교육과정(문교부 고시 제87-7호, '87, 3, 31) 중학교 교육과정
- (8) 문교부, 제5차 교육과정(문교부 고시 제88-7호, '89, 3, 31) 고등학교 교육과정
- (9) 박성식 박승재, "힘과 운동에 대한 중학생들의 개념조사", 한국과학교육학회지, 제7권 2호, 1987, 12.
- (10) 박종석, 조희형, "고등학생들의 유전에 대한 오인의 확인 및 유전학 지도방향", 한국과학교육학회지, 제6권 2호, 1986, 12.
- (11) 박현주, 박승재, "고등학생들의 빛의 직진, 반사 및 굴절에 대한 개념조사", 한국물리학회지 물리교육, 제5권 2호, 1987.
- (12) 박효기, "중학생들의 전기에 대한 개념조사", 서울대학교 대학원 교육학석사학위논문, 1987.
- (13) 선우종철, "중력과 운동에 대한 중학생의 개념분석", 서울대학교 대학원 교육학석사학위논문, 1988.
- (14) 오강수, 권재술, "Newton의 제3법칙에 대한 오인의 원인분석", 한국과학교육학회지, 제8권 1호, 1988. 6.
- (15) 유재혁, 박승재, "열평형에 대해 중학생들이 지닌 개념조사", 한국물리학회지 물리교육, 제5권 2호, 1987.
- (16) 유재혁, "열과 온도에 대해 중학생들이 지닌 개념조사", 서울대학교 대학원 교육학 석사학위논문, 1987.
- (17) 조봉제, "중학생들의 에너지에 대한 개념 형성조사", 서울대학교 대학원 교육학 석사학위논문, 1987.
- (18) 조희형, "선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학습의 관계", 한국과학교육학회지, 제4권 1호, 1984, 12.
- (19) 최승일, 조희형, "고등학교 생물 I의 세포분열, 생식, 수정개념에 대한 오인", 한국과학교육학회지, 제7권 1호, 1987. 6.
- (20) Archenhold, W.F., R.H.Driver, A.Orton and C.Wood-Robinson, "Cognitive Development Research in Science and Mathematics". Proceedings of an International Seminar, 17-21 September 1979, University of Leeds, 1980.
- (21) Bliss, Joan, Martin Monk and Jon Ogborn, "Qualitative Data Analysis for Educational Research", Croom Helm Ltd. 1983.
- (22) Cohen, Louis & Lawrence Manien, "Research Methods in Education(2nd ed), Croom Helm, 1980.
- (23) Driver, Rosalind, Edith Guesne and Andree Tiberghien, "Children's Ideas in Science", Open University Press.

- Milton Keynes, 1985.
- (24) Erickson, Bonnie H. and T.A. Nosanchuk. "Understanding Data", Open University Press, Milton Keynes, 1979.
- (25) Helm, Hugh and Joseph D. Novak. "Misconceptions in Science and Mathematics", Proceedings of the International Seminar, 20-22 June 1983, Cornell University, 1983.
- (26) H.E.L.P. "Individual Study in Undergraduate Science", "Small Group Teaching in Undergraduate Science", "Practical work in Undergraduate Science", "Students' Reactions to Undergraduate Science", The Nuffield Foundation, 1977.
- (27) Hewson, P.W. & M.G. Hewson. "Science Teacher's Conception of Teaching: Implication for Teacher Education", Vol. 9, No.4, 425-440, Int. J. Sci. Educ., 1987.
- (28) International Conference on Trends in Physics Education, Proceedings, Part I (Papers of Plenary Lectures), Sophia University, Tokyo, Japan, 1986.
- (29) La Londe Les Maures. "Research on Physics Education: Proceedings of the First International Workshop" Editions du CNRS, 1983.
- (30) Norman Swartz. "The Concept of Physical Law", Cambridge Univ Press, 1985.
- (31) Novak, Joseph D. "Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics", Proceedings of the Second International Seminar, 26-29 July, Vol. I, II, III, Cornell University, 1987.
- (32) Novak, Joseph D. and Bob Gowin. "Learning How to Learn", Cambridge University Press, 1984.
- (33) Osborne, Roger and Peter Freyberg. "Learning in Science", Heinemann Publishers, 1985.
- (34) Piet Lijnse. (GIREP/CVO/UNESCO), "The Many Faces of Teaching and Learning Mechanics (in secondary and early tertiary education)", Conference on Physics Education, W.C.C. Utrecht, The Netherlands, 1985.
- (35) Pfundt, Helga and Reinders Duit. "Bibliography-Students' Alternative Frameworks and Science Education", (2nd ed), Institut fuer die Paedagogik der Naturwissenschaften an der Universitaet Kiel, 1988.
- (36) Sutton, Clive & Leo West. "Investigation Children's Existing Ideas about Science", A Research Seminar, April 1982.
- (37) Thijs G.D., Boer H.H., Macfarlane I.G., Stoil C.J. "Learning Difficulties and Teaching Strategies in Secondary School Science and Mathematics", Proceedings Regional Conference (1987), Free University, Amsterdam, 1988.
- (38) West, Leo H.T. and A. Leon Pines. "Cognitive Structure and Conceptual Change", Academic Press, INC., 1985.
- (39) White, R. and R. Tisher. Research on Natural Science (Education), in the Handbook of Research on Teaching-third ed.-edited by M.C. Wittrock, 1986.
- (40) White, R., "Learning Science", Basil Blackwell, 1988.