

물리교육학의 학문적 성격에 대한 연구

신 희 명
박 승 재
소 광 섭
홍 중 배
이 성 목
(물리교육과)

서 론

이 연구는 서울대학교 사범대학 물리교육과 교수들(신희명, 박승재, 소광섭, 이성목, 홍중배)이 물리교육학의 학문적 성격을 규명하기 위하여 합동으로 연구, 토의한 결과를 정리하여 놓은것이다.

1. 물리학과 물리교육학

학교에서의 물리교육은 물리를 가르치는 것이다. 따라서 좋은 물리교육을 하려면 우선 물리 자체를 잘 이해하고 정확하게 알고 있어야 한다. 다시 말하면 물리를 정확하게 알고 있는 사람이 물리교육을 올바르게 할 수 있다는 것이다.

1) 물리학

일반적으로 '물리' 라고 하면 단순하게 물리학의 내용만을 생각하기 쉽다. 그러나 그 내용이 오늘날과 같이 나열되는 데는 오랜 세월이 걸렸으며 학문의 체계를 세우는 데는 많은 사람들이 관여하였다. 예를 들면 우리가 쉽게 생각하는 만유인력의 법칙이 생겨나는 데에는 삼백여 년이 라는 세월이 걸렸다. 뉴턴은 코페르니크스의 지동설, 케플러의 법칙, 갈릴레이(Galileo Galilei)의 운동론 등을 통합하고, 여기에 자기 생각을 넣어서 만유인력의 법칙을 유도하였다.

이 중의 케플러의 법칙을 하나 놓고 보아도 오랜 세월이 걸렸다. 즉 처음에는 브라헤(Tycho Brahe)라는 천문학자가 약 20년 동안에 777개의 별의 위치를 각도를 사용하여 측정하였다.

실험학자인 그는 관측기술이 뛰어나서 그의 측정치는 오늘날에도 사용할 수가 있다고 한다. 물론 그는 만유인력의 법칙에 자기의 측정치가 이용되리라고는 생각하지 못했을 것이다.

그리고 그의 제자인 케플러(J. Kepler)가 브라헤가 세상을 떠난 후에 그의 측정치를 정리하여 케플러의 법칙을 만든다. 케플러는 관측에는 그다지 흥미를 느끼지 못하였으나 수학에 관심이 많아서 화성의 궤도를 그리면서 법칙을 약 백년이 걸려 만들어 냈다.

이와 같이 생각하면 물리학은 단순히 내용만으로 이루어진 것이라고 말할 수는 없다. 일반적으로 물리학은 크게 두가지 측면으로 나누어서 생각한다. 하나는 물리의 지식이고 다른 하나는 철학적 측면으로 보았을 때의 학문이다. 위의 예에서 법칙을 찾을 수 있었던 것은 다음과 같은 전제 조건이 있었기 때문이라고 생각된다.

- (1) 자연현상들은 변덕스럽게 변하지 않는다.
- (2) 자연현상들은 연속적으로 일어난다.
- (3) 자연현상이 일어나는 데에는 그 원인이 있다.

그리고 이와 같은 가정 속에서 법칙을 찾는 일이 시작되는 것이다. 그 과정을 보면 대략 다음과 같다. 즉 자연을 관측하고 측정하여 이에서 얻은 결과를 정리하고 정돈하여 그들의 유사성 또는 공통성을 찾아내는 일을 하게 된다. 이것이 유도과정이다. 이렇게 하여 얻은 결과는 가설이 되고 이 가설은 다시 자연현상에 비추어 보는 검증과정을 거쳐서 새로운 법칙이나 이론으로 채택되게 된다. 이것이 자연을 탐구하는 탐구과정이 된다.

물론 이와 같이 계획적으로 탐구하는 것만이 자연을 탐구하는 방법은 아니다. 어떤 때에는 실험 도중에 생각지도 않았던 결과를 얻어서 새로운 이론을 세울 수도 있고, 어떤 때에는 직관적인 엉뚱한 생각으로 상식에서 벗어나는 이론을 세울 때도 있다. 그러나 위에서 다룬 것과 같이 계획적으로 탐구하는 방법이 가장 많으며 특히 학교에서와 같이 계획적인 학습을 시키고자 할 때에는 중요한 역할을 하게 된다.

이와같이 분석하여 보면 물리학은 단순한 내용의 나열이라고 생각할 수는 없다. 더우기 탐구의 결과인 내용을 나열하는 데에는 나열하는 삶의 철학이나 지식의 정도에 따라서 서로 다른 구조를 할 수가 있다. 미국에서 사용하는 물리의 전문 서적이거나 교과서가 영국에서 사용하는 그것과 판이하게 다른것은 이들의 관점이 서로 다르고 자국의 연구결과를 중요시 하는 데에서 온다고 볼 수가 있다.

따라서 물리학은 하나의 표준이 되는 교과서로 규정될 수가 없다. 어떤 학자가 내용을 구성하더라도 그것 자체로서의 철학을 세우고 그 나름대로의 구조화가 된다면 그 나름대로의 좋은

물리학이 될 수 있는 것이다.

2) 물리교육

학교교육은 조직적 활동이다. 즉 무엇을 어떻게 가르쳐서 어떤 결과를 얻어야 하는가를 명백히 해야 한다. 이것을 다시 말하면 교육의 목표가 있고, 내용이 있고 지도법이 명확하여야 하며 성취도의 측정이 가능하도록 교육계획이 짜여져야 한다.

(1) 물리교육의 목표

물리교육의 목표는 물리를 가르치는 일이다. 이것에 대해서는 여러가지 의견이 있을 수 있으나 앞으로의 항목들에 나열된 상세화된 설명에 의하여 명확해질 것이다.

(2) 물리교육의 내용

물리교육에서 다루어야 할 내용은 단순하게 물리학이라고만 해서는 안된다는 것을 앞에서 다루었다. 물리학 자체에도 다루는 사람의 철학이나 지식의 정도에 따라서 내용의 배열이 달라지는 것은 물론이고 국민학교, 중학교, 고등학교, 대학교 등 그 수준에 따라서도 달라져야 한다. 즉 물리교육에서 다루어야 할 내용에 있어서 다음의 사항이 고려되어야 할 것이다.

(가) 지적발달 수준에 맞는 내용을 선정해야 한다. 이를 위해서는 내용을 선정한 후에 여러 번 현장에 적용시켜 보아야 하며 적용시켜 본 후에 수정이 필요하면 수정을 하고 다시 적용시켜 보아야 한다. 즉 오랜 시간을 두고 내용을 선정하여야 한다. 물론 국민학교는 국민학교대로, 중, 고등학교는 그 나름대로 실시하여야 한다. 우리나라에서는 국민학교 교과서는 제1종이므로 교육부에서 내용적용 실험을 거쳐서 제작되므로 그 나름대로 바람직하나 중, 고등학교용 교과서는 제2종으로서 실험을 거치지 않으므로 바람직스럽지 못한 교과서도 나오고 있다.

(나) 구조화된 과정이 되어야 한다. 인간이 지식을 얻는 과정에는 여러가지 학설이 있으나 다음과 같은 과정이 많이 인용된다. 즉 외부에서 신호가 뇌에 전달되면 뇌에서는 이 신호를 뇌 세포의 어디엔가에 저장시킨다. 그리고 외부에서 호출신호를 받으면 곧바로 반응을 보여서 저장했던 신호를 내어놓게 된다. 물리교육에서는 이 신호가 개념을 뜻한다. 한 학생의 예를 들어 보기로 하자. 이 학생은 전기에 관한 개념이 들어오면 왼 쪽 부분에다 저장하고 역학적 개념이 들어오면 오른쪽에 저장한다. 이런 모양으로 저장하면 이 학생의 뇌 속에는 개념의 무늬가 생기게 된다. 이 무늬를 우리는 지식이라고 부른다. 이 때 무늬가 잘 정돈되어 있으면 외부의 신호에 대하여 신속하게 응답을 할 수 있으나 어지럽게 분포되어 있으면 응답을 할 수 없게 된다. 이때 정돈이 잘된 무늬가 개념의 구조화가 잘 이루어진 상태라고 부른다. 따라서 물리의 교과내용도 구조화를 시켜서 학습한 학생이 지식을 구조화 시키기 쉽게 하여야 한다.

물리교육의 내용은 위에서 언급한 것과 같은 과정을 거쳐서 이루어져야 하므로 이는 물리학자가 정하여 놓은 학술적인 내용구조와는 전혀 다른 구조를 하고 있다. 학술적인 구조와 교육적인 구조는 그 대상이 다르다. 물리학의 대상은 자연현상이고 물리교육의 대상은 인간이다.

(3) 물리교육의 지도

물리를 가르치는 데는 물리학자들이 자연을 탐구하는 방법과 그로부터 얻은 개념을 학생들이 잘 습득할 수 있도록 하는 것이 가장 바람직하다. 그러나 앞에서 이야기 한 것과 같이 물리학자들이 하는 일은 방대하고 시간이 많이 걸리는 일로서 이런일을 교실에 그대로 들여올 수는 없다. 따라서 물리학의 세계를 축소시켜서 교실에 도입하여야 한다. 물리교육의 지도는 크게 두가지 부분으로 나누어서 생각할 수 있다. 하나는 개념이고 다른 하나는 탐구과정이다. 그러나 이 두가지는 서로 떼어서 독립적으로 생각할 수 없는 것이다. 그 이유는 하나 하나의 개념들은 제각기 서로 다른 탐구과정을 거쳐서 이루어진 것이기 때문이다. 일반적으로 하위개념에 속하는 것은 과정도 단순한 반면에 상위개념에 갈수록 복잡하고 고가의 실험장치가 필요하게 된다. 국민학교 수준의 과정에는 낮은 수준의 개념과 비교적 많은 탐구 과정을 도입할 수 있고 고학년에 올라갈수록 개념수준이 높아지면서 탐구과정으로 덜 들어가는 형태가 된다.

(4) 물리교육의 평가

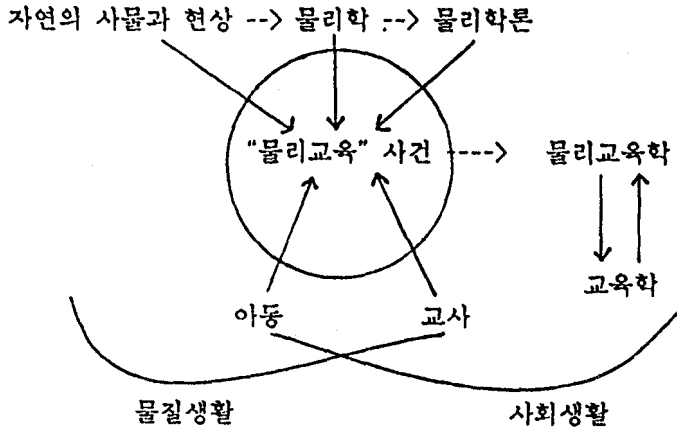
물리교육의 평가는 크게 두부분으로 나누어서 생각할 수 있다. 하나는 지적영역의 부분이고 다른 하나는 정의적 영역이다. 그리고 지적 영역도 다시 인지적 지식과 지적능력 및 기능으로 나누어서 다루며 정의적 영역도 기술 또는 인격화등으로 나누어서 다룬다. 여기에서는 이것을 다루지 않을 것이다.

2. 물리교육의 연구분야 및 학문적 성격

앞 '1. 물리학과 물리교육학'에서 물리교육에서 다루어야 할 내용은 단순하게 물리학이라고만 해서는 안된다는 것을 다루었다. 교육은 다차원적 활동이므로 물리교육은 아래와 같이 여러가지 기준에 의하여 그 연구분야 및 학문적 성격을 분류해 볼 수 있다.

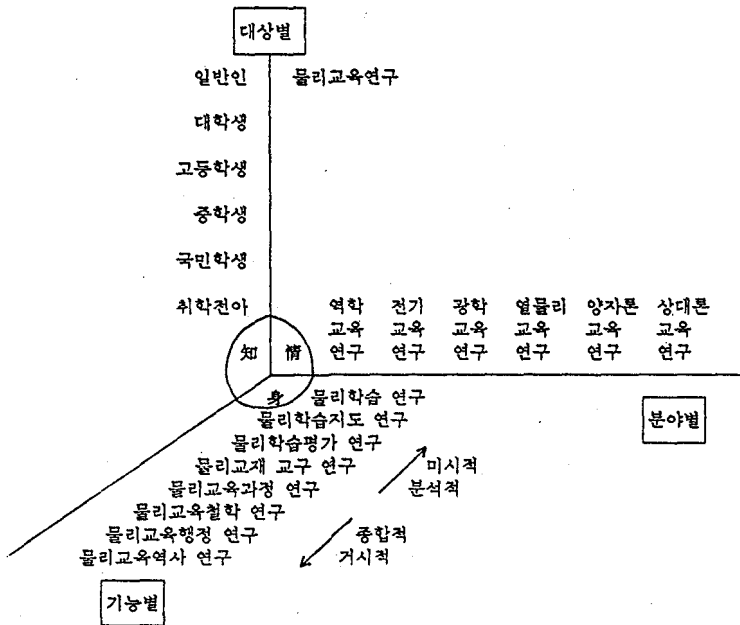
1) 물리교육 연구의 목표, 기능, 범주

연구범주	목표와 기능
실태분석 이론형성 실천계획	서술적, 현황적, 기반적 준거적, 법칙적, 학술적 → 협의의 물리교육학 응용적, 미래적, 실용적 (학급, 학년, 학교, 지역, 국가)



물리교육학 성립의 역동적 구조

나. 물리교육 연구내용의 다차원적 범주

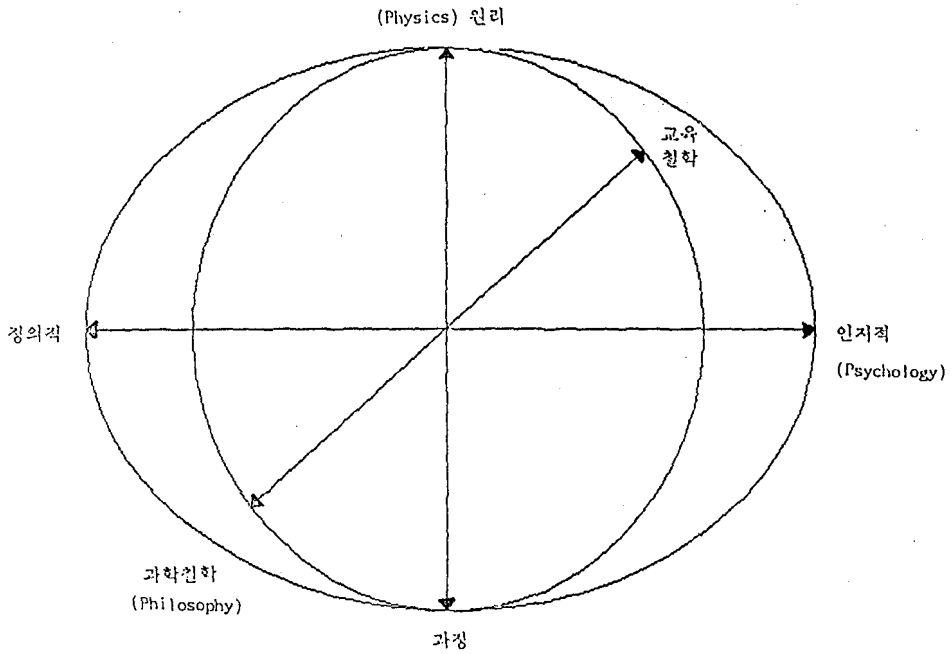
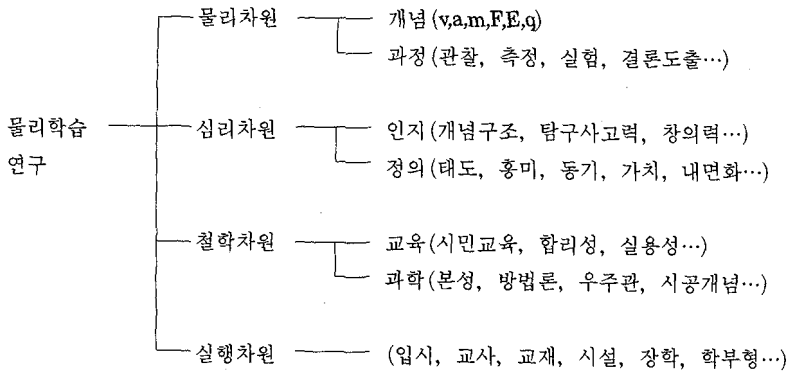


다. 물리학습 연구범주 모형

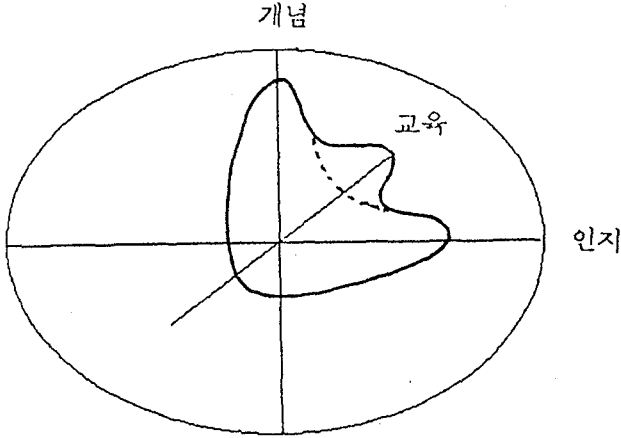
다차원적인 물리교육활동의 복잡한 실천형태를 앞에서는 다루었다. 물리교육학의 학문적 성격은 아래의 물리학습 연구 범주에서 볼 수 있는 4차원을 통괄하는 모형에 의하여 가장 잘 설

명된다고 볼 수 있다.

- (1) 물리학습 연구의 4차원: 1) 물리차원 (Physics Dimension)
 2) 심리차원 (Psychology Dimension)
 3) 철학차원 (Philosophy Dimension)
 4) 실행차원 (Practical Dimension)



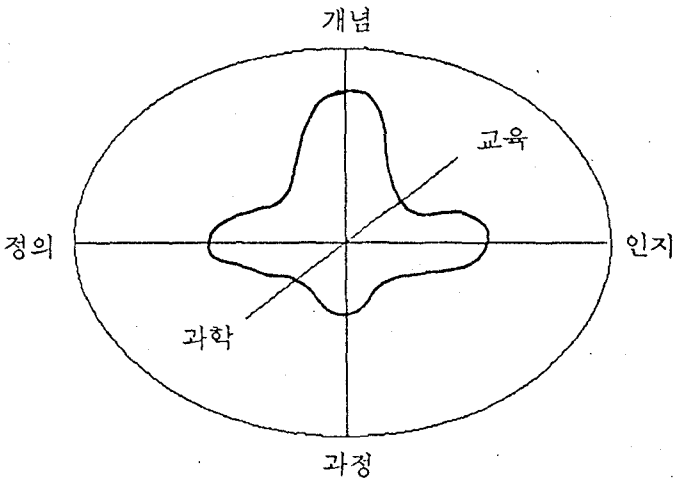
(2) 현재의 물리교육학습연구 - 개념에 대해, 인지적 영역에 관해, 교육철학적 관점으로 학교현장의 실행에 무관하게 즉, 찌그러진 감자 1/8 뿐!



(e.g.)

- Piaget식 연구 → 인지축 중심
- 개념변화 연구 → 개념-인지 평면 중심
- 교육과정 연구 → 교육철학-개념 평면 연구

(3) 바람직한 물리교육학습연구 - 개념과 과정에 대해, 인지적 정의적 영역 모두를, 교육 철학적 및 과학철학적 관점에서, 현장교육과 긴밀하게 이루어지는 학습에 대한 연구이다.



(e.g.)

- STS 연구 → 물리차원-심리차원 중심연구

물리교육학에 대하여 외국의 경우를 살펴보기 위하여 아래와 같이 독일에서 일어난 선행연구를 분석하여 보았다.

라. 물리교육학에 대한 학문적 논의의 예: 독일의 경우

(1) 물리교육학에 대한 학문적 논의의 시발

교과교육학에 대한 학문성 논의가 본격화 된것은 1959년 Tubingen과 1962년 Trier에서의 교육학회에서 었다. 전자에서 주로 교사양성을 중심으로 교과교육론을 논의하였다면, 후자에서는 교과교육론의 고유한 학문성에 대하여 논의하였다고 볼 수 있다. 이 두 모임을 통하여 물리교육학에서도 학문성 정립을 위하여 노력이 시작되었는데 그 과정은 대략 다음과 같다.

(2) 과학교육학에서 교과교육적 실태를 조사하고 문제점들을 제시하여 학문으로서 이론적 요소들을 발전시킴

-M.Wagenschein, '과학교육의 교수론에 대하여' 1960

-W.Bleichroth, '과학교수론에 대하여' 1963

(3) 물리교육학의 학문적 논의에 대한 중간평가

-W.Bleichroth, '학문으로서 물리/화학교육의 교수론에 대하여' 1969

(4) 물리교육학의 학문적 독자성에 대한 논의

-Weltner, '물리, 화학 교수연구의 교과교육론' 1971

(5) 교사양성을 위한 제도가 양성중심으로 되어 있고 학문적 연구개발의 기능이 미약하다는 점에 대한 실천적 문제를 제기하고, 물리교육학의 고유한 독자적 학문성에 대하여 논의

-W.Jung, '물리/화학영역에서 새로운 교과교육론적 연구의 소개에 대하여' 1972

(6) 물리교육학에 대한 최근의 경향

물리교육학은 물리학습에 대한 학문이다. 그러나 이것은 양자물리학처럼 물리학의 한 부분도 아니고, 과학철학처럼 물리학에 대한 메타이론도 아니다. 이것은 또한 교육학이나 심리학, 사회학의 응용분야도 결코 아니며, 오히려 독자적인 閭學問이다. 물리교육학의 연구 및 응용 분야는 다음과 같은 다양한 측면을 지니고 있다.

(가) 교육적-사회적 측면: 학습과정은 학습내용에 대한 상위목표를 지향한다.

교육에 대한 일반적 개념과 물리교육의 교육개념 사이의 관련성에 대한 분석; 일반목표를 위한 교수목표의 관련성 분석; 일반교육목표, 교육내용, 학습과정 사이의 관련성 분석, 학문, 경제, 기술, 일상생활에서 요구되는 물리적 능력에 대한 반성적 고찰

(나) 학문적 측면: 학습과정은 구조가 물리를 통하여 결정된 학습내용과 관계한다. 제시된 교육목표에 따라 물리학의 성과, 사고양식, 방법, 응용에 대한 분석과 반성적 고찰; 물리학에 대한 전문적 연구에서 얻어진 새로운 지식을 고려하여 교육과정의 내용을 분석; 학문, 경제, 기술, 일상생활에서 요구되는 물리적 능력에 대한 분석. 교육과정을 새로운 내용으로 대체할

수 있는 가능성, 내용, 방법, 기술 등에 대한 반성적 고찰

(다) 심리학적-사회학적 측면: 학습과정은 사회문화적, 개인적 관계를 고려하여야 한다. 물리학습에 있어서 학습심리적 사실들의 분석: 교수방법과 학생들의 개별적 학습과정의 분석; 교사의 교수방법과 학습과정 촉진에 대한 가능성 분석; 학생들의 개념형성, 언어교육, 사고범주에 대한 분석. 학습과정에 있어서 단계, 갈등, 부진, 모형형성과 파라다임, 지엽적, 전체적 지향 등에 대한 분석과 반성적 고찰

(라) 구조적-교육과정적 측면: 필요한 대체를 포함하여 효과적 수업단위의 개발, 시험, 개정. 물리교육학은 교사를 위하여 바람직한 커리큘럼이나 실제적-방법적 도움을 개발해야하는 목표를 지니고 있다.

(마) 현장실천적 측면: 물리교육학은 학교 현실에 대한 이론과 실체를 결합한다.

(바) 범학문적, 간학문적 측면: 범학문적 내용과 수준, 간학문적 관점과 자극들을 인식론적으로 심화시킨다. 물리학 외적영역에서 수입에 적절한 문제들을 종합하고 선별하는 것.

(사) 교육정책적 측면: 물리교육은 물리수업의 교육정책적 입장과 그 결과를 분명하게 해야 한다: 여기에는 교육영역에 있어서 결정사항들에 대한 골격을 개발하는 것도 포함된다.

교과교육론은 경험적, 문헌적 연구방법들을 응용한다. 여기서 경험적 연구를 지나치게 강조해서는 아니된다. 교과교육이 종종 검사를 통하여 쉽게 검증될 수 있는 '지식'에 지나치게 의존하는 반면, 간단한 방법으로 쉽게 측정되지 않는 '이해'는 너무 소홀히 다룬다는 비판을 받고 있다. 이 위험을 이미 Wagenschein 지적한 바가 있다. 그는 '이해하는 것을 배우기'와 '물리교육의 객관화'를 주장하였다. 광범위한 현장조사에서 신뢰할 만한 경험적 자료가 부족하기 때문에 물리교육자들은 어떤 견해에 대하여 반대나 찬성만을 이야기 한다든지, 자신의 교수론적 결론이 잠정적이라는 의식을 지니고 있는 경향이 자주 있다.

3. 물리교육학의 국제적 동향

우리나라 및 외국에서의 중등학교 물리교사 양성과정은 각국마다의 문화적 특성에 기인하여 서로 다른 다양한 체제를 갖고있다.

1) 물리교사 양성체제 예시

(1) 학사이후 연계성: 자연과학대학에서 물리학 이학사 수료후 대학원 수준의 1-2년 물리교사 특별 과정이수 담당 학과

(예) 영국의 PGCE, 미국 Columbia 대학교

(2) 대학교내 혼합: (가) 대학교내 사범대학에서 물리교사를 양성하되, 물리학은 자연대 과목을 이수하고 교육학 및 물리교육학 관계 과목은 사대에서 이수

(예) 미국 Ohio 주립대학교 등 많은 미국 대학의 경우

(나) 물리학과 학생이 규정된 일정속의 교직과목 이수(교직과정)

(예) 한국 자연과학대학

(3) 대학교내 학부제: 대학교내에(사범대학과 자연과학대학 없고) 물리학부 등이 있는데, 여기에 입자물리전공, 고체물리학전공, 물리교육학 전공 등을 포함

(예) 독일 Dortmund 대학교, 미국 Purdue 대학교

(4) 대학교내 독립제: 대학교내의 사범대학 물리교육학과에서 물리학, 물리교육학 등을 모두 이수

(예) 서울대학교 사범대학 등 많은 한국 사범대학의 경우

(5) 교원대학 독립제: 교사양성기관이 독립적인 기관으로 되어 있는 경우

(예) 한국의 교육대학, 한국교원대학교

2) 과학교육 박사학위 과정 개설대 (외국)

(1) 과학교육 박사과정을 개설하고 있는 각국의 대학

미국: 1980년 과학교육학 박사학위 과정을 개설한 67개 대학교중 Yager가 활발한 대학이라고 제시한 35개 대학을 아래에 소개한다. (괄호속 이름은 그 대학에서 과학교육 박사학위 과정을 이수하였거나 이수중인* 한국인)

Cornell U. Florida S. U(한종화), Georgia S. U, Harvard U. Indiana U. Kansas S.U. Michigan S. U. (김효남) New York U. North Carolina State U. Ohio State U.(권재술, 조정인) Oregon S.U. Pennsylvania S.U.(송용규 한안진) Purdue U.(조희형) Stanford U. SUNNY-Buffalo(구수정) Syracuse U. Teachers College Columbia U.(김영수 혁명) Temple U.(*김영주), U. of California-Berkley, U. of Colorado, U.of Georgia(정진우), U. of Houston, U. of Iowa, U of Kansas, U of Maryland, U of Michigan, U of Minnesota(최병순), U of Nebraska-Lincoln, U of Northern Colorado(박승재), U of Oklahoma,U of Texas Austin(김찬중), U of Virginia, U of Washington(정희옥), U of Wisconsin

영국: 1970-86년에 34대학교에서 205명의 과학 또는 수학교육 박사학위자 배출 대학교(괄호속의 숫자는 학위이수자 수이며 한국이름은 한국인 이수자 또는 *이수 중인자) King's College London(46. 송진웅, *정호진), Surrey(22), East Anglia(21, 이화국) Glason(16),

Susses(5), Brunel(2), Cardiff(2), Newcastle-upon-tyne(2), Reading(2), Sheffield(2), Sterling(2), Warwick(2), Aberben(1), Aston(1), Bangor(1), CNAА(1), Durbam(1), Hariot-Watt(1), Manchester(1), Southampton(1)

호주: 1971-86년에 10개 대학교에서 37명의 과학교육 박사학위자 배출 대학교(괄호안의 숫자는 학위 이수자 수)

Monash U(22), U West Australia(3), Murdoch U(3), Macquarie U(2), Newcastle(2), Sydney(1), U Tasmania(1), La Trabe U(1), Melbourne(1), Deakin U(1)

캐나다: University of Columbia, University of Toronto, University of Alberta

독일: University of Kiel(IPN), University of Frankfurt, University of Muenchen, University of Duisburg(정병훈)

불란서: University of Paris VII(LIRESPT)

스웨덴: University of Gotenborg, University of Stockholm

이스라엘: Hebrew University (Science Education Centre)

뉴질랜드: University of Waikato

일본: 筑波大學校(*한인옥), 廣島大學校(김범기)

대만: 國立臺灣師範大學校

필리핀: University of Philippines

말레이시아: University of Malaysia

(2) 미국의 과학교육 박사과정에 대한 내용 소개

(가) 미국의 과학교육학 박사 프로그램을 본다면 전공과학 분야에서 석사학위와 동등한 수준(Physics), 교육에 대한 심리학적, 사회학적, 철학적 기초, 실행차원에 대한 심도깊은 교육을 마련하고 있음이 분석되었으며 이는 앞서 우리가 제시한 물리학습연구의 4차원 모형을 보다 Solid하게 충족하고 있다고 볼 수 있다.

(나) 1966년 제시된 미국과학교사양성협회(AETS)의 과학교육학박사 프로그램 기준 요약

1. 과학에서의 학문적 심도: 전공 과학 분야에서 석사학위와 동등한 수준
2. 과학에서의 학문적 범위: 실험을 포함한 1년간의 과학(생물, 화학, 물리학, 지구과학) 과정 이수
3. 과학사와 과학철학: 둘 중 한 주제에 대한 1년간의 공부, 또는 두 주제를 모두 포함한 1년간의 과정 이수
4. 과학 교육: 학생은 과학 교육의 최신 정보를 잘 알고 있어야 하며, 교육과정이나 다른

분야	1960	1965	1970	1975	1980
과학	24	26	29	29	29
과학교육학	15	16	16	16	16
과학사, 과학철학	4	4	4	4	4.5
교육학	7	7	11	11	11

분야	1960	1965	1970	1975	1980
과학교육	10	26	96	76	51
과학	1	3	32	40	26
학교/장학	0	2	17	45	26
보건, 정부등	0	4	12	17	15

개발 과정의 선두에 있어야 함.

5. 교육에 대한 심리학적, 사회학적, 철학적 기초: 각 과목에 대한 고급 과정이나 세미나, 학생의 역할 지향 (role orientation), 집단 역학(group dynamics), 아동의 발달, 사회적 기구로서의 학교의 역할 등에 대한 최근의 지식을 알고 있어야 함

6. 통계: 실험 설계와 공변 분석등에 대한 1년간의 과정 이수 및 컴퓨터를 다룰 수 있는 기술

7. 수학: 미적분학과 같은 1년간의 대학 수학 과정 이수

8. 학위 논문: 학생은 독자적으로 의미있는 연구를 계획하고 수행할 수 있는 능력을 보여야 하며, 학회 보고나 출판 논문의 기초가 될 수 있는 수준의 연구이어야 함.

9. 직업 참여: 학생은 경력을 목표로 한 활동에 적극적으로 참여해야 함. 예를 들면, 과학 교사의 관리, 과학 방법 과정에 대한 교수직 등.

10. 연구 참여: 학생은 현재 진행되는 과학교육 연구 활동의 몇 부분에 참여해야 함.

11. 박사 과정 관리 위원회: 교육학과 관련 과학 분야의 대표를 포함.

12. 상주 실습 기간(residency): 이 과정은 연속적인 전일제(full time) 실습으로 최소한 2년 이 필요함. 어떠한 경우에도 1년간의 상주 실습 기간이 없이는 박사학위를 받을 수 없음.

13. 만료기간(time limitation): 대학 과학교육자나 중등학교 과학주임이 되기 위해 준비하는 학생은 7년, 과학개론에 대한 연구 전문가가 되기 위해 준비하는 학생은 5년.

(다). 1972년 개정된 미국과학교사양성협회(AETS)의 과학교육박사 프로그램 기준 요약

1. 과학에 대한 능력: 폭넓은 과학 수업을 받아야 함. 연구의 범위와 깊이에 대한 선택은 열려 있음. 과학 연구목표 총체는 과학과 사회의 상호 의존성과 과학에 대한 통찰력에 있음.

2. 교육의 사회적 상황에서의 능력(교육적 측면에서 본 사회학에 대한 능력): 학교 조직, 구조, 사회학에 대한 이해, 교육을 형성하는 사회 경제와 정치력에 대한 이해, 변화 과정에 대한 이해.

3. 교육과정의 개발과 설계에 대한 능력: 사회학, 인류학, 심리학, 대중 매체 연구 분야의 원리 적용. 이러한 지식을 과학교육 목표 설정과 교육과정 설계에 적용.

4. 지도 과정에 대한 능력: 교육과정, 수업 교재, 교수계획을 분석하고 평가하는 기능. 공학과 기자재에 대한 지식, 그리고 그것들을 새로운 상황에 적용할 수 있는 능력.

5. 수업 평가에 대한 능력: 상황과 관련지어 결과를 객관적으로 해석하는 능력, 교사들의 의견 교환을 통해 그들의 수업 과정을 검사하도록 자극할 수 있는 능력.

6. 연구 설계에 대한 능력: 중요한 질문을 인식하고, 그것을 조작적 형태로 제시하며, 검증 가능한 가설을 설정하고, 통제를 하여, 자료 분석 방법을 사용할 수 있는 기능등이 포함됨. 결과를 효과적으로 의사소통하고, 다른 사람의 연구를 해석할 수 있는 능력

7. 행정적인 능력: 연구설계나 계획을 알며 확실한 지원을 받을 수 있는 능력, 연구비를 집행할 수 있는 능력

8. 대인 관계에서의 능력: 자아관의 확립, 변화와 반추적 사고를 위한 가치 척도의 형성, 이야기를 경청하는 기능, 생산적인 방법으로 활동할 수 있는 능력 등.

3) 물리 및 과학교육 관계 학술지 및 연구의 예

(1) 국제 및 국내적으로 발행되고 있는 물리 및 과학교육 관계 학술지는 다음과 같다.

(국제 학술지 예)

International Journal of Science Education

Science and Education

Research in Science and Technology Education

(외국학술지 예)

미국: Journal of Research in Science Teaching

Science Education

초등 Science & Children, 중학 Science Scope

중등 Science Teacher, 대학 College Science Teacher

물리교육 The Physics Teacher, American Journal of Physics

화학교육 Chemistry Education

생물교육 The Biology Teacher

지구과학교육 Geology Education

영국: School Science Review

Education in Science

Physics Education

Chemistry Education

Biology Education

독일: Naturwissenschaften im Unterricht Physik

Physika und Didaktik

Physika Didaktika...

일본: Nihon Ricagaku Kyokai

Kagaku Kyoiku Kenkyu...

(2) 국제적인 물리교육 연구활동에 관한 연구모임을 소개하면 아래와 같다.

물리교육연구의 예

물리개념 학습과 지도에 관한 연구 활동 연보

- | | | |
|------|-----|--|
| 1973 | 미국 | Driver, The representation of conceptual frameworks in young adolescent science students, Doctoral dissertation, U of Illinois, |
| 1974 | 프랑스 | Delacote, Tiberghien, Viennot, Paris U.VII 물리교육연구소 활동 |
| 1979 | 영국 | leeds 대학교 아동의 수리 및 과학 개념 국제 세미나 |
| 1981 | 독일 | IPN 물리개념 연구 국제 워킹샵 |
| 1983 | 미국 | Cornell대학 과학 오개념 국제 연구 모임 1차 2차(1987)3차(1993) |
| 1985 | 화란 | Utrecht 대학 과학개념 연구 모임 |
| 1988 | 한국 | SNU(APPTA-ASPEN) 학생의 물리 개념구조와 변화에 대한 아태지역연구 모임(I) |
| 1988 | 독일 | Pfundt & Duit, Bibliography : Student'alternative frameworks & science education 1600여편의 학생의 과학관계 선개념 연구 논문 범주별로 분류 물리관계 (예) 역학 246편, 전자기 147편, 에너지 66편, 열물리 69편 광 학 61편 입자 48편 통계 5편 양자 4편 상대론 3편 소리 1편 |
| 1990 | 필리핀 | UP(APPTA-ASPEN) 학생의 물리 개념구조와 변화에 대한 아태 지역 연구 모임(II) |
| | 한국 | 1984년 이후 "물리교육" 학회지와 "한국과학 교육학회지"에 32편, 서울대 석사 학위논문 17편, 박사학위논문 3편 등 |

1994 한국 SNU(APPTA-ASPEN) 학생의 물리개념 구조와 변화에 대한 아태지역 연구 모임(III)

4. 과학(물리) 교육학의 국내 상황

과학(물리) 교육학을 국내외에서 전공한 연구인력(박사)은 아래와 같다.

가. 외국에서 과학교육학 박사학위과정을 이수한 (물리교육배경의) 한국인

이름	연도	논문 제목	수료국
권재술	(1984)	An Examination of Theoretical Bases and Empirical Evidence for the existence of the Momentum Effect in Learning Scientific Concepts 지도교수 Mayer V.J 현직 한국교원대(물리교육과)	미국
김범기	(1989)	물리교육의 한일 비교 연구 지도교수 武村重和 현직 한국교원대(물리교육과)	일본
박승재	(1979)	An investigation of the attitudes toward science and science teaching of science education majors in Korea 지도 교수 Trowbridge L W 현직 서울대학교(물리교육과)	미국
박윤배	(1990)	Variables related to selection of metal representation and problems solving strategy during Mechanics problem solving 지도교수 A.L.White 현직 고신 대학교	미국
송진웅	(1990)	Effect of pupils' response of interaction of between process skill demands, concept requirments and contexts in science question 지도 교수 P.J Black 현직 대구대학교	영국
정병훈	(1992)	Internationaler vergleich der schulsysteme und des physikunterrichts in Ausgewahlten Staaten Europas Ostasiens: Deutschland, Grossbritannien, China, Korea und Japan 지도교수 Genot Born 현직 서울대 강사	
한안진	(1980)	The effect of science teaching under forth grade Korean child's Concepts of Piagetian Phsical Causality 지도교수 Fower H.S 현직 인천 교육대 (과학교육과)	미국
한종하	(1978)	An analysis of the Second Year Korean Science Textbook Using Piagetian Concrete and formal Opperating thinking Patters 지도교수 현직 한국교육개발원	미국

나. 서울 대학교 과학교육과(물리교육전공) 박사학위 이수자

이름	연도	논문제목	지도교수	직장
김영민	(1991)	중학생의 전류개념 변화에 미치는 체계적 비유수업의 영향	박승재	한국교육개발원
김익균	(1991)	대립개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 대학생에 힘과 가속도 개념변화	박승재	충북대물리교육과
박종원	(1992)	상대론 기초개념 변화에 있어서 초인지의 역할	박승재	전남대물리교육과
이 무	(1992)	과학적 탐구 사고력평가문항에 관한 연구	박승재	서울대강사
이돈형	(1990)	중학생의 과학 실험 활동과 과학 학습 결과의 관계 분석	신희명	한국교육개발원

5. 과학(물리)교육학의 사회적 요구

가. 서울사대 물리교육과 졸업생 취업현황 (93-02-01)

회	중등교사-교장, 교감 -장학/연구사(관)	교수	연구소-원생	재미 기타-미확인-사망	총인원
2	1				1
3	2				2
4				1-0-0	
5					
6				1-1-0	2
7	1-2-0	3		1-1-0	8
8		2	1-0	0-4-2	7
9	5-6-0	2		1 1-3-1	18
10	5-4-0	6	1-0	1 2-6-2	25
11	6-12-2	1		5 1-5-2	32
12	2-2-1	2		1 1-1-0	10
13	7-4-5	3	1-0	3 6-4-1	33
14	13-7-6	3		6 1-5-1	41
15	7-2-2	2	1-0	4 4-5-0	27
16	7-1-2	4		4 5-2-0	25
17	16-1-1	2		7 4-4-4	35
18	17-3-0	1	1-0	3 4-3-1	32
19	4-2-1	3	1-3-1		14
20	6-0-0	1		1 0-1-0	9
21	5-2-0			0-1-0	8
22	10-0-0	2	2-0	1 1-1-0	17

회	중등교사-교장, 교감 -장학/연구사(관)	교수	연구소-원생	재미 기타-미확인-사망	총인원	
23	3-0-0	2	1-0	1	1-5-2	13
24	6-1-0	3		2	1-4-0	17
25	4-0-1	4	2-0	2	2-1-0	16
26	9-0-1	2	2-0		3-2-0	19
27	3-0-0	1	3-0	3	1-3-1	14
28	16-0-0	2	4-0	2	4-2-0	30
29	10-0-0	4	3-0	5	6-6-0	34
30	9-0-0	2		6-	7-2-0	26
31	7-0-0	2	4-0	3	7-5-0	28
32	1-0-0	3	3-0	5	6-5-0	23
33	15-0-0	3	8-0	8	1-10-1	45
34	15-0-0		3-0	4	1-11-0	34
35	11-0-0		4-0	5	2-10-0	32
36	11-0-0	5	7-0	3	4-2-1	32
37	15-0-0		2-0	4	2-9-0	32
38	17-0-0		0-1	2	5-5-0	30
39	19-0-0		0-7	1	5-5-0	37
40	14-0-0				0-21-0	35
41	12-0-0		2-4	2	2-15-0	37
42	16-0-0		4-7	3	1-5-0	36
총원	324-49-22	66	65-19	96	95-181-20	917
%	48	7.2	9.2	10.5	32.3	100

나. 물리교육의 대상구분과 물리교육학 연구자의 활동분야

앞에서는 과거 42년간의 물리교육과의 졸업생들의 취업분포에 대해 알아보았다. 미래에는 우리사회의 다양한 요구에 부응하기 위하여 물리교육학의 활용대상은 초중고 대학생 및 일반인 물리교육(기초, 전문, 성인 물리교육) 뿐만아니라 물리(과학)에 관련된 각종의 고급 교육인력 및 행정인력을 양성하는 곳이 되어야만 할 것이다. 앞으로 예상되는 물리교육학 연구자의 활동 분야를 적어 보았다.

- 초중고 물리(과학) 교사
- 대학 교육대학, 과학교육과 물리교육전공 교수
- 사범대학, 물리교육과\과학교육과 물리교육전공 교수

- 이공\전문 대학 물리학 교수
 대학 교양과정부과학담당 교수
 교육대학 및 사범대학 과학교육 연구소, 물리교육 연구센터
- 연구기관 한국교육개발원 연구원, 행정책임자
 국립교육평가원 연구원, 행정책임자
- 행정부서 교육부장학관실, 편수관실, 과학교육국 장학관, 연구관, 행정책임자
 시도교육청 과학기술과, 과학교육원 장학사(관), 연구사(관), 행정책임자
 과학기술처 진흥국 행정책임자
- 특수기관 과학관 전문가, 행정책임자
 산업체 과학기술인력 물리교육
 대중매체 물리(과학)기자, PD, 해설, 논설위원
 UNESCO, UNDP, UNICEF(물리) 과학(교수)담당관

6. 결 론

우리사회에서 중, 고, 대학교육의 활성화는 현시점으로 매우 큰 의미를 갖는다. 입시문제, 졸업후의 많은 대학생들의 취업문제등 교육문제는 앞으로 우리사회 발전의 관건이 될 것이다. 이 논문을 통하여 물리교육학의 간(間 interdisciplinary) 학문으로서의 성격을 명확히 하여 보았다. 물리교육학은 물리학습연구의 다차원(물리, 심리, 철학, 교육실행)을 보다 내실(Solid)하게 채울수 있는 학문으로 규정되었다. 물리교육의 활용(活用)의 장(場)은 매우 복잡하여 보이거나 앞서 제시한 다차원 모형의 세부 연구부분이 충실히 연구되고 발전될때 혼돈(입시문제, 대학과 사회와의 긴밀한 협조등)은 사라지고 물리교육학은 실용의 간학문으로서의 위치를 반석과 같이 갖게 될 것이다.

Abstract

Researches on the Characteristics of the Studies of Physics Education
(research area, international trends, and the role of physics education)

Heemyung Shin

Sungjae Park

Kwangsop Soh

Jongbae Hong

Sungmuk Lee

Department of Physics Education

College of Education

Seoul National University

The characteristics of physics education (research, international trends, and the role of physics education) are studied through this article. As an introduction, the major differences between the nature of the physics studies and the nature of the physics education studies are clarified: (1) The physics is the study of science knowledge itself. (2) The physics education is to lay emphasis on the reorganization of the physics knowledges not only to meet the needs of the students of various levels but also to facilitate the learning process of the students.

A suggestion is offered for models to explain these characteristics of the physics education. One of the models puts the four different areas of the studies of the physics education through a solid sphere: (1) Physics dimension, (2) Psychology dimension, (3) Philosophy dimension and (4) Practice dimension. The studies of physics education is to fulfill these four different dimensions more densely.

Resource materials are collected and processed to introduce the area of physics education from a broad perspective: (1) Curricula to award doctoral degrees of science education mainly in the USA education systems. (2) Research topics for the doctoral degrees awarded to the Korean science education scholars (3) Statistics to show the area where the 900 graduates of the physics education departments in the past are currently working: The statistics shows that half of the graduates directly work in the area of secondary school science education.