

科學教育에서 頭腦學習 原理에 基礎한 創發授業模型의 開發

장 남 기 · 배 진 호*

서울대학교 · *경기고등학교

Developing Emergent Instruction Model Founded on Brain-Based Learning Principles in Science Education

Nam-Kee Chang and Jin-Ho Bae*

Seoul National University, *Kyunggi High School

ABSTRACT

Emergent instruction model as an teaching-learning process, that solves difficult individual tasks more newly, creatively and in higher level by forming emergent properties in science education, is developed in this thesis.

Emergent instruction model makes a start on the basis of philosophical, ecological, cognitive psychological and educational aspects of emergent properties.

The main purposes of emergent instruction model are formation of emergent properties, fostering of emergent abilities, improvement of thinking abilities, acquirement of processes which are collected individual's suggestions, in addition to group's suggestions, increase of classroom participations by promoting interest and concern about science course and scientific phenomenons.

The emergent instruction model is consist of 5 stages, 'introduction', 'inquiry activity', 'small group emergent activity', 'large group emergent activity', 'conclusion and assessment'. In this study, instructional strategies based on the brain-based learning theory are exhibited in each stage.

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

생물학적으로 인간은 *Homo sapiens L.*라 불리는 생물의 한 종이다. 그러므로 인간도 생물학적인 보편적 범칙에 의해 지배를 받고 있다. 따라서 인간에게 나타나는 학습 현상도 학습이 가지고 있는 본래의 생물학적인 기능이나 적응상의 문제(adaptational problems)를 고려하여야 한다(Davey, 1989).

생태계의 구성 요소들은 끊임없이 서로 상호작용(interaction)을 하여 그들만이 가지고 있는 수준을 뛰어 넘어 새로운 속성을 창출해 내는 창발적 속성(創發的 屬性, emer-

gent properties)을 나타낸다. 이러한 생태계의 창발적 속성은 인간의 학습 과정에도 적용될 수 있다. 개인과 개인의 유기적인 상호작용과 다양한 조합(combination)에 의해서 기존에 존재하지 않았던 새로운 특성이 창출되는 교육의 창발적 속성 현상이 나타난다고 가정(假定)할 수 있다.

이것은 각 개인의 뇌내 정보망(intercelebral network)이 모인 집단 구성의 뇌간 정보망(intracerebral network)이 더 크게 구축되기 때문에 과제 해결의 실마리를 찾거나 교육의 효율성을 향상시키기가 더 용이(容易)해진다. 이와 같은 현상은 집단 구성원의 두뇌 사이에 인지 기능의 창발적 속성이 생산된 데서 기인(起因)한다. 이러한 창발적 속성이 보다 더 잘 나타나도록 교육이 된다면 지금보다도 더 새롭고 독창적인 효과가 더 자주, 더 많이 나타나게 될 것이다.

어떤 과제를 해결하는 데에는 개인의 능력으로 새로움을

창출(creation)해 내는 것도 중요하지만, 혼자서는 해결할 수 없을 정도로 복잡하고 어려운 과제를 개인의 창출 능력만으로 해결하려는 것은 한계가 있다. 이런 상황에서는 집단 구성원의 유기적인 사회적 상호작용을 통하여 개인들이 가지고 있던 지식과 정보가 교환, 공유되고 거기에서 새로운 조합이 생기거나 변형·발전되어 창발적 속성을 생산하게 됨으로써 새로운 과제를 해결할 수 있게 된다. 따라서 과학 지식을 습득하는 전통적인 강의식 수업은 지식을 전달하는 데는 효과적이지만 창발적 속성을 생산하게 하는 데에는 한계가 있다. 그러므로 창발적 속성이 보다 효과적으로 생산될 수 있는 수업모형을 통해 집단의 창발적 속성을 생산하는 능력을 함양시킬 수 있다면 다가오는 미래 사회에 대처하게 될 복잡하고 어려운 과제를 해결하는 데 도움이 될 것이 분명하다.

동물에게 있어서 외부로부터 들어 오는 각종 자극을 비롯한 총체적인 정보는 중추 신경계에 의해 받아들여진다. 중추 신경계는 이와 같은 정보를 바탕으로 적절한 반응을 결정하게 되고 결정된 내용은 행동이라는 양식으로 표출되게 된다. 인간의 두뇌 또한 외부의 정보들을 분석, 종합, 판단하는 고도(高度)의 정신 작용을 통해 이에 대한 적절한 반응과 행동을 결정하는 체계로 되어 있다. 이러한 인간의 행동 변화에 대한 연구는 뇌에 대한 신경심리학, 인지심리학, 생리심리학의 발달로 더욱 활발해졌고, 교육학자나 심리학자들은 뇌에 대한 연구 결과를 교육에 적용함으로써 교육에 대한 새로운 접근을 시도하였다(Grady and Leuke, 1978, Hermann, 1984, Bucko, 1997).

Edelman은 인간의 뇌는 주로 생물학적으로나 기능적으로 생존을 위해 뇌가 할 수 있는 일이라면 무엇이든지 한다고 주장한다. 그는 인간의 뇌는 신경학적으로 볼 때 선천적으로 학습을 위해 배선되어 있다고 주장하였다(Jensen, 1997 재인용). 또한 Gazzaniga는 불어나 영어 회화를 배우는 학습 과정이나 외국어 구사 능력도 이미 뇌에서 구축된 수십 가지 시스템 중 하나를 활용하여 단지 정보를 배열하고 처리하는 것에 불과하다고 하였다.(Jensen, 1997 재인용). 이처럼 인간의 뇌는 그 잠재력이 무한한데도 불구하고 지금까지의 교육은 뇌의 본질적인 특성과 두뇌학습원리를 거의 고려하지 않은 전통적인 수업모형에 의해 주로 진행되어 왔다. 그러나 앞으로는 뇌의 특성을 고려한 두뇌학습원리에 근거를 둔 수업모형을 개발하여 교육에 적용하여야 한

다(Caine and Caine, 1997).

뇌는 그 구조의 복잡성과 하위 구조의 조직화 수준 및 그로부터 유발되는 복잡하고도 미묘한 기능면에서 매우 차이가 있다. 즉 개인마다 뇌의 특성이 고유하기 때문에 가능한 한 많은 뇌가 이익을 얻기 위해서는 다양한 접근 방법을 사용하여야 한다. 그리하여 각각의 뇌가 적합한 방식과 만날 때 그 기능이 향상되고 뇌의 기능을 최대한으로 발휘할 가능성이 높아진다. 이러한 관점에서 볼 때, 두뇌의 창발적 속성에 기초한 수업모형의 개발이 매우 절실함을 알 수 있다.

그러므로 본 연구에서는 기존의 과학과 수업모형을 비교, 분석하여 두뇌 학습원리에 기초하여 창발수업모형을 개발하였다.

2. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점을 가지고 있다.

- (1) 본 연구는 이론적인 연구에 치중되어 있기 때문에 본 연구에서 개발한 수업모형을 실제 학교 현장에 적용하는 데에 제한이 있을 수 있다.
- (2) 본 연구는 창발적 속성에 바탕을 둔 수업모형을 제안하는 성격을 띠고 있어, 본 연구에서 제안된 수업모형에 대한 보다 더 구체적인 자세한 실증적인 실험데이터를 갖기 위한 또 다른 후속적인 실험 연구를 필요로 한다.
- (3) 창발수업모형을 과학 교과의 전체 분야와 전체 학년에 적용하는 것은 각 교과의 특성, 특정 단원의 성격 등과 같은 여러 요인에 의해 제한될 수 있다.

II. 연구방법 및 절차

1. 기존의 과학과 수업모형과의 비교 분석

본 연구에서 개발될 창발수업모형이 수업모형으로써 어떤 특성을 가지고 있는지, 그리고 수업모형의 어느 범주에 속하는지를 탐색하기 위하여 Joyce and Weil(1980)이 분류한 방법에 의거하여 기존의 일반 수업 모형의 종류와 범주를 창발수업모형과 비교하여 분석하였다.

그 다음으로 창발수업모형을 개발하기 위해서 이미 개발

되고 논의되어진 대표적인 과학과 수업모형의 특징을 살펴 보고, 이들과 창발수업모형을 비교 분석하였다. 본 연구에서 다루어진 대표적인 과학 수업 모형은 인지갈등 수업모형(권재술, 1989, 권재술, 1992, 정완호 외 5인, 1997), 발생학습 수업모형(Osborne & Wittrock, 1983, 정완호 외 5인, 1997), 순환학습 수업모형(Karplus, 1980, Lawson, 1980, 홍순경과 최병순, 1991, 권재술, 1992, 김영민과 권성기, 1992, 정완호 외 5인, 1997), 가설검증 수업모형(이범홍과 김영민, 1983, 정완호 외 5인, 1997), 발견학습 수업모형(Kauchak & Eggen, 1980, 이범홍과 김영민, 1983, 정완호 외 5인, 1997) 등을 김한호(1995)에 의해 분석된 방법에 따라서 철학적 심리학적 배경, 목적과 가정, 수업 단계, 적용 환경, 예상 효과 등의 측면에서 비교하여 창발수업모형이 가지고 있는 특성을 고찰하였다.

2. 창발수업모형의 개발

본 연구에서 제안한 창발수업모형을 다음과 같은 순서에 따라 개발하였다.

- (1) 창발수업모형의 기본적 이해
- (2) 창발수업모형의 목적
- (3) 창발수업모형의 단계 및 각 단계의 구체적 수업 전략
- (4) 창발수업모형의 전제 조건
- (5) 창발수업모형의 한계점

III. 연구 결과 및 논의

1. 기존의 과학과 수업모형과의 비교 분석 및 논의

Joyce & Weil(1980)은 일련의 수업모형 가운데 대표적인 22개의 수업모형을 크게 4가지로 유형화하였는데, 정보처리모형, 인성모형, 사회적 상호작용 모형, 행동주의 모형 등으로 구분하였다. 정보처리 모형이란 학생들의 정보처리 능력과 그들이 정보를 다룰 수 있는 능력에 대한 지침을 제시해 주는 것들이다. 인성모형은 개인과 자아의 발달을 지향하는 모형으로 개인이 나름의 독특한 실재와 정서를 구성하고 조직하는 과정을 중시한다. 사회적 상호작용 모형은 개인과 사회 혹은 다른 사람과의 관계를 강조한다. 이 모형들은 사회적으로 상호 관계를 맺고 있다는 과정을 강조한

다. 사회적 관계가 다른 영역들보다 훨씬 강조되고는 있지만 반면에 사회이론가들은 또한 정신과 자아의 발달과 학문적 지식의 학습도 강조한다. 행동주의 모형은 행동주의 이론이라고 생각하는 지식체계를 이론적 배경으로 삼고 있다. 대체로 내면적인 심리적 구조와 관찰이 불가능한 행동보다는 관찰이 가능한 학습자의 행동변화를 강조한다.

위와 같은 분류 체계를 고려해 본다면 본 연구에서 고안·개발된 창발수업모형은 사회적 상호작용 모형의 범주에 속한다고 생각된다. 본 연구에서 가정하고 있는 것 중의 하나가 바로 집단 구성원의 사회적 상호작용이고, 이러한 사회적 상호작용이 사회적 상호작용의 하나라고 생각되기 때문이다. 이를 정리하면 <표 1>과 같다.

또한 김한호(1995)는 대표적인 과학수업모형들을 특성에 관한 이론적으로 분석하였는데, 본 연구에서는 위의 분석을 토대로 창발수업모형의 특성을 비교, 파악하고자 한다.

먼저 목표 유형에 따라서 과학수업모형을 개념, 개념과 탐구, 탐구, 탐구와 가치, 태도 등으로 분류하였다. 창발수업모형은 개념과 탐구 방법 측면에 있어서도 창발적 속성을 생산할 수 있다고 가정하므로 개념과 탐구가 목표 유형이 될 것이다. 그리고 시대적 배경으로는 1980년대에 들어서 새로운 과학교육 운동으로 나타나기 시작한 STS 운동에 해당될 것이다. 이를 정리하면 <표 2>와 같다.

수업모형이 지닌 철학적 심리학적 배경을 살펴보면 창발수업모형은 철학적 배경으로는 창발론(emergentism)과 총체주의(holism)를 반영한다고 볼 수 있으며, 심리학적 배경으로는 Vygotsky 이론에 근거한다고 볼 수 있다. 그리고 핵심 배경에 따라 수업모형을 분류하면 창발수업모형은 철학적 배경에 속한다고 생각된다. 이를 정리하면 <표 3>과 같다.

수업모형의 목적은 창발수업모형은 집단적인 관점에서 창발적 속성을 생산하기 위한 것이며, 수업모형에 내재된 가정을 살펴보면 창발수업모형은 학생을 의미 구성자로서, 학습을 학생들의 상호작용을 통한 전체적인 창발적 속성의 생산이라고 가정한다. 또한 학생의 인지 양식과 인지 작용의 개인차가 존재하고 있다고 가정한다. 이를 정리하면 <표 4>와 같다.

수업 단계를 비교해 보면 인지갈등수업모형을 제외하고 다른 과학과 수업모형은 크게 3부분으로 나누어져 있는데 도입 단계는 다른 수업모형의 선개념 표출, 초점, 탐색, 가설설정과 유사하다고 보며, 탐구활동 단계는 갈등상황(I),

〈표 1〉 수업모형의 종류와 범주

범 주	수업모형	대표적 연구자	특 징
정보처리	귀납적 사고 탐구 훈련 개념 획득 인지 발달 상위조직자	Hilda Taba Richard Suchman Joseph J. Schwab Jerome Bruner Jean Piaget Irving Siegel Edmund Sullivan Lawrence Kohlberg David Ausbel	학생들의 정보처리 능력과 그들이 정보를 다룰 수 있는 능력에 대한 지침을 제시해 준다.
	기억	Harry Lorayne Jerry Lucas	
인 성	비지시적 지도 의식 훈련	Carl Rogers Fritz Perls William Schutz William Gordon	개인과 자아의 발달을 지향하며 개인이 나만의 독특한 실재와 정서를 구성하고 조직하는 과정을 증시한다.
	창의력 개념 체계 학급 모임	David Hunt William Glaser	
사회적 상호작용	집단 조사 사회적 탐구	Herbert Thelen John Dewey Byron Massialas Bemjamin Cox	개인과 사회 혹은 다른 사람과의 관계를 강조한다. 사회적으로 상호 관계를 맺고 있다는 과정을 강조한다. 사회적 관계가 다른 영역들보다 훨씬 강조되고는 있지만 반면에 사회이론가들은 또한 정신과 자아의 발달과 학문적 지식의 학습도 강조한다.
	실험 방법 법률학 역할극 사회적 상황극 창발*	N.T.L. Donald Oliver James P. Shaver Frannie Shaftel Sarene Boocock 배진호	
행 동	우발적 행동 자기 통제 이완 주장적 훈련 직접 훈련	B. F. Skinner B. F. Skinner Rimm & Masters Wolpe, Lazarus Robert M. Gagne	행동주의 이론을 배경으로 하여 대체로 내면적인 심리적 구조와 관찰이 불가능한 행동보다는 관찰이 가능한 학습자의 행동변화를 강조한다.

* 본 연구의 수업모형

도전, 가설 검증, 자료 수집 등과 같은 단계로 생각하며, 소 집단 창발활동 단계는 개념도입, 용어 도입, 가설 검증, 결론, 정리, 규칙성 발견, 정리와 같은 단계로 생각하고, 대 집단 창발활동 단계와 정리 및 평가 단계는 개념 적용 I, 적용, 발전, 응용과 유사한 단계로 생각한다. 이를 정리하면 〈표 5〉와 같다.

수업모형 적용에 수반되어야 할 핵심적인 사회 체계와 행동원칙은, 창발수업모형의 경우 심리적 환경은 개방적이

고 수용적이며, 수업의 구조화 정도는 저, 중저 정도이고, 수업형태는 탐구활동, 토의이며 행동원칙으로는 학생들 사이의 긍정적인 사회적 상호작용, 자유로운 토의 보장 등을 들 수 있다. 이를 정리하면 〈표 6〉과 같다.

수업모형 적용에 수반되어야 할 핵심 지원체제는, 창발 수업모형을 제대로 적용하려면 교사는 활발할 토의와 수업 참여를 유도할 수 있는 수업기술을 갖추고 있어야 한다. 또한 개념과 탐구에 대한 선경험도 필요하다. 학생들은 토의

〈표 2〉 목표 유형에 따른 과학과수업모형의 분류

목표 유형	시대적 배경	수업모형
개념	오개념 연구	◎ 발생학습수업모형(Cosgrove & Osborne, 1985) 인지갈등수업모형(권재술, 1989) 초인지수업모형(박종원, 1992) 기타(Nussbaum & Novick, 1982; Renner, 1982; Driver & Oldham, 1986)
	학문중심사상	◎ 발견학습수업모형(이범홍과 김영민, 1983)
개념, 탐구	학문중심사상	◎ 순환수업모형(Karplus, 1977; Lawson, 1986)
탐구	학문중심사상	◎ 탐구수업모형(Schwab, 1962) 탐구훈련모형(Suchman, 1962) 경험 및 가설검증수업모형 (이범홍과 김영민, 1983)
		◎ 순환적 탐구수업모형(허명, 1984)
탐구, 가치·태도 개념, 탐구	STS 운동	◎ Iowa Chautauqua Model(Yager, 1990) ◎ 의사결정, 가치명백화 모형 (Collete & Chiappetta, 1984)
	STS 운동	◎ 창발수업모형*

* 본 연구의 수업모형

〈표 3〉 수업모형이 지닌 철학 및 심리학적 배경 비교

수업모형	철학적 배경	심리학적 배경	특 징
인지갈등	현대 과학철학 조주의 Piaget 이론	Ausubel 이론*	철학 및 심리학적 모형
발생학습	현대 과학철학 구조주의 Ausubel 이론*	정보처리이론*	심리학적 모형
순환학습	실증주의 철학	Piaget 이론 Gestalt 이론	심리학적 모형
가설검증	실증주의 철학	Gestalt 이론	철학적 모형
발견학습	경험주의 철학* 구조주의	Brunner 이론	철학적 모형
창발**	창발론* 총체주의	Vygotsky 이론	철학적 모형

**본 연구의 수업모형

능력, 창발적 속성 생산 능력, 의사소통 능력이 있어야 하며 제시하는 자료는 도전적이어야 창발적 속성이 생산될 것이며, 개방적 환경 속에서 학생들의 자유로운 토의가 이루어 질 것이다. 적용 가능한 소재로는 학생들의 선개념이 표출 될 수 있는 경험적 소재가 적용되어야 한다고 볼 수 있다. 이를 정리하면 〈표 7〉과 같다.

수업모형 적용으로 인한 직접효과로는 창발적 속성의 생산을 들 수 있고, 간접효과로는 의사 소통할 수 있는 능력과 태도가 길러질 수 있으며 과학에 대한 흥미를 가질 수 있게 될 것으로 생각된다. 이를 정리하면 〈표 8〉과 같다.

2. 창발수업모형의 개발 및 논의

<표 4> 수업모형이 의도하는 목적과 내재된 가정 비교

수업모형	목적	주요가정	
		학생	학습·수업 기타
인지갈등	개념변화	의미구성자	<ul style="list-style-type: none"> · 학습은 인지적 구조의 변화 · 인지갈등은 개념변화의 전제조건 · 개념변화 유형별 인지과정의 다양성
발생학습	개념변화	의미구성자	<ul style="list-style-type: none"> · 학습은 개념 포섭과 조직 · 기존 개념에 비취 정보의 선택, 평가 · 학생의 능동적 노력을 통한 개념 재구성
순환학습	개념형성 사고력 발달	자율조정자	<ul style="list-style-type: none"> · 인지 비평형을 통한 학습 · 학생은 자율조정 성향을 지님 · 사고력은 논증, 모순 해결을 통하여 향상
가설검증	과학본성 이해 탐구능력 신장	과학자	<ul style="list-style-type: none"> · 학생은 미해결 상황에 흥미를 지님 · 가설 연역적 탐구과정
발견학습	과학본성 이해 개념 형성	과학자	<ul style="list-style-type: none"> · 학문은 독특한 개념적 구조를 지님 · 기본 개념은 생산성, 경제성을 보장 · 추론 과정을 통한 과학 지식의 발견
창발*	창발적 속성의 생산	의미구성자	<ul style="list-style-type: none"> · 학습은 학생들의 상호작용을 통한 전체적인 창발적 속성의 생산 · 학생의 인지 양식과 인지 작용의 개인차 존재

*본 연구의 수업모형

<표 5> 수업모형에서 서로 대응되는 수업단계

구분	인지갈등 (확장, 상호전환형)	발생학습	순환학습 (가설-연역적)	가설검증	발견학습	창발*
수업	<ul style="list-style-type: none"> · 선개념표출 · 갈등상황(I)제시, 갈등유발 	<ul style="list-style-type: none"> · 초점 · 도전 - 선개념 발표, 토론 및 비교 - 자기 관점을 지지하는 증거수집, 토의 	<ul style="list-style-type: none"> · 탐색 - 직관 표출 - 가설 설정 - 실험 설계 - 자료 수집 - 자료 해석, 결론 도출 	<ul style="list-style-type: none"> · 가설 설정 · 가설 검증 계획 수립 · 자료 수집, 조직 	<ul style="list-style-type: none"> · 자료관찰 	<ul style="list-style-type: none"> · 도입 · 탐구활동 - 주어진 과제에 대한 탐구 활동
단	<ul style="list-style-type: none"> · 개념도입 	<ul style="list-style-type: none"> - 과학자 관점과 증거제시 	<ul style="list-style-type: none"> · 용어 도입 	<ul style="list-style-type: none"> · 가설 검증, 결론, 정리 	<ul style="list-style-type: none"> · 규칙성 발견, 정리 	<ul style="list-style-type: none"> · 소집단 창발활동
계	<ul style="list-style-type: none"> · 개념적용I (갈등상황 II포함) · 갈등상황 (III)유발, 개념 특성 비교 · 개념적용II 	<ul style="list-style-type: none"> · 적용 	<ul style="list-style-type: none"> · 적용 	<ul style="list-style-type: none"> · 적용, 발전 	<ul style="list-style-type: none"> · 적용, 응용 	<ul style="list-style-type: none"> · 대집단 창발활동 · 정리 및 평가

* 본 연구의 수업모형

〈표 6〉 수업모형 적용에 요구되는 사회체제 및 행동 원칙 비교

구분	인지갈등	발생학습	순환학습	가설검증	발견학습	창발*
사회	심리적 환경	개방적, 수용적	개방적, 수용적	개방적, 수용적	개방적, 수용적	개방적, 수용적
체제	구조화	중	중저, 중	저, 중저	저, 중저	중
행동원칙	수업 형태	토의	토의·실험	실험·토의	실험·토의	관찰·토의
		토의	실험·토의	관찰·토의	탐구활동·토의	
	- 평가 유보 - 반응 수용, 해석	- 비판, 분석적 사고 조장 - 학습에 대한 책임감 강조 - 반응 수용, 해석	- 평가 유보 - 직접 경험 - 활동 중시 - 자유로운 활동 보장	- 평가 유보 - 시행 착오 - 인정 - 과정 중시	- 경험 기회의 극대화 - 다양한 관찰	- 긍정적인 사고의 상호작용 - 자유로운 토의 보장

구조화 정도: (교사 중심) 고 <----- 중 -----> 저 (학생 중심) (교사와 학생 중심)
 * 본 연구의 수업모형

〈표 7〉 수업모형에 요구되는 지원체제 비교

구분	인지갈등	발생학습	순환학습	가설검증	발견학습	창발*
지	- 개념이해 - 수업기술: 토의, 참여	- 개념이해 - 수업기술: 토의, 참여	- 탐구경험 - 수업기술: 토의, 발문	- 탐구경험 - 수업기술: 발문	- 개념이해 - 발문기술	- 개념 이해 - 탐구경험 - 수업기술: 토의, 참여
원	- 토의능력 - 경험적 지식 - 형식적 사고	- 토의능력 - 경험적 지식 - 분석·비판적, 반성적 사고	- 토의 능력 - 관련 지식 - 구체적 사고 또는 형식적 사고	- 토의능력 - 관련지식 - 탐구적 태도 - 형식적 사고	- 토의능력 - 추론능력과 구체적 사고	- 토의 능력 - 창발적 속성 - 생산 능력 - 의사소통
체	- 인지 갈등 - 개념 도입	- 친숙한 자료 - 개념 발달사적 근거, 증거	- 인지갈등 - 다양, 개방적 실험환경, 자료	- 다양, 개방적 실험환경·자료	- 다양한 실패 - 분명·가시적	- 도전적인 자료 - 개방적 환경
제	적용 가능 소재	선개념 관련	- 선개념 관련 - 직접 경험 - 서술 또는 인과적 소재	- 직접 경험 - 인과적 소재	- 직접 경험	- 선개념 관련

* 본 연구의 수업모형

본 연구에서는 창발성 속성과 두뇌학습 원리를 기초로 하여 창발수업모형을 고안·개발하였다.

1) 창발수업모형의 기본적 이해

창발수업모형은 창발학습(emergent learning)의 수업모형이다. 따라서 창발학습에 대한 이해가 선행되어야 한다. 창발학습이란 어떤 특정한 집단에 속한 각 개인들이 그

집단 속에서 개인의 두뇌간에, 서로 긍정적이고 유기적인 상호작용을 통하여 그 집단에서는 수업 이전에 존재하지 않았던 새로운 속성(properties)이 창발(emergence)되는 학습이다. 여기서 새로운 속성이란 과학 지식적인 측면, 탐구 방법적인 측면, 정의적인 측면 등의 포괄적이며 광범위한 인지적 특성을 의미한다.

이를 도식적으로 나타내면 〈그림 1〉과 같다.

〈표 8〉 수업모형 적용에 의한 예상 효과 비교

수업모형	직접 효과	간접효과
인지갈등	선개념 변화*	의사소통 능력·태도 분석적, 반성적 사고
발생학습	선개념 변화* 탐구능력 신장	의사소통 능력·태도 분석적, 반성적 사고
순환학습	개념 형성* 탐구능력 신장*	의사소통 능력·태도 과학 흥미, 합리적 태도
가설검증	탐구능력 신장* 과학 본성의 이해* 개념 형성	의사소통 능력·태도 과학 흥미, 합리적 태도 창의력
발견학습	개념 형성* 과학 본성의 이해* 탐구능력 신장	개념형성 능력 의사소통 능력·태도 과학흥미 긍정적 자아 개념
창발**	창발적 속성 생산	의사소통 능력·태도 과학흥미

* 주요 효과

** 본 연구의 수업모형

창발학습에서 외형적으로는 'U'라는 어떤 특정한 집단 내에 가장 간단한 형태인 두 개인이 있다고 가정한다. <그림 1>의 첫 단계에서는 창발수업이 일어나기 전에 존재하고 있는 집단 내 개인의 각각의 두뇌 속에 존재하고 있는 여러 가지 다양한 인지적 속성 등을 도식적으로 나타낸 것이다.

A라는 개인의 두뇌 내에 'a, b, c, d, e' 등의 고유한 개인적 속성이 존재한다고 가정한다. 마찬가지로 B라는 개인의 두뇌 내에 'd, e, f, g, h, i' 등의 고유한 개인적 속성이 존재한다고 가정한다. 이렇게 개인의 속성에 차이가 있는 것은 개인의 인지구조나 인지 작용으로 인한 개인차가 존재한다는 데에 그 이론적 근거를 둘 수가 있다. 그러므로 두뇌 내에 존재하는 두 개인의 속성은 양적인 차이와 질적인 차이가 있을 수 있다. 따라서 그림에서처럼 이 두 개인의 두뇌 내에는 공통적으로 'd, e' 라는 속성이 존재할 수 있겠고, 공통적으로 존재하지 않는, 특정한 개인에만 존재하는 속성 등이 있는데 그림에서 'a, b, c, f, g, h' 등이다.

두 번째 그림은 창발수업이 진행되고 있는 단계를 나타낸 것이다. 창발학습이 진행되면서 개인 A와 개인 B 사이에 창발이 일어날 수 있는 긍정적이고 유기적인 사회적 상호작용의 관계가 이루어진다. 이 때 집단 내의 개인과 개인

〈그림 1〉 창발학습 과정

에서는 서로 개인의 속성을 토의를 통하여 상호작용시키게 된다. 교사는 개인간의 상호작용이 잘 일어날 수 있도록 보조적인 역할을 수행한다. 이러한 긍정적이고 유기적인 상호작용을 통해서 개인 A에는 개인 B에 있던 'g'라는 속성이 인지적으로 정착(anchoring)하게 되고 개인 B에는 'a, b'라는 속성이 인지적으로 정착하게 된다. 이것은 바로 Vygotsky(1978)가 개인간 정신 기능의 형태가 개인내 정신 기능에 강력한 영향을 준다는 주장과 일치한다. 또한 이러한 과정이 Vygotsky(1981)가 언급한 사회적 현상을 심리현상으로 변형시키는 과정인 개인의 내면화 과정이라고 할 수 있다. 'U'라는 집단의 전체적인 입장에서 고려해 보면 새로운 속성은 생겨나지 않았다는 것을 알 수 있다.

세 번째 그림은 창발수업이 진행되고 난 후 새로운 창발적 속성이 생겨난 것을 나타낸 것이다. 창발적인 속성이 생산되기 위해서 교사는 도전적인 과제를 준비하여 제공한다. 그리고 새로이 생산되는 창발적 속성이 학습 과제에서 멀어지는 것을 제어하고 학습 과제에 적절한 창발성이 생산될

수 있도록 보조하는 역할을 하게 된다. 개인 A와 개인 B의 두뇌 내에서 그 이전에는 존재하지 않았던 새로운 속성인 p가 생겨난 것이다. 개인이 속한 집단의 관점에서 보면 창발이 일어나기 전에는 집단이 'U'이었는데, 지금의 집단은 창발적 속성이 새로이 생겨남으로써 새로운 집단으로 변화하였다고 할 수 있다. 그러므로 창발수업이 진행된 후 새로운 창발적 속성이 생겨난 집단에는 'U'가 된다. 이러한 현상의 이론적인 근거는 바로 창발적 속성의 철학적, 생태학적, 교육적 근거를 들 수 있다. 즉 창발적 속성은 이제까지 없었던 '새로운 것'이고, 하위 수준에서 취할 수 있는 가능한 정보를 동원해서 물리주의적(physicalistic) 접근 방식으로 원리적 설명이 곤란한 속성이다. 이는 창발이 일어나기 전의 집단 상위 수준으로서의 시스템에는 하위 수준에서 창발된 적어도 하나 이상의 속성이 있고, 이 창발적 속성은 하위 수준의 속성을 단순하게 합(sum)한 정도가 아닌 다른 차원에서 구분되는 속성이다. 즉 창발이 일어나기 전의 저수준인 집단 'U'에서 기존에 존재하지 않았던 새로운 속성인 'p'가 창발이 된 집단인 'U'에서 나타났고, 이 'p'라는 속성은 하위 수준인 집단 'U'에서 취할 수 있는 정보를 동원하여 물리주의적인 접근 방식으로 원리적 설명이 곤란한 속성이다. 그리고 새로이 창발된 속성인 'p'는 하위 수준인 집단

'U'속성을 단순하게 합한 정도가 아닌 다른 차원에서 구분되는 속성이다. 그러므로 이러한 수업은 창발적 속성을 내포하고 있는 것이다.

위의 창발학습은 집단 내에서 개인의 상호작용을 통한 집단 내의 창발적 속성의 생산에 대한 고찰이며, 가장 간단한 형태인 개인과 개인이 1:1로 상호작용한 것을 가정하여 살펴보았다. 실제의 창발학습에서는 조구성원에 따라서 더 복잡한 상호작용을 하게 될 것이므로 이 모델과는 차이가 있을 것이라고 생각된다.

또한 더 크게 보아서 집단과 집단 사이의 상호작용에 의한 창발적 속성이 나타날 수도 있다. 이것을 도식화하면 <그림 2>와 같다. 집단과 집단 사이의 상호작용에 의한 창발학습의 결과로서 두 집단에 공통적으로 'q'라는 새로운 창발적 속성이 생산됨을 알 수가 있다.

위에서 살펴본 바와 같이, 집단 내의 창발적 속성의 생산의 학습 과정을 본 연구의 수업모형의 단계에서는 '소집단 창발활동'이라고 제안하였고, 집단과 집단 사이의 창발적 속성의 생산 학습 과정을 '대집단 창발활동'이라고 제안하였다.

2) 창발수업모형의 목적

<그림 2> 집단 대 집단 창발학습 과정

창발수업모형의 목적을 항목화하면 다음과 같다.

첫째, 창발수업을 적용함으로써 기존에 전혀 존재하지 않았던 새로운 창발적 속성을 생산하게 하기 위한 것이다.

둘째, 창발수업모형을 적용하여 수업함으로써 학생들 집단 속에서 창발적인 속성을 일깨울 수 있는 능력, 즉 창발적 능력을 함양시켜 주기 위해서이다.

셋째, 교사의 일방적인 지시 위주의 수동적인 수업에서 벗어나 창발학습시 학생 개인적으로는 사고하는 능력과 집단적으로는 의사전달 과정을 습득하도록 하기 위해서이다.

넷째, 학생들에게 능동적인 학습을 유도하여 과학 교과와 자연 현상에 대한 흥미와 참여도를 향상시키기 위해서이다.

3) 창발수업모형의 단계 및 각 단계의 구체적 수업 전략

본 연구에서 개발한 창발수업모형의 단계는 '도입', '탐구 활동', '소집단 창발활동', '대집단 창발활동', '정리 및 평가' 등의 다섯 단계로 구분된다. 본 수업모형은 전체적으로 창발적인 속성의 생산을 추구하고, 위에서 언급한 본 수업모형의 목적을 달성하도록 고안하였다. 본 연구에서 개발한 창발수업모형을 도식적으로 나타내면 <그림 3>과 같다. 그리고 각 단계별로 구체적인 수업 전략을 살펴보면 아래와 같다.

(1) 도입 단계

도입 단계에서는 학생들은 본시 수업 목표를 파악하고 본시 학습 내용과 관계된 개별적인 유도된 심상(guided imagery)을 실시하는 단계이다. 이 단계에서 학생들은 미리 교사가 수업 시간 전에 작성하여 배부한 학생들의 개인 학습지를 받아 수업이 시작되기 전인 휴식 시간에 그 곳에 제시되어 있는 본시 수업 목표와 연관된 내용에 대해서 개인적으로 유도된 심상을 실시한다. 수업과 관계된 흥미로운 내용을 마련하여 특별히 어떤 정답을 요구하지 않는 질문을 통해 학생들이 기발하고 창의적이며 유머러스한 대답을 자유롭게 할 수 있도록 다소 허용적인 분위기를 제공한다. 이때 유도된 심상을 진행하면서 학생들은 개별적으로 의미 탐색을 하게 한다. 그리고 유도된 심상 활동을 하고 난 다음 학생들은 각자의 심상 활동의 결과를 조별로 서로 돌려 보고 자신의 조원들이 생각한 것을 비교, 공유(共有)해 보는 시간을 갖는다. 도입 단계는 학습 목표와 관련된 학습 내용에 대해 자유롭게 사고함으로써 다음 교수-학습 단계를 위

한 두뇌의 활성화 단계에 해당한다.

(2) 탐구 활동 단계

이 단계에서는 학생들이 학습 목표와 관련된 학습 과제를 인식하고 이를 대상으로 하여 여러 가지 다양한 탐구 활동을 하는 단계이다. 탐구 활동에는 관찰, 측정, 야의 관찰, 가설의 설정, 간단한 실험, 자료의 해석, 결론의 도출 등과 같은 활동이 해당된다. 이렇게 학생이 탐구한 활동을 통해 얻은 결과를 각자 자율 학습지에 기록하도록 한다. 이 단계에서 적용하는 탐구 활동은 학습 단원의 목표나 주제의 특성에 의해 적절하게 선택된다. 탐구 활동 과정은 교사가 다양한 탐구 활동 중의 어느 것을 학습 주제에 맞게 결정, 적용하는 단계이다. 이 단계에서는 교사는 학생이 탐구할 수 있도록 지도하여야 하며, 적절하게 유도하는 것도 필요하다. 이 단계를 통해 학생은 탐구 활동을 통하여 학습 과제를 개별적으로 해결하여 과학 개념, 원리, 그리고 지식 등을 발견, 습득하여 자신의 결과와 결론을 만들어 개인학습지에 기록하게 된다.

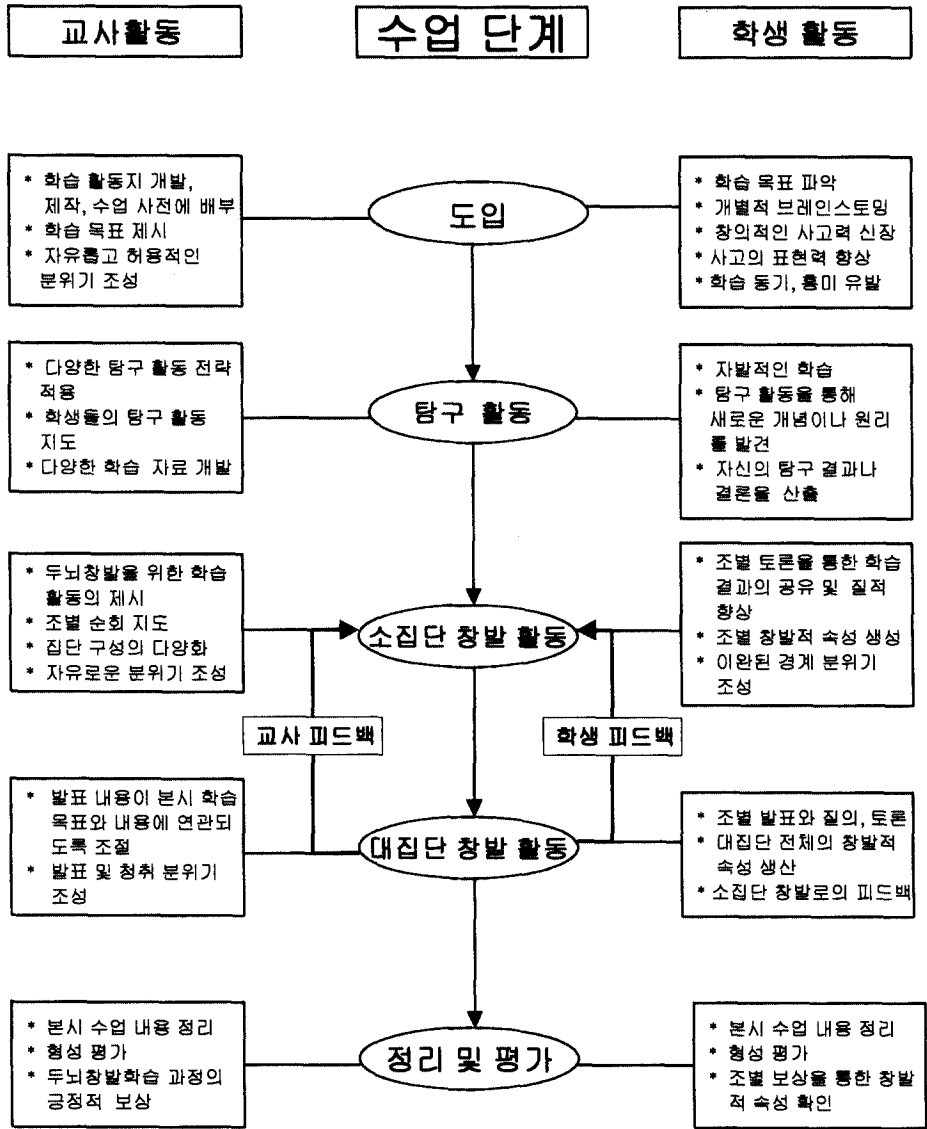
(3) 소집단 창발활동 단계

이 단계에서는 학습 과제를 제시하여 조별로 개인간(interpsychological) 사회적 상호작용과 자유로운 토의를 통해 개인적인 결과와 결론을 토대로 조에서 새롭게 창발된 속성을 조학생의 공통적인 시각적(視覺的) 표현으로 산출하는 단계이다. 즉 이 단계에서 각 조의 집단적인 창발적 속성이 나타나는 단계이다.

이 단계에서 교사는 조를 순회하며 조에서 창발적 속성이 생산되는 과정을 지켜보기도 하며, 또 같이 토의에 참여해 방향성을 유도하기도 하고, 조언을 주기도 하며 지도한다. 이때 유의할 점은 교사가 일방적으로 토의를 주도하거나 교사의 생각을 제시하면 안 된다. 학생들의 자발적이고 적극적인 참여가 있어야 더 나은 창발적 속성이 생산될 수 있기 때문이다.

(4) 대집단 창발활동 단계

이 단계에서는 앞의 소집단 창발활동에서 생산한 조별 창발적 속성에 대한 시각적 표현을 조별로 발표하고 질문하고 토의하여 앞에서 진행한 소집단 활동으로 다시 피드백하는 단계이다. 어떤 특별한 조가 발표를 하거나 마쳤을 때



〈그림 3〉 창발수업모형

다른 조의 학생들은 의문나는 점을 질문하고 토의함으로써, 그 조의 발표에 대한 더 새로운 창발적 속성을 생산하게 할 수 있게 하는 단계이다. 다른 조의 발표 내용과 토의를 보고 들으면서 거기에서 더 새로워진 창발적 속성이 자기 조 안에서 다시 생산될 수 있다. 이것을 학급 전체로 볼 때에 창발적 속성이 다시 생산되었으므로 이를 '대집단 창발활동'

이라 하였다. 즉 집단 전체가 새로운 속성으로 인해 새로운 수준과 단계로 발전하게 된다.

(5) 정리 및 평가 단계

이 단계에서는 본시 학습 목표에 따라 제시된 학습 내용을 정리하고 이에 대한 간단한 형성 평가를 실시하고 창발

적 속성의 생산이 뛰어난 조에 대한 보상이 이루어지는 단계이다.

각 조의 활동 결과를 긍정적으로 평가하고, 각 조에서 새로이 생산된 창발적 속성 중에 특색 있는 점을 찾아 칭찬해 줌으로써 수업 분위기가 경쟁적이기 보다 즐거운 창작 활동이 되도록 한다. 창발적 속성에 대한 평가는 개인학습지 결과물과 조별활동지의 결과물을 비교하여 개인학습지에서는 없었던 창발적 속성이 조별활동지에 나타났는지의 여부로 이루어진다. 또한 이러한 특정 조의 뛰어난 창발적 속성을 교사가 평가하여 상점(賞點) 카드를 만들어 조원에게 수여하는 수업 기술을 개발하는 방법도 있을 것이다. 이러한 조별 보상을 통해서 차시 수업에 대한 학생의 적극적인 참여와 관심을 유지할 수 있게 된다.

4) 창발수업모형의 전제 조건

본 연구에서 제안한 창발수업모형이 최적으로 실현되고, 또 그 목적을 달성하기 위해서는 다음과 같은 전제(前提) 조건을 만족해야 한다.

첫째, 교사의 본 수업모형에 대한 이해와 노력 등이 필요하다.

둘째, 학생들의 적극적인 참여와 상호작용이 있어야 한다. 본 수업모형의 특징은 개인간에 일어나는 새로운 창발적인 속성의 생산에 초점을 맞추고 있다. 이러한 창발적 속성이 생산되려면 학생들의 적극적인 참여가 있어야 하며, 또 조를 이루고 있는 학생들 사이에 유기적이고 긍정적인 상호작용이 있어야 하고, 또 조와 조 사이에서도 긍정적이고 유기적인 상호작용이 있어야 한다.

셋째, 본 수업모형을 적용하기 위해서는 충분한 활동 시간을 제공해야 한다.

넷째, 창발학습을 통해 해결하여야 할 과제의 흥미성과 난이도가 적절해야 한다.

다섯째, 개인을 합하여 조를 구성하게 되는데 이 때 구성원의 두뇌가 다양하게 조직화(組織化)되어야 한다.

5) 창발수업모형의 한계점

본 연구에서 제안한 창발수업모형은 다음과 같은 한계점을 가질 수 있다.

첫째, 과학지식의 양적인 습득의 비효율성을 들 수 있다.

둘째, 학생 중심의 활동이 많은 시간을 차지하고 새로운

창발적 속성의 생산에 초점을 맞추며 다소 자유롭고 허용적인 분위기에서 진행되는 수업이므로 자칫 잘못하면 수업 목표와는 전혀 다른 방향으로 주제가 발전할 가능성이 있다.

셋째, 학생들의 창발적 속성을 생산시키기 위해서 자유롭고 허용적인 분위기 속에서 학생 활동이 진행되므로 혼란스러운 분위기를 조성할 가능성이 있다.

IV. 결론 및 제언

다가오는 미래의 교육에서 요구되어질 것은 교육을 통해 기존에 존재하고 있지 않았던 독창적이고 새로운 특성을 어떻게, 얼마나 효과적으로 만들어 낼 수 있는가일 것이다. 그리고 사회가 복잡해지고 다양해지면서 혼자서는 해결하기가 곤란한 과제들이 더 많이 생겨날 것이라고 예상된다. 이러한 교육적 요구와 시대적 상황을 고려하기 위해서 개인이 집단을 이루었을 때 유기적이고 긍정적인 상호작용을 통하여 그 이전에는 존재하지 않던 새로운 창발적 속성을 생산하는 교육방법을 탐색하였다. 이러한 창발적 속성을 생산하는 데에는 창발학습의 수업전략들이 두뇌학습원리에 기초하여 마련되었을 때에 최적, 최대의 효과를 얻을 수 있다고 생각하였다. 따라서 본 논문에서는 두뇌학습원리에 기초한 창발수업모형을 개발하였다.

본 논문에서 개발된 창발수업모형은 우선 학습자들이 모인 집단에서 창발적 속성을 생산시키기 위함이며, 또 실제 생산된 창발적 속성뿐만 아니라 집단을 이루는 구성원들의 창발적 능력을 함양시키며, 이러한 창발적 속성과 능력의 기반이 되는 사고하는 능력을 키우고 구성원들간의 의사전달 과정을 습득시키며, 과학 교과와 자연 현상에 대한 흥미와 참여도를 향상시키기 위한 목적을 띠고 있다. 또한 개발된 창발수업모형을 효과적으로 적용하기 위해서는 교사의 본 수업모형에 대한 이해와 노력, 학생들의 적극적인 참여와 상호작용, 충분한 학생 활동 시간의 제공, 과제의 흥미성과 난이도의 적절성 등과 같은 조건이 전제되어야 한다. 그리고 본 수업모형의 한계점으로 가정할 수 있는 것은 과학 지식의 양적인 습득의 비효율성, 수업의 방향성의 문제, 혼란스러운 수업 분위기를 조성할 가능성 등이다. 본 연구에서 개발한 창발수업모형은 기존의 대표적인 과학과 수업모형과 비교해 볼 때 차이점을 발견할 수 있었다.

본 연구에서 제안한 창발수업모형에서 알아보고자 하는

후속 연구로는 창발수업모형에서 새로운 창발적 속성이 생산되기 위해서 어떤 환경이 조성되어야 하는가이다. 또한 과학 교육에 있어서 창발적 속성의 생산과 학습 과제나 문제, 내용 등의 특성에 관한 연구이다. 그리고 창발학습을 두뇌생물학적, 신경생물학적인 관점에서 접근하는 연구이다. 또한, 창발적 속성의 생산을 측정할 수 있는 검사 도구나 준거 틀을 마련하는 이론적인 연구와 이를 현장 교육에 적용하고 실험하는 현장 연구가 필요하며, 이들 연구 사이에 유기적인 관계가 이루어져야 할 것이다. 마지막으로, 창발학습에서 집단 구성에 관한 세부적이고 심도 있는 이론 연구와 실험 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 참고문헌

- 권재술(1989). 과학개념 형성의 한 인지적 모형. 물리교육, 7(1), 1-9.
- 권재술(1992). 과학개념학습을 위한 수업절차와 전략. 과학교육학회지, 12(2), 19-29.
- 김영민, 권성기(1992). 전류 개념 변화를 위한 순환학습의 효과. 한국과학교육학회지, 12(3), 61-76.
- 김한호(1995). 과학수업모형들의 특성에 관한 이론적 분석. 한국과학교육학회지, 15(2), 201-212.
- 이범홍, 김영민(1983). 과학과 수업과정 모형 및 평가방법 개선연구: 국민학교 자연과를 중심으로. 연구보고서 RP, 83-87. 한국교육개발원.
- 정완호, 권재술, 정진우, 김효남, 최병순, 허명(1997). 과학과 수업모형. 서울: 교육과학사.
- 홍순경, 최병순(1991). 밀도의 개념 변화에 미치는 순환학습의 효과. 한국과학교육학회지, 11(1), 15-24.
- Bucko, R. L.(1997). Brain Basics: Cognitive Psychology and Its Implications for Education. Eric Document NO., J550545.
- Caine R. N., & Caine, G.(1997). Education on the Edge of Possibility. Eric Document NO.,ED408654.
- Duvey, G.(1989). *Ecological Learning Theory*. London: Routledge.
- Grady, M. P., & Leuke, E. A.(1978). Education and brain Bloomington Phi Delta Educational foundation. Eric Document No., ED153258
- Herman, E.(1984). Brain Growth and Cognitive Development: A Response to Richard McQueen. *Educational Leadership*, 41(5), 72-75.
- Jensen, E.(1997). *Completing the Puzzle: The brain-Compatible Approach to Learning*. Del Mar: The Brain Store.
- Joice, B., & Weil, M.(1980). *Models of Teaching*, 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Karplus, R.(1980). Teaching for the development of reasoning, pp.150-173. In 1980 *AETS yearbook: The psychology of teaching for thinking and creativity*. The Ohio State University, Columbus.
- Kauchak, D., & Eggen, P.(1980). *Exploring Science in the Elementary Schools*. New York: Houghton Mifflin Company.
- Lawson, A. E.(1980). A theory of teaching for conceptual understanding, rational thought, and creativity, 104-49. In 1980 *AETS yearbook: The psychology of teaching for thinking and creativity*. The Ohio State University, Columbus.