

소리와 파동 관련 과학과 교수·학습 활동에 연계한 발명교육자료 개발

현 동 결*

〈 목 차 〉

- I. 서 론
- II. 이론적 배경
 - 1. 과학교육과 발명교육
 - 2. 창의성과 창의성의 요소
- III. 교수·학습 활동에 연계한 발명
 - 1. 소리와 파동 관련 현행 교수·학습 활동의 실태
 - 2. 발명의 목적과 발명의 기술적 과제
 - 3. 발명의 구성
 - 4. 과학과 교수·학습 활동에 적용
- IV. 결 론
- * 참고문헌

I. 서 론

정보화와 기술경쟁의 시대인 21세기를 맞이하여 전 세계 모든 나라가 엄청난 국가적 지원을 통해 국가 경쟁력의 원동력인 창의적인 지식과 새로운 정보를 창출하기 위해 노력하고 있다. 이러한 시대적 특성에 부응할 수 있는 창의적인 사람의 육성에 대

* 제주교육대학교 과학교육과 교수

한 그 필요성은 그 어느 때보다도 절실하며, 이에 부응하여 7차 교육과정의 기본 방향도 '21세기 세계화·정보화 시대를 주도할 자율적이고 창의적인 한국인 육성'으로 정하고, 창의성 함양을 위한 기초·기본 교육에 중점을 두고 있음은 창의성교육의 중요성을 잘 나타내고 있다. 발명교육은 창의성교육의 구체적 구현 활동으로써, 창의성교육과 더불어 그 필요성이 부각되어 오고 있다.

자연 현상의 이치와 원리를 밝히는 데 흥미와 호기심을 가지고, 과학의 기초 지식과 탐구방법을 습득하여, 새로움에 대한 흥미와 호기심을 갖고 창의적으로 문제를 해결하고, 새로운 것을 창조하는 능력과 기능을 기르게 하는 것을 그 목표로 하는 발명교육은 그 필요성이 중대함에도 불구하고 학교교육에서 정규과정이 아닌 특별활동의 한 과정으로 분류되어 창의성 개발과는 거리가 먼 단발성의 발명대회 출품으로 그치는 단순행사로 명맥이 이어져 오고 있다. 더욱이 발명교육은 입시위주의 중심의 교육 현실 속에서 등한시되어 왔으나, 최근 발명의 중요성을 인식하고 기술발명 인구의 저변 확대와 발명교육의 활성화를 위해서 발명교육을 정규교육과정화의 방안들이 연구되고 있다.

현재 일선 학교에서 비정규과정으로 실시하고 있는 발명교육은 정규 교육과정에 포함되지 않은 관계로 활성화되지 못하고 있어 효율적으로 추진할 수 있는 수업방법이 미흡하고, 적합한 창의적 재량활동이 효과적으로 이루어지지 않고 있으며, 발명교육에 전문적 지식을 갖춘 지도교사가 부족하고, 발명활동이 단발적인 행사위주의 특별활동으로 실시되어 창의성을 조장하는 발명 기초교육이 제대로 이루어지고 있지 않는 것들이 문제점으로 지적되고 있다.

발명은 '이 세상에 없던 것을 새로 만들어 내거나 생각해내는 것', '자연법칙을 이용한 기술적 사상의 창작으로서 고도한 것' 등으로 정의하고 있다. 이와 같이 발명은 개인의 사고 관련 특성에서 창의성의 영역과 거의 같은 특성을 가지고 있으며, 또한 창의성을 설명하기 위해 발명의 내용이 사용되고 있으며 상상력, 독창성, 창조성, 직관, 창출, 탐구, 모험적 사고, 신기성, 영재성 등의 단어들이 창의성을 설명하기 위해 광범위하게 사용되는 등으로 창의성과 발명은 전체적으로 그 흐름을 같이 하고 있다. 따라서 발명은 창의성을 전제로 한다고 할 수 있다.

발명의 전제가 되는 창의성의 신장은 오직 창의성을 위한 교육과정보다는 어떤 특정한 과목이나 주제를 다루는 과정에서 가장 효과적으로 교수할 수 있는 것으로 보고 있으며 Feldhusen 등(1994), Torrance(1962)은 창의성 신장을 위한 교육방안으로써 크

계 9가지로 구별하고 있다. 이 중 학생들이 프로그램의 실체를 접할 수 있는 직접적인 방안 중의 하나는 교과화된 절차를 중시하는 방안이다. 이는 창의성을 중심으로 해서 개발된 완결된 단원이나 자료 대신에 여타의 수업을 하는 과정에서 학생들에게 요구되는 창의적 측면을 지도하기 위해 각종 기능이나 절차들을 강조한다. 또한 정규 교과 과정내의 주제가 학생들에게 아이디어와 개념 및 새롭게 흥미를 유발시키는 경험을 제공해 주는 계기가 되며, 과목영역에서의 훌륭한 교수-학습은 새로운 문제를 만들어 내고 새로운 영역을 심도있게 연구하도록 도전하게 한다. 이러한 도전들은 창의적인 학습을 위한 효과적인 출발점을 의미한다(Feldhusen 등, 1994).

창의력이나 문제해결력의 신장은 학생들이 흥미와 관심이 있는 주제에 몰입했을 때 가능한 것이며, 축적된 많은 정보의 양을 기초 위에 이루어지는 것으로, 창의적으로 많은 가능성을 발달시키고, 새로운 관계를 형성하고 독특한 사고로 문제 해결을 하기 위해서는 다양한 정보의 축적이 필요로 한다 (Feldhusen 등, 1994). 또한 창의성이나 문제 해결력의 신장을 위한 교육은 인간의 호기심을 추구하고 탐색해 나가는 것부터 시작해야 하며, 확산적·수렴적 사고의 기초적인 기술을 배우는 것부터 시작해야 한다는 것을 강조하고 있다.

본 연구은 국내에서 보고 되고 있는 창의성 교육에 대한 이론적인 면을 검토하는 한편, 과학교과의 교육과정의 특정한 학습 주제에 대한 기초적인 기술의 습득과 개념의 이해를 극대화시키는 과정에서 과학공작과 실험활동 등의 일련의 발명활동을 거치며 창의성을 신장시키려는 동시 여러 목적을 지닌 교육방법의 시도으로써, 여기에서는 소리와 파동 관련 과학과 교수·학습활동을 중심으로 창의활동 및 실험활동에 연계한 창의성 신장을 위한 발명교육 자료를 개발하는 것이다.

II. 이론적 배경

1. 과학교육과 발명교육

세상에 알려지지 않는 것을 찾아내거나 새로운 것을 만들려는 시도는 인간의 생각에서 시작되고 일련의 과정을 거치며 새로운 발견이나 발명으로 이어진다. 이와 같은 남다른 생각을 하는 과정을 흔히 창의성이라 하며, 창의성이 구체적인 결과로 새로운

무엇을 만들 때 발명으로 나타난다. 발명은 창의성의 구체적인 구현 활동이며 인간의 특성으로 볼 수 있으며, 발명은 창의성의 산물이고, 창의성은 발명의 원동력이 되는 것이라 할 수 있다.

창의성에 대한 일반적인 정의는 '새로운 것을 생각해내고 만들어 내는 힘' 또는 새로운에 이르게 하는 개인의 사고 관련 특성'이라고 한다. 곧 개인이 지니고 있는 지식이나 정보, 경험들을 결합하고 재구성하고 새롭고 유용한 아이디어를 산출하는 능력을 말한다. 창의성은 그 수준의 차이가 있으나 정상적인 사람이면 어느 누구나 가지고 있는 것이며 연령이나 성별에 따라서 현격한 차이가 있는 것도 아닌 거의 모든 사람들이 선천적으로 타고 난 것으로 훈련을 통하여 충분히 신장시킬 수 있음을 입증하여왔다(Guilford, 1950; Torrance, 1962; Gallagher, 1985; Mayer, 1983). 창의성은 문제해결 과정에서 창의적인 요소가 포함되며 창의적 사고과정에서 문제해결단계 포함되는 이유 때문에 문제해결, 창의적인 문제해결 등과 명확한 구분이 없이 사용되고 있다(조연순, 2000).

창의성이란 오직 창의성을 위한 교육과정보다는 어떤 특정한 과목이나 주제를 다루는 과정에서 가장 효과적으로 교수할 수 있는 것으로 보고 있으며 Feldhusen 등(1994), Torrance(1962)은 창의성 신장을 위한 교육방안으로써 크게 9가지로 구별하고 있다. 이 중 학생들이 프로그램의 실체를 접할 수 있는 직접적인 방안 중의 하나는 교과화된 절차를 중시하는 방안이다. 이는 창의성을 중심으로 해서 개발된 완결된 단원이나 자료 대신에 여타의 수업을 하는 과정에서 학생들에게 요구되는 창의적 측면을 지도하기 위해 각종 기능이나 절차들을 강조한다. 또한 정규 교과 과정내의 주제가 학생들에게 아이디어와 개념 및 새롭게 흥미를 유발시키는 경험을 제공해 주는 계기가 되며, 과목영역에서의 훌륭한 교수-학습은 새로운 문제를 만들어 내고 새로운 영역을 심도있게 연구하도록 도전하게 한다. 이러한 도전들은 창의적인 학습을 위한 효과적인 출발점을 의미한다(Feldhusen 등, 1994).

창의력이나 문제해결력의 신장은 학생들이 흥미와 관심이 있는 주제에 몰입했을 때 가능한 것이며, 축적된 많은 정보의 양을 기초 위에 이루어지는 것으로, 창의적으로 많은 가능성을 발달시키고, 새로운 관계를 형성하고 독특한 사고로 문제 해결을 하기 위해서는 다양한 정보의 축적이 필요로 한다(Feldhusen 등, 1994). 또한 창의성이나 문제 해결력의 신장을 위한 교육은 인간의 호기심을 추구하고 탐색해 나가는 것부터 시작해야 하며, 확산적·수렴적 사고의 기초적인 기술을 배우는 것부터 시작해야 한다는

것을 강조하고 있다.

과학과 교육에서 '창의적인 문제해결'이란 '과학의 기본 지식과 탐구과정기술을 기반으로 하여 문제에 대한 적절하고 새로운 해결방법을 발견하는 것'으로(조영순 등, 2000), 과학 및 과학교육에서 창의성이 중요성이 인식됨에 따라 '과학적 창의성'과 '과학에서의 창의성 교육'에 대한 연구가 활발하게 이루어져 왔다. 과학적 창의성에 대한 연구는 중요한 과학사적 인물에 대한 연구, 과학자들의 사고 과정에 대한 연구, 창의성에 대한 정신과정의 규명에 대한 연구 등으로 그 방법에 따라 분류할 수 있는데, 이러한 연구들에 의하면 과학적 발견에 있어서 특정 형태의 문제해결 전략 및 휴리스틱스의 이용, 유추와 심상의 이용, 분담된 추론, 그리고 예기치 않았던 발견을 다루는 방법 등이 중요한 요소로 작용한 것으로 나타났다(Dunbar, 1999).

과학에서의 창의성의 신장에 대한 연구들로서, Adolf(1982)는 가정설정, 실험설계, 관찰 및 자료 수집, 결과 해석, 그리고 결론 도출 등과 같은 일련의 과학적 탐구과정을 통하여 학생들의 창의적인 사고를 촉진시킬 수 있다고 제안하였다. 강호감 등(1991, 1992, 2001)은 창의성은 뇌의 좌·우 양반구가 균형있게 발달하여 이들이 긴밀하게 협동하여야 발휘될 수 있다는 뇌의 신경생리학의 연구 결과를 기초로 하여, 초등학교 과학 교육과정의 내용들을 중심으로 우뇌의 인지 특성 및 좌·우 양 뇌의 인지 특성을 적극 활용할 수 있는 마인드 맵, 공통점과 차이점 찾기, 브레인 스토밍, 유도된 공상, 확산적 발문, 시각적 표현 등 다양한 창의활동을 통하여 창의성의 구성 요소를 기르는 것을 목적으로 개발된 교수-학습활동 자료가 창의성의 신장에 효과적임을 보고하였다.

심리학 분야에서는 창의성을 발현시키기 위해서는 확산적 사고와 비판적 사고와 같은 인지적 능력, 성격적 특성, 그리고 개인의 창의적 행동에 영향을 미치는 환경적 요소들이 함께 결합되어야 하며(Amabile, 1983; Csikszentmihalyi, 1988; Gruber 등, 1988; Sternberg 등, 1990; Uran, 1995), 여기에 특정영역의 지식 기반의 중요성을 강조하고 있다(Amabile, 1983; Simonton, 1990). 조연순 등(2000a, 2000b)은 이러한 이론들은 기초하여 과학교과의 특수 요인인 '과학영역의 지식과 기능기반'과 인지적 능력 요인인 '확산적 사고'와 '비판적 사고'를 구성요소로 하는 창의적 문제해결력을 신장을 위한 초등학교와 중학교 과학교육과정을 개발하고, 교육현장에 적용하여 창의적 문제해결력 신장에 효과적임을 보고하였다.

Gardner(1983, 1993)는 인간에게는 적어도 언어적 지능, 논리-수학적 지능, 공간적 지능, 신체-운동적 지능, 음악적 지능, 대인관계 지능, 개인이해 지능, 자연이해 지능

등의 8가지의 비교적 자율적인 두뇌체계가 존재한다고 주장한다는 다중지능 이론(Theory of Multiple Intellegences)을 주장하였다. Gardner의 다중지능 이론에 의하면 인간이 정보와 지식을 처리하고 이해하는데 적어도 8가지의 상이한 방식이 존재하며, 어떤 영역의 문제로도 지적 발달을 촉진시킬 수 있다는 것이 강조한다. 즉, 교사가 어떤 학문의 주제로써도 다양한 지능들을 자극하는 다양한 방법으로 가르칠 수 있다는 것이다(김명희 등, 1997; 윤기옥, 1997). 이는 인간이 각자 독특한 방식으로 지식을 수용하고 아울러 특정한 방식이 자신에게 적합할 수 있다는 관점에서 교사들이 교실에서 창의성 신장을 위한 학습전략의 수립과 교수방법으로 지배적으로 이용되고 있는 언어적 및 논리적 전략 이외에 다양한 기술, 도구, 전략을 지니고 있어야 한다는 면과 효과적인 학습전략의 수립과 교수방법의 이론화에 새로운 아이디어를 제공하고 있으며 교육에 시사하는 바가 크다. 현동걸(1998, 1999)은 과학공학학습은 학습자 스스로 과학의 원리나 개념을 이용하거나 응용하여 실험장치, 장난감, 모형 등의 학습자료를 만드는 활동으로 과학의 원리나 개념, 탐구과정이나 탐구기능의 획득, 문제해결력, 창의력의 신장 등을 동시에 노리는 학습방법으로, 과학공학은 그 과정에서 관찰과 의문 제시, 아이디어 창출, 가설의 설정, 실험이나 공작수행, 검증, 결론제시, 개념과 기능의 습득, 아이디어 재창출 등의 일련의 과정에서 다양한 사고과정과 모든 신체와 감각기관을 활용하는 문제해결 중심의 개방적이고 자율적이며, 능동적인 창의활동을 전개시킬 수는 장점을 가지고 있다고 강조하였다. 또한 과학공학활동을 다중지능 이론에 기초하여 창의력 신장을 위한 학습방법을 제안하고, 이에 따른 교수-학습활동자료를 개발하여 보고하였다.

2. 창의성과 창의성의 요소

세상에 알려지지 않는 것을 찾아내거나 새로운 것을 만들려는 시도는 인간의 생각에서 시작되고 일련의 과정을 거치며 새로운 발견이나 발명으로 이어진다. 이와 같은 남다른 생각을 하는 과정을 흔히 창의성이라 하며, 창의성이 구체적인 결과로 새로운 무엇을 만들 때 발명으로 나타난다. 발명은 창의성의 구체적인 구현 활동이며 인간의 특성으로 볼 수 있다.

일반적으로 창의성은 인간의 정신능력 가운데 불확실한 것 중의 하나이면서, 동시에 가장 매력적인 것이기도 하다. 이와 같은 이유에서 '새로운 관계를 보는 능력, 비범한

아이디어를 산출하는 능력, 그리고 전통적인 사고 패턴에서 일탈하는 능력', '예민하고 열린 태도로 해결해야 할 문제에 접하여, 그 것을 해결할 새롭고 다양한 아이디어를 창출할 수 있는 사고능력', '새롭고 적절한 것을 만들거나, 생각하거나, 표현할 수 있는 가능성을 향상시키는 방향으로 한 인간의 동기, 태도, 능력, 기법이 지속적으로 통합되는 과정에서의 그의 전체적 특성' 등으로 다양한 개념들을 가지고 있다. 창의성은 능력의 면과 인격 특성의 면으로 분석될 수 있으며, 보통 창의력이라고 할 때에는 능력적인 면을 의미한다.

창의성은 민감성, 유창성, 융통성, 독창성, 정교성, 종합 및 분석력, 재정의 및 재구성력 등의 중요한 정신적 능력으로 강조되고 있으며, 이외에도 지식, 상상력, 메타창의성 등이 관여한다(김춘일, 1999). 발명·발견 활동의 탐색과 해석과정에는 지식, 민감성, 유창성, 융통성, 정교성 등은 탐색과정에서 주로 관여하는 한편, 독창성, 상상력, 메타창의성 등은 해석과정에 주로 관여하는 것으로 알려져 있다.

가. 지 식

창의성은 아무것도 없는 상황에서 일어나지 않는다. 창의성은 어떤 특정한 상황 속에서 일어나며 특정한 상황에서 창의성이 발휘되려면 특정한 상황에 대한 풍부한 지식이 있어야 한다. 새로운 문제를 직면하였을 때, 문제 해결을 위한 아이디어를 창출하는데는 직접·간접적으로 가장 큰 도움을 줄 수 있는 것은 축적된 지식이다. 문제를 발견하고, 이해하고, 평가하고, 해결하는 사고의 과정에서 필수적으로 요청되는 사고의 구성 요소는 해당 문제의 영역 또는 그와 관련있는 영역에 대한 지식이다. 따라서 지식은 창의적인 아이디어의 생성을 뒷받침할 배경적 정보가 된다. 지식이 적어도 창의성을 발휘하는 경우도 있지만 거기에는 한계가 있다. 어느 분야이든 그 분야에서 문제 해결을 위해서는 이를 위한 기본적인 지식과 정보가 없으면 새로운 전문적인 아이디어를 산출하기가 어렵다.

사전 지식을 풍부하게 가지고 있는 사람은 기본적인 것보다는 그것을 뛰어 넘는 새롭고 큰 문제에 정신을 집중시킬 수가 있다. 사전 지식은 '잘 준비된 마음'을 형성하는 주요 요인이다. 사전 지식이 단편적인 상태가 아니라 조직화된 상태로 준비되어 있다면 그것이 문제해결에 대단히 효과적으로 이용될 수 있다.

한편으로는 너무 많은 지식은 오히려 창의성을 저해한다는 주장도 있지만, 자신이 가진 지식에 얽매어서 새로운 것을 보지 못하는 가능성을 경계하는 주장이다. 지식에

관하여 중요한 것은 그것을 창의적인 발견·발명의 과정에 긍정적 역할을 수행할 수 있어야 한다는 것이고, 그러기 위해서는 지식을 얻고 이용하되 절대로 그 지식에 얽매이지 말아야 한다는 것이다. 지식의 양이 적더라도 그 지식에 얽매인다면 그것이 '너무 많은 지식'인 것이다.

나. 민감성

민감성은 기존체계나 상황 속에서 문제를 발견하거나 사실, 현상, 개념, 아이디어 등이 가지고 있는 조그만 차이를 감지하는 발견하여 평가하는 능력을 말한다. 민감성은 단순히 어떤 대상의 조그만 차이를 감지하는 데서만 그치지 않고 인간 체험의 내용과 깊이까지 직접적으로 관여하는 특성이 있다. 다른 사람들은 당연하다고 생각되는 주변의 환경에 대하여서도 깊은 의문과 호기심을 가지는 것은 민감성이 있기 때문이다. 주위의 상황에 의문과 호기심을 문제를 제기하고, 제기한 의문과 호기심을 해결해 보려고 노력하는 자세는 민감성이 발휘되는 경우이며 발명가에게는 꼭 필요하다고 할 수 있다.

일련의 행동이나 사건을 보고서 둔감한 사람은 소수의 변화만 지각하는 반면, 민감한 사람은 수많은 종류와 수준의 변화를 지각할 수 있다. 미세한 차이의 식별과 풍부한 체험이 창의성의 실현에 매우 필요하다. 민감성을 촉진시킬 수 있는 방안으로서 늘 경험하는 현상이라도 낯설게 보려는, 즉 '낯선 인식'에 대한 노력이 필요하다. 낯선 인식은 너무 평범하거나 흔해서 놓치기 쉬운 현상을 섬세하게 파악하기 위하여 사용되는 방법으로 맥락에 벗어나는 엉뚱한 질문, 또는 현상의 한 부분을 유달리 강조하거나 왜곡하는 과장된 질문 등의 희귀한 질문을 수시로 사용함으로써 효과적으로 수행된다.

다. 유창성

유창성은 자극에 대하여 아이디어를 풍부하게 산출할 수 있는 사고의 속도 개념으로서, 짧은 시간동안 양적으로 많은 아이디어를 산출하는 능력을 말하며, 어휘의 유창성, 연상의 유창성, 표현의 유창성, 개념화의 유창성 등을 포함한다. 유창성은 산출되는 아이디어의 질이나 종류와는 관계없이 일단 다량의 아이디어를 산출할 수 있는 능력에 초점을 맞춘다.

아이디어의 양이 많다고 해서 어떤 문제가 창의적으로 잘 해결되는 것은 결코 아니

다. 그럼에도 불구하고 유창성이 창의성의 한 중요한 요소로서 고려되는 것은 많은 아이디어 중에는 분명히 좋은 아이디어가 있을 가능성이 기대되기 때문이다. 이러한 유창성에 대하여 창의성의 실현을 위한 연구와 방법적 노력을 즐기치게 강조해왔다. 유창성을 촉진하기 위해서 가장 기본적으로 갖출 여건은 외부로부터의 평가를 유보하는 것이다. 유창성은 외부의 제약조건이 제거되기만 한다면 분명히 창의적인 과정을 풍부하게 이끌고 갈 중요한 능력만 받아들여지고 있다.

라. 융통성

융통성은 사고의 폭의 개념으로서 얼마나 포괄적인가, 혹은 다양한가에 관련된 사고의 횡적 유목의 풍부성, 또는 그와 관련된 능력이다. 즉 융통성은 가능한 한 여러 관점에서 아이디어를 산출하는 능력으로, 기본적으로 다양한 각도에서 현상을 파악할 수 있는 능력을 의미한다. 융통성의 능력이 있는 사람은 현상을 부분으로 나누어 이해하기보다는 그것들을 의미있는 방식으로 관련지어 전체적으로 이해한다.

융통성은 여러 가지 다른 시각 또는 관점의 사용할 수 있는 능력이며, 창의적인 인간의 주요한 특성이다. 새로운 인식을 우연에 의한 것이 아닌 체계적인 방법으로 접근하기 위해 융통성이 절대로 필요하다. 융통성의 촉진을 위해서도 유창성과 마찬가지로 외부로부터의 평가는 유보될 필요가 있다.

마. 독창성

독창성은 문제에 당면하여 해결책을 구상에서, 일상, 관행, 상식 등으로부터 탈출을 통하여 자기만의 고유함을 추구하는 능력으로 말하며, 사고의 새로움의 개념으로서 독특한 시각적인 관점에서 아이디어나 물건을 보는 경향을 말하기도 한다. 따라서 독창성은 얼마나 질적으로 우수한 아이디어를 산출하느냐에 따라서 평가되는 질적 능력이다. 발명가에게는 무엇보다도 중요한 능력으로 기존의 것에서 벗어나 참신하고 독특하며 기발한 아이디어를 이용하는 것을 말하기도 한다.

이러한 독창성은 창의성의 어떠한 측면보다도 더 보통 사람들이 갖기에는 요원한 인간특성처럼 여겨진다. 우연이나 개인의 타고난 능력에 의존하지 않고서, 한 개인이 적절한 노력에 의하여 독창적인 아이디어를 효율적으로 산출을 촉진할 수 있는 간접적인 전략 또는 방법으로 다음과 같이 제시된다.

첫째, 가능한 한 많은 아이디어를 산출한다. 많은 아이디어로부터 독창적인 아이디

어가 산출될 가능성이 높다.

둘째, 아이디어의 산출을 자극하는 기법을 사용한다. 독창적인 아이디어의 산출에 유리한 기법을 찾아서 활용한다.

셋째, 비논리적 비약을 활성화한다. 독창적인 아이디어를 산출하기 위해서는 논리적 사고에 의존하는 습관을 버려야 한다. 논리적 사고과정만으로 독창적인 것을 창조하기 어려우며, 창의적 과정의 곳곳에 비논리적인 비약이 요구된다.

넷째, 문제의 중요성에 대해 인식한다. 심각한 문제에 대하여 정신을 집중하기 마련이고, 몰입하여 생각할 때 독창적인 아이디어의 산출 가능성이 커진다.

다섯째, 애매하거나 복잡한 상황에서도 편안함을 유지한다. 복잡하고 불확실한 상황에 단순히 머무는 것이 아니라 편안하고 즐겁게 머물러야 한다.

여섯째, 되도록 아이디어의 생성을 위한 시간을 충분히 갖는다. 충분한 시간이 주어 져야 상상을 통해서 여러 가지 아이디어들을 실험하고 조작할 수 있다.

바. 정교성

정교성은 중심이 되는 생각을 정교화하거나 부가적으로 세부사항을 덧붙이는 등을 통하여, 더 나은 검증과 분석을 위해 문제나 아이디어 등을 전개시키거나 이들에 포함된 의미를 명확히 파악하고 부족한 것을 보완할 수 있는 능력을 말한다. 정교성이 현상의 구체적이고 세부적인 인식과 관련되는 능력이기 때문에 창의적인 실행과정에서 가장 중요한 요소 중의 하나가 된다.

창의적 실행과정에서 흔히 범하기 쉬운 오류는 여러 가지 세부사항을 검토하지 않는 것이다. 여러 가지 세부사항을 구체적으로 고려해야만 실행의 과정에서 뜻하지 않는 실수를 예방할 수 있으며, 실행의 결과 또한 실제적으로 활용될 가능성이 커진다. 그리고 새로운 것, 혁신적인 것은 즉각적으로 저항을 받는 것이 상례인데, 무조건 저항에 굴복하거나, 또는 반대로 저항을 무시하는 경우도 있다. 혁신적인 아이디어의 수용을 위하여 그 필요성, 의의, 실행과정, 예상결과, 가치 등을 상세하게 구체화하여 제시할 필요가 있다. 혁신적인 아이디어가 수용되지 못하더라도 정교화의 과정을 거치는 것 자체는 가치로운 작업이 된다. 정교화의 과정을 거치면서 애초의 아이디어가 상당히 세련되어지고, 아이디어와 관련된 여러 가지 사항들을 깊이 있게 이해할 수 있게 된다.

사. 상상력

물체, 개념, 체계, 과정 등을 상상하는 능력은 성공적인 창의적 작업의 기본이 된다. 상상력은 오랫동안 창의성에 공헌을 한다고 여겨져 왔다. 상상력의 중요한 측면은 현상의 감추어진 내부를 형상화하는 능력이다. 내부의 형상화는 감추어진 가능성의 발견에 공헌하며, 감추어진 가능성의 발견은 문제의 진면목을 이해하는 데 필요하다. 상상을 통하여 평범하고 상식적인 것으로부터 벗어날 수 있으며, 상상을 통하여 여러 요소들을 자유롭게 결합하여 재구성할 수 있기 때문이다.

아. 메타창의성

'인지에 대한 인지'라고 불리는 메타인지(metacognitive)에 대하여 퍼킨스(Perkins, 1989)는 자신이 자신의 일의 진전 상황을 감독하고 관리하며 자신의 인지적 활동을 반성하고 평가하는 기능을 담당하는 것이라고 하였고, 플라벨(Flavell, 1976)은 자신의 인지적 과정이나 산출에 관한 지식이라고 하였고, 가네(Gagne, 1987)은 구체적인 목표나 목적을 획득함에 있어서 자신의 내면적 인지과정을 능동적으로 규제하고 통제하는 것이라고 정의하고 있다. 또한 Carmerdon(1985)은 메타인지는 자신의 사고 내용과 과정을 대상으로 하는 정신활동으로 자신의 인지내용과 상태를 이해하고 사고과정이나 문제해결과정을 계획, 수행, 평가, 수정 등을 하는 기능으로 보았다(김민정, 1999). 메타인지에 대한 개념들은 공통적으로 지식과 기능, 즉 '개인의 인지에 관한 지식'과 '인지와 인지과정에 대한 조정과 통제'의 하위 요소로 설명되고 있다.

메타창의성은 창의성에 대한 메타인지라고 할 수 있으며, 창의성에 관한 지식이라는 의식의 측면과 창의성에 대한 조정 및 통제의 측면으로 분류할 수 있다. 창의성의 의식적인 측면은 자신의 창의성이 문제해결에 얼마나 잘 부합되는가 등에 대한 관한 지식으로 창의성에 대한 사실, 개념, 원리 등의 창의성에 대한 명제적 지식, 문제를 해결하기 위하여 이용되는 정보처리방법과 과정에 대한 절차상의 지식, 그리고 문제해결 위한 전략에는 어떤 것이 있으며 어떤 전략이 가장 효과적인가 하는 전략에 대한 지식 등이다.

창의성에 대한 조정 및 통제의 측면은 창의적인 문제해결의 과정에서 필요한 전략의 사용과 의사결정에 관련된 것으로 메타인지의 범주 중 기능적인 수준에 해당된다. 기능적인 메타인지는 적절한 지식과 전략을 활성화하고 통합하는 자기조절 및 통제활동으로 창의적인 문제해결을 위한 전략 수립, 결과의 예상, 학습 또는 문제해결과정에

대한 조정 및 통제, 결과에 대한 검토 등을 포함한다.

메타창의성은 창의적인 과정의 효율적인 운영을 위한 도구로서, 창의적인 과정의 지속적인 진단과 통제를 위한 창의성의 통제적인 안목이라고 할 수 있다. 창의적 과정에 무작정 뛰어드는 것이 아니라, 생각하고, 느끼고, 행동하고, 평가하는 등의 능동적이고 의식적인 태도와 규제능력은 과제의 수행결과에 많은 영향을 미친다(박병기, 1998). 메타창의성은 발명의 과정을 포함한 창의성의 실행의 전 과정을 감시하고 통제하는 역할을 하는 것으로 그 중요성이 최근 급격히 부각되고 있다.

Ⅲ. 교수·학습 활동에 연계한 발명

1. 소리와 파동 관련 현행 교수·학습 활동의 실태

소리와 파동에 대한 제7차 교육과정의 국민공통기본교과 '과학'의 내용체계는 3학년의 '소리내기' 단원에서 소리의 발생과 소리의 높낮이, 7학년의 '파동' 영역에서 소리의 발생, 소리의 높이와 세기, 그리고 10학년의 '파동과 입자' 영역에서 정상파와 현악기의 이해를 다루고 있다.

소리의 높낮이와 세기를 구별하는 것은 어떤 음을 듣고 그 고유의 음높이를 즉석에서 판별할 수 있는 청각능력인 절대음감이 없이는 일반적으로 구별하기 어려운 일이다. 특히 3학년에서 소리를 발생시키고 그 높낮이를 관찰하기 위하여 사용되는 주된 학습 자료로써 끝이 V자 모양이나 플라스틱 필름으로 만든 진동판을 붙여 만드는 빨대피리를 이용하는데, V자 모양의 진동판으로 만든 빨대피리는 만드는데 용이한 면이 있으나 소리를 발생시키는 데 많은 어려움이 있으며, 플라스틱 진동판을 붙여 만든 빨대피리는 진동판의 모양에 따라 소리의 음색이 달라져 소리의 높낮이와 세기를 구별하여 인식하기가 어렵다. 7학년에서는 소리를 발생시키고 그 높낮이와 세기를 관찰하기 위하여 주된 학습 자료로 강철자를 사용하고 있는데, 강철자의 진동에 의한 소리의 발생됨을 실질적으로 관찰할 수 있으나, 소리의 높낮이와 세기를 구별하여 인식하기는 미흡하며, 관악기의 원리를 이해시키지는 못한다. 10학년의 파동과 입자 영역의 '파동' 단원에서는 정상파를 도입하여 열린 관과 폐관에서 소리가 발생하는 원리를 다루고 있으나, 이들 관에서 정상파가 만들어지는 원인에 대한 설명이 없으며, 이들에 의

하여 형성된 소리를 관찰할 수 있는 자료가 없어 매우 추상적인 학습이 되고 있다.

2. 발명의 목적과 발명의 기술적 과제

본 발명의 목적은 과학과 교수·학습 활동의 효율 향상을 위하여 소리의 발생의 수월하고, 발생하는 소리의 높낮이와 세기를 쉽게 인식할 수 있는 소리와 파동 관련 교수·학습 활동에 도입할 수 있는 학습 자료를 추구함에 있다.

상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 학습 자료는 소리를 쉽게 발생시킬 수 있고, 소리의 높낮이와 세기를 쉽게 구별하여 인식할 수 있도록 발생하는 소리의 음색이 일정하여야 한다. 또한 소리의 높낮이와 세기를 달리 할 수 있어야 하며, 이를 통하여 정상파의 개념과 관악기의 원리를 이해할 수 있어야 하며, 그 재료를 쉽게 구할 수 있으며, 제작과 관리가 용이하고, 학년 등급에 관계없이 소리와 파동 관련 교수·학습 활동에 이용할 수 있어야 하는 등의 조건에 부합시킬 수 있는 것으로 길이와 그 내경을 달리하는 여러 관으로 구성된 소리와 파동 관련 학습 자료인 것을 특징으로 한다.

3. 발명의 구성

가. 발명을 위한 소리와 파동에 대한 지식

- 탄성적인 매질의 진동에 의해 발생되고 전파되는 파동을 소리 또는 음파라고도 한다.
- 소리는 압력의 변화로써 우리의 귀에 전달되는 것으로, 공기의 밀한 부분과 소한 부분은 압력의 차이를 나타내며, 파원인 발음체의 진동에 의해 공기 입자가 직접 공기 중으로 이동하여 가는 것이 아니고 공기 입자는 단순히 진동만 하게 되며 이러한 공기 입자 운동 상태의 변화가 공기 중으로 이동해 가는 것이다.
- 소리의 전파속도, 즉 음속 는

$$v = f\lambda$$

의 관계로부터 구할 수 있으며, 여기에서는 파장, 즉 음파의 마루에서 마루까지의 거리이다. 또한 f 는 진동수 또는 주파수로 1초 동안에 반복되는 횟수를 말하며, 헤르츠(Hz)라는 단위로 표시된다.

- 소리의 높이는 물리적으로 소리의 진동수 차이를 뜻하는데 청각자극으로는 진동수가 많은 것은 높게 느껴지고 진동수가 적은 것은 낮게 느껴진다.
- 음의 높이는 기본음의 주파수를 기준으로 하여 정하며, 기본음의 주파수가 높을수록 높은 소리라고 한다. 그러나 소리의 높이는 기본음의 주파수와 정확히 비례 관계에 있지 않으며, 실제로는 상음의 주파수나 소리의 세기에도 다소간 영향을 받는다.
- 기본음은 진동수가 가장 적은 음으로 물체 전체가 진동했을 때 생기며, 진동수가 기본음의 진동수의 2배, 3배, 4배...의 진동수를 갖는 배음과 과 물체가 부분 진동해 만들어진 부분음인 상음이라 하며, 일상생활에서 듣는 소리는 대부분 음높이가 다른 복합음이다.
- 소리의 세기는 청각기에 들어오는 소리의 세기 즉 음압에 의해서 결정되지만, 청각기의 감도(感度)는 주파수에 따라 다르므로 소리의 감각상의 크기와 음압과의 관계는 대단히 복잡하다.
- 같은 높이, 같은 크기의 소리라도 발음체의 종류가 다르면 소리의 질이 다르다. 또 같은 종류의 발음체라도 주의해서 들으면, 각각의 발음체에서 나오는 소리에 그 발음체 고유의 특징이 있다. 이런 소리의 개성을 음색이라고 하며, 물리적으로는 그 소리에 포함되어 있는 상음의 구성의 차이에 의해 설명된다.
- 소리는 같은 주파수를 지닌 소리가 겹치면, 어떤 때는 압축부와 압축부가 겹쳐서 소리가 강해지고, 어떤 때는 압축부와 팽창부가 겹쳐서 소리가 약해지는 간섭 현상을 일으킨다.
- 소리가 울리는 현상은 진동수가 약간 다른 두 소리의 간섭에 의한 것이며, 1초 동안의 울림수는 두 소리의 주파수의 차와 같아진다.
- 물체가 스스로 낼 수 있는 소리의 주파수 즉 고유진동수와 같은 주파수의 소리를 만나 저절로 울리는 공명현상이 일으킨다.
- 정상파는 진폭과 진동수가 같은 파동이 서로 반대방향으로 이동할 때 파동이 조합하여 이루어진 파로서 진행파와 대비된다.
- 관 안에 있는 공기는 기둥 모양으로 되어 있으며, 관구를 불거나 리드를 진동시키면 공기가 공명하여 진동함으로써 일정한 높이의 소리가 나온다.
- 관의 바닥이 막혀 있는 폐관인 경우, 관의 바닥이 진동의 마디가 되고 관구가 진동의 배가 되어, 소리의 파장은 관 길이의 4배로서 기본음의 주파수는 관 길이의

4배에 반비례한다.

- 개관인 경우는 관의 양끝이 진동의 배에 해당하고 관의 중앙이 진동의 마디가 된다. 파장은 관 길이의 2배가 되고, 기본음의 주파수는 관의 길이 2배에 반비례한다.
- 음악에서 음을 높이의 차례대로 배열한 음의 층계를 음계라고 한다. 가장 낮은 음을 으뜸음으로 하여 음의 높은 순으로 제1음을 도·제2음을 레·제3음을 미·제4음을 파·제5음을 솔·제6음을 라·제7음을 시로 각 음의 이름을 정하고 있다.
- 두 개의 음의 높이의 상호적인 거리를 음악에서는 음정이라고 한다. 음정을 표시하는 가장 일반적인 방법은 음악에서 제3음(미)과 제4음(파), 제7음(시)과 제8음(도) 사이가 반음이며 그밖에는 모두 온음으로 이루어진 7음계인 장음계를 기준으로 하여 '도'를 단위로 표시하는 방법이다.
- 가장 간단한 음계는 장음계로서, 장음계는 음계의 제1음(으뜸음)에서 시작하여 차례로 '도·레·미·파·솔·라·시'로 부르고 있으며, 제3음 '미'와 제4음 '파', 제7음 '시'와 제8음(제1음 즉 으뜸음의 1옥타브 위의 음) '도' 사이가 반음이며 그밖에는 모두 온음으로 이루어진 7음 음계이다.
- 장음계에서 각 음의 진동수는 다음의 표와 같다.

[표 1] 음계와 진동수

음 계	제1음	제2음	제3음	제4음	제5음	제6음	제7음	제8음
이 름	도	레	미	파	솔	라	시	도
표기문자	C	D	E	F	G	A	B	C
진동수(Hz)	264	296	330	352	396	440	495	528

나. 발명의 구성

본 발명은 우리의 주변에서 쉽게 구할 수 있는 플라스틱 파이프나 PVC 파이프 등을 알맞은 여러 길이로 절단하여 준비함에 의하여 쉽게 구성할 수 있다. 준비된 파이프를 한 손으로 잡고 다른 손의 손바닥에 부딪치게 하여 파이프 속의 공기를 교란시켜 소리를 발생시킬 수 있다.

본 발명의 파이프에서 소리 발생의 원리는 열린 관의 원리로 설명이 가능한 것으로서, 파이프에서 발생하는 소리의 파장은 파이프의 길이의 2배가 되고, 소리의 주파수는 관의 길이 2배에 반비례한다. 따라서 본 발명에서 파이프의 길이를 알맞게 조절함으로써 원하는 음의 높이를 발생시킬 수 있는 공명관의 역할을 하도록 할 수 있다.

본 발명의 공명관들은 소리의 높이를 보다 정확히 인식하기 위하여 음악에서 음의 높이를 표시하는 가장 일반적인 방법인 [표 1]에서 보여주는 바와 같은 장음계의 7개의 음과 제1음인 으뜸음보다 한 옥타브가 제1음(제8음)을 낼 수 있는 길이를 가진 8개 또는 필요에 따라 그 이상의 개수를 하나의 세트로 하는 공명관들로 구성된다.

또한 소리의 높낮이 이외에 소리의 3요소인 소리의 크기와 음색을 인식하기 위하여 공명관의 내경을 다르게 한 공명관 세트를 제작하거나 그 재질을 다르게 한 공명관 세트를 제작하여 그들에게서 발생하는 소리를 비교할 수 있다.

다. 발명의 효과

본 발명은 진동판이 없이 내경의 크기가 일정한 관들을 사용하여 소리를 발생하게 함으로써 동일한 음색의 소리를 발생하게 하여 음색이 다름으로 인하여 소리의 높낮이를 구별하여 인식하는 데 있어서 어려움을 제거하였다. 또한 기존 소리의 높낮이를 인식하기 위하여 발음체로서 활용되고 있는 빨대피리의 제작의 어려움과 많은 시간소모에 대한 문제를 해결할 수 있는 방안이 될 수 있다. 그리고 공명관의 내경의 크기와 재질을 달리하여 소리의 크기와 음색을 인식하게 하는데도 활용될 수 있다.

중학교 이상의 학교급에서는 공명관의 길이를 학습자가 직접 계산하여 제작하게 함으로써 소리의 속도, 진동수, 파장과와의 관계를 구체적으로 체득할 수 있게 함으로써 음계의 구조와 원리뿐만 아니라 관악기의 일반적인 원리를 쉽게 이해시킬 수 있다. 또한 본 발명을 수학교육에서 황금비와 등비수열의 실례로서 활용이 가능하다.

4. 과학과 교수·학습 활동에 적용

본 발명의 과학과 교수·학습 활동의 적용은, 초보적인 수준으로 아래의 소리의 발생 실험, 소리의 발생 원인 실험, 공명관의 길이와 소리의 높낮이 실험, 소리의 높낮이와 소리의 세기 인식 실험, 소리의 음색 인식 실험, 음감 인식 실험 등을 초등과학과의 교수·학습 활동에 적용될 수 있다. 중학교 또는 고등학교의 과학과의 교수·학습

활동에서는 음감 인식 실험, 관악기의 이해, 열린 관에서 소리 발생의 원리, 장음계의 공명관 제작 등을 적용할 수 있다.

가. 소리의 발생 실험

주변에서 쉽게 구할 수 있는 플라스틱 파이프나 PVC 파이프 등을 여러 굵기의 관들을 여러 길이로 절단하여 여러 공명관들을 준비한다. 준비된 공명관들을 한 개씩 한 손으로 잡고 다른 손의 손바닥에 부딪치게 소리를 발생시킨다. 관의 내경, 길이, 재질에 따라 발생하는 소리를 관찰한다.

나. 소리의 발생 원인 실험

공명관과 북이나 피리와 같은 다른 발음체를 이용하여 소리를 발생시킨다. 공명관에서 소리가 발생하는 원인을 북이나 피리와 같은 다른 발음체에서 소리를 발생시키는 원인을 비교하고 설명한다.

다. 공명관의 길이와 소리의 높낮이 실험

내경이 크기가 같으나 길이가 다른 여러 개의 공명관들을 준비한다. 준비된 공명관들을 이용하여 소리를 발생시키며 길이에 따라서 발생하는 소리의 성질을 관찰한다.

라. 소리의 높낮이와 소리의 세기 인식 실험

재질과 길이는 같으나 내경의 크기가 다른 공명관을 준비하고, 이들로부터 발생하는 소리의 성질을 관찰한다.

마. 소리의 음색 인식 실험.

공명관의 내경의 크기와 길이는 같으나 재질이 다른 공명관을 준비하고, 이들로부터 발생하는 소리의 성질을 관찰한다.

바. 음감 인식 실험.

재질과 내경의 크기는 같으나 [표 1]의 '음계와 진동수'를 이용하여 이보다 한 옥타브 높은 음이 나는 길이의 열린 공명관들을 준비한다. 공명관의 겉면에 서로 다른 색으로 표시한다. 이 때 낮은 음순으로 빨강, 주황, 노랑, ... 등의 무지개 색의 파장이

긴 순으로 표시하는 것이 좋다. 학습자가 이미 알고 있는 노래를 공명관들을 사용하여 연주하게 하고 그 음계를 공명관에 표시된 색상으로 나타내도록 하고, 공명관의 길이 네 따른 음의 높이를 그래프로 나타내도록 한다.

사. 관악기의 이해

공명관에서 높낮이를 결정하는 원리로부터 여러 관악기에서 음의 높낮이를 조절하는 원리를 이해한다.

아. 열린 관에서 소리 발생의 원리

열린 관에서 소리의 발생의 원리를 이해한다.

자. 장음계의 공명관 제작

[표 1]의 '음계와 진동수'를 이용하여 이보다 한 옥타브 높은 음계의 음들이 나는 길이의 열린 공명관들을 제작함으로써 음속, 진동수, 파장의 관계를 이해한다.

IV. 결 론

창의적인 인간을 요구하는 21세기의 시대적 요청에 부응하여 과학교육에서도 창의성의 신장이라는 과학교과의 목적을 달성하기 위하여 끊임없는 노력이 경주되어 왔다. 그러나 실제적으로 과학교육과정을 통하여 창의성 신장을 교육이 이루어지기 못하고 있는 것으로 조사되었으며(강호감, 1999), 학생들의 과학교과 학업성취도와 기본 지식과 창의적임 문제해결력이 크게 하락한 것으로 보고되었다(조연순, 2000). 이러한 원인은 창의성 교육에 대한 많은 연구로 많은 자료들이 개발되어 왔으나 이들은 창의성 신장을 위한 기법이나 교육방법등 방법론적인 면에 관한 것들로써, 실질적으로 과학과 교수-학습활동에서 학습과제와 관련하여 활용할 수 있는 창의성 교육 자료의 부족으로 인한 것으로 해석될 수 있다. 최근 조연순 등(2000)과 강호감 등(2001)에 의하여 초등학교와 중학교 과학교과의 학습주제를 다루는 과정에서 창의적인 활동을 유도하는 창의력 또는 창의적인 문제적인 해결력 신장을 위한 교수-학습 활동 자료들이 개발되어 학교의 창의성 교육에서 크게 이바지할 것으로 기대된다.

발명은 창의성의 구체적인 구현 활동이며 인간의 특성으로 볼 수 있으며, 발명은 창의성의 산물이고, 창의성은 발명의 원동력이 되는 것이라 할 수 있다. 발명은 창의적인 발상에서 시작하여 창의적인 조작과 조형과정을 거쳐서 이루어지는 것으로, 수준 높은 창의력과 사고력이 창의적인 조작과 조형 활동의 과정을 통하여 신장될 수 있다.

본 연구는 과학교육과정에 나타난 파동과 소리 관련 학습주제에 연계한 발명교육 자료를 개발하는 것이다.

학업 성취도의 향상이나 창의력이나 문제해결력의 신장은 학생들이 흥미와 관심이 있는 주제에 몰입했을 때 가능하다는 관점에서, 다양한 사고과정과 모든 신체와 감각 기관을 활용하는 등의 우뇌 또는 좌·우 양뇌의 인지 특성을 균형있게 발달시켜 창의성을 발현에 기여할 수 있다는 생리학적인 관점에서, 과학적 지식들의 기반이 되고 과학적 사고과정을 거치는 과정에서 창의성이 발휘된다는 심리학적인 관점에서, 그리고 창의력이나 문제해결력은 분야 관련 지능을 중심으로 다양한 절차와 기능을 다루는 과정을 경험할 때 Gardner의 여러 지능들의 발달이 촉진될 수 있고, 또한 창의성을 신장시킬 수 있다는 다중지능 이론의 관점에서 과학의 특정 분야에 대한 발명활동과 이에 연계된 실험활동이 문제해결 중심의 개방적이고 자율적이며, 능동적인 창의성 신장을 위한 효율적인 교수-학습활동의 한 방법될 수 있다는 기본적인 전제하에서 본 연구가 수행되었다.

자료의 개발에 있어서는 과학과 교육과정의 소리와 파동의 개념에 대한 내용의 체계를 중심으로 하여 교수-학습에 필요한 기자재를 창의적인 공작활동을 통하여 제작하게 하고, 제작된 기자재를 활용하여 주요한 개념에 대한 구체적인 실험활동을 통하여 개념을 체득시키는 일련의 과정으로 창의적인 공작활동과 실험활동을 연계시키는 방법으로 재구성하였다. 또한 확산적·수렴적인 사고력을 증진시키기 위하여, 체득된 개념과 기능을 활용하여 해결하거나 응용할 수 있는 활동과제를 제시했다.

〈참 고 문 헌〉

- 강호감, 조병희(1992). 국민학교 아동의 인지양식 분석과 창의력 계발을 위한 효율적인 교수전략에 관한 연구. 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 11(2), pp.111~121.
- 강호감, 원용준(1994). 대뇌의 인지기능에 기초한 자연과 교육방향 모색, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 13(1), pp.171~189.
- 강호감, 노석구, 이희순, 홍석인, 최선영, 원용준, 하정원, 김지선(1999). 창의성 계발을 위한 자연과 교수-학습 자료개발 - 1.창의력 교육의 실태조사-. 한국과학교육학회지, 15(2), pp.293~303.
- 강호감, 노석구, 이희순, 홍석인, 최선영, 원용준, 하정원, 김지선(2001). 창의성 계발을 위한 자연과 교수-학습 자료개발 - 2. 개발과 적용-. 한국과학교육학회지, 15(21), pp.89~102.
- 교육부(1995). 교육개혁 추진 홍보 자료집(I), 교육부.
- 김명희, 정태희(1997). '미국의 다중 지능, 열린교육' 열린교육학회지, 5(2).
- 김민정(1999). WBI 학습환경에서 초인지 버튼이 과제수행에 미치는 영향. 한양대학교 석사학위논문.
- 김춘일(1999). 창의성 교육, 그 이론과 실제, 교육과학사.
- 박병기(1988). 창의성교육의 기반, 교육과학사.
- 윤기옥(1997). '다중지능 이론과 수업', 전국교육대학교 교수 세미나 및 워크 연구 자료집, 인천교육대학교 열린교과교육연구소.
- 조연순, 성진숙, 채제숙, 구성혜 (2000). 창의적 문제해결력 신장을 위한 초등과학교육 과정 개발 및 적용. 한국과학교육학회지 20(2), pp.307~328.
- 현동걸(1988). 다중지능 이론에 근거한 창의력 신장을 위한 과학공작 학습 프로그램 개발을 위한 연구, 제주교대 초등교육연구, 4
- (현동걸, 2002). 발명을 위한 창의적 문제 해결력 신장의 모색. 제주교대 논문 31.
- Adolf, J.(1982). Creative thinking through science, ED 232-785.
- Amabile, T. M.(1983). The social psychology of creativity, New York: Springer Verlag.
- Csikszentmihalyi, M.(1988). Society, culture, and person: A system view of creativity. In

- R. J. Sternberg(Ed.), *The nature of creativity: contemporary psychological perspectives*. New York: Cambridge University Press.
- Dunbar, K.(1999). Science. In Runco, M. A. & Pritzker, S. R. (Eds.), *Encyclopedia of creativity*. 2. San Diego, CA: Academic Press.
- Feldhusen, J. & Treffinger, D.(1994). *Creative Thinking and Problem Solving in Gifted Education: 교사를 위한 창의적인 문제해결력*, 전경원 역(1998), 창지사: 서울.
- Gardner, H.(1983), *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
- Gardner, H.(1993), *Multiple Intelligence: The Theory of Multiple Intelligences in Practice*. New York: Basic Books.
- Gruber, H. E. & Davis, S. N.(1988). Inching our way up Mount Olympus: The evolving systems approach to creative thinking. In R. J. Sternberg(Ed.), *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives*. New York: Cambridge University Press.
- Guilford, J. P.(1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, pp. 444-454.
- Simonton, D. K.(1990). History, Chemistry, Psychology, and Genius: An intellectual autobiography od historiometry. In . . . *Creavity*.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I.(1990). An investment approach to creativity: Theory and data. In M. A. Runco & R. S. Alvert(Eds.) *Theories of creativity*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Torrance, E. P.(1962). *Guiding Creative Talent*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prention.
- Urban, K. K.(1995). Creativity - A componential approach. *Post conference China meeting of the 11th world conference on gifted and talented children*. Beijing, China. August 5-8.