

오개념 교정을 위한
과학비유탐구놀이학습의 도입에 관한 연구
- 물질과 열의 개념 중심으로 -

현 동 겔*

Application of Science Inquiry Play of Analogy
to Learning for Misconception Rectifications :
Centered on Conceptions of Matter and Heat

Hyun, Dong Geul

ABSTRACT

The purpose of this study is to apply the science inquiry play of analogy with the characteristics and merits of the science inquiry play and the learning method by analogical reasoning to the learning for misconception rectifications. The learning has the following processes: 1) Students analogize the abstract science conceptions and facts into play-type activities including the concrete contents such as students themselves, their physical-sensory motions, concrete objects, play methods, and play rules. 2) Students as analogized objects play a role physically and sensuously according to the methods and rules analogized in the play. 3) Students find out the concrete contents included in the science

* 제주교육대학교 과학교육과 조교수

inquiry play of analogy, draw the results, and deduce the new conceptions from the results by reflective thinking and analogical reasoning. This research shows the science inquiry play of analogy apply to the learning for misconception rectification on the base of the inquiry learning and presents a case of application to rectify the misconceptions of elementary school students on matter and heat.

I. 서 론

최근 과학교육학자들의 연구결과는 전기, 자기, 열, 소리, 빛 등의 개념에 대하여 많은 학생들이 학습하기 이전에 이들의 개념에 대하여 특정한 잘못된 개념을 가지고 있다는 것이며, 학교에서 보편적으로 행해지는 현행 교과서를 기초로 한 전통적인 교수 방법들, 즉 내용에 관한 실험과 토의에 의한 수업방법에 의해서나 정성적인 문제해결과정의 도입을 통한 수업에 의해서도 학생들의 잘못된 개념이 쉽게 과학자적인 개념으로 변화되지 않는다는 점이다(박윤희, 1990; 한문정, 1990; 김도욱, 1996; 전우수, 1993; 김범기 등, 1995; 김현재 등, 1997).

전기, 자기, 열, 소리, 빛의 속성들은 전자, 이온, 원자, 분자들과 이들의 운동을 근간으로 하는 현상들이다. 따라서 모든 물질이나 물질의 변화를 입자나 입자의 운동으로 파악하는 관점은 이들에 대한 미시적·거시적 현상을 설명하는데 필수적인 개념이라 할 수 있으며, 이러한 개념들은 학습자의 신념체계로서 관련된 후속학습에 매우 큰 영향을 미친다(김도욱 등, 1996). 그러나 이러한 입자적인 물질관은 초등학교생들에게는 매우 추상적이다. 또한 여러 현상에 근간이 되는 구성입자나 구성입자의 운동을 실험적으로 보이기 어렵기 때문에 전기, 자기, 열, 소리, 빛 등에 대한 개념들은 단순히 실험해 본다고 해서 학습될 수 있는 것이 아닌 매우 추상적인 개념이다.

이러한 추상적인 과학의 개념을 이해하는데는 Piaget가 말하는 형식적 조작을 요구한다. 여러 연구의 결과에 의하면 우리 나라 초등학교 학생들의 지적 발달수준은 대부분이 형식적 조작수준에 도달하지 못하고 구체적 조작수준에 머물러 있어서

추상적인 내용을 학습하는데 어려움을 겪고 있으며 잘못된 개념을 쉽게 과학자적인 개념으로 변화되지 않는 요인 중의 하나로 해석하고 있다(이원식 등, 1979, 1986; 김현재 등, 1983, 1988; 김영희, 1988; 김도욱, 1991; 최재환 등, 1993; 한안진 등, 1996).

김익균(1991)은 한 개념구조로 설명되지 않는 현상을 찾기가 매우 어려울 정도로 많은 현상을 설명할 수 있으므로 갈등상황을 일으키기 위해서는 새로운 현상을 제시함과 동시에 새로운 개념구조를 가지고 설명된 서술을 함께 제시해야 한다고 했다. 또한 Piaget(1958)에 의하면 학생들의 문제해결능력은 그들의 지적 발달수준에 의하여 달라진다. 따라서 구체적 조작수준에 있는 학생들은 이론을 형성하거나 구체적 사실과 동떨어진 추상적 개념을 이해할 수 없으며, 추상적인 과학개념을 언어수단이나 실험만으로 가르치려고 한다면 구체적 조작수준에 있는 학생들의 지적 발달을 돕지 못한다라고 지적한다.

초등과학 자연과 수업은 초등학생들에게 자연현상의 이해와 더불어 과학적 사고의 기초를 형성하는데 그 목적을 둔다. 학습이란 이미 파지하고 있는 개념을 바꾸거나 수정해 나가는 과정이다. 따라서 수업시간 내의 교사와 학생들 그리고 학생들 간의 의미 있는 의사소통, 개념에 있어서의 변화, 가변적이고 유용한 인식의 발달을 강조한다(박현주, 1996). 최근까지의 수행되어온 과학현상에 대한 초등학생들의 개념에 대한 많은 연구들은 초등학생의 과학적 사고력 발달을 통한 개념의 변화를 수용하려는 것보다는 개개의 개념들을 조사하거나 학생들의 지적 발달수준을 고려하지 않고 오개념 교정에만 치중해온 경향이 있다.

현동걸(1998)은 구체적 조작수준에 있는 학생들의 지적 발달을 위한 한 방법으로 형식적 조작을 요하는 추상적인 과학적 개념과 사실을 구체적인 내용을 수반하는 놀이 형태의 활동으로 비유화하여 구체적인 내용들을 대상으로 탐구활동을 수행하게 하고, 탐구활동의 결과를 추출하여 목표의 추상적 개념으로 비유적 추리와 반성적 사고 과정을 거침으로서 새로운 개념을 형성하게 하는 과정에서 학생들의 과학적 사고력의 발달과 개념의 변화를 꾀하려는 과학비유탐구놀이 학습방법을 제안하였다.

학생들이 학습해야 할 내용이 학생들의 지적 발달수준 이상의 조작능력을 요구함으로써 지적 발달의 미숙한 학생들이 오개념을 소지할 수 있다는 견지에서

(Nussbaum, 1983), 과학비유탐구놀이 학습방법은 오개념 교정학습으로의 도입은 오개념 교정뿐만 아니라 과학적 사고력의 신장시키는데에도 일익을 할 것으로 기대할 수 있다.

II. 연구의 목적과 내용

1. 연구의 목적

학습 이전에 형성된 학생들이 소지한 선개념은 후속되는 과학적 개념을 형성하는데 미치는 영향은 지대하며 전통적 교수법에 의해 큰 영향을 받지 않는 것으로 보고되고 있으며(Ausubel 등, 1978; 박윤희, 1990; 한문정, 1990; 김도욱, 1996; 전우수, 1993; 김범기 등, 1995; 김현재 등, 1997), 또한 오개념을 형성시키는 가능한 요인들로서 학습해야 할 내용이 요구하는 논리적 조작수준이 이에 미치지 못하는 미숙한 발달단계에 있는 학생들에게 주어졌거나 학생들에게 학습내용이 요구되는 수준에 못 미치는 단순한 논리적 조작을 하게 하는데에 있다는 보고가 있다(Nussbaum, 1983; 이원식 등, 1979, 1986; 김현재 등, 1983, 1988; 김영희, 1988; 김도욱, 1991; 최재환 등, 1993; 한안진 등, 1996).

전기와 자기, 열, 소리, 빛 등에 대한 개념들은 논리적 조작을 요구하는 내용들이다. 이들의 개념들은 대부분의 Piaget의 구체적 조작수준에 머물러 있는 초등학생들에게는 매우 추상적인 개념들로서 이들을 학습하는데 상당한 어려움을 수반하며, 이들 개념에 대한 학습과정에서도 이들에 대한 오개념을 유발시킬 소지를 내포하고 있다.

위와 같은 연구결과들은 초등학생의 오개념 교정을 위한 해결책을 암시하고 있다. 즉, 초등학생의 지적 수준이 대부분 형식적 조작수준에 이루지 못하므로 이를 위해서는 논리적 사고증식을 위한 구체적 활동자료와 실제 경험의 기회를 제공해야 하며, 자연교과와 내용이 본질상 형식적 사고를 요구하고 있기 때문에 형식적 조작수준에 도달하지 못한 아동들에게 논리적 사고를 요구하는 자연교과를 보다 쉽게 이해하도록 하는 새로운 수업방법을 제공해야 한다는 것이다.

이 연구의 목적은 초등학생들의 추상적인 과학개념에 대한 오개념 교정을 위한

학습방법을 제안하는 데 있다. 현동걸(1998)이 과학탐구놀이와 비유적 추리에 의한 학습방법을 기초로 제안한 과학비유탐구놀이 학습방법은 오개념 교정학습에 적용에 있어서 과학학습내용으로의 접근방법이나 학습효과에 대한 기본적인 아이디어들을 대부분 포함하고 있다. 이 연구에서는 과학비유탐구놀이 학습방법을 과학수업에서 적용되고 있는 학습모형의 틀에 도입하고 물질과 열의 전달에 대한 개념을 중심으로 실제 수업을 위한 학습방법으로서 적용을 제안하고자 한다.

2. 연구의 내용

이 연구에서는 연구의 목적을 위하여 다음과 같은 구체적인 연구 내용을 설정하였다. 이 연구의 이론적 배경에서는 선행연구의 결과들을 근거로 Piaget의 지적 발달이론에 의거하여 초등학생들의 지적 발달수준과 그 특징, 오개념의 정의와 그 형성요인, 과학교육에 있어서 개념변화모형, 과학비유탐구놀이학습의 의의와 특징, 초등학생의 물질과 열에 대한 개념의 형성수준과 그 특징, 물질과 열에 대한 입자론적인 해석 등에 대한 검토와 분석을 통하여 이 연구의 여러 근거를 찾고자 한다.

과학비유탐구놀이학습 방법을 오개념 교정학습에 도입시키기 위하여 체계적 접근모형을 기초로 하여 Driver의 수업절차모형, 탐구수업모형의 그 장점들을 최대한 활용하는 것을 원칙으로 하여 그 내용과 절차를 변형시켜 오개념 교정수업을 위한 체계적 접근모형을 제시하고자 한다. 또한 과학비유탐구놀이를 통한 오개념 교정수업의 한 예로서 물질과 열의 전달 개념에 대한 오개념 교정을 위한 수업을 제시된 모형에 적용시켜 실제 수업을 위한 학습방법으로서 적용을 제안하고자 한다.

Ⅲ. 이론적 배경

1. 지적 발달 이론과 초등학생들의 지적 발달 수준

Piaget(1958)는 지적 발달의 과정을 그 조작적 특성에 따라 뚜렷이 질적으로 다른 몇 개의 단계, 즉 감각동작단계, 전조작단계, 구체적 조작단계, 형식적 조작

단계 등을 거친다고 보고 있으며, 가역성이 획득되고 보존문제를 해결할 수 있으며 구체적인 문제를 해결할 수 있는 구체적 조작단계는 7~8세부터 시작하여 11~12세에 평형상태에 이루며, 모든 가역성을 생각해낼 수 있고 가설을 세우고 그것을 토대로 하여 연역적 논리를 자유자재로 쓸 수 있는 형식적 조작단계는 11~12세에서 시작하여 15~16세에서 평형상태에 이룬다고 할 수 있다(이원식 등, 1983).

우리 나라 초등학교 학생의 지적 발달수준은 지금까지의 여러 연구에 의하면 각 단계에 이르는 연령이 Piaget가 제시한 기준연령과 차이가 있는 것으로 나타난다. 김현재 등(1985, 1988)의 초등학교 4, 5, 6학년 학생을 대상으로 Piagetian Task와 Piagetian Style Written Test 등을 사용하여 인지수준을 측정 한 연구에서 4학년 학생인 경우 조사대상 학생의 99.2%가 구체적 조작수준에 속하고 형식적 조작수준에 이른 학생은 0.8%에 불과했다. 5학년인 경우 구체적 조작수준에 95%의 학생이 속하고 형식적 조작수준에 4.6%의 학생이, 6학년의 경우 구체적 조작수준에 95.3%, 형식적 조작수준에 4.7%에 이르는 것으로 나타났다. 김영희(1988)가 초등학교 6학년 학생을 대상으로 논리적 사고력을 측정한 GALT검사에 의하면, 조사대상 학생의 72%가 구체적 조작수준에 속하고 형식적 사고수준에 도달한 학생은 한 명에 불과했으며, 또한 하위논리유형별 형성 정도는 보존논리에 42.5%, 상관논리에 40.6%, 변인통제논리에 27.8%, 비례논리에 26.1%, 그리고 조합논리에 3.3%의 아동들이 형성된 것으로 나타났다. 최재환 등(1993)이 초등학교 6학년 학생을 대상으로 행한 GALT 검사에 의하면, 조사대상 학생의 97.9%가 구체적 조작수준에 머물러 있고, 형식적 조작수준에는 2.1%에 불과한 것으로 나타났다. 또한 하위논리유형별 형성 정도는 보존논리에 26.0%, 비례논리에 31.5%, 변인통제논리에 15.1%, 확률논리에 13.0%, 상관논리에 39.7%, 조합논리에 6.2%로 나타났다.

2. 오개념과 그 형성요인

각 발달단계를 통해 아동은 각 단계에 독특한 방식으로 사실을 지각하고 설명한다. 아동들이 과학학습 이전부터도 주변환경이나 경험으로부터 과학에 관련하여 아동들 나름대로 형성된 개념들을 선개념(preconception)이라고 한다. 이 선개념이 당대의 과학적

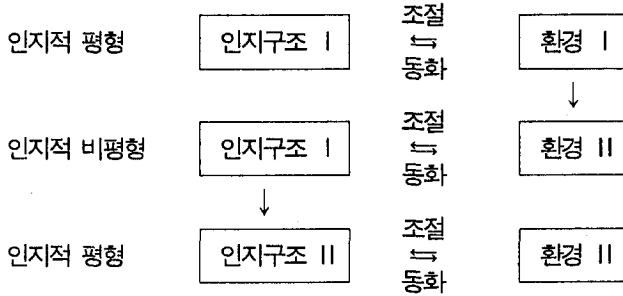
개념과 다를 때 오개념(misconception) 또는 대안개념(alternative conception)이라고 한다(Anderson, 1986; Driver & Bell, 1985; Gilbert, 1982; 조희형, 1984). 선개념은 과학적 이론 형성에 끼치는 영향은 지대하며, 전통적 교수법에 의해 큰 영향을 받지 않는다(Ausubel 등, 1978). 학생들이 그 자신의 지식을 조직하고 구성한다는 구성주의의 관점에 의하면, 이론 혹은 개념은 단순한 감각적인 정보와 귀납적인 관계를 맺고 있는 것이 아니며, 개념과 경험의 상호작용에 의하여 구성되고 발달한다. 이미 소지한 개념 혹은 이해하고 있는 이론이 관찰을 선행하고 관찰을 위한 실험을 선도한다. 즉 아동들은 자신들의 소지한 개념구조를 통해서 현상을 관찰하고 문제를 보기 때문에 그 개념 구조가 과학적 개념과 다를 경우에 아동으로 하여금 진상을 왜곡하게 하며, 문제해결에 어려움을 갖게 한다(조희형, 1994).

Piaget의 지적 발달이론은 학습주제가 요구하는 논리적 조작능력이 미숙한 발달 단계에 있는 학생들에게 주어졌거나 단순한 논리적 조작을 함으로써 그 아동은 오개념을 소지하게 됨을 암시하며(Nussbaum, 1983), 또한 오개념이 인지적 구조에서 역할에 대한 관심에서 보다는 오인이 인지적 능력발달의 수준을 나타내는 단서가 된다는 면에서 중요하다는 것을 의미하게 된다(조희형, 1994).

3. 개념 변화의 모형

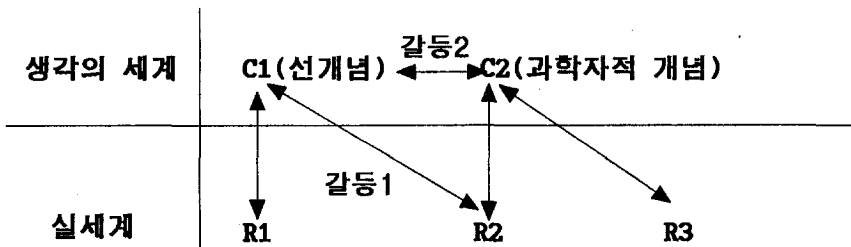
Piaget는 학습을 학습자와 환경 사이의 상호작용을 통해 인지구조의 변화 즉 개념체계의 변화로 정의하고, 인지구조와 환경 사이의 상호작용은 동화와 조절이라는 상호 보완적인 과정에 의하여 이루어진다고 보았으며, [그림 1]에서 그 과정을 보여 주고 있다. 동화란 주위의 환경으로부터 받아들여진 정보를 기존의 인지구조 속에 흡수하는 과정을 의미하며 학습된 지식과 기능을 이용하여 주어진 정보를 조정하는 과정이다. 조절이란 외부의 정보에 기존의 정보를 조정하는 과정을 의미한다. 인지구조-I 과 환경 I 사이에 동화와 조절이 원활히 일어나는 상태를 인지적 평형상태라고 하며, 학습자가 이미 가지고 있는 인지구조 I은 동화와 조절이 불가능한 새로운 환경II를 접하게 되었을 때 학습자는 인지적 갈등을 겪게 되는 데 이런 상태를 인지적 비평형상태라고 한다. 이러한 비평형상태에서 학습자는 갈등을 해결하고

새로운 평형을 이루고자 한다. 새로운 평형은 학습자가 자신의 인지구조를 인지구조 II로 변화시켜 갈등을 해결함으로써 가능하다고 보았다. 따라서 Piaget의 이론



[그림 1] Piaget의 인지발달 과정

에 의하면 평형화과정은 인지발달의 핵심이라고 볼 수 있다. 결국 어떤 인지구조가 외부의 환경과 동화와 조절의 상호작용을 하게 되고, 이러한 상호작용의 누적으로 지적인 성장을 하게 된다. 이러한 지적 성장이란 낮은 상태의 지적인 평형상태에서 보다 높은 차원의 지적인 평형상태로 전환을 의미하는 것이다. 학습을 개념 변화의 과정으로 볼 때, 이러한 개념의 변화는 개념의 확장, 개념적 치환, 그리고 개념의 상호전환을 모두 포함한다.

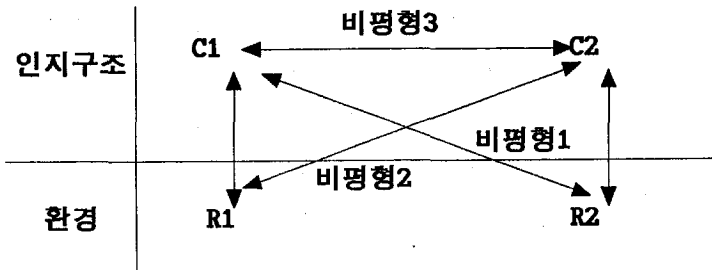


[그림 2] Hashuweh의 개념변화 모형

Hashuweh(1986)는 Piaget가 주장하는 현재의 인지구조와 실생활과의 상호작용에서 발생할 수 있는 갈등1에 선개념 C1과 과학적 개념 C2 간에 발생할 수 있는 갈등2를 추가하여 [그림 2]와 같이 개념의 변화과정을 설명하고 있다. 이 모형에 의하면 선개념 C1로 설명되지 않는 현상 R2가 나타났을 때, C1과 R2사이에 갈등1이 생긴다. 이 갈등1의 해소를 위하여 새로운 개념 C2가 도입된다. 이 C2에 의해서 R2를 설

명할 수 있다. 그러나 C2를 학습자의 인지구조 속에서 받아들이기 위해서는 C1과 C2 사이의 갈등관계가 해소되지 않으면 안된다.

권재술(1989)은 Hashuweh의 모형에 대해 C1과 C2 사이의 갈등 관계의 설정이 이 모형의 특징이라고 보았으며, C1과 C2가 공존할 수 있다는 가정, 그래서 기존의 인지구조의 변화가 없이도 새로운 인지구조의 수용이 가능하다는 점, 그리고 인지구조 대신에 개념이라는 용어를 사용한 점이 Piaget의 이론과 매우 상이하다고 설명하고 있다. 이러한 두 종류의 갈등상황을 받아들이면서 권재술은 비평형2의 경우가 포함되는 변형된 개념변화 모형을 [그림 3]과 같이 제시하였다. 그는 개념의 병화를 인지구조와 환경 사이의 상호작용으로 간주하여, Hashuweh의 갈등1과 갈등2를 비평형1 과 비평형3으로 표현하고 있다.



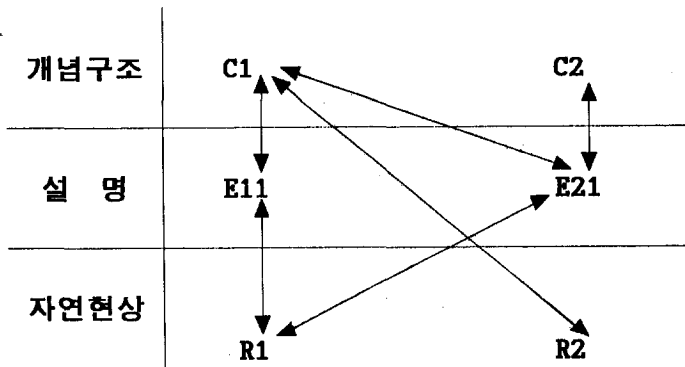
[그림 3] 권재술의 개념 변화의 인지적 모형

인지구조 C1은 학습자가 현재 가지고 있는 개념이다. 그 개념은 경우에 따라서 오개념일 수도 있고, 오개념은 아니나 좀 낮은 수준의 개념일 수도 있다. 인지 구조 C2는 새로 학습해야 할 개념이다. 또 환경이라 함은 실제의 자연현상일 수도 있고 실제 자연현상의 인위적인 표현, 즉 교과서에 있는 내용이나 교사가 강의하고 있는 내용 등 학습자가 배워야 할 내용일 수도 있다. 교사가 가지고 있는 인지 구조는 C2가 아니라 학습자에게는 R2가 된다. 여기서 비평형1은 C1으로 R2를 쉽게 설명할 수 없는 상태로서 이를 위한 여러 개의 R2를 준비해야 하는데, 여기서 특히 주의해야 할 것은 문제나 자료 또는 예시인 R2가 복잡하거나 어려워서 학생이 혼란스러워 하는 것을 제외한다. 이해 또는 인지수준에 맞지 않는 자료나 질문을 이용한 갈등은 여기서 말하는 인지갈등이 아니다. 개념변화조건을 따져보는 것이 유용하다. 비평형2는 과학자나 과학교사는 느끼지 못하더라도 학생들에게는 새롭게

학습한 개념이 환경을 설명하는데 불편함을 지적한 갈등으로 [그림 3]의 세 가지 갈등 중에서 특이한 갈등으로 C2와 R1사이의 갈등을 말한다. 즉 R1을 C1로 설명하고자 할 때 생기는 갈등으로, C2의 성질에 따라 다르지만 개념 획득의 초기에 쉽게 나타날 수 있는 현상으로 오개념 교정에 중요한 인지과정이다. 비평형3은 비평형2와 같은 C1과 C2 사이에 생기는 인지구조간의 갈등이다. 학습한 새로운 개념이 기존의 인지구조에 의미 있게 통합되지 않고 병치되어 있는 상태에서 일어난다. 기존 개념으로 설명이 잘 안되는 불만족에서 일으키는 것이 이 인지갈등이다.

비평형1은 Piaget나 Hashuweh의 모형에서 설명되었고, 비평형3은 Hashuweh의 모형에서 설명되었으나 비평형2는 권재술의 모형에서 처음으로 추가된 내용에 속한다.

이에 대해 김익균(1991)은 권재술의 모형에서 제시한 환경을 자연현상과 설명영역으로 구분하고 대립되는 두 설명 사이의 갈등을 생각한 모형을 제시하였다. 그의 이론에 의하면 개념구조 C1을 가지고 있더라도 많은 자연현상이 그에 의하여 설명되며, 설명되지 않는 자연현상을 찾기가 매우 어렵다는 것이다. 그러므로 C1의 개념구조를 가지고 있는 학습자에게 단순히 R2라는 자연현상을 제시하여서는 갈등을 일으키기 어렵다는 것이다. 왜냐하면 C1의 개념구조를 가지고 R2를 설명할 수도 있기 때문이다. 그러므로 [그림 4]와 같이 R2의 제시와 함께 C2의 개념구조를 가지고 설명된 서술 E11과 E21을 함께 제시해야 갈등이 일어난다는 것이다.



[그림 4] 김익균의 갈등이 일어나는 개념 변화 모형

4. 과학비유탐구놀이 학습방법

과학비유탐구놀이 학습방법(현동걸, 1998)은 추상적인 개념의 습득과 동시에 과학적 사고력을 신장시키기 위한 방법이다. 형식적 조작을 요하는 추상적인 과학적 개념과 사실을 구체적 조작수준의 학생들에게 학습시킬 수 있고 과학적 사고력을 신장시키기 위한 학습방법으로 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 형식적 조작을 요하는 추상적인 과학적 개념과 사실을 구체적 조작수준의 학생들의 사고로서 이해할 수 있는 학생들 자체, 학생들의 신체·감각적 활동, 구체물, 방법, 규칙 등의 구체적인 내용을 수반하는 놀이 형태의 활동으로 비유화한다.

추상적인 과학적 개념과 사실들을 구체적인 내용을 포함하는 놀이 형태의 활동으로 비유화하기 위해서는 추상적인 과학적 개념과 사실들이 포함하는 목표영역의 모든 것에 대하여 조작적 정의와 비유적 추리 과정을 통하여 비유영역의 비유물을 생성시키기 위한 조작적인 비유물의 조건들은 다음과 같다.

- (1) 목표모형에 유사한 대응관계를 갖도록 비유물을 조작적 정의를 해야 한다.
- (2) 비유물은 학생의 선개념이 고려되어 그것을 변화시킬 수 있도록 조작해야 한다.
- (3) 비유물은 목표모형보다 학생들에게 친숙하도록 조작해야 한다.
- (4) 비유물의 구조와 속성이 목표 모형에 비해 학생들이 이해하기 쉬워야 한다.
- (5) 비유물을 사람이나 사물 그 자체, 움직임, 또는 움직임을 규제하는 규칙 등의 구체적인 것으로 나타낼 수 있도록 조작적 정의를 해야 한다.

둘째, 목표모형의 속성에 따라 학생들은 비유물 그 자체로서 가상적인 역할을 분담하고 직접적인 신체·감각적인 활동 즉 과학비유탐구놀이를 하게 한다. 이러한 신체·감각적인 활동이 과학탐구놀이로서 기능을 갖기 위해서 다음과 같은 다음과 같은 조건을 갖추도록 구성해야 한다.

- (1) 재미가 있게 구성해야 한다.
- (2) 다양한 수준의 학생들이 그 능력에 맞는 다양한 활동이 가능하게 구성해야 한다.
- (3) 참여자는 협력과 약간의 경쟁이 있어야 한다.
- (4) 과학적인 탐구의 본질이 반영시켜야 한다.

셋째, 이러한 비유화된 놀이 형태의 활동의 구체적인 내용들을 대상으로 탐구활동을 수행하게 하고, 탐구활동의 결과를 추출하여 반성적 사고와 비유적 추리 과정을 통하여 목표의 추상적 개념으로 전환하는 일련의 사고과정을 거쳐 새로운 개념

을 형성하게 하게 한다. 즉, 과학비유탐구놀이의 비유영역에서 모든 것들은 구체적이고 문제해결에 필요한 모든 요소가 정량화될 수 있는 장점을 가지고 있기 때문에 실질적이고 근본적인 탐구활동을 할 수 있다. 학생들은 과학비유탐구놀이에서 일어나는 모든 것들을 대상으로 관찰하고, 분류하고, 측정하는 활동으로부터 얻어진 자료를 해석한다. 그리고 해석된 결과를 목표영역으로 비유적 추리과정과 반성적 사고과정을 거치면서 목표영역의 속성 즉 추상적인 과학개념과 사실들을 이해할 수 있다. 과학비유탐구놀이는 교사의 의도에 따라서 단순하거나 혹은 고차원적으로 구성될 수 있으며, 또한 교사는 과학비유탐구놀이 학습이 적용될 상황을 고려하여 적절한 탐구활동모형을 사용할 수 있다

5. 초등학생의 물질과 열의 개념의 형성수준과 그 특징

우리 나라의 초등학생의 물질과 열에 대한 개념에 대한 연구는 상당히 미미한 실정이지만 관련된 국내의 여러 연구를 참고한다면 우리 나라의 초등학생의 물질과 열에 대한 개념의 형성수준과 그 특징을 짐작할 수 있다.

김현재 등(1997)은 '물질에 대한 아동의 선개념 및 수업효과'에서 초등학생들에게 물질의 특징을 묻는 질문에 대하여 고체물질의 특성에 대해서는 '단단하다', '만질 수 있다' 등으로 고체물질의 지배적인 특징을 설명하였고, 액체물질에 대해서는 '물 같다', '흐른다' 등으로, 그리고 기체물질의 특성에 대해서는 가장 우세한 것은 공기의 특성과 유사하게 '볼 수 없다', '만질 수 없다' 등으로 설명하고 있어 거의 직관에 의하여 물질을 분류하고 있으며 입자론에 근거를 둔 대답은 거의 없었다고 보고하였다. 김도욱 등(1996)은 '초등학교에서 물질관의 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램의 적용'에서 기체물질의 구성에 대한 질문에서 연속적인 균일, 불균일, 그리고 입자적인 불균일을 오개념으로 보았을 때, 과학사 프로그램을 적용하기 전에는 조사대상 학생의 73.5%가 오개념을 가지고 있었으며, 적용 후에도 28.6%의 학생이 여전히 오개념을 지니고 있는 것을 보였다. 그리고 입자적 물질관을 갖고 있는 학생들을 대상으로 입자 사이의 공간에 대한 질문, '입자사이에는 무엇이 있을까?'에 대해서는 '입자들 사이에는 아무것도 없다'라고 응답한 학생은 적용 전에는 21.4%였고 적용 후에는 52.4%였다. 이러한 결과는 많은 학생들이 입자적인

물질관에 익숙하지 못한 원인으로 해석하였다. 물질의 구성입자의 운동성에 대해서는 과학사 프로그램의 적용 전에 '공기 등의 매개체에 의하여 움직인다'로 대답한 학생이 64.3%, '기체입자는 스스로 움직인다'라는 과학자적인 대답을 한 학생이 16.7%, 증발, 증산, 확산 등의 직관적인 사고에 의하여 대답한 학생이 14.3%로 나타났다. 적용 후에는 각각 19%, 59.5%, 그리고 14.3%로 나타났으나 여전히 매개물이 있어야 입자의 운동이 가능하다고 하는 오개념을 가지고 있는 학생이 많은 것으로 나타났다. 안상면(1992)은 이러한 학생들의 응답을 공기가 그 매개물의 역할을 한다고 생각하며, 공기의 운동을 바람으로 배운 개념이 바람에 의해 움직이는 여러 물체들을 생활·경험적 오개념 유형으로 판단하였다.

김종권(1976)은 '아동의 에너지 보존 개념 형성 발달에 관한 연구'에서 열에너지 보존 개념은 5학년에서 형성 반응이 나타나며 6학년에서 급격히 증가하여 보존 개념이 형성된다고 보고하며 3·4학년의 유사 단원인 물질이 녹는 양, 온도, 열과 물체의 변화 단원을 6학년 수준에서 연결 지도함이 바람직하다고 제시하고 있다. 조봉제(1986)는 '중학생의 에너지에 대한 개념 형성 조사'에서 열에너지 개념의 형성 수준이 미약하고 냉기나 온기의 열소에 의해 열이 이동한다는 등의 열소설적인 오개념을 중학생들도 갖고 있음을 보고하였다. 또한 학생의 잘못된 선입견은 후속학습에 영향을 끼쳐 학습에 의해서도 개념의 변화가 잘 일어나지 않는다고 보고했다. 김현재 등(1990)은 '초등학교 아동의 온도개념 형성에 관한 조사'에서 열에 의한 온도의 상승은 물질에 따라 선택적으로 나타나며 열적 평형상태에서도 물질에 따라 평형온도와 관계없이 나타나며, '큰 열음이 더 차다' 등으로 온도를 물질의 양과도 관련지어 결정하는 경향이 있으며, 온도에 대한 정량적인 과제보다 정성적인 문제 해결을 더 어려워하며, 물의 상태변화를 가열한 불의 세기와 가열시간과 관련지어 생각하고 있다고 보고하였다. 또한 초등학생의 온도 개념은 주요 사고유형 중 경험적 요인이 지배적이며, 일단 형성된 개념은 학습에 의하여 쉽게 변화되지 않는다고 지적했다. 유재혁(1987)은 '열과 온도에 대한 중등학생들의 지닌 개념 조사'에서 학생들은 열을 물질적 실체로 이해하려는 경향이 강하며 이것은 학습이 진행되면서 어느 정도 수정되나 여전히 물질적 실체로 생각하는 학생이 많음을 보였다. 학생들은 열은 분자의 운동에너지가 전달되는 것으로 생각하기 힘들기 때문에 물질적 개념으로 즉 열소의 개념으로 받아들이고 있다고 하였다. 김도형 등(1998)은 '초등학

생의 물리적 현상에 대한 연구'에서 물의 상태변화에 대한 문제에서 대부분의 학생들은 끓는 물은 계속 가열할 때 불의 세기에 관계없이 계속 상승한다고 생각하며, 열의 이동에 대한 문제에서는 대부분의 학생들은 직관적 사고에 의하여 단지 열을 넣으면 시원해진다는 개념으로만 파악하는 학생이 50%로 나타났으며, 차가움이 전달된다는 사고를 갖는 경우가 27%로 나타났다. 그리고 열적 평형상태에 대한 문제에서 대부분의 학생들이 물질에 따라 온도가 다르다는 생각을 갖고 있어 열적 평형에 대한 개념은 전혀 형성되어 있지 않았다고 보고하였다.

학생들이 갖는 열 개념의 일반적인 상황은 다음과 같이 정리할 수 있다(서울대 물리학습연구실, 1993). 첫째, 열을 뜨거운 상태로 인식한다. 둘째, 열을 뜨거운 물체나 물질적 실체로 인식한다. 셋째, 뜨거움의 대립 개념으로 한기를 생각하고 쌍방적 흐름으로 본다. 넷째, 열전도에서 열의 상대적 강약이나 물체의 열에 대한 강도 기준을 생각하는 경향이 있다. 다섯째, 열을 에너지 전달의 한 과정으로 보지 못하고 열량으로 파악한다. 여섯째, 열전도를 물체의 속성으로 파악한다. 일곱째, 많은 은유적 표현과 혼용되어 개념분화가 이루어지지 않고 있다. 여덟째, 에너지와 온도와의 구분을 잘 하지 못하고 있다. 아홉째, 문제상황을 기술할 때 변수(예:온도, 열, 에너지)를 사용하지 않으며 전이(transition)나 상호작용에 대한 개념이 없다.

6. 물질과 열에 대한 입자론적 해석

1) 거시적 기술과 미시적 기술

물리학적 현상을 해석하는 데 있어서 보통 물질의 어떤 부분에 주목하여 이 부분을 이외의 바깥부분과 분리시켜 취급한다. 이 때 주목되어지는 부분을 계(system)이라고 하고 바깥부분을 외계라고 한다. 계가 외계와 어떤 상호작용을 하는가를 파악함으로써 계의 거동을 설명할 수 있다. 또한 물리학적 현상을 해석하기 위해서는 계의 거동을 기술하기에 적합한 관측 가능한 양을 정하지 않으면 안된다.

계의 거동을 전체적 관점에서 취급하는 것을 거시적이라고 하며, 이 때 다루어지는 양들을 거시적인 양들이라 한다. 많은 거시적인 양들, 예를 들면 압력, 부피, 온도, 내부에너지 등은 직접적으로 우리의 지각과 관계되어 있다. 열이 수반되는

변화에서 거시적인 양들 연관짓는 법칙은 열역학의 기초를 형성한다. 또한 미시적 관점을 취할 수 있다. 예로서 계를 구성하는 원자나 분자의 거동을 기술하는 이들의 속도, 에너지, 질량, 각운동량, 충돌 중에서의 거동 등을 들 수 있다. 이러한 미시적 성질들은 직접적으로 우리의 감각으로 느낄 수 없는 추상적인 것들이다.

어떠한 계에서든지 거시적 양과 미시적 양은 같은 현상의 다른 기술이므로 서로 관련되어야 한다. 특히 거시적 양은 미시적 양으로 표현할 수 있어야 한다. 거시적으로 보면 물질의 온도는 온도계를 사용하여 측정할 수 있다. 미시적으로는 물질을 구성하는 입자들의 운동에너지와 연관되어 있다. 이와 같이 물질의 열적 현상을 거시적으로 나타내는 열역학적인 법칙은 정량적으로 통계적인 언어로서 표현되어 진다.

2) 고체, 액체, 기체

물질은 보통 고체, 액체, 기체의 세 상태 중 한 가지 상태로 존재하는 것으로 분류된다. 일상적인 경험에 의하면 고체는 일정한 부피와 모양을 가지고 있다는 것으로, 액체는 일정한 부피는 가지고 있지만 일정한 모양을 가지고 있지 않다는 것이며, 기체인 경우는 부피와 모양이 모두 일정하지 않다는 것이 거시적인 관점이다.

모든 물질은 원자나 분자라는 입자의 어떤 분포로 구성된다는 미시적인 관점에서 보면, 이러한 구성입자들이 고체 내부에서 주로 전기적인 힘에 의해 서로 일정한 위치에 고정되어 있으며 각각 평균적인 위치에서 진동한다. 그러나 저온에서는 진동이 작고 입자들은 일정한 위치에 고정되어 있다고 볼 수 있다. 물질에 열에너지가 가해지면 입자의 진동의 진폭이 커지게 된다. 진동하는 입자는 이웃하는 입자들과의 전기적인 힘의 평형을 깨뜨려 이웃하는 입자들을 진동하게 한다. 이들은 마치 용수철에 의해 서로 연결되어 평형위치에 놓여 있다가 외력에 의하여 압축된다면 이러한 용수철들이 압축되어 있다가 외력이 제거된다면 원래의 위치로 되돌아가는 것과 같이 행동한다. 고체는 구성입자들의 배열이 규칙적인 주기성을 가진 결정성 고체(crystalline solid)와 불규칙적인 배열을 한 비결정성 고체(amorphous solid)로 분류할 수 있다.

같은 물질일 경우 액체는 고체상태보다 높은 온도에서 생긴다. 액체상태에서는 구성입자간의 전기적인 힘이 구성입자를 일정한 위치에 고정시킬 수 있을 만큼 충분히 크지 않기 때문에 구성입자들은 액체 속에서 불규칙하게 운동하게 한다. 고

체와 액체 두 가지 상태를 모두 압축시키면 구성입자간의 강한 반발력이 내부적으로 생겨 그 부피를 유지하려 한다.

기체상태에서는 구성입자들이 불규칙하게 운동하며 구성입자간의 힘이 매우 약하다. 기체의 구성입자 간의 평균적인 거리는 구성입자의 크기에 비해 매우 크다. 때때로 구성입자들이 서로 충돌하기도 하지만 대체로 구성입자들은 거의 자유롭게 운동하며 서로간에 상호작용이 없다.

3) 온도와 열

온도의 개념은 뜨겁거나 차갑다는 사람의 감각작용으로부터 유래된다. 그러나 사람의 온도감각을 정량화 하는 것은 한계가 있으므로 객관적으로 나타낼 수 있는 방법 즉 온도계의 수치로 그 온도를 나타낸다.

온도가 다른 두 물체가 서로 접촉하면 그 온도들은 서로 같아질 때까지 변화한다. 즉, 높은 온도의 물체의 온도는 내려가고 낮은 온도의 물체의 온도는 올라간다.

19세기초까지는 이른바 눈에 보이지 않는 열소(caloric)라는 물질이 각 물체 속에 들어 있다고 가정함으로써 이 현상과 이와 관련된 현상을 설명하였다. 즉, 온도가 높은 물체는 온도가 낮은 물체보다 더 많은 열소를 가지고 있다고 믿었으며 두 물체가 접촉하면 온도가 같아질 때까지 온도가 높은 물체에서 낮은 물체로 옮겨간다고 믿었다. 이러한 열소설은 열의 전도나 열량계 내에서의 물질의 혼합 등을 많은 현상을 만족할 만한 방법으로 설명할 수 있었다. 그러나 이러한 열을 총량이 변하지 않는 어떤 물질로 간주하려는 개념은 결국에 가서는 실험적 사실과 양립할 수 없었다.

온도의 변화는 두 물체 사이에 어떤 형태의 에너지의 이동 때문에 일어난다. 이 에너지는 내부에너지이다. 내부에너지는 물체를 구성하는 입자 즉 원자 또는 분자의 운동과 관계되는 에너지로서 이동되는 내부에너지를 열이라고 한다. 결국 열이란 오직 온도차에 의해서만 전달되는 에너지이다.

4) 열에 의한 물체의 변화

전반적으로 물체의 열에 의한 변화는 물체를 구성하고 있는 입자 즉 원자나 분자

들 간의 평균 거리의 변화에 기인한다. 고체의 원자인 경우 보통의 온도에서 그들의 평형위치에서 10^{-10} m 정도의 진폭을 가지고 진동하고 있다. 고체의 온도가 증가하게 되면 원자들은 더 진폭으로 진동하게 되고 원자들 간격은 더 큰 진폭으로 진동하게 된다. 결국 고체는 전체적으로 팽창하게 된다. 어떤 물체의 열 팽창은 그 물체의 처음의 크기에 비하여 충분히 작다면 크기의 변화는 근사적으로 온도의 변화에 비례한다고 볼 수 있다(Serway 등, 1995).

5) 열의 전달

열에너지는 전도, 대류, 복사의 세 가지 방법으로 한 곳에서 다른 곳으로 전달될 수 있다. 그러나 두 곳의 온도가 같으면 계와 그 주위 사이에 순수한 열전달은 조금도 일어나지 않는다.

고체의 구성입자인 분자나 원자는 실온에서 그들의 평형 위치에서 진동하고 있다고 할 수 있다. 고체 막대의 한 끝을 가열하면 그 근처에 있는 입자들은 점점 큰 진폭으로 진동하게 된다. 이처럼 폭넓게 진동하는 입자들은 이웃하는 입자와 충돌을 일으키고 이때 그들의 에너지 일부를 전달하게 된다. 그리하여 점차적으로 막대를 따라서 입자들의 진동 폭이 증가하게 되고 이러한 현상이 막대의 끝에 이루게 된다. 이와 같이 고체의 열 전달을 구성 입자의 충돌에 의한 것으로 설명할 수 있지만 열전도율은 물질의 성질에 의존한다. 이러한 고체에서의 열의 전달되는 방식을 열전도(heat conduction)이라고 한다.

일반적으로 금속은 열의 양도체이고 석면, 유리, 코르크, 종이 같은 물질은 부도체이다. 금속이 양도체인 것은 금속 내에서 상대적으로 자유로이 이동하며 한 영역에서 다른 영역으로 에너지를 전달할 수 있는 자유전자가 다수 있기 때문이다. 구리와 같은 열의 양도체에서는 구리원자들의 진동이나 자유전자의 운동을 통하여 열전도가 일어난다.

액체상태나 기체상태에서는 구성입자간의 전기적인 힘이 구성입자를 일정한 위치에 고정시킬 수 있을 만큼 충분히 크지 않거나 거의 없기 때문에 구성입자들은 액체나 기체 속에서 불규칙하게 운동하게 한다. 이들의 운동을 분자운동론을 기초하여 똑같이 취급하는 데에 있어서 정량적으로 해석하는 데는 무리가 따르나, 내부에너지가 그 구성입자들의 운동에너지로 되어 있다는 개념은 이들에 관한 여러 성질

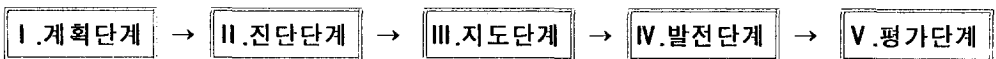
을 이해하는데 큰 도움이 된다(Borowitz 등, 1983).

온도가 높은 물체에 접촉한 입자들은 이로부터 에너지를 받아 운동에너지를 가져 평균적으로 온도가 낮은 쪽으로 병진운동을 하게 된다. 운동하는 도중 다른 입자들과 탄성충돌에 의하여 그들의 에너지의 일부를 전달하여 충돌한 입자들을 더 운동하게 하여 평균적으로 온도가 낮은 물체 쪽으로 이동하게 하거나 충돌이 없을 때는 그들 자신이 온도가 낮은 물체에 충돌하게 되어 그들의 에너지 일부를 전달하게 된다. 이러한 액체나 기체에서의 열의 전달되는 방식을 열대류(heat convection)이라고 한다.

IV. 과학비유탐구놀이의 학습모형에의 도입

1. 체계적 접근 모형과 Driver의 수업절차 모형

자연과 교수-학습 모형으로 주로 거론되는 것으로는 체계적 접근 모형, 탐구수업 모형, 순환수업모형, STS 수업모형 등이 있다. 체계적 접근 모형은 초·중등학교 교육의 질을 높이기 위하여 새 수업체제에서 완전학습의 실천적 측면에서 강조되는 것이라고 볼 수 있다. 이 수업 모형에서는 [그림 5] 과 같이 5단계를 거쳐 수업이 이루어진다(한국교육개발원, 1986).

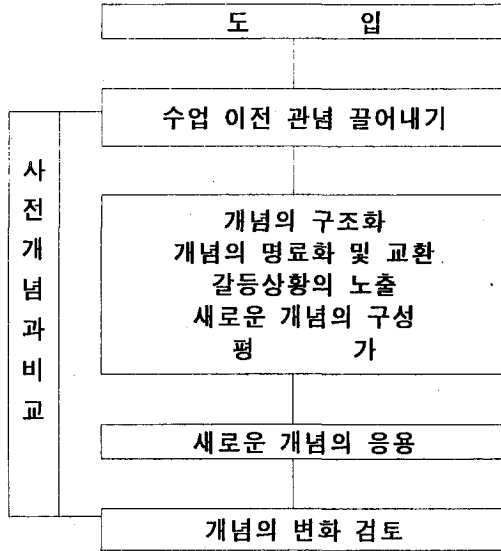


[그림 5] 체계적 접근 모형

개괄적으로 보아 실제의 수업활동이 이루어지는 단계는 진단, 지도, 발전의 세 단계이다. 그리고 그 결과를 평가하는 평가단계이며, 이러한 제반 과정 및 자료와 실행안을 구체적으로 수립하는 것이 계획단계의 과제이다. 각 단계들은 그 절차와 내용을 포함하는 하위모형들로 구성된다.

학생들의 오개념을 과학자적인 개념으로 바꾸기 위한 수업모형들은 대개 구성주의적인 학습론을 바탕을 두고 있다. Driver(1989)는 오개념 교정을 위하여 수업

절차 모형을 [그림 6] 와 같이 제시하였다.



[그림 6] Driver의 수업절차 모형

2. 과학비유탐구놀이의 학습모형에의 도입

이 연구에서는 오개념 교정을 극대화시키기 위하여 체계적 접근모형의 기본적인 흐름은 유지하면서 Driver의 수업절차모형과 과학비유탐구놀이의 절차와 방법을 기초로 하여 수업활동이 이루어지는 진단단계와 지도단계의 하위모형의 절차나 내용을 다음과 같다.

1) 진단단계

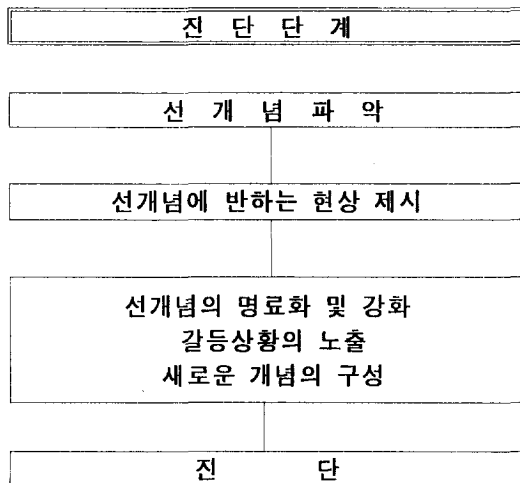
이 연구의 진단단계는 Driver의 수업절차모형의 수업 이전의 개념 끌어내기, 개념의 명료화 및 교환, 갈등상황의 노출, 새로운 개념의 구성, 평가까지의 과정을 포함하는 단계로서 [그림 7] 과 같다.

이 단계에서 전통적인 학습모형에서 그 전체적인 단계를 포함하는 과정으로, 교

사는 학생들의 학습전의 개념 즉 선개념을 파악하고, 이를 교정하기 위한 학습에서 선개념에 반하는 사실을 제시한다. 일반적으로 학습방법으로는 주로 실험에 의한 학습을 한다. 실험의 결과가 학생의 개념을 바로 과학자적인 개념으로 이끌 수 있는 경우도 있지만, 학생에게 단순한 결과의 제시만으로는 갈등을 일으키지 못하고 학생들이 가지고 있는 선개념을 명료화시키거나 강화시키는 경우도 있다. 왜냐하면 학생들이 가지고 있는 선개념으로도 실험결과를 설명할 수 있기 때문이다. 김익균 (1991)은 이 과정에서 실험결과와 함께 새로운 개념을 가지고 설명된 서술을 제시해야 갈등이 일어난다고 했다.

따라서 이 진단단계는 일반적으로 과학과 수업에서 진행되는 지도단계에 해당되는 것으로서 이 연구에서는 여러 근거(박윤희, 1990; 전우수, 1993; 김범기 등, 1995; 김현재 등, 1997)를 바탕으로 이 단계에서는 학생들의 선개념들 대부분이 그대로 존재하고 있으며, 특히 추상적인 개념에는 더욱 더 그러하리라는 가정을 할 수 있다. 학생들이 과학자적인 개념을 갖게 하기 위해서는 개념교정을 위한 또 하나의 지도단계가 필요하다는 것이 이 연구의 취지이다.

진단평가과정에서는 학생들의 선개념을 학생들의 지적, 심리적, 정의적인 면 등을 고려하여 분석하여 다음의 지도단계에서 선개념을 교정하기 위한 자료를 제공해야 한다.



[그림 7] 과학비유탐구놀이 학습의 진단단계

2) 지도단계

지도단계는 논리성을 고려하여 대면, 계획, 수집, 형성, 정착의 5단계로 세분화하여 일반적인 과학수업모형으로 사용되고 있다(한안진, 1987). 이 모형을 근거로 개념교정을 위한 과학비유탐구놀이 학습을 진행하는 단계를 세분화하여 [그림 8]과 같이 나타낼 수 있다. 이 지도단계는 학생들의 개념을 변화시키기 위한 구체적인 학습활동의 계획되고 진행되어 개념의 변화가 일어나야 하는 단계이다. 과학비유탐구놀이 학습에서는 이 모형의 수집, 형성, 정착의 세 단계를 경험수업, 발견수업, 가설검증 수업을 포함하는 탐구수업 모형의 탐구활동단계로 통합하여 대면, 계획, 탐구활동단계의 3단계로 지도단계를 구성했다. 이 지도단계에서는 개념을 변화시키기 위한 구체적인 학습활동의 계획되고 진행되어 개념의 변화가 일어나도록 하기 위해서 이 연구에서 다음과 같이 그 내용과 절차를 변형했다.

지도단계의 하위단계인 대면단계에서는 학생들의 학습에 의해서도 개념이 변화가 일어나지 않는 원인을 분석하고 그 문제를 파악해야 한다. 즉, 학습주제에 관련된 선개념, 학습방법, 학생들의 지적 능력을 종합적으로 분석하여 그 문제점을 파악하여야 한다. 파악된 문제해결하기 위하여 학생의 모든 능력, 학습방법, 학습환경 등을 탐색하여 해결방안을 제시한다.

계획과정에서는 학생들의 오개념에 관련된 과학자적인 개념을 학생들의 지적 수준을 고려하여 쉽게 이해하고 학습할 수 있는 구체물이나 구체적인 활동으로 나타낼 수 있는 구체적인 개념으로 대응관계를 갖도록 비유화한 비유영역을 형성한다. 그리고 형성된 비유영역의 구체적인 개념들은 반성적 사고와 비유적 추리과정을 통하여 과학자적인 개념 즉 목표개념을 연역해낼 수 있어야 한다는 가설을 전제로 목

지도 단계

I	II	III	IV	V
대 면	계 획	수 집	형 성	정 착
문제제시 문제분석/파악 해결방안제시 자료탐색	비유화 비유의 한계 비유영역 형성 놀이 구성	탐구활동단계		
		경험수업	발견수업	가설검증수업

[그림 8] 과학비유탐구놀이 학습의 지도단계

표영역의 속성에 따라서 비유영역에서 과학비유탐구놀이를 구성하고, 효율적인 진행을 계획한다.

수집과정에서는 과학비유탐구놀이를 진행하면서 비유화된 학생들 그 자체, 신체-운동적 활동, 비유화된 구체물의 운동들에 대하여 관찰, 인식, 변인통제, 수적·양적 측정 및 기록 등의 탐구활동을 한다.

형성단계에서는 수집과정에서 수집된 모든 자료를 정리하고 분석하는 등의 자료해석을 통하여 비유영역에서 비유물들의 조작된 속성과 이를 바탕으로 한 비유영역에서 일어날 수 있는 예상 즉 가설을 검증한다. 비유영역에서 얻어진 결과들을 근거로 반성적 사고와 비유적 추리 과정을 통하여 비유영역의 각 결과에 대응되는 목표영역의 개념들을 도출하여 목표영역을 재구성함으로써 목표개념을 형성하게 한다.

정착과정에서는 유사한 현상들을 제시하여 학생들 이해하고 설명할 수 있게 하여 개념을 일반화하게 하는 한편, 다른 현상에 적용하고 모델화할 수 있도록 하는 연습을 통하여 새로운 개념을 정착시키는 과정이다.

V. 오개념 교정학습에의 도입

물질과 열에 대한 오개념을 교정하기 위한 구체적인 학습활동이 계획되고, 진행되어, 개념의 변화가 일어나 새로운 개념 즉 과학자적인 개념이 형성되는 단계가 지도단계이다. 이 연구에서 지도단계는의 대면단계, 계획단계, 탐구활동단계의 3개의 하위단계에 의거하여 체계적 접근 모형에 과학비유탐구놀이 학습을 도입을 시도한다.

1. 대면단계

1) 문제제시

학생들의 물질과 열에 대한 오개념을 학습 이전부터 가지고 있으며, 이러한 오개념은 일반적으로 행해지는 과학학습, 강의식학습이나 실험학습을 통해서도 변화가 일어나지 않는다.

2) 문제분석 및 파악

(1) 초등학생의 물질에 대한 선개념의 특징

- 가. 물질의 상태를 연속적인 균일 또는 불균일한 상태로 인식한다.
- 나. 물질의 상태를 입자적인 불균일한 상태로 인식한다.
- 다. 물질을 구성하는 입자간에 공기나 수증기 등 무엇인가 있는 것으로 인식한다.
- 라. 물질의 구성입자의 운동성은 공기 등의 매개체에 의하여 움직이는 것으로 인식한다.

(2) 초등학생의 열에 대한 선개념의 특징

- 가. 열을 뜨거운 상태로 인식한다.
- 나. 열을 뜨거운 물체나 물질적 실체로 인식한다.
- 다. 뜨거움의 대립 개념으로 한기를 생각하고 쌍방적 흐름으로 본다.
- 라. 열전도에서 열의 상대적 강약이나 물체의 열에 대한 강도 기준을 생각하는 경향이 있다.
- 마. 열을 에너지 전달의 한 과정으로 보지 못하고 열량으로 파악한다.
- 바. 열전도를 물체의 속성으로 파악한다.
- 사. 많은 은유적 표현과 혼용되어 개념분화가 이루어지지 않고 있다.
- 아. 에너지, 그리고 온도와의 구분을 잘 하지 못하고 있다.
- 자. 문제상황을 기술할 때 변수(예: 온도, 열, 에너지)를 사용하지 않으며 전이(transition)나 상호작용에 대한 개념이 없다.

(3) 초등학생의 지적 수준

초등학교의 지적 수준은 Piaget의 지적발달 이론에 근거하여 구체적 조작 수준에 해당된다(이원식 등, 1979, 1986; 김현재 등, 1983, 1988; 김영희, 1988; 김광명, 1989; 최재환 등, 1993). Piaget의 지적 발달 이론은 구체적 조작기에 있는 학생들은 이론을 형성하거나 구체적 사실과 동떨어진 추상개념을 이해할 수 없으며 추상적인 과학개념을 언어수단이나 실험만으로 가르치려고 한다면 구체적 조작수준에 있는 학생들의 지적 발달을 돕지 못한다라고 지적한다.

3) 문제해결방안

초등학교 학생들의 지적 발달수준은 구체적 조작수준에 머무르고 있는 사실을 감

안할 때, 추상적인 과학개념의 학습을 위해서는 학생들에게 형식적 조작 수준의 사고를 요구되고 있음을 시사한다. 즉, 학습내용이 요구하는 지적 수준은 실제 학생들의 지적 수준에 비해 높다고 볼 수 있다. 학생의 사고수준이 대부분 형식적 조작수준에 이루지 못하므로 이를 위해서는 논리적 사고의 증식을 위한 구체적 활동자료와 실제 경험의 기회가 요구되며, 형식적 조작수준에 도달하지 못한 학생들에게 논리적 사고 즉 과학적 사고를 요구하는 내용을 보다 쉽게 이해하도록 하는 새로운 교수-학습방법이나 학생들의 과학적 사고를 신장시킬 수 있는 학습방법이 필요하다.

4) 문제해결을 위한 자료 탐색

과학탐구놀이와 비유적 추리에 의한 학습방법은 과학학습내용으로의 접근방법이나 학습효과에 대한 기본적인 아이디어들은 대체로 포함하고 있는 동시에 구체적인 조작 수준의 학생들에게 적용하기에 비교적 용이한 절차들을 보여주고 있다. 이들의 가지고 있는 특징과 장점들을 최대한으로 살린 과학비유탐구놀이학습이 오개념 교정을 위한 학습방법으로서 가장 적절하다고 고려된다.

교육의 효율성을 고려한다면 학생들의 열에 대한 개념들의 위계를 고려할 수 있다(Aronson 등, 1983; 정진우, 1995). 학생들이 가지고 있는 개념체계를 고려하여 학습내용을 학생의 능력에 맞게 하위개념에서 상위 개념으로 잘 조직하여 제시함으로써 효과적으로 개념을 형성하게 도울 수 있을 것이다. 물질의 구성과 열의 이동은 모든 물질과 열에 관련된 개념들 중에 선행 학습되어야 할 하위개념이다.

2. 계획단계

1) 추상적인 개념을 구체적인 개념으로 비유화

형식적 조작을 요하는 추상적인 물질과 열에 대한 개념과 사실들을 조작적 정의와 비유적 추리 과정을 통하여 조작적인 비유물의 조건들 만족시키고 구체적 조작 수준의 학생들의 사고로서 이해할 수 있는 학생들 자체, 학생들의 신체·감각적 활동, 구체물, 방법, 규칙 등의 구체적인 내용을 수반하는 놀이 형태의 활동으로 비유화한다.

이 연구에서는 물질을 구성하는 원자나 분자를 학생들 그 자체에 그리고 열에너지는 작은 공으로 조작적으로 정의하고, 그 이외에 이들에 수반되는 모든 개념과

사실, 법칙들을 비유적 추리과정을 통하여 비유영역을 형성했다.

2) 비유영역의 형성

“물질을 구성하는 분자나 원자 각각을 학생들 각 개체로 정의한다.”와 “열에너지는 작은 공으로 정의한다.”라는 물질과 열에 대한 조작적 정의를 전제로 고체, 액체, 기체들의 속성과 열을 수반하는 이들에 대한 현상을 목표영역으로 한 비유영역을 [표 1], [표 2], 그리고 [표 3]과 같이 형성할 수 있다.

[표 1] 고체의 구성과 열의 전달에 대한 목표영역과 비유영역

목 표 영 역	비 유 영 역
1. 고체는 구성입자들이 일정한 위치에 존재한다.	1. 고체를 구성하는 학생들은 일정한 점에 위치한다.
2. 열에너지를 갖고 있지 않은 고체의 입자들은 일정한 위치에 고정되어 있다.	2. 공을 갖고 있지 않은 학생은 일정한 위치에서 움직일 수 없다.
3. 실온에서는 이에 해당하는 열에너지를 고체의 입자들은 가지고 고정 위치에서 평균적인 범위에서 진동한다.	3. 공을 1개를 받은 학생들은 일정한 위치에서 공 1개에 해당하는 행동범위 즉 1보 이내의 범위에서 움직일 수 있다.
4. 고체의 한 끝에 열에너지가 가해지면 부근의 입자들의 진동의 진폭이 커지게 된다.	4. 고체의 한 끝으로부터 공을 받아 2개의 공을 가진 학생들은 2보 이내의 범위를 움직일 수 있다.
5. 폭넓게 진동하는 입자들은 이웃하는 입자와 충돌을 일으키고 이때 그들의 에너지 일부를 전달하게 된다.	5. 2보 이내의 범위에서 움직이는 학생들은 이웃하는 학생들과 접촉을 일으키고 이때 그들이 가지고 있는 공 한 개를 접촉한 학생에게 전달할 수 있다.
6. 점차적으로 가열하는 부근에서 멀리 있는 입자들의 진동 폭이 증가와 충돌이 일어나는 과정에 의하여 열에너지는 더 멀리 있는 입자에게 전달된다.	6. 점차적으로 공의 공급원으로부터 멀리 있는 학생들이 운동범위의 확장 및 접촉이 일어나는 과정에서 공은 멀리 있는 학생들에게 전달할 수 있다.

[표 2] 액체의 구성과 열의 전달의 목표영역과 비유영역

목 표 영 역	비 유 영 역
<p>1. 액체의 구성입자들은 서로 거의 일정한 거리를 유지하면서도 불규칙한 배열을 하고 있다.</p>	<p>1. 액체를 구성하는 학생들은 서로 거의 일정한 거리를 유지하면서도 불규칙한 배열을 한다.</p>
<p>2. 실온에서는 이에 해당하는 열 에너지를 액체의 입자들은 가지고 그들의 위치를 중심으로 평균적인 범위에서 운동한다.</p>	<p>2. 실온에서 이에 해당하는 1개의 공을 갖고 있는 학생들은 그들의 위치에서 2보의 범위 내에서 움직일 수 있다.</p>
<p>3. 액체와 경계하는 온도가 높은 액체의 용기로부터 액체에 열에너지가 가해지면 부근의 입자들은 열에너지를 받아 그들의 평균적인 운동범위를 벗어나 병진운동을 하게 된다.</p>	<p>3. 액체의 경계선 밖의 공의 공급원으로부터 공이 제공되면, 경계선 부근의 학생들은 1개의 공을 더 제공받아 2개의 공을 가지고 있는 학생들은 2보 이내의 운동범위를 벗어나 병진운동을 한다.</p>
<p>4. 운동하는 도중 다른 입자들과 탄성충돌에 의하여 그들의 열에너지의 일부를 전달하여 충돌한 입자들을 운동하게 하여 평균적으로 온도가 낮은 쪽으로 이동하게 한다.</p>	<p>4. 운동 중인 학생들은 다른 학생과 접촉하였을 때 공 1개를 전달하여 그 학생을 운동하게 할 수 있다. 접촉 후의 운동방향은 서로 반대이다 따라서 공은 액체의 맞은 편의 경계선 쪽으로 이동한다.</p>
<p>5. 충돌이 없을 때는 그들 자신이 온도가 낮은 쪽에 이동함으로써 그들의 열에너지를 전달하게 된다.</p>	<p>5. 다른 학생과 충돌이 없을 때는 그들 자신이 계속 온도가 맞은 편의 경계선 쪽으로 이동한다.</p>
<p>6. 맞은 편 경계면에서 용기의 벽에 이른 입자들은 용기의 벽과 탄성충돌을 하고, 그 에너지의 일부를 전달한다.</p>	<p>6. 맞은 편 경계선에 이른 학생은 공 1개를 경계선 밖으로 전달하고 이동해온 방향으로 다시 운동한다.</p>

[표 3] 기체의 구성과 열의 전달의 목표영역과 비유영역

목 표 영 역	비 유 영 역
<p>1. 기체상태에서는 구성입자들은 가능한 서로 멀리 떨어진 상태에 있다.</p>	<p>1. 기체를 구성하는 학생들은 가능한 서로 멀리 떨어진 상태에 있다.</p>
<p>2. 기체와 경계하는 온도가 높은 액체의 용기로부터 기체에 열에너지가 가해지면 부근에 있는 입자들은 열에너지를 받아 병진운동을 한다.</p>	<p>2. 기체의 경계선 밖의 공의 공급원으로부터 공이 제공되면, 경계선 부근의 학생들은 1개의 공을 병진운동을 한다.</p>
<p>3. 운동 중인 입자들은 때때로 다른 입자들과 탄성 충돌하여 그들의 에너지 일부를 전달하여 충돌한 입자는 에너지의 일부를 전달받아 운동하게 하며 평균적으로 온도가 낮은 물체 쪽으로 이동한다.</p>	<p>3. 운동 중인 학생들은 다른 학생과 접촉하였을 때 공 1개를 전달하여 그 학생을 운동하게 할 수 있다. 접촉 후의 운동방향은 서로 반대이다. 따라서 공은 기체의 맞은 편의 경계선 쪽으로 이동한다.</p>
<p>4. 대부분의 입자는 충돌이 없이 그들 자신이 온도가 낮은 쪽으로 이동함으로써 열에너지를 전달하게 된다.</p>	<p>4. 대부분의 학생들은 다른 학생들과 접촉이 없이 그들 자신이 계속 맞은 편 경계선 쪽으로 이동한다.</p>
<p>5. 맞은 편 경계면에서 용기의 벽에 이른 입자들은 용기의 벽과 탄성충돌을 하고, 그 에너지의 일부를 전달한다.</p>	<p>5. 맞은 편 경계선에 이른 학생은 공 1개를 경계선 밖으로 전달하고 이동해온 방향으로 다시 운동한다.</p>

3) 비유의 한계에 대한 논의

이러한 조작적 정의와 비유적 추리과정에서 비유의 한계에 대해서 학생들과 충분한 논의가 이루어져야 한다. 만일 열에너지를 테니스 공이나 탁구공 같은 구체물로 조작적 정의를 하는 과정에서 학생들이 열을 열소와 같은 물질적인 실체(김현재 등, 1990; 서울대 물리학습연구실, 1993)로 인식하여 잘못된 개념으로 이끌 수도 있고(Rumelhart 등, 1981), 잘못된 선개념을 강화시킬 수 있다. 그러므로 목표 영역의 열에너지의 속성에 대응되도록 비유영역에서의 구체적인 비유물에 대한 비

유의 한계에 대해서 학생들과 충분한 논의가 되어 한다.

물질과 열에 대한 과학비유탐구놀이 학습에서 다음과 같은 비유의 한계는 다음과 같다.

- (1) 물질을 구성하는 분자나 원자로 비유화된 학생들은 신체, 체력, 기술적인 면에서 실제 차이가 있을지라도 모두 같다고 간주한다.
- (2) 열에너지로 비유화된 작은 공은 실제 볼 수 있고 만질 수도 있고, 질량, 무게, 부피 등을 측정할 수 있는 구체물이지만 에너지의 속성에 따라 볼 수도 없고 보이지도 않고 질량, 무게, 부피 등도 없는 비물질로서 이를 갖고 있는 학생의 거동이나 이에 상응되도록 정의된 온도 등으로서만 나타낼 수 있다.
- (3) 비유화된 영역인 놀이에서 측정되는 공의 이동거리, 이동시간, 이동속도는 실제 열의 이동속도가 아니며, 다만 이들로부터 비유적 추리나 반성적 사고과정을 거쳐 목표영역의 속성을 이해하기 위한 것이다.

4) 과학비유탐구놀이 학습의 구성 및 진행방법

과학비유탐구놀이 학습은 단순한 놀이가 아니라 과학 학습의 한 과정이기 때문에 놀이의 흥미로움과 과학의 탐구적인 면이 이상적으로 결합되도록 구성되고 진행되어야 한다.

오개념 교정을 위한 과학비유탐구놀이는 다음과 같은 사항을 고려하여 구성해야 한다.

가. 개념의 변화가 일어나도록 구성해야 한다.

나. 학생들의 신체·감각적인 능력에 맞도록 구성해야 한다.

다. 육체적·정신적 성취를 느낄 수 있도록 구성해야 한다.

라. 협력과 경쟁을 바탕으로 학습을 운영할 수 있도록 구성해야 한다.

또한 과학비유탐구놀이는 자연과 학습의 한 과정으로서 진행되어지므로 그 구성과 진행방법은 탐구로서의 과학이라는 과학의 특성과 아동의 지적 발달과 교과 목표를 고려하여 학생들 스스로 과학적 사실이나 개념 또는 법칙을 발견하고 과학하는 방법을 습득하여 올바른 태도를 함양할 수 있고 학생의 학습경험은 학생의 정보처리 능력과 잘 부합되어야 한다. 과학비유탐구놀이는 초등학교의 지적 발달단계에 부합되고 과학의 발달에 관한 특성을 고려하여 경험수업 모형, 발견수업 모형, 발

견수업 모형을 기초로 그 구성과 진행방법을 구상할 수 있다.

과학비유탐구놀이의 구성과 진행방법은 비유영역의 비유물들의 행동유형과 행동범위를 목표영역의 속성에 대응되도록 정하거나 제한시킬 수 있도록 정해야 한다. 물질의 구성과 열의 전달에 대한 과학비유탐구놀이 학습의 기본적인 구성과 방법은 비유영역의 사항들을 근거로 [표 4]와 같이 구상할 수 있다.

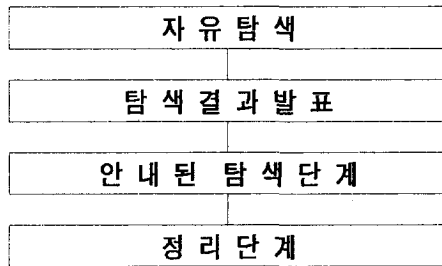
[표 4] 물질과 열 개념에 대한 과학비유탐구놀이 학습의 기본 구성

물질의 구성과 열전도에 대한 과학비유탐구놀이 학습	
학습 목표	가) 물질의 구성을 입자 개념으로 이해할 수 있다. 나) 물질 내에서의 열의 이동을 입자의 운동에 의한 것임을 이해할 수 있다.
준비 과정	가) 적당한 개수의 테니스 공을 담은 바구니와 빈 바구니를 준비한다. 나) 학급의 인원을 적절한 인원수로 분단을 편성한다. 다) 운동장에 분단의 일부 학생들을 3보 간격으로 오와 열을 맞추어 정렬시킬 수 있는 직사각형을 그린다. 라) 공이 든 바구니는 직사각형의 한 변밖에 위치하게 하면 그 마주 보는 변에 빈 바구니를 위치하게 한다.
놀이 의 구성	가) 놀이의 역할 분담 (가) 진행자 : 놀이의 진행을 맡는다. (나) 공 운반자 : 직사각형 내의 위치점에 있는 학생으로 공을 이웃하는 학생에게 전달할 수 있다. (다) 공 제공자 : 직사각형의 외부의 공 바구니가 있는 변에 위치하여 직사각형내의 공 운반자에게 공을 제공한다. (라) 공 수집자 : 공 제공자와 마주한 빈 바구니가 있는 변에 위치하여 직사각형 내의 공 운반자들에 의하여 전달된 공을 수집한다. (마) 기록자 : 공의 개수, 공의 전달시간 등 필요한 모든 자료를 기록한다. 나) 놀이의 규칙과 방법 각 물질의 비유영역의 속성에 따라 놀이의 규칙과 방법을 정한다.
놀이 의 진행	가) 물질 구성 놀이 분단의 공 운반자 학생들이 직사각형 안에 물질의 종류에 따라 구성되는 속성에 따라 배열하게 하고, 놀이의 규칙과 방법에 따라 놀이의 승패를 결정할 수 있다. 나) 열 전달 놀이 물질의 속성에 따라 배열된 사각형안의 공 운반자 학생들에게 사각형의 외부에 있는 공 제공자 학생들이 제공하는 공을 진행자의 신호를 시작으로 규칙에 따라 빈 바구니가 있는 수집자 학생들 쪽으로 운반한다. 이 때 공이 든 바구니에서 공의 개수의 절반을 빨리 운반하는 분단이 놀이에서 이기는 것으로 한다.

3. 탐구활동 단계

1) 과학비유탐구놀이를 통한 경험수업

과학비유탐구놀이 학습을 경험수업 모형에 기초하여 진행하는 절차는 [그림 9]와 같다.



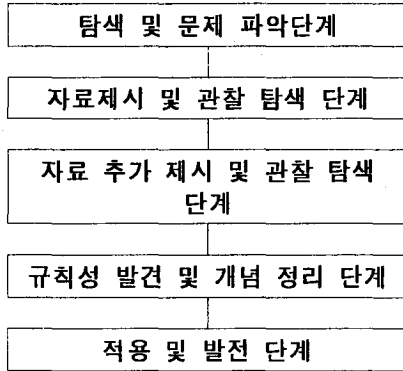
[그림 9] 경험수업 모형

자유탐색 단계에서는 학생들이 주어진 과학탐구놀이를 정해진 규칙과 방법에 따라 협동과 경쟁을 하며 흥미 있게 진행하면서 놀이의 구성, 규칙, 방법을 익히고 자신과 다른 학생의 역할과 행동양식을 관찰하고 인지한다. 탐색결과발표 단계에서는 학생들이 자유탐색 단계에서 익힌 놀이의 규칙과 방법, 자신과 다른 학생의 놀이에서의 역할과 행동양식을 발표하는 단계로서 교사는 학생들의 의사전달능력을 향상시키는데 유의해야 한다. 안내된 탐색단계에서는 교사는 학생들에게 비유화된 놀이의 구성, 규칙, 방법, 놀이에 사용된 사물, 학생들의 역할 등에 대한 목표영역을 제시하고, 학생들의 탐색한 결과와 대응관계를 가지도록 비유적 추리와 반성적 사고를 거치면서 학생들에게 새로운 개념을 탐색하게 하는 단계이다.

정리 단계에서는 학생들의 탐색한 새로운 개념을 바탕으로 교사와 학생들 그리고 학생들간의 활발한 의사소통을 통하여 목표영역을 형성하여 목표개념을 습득하게 하는 단계이다. 이 단계에서는 목표영역에 관련된 참고자료나 적절한 학습지가 활용될 수 있다.

2) 과학비유탐구놀이를 통한 발견수업

과학비유탐구놀이 학습을 발견수업 모형에 기초하여 진행하는 절차는 [그림 10]와 같다.



[그림 10] 발견수업 모형

탐색 및 문제 파악 단계에서는 주어진 학습자료에 대하여 학습문제가 무엇인지 파악하는 단계이다. 오개념 교정 수업에서의 이 단계에서는 교사는 학생들이 가지고 있는 기존 개념으로 설명이 곤란한 자연현상, 교과서에 있는 내용이나 교사가 강의하고 있는 내용 등을 학생들에게 제시하여 인지갈등상황을 유도하여 학생들이 이에 대한 문제의식을 느끼게 하여야 한다. 여기서 특히 주의해야 할 것은 문제나 자료 등이 너무 복잡하거나 어려워 학생이 혼란스러워 하는 것을 제외한다.

자료제시 및 관찰탐색 단계에서는 교사가 문제해결에 필요한 자료를 학생들에게 제시하여 탐색하게 하는 단계이다. 이 단계에서 과학비유탐구놀이 학습에서는 문제 해결을 위하여 교사는 학생들과 함께 학습할 내용들에 대하여 조작적 정의과 비유적 추리 과정을 거쳐 목표영역에 비유화된 자료를 제시하여 비유영역을 형성하게 하는 한편, 이 비유영역의 속성에 따라 놀이의 구성, 규칙, 진행방법, 기록할 자료 등을 포함하는 과학비유탐구놀이를 계획하고 진행하여야 한다. 놀이의 과정에서 학생들은 문제해결을 위한 여러 자료를 관찰 탐색하게 된다. 자료 추가 제시 및 관찰 탐색 단계에서는 앞 단계에서 제시한 자료 이외의 문제해결에 필요한 자료를

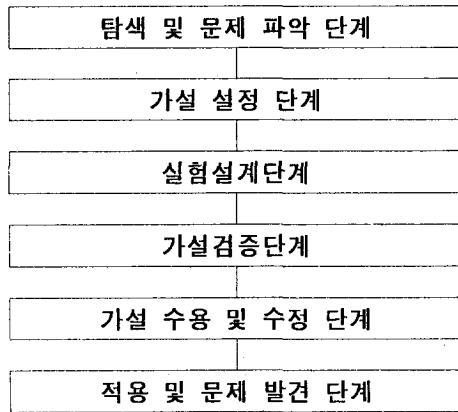
제시하여 관찰 탐색하게 하고, 관찰 탐색한 내용과 비교하도록 한다. 이 단계에서 다양한 자료를 제시하여 관찰 탐색하도록 하는 것이 바람직하다.

규칙성 발견 및 개념 정리 단계에서는 앞 단계에서 탐색한 결과들을 바탕으로 교사와 학생들 그리고 학생들간의 활발한 의사소통을 통하여 일반화하고 규칙성을 발견하는 단계이다. 목표의 학습 내용이 비유화된 놀이에서 비유화된 내용에 대한 일반화와 규칙성을 발견하고 비유적 추리와 반성적인 사고 과정을 통하여 이에 대응되는 목표 영역을 형성하고 이들의 내용에 대한 일반화 또는 규칙성을 발견하도록 한다. 이 단계에서 일반화 또는 규칙성을 발견하지 못하며 다시 추가 자료를 제시하여 관찰 탐색과정을 밟도록 한다.

적용 및 발전 단계에서는 목표영역에서 발견한 규칙성이나 일반화한 내용을 다른 상황에 적용 또는 응용하는 단계이다.

3) 과학비유탐구놀이를 통한 가설 검증 수업

과학비유탐구놀이 학습을 가설검증수업 모형에 기초하여 진행하는 절차는 [그림 11]과 같다.



[그림 11] 가설 검증 수업 모형

탐색 및 문제 파악 단계에서는 주어진 학습자료에 대하여 학습문제가 무엇인지 파악하는 단계이다. 오개념 교정 수업에서의 이 단계에서는 교사는 학생들이 가지

고 있는 기존 개념으로 설명이 곤란한 자연현상, 교과서에 있는 내용이나 교사가 강의하고 있는 내용 등을 학생들에게 제시하여 인지갈등상황을 유도하여 학생들이 이에 대한 문제의식을 느끼게 하여야 한다. 여기서 특히 주의해야 할 것은 문제나 자료 등이 너무 복잡하거나 어려워서 학생이 혼란스러워 하는 것을 제외한다.

가설설정 단계에서는 파악한 문제에 대한 잠정적인 해답, 가설을 설정하는 단계이다. 이와 같은 가설은 맞을 수도 있지만 때로는 틀리는 경우도 있을 수 있다. 이 단계에서 오개념 교정을 위한 과학비유탐구놀이 학습에서는 학생들이 가지고 있는 학습 내용에 대한 오개념을 가설로 설정할 수도 있으며 가설설정을 위한 학생들의 의사소통 중에 도출된 과학자적인 개념을 설정할 수도 있다.

실험설계 단계에서는 앞 단계에서 설정한 가설을 검증하는 단계로서, 과학비유탐구놀이에서는 가설에 대한 대응관계를 갖는 비유영역에서의 비유화된 가설을 설정할 수 있어야 한다. 또한 비유화된 가설을 비유화된 영역에서 검증할 수 있어야 한다. 가설검증을 위한 중요한 자료가 제공될 수 있도록 놀이를 계획하여야 한다. 이 단계의 과학비유탐구놀이 학습에서는 문제해결을 위하여 교사는 학생들과 함께 학습할 내용들에 대하여 조작적 정의와 비유적 추리 과정을 거쳐 학습자료들을 비유화한 비유영역을 형성하고, 비유영역의 속성에 따라 놀이의 구성, 규칙, 진행방법, 기록할 자료 등을 포함하는 과학비유탐구놀이를 계획한다.

가설검증 단계에서는 앞의 실험설계 단계에서 설계한 과학비유탐구놀이를 수행하는 단계로 가설 검증에 필요한 모든 자료를 수집한다.

가설수용 및 수정 단계에서는 과학비유탐구놀이에서 얻은 자료를 해석하여 규칙성을 발견하거나 일반화하고, 이를 바탕으로 비유적 추리와 반성적인 사고 과정을 통하여 이에 대응되는 목표 영역을 형성하고 이들의 내용에 대한 일반화 또는 규칙성을 이해하도록 한다. 이 단계에서 자료 해석의 결과와 가설이 맞지 않을 때는 실험단계로부터 가설검증 단계를 거쳐야 하며, 대개의 경우 단 한 번의 실험으로 가설을 수용할 만큼의 자료를 얻지 못하며 여러 번의 실험을 거쳐 가설을 수용 또는 수정을 하게 된다. 일반화 또는 규칙성을 발견하지 못하며 다시 추가 자료를 제시하여 관찰 탐색과정을 밟도록 한다.

적용 및 발전 단계에서는 목표영역에서 발견한 규칙성이나 일반화한 내용을 다른 상황에 적용 또는 응용하는 단계이다.

VI. 물질과 열에 대한 오개념 교정학습에의 적용

1. 고체의 구성과 열의 전달에 대한 과학비유탐구놀이

고체의 구성과 고체에 있어서 열의 전달에 대한 과학비유탐구놀이 학습의 기본적인 구성과 방법은 비유영역의 사항들을 근거로 다음과 같이 구상할 수 있다.

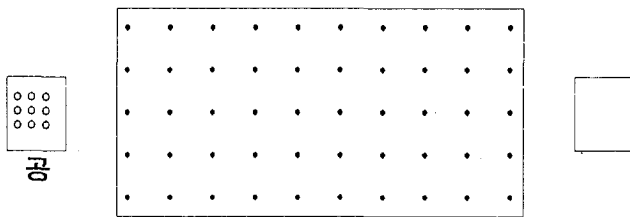
1) 고체의 구성에 대한 과학비유탐구놀이

가. 놀이 목표

- 가) 고체의 구성을 입자 개념으로 이해할 수 있다.
- 나) 고체 내에서의 입자의 운동을 이해할 수 있다.

나. 준비과정

- 가) 테니스 공을 500개를 담은 바구니와 빈 바구니를 준비한다.
- 나) 학급의 인원을 적절한 인원수로 분단을 편성한다.
- 다) 운동장에 분단의 일부 학생들을 3보 간격으로 오와 열을 맞추어 정렬시킬 수 있는 직사각형을 그리고 학생들의 위치할 지점을 표시한다.



[그림 12] 물질의 구성 놀이의 구성

다. 놀이의 구성, 규칙 및 방법

- 가) 놀이의 역할 분담
 - (가) 진행자 : 놀이의 진행을 맡는다.

(나) 입 자 : 직사각형 내의 위치점에 있는 학생으로 공 1개를 받으면 1보 이내의 범위에서 운동을 해야 한다.

(다) 공 제공자 : 직사각형의 외부에서 직사각형내의 학생들에게 공을 제공한다.

(라) 기록자 : 공의 개수, 공의 전달시간 등 필요한 모든 자료를 기록한다.

나) 놀이의 규칙과 방법

(가) 사각형내 운반자가 공을 가지지 않은 상태에서는 전혀 움직일 수 없다.

(나) 사각형내 운반자가 공 1개를 가졌을 때는 1보 이내의 범위에서 계속 움직여야 한다.

라. 놀이의 진행

분단의 공 운반자 학생들이 직사각형 안의 위치점 위에 정렬하게 하고 공을 1개도 주지 않았을 때, 놀이의 규칙에 따라 전혀 움직이지 말아야 한다. 진행자의 신호를 시작으로 오랫동안 움직이지 않는 분단이 이기는 것으로 한다. 그리고 위치점에 정렬된 공 운반자 학생들에게 공 1개씩 제공하여 규칙에 따라 진행자의 신호를 시작으로 1보 이내의 범위에서 가장 오랫동안 계속 움직이는 분단을 이기는 것으로 한다.

2)고체에서의 열 전달에 대한 과학비유탐구놀이

가. 놀이 목표

가) 고체의 구성을 표현할 수 있다.

나) 고체 내에서의 열에너지에 의한 입자의 운동을 표현할 수 있다.

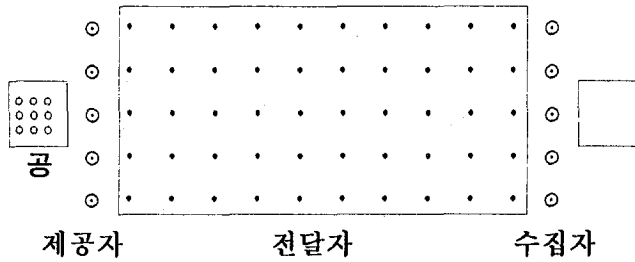
나. 준비과정

가) 테니스 공을 500개를 담은 바구니와 빈 바구니를 준비한다.

나) 학급의 인원을 적절한 인원수로 분단을 편성한다.

다) 운동장에 분단의 일부 학생들을 3보 간격으로 오와 열을 맞추어 정렬시킬 수 있는 직사각형을 그리고 학생들의 위치할 지점을 표시한다.

라) 공이 든 바구니는 직사각형의 한 변밖에 위치하게 하면 그 마주 보는 변에 빈 바구니를 위치하게 한다.



[그림 13] 열의 전달 놀이의 구성

다. 놀이의 구성, 규칙 및 방법

가) 놀이의 역할 분담

- (가) 진행자 : 놀이의 진행을 맡는다.
- (나) 공 운반자 : 직사각형 내의 위치점에 있는 학생으로 공을 이웃하는 학생에게 전달할 수 있다.
- (다) 공 제공자 : 직사각형의 외부의 공 바구니가 있는 변에 위치하여 직사각형내의 공 운반자에게 공을 제공한다.
- (라) 공 수집자 : 공 제공자와 마주한 빈 바구니가 있는 변에 위치하여 직사각형내의 공 운반자들에 의하여 전달된 공을 수집한다.
- (마) 기록자 : 공의 개수, 공의 전달시간 등 필요한 모든 자료를 기록한다.

나) 놀이의 규칙과 방법

- (가) 사각형 내의 운반자가 공을 가지지 않은 상태에서는 전혀 움직일 수 없다.
- (나) 사각형 내의 운반자가 공 1개를 가졌을 때는 1보 이내의 범위에서 계속 움직여야 한다.
- (다) 공은 한번에 1개씩만 제공하거나 전달할 수 있다.
- (라) 사각형 내의 운반자가 공 2개를 가졌을 때는 2보 이내의 범위에서 움직일 수 있다.
- (마) 공 2개를 가진 학생은 이웃하는 학생에게만 공 1개를 전달할 수 있으며, 공은 반드시 손으로 건네주어야 하면 던지거나 굴려서 전달해서는 안된다.
- (바) 공은 많은 쪽에서 적은 쪽으로 운반해야 한다.
- (사) 양쪽이 같아질 때까지만 운반해야 한다.

라. 놀이의 진행

이미 공 1개씩을 가지고 움직이고 있는 위치점에 정렬된 공 운반자 학생들에게 사각형의 외부에 있는 공 제공자 학생들이 제공하는 공을 진행자의 신호를 시작으로 규칙에 따라 빈 바구니가 있는 수집자 학생들 쪽으로 운반한다. 이 때 공이 든 바구니에서 공의 개수의 절반을 빨리 운반하는 분단이 놀이에서 이기는 것으로 한다.

2. 경험수업 모형을 적용한 과학비유탐구놀이 학습

고체물질의 구성과 고체에 있어서 열의 전달에 대한 과학비유탐구놀이 학습을 경험수업 모형에 기초한 교수-학습 지도안의 예를 들었다.

1) 고체물질의 구성에 대한 학습의 수업지도안의 예

- 학습 주제 : 고체물질의 상태
- 학습 목표 : 1. 고체의 구성을 입자 개념으로 이해할 수 있다.
2. 고체 내에서의 입자의 운동을 이해할 수 있다.
- 자 료 : 과학비유탐구놀이

단계	교수-학습 활동	지도상의 유의점
자유 탐색 활동	<ul style="list-style-type: none"> ● 놀이의 규칙과 방법을 말한다. ● 놀이 분단을 편성한다. ● 역할을 분담시킨다. ● 역할에 해당되는 임무를 숙지시킨다. ● 테니스공의 역할을 숙지시킨다. ● 놀이를 진행한다. ○ 놀이의 규칙과 방법을 안다. ○ 자신의 역할을 안다. ○ 다른 학생의 역할을 안다. ○ 테니스 공에 부여된 의미를 안다. ○ 자신의 역할을 수행한다. ○ 다른 학생의 행동을 관찰한다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 학생들을 사각형 내에 배열시키고 에너지가 전혀 없는 상태의 고체물질을 상상하게 한다. · 일제히 테니스공 1개씩을 분배하여 실온에서의 고체상태를 상상하게 한다.

단계	교수-학습 활동	지도상의 유의점
탐색 결과 발표	<ul style="list-style-type: none"> ● 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동 등에 대하여 설명하게 한다. ○ 사각형 내에 있는 학생은 누구나 공을 받기 전에는 정해진 위치에 움직이지 않고 가만히 서 있었다. ○ 공 1개를 갖고 있으면 1보 이내의 범위에서 계속 움직였다. 	
교사 의 인도 에 따른 탐색	<ul style="list-style-type: none"> ● 사각형 내에서 학생들의 배열상태를 설명하게 한다. ○ 일정한 간격으로 규칙적인 배열을 하고 있었다. ● 테니스공은 놀이에서 어떤 역할을 설명하게 한다. ○ 학생을 움직이게 한다. ● 사각형 내에서 테니스공 1개를 갖고 있는 학생의 행동을 설명하게 한다. ○ 1보 이내의 범위에서 계속 움직여야 한다. 	
탐색 결과 정리	<ul style="list-style-type: none"> ● 고체물질과 열에너지에 대한 목표영역과 놀이의 비유영역의 대응관계를 전제하고 학생들에게 목표영역의 속성을 발표하도록 유도한다. ○ 놀이에서 사각형 내의 학생들은 고체물질을 구성하는 입자들이라고 할 수 있다. ○ 고체물질을 구성하는 입자들은 고체물질 내에서 일정한 간격으로 규칙적인 배열을 하고 있다. ○ 구성입자들 사이의 공간에는 아무것도 없다. ○ 놀이에서의 테니스공은 구성입자들을 움직이게 하는 열에너지라고 할 수 있다. ○ 고체물질을 구성하는 입자들은 열에너지를 받으면 일정한 범위에서만 운동을 한다. ● 열에너지가 전혀 없을 때의 고체물질의 내부 모양을 상상하여 그림으로 표현해보자. ○ 상상하는 것을 그림으로 표현한다. ● 실온에서 고체물질의 내부 모양을 상상하여 그림으로 표현해 보자. ○ 상상하는 것을 그림으로 표현한다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지의 속성을 주지시킨다. · 실온에 대한 에너지원을 생각하게 해야 한다. · 에너지의 양에 따른 물질상태의 변화를 필요에 따라 설명할 수 있다. · 비유적 추리와 반성적 사고과정을 유도할 수 있도록 질문을 한다.

2) 고체물질에서의 열의 전달에 대한 수업지도안의 예

- 학습 주제 : 고체물질의 상태
- 학습 목표 : 1. 고체의 구성을 입자 개념으로 이해할 수 있다.
2. 고체 내에서의 입자의 운동을 이해할 수 있다.
3. 고체 내에서의 열의 전달을 이해할 수 있다.
- 자 료 : 과학비유탐구놀이

단계	교수-학습 활동	지도상의 유의점
자유 탐색 활동	<ul style="list-style-type: none"> ● 놀이의 규칙과 방법을 말한다. ● 놀이 분단을 편성한다. ● 역할을 분담시킨다. ● 역할에 해당되는 임무를 숙지시킨다. ● 테니스공의 역할을 숙지시킨다. ● 놀이를 진행한다. ○ 놀이의 규칙과 방법을 안다. ○ 자신의 역할을 안다. ○ 다른 학생의 역할을 안다. ○ 테니스 공에 부여된 의미를 안다. ○ 자신의 역할을 수행한다. ○ 다른 학생의 행동을 관찰한다. ○ 테니스공의 이동을 관찰한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 학생들을 사각형 내에 배열시키고 에너지가 전혀 없는 상태의 고체 물질을 상상하게 한다. • 일제히 테니스공 1개씩을 분배하여 실온에서의 고체상태를 상상하게 한다.
탐색 결과 발표	<ul style="list-style-type: none"> ● 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동, 그리고 테니스공의 전달에 대하여 발표하게 한다. ○ 사각형 내에 있는 학생은 누구나 공을 받기 전에는 규칙적으로 정해진 위치에 움직이지 않고 가만히 서 있었다. ○ 공 1개를 받으면 1보 이내의 범위에서 계속 움직였다. ○ 공 1개를 더 받아 2개의 공을 갖고 있을 때는 2보 이내의 범위에서 움직였다. ○ 2개의 공을 갖고 있을 때는 접촉하는 이웃 학생에게 공 1개를 전달할 수 있었다. ○ 테니스공은 테니스공이 든 바구니 쪽에서 빈 바구니 쪽으로 전달되었다. ○ 양쪽의 테니스공의 개수가 같아질 때까지 공을 운반하였다. 	
교사 의 인도 에 따른 탐색	<ul style="list-style-type: none"> ● 사각형 내에서 학생들의 배열상태를 설명하게 한다. ○ 일정한 간격으로 규칙적인 배열을 하고 있었다. ● 테니스공은 놀이에서 어떤 역할을 설명하게 한다. ○ 학생을 움직이게 한다. ● 사각형 내에서 테니스공 1개를 갖고 있는 학생의 행동을 설명하게 한다. ○ 1보 이내의 범위에서 계속 움직여야 한다. ● 사각형 내에서 테니스공 2개를 갖고 있는 학생의 행동을 설명하게 한다. ○ 2보 이내의 범위에서 계속 움직여야 하며 접촉하는 이웃하는 학생에게 테니스공 1개를 전달할 수 있다. 	

단계	교수-학습 활동	지도상의 유의점
교사의 인도에 따른 탐색	<ul style="list-style-type: none"> ● 테니스공 1개를 전달받아 테니스공 2개를 갖은 이웃하는 학생의 행동을 설명하게 한다. ○ 2보 이내의 범위에서 계속 움직였으며 접촉하는 이웃하는 학생에게 테니스공 1개를 전달했다. ● 테니스공의 전달되는 방향을 설명하게 한다. ○ 테니스공이 많은 곳(테니스공이 든 바구니 쪽)에서 테니스공이 없었던 쪽(빈 바구니 쪽)으로 전달되었다. ● 테니스공의 전달이 끝나는 상황을 설명하게 한다. ○ 양쪽 바구니의 테니스공의 개수가 같아질 때까지 만 전달할 수 있다. 	
탐색 결과 정리	<ul style="list-style-type: none"> ● 고체물질과 열의 전달에 대한 목표영역과 놀이의 비유영역의 대응 관계를 전제하고 학생들에게 목표영역의 속성을 발표하도록 유도한다. ○ 놀이에서 사각형 내의 학생들은 고체물질을 구성하는 입자들이라고 할 수 있다. ○ 고체물질을 구성하는 입자들은 고체물질 내에서 일정한 간격으로 규칙적인 배열을 하고 있다. ○ 구성입자들 사이의 공간에는 아무것도 없다. ○ 놀이에서의 테니스공은 구성입자들을 움직이게 하는 열에너지라고 할 수 있다. ○ 테니스공이 많은 쪽을 열에너지가 많은 쪽이라고 할 수 있으며, 또한 온도가 높은 쪽이라고 할 수 있다. ○ 고체물질을 구성하는 입자들은 열에너지를 받으면 일정한 범위에서만 운동을 한다. ○ 열에너지에 비례하여 입자의 운동범위는 커진다. ○ 열에너지는 구성입자들의 운동으로 나타난다. ○ 열에너지의 전달은 입자들의 충돌에 의해서 이루어진다. ○ 열은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동한다. ○ 열의 전달은 두 쪽이 온도가 같아질 때까지 계속된다. ● 열에너지가 전혀 없을 때의 고체물질의 내부 모양을 상상하여 그림으로 표현해보자. ○ 상상하는 것을 그림으로 표현한다. ● 실온에서 고체물질의 내부 모양을 상상하여 그림으로 표현해보자. ○ 상상하는 것을 그림으로 표현한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지의 속성을 주지시킨다. • 실온에 대한 에너지를 생각하게 해야 한다. • 에너지의 양에 따른 물질상태의 변화를 필요에 따라 설명할 수 있다. • 비유적 추리와 반성적 사고과정을 유도할 수 있도록 질문을 한다.

VII. 요약 및 결론

이 연구에서는 과학비유탐구놀이학습방법을 과학수업에서 적용되고 있는 학습모형의 틀에 도입하고 물질과 열의 전달에 대한 개념을 중심으로 실제 수업을 위한 학습 방법으로서 적용을 제안하는 데에 그 목적이 있었다.

이 연구에서는 Piaget의 지적 발달 이론에 의거하여 초등학생들의 지적 발달수준과 그 특징, 오개념의 정의와 그 형성 요인, 과학교육에 있어서 개념변화 모형, 과학비유탐구놀이 학습의 의의와 특징, 초등학생의 물질과 열에 대한 개념의 형성수준과 그 특징에 대한 선행연구의 결과들과 물질과 열에 대한 입자론적인 해석 등에 대한 검토와 분석을 통하여 이 연구의 근거를 찾고자 했다.

우리 나라 초등학교 학생의 지적 발달 수준은 지금까지의 여러 연구에 의하면 각 단계에 이르는 연령이 Piaget가 제시한 기준연령과 차이가 있는 것으로 나타난다. 우리 나라 초등학교 학생들의 지적 발달수준은 대부분이 형식적 조작수준에 도달하지 못하고 구체적 조작수준에 머물러 있어서 추상적인 내용을 학습하는데 어려움을 겪고 있으며 잘못된 개념을 쉽게 과학자적인 개념으로 변화되지 않는 요인 중의 하나로 해석하고 있다

초등학생의 물질에 대한 선개념의 특징들로는 (1) 물질의 상태를 연속적인 균일 또는 불균일한 상태로 인식한다 (2) 물질의 상태를 입자적인 불균일한 상태로 인식한다 (3) 물질을 구성하는 입자간에 공기나 수증기 등 무엇인가 있는 것으로 인식한다 (4) 물질의 구성입자의 운동성은 공기 등의 매개체에 의하여 움직이는 것으로 인식한다 등으로 보고되고 있으며, 열에 대한 선개념의 특징들로는 (1) 열을 뜨거운 상태로 인식한다 (2) 열을 뜨거운 물체나 물질적 실체로 인식한다 (3) 뜨거운 대립 개념으로 한기를 생각하고 쌍방적 흐름으로 본다 (4) 열전도에서 열의 상대적 강약이나 물체의 열에 대한 강도 기준을 생각하는 경향이 있다 (5) 열을 에너지 전달의 한 과정으로 보지 못하고 열량으로 파악한다 (6) 열전도를 물체의 속성으로 파악한다 (7) 많은 은유적 표현과 혼용되어 개념분화가 이루어지지 않고 있다 (8) 에너지, 그리고 온도와 구분 잘 하지 못하고 있다 등으로 보고되고 있다.

김익균(1991)은 한 개념구조로 설명되지 않는 현상을 찾기가 매우 어려울 정도

로 많은 현상을 설명할 수 있으므로 갈등상황을 일으키기 위해서는 새로운 현상을 제시함과 동시에 새로운 개념구조를 가지고 설명된 서술을 함께 제시해야 한다고 했다. 또한 Piaget(1958)에 의하면 학생들의 문제 해결 능력은 그들의 지적 발달 수준에 의하여 달라진다. 따라서 구체적 조작수준에 있는 학생들은 이론을 형성하거나 구체적 사실과 동떨어진 추상개념을 이해할 수 없으며 추상적인 과학개념을 언어수단이나 실험만으로 가르치려고 한다면 구체적 조작수준에 있는 학생들의 지적 발달을 돕지 못한다라고 지적한다.

현동걸(1998)이 과학탐구놀이와 비유적 추리에 의한 학습방법을 기초로 제안한 과학비유탐구놀이학습 방법은 오개념 교정 학습에 적용에 있어서 과학학습내용으로의 접근방법이나 학습효과에 대한 기본적인 아이디어들을 대부분 포함하고 있다.

이 연구에서는 과학비유탐구놀이학습 방법을 과학수업에서 적용되고 있는 학습모형의 틀에 도입하고 물질과 열의 전달에 대한 개념을 중심으로 실제 수업을 위한 학습 방법으로서 적용을 다음과 같이 제안하였다.

오개념 교정을 극대화시키기 위하여 체계적 접근모형의 기본적인 흐름은 유지하면서 Driver의 수업절차모형과 과학비유탐구놀이의 절차와 방법을 기초로 하여 수업활동이 이루어지는 진단단계와 지도단계의 하위모형의 절차나 내용을 다음과 같다.

(1) 진단단계에서는 Driver의 수업절차모형의 도입, 수업 이전의 개념 끌어내기, 개념의 명료화 및 교환, 갈등상황의 노출, 평가까지의 과정을 포함하는 단계로서 교사는 학생들의 학습전의 개념 즉 선개념을 파악하고, 이를 교정하기 위한 학습에서 선개념에 반하는 사실을 제시한다. 이 진단단계는 일반적으로 과학과 수업에서 진행되는 지도단계에 해당되는 것으로서, 여러 근거들을 바탕으로 이 단계에서는 학생들의 선개념들 대부분이 그대로 존재하고 있으며, 특히 추상적인 개념에는 더욱 더 그러하리라는 가정을 할 수 있다.

(2) 지도단계는 논리성을 고려하여 대면, 계획, 수집, 형성, 정착의 5단계로 세분화하여 일반적인 과학수업모형으로 사용되고 있다. 이 모형을 근거로 개념교정을 위한 과학비유탐구놀이 학습에서는 수집, 형성, 정착의 세 단계를 탐구수업 모형의 탐구활동단계로 통합하여 대면, 계획, 탐구활동단계의 3단계로 지도단계를 구성했다. 이 지도단계에서는 개념을 변화시키기 위한 구체적인 학습활동의 계획되고 진

행되어 개념의 변화가 일어나도록 하기 위해서 이 연구에서 다음과 같이 그 내용과 절차를 변형했다.

(가)대면단계 - 문제제시과정, 문제분석 및 파악 과정, 문제해결방안 과정, 문제해결을 위한 자료 탐색 과정. (나)계획단계 - 추상적인 개념의 구체적인 개념으로 비유화 과정, 비유영역 형성 과정, 과학비유놀이 구성 과정. (다) 탐구활동단계-문제의 수준, 학습자의 수준 등을 고려하여 교사의 의도에 따라 경험수업, 발견수업, 가설검증수업을 할 수 있다.

이와 같은 변형된 체계적 접근 모형을 기초로 하여 과학비유탐구놀이를 통한 오개념 교정 수업의 한 예로서 물질과 열의 전달 개념에 대한 오개념 교정을 위한 수업을 제시된 모형에 적용시켜 실제 수업을 위한 학습 방법으로서 적용을 제안하였다.

이 연구에서 제안한 과학비유탐구학습방법은 오개념 교정을 위한 가능한 하나의 전략이라고 보아야 할 것이다. 이 연구가 가정적 성격이 강하다면 결국 이에 대한 검증적 연구나 좀더 정교한 이론적 연구가 뒷받침될 수도 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 김광명(1989), 초등학교 교육과정 개발에서 아동의 사고와 과학개념 및 과학 과정의 조직탐색, 과학교육, 서울: 시청각교육사, 통권 294호, pp.53-55.
2. 김도욱(1991), 물개념의 학습에서 오인을 감소시키기 위한 수업모형의 효과, 서울대학교 박사학위논문, pp.65-113.
3. 김도욱(1995), 연소에 대한 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램 적용 효과 -국민학교 예비교사 대상으로-, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 14(2), p.135-148.
4. 김도욱, 조양숙, 이희순(1996), 초등학교에서 물질관의 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램의 적용, 초등과학연구, 한국초등과학교육학회지, 15(2), pp.305-314.
5. 김도형, 김태규(1998), 초등학생의 물리적 현상에 대한 연구, 과학교육연구논문집, 전주교육대학교 과학교육연구소, 20, pp.67-83.
6. 김범기, 김연일(1995), 소리에 대한 아동이 개념변화에 미치는 구성주의적 수업 전략의 학습효과, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 14(1), pp.51-62.
7. 김영민, 박승재(1992), 중학생의 전류 개념 변화에 미치는 체계적 비유수업의 영향, 물리교육 10(1), pp.39-68
8. 김영희(1988), 국민학교 아동의 지적 발달 수준과 교과 내용의 수준 비교 연구, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문, 1988.
9. 김익균, 대립 개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도의 개념 변화, 서울대학교 박사학위논문, 1991.
10. 김현재, 이철이, 채규준(1988), Piaget 사고 유형에 의한 4·6학년 자연과 내용 분석", 과학교육, 통권 281호, pp.91-97 ; 통권282호, pp.85-89; 통권 283호, pp.116-122.
11. 김현재, 김한호(1990), 국민학교 아동의 온도 개념 형성에 관한 조사, 한국과학교육학회지, 10(1), pp.95-118.
12. 김현재, 남희정(1997), 물질에 대한 아동의 선개념과 수업효과, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 16(1), pp.135-152.
13. 박현주(1996), 초등학교 학생들의 증발에 대한 개념생태 연구, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 15(2), pp.215-222.
14. 박윤희(1990), 중학생들의 수업 전후의 전류에 대한 개념 변화, 서울대학교 석사학위 논문.

15. 서울대학교 물리학습연구실(1993), 학생의 물리 개념, 물리교육연구자료.
16. 유재혁(1987), 열과 온도에 대한 중등학생들의 지닌 개념 조사, 서울대학교 석사 학위논문, 1987.
17. 이선경, 김우희(1995), 열의 오개념 교정을 위한 과학사의 도입에 관한 연구, 과학교육연구, 한국과학교육학회지, 15(3), pp.275-283.
18. 이원식, 이상온(1979), Piaget의 발달단계이론과 화학교육, 과학교육연구논총, 서울대학교 사범대학 과학교육연구소, 4(1), pp.13-28.
19. 이원식, 최병순, 최원준(1986), 중등학생들의 논리적 사고형성에 관한 연구 (Ⅱ·Ⅲ), 과학교육연구논총, 서울대학교 사범대학 과학교육연구소, 11(1), pp.17-36.
20. 전우수(1993), 국민학교의 과학 오개념 조사 연구, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 12(2), pp.145-166.
21. 정진우, 정진표(1996), 자연과에서 개념에 대한 학생들의 심리적 위계 분석, 초등과학연구, 한국초등과학교육학회지, 14(1), pp.63-72
22. 조봉제(1986), 중등학생들의 에너지에 대한 개념 형성조사, 서울대 대학원 석사 논문.
23. 조희형(1984), 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학습의 관계, 한국과학교육학회지, 4(1), 34-43.
24. 최재환, 이운환, 김애자(1993), 국민학교 아동의 지적 발달과 자연과 교과서내용과의 비교, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 12(2), pp.127-144.
25. 한국교육개발원(1986), 국민학교 자연과 평가의 원리와 실제, 서울: 한국문화문고간행회. pp.9-106.
26. 한문정(1990), 연소와 녹스는 현상에 대한 학생들의 개념 조사, -초·중·고학생을 대상으로, 서울대학교 석사학위논문.
27. 한안진(1987), 현대과학교육연구, 서울: 교육과학사.
28. 한안진, 김은숙(1996), 초등학교에서 다루어지는 간단한 전기회로 중심으로 한 교육대학교학생의 전기 및 자기의 이해도 검사, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 15(1), pp.29-44.
29. 현동걸(1998), 과학적 사고력의 신장을 위한 과학비유탐구놀이 학습방법의 구안, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 17(1).
30. Anderson, B.(1988) The experimental gestalt of caution: a common core to pupils' preconceptions in science, European Journal of Science Education, 8(2), 155-171.

31. Aronson, D. T. and Griggs, L. T.(1983), Contribution of Gagne and Griggs to a Prescriptive Model of Instruction. Instructional Design Theories and Models, Hillsdale, NJ.: LEA.
32. Ausubel, D. P., Novak, J. D., and Hanesian, H.(1978), Education Psychology: A cognitive view, 2nd ed., Holt, Rumelhart & Winsten.
33. Borowitz and Beiser(1983), Essentials of Physics: 일반물리학, 권영대의 역, 서울 : 광림사, 1983.
34. Curtis, R. V. & Reigeluth, R.(1983), The effects of analogies on student motivation and performance n an eight grade science context. IDD & E working paper No.9, ERIC Ed 288519
35. Driver, R. & Bell(1985), B. Children's Ideas in Science, Philadelphia: Open University Press.
36. Duit, R.(1988), On the role of analogies, similes, and metaphors in learning science (IPN 1988)
37. Gilbert, J. K., Osborne, R. J. and Fensham, P. J.(1982), Children's science and it's consequences for teaching, Science Education, 66(4) 623-633.
38. Hashuweh, M. Z.(1986), European Journal of Science Education, 8, pp.229.
39. Kircher, E.(1984), Aspects of understanding electricity-proceedings of international workshop, Duit, R., et al.(eds.)(IPN, 1984), pp299-310
40. Nagel, E.(1970), The structure of science, London: Routledge & Kegan Paul, London, pp.107-117.
41. Nussbaum(1983), J., Classroom conceptual change: the lesson to be learned from the history of science. In H. Helm and J. D. Novak (eds.). Proceedings of the international Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics, Vol. 1, 272-281.
42. Seeway, R. A. and Faughn, J. S.(1995), College Physics(4th eds.) : 일반물리학, 일반물리학교재편찬위원회 역, 서울: 청문각, 1998.
43. Weller, S. M.(1970), Journal of Research in science Teaching 7, pp.113