

# 과학비유탐구놀이 학습방법의 초등과학현장에 적용과 그 효과에 대한 연구

현 동 걸\* · 이 경 순\*\*

## 〈 목 차 〉

- I. 서 론
- II. 연구방법
- III. 과학비유탐구놀이 학습방법의 적용
- IV. 연구의 결과 및 해석
- V. 결론 및 제언
- ※ 참고문헌

## I. 서 론

학생들이 과학을 바르게 이해하기 위해서는 다양한 탐구 활동을 통해 경험적으로 자연 현상을 이해하는 것 못지 않게, 학생들에게 자연 세계에 대한 과학적인 개념을 형성하도록 지도하는 것도 중요하다. 구성주의 관점에서 학습은 학생들의 개념의 형성 및 개념 확장 과정으로 보고 있다. 따라서, 학교 학습을 통해 과학적 개념을 형성하는 시작 단계인 초등학교 학생들을 지도하는 과학 수업에서는 자연 세계에 대한 바른 과학적 개념을 형성할 수 있도록 지도하는 것이 매우 중요하다.

\* 제주교육대학교 과학교육학과 현동걸교수  
\*\* 제주일도초등학교 교사

그러나 전기, 자기, 열, 소리, 빛 등에 대한 과학적 개념들은 단순히 강의식 수업이나 실험을 통해서 학습될 수 있는 것이 아닌 매우 추상적인 개념들이어서 학생들에게 이에 대한 과학적 개념을 형성할 수 있도록 지도하는 일은 매우 어렵다. 왜냐하면 추상적인 과학적 개념을 이해하는데는 형식적 조작 수준의 지적 능력을 요구하기 때문이다. 구체적 조작 수준에 있는 학생들은 이론을 형성하거나 구체적 사실과 동떨어진 추상적 개념을 이해할 수 없으며(Piaget, 1958), 학습해야 할 내용이 학생들의 지적 발달 수준 이상의 조작능력을 요구할 때 지적 발달의 미숙한 학생들이 오개념을 소지할 수 있다.(Nussbaum, 1983). 또한 추상적인 과학적 개념을 언어수단이나 실험만으로 가르치려 한다면 구체적 조작 수준에 있는 학생들의 지적 발달을 돕지 못한다(Piaget, 1958).

우리 나라 초·중등학교 학생들의 지적 발달 수준은 대부분이 구체적 조작 수준에 머물러 있어서 추상적인 내용을 학습하는데 어려움을 겪고 있으며 잘못된 개념을 쉽게 과학적 개념으로 변화시키지 못하는 요인 중의 하나로 해석하고 있다(이원식 등, 1979, 1986; 김현재 등, 1988, 1990; 김영희, 1988; 김도욱, 1991; 최재환 등, 1993; 한안진 등, 1996, 한문정, 1990; 안상면, 1992).

현동걸(1998)은 구체적 조작 수준에 있는 학생들의 지적 발달을 위한 한 방법으로 과학비유탐구놀이 학습방법을 구안하였다. 이 학습방법에서는 형식적 조작을 요하는 미시적이고 추상적인 과학적 개념을 구체적 내용을 수반하는 놀이 형태의 활동으로 비유화하며, 학생들은 비유화된 구체적 내용들에 대하여 탐구활동을 수행하고, 이로부터 추출된 결과들을 비유적 추리와 반성적 사고 과정을 통하여 목표의 미시적이고 추상적인 과학적 개념을 이해하게 한다. 결국 비유화된 구체적 내용들에서 추상적 개념에 이르게 하는 과정에서 학생들의 과학적 사고력의 신장과 과학적 개념을 습득하게 할 수 있다는 것이다.

또한 현동걸(1998, 2000)은 체계적 접근 모형을 기초로 Driver의 수업절차모형과 탐구수업 모형의 장점들을 활용하여 과학비유탐구놀이 학습방법을 오개념 교정학습에 적용하기 위한 매우 구체적인 절차와 방법을 제한하였을 뿐 아니라 과학비유탐구놀이 학습방법을 과학교육의 현장에 적용하기 위한 선행단계로서 초등학교 예비교사를 대상으로 고체 물질의 구성과 고체물질의 열전도 개념에 대한 학습에 적용하여 과학비유탐구놀이 학습이 오개념을 과학적 개념으로 변화시키는데 효과가 있음을 보여주었다.

본 연구에서는 형식적 조작을 요하는 추상적인 과학적 개념의 학습에 과학비유탐구놀이 학습방법을 초등학교 과학교육의 현장에 직접 적용해보고 그 효과를 알아보려고 한다. 그리고 다음과 같은 연구의 제한점을 가질 수 있다.

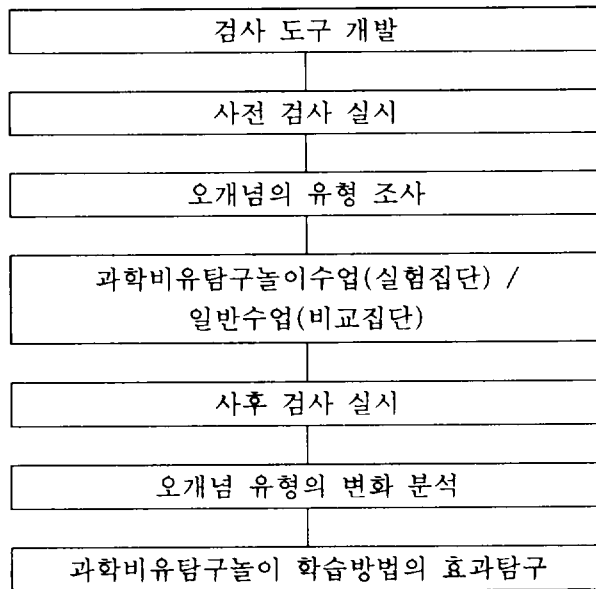
가. 조사 대상 학생들이 문제를 바르게 이해하지 못한 상태에서 문제에 답했을 수도 있으며, 문제를 바르게 이해했다 하더라도 표현 능력이 부족해서 자신이 생각하고 있는 이유를 제대로 표현하지 못했을 수도 있다.

나. 조사 대상이 지역적으로 다양성이 부족하고 또 조사 대상의 수가 적어서 조사 결과를 그대로 일반화하는 데는 한계가 있을 수 있다.

다. 자유 기술에 의한 기록사항을 분류 정리하는 과정에서 연구자의 분류 판단이나 태도 등에 의하여 정확한 분류의 오류가 있을 수 있다.

## II. 연구의 방법

본 연구에서는 과학비유탐구놀이 학습방법이 학생들의 물질의 구성과 열의 이동에 대한 오개념 교정의 효과를 탐구하기 위하여 [그림 1]에서와 같이 연구를 수행하였다.



[그림 1] 연구 프로그램의 순서도

본 연구의 대상은 제주 시내 I초등학교 5학년 2개 반 68명을 대상으로 하였으며, 조사도구는 학생들의 물질의 구성과 열의 이동에 대한 개념의 변화를 조사하기 위하여 설문지를 제작 사용하였다.

설문지의 문항은 총 17문항으로 물질의 구성 5문항, 열의 이동 7문항, 열의 이동 속도 3문항, 열평형 2문항으로 작성하였다.

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 프로그램(version 10.0)을 사용하였으며 통계분석은 빈도분석과  $\chi^2$ 검증으로 하였다. 통계검증에 필요한 유의수준은 5%로 하였다.

### Ⅲ. 과학비유탐구놀이 학습방법의 적용

#### 1. 물질의 구성에 대한 과학비유탐구놀이

##### 가. 놀이 목표

- 1) 고체, 액체, 기체 물질의 구성을 입자 개념으로 이해할 수 있다.
- 2) 고체, 액체, 기체 물질 내에서의 입자의 운동을 이해할 수 있다.
- 3) 고체, 액체, 기체 물질의 구성 상태가 다름을 이해할 수 있다.

##### 나. 준비과정

- 1) 테니스공 200개를 담은 바구니를 3개씩 준비하고, 학급의 인원을 적절한 인원수로 분단을 편성한다.
- 2) 운동장에 한 분단의 인원이 들어갈 수 있을 만한 크기의 직사각형을 3개 그린다. 고체에 해당하는 직사각형에는 학생들이 위치할 점을 3보 간격으로 오와 열을 맞추어 표시하고, 액체에 해당하는 직사각형에는 학생들이 위치할 점을 3보 간격으로 유지할 수 있게 표시하고, 기체에 해당하는 직사각형에는 학생들이 위치할 점을 표시하지 않는다.
- 3) 학생들에게 놀이의 역할을 분담한다.
  - 가) 진행자 : 놀이의 진행을 맡는다.
  - 나) 고체입자 : 직사각형 내의 위치 점에 있는 학생으로 공 1개를 받으면 1보 이내의 범위에서 운동을 해야 한다.

- 다) 액체입자 : 직사각형 내의 위치 점에 있는 학생으로 공 1개를 받으면 2보 이내의 범위에서 운동을 해야 한다.
- 라) 기체입자 : 직사각형 내에 있는 학생으로 공 1개를 받으면 자유롭게 범위를 지정하지 않고 운동을 해야 한다.
- 마) 공 제공자 : 직사각형의 외부에서 직사각형내의 학생들에게 공을 제공한다.
- 바) 기록자 : 공의 개수, 공의 전달시간 등 필요한 모든 자료를 기록한다.

#### 다. 놀이의 규칙과 방법

- 1) 사각형 내 운반자가 공을 가지지 않은 상태에서는 전혀 움직일 수 없다.
- 2) 사각형 내 운반자가 공 1개를 가졌을 때 고체입자는 1보 이내의 범위에 계속 움직여야 하고, 액체입자는 2보 이내의 범위에서 계속 움직여야 하고, 기체입자는 자유롭게 범위를 정하지 않고 계속 움직여야 한다.
- 3) 진행자의 신호를 시작으로 각각의 입자들은 공을 가지고 있지 않음으로 움직이지 않는 분단이 이기는 것으로 한다. 그리고 학생들(입자)이 직사각형 내에 위치하여 공 제공자로부터 공을 1개씩 받았을 때는 진행자의 신호를 시작으로 각각의 입자의 움직임 규칙에 따라 오랫동안 계속 움직이는 분단을 이기는 것으로 한다.

### 2. 물질의 구성에 대한 과학비유탐구놀이 수업지도안

#### 가. 학습 주제 : 물질의 상태

#### 나. 학습 목표

- 1) 고체, 액체, 기체 물질의 구성을 입자 개념으로 이해할 수 있다.
- 2) 고체, 액체, 기체 물질 내에서 입자의 운동을 이해할 수 있다.
- 3) 고체, 액체, 기체 물질의 구성 상태가 다름을 이해할 수 있다.

단계	교수·학습 활동	지도상의 유의점
자유 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 놀이의 규칙과 방법을 말한다.</li> <li>• 놀이 분단을 편성한다.</li> <li>• 역할을 분담시킨다.</li> <li>• 역할에 해당되는 임무를 숙지시킨다.</li> <li>• 테니스공의 역할을 숙지시킨다.</li> <li>• 놀이를 진행한다.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 놀이의 규칙과 방법을 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 안다.</li> <li>- 다른 학생의 역할을 안다.</li> <li>- 테니스공에 부여된 의미를 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 수행한다.</li> <li>- 다른 학생의 행동을 관찰한다.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생들을 사각형 내에 배열시키고 에너지가 전혀 없는 상태의 고체, 액체, 기체 물질을 상상하게 한다.</li> <li>• 일제히 테니스공 1개씩을 분배하여 실온에서의 고체, 액체, 기체 상태를 상상하게 한다.</li> </ul>
탐색 결과 발표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동 등에 대하여 설명하게 한다.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 직사각형 내에 있는 학생은 누구나 공을 받기 전에는 정해진 위치에 움직이지 않고 가만히 서 있었다.</li> <li>- 고체입자는 공 1개를 갖고 있으면 1보 이내의 범위에서 계속 움직였다.</li> <li>- 액체입자는 공 1개를 갖고 있으면 2보 이내의 범위에서 계속 움직였다.</li> <li>- 기체입자는 공 1개를 갖고 있으면 자유롭게 범위를 지정하지 않고 계속 움직였다.</li> </ul> </li> </ul>	
교사의 인도에 따른 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사각형 내에서 학생들의 배열상태를 설명하게 한다.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고체입자는 일정한 간격으로 규칙적인 배열을 하고 있었다.</li> <li>- 액체입자는 일정한 간격은 유지하지만 불규칙적인 배열을 하고 있었다.</li> <li>- 기체입자는 자유로이 위치하고 있었다.</li> </ul> </li> <li>• 테니스공은 놀이에서 어떤 역할을 하는지 설명하게 한다.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 학생을 움직이게 한다.</li> </ul> </li> <li>• 사각형 내에서 테니스공 1개를 갖고 있는 학생의 행동을 설명하게 한다.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고체입자는 1보 이내의 범위에서 계속 움직여야 한다.</li> <li>- 액체입자는 2보 이내의 범위에서 계속 움직여야 한다.</li> <li>- 기체입자는 자유롭게 범위를 정하지 않고 계속 움직여야 한다.</li> </ul> </li> </ul>	

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
탐색 결과 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고체, 액체, 기체 물질과 열에너지에 대한 목표영역과 놀이의 비유영역의 대응관계를 전제하고 학생들에게 목표영역의 속성을 발표하도록 유도한다.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 놀이에서 사각형 내의 학생들은 각각의 물질을 구성하는 입자들이라고 할 수 있다.</li> <li>- 고체물질을 구성하는 입자들은 고체물질 내에서 일정한 간격으로 규칙적인 배열을 하고 있다.</li> <li>- 액체물질을 구성하는 입자들은 액체물질 내에서 일정한 간격은 유지하지만 불규칙적인 배열을 하고 있다.</li> <li>- 기체물질을 구성하는 입자들은 기체물질 내에서 자유로이 위치하고 있다.</li> </ul> </li> <li>- 구성입자들 사이의 공간에는 아무것도 없다.</li> <li>- 놀이에서의 테니스공은 구성입자들을 움직이게 하는 열에너지라고 할 수 있다.</li> <li>- 고체물질과 액체물질을 구성하는 입자들은 열에너지를 받으면 일정한 범위에서만 운동을 하는데 고체물질의 입자보다 액체물질의 입자가 운동범위가 더 넓다. 그리고 기체물질을 구성하는 입자들은 열에너지를 받으면 자유롭게 운동을 한다.</li> <li>• 열에너지가 전혀 없을 때의 각각의 물질의 내부 모양을 상상하여 그림으로 표현해보자.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상상하는 것을 그림으로 표현한다.</li> </ul> </li> <li>• 실온에서 각각의 물질의 내부 모양을 상상하여 그림으로 표현해보자.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상상하는 것을 그림으로 표현한다.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지의 속성을 주지시킨다.</li> <li>• 실온에 대한 에너지원을 생각하게 해야 한다.</li> <li>• 에너지의 양에 따른 각각의 물질상태의 변화를 필요에 따라 설명할 수 있다.</li> <li>• 비유적 추리와 반성적 사고과정을 유도할 수 있도록 질문을 한다.</li> </ul>

### 3. 고체에서의 열의 이동에 대한 과학비유탐구놀이

#### 가. 놀이 목표

- 1) 고체의 구성을 표현할 수 있다.
- 2) 고체 내에서의 열에너지에 의한 입자의 운동을 표현할 수 있다.

#### 나. 준비과정

- 1) 테니스공 300개를 담은 바구니와 빈 바구니를 2개씩 준비하고, 학급의 인원을 적절한 인원수로 분단을 편성한다.
- 2) 운동장에 분단의 일부 학생들을 3보 간격으로 오와 열을 맞추어 정렬시킬 수 있는 직사각형을 그리고 학생들의 위치할 지점을 표시한다.
- 3) 공이 든 바구니는 직사각형의 한 변 밖에 위치하게 하면 그 마주 보는 변에 빈 바구니를 위치하게 한다.
- 4) 학생들에게 놀이의 역할을 분담한다.
  - 가) 진행자 : 놀이의 진행을 맡는다.
  - 나) 공 운반자(입자) : 직사각형 내의 위치 점에 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.

#### 다. 놀이의 규칙과 방법

- 1) 사각형 내의 운반자가 공을 가지지 않은 상태에서는 전혀 움직일 수 없다.
- 2) 사각형 내의 운반자가 공 1개를 가졌을 때는 1보 이내의 범위에서, 공 2개를 가졌을 때는 2보 이내의 범위에서 움직일 수 있다.
- 3) 공 2개를 가진 학생은 이웃하는 학생에게만 공 1개를 전달할 수 있는데, 공은 한 번에 1개씩만 제공하거나 전달할 수 있고, 반드시 손으로 건네주어야 하며 던지거나 굴려서 전달해서는 안 된다.
- 4) 공은 많은 쪽에서 적은 쪽으로 운반해야 하며, 양쪽이 같아질 때까지만 운반해야 한다.
- 5) 사각형 외부에 있는 공 제공자 학생들이 제공하는 공을 진행자의 신호를 시작으로 규칙에 따라 공이 든 바구니에서 빈 바구니로 공의 개수의 절반을 빨리 운반하는 분단이 놀이에서 이기는 것으로 한다.



#### 4. 고체에서의 열의 이동에 대한 과학비유탐구놀이 수업지도안

가. 학습 주제 : 물질의 상태

나. 학습 목표

- 1) 고체의 구성을 입자 개념으로 이해할 수 있다.
- 2) 고체 내에서의 입자의 운동을 이해할 수 있다.
- 3) 고체 내에서의 열의 이동을 이해할 수 있다.

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
탐색 및 문제 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일상생활에서 고체에서 열이 이동한 경험을 이야기하게 한다.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 뜨거운 국이 들어있는 국그릇에 담가둔 숟가락이 뜨거워졌다.</li> <li>- 뜨거운 물이 담긴 컵이 뜨거워졌다.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경험을 발표를 통하여 선개념을 파악하며, 이때 자유롭게 발표하도록 유도한다.</li> </ul>
자료 제시 및 관찰 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제 해결을 위한 방법으로 과학비유탐구놀이를 제시한다.</li> <li>• 놀이의 규칙과 방법을 말한다.</li> <li>• 놀이 분단을 편성한다.</li> <li>• 역할을 분담시킨다.</li> <li>• 역할에 해당되는 임무를 숙지시킨다.</li> <li>• 테니스공의 역할을 숙지시킨다.</li> <li>• 놀이를 진행한다.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 놀이의 규칙과 방법을 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 안다.</li> <li>- 다른 학생의 역할을 안다.</li> <li>- 테니스공에 부여된 의미를 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 수행한다.</li> <li>- 다른 학생의 행동을 관찰한다.</li> </ul> </li> <li>• 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동 등에 대하여 설명하게 한다.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사각형 내에 있는 학생은 공을 받기 전에는 정해진 위치에 움직이지 않고 가만히 서 있었다.</li> <li>- 공 1개를 갖고 있으면 1보 이내의 범위에서 계속 움직였다.</li> </ul> </li> </ul>	

단계	교수·학습 활동	지도상의 유의점
자료 제시 및 관찰 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공 1개를 더 받아 2개의 공을 갖고 있을 때에는 2보 이내의 범위에서 움직였다.</li> <li>- 공 2개를 가진 학생은 이웃하는 학생에게만 공 1개를 전달하였다.</li> <li>- 테니스공은 테니스공이 든 바구니 쪽에서 빈 바구니 쪽으로 전달되었다.</li> <li>- 양쪽의 테니스공의 개수가 같아질 때까지 공을 운반하였다.</li> <li>- 테니스공에 부여된 의미를 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 수행한다.</li> <li>- 다른 학생의 행동을 관찰한다.</li> <li>• 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동 등에 대하여 설명하게 한다.</li> <li>- 사각형 내에 있는 학생은 공을 받기 전에는 정해진 위치에 움직이지 않고 가만히 서 있었다.</li> <li>- 공 1개를 갖고 있으면 1보 이내의 범위에서 계속 움직였다.</li> <li>- 공 1개를 더 받아 2개의 공을 갖고 있을 때에는 2보 이내의 범위에서 움직였다.</li> <li>- 공 2개를 가진 학생은 이웃하는 학생에게만 공 1개를 전달하였다.</li> <li>- 테니스공은 테니스공이 든 바구니 쪽에서 빈 바구니 쪽으로 전달되었다.</li> <li>- 양쪽의 테니스공의 개수가 같아질 때까지 공을 운반하였다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생들을 사각형 내에 배열시키고 에너지가 전혀 없는 상태의 고체물질과 열에 에너지를 받았을 때의 고체물질을 상상하게 한다.</li> </ul>
자료 추가 제시 및 관찰 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고체의 구성과 열의 이동에 대한 목표영역과 비유영역을 추가로 제시한다.</li> <li>• 고체의 구성과 열의 이동에 대한 목표영역과 비유영역을 비교한다.</li> <li>- 직사각형 내에서의 학생들의 배열 상태와 행동을 고체의 구성 상태 및 열의 이동 상황과 비교한다.</li> <li>• 다시 한번 놀이를 진행한다.</li> <li>• 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동 등에 대하여 다시 한번 더 설명하게 한다.</li> </ul>	

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
규칙성 발견 및 개념 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고체물질의 구성과 열의 이동에 대한 목표영역과 놀이의 비유영역의 대응관계를 전제하고 학생들에게 목표영역의 속성을 발표하도록 유도한다.</li> <li>- 놀이에서 사각형 내의 학생들을 고체물질을 구성하는 입자들이라고 할 수 있다.</li> <li>- 고체물질을 구성하는 입자들은 고체물질 내에서 일정한 간격을 유지하면서 규칙적인 배열을 하고 있다.</li> <li>- 구성입자들 사이의 공간에는 아무것도 없다.</li> <li>- 놀이에서의 테니스공은 구성입자들을 움직이게 하는 열에너지라고 할 수 있다.</li> <li>- 테니스공이 많은 쪽을 열에너지가 많은 쪽이라고 할 수 있으며, 또한 온도가 높은 쪽이라고 할 수 있다.</li> <li>- 고체물질을 구성하는 입자들은 열에너지를 받으면 일정한 범위에서만 운동을 한다.</li> <li>- 열에너지에 비례하여 입자의 운동범위는 커진다.</li> <li>- 열에너지는 구성입자들의 운동으로 나타난다.</li> <li>- 열에너지의 전달은 입자들의 충돌에 의해서 이루어진다.</li> <li>- 열은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동한다.</li> <li>- 열의 전달은 두 쪽의 온도가 같아질 때까지 계속된다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지의 속성을 주지시킨다.</li> <li>• 실온에 대한 에너지원을 생각하게 해야 한다.</li> <li>• 에너지의 양에 따른 각각의 물질상태의 변화를 필요에 따라 설명할 수 있다.</li> </ul>
적용 및 발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일상생활에서 고체물질에서 열이 이동한 경험을 과학비유탐구놀이를 통하여 알게된 개념으로 고체물질의 열이 이동하는 모양을 상상하여 그림으로 표현해보자.</li> <li>- 상상하는 것을 그림으로 표현한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비유적 추리와 반성적 사고과정을 유도할 수 있도록 질문을 한다.</li> </ul>

## 5. 액체에서의 열의 이동에 대한 과학비유탐구놀이

### 가. 놀이 목표

- 1) 액체의 구성을 표현할 수 있다.
- 2) 액체내에서의 열에너지에 의한 입자의 운동을 표현할 수 있다.

## 나. 준비과정

- 1) 테니스공 300개를 담은 바구니와 빈 바구니를 2개씩 준비하고, 학급의 인원을 적절한 인원수로 분단을 편성한다.
- 2) 운동장에 분단의 일부 학생들을 3보 간격으로 정렬시킬 수 있는 직사각형을 그리고 학생들의 위치할 지점을 표시한다.
- 3) 공이 든 바구니는 직사각형의 한 변 밖에 위치하게 하면 그 마주 보는 변에 빈 바구니를 위치하게 한다.
- 4) 학생들에게 놀이의 역할을 분담한다.
  - 가) 진행자 : 놀이의 진행을 맡는다.
  - 나) 공 운반자(입자) : 직사각형 내의 위치 점에 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.

## 다. 놀이의 규칙과 방법

- 1) 액체를 구성하는 학생들은 일정한 거리를 유지하면서 불규칙한 배열을 하여 위치한다.
- 2) 사각형 내의 운반자가 공 1개를 가졌을 때는 2보 이내의 범위에서 계속 움직여야 하고, 공 2개를 가졌을 때는 2보 이내의 범위를 벗어나 병진운동을 한다.
- 3) 운동 중인 학생들은 다른 학생과 접촉하였을 때 공 1개를 전달하여 그 학생을 운동하게 할 수 있는데 공은 한번에 1개씩만 제공하거나 전달 할 수 있으며, 접촉 후 운동 방향은 서로 반대이다. 따라서 공은 액체의 맞은편의 경계선 쪽으로 이동한다.
- 4) 다른 학생과 충돌이 없을 때는 그들 자신이 계속 공을 가지지 않는 학생쪽으로 운동하고, 공은 많은 쪽에서 적은 쪽으로 운반해야 한다.
- 5) 맞은 편 경계선에 이른 학생은 공 1개를 경계선 밖의 공 수집자에게 전달하고 이동해온 방향으로 다시 운동한다.

- 6) 사각형 외부에 있는 공 제공자 학생들이 제공하는 공을 진행자의 신호를 시작으로 규칙에 따라 공이 든 바구니에서 빈 바구니로 공의 개수의 절반을 빨리 운반하는 분단이 놀이에서 이기는 것으로 한다.

6. 액체에서의 열의 이동에 대한 과학비유탐구놀이 수업지도안

가. 학습 주제 : 물질의 상태

나. 학습 목표

- 1) 액체의 구성을 입자 개념으로 이해할 수 있다.
- 2) 액체 내에서의 입자의 운동을 이해할 수 있다.
- 3) 액체 내에서의 열의 이동을 이해할 수 있다.

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
탐색 및 문제 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일상생활에서 액체에서 열이 이동한 경험을 이야기하게 한다.</li> <li>- 목욕탕에 들어갔을 때 한쪽으로 뜨거운 물을 틀어 놓으면 탕 안에 있는 물이 점점 따뜻해졌다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경험을 발표를 통하여 선 개념을 파악하며, 이때 자유롭게 발표하도록 유도한다.</li> </ul>
자료 제시 및 관찰 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제 해결을 위한 방법으로 과학비유탐구놀이를 제시한다.</li> <li>• 놀이의 규칙과 방법을 말한다.</li> <li>• 놀이 분단을 편성한다.</li> <li>• 역할을 분담시킨다.</li> <li>• 역할에 해당되는 임무를 숙지시킨다.</li> <li>• 테니스공의 역할을 숙지시킨다.</li> <li>• 놀이를 진행한다.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 놀이의 규칙과 방법을 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 안다.</li> <li>- 다른 학생의 역할을 안다.</li> <li>- 테니스공에 부여된 의미를 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 수행한다.</li> <li>- 다른 학생의 행동을 관찰한다.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생들을 사각형 내에 배열시키고 에너지가 전혀 없는 상태의 고체물질과 열에 에너지를 받았을 때의 고체물질을 상상하게 한다.</li> </ul>

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
자료 제시 및 관찰 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동 등에 대하여 설명하게 한다.</li> <li>- 사각형 내에 있는 학생은 공을 받기 전에는 정해진 위치에 움직이지 않고 가만히 서 있었다.</li> <li>- 공 1개를 갖고 있으면 1보 이내의 범위에서 계속 움직였다.</li> <li>- 공 1개를 더 받아 2개의 공을 갖고 있을 때에는 2보 이내의 범위에서 벗어나 병진운동을 했다.</li> <li>- 운동 중인 학생들은 다른 학생과 접촉하였을 때 공 1개를 전달하며, 접촉 후에는 서로 반대방향으로 움직였다.</li> <li>- 다른 학생과 충돌이 없을 때는 그들 자신이 계속 공을 가지지 않는 학생 쪽으로 운동을 했다.</li> <li>- 테니스공은 테니스공이 든 바구니 쪽에서 빈 바구니 쪽으로 전달되었다.</li> <li>- 양쪽의 테니스공의 개수가 같아질 때까지 공을 운반하였다.</li> </ul>	
자료 추가 제시 및 관찰 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 액체의 구성과 열의 이동에 대한 목표영역과 비유영역을 추가로 제시한다.</li> <li>• 액체의 구성과 열의 이동에 대한 목표영역과 비유영역을 비교한다.</li> <li>- 직사각형 내에서의 학생들의 배열 상태와 행동을 액체의 구성 상태 및 열의 이동 상황과 비교한다.</li> <li>• 다시 한번 놀이를 진행한다.</li> <li>• 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동 등에 대하여 다시 한번 더 설명하게 한다.</li> </ul>	
규칙성 발견 및 개념 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 액체물질의 구성과 열의 이동에 대한 목표영역과 놀이의 비유영역의 대응관계를 전제하고 학생들에게 목표영역의 속성을 발표하도록 유도한다.</li> <li>- 놀이에서 사각형 내의 학생들을 액체물질을 구성하는 입자들이라고 할 수 있다.</li> <li>- 액체물질을 구성하는 입자들은 액체물질 내에서 거의 일정한 간격을 유지하면서도 불규칙적인 배열을 하고 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지의 속성을 주지시킨다.</li> <li>• 실온에 대한 에너지원을 생각하게 해야 한다.</li> </ul>

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
규칙성 발견 및 개념 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구성입자들 사이의 공간에는 아무것도 없다.</li> <li>- 놀이에서의 테니스공은 구성입자들을 움직이게 하는 열 에너지라고 할 수 있다.</li> <li>- 테니스공이 많은 쪽을 열에너지가 많은 쪽이라고 할 수 있으며, 또한 온도가 높은 쪽이라고 할 수 있다.</li> <li>- 운동하는 도중 다른 입자들과 탄성충돌에 의하여 그들의 열에너지의 일부를 전달하여 충돌한 입자들을 운동하게 하여 평균적으로 온도가 낮은 쪽으로 이동하게 한다.</li> <li>- 액체물질을 구성하는 입자들은 열에너지를 받으면 그들의 평균적인 범위를 벗어나 병진운동을 한다.</li> <li>- 열에너지에 비례하여 입자의 운동범위는 커진다.</li> </ul>	
규칙성 발견 및 개념 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열에너지는 구성입자들의 운동으로 나타난다.</li> <li>- 열에너지의 전달은 입자들의 충돌에 의해서 이루어진다.</li> <li>- 열은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동한다.</li> <li>- 열의 전달은 두 쪽의 온도가 같아질 때까지 계속된다.</li> <li>- 맞은편 경계면에서 용기의 벽에 이른 입자들은 용기의 벽과 탄성충돌을 하고, 그 에너지 일부를 전달한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지의 양에 따른 각각의 물질상태의 변화를 필요에 따라 설명할 수 있다.</li> </ul>
적용 및 발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일상생활에서 액체물질에서 열이 이동한 경험을 과학비유탐구놀이를 통하여 알게된 개념으로 액체물질의 열이 이동하는 모양을 상상하여 그림으로 표현해보자.</li> <li>- 상상하는 것을 그림으로 표현한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비유적 추리와 반성적 사고과정을 유도할 수 있도록 질문을 한다.</li> </ul>

## 7. 기체에서의 열의 이동에 대한 과학비유탐구놀이

### 가. 놀이 목표

- 1) 기체의 구성을 표현할 수 있다.
- 2) 기체 내에서의 열에너지에 의한 입자의 운동을 표현할 수 있다.

## 나. 준비과정

- 1) 테니스공 300개를 담은 바구니와 빈 바구니를 2개씩 준비하고, 학급의 인원을 적절한 인원수로 분단을 편성한다.
- 2) 운동장에 분단의 일부 학생들을 직사각형 안에 자유롭게 위치한다.
- 3) 공이 든 바구니는 직사각형의 한 변 밖에 위치하게 하면 그 마주 보는 변에 빈 바구니를 위치하게 한다.
- 4) 학생들에게 놀이의 역할을 분담한다.
  - 가) 진행자 : 놀이의 진행을 맡는다.
  - 나) 공 운반자(입자) : 직사각형 내의 여러 위치에 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.

## 다. 놀이의 규칙과 방법

- 1) 기체를 구성하는 학생들은 가능한 서로 멀리 떨어진 곳에 위치한다.
- 2) 기체의 경계선 밖의 공의 공급원으로부터 공이 제공되면, 경계선 부근의 학생들은 1개의 공을 가지고 병진운동을 한다.
- 3) 운동 중인 학생들은 다른 학생과 접촉하였을 때, 공 1개를 전달하여 학생을 운동하게 할 수 있다. 접촉 후의 운동 방향은 서로 반대이다. 공은 맞은 편의 경계선 쪽으로 이동한다.
- 4) 대부분의 학생들은 다른 학생들과 접촉이 없이 그들 자신이 계속 맞은편 경계선 쪽으로 이동하며, 맞은 편 경계선에 이른 학생은 공 1개를 경계선 밖으로 전달하고 이동해 온 방향으로 다시 운동한다.
- 5) 사각형 외부에 있는 공 제공자 학생들이 제공하는 공을 진행자의 신호를 시작으로 규칙에 따라 공이 든 바구니에서 빈 바구니로 공의 개수의 절반을 빨리 운반하는 분단이 놀이에서 이기는 것으로 한다.



8. 기체에서의 열의 이동에 대한 과학비유탐구놀이 수업지도안

가. 학습 주제 : 물질의 상태

나. 학습 목표

- 1) 기체의 구성을 입자 개념으로 이해할 수 있다.
- 2) 기체 내에서의 입자의 운동을 이해할 수 있다.
- 3) 기체 내에서의 열의 이동을 이해할 수 있다.

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
탐색 및 문제 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일상생활에서 기체에서 열이 이동한 경험을 이야기하게 한다.</li> <li>- 교실 한쪽에 난로를 켜 두었더니 시간이 지남에 따라 점점 교실안이 따뜻해졌다.</li> <li>- 목욕탕에 따뜻한 물을 받아두었더니 욕실 안이 점점 따뜻해졌다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경험을 발표를 통하여 선 개념을 파악하며, 이때 자유롭게 발표하도록 유도한다.</li> </ul>
자료 제시 및 관찰 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제 해결을 위한 방법으로 과학비유탐구놀이를 제시한다.</li> <li>• 놀이의 규칙과 방법을 말한다.</li> <li>• 놀이 분단을 편성한다.</li> <li>• 역할을 분담시킨다.</li> <li>• 역할에 해당되는 임무를 숙지시킨다.</li> <li>• 테니스공의 역할을 숙지시킨다.</li> <li>• 놀이를 진행한다                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 놀이의 규칙과 방법을 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 안다.</li> <li>- 다른 학생의 역할을 안다.</li> <li>- 테니스공에 부여된 의미를 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 수행한다.</li> <li>- 다른 학생의 행동을 관찰한다.</li> </ul> </li> <li>• 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동 등에 대하여 설명하게 한다.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사각형 내에 있는 학생은 공을 받기 전에는 정해진 위치에 움직이지 않고 가만히 서 있었다.</li> <li>- 공 1개를 갖고 있으면 자유롭게 병진운동을 했다.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생들을 사각형 내에 배열시키고 에너지가 전혀 없는 상태의 고체물질과 열에 에너지를 받았을 때의 고체물질을 상상하게 한다.</li> </ul>

단계	교수·학습 활동	지도상의 유의점
자료 제시 및 관찰 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 운동 중인 학생들은 다른 학생과 접촉하였을 때 공 1개를 전달하며, 접촉 후에는 서로 반대방향으로 움직였다.</li> <li>- 다른 학생과 충돌이 없을 때는 그들 자신이 계속 공을 가지지 않는 학생 쪽으로 운동을 했다.</li> <li>- 테니스공은 테니스공이 든 바구니 쪽에서 빈 바구니 쪽으로 전달되었다.</li> <li>- 양쪽의 테니스공의 개수가 같아질 때까지 공을 운반하였다.</li> </ul>	
자료 추가 제시 및 관찰 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기체의 구성과 열의 이동에 대한 목표영역과 비유영역을 추가로 제시한다.</li> <li>• 기체의 구성과 열의 이동에 대한 목표영역과 비유영역을 비교한다.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 직사각형 내에서의 학생들의 배열 상태와 행동을 기체의 구성 상태 및 열의 이동 상황과 비교한다.</li> </ul> </li> <li>• 다시 한번 놀이를 진행한다.</li> <li>• 놀이에서 행한 학생들의 역할과 행동 등에 대하여 다시 한번 더 설명하게 한다.</li> </ul>	
규칙성 발견 및 개념 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기체물질의 구성과 열의 이동에 대한 목표영역과 놀이의 비유영역의 대응관계를 전제하고 학생들에게 목표영역의 속성을 발표하도록 유도한다.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 놀이에서 사각형 내의 학생들을 기체물질을 구성하는 입자들이라고 할 수 있다.</li> <li>- 기체물질을 구성하는 입자들은 기체물질 내에서 자유롭게 위치하고 있다.</li> <li>- 구성입자들 사이의 공간에는 아무것도 없다.</li> <li>- 놀이에서의 테니스공은 구성입자들을 움직이게 하는 열에너지라고 할 수 있다.</li> <li>- 테니스공이 많은 쪽을 열에너지가 많은 쪽이라고 할 수 있으며, 또한 온도가 높은 쪽이라고 할 수 있다.</li> <li>- 운동하는 도중 다른 입자들과 탄성충돌에 의하여 그들의 열에너지의 일부를 전달하여 충돌한 입자들을 운동하게 하여 평균적으로 온도가 낮은 쪽으로 이동하게 한다.</li> <li>- 기체물질을 구성하는 입자들은 열에너지를 받으면 그들의 평균적인 범위를 벗어나 병진운동을 한다.</li> <li>- 열에너지에 비례하여 입자의 운동범위는 커진다.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지의 속성을 주지시킨다.</li> <li>• 실온에 대한 에너지원을 생각하게 해야 한다.</li> <li>• 에너지의 양에 따른 각각의 물질상태의 변화를 필요에 따라 설명할 수 있다.</li> </ul>

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
규칙성 발견 및 개념 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열에너지는 구성입자들의 운동으로 나타난다.</li> <li>- 열에너지의 전달은 입자들의 충돌에 의해서 이루어진다.</li> <li>- 열은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동한다.</li> <li>- 열의 전달은 두 쪽의 온도가 같아질 때까지 계속된다.</li> <li>- 맞은편 경계면에서 용기의 벽에 이른 입자들은 용기의 벽과 탄성충돌을 하고, 그 에너지 일부를 전달한다.</li> </ul>	
적용 및 발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일상생활에서 기체물질에서 열이 이동한 경험을 과학비유탐구놀이를 통하여 알게된 개념으로 기체물질의 열이 이동하는 모양을 상상하여 그림으로 표현해보자.</li> <li>- 상상하는 것을 그림으로 표현한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비유적 추리와 반성적 사고과정을 유도할 수 있도록 질문을 한다.</li> </ul>

### 9. 기체, 액체, 고체에서의 열의 이동에 대한 과학비유탐구놀이

#### 가. 놀이 목표

- 1) 기체, 액체, 고체 물질의 구성을 표현할 수 있다.
- 2) 기체, 액체, 고체 내에서의 열에너지에 의한 입자의 운동을 표현할 수 있다.
- 3) 기체, 액체, 고체 내에서의 열의 이동 속도가 다름을 이해할 수 있다.

#### 나. 준비과정

- 1) 테니스공 200개를 담은 바구니를 3개씩 준비하고, 학급의 인원을 적절한 인원수로 분단을 편성한다.
- 2) 운동장에 한 분단의 인원이 들어 갈 수 있을 만한 크기의 직사각형을 3개 그린다. 고체에 해당하는 직사각형에는 학생들이 위치할 점을 3보 간격으로 오와 열을 맞추어 표시하고, 액체에 해당하는 직사각형에는 학생들이 위치할 점을 3보 간격으로 유지할 수 있게 표시하고, 기체에 해당하는 직사각형에는 학생들이 위치할 점을 표시하지 않는다.
- 3) 공이 든 바구니는 각각의 직사각형의 한 변 밖에 위치하게 하면 그 마주 보는 변에 빈 바구니를 위치하게 한다.

4) 학생들에게 놀이의 역할을 분담한다.

가) 진행자 : 놀이의 진행을 맡는다.

나) 공 운반자(입자) : 직사각형 내의 위치 점에 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 변 바구니가 있는 변에 위치하여 직사각형내의 공 운반자들에 의하여 전달된 공을 수집한다.

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

#### 다. 놀이의 규칙과 방법

- 1) 고체물질은 사각형 내의 운반자가 공을 가지지 않은 상태에서는 전혀 움직일 수 없으며, 운반자가 공 1개를 가졌을 때는 1보 이내의 범위에서, 공 2개를 가졌을 때는 2보 이내의 범위에서 움직일 수 있다. 공 2개를 가진 학생은 이웃하는 학생에게만 공 1개를 전달할 수 있는데, 공은 한 번에 1개씩만 제공하거나 전달할 수 있고, 반드시 손으로 건네주어야 하며 던지거나 굴려서 전달해서는 안 된다. 공은 많은 쪽에서 적은 쪽으로 운반해야 하며, 양쪽이 갈아질 때까지만 운반해야 한다.
- 2) 액체물질을 구성하는 학생들은 일정한 거리를 유지하면서 불규칙한 배열을 하여 위치하고 있는데, 사각형 내의 운반자가 공 1개를 가졌을 때는 2보 이내의 범위에서 계속 움직여야 하고, 공 2개를 가졌을 때는 2보 이내의 범위를 벗어나 병진운동을 한다. 운동 중인 학생들은 다른 학생과 접촉하였을 때 공 1개를 전달하여 그 학생을 운동하게 할 수 있는데 공은 한번에 1개씩만 제공하거나 전달할 수 있으며, 접촉 후 운동 방향은 서로 반대이다. 따라서 공은 액체의 맞은편의 경계선 쪽으로 이동한다. 다른 학생과 충돌이 없을 때는 그들 자신이 계속 공을 가지지 않는 학생 쪽으로 운동하고, 공은 많은 쪽에서 적은 쪽으로 운반해야 한다. 맞은 편 경계선에 이른 학생은 공 1개를 경계선 밖의 공 수집자에게 전달하고 이동해온 방향으로 운동한다.
- 3) 기체를 구성하는 학생들은 가능한 서로 멀리 떨어진 곳에 위치하며, 경계선밖의 공의 공급원으로부터 공이 제공되면, 경계선 부근의 학생들은 1개의 공을 가지

고 병진운동을 한다. 운동 중인 학생들은 다른 학생과 접촉하였을 때, 공 1개를 전달하여 그 학생을 운동하게 할 수 있다. 접촉 후의 운동 방향은 서로 반대이다. 공은 맞은편의 경계선 쪽으로 이동한다. 대부분의 학생들은 다른 학생들과 접촉이 없이 그들 자신이 계속 맞은편 경계선 쪽으로 이동하며, 맞은 편 경계선에 이른 학생은 공 1개를 경계선 밖으로 전달하고 이동해 온 방향으로 다시 운동한다.

- 4) 사각형 외부에 있는 공 제공자 학생들이 제공하는 공을 진행자의 신호를 시작으로 규칙에 따라 공이 든 바구니에서 빈 바구니로 공의 개수의 절반을 빨리 운반하는 물질이 놀이에서 이기는 것으로 한다.

## 10. 기체, 액체, 고체에서의 열의 이동에 대한 과학비유탐구놀이 수업지도안

가. 학습 주제 : 물질의 상태

나. 학습 목표

- 1) 기체, 액체, 고체 물질의 구성을 표현할 수 있다.
- 2) 기체, 액체, 고체 내에서의 열에너지에 의한 입자의 운동을 표현할 수 있다.
- 3) 기체, 액체, 고체 내에서의 열의 이동 속도가 다름을 이해할 수 있다.

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
탐색 및 문제 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일상생활에서 고체, 액체, 기체에서 열이 이동한 경험을 이야기하게 한다.</li> <li>- 냄비에 물을 넣어서 가열하였더니 냄비가 뜨거워지고 그 다음 냄비 속의 물이 뜨거워지고 그리고 나서 그 위의 공기가 뜨거워졌다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경험을 발표를 통하여 선 개념을 파인하며, 이때 자유롭게 발표하도록 유도한다.</li> </ul>
가설 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고체물질, 액체물질, 기체물질 중에서 어떤 물질이 더 빨리 뜨거워졌는지 이야기하게 한다.</li> <li>- 고체물질, 액체물질, 기체물질의 열의 이동 속도가 달랐다.</li> <li>• 가설을 설정한다.</li> <li>- 물질에서 열의 이동 속도는 고체, 액체, 기체 순일 것이다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생들을 사각형 내에 배열시키고 에너지가 전혀 없는 상태의 물질을 받았을 때의 물질을 상상하게 한다.</li> </ul>

단계	교수 · 학습 활동	지도상의 유의점
실험 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 놀이의 규칙과 방법을 말한다.</li> <li>• 놀이 분단을 편성한다.</li> <li>• 역할을 분담시킨다.</li> <li>• 역할에 해당되는 임무를 숙지시킨다.</li> <li>• 테니스공의 역할을 숙지시킨다.</li> </ul>	
가설 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 놀이를 진행한다.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 놀이의 규칙과 방법을 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 안다.</li> <li>- 다른 학생의 역할을 안다.</li> <li>- 테니스공에 부여된 의미를 안다.</li> <li>- 자신의 역할을 수행한다.</li> <li>- 다른 학생의 행동을 관찰한다.</li> </ul> </li> <li>• 놀이 결과를 이야기한다.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공의 운반 속도는 고체물질, 액체물질 기체물질 순이었다.</li> <li>- 열의 이동 속도는 고체물질, 액체물질 기체물질 순이었다.</li> </ul> </li> </ul>	
가설 수용 및 수정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 놀이 결과를 확인한다.</li> <li>• 물질에서 열의 이동 속도에 대해서 이야기한다.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물질에서의 열의 이동 속도는 고체, 액체, 기체 순이다.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실험결과가 가설과 일치하면 가설을 수용하고 설명될 수 없는 사실이 발견되면 가설을 수정하거나 불합리적이면 세운 가설을 포기하고 새로운 가설을 세우기 위해 피드백한다.</li> </ul>
적용 및 발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일상생활에서 고체, 액체, 기체물질에서 열이 이동하는 속도가 다른을 경험을 과학비유탐구놀이를 통하여 알게된 개념으로 기체물질의 열이 이동하는 모양을 상상하여 그림으로 표현해보자.</li> <li>- 상상하는 것을 그림으로 표현한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비유적 추리와 반성적 사고과정을 유도할 수 있도록 질문을 한다.</li> </ul>

## IV. 연구의 결과 및 해석

### 1. 물질의 구성에 대한 오개념 유형 분석

[표 1] 고체의 구성에 대한 이유 진술 내용

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단		
		수업전	수업후	수업전	수업후	
문 항 1	정확한 간격을 두고 있어서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	고체는 움직이지 못하고 줄을 서서 열을 전달해서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
	고체도 조금씩 움직여야 하기 때문에	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
	기타	3(8.8)	2(5.9)	2(5.9)	1(2.9)	
	2	가장 비어 있는 공간이 없이 뭉쳐 있어서	2(5.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		속이 꽉 차고 여러 가지 모양의 원이 있어서	0(0)	0(0)	3(8.8)	3(8.8)
	3	네모난 것이 딱딱하게 보여서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		기타	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	4	기타	0(0)	2(5.9)	0(0)	1(2.9)
	5	홀어져 있어서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		여러 가지 모양의 원이 있어서	0(0)	0(0)	1(2.9)	2(5.9)
		기타	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	1(2.9)
	6	움직이는 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		공간이 비어있는 것이 내부인 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	7	기타	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
	8	고체 입자는 뾰뾰하게 들어 있어서 많이 움직이지 못하기 때문에	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		고체 안에 입자가 많이 들어있어 움직이지 않아서	0(0)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
		고체 입자는 뾰뾰히 들어 있어서 모양이 변하지 않음	0(0)	0(0)	1(2.9)	3(8.8)
		고체는 딱딱하니까 속이 꽉 차있을 것 같아서	4(11.8)	1(2.9)	6(17.6)	3(8.8)
		공기 같은 것이 들어 있어서는 안되니까	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
고체가 나란히 놓여 있는 것이라고 생각해서		1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
호트러짐 없이 속이 꽉 차 있고 규칙적으로 배열 되어 있어서		7(20.6)	14(41.2)	5(14.7)	11(32.4)	
고체는 딱딱하고 움직이지 않으니까		1(2.9)	4(11.8)	3(8.8)	2(5.9)	
고체는 굳어 있어서 규칙에 맞추어서 채워져있다		0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
기타		4(11.8)	5(14.7)	3(8.8)	1(2.9)	
9	딱딱해 보이는 세모와 네모 같은 여러 가지 도형이 있어서	2(5.9)	0(0)	5(14.7)	2(5.9)	
	여러 가지 모양들이 물건의 모양을 나타낸 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	네모와 세모는 잘 안 넘어져서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	기타	2(5.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)	

※ 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

문항 1은 고체의 구성에 관한 개념을 알아보기 위한 것으로 주어진 내부 상황을 나타낸 그림에서 고체의 내부 상황을 표현한 그림을 찾으라는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 분석하면 [표 1]과 같다.

문항 1에서 고체의 내부 상황을 그린 그림을 바르게 선택한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '흐트러짐 없이 속이 짝 차 있고 규칙적으로 배열되어 있어서'라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 수업 전 20.6%에서 수업 후 41.2%로, 비교집단은 수업 전 14.7%에서 수업 후 32.4%로 증가하였다.

그러나 문항 1의 주관식 이유 진술 내용을 보면 '고체는 딱딱하게 보여서 속이 짝 차있을 것 같아서', '고체는 뻑뻑하게 들어있어야 움직이지 않으니까', '네모, 세모가 딱딱해 보여서', 등 오감을 통해서 느낀 그대로를 가지고 물질의 내부 상황을 설명하려 하는데서 생긴 오개념들을 가지고 있었다.

문항 2는 액체의 구성에 관한 개념을 알아보기 위한 것으로 주어진 내부 상황을 나타낸 그림에서 액체의 내부 상황을 표현한 그림을 찾으라는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 분석하면 [표 2]와 같다.

문항 2에서 액체의 내부 상황을 그린 그림을 바르게 선택한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '일정한 간격을 두고 흩어져 있어서'라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 수업 전 0%에서 수업 후 20.6%로, 비교집단은 수업 전 2.9%에서 수업 후 5.9%로 증가하였다.

그러나 문항 2의 주관식 이유 진술 내용을 보면 '물방울처럼 생겨서', '액체는 움직이니까', '동그라미 모양이 액체처럼 보여서' 등 오감을 통해서 느낀 그대로를 가지고 물질의 내부 상황을 설명하려 하는데서 생긴 오개념들과 눈에 보이지 않는 것이므로 동화책 속의 상상의 이미지를 가지고 물질의 내부 상황을 설명하려 하는데서 생긴 오개념들을 가지고 있었다.

문항 3은 기체의 구성에 관한 개념을 알아보기 위한 것으로 주어진 내부 상황을 나타낸 그림에서 기체의 내부 상황을 표현한 그림을 찾으라는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 분석하면 [표 3]과 같다.



[표 2] 액체의 구성에 대한 이유 진술 내용

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단		
		수업전	수업후	수업전	수업후	
문 항 2	1	확 차 있지 않아서	2(5.9)	4(11.8)	1(2.9)	0(0)
		동그라미 모양이 액체처럼 보여서	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
		고체보다는 작게 조직적으로 되어 있어서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		기타	0(0)	2(5.9)	0(0)	0(0)
	2	액체는 많은 것도 있고 적은 것도 있어서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		모양이 일정하지 않아서	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
		기타	1(2.9)	1(2.9)	2(5.9)	1(2.9)
	3	네모 동그라미가 일정하게 있으니까	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
		일렬로 있기 때문에	0(0)	0(0)	0(0)	2(5.9)
		기타	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	4	뽁뽁하게 들어있지 않아서 움직일 수 있어서	3(8.8)	8(23.5)	1(2.9)	1(2.9)
		액체는 만질 수 있어서 조금은 있고 조금 빈공간이 있을 것 같아서	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		액체는 기체보다 자리가 적고 틈이 고체보다 많아서 좀더 크게 움직임	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		액체는 어떤 모양이 없으니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		액체는 모양이 변하기 때문에 내부가 확 차 있어서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		일정한 간격을 두고 흩어져 있어서	0(0)	7(20.6)	1(2.9)	2(5.9)
		뚝같은 한 모양이 있고 빈 공간이 조금있을 것 같아서	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
		기타	2(5.9)	4(11.8)	5(14.7)	8(23.5)
	5	여러 가지 크기가 함께 혼합되어 흩어져 있어서	3(8.8)	1(2.9)	1(2.9)	3(8.8)
		여러 개의 물방울 같아서	0(0)	0(0)	2(5.9)	2(5.9)
		기타	1(2.9)	0(0)	2(5.9)	2(5.9)
	6	여러 가지 물질 같은 것이 있어서	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		뽁뽁하지 않아서 모양이 변하는 것이다.	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		기타	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	7	액체는 잘 보이지도 않고 만질 수도 없어서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		입자가 뽁뽁하지 않고 적어서	4(11.8)	1(2.9)	3(8.8)	3(8.8)
	모양이 변하니까 내부에 별로 차 있지 않을 것 같다	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
	물방울이 있는 것 같아서	1(2.9)	0(0)	2(5.9)	0(0)	
	기타	4(11.8)	0(0)	4(11.8)	1(2.9)	
8	액체는 뽁뽁 뭉쳐있다가 가열하면 퍼지므로	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	확 찬 느낌이 들어서	0(0)	2(5.9)	2(5.9)	1(2.9)	
	기타	3(8.8)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	
9	기타	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)	

\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

[표 3] 기체의 구성 문항의 이유 진술 내용

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

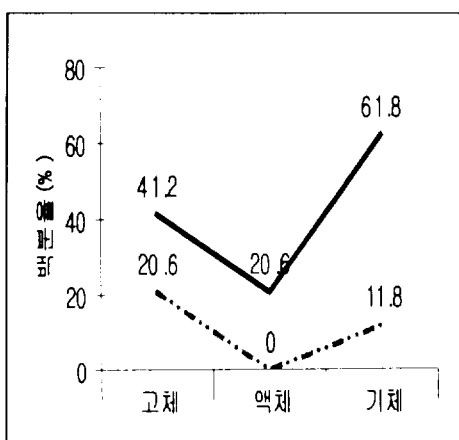
구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단		
		수업전	수업후	수업전	수업후	
문 항 3	크기가 작아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	동그란 것이 많이 있어서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	공기가 많이 있어서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	작은 물질들이 있어서	0(0)	0(0)	2(5.9)	0(0)	
	기타	3(8.8)	1(2.9)	2(5.9)	2(5.9)	
	2	부피가 작다가 크다가 해서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		동그라미가 크고 작은 것이 있어서	2(5.9)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
		물방울 같아서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		기타	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	3	빈 공간이 기체 같다.	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		기타	1(2.9)	1(2.9)	1(2.9)	2(5.9)
	4	띄엄띄엄 있어서	3(8.8)	0(0)	4(11.8)	1(2.9)
		마음대로 움직일 수 있을 것 같아서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		입자가 물보다 조금 더 많다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		기타	3(8.8)	1(2.9)	0(0)	3(8.8)
	5	크기가 달라서	0(0)	0(0)	3(8.8)	0(0)
		공기중에 떠 있는 공기 같아서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		움직일 수 있어서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		기타	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	6	기체는 연기이기 때문에 위로 올라가는 듯한 그림 인 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		여러 가지 모양이 움직이기 때문에	0(0)	0(0)	2(5.9)	0(0)
		기타	0(0)	0(0)	1(2.9)	3(8.8)
	7	띄엄띄엄 흩어져 있어서 (자유롭게 움직일 수 있어서)	4(11.8)	21(61.8)	6(17.6)	13(38.2)
		빈 공간이 기체 내부 상황 같아서	1(2.9)	0(0)	2(5.9)	0(0)
		눈에도 안 보이고 만질 수 없고 제일 적을 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		기체는 물보다 가벼워서 내부가 액체보다 더 차 있지 않을 것이다	1(2.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		공기처럼 떠돌아다녀서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		눈에 안 보이고 떠다니는 것 같아서	1(2.9)	2(5.9)	3(8.8)	0(0)
기타		3(8.8)	2(5.9)	1(2.9)	3(8.8)	
기체는 잘 안 보이지만 우리 주위를 가득 둘러싸고 있어서		1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
8	기체처럼 딱딱하기 때문에	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	틈이 별로 없어서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	기타	1(2.9)	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	
9	기체는 액체와 고체에 비해 더욱 많이 있다고 생각함	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	공기에는 여러 물질이 있는데 여러 모양이 있어서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
	기타	1(2.9)	1(2.9)	1(2.9)	1(2.9)	

※ 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

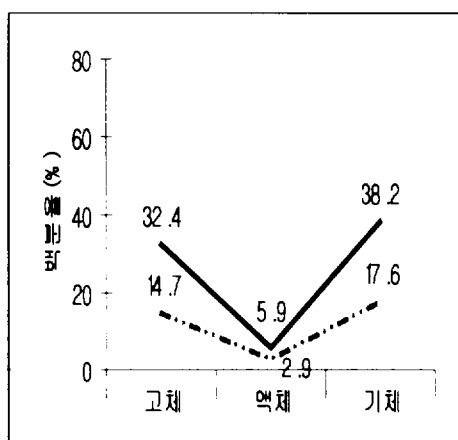
문항 3에서 기체의 내부 상황을 그린 그림을 바르게 선택한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '띄엄띄엄 흩어져 있어서(자유롭게 움직일 수 있어서)' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 수업 전 11.8%에서 수업 후 61.8%로, 비교집단은 수업 전 17.6%에서 수업 후 38.2%로 증가였다.

그러나 문항 3의 주관식 이유 진술 내용을 보면 '공기처럼 떠돌아다녀서', '공기 같아서' '만질 수 없어서 제일 적을 것 같아서' 등 오감을 통해서 느낀 그대로를 가지고 또 눈에 보이지 않으므로 자신의 상상을 통해서 물질의 내부 상황을 설명하려 하는데서 생긴 오개념들을 가지고 있었다.

문항 1, 2, 3의 물질의 구성에 대한 과학적 개념의 정답률의 변화는 [그림 2]와 [그림 3]과 같다.



[그림 2] 실험집단의 물질의 구성에 대한 과학적 개념의 정답률



[그림 3] 비교집단의 물질의 구성에 대한 과학적 개념의 정답률

[그림 2]와 [그림 3]에서 보면 두 집단 모두 액체에 대한 과학적 개념의 형성이 고체나 기체에 비해 낮음을 알 수 있다. 이는 고체는 우리가 일상 생활에서 많이 오감을 통해서 느낄 수 있는 물질이고 기체는 고체와 확연하게 구분이 되어 서로 비교하며 설명할 수 있는 물질이나 액체는 그 중간의 성질을 띄고 있어서 다른 물질과 구분이 잘 되지 않는 데서 오는 오개념이 많았기 때문인 것 같다. 그리고 전체적으로 물질의 구성에 대한 과학적 개념의 정답률은 실험집단에서가 다소 높은 증가를 보임을 알 수 있다.

학생들이 물질의 구성에 대한 정확한 개념을 가지고 있는지 좀 더 알아보기 위해

문항 4와 문항 5를 제시하였다. 문항 4는 문항 1, 2, 3에서 선택한 그림에서 도형들이 무엇을 표현하고 있는지를 묻는 문제이고, 문항 5는 도형들 사이의 빈 공간에는 무엇이 있다고 생각하는지를 묻는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 분석하면 [표 4], [표 5]와 같다.

[표 4] 그림에서의 도형이 표현하는 것에 대한 이유 진술 내용

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
문항 4	공기 입자	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	기체와 고체의 성질	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	공기 방울	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	고체, 액체, 기체의 모양을 확대한 것	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	물 방울	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	물방울 공기	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	고체, 액체, 기체 속의 물질	1(2.9)	4(11.8)	0(0)	5(14.7)
	그 물체를 이루는 구성요소	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	고체, 액체, 기체를 이루고 있는 입자	2(5.9)	15(44.1)	0(0)	10(29.4)
	고체, 액체, 기체의 내부 상황	4(11.8)	1(2.9)	5(14.7)	6(17.6)
	고체, 액체, 기체의 분자를 표현	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	고체, 액체, 기체를 표현	6(17.6)	5(14.7)	10(29.4)	3(8.8)
	고체, 액체, 기체들의 여러 가지 변화	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	현미경으로 본 고체, 액체, 기체의 모습	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	공기	2(5.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	물체	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
기타	12(35.3)	6(17.6)	16(47.1)	8(23.5)	

\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

학생들은 문항 1, 2, 3에서 선택한 그림에서 도형들이 무엇을 표현하는지를 묻는 주관식 이유 진술에서 '고체, 액체, 기체를 이루고 있는 입자' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 수업 전 5.9%에서 수업 후 44.1%로, 비교집단은 수업 전 0%에서 수업 후 29.4%로 증가하였다. 또한 도형들 사이의 빈 공간에는 무엇이 있다고 생각하는지를 묻는 주관식 이유 진술에서 '고체, 액체, 기체를 이루고 있는 아무것도 없다' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 수업 전 5.9%에서 수업 후 61.8%로, 비교집단은 수업 전 11.8%에서 수업 후 29.4%로 증가였다.

그러나 그림에서의 도형을 '고체, 액체, 기체 속의 물질', '기체, 액체, 기체를 표현' 이라고 막연하게 설명하는 경우가 있었으며, 도형들 사이의 빈 공간에는 '공기', '물' 등이 들어있다고 대답하는 경우가 있어 여전히 입자에 대한 개념이 정립되어 있지 않음을 알 수 있었다.

[표 5] 물질 사이의 빈 공간에 대한 이유 진술 내용

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
문 항 5	액체물질	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	기체 사이에는 고체, 고체 사이에는 기체, 액체 사이에는 고체가 있을 것 같다	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	공기	8(23.5)	8(23.5)	10(29.4)	10(29.4)
	아무것도 없다	2(5.9)	21(61.8)	4(11.8)	10(29.4)
	물	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	2(5.9)
	물체를 이루고 있는 재료	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	수증기	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	기체	3(8.8)	0(0)	0(0)	2(5.9)
	우리가 잘 모르는 물체	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	물과 공기	2(5.9)	0(0)	4(11.8)	3(8.8)
	여러 가지 물질	0(0)	0(0)	2(5.9)	0(0)
	열에너지	0(0)	3(8.8)	0(0)	0(0)
	우리 손으로 만질 수 없는 무언가가 있다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	고체, 액체, 기체	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	물질 아니면 공기	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
	아주 작고 잘 안보이는 물질	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	여러 가지 혼합 물질	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	딱딱한 물체	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
기타	13(38.2)	2(5.9)	10(29.4)	2(5.9)	

\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

## 2. 물질 내의 열의 이동에 대한 오개념 유형 분석

### 가. 열의 이동

문항 6, 문항 7, 문항 8은 고체에서의 열의 이동에 관한 개념을 알아보기 위한 것으로 문항 6은 손으로 얼음을 만졌을 때 차갑게 느껴지는 이유를 묻는 것이고, 문항 7은 손으로 뜨거운 컵을 만졌을 때 뜨겁게 느껴지는 이유를 묻는 것이며, 문항 8은 똑같은

거리에 있던 촛농을 떨어뜨려서 기울이고 가열하였을 때 가열하는 부분의 위쪽과 아래쪽 중 어느 쪽에 있는 것이 빨리 녹겠는가를 묻는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 분석하면 [표 6], [표 7], [표 8]과 같다.

[표 6] 고체에서의 열의 이동에 대한 이유 진술 내용 1

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
문 항 6	얼음은 차고 손은 따뜻하기 때문에	5(14.7)	1(2.9)	2(5.9)	2(5.9)
	찬 기운이 얼음에서 손으로 전달되어서	10(29.4)	3(8.8)	7(20.6)	7(20.6)
	손은 찬 느낌이 와서 온도가 낮아진다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	손을 얼음에 갖다대면 내 손만 차가워져서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	열을 빼앗겨서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	찬기운이 따뜻한 손에서 따뜻한 기운으로 된다	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	찬 기운은 뜨거운 쪽으로 간다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	손은 차갑게 얼음은 뜨겁게 느껴진다	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	얼음을 만진 곳부터 차가워진다.	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	기타	1(2.9)	1(2.9)	4(11.8)	0(0)
	얼음은 차갑고 손은 따뜻해서	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	1(2.9)
	열은 뜨거운 것에서 차가운 것으로 이동되니까 (손의 열을 얼음에게 주어서 열을 잃어 버려서)	4(11.8)	15(44.1)	3(8.8)	9(26.5)
	찬 기운은 따뜻한 기운 쪽으로 가지 못해서 온도가 비슷해질때까지 기다려야 한다.	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	기타	1(2.9)	3(8.8)	1(2.9)	3(8.8)
	얼음은 차갑지만 손은 따뜻해서 온도가 다르기 때문에	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	열이 이동되니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	손으로 얼음을 마지면 녹고 얼음이 녹으면 손이 차가워짐	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
	손은 따뜻 얼음이 차가우니까 열이 이동되면서 얼음이 차츰 녹고 우리 손은 차가워지기때문	4(11.8)	2(5.9)	3(8.8)	0(0)
	찬 기운이 손으로 가고 따뜻한 기운이 얼음으로 가는 것 같아서	4(11.8)	0(0)	4(11.8)	4(11.8)
	손에는 따뜻한 온기가 있고 얼음에는 차가운 냉기가 있기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	뜨거운 것은 찬 곳으로 찬 기운은 따뜻한 곳으로 이동	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	0(0)
	찬 기운이 전달되어 따뜻한 기운이 빠져나가니까	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	기타	2(5.9)	3(8.8)	3(8.8)	2(5.9)
	4	무응답	0(0)	0(0)	3(8.8)

\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

[표 7] 고체에서의 열의 이동에 대한 이유 진술 내용 2

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
분 항 7	차가운 것에 뜨거운 것이 닿으면 따뜻해져서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	둘 다 뜨거워 더 열이 나서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	손보다 컵이 뜨겁고 더센 기운이 약한 곳으로 간다	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
	손은 차갑고 컵은 뜨거워서	2(5.9)	2(5.9)	3(8.8)	4(11.8)
	뜨거울수록 차가운 기운으로 가기때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	손의 찬 기운은 아래로 내려가고 따뜻한 기운이 전달되었기 때문에	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	열은 뜨거운 곳에서 찬 곳으로 이동하니까 (컵의 따뜻한 열이 차가운 손으로 전달되어서)	15(44.1)	23(67.6)	8(23.5)	13(38.2)
	1 차가운 기운은 뜨거운 기운이 갈 수 없어서 갈아질 때까지 기다린다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	열의 이동 때문에	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	이동되는 것 때문에	0(0)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
	손만 뜨겁다	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
	뜨거운 컵의 열이 찬 손을 뜨겁게 하니까	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	뜨거운 컵의 열 때문에 손에 열이 생겨서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	손의 찬 기운이 흡수해서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	손의 열이 올라서	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	기타	1(2.9)	1(2.9)	6(17.6)	3(8.8)
	2 손은 차고 컵은 뜨거워서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	뜨거운 기운이 찬 기운을 가져가서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	찬기운은 따뜻한 쪽으로 이동하기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
	찬기운이 따뜻하게 되어서	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
	차가운 컵이 뜨거운 컵을 못이겨서 차가운게 물려나서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	찬기운을 내보낸다.	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	기타	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	3 뜨거운 컵을 만지고 있으면 손은 따뜻해지고 컵은 조금씩 식으니까	2(5.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	컵이 뜨거울 때 손이 차가우면 서로 온도가 맞지 않아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	뜨거운 것이 우리 손으로 들어와서 손의 찬 기운이 사라져서 들어오기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	뜨거운 기운과 찬 기운이 손과 컵에 전달되어서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
뜨거운 것은 차가운 곳으로 차가운 것은 따뜻한 곳으로 가는 성질이 있어서	2(5.9)	0(0)	3(8.8)	0(0)	
손에 전달되지만 컵에 따라 다를 것이다.	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
열은 온도가 다른 물체로 이동한다	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
두 기운이 서로 만나서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
뜨거운 기운과 찬기운이 서로 전달되어서	0(0)	0(0)	0(0)	2(5.9)	
기타	2(5.9)	2(5.9)	3(8.8)	2(5.9)	
4 무응답	2(5.9)	2(5.9)	1(2.9)	1(2.9)	

\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

[표 8] 고체에서의 열의 이동에 대한 이유 진술 내용 3

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단		
		수업전	수업후	수업전	수업후	
문 항 8	열이 옆쪽으로 가는 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	가 쪽이 아래로 기울어져 있어서	4(11.8)	3(8.8)	6(17.6)	3(8.8)	
	열은 밑으로 먼저 이동하기 때문에	4(11.8)	6(17.6)	5(14.7)	1(2.9)	
	가 촛농이 더 가까운 것 같아서	2(5.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
	가열한 것은 아래로 먼저 내려가기 때문	0(0)	0(0)	0(0)	3(8.8)	
	아래부터 열을 받아서	3(8.8)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
	밑이 더 빨리 가열된다	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	
	뜨거운 공기는 찬 곳으로 가기 때문에	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
	열이 가쪽으로 쏠릴 것 같아서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
	밑에 있다가 위로 올라간다	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	열은 올라가지 못하고 내려간다	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	사람이 위로 올라갈때는 힘들고 내려갈때는 쉽듯이 촛농을 녹이는 열도 쉬운 아래로 더 빨리 내려간다	0(0)	0(0)	2(5.9)	3(8.8)	
	뜨거운 열기는 올라가지 않기 때문	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	기타	2(5.9)	3(8.8)	2(5.9)	2(5.9)	
	2	나 촛농이 더 가까운 것 같아서	2(5.9)	2(5.9)	4(11.8)	2(5.9)
		뜨거운 열은 위로 더 빨리 전달되어서	5(14.7)	4(11.8)	2(5.9)	2(5.9)
		열은 밑에서 위로 이동하므로	2(5.9)	3(8.8)	3(8.8)	4(11.8)
		따뜻한 공기는 위로 올라가서	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	0(0)
		기타	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	1(2.9)
	3	기울어져 있을 뿐 거리는 똑같기 때문에	7(20.6)	7(20.6)	4(11.8)	9(26.5)
기타		0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
4	무응답	0(0)	0(0)	3(8.8)	1(2.9)	

※ 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

문항 6에서 '손의 따뜻한 기운이 열음으로 지나갔기 때문에' 라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '열은 뜨거운 것에서 차가운 것으로 이동되니까(손의 열을 열음에게 주어서 열을 잃어 버려서)' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 수업 전 11.8%에서 수업 후 44.1%로, 비교집단은 수업 전 8.8%에서 수업 후 26.5%로 증가하였다.

문항 7에서 '컵의 뜨거운 열이 손으로 전달되었기 때문에' 라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '열은 뜨거운 곳에서 찬 곳으로 이동하니까(컵의 따뜻한 열이 차가운 손으로 전달되어서)' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 44.1%에서 수업 후 67.6%로, 비교집단은 23.5%에서 38.2%로



증가하였다.

문항 8에서 '동시에 녹는다' 라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '기울어져 있을 뿐 거리는 똑같기 때문에' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 20.6%에서 수업 후 20.6% 그대로였고, 비교집단은 11.8%에서 26.5%로 증가하였다.

위의 세 문항의 주관식 이유 진술 내용을 보면 열을 에너지의 한 형태로 생각하지 아니하고 장소의 개념으로 생각하여 '차가운 열이 따뜻한 곳으로 이동한다' 라고 생각하거나, 열을 고온체에서 저온체로 이동하는 일방적인 흐름이라 생각하지 아니하고 고온체와 저온체를 동시에 이동하는 쌍방 대립적인 흐름으로 생각하여 '차가운 열이 열음에서 손으로 가서 손은 차가워지고 따뜻한 열은 손에서 열음으로 가서 열음이 녹는다' 라고 생각하는 경우도 있었다. 또 열의 이동을 중력의 개념과 연결지어 '아래로 내려가는 것이 더 쉬워서 열도 아래로 내려간다' 라고 생각하거나, '열은 위로 더 빨리 전달되어서', '따뜻한 공기는 위로 올라가므로' 등의 오개념을 가지고 있었으며 문제에서 주어진 조건을 파악하지 못하고 '가 촛농이 더 가까워서', '나 촛농이 더 가까워서' 등으로 답한 경우도 있었다.

문항 9, 문항 10은 기체에서의 열의 이동에 관한 개념을 알아보기 위한 것으로 문항 9는 훈훈한 방과 추운 방 사이의 구멍에서의 공기의 이동을 묻는 것이고 문항 10은 보일러가 깔려있는 방에서의 공기의 이동을 묻는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 분석하면 [표 9], [표 10]과 같다.

문항 9에서 '훈훈한 방의 공기가 추운 방으로 움직인다'라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '열은 따뜻한 쪽에서 차가운 쪽으로 이동하니까'라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단과 비교집단 모두 0%에서 실험집단은 26.5%로, 비교집단은 8.8%로 증가하였다.

문항 10에서 '밑에 있던 공기가 따뜻해져서 위로 올라간다'라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '공기는 따뜻해지면 위로 올라가는 성질이 있어서', '따뜻한 공기가 위로 열을 전달하려고 올라가서', '뜨거운 공기는 차가운 쪽(위쪽)으로 올라가서'라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 26.5%에서 32.4%로 증가하였고, 비교집단은 35.3%에서 26.5%로 감소하였다. 비교집단에서 과학적 개념의 정답률이 감소한 것은 기체의 열의 이동인 대류의 개념과 고체의 열의 이동인 전도를 혼동한 결과인 것 같다.

[표 9] 기체에서의 열의 이동에 대한 이유 진술 내용 1

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단		
		수업전	수업후	수업전	수업후	
문 항 9	1	공기는 따뜻한 쪽에서 차가운 쪽으로 가니까	5(14.7)	3(8.8)	0(0)	3(8.8)
	열은 따뜻한 쪽에서 차가운 쪽으로 이동하니까	0(0)	9(26.5)	0(0)	3(8.8)	
	훈훈한 방의 따뜻한 온도가 열을 전해주기 위해	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	따뜻한 온기가 찬 온기보다 움직임이 활발해서	0(0)	0(0)	0(0)	2(5.9)	
	추운 방의 온도가 강하니까	0(0)	2(5.9)	0(0)	0(0)	
	따뜻한 것이 섞여서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	따뜻한 공기가 열이 강하니까	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	
	추운 공기는 이동하지 않고 따뜻한 공기는 이동하니까	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	기타	2(5.9)	3(8.8)	4(11.8)	0(0)	
	2	차가운 공기가 뜨거운 공기를 녹이니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	집에서 겨울에 문을 열면 찬 공기가 집안으로 들어오기 때문에	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
	추운 방의 공기가 훈훈한 방으로 가고 그 다음에 훈훈한 방의 공기가 추운방으로 간다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	열은 따뜻한 곳으로 가서 위로 올라간다	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
	훈훈한 방이 차가워진다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	뜨거운 열이 차가운 열을 빼앗아서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
	공기는 추운 쪽에서 따뜻한 쪽으로 이동한다	2(5.9)	2(5.9)	2(5.9)	1(2.9)	
	추운 기운은 훈훈한 기운을 받으면 추운 기운이 훈훈한 기운이 된다	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
	따뜻한 공기는 위로 올라가기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
	차가운 공기는 위로 올라가고 그 사이를 차가운 공기로 매워주기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
	찬 공기는 아래 있기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
	무응답	7(20.6)	1(2.9)	7(20.6)	4(11.8)	
	3	문 하나를 사이에 두고 있어서 동시에 움직임	4(11.8)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	훈훈한 방의 공기가 추운 방으로 추운 방의 공기가 훈훈한 방으로 움직인다	3(8.8)	0(0)	2(5.9)	1(2.9)	
	두 공기가 섞일 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	따뜻한 공기는 차가운 쪽으로 차가운 공기는 따뜻한 쪽으로 이동하는 성질이 있어서	3(8.8)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
	따뜻한 공기는 위로 가고 차가운 공기는 밑으로 간다.	0(0)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	
	훈훈한 방의 공기가 빠져 나가서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	똑 같은 공기여서	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	
	한 쪽만 움직이면 한쪽이 진공 상태가 되어서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	동시에 열었기 때문에	0(0)	3(8.8)	0(0)	0(0)	
	대류 현상이 일어나서	0(0)	0(0)	2(5.9)	0(0)	
	기타	0(0)	1(2.9)	4(11.8)	5(14.7)	
	4	무응답	4(11.8)	4(11.8)	6(17.6)	6(17.6)
공기는 위와 아래로만 움직인다	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)		

\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

[표 10] 기체에서의 열의 이동에 대한 이유 진술 내용 2

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
1	밑에서부터 데워지면 위로 데워지기 때문에	2(5.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	밑에서부터 올라가니까	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	공기가 위로 올라가기 때문에	0(0)	2(5.9)	0(0)	1(2.9)
	보일러가 밑에 있어서 밑에서부터 따뜻해지기 때문에	5(14.7)	9(26.5)	3(8.8)	6(17.6)
	밑에서부터 따뜻해지면 그 공기가 위로 올라가면서 차근차근 따뜻해진다.	11(2.9)	0(0)	0(0)	3(8.8)
	뜨거운 열기가 가까운 곳에 있으니 먼저 뜨거워진다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	밑에서부터 공기가 있으니	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	열은 위로 전달되니까	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	아래에서부터 열이 위로 올라가기 때문	1(2.9)	2(5.9)	0(0)	0(0)
	기타	1(2.9)	3(8.8)	1(2.9)	4(11.8)
2	기타	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
분	공기는 따뜻해지면 위로 올라가는 성질이 있어서	8(23.5)	10(29.4)	12(35.3)	6(17.6)
	열이 이동하니까	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	보일러를 틀면 밑에 있던 공기가 위로 올라가서	0(0)	0(0)	4(11.8)	1(2.9)
	공기는 따뜻한 곳에서 찬 곳으로 이동하니까	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	따뜻해진 공기가 갈 곳이 없어서 돈다	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	보일러가 밑에서부터 가열되어 밑에 있는 공기가 위로 올라갈 것이다.	5(14.7)	1(2.9)	2(5.9)	1(2.9)
	따뜻한 공기가 위로 열을 전달하려고 올라가서	0(0)	0(0)	0(0)	2(5.9)
	밑이 따뜻하고 위가 차갑다	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	밑에서부터 열이 이동하기 때문	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	밑에서부터 차츰 공기가 따뜻하면 방안이 따뜻해지기 때문에	2(5.9)	0(0)	0(0)	0(0)
10	가열하면 커지게 되어 올라간다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	찬공기는 밑으로 따뜻한 공기는 위로 올라가기 때문에	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	아래에 보일러가 따뜻해져서 위에 차가운 곳에 열을 가져다 주기 위해서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	뜨거운 공기는 차가운 쪽(위쪽)으로 올라가서	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
	공기는 움직인다. 열의 이동 방법이랑 같다	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	밑에서 따뜻해지면 올라오는 현상이 있어서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	보일러가 밑에 있기 때문에	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	2(5.9)
	방바닥이 따뜻해지면 의도 따뜻해져서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	보일러가 밑에 있어서 대류현상이 일어나서	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	기타	2(5.9)	3(8.8)	4(11.8)	1(2.9)
3	기타	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
4	기타	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)

※ 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

위 두 문항의 주관식 이유 진술 내용을 보면 일상에서 경험한 내용을 적용하여 '따뜻한 공기가 열이 강하니까' 라고 생각하거나, 고체와 마찬가지로 열을 장소의 개념으로 생각하여 '공기는 따뜻한 쪽에서 차가운 쪽으로 이동하니까' 라고 답하거나, 공기의 움직임은 정해져 있는 것처럼 '공기는 위와 아래로만 움직인다' 라고 답하는 등의 오개념을 가지고 있었다.

[표 11] 액체에서의 열의 이동에 대한 이유 진술 내용 1

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
문 항 11	따뜻한 물이 기온이 높다	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	열은 따뜻한 쪽에서 차가운 쪽으로 움직여서	1(2.9)	8(23.5)	0(0)	4(11.8)
	따뜻한 것이 부피가 늘어나서 차가운 쪽으로 이동	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	우리 몸이 더우면 차가운 쪽으로 가는 것처럼 따뜻한 물이 찬 물 쪽으로 움직인다.	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	차가운 물이 들어와서 차가워진다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	따뜻한 물이 차가운 쪽으로 간다	0(0)	3(8.8)	0(0)	1(2.9)
	열이 더 강하니까	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	온도가 같아질 때까지	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	따뜻한 것이 먼저 움직여서	0(0)	2(5.9)	0(0)	0(0)
	따뜻한 것이 움직임 이 더 활발해서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	기타	1(2.9)	3(8.8)	1(2.9)	0(0)
	섞이기 때문에	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	공기와는 달리 따뜻한 물이 움직이고 그 다음 찬 물이 움직인다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	찬 기온이 따뜻한 쪽으로 가서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	찬물이 물살이 더 세다	2(5.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	물은 공기와 반대일 것 같다	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	찬물이 따뜻한 물 쪽으로 움직이기 때문에	2(5.9)	0(0)	4(11.8)	0(0)
	대류현상이 일어날 수 있어서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	찬 물이 더 차니까	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	기타	0(0)	2(5.9)	0(0)	2(5.9)
	양쪽에서 물이 동시에 움직여서 섞일 것 같다	6(17.6)	3(8.8)	6(17.6)	5(14.7)
	동시에 뚫었으니까 차기가 먼저 가려한다	1(2.9)	3(8.8)	3(8.8)	0(0)
	따뜻한 곳은 올라가려는 성질이 있고 차가운 곳은 내려가려는 성질이 있어서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	같이 움직이며 데워지기 때문에	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	가로막 하나를 사이에 두어서	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
	두 물의 온도가 조금씩 비슷해질 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	차가운 물과 따뜻한 물이 섞여서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
열의 이동과 같으니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)	
구멍을 내면 물이 움직이니까	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
문 항 11	찬물과 따뜻한 물이 만나 미지근해 질 것이다.	0(0)	0(0)	3(8.8)	0(0)
	양쪽에 똑같이 뜨거운 공기와 차가운 공기가 있어서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	물은 움직여서	2(5.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	물은 액체여서 동시에 움직인다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	온도가 달라도 똑같이 움직인다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	한 쪽만 움직이면 사라지게 되어 동시에 움직인다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	따뜻한 것은 차가운 쪽으로 차가운 것은 따뜻한 쪽으로 가는 성질 때문에	2(5.9)	2(5.9)	0(0)	0(0)
	한 쪽 물만 움직이면 넘치기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	물은 기체가 아니기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	막고 있던 것이 풀리니까	0(0)	0(0)	2(5.9)	0(0)
	기타	1(2.9)	2(5.9)	4(11.8)	4(11.8)
4	기타	8(23.5)	0(0)	7(20.6)	5(14.7)

\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

[표 12] 액체에서의 열의 이동에 대한 이유 진술 내용 2

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
문 항 12	위에는 찬 공기 상태로 있으니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	난로가 주전자에 있는 열을 올린다	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	물이 데워지기 때문에	1(2.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	공기가 밑에서 위로 이동함	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	물을 끓이면 위에서먼저 기포가 생기니까	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	가까이 있는 것부터 차근차근 따뜻해진다	1(2.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	뜨거운 기온이 밑에서부터 차근차근 올라오기 때문	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	밑에 있는 공기가 위로 차근차근 올라오기 때문에	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	난로가 밑에 있어서 밑에서부터 따뜻해져서	13(38.2)	11(32.4)	18(52.9)	13(38.2)
	밑에서 열이 위로 올라가서	2(5.9)	2(5.9)	2(5.9)	0(0)
	기타	1(2.9)	0(0)	2(5.9)	5(14.7)
2	물은 끓이다보면 위의 가장자리부터 기포가 생기면서 끓으니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	위에 있는 물부터 차근차근 따뜻해진다	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
문 항 12	밑에서부터 데워지면서 따뜻해지면 차가운 위쪽으로 가는 성질이 있기 때문에	1(2.9)	5(14.7)	2(5.9)	2(5.9)
	물은 따뜻한 물이 돌고 도니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	밑에 있던 물이 끓어 수증기가 되어 하늘로 올라가니까	2(5.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	밑에 있던 물이 끓으면서 위로 올라가기 때문에	0(0)	2(5.9)	0(0)	0(0)
	밑에 있던 뜨거운 공기가 위로 올라가서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	따뜻해진 공기는 위로 올라가는 성질이 있어서	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	뜨거워져서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	위의 찬 물에 열을 주기 위해서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	열의 이동과 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	따뜻한 것은 차가운 것으로 차가운 것은 따뜻한 것으로 가는 성질 때문에	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	대류현상 때문에	0(0)	1(2.9)	0(0)	3(8.8)
	4	밑에 있는 물이 끓면서 위로 올라오기 때문에	0(0)	1(2.9)	0(0)
공기처럼 따뜻해지면 위로 올라감		0(0)	1(2.9)	2(5.9)	1(2.9)
열은 밑에 있고 주전자에 있는 물은 아래서부터 따뜻해질 것이다.		0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
밑에 있는 물이 따뜻해져서		1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
물을 끓일 때 기포가 위로 올라가는 현상을 보고		1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
난로가 밑에 있어서	0(0)	3(8.8)	1(2.9)	2(5.9)	
기타	1(2.9)	2(5.9)	3(8.8)	1(2.9)	
4	무응답	3(8.8)	0(0)	3(8.8)	0(0)

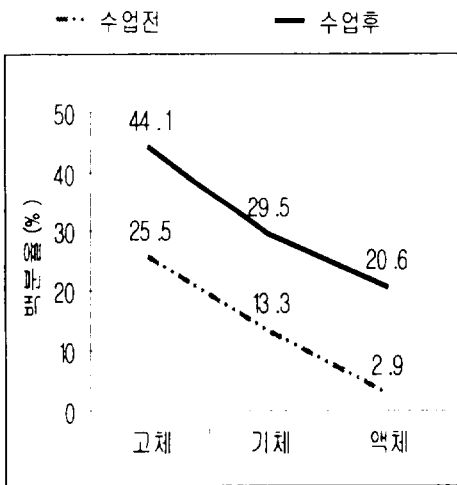
※ 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

문항 11, 문항 12는 액체에서의 열의 이동에 관한 개념을 알아보기 위한 것으로 문항 11은 가로막 하나를 사이에 두고 한 쪽에는 따뜻한 물, 다른 한 쪽에는 찬 물이 들어 있는데 그 가로막에 구멍이 생겼을 때의 물의 이동을 묻는 것이고 문항 12는 주전자를 난로 위에 두고 끓일 때의 주전자 안의 물의 이동을 묻는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 분석하면 [표 11], [표 12]와 같다.

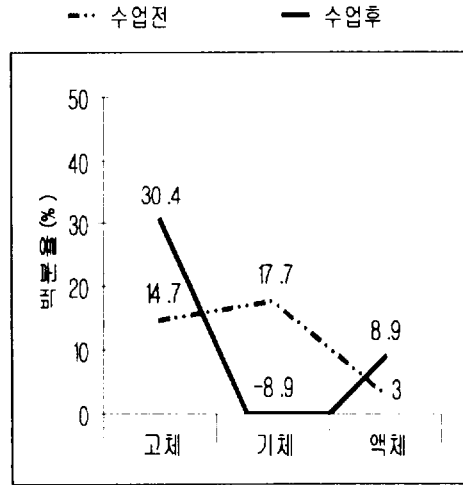
문항 11에서 '따뜻한 물이 찬 물 쪽으로 움직인다' 라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '열은 따뜻한 쪽에서 차가운 쪽으로 움직여서' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 2.9%에서 23.5%로, 비교집단은 0%에서 11.8%로 증가하였다.

문항 12에서 '밑에 있던 물이 따뜻해져서 위로 올라간다' 라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '밑에서부터 데워지면서 따뜻해지면 차가운 위쪽으로 가는 성질이 있기 때문에', '위의 찬 물에 열을 주기 위해서' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 2.9%에서 17.6%로 증가하였고, 비교집단은 5.9%에서 5.9%로 변화가 없었다.

위의 두 문항의 주관식 이유 진술 내용을 보면 일상생활의 경험을 문제 해결에 적용하여 '보일러가 밑에 있어서 밑에서부터 차근차근 따뜻해진다', '액체는 동시에 움직인다', '찬물이 더 세서 찬물이 따뜻한 물로 움직인다', '뜨거운 기운은 밑에서부터 차근차근 올라온다' 등의 오개념을 가지고 있었다.



[그림 4] 실험집단의 열의 이동에 대한 과학적 개념의 정답률



[그림 5] 비교집단의 열의 이동에 대한 과학적 개념의 정답률

문항 6에서 문항 12까지의 열의 이동에 대한 과학적 개념의 정답률의 변화는 [그림 4], [그림5]와 같다.

[그림 4]과 [그림 5]에서 보면 두 집단 모두 기체와 액체에 대한 과학적 개념의 형성이 고체에 비해 낮음을 알 수 있다. 이는 기체와 액체가 우리가 일상 생활에서 많이 직관을 통해서 느낄 수 없는 물질이어서 생기는 오개념이 많았기 때문인 것 같다. 그리고 전체적으로 물질의 구성에 대한 과학적 개념의 정답률은 실험집단에서가 다소 높은 증가를 보였으며 비교집단의 기체에 대한 과학적 개념의 정답률은 오히려 감소하는 경향을 보였다. 이는 고체에서의 열의 이동 방법인 전도와 기체에서의 열의 이동 방법인 대류를 혼동한 결과인 것 같다.

#### 나. 열의 이동 속도

문항 13, 문항 14, 문항 15는 열의 이동 속도에 관한 개념을 알아보기 위한 것으로 문항 13은 기체와 액체의 열의 이동 속도의 차이, 문항 14는 고체와 액체의 열의 이동 속도의 차이, 문항 15는 기체와 고체의 열의 이동 속도의 차이를 묻는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 분석하면 [표 13], [표 14], [표 15]와 같다.

문항 13에서 '물에 담는 것이 빨리 식는다'라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '물의 열의 이동이 빠르기 때문에'라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 수업 전 5.9%에서 수업 후 32.4%로, 비교집단은 수업 전 5.9%에서 수업 후 11.8%로 증가하였다.

문항 14에서 '컵만 차가워졌다'라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '컵의 열의 이동이 빠르기 때문이다'라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단과 비교집단 모두 0%에서 실험집단은 26.5%로, 비교집단은 11.8%로 증가하였다.

문항 15에서 '철판이 스티로폼보다 열을 잘 막아내지 못한다'하고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '철이 열을 더 빨리 전달해서'라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단과 비교집단 모두 2.9%에서 실험집단은 41.2%로, 비교집단은 17.6%로 증가하였다.



[표 13] 기체와 액체의 열의 이동 속도의 차이에 대한 이유 진술 내용

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단		
		수업전	수업후	수업전	수업후	
문 항 13	1	따뜻한 냄비를 물에 두면 물이 따뜻해질 것 같고 공기는 뜨거워지면 위를 올라가 차가운 공기가 되어 내려오기 때문	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		공기는 사방에 깔려 있고 물은 양이 정해져 있어서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		차가운 공기가 주전자 안으로 들어가면 안에서 식혀준다	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		공기는 온도가 잘 변하지 않는다	0(0)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
		물은 한 번 더워지면 오래가기 때문에	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		공기가 열의 이동이 빨라서	2(5.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		뜨거운 공기가 되어 날려 보내려고	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	기타	2(5.9)	0(0)	2(5.9)	2(5.9)	
	2	물은 시원하니까(차가우니까)	4(11.8)	3(8.8)	6(17.6)	3(8.8)
		공기는 분자가 많지 않지만 물은 분자가 많이 차 있어서 더 잘 식혀 줄 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		물이 공기보다 더 빨리 데워지고 식혀지기 때문에	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		물에 놔두면 수증기가 위로 올라가서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		공기 중에 놔두면 공기가 따뜻해질 수도 있어서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		냄비가 뜨거워서 물에게 그 온도를 전해주기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
		물은 공기보다 천천히 따뜻해 지기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		물의 열의 이동이 빠르기 때문에	2(5.9)	11(32.4)	2(5.9)	4(11.8)
		액체 입자가 기체 입자보다 더 많아서 빠를 것 같다	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		물이 뜨거운 쪽으로 이동한다	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	물에 들어가면 불이 꺼지니까	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)	
	기타	7(20.6)	9(26.5)	7(20.6)	9(26.5)	
	3	온도가 같다고 해서	1(2.9)	3(8.8)	4(11.8)	8(23.5)
		공기와 물은 둘 다 똑 같이 식는 성질이 있어서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		기타	1(2.9)	0(0)	2(5.9)	0(0)
	4	무응답	7(20.6)	2(5.9)	4(11.8)	5(14.7)

※ 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

[표 14] 고체와 액체의 열의 이동 속도의 차이에 대한 이유 진술 내용

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단		
		수업전	수업후	수업전	수업후	
문 항 14	1	금방 꺼내면 컵만 차가워지니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		먼저 컵이 차가워지고 컵의 온도로 물이 차가 워진다	2(5.9)	1(2.9)	0(0)	2(5.9)
		컵이 더 바깥쪽에 있으므로	2(5.9)	1(2.9)	3(8.8)	0(0)
		찬 공기가 컵의 뜨거운 온기를 빨아들여서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		컵부터 차가워져서	0(0)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
		컵부터 열이 빠져 나간다	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		컵의 열의 이동이 빠르기 때문에	0(0)	9(26.5)	0(0)	4(11.8)
		양쪽에서 차가운 공기가 와서 차가워진다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		컵이 차가운 공기를 받아서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		컵에서만 열을 빼내어서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	기타	1(2.9)	4(11.8)	0(0)	1(2.9)	
	2	물만 차가워진다	2(5.9)	1(2.9)	1(2.9)	2(5.9)
		컵은 물의 온도에 따라 변하니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	3	냉장고의 찬 공기를 둘 다 받아서	4(11.8)	0(0)	2(5.9)	0(0)
		처음에 물과 컵의 온도가 같았으므로	4(11.8)	0(0)	4(11.8)	2(5.9)
		컵이 차가워지면서 물도 차가워진다	2(5.9)	4(11.8)	0(0)	2(5.9)
		차가운 공기가 컵과 물로 이동하였기 때문에	0(0)	0(0)	0(0)	2(5.9)
		물과 컵이 온도를 같이 빼앗기니까	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		둘 다 같은 온도에 있었기 때문에	1(2.9)	0(0)	3(8.8)	0(0)
		둘 다 냉장고에 들어가면서 뜨거운 열을 냉장 고에 빼앗기 때문에	0(0)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
		물이 차가우면 컵도 차가워지고 컵이 차가우 면 물도 같이 차가워져서	0(0)	0(0)	0(0)	2(5.9)
		차가운 기운이 전달되어서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		냉장고에 있던 차가운게 컵에 전달되고 컵에 있는 차가운 공기가 물한테 전달되어서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
	4	물이 차가워져서 그 물을 담고 있는 컵을 식 혀서	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
		어느 것이 먼저 차가워져도 서로에게 영향을 미치지 않기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		물이랑 컵이랑 온도를 주고 받는다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		컵은 차가워지지만 물은 조금 차가워진다	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		기타	7(20.6)	7(20.6)	7(20.6)	5(14.7)
		컵의 종류에 따라 달라질 것이다	2(5.9)	0(0)	2(5.9)	0(0)
		시간에 따라서 달라질 것이다	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		무응답	3(8.8)	2(5.9)	7(20.6)	5(14.7)

\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

[표 15] 기체와 고체의 열의 이동 속도의 차이에 대한 이유 진술 내용

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단		
		수업전	수업후	수업전	수업후	
문 항 15	1	철판은 구멍이 없어 열을 잘 막아낸다	7(20.6)	1(2.9)	1(2.9)	0(0)
		스티로폼 사이에는 구멍이 있어서 열이 더 빠져 나갈 것 같다	0(0)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
		철판이 열을 잘 받아서	2(5.9)	2(5.9)	6(17.6)	1(2.9)
		스티로폼은 두꺼워서 열을 잘 막아냄	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		스티로폼 보다 물질이 꼭 차 있어서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		스티로폼은 구멍으로 열을 들여보내니까	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		스티로폼은 구멍이 있어서	0(0)	0(0)	1(2.9)	3(8.8)
		철판이 더 빨리 이동시켜서 더 잘 막아낼 것 같다	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	기타	4(11.8)	1(2.9)	3(8.8)	3(8.8)	
	2	철판은 열을 받으면 그 안이 너무 더워서	1(2.9)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
		구멍이 뚫려 있어서	2(5.9)	3(8.8)	1(2.9)	2(5.9)
		스티로폼이 철판보다 두껍기 때문에	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		철판은 열을 빨리 받고 빨리 식기 때문에	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	0(0)
		철판은 구멍도 없고 잘 달구어지기 때문에	2(5.9)	2(5.9)	1(2.9)	1(2.9)
		철판은 열을 잘 받기 때문에	3(8.8)	3(8.8)	3(8.8)	3(8.8)
		철이 열을 더 빨리 전달해서	1(2.9)	14(41.2)	1(2.9)	6(17.6)
		스티로폼은 보온이 된다	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		스티로폼은 꼭신하여서 잘 막을 수 있지만 철판은 리기 때문에 철판은 딱딱해서	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		스티로폼이 열을 잘 빨아들인다	0(0)	0(0)	0(0)	2(5.9)
	3	철판은 빨리 가열되어 뜨겁지만 스티로폼은 구멍이 뚫려 있으니까	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		쇠 자체가 차가워서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		철판은 더 뜨거우려 열이 이동해서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		기타	6(17.6)	1(2.9)	4(11.8)	3(8.8)
		온도가 똑 같을 것 같아서	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		스티로폼과 철판이 같다고 생각해서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
	4	기타	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		무응답	4(11.8)	2(5.9)	6(17.6)	5(14.7)

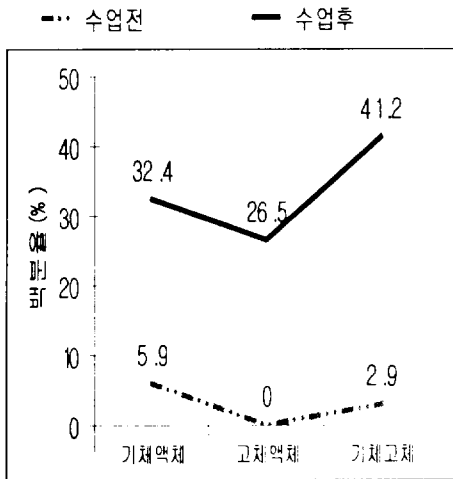
\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

위의 세 문항의 주관식 이유 진술 내용을 보면 여전히 '물은 시원하니까 빨리 식힌다', '공기가 열의 이동이 빠르다', '철판은 열을 잘 받아서 열을 잘 막아내지 못한다', '스티로폼은 두꺼워서 열을 잘 막아낸다', '철판은 단단해서 열을 잘 막아낸다',

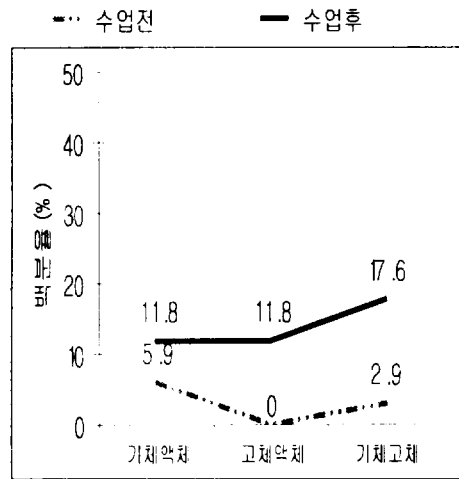
등의 직관과 경험에 의한 오개념을 가지고 있었다. 또한 문항 14에서는 '컵이 더 바깥 쪽에 있어서 빨리 식는다', '컵이 먼저 차가워지고 그 다음에 물이 차가워진다', 등 문제를 바르게 이해하지 못하고 답을 하는 경우도 있었다.

문항 13, 14, 15의 열의 이동 속도에 대한 과학적 개념의 정답률의 변화는 [그림 6] 과 [그림 7]과 같다.

[그림 6]과 [그림 7]에서 보면 실험집단에서가 비교집단보다 과학적 개념의 정답률이 아주 많이 증가했음을 알 수 있다. 이는 과학비유탐구놀이를 게임의 형태로 진행함으로써 학생들이 흥미를 가지고 참여할 수 있게 동기유발이 되었기 때문인 것 같다.



[그림 6] 실험집단의 열의 이동 속도에 대한 과학적 개념의 정답률



[그림 7] 비교집단의 열의 이동 속도에 대한 과학적 개념의 정답률

#### 다. 열평형

문항 16과 문항 17은 열평형에 관한 개념을 알아보기 위한 것으로 문항 16은 찬물과 따뜻한 물에 있는 손을 동시에 미지근한 물에 넣었을 때의 느낌을 묻는 것이고, 문항 17은 차가운 우유를 따뜻한 물에 넣어두었을 때의 온도 변화를 묻는 문제이다. 학생들의 주관식 이거 진술 내용을 분석하면 [표 16], [표 17]과 같다.

[표 16] 열평형에 대한 이유 진술 내용 1

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단	
		수업전	수업후	수업전	수업후
문 항 16	목욕탕에서 있었던 경험에서	1(2.9)	1(2.9)	3(8.8)	0(0)
	물이 섞여지니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	처음의 두 손의 온도가 달라서	2(5.9)	2(5.9)	1(2.9)	1(2.9)
	물의 온도가 다른 상태에서 같은 온도의 물에 넣어서	2(5.9)	0(0)	1(2.9)	1(2.9)
	갑자기 놓으면 그렇게 되고 오래 있으면 미지근해진다	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	점점 식어 한쪽은 따뜻하게 한 쪽은 차갑게 느껴진다.	0(0)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	찬물에 있던 손은 미지근한 물의 열을 받게 되고 따뜻한 물에 있던 손은 열을 미지근한 물에 주기 때문에	1(2.9)	10(29.4)	0(0)	4(11.8)
	뜨거운 열이 빠져나와 찬 쪽으로 가서	0(0)	2(5.9)	0(0)	1(2.9)
	차가운 것과 따뜻한 것이 서로 이동해서	1(2.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	찬 물에 놓았던 손은 온도가 조금 올라간 쪽에 놓았고 뜨거운 물에 놓았던 손은 온도가 좀 내려간 물에 놓았기 때문에	6(17.6)	3(8.8)	5(14.7)	4(11.8)
	기타	1(2.9)	6(17.6)	1(2.9)	3(8.8)
	뜨거운 물은 뜨거워지고 찬 물은 미지근해짐	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	온도가 변하니까	2	0(0)	0(0)	0(0)
	찬 물에 있던 손은 차갑고 따뜻한 물에 있던 손은 따뜻하다	1(2.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)
	따뜻한 물이 온도가 높아서	0(0)	2(5.9)	0(0)	0(0)
	두 쪽이 차이가 나서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
차다가 따뜻한 물에 가면 뜨겁다고 느낌	0(0)	0(0)	2(5.9)	0(0)	
미지근한 물은 열을 더해준다.	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
기타	2(5.9)	0(0)	5(14.7)	1(2.9)	
뜨거운 손이 들어가 물의 온도가 올라가서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
미지근한 물에 넣어서	4(14.7)	1(2.9)	4(14.7)	2(5.9)	
미지근한 물이 찬물에 열을 주어서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
처음의 물의 온도가 달라서	0(0)	1(2.9)	0(0)	0(0)	
열이 이동되니까	0(0)	2(5.9)	0(0)	0(0)	
동시에 넣었기 때문에	0(0)	2(5.9)	0(0)	1(2.9)	
기타	1(2.9)	1(2.9)	5(14.7)	3(8.8)	
4 무응답		10(29.4)	0(0)	4(11.8)	9(26.5)

\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다. 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

문항 16에서 '찬물에 있던 손은 따뜻하게 느껴지고 따뜻한 물에 있던 손은 차게 느껴진다' 라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '찬물에 있던 손은 미지근한 물의 열에너지를 받아 따뜻하게 느껴지고 따뜻한 물에 있던 손은 미지근한 물에

열에너지를 주어서 차게 느껴진다' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단은 수업 전 2.9%에서 수업 후 29.4%로, 비교집단은 수업 전 0%에서 수업 후 11.8%로 증가하였다.

[표 17] 열평형에 대한 이유 진술 내용 2

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분	이유 진술 내용	실험집단		비교집단		
		수업전	수업후	수업전	수업후	
문 항 17	1	물의 양이 더 많아서	2(5.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		우유가 뜨거운 열을 빼내어서	2(5.9)	1(2.9)	0(0)	0(0)
		차가운 우유가 따뜻한 물의 온도를 받아서	2(5.9)	0(0)	3(8.8)	0(0)
		물이 차가운 우유에게 열을 빼앗겨서	2(5.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		물이 뜨거우니까	2(5.9)	2(5.9)	3(8.8)	2(5.9)
		온도가 같으니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		물 때문에 따뜻해 진다	2(5.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		열이 따뜻한 쪽에서 차가운 쪽으로 움직여서	0(0)	5(14.7)	1(2.9)	1(2.9)
		뜨거운 물의 열을 받아서	0(0)	1(2.9)	1(2.9)	1(2.9)
		기타	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	3(8.8)
	2	따뜻한 물의 열이 차가운 우유로 이동하니까	1(2.9)	0(0)	0(0)	1(2.9)
		기타	2(5.9)	2(5.9)	0(0)	0(0)
	3	우유의 차가운 기운이 물로 가고 물의 따뜻한 기운이 우유로 가면서 온도가 같이 섞여져서 미지근해짐.	1(2.9)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		우유는 따뜻해지고 물은 차가워진다	1(2.9)	0(0)	0(0)	0(0)
		차가운 온도에서 열이 전해지면 점점 미지근해짐	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		온도가 왔다갔다 하다가 똑같아 질 것이다	0(0)	1(2.9)	0(0)	2(5.9)
		주위의 온도를 받지 않으니까 중간에서 같아 질 것이다	0(0)	2(5.9)	0(0)	1(2.9)
		물이 차가운 온도를 가져가기 때문에	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)
		물은 차가운 열을 받고 우유는 따뜻한 열을 받아서	5(14.7)	2(5.9)	7(20.6)	4(11.8)
		따뜻한 것은 차가운 쪽으로 가는 성질 때문에 온도가 섞여서	0(0)	1(2.9)	0(0)	1(2.9)
열이 이동하면 온도가 달라지다가 열이 똑같아지면 더 이상 온도가 변하지 않으니까		0(0)	7(20.6)	0(0)	6(17.6)	
서로 영향을 받으니까 시간이 지나면 같아진다		1(2.9)	1(2.9)	2(5.9)	2(5.9)	
4	데워지는 우유는 열을 물에서 뺏아서	0(0)	0(0)	1(2.9)	0(0)	
	기타	5(14.7)	9(26.5)	5(14.7)	7(20.6)	
	무응답	4(11.8)	0(0)	6(17.6)	3(8.8)	

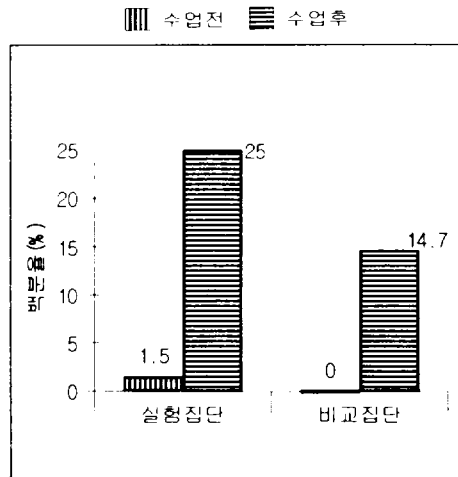
\* 까닭을 쓰지 않은 것, 문제와 관련 없는 대답을 한 것, 그냥, 내 생각이 그래서, 잘 모르겠다, 배워서 등으로 이유를 쓴 것은 기타로 처리함.

문항 17에서 '우유와 물의 온도의 중간쯤에서 갈아진다' 라고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 '열이 이동하면 온도가 달라지다가 열이 똑같아 지면 더 이상 온도가 변하지 않는다' 라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 실험집단과 비교집단 모두 0%에서 실험집단은 20.6%로, 비교집단은 17.6%로 증가하였다.

위의 두 문항의 주관식 이유 진술 내용을 보면 여전히 열을 일방적인 흐름으로 보지 않고 쌍방적인 흐름으로 봐서 '차가운 열이 따뜻한 곳으로 움직이고 따뜻한 열이 차가운 쪽으로 움직인다' 라고 답하거나, '전의 온도와 관련 없이 그 때의 온도만 느낀다', '처음의 온도를 그대로 느낀다', '따뜻한 것이 강하다', '찬 것이 더 강하다' 등의 오개념을 가지고 있는 것으로 나타난다. 또한 '열은 따뜻한 쪽에서 차가운 쪽으로 이동한다' 라고 열의 이동 개념은 가지고 있으나 열평형까지는 생각하지 못하고 답하는 경우도 있었다.

문항 16, 17의 열평형에 대한 과학적 개념의 정답률의 변화는 [그림 8]과 같다.

[그림 8]에서 보면 실험집단에서가 비교집단보다 과학적 개념의 정답률이 다소 많이 증가했음을 알 수 있는데, 이는 열의 이동 속도와 마찬가지로 과학비유탐구놀이를 게임의 형태로 진행함으로써 학생들이 흥미를 가지고 참여할 수 있게 동기유발이 되었기 때문인 것 같다.



[그림 8] 열평형에 대한 과학적 개념의 정답률

3. 과학비유탐구놀이 학습방법의 물질의 구성에 대한 오개념 교정예의 적용 효과 분석

과학비유탐구놀이 학습방법을 적용한 실험집단과 일반적인 학습방법을 적용한 비교집단의 수업 전·후의 물질의 구성에 대한 응답률의 변화는 [표 18]과 같다.

[표 18] 물질의 구성에 대한 응답률

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

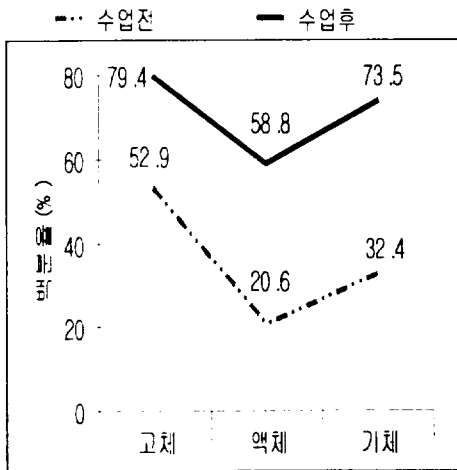
구 분			수업 전	수업 후	유의도	
			빈도수(백분율)	빈도수(백분율)		
물질의 구성	문항 1 (고체)	실험집단	정답	18 (52.9)	27 (79.4)	0.021
			오답	16 (47.1)	7 (20.6)	
		비교집단	정답	19 (55.9)	21 (61.8)	0.622
			오답	15 (44.1)	13 (38.2)	
	문항 2 (액체)	실험집단	정답	7 (20.6)	20 (58.8)	0.001
			오답	27 (79.4)	14 (41.2)	
		비교집단	정답	9 (26.5)	13 (38.2)	0.300
			오답	25 (73.5)	21 (61.8)	
	문항 3 (기체)	실험집단	정답	11 (32.4)	25 (73.5)	0.001
			오답	23 (67.6)	9 (26.5)	
		비교집단	정답	12 (35.3)	19 (55.9)	0.088
			오답	22 (64.7)	15 (44.1)	

물질의 구성에 대한 실험집단과 비교집단의 수업 전·후의 정답률 변화관계를 통계 처리하여 유의도 p를 분석해 보면 [표 18]에서 보는 바와 같다. 문항 1, 문항 2, 문항 3에서 두 집단 모두 정답률이 증가하였으나 문항 1에서 실험집단은  $p(=.021) < .05$ , 비교집단은  $p(=.622) > .05$ , 문항 2에서 실험집단은  $p(=.001) < .05$ , 비교집단은  $p(=.300) > .05$ , 문항 3에서 실험집단은  $p(=.001) < .05$ , 비교집단은  $p(=.088) > .05$ 로서 세 문제에서 모두 실험집단에서는 수업처치 후 통계적으로 유의미한 향상을 보여주고 있으나 비교집단에서는 통계적으로 무의미한 향상을 보여주고 있다. 그러나 [그림 9]와 [그림 10]을 보면 두 집단 모두 사전검사에서 보다는 사후검사에서 정답률이 증가하고 있음을 알 수 있다. 각 집단의 정답률의 증가율을 각각의 물질별로 비교해보면 고체의 구성에 관한 문항(문항 1)에서 실험집단의 정답률은 26.5% 증가, 비교집단의 정답률은 5.9% 증가하고, 액체의 구성에 관한 문항(문항 2)에서는 실험집단의 정답률은 38.2% 증가, 비교집단의 정답률을 11.7% 증가하며, 기체의 구성에 관한 문항(문항 3)에서는 실험집단의 정답률은 41.1% 증가, 비교집단의 정답률은 20.6% 증가하고 있다.

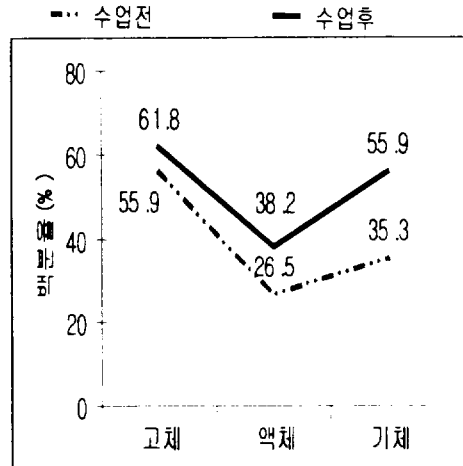


또한 [그림 9]와 [그림 10]에서 보는 바와 같이 고체, 액체, 기체의 구성에 관한 문항의 정답률을 비교하였을 때, 두 집단 모두 사전 검사에서는 고체에서의 정답률이 50%를 넘고 있으나 액체나 기체는 50%가 못되고 있다. 이것은 고체가 학생들이 쉽게 오감으로 확인할 수 있는 대상이기 때문에 기체나 액체보다는 정답률이 다소 높게 나타난 것 같다. 그러나 각 집단의 정답률의 증가를 보면 두 집단 모두 고체에서보다는 액체, 기체에서가 더 높은 향상을 보이고 있는데 이는 학생들이 잘 모르고 있던 개념 들일수록 학습의 효과가 큼을 의미한다. 그리고 두 집단 모두 사후 검사에서도 고체에서의 정답률이 액체, 기체에서보다는 여전히 높게 나타나고 있는데 이는 아무리 수업을 하고 난 이후에라도 학생들이 일상 생활에서 오감을 통해서 느낀 오개념들은 쉽게 과학적 개념으로 바뀌지 않는다는 것을 말해준다.

이로써 물질의 구성에 관한 학습에서는 두 학습방법 모두 효과적이기는 하나 일반적인 학습방법을 적용했을 때보다는 과학비유탐구놀이 학습방법을 적용했을 때가 더 효과적임을 알 수 있다.



[그림 9] 실험집단의 물질의 구성에 대한 정답률



[그림 10] 비교집단의 물질의 구성에 대한 정답률

#### 4. 과학비유탐구놀이 학습방법의 물질 내의 열의 이동에 대한 오개념 교정에서의 적용 효과 분석

##### 가. 열의 이동

과학비유탐구놀이 학습방법을 적용한 실험집단과 일반적인 학습방법을 적용한 비교

집단의 수업 전·후의 열의 이동에 대한 응답률의 변화는 [표 19]와 같다.

[표 19] 열의 이동에 대한 응답률

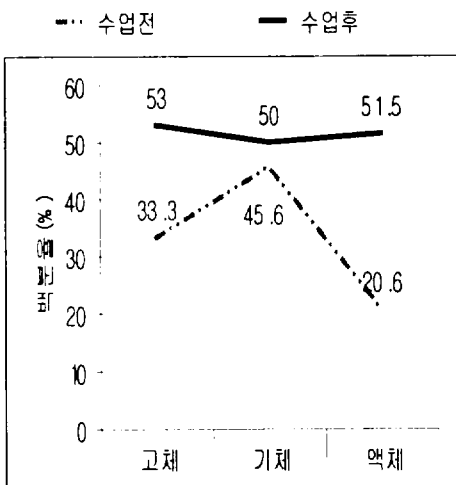
단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분				수업 전		수업 후		유의도
				빈도수(백분율)		빈도수(백분율)		
열의 이동	고체	문항 6	실험집단	정답	5 (14.7)	19 (55.9)	0.000	
				오답	29 (85.3)	15 (44.1)		
		비교집단	정답	5 (14.7)	14 (41.2)	0.028		
			오답	29 (85.3)	20 (58.8)			
		문항 7	실험집단	정답	22 (64.7)	28 (82.4)	0.099	
				오답	12 (35.3)	6 (17.6)		
	비교집단	정답	20 (58.8)	26 (76.5)	0.120			
		오답	14 (41.2)	8 (23.5)				
	문항 8	실험집단	정답	7 (20.6)	7 (20.6)	1.000		
			오답	27 (79.4)	27 (79.4)			
	비교집단	정답	4 (11.8)	9 (26.5)	0.123			
		오답	30 (88.2)	25 (73.5)				
기체	문항 9	실험집단	정답	7 (20.6)	17 (50.0)	0.011		
			오답	27 (79.4)	17 (50.0)			
	비교집단	정답	5 (14.7)	11 (32.4)	0.086			
		오답	29 (85.3)	23 (67.6)				
	문항 10	실험집단	정답	24 (70.6)	17 (50.0)			
			오답	10 (29.4)	17 (50.0)			
비교집단	정답	27 (79.4)	17 (50.0)					
	오답	7 (20.6)	17 (50.0)					
액체	문항 11	실험집단	정답	5 (14.7)	17 (50.0)	0.002		
			오답	29 (85.3)	17 (50.0)			
	비교집단	정답	1 (2.9)	11 (32.4)	0.001			
		오답	33 (97.1)	23 (67.6)				
	문항 12	실험집단	정답	9 (26.5)	18 (52.9)	0.026		
			오답	25 (73.5)	16 (47.1)			
비교집단	정답	9 (26.5)	12 (35.3)	0.431				
	오답	25 (73.5)	22 (64.7)					

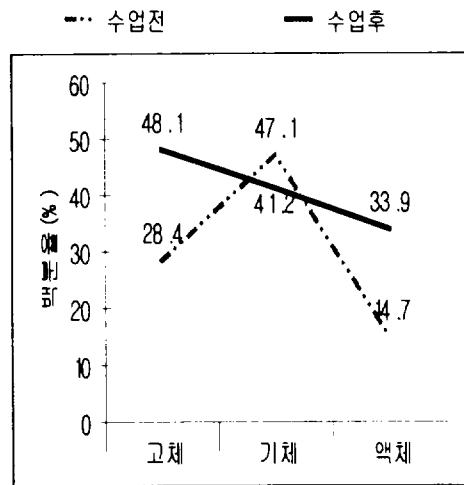
고체에서의 열의 이동에 대한 실험집단과 비교집단의 수업 전·후의 정답률 변화관계를 통계 처리하여 유의도 p를 분석해 보면 [표 19]에서 보는 바와 같다. 문항 6에서 실험집단은  $p(=.000) < .05$ , 비교집단은  $p(=.082) < .05$ , 문항 7에서 실험집단은  $p(=.099) > .05$ , 비교집단은  $p(=.120) > .05$ , 문항 8에서 실험집단  $p(=1.000) > .05$ , 비교집단은  $p(=.123) > .05$ 로서 문항 6에서는 두 집단 모두 수업처치 후 통계적으로 유의미한 향

상을 보여주고 있으나 문항 7과 문항 8에서는 두 집단 모두 통계적으로 무의미한 향상을 보여주고 있다. 그러나 [그림 11]과 [그림 12]에서 보는 바와 같이 문항 6과 문항 7의 사후검사 결과를 보면 두 문항 다 정답률이 증가하고 있다. 문항 6에서는 실험집단의 정답률이 41.2% 증가했고 비교집단의 정답률은 26.5% 증가했다. 문항 7에서는 두 집단 모두 17.7% 증가했으며, 문항 8에서는 실험집단은 사전검사와 사후검사의 정답률의 변화가 없으며 비교집단은 14.7% 증가했다. 그리고 전체적으로는 거의 비슷한 증가율을 보이고 있다.

그런데 두 집단의 사전검사의 정답률을 보면 문항 6과 문항 7이 확연히 차이가 난다. 이는 아직도 학생들이 모든 자연 현상을 자기 중심으로 생각하는 경향이 있어서이다. 즉 문항 6과 문항 7에서 고체의 열의 이동과는 상관없이 차가운 것도 손이 느끼는 것이고 뜨거운 것도 손이 느끼는 것 즉 차거나 뜨거운 기운은 다른 물체에서 내 손으로 오는 것이지 내 손에 있는 기운이 움직이는 것이라고는 생각하지 못하는 것이다. 따라서 문항 6에서는 오히려 '찬 기운이 얼음에서 손으로 전달되었다' 라는 오답률이 수업 전 검사에서 실험집단 47.1%, 비교집단 41.2%로 높게 나타났고 문항 7에서는 '컵의 뜨거운 기운이 손으로 전달되었다' 라는 정답률이 수업 전 검사에서 실험집단 64.7%, 비교집단 58.8%로 높게 나타났다.



[그림 11] 실험집단의 열의 이동에 대한 정답률



[그림 12] 비교집단의 열의 이동에 대한 정답률

이로써 고체에서의 열의 이동에 관한 학습에서는 상황에 따라 두 학습 방법의 효과가 다를 수 있다. 문항 6에서는 두 집단에서 통계적으로 유의미한 향상을 보이거나 실험집단에서의 정답의 증가율이 더 크므로 과학비유탐구놀이 학습방법이 일반적인 학습방법보다 더 효과적이라고 말할 수 있고, 문항 8에서는 통계적으로 무의미한 증가를 보이거나 비교집단에서의 증가율이 더 큰 것으로 보아 일반적인 학습방법이 과학비유탐구놀이 학습방법보다는 조금 효과적이라고 말할 수 있을 것이다. 이는 고체와 관련된 문제에서 얼마나 일상생활과 관련 있느냐 아니면 실험실에서 할 수 있는 실험 문제이냐에 따라 차이가 있는 것으로 보여진다. 즉 우리가 접할 수 있는 일상 생활과 관련된 문제에서는 과학비유탐구놀이 학습방법이 효과가 있으나 과학 실험과 관련된 문제에서는 일반적인 학습방법이 더 효과가 있다는 것이다. 이것은 아직도 학생들이 우리의 일상 생활에서의 과학과 학문으로서의 과학을 관련짓지 못한 결과라고 볼 수 있다.

기체에서의 열의 이동에 대한 정답률을 비교해 보면 특이한 결과가 나온다. 문항 9와 문항 10 모두 기체에서의 열의 이동에 대한 질문인데 문항 9에서는 실험집단은 29.4%, 비교집단은 17.7% 정답률이 증가하고 문항 10에서는 오히려 실험집단은 -20.6%, 비교집단은 -29.4% 정답률이 증가, 즉 감소한다. 이는 기체에서의 열의 이동인 대류와 고체에서의 열의 이동인 전도를 혼동한 결과인 것 같다. 그래서 [그림 12]에서 보는 바와 같이 비교집단의 정답률이 전체적으로는 오히려 감소하는 경향을 보인다. 따라서 문항 9에서만 실험집단과 비교집단의 수업 전·후의 정답률 변화관계를 통계 처리하여 유의도  $p$ 를 분석해 보면 [표 19]에서 보는 바와 같다. 실험집단은  $p(=.011) < .05$ , 비교집단은  $p(=.086) > .05$ 로서 실험집단에서는 수업처치 후 통계적으로 유의미한 향상을 보여주고 있으나 비교집단에서는 통계적으로 무의미한 향상을 보여주고 있다.

이로써 기체에서의 열의 이동에 관한 학습에서는 일반적인 학습방법을 적용했을 때 보다는 과학비유탐구놀이 학습방법을 적용했을 때가 더 효과적임을 알 수 있다

액체에서의 열의 이동에 대한 실험집단과 비교집단의 수업 전·후의 정답률 변화관계를 통계 처리하여 유의도  $p$ 를 분석해 보면 [표 19]에서 보는 바와 같다. 문항 11에서 실험집단은  $p(=.002) < .05$ , 비교집단은  $p(=.001) < .05$ , 문항 12에서 실험집단은  $p(=.026) < .05$ , 비교집단은  $p(=.431) > .05$ 로서 문항 11에서는 두 집단 모두 수업처치 후 통계적으로 유의미한 향상을 보여주고 있으나 문항 12에서는 실험집단에서만 통계적

으로 유의미한 향상을 보여주고 있다. 그러나 각 집단의 정답률을 비교해 보면 문항 11에서는 실험집단은 35.3%, 비교집단은 29.5% 정답률이 증가하고 문항 12에서는 실험집단은 26.4%, 비교집단은 8.8% 정답률이 증가했으며 전체적으로 [그림 11]과 [그림 12]에서 보는 바와 같이 실험집단이 비교집단보다 다소 높은 정답률의 증가를 보이고 있다.

이로써 액체에서의 열의 이동에 관한 학습에서는 두 학습방법 모두 효과적이기는 하나 전체적으로는 일반적인 학습방법을 적용했을 때보다는 과학비유탐구놀이 학습방법을 적용했을 때가 더 효과적이다. 그러나 상황에 따라 일반적인 학습방법을 적용했을 때가 효과적일 수도 있다.

나. 열의 이동 속도

과학비유탐구놀이 학습방법을 적용한 실험집단과 일반적인 학습방법을 적용한 비교집단의 수업 전·후의 열의 이동 속도에 대한 응답률의 변화는 [표 23]과 같다.

[표 20] 열의 이동 속도에 대한 응답률

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

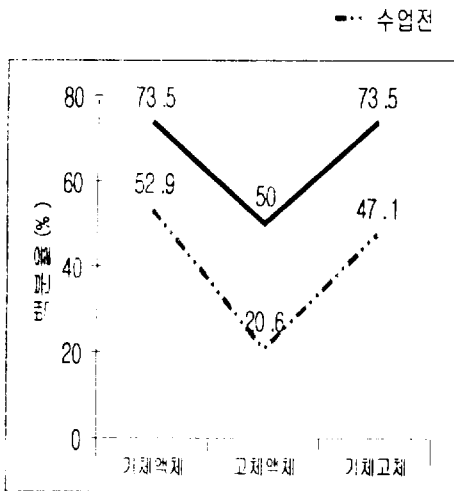
구 분			수업 전		수업 후		유의도
			빈도수(백분율)	빈도수(백분율)	빈도수(백분율)	빈도수(백분율)	
열의 이동 속도	문항 13 (기체, 액체)	실험집단	정답	16 (47.1)	25 (73.5)	0.026	
			오답	18 (52.9)	9 (26.5)		
		비교집단	정답	15 (44.1)	18 (52.9)	0.467	
			오답	19 (55.9)	16 (47.1)		
	문항 14 (고체, 액체)	실험집단	정답	7 (20.6)	17 (50.0)	0.011	
			오답	27 (79.4)	17 (50.0)		
		비교집단	정답	4 (11.8)	10 (29.4)	0.072	
			오답	30 (88.2)	24 (70.6)		
	문항 15 (기체, 고체)	실험집단	정답	16 (47.1)	25 (73.5)	0.026	
			오답	18 (52.9)	9 (26.5)		
		비교집단	정답	14 (41.2)	20 (58.8)	0.146	
			오답	20 (58.8)	14 (41.2)		

열의 이동 속도에 대한 실험집단과 비교집단의 수업 전·후의 정답률 변화관계를 통계 처리하여 유의도 p를 분석해 보면 [표 20]에서 보는 바와 같다. 문항 13, 문항 14, 문항 15에서 두 집단 모두 정답률이 증가하였으나 문항 13에서 실험집단은

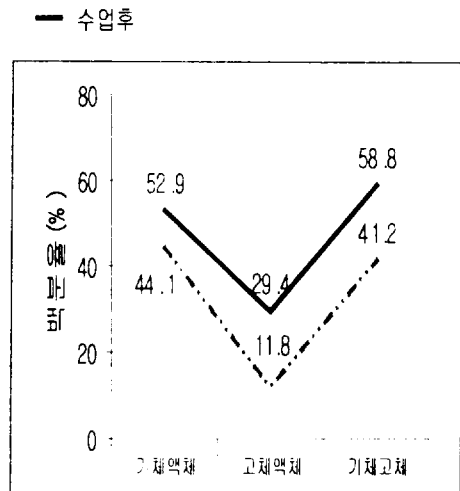
$p(=.026) < .05$ , 비교집단은  $p(=.467) > .05$ , 문항 14에서 실험집단은  $p(=.011) < .05$ , 비교집단은  $p(=.072) > .05$ , 문항 15에서 실험집단  $p(=.026) < .05$ , 비교집단은  $p(=.146) > .05$ 로서 세 문제에서 모두 실험집단에서는 수업처치 후 통계적으로 유의미한 향상을 보여주고 있으나 비교집단에서는 통계적으로 무의미한 향상을 보여주고 있다.

그러나 다소 차이가 있기는 하나 [그림 13]과 [그림 14]에서 보는 바와 같이 두 집단 모두 정답률이 증가하고 있다. 문항 13에서 실험집단의 정답률은 26.4%, 비교집단의 정답률은 8.8% 증가하였고, 문항 14에서는 실험집단의 정답률은 29.4%, 비교집단의 정답률은 17.6% 증가하였고, 문항 15에서는 실험집단의 정답률은 26.4%, 비교집단의 정답률은 17.6% 증가하였다.

이로써 열의 이동 속도에 관한 학습에서는 두 학습방법 모두 효과적이기는 하나 일반적인 학습방법을 적용했을 때보다는 과학비유탐구놀이 학습방법을 적용했을 때가 더 효과적임을 알 수 있다.



[그림 13] 실험집단의 열의 이동 속도에 대한 정답률



[그림 14] 비교집단의 열의 이동 속도에 대한 정답률

#### 다. 열평형

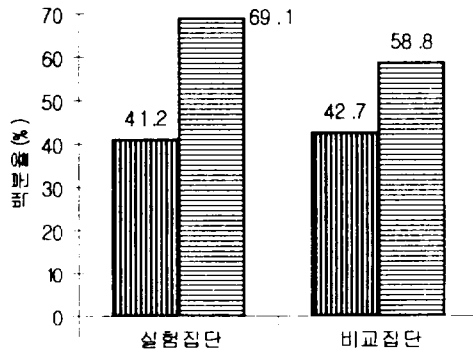
과학비유탐구놀이 학습방법을 적용한 실험집단과 일반적인 학습방법을 적용한 비교집단의 수업 전·후의 열평형에 대한 응답률의 변화는 [표 21]과 같다.

[표 21] 열평형에 대한 응답률

단위 : 빈도수는 명(백분율은 %)

구 분			수업 전		수업 후		유의도
			빈도수(백분율)		빈도수(백분율)		
열평형	문항 16	실험집단	정답	15 (44.1)	24 (70.6)	0.027	
			오답	19 (55.9)	10 (29.4)		
	비교집단	정답	11 (32.4)	17 (50.0)	0.139		
		오답	23 (67.6)	17 (50.0)			
문항 17	실험집단	정답	13 (38.2)	23 (67.6)	0.015		
		오답	21 (61.8)	11 (32.4)			
	비교집단	정답	18 (52.9)	23 (67.6)	0.215		
		오답	16 (47.1)	11 (32.4)			

▨ 수업전 ▩ 수업후



[그림 15] 열평형에 대한 정답률

열평형에 대한 실험집단과 비교집단의 수업 전·후의 정답률 변화관계를 통계 처리하여 유의도 p를 분석해 보면 [표 21]에서 보는 바와 같다. 문항 16, 문항 17에서 두 집단 모두 정답률이 증가하였으나 문항 16에서 실험집단은  $p(=0.027) < 0.05$ , 비교집단은  $p(=0.139) > 0.05$ , 문항 17에서 실험집단은  $p(=0.015) < 0.05$ , 비교집단은  $p(=0.215) > 0.05$ 로서 두 문제에서 모두 실험집단에서는 수업처치 후 통계적으로 유의미한 향상을 보여주고 있으나 비교집단에서는 통계적으로 무의미한 향상을 보여주고 있다. 그러나 [표 21]에서 보는 바와 같이 열평형에 관한 두 집단의 사후검사의 결과를 보면 거의 비슷한 증가

을 보인다. 문항 16에서 실험집단의 정답률은 26.5%, 비교집단의 정답률은 17.6% 증가하였고, 문항 17에서는 실험집단의 정답률은 29.4%, 비교집단의 정답률은 14.7% 증가하였다. 그리고 전체적으로는 [그림 15]에서 보는 바와 같이 실험집단의 정답률이 조금 더 많이 증가하였다.

이로써 열평형에 관한 학습에서는 두 학습방법 모두 효과적이기는 하나 일반적인 학습방법을 적용했을 때보다는 과학비유탐구놀이 학습방법을 적용했을 때가 더 효과적임을 알 수 있다.

## VI. 결론 및 제언

### 1. 결 론

본 연구의 목적은 형식적 조작을 요하는 추상적인 과학적 개념의 학습을 위하여 구안된 과학비유탐구놀이 학습방법을 교육현장에 적용해보고 그 효과를 알아보는데 있다. 즉 과학교육의 현장에서 초등학생들을 대상으로 물질의 구성과 열의 이동에 대해 과학비유탐구놀이 학습방법을 적용해 보고 이를 통하여 물질의 구성과 열의 이동 개념에 대한 학습효과를 통하여 본 학습방법의 효과와 그리고 오개념 교정을 위한 한 학습방법으로써 그 효과를 알아보는 것이었다.

학생들은 학습 전에 이미 나름대로 형성된 개념들과 제공된 새로운 경험들과의 상호작용을 통하여 그들의 개념체계를 재구성하는 과정이라고 보는 것이 구성주의적인 관점이다. 이러한 구성주의적 관점에서 학습의 효과는 학습자의 개념 변화의 양과 질로 평가될 수 있으며, 또한 이들은 학습방법에 의하여 결정된다고 할 수 있다. 따라서 본 연구의 목적이 과학비유탐구놀이 학습방법에 대한 평가의 틀은 자연스럽게 학습의 전과 후의 연구대상 학생들의 개념 변화의 양과 질에 대한 검토로 귀결될 수 있었다.

본 연구의 결과를 종합적으로 분석하면 다음과 같다.

첫째, 물질의 구성에 대한 사전검사와 사후검사 결과를 비교하여 볼 때, 많은 오개념들이 과학적 개념으로 변화하였으나 여전히 다양한 종류의 오개념들을 가지고 있었다. 특히, '고체는 딱딱해 보여서', '고체는 속이 꼭 차있을 것 같아서', '물방울처럼 생겨서', '둥그라미 모양이 액체 같아서', '공기 같아서' 등 물질에 대해 오감을 통해



서 느낀 그대로를 가지고, 또 눈에 보이지 않는 것이므로 동화책 속의 상상의 이미지를 가지고 물질의 내부 상황을 설명하려 하는데서 생긴 오개념들이 대부분이었으며, 또한 여전히 입자에 대한 개념이 정립되어 있지 않는데서 생긴 오개념들이 있었다.

둘째, 물질 내의 열의 이동, 열의 이동 속도, 열평형에 대한 사전검사와 사후검사 결과를 비교하여 보면 많은 오개념들이 과학적 개념으로 변화하였으나 물질의 구성과 마찬가지로 여전히 다양한 종류의 오개념들을 가지고 있었다. 특히,

- ① '차가운 물이 더 세서', '방은 밑에서부터 데워지니까' 등 일상생활의 경험을 문제 해결에 적용하려 하거나,
- ② '뜨거운 물체에서는 뜨거운 열이 차가운 물체에서는 차가운 열이 나온다'고 생각하여 열을 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동하는 에너지의 한 형태로 생각하지 않고 온열과 냉열을 물체의 한 속성을 가진 물질의 형태로 생각하거나,
- ③ '고체에서 아래로 내려가는 것이 쉬우니까 열도 아래로 먼저 내려간다'라고 생각하여 열의 이동에 중력의 개념을 적용하여 문제를 해결하려 하거나,
- ④ '따뜻한 곳', '차가운 곳'이라 하여 따뜻함과 차가움을 물질이 가지는 에너지의 한 형태로 생각하지 않고, 장소의 개념으로 생각하려 하기도 했다.
- ⑤ 또한 '차가운 열이 얼음에서 손으로 가서 손은 차가워지고, 따뜻한 열은 손에서 얼음으로 가서 얼음이 녹는다'라고 하여 열을 고온체에서 저온체로 이동하는 일방적인 흐름이라 생각하지 아니하고 고온체와 저온체를 동시에 이동하는 쌍방 대립적인 흐름으로 생각하거나,
- ⑥ '밑에서부터 열이 이동하니까'라고 하여 기체의 열의 이동 방법인 대류와 고체의 열의 이동 방법인 전도를 혼동하기도 했다.
- ⑥ 이 밖에 문제에서 주어진 조건을 잘 파악하지 못한 경우, 문제를 바르게 이해하지 못한 경우, 열의 이동 개념을 가지고 있으나 열평형까지는 생각하지 못하는 경우 등 다양한 오개념을 가지고 있었다.

셋째, 물질의 구성에 대한 응답을 분석한 결과 과학비유탐구놀이 학습방법을 적용한 실험집단의 경우 수업 전·후를 비교하여 볼 때 통계적으로 유의미한 차이를 보였으나 일반적인 학습방법을 적용한 비교집단의 경우에는 유의미한 차이가 없었다. 그러나 정답률의 빈도분석에서는 두 집단 모두 증가하는 경향을 보였다. 따라서 물질의 구성에 관한 학습에서는 두 학습방법 모두 효과적이기는 하나 일반적인 학습방법보다 과학비유탐구놀이 학습방법이 조금 더 효과적임을 알 수 있다.

넷째, 물질 내의 열의 이동에 대한 응답을 분석한 결과 전체적으로 과학비유탐구놀이 학습방법을 적용한 실험집단의 경우 수업 전·후를 비교하여 볼 때 통계적으로 유의미한 차이를 보였으나, 일반적인 학습방법을 적용한 비교집단의 경우에는 문항에 따라 유의미한 차이를 보이는 경우도 있었고 보이지 않는 경우도 있었다. 그러나 정답률의 빈도분석에서는 두 집단 모두 증가하는 경향을 보였다. 따라서 물질 내의 열의 이동에 대한 개념 형성에는 두 학습방법 모두 효과적이기는 하나 내용에 따라서 과학비유탐구놀이 학습방법이 효과적일 수도 있고, 일반적인 학습방법이 더 효과적일 수도 있다는 것을 알 수 있다.

다섯째, 물질 내의 열의 이동 속도와 열평형에 대한 응답을 분석한 결과 과학비유탐구놀이 학습방법을 적용한 실험집단의 경우 수업 전·후를 비교하여 볼 때 통계적으로 유의미한 차이를 보였으나, 일반적인 학습방법을 적용한 비교집단의 경우에는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 또한 정답률의 빈도분석에서는 두 집단 모두 증가하는 경향을 보였으나 실험집단에서가 조금 더 높은 증가를 보였다. 따라서 물질 내의 열의 이동 속도와 열평형에 대한 개념 형성에는 두 학습방법 모두 효과가 있기는 하나 과학비유탐구놀이 학습방법이 일반적인 학습방법보다 더 효과적임을 알 수 있다.

## 2. 제 언

본 연구의 결과를 바탕으로 과학교육에서의 교사의 역할과 앞으로 계속 이루어져야 할 연구과제에 대해 다음과 같이 제언한다.

첫째, 학습방법의 효과는 모든 교수·학습 과정에서 모든 학생에게 항상 같을 수 없다. 학생과 교사간의 공감대 형성 정도, 학생의 특성, 주위 환경 등에 따라 학습방법의 효과는 달라질 수 있다는 것이다. 따라서 교사는 교수·학습 과정에서 학생들이 가지고 있는 오개념을 과학자적 개념으로 이끄는 데 적용할 적절한 수업 방식의 결정에 능동적이어야 하겠다.

둘째, 학생들이 가지고 있는 오개념을 한번의 교수·학습 과정을 통하여 과학자적 개념으로 변화시킬 수는 없다. 따라서 오개념 교정의 지속적인 지도와 과학의 여러 분야에서의 오개념을 교정할 수 있는 다양한 프로그램과 교수·학습 방법이 개발되어야 하겠다.

셋째, 학생의 개념 연구에 있어서 지필평가 형식의 기술적인 연구만으로는 학생이

가지고 있는 개념의 유형을 정확히 알아내기는 어렵다. 따라서 여러 가지 다양한 방법이 개념 연구에 활용되어야 하겠다.

넷째, 학생의 오개념 형성은 교사의 영향과 무관하지 않다. 교사가 가지고 있는 오개념이 학생에게 어느 정도 전이되고 영향을 주는가에 대한 연구도 필요하겠다.

### 〈참 고 문 헌〉

1. 김도욱(1991), 물개념의 학습에서 오인을 감소시키기 위한 수업모형의 효과, 서울대학교 박사학위논문, pp.65-113.
2. 김도욱(1995), 연소에 대한 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램 적용 효과 - 국민학교 예비교사 대상으로-, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 14(2), pp.135-148.
3. 김영희(1988), 국민학교 아동의 지적 발달 수준과 교과 내용의 수준 비교 연구, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
4. 김현재, 이철이, 채규준(1988), Piaget 사고 유형에 의한 4·6학년 자연과 내용 분석, 과학교육, 통권 281호, pp.91-97 ; 통권 282호, pp.85-89 ; 통권283호, pp.116-122.
5. 김현재, 김한호(1990), 국민학교 아동의 온도 개념 형성에 관한 조사, 한국과학교육학회지, 10(1), pp.95-118.
6. 안상면(1992), 입자론적 물질관에 대한 학생들의 개념 조사, 한국교원대학교 석사학위논문.
7. 이원식, 이상온(1979), Piaget의 발달단계이론과 화학교육, 과학교육연구논총, 서울대학교 사범대학 과학교육연구소, 4(1), pp.13-28.
8. 최재환, 이운환, 김애자(1993), 국민학교 아동의 지적 발달과 자연과 교과서 내용과의 비교, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 12(2), pp.127-144.
9. 한문정(1990), 연소와 녹스는 tus상에 대한 학생들의 개념 조사 - 초·중·고학생을 대상으로-, 서울대학교 석사학위논문.
10. 한안진, 김은숙(1996), 초등학교에서 다루어지는 간단한 전기회로 중심으로 한교육대학교 학생의 전기 및 자기의 이해도 검사, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 15(1), pp.29-44.

11. 현동걸(1998), 과학적 사고력의 신장을 위한 과학비유탐구놀이 학습방법의 구안, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 17(1), pp.61-73.
12. 현동걸(1998), 오개념 교정을 위한 과학비유탐구놀이 학습의 도입에 관한 연구, 제주교육대학교 논문집, 제27집, pp.239-284.
13. 현동걸(2000), 고체물질의 구성과 열전도 개념에 대한 과학비유탐구놀이 학습방법의 적용의 평가 -초등학교 예비교사 대상으로-, 제주교육대학교 논문집, 제 29집, pp.135-169.
14. Nussbaum(1983), J. Classroom conceptual chang: the lesson to be learned from the history of science. In H. Helm and J. D. Novak(es.). Proceedings of the international Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics, Vol. 1, 272-281.
15. Piaget, J. and Inhelder, B.(1958), The growth of logical thinkng from adolescent to childhood, New York: Basic Books Inc.