



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

초등학생들의 낙하운동 개념에 대한  
질적 연구

A Qualitative Study on Concepts of the  
Falling Motion in Elementary School Students

The logo of Jeju National University is a large, stylized 'J' shape. The left side of the 'J' is composed of three curved, overlapping bands in blue, green, and grey. The right side is a solid purple vertical bar. In the center of the 'J' is a smaller logo featuring an open book and the text 'JEJU 1952'.

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

고대권

2009년 8월

석사학위논문

초등학생들의 낙하운동 개념에 대한  
질적 연구

A Qualitative Study on Concepts of the  
Falling Motion in Elementary School Students

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

고대권

2009년 8월

초등학생들의 낙하운동 개념에 대한  
질적 연구

A Qualitative Study on Concepts of the  
Falling Motion in Elementary School Students

지도교수 현 동 결

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

고 대 권

2009년 5월

고대권의

교육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 인

심사위원 인

심사위원 인

제주대학교 교육대학원

2009년 6월

## 목 차

<국문 초록> .....	i
<b>I. 서론</b> .....	1
1. 연구의 필요성 및 목적 .....	1
2. 연구의 제한점 .....	1
<b>II. 이론적 배경</b> .....	3
1. 과학의 개념과 구성주의 이론 .....	3
2. 낙하운동에 대한 과학적 개념의 역사적 배경 .....	5
3. 선행 연구 .....	7
4. 질적 연구 .....	8
<b>III. 연구 방법</b> .....	10
1. 연구대상 .....	10
2. 자료 수집 및 분석 방법 .....	10
<b>IV. 연구 결과 및 논의</b> .....	12
1. 물체의 낙하운동에 대한 학생들의 선개념 .....	12
2. 물체의 낙하운동과 질량의 관계에 대한 학생들의 선개념 .....	23
3. 관성계에서 물체의 낙하운동에 대한 학생들의 선개념 .....	28
4. 학생들의 개인별 선개념 유형의 분석 .....	35
5. 학생들의 공통된 선개념 유형 .....	40
<b>V. 결론 및 제언</b> .....	43
참고문헌 .....	45
ABSTRACT .....	47



## 국문 초록

### 초등학생들의 낙하운동 개념에 대한 질적 연구

고 대 권

제주대학교 교육대학원 초등과학교육전공  
지도교수 현 동 걸

개념학습은 초등학교 과학교육의 핵심이 된다고 할 수 있다. 본 연구는 물체의 운동에 관련된 과학개념학습에 영향을 줄 수 있는 초등학교 아동들이 지닌 자유낙하운동에 대한 아동들의 선개념의 유형과 그 특성을 밝히는 것이다. 이를 위해 질적 연구 방법을 통하여 아동들의 선개념에 대한 유형을 분석하여 오개념 교정의 방법연구에 기초를 마련하고자 하였다.

본 연구는 초등학교 4학년 2명, 5학년 2명, 6학년 2명을 대상으로 낙하이론을 어떻게 이해하고 있는지 인터뷰 장면을 녹음·녹화한 후 녹음 자료를 전사하여 내용을 분석하였다.

공통된 선개념 유형을 살펴보면,

첫째, 학생들은 물체의 낙하운동을 실제의 생활에서 직접 경험으로부터 얻은 지각에 의존하여 자기중심적으로 이해하고 물활론적으로 설명하려 한다.

둘째, 물체가 떨어지는 현상에 대해 지구와 연계하여 설명하지 않고 오직 물체가 떨어지거나 올라가는 현상에만 제한하여 설명하려 한다.

셋째, 물체가 아래로 떨어지는 것은 물체의 특성적인 것으로서 힘의 작용이 없이도 일어나는 아리스토텔레스의 자연적 운동과 유사한 선개념을 지니고 있다.

넷째, 무게는 물체가 아래로 떨어지게 하는 원인으로서 물체가 가지는 고유한 특성으로 생각하고 있으며, 중력과는 다른 물리량으로 생각한다.

다섯째, ‘힘’이란 용어를 물체를 계속 운동하게 하는 요인으로서 공급되거나 소

모되는 양의 개념으로 임페투스적인 개념으로 사용한다.

여섯째, 물체의 낙하운동에서 떨어지는 물체에 있을 수 있는 공기의 영향이라는 특정한 물리적 상황에 초점을 맞추어 생각한다.

일곱째, 공기는 물체가 위에서 아래로 떨어지는 운동을 방해하는 작용을 하는 역할로서 생각하고 있으며, 운동은 공기 중에서만 일어난다고 생각하고, 공기가 없다면 낙하운동이 일어나지 않을 것으로 생각한다.

여덟째, 학생들은 관성계 문제에서 지구가 움직이는 것을 실제의 문제에 적용하지 못하고 자기가 존재하는 공간이나 공간의 모든 것들은 정지해 있다는 자기중심적인 생각을 한다.

이처럼 낙하운동에 대한 잘못된 선개념이 많은 만큼 초등학교 교육과정상에 낙하운동을 직접 체험할 수 있는 실험과 읽을 거리 등을 통해 낙하운동에 대한 기본 개념을 제대로 정립할 필요가 있다.

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

초등학교에서 이루어지는 과학학습의 대부분은 과학개념을 습득하거나 습득할 과학개념 또는 습득한 개념에 밀접한 관련이 있는 학습주제를 택하여 학습활동이 이루어지는 개념학습이다. 따라서 개념학습은 초등학교 과학교육의 핵심이 된다고 할 수 있다. 과학교육에서 과학적 개념을 중시하는 이유는 과학적 개념이 과학적 사실, 법칙이나 원리, 그리고 이론과 함께 과학지식을 이루는 한 요소로서 뿐만 아니라 과학지식을 획득하거나 문제해결능력을 신장시키거나 고차원적인 정신기능을 발달시키는데 전제조건이 되기 때문이다.

선개념은 학습에 영향을 주는 중요한 요인 중의 하나이다(Ausubel, 1968). 학습에 임하는 아동이 배울 학습주제에 대하여 아무것도 모르는 상태가 아니라 학습주제에 대한 나름대로의 선개념을 가지고 있다면, 아동이 배울 학습주제에 관련된 선개념이 무엇인지를 파악하는 것이 중요하다. 그리고 또한 아동이 지닌 선개념이 오개념이거나 낮은 수준의 개념인 경우 이를 교정하는 방법의 연구가 필요하다 하겠다.

본 연구는 물체의 운동에 관련된 과학개념학습에 영향을 줄 수 있는 초등학교 아동들이 지닌 자유낙하운동에 대한 선개념을 조사하기 위한 것으로, 자유낙하운동에 대한 아동들의 선개념의 유형과 그 특성을 밝히는 것이다. 또한 자유낙하운동에 대한 아동들의 선개념은 설문과 통계에 의한 분석이 아닌 심층적인 면담에 의하여 분석하고 종합하는 질적 연구를 통하여 아동들의 선개념에 대한 유형을 찾고 특성을 분석하여 오개념 교정의 방법연구에 기초를 마련하고자 하였다.

## 2. 연구의 제한점

가. 본 연구는 제주도에 소재한 초등학교 학생 6명을 대상으로 이루어진 것이므로

로 전국적으로 일반화하기에는 제한이 따른다.  
나. 본 연구는 남학생 5명, 여학생 1명을 대상으로 하였으므로 남학생과 여학생의 차이를 설명할 수는 없다.



## II. 이론적 배경

### 1. 과학의 개념과 구성주의 이론

개념은 개인을 둘러싸고 있는 문화, 언어, 사회, 자연 등의 여러 환경과의 상호작용에 의하여 형성된다. 학습자인 경우 학교에서 계획적인 학습을 받기 이전에도 주위의 환경과의 직접적이거나 간접적인 상호작용을 통하여 많은 지식을 갖게 된다(Driver, 1968; Driver & Bell, 1985).

개념은 명사형태로 표현되며, 사물, 성질, 현상, 사건 등을 표현하고, 경험한 내용을 단순화하고 이상화시키며, 관찰을 통하여 수집한 과학적 사실과 과학적 사실들 사이의 일련의 관계와 양상의 진술에 이용됨으로써 자연을 탐구하고 이해하는 수단이 되며, 또한 수집된 정보를 조직화하고 체계화함으로써 과학지식의 바탕이 된다.

과학적 개념은 형성되는 원천과 대상에 따라서 구체적 개념과 추상적 개념으로 크게 구분된다. 구체적 개념은 감각적 지각과 관련이 있는 경험적 개념으로서, 직접 경험한 것들 중에서 공통된 내용을 단순화하고 일반화한 관념이다. 추상적 개념은 형이상학적 개념이라고도 하는데, 이는 구체적 개념들을 바탕으로 순수한 사고과정을 통하여 일반화하여 형성된 비교적 복잡한 개념이다.

학습 내용과 관련하여 학습이전의 사전 지식을 선개념(preconception)이라고 한다(조희형, 1984; 김환호, 1991). 초등학교 아동들의 선개념인 경우, 아동 특유의 개인적이며, 일괄성이 부족한 상황의존적이고 쉽게 변하지 않는 안정성을 지닌다(Driver, 1985).

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 왜곡

하게 하며, 문제해결에 어려움을 갖게 한다(조희형, 1984).

Piaget(1964)는 지적 발달의 과정을 그 조작적 특성에 따라 뚜렷이 질적으로 다른 몇 개의 단계, 즉 감각동작단계, 전조작단계, 구체적 조작단계, 형식적 조작단계 등을 거친다고 했다.

인지 구조들은 동화(assimilation)와 조절(accomodation)이라는 과정을 통해 변화한다. 동화는 이미 갖고 있는 도식 또는 체계에 의해 새로운 대상이나 사건을 이해하는 인지 과정이고 조절은 기존의 인지 구조로 주어진 상황에 맞게 기존의 구조를 변화시키는 과정을 말한다. 인지 발달은 동화와 조절의 과정을 거치면서 환경에 적응하려는 끊임없는 노력이라 하겠다. 이와 같은 측면에서 피아제 이론은 구성주의 관점과 일맥상통한다(이영민, 2004).

오수벨(Ausubel, 1968)은 새로 배워야 할 내용들은 학습자들이 이미 가지고 있는 기존의 인지구조와 관련지어질 때, 학습자에게 새로운 의미를 부여하게 되어 학습이 유의미하게 된다고 하였다(권재술 외, 1998).

그는 학습자가 유용하게 사용할 수 있는 개념이나 원리 및 이론 등으로 형성된 학습자의 현 지식체계를 인지구조라고 하였으며 학습과제가 논리적 유의미가를 지니고 학습자가 그와 관련된 인지구조를 가지고 있어야만 유의미한 학습이 이루어질 수 있다고 하였다. 이러한 학습과제를 학습자에 대해 '잠재적 유의미가'를 가진다고 하였다.

'포섭자'란 인지구조 내의 개념이나 아이디어, 정보 등을 의미하는 것으로 새로운 유의미 학습은 이와 같은 포섭과정을 통해 기존 포섭자의 성장과 수정을 가져오게 된다.

선행조직자란 학습하게 될 자료를 학습자가 인지구조 속에 자리매김할 수 있도록 새로운 학습과제를 주기 전에 있게 미리 제시하는 것으로 새로운 학습과제보다 추상성, 일반성이 높은 자료이다. 선행조직자는 이미 알고 있는 지식과 새로운 학습과제를 연결시켜 주는 역할을 한다.

유의미 학습이 진행됨에 따라 포섭 과정을 통해 관련 선행개념이 점진적으로 변화되면서 분화되어 나가는 것을 '점진적 분화'라고 한다. 점진적 분화에 의해 이전에 학습된 개념에 비해 새로운 학습개념이 더 크고 포괄적인 경우에 '상위적 학습'이라 한다. 그리고 학습자가 수용하지 않았던 정보를 인정하게 되는 과

정을 겪게 되는데 이를 ‘통합적 조정’이라 한다(권재술 외, 1998).

따라서 학생들이 수업 이전에 학습할 내용에 대해서 어떠한 개념 구조를 가지고 있는지를 알아보는 것은 오개념 교정에 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다.

## 2. 낙하운동에 대한 과학적 개념의 역사적 배경

비나 눈이 내리거나, 낙엽이 떨어지거나, 폭포에서 물이 떨어지는 등의 높은 곳에 있던 물체가 위에서 아래로 떨어지는 현상을 자유낙하운동이라고 한다. 이러한 물체의 자유낙하운동은 고대로부터 많은 사람들의 관심과 흥미를 끌었으며, 고대 그리스의 아리스토텔레스, 중세의 갈릴레이와 뉴턴에 이르면서 자유낙하운동에 대한 과학적인 개념이 형성되었다. 또한 자유낙하운동에 대한 개념은 물체에 작용하는 힘과 물체의 운동에 대한 여러 개념들을 형성하거나 이해하는데 선구적인 역할을 해왔다.

물체의 자유낙하운동은 누구나 어디에서나 쉽게 관찰할 수 있는 현상으로, 자유낙하운동에 대한 학습 이전의 초등학교 아동들에게도 의식적으로 또는 무의식적으로 일상적으로 경험해왔거나 직접적으로 경험할 수 있는 현상이다. 따라서 아동들은 자유낙하운동에 대한 학습 이전에도 자유낙하운동에 대한 많은 선개념을 지니고 있는 것으로 생각할 수 있다. 또한 아동들이 지닌 자유낙하운동에 대한 많은 선개념은 힘과 운동에 관련된 과학개념학습에서 목표하는 개념을 습득하는데 많은 영향을 줄 것으로 기대할 수 있다.

아리스토텔레스(Aristoteles, B.C. 384-322)는 무거운 물체는 떨어지는 경향이 있고 불처럼 가벼운 물체는 위로 올라가는 성향이 있다고 했다. 이것을 물체의 ‘자연적인 운동’이라고 하였다. 하지만 이와 반대인 강제운동은 말이 있어야 마차가 움직이듯 운동 원인이 있어야 운동이 가능하다고 했다.

그렇다면 던져진 물체가 계속 공중을 날 수 있는 까닭은 무엇인가? 아리스토텔레스는 투사체가 손을 떠나는 순간 교란된 공기가 물체의 뒤로 와서 투사체를 앞으로 나가게 한다고 하였다. 그 추진력이 약해지면 물체는 멈춘다고 하였다. 그리고 물체의 낙하속도는 무게에 비례해서 100배 무거운 물체는 100배 빨리 떨어진다고 하였다.

6세기에 필로포누스(Philoponus c. 630)는 공기 중에서 낙하하는 물체의 속도는 그 물체의 무게에 비례하지 않고 물체의 무게의 차이보다 훨씬 적다고 주장했다. 그리고 공기는 물체를 추진시키는 것이 아니라 오히려 물체의 운동을 방해한다고 하였다.

필로포누스는 투사체가 운동하는 것은 그 물체에 임페투스(Impetus)라는 추진력이 부여되었기 때문이라는 것이다. 그리고 임페투스가 차차 없어지면 물체는 멈춘다고 했다.

갈릴레이(Galileo Galilei, 1564-1642)는 진공에서 물체가 떨어진다면 낙하속도는 비슷할 것이라고 생각하였으며, 공기 중에서 시간차가 나타나는 이유는 공기의 저항 때문이라고 하였다. 갈릴레이는 매끄러운 금속구가 눈금이 그어진 빗면의 일정한 길이를 굴러 떨어지는 데 걸리는 시간을 재는 실험을 하여 모든 물체는 그 무게에 관계없이 동일한 시간에 동일한 거리를 낙하하고, 또한 낙하의 거리는 낙하에 걸린 시간의 제곱에 비례한다는 것, 즉 낙하체의 속도는 시간과 더불어 일정하게 증가한다는 것을 알게 되었다.

뉴턴(Isaac Newton, 1642-1727)은 낙하하는 물체의 속력이 빨라지는 것은 물체의 운동상태의 변화로 뉴턴의 운동 제2법칙에 의하면 힘의 작용이 필요하다고 했다. 이 필요한 힘은 지구와 물체 사이 작용하는 중력으로, 즉 지구가 물체를 끌어당기는 힘이라고 할 수 있다. 이러한 중력의 작용으로 인한 물체의 운동상태의 변화는 뉴턴의 운동 제2법칙에 의하여 가속도로 나타낼 수 있다. 물체의 가속도는 물체가 지구의 중력에 의하여만 떨어진다면 그 가속도의 크기는  $9.8\text{m/s}^2$  으로서 물체의 종류, 형태, 크기, 질량 등과 같은 양에는 관계없는 양으로 나타난다. 이를 중력가속도  $g$ 라고 한다. 가속도는 시간에 따른 속도의 변화율로서, 가속도가 일정하다는 것은 속도가 시간에 따라 일정하게 증가한다는 것을 의미한다.

물체의 자유낙하운동은 그 가속도가 일정하므로 등가속도운동이라고 할 수 있다. 물체가 자유낙하 할 때 가속도  $g=9.8\text{m/s}^2$ 이므로 물체가 자유낙하 하는 속도는  $v=gt$ 로 나타낼 수 있다. 이는 자유낙하 하는 물체가 1초당  $g=9.8\text{m/s}$ 씩 속도가 증가하면서 떨어진다는 것이다. 또한 중력가속도  $g=9.8\text{m/s}^2$ 은 물체의 질량에는 관계 없으므로 어떤 물체든 같은 낙하시간에 따라 속도가 일정하게 증가한

다는 것이다.

물체가 자유낙하 할 때 낙하거리는  $v = \frac{1}{2}gt^2$ 으로 나타낼 수 있다. 이는 물체의 낙하거리가 시간의 제곱에 비례하여 증가한다는 것이다. 이러한 결과는 갈릴레이가 경사면에서의 물체의 운동 실험에서 얻은 물체의 낙하거리는 시간의 제곱에 비례하여 증가한다는 사실을 다시 확인시켜준다.

### 3. 선행연구

장기웅(1999)은 고등학교 1,2학년 128명을 대상으로 한 과학사적 수업을 통한 낙하운동 관련 오인 변화에 관한 연구에서 학생들이 갖고 있는 낙하운동 관련 대표적 오인 여섯 가지를 도출했다. 첫째, 무거운 물체는 가벼운 물체 보다 빨리 떨어진다. 둘째, 진공에서는 중력이 작용하지 않는다. 셋째, 물체는 힘의 방향으로 운동한다. 넷째, 물체는 힘을 획득한다. 다섯째, 운동을 지속시키려면 지속적인 힘이 필요하다. 여섯째, 정지한 물체에는 힘이 작용하지 않는다.

강정우, 강동식, 김홍중(1997)은 중학교 1학년 2개반 65명을 대상으로 한 과학사적 학습지도에 의한 중학생들의 낙하운동 개념 이해 연구에서 사전검사 결과 학생들이 낙하운동에 대해 갖는 개념 유형을 다섯 가지로 정리했다.

첫째, 중력은 지표 가까이 내려올수록 그 세기가 크게 작용한다. 둘째, 진공과 무중력 혼동 셋째, 무거운 물체가 빨리 떨어진다. 넷째, 물체가 운동을 할 때는 반드시 운동하는 방향으로 힘이 작용한다. 다섯째, 정지하고 있는 물체에는 힘이 작용하지 않는다.

이명자(1997)는 무선표집한 1,3,5학년과 중학교 1학년생 80명을 대상으로 한 물체의 자유낙하에 대한 아동의 정신모형 연구에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

초등학교 5학년과 중학교 1학년의 학생들이 초등학교 1학년과 3학년 학생들보다 물체의 자유낙하에 대한 예측율이 높았다. 둘째, 물체의 자유낙하에 대한 예측에 있어서 크기와 무게의 복합문제를 가장 어려워했다. 셋째, 물체의 자유낙하의 관찰에 있어서는 학년간에 차이가 없었다. 넷째, 물체의 자유낙하의 관찰에 있어서 크기와 무게의 복합문제를 가장 어려워했다.

채동현(1992)은 초등학생, 중학생, 고등학생을 대상으로 질문지법과 면접법을

통한 연구를 통하여 중력 현상에 관한 유년적 사고들은 고등학생 때까지 남아 있다고 하였다.

임영택(2003)은 물체의 낙하에 관한 초등학생의 개념 유형과 인지갈등 정도를 양적으로 연구한 결과 물체의 낙하에 대한 개념으로 가장 큰 영향을 주는 변인은 무게 변인이며, 무게가 같은 경우 공기의 저항이 작용할 때는 공기의 작용을 인정하고 있으며, 무게와 공기의 저항 변인이 상충된 문제에서는 무게 변인을 먼저 고려하고 나중에 공기의 저항 변인을 고려하며, 대다수 학생이 많은 혼란을 겪고 있다고 하였다. 다양한 변인이 작용할 때는 자신의 일상생활에서의 경험을 중심으로 해결하려는 경향을 보였다고 하였다.

#### 4. 질적 연구

지금까지의 양적 연구방법으로는 과학교육 현상에 대한 심층적인 이해가 어려웠다는 비판을 받고 있다. 과학교육 연구에서는 학생들이 연구의 주 대상이 되어야 하고 학생 내면의 정신 세계를 심층적으로 연구할 수 있어야 한다. 이러한 연구방법론에 대한 비판적 의식으로 새로운 패러다임(질적 연구)이 적극적으로 일어나게 되었다.

질적 연구는 인류학, 심리학, 사회학으로부터의 수많은 전통들이 있으며, 세상은 떨어져 존재하는 객관적인 것이 아니라, 개인적 상호작용 및 지각과 함수 관계에 있다고 생각한다. 세상은 측량보다는 해석을 필요로 하며 연구는 탐색적이고, 귀납적이며, 결과보다는 과정을 강조한다. 따라서 연구자가 하는 것은 자연적 환경에서 일어나는 것을 관찰하고, 통찰하며, 느끼는 일이며 자연주의적(naturalistic) 탐구이다(Merriam, 1988).

질적 연구는 참여 관찰하면서 연구대상과의 교류를 통해 얻고자 하는 자료를 얻는 연구방법이기 때문에 양적 연구의 연구자들에 비해 질적 연구의 연구자들은 개인적 관여를 하고 편파적인 입장이 된다. 질적 연구자들의 편파적인 입장은 중립적인 위치에서 연구 대상자들의 시각에서 그들을 이해하려고 하는 연구대상자 중심의 사고이다.

질적연구의 목적은 인간행동의 이면에 있는 연구 대상자의 관점을 심층적으로

이해하는데 있다. 실재하는 현상을 그대로 연구하여 얻어지는 여러 가지 자료에 의해 근거 있는 이론을 개발하는 데 있다.

질적 연구에서 자료들은 양화 할 수 없는 현장노트, 사람들이 한 말, 사진 또는 면접, 관찰 등 다양한 방법을 수집된다. 그러나 양적 연구에서 표집은 모집단을 대표할 수 있어야 하므로 많이 신경을 써야한다. 양적 연구에서 표집은 표준화 되어 있고, 실험과 검사와 질문지 등을 통해 수집된다.

질적 연구에서는 연구 대상에 대해 많은 지식이 없으므로 구체적인 설계가 어렵고 설계에 융통성이 있다. 하지만 양적 연구에서는 연구 대상에 대한 많은 지식이 있으므로 구체적으로 계획을 세울 수 있다.

질적 연구에서는 연구자의 역할이 매우 중요하며 연구자는 자연적 상황 속으로 들어가서 매우 철저한 총체적인 기술을 통한 자료 수집 과정을 거쳐서 귀납적으로 그 상황의 '의미'를 파악하는 연구라고 할 수 있다(채동현, 2002).

### Ⅲ. 연구 방법

#### 1. 연구 대상

본 연구는 제주특별자치도 제주시 소재 N초등학교 4학년 2명, 5학년 2명, 6학년 2명을 대상으로 낙하이론을 어떻게 이해하고 있는지 살펴보았다.

4AM은 4학년 남학생으로 과학 성적이 중상위권이며 관찰력이 우수하고 과학에 관심이 있는 편이다. 자영업을 하는 부모님 밑에서 평범하게 자랐으며 장래 희망은 교사이다.

4BF는 4학년 여학생으로 과학 성적은 보통이나 성격이 활발하고 긍정적이며 예술분야에 관심이 많다. 상상력과 표현력이 풍부하며 장래 희망은 무용수이다.

5AM은 5학년 남학생으로 과학 분야의 책을 즐겨 읽으며 조립, 조작하는 활동을 좋아하고 논리적이다. 장래 희망은 프로그래머이다.

5BM은 5학년 남학생으로 전교과 성적이 고루 우수하며 독서량이 많다. 창의적이고 논리적이거나 표현력이 부족한 편이다. 장래 희망은 의사이다.

6AM은 6학년 남학생으로 밝고 활발하며 과학에 관심이 많고 장래 희망은 축구 선수이다.

6BM은 6학년 남학생으로 과학에 관심이 많으며 관찰력이 우수하고 관심분야에 몰두하는 경향이 있다.

낙하운동은 초등학교의 과학교과에서 다루지 않는 분야로 이들은 오직 직접 경험이나 간접경험에 의해 습득될 수 있는 선개념이다. 이러한 선개념이 어떻게 습득되고 변화되는지 알아내기 위하여 4, 5, 6학년 학생들 각 2명씩 선택하였다.

#### 2. 자료 수집 및 분석 방법

정보제공자들이 낙하이론에 대해 어떠한 개념을 가지고 있는지 알아보기 위하여, 디지털 비디오 카메라를 고정 설치하고 녹음기, 면담기록장 등을 준비하고 면담 분위기 형성을 위해 자연스러운 대화를 유도하였다. 면담 전에 학생들에게

설문지를 작성하게 하여 미리 문제에 대해 잠시 사고를 정리할 시간을 주었다.<부록 1 참조>

개인당 면담 시간은 10~12분 정도 소요되었으며 면담 장면을 녹음·녹화한 후 녹음 자료를 전사하여 내용을 분석하였다.



## IV. 연구 결과 및 논의

### 1. 물체의 낙하운동에 대한 학생들의 선개념

#### 가. 학생 4AM

[연구자]: 높은 데에 있던 물체는 아래로 떨어지면서 그 속도가 어떻게 될까?

[학생 4AM]: 빨라질 것 같아요.

[연구자]: 왜?

[학생 4AM]: 위로 올라갈 때는 힘을 많이 쓰지만 아래로 내려올 때는 힘을 전혀 안 쓰고도 내려올 수 있기 때문이에요. 만일 내려갈 때 힘을 더 쓰면 더 빨리 내려갈 수 있기 때문이에요.

[연구자]: 아래로 내려올 때는 힘이 덜 들었어?

[학생 4AM]: 네.

[연구자]: 언제 느껴봤어?

[학생 4AM]: 점프할 때는 좀 힘을 쓰지만 아래로 떨어질 때는 아무 힘도 안 들어요.

[연구자]: 직접 체험해보니까? 그럼 바로 위로 던진 물체가 올라가는 동안 물체의 빠르기는 어떻게 될까?

[학생 4AM]: 느려져요.

[연구자]: 왜?

[학생 4AM]: 힘이 없어서 더 올라가지 못하니까요.

[연구자]: 어떤 힘이지?

[학생 4AM]: 위로 던지는 힘이에요.

[연구자]: 그렇다면 물체는 왜 떨어질까?

[학생 4AM]: 중력 때문이에요.

[연구자]: 중력이 뭔데?

[학생 4AM]: 지구가 끌어당기는 힘이에요.

[연구자]: 그럼 지구가 지금 너도 끌어당기고 있어?

[학생 4AM]: 네 그래서 점프하면 다시 내려와요.

학생 4AM은 ‘높은 데에 있던 물체는 아래로 떨어지면서 그 속도가 어떻게 될까?’ 그리고 ‘바로 위로 던진 물체가 올라가는 동안 물체의 속도는 어떻게 될까?’라는 질문에 높은 데에 있던 물체는 떨어지면서 속도가 증가하며, 바로 위로 던진 물체는 위로 올라가면서는 속도가 감소한다고 대답하였다. 그리고 그 이유를 묻는 질문에 대해서는 ‘위로 올라갈 때는 힘을 많이 쓰지만 아래로 내려올 때는 힘을 전혀 안 쓰고도 내려올 수 있기 때문이라고 설명하고 있으며, 내려올 때 힘을 쓰면 더 빨리 내려올 수 있다고 부가적인 설명을 하였다. 이러한 생각들의 근거로서 일상적이고 직접적인 경험의 예를 들고 있다. 점프를 할 때 높이 오르기 위해서는 힘을 쓰지만 내려올 때는 아무 힘도 안 든다는 직접 경험으로부터 얻은 지각을 바탕으로 설명하고 있다. 또한 위로 올라가는 물체가 속도가 감소하는 이유에 대해서는 힘이 없어서 더 올라가지 못한다고 대답했다. 그리고 이 힘은 물체를 던질 때 힘이라고 대답했다. 그리고 ‘물체가 왜 떨어질까?’라는 추가 질문에 중력 때문이라고 대답했으며, 중력은 지구가 당기는 힘이라고 중력의 의미를 설명했다.

학생 4AM은 직접 경험으로부터 얻은 지각을 바탕으로 아래로 떨어지는 물체와 위로 올라가는 물체의 운동을 이해하려고 한다. 밑으로 떨어지는 물체의 속도가 증가하고 위로 올라가는 물체의 속도가 감소한다는 것을 현상적으로 바르게 대답하고 있다. 그러나 그 이유에 대해서는 과학적인 선개념을 전혀 지니고 있지 않다.

학생 4AM은 높은 곳에 있는 물체가 아래로 떨어질 때는 힘이 전혀 안 든다고 경험적 지각에 의존하여 설명하고 있다. 즉 점프할 때 올라가는 경우에는 힘을 쓰지만 내려올 때는 아무 힘도 안 드는 것으로 지각된 자신의 직접적인 경험을 바탕으로 자기중심적인 설명하고 있다.

‘물체는 왜 떨어질까?’라는 추가 질문에 대하여 학생 4AM은 물체가 떨어지는 원인을 중력으로 대답하고, 중력의 의미를 ‘지구가 당기는 힘’이라고 설명한다. 그러나 앞선 질문들에 대한 대답에서 ‘힘’이란 용어를 빈번히 사용하면서도 ‘중력’이란 용어를 사용하지 않았으며, 물체가 떨어지는 현상을 지구와 연계하여 설명하지 않고 오직 떨어지거나 올라가는 물체에만 제한하여 설명하고 있다.

학생 4AM은 중력이 물체와 지구와의 상호작용의 결과로서 중력이 물체를 위

에서 아래로 운동하게 하는 운동의 요인이라고 생각하며, 중력은 양적인 힘이 아니라 위에서 아래로 떨어지는 물체가 가지는 성질과 같은 정성적인 특성으로 이해하고 있으며, 힘은 오직 감각적으로 느낄 수 있는 힘만으로 제한하여 생각하고 있음을 의미한다고 할 수 있다. 따라서 학생 4AM은 물체가 아래로 떨어지는 것은 물체의 특성적인 것으로서 힘의 작용이 없이도 일어나는 아리스토텔레스의 자연적 운동과 유사한 선개념을 지니고 있다고 말 할 수 있다.

물체가 위로 올라갈 때 속도가 감소하는 이유로서, 학생 4AM은 힘이 없어서 올라가지 못한다고 설명하고 있다. 이러한 설명은 물체는 위로 올라가는 데는 힘을 가지고 있어야 하고, 위로 올라갈수록 물체는 힘이 소모되며, 물체의 속도는 물체에 남아있는 힘의 양에 비례한다는 힘에 대한 개념을 지니고 있다고 생각할 수 있다. 또한 학생 4AM은 ‘힘’이란 용어를 ‘힘을 쓰다’ ‘힘을 안 쓰다’ ‘힘이 들다’ ‘힘이 덜 들다’ 등으로 소모의 개념으로 표현하고 있다. 학생 4AM이 지니는 힘의 개념은 뉴턴이 말하는 물체 사이의 상호작용으로서의 힘이 아니라 물체를 계속 운동하게 하는 요인으로서 공급되거나 소모되는 양의 개념으로 임페투스적인 개념이다.

#### 나. 학생 4BF

[연구자]: 물체를 높은 데에서 아래로 떨어뜨려본 적 있어?

[학생 4BF]: 네, 옥상에 올라갔다가요 재미삼아서 돌 같은 것 던져봤어요.

[연구자]: 그럼 물체가 아래로 떨어질 때는 속도가 어떻게 될까?

[학생 4BF]: 느려져요.

[연구자]: 왜?

[학생 4BF]: 내려오면서요, 힘이 처음에는 처음이기 때문에 세지만 내려오면서 지치니까요, 속도가 느려져요.

[연구자]: 처음엔 왜 힘이 세지?

[학생 4BF]: 우리도 달리기 할 때 처음에는 이기고 싶은 욕심에 막 쉰다가요 점점 힘들고 지치니까 느려지는 것처럼 공도 처음에는 속도가 빨랐다가 점점 지치니까 느려져요.

[연구자]: 그렇다면 바로 위로 물체를 던지면 어떻게 될까? 올라가면서 속도가

어떻게 될까?

[학생 4BF]: 올라갈수록 느려질 것 같은데요.

[연구자]: 왜?

[학생 4BF]: 높은 곳에서 떨어질 때와 같아요.

[연구자]: 물체는 왜 떨어질까?

[학생 4BF]: 우주에서는 공을 던지면 떨어지지 않고 그대로 둥둥 떠있는데요.  
우주에는 공기가 없고요 지구에는 공기가 있으니까요 그 공기 때문에  
떨어질 것 같아요.

[연구자]: 공기가 없다면?

[학생 4BF]: 공기가 없다면 떨어지지 않고 그대로 있을 것 같아요.

학생 4BF는 ‘높은 데에 있던 물체는 아래로 떨어지면서 그 속도가 어떻게 될  
까?’라는 질문에 자신의 직접 경험을 바탕으로 느려질 것 같다고 대답하였으며,  
그 이유로는 물체가 처음에는 힘이 세기 때문에 빨리 떨어지다가 내려오면서  
지쳐서 속도가 느려진다고 설명하고 있다. 그리고 ‘처음에는 왜 힘이 세지?’라는  
추가 질문에는 달리기를 할 때 처음에는 힘이 있어 빨리 달릴 수 있지만 달릴  
수록 힘이 들고 지쳐서 느려지는 자신의 직접 경험의 예를 들어 설명하고 있다.  
또한 ‘바로 위로 던진 물체가 올라가는 동안 물체의 속도는 어떻게 될까?’라는  
질문에도 느려진다고 대답하였으며, 그 이유로도 떨어져 내려오는 경우와 같이  
지쳐서 속도가 느려진다고 설명한다. 그리고 ‘물체가 왜 떨어질까?’라는 추가 질  
문에 학생 4BF는 우주에서 공을 던지면 떨어지지 않고 그대로 둥둥 떠 있다는  
간접 경험을 바탕으로 설명을 하는데, 우주와는 달리 지구에 존재하는 공기 때  
문에 떨어진다고 그 이유를 들고 있다.

학생 4BF는 직접 경험을 근거로 물체가 아래로 떨어지거나 위로 올라갈 때  
모두 속도가 감소하며, 그 이유로는 물체가 아래로 떨어질 때나 올라갈 때 모두  
일관적으로 ‘물체가 힘이 빠지고 지쳐서’라고 설명한다.

학생 4BF는 물체가 떨어지거나 올라가는 현상을 자신이 달리기를 하였을 때  
직접 경험한 지각을 바탕으로 유추하여 일괄되게 설명을 하고 있다. 또한 물체  
의 속도가 감소하는 이유를 ‘물체가 힘들고 지쳐서’ 등으로 의인화하여 몰랐던

적으로 설명을 하는 매우 인간 중심적인 관점에서 물체의 운동을 설명하고 있다. 학생 4BF가 물체의 운동을 물활론적으로 생각하는 것은 아리스토텔레스의 물활론적인 사고와 유사하다. 즉 아리스토텔레스는 높은 곳에서 떨어뜨린 물체가 내려오면서 점점 빨라지는 이유에 대하여 마치 마차를 끌고 먼 길을 온 말이 마구간이 앞에 보이면 온 힘을 다해 마구간을 향하여 더 빨리 달리는 것과 같이 고향인 땅에 가까이 오면 더 빨리 간다고 물활론을 바탕으로 설명하였다(김영식, 1985). 그리고 물체가 떨어질 때 속도가 감소한다는 잘못된 관찰은 학생 4BF의 견고한 물활론에 바탕을 둔 이론의존적인 관찰과 유년적인 상상력의 결과로 여겨진다.

또한 학생 4BF는 물체의 속도가 큰 이유를 물체가 힘이 세기 때문이라는 식으로 설명을 한다. 이것은 속도를 힘에 비례하는 양으로 생각하고 있음을 의미한다. 또한 속도의 감소 원인으로 힘이 소모되어 힘이 약해졌기 때문이라고 하는 대답은 힘은 에너지와 같은 공급과 소모되는 양으로 생각하고 있으며 물체가 계속 운동하기 위해서는 힘의 지속적인 공급이 필요하다는 임페투스적인 개념을 바탕으로 하고 있음을 엿볼 수 있다.

학생 4BF는 우주 공간에서 물체를 던졌을 때 물체가 우주공간에서는 떨어지지거나 다른 운동을 하지 않고 등등 떠 있다고 대답했다. 이유로서 공기가 없기 때문이라고 했으며, 지구에서도 공기가 없으면 물체가 위에서 아래로 떨어지지 않는다고 했다. 학생 4BF는 공기가 구체적으로 어떻게 물체를 떨어지게 하는지에 대해서는 설명하지 않고 있지만 물체의 낙하운동이나 수평운동 등의 운동이 공기가 존재하는 조건에서만 이루어진다는 생각을 가지고 있다. 이것은 진공에서 운동이 불가능하다는 아리스토텔레스의 생각과 유사한 생각을 하고 있으나 진공의 존재를 부정한 아리스토텔레스와는 달리 진공이 존재한다는 것은 믿고 있다. 학생 4BF는 진공과 무중력을 혼동하고 있으며, 무중력상태에서 물체는 바다 위에서 물체가 물의 부력에 의하여 떠있듯이 어떤 힘에 의하여 등등 떠있는 것으로 표현하고 있다. 무중력에 대한 정보는 책이나 매체 등의 간접 경험을 통해서 얻어진 것으로 여겨진다.

#### 다. 학생 5AM

[연구자]: 높은 곳에서 아래로 떨어지는 공의 빠르기는 어떻게 될까?

[학생 5AM]: 떨어지면서 빨라질 것 같아요.

[연구자]: 왜?

[학생 5AM]: 중력이 있기 때문이에요

[연구자]: 중력이 뭐야?

[학생 5AM]: 공기가 누르는 힘...

[연구자]: 공기가 없다면?

[학생 5AM]: 중력도 없을 테니까 동등 떠다닐 것 같은데요

[연구자]: 바로 위로 던진 공의 빠르기는 어떻게 될까?

[학생 5AM]: 느려질 것 같아요.

[연구자]: 왜?

[학생 5AM]: 중력이 누르는 힘이 있으니까 올라가는 힘이 적어지면서 힘이 약해질 것 같아요.

[연구자]: 올라가는 힘이란 어떤 힘이?

[학생 5AM]: 공을 던질 때 힘 같아요.

[연구자]: 공을 위로 던졌는데 공기가 없다면 어떻게 될까?

[학생 5AM]: 올라가다가 떠다닐 것 같아요

학생 5AM은 ‘높은 데에 있던 물체는 아래로 떨어지면서 그 빠르기는 어떻게 될까?’라는 질문에 ‘떨어지면서 빨라질 것 같아요.’라고 대답하였다. 그 이유를 묻는 질문에는 중력이 있기 때문이라고 대답하였으며, 중력이란 무엇인지 묻는 질문에는 ‘공기가 누르는 힘’이라고 대답하였다. 그리고 ‘공기가 없다면 어떻게 될까?’라는 추가 질문에는 중력이 없을 테니까 동등 떠다닐 것 같다고 대답하였다.

‘바로 위로 던진 물체가 올라가는 동안 물체의 빠르기는 어떻게 될까?’라는 질문에 학생 5AM은 ‘느려질 것 같아요.’라고 대답하였으며, 그 이유를 묻는 질문에 대해서는 ‘중력이 누르는 힘이 있으니까 올라가면서 힘이 적어지면서 힘이 약해질 것 같아요.’라고 대답했다. 또한 공기가 없다면 ‘올라가다가 떠다닐 것

같아요.’라고 대답하고 있다.

학생 5AM은 자유낙하운동을 하는 물체가 아래로 내려오면서 점점 빨라지거나 위로 던져진 물체가 올라가면서 점점 느려진다는 현상학적으로는 과학적인 선개념을 지니고 있으며, 그 원인을 중력 때문이라고 과학적 용어를 사용하여 설명하고 있다. 그러나 ‘중력이 무엇인가?’라는 중력의 개념을 묻는 질문에는 중력이 지구와 물체 사이의 상호작용이 아닌 ‘공기가 물체를 누르는 힘’으로 설명하였으며, 아래로 떨어지거나 위로 올라가는 물체에 대하여 공기가 일괄되게 아래로만 누르는 힘인 중력을 받는다고 생각하는 등 일관된 중력에 대한 자신의 생각을 바탕으로 아래로 떨어지는 물체나 위로 던져진 물체의 운동을 해석하고 의미를 부여하고 있다. 이에 공기가 없다면 중력 역시 없으며 물체는 둥둥 무중력상태에서처럼 떠다닐 것이라는 생각을 하고 있는 것도 같은 맥락이라고 볼 수 있다.

그리고 위로 던져진 공이 느려지는 이유에 대해서는 학생 5AM은 공기가 물체를 누르는 힘인 중력 때문에 물체가 올라가는 힘이 약해지기 때문이라는 비과학적인 설명을 하고 있다. 이는 아래로 떨어지는 물체는 그 자체에 힘을 가지지 않고 오직 공기가 누르는 힘에 의하여 떨어지지만 올라가는 물체인 경우 위로 던져질 때 물체에 주어진 힘이 물체를 계속 운동하게 하며 물체가 위로 올라가는 동안 공기가 물체를 누르는 힘인 중력에 의하여 소모된다는 임페투스적인 선개념을 지니고 있는 것으로 생각할 수 있다.

‘공기가 없다면 아래로 떨어지는 물체는 어떻게 될까?’라는 질문에 학생 5AM은 둥둥 떠다닐 것이라고 설명하고 있다. 또한 ‘공기가 없다면 위로 던져진 물체가 어떻게 될까?’라는 질문에 올라가다가 떨어지는 물체와 마찬가지로 둥둥 떠다닐 것이라고 중력이 ‘물체를 누르는 힘’이라는 견고한 비과학적인 선개념을 바탕으로 일관적으로 설명하고 있으며, 무중력상태에서 물체는 바다 위에서 물체가 물의 부력에 의하여 떠있듯이 어떤 힘에 의하여 둥둥 떠있는 것으로 표현하고 있다. 그리고 올라가는 물체인 경우 올라가다가 둥둥 떠다닐 것이라는 대답에서 물체가 던져질 때 물체에 주어진 힘이 완전히 소모될 때까지 운동을 계속한다는 임페투스적인 학생 5AM의 견고한 사고를 엿볼 수 있다.

## 라. 학생 5BM

[연구자]: 높은 있던 공이 아래로 떨어지면서 그 빠르기는 어떻게 될까?

[학생 5BM]: 느려지는 것 같은데요.

[연구자]: 왜 느려질까?

[학생 5BM]: 공기 저항 받아서….

[연구자]: 위보다 아래가 저항이 많아?

[학생 5BM]: 네.

[연구자]: 저항이 뭐야?

[학생 5BM]: 예를 들어 공이 떨어지는 동안에 공기랑 부딪치니까….

[연구자]: 공을 바로 위로 던졌을 때는 올라가는 동안 그 빠르기는 어떻게 될까?

[학생 5BM]: 올라갈 때도 느려지는 것 같은데…, 힘이 빠져서….

[연구자]: 힘이 왜 빠져?

[학생 5BM]: 예를 들어 발로 공을 차는데 공이 처음에는 빠르게 올라갔는데 일정한 속도로 계속 올라가다가 힘이 빠져가지고 느려져요.

[연구자]: 힘은 뭐야?

[학생 5BM]: 내가 공을 던질 때 힘….

[연구자]: 공이 떨어지는 이유는 무엇일까?

[학생 5BM]: 무게 때문에.

[연구자]: 물체는 왜 움직일까? (볼펜을 밀며)이것은 왜 움직였어?

[학생 5BM]: 미니까요.

[연구자]: (볼펜을 던지며) 지금은 왜 움직였지?

[학생 5BM]: 던졌으니까요.

[연구자]: 볼펜이 움직인 공통된 이유가 뭐야?

[학생 5BM]: 어떻게 해 주어야 되요…. 힘을 주어야 되요.

[연구자]: 그럼 공중에서 물체를 놓으면 왜 떨어질까? 힘을 주지 않았는데도

[학생 5BM]: 무게 때문이에요.

[연구자]: 우주에서는 왜 떨어지지 않을까?

[학생 5BM]: 공기가 없으니까요.

학생 5BM은 ‘높은 데에 있던 공이 아래로 떨어지면서 그 빠르기는 어떻게 될까?’라는 질문에 느려질 것 같다고 대답하였으며, 그 이유로는 공이 공기의 저항을 받기 때문이라고 설명하였다. 그리고 저항이 무엇이나고 묻는 질문에는 공이 공기랑 부딪히는 것으로 설명하고 있다. 그리고 밑으로 갈수록 저항을 더 많이 받는 것으로 알고 있다. 그리고 ‘바로 위로 던진 물체가 올라가는 동안 물체의 빠르기는 어떻게 될까?’라는 질문에 느려질 것 같다고 대답하였으며, 그 이유로는 ‘힘이 빠져서...’라고 설명했다. 그리고 ‘왜 힘이 빠지는가?’라는 질문에 학생 5BM은 ‘예를 들어 공을 찾는데 공이 처음에는 빠르게 올라갔는데 일정한 속도로 계속 올라가다가 힘이 빠져가지고 느려져요.’라고 직접 경험을 바탕으로 설명하였다. 그리고 ‘우주에서는 공이 왜 떨어지지 않을까?’라는 추가 질문에는 공기가 없기 때문이라고 직관적으로 대답하였다. 그리고 공이 떨어지는 이유로는 공의 무게 때문이라고 대답하였다.

학생 5BM은 자유낙하하는 공이 떨어지면서 그 빠르기가 느려진다고 생각하고 있으며, 그 이유로서는 공이 떨어지는 동안의 공기의 저항 때문으로 설명했다. 그리고 물체를 위로 던졌을 때 역시 물체의 빠르기는 느려진다고 설명했다. 올라가는 공의 빠르기가 느려지는 이유에 대해서는 떨어지는 공의 경우와 같이 공기의 저항으로 일관적으로 설명을 하지 않고 물체를 위로 던질 때 물체에 주어진 힘이 위로 높이 올라갈수록 힘이 빠지기 때문이라는 힘의 소모로 설명했다. 즉 같은 공기 중에서의 공의 운동에 대해서 일관적인 설명으로 하기보다는 떨어지는 공과 위로 올라가는 공에 대하여 공기의 저항을 부각시킨 자신의 제한된 경험과 힘의 소모 등으로 상황에 따라 다르게 생각하며, 또한 특이한 설명으로 자신이 보기에 그럴듯한 설명을 한다.

힘이 소모된다는 학생 5BM의 생각으로부터 물체가 운동하는 데는 힘이 있어야 한다는 임페투스적인 힘에 대한 선개념을 가지고 있음을 알 수 있다. 그리고 무게는 힘이 아닌 다른 물리량으로 생각하며, 물체가 떨어지는 데는 힘이 작용하지 않는다는 생각을 가지고 있다. 또한 학생 5BM이 물체의 운동은 공기 중에서 일어나는 것으로 생각하고 있으며, 이에 따라 공기가 있는 지구상에서 물체가 떨어지는 현상과 공기가 없는 우주공간에서 물체가 떨어지지 않는 현상을 서로 다른 현상으로 분리하여 생각하고 있다. 한편으로는 진공과 무중력을 혼동

하고 있으며, 물체가 떨어지는 경우와 올라가는 경우는 물론 우주에서 물체가 떨어지지 않고 머물러 있는 경우를 제각기 달리 설명하고 있다.

#### 마. 학생 6AM

[연구자]: 높은 곳에 있던 물체는 떨어지면서 그 빠르기는 어떻게 될까?

[학생 6AM]: 빨리 떨어지는 것 같아요.

[연구자]: 어떻게 그런 생각을 했어?

[학생 6AM]: 뭐라고 말해야 될지 모르겠지만 스피드를 받으니까요.

[연구자]: 왜 스피드를 받을까?

[학생 6AM]: 하늘과 땅의 차이처럼 간격이 있기 때문에 그런 것 같아요.

[연구자]: 잘 이해가 안되는데 간격이 있다는 것이 무슨 뜻이지?

[학생 6AM]: ...사이에 뭐가 없으니까...그냥 떨어지는 거요...

[연구자]: 위로 던지면 어떻게 될까?

[학생 6AM]: 느려져요.

[연구자]: 왜?

[학생 6AM]: 힘이 없어지니까요.

[연구자]: 힘은 무슨 힘?

[학생 6AM]: 던진 힘이에요.

학생 6AM은 ‘높은 데에 있던 물체는 아래로 떨어지면서 그 빠르기가 어떻게 될까?’라는 질문에 빨리 떨어지는 것 같다고 대답하였다. 그리고 그 이유로는 스피드를 받기 때문이라고 하였으며, 스피드를 받는 이유로는 하늘과 땅 사이에 간격이 있기 때문이라고 대답하였다. 그리고 ‘바로 위로 던진 물체가 올라가는 동안 물체의 속도는 어떻게 될까?’라는 질문에는 느려진다고 대답하였으며, 그 이유로는 던진 힘이 없어지기 때문이라고 대답하였다.

학생 6AM은 높은 곳에 있던 물체가 떨어지면서 속도가 증가하고 위로 던진 물체가 올라가면서 속도가 감소하는 한다고 물체의 상하운동에 대한 현상을 비교적 정확히 설명하고 있다. 그러나 물체가 위에서 아래로 떨어지는 원인과 물체가 떨어지면서 속도가 증가하는 원인을 분리하여 설명하고 있다. 즉 물체를

떨어지게 하는 원인으로서, 높은 선반 위에 있는 물체가 선반에 의하여 지탱 되어 아래로 떨어지지 않는 경우와는 대조적으로 물체를 지탱하는 다른 물체가 없을 경우에 아래로 떨어지는 경우와 같이, 물체가 떨어지지 않게 지탱하는 것이 없기 때문에 아래로 떨어진다는 것이다. 물체를 지탱할 아무것도 없는 상태를 학생 6AM은 하늘과 땅 사이의 간격으로 표현하고 있다. 그리고 물체가 떨어지면서 속도가 증가하는 원인으로서 외부로부터 속도가 빨라지게 하는 무엇인가를 받아야 하는데, 학생 6AM은 이를 ‘스피드’라고 말하였다.

위로 던져진 물체가 위로 올라가면서 그 속도가 감소하는 이유에 대해서는 ‘힘이 없어지니까요.’라고 대답하였다. 이것은 물체가 지니고 있는 힘의 소모가 물체가 느려지는 이유로서 물체가 계속 올라가게 하기 위해서는 이에 상당하는 힘이 필요하다는 임페투스적인 학생 6AM의 생각을 내포하고 있다. 또한 힘의 원천으로서 물체가 위로 던져질 때 던져지는 힘이 물체에 공급됨을 의미한다.

#### 바. 학생 6BM

[연구자]: 높은 데에서 물체가 떨어지면서 그 빠르기는 어떻게 될까?

[학생 6BM]: 빨라져요.

[연구자]: 왜 그럴까?

[학생 6BM]: 지구는 중력이 있어서 중력이 물체를 잡아 당겨서요.

[연구자]: 어떻게 알았어?

[학생 6BM]: 과학 시간에 배웠어요. 중력이 있다는 거요.

[연구자]: 중력은 뭐야?

[학생 6BM]: ...

[연구자]: 위로 던지면 올라가면서 빠르기가 어떻게 될까?

[학생 6BM]: 느려져요.

[연구자]: 왜?

[학생 6BM]: 중력이 있기 때문에 올라갈수록 밑에서 잡아당기기 때문이에요.

[연구자]: 누가 잡아당겨?

[학생 6BM]: 중력이요.

[연구자]: 중력이 생명체인가? 어떻게 잡아당기지?

[학생 6BM]: ... 어떻게 말해야 되지... 잘 모르겠어요.

학생 6BM은 '높은 데에 있던 물체는 아래로 떨어지면서 그 빠르기는 어떻게 될까?'라는 질문에 빨라진다고 대답하였으며, 그 이유로는 '지구는 중력이 있어서 중력이 물체를 잡아 당겨서요.'라고 대답하였다. 그리고 '중력이 무엇이나?'라는 추가 질문에는 대답하지 못하였다. 또한 '바로 위로 던진 물체가 올라가는 동안 물체의 속도는 어떻게 될까?'라는 질문에도 느려진다고 대답하였으며, 그 이유로도 중력 때문이라고 대답하였다.

학생 6BM은 중력에 대한 학습활동에서 습득한 지식을 바탕으로 높은 데에서 떨어지는 물체의 속도가 떨어지면서 그 빠르기가 증가하며, 위로 던져 올린 물체의 속도는 올라가면서 그 빠르기가 느려진다고 현상학적으로는 정확한 설명을 하고 있다. 그리고 그 이유로는 일괄되게 중력이 물체를 잡아당기기 때문이라고 정확한 과학적인 용어로 대답했다.

그러나 중력에 대한 개념에 대하여 정확히 알고 있지는 못하다. 중력이 지구와 물체사이의 상호작용이 아니라 공간에 존재하는 것으로 생각하고 있다. 그리고 중력은 아래로 끌어당기는 작용이라는 것은 알고 있으나 위로 올라가는 물체의 빠르기가 느려지는 이유에 대하여 중력이 아래에서 위로 올라갈수록 커지지 때문이라고 한다. 또한 이 이면에는 지면에 있는 물체에는 중력이 작용하지 않으며 공중에 있는 물체에만 중력이 작용한다는 생각을 할 소지를 엿볼 수 있다.

## 2. 물체의 낙하운동과 질량의 관계에 대한 학생들의 선개념

### 가. 학생 4AM

[연구자]: 무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어느 것이 빨리 떨어질까?

[학생 4AM]: 동시에 떨어져요.

[연구자]: 왜?

[학생 4AM]: 떨어뜨려 봤어요.

[연구자]: 어떤 물체를?

[학생 4AM]: 연필과 우유요.

[연구자]: 같이 떨어졌어?

[학생 4AM]: 네.

[연구자]: 왜 같이 떨어질까?

[학생 4AM]: ... 모르겠어요.

‘무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어느 것이 빨리 떨어질까?’라는 질문에 동시에 떨어진다고 대답하였다. 그리고 같이 떨어지는 이유에 대해서는 모른다고 대답하였다.

학생 4AM은 무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨렸을 때 동시에 떨어진다는 과학적인 선개념을 직접 경험을 통하여 습득해 있다. 그러나 그 이유는 모르고 있다.

#### 나. 학생 4BF

[연구자]: 같은 높이의 장소에서 무거운 물체와 가벼운 물체를 동시에 떨어뜨리면 어느 물체가 빨리 떨어질까?

[학생 4BF]: 가벼운 게 빨리 떨어져요.

[연구자]: 왜?

[학생 4BF]: 책에서 본 것 같아요.

학생 4BF는 ‘같은 높이의 장소에서 무거운 물체와 가벼운 물체를 동시에 떨어뜨리면 어느 물체가 빨리 떨어질까?’라는 질문에 즉각적으로 가벼운 것이 빨리 떨어진다고 직관적으로 대답하였다. 그리고 그 이유를 묻는 질문에는 ‘책에서 본 것 같아요.’라고 정보의 출처로 답을 대신하였다.

같은 높이의 장소에서 무거운 물체와 가벼운 물체를 동시에 떨어뜨리면 가벼운 것이 빨리 떨어진다는 학생 4BF의 생각은 잘못된 기억에서 유래하는 것으로 여겨진다.

**\* 학생 5AM**

[연구자]: 무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리며 어떻게 될까?

[학생 5AM]: 무거운 물체가 빨리 떨어져요.

[연구자] 왜?

[학생 5AM]: 돌이랑 깃털이 있다면 돌이 무게가 있으니까 빨리 떨어지고 깃털은 무게가 별로 없으니까 조금씩 조금씩 떨어지니까요.

[연구자]: 물체의 무게가 클수록 더 빨리 떨어져?

[학생 5AM]: 면적이 넓으면 공기가 누르는 힘이 더 세요.

[연구자]: 무게만 다르고 크기 모양이 같은 나무공과 쇠공을 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까?

[학생 5AM]: 쇠공이요.

[연구자]: 왜?

[학생 5AM]: 공기가 누르는 힘은 같지만 무게가 무거우니까요.

학생 5AM은 ‘무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까?’라는 질문에 무거운 물체가 빨리 떨어진다고 대답하였다. 그 이유로는 돌과 깃털을 비교하며 무거운 돌은 무게가 있으니까 빨리 떨어지고 깃털은 무게가 없으니까 조금씩 조금씩 떨어진다고 일상생활의 경험을 근거하여 설명하였다. 그리고 ‘물체의 무게가 클수록 더 빨리 떨어지는가?’라는 질문에 면적이 넓으면 공기가 누르는 힘이 더 크기 때문에 더 빨리 떨어진다고 설명하였다. ‘무게만 다르고 크기 모양이 같은 나무공과 쇠공을 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까?’라는 추가질문에는 쇠공이 빨리 떨어진다고 대답하였으며, 그 이유로는 공기가 누르는 힘은 같지만 무게가 무겁기 때문이라고 대답하였다.

학생 5AM이 물체의 무게를 물체의 면적에 관계하는 물체의 고유한 양으로 생각하고 무게가 큰 물체는 면적이 큰 물체로 생각하는 일면이 있음을 보여준다. 또한 물체가 떨어지게 하는 원인을 공기가 누르는 힘으로 면적이 크면 누르는 힘이 크기 때문에 무게가 큰 물체가 빨리 떨어질 것이라고 나름대로의 논리를 가지고 무게가 큰 물체가 빨리 떨어지는 이유를 설명하고 있다. 그리고 ‘무게만

다르고 크기 모양이 같은 나무공과 쇠공을 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까?’라는 계속된 추가 질문에는 무거운 쇠공이 빨리 떨어진다고 하였다. 그 이유로 공기가 누르는 힘은 같지만 무게가 무겁기 때문이라고 하여 물체가 떨어지는 원인으로 공기가 물체를 누르는 힘, 물체의 고유한 양으로서의 무게 등으로 일관되게 적용하지 못하고 있으며, 알고 있는 선개념들이 서로 모순을 일으키는 일면을 보여주고 있다.

**\* 학생 5BM**

[연구자]: 무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까?

[학생 5BM]: 무거운 게 먼저 떨어질 것 같은데요.

[연구자]: 왜?

[학생 5BM]: 코끼리하고 개미를 같이 떨어뜨리면 개미는 가벼우니까 내려올수록 공기 때문에 공기와 부딪쳐서 좀 느리게 갈 것 같고 코끼리는 그대로 돌파할 것 같아요. 무거워서….

[연구자]: 그럼 물체가 느려지는 것은 공기 때문이라는 거야?

[학생 5BM]: 네.

[연구자]: 그럼 공기가 없다면 어떻게 될까?.

[학생 5BM]: 그대로 떨어질 것 같은데요. 공기가 없다면 같이 떨어질 것 같아요.

학생 5BM은 ‘무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까’라는 질문에 직관적으로 무거운 것이 빨리 떨어질 것 같다고 하였다. 그 이유로서는 무거운 코끼리와 가벼운 개미를 떨어뜨리는 극단적인 예를 들어 가벼운 물체는 공기가 부딪쳐서 느려지지만 무거운 물체는 그대로 돌파하기 때문이라고 하였다. 그리고 공기가 없다면 둘 다 같이 떨어질 것이라고 대답하였다.

학생 5BM은 무거운 물체와 가벼운 물체를 동시에 떨어뜨렸을 때 무거운 물체가 더 빨리 떨어진다고 대답하였으며, 그 이유로서는 가벼운 물체는 공기와 부

뒤틀려서 느려지나 무거운 물체는 공기와 부딪치지 않기 때문이라고 떨어지는 물체의 빠르기의 차이를 공기의 역할로서 설명하였다. 이는 실제의 주변에서 가벼운 물체가 무거운 물체보다 빨리 떨어지는 현상을 흔히 현상적으로 지각된 것을 바탕으로 생각하고, 이를 바탕으로 주어진 문제를 추론하고 있음을 시사한다. 학생 5BM은 지각적 특성이 매우 뚜렷한 것으로서 코끼리와 개미의 크기에 초점을 맞추는 주어진 문제를 특정한 물리적 상황으로 설명했다. 일반적인 측면보다는 떨어지는 물체가 공기로부터 받는 저항이나 바람의 영향 등의 제한적 측면만을 생각하거나 이를 우선적으로 생각하는 경향을 보이고 있다. 이를 뒷받침할 수 있는 이유로는 ‘공기가 없다면 어떻게 될까?’라는 추가 질문에는 ‘같이 떨어질 것 같아요’라고 대답하고 있다.

**\* 학생 6AM**

[연구자]: 무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까?

[학생 6AM]: 무거운 물체가 먼저 떨어져요.

[연구자]: 왜?

[학생 6AM]: 무게가 더 무거우니까 중력을 계속 받고 있기 때문에... 새 깃털을 던져보면 돌이랑 비교해 보면 돌이 훨씬 빨리 떨어지니까요.

[연구자]: 그럼 깃털 말고 모양과 크기가 같은 쇠공과 나무공을 떨어뜨리면 어떻게 될까?

[학생 6AM]: 쇠공이요.

[연구자]: 왜?

[학생 6AM]: 쇠공이 중력을 더 받으니까요.

[연구자]: 중력은 둘 다 같이 받지 않아?

[학생 6AM]: 중력을 둘 다 받아도 무게가 다르니까요.

학생 6AM은 무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨릴 때 무거운 물체가 빨리 떨어진다고 대답하고 있다. 그 이유로서는 무거운 물체는 중력을 더 받기 때문이라고 하였으며, ‘깃털 말고 모양과 크기가 같은 쇠공과

나무공을 떨어뜨리면 어떻게 될까?’라는 질문에는 중력이 더 받는 쇠공이 빨리 떨어진다고 대답하였다. 그리고 ‘중력은 둘 다 같이 받지 않아?’라는 추가 질문에는 ‘중력을 둘 다 받아도 무게가 다르니까요.’라고 대답하였다.

학생 6AM은 중력이 클수록 빨리 떨어진다는 생각과 속도는 중력에 비례한다는 생각을 가지고 있다. 한편으로는 중력이 물체가 떨어지는 상황에서만 작용하는 것으로 물체가 떨어지지 위해서는 떨어지는 동안 계속적으로 작용하며, 깃털과 같은 가벼운 물체인 경우 떨어지다 공기의 부력에 의하여 위로 올라가는 경우에는 중력이 작용하지 않는다는 생각을 가지고 있는 것을 엿볼 수 있다. 그리고 학생 6AM은 중력과 무게라는 과학용어를 사용하고 설명하고 있지만 이들을 다른 물리량으로 생각하고 있으며, 중력은 무게에 비례한다고 생각하고 있다.

#### \* 학생 6BM

[연구자]: 무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까?

[학생 6BM]: 무거운 게 먼저요.

[연구자]: 왜?

[학생 6BM]: 무거운 것은 더 무거우니까.

학생 6BM은 ‘무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리며 어떻게 될까’라는 질문에 직관적으로 무거운 것이 빨리 떨어진다고 하였으며, 그 이유도 단순히 ‘무거우니까’라고 대답하였다.

학생 6BM은 무거운 물체가 빨리 떨어진다는 아리스토텔레스적 선개념을 지니고 있는 반면 무겁다는 의미가 물체의 속성으로 생각하는 일면을 보인다.

### 3. 관성계에서 물체의 낙하운동에 대한 학생들의 선개념

#### \* 학생 4AM

[연구자]: 일정한 빠르기로 달리는 차 안에서 공을 바로 위로 던지면 올라갔다 내려오는 공을 차 안의 던진 위치에서 공을 받을 수 있을까?

[학생 4AM]: 받을 수 있을 것 같아요.

[연구자]: 왜?

[학생 4AM]: 바람이 불지 않아서 사람이나 공이 움직이지를 않아서 받을 수 있을 것 같아요.

[연구자]: 자동차가 움직이는 것은 상관이 없어?

[학생 4AM]: 네.

[연구자]: 하루에 한바퀴씩 지구가 돌고 있다는 것은 매우 빠른 거야. 그렇게 빨리 돌고 있는데 높은 곳에서 아래로 물체를 떨어뜨리면 바로 아래로 떨어질까? 또는 공을 위로 던졌을 때에도 던진 위치에서 받을 수 있을까?

[학생 4AM]: 네.

[연구자]: 왜?

[학생 4AM]: 지구가 돌지만 사람도 같이 돌지는 않을 것 같아요.

[연구자]: 사람도 돌지는 않을 것 같다. 그럼 지금 지구만 돌고 있는 거야? 사람은 안 돌고 있어?

[학생 4AM]: 돌고 있어요. 멈춰있는 상태에서 돌고 있는 것 같아요.

[연구자]: 멈춰있는 상태에서 돌아?

[학생 4AM]: 아! 그 사람도 같이 돌아서요. 그렇지만 똑바로 떨어질 것 같아요.

학생 4AM은 달리는 자동차 안에서 물체를 바로 위로 던졌을 때 던진 위치에서 받을 수 있다고 직관적으로 대답하였다. 그리고 그 이유로서 바람이 불지 않기 때문이라고 하였다. ‘차가 움직이는 것에 상관이 없을까 그대로 받을 수 있을까?’라는 확인 질문에도 학생 4AM은 공을 위로 던진 위치에서 받을 수 있다고 대답하였다. ‘지구가 빠른 속도로 돌고 있는데도 높은 곳에서 물체를 아래로 떨어뜨리면 바로 아래로 떨어질까? 그리고 공을 바로 위로 던졌을 때에도 던진 위치에서 받을 수 있을까?’라는 재차 확인 질문에도 변함없이 똑같이 받을 수 있다고 대답하였다. 그리고 ‘지구가 돌지만 사람도 같이 돌지는 않을 것 같아요.’라고 대답하였다 이에 대하여 ‘지금 지구만 돌고 있는 거야? 사람은 안 돌고

있어?’라는 질문에 사람도 같이 돌고 있지만 공은 바로 떨어질 것 같다고 대답하였다.

학생 4AM은 달리는 자동차 안에서 물체를 바로 위로 던졌을 때 던진 위치에서 받을 수 있다고 직관적으로 대답하였다. 이는 실제생활의 경험들을 바탕으로 한 지각에 의존한 생각이라고 여겨진다. 그리고 그 공을 위로 던진 지점에서 받을 수 있는 이유로서 바람이 불지 않기 때문이라고 하였다. 즉 공이나 사람이 바람으로 인하여 움직이지 않기 때문에 공을 위로 던진 위치에서 받을 수 있다고 공의 운동을 바람의 운동이라는 특정한 물리적 상황에 초점을 맞추어 일반적인 면보다는 특정한 제한적인 측면을 중점적으로 생각하는 경향이 있다. 그리고 ‘차가 움직이는 것에 상관이 없을까? 그대로 받을 수 있을까?’라는 확인 질문에도 학생 4AM은 공을 위로 던진 위치에서 받을 수 있다고 대답하였다. 그리고 ‘지구가 빠른 속도로 돌고 있는데도 높은 곳에서 물체를 아래로 떨어뜨리면 바로 아래로 떨어질까?’ 그리고 ‘공을 바로 위로 던졌을 때에도 던진 위치에서 받을 수 있을까?’라는 재차 확인 질문에도 변함없이 똑같이 받을 수 있다고 대답하여 학생 4AM의 선개념의 견고함 일면을 보여주고 있다.

학생 4AM은 지구가 움직이고 있다는 사실을 여러 출처를 통해서 알고 있지만 실제 이를 지각하지 못함으로 인해서 지구가 움직이는 것은 문제의 상황과는 관계가 없는 것으로 인식하고 있다. 이로 인하여 지구가 움직이는 것을 실제의 문제에 적용하지 못하고 자기가 존재하는 공간이나 공간의 모든 것들은 정지해 있다는 자기중심적인 생각을 한다. 그리고 일상적인 경험으로부터 갈릴레이의 관성에 의한 불변성을 느끼고 있지만, 관성의 개념을 논리적으로 설명하지 못하고 있다.

**\* 학생 4BF**

[연구자]: 같은 속도로 움직이는 자동차 안에서 공을 바로 위로 던지면 올라갔다 내려오는 공을 같은 자동차 안의 위치에서 받을 수 있을까?

[학생 4BF]: 못 받을 것 같아요.

[연구자]: 왜?

[학생 4BF]: 차는 움직이니까요 손을 뒤로 움직이지 않고는 받을 수 없을 것 같

아요.

[연구자]: 지구는 빠른 속도로 자전이란 것을 하고 있어. 높은 곳에서 물체를 떨어뜨리면 그대로 밑으로 떨어질까?

[학생 4BF]: 빨리 도니까 뒤로 떨어질 것 같아요.

학생 4BF은 달리는 자동차 안에서 물체를 바로 위로 던졌을 때 올라갔다 내려오는 공을 차안의 같은 위치에서 받을 수 없다고 직관적으로 대답하였다. 그 이유로는 차가 앞으로 움직이므로 물체가 뒤로 떨어지기 때문에 손을 뒤쪽으로 움직여야 받을 수 있다고 설명하였다.

학생 4BF은 공의 운동과 기준계인 차의 운동을 구분하여 설명을 하고 있지만, 관성의 개념을 지니지 못하고 있다.

#### \* 학생 5AM

[연구자]: 같은 빠르기로 달리는 자동차 안에서 공을 바로 위로 던지면 올라갔다 내려오는 공을 같은 자동차 안의 위치에서 받을 수 있을까?

[학생 5AM]: 네.

[연구자]: 왜?

[학생 5AM]: 공, 사람, 차 다 같이 움직이고 공기가 안 움직이니까요.

[연구자]: 지구도 빠르게 돌고 있는데 물체를 높은 데에서 아래로 떨어뜨리면 어떻게 될까?

[학생 5AM]: 바로 밑으로 떨어져요.

[연구자]: 왜 그렇게 생각하지?

[학생 5AM]: 자동차에서처럼 지구도 공기와 같이 움직이고 있기 때문에 그대로 쪽 떨어질 것 같아요.

학생 5AM은 같은 속도로 달리는 자동차 안에서 물체를 바로 위로 던졌을 때 올라갔다 내려오는 공을 차안의 같은 위치에서 받을 수 있다고 대답하였다. 그 이유로는 공, 사람, 차는 다 같이 움직이고, 차 안의 공기는 움직이지 않기 때문이라고 설명한다. 그리고 지구도 빠르게 돌고 있는데 물체를 높은 데에서 아래

로 떨어뜨리면 어떻게 될까?’라는 질문에는 ‘바로 밑으로 떨어져요’라고 대답하였다. 그 이유로는 지구도 공기와 같이 움직이고 있기 때문이라고 대답하였다.

학생 5AM은 공, 사람, 차의 운동을 같은 기준계로 보고 적용하여 설명하지만 차 안의 공기는 이들과는 다른 정지한 지면을 기준계로 설명하고 있다. 물체가 높은 데에서 아래로 떨어지는 경우에 대해서는 ‘지구도 공기와 같이 움직이고 있기 때문에 그대로 쪽 떨어질 것 같아요.’라고 대답하여, 공기를 지구와 같은 관성계로 포함시키고 있다. 학생 5AM은 물체의 운동을 공기와 연결하여 생각하려는 경향이 강한 일면을 보여주고 있다. 이는 공중에서 운동하는 물체가 공기의 영향을 받는다는 일상생활에서 경험한 지각을 바탕으로 둔 것이라고 여겨지며, 공기의 운동이 없는 상태에서만 물체가 똑바로 아래로 떨어진다는 제한된 물리적 상황을 우선적으로 생각하는 경향을 가지고 있다는 것을 의미한다고 하겠다. 학생 5AM은 또한 이러한 지각을 바탕으로 움직이는 차 안에서는 정지한 공기로, 그리고 빠르게 자전하는 지구에서는 지구와 함께 움직이는 공기로 주어진 상황에 따라 그 생각이 달라짐을 엿볼 수 있다. 이는 학생 5AM의 설명은 논리적이기는 하지만 관성의 개념을 제한적으로 사용하고 있음을 보여준다.

#### \* 학생 5BM

[연구자]: 같은 속도로 움직이는 자동차 안에서 공을 바로 위로 던지면 올라갔다 내려오는 공을 같은 자동차 안의 위치에서 받을 수 있을까?

[학생 5BM]: 받을 수 있을 것 같아요. 차 안에서는 바람 같은 거 안 받으니까...

[연구자]: 지구도 빠르게 돌고 있는데 물체를 높은 데에서 아래로 떨어뜨리면 어떻게 될까?

[학생 5BM]: 약간 뒤로 떨어질 것 같은데요.

[연구자]: 지금도 그렇게 되고 있어?

[학생 5BM]: (물체를 떨어뜨리며) 아니요.

학생 5BM은 달리는 자동차 안에서 물체를 바로 위로 던졌을 때 올라갔다 내려오는 공을 차 안의 같은 위치에서 받을 수 있다고 직관적으로 대답하였다. 그

이유로는 차 안의 공기는 움직이지 않기 때문이라고 설명한다. 그리고 빠르게 돌고 있는 지구의 높은 데에서 아래로 떨어뜨린 물체는 뒤쪽으로 떨어질 것 같다고 대답하고 있다.

학생 5BM은 공의 운동을 차의 운동 보다는 실제적인 상황에서 일어날 수 있는 공의 운동을 변화시킬 수 있는 바람과 같은 공기의 운동 등의 제한적인 물리적 상황에 치중하여 공의 운동을 설명하고 있다. 질문에 대한 올바른 대답은 하고 있지만 관성의 개념은 지니지 못하고 있는 것으로 보인다. 또한 높은 데에서 아래로 떨어뜨린 물체에 대한 추가질문에서 뒤쪽으로 떨어질 것 같다는 학생 5BM의 대답은 물체의 속도와 기준계인 지면의 속도를 고려한 논리적인 설명이기는 하지만 관성의 개념을 전혀 지니고 못하고 있음을 보여준다.

#### \* 학생 6AM

[연구자]: 일정한 빠르기로 달리는 자동차에서 공을 바로 위로 던지면 어떻게 될까? 위로 던진 차 안의 위치에서 그대로 받을 수 있을까?

[학생 6AM]: 아니요. 차가 흔들릴 수 있으니까요.

[연구자]: 전혀 흔들림이 없고 앞으로만 일정한 속도로 간다면?

[학생 6AM]: 그럼 받을 수 있어요.

[연구자]: 지구도 빨리 돌고 있어. 높은 데에서 물체를 떨어뜨리면 그대로 아래로 떨어질까?

[학생 6AM]: 좀더 앞으로 가거나 뒤로 가거나요.

[연구자]: 왜?

[학생 6AM]: 자전 하니까요.

‘달리는 자동차에서 공을 바로 위로 던지면 위로 던진 차 안의 위치에서 그대로 받을 수 있을까?’라는 질문에 학생 6AM은 차가 흔들리면 받을 수 없고, 일정한 속도로 간다면 받을 수 있다고 대답하였다. 그리고 ‘높은 데에서 물체를 떨어뜨리면 그대로 아래로 떨어질까?’라는 추가 질문에는 좀 더 앞으로 가거나 뒤로 가서 떨어진다고 대답하였다. 그 이유로는 지구가 자전하기 때문이라고 대답하였다.

학생 6AM은 물체의 운동을 일상의 경험에서 지각된 것을 바탕으로 차가 흔들리면 받을 수 없으며, 차가 일정한 속도로 간다면 받을 수 있다고 대답하는 등으로 문제의 상황에서 우선적으로 물체가 떨어지는 동안 차의 흔들림과 같은 변화에 초점을 맞추어 설명하려는 경향을 보이며, 운동하는 관성계와 속도가 변하는 비관성계로 구분하여 관성의 개념을 설명하고 있다. 그러나 높은 데서 떨어뜨린 물체는 자전에 의해 앞으로 떨어지거나 뒤로 떨어질 것이라고 대답함은 학생 6AM은 관성의 개념을 소지하고 있으나 상황에 따라 적용하여 생각하거나 하지 않는 등의 제한적임을 의미한다 하겠다.

**\* 학생 6BM**

[연구자]: 일정한 빠르기로 달리는 차를 타고 가다가 물체를 바로 위로 던졌어. 그럼 바로 아래로 떨어질까?

[학생 6BM]: 네.

[연구자]: 차가 움직이고 있는데?

[학생 6BM]: 텔레비전에서 봤어요.

[연구자]: 그럼 그 이유는 뭘까?

[학생 6BM]: 차 안에 공기저항이 없기 때문이요.

[연구자]: 공기저항이 뭐야?

[학생 6BM]: 마찰력이요... 헛갈리네.

[연구자]: 지구가 빠르게 자전하고 있잖아. 높은 데에서 물체를 떨어뜨리면 그대로 아래로 떨어질까?

[학생 6BM]: 네.

‘일정한 빠르기로 달리는 차를 타고 가다가 물체를 바로 위로 던졌어. 그럼 바로 아래로 떨어질까?’라는 질문에 학생 6BM은 텔레비전에서 본 경험을 근거로 바로 아래로 떨어진다고 대답하였으며, 그 이유로서는 차 안에서는 공기저항이 없기 때문이라고 대답하였다. ‘지구가 빠르게 자전하고 있잖아. 높은 데에서 물체를 떨어뜨리면 그대로 아래로 떨어질까?’라는 질문에도 그렇다고 대답하였다.

학생 6BM은 대중매체를 통하여 얻은 지식을 바탕으로 같은 속도로 달리는 자

동차 안에서 물체를 바로 위로 던졌을 때 올라갔다 내려오는 공이나 높은 데에서 떨어지는 물체가 바로 아래로 떨어진다고 대답하였다. 그러나 그 이유를 묻는 질문에는 공기의 저항이 없기 때문이라고 말하고 있다.

학생 6BM은 일정한 속도로 운동하는 차 안이나 지구 관성계에서 물체가 떨어지는 현상에 대하여 대중매체를 통하여 얻은 지식으로 정확한 대답을 하고 있으나 높은 데에서 물체가 떨어지는 동안 바람의 영향으로 바로 아래로 떨어지지 않는 실제적인 지각을 바탕으로 추론하고, 제한된 물리적 상황을 우선적으로 생각하는 경향이 있음을 보여준다.

#### 4. 학생들의 개인별 선개념 유형의 분석

##### 가. 학생 4AM

학생 4AM은 직접 경험으로부터 얻은 지각을 바탕으로 그리고 자기 중심적으로 아래로 떨어지는 물체와 위로 올라가는 물체의 운동을 이해하려고 한다. ‘힘’이란 용어를 빈번히 사용하면서도 ‘중력’이란 용어를 사용하지 않았으며, 물체가 떨어지는 현상을 지구와 연계하여 설명하고 있지 않으며 오직 떨어지거나 올라가는 물체에만 제한하여 설명하고 있다. 또한 중력을 위에서 아래로 떨어지는 물체가 가지는 성질과 같은 정성적인 특성으로 이해하고 있다. 그리고 물체가 아래로 떨어지는 것은 물체의 특성적인 것으로서 힘의 작용이 없이도 일어나는 아리스토텔레스의 자연적 운동과 유사한 선개념을 지니고 있다. ‘힘’이란 용어를 ‘힘을 쓰다’ ‘힘을 안 쓰다’ ‘힘이 들다’ ‘힘이 덜 들다’ 등으로 소모의 개념으로, 즉 힘의 개념이 뉴턴의 물체 사이의 상호작용으로서의 힘이 아니라 물체를 계속 운동하게 하는 요인으로서 공급되거나 소모되는 양의 개념으로 임페투스적인 개념으로 사용하고 있다.

학생 4AM은 무거운 물체와 가벼운 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨렸을 때 동시에 떨어진다는 과학적인 선개념을 직접 경험을 통하여 습득해 있다. 공의 운동을 바람이라는 특정한 물리적 상황에 초점을 맞추어 일반적인 면보다는 특정한 제한적인 측면을 중점적으로 생각하고 경향이 있으며, 이에 대한 선개념의 견고함 일면을 보여주고 있다.

관성계 문제에서는 학생 4AM은 지구가 움직이는 것을 실제의 문제에 적용하지 못하고 자기가 존재하는 공간이나 공간의 모든 것들은 정지해 있다는 자기 중심적인 생각을 한다. 그리고 일상적인 경험으로부터 갈릴레이의 관성에 의한 불변성을 느끼고 있지만, 관성의 개념을 논리적으로 설명하지 못한다.

#### 나. 학생 4BF

학생 4BF는 물체가 떨어지거나 올라가는 현상을 자신의 달리기를 하였을 때 직접 경험한 지각을 바탕으로 유추하여 일괄되게 설명한다. 또한 물체의 속도가 감소하는 이유를 물체가 ‘힘들고 지쳐서’ 등으로 의인화하여 물활론적으로 설명을 하는 매우 인간 중심적인 관점에서 물체의 운동을 설명한다. 그리고 물체의 속도가 큰 이유를 물체가 힘이 세기 때문이라는 식으로 설명을 한다. 또한 힘은 에너지와 같은 공급과 소모되는 양으로 생각하고 있으며 물체가 계속 운동하기 위해서는 힘의 지속적인 공급이 필요하다는 임페투스적인 개념을 바탕으로 한다. 물체의 낙하운동이나 수평운동 등의 운동을 공기가 존재하는 조건에서만 이루어진다는 생각을 가지고 있다. 그리고 진공과 무중력을 혼동하고 있으며, 무중력에 대한 정보는 책이나 매체 등의 간접 경험을 통해서 얻어진 것으로 여겨진다.

같은 높이의 장소에서 무거운 물체와 가벼운 물체를 동시에 떨어뜨리면 가벼운 것이 빨리 떨어진다고는 학생 4BF의 생각은 잘못된 기억에 유래하는 것으로 여겨진다. 학생 4BF는 공의 운동과 기준계인 차의 운동을 구분하여 설명을 하고 있지만, 관성의 개념을 지니지 못하고 있다.

#### 다. 학생 5AM

학생 5AM은 아래로 떨어지거나 위로 올라가는 물체에 대하여 공기가 일괄되게 아래로만 누르는 힘인 중력을 받는다고 생각하는 등 일관된 중력에 대한 자신의 생각을 바탕으로 아래로 떨어지는 물체나 위로 던져진 물체의 운동을 해석하고 의미를 부여한다. 공기가 없다면 중력 역시 없으며 물체는 등등 무중력 상태에서처럼 떠다닐 것이라는 생각을 하고 있으며, 아래로 떨어지는 물체는 그 자체에 힘을 가지지 않고 오직 공기가 누르는 힘에 의하여 떨어지지만 위로 던

저질 때 물체에 주어진 힘이 물체를 계속 운동하게 하며 물체가 위로 올라가는 동안 공기가 물체를 누르는 힘인 중력에 의하여 소모된다는 임페투스적인 선개념을 지니고 있다. ‘공기가 없다면 위로 던져진 물체가 어떻게 될까?’라는 질문에 올라가다가 떨어지는 물체와 마찬가지로 등등 떠다닐 것이라고 중력이 물체를 누르는 힘이라는 견고한 비과학적인 선개념을 바탕으로 일관적으로 설명했다.

학생 5AM이 물체의 무게를 물체의 부피와 같은 고유한 양으로 생각하고 무게가 큰 물체는 면적이 큰 물체로 생각하는 일면이 있다. 또한 물체가 떨어지게 하는 원인을 공기가 누르는 힘으로 면적이 크면 누르는 힘이 크기 때문에 무게가 큰 물체가 빨리 떨어질 것이라고 나름대로의 논리를 가지고 무게가 큰 물체가 빨리 떨어지는 이유를 설명한다. 물체가 떨어지는 원인으로 알고 있는 공기가 물체를 누르는 힘, 물체의 고유한 양으로서의 무게 등으로 일관되게 적용하지 못하고 있으며, 알고 있는 선개념들이 서로 모순으로 일으키는 일면이 있다.

학생 5AM은 물체의 운동을 공기와 연결하여 물체의 운동을 생각하려는 경향이 강한 일면이 있으며, 공기의 운동이 없는 상태에서만 물체가 똑바로 아래로 떨어진다는 제한된 물리적 상황을 우선적으로 생각하는 경향을 가지고 있다. 또한 이러한 지각을 바탕으로 움직이는 차 안에서는 정지한 공기로, 그리고 빠르게 자전하는 지구에서는 지구와 함께 움직이는 공기로 주어진 상황에 따라 그 생각이 달라짐을 엿볼 수 있다. 이는 학생 5AM의 설명은 논리적이기는 하지만 관성의 개념을 제한적으로 사용하고 있음을 보여준다.

#### 라. 학생 5BM

학생 5BM은 자유낙하 하는 공이 떨어지면서 그 빠르기가 느려진다고 생각하고 있으며, 그 이유로서는 공이 떨어지는 동안의 공기의 저항 때문으로 알고 있다. 그리고 올라가는 공의 빠르기가 느려지는 이유에 대해서는 떨어지는 공의 경우와 같이 공기의 저항으로 일관적으로 설명을 하지 않고 물체를 위로 던질 때 물체에 주어진 힘이 위로 높이 올라갈수록 힘이 빠지기 때문이라는 힘의 소모로 설명했다. 즉 같은 공기 중에서의 공의 운동에 대해서 일관적인 설명으로 하기 보다는 떨어지는 공과 위로 올라가는 공에 대하여 공기의 저항을 부각시

킨 자신의 제한된 경험과 힘의 소모 등으로 상황에 따라 다르게 생각하며, 또한 특이한 설명으로 자신이 보기에 그럴듯한 설명을 한다.

힘이 소모된다는 학생 5BM의 생각으로부터 물체가 운동하는 데는 힘이 있어야 한다는 임페투스적인 힘에 대한 선개념을 가지고 있음을 알 수 있다. 그리고 무게는 힘이 아닌 다른 물리량으로 생각하며, 물체가 떨어지는 데는 힘이 작용하지 않는다는 생각을 가지고 있으며, 물체의 운동은 공기 중에서 일어나는 것으로 생각한다. 이에 따라 공기가 있는 지구상에서 물체가 떨어지는 현상과 공기가 없는 우주공간에서 물체가 떨어지지 않는 현상을 서로 다른 현상으로 분리하여 생각한다. 진공과 무중력을 혼동하고 있으며, 물체가 떨어지는 경우와 올라가는 경우는 물론 우주에서 물체가 떨어지지 않고 머물러 있는 경우를 제각기 달리 설명한다.

학생 5BM은 실제의 주변에서 가벼운 물체가 무거운 물체보다 빨리 떨어지는 현상을 흔히 현상적으로 지각된 것을 바탕으로 생각하고, 이를 바탕으로 주어진 문제를 추론하며, 지각적 특성이 매우 뚜렷한 코끼리와 개미의 크기에 초점을 맞추어 주어진 문제를 특정한 물리적 상황으로 설명하는 등 일반적인 측면보다는 떨어지는 물체가 공기로부터 받는 저항이나 바람의 영향 등의 제한적 측면만을 생각하거나 이를 우선적으로 생각하는 경향이 있다.

학생 5BM은 움직이는 차 안에서 공의 운동을 차의 운동보다는 실제적인 상황에서 일어날 수 있는 공의 운동을 변화시킬 수 있는 바람과 같은 공기의 운동 등의 제한적인 물리적 상황에 치중하여 공의 운동을 설명하고 있다. 질문에 대한 올바른 대답을 하지만 관성의 개념은 지니지 못하고 있는 것으로 보인다. 또한 물체의 속도와 기준계인 지면의 속도를 고려한 논리적인 설명이기는 하지만 관성의 개념을 전혀 지니고 못하고 있음을 보여준다.

#### 마. 학생 6AM

학생 6AM은 높은 곳에 있던 물체가 떨어지면서 속도가 증가하고 위로 던진 물체가 올라가면서 속도가 감소한다고 물체의 상하운동에 대한 현상을 비교적 정확히 설명한다. 물체가 떨어지게 하는 원인으로서, 높은 선반 위에 있는 물체가 선반에 의하여 지탱되어 아래로 떨어지지 않는 경우와는 대조적으로 물체

를 지탱하는 다른 물체가 없을 경우에 아래로 떨어지는 경우와 같이, 물체가 떨어지지 않게 지탱하는 것이 없기 때문에 아래로 떨어진다고 생각하고 있다.

위로 던져진 물체가 위로 올라가면서 그 속도가 감소하는 이유에 대해서는 물체가 지니고 있는 힘의 소모가 물체가 느려지는 이유로서 물체가 계속 올라가게 하기 위해서는 이에 상응하는 힘이 필요하다는 임페투스적인 생각을 가지고 있다.

학생 6AM은 중력이 클수록 빨리 떨어진다는 생각과 속도는 중력에 비례한다는 생각을 가지고 있다. 한편으로는 중력이 물체가 떨어지는 상황에서만 작용하는 것으로 물체가 떨어지기 위해서는 떨어지는 동안 계속적으로 작용하며, 깃털과 같은 가벼운 물체인 경우 떨어지다 공기의 부력에 의하여 위로 올라가는 경우에는 중력이 작용하지 않는다는 생각을 가지고 있다. 그리고 학생 6AM은 ‘중력’과 ‘무게’라는 과학용어를 사용하여 설명하고 있지만 이들을 다른 물리량으로 생각하고 있으며, 중력은 무게에 비례한다고 생각하고 있다.

학생 6AM은 관성계의 문제에서 물체의 운동을 일상의 경험에서 지각된 것을 바탕으로 우선적으로 물체가 떨어지는 동안 차의 흔들림과 같은 변화에 초점을 맞추어 설명하려는 경향을 보이며, 운동하는 관성계와 속도가 변하는 비관성계로 구분하여 관성의 개념을 설명한다. 그러나 학생 6AM은 관성의 개념을 소지하고 있으나 상황에 따라 적용하여 생각하거나 하지 않는 등의 제한적이다.

#### 바. 학생 6BM

학생 6BM은 중력에 대한 학습활동에서 습득한 지식을 바탕으로 높은 데에서 떨어지는 물체의 운동에 대하여 현상학적으로는 정확한 설명을 하고 있다. 그리고 그 이유로는 일괄되게 중력이 물체를 잡아당기기 때문이라고 정확한 과학적인 용어로 대답한다. 그러나 중력에 대한 개념에 대하여 정확히 알고 있지는 못하다. 중력이 지구와 물체사이의 상호작용이 아니라 공간에 존재하는 것으로 생각하고 있다. 그리고 중력은 아래로 끌어당기는 작용이라는 것은 알고 있으나 위로 올라가는 물체의 빠르기가 느려지는 이유에 대하여 중력이 아래에서 위로 올라갈수록 커지지 때문이라고 한다. 학생 6BM은 무거운 물체가 빨리 떨어진다는 아리스토텔레스적 선개념을 지니고 있는 반면 ‘무겁다’는 의미가 물체의

속성으로 생각하는 일면을 보인다.

학생 6BM은 관성계의 문제에 대하여 대중매체를 통하여 얻은 지식을 바탕으로 과학적인 개념을 가지고 있는 것으로 보이나 그 이유를 묻은 질문에는 공기의 저항이 없기 때문이라고 말한다. 학생 6BM은 일정한 속도로 운동하는 차안이나 지구 관성계에서 물체가 떨어지는 현상에 대하여 대중매체를 통하여 얻은 지식으로 정확한 대답을 하고 있으나 높은 데에서 물체가 떨어지는 동안 바람의 영향으로 바로 아래로 떨어지지 않는 실제적인 지각을 바탕으로 추론하고, 제한된 물리적 상황을 우선적으로 생각하는 경향이 있음을 보여준다.

## 5. 학생들의 공통된 선개념 유형

학생들의 개인별 선개념 유형의 분석을 근거로 학생들이 갖는 선개념의 유형을 다음과 같이 도출할 수 있다.

- 학생들은 물체의 낙하운동을 실제의 생활에서 직접 경험으로부터 얻은 지각에 의존하여 자기중심적으로 이해하려고 하며, 이를 바탕으로 유추하여 일괄되게 설명한다. 그리고 의인화하여 물활론적으로 매우 인간 중심적인 관점에서 설명한다.
- 학생들은 낙하운동을 설명하는데 ‘힘’이란 용어를 빈번히 사용하면서도 ‘중력’이란 용어를 많이 사용하지 않았으며, 물체가 떨어지는 현상에 대해 지구와 연계한 설명은 전혀 없으며 오직 물체가 떨어지거나 올라가는 현상에만 제한하여 설명하려 한다.
- 학생들은 물체가 아래로 떨어지는 것은 물체의 특성적인 것으로서 힘의 작용이 없이도 일어나는 아리스토텔레스의 자연적 운동과 유사한 선개념을 지니고 있다.
- 학생들은 ‘힘’이란 용어를 ‘힘을 쓰다’ ‘힘을 안 쓰다’ ‘힘이 들다’ ‘힘이 덜 들다’ 등의 소모의 개념으로, 즉 힘의 개념이 뉴턴이 의미하는 물체 사이의 상호작용으로서의 힘이 아니라 물체를 계속 운동하게 하는 요인으로서 공급되거나 소모되는 양의 개념으로 임펄스적인 개념으로 사용한다.
- 학생들은 물체의 낙하운동을 떨어지는 물체에 있을 수 있는 공기나 바람의

영향이라는 특정한 물리적 상황에 초점을 맞추어 일반적인 면보다는 특정한 제한적인 측면을 중점적으로 생각하는 경향이 있으며, 이에 대한 선개념의 견고함 일면을 가지고 있다.

- 학생들은 관성계 문제에서는 지구가 움직이는 것을 실제의 문제에 적용하지 못하고 자기가 존재하는 공간이나 공간의 모든 것들은 정지해 있다는 자기중심적인 생각을 한다.
- 학생들은 물체의 속도가 큰 이유를 물체가 힘이 세기 때문이라는 식으로 설명을 한다.
- 학생들은 물체의 낙하운동이나 수평운동 등의 운동을 공기가 존재하는 조건에서만 이루어진다는 생각을 한다.
- 학생들은 진공과 무중력을 혼동하고 있으며, 무중력에 대한 정보는 책이나 매체 등의 간접 경험을 통해서 얻어진 것으로 여겨진다.
- 학생들은 공기가 없다면 중력 역시 없으며 물체는 동등 무중력상태에서처럼 떠다닐 것이라는 생각을 하고 있다.
- 학생들은 물체의 무게를 물체의 부피와 같은 고유한 양으로 생각하고 무게가 큰 물체는 면적이 큰 물체로 생각한다.
- 학생들은 중력이 물체가 떨어지는 상황에서만 작용하는 것으로 물체가 떨어지기 위해서는 떨어지는 동안 계속적으로 작용하며, 깃털과 같은 가벼운 물체인 경우 떨어지다가 공기의 부력에 의하여 위로 올라가는 경우에는 중력이 작용하지 않는다는 생각을 한다.
- 학생들은 물체의 무게와 중력을 다른 물리량으로 생각한다.
- 학생들은 물체의 운동을 공기와 연결하여 생각하려는 경향이 강한 일면이 있으며, 공기의 운동이 없는 상태에서만 물체가 똑바로 아래로 떨어진다는 제한된 물리적 상황을 우선적으로 생각하는 경향을 가지고 있다.
- 학생들은 같은 공기 중에서의 공의 운동에 대해서 일관적인 설명으로 하기 보다는 떨어지는 공과 위로 올라가는 공에 대하여 공기의 저항을 부각시킨 자신의 제한된 경험과 힘의 소모 등으로 상황에 따라 다르게 생각하며, 또한 특이한 설명으로 자신이 보기에 그럴듯한 설명을 한다.
- 일부의 학생은 물체가 떨어지게 하는 원인으로서, 높은 선반 위에 있는 물

체가 선반에 의하여 지탱되어 아래로 떨어지지 않은 경우와는 대조적으로 물체를 지탱하는 다른 물체가 없을 경우에 아래로 떨어지는 경우와 같이, 물체가 떨어지지 않게 지탱하는 것이 없기 때문에 아래로 떨어진다고 생각한다.

- 일부의 학생들은 중력을 공기가 누르는 힘이라고 생각하고 있으며, 아래로 떨어지거나 위로 올라가는 물체에 대하여 공기가 일괄되게 아래로만 누르는 힘인 중력을 받는다고 생각한다.
- 일부의 학생들은 자유낙하 하는 물체가 떨어지면서 그 빠르기가 느려진다고 생각하고 있으며, 그 이유로서는 공이 떨어지는 동안의 공기의 저항 때문으로 생각하고 있다.
- 일부의 학생들은 위로 던져진 물체가 올라가면서 속도가 느려지는 이유를 던져진 힘의 소모로 생각하기도 한다.
- 일부의 학생들은 관성계의 문제에서 물체가 떨어지는 동안 차의 흔들림과 같은 변화에 초점을 맞추어 설명하려는 경향을 가진다.
- 일부의 학생들은 중력이 지구와 물체사이의 상호작용이 아니라 공간에 존재하는 것으로 생각한다.
- 일부의 학생들은 중력은 아래로 끌어당기는 작용이라는 것은 알고 있으나 위로 올라가는 물체의 빠르기가 느려지는 이유에 대하여 중력이 아래에서 위로 올라갈수록 커지지 때문이라고 한다.

## V. 결론 및 제언

물체의 운동에 관련된 과학개념학습에 영향을 줄 수 있는 초등학교 아동들이 지닌 자유낙하운동에 대한 선개념의 유형을 다음과 같이 도출할 수 있다.

첫째, 학생들은 물체의 낙하운동을 실제의 생활에서 직접 경험으로부터 얻은 지각에 의존하여 자기중심적으로 이해하며 물활론적으로 설명한다.

둘째, 학생들은 물체가 떨어지는 현상에 대해 지구와 연계한 설명은 전혀 없으며 오직 물체가 떨어지거나 올라가는 현상에만 제한하여 설명하려 한다.

셋째, 학생들은 물체가 아래로 떨어지는 것은 물체의 특성적인 것으로서 힘의 작용이 없이도 일어나는 아리스토텔레스의 자연적 운동과 유사한 선개념을 지니고 있다.

넷째, 무게는 물체가 아래로 떨어지게 하는 원인으로서 물체가 가지는 고유한 특성으로 생각하고 있으며, 중력과는 다른 물리량으로 생각한다.

다섯째, 학생들은 ‘힘’이란 용어를 ‘힘을 쓰다’ ‘힘을 안 쓰다’ ‘힘이 들다’ ‘힘이 덜 들다’ 등의 소모의 개념으로, 즉 힘의 개념이 뉴턴이 의미하는 물체 사이의 상호작용으로서의 힘이 아니라 물체를 계속 운동하게 하는 요인으로서 공급되거나 소모되는 양의 개념으로 임페투스적인 개념으로 사용한다.

여섯째, 학생들은 물체의 낙하운동을 떨어지는 물체에 있을 수 있는 공기의 영향이라는 특정한 물리적 상황에 초점을 맞추어 일반적인 면보다는 특정한 제한적인 측면을 중점적으로 생각하는 경향이 있으며, 이에 대한 선개념의 견고함 일면을 가지고 있다.

일곱째, 공기는 물체가 위에서 아래로 떨어지는 운동을 방해하는 작용을 하는 역할로서 생각하고 있으며, 운동은 공기 중에서만 일어난다고 생각하고, 공기가 없다면 낙하운동이 일어나지 않을 것으로 생각한다.

여덟째, 학생들은 관성계 문제에서 지구가 움직이는 것을 실제의 문제에 적용하지 못하고 자기가 존재하는 공간이나 공간의 모든 것들은 정지해 있다는 자기중심적인 생각을 한다.

일부의 학생들은 물체의 속도가 큰 이유를 물체가 힘이 세기 때문이라는 식으

로 설명을 하였고, 중력을 공기가 누르는 힘이라고 생각하기도 하였다.

위 결과를 바탕으로 제언해 보면,

낙하운동은 주변에서 항상 접할 수 있는 힘과 관련된 가장 기본적인 개념으로 이에 대한 잘못된 선개념이 많았다. 중학교에서 낙하이론을 접했을 때 너무 오랫동안 잡혀있던 잘못된 선개념이 고정화되어 학습에 나쁜 영향을 끼칠 수 있을 것이다. 초등학교 교육과정상에 낙하운동을 직접 체험할 수 있는 실험과 읽을 거리 등을 통해 낙하운동에 대한 기본 개념을 제대로 정립할 필요가 있다. 특히 고학년의 경우 중력 및 낙하이론과 관련된 지식을 접한 경우가 많았기 때문에 난이도를 조절한다면 쉽게 다가갈 수 있을 것으로 보인다.

그리고 교사는 자유낙하운동에 대한 오개념을 교정하기 위하여 다양한 교수-학습 자료를 제시하거나 개발하여야 하며 또한 교사도 잘못된 선개념을 가지고 있을 것으로 판단되어 그에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 생각한다.

## 참 고 문 헌

- 강정우, 강동식, 김홍중(1997). 과학사적 학습지도에 의한 중학생들의 낙하운동 개념 이해. **제주대학교 과학교육**, 14, 57-78.
- 권성기(1987). **중학생의 과학수업에 의한 힘과 운동의 개념변화**. 미출판 한국 교육대학교 석사학위논문. 청주.
- 권재술, 김범기(1993). **과학 오개념 편람(역학편)**. 한국교원대학교 물리교육연구실. 청주.
- 권재술, 김범기, 우종옥, 정완호, 정진우, 최병순(1998). **과학교육론**. 서울: 교육과학사.
- 김영식(1985). **과학의 혁명**, 민음사.
- 김환호(1991). **빛과 소리에 대한 아동들의 개념조사**. 미출판 한국교원대학교 석사학위논문. 청주.
- 이경하(2007). **구성주의에 기초한 유아의 운동개념 변화과정 탐구**. 미출판 중앙대학교 대학원 박사학위논문. 서울.
- 이명자(1997). **물체의 자유낙하에 대한 아동의 정신모형 연구**. 경북대학교 대학원 석사학위논문. 대구.
- 이영민(2004). **인지갈등이론을 통한 과학교육 오개념 해결을 위한 시스템 설계 및 구현**. 미출판 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문. 청주.
- 이원식, 이상은(1979), Piaget의 발달단계이론과 화학교육 과학교육연구논총, **서울대학교 사범대학 과학교육연구소**, 4(1), 13-18
- 임영택(2003). **물체의 낙하에 관한 초등학생의 개념 유형과 인지갈등 정도**. 미출판 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문. 청주.
- 장기웅(1999). **과학사적 수업을 통한 낙하운동 관련 오인 변화에 관한 연구**. 전남대학교 교육대학원 석사학위논문. 광주.
- 조희형(1984). 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학습의 관계. **한국교육과학회지**, 4(1), 34-43.
- 채동현(1994). 한국학생들의 중력현상에 관한 유년적 사고. **한국과학교육학회지**, 14(1), 70-84.

- 채동현, 이수영(2002). 과학동산 운영에 관한 질적 연구. *초등과학교육*, 21(2), 263-288.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt Rinehart and Winston, New York.
- Driver, D. P. (1968). *Educational Psychology : a Cognitive View*, New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Driver, D. P. and Bell, B. (1985). *Children's Ideas in Science*, Philadelphia, Open University Press.
- Gilbert, J., Osborne, R., & Fensham, P. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*
- Merrian, S, B. (1988). *Case study research in education: A qualitative approach*. 허미화 역(1994).
- Osborne, R., & Freyberg, P. (Eds). (1985). *Learning in science : The implications of children science*. Auckland : Heinemann.
- Piaget, J. (1964). Cognitive development in children: Development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2. 176-186

## ABSTRACT

### A Qualitative Study on Concepts of the Falling Motion in Elementary School Students

Koh, Dae gwon

Major in Elementary Science Education

Graduate School of Education

Jeju National University

Supervised by Professor Hyeon, Dong geol

The concept learning can be said to become core in the science education of elementary school. The purpose of this study is to clarify the preconception types and its characteristics in children on the free fall motion in elementary-school children, which can give influence upon the science concept learning related to motion in object. For this, the aim was to arrange the basis in methodological research of the misconception correction by analyzing types in preconception in children through the qualitative research method.

This study analyzed contents by transferring the recorded materials after recording and mixing the interview scene on how a falling theory is understood targeting 2 students in the 4th grade, 2 students in the 5th grade, and 2 students in the 6th grade for elementary school.

Given examining the preconception types in common,

First, students try to selfishly understand the fall motion and to explain animistically depending on perception that was obtained directly from experience in actual life.

Second, students don't explain the phenomenon that object falls by connecting with the globe, but try to explain by putting restriction only on phenomenon that object falls or rises.

Third, students have preconception similar to Aristotle's natural motion that occurs even without action of force as what object falls down is what is characteristic in object.

Fourth, students are thinking that weight is a cause for allowing object to fall down, is peculiar characteristic that object has, and is physical value different from gravity.

Fifth, students use the terminology called 'force' as the impetus concept, as a concept of volume that is supplied or consumed as a factor of allowing object to move continuously.

Sixthly, students think with the focus on the specifically physical situation called the effect of air, which can be in the falling object in the fall motion of object.

Seventh, students are thinking that air is a role of functioning as hindering motion that object falls from up to down, that motion takes place only in air, and that the fall motion will not happen if there is no air.

Eighth, students think selfishly that everything in space where oneself exist or in space stops with failing to apply the motion in the globe to real problem as for a problem about inertial frame.

In this way, there are many wrong preconceptions on the fall motion. Thus, there is necessity for rightly establishing basic concept on the fall motion through experiment and reading stuff available for directly experiencing the fall motion in light of curriculum for elementary school.

<부록 1>

## 설문지

( )학년 (남, 녀)

\*문제를 잘 읽고 성의껏 답해 주시기 바랍니다.

1. 높은 곳에서 떨어지는 공의 빠르기는 어떻게 될까요? ( )

- ① 아래로 내려올수록 빨라진다.
- ② 아래로 내려올수록 느려진다.
- ③ 떨어질 때까지 일정하다.
- ④ 기타 ( )

2. (1번 답과 관련하여) 왜 그렇게 생각하나요?

---

---

3. 위로 던진 공의 빠르기는 어떻게 될까요? ( )

- ① 위로 올라갈수록 빨라진다.
- ② 위로 올라갈수록 느려진다.
- ③ 일정하다.
- ④ 기타 ( )

4. (3번 답과 관련하여) 왜 그렇게 생각하나요?

---

---

---

5. 일정한 빠르기로 달리는 자전거에서 공을 손에서 수직으로 던져 올렸습니다.  
손을 움직이지 않고 그대로 공을 받을 수 있을까요? ( )

- ① 받을 수 있다.
- ② 받을 수 없다.
- ③ 기타 ( )

6. (5번 답과 관련하여) 왜 그렇게 생각하나요?

---

---

---

7. 지구는 빠른 속도로 자전하고 있습니다. 그렇다면 높은 곳에서 돌을 떨어뜨리면 어떻게 될까요? ( )

- ① 바로 밑으로 떨어진다.
- ② 뒤로 쳐져서 떨어진다.
- ③ 기타 ( )

8. (7번 답과 관련하여) 왜 그렇게 생각하나요?

---

---

---

9. 높은 곳에서 무거운 물체와 가벼운 물체를 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까요? ( )

- ① 동시에 떨어진다.
- ② 무거운 물체가 먼저 떨어진다.
- ③ 가벼운 물체가 먼저 떨어진다.

10. (9번 답과 관련하여) 왜 그렇게 생각하나요?

---

---

---

11. 물체는 왜 아래로 떨어질까요?

---

---

---

\* 감사합니다.

