
碩士學位請求論文

科學史的 學習指導에 의한 中學生들의
落下運動 概念 理解

指導教授 康 禎 友



濟州大學校 教育大學院

物理教育專攻

金 弘 中

1997年 8月

科學史的 學習指導에 의한 中學生들의 落下運動 概念 理解

指導教授 康 禎 友

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함.

1997年 6月 日

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻

提出者 金 弘 中



金弘中の 教育學 碩士學位 論文을 認准함.

1997年 7月 日

審査委員長 朴奎殷 
審査委員 金奎用 
審査委員 康禎友 

〈 초 록 〉

科學史的 學習指導에 의한 中學生들의
落下運動 概念 理解

金 弘 中

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻

指導教授 康 禎 友

중학생들이 낙하운동 개념을 이해하는데 과학사적 학습지도가 효과적인 수업 방법인가를 알아보기 위해, 낙하운동에 대한 학생들의 선개념을 조사 분석한 것을 바탕으로 과학사에 등장하는 과학자들의 개념 변천 과정을 학습자료로 수업에 투여하고 토의학습을 통한 개념학습을 하였다.

수업처치 후 학생들은 전통적 수업보다 수업 참여도 면이나 흥미도 면에서 과학사적 학습지도가 아주 좋다는 반응을 보였고, 학업 성취도는 통제집단보다 15% 높았다. 뿐만 아니라, 학년말 과학 성적과 성취도 검사 성적을 비교해 본 결과 거의 대부분의 학생 성취도 성적이 고르게 향상되었다. 그리고 과학 성적과 탐구능력이 남학생이 높은데도, 남녀 학생간의 성취도 성적은 같았고 일부 학생은 과학 성적이 낮은데도 성취도 성적은 높게 나타났다.

이와 같은 결과로부터 과학사적 학습지도는 학생들의 흥미유발을 시킬 수 있고, 특히 여학생들에게 과학에 관심을 갖도록 하는 수업 방법이 될 수 있을 것이다. 결론적으로 말해, 과학사적 학습지도는 오개념 교정에 효과적인 개념학습 방법이라고 할 수 있다.

차 례

| | |
|------------------------------|----|
| 초 록 | i |
| I. 서 론 | 1 |
| 1. 연구 필요성 | 1 |
| 2. 연구 목적 | 3 |
| 3. 연구 문제 | 5 |
| II. 이론적 배경 | 6 |
| 1. 구성주의적 학습 이론 | 6 |
| 2. 과학사적 학습지도 | 7 |
| 3. 과학과 토의 수업의 특징 | 11 |
| 4. 낙하운동 개념의 역사적 변천 | 12 |
| 5. 낙하운동에 대한 학생의 오개념 | 17 |
| III. 연구 방법 및 절차 | 22 |
| 1. 연구 대상 및 시기 | 22 |
| 2. 연구 절차 | 22 |
| 3. 학습지도 과정 | 25 |
| IV. 연구 결과 및 논의 | 27 |
| 1. 사전 검사 결과 분석 | 27 |
| 2. 수업 관련 태도 검사 분석 | 36 |
| 3. 성취도 검사 결과 분석 | 37 |

| | |
|-----------------------------|----|
| V. 결론 | 43 |
| 참 고 문 헌 | 45 |
| Abstract | 49 |
| 부록 1. 낙하운동에 관한 개념 검사지 | 51 |
| 2. 수업에 투여한 학습자료 | 54 |
| 3. 성취도 검사지 | 57 |
| 4. 수업 관련 태도 검사지 | 62 |



I. 서 론

1. 연구 필요성

과학수업은 세 가지의 기본 요소로 구성되어 있다고 볼 수 있다. 첫째는 “무엇을 가르칠 것인가”이고, 둘째는 “어떻게 가르칠 것인가?”이며, 셋째는 “얼마나 잘 가르쳤는가”이다. 첫 번째 것은 교육목표와 내용의 문제이고, 두 번째의 문제는 학습지도 방법의 문제이며, 세 번째는 성취도 평가의 문제이다. 현 우리 나라 중등 과학 교육의 실정은 입시 준비를 위해서 교사는 단편적인 지식을 전달, 주입시켜서 해답을 잘 골라내는 기능을 기르는 데 주력하고 있고 과학개념에 대한 이해보다는 문제해결을 위한 ‘공식 위주의 지식’ 전달의 수업이 대부분이다. 뿐만 아니라, 학습은 학습자의 심리적, 사회적 특징에 대한 고려가 불충분한 상태에서 교사 중심의 일방적 수업으로 진행되고¹⁻³⁾ 있는 것이 현실이다.

최근에 활발히 연구되고 있는 학습의 구성주의적 관점은 교수-학습 방법에 많은 시사점을 주고 있다. 학습의 구성주의적 관점에 의하면 학생들은 과학수업을 받기 이전부터 일상생활의 경험을 통해서 자연현상에 대한 나름대로의 개념을 가지고 있으며, 따라서 전혀 과학지식을 가지고 있지 않은 백지상태로 수업에 임하는 것이 아니라고 보고 있다.⁴⁾

학생들이 지니고 있는 개념들은 일상생활의 경험을 통하여 얻어진 지식과 언어적인 연관성에 바탕을 두고 있어 과학자들의 개념에 비하여 덜 분화되어 있거나, 현재의 과학 사회가 인정하는 과학 지식과 큰 차이가 있을 만큼 그릇되게 형성되어 있다. 그러므로 오늘날의 과학교육 연구자들은 이와 같은 개념들을 자신들의 학문적 입장에 따라 오인, 사전개념, 아동과학, 직관적 신념, 대안개념, 대안체계 등 다양한 용어로 부르고 있다. 그리고 그들은 그러한 개념들이 학생들의 인지구조에 강하게 정합 되어 나름대로의 논리적인 체계를 이루고 있기 때문에 쉽사리 버려지거나 변화되지 않는다고 한다.^{5,6)} 뿐만 아니라, 차후의 학습에 의해서 각각 개인에

따라 독특하고 특유한 형태로 발달하게 되어 과학 교수-학습 과정에 많은 영향을 끼칠 뿐만 아니라 오히려 과학 학습을 방해하기도 한다고 하였다.⁷⁾

그러므로 과학 학습은 학생들이 전혀 알지 못하던 새로운 개념이나 용어를 습득하는 학습도 중요하지만 학생들이 가진 선개념(preconception ; 학생이 과학 학습을 받기 이전에 학습 내용과 관련하여 가지고 있는 개념으로 과학적 개념과 비과학적 개념 모두 포함된다)이 낮은 수준의 개념이라면 그의 확장을 돕고, 만약 오개념(misconception ; 혹은 오인이라고 번역하기도 하는데, Cornell대학의 Novak교수 등 미국의 학자들이 사용하기 시작하여 세계적으로 널리 통용되고 있는 용어로 학생들의 생각들이 과학적으로 옳지 못하다는 의미를 전제로 하고 있다. 즉, 학생들의 선개념 중 당대의 과학적 지식과는 다른 개념을 말한다.)이라면 변화 교정하는 학습도 중요하다 할 것이다.

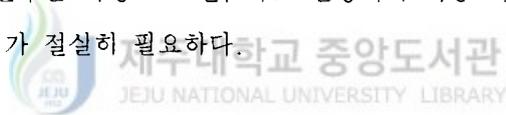
따라서 오스본(R. J. Osborne)과 프레이버그 (P. Freyberg)⁸⁾는 과학 학습에 있어서 학생들이 고유한 개념 형태를 조사하여 확인하고 그 형태를 고려한 수업 전략을 실행하지 않는다면, 학생들이 갖고 있는 선입 개념들은 형식적 과학 학습에 의해서 쉽게 변화되지 않으며 또 변화된다 하더라도 바람직하지 못한 비과학적 개념 형태로 발달된다고 하였다. 그러므로 교사는 학습자가 이미 파지하고 있는 개념 체계 즉 선입 개념의 유형을 알고 학생들의 개념 획득 과정을 충분히 알고 있어야 한다. 올바른 개념형성을 위한 학습이 되려면 학생들이 흥미와 호기심을 갖도록 각 학년, 연령층에 적합한 과학적 개념들을 도입하여 학습 욕구를 유발시키고, 인지적 갈등을 일으켜 학습자가 지니고 있던 잘못된 개념들을 버리고 학생들 스스로 과학적 개념을 찾아내도록 하는 학습활동을 제시해야한다.

그러나, 현재의 우리 과학교육은 교사 중심의 설명방식 또는 문제풀이 방식의 암기학습으로 주로 실시되어 학생들 자신의 경험을 학습시키지 못하고 학생들의 선개념이 오개념으로 굳어지거나, 오개념이 더욱 굳어지고 있는 실정이다. 일반적으로 교사는 과학자의 개념을 '주고', 학생들은 '받아서' 그 개념을 문제풀이에 사용하여 적용하는 것이 개념학습으로 여기는 수가 많은데, 교사나 과학자에게는 명백한

정보나 설명이 학생들에게는 그렇지 못한 경우가 허다하다.⁹⁾ 수업 중 가르쳐지는 학교 과학이 학생들에게 유의미하고 유용할 것이라는 권위적인 믿음만 가지고는 안된다. 반드시 학생들의 선개념을 고려하여 그것이 오개념인 경우 수정될 수 있도록 학습지도를 하여야 한다.

일반적으로 학생의 개념변화에 관한 연구를 연구목표에 따라서 두 가지로 구분할 수 있다. 그 중 하나는 개념변화 이론에 관한 보다 더 분석적이며 엄격한 변인 통계를 바탕으로 한 이론 지향적 연구가 있을 수 있고, 다른 하나는 이론적 배경보다는 교실 현장에 더 가까운 실제적 특징의 연구로 연구결과를 교육 현장에 직접 활용할 수 있는 연구를 들 수 있다. 전자의 경우 엄격한 변인 통계를 하였기 때문에 개념변화에 영향을 주는 변인들을 찾아낼 수 있는 반면, 실제 교실에서 이루어지는 학습에는 보다 많은 변인들이 동시에 작용하고 있음을 간과하고 있다. 그렇지만, 후자는 어떤 변인이 어떻게 영향을 미치는지 알아내기는 어려워도 연구결과를 직접 교실에 활용할 가능성이 상대적으로 높다고 할 수 있다.¹⁰⁾

그러므로 오개념을 과학적 개념으로 대체시키거나 치료하기 위해서는 학생의 개념 유형에 관한 연구를 바탕으로 한, 학교 현장에서 적용 가능한 새로운 교수-학습 방법에 대한 논의가 절실히 필요하다.



2. 연구 목적

많은 연구자들이 현대의 학생들이 갖는 역학개념의 특징이 과거의 일반인들 또는 학자들이 가졌던 개념의 특징과 유사함을 주장하였다. 맥클로스키(M. McCloskey)¹¹⁾는 대학생들의 역학개념이 뉴턴 역학의 기본 원리와는 다른 직관적 운동이론에 바탕을 두고 있으며, 이 직관적 운동이론이 뉴턴 이전의 임페투스이론과 흡사하다는 것을 주장하였다. 누스바움(J. Nussbaum)¹²⁾은 과학사가 과학철학의 배경이 되며 개념변화의 동역학(dynamics of conceptual change) 이해에 유용할 것이라고 하였으나 학생의 개념발달이 단순히 과학사를 재현하지는 않는다고 주장하였다. 살티엘(E. Saltiel)과 비에노(L. Viennot)¹³⁾는 과학사를 통하여

개념의 변화가 매우 어렵게 진행되어 온 과정을 설명하고, 학생들의 개념변화와 과학사 사이에 완전한 병행성은 없지만 학생들의 개념을 변화시키는 데 생기는 어려움을 과학사로부터 이해할 수 있음을 보였다. 할로운(I. A. Halloun)과 헤스텐스(D. Hestenes)¹⁴⁾는 오늘날 학생들이 갖는 오개념들이 뉴턴 이전 시대의 지식인들이 주장했던 개념들과 유사함을 주장하고, 그 당시의 지식인들이 어려움을 겪었던 점을 고려하면 학생들이 어려움을 겪는 것이 이상할 것이 없다고 하였다. 그리고 학생들의 선개념이 아리스토텔레스적인 개념과 임페투스적 개념을 갖고 있다고 하였다.

이상의 연구 결과들로부터 비록 과학개념과 관련된 과학사적 연구가 학생들의 과학개념 특징과 개념변화 과정에 결정적인 기여를 할 수는 없어도 학생들의 견고한 오개념을 이해하기 위한 몇 가지 접근방법 중의 하나라 할 수 있다.¹⁵⁾ 그러나 이러한 연구들은 과학사의 내용이 과학 개념학습에 도움이 될 것이라는 가능성을 제시하고는 있지만, 과학학습에 어떻게 활용될 수 있는가에 대한 구체적인 수업 방법 제시는 못하고 있다.¹⁶⁾

학생들의 과학 오개념을 확인하는 연구는 다양하게 수행되어 왔고, 또한 이 오개념을 극복하게 위한 여러 방안들이 구성주의적 입장에서 과학교육자들에 의해 다양하게 시도되어 왔다. 그 대표적인 예로는 순환학습 모형(Learning Cycle Model),¹⁷⁾ 개념도(Concept Map)와 인식론적 발견법(Epistemologic Heuristic Vee Diagram),¹⁸⁾ 발생 학습 모형(Generative Learning Model),¹⁹⁾ 반성적 사고를 이용한 수업,¹⁵⁾ 초인지를 이용한 수업,²⁰⁾ 비유 수업 모형²¹⁾ 등을 들 수 있다.

그러나 이러한 접근 방안들은 기본적으로 인지적 갈등(cognitive conflict)과 그것의 극복에 초점을 맞추는, 개념학습의 인지적 측면을 주로 강조하는 특징들이 있다. 즉 과학을 보다 포괄적이고 종합적으로 사회와 문화와의 관련성에서 다루거나 과학의 본성에 관심을 두는 것과 같은 전향적인 입장을 추구하고 있지는 않는 것이 한계이다.^{16,22)} 그런 이유로 인해 이러한 점들이 보다 효과적으로 다루어질 가

능성이 높은 과학사를 이용한 학생의 오개념 극복 수업 방법에 관한 연구가 절실하다고 하겠다.

최근에는 중·고등학교 과학 교과서에 과학사에 나타나는 열 개념 변천 과정을 역사적으로 전개하여 열 현상에 대한 학생들의 오개념을 치료하고 적절한 개념을 형성하는데 도움을 주도록 가르쳐야 한다는 연구²³⁾도 있다. 그리고 과학사를 과학 교육에 도입키 위한 이론적인 연구^{16,22)}들은 있지만, 교실 현장에서 적용 가능한 수업전략과 방법에 관한 연구는 미비하다.

학생들이 갖는 낙하운동에 관한 오개념은 갈릴레이 이전 과학자들이 가졌던 생각과 유사하다. 그러므로, 중학생들이 실생활과 관련지어 이해하기 어려워하는 낙하운동 개념학습을 위한 수업전략과 방법의 효과에 대해 알아보려고 하는 것이 본 연구의 목적이다.

3. 연구 문제

본 연구는 중학교 1학년 학생들이 낙하운동에 관해서 갖고 있는 선개념을 조사하고, 이를 바탕으로 과학사와 관련한 학습자료를 수업에 투여하여 수업을 실시한 다음 고안된 과학사적 학습지도 전략에 대한 효과를 알아보고자 수행된 것으로 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 낙하운동에 관한 수업전 학생들의 개념 유형은 어떠한가?
- 2) 과학사적 학습지도 방법이 학생들의 수업 활동에 흥미를 주고 있는가?
- 3) 과학사적 학습지도가 학생들의 낙하운동 개념을 이해하는데 효과가 있는 수업 방법인가?
- 4) 개념학습과 흥미유발을 위한 과학사적 학습지도 방법은 남녀 성별에 따라 어떤 영향을 주고 학업 성취도는 어떠한가?

Ⅱ . 이론적 배경

1. 구성주의적 학습 이론

과학지식의 발달과 진보에 대하여 과학철학에는 크게 경험주의(empiricism)와 구성주의(constructivism)의 서로 상반된 두 가지 입장이 있는데, 구성주의적 관점에서는 학습을 학습자가 능동적으로 의미를 구성해나가는 과정으로 정의한다. 즉 학습에 있어서 학생들을 자연현상에 대해 이미 나름대로의 개념을 가지고 수업에 임하는 적극적인 학습자로 보고있다. 따라서 학습한다는 것은 학생들로 하여금 새로운 개념을 받아들이는 과정뿐만 아니라 이미 학생들이 지니고 있는 기존 개념을 수정하거나 대체하는 과정을 함께 포함하는 것을 의미한다.

이러한 과정에서 학습자는 스스로 의미를 구성함으로써 세계를 능동적으로 이해하게 된다. 이러한 생각은 학습자가 이미 파지 한 인지구조 혹은 도식과 환경과의 능동적인 상호작용을 통해서 지식이 구성된다고 보는 피아제(J. Piaget)나, 학습자의 관련된 인지구조에 새로운 개념 혹은 정보가 유의미하게 연결됨으로써 학습이 일어난다고 보는 유의미 학습 이론의 오스벨(D. F. Ausubel), 인간은 능동적 조직체로서 이미 지니고 있는 경험과 지식을 토대로 적극적인 활동을 통해 새로운 개념 구조를 발생시킨다는 발생학습의 오스본(R. J. Osborne)과 위트록(M. C. Wittrock) 등에서 공통적으로 나타난다.

그러므로 보드너(G. M. Bodner)는 “과학지식은 학습자의 마음에서 구성된다”라고 하였고 보스니아도우(S. Vosniadou)는 “지식의 획득은 단순한 축적이 아니며 인지 구성의 재구성이다”라고 하였다.⁶⁾ 따라서 구성주의자들은 지식을 관찰과 독립된 세계의 직관적 대표현으로 생각하지 않으며, 지식은 가시적인지 행위의 개념구조로 언급한다. 이와 같이 학습에 대한 구성주의적 관점은, 학생들이 개념 변화 과정을 거쳐서 스스로 재구성하는 과정으로 보고 있으므로 수업은 학생지식 구조의 재구성과 진보적 발달을 수반해야 한다.

구성주의 학습 이론에서 현대 교수법은 개인의 능동적 과정에 관심을 가지며 지식이란 개인과 환경과의 거래라고 여긴다. 즉 학생을 의미생성자(meaning maker)로 인식하여, 경험을 학생들이 의미를 생각하고, 숙고 확장시킬 수 있게 조직해야한다고 한다.²⁴⁾

학생의 선개념과 개인적 경험이 매우 중요하므로 효과적인 교수는 교사가 학생의 관점을 얼마나 이해하느냐에 달려있다고 한다. 따라서 구성주의적 학습이론에서는 다음과 같은 점들을 강조한다.

1) 학습은 개념의 변화를 포함한다. 과학학습이란 단순히 현존하는 개념을 확장하거나 이에 새로운 것을 첨가하는 것이 아니라 개념의 적극적인 재조직화를 포함하는 것이다.

2) 학습은 물리적 환경에 대한 경험과 사회적 상호작용을 통해서 지식을 구성해 나가는 과정을 포함한다.

3) 학습의 결과로 구성된 의미는 다시 경험에 따라 부단히 검증되고 필요에 따라서는 수정되어 또 다른 의미로 변화되는 잠정적 속성을 지닌 개념체계이다.

4) 교수는 지식의 전이가 아니므로 학생이 과학적으로 사회를 보는 법을 알 수 있도록 수업 상황을 조직, 설계한다.

5) 학습성과는 환경뿐만 아니라 학습자의 선지식, 태도, 학습자의 목표에 의해서도 영향을 받는다.

이와 같이 학습을 학습자 개인의 능동적으로 의미를 구성하는 과정으로 보는 구성주의의 학습은 전통적 학습과는 다른 특징을 가지게 된다. 표 1.은 학습에 대한 전통적 관점과 구성주의적 관점을 비교한 것이다.

2. 과학사적 학습지도

지난 수년 동안 국제적으로 과학교육에서 과학사의 중요성을 강조하는 논문들이 많이 발표되었다. 과학사를 과학교육에 도입하려는 이유는 ① 학생들이 갖는 오개념은 역사적으로 볼 수 있는 과학자들의 시행착오와 상당한 유사점이 있기 때문에,

과학자들이 잘못된 개념을 극복하고 바른 개념에 도달하게 되는 과정을 과학학습에 이용하면 오개념 교정의 방향을 제시해 줄 수 있고, ② 과학 학습에 있어서 학생들의 흥미유발을 시킬 수 있으며, ③ STS(Science, Technology and Society: 과학·기술·사회)교육과도 관련이 있기 때문이다.^{16,25)}

표 1. 학습에 대한 전통적 관점과 구성주의적 관점의 비교

| | 전통적 관점 | 구성주의적 관점 |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 교사의 역할 | 지식을 전수하는 역할 | 학생들이 의미를 구성하도록 경험제공과 학습촉진 |
| 학생의 역할 | 지식을 수동적으로 받아들임 | 의미를 능동적으로 구성 |
| 수업전 학생의 상태 | 백지상태 또는 쉽게 대체될 수 있는 개념을 가지고 있는 상태 | 선행개념에서 기초한, 쉽게 변하지 않는 개념을 가지고 있는 상태 |
| 학습의 조건 | 외부적인 학습상황: 교사, 교실, 교과서, 실험 | 외부적인 학습상황과 학생의 기존개념과 선행개념 |
| 학습에 대한 관점 | 백지상태의 학생에게 지식을 전수 | 기존의 개념을 바꾸거나 수정하는 과정 |
| 지식형성의 관점 | 외부조건에 의해 결정되며 학습자와는 무관 | 각 개인의 내적 작용에 의해 지식이 형성됨 |

과학적 활동에는 두 가지 면이 있다. 하나는 과학지식을 생산하는 발견의 맥락으로서, 이는 과학적 지식의 기원과 발전적 특성에 대한 논의가 포함된다. 하나의 과학적 발견이 어떤 과학적, 철학적, 역사적, 사회적 맥락 속에서 이루어졌는가에 대한 논의를 말한다. 예를 들면, 왜 전자기학이 문학이나 예술 사조 등 전 문화영역에서 낭만주의적 기운이 풍부했던 19세기 유럽에서 발생하였는가? 이러한 발전은 17, 18세기의 과학들과 어떤 관련을 갖는가? 좀더 구체적으로 페러데이의 어떤 과정을 통해 전자유도의 법칙에 이르게 되었는가? 이러한 질문들이 발견의 맥락에 해당하는 질문들이라고 할 수 있다.

둘째는 정당화의 맥락으로서, 이는 발견된 과학적 지식의 검증이나 시험과 관련된다. 과학적 증거들의 신뢰성과 타당성을 수립하는 작업이 여기에 해당하며 과학

적 지식을 합법화하기 위해 사용하는 논리적, 시험적 기준들을 적용하는 것 등을 말한다. 예를 들면, 맥스웰의 전자파 이론은 어떤 과정을 거쳐 확증되었는가 등의 질문이 여기에 해당한다. 이러한 두 과정은 과학적 활동에 있어서 상호보완적 특성을 갖는다고 할 수 있다.

두실(R. A. Duschl)은 오늘날 초·중등 과학교과에서는 대부분 검증의 맥락과 관련된 내용들이 주종을 이루며, 어떻게 인간이 현재의 인식에 도달했는지에 대한 발견의 맥락이 무시되고 있다고 하였다. 그는 발견의 맥락에 해당하는 과학교육을 '과학에 관한 지식의 교육'이라고 부르며 정당화의 맥락에 해당하는 과학교육을 '과학적 지식의 교육'이라고 불렀다. 그런데 그는 과학에 대한 지식의 교육은 현재의 인식에 이르게 된 추리의 고리가 무시되었기 때문에 교사들과 학생들은 불완전한 지식을 갖게 되었다고 주장했다. 그래서 두실은 오늘날 과학교육에서 지식의 구조, 과학적 추리의 과정, 실험결과의 분석방법, 과학이론을 평가하는 기준 등이 학생들의 학습심리나 구체적인 수업계획과 결부되어야 한다고 하였다.²⁶⁾

과학사는 과학적 결과들의 발생과정을 포함하고 있어서 학생들에게 과학철학의 현대적 관점을 제공하는 데 도움을 줄 수 있으며 이론의 형성과 발달과정을 고찰함으로써 과학 이론의 잠정성을 보여준다. 또한 개념발달을 가지는 많은 예를 제공할 수 있으므로, 역사적 고찰은 과학의 이해를 도와줄 뿐 아니라 개념발달의 새로운 가능성도 제시해 준다.

역사는 학생들에게 대체 개념을 제공한다. 그 개념들이 선입관과 일치하는 개념이든 아니든 간에 그런 개념들은 학생들이 자신의 개념과 비교하고 이를 발전시키거나 확인하는 계기를 제공하므로 구성주의자들이 말하듯이 학생들의 적절한 개념 구성에 도움을 줄 것이다. 그리고 과학사에 나타나는 이론 변화에서 과학자들이 겪었던 개념 변화의 연구들은 학생들의 개념 변화를 촉진하기 위하여 학습지도에 유용한 자료로서 제공될 수 있다.²³⁾

이처럼 과학교육에서 과학사의 유용성에 대한 인식전환으로 인해 1990년대에 들어와 미국과 영국을 중심으로 HPS(History and Philosophy of Science ;

과학사와 과학철학) 관련 주제들을 과학교육에 삽입하려는 노력이 활발하게 일어나고 있다. 이미 영국과학교육과정에서는 HPS가 교과과정에 약 5%를 차지하고 있으며, 미국의 과학교육 개혁에 관한 보고서인 U. S Project 2061에서도 과학교육에서 HPS의 삽입을 강력히 추진하고 있다. 여기서는 학생들은 과학철학과 과학의 특성을 배워야 하며 이를 위해서는 과학사, 과학과 문화의 상호관계, 인간의 인지과정, 합리성의 기준 등을 배워야 한다고 강조하고 있다.^{16,27)}

수업 현장에서 과학사를 명시적으로 과학수업에 도입하기 위해서 교사는 먼저 수업의 어떤 부분에 과학사를 도입할 수 있을지를 결정해야 한다. 과학학습 내용 중에는 과학사를 수업에 사용하기에 적합한 주제가 있는가 하면, 어떤 것은 그렇지 않기 때문이다. 또한 어떤 주제는 수업을 정리하는 단계에서 과학사를 사용하는 게 유익하다.

도입 단계에서 과학사를 사용할 때는 강의 내용에 대한 학생들의 동기와 흥미를 유발시키는 데 유익한 전기적 일화나 과학적 업적이 출현하게 된 당시의 사회적 배경 등을 소개하는 것이 적합하다. 오개념 교정이나 개념의 심화학습을 위해서는 전개부분에서 그 개념에 이르기까지 과학자들이 과정을 추적하게 하는 것이 바람직하다. 이때는 과학적 업적이 출현하기까지의 시행착오, 시행착오의 원인규명 등 구체적인 연구과정이 소개되어야 할 것이다. 결론 부분에서는 주로 과학에 대한 인간의 책임이나 과학의 사회적 영향, 과학과 인간의 관계, 바람직한 과학관 등을 정리하기 위해 과학사를 사용할 수 있을 것이다.

역사적 교수법은 일반적으로 실험수업보다는 교실수업에서 사용하기에 더 적합하다. 몇몇 주제에 대해서는 과학사를 이용한 의미 있는 실험을 구성해 볼 수도 있고 중요한 실험들을 예증해 보일 수도 있다. 그러나 이것은 시범실험일 경우에는 가능할지 모르나 학생들 모두가 역사적인 실험의 재현에 참여하기는 어렵다. 그러므로 현재 실험중심으로, 혹은 적어도 실험의 중심적 역할을 강조하고 있는 탐구학습 현장에서 어떻게 역사적 교수법을 사용할 수 있는지에 대한 구체적 전략이 필요하다.

3. 과학과 토의 수업의 특징

과학과는 주위의 사물과 자연 현상에 대하여 항상 의문을 가지고 탐구하게 하여 과학의 지식을 이해시키고, 과학적 태도 및 창의적인 사고력과 합리적인 판단력을 함양시켜 주는 교과로 그 성격을 규정할 수 있다. 따라서 학습자들의 학습 대상인 주위의 사물과 자연 현상에 대해 흥미와 호기심을 가질 수 있도록 가르치는 것이 중요하며, 과학의 개념과 원리와 더불어 과학적 탐구과정에 대한 학습이 요구되고 있다. 중학교 과학과의 중요한 목표는 창의적인 능력이 있고, 사고에 융통성이 있으며, 합리적으로 판단하고, 변화에 능동적으로 대응할 줄 알며, 생산적인 능력과 문제 해결력이 있는 사람을 육성하는 것이다.

‘문제 해결 능력’이란, 긍정적인 태도를 가지고, 정확한 과학 원리를 이해하며, 적합한 과학적 기능을 적용하여 과학과 관련된 문제를 발견하고 해결하는 능력이라 볼 수 있다. 과학과의 학습을 통해서 자연 현상 또는 자연 현상의 탐구에 대한 흥미와 호기심을 유지 조장하며, 나아가서는 자연 탐구 방법과 과학의 지식을 습득시켜 창의적으로 문제를 해결하는 능력을 길러야 하며, 그를 위한 적절한 수업 방법을 적용하는 것이 중요하다.

창의적으로 문제를 해결하는 능력을 지닌 사람이 되기 위해서는 자연 현상에 대한 흥미와 호기심을 가짐은 물론 자연 탐구에 대한 흥미와 호기심 그리고 과학 학습의 동기 유발과 과학적 태도가 필요하다. 이러한 흥미와 호기심을 바탕으로 자연 현상을 탐구하게 되고, 이러한 탐구 활동을 통하여 탐구의 방법을 습득하는 것이 바람직한 것이라고 할 수 있다. 이와 같은 목표를 달성하는데 적합한 과학과의 지도 원리를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 과학 수업은 과학의 기본 개념의 이해와 탐구 방법을 익히도록 하고, 과학에 대한 흥미를 북돋우기 위하여 생활 주변의 소재를 적절히 활용하도록 한다

둘째, 학생 중심의 탐구 수업이 되게 하고, 수업 과정에서 학생들의 토의가

활발하게 이루어지도록 한다.

셋째, 실험, 관찰, 조사 등의 활동은 가급적 적은 인원의 분단 학습으로 하고, 분단 학습 시에는 상호 협력하게 하여 과학 탐구에서 상호 협력의 중요성을 인식하게 한다.

넷째, 탐구 방법을 체득시키기 위하여 관찰, 분류, 측정, 의사 소통, 추리, 예상, 모형 사용, 자료 수집 및 처리, 가설 설정, 실험 설계, 변인 통제, 실험 수행, 자료 해석 등의 탐구 과정을 학습 내용과 적절히 관련시켜 지도하도록 한다.

다섯째, 현장 견학을 할 경우에는 사전 계획을 수립하고 미리 현장을 답사하여 시간, 견학할 내용, 준비 사항 등을 점검하도록 한다.

여섯째, 환경, 에너지, 과학 기술 등에 관련된 문제를 중심으로 개인 또는 소집단별 연구 과제를 정하고, 이를 해결하는 과정에서 과학, 기술, 사회의 상호 관련성을 이해시키도록 한다.

일곱째, 탐구 활동에서는 다른 사람들의 의견을 경청하고, 자신의 의견을 정확히 표현하려는 태도를 가지게 한다.

이와 같은 학습 원리와 접목된 과학과의 토의식 수업은 교수-학습 활동 과정에서 학습의 주제 또는 관찰과 경험으로부터 토의 가능한 문제를 추출하고, 문제에 대한 각자의 의견을 발표하고, 질의 응답을 통해 충분히 토론하여 의견을 수정·보완하는 일련의 과정을 통해 이루어질 수 있다.²⁸⁾ 이러한 토의식 수업은 학생들에게 과학적 문제에 대한 지적 호기심을 불러일으키도록 동기와 관심을 유발시키는 동시에, 학생 전원이 토의에 참여하여 서로 의견을 교환하고 상호 작용함으로써 인간적 성장을 촉진할 수 있는 계기가 될 수 있다.

4. 낙하운동 개념의 역사적 변천

1) 아리스토텔레스의 운동론

아리스토텔레스(Aristoteles)는 모든 물질은 제각기 고유한 장소로 되돌아가려

는 성질을 가지고 있어서 자기 고유의 장소에서 이탈하면 자연의 힘에 의해 고유한 장소로 되돌아와야 한다고 생각했다. 그는 이 자연의 힘을 기동자(mover)로 생각하고 그것이 물체 내부에 있는가 혹은 외부에 있는가에 따라 운동을 크게 자연운동과 강제운동으로 나누었다.

아리스토텔레스에 따르면, 자연운동은 그 이름처럼 매우 자연스러운 것이기 때문에 자연운동을 하는 물체에 대해 외부에서 아무런 간섭을 하지 않아도 저절로 일어나게 되지만, 강제운동의 경우 반드시 물체의 외부에서 강제적으로 어떤 간섭이 있어야 했다. 예를 들어, 수직으로 던져진 돌의 운동의 경우, 처음 위로 올라가는 운동은 강제운동이며 나중에 아래로 떨어지는 운동은 자연운동이다. 왜냐하면 돌은 본래 지면으로 떨어지려는 자연운동을 하게 되어 있는데 처음 외부에서, 즉 손으로 힘을 가했기 때문에 돌은 위쪽으로 강제운동을 하게 되고 시간이 지나면 그 위력이 떨어져 본래의 자연운동으로 돌아가 낙하하게 된다는 것이다. 이는 달빛 세계의 모든 것들은 흙, 공기, 물, 불의 4가지 원소로 구성되어 있으며, 각각은 그것이 자연에서 위치하는 본래의 고향으로 돌아가려는 자연스러운 경향이 있다는 그의 우주관에 기초한다. 즉, 흙으로 이루어진 돌과 같은 물체는 그것의 고향인 땅으로 돌아가려는 자연운동을 한다는 것이다.

아리스토텔레스는 모든 물체가 그것들의 자연적인 위치에 접근하면서 가속된다는 것을 인정했던 것 같다. 또 아리스토텔레스는 마치 물체의 무게가 균일한 속도의 자연 낙하운동의 직접적인 원인인 것처럼 생각했다. 다른 모든 것이 같다면 자연운동에서의 속도는 물체의 무게에 비례하고 그것이 통과하는 매질의 밀도에 반비례한다고 결론지었다. 즉 '매질을 일정하게 유지하면서' 물체의 무게를 두 배로 하거나 또는 '물체의 무게를 일정하게 유지하면서' 매질의 밀도를 반으로 하면, 물체의 속도는 두 배가되리라는 것이다.²⁹⁻³¹⁾

아리스토텔레스에 따르면 진공은 존재할 수 없었다. 왜냐하면, 물체는 기동자와 직접적으로 접촉하는 경우에만 계속해서 운동할 수 있기 때문이다. 즉 아무것도 존재하지 않는 공간인 진공에서는 기동자와 물체가 직접 접촉할 수 없는 것이다. 그

리고 물체의 속도는 매질의 밀도에 반비례하기 때문에, 이 논리에 의하면 진공 속에서는 물체가 무한대의 속도를 갖게 되고 이것은 불가능한 것이 된다. 따라서 진공은 존재할 수 없는 것이다.⁴⁹⁻⁵¹⁾

2) 임페투스 이론

6세기에 신플라톤주의자 필로포누스(Philoponus)는 공기 중에서 낙하하는 물체의 속도는 그 물체의 무게에 비례하지 않고, 낙하시간의 차는 물체의 무게의 차이보다 훨씬 적다고 주장했다. 또한 투사체운동의 원인이 매질이라는 아리스토텔레스의 주장에 반대하여, 화살은 진공 중에서도 날 수 있다고 주장했다. 그리고 공기는 이 화살의 운동을 촉진시켜 주는 것이 아니라 오히려 운동에 방해가 된다고 주장했다. 필로포누스에 따르면, 투사체가 운동하는 것은 그 물체에 '임페투스(impetus)'라는 추진력이 부여되었기 때문이라는 것이다. 그리고 물체가 정지하게 되는 것은 임페투스가 차츰 없어지는 성질이 있기 때문에 이것이 다 소멸되면 정지하게 된다는 것이다. 따라서 임페투스설에 따르면 물리적 작용을 전달하기 위한 물질적인 연속을 필요로 하지 않고 진공의 존재도 부정할 필요가 없었다.

한편 5세기에 디오니시우스(Dionysius)는 천체의 운동은 신에 의해 직접 통제되는 것이 아니라 천사들에 의해 계층적으로 조정된다고 주장하였다. 그러나 필로포누스는 천체의 운동을 설명하기 위해 이와 같은 천사를 가정할 필요가 없었다. 왜냐하면, 태초에 신이 천체에 임페투스를 주었고 천체의 운동에서는 이러한 임페투스가 영원히 보존되기 때문이었다.

10세기에 아랍의 아비케나(Avicenna)는 임페투스와 비슷한 개념으로 새겨진 힘(impressed force) 또는 경향을 뜻하는 마일(mayl)이란 개념을 사용했다. 자연마일은 자연 위치로 물체가 떨어지는 경향이고, 강제마일은 자연 위치가 아닌 곳으로 물체를 가게 하는 경향이다. 강제운동에서는 물체가 움직이면 마일이 옮겨져 운동을 계속하게 한다. 이때 마일은 빌린 힘으로서, 불이 물에 준 열과 비슷한 것이다. 그것은 외부의 힘에 의해서만 약화되고 영원한 힘이므로, 방해물이 없는 곳

에서 강제운동은 계속된다. 아비케나는 추진력을 양적으로 표시하려 했으며, 무게가 될수록 마일이 크다고 했다.³⁹⁻⁴¹⁾

필로포누스의 임페투스 이론은 그 후 큰 주목을 받지 못하고 있다가 13세기에 이르러서야 부활하게 되었다. 임페투스 역학은 파리대학에서 크게 발전하여 영국과 이탈리아로 퍼져나갔는데, 옥스퍼드에서는 오컴(Okham)에 의해서 아리스토텔레스 철학의 지배적인 권위에 대한 비판이 시작되었다. 오컴은 아랍세계를 거쳐 중세 유럽에 전해져 있던 필로포누스의 임페투스설을 부활시켰다. 그러나 곧 이 오컴의 주장은 그 영향력을 잃고, 15세기에 이르도록 옥스퍼드의 학자들은 아리스토텔레스의 물리학을 고수하였다.

임페투스설을 파리에서 맨 먼저 발전시킨 사람은 장 뷔리당(Jean Buridan)이었다. 뷔리당은 투사체의 운동을 지탱해 주는 것은 교란된 공기라는 아리스토텔레스의 설명을 반대하면서, 운동을 지속시켜 주는 힘은 임페투스라고 했다. 그는 임페투스를 최초의 동인으로부터 운동하는 물체에 주어진 원동력으로 인식하였다. 물체의 속력과 물질의 양이 운동을 야기시키는 임페투스의 세기에 대한 척도로 받아들였다.⁴⁹⁻⁵¹⁾ 즉, 속도와 질량의 곱으로 정의되는 뉴턴 역학에서의 운동량과 유사한 개념으로 임페투스를 정의하였던 것이다. 그는 이러한 임페투스는 그것이 외부의 저항에 의해서 감소되거나 손상되지 않는 한 무한히 존속할 것이라고 가정했다. 그리고 일단 물체에 임페투스가 부여된 후 본래의 동인과의 접촉이 없는 한 어떤 부가적인 임페투스도 만들어지지 않는다고 추론했던 것 같다. 즉, 이것은 운동량이 보존된다는 뉴턴 역학의 운동량 보존 원리와 유사하며, 다른 한편으로는 낙하하는 물체가 등속으로 운동하게 된다는 추론을 가능하게 한다.

오렘(Niccolle Oresme)은 임페투스를 운동체에 주어진 부가적 성질로 보았으며, 물체가 힘으로부터 받는 임페투스의 양은 물체의 밀도, 부피, 초속도에 비례한다고 했다. 그는 또한 임페투스는 여러 가지 외부의 저항에 의해서만 감소되는 영구한 성질이므로 물체는 저항이 없으면 직선으로 무한히 운동해야 한다는 것이다.

한편 알버트 폰 작센(Albert von Sachsen)은 자유 낙하체가 일정하게 가속된

다는 것에 주목했다. 그에 따르면, 계속적으로 증가하는 낙하체의 속도는 운동 중에 얻은 임페투스(impetus)에 그것이 본래 갖고 있는 코나투스(conatus : 자연 위치에 도달하기 위한 노력)가 부가됨으로써 생긴다. 물체가 떨어지는 동안 코나투스가 갑자기 없어진다 해도 임페투스는 물체를 일정한 속도로 떨어뜨리게 할 것이다. 그러나 코나투스가 운동하고 있는 물체에 운동의 원인으로 작용하기 때문에 그 물체가 더 빨리 떨어진다는 것이다. 작센은 또한 순간적인 속도는 경과한 시간이나 통과한 거리에 비례한다고 했다. ³⁹⁻⁴¹⁾

3) 갈릴레이의 낙하운동론

갈릴레오 갈릴레이(Galileo Galilei)는 1592년 역학에 대한 자신의 초기의 생각을 정리한 “운동에 대하여(De Motu)”라는 책을 저술하였다. 이 책은 아리스토텔레스의 역학을 비판하기 위하여 저술된 것이었다. 그는 속도는 힘에 비례하고 저항에 반비례한다는 관계에서 출발하여 곧 임페투스의 이론을 받아들였다. 또 그는 아르키메데스의 영향을 받아 속도는 물체의 밀도와 저항을 가하는 매체의 밀도의 차이에 관계한다는 식을 얻어냈다. 이 관계식으로부터 갈릴레이는 저항이 없는 추상적인 경우를 생각해 내어, 이론적으로 모든 물체의 낙하속도는 종류에 상관없이 같다는 것을 밝혀냈다. 이러한 과정을 통해, 그는 무거움이나 가벼움이 물체의 고유한 성질이라는 아리스토텔레스의 생각을 부정하고 그것이 상대적인 것임을 주장하였다.

갈릴레이는 낙하속도가 물체의 무게에 비례한다는 아리스토텔레스적 생각이 잘못된 것임을 보이기 위해 그림 1.과 같은 사고실험(thought-experiment)을 하였다. 동일한 모양과 무게를 갖는 세 개의 벽돌 A, B, C가 그림 1.과 같이 있다고 할 때, 이 세 개의 벽돌을 동시에 같은 높이에서 떨어뜨리면 각 벽돌의 낙하 속도는 어떻게 되겠는가? 아리스토텔레스의 생각에 따르면 당연히 같은 속도로 떨어질 것이다. 이제 벽돌 A, B를 무게를 무시할 수 있는 줄로 묶어 무게를 두 배로 만들어 C와 함께 떨어뜨린다고 할 때, 아리스토텔레스 학파는 당연히 A-B벽돌이 두

비로 빨리 떨어진다고 해야 할 것이다. 그런데 A, B 벽들은 본래 같은 속도로 낙하하기 때문에 이를 줄로 묶어서 떨어뜨린다고 해도 같은 속도로 떨어져야 할 것이다. 즉 아리스토텔레스의 생각이 자체 모순을 드러낸다.

갈릴레이는 결국 물체의 낙하운동에서 낙하거리는 시간의 제곱에 비례한다는 것을 알아냈다. 그러나 그는 이것을 실험을 통해서 얻어낸 것은 아니다. 물체가 낙하할 때 속도가 커진다는 사실은 이미 알려져 있었으므로 갈릴레이는 속도가 어떻게 증가하는지에 관심을 가졌다. 그 결과 처음에는 속도가 거리에 비례한다는 관계식을 얻었고, 이것으로부터 비록 오류는 있었지만, 기하학적인 추론을 통하여 속도는 시간에 비례함을 얻어냈으며, 다시 거리는 시간의 제곱에 비례함을 얻어냈다.³²⁾

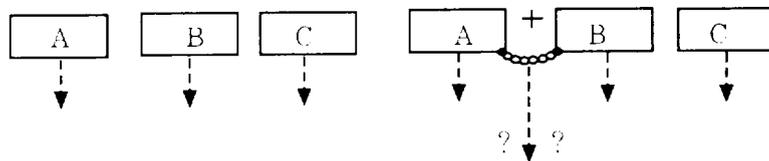


그림 1. 갈릴레이의 사고실험

5. 낙하운동에 대한 학생의 오개념

1960년대 오수벨이 학생의 선개념이 학습에 미치는 영향을 지적한 이래, 전세계의 많은 과학교육자들은 학생들이 정규적 과학학습을 받기 이전에 지니고 있는 학생의 과학개념(즉 오개념)에 대한 폭넓은 실증적 연구들을 수행해 왔다. 특히 이러한 움직임은 1970년대 말부터 미국의 노박(J. D. Novak)과 영국의 드라이버(R. Driver)등이 중심이 되어 수행되었으며, 연구결과와 중요성과 이에 대한 폭넓은 공감대를 통해 유사한 연구들이 전세계적으로 확산되었다.¹⁶⁾ 우리나라에서도 1980년대 중반부터 과학의 각 분야에서 이러한 연구들이 활발하게 수행되고 있다.

구성주의적 관점에 기초하여 최근 이루어졌던 학생의 과학 오개념에 대한 연구

결과들은 학생들이 뉴턴 역학에 관련하여 일반적으로 다음과 같은 오개념 유형들을 가지고 있음을 보여준다.³³⁾

- 속도가 0이면 가속도는 0이다.
- 가속도의 크기는 속도의 크기에 비례한다.
- 물체의 운동을 기술할 때 절대 기준계를 선택하려고 한다.
- 곡선운동을 하는 물체는 계속 곡선운동을 하려고 한다.
- 회전운동을 하는 물체는 원심력을 받는다.
- 일정한 속도를 유지시키려면 일정한 힘이 필요하다.
- 힘은 속도에 비례한다.
- 무거운 물체가 더 빨리 떨어진다.
- 높이 있는 물체에 더 큰 힘이 작용한다.
- 진공인 상태에서는 무중력이다.
- 힘있게 보이는 물체(무겁거나, 강한)가 더 큰 힘을 작용한다 등.

학생들의 물리 오개념 중 낙하운동에 관련된 오개념에 대한 연구결과들을 알아보면 다음과 같다.



1) 무거운 물체가 더 빨리 떨어진다.

나흐티갈(D. Nachtigall)³⁴⁾은 학생들에게 자유낙하 운동을 하는 물체의 속도를 비교해 보도록 다음과 같은 질문을 하였다.

〈문제 1〉 납공과 알루미늄공을 2층에서 떨어뜨린다면 어느 공이 먼저 떨어지겠는가?

〈문제 2〉 공을 3층에서 떨어뜨린다면, 2층에서 관찰하는 학생과 1층에서 관찰하는 학생이 보는 공의 속도는 각각 어떻게 되겠는가?

〈문제 1〉에서 91%의 학생들이 납공이 무겁기 때문에 먼저 떨어질 것이라고 응답했다. 그리고 〈문제 2〉에서는 25%의 학생들이 중력이 크기 때문에 1층에서 더 빨리 떨어진다고 생각하였으며, 47%의 학생들은 중력은 같기 때문에 1층이나 2

중에서 속도는 같을 것이라고 응답했다.

또한 화이트(B. White)³⁵⁾는 대학교 1학년 학생들에게 같은 크기의 쇠공과 플라스틱 공이 마루에 떨어질 때 떨어지는 시간을 비교하라는 질문에 대해 25%의 학생들이 속도에 차이가 있다고 응답했으며, 이들 중의 3/5은 공기 저항 때문에 차이가 있고, 2/5는 더 무거운 물체가 더 큰 가속도를 갖기 때문이라고 응답했다.

스페인의 세케이라(M. Sequeira)와 라이테(L. Leite)³⁶⁾는 27명의 대학교 4학년 물리학과 학생들에게 공기 중에서의 자유낙하에 관한 문제 A와 문제 B(낙하체가 서로 다른 질량, 모양, 크기를 가질 때) 진공 중에서의 자유낙하에 관한 문제 C(낙하체의 모양은 같으나 모양이 다를 때)에 대해 응답하게 하였다. 조사결과, 문제 A에 대해서는 52%의 학생이 가장 무거운 물체가 가장 짧은 시간 동안 낙하할 것이라고 응답하였다. 대표적인 응답의 유형으로는 ① 물체를 지구로 끌어당기는 힘은 mg 인데, g 는 중력가속도이고 질량이 다르므로 질량이 큰 물체가 다른 물체들보다 지면에 더 빨리 도달한다. ② 만유인력 법칙에 따라 물체를 지구로 끌어당기는 힘은 물체의 질량에 비례한다. 그러므로 동일한 거리와 모양에 대해서는 질량이 큰 물체가 더 빨리 낙하한다.

2) 작용하는 힘의 크기는 속력에 비례한다

맥더머트(L. C. McDermott)³⁷⁾는 낙하운동에서의 속력과 작용하는 힘에 대한 학생들의 생각을 조사하기 위해 “한스가 3층에서 공을 떨어 뜨렸을 때, 피터는 2층에서 가비는 1층에서 떨어지는 공을 관찰하였다. 공은 누구 앞을 지나갈 때 더 빠르겠는가?”라는 질문을 하였다.

이 문항에 대한 학생들의 응답 비율은 다음과 같았다.

〈유형 1〉 가비를 지날 때 더 빠르다. ----- 50%

(중력이 더크기 때문에 더 빠르다) ----- (25%).

〈유형 2〉 중력이 같기 때문에 속력이 같다. -----47%

여기에서 〈유형 1〉을 응답한 학생 중 절반은 기본적으로 속력과 힘은 비례한다

는 생각을 가지고 있었다. 이들은 지면에서 가까운 1층에 가장 큰 중력이 작용하고 따라서 낙하하는 물체의 속력은 1층에서 가장 크다는 결론에 이르게 되었음을 알 수 있다. <유형 2>를 응답한 학생들은 지구표면의 중력은 같다고 생각하고 있으며, 여전히 속력과 힘이 비례한다고 생각하고 있기 때문에 이들은 각층에서 동일한 속력을 가질 것이라는 결론에 도달하게 된 것이다. 따라서, <유형 1>과 <유형 2>를 함께 고려하면, 물체의 속력과 그것에 작용하는 힘의 크기가 비례한다고 생각하는 학생의 비율이 무려 72%에 이르고 있다.

와츠(D. M. Watts)와 질비스찬(A. Zylbersztajn)³⁸⁾은 중학생을 대상으로 대포를 떠난 포탄에 작용하는 힘을 선다형 및 이유 진술을 쓰게 하는 형태로 학생들의 개념을 조사하였다. 이 연구에서는 학생들의 85% 정도가 힘과 운동을 관련지어 설명하였다.

또한 클레멘트(J. Clement)³⁹⁾는 진자가 진동하고 있을 때 추에 작용하는 힘을 화살표로 나타내도록 하였는데, 대학생들까지 운동방향으로 힘(F_m)을 그리려는 경향이 있었다. 즉, 힘 F_m 은 운동방향으로 진자를 흔들리게 하는 힘이라는 것이다. 만일, F_m 이 없다고 한다면 진자는 최고점까지 결코 올라갈 수 없다고 생각하였다. 학생들은 운동은 힘을 내포한다고 생각할 뿐만 아니라 '운동이 없으면 힘도 없다'라고 생각하는 것이다.

그는 또 물리학을 수강하는 공과 대학생들에게 동전을 위로 던져 올리고 그 동전에 작용하는 힘을 화살표로 그리게 하였는데, 물리를 배운 학생들인데도 학생의 72%가 오답을 하였다. 전형적인 응답은 위쪽 방향의 힘(F_h :손이 민 힘)과 아래방향의 힘(F_g :중력)이 있어서 동전이 위로 올라가고 있을 때는 F_h 가 F_g 보다 커야 하고, F_h 가 F_g 보다 작으면 내려오게 된다는 것이다.

3) 운동방향으로 힘이 작용한다

오스본⁴⁰⁾은 십대의 학생들을 대상으로 수직상방으로 던져진 물체에 작용하는 힘의 방향에 대해 어떻게 생각하는가를 알아보았는데, 나이에 상관없이 50% 이상의

학생들이 항상 물체의 운동방향으로 힘이 작용하고 있다는 오개념을 갖고 있어, 많은 학생들이 힘과 물체의 방향을 결부시켜 생각하고 있다는 것을 알 수 있었다.

4) 힘은 물체의 타고난 또는 획득된 성질이다

보일(R. K. Boyle)과 말로니(D. P. Malony)⁴¹⁾는 두 개의 블록을 연결하고 그 두 블록을 한 쪽에서 잡아당겼을 때 작용하는 힘의 크기는 어떻게 될까라는 문제를 여덟 개의 상황(질량이 같을 때는 끄는 주체에 대하여, 질량이 다를 때는 가벼운 것이 끌 때와 무거운 것이 끌 때 등)에 대하여 조사해 본 결과 대학생의 50%가 블록이 움직이고 있는 상황에서는 질량이 큰 블록이 더 큰 힘을 작용하며, 질량이 같을 때는 끌어당기는 쪽의 블록이 더 큰 힘을 작용한다고 생각하고 있었다. 여덟 가지 상황에 대해서 서로 작용하는 힘의 크기는 같다고 응답한 학생은 아무도 없었다.



Ⅲ. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상 및 시기

본 연구의 대상은 제주도에 소재한 추자중학교 1학년 2개반(남 1개반 34명, 여 1개반 31명) 65명을 실험집단으로 하고, 통제집단은 고산중학교 1학년 2개반(남녀 혼성반: 남 27명, 여 28명)으로 하였다. 실험집단은 도서지역으로 학교 시설 면이나 지역사회의 여건상 학교외 학습경험의 기회가 적어 전체적으로 교과 성적이 낮은 소규모 농어촌 학교이다. 통제집단은 제주도에에서 실험집단과 비슷한 교육환경을 갖는다고 생각되는 농어촌 학교를 선택하였다.

학생들이 갖는 선개념을 알아보기 위해 사전검사를 1997년 2월 4일에 실험집단과 통제집단에 대해 동일한 검사지로 조사한 후 과학사적 학습지도 수업처치는 1997년 2월 11일 실험집단을 대상으로 실시하였다. 수업 관련 태도 검사는 과학사적 학습지도에 관한 학생들의 반응을 알아보기 위해 실험집단에 대해서만 수업처치 후에 하였고, 사후 성취도검사는 1997년 3월 20일에 두 집단에 대해 동시에 실시하였다.



2. 연구 절차

본 연구에서는 먼저 현행 중학교 1학년 과학 단원중 "힘과 운동" 단원의 개념에 관한 문헌을 조사하여 학생들이 가지고 있는 오개념의 유형을 파악하고, 이에 대한 문헌 연구를 토대로 학생들이 생각하는 낙하운동에 관한 개념을 조사하기 위한 문항지(부록 1.)를 기존 연구 결과^{15,33-41)}를 참조하여 중학생들이 응답할 수 있는 내용 중심으로 연구자가 재편집하여 개발하였다.

문헌연구와 사전검사에서 학생들의 개념유형을 조사 분석한 후 이를 기초로 학생들이 보다 쉽게 과학사적인 개념을 형성할 수 있도록 하기 위해, 과학사적 학습지도 전략을 수립하고 학습자료(부록 2.)를 개발하여 표 2.와 같은 학습지도안을 작성 개발하였다.

표 2. 본 연구에서의 학습지도안

| | | | | | |
|------------------|---|----|---|---|-----|
| 단 원 명 | 4. 여러 가지 운동 ① 낙하 운동 | | | | |
| 일 시 | 1997.2.11. 화요일 5교시 및 6교시 | 대상 | 1-1, 1-2 | 장소 | 과학실 |
| 학습목표 | 논의를 통하여 낙하운동의 원인과 운동상태를 이해할 수 있다. | | | | |
| 수업단계 | 교 수 - 학 습 활 동 | | | 유의사항 | |
| | 교 사 | | 학 생 | | |
| 도 입 (5) | <ul style="list-style-type: none"> · 선수학습 확인 -손에 들고 있던 추를 놓으면 어떻게 되는가? · 낙하운동이 정의를 알려 준다. · 낙하운동의 예를 발표토록 한다. · 학습목표 제시한다. | | <ul style="list-style-type: none"> · 밑으로 떨어진다. · 빈지점프, 낙하산, 폭포, 비, 눈 등 | | |
| 학습자료 배 부 (3) | <ul style="list-style-type: none"> · 학습자료 배부 | | <ul style="list-style-type: none"> · 각 조장이 학습자료를 배부한다. | <ul style="list-style-type: none"> · 소집단 편성(각 조별 5~6명) · 소란스럽지 않도록 주의한다. | |
| 과 학 사 내용 학습 (24) |  <p>제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY</p> <ul style="list-style-type: none"> · 소집단 별 토론 유도 -아리스토텔레스 이론 -임페투스 이론 -갈릴레이와 뉴턴의 운동론에 관한 학습자료 내용을 학습하도록 한다. | | <ul style="list-style-type: none"> · 학습자료 내용 학습 · 학습자료의 낙하운동 개념 변천 과정을 조사하고, 자신이 생각과 어떤 차이점이 있는지 정리한다. · 이론이 어떻게 변해가는가를 중점적으로 토의하고 기록원이 요약 정리한다. | <ul style="list-style-type: none"> · 다른 사람의 의견을 무시하지 않도록 하고 순회지도를 통해 모든 학생이 토론에 참여토록 유도한다. · 학습자료의 내용이 현재의 지적 수준과 사회적 구조 등 과 비교할 때 많은 차이가 있음을 알려 준다. · 학생이 질문이 있는 경우 설명해 준다. | |

| | | | |
|----------------------|---|--|--|
| <p>전체토론 (10)</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 전체토론을 실시한다. · 낙하운동에 대하여 학생 자신이 갖고 있던 생각과 학습자료에 있는 내용을 비교하여 비슷한 점을 확인하고 낙하운동 개념의 해결되는 과정에 초점을 맞춰 발표토록 유도한다. | <ul style="list-style-type: none"> · 소집단별 토론결과를 정리하고 발표한다. | <ul style="list-style-type: none"> · 발표시 개인의 의견이 아닌 소집단별 의견 발표하도록 한다. |
| <p>평가 (3)</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 학생들이 발표한 내용을 중심으로 낙하운동 개념을 정리한다. · 형성평가 실시한다. <ul style="list-style-type: none"> - 낙하운동의 원인은? - 공기 중에서의 물체가 낙하할 때 무거운 물체가 빨리 떨어지는 이유는? - 쇠구슬과 깃털을 진공 중에서 떨어뜨리면? - 비스듬히 던져 올린 물체에 작용하는 힘의 방향은? | <ul style="list-style-type: none"> · 평가 문제에 응답한다. <ul style="list-style-type: none"> - 중력이 원인이다. - 공기의 저항 때문이다. - 동시에 떨어진다. - 항상 지구중심방향이다. | |
| <p>차시예고</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 진자의 운동에 대해 공부해 오도록 한다. | | |

통제집단에는 전통적 학습지도안을, 실험집단에는 과학사적 학습지도안을 사용하여 과학교사 1명과 연구자가 각각 수업처치를 하였다. 통제집단을 지도한 교사는 교육경력 2년의 여교사이고, 실험집단을 지도한 연구자는 7년의 교육경력을 가진 남교사이다. 통제집단과 실험집단에서 사용한 수업 내용 및 시간은 같고 다만 교수 방법 및 수업전략에만 차이를 두었다. 수업처치 후 두 집단에 대해 동일한 문제(부록 3.)로 학습 성취도를 검사하여 비교하였다.

전체적인 연구 절차는 그림 2.와 같다.

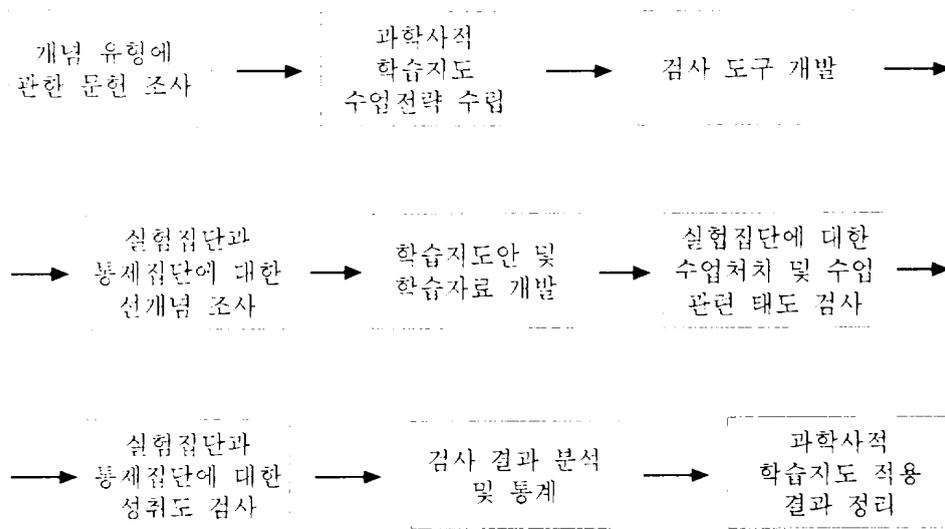


그림 2. 본 연구에서의 연구 순서도

3. 학습지도 과정

전통적인 수업은 교사가 교과서와 교사용 지도서에 제시된 내용과 방법대로 그 교사가 예년에 하던 방식대로 수업하였으며, 과학사적 학습지도 수업은 다음과 같은 순서와 방법으로 하였다.

- 1) 토의는 학생들의 경험이 적은 것을 엄려하여 토의학습에 관한 영상자료 제시와 과학수업에서 자주 사용하여 익숙토록 하였다.
- 2) 수업진행이 소집단 토론 중심이므로 원활한 수업 진행을 위해 발표력이 있는 학생들을 각조에 골고루 들어가도록 하였고, 각 조당 5~6명 씩 6개의 소집단을 구성하고 진행자와 기록자를 각각 1명씩 정했다.
- 3) 학습자료를 배부하고 자료 내용을 읽고 정리한 후 각 조별로 토의학습을 하도록 유도하였다.
- 4) 집단 토론은 토의 그 자체도 하나의 교육이 되므로 동료들의 생각을 무시하

거나, 조소 등의 이유로 소외되는 학생이 없도록, 타인의 발표 시는 경청하는 태도를 갖게끔 유도하였다. 그럼으로서 자기의 의사를 자유롭게 발표하는 능력, 태도, 문해 해결의 사고능력, 인간 존중의 태도, 집단 협력의 방법을 갖도록 하여 원만한 토의학습이 이루어지도록 하였다.

5) 타인의 생각과 자신의 생각을 비교 분석할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 지도하고, 발표 시는 말의 핵심을 찾아 발표할 수 있도록 지도하였다.

6) 학습자료의 내용이 그 시대의 과학 기술의 발달과 현재와는 매우 다름을 알려주고, 낙하운동에 관해서 자신이 생각했던 내용과 학습자료에 나타난 이론 사이에 비슷한 점을 찾아내도록 한 다음 어떻게 그 이론이 변해 가는가를 중점적으로 토의하도록 하였다.

7) 전체토론시는 각 조별로 조장이 요약한 내용을 중심으로 발표하도록 하고, 토의활동이 활발한 소집단에 발표의 기회를 많이 주어 자신감을 갖도록 하였다.

8) 발표한 내용을 중심으로 낙하운동에 대한 학습 내용을 정리하였다.



IV. 연구 결과 및 논의

중학생들이 학습하여야 할 낙하운동에 대해서 낙하운동 개념과 관련된 과학사의 내용을 학습자료로 수업에 투입하고, 소집단 토의를 거쳐 개념학습하는 과학사적 학습지도 전략의 효과를 선개념과 수업 관련 태도 및 학습 성취도를 중심으로 고찰해 보겠다.

1. 사전 검사 결과 분석

1) 공기 중에서 낙하하는 물체의 운동

공기 중에서 낙하하는 물체의 운동에 대한 중학생들의 선개념을 알아보기 위한 사전검사 문항 1.(부록 1.참조)에 대한 학생들의 응답 유형은 표 3.과 같다. 응답한 이유 직술은 일부 학생들이만 기술하였기 때문에 그들 중심으로 분석해 보겠다.

표 3. 공기 중에서 낙하하는 물체의 운동에 대한 응답 유형

| 응답 유형 | 실험집단 (남) | | 실험집단 (여) | | 통제집단 (남) | | 통제집단 (여) | |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 느려진다 | 0 | 0 | 1 | 3.2 | 2 | 7.4 | 0 | 0 |
| 2) 일정한 비율로 느려진다. | 3 | 8.8 | 2 | 6.4 | 1 | 3.7 | 0 | 0 |
| 3) 떨어지는 동안 일정하다. | 5 | 14.7 | 5 | 16.1 | 2 | 7.4 | 3 | 10.7 |
| 4) 빨라진다. | 10 | 29.4 | 14 | 45.2 | 13 | 48.2 | 15 | 53.6 |
| 5) 일정한 비율로 빨라진다. | 12 | 35.3 | 6 | 19.4 | 7 | 25.9 | 6 | 21.4 |
| 6) 기타 | 4 | 11.8 | 3 | 9.7 | 2 | 7.4 | 4 | 14.3 |
| 계 | 31 | 100 | 31 | 100 | 27 | 100 | 28 | 100 |

표 3.에서와 같이 '일정한 비율로 빨라진다'고 응답한 경우는 실험집단의 남·여가 각각 35.3%와 19.4%로 실험집단의 27.4% 학생이, 통제집단의 남·여가 각각 25.9%와 21.4%로 통제집단의 23.7% 학생이 과학사적 개념을 갖고 있다고 볼 수 있다. 그리고 두 집단간에 반응 정도는 비슷한 경향을 보이고 있다. 그렇지

만, 응답한 이유 진술을 분석해 보면 실험집단이 18명 중 5명이, 통제집단은 13명 중 2명이 중력이 커지기 때문이라고 진술한 반면, 중력이 일정하기 때문에, 공기의 저항 때문에 등을 이유 진술한 것으로 보아 학생들 나름대로의 선개념을 갖고 있음을 알 수 있다.

뿐만 아니라, '빨리진다'고 응답한 학생들 중 실험집단이 24명 중 8명, 통제집단이 28명 중 5명이 중력이 커지기 때문이라고 이유 진술한 것을 보면, 학생들이 불완전한 지식 구조와 오개념을 갖고 있음을 알 수 있다. 이러한 경향은 실험집단과 통제집단 공리 남학생보다 여학생이 심하였다. 이것은 남학생이 여학생 보다 과학 탐구능력이 높기 때문이라고 보여진다.

질량이 서로 다른 두 쇠공을 공기 중에서 낙하시키는 사전검사 문항 3.(부록 1. 참조)에 대한 응답 유형을 표 4.에 정리하였다.

표 4. 질량이 다른 두 공의 낙하운동에 대한 응답 유형

| 응답 유형 | 실험집단 (남) | | 실험집단 (여) | | 통제집단 (남) | | 통제집단 (여) | |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 10kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다. | 1 | 3.0 | 1 | 3.2 | 1 | 3.7 | 3 | 10.7 |
| 2) 20kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다. | 25 | 73.5 | 21 | 67.8 | 13 | 48.2 | 13 | 46.4 |
| 3) 동시에 떨어진다. | 8 | 23.5 | 8 | 25.8 | 9 | 33.3 | 11 | 39.3 |
| 4) 기타 | 0 | 0 | 1 | 3.2 | 4 | 14.8 | 1 | 3.6 |
| 계 | 34 | 100 | 31 | 100 | 27 | 100 | 28 | 100 |

표 4.에서와 같이 질량이 20kg인 쇠공이 먼저 낙하할 것이라고 응답한 학생은 실험집단의 남·여가 각각 73.5%와 67.8%로 실험집단의 70.7%, 통제집단의 남·여가 각각 48.2%와 46.4%로 통제집단의 47.3% 학생들이 반응하였는데, 이유 진술은 극히 일부 실험집단의 학생만이 공기의 저항(46명중 5명) 때문이라 답하였다. 이것은 많은 학생들이 낙하운동은 물체의 무게와 관계 있다는 아리스토텔레스와 같은 생각을 갖고 있음을 보여주고 있으며, 학생들은 경험상 '무거운 물체가 빨리 떨어진다'고 생각하고 있어 공기의 저항 문제를 간과하고 있다.

또한, '동시에 떨어진다'고 응답한 학생은 실험집단의 남·여가 각각 23.5%와 25.8%로 실험집단의 24.7%, 통제집단의 남·여가 각각 33.3%와 39.3%로 통제집단의 36.3%를 반응하였다. 두 집단을 비교해 보면 통제집단이 높다. 그리고 실험집단의 남학생과 여학생이 반응한 응답 유형 경향은 비슷하지만, 통제집단은 여학생이 조금 높다. 이것은 통제집단의 여학생들이 과학적 사고력 면에서 남학생보다 조금 높다고 볼 수 있음을 나타내고 있다.

2) 진공중에서 낙하하는 물체의 운동

진공중에서 물체의 낙하운동에 대한 사전검사 문항 2.(부록 1.참조)에 대한 응답 유형은 표 5.에 나타낸 바와 같이, '일정한 비율로 빨라진다고' 답한 학생은 실험집단이 6%, 통제집단이 2% 밖에 되지 않았다.

표 5. 진공중에서 물체의 낙하운동에 대한 응답 유형

| 응답 유형 | 실험집단 (남) | | 실험집단 (여) | | 통제집단 (남) | | 통제집단 (여) | |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 떨어지지 않는다. | 13 | 38.2 | 16 | 51.6 | 12 | 44.5 | 18 | 64.3 |
| 2) 일정한 비율로 느려진다. | 6 | 17.7 | 3 | 9.7 | 3 | 11.1 | 1 | 3.6 |
| 3) 떨어지는 동안 일정하다. | 8 | 23.6 | 3 | 9.7 | 6 | 22.2 | 2 | 7.1 |
| 4) 일정한 비율로 빨라진다. | 3 | 8.8 | 1 | 3.2 | 1 | 3.7 | 0 | 0 |
| 5) 매우 빠른 속도로 떨어진다. | 3 | 8.8 | 6 | 19.3 | 2 | 7.4 | 4 | 14.3 |
| 6) 기타 | 1 | 2.9 | 2 | 6.5 | 3 | 11.1 | 3 | 10.7 |
| 계 | 31 | 100 | 31 | 100 | 27 | 100 | 28 | 100 |

그리고 진공중에서는 물체가 '떨어지지 않는다'고 응답한 학생은 실험집단의 남·여가 각각 38.2%와 51.6%로 실험집단의 45.0%, 통제집단의 남·여가 각각 44.5%와 64.3%로 통제집단의 학생이 54.4%가 응답하였는데, 선택한 이유에 대해서는 실험집단이 44.8%, 통제집단이 44.7%가 중력이 작용하지 않는다고 진술하여 진공과 무중력의 개념을 크게 혼동하는 학생들이 많음을 보여 주고 있다. 이

런 경향은 두 집단간에는 별 차이가 없었으나 여학생이 남학생 보다 높게 나타났다. 또한 공기의 저항이 없기 때문에 매우 빠른 속도로 낙하할 것이라고 응답한 학생도 전체 학생의 12.5%나 되어 진공의 의미를 모르고 있음을 나타내고 있다.

그러므로 실험집단과 통제집단의 대부분의 중학생들은 무중력과 진공의 개념을 혼동하고 있으며, 이들 개념에 대해 불확실하고 막연한 상상력으로 인식하고 있음을 알 수 있다. 이에 대한 개념학습이 요구된다고 하겠다.

표 6.은 공기가 없는 진공 중에서, 질량이 다른 두공의 낙하운동에 관한 사전검사 문항 4.(부록 1.참조)에 중학생들이 답한 응답 유형이다.

표 6. 진공중에서 질량이 다른 두 공의 낙하운동에 대한 응답 유형

| 응답 유형 | 실험집단 (남) | | 실험집단 (여) | | 통제집단 (남) | | 통제집단 (여) | |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 떨어지지 않는다. | 15 | 44.1 | 17 | 54.8 | 11 | 40.8 | 13 | 46.4 |
| 2) 10kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다. | 1 | 2.9 | 1 | 3.2 | 3 | 11.1 | 0 | 0 |
| 3) 20kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다. | 9 | 26.6 | 3 | 9.7 | 5 | 18.5 | 4 | 14.3 |
| 4) 동시에 떨어진다. | 8 | 23.5 | 6 | 19.4 | 4 | 14.8 | 8 | 28.6 |
| 6) 기타 | 1 | 2.9 | 4 | 12.9 | 4 | 14.8 | 3 | 10.7 |
| 계 | 34 | 100 | 31 | 100 | 27 | 100 | 28 | 100 |

표 6.을 보는 바와 같이 '동시에 떨어진다'고 답한 학생이 실험집단의 남과 여가 각각 23.5%와 19.4%로 실험집단 학생의 21.5%. 통제집단의 남과 여가 각각 14.8%와 28.6%로 통제집단 학생의 21.7% 반응하였다. 이것은 전체 사전검사 대상 학생의 21.6%에 해당하는데, 선택한 이유로는 26.9%의 학생이 교과서를 보고 알았다고 진술했다. 이런 경향은 실험집단에서는 남학생과 여학생이 비슷했지만, 통제집단에서는 여학생이 남학생 보다 높게 나타났다. 이것은 통제집단의 여학생들은 같은 집단의 남학생들 보다, 그리고 실험집단의 여학생들보다도 과학적 사고력이 높다는 것을 나타내고 있다.

또한, 떨어지지 않는다고 답한 학생이 사전검사 대상 학생의 46.7%나 되었는데

데, 그 이유로는 중력이 작용하지 않기 때문이라는 진술이 42.8%이었다. 즉 공기가 없는 것과 무중력 상태를 혼동하고 있음을 알 수 있다.

3) 낙하운동의 원인

낙하운동의 원인을 묻는 사전검사 문항 5.(부록 1.참조)에 학생들이 서술한 내용을 유형별로 정리하면 표 7.과 같다.

표 7. 낙하운동 원인에 대한 응답 유형

| 응답 유형 | 실험집단 (남) | | 실험집단 (여) | | 통제집단 (남) | | 통제집단 (여) | |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 물질이 고유한 성질이다. | 5 | 14.7 | 1 | 3.2 | 0 | 0 | 8 | 28.6 |
| 2) 중력이 원인이다. | 21 | 61.8 | 21 | 67.8 | 22 | 81.5 | 17 | 60.7 |
| 3) 물체의 무게가 원인이다. | 2 | 5.9 | 1 | 3.2 | 1 | 3.7 | 0 | 0 |
| 4) 공기의 압력 때문이다. | 5 | 14.7 | 4 | 12.9 | 1 | 3.7 | 1 | 3.6 |
| 5) 무응답 | 1 | 2.9 | 4 | 12.9 | 3 | 11.1 | 2 | 7.1 |
| 계 | 34 | 100 | 31 | 100 | 27 | 100 | 28 | 100 |

표 7.을 보는 바와 같이 물질의 고유한 성질이라고 답한 학생이 사전검사 대상 전체 학생의 11.7%, 물체의 무게가 원인이라 응답한 학생이 전체 학생의 3.0%로 실험집단과 통제집단 전체의 14.6%의 학생이 아리스토텔레스와 같은 개념을 갖고 있음을 알 수 있다. 또한, 이런 경향은 실험집단에서는 남학생이, 통제집단에서는 여학생이 많다. 중력이 원인이라고 답한 학생이 전체 학생이 67.5%였으나 낙하운동 현상에 대한 지금까지의 사전검사 결과 분석을 따르면 중학생들의 개념은 불안정한 지식 구조임을 알 수 있다. 또한 공기의 압력이라고 응답한 학생도 전체 학생의 9.2%나 되어, 오개념을 갖고 있는 학생이 전체 학생의 24.2%나 되었다. 그러나 중력이 원인이라고 응답한 학생은 실험집단의 64.6%, 통제집단의 70.9%로 진술해, 통제집단이 6.3% 높게 나타났다. 이것은 선수학습에서 다룬 내용 중 일부이기 때문에 학교 전체의 교과성적과 관련이 있는 것 같다.

두 집단의 학업 성취도는 1996년 12월 4일 실시한 동일한 문제의 제주도교육연구원 시행 학업성취도 평가⁴²⁾에서 1학년 전 교과 평균 성취도는 100점 만점에 실험집단이 44.7점, 통제집단이 56.1점이었으며, 과학교과의 성취도는 실험집단이 43.3점, 통제집단이 52.7점으로 통제집단이 9.4점 높다. 그리고 1996년 11월 8일 시행한 교학사 모의고사 과학 성적은 22점 만점에 실험집단 남학생이 평균 10.6점 여학생이 평균 10.1점이며, 통제집단은 남학생이 평균 11.1점, 여학생이 평균 12.1점으로 남학생은 두 집단간 학력 차가 별로 없다고 볼 수 있으나 여학생은 통제집단이 22점 만점에 2점 정도 높다. 통제집단의 여학생 과학 성적이 높은 것은 앞에서 언급한 바와 같이 과학적 사고력이 높은 것과 관련이 있다고 볼 수 있다.

공기의 압력이라고 응답한 학생은 실험집단 남·여 평균이 13.8%이고 통제집단 남·여 평균이 3.7%로 실험집단이 통제집단 보다 10.2%나 높게 나타났다. 물질이 갖고 있는 고유한 성질이라고 응답한 학생은 실험집단 남학생이 여학생 보다 11.5%나 높게 나타났고, 통제집단에서는 남학생이 한 명도 응답하지 않은 반면 여학생은 28.6%나 되는 학생들이 물질이 갖고 있는 고유한 성질이라고 응답하였다. 중력이 원인이라고 응답한 학생은 전체적으로 볼 때 남학생이 70.5%, 여학생이 64.4%로 나타나 남학생이 여학생보다 6.1% 높게 나타났다. 이것은 남학생이 여학생보다 과학 성적이 높은 것과 관련 있다고 볼 수 있다.

사전검사 내용을 지금까지 분석해 본 결과는 남학생이 여학생보다 과학 탐구 능력과 과학교과 성적이 높다는 결론을 내릴 수 있는데, 이것은 기존의 연구결과^{43,44)}와도 일치하는 것이다.

4) 물체의 운동과 힘의 방향

위로 던져 올린 물체에 작용하는 힘의 방향을 묻는 사전검사 문항 6-1.(부록 1. 참조)에 답한 내용을 정리하면 표 8.과 같다.

표 8.을 보는 바와 같이 아래로 힘이 작용한다고 답한 학생은 실험집단 남·여

평균이 18.5%, 통제집단 남·여 평균이 25.4%로 사전검사 대상 전체 학생의 22.0%가 응답하였다. 그러나 위쪽으로 힘이 작용한다고 답한 응답자가 전체 학생의 60.3%이며, 힘이 작용하지 않는다고 기타로 응답한 학생이 전체의 17.7%이다. 이것은 78%의 학생이 운동과 힘의 방향을 잘 이해치 못하고 있음을 의미한다

표 8. 물체가 위로 올라갈 때 작용하는 힘의 방향에 대한 응답 유형

| 응답 유형 | 실험집단 (남) | | 실험집단 (여) | | 통제집단 (남) | | 통제집단 (여) | |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 위쪽으로 힘이 작용한다. | 25 | 73.6 | 17 | 54.8 | 14 | 51.9 | 17 | 60.7 |
| 2) 아래쪽으로 힘이 작용한다. | 7 | 20.6 | 5 | 16.1 | 7 | 25.9 | 7 | 25.0 |
| 3) 힘이 작용하지 않는다. | 1 | 2.9 | 2 | 6.5 | 2 | 7.4 | 0 | 0 |
| 4) 기타 | 1 | 2.9 | 7 | 22.6 | 4 | 14.8 | 4 | 14.3 |
| 계 | 34 | 100 | 31 | 100 | 27 | 100 | 28 | 100 |

또한 물체가 최고점에 있을 때, 물체에 작용하는 힘의 방향을 묻는 사전검사 문항 6-2.(부록 1.참조)에 대한 학생들의 응답 유형은 표 9.와 같다. 표 9.를 보는 바와 같이 아래로 힘이 작용한다고 답한 학생은 전체 학생의 36.6%밖에 되지 않았고, 힘이 작용하지 않는다고 답한 학생이 전체 학생의 42.5%나 되어 운동과 정지를 서로 다른 개념으로 생각하고 있는 학생이 많음을 알 수 있다. 이것은 물체에 힘이 작용해야 움직이고, 정지하고 있는 물체에는 힘이 작용하지 않는다는 오개념을 학생들이 갖고 있다는 것을 의미한다.

표 10.은 물체가 밑으로 내려올 때 작용하는 힘이 방향을 묻는 사전검사 문항 6-3.(부록 1.참조)에 대한 응답 유형이다. 아래쪽으로 힘이 작용한다고 반응한 경우는 실험집단의 67.1% 학생이, 그리고 통제집단의 69.0% 학생이 응답하여 전체 학생의 68.1%가 되지만, 6번 문항의 세 문제 모두 아래 쪽 방향으로 힘이 작용한다고 응답한 학생은 사전검사 대상 전체 학생의 21.7%밖에 되지 않았다. 따라서 힘과 운동 방향을 연관지어 물체가 움직이는 방향으로 힘이 작용한다고 응답

한 학생은 표 8.~ 표 10.과 연관지어 분석하면 전체 학생의 57.2%가 된다. 이것은 오스본의 연구 결과¹⁰⁾ 와도 대체적으로 일치하는 것이다.

표 9. 물체가 최고점에 있을 때 작용하는 힘의 방향에 대한 응답 유형

| 응답 유형 | 실험집단 (남) | | 실험집단 (여) | | 통제집단 (남) | | 통제집단 (여) | |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 위쪽으로 힘이 작용한다. | 3 | 8.8 | 0 | 0 | 2 | 7.4 | 2 | 7.1 |
| 2) 아래쪽으로 힘이 작용한다. | 11 | 32.4 | 11 | 35.5 | 10 | 37.0 | 12 | 42.9 |
| 3) 힘이 작용하지 않는다. | 18 | 52.9 | 12 | 38.7 | 10 | 37.0 | 11 | 39.3 |
| 4) 기타 | 2 | 5.9 | 8 | 25.8 | 5 | 18.6 | 3 | 10.7 |
| 계 | 34 | 100 | 31 | 100 | 27 | 100 | 28 | 100 |

표 10. 물체가 밑으로 내려올 때 작용하는 힘의 방향에 대한 응답 유형

| 응답 유형 | 실험집단 (남) | | 실험집단 (여) | | 통제집단 (남) | | 통제집단 (여) | |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 위쪽으로 힘이 작용한다. | 2 | 5.9 | 2 | 6.5 | 1 | 3.7 | 1 | 3.6 |
| 2) 아래쪽으로 힘이 작용한다. | 27 | 79.4 | 17 | 54.8 | 17 | 63.0 | 21 | 75.0 |
| 3) 힘이 작용하지 않는다. | 3 | 8.8 | 4 | 12.9 | 2 | 7.4 | 3 | 10.7 |
| 4) 기타 | 2 | 5.9 | 8 | 25.8 | 7 | 25.9 | 3 | 10.7 |
| 계 | 34 | 100 | 31 | 100 | 27 | 100 | 28 | 100 |

지금까지 알아본 바와 같이 사전검사에 의해 조사된 학생들의 선개념은 과학적 개념보다 비과학적 개념이 많다. 그런데 학생들이 갖는 오개념은 역사적으로 볼 때 과학자들의 시행착오와 상당한 유사점이 있기 때문에 오개념을 교정하는 개념학습에 과학사를 이용할 수 있을 것이다.

다음의 표 11.은 조사 대상 학생들이 갖고 있는 오개념과 과학사의 내용을 비교한 것이다.

표 11. 낙하운동과 관련된 학생들의 오개념과 과학사

| | 학생들의 생각 | 과학사의 생각 | 뉴턴의 생각 | |
|------------------------------------|----------------------------------|---|---|--|
| 물체의 낙하운동 | 공기 중에서 의 낙하 운동 물체의 낙하운동 | 물체의 속력은 내려 올수록 점점 빨라진 다.(66.9%) 원인: 중력이 증가 하기 때문이다. | 떨어지는 동안 물체 의 속력이 증가한 다.(Albert,13C) | 무거운 물체나 가벼 운 물체 모두 같은 속력으로 떨어진다. |
| | 진공 중에서 의 낙하 운동 | 떨어지지 않는다. (47.6%) 원인: 중력이 작용 하지 않는다. | 기동자가 없기 때문 에 진공 중에서의 낙 하는 불가능하다. (Aristotles,BC4C) | 무거운 물체나 가벼 운 물체 모두 같은 속력으로 떨어진다. |
| 질량이 서로 다른 물체의 낙하 운동 | 공기 중에서 의 낙하 운동 | 무거운 물체가 빨리 떨어진다.(58.6%) 원인: 무겁기 때문 이다. | 무거운 물체가 먼저 떨어진다. (Aristotles,BC4C) | 모두 같은 가속도로 떨어진다. |
| | 진공 중에서 의 낙하 운동 | 떨어지지 않는다. (45.2%) 원인: 중력이 작용 하지 않는다. | 기동자가 없기 때문 에 진공 중에서의 낙 하는 불가능하다. (Aristotles,BC4C) | 모두 같은 가속도로 떨어진다. |
| 운동과 정지 | 물체의 운동 | 물체에 힘이 작용해 야 움직인다. | 물체는 기동력이 있 어야 움직인다. (Buridan,14C) | 힘이 작용하지 않으 면 등속 직선 운동 을 한다. |
| | 물체의 정지 | 정지는 힘이 작용하 지 않기 때문이다. (41.1%) | 물체는 기동력이 없 어 질 때 멈춘다. (Buridan,14C) | 운동하는 반대 방 향으로 힘이 작용할 때 멈춘다. |
| 낙하 운동의 원인 | 중력이 원인이다. (65.3%) | 물질이 갖고 있는 고 유한 성질로 자연스 러운 현상이다. (Aristotles,BC4C) | 중력 때문이다. | |
| 운동과 힘의 방향 | 운동하는 방향으로 힘이 작용한다. (45.2%) | 운동하는 방향으로 힘이 작용한다. (Buridan,14C) | 힘이 작용하는 방 향으로 가속도가 생긴 다. | |

학생들이 학습 전에 자신의 경험에 기초한 낙하운동에 관한 오개념을 교정하기 위한 개념학습을 하기 위해, 표 11.에서 보는 바와 같은 과학자들의 그 당시 생각과 개념 변천 과정을 학습 자료(부록 2. 참조)로 만들어서 수업에 투입하였다.

2. 수업 관련 태도 검사 분석

과학사적 학습지도에 대한 학생들의 반응을 알아보기 위해, 수업처치 후 수업 관련 태도검사를 자체 제작한 설문지(부록 4.)를 이용하여 조사한 결과를 표 12.에 나타내었다.

표 12. 수업 참여도 비교

| 응답 유형 | 전통적 수업 | | | | 과학사적 학습지도 | | | |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 남학생 | | 여학생 | | 남학생 | | 여학생 | |
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 매우 소극적이다. | 4 | 11.8 | 1 | 3.2 | 4 | 11.8 | 1 | 3.2 |
| 2) 소극적이다. | 9 | 26.4 | 4 | 12.9 | 3 | 8.8 | 5 | 16.1 |
| 3) 보통이다. | 16 | 47.1 | 21 | 67.8 | 11 | 32.4 | 13 | 42.0 |
| 4) 적극적이다. | 4 | 11.8 | 5 | 16.1 | 13 | 38.2 | 7 | 22.6 |
| 5) 매우 적극적이다. | 1 | 2.9 | 0 | 0 | 3 | 8.8 | 4 | 12.9 |
| 6) 기타 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3.2 |
| 계 | 34 | 100 | 31 | 100 | 34 | 100 | 31 | 100 |

수업에 대한 참여 정도는 전통적 수업에서 적극적으로 임한다는 학생(적극적: 9명, 매우 적극적: 1명)이 표 12.에서와 같이 전체 학생의 15.4% 밖에 안 되었으나, 과학사를 이용한 수업에서는 41.5%의 학생(적극적: 20명, 매우 적극적: 7명)이 적극적으로 참여를 했다고 응답하였다. 뿐만 아니라 과학사적 학습지도에 매우 적극적으로 참여한 학생은 전체 학생의 10.8%나 되었다. 이와 같은 결과로부터 과학사를 이용한 학습지도는 많은 학생들을 수업의 장으로 끌어 낼 수 있다고 볼 수 있다. 또한, 전통적 수업에 소극적으로 참여한다고 응답한 학생은 남학생(매우 소극적: 4명, 소극적: 9명)이 38.2%로 여학생(매우 소극적: 1명, 소극적: 4명) 16.1%보다 높게 나타났다. 그리고 과학사를 이용한 수업에서는 적극적으로 참여한다고 응답한 학생이 남학생(매우 적극적: 3명, 적극적: 13명) 47.1%로 여

학생(매우 적극적: 4명, 적극적: 7명) 33.5%보다 높게 나타났는데, 전통적 수업에 비해 과학사적 학습지도에 적극적으로 참여한다는 여학생들의 증가율 변화 폭은 남학생 보다 훨씬 높다.

그렇지만, 전통적 수업이나 과학사적 학습지도를 불문하고 과학수업에는 여학생보다 남학생의 참여 정도가 높고 또한, 1절에서 알 수 있는 바와 같이 남학생이 과학적 태도나 탐구능력 및 과학 성적이 여학생보다 높다. 이에 대한 명확한 분석은 어렵지만, 과학의 남성적 이미지로 인해 여학생이 남학생보다 과학수업의 참여도가 낮다고 알려져 있다.^{34,35)} 그럼에도 불구하고 본 연구에서의 여학생들의 수업 참여도 변화 폭이 높은 것으로 보아 과학사적 학습지도는 여학생들의 흥미유발을 시켜 과학에 관심을 가지고 수업의 참여를 높일 수 있는 학습지도 방법의 하나가 될 수 있을 것이다. 실제로 과학사를 이용한 수업에서는 남학생반 보다 여학생반이 토의에 소극적이었는데, 여학생의 수업 참여도가 높은 것으로 보아 학습자료를 다양하게 수업에 투입하고 토의에 적극적으로 임하도록 하는 방법을 모색해야 할 것이다.

과학사를 이용한 수업 방법에 대한 흥미도 조사 결과를 남녀별로 표 13.에 나타내었다. 표 13.에서 알 수 있는 바와 같이 과학사를 이용한 수업방법이 재미있다고 응답한 학생(남: 38.2%, 여: 25.9%)이 재미없다고 응답한 학생(남: 20.6%, 여: 19.3%)보다 전체 평균이 12.3% 높게 나타나, 과학사를 이용한 수업시 토론 활동에 적극적으로 참여할 수 있는 훈련과 노력을 기울이면 많은 학생들이 학습동기를 유발시킬 수 있을 것으로 기대된다.

표 13. 과학사적 학습지도에 대한 남녀별 흥미도

| 응답유형 | 남학생 | | 여학생 | |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | 인원수 (명) | 백분율 (%) | 인원수 (명) | 백분율 (%) |
| 1) 매우 재미없다. | 4 | 11.8 | 1 | 3.2 |
| 2) 재미없다. | 3 | 8.8 | 5 | 16.1 |
| 3) 보통이다. | 12 | 35.3 | 16 | 51.6 |
| 4) 재미가 있었다. | 9 | 26.5 | 6 | 19.4 |
| 5) 매우 재미있다. | 4 | 11.7 | 2 | 6.5 |
| 6) 기타 | 2 | 5.9 | 1 | 3.2 |
| 계 | 34 | 100 | 31 | 100 |

3. 성취도 검사 결과 분석

과학사적 학습지도에 의한 수업처치를 한 후, 교수-학습의 효과를 알아보기 위해 학업 성취도 검사를 하였다. 성취도 검사 문항은 낙하운동에 대한 평가 문항 15문제를 연구자가 자체 제작(부록 3.참조)하였는데, 난이도를 상, 중, 하로 하여 각각 5문제씩 출제하였다. 실험집단과 통제집단에 대한 검사 결과는 표 14.와 같다. 표 14.의 결과를 비교하기 위하여 난이도 및 성별과 집단별로 정리하여 나타내면 표 15.와 같다.

표14. 성취도 검사 결과 비교

| 성취도 검사지 문번 | 실험집단 | | | | 통제집단 | | | |
|------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | 남학생 | | 여학생 | | 남학생 | | 여학생 | |
| | 정답학생 (명) | 정답율 (%) | 정답학생 (명) | 정답율 (%) | 정답학생 (명) | 정답율 (%) | 정답학생 (명) | 정답율 (%) |
| 1 | 29 | 85.3 | 23 | 74.2 | 17 | 63.0 | 17 | 60.7 |
| 2 | 22 | 64.7 | 21 | 67.7 | 13 | 48.1 | 12 | 42.8 |
| 3 | 21 | 61.8 | 21 | 67.7 | 12 | 44.4 | 13 | 46.4 |
| 4 | 20 | 58.8 | 21 | 67.7 | 17 | 63.0 | 17 | 60.7 |
| 5 | 21 | 61.8 | 21 | 67.7 | 16 | 57.1 | 17 | 60.7 |
| 6 | 13 | 38.2 | 13 | 45.2 | 11 | 40.7 | 13 | 46.4 |
| 7 | 13 | 38.2 | 6 | 19.4 | 3 | 11.1 | 8 | 28.6 |
| 8 | 12 | 35.3 | 10 | 32.3 | 8 | 29.6 | 11 | 39.3 |
| 9 | 9 | 20.6 | 11 | 35.5 | 9 | 33.7 | 10 | 35.7 |
| 10 | 17 | 50.0 | 15 | 48.4 | 12 | 44.4 | 12 | 42.8 |
| 11 | 9 | 26.5 | 4 | 12.9 | 1 | 3.7 | 5 | 17.9 |
| 12 | 5 | 14.7 | 8 | 25.8 | 4 | 14.8 | 3 | 10.7 |
| 13 | 5 | 14.7 | 6 | 19.4 | 6 | 22.2 | 3 | 10.7 |
| 14 | 7 | 20.6 | 7 | 22.6 | 6 | 22.2 | 5 | 17.9 |
| 15 | 7 | 20.6 | 4 | 12.9 | 7 | 25.9 | 6 | 21.4 |
| 계 | 213 | 41.8 | 191 | 41.1 | 143 | 35.3 | 152 | 36.2 |

표 15.에서 알 수 있는 바와 같이 낙하운동의 기본 원리 및 현상을 묻는 쉬운 문항(난이도 하)에 대한 평균 정답율은 남녀 전체적으로 실험집단이 통제집단 보다 12.8% 높게 나타났다. 그리고 보통 문항(난이도 중)와 어려운 문항(난이도 상)에 대한 평균 정답율은 남녀 전체적으로 실험집단이 각각 36.6%와 19.1%이

고, 통제집단이 각각 35.3%와 16.7%로 실험집단이 약간 높다. 전체적으로는 실험집단이 통제집단보다 평균 정답율이 5.6% 높다. 통제집단의 과학성적이 제주도 교육연구원에서 시행한 학업성취도 평가 결과²¹⁾ 실험집단 보다 9.4% 높았던 것과 비교해 볼 때, 과학사적 학습지도에 의한 낙하운동 교수-학습을 한 실험집단이 통제집단 보다 학업 성취도가 15.0% 높음을 알 수 있다.

표 15. 난이도 별 평균 정답율 비교

(단위: %)

| 난이도 | 실험집단 | | | 통제집단 | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 남학생 | 여학생 | 전 체 | 남학생 | 여학생 | 전 체 |
| 문 1~5 (난이도 하) | 66.5 | 69.0 | 67.7 | 55.6 | 54.3 | 54.9 |
| 문 6~10 (난이도 중) | 37.6 | 35.5 | 36.6 | 31.9 | 38.6 | 35.3 |
| 문 11~15 (난이도 상) | 19.4 | 18.7 | 19.1 | 17.8 | 15.7 | 16.7 |

과학사적 학습지도에 의한 성취도를 실험집단의 학년말 과학 성적과 비교해 보았다. 여기서 학년말 과학 성적은 지필고사와 실험·실습 평가 및 과학 태도와 출석 점수를 포함한 1 년간의 점수로 평균 성적은 남학생 54.6점, 여학생 55.4점이다. 실험집단 학생들의 학년말 과학 성적과 성취도 검사 성적을 비교해 보면 분산 결과가 학년말 성적 7.49, 성취도 검사 5.31로 나타나 성취도 검사 분산 수치가 2.18 적게 나타났다. 이것은 성취도 검사 성적이 평균 점수대에 많이 집중되어 있는 것을 의미하므로 학생들의 성적이 고르게 향상되었음을 나타낸다. 뿐만 아니라 학년말 지필고사 성적만을 성취도 검사 성적과 비교해 보면 그림 3.과 같다.

그림 3.은 학년말 지필고사 성적과 성취도 검사 성적을 10점 간격의 점수대에 따른 학생수를 나타낸 것이다. 그림 3.에서 알 수 있듯이 30~60점대 학생수는 지필고사 성적보다 성취도 검사 성적이 높다. 즉 과학사적 학습지도의 학업성취도가 전통적 수업에 비해 높음을 알 수 있다. 다시 말해, 과학사를 이용한 수업 방법이 과학에 대한 학생들의 흥미를 유발시키며 개념학습에 유의미하다고 할 수 있다.

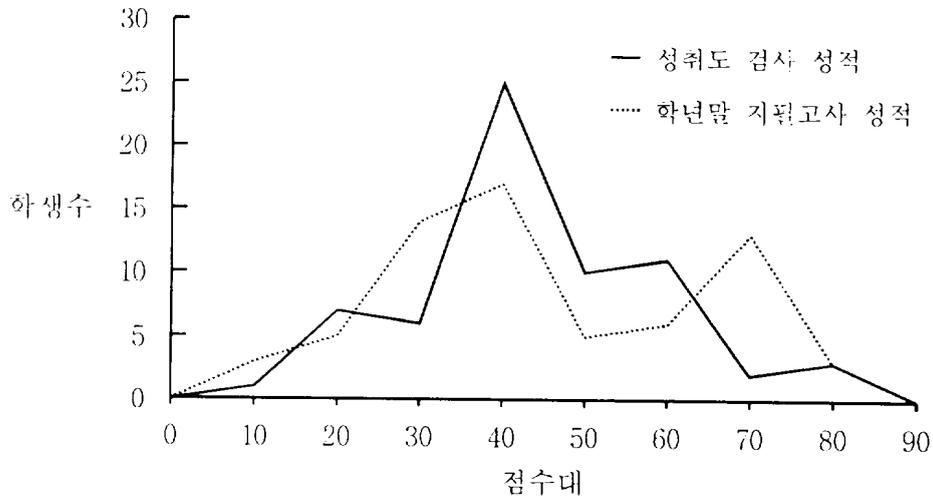


그림 3. 학년말 과학 성적과 성취도 성적에 따른 학생수

전체적으로는 성취도 검사 성적이 높다 하더라도 성취도 검사 성적을 개인 별로 학교 과학 성적과 비교해 보면, 일부 학생인 경우에 학교 성적이 낮음에도 불구하고 성취도 검사 성적이 높게 나타나는 학생이 있는 반면에, 학교 성적이 우수함에도 불구하고 성취도 검사 성적이 낮게 나타나는 학생들도 있었다. 전자의 경우는 여학생일수록 많았고, 후자의 경우는 남녀 학생수가 비슷하였다.

그림 4.는 실험집단의 남녀별 성취도 성적을 비교한 것이다. 그림 4.를 보는 바와 같이 성취도가 중간 수준(정답수 6~8)인 경우 여학생의 수가 많다. 그리고 표 14.와 표 15.에서 알 수 있는 바와 같이 실험집단의 남녀별 정답율은 각각 41.8%와 41.1%로 같지만, 난이도가 낮은 기본적인 문항에 대해서는 여학생의 정답율이 남학생보다 2.5% 높다. 사전 검사 결과와 모의고사 성적 비교에서 알 수 있었듯이 남학생의 과학성적은 여학생보다 3.4점 높았었다. 그러므로 전체적으로 볼 때 과학사적 학습지도에 의한 학업 성취도는 여학생이 남학생보다 3% 정도 높다고 볼 수 있는데, 이것에 대해서는 좀 더 많은 자료에 의한 명확한 분석이 필요하다고 본다.

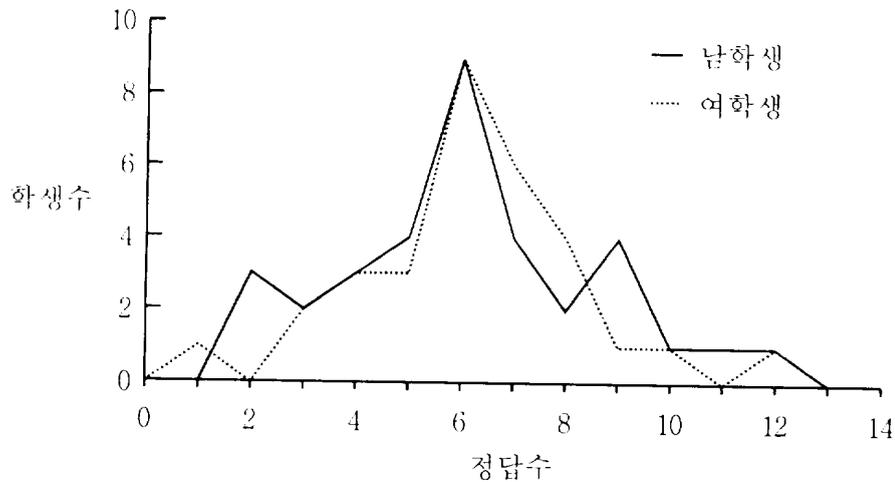


그림 4. 남녀 학생별 성취도 정답수와 그에 따른 학생수

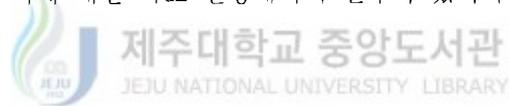
전 세계 초·중·고등학생을 대상으로 학업 성취도 평가를 하고 있는 IEA(국제 교육 성취평가위원회)가 1964년부터 1992년까지 실시한 평가결과를 분석한 최근의 "학업 성취도에 있어서의 성별에 따른 차이 보고서(유네스코 본부 발간·크리스티안 브러셀만스-조지 헨리 공동연구)"에 따르면, 남녀 학생의 학업 성취도 격차는 10세 단계(초등 3~4년)에서부터 시작돼 나이가 들수록 더욱 커지는 것으로 나타났다. 그리고 10세, 14세, 18세 등 각 평가단계에서 모두 남학생 성적이 여학생 성적을 앞지르고 있다고 하였으며, 각 단계에서도 생물, 화학, 물리순으로 학업 성취도 차이가 크다고 한다. 뿐만 아니라, 이 값은 중학생에서 고등학생으로 학년이 올라갈수록 가파르게 커지고 있다고도 하였다.

그리고 이 IEA 보고서는 ① 일반적으로 남학생이 여학생보다 과학, 수학에 더 관심이 깊고 긍정적인 자세를 갖고 있으며, ② 성별에 따른 사회의 기대치와 직업 선택 기회가 다른 현실 등, 생태학적인 이유와 사회적인 요인이 복합돼 이같은 격차를 만들어내고 있는 것으로 보이지만 아직 명확한 분석은 어렵다고 한다. 이와 같이 과학성적은 남학생이 높은 것이 일반적이지만, 수업 관련 태도 검사와 성취도

검사 분석 결과 여학생의 수업 참여도가 높고, 성취도에서 남학생과 같은 것으로 보아 과학사적 학습지도는 여학생들에게 과학에 좀 더 관심을 갖도록 하는 한가지 방법은 될 수 있을 것이다.

과학사적 학습지도에 의한 개념변화 연구^{33,45)}는 극히 소수에 불과하지만, 토의 학습에 익숙치 않는 중학교 저학년에게는 대비적 토론을 영상자료로 제시해서 수업 진행을 하는 수업모형 연구⁴⁵⁾도 있으므로 중학생들에게 활발한 토의가 이루어 지도록 하는 방법 모색이 필요하다. 그러므로 토의에 대한 자신감을 심어준다면 과학사적 학습지도가 여학생들의 과학 성적을 올려주고 수업 참여율도 증가시킬 수 있는 수업 방법이라고 할 수 있겠다.

다시 말해, 과학사적 학습지도 방법은 남녀 학생 모두에게 학교 현장에서 적용 가능하고, 학생들의 흥미유발과 개념학습에 유의미하다. 따라서 학교 과학 성적과 학생의 과학 적성은 인과관계가 반드시 있다고 할 수 없으므로 학생들에게 다양한 교수-학습 방법으로 과학수업을 진행한다면, 과학에 대한 학생들의 친밀도는 증가할 것이다. 그러므로 과학 수업은 학생의 능력에 맞는 수준별 학습지도에 의해서 진행하여야 하며, 이에 대한 학교 현장에서의 연구가 있어야 하겠다.



V. 결론

중학생들의 낙하운동 개념학습을 위한 과학사적 학습지도의 효과와 성취도 변화에 관한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 사전검사 결과 학생들이 낙하운동에 대해 갖는 개념 유형은 ① 중력은 지표 가까이 내려올수록 그 세기가 크게 작용한다고 생각한 학생이 많아 물체의 속력은 힘이 크기에 비례한다는 비과학적 생각을 갖고 있었고, ② 진공과 무중력을 혼동하고 있는 학생들이 많았다. 그리고 ③ 많은 학생들이 무거운 물체가 빨리 떨어진다는 생각을 갖고 있었으며, ④ 물체가 운동을 할 때는 반드시 운동하는 방향으로 힘이 작용한다는 오개념을 갖고 있어 힘과 운동방향을 연관지어 생각하고 있는 학생들이 많았다. 뿐만 아니라, ⑤ 정지하고 있는 물체에는 힘이 작용하지 않는다는 학생들이 많아 힘과 운동 및 정지 현상을 서로 연관시켜 생각지 못하고 있다.

둘째, 과학수업에 적극적으로 참여한다는 학생들의 비율은 전통적 수업 15.4%에서 과학사적 학습지도 수업 41.5%로 증가하였고, 흥미도는 12.3% 높게 나타났다. 그러므로 과학사적 학습지도 방법은 학생들의 흥미유발과 과학에 대한 친밀도를 높일 수 있는 교수-학습 방법이라고 하겠다.

셋째, 과학사적 학습지도에 의한 실험집단의 학업 성취도는 통제집단 보다 15.0% 높게 나타났고, 실험집단 학생들의 학교 과학 성적과 성취도 검사 성적을 비교해 본 결과 대부분의 학생들의 성취도 성적이 고르게 향상되었다. 이런 결과로부터 과학사를 이용한 수업은 학생들의 낙하운동에 대한 오개념을 바로 잡는데 효과적인 수업 방법이라고 할 수 있다.

넷째, 여학생은 남학생보다 과학 학업 성취도가 낮은 것이 일반적인 경향이다. 그러나 본 연구에서 여학생이 수업 참여도 증가율은 남학생보다 크고 과학성적과 과학 탐구능력이 낮은데도 성취도 검사 성적은 남학생과 같은 것으로 보아 과학사적 학습지도는 여학생들에게 과학에 좀 더 관심을 갖도록 하는 수업 방법이 될 수

있을 것이다.

다섯째, 일부 학생은 자신의 과학 성적에 비해 성취도 검사 성적이 향상된 경우도 있고 내려간 경우도 있는데, 이것은 과학 성적과 과학 적성은 항상 일치하는 것이 아니므로 학생에 따라 적절한 수업 방법이 필요하다는 것을 의미한다. 그러므로 과학 수업은 능력에 맞는 수준별 학습을 하여야 하겠다.

끝으로, 과학사적 학습지도는 교실에서 간단하게 실행할 수 있고 오개념 교정에 효과적인 개념학습 방법이나, 토의학습에 대한 교사와 학생들의 지식과 경험 등의 세만 여건이 완비되어야 하겠으며 과학사와 과학교육에 대한 교재 개발도 시급하다고 하겠다.



참 고 문 헌

1. 박승재, 이무 : 일반계 고등학교 과학교육 실태 비교 분석, 한국교육학회지, 제7권 제2호, pp. 71~87 (1987).
2. 김창식의 8인 : 초·중등 과학교육 및 정책의 종합적 평가와 전망에 관한 연구, 한국과학교육단체총연합회 (1993).
3. 강정우외 4인 : 중등학교 현장 물리교육의 현황과 개선방안, 과학교육(제주대학교 과학교육연구소), 제13권, pp. 93~124 (1996).
4. R. driver : Pupil's Alternative Frameworks in Science, European Journal of Science Education, 3(1), pp. 93~101 (1981).
5. 조희영 : 신입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학습과의 관계, 한국과학교육학회지, 제4권 제1호, pp. 34~43 (1984).
6. 김명련 : 인지 갈등 수업 전략이 중학생의 과학 개념 변화와 과학적 태도에 미치는 효과(석사학위논문), 한국교원대학교 대학원 (1994).
7. 김상명 : 열과 온도에 대한 학생들의 개념조사 및 오인을 감소시키기 위한 수업전략에 따른 처치효과(석사학위논문), 이화여자대학교 (1993).
8. R. J. Osborne, P. Freyberg : Roles for the Science Teacher, Learning in Science, The Implications of Children's Science, pp. 91~99, Auckland: Heinmann (1985).
9. J. Minstrell : Conceptual Development Research in the Natural Setting of a Secondary School Science Classroom In M. B. Rowe, (ed.), Education in the 80's: Science, pp. 129~143 National Education Association, Washington, D.C. (1982).
10. 김도욱 : 물 개념의 학습에서 오인을 감소시키기 위한 수업모형의 효과(박사학위논문), 서울대학교 대학원 (1991).
11. M. McCloskey : Intuitive Physics, Scientific American, Vol.248.

- pp. 122~238 (1983).
12. J. Nussbaum ; Classroom conceptual change: the lesson to be learned from the history of science. in H. Helm and J. Novak. (eds.). Proceedings of the misconceptions in science and mathematics, Cornell University, Ithaca, pp. 272~281 (1983).
 13. E. Saltiel and L. Viennot ; What do we learn from similarities between historical ideas and the spontaneous reasoning. in P. Lijnse. (ed.). The many faces of teaching and learning mechanics: Proceedings of a conference on physics education. Utrecht, Netherlands, pp. 199~214 (1985).
 14. I. A. Halloun and D. Hestenes ; Common sense concepts about motion. American Journal of Physics, Vol.53(11), pp. 1056~1065 (1985).
 15. 김익균 ; 대립개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도 개념변화(박사학위논문), 서울대학교 대학원 (1991).
 16. 양승훈외 4인 ; 과학사와 과학교육, 민음사, pp. 53~82 (1996).
 17. A. E. Lawson, M. R. Abraham and W. Renner ; A Theory of Instruction: Using the Learning Cycle to Teach Science Concept and Thinking Skills, NARST monograph I, NARST (1989).
 18. J. D. Novak and D. B. Gowin ; Learning How to Learn, Cambridge University Press (1984).
 19. M. Cosgrove and R. Osborne ; Lesson frameworks for changing children's ideas. Learning in Science, ed. R. Osborne and P. Freyberg, Heinemann, pp. 101~111 (1985).
 20. 박종원, 박승재 ; 초인지적 물리학습 모형, 물리교육 10, pp. 1~11 (1992).
 21. 김영민 ; 중학생의 전류 개념 변화에 미치는 체계적 비유 수업의 경향, 물리교육 10, pp. 39~68 (1992).

22. 양승훈 : 물리학과 역사, 청문각, pp. 1~15 (1996).
23. 이선경, 김우희 ; 열의 오개념 교정을 위한 과학사의 도입에 관한 연구, 한국과학교육학회지, 제15권 3호, pp. 275~283 (1995).
24. M. L. Pope and J. Gilbert ; Personal experience and the construction of knowledge in Science. Science Education, 67(2), pp. 193~203 (1983).
25. 강정우 ; 현대 과학교육의 방향, 제주과학소식 제8호, pp. 14~23 (1996).
26. Richard A. Duschl ; Restructuring Science Education: The Importance of Theories and Their Development, New York: Teachers College Press, pp. 8~11 (1990).
27. Michael R. Matthews ; Ernst Mach and Contemporary Science Education Reforms, History, Philosophy, and science Teaching, ed. Michael R. Matthews, New york: Teachers College press (1991).
28. 권낙원 ; 토의 수업의 이론과 실제, 현대교육출판, pp. 521~544 (1996).
29. 박성래(S. F. Mason 저) ; 과학의 역사 I, 도서출판 까치, pp. 45~46 (1987).
30. 김영식, 박성래, 송상용 ; 과학사, 전과과학사, pp. 17 (1992).
31. 송상용, 박성래, 김영식 ; 자연과학개론 - 과학사, 한국방송통신대학 (1991).
32. 송진웅, 조숙경(N. R. Hanson 저) ; 과학적 발견의 패턴, 민음사, pp. 55~84 (1995).
33. 권재술, 김범기 ; 과학 오개념 편람 - 역학편, 한국교원대학교 물리교육연구실 (1993).
34. D. Nachtigall ; Conceptions of fifth grade students concerning freely falling objects, Research in physics Education, La Londe Les Maures, pp. 151~154 (1983).
35. B. White ; Difficulties in understanding Newtonian dynamics,

- The Many Faces of Teaching and Learning Mechanics, ed. P. L. Lijnse, W.C.C.-Utrecht (1984).
36. M. Sequeira and L. Leite : Alternative conceptions and history of science in physics teacher education, *Science Education* 75, pp. 45~56 (1991).
 37. L. C. McDermott : Critical review of research in the domains of mechanics, *Research on Physics Education, La Londe Les Maures*, pp. 151~154 (1983).
 38. D. M. Watts and A. Zylberstajn : A survey of some ideas about forces, *The Institute on Physics* 16, pp. 360~365 (1981).
 39. J. Clement : Student preconceptions in introductory mechanics, *American Journal of Physics* 50, pp. 66~71 (1982).
 40. R. Osborne : Building on children's intuitive ideas, *American Journal of Physics* 50, pp. 66~71 (1982).
 41. R. K. Boyle and D. P. Maloney : Effects of written test on usage of Newton's third law, *Journal Research in Science Teaching* 28, pp. 123~139 (1991).
 42. 제주도교육연구원 : 중학교 학업 성취도 평가 결과 분석자료 (1996).
 43. 노태희, 최용남 : 성역할의 관점에서 조사한 과학자와 자신에 대한 이미지의 격차 및 과학 관련 태도와의 관계성 조사, *한국교육학회지*, 제16권 제3호, pp. 286~294 (1996).
 44. 노태희, 최용남 : 남녀 혼성반 학생들의 수업 환경에 대한 인식의 성별 차이, *한국교육학회지*, 제16권 제4호, pp. 401~409 (1996).
 45. 김재우, 오원근, 박승재 : 수평 및 낙하운동에 대한 과학사적 대립 개념의 대비적 토론이 무중력 상황 도입을 통한 중학교 1학년 학생의 개념 변화에 미친 효과, *한국교육학회지*, 제17권 제1호, pp. 31~44 (1997).

<Abstract>

**Understanding the Motion of Falling Objects by
Teaching and Learning the Contents of the History
of Science in Middle School Students**

Kim, Hong - Chung

Physics Education Major

Graduate School of Education, Cheju National University

Cheju, Korea

Supervised by Professor **Kang, Jeong - Woo**

This study analyzed middle school students' preconception of the motion of falling objectives to see whether teaching and learning the contents of the history of science would be effective. On the basis of the analysis, historic scientists' changes of the concept were projected into science class as worksheets, and concept learning was attained through their discussion.

* A thesis submitted to the Committee of Graduate School of Education, Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education in August, 1997.

In regards to student motivation and interest, when class was over, they said that the learning guidance to invoke contents of the history of science was much better than some traditional ones. Their marks were about 15% better than the control group. In addition when the science test of the year was compared with the achievement test, most students scored higher on the science test better than they did before. Though boys' science marks and process skills are usually better than girls', most of them were nearly equal in achievement. Though some students didn't do well in science, they got good marks after in the achievement test.

Learning guidance to invoke contents of the history of science can motivate students; moreover, this learning guidance will help girl students to be more interested in science. Consequently, the learning guidance to invoke contents of the history of science can be effective to remedy some misconceptions about this subject.



부록 1. 낙하운동에 관한 개념 검사지

낙하운동에 관한 설문지

다음 문제는 여러분의 낙하운동에 관한 생각을 알아보고자 만든 문제입니다.

문제에 대한 여러분의 응답과 학교 성적과는 아무런 관계가 없으니 문제를 차분히 읽고 부담 없이 자신의 생각을 잘 표현해 주십시오.

여러분의 성실한 응답은 연구에 많은 도움이 될 것입니다.

_____ 학교 _____ 학년 _____ 반 _____ 번 이름 _____

1. 옥상에서 잡고 있던 물체를 가만히 떨어 뜨렸다.

(1) 물체가 떨어지는 동안의 물체의 속도는?

- ① 느려진다.
- ② 일정한 비율로 느려진다.
- ③ 떨어지는 동안 일정하다.
- ④ 빨라진다.
- ⑤ 일정한 비율로 빨라진다.
- ⑥ 기타

(2) 위와 같이 응답한 이유를 써보세요.

2. 문제 1과 같은 물체를 “공기가 없는” 진공 중에서 떨어뜨린다면?

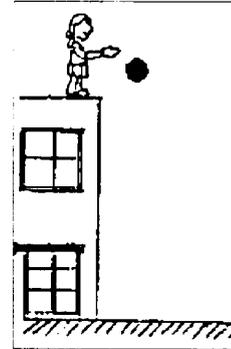
(1) 쇠공의 속도는?

- ① 떨어지지 않는다.
- ② 일정한 비율로 느려진다.
- ③ 떨어지는 동안 일정하다.
- ④ 일정한 비율로 빨라진다.
- ⑤ 매우 빠른 속도로 떨어진다.
- ⑥ 기타

(2) 위와 같이 응답한 이유를 상세히 쓰시오.

3. 그림과 같이 옥상에서 10kg 짜리 쇠공과 20kg 짜리 쇠공을 동시에 살며시 떨어뜨렸다.

- (1) 어느 것이 먼저 떨어지겠는가?
- ① 10kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다.
 - ② 20kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다.
 - ③ 동시에 떨어진다.
 - ④ 기타



(2) 위와 같이 응답한 이유를 상세히 쓰시오.

4. 문제 3과 같은 두 물체를 “공기가 없는” 진공 중에서 떨어 뜨렸다.

- (1) 어느 것이 먼저 떨어지겠는가?
- ① 떨어지지 않는다.
 - ② 10kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다.
 - ③ 20kg짜리 쇠공이 먼저 떨어진다.
 - ④ 동시에 떨어진다.
 - ⑤ 기타

(2) 위와 같이 응답한 이유를 상세히 쓰시오.

5. 잡고 있던 물체를 놓으면 밑으로 떨어진다. 근본 이유는 무엇이라고 생각 하는가?

부록 2. 수업에 투여한 학습자료

아리스토텔레스의 운동론

아리스토텔레스(Aristoteles)는 하늘에서 비가 내리고, 높은 곳에 있던 물체가 밑으로 떨어지는 현상 등은 모두 물체가 갖고 있는 고유한 성질이라고 생각했다. 이것은 모든 물질들이 물, 불, 흙, 공기로 이루어져 있기 때문에 자신이 원래의 위치를 이탈하면 본래 있던 장소로 되돌아가려고 한다는 생각에서 시작 된 것이다. 새의 깃털과 쇠구슬을 잡고 있다가 동시에 놓으면 어떻게 될까? 쇠구슬이 먼저 떨어질 것이다. 이 현상을 설명하기 위해 물체가 낙하하는 원인이 물체의 무게라고 생각하게 되었고, 이에 따라 물체가 낙하할 때에는 가벼운 물체보다 무거운 물체가 빨리 떨어진다고 생각을 했다. 또한 쇠구슬을 물 속에서 떨어뜨리면 어떻게 될까? 공기 중에서 보다 천천히 가라앉을 것이다. 그 이유는 물의 밀도가 공기의 밀도 보다 크기 때문에 물체가 공기 중에서 낙하할 때 보다 물 속에서 물질이 떨어질 때 속력이 느려진다고 생각을 하게 되었다. 따라서 밀도가 큰 물질 속에서 낙하하게 되면 속력이 느려진다고 생각을 하였다.

돌을 잡고 있다가 위로 던져 보자 처음에는 위로 올라가다가 내려올 것이다. 아리스토텔레스는 그 이유가 돌에 가해진 힘이 점점 작아지기 때문이라고 생각했다. 땅에 있던 돌은 본래 땅으로 돌아오려는 성질을 가지고 있는데, 처음에는 힘을 가해 위로 던져 올렸기 때문에 최고 높이에 도달할 때까지는 손을 떠났지만 공기가 돌을 밀어 올리기 때문에 돌은 위쪽으로 운동을 하게 된다. 그렇지만, 시간이 지나면 공기가 밀어 올리는 힘이 약해져서 본래의 위치로 돌아오기 위해 밑으로 떨어지게 된다고 생각했다. 그래서 땅에 떨어진 돌은 자신이 본래의 위치에 도달하게 되어서 정지한다고 생각하였다.

진공 중에서는 물체에 힘을 가할 수 있는 공기가 없기 때문에 물체가 곧 멈춰 버린다고 생각했다. 그리고 물체의 속력은 물체가 통과하는 물질의 밀도가 작아지면 공기가 없는 진공 속에서는 물체가 굉장히 빠른 속력으로 운동할 것이다. 따라서 진공은 존재할 수 없다고 주장했다.

임페투스 이론

100원 짜리 동전과 500원 짜리 동전을 잡고 있다가 동시에 놓으면 어떻게 될까? 아리스토텔레스에 따르면 500원 짜리 동전이 무겁기 때문에 먼저 떨어져야 할 것이다. 하지만 거의 동시에 떨어진다. 이처럼 물체의 무게와 속력은 관계가 없고, 또한 공기가 물체를 운반시켜 준다는 아리스토텔레스의 생각에 반박하여 공기는 물체의 움직임을 방해할 뿐이고, 따라서 진공 중에서도 물체는 운동을 할 수 있고, 위로 던져 올린 물체가 위쪽으로 운동할 수 있는 것은 그 물체에 '임페투스'라는 추진력이 주어지기 때문이고, 최고점에 도달한 후 물체가 떨어지는 것은 물체에 주어진 임페투스가 소멸되기 때문이라고 필로포누스(Philoponus)가 주장하였다.

오렘(Nicolle Oresme)은 물체에 힘을 줘야만 임페투스가 생기고 외부의 저항에 의해서만 감소되므로 물체의 운동을 방해하는 저항이 없으면 직선으로 무한히 운동한다고 하였다.

빗면을 굴러 내리는 구슬이 있는 지점을 매초 연필로 표시해 보면 밑으로 내려올수록 그 간격이 넓어짐을 알 수 있을 것이다. 이것은 구슬이 밑으로 내려올수록 속력이 점점 빨라지는 것을 의미한다. 이처럼 물체가 낙하운동을 할 때는 속력이 점점 빨라진다. 아리스토텔레스에 따르면 물체에 힘이 지속적으로 작용해야 운동을 할 수 있기 때문에 낙하하는 물체의 속력은 변하지 않을 것이다. 알버트 폰 작센(Albert von Sachsen)은 물체가 낙하운동을 할 때는 일정하게 속력이 증가하며 그 이유가 운동 중에 얻은 임페투스에 그것이 본래 갖고 있는 코나투스(conatus : 자연 위치에 도달하기 위한 노력)가 부가됨으로써 생긴다고 주장했다. 따라서 물체가 떨어지는 동안 코나투스가 갑자기 없어진다고 해도 임페투스는 물체를 일정한 속도로 떨어뜨리게 할 것이다. 그러나 코나투스가 운동하고 있는 물체에 운동의 원인이므로 작용하기 때문에 그 물체가 더 빨리 떨어진다는 것이다.

갈릴레이의 낙하운동론

동일한 무게와 모양을 가진 세 개의 벽돌 A, B, C를 동시에 같은 높이에서 떨어뜨리면 어떻게 될까? 아리스토텔레스의 생각과 같이 당연히 같은 속도로 떨어질 것이다. 그러면 벽돌 A, B를 가는 실로 묶고 무게를 두 배로 만들어 C와 함께 떨어뜨리면 어떻게 될까? 아리스토텔레스의 경우는 당연히 실로 묶은 A-B벽돌이 두 배로 빨리 떨어져야 하는데 A, B 벽돌은 본래 같은 속도로 낙하하기 때문에 이를 줄로 묶어서 떨어뜨린다고 해도 같은 속도로 떨어지므로 A-B벽돌이나 C 벽돌은 동시에 떨어진다. 이에 따라 물체가 낙하할 때 무거운 물체가 빨리 떨어진다는 아리스토텔레스의 생각이 틀림을 밝혀 내게 되었다. 또한 그는 이것을 밝히기 위해 피사의 사탑에서 무게가 다른 두 공을 떨어 뜨려 무게에 관계없이 동시에 떨어진다는 것을 보여 준 일화로도 유명하다.

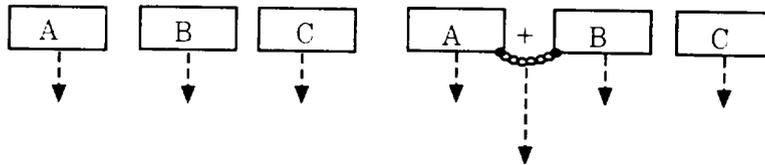


그림 1. 갈릴레이의 사고실험

또한 마찰이 없는 상태에서의 물체의 낙하운동을 연구하기 위해 경사면 실험을 실시하였는데, 경사면을 내려오는 동안은 중력이 계속해서 작용하기 때문에 물체의 속력은 계속 증가하나 경사면을 내려온 후에는 중력이 작용하지 않아도 물체의 속력이 일정함을 보여줘 일정한, 속력으로 계속 움직이게 하려면 힘도 계속 작용해야 한다는 아리스토텔레스의 주장이 틀렸음을 밝혀 내었다. 또한 이 실험에서 같은 높이에서 굴러온 물체의 속력은 수평면에 도달하는 순간 모두 같음을 밝혀 내었고, 수평면을 구르다 멈추는 이유가 수평면이 완벽히 매끄럽지 않기 때문이라는 사실을 알아냈다. 이에 따라 수평면이 완벽하게 매끄럽다면 영원히 굴러갈 것이라고(관성) 결론 지어 공기에 의한 마찰이 전혀 없는 진공 중에서 물체가 낙하운동을 한다면 물체의 속력은 낙하 시간에 비례하여 매초 9.8 m/s씩 증가함을 알아내었다.

뉴턴의 운동론

1665년 뉴턴은 사과나무 밑에 있다가 사과가 떨어지는 것을 보고, 사과가 떨어지는 이유가 만유인력임을 알아냈다. 즉 지구가 사과를 잡아당기면 사과도 같은 크기의 힘으로 지구를 잡아당긴다. 이때 작용하는 힘의 크기는 두 물체의 질량에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다고 설명하였다. 또한 물체의 운동을 설명하기 위하여 속력과 가속도(속력의 변화량)의 개념을 도입하여 일정한 크기의 힘이 물체에 계속해서 작용하면 속력이 점점 빨라지기(가속도를 갖게된다) 때문에 낙하하는 동안 물체의 속력은 갈릴레이와 같이 속력이 일정하게 증가한다고 설명하였다.

운동에 대한 뉴턴의 이론은 세가지로 요약할 수 있다.

첫번째, 관성의 법칙으로 이해되는 제 1 법칙은 물체에 작용하는 힘의 없으면 물체는 정지해 있거나 직선을 따라 균일한 속력으로 운동을 하게된다. 즉 물체의 운동은 반드시 물체에 힘이 작용해야 변할 수 있는 것을 의미하고, 따라서 움직이던 물체가 정지하려면 움직이는 반대방향으로 힘이 작용해야 정지할 수 있다는 것을 의미한다.

두번째, 가속도의 법칙으로 불리는 제 2 법칙은 물체에 일정한 크기의 힘이 작용하면 물체의 종류에 관계없이 힘 방향으로 일정하게 속력이 변화(가속도)한다. 따라서 공기 중에서 쇠구슬과 깃털을 낙하시킬 때 쇠구슬이 먼저 떨어지는 이유는 저항력이 서로 다르기 때문이고, 물체의 운동을 방해하는 저항력이 없는 진공 상태에서는 일정하게 속력이 증가하므로 동시에 떨어진다.

세번째, 운동 법칙인 작용·반작용의 법칙은 힘의 작용에 관한 설명으로 한 물체에 힘이 작용할 때 작용하는 힘의 크기는 크기가 같고, 방향이 반대인 두힘이 일직선상에서 항상 짝으로 작용한다. 빙판 위에 있는 두 사람이 손바닥을 붙이고 서로 밀면 어떻게 되겠는가? 두사람이 모두 뒤로 밀려날 것이다. 이때 두 사람에 각각 작용하는 힘의 크기는 서로 같고 동일 직선상에서 반대방향으로 힘이 작용하기 때문에 서로 밀려나게 되는 것이다.

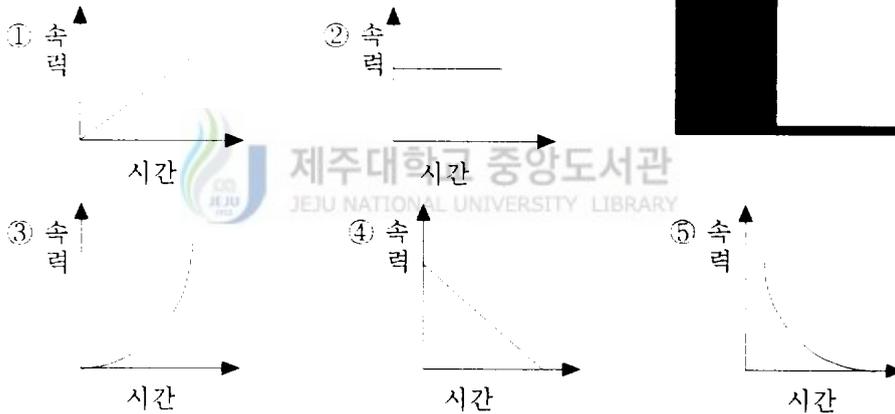
부록3. 성취도 검사지

다음 문제는 여러분의 낙하운동에 대한 이해 정도를 알아보고
 자 만든 문제입니다.
 문제를 차분히 읽고 부담 없이 응답하여 주시기 바랍니다.

_____ 학교 _____ 학년 _____ 반 _____ 번 이름 _____

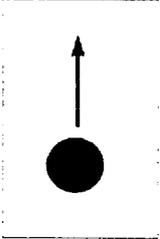
1. 낙하하는 물체의 속력은 점점 빨라지면서 운동 상태가 변하는데 이와 같이 낙하하는 물체의 운동상태를 변화시키는 근본 원인은?

2. 그림과 같이 질량 M 인 물체를 잡고 있다가 놓았다.
 이 물체의 속력과 시간과의 관계를 바르게 나타낸 그래프는?



3. 깃털과 쇠구슬을 동시에 떨어 뜨렸을 때, 똑 같이 떨어지게 하려면 어떻게 하여 떨어뜨리면 되겠는가?

- ① 두 물체의 온도를 같게 하여 떨어뜨린다.
- ② 두 물체의 질량을 같게 하여 떨어뜨린다.
- ③ 두 물체의 크기를 같게 하여 떨어뜨린다.
- ④ 두 물체를 같은 높이에서 떨어뜨린다.
- ⑤ 두 물체를 진공 중에서 떨어뜨린다.

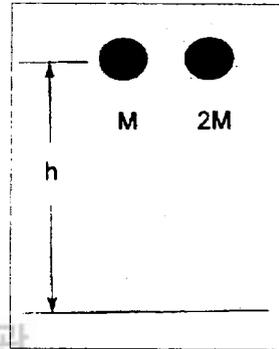
4. 같은 높이에서 물체를 낙하시킬 경우 낙하 속력이 가장 빠른 경우는?
 ① 물 속 ② 기름 속 ③ 공기 중 ④ 진공 중 ⑤ 모두 같다.
5. 물체의 낙하 운동에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?
 ① 물체의 낙하 운동의 원인은 중력이다.
 ② 물체가 낙하할 때 속력이 다른 것은 공기의 저항 때문이다.
 ③ 진공 중에서 속력이 증가하는 비율은 질량에 관계없이 일정하다.
 ④ 진공 중에서 물체가 낙하할 때 모든 물체는 질량에 관계없이 똑같이 떨어진다.
 ⑤ 장소에 관계없이 모든 물체의 낙하 속력은 일정하다.
6. 하늘에서 떨어지는 빗방울은 어느 정도 이상 속력이 증가하지 않는다. 그 이유는?
 ① 중력 때문이다. ② 빗방울 사이의 만유인력 때문이다.
 ③ 기압이 달라지기 때문이다. ④ 온도변화 때문이다.
 ⑤ 공기의 저항을 받기 때문이다.
7. 그림과 같이 위로 던져 올린 물체의 운동을 바르게 설명한 것은?
 ① 공에는 힘이 작용하지 않는다.
 ② 위로 작용하는 힘은 점점 작아진다.
 ③ 이 물체에는 아래쪽 방향으로만 중력이 작용한다.
 ④ 위쪽 방향으로 작용하는 힘은 최고점까지 올라가는 동안 작아지고, 아래쪽 방향으로 작용하는 중력의 크기는 항상 일정하다.
 ⑤ 아래로 내려오는 동안은 중력이 점점 세어지기 때문에 속력이 빨라진다.
- 
8. 아래로 던진 물체의 운동에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?
 ① 아래 방향으로만 힘을 받는다.
 ② 속력의 변화량은 자유낙하운동과 같다.
 ③ 자유 낙하한 물체와 같은 시간에 떨어진다.
 ④ 낙하하는 동안 속력이 점점 빨라진다.
 ⑤ 자유 낙하한 물체보다 빠른 속력으로 떨어진다.
9. 질량이 서로 다른 두 구슬의 낙하 운동에 대한 다음 설명 중 옳은 것은?
 ① 어디에서나 무거운 구슬이 먼저 떨어진다.
 ② 낙하 장소에 관계없이 두 구슬은 거의 동시에 땅에 떨어진다.

- ③ 두 구슬을 진공 중에서 낙하시키면 속력이 일정할 것이다.
- ④ 무거운 구슬이 구슬의 속력 변화가 크다.
- ⑤ 달이나 지구에서 똑 같이 떨어질 것이다.

10. 같은 구슬을 지구에서 떨어뜨릴 때와 달에서 떨어뜨릴 때 어떤 차이점이 있는가?

- ① 지구에서 보다 천천히 떨어진다.
- ② 지구에서 보다 빨리 떨어진다.
- ③ 지구에서와 같다.
- ④ 질량에 따라 다를 것이다.
- ⑤ 물체는 떨어지지 않는다.

11. 그림과 같이 높이 h 에서 질량이 각각 M , $2M$ 인 두공 A, B를 동시에 떨어뜨린 후 다음과 같은 생각을 하였다. 잘못 생각한 것을 모두 고르면? (단 공기의 저항은 무시한다.)



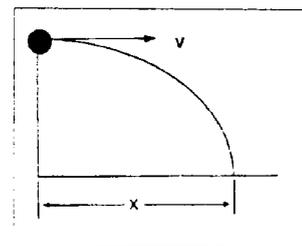
- I. B의 질량은 A보다 2배 크므로
- II. B에 작용하는 중력의 크기는 A보다 2배가 클 것이고,
- III. 따라서 B의 속력은 A의 2배일 것이다.

- ① I ② II ③ III ④ 없다.

12. 정지해 있던 추가 낙하한지 10초 후의 속력이 98m/s 가 였다. 10초 동안 낙하한 거리는 몇 m 인가?

- ① 98m ② 196m ③ 392m ④ 490m ⑤ 980m

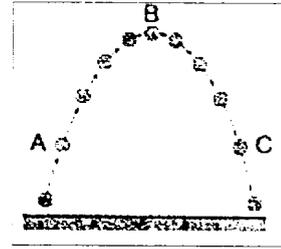
13. 그림과 같이 수평방향으로 던져진 공의 운동은 포물선 운동을 한다. 물체의 운동을 잘못 설명한 것은?



- ① 수직 방향의 속력은 계속 증가한다.
- ② 수평 방향의 속력은 계속 증가한다.
- ③ 수평 방향의 속력은 일정하다.
- ④ 수직 방향으로 작용하는 힘의 크기는 일정하다.
- ⑤ 수평 방향으로는 힘이 작용하지 않는다.

14. 그림과 같이 비스듬히 던져 올린 물체의 운동을 설명한 내용 중 옳지 않은 것은? (단, 공기의 저항은 무시한다.)

- ① 물체에 작용하는 힘의 크기는 언제나 일정하다.
- ② 최고점 B 에서의 속력은 0 이다.
- ③ 같은 높이 A 와 C 에서의 속력은 같다.
- ④ 작용하는 힘의 방향은 항상 같다.
- ⑤ 속력과 방향이 함께 변하는 운동을 한다.



15. 쇠구슬을 높은 곳에서 떨어 뜨렸더니 1초 후의 속력이 9.8m/s가 되었다. 4초 후의 속력은 얼마가 되겠는가?

부록 4. 수업 관련 태도 검사지

다음 문제는 여러분의 과학수업에 대한 태도를 알아보고자 만든
문제입니다.

문제를 차분히 읽고 부담 없이 자신의 생각을 잘 표현해 주십시오.

_____ 학교 _____ 학년 _____ 반 _____ 번 이름 _____

1. 보통 수업에서의 여러분의 참여 정도는?
 - ① 매우 소극적으로 참여했다고 생각한다.
 - ② 소극적으로 참여했다고 생각한다.
 - ③ 보통이다.
 - ④ 적극적으로 참여했다고 생각한다.
 - ⑤ 아주 적극적으로 참여했다고 생각한다.
 - ⑥ 기타.
2. 과학사를 이용한 학습에 대해 여러분의 참여 정도는?
 - ① 매우 소극적으로 참여했다고 생각한다.
 - ② 소극적으로 참여했다고 생각한다.
 - ③ 보통이다.
 - ④ 적극적으로 참여했다고 생각한다.
 - ⑤ 아주 적극적으로 참여했다고 생각한다.
 - ⑥ 기타.
3. 과학사를 이용한 수업은 재미있었다고 생각하는가?
 - ① 매우 재미없다.
 - ② 재미없다.
 - ③ 보통이다.
 - ④ 재미있다.
 - ⑤ 매우 재미있다.
 - ⑥ 기타.