

# 뉴턴 운동 법칙에서 학년에 따라 나타나는 학생들의 오개념 견고성

이영직

충남과학고등학교

## Students' Stability on the Misconceptions of Newton's Laws by Grades

Lee, Young-Jick

Chungnam Science High School

### ABSTRACT

The purpose of the study is to find out students' misconceptions and the stability of misconceptions in the domain of mechanics. According to the incorrect choices by grades, three different kinds of conceptual change were identified ; (1) easily overcome misconceptions, (2) stable misconceptions, and (3) reinforced misconceptions. The analyses of the results showed that easily overcome misconceptions occurred in simple or visual concepts, stable misconceptions occurred in the concepts involving EGC(experiential gestalt of causation) or in the concepts overgeneralized in school learning, and finally, reinforced misconceptions as grade level increases occurred in the concepts EGC with scientific logical procedures. The results on the type of conceptual changes may provide significant cognitive theoretic evidences on the sources of misconceptions.

### 1. 서론

학생들은 과학수업을 받기 이전부터 일상생활의 경험을 통하여 자연현상에 대한 나름대로의 개념을 가지고 있어서 이미 형성된 개념체제로 다른 개념을 획득하게 된다고 한다. 즉, 학생들에게 이미 형성된 사전개념과 앞으로 배울 개념

과의 상호작용에 의해서 학습이 이루어진다는 것이다(West & Pines, 1986). 이러한 사전개념은 과학학습에 영향을 줄 뿐만 아니라 학습에 의해서도 학생 나름의 고유한 체계로 발전하여 다음의 관련 학습에도 영향을 미치게 된다(Osborne, 1985). 또한 이러한 사전개념은 정규수업 후에도 변하지 않고 오히려 강화되거나, 또는 사전개념과 과학자적 지식이 혼합되기도 하며 인지구조

내에 독립된 형태로 존재하기도 한다(Gilbert, Osborne, Fensham, 1982).

기본 개념은 인간의 지적 활동에 의해 얻어진 요약적 체계이므로 지식의 전 영역을 효과적으로 가르칠 수 있다. 특히 오개념에 관한 연구가 많이 이루어지고 있는데, 오개념에 관한 연구는 어떤 특유한 과학 개념이 학습되는 과정을 설명할 뿐만 아니라 그 개념의 학습지도 방법과 자료를 개발하는 준거를 제공하여 주기 때문에 과학 교수 학습에서 중요하다고 한다(권재술, 1989). 뿐만 아니라 학생들의 사전 개념을 개념 변화의 출발점으로 생각하는 경우가 많이 있다(이영직, 1998; 이영직, 임이숙 & 권재술, 1998; Dreyfus, Jungwirth & Eliovitch, 1990).

학생들의 오개념에 관한 연구들 중 상당수의 연구가 뉴턴의 운동법칙에 관하여 이루어졌다. 이들 연구에서 보면 학생들은 수업양에 관계없이 뉴턴의 운동법칙을 학습하는데 있어서 개념상의 어려움을 겪는다고 한다. 이러한 관점에서 뉴턴의 운동법칙이 관하여 학생들이 갖고 있는 오개념을 찾아내고 그 특성을 파악하면 효과적인 교수 학습 자료를 제공할 수 있을 것이다.

그런데 기존의 연구들은 오개념의 유형을 조사하는 연구가 대부분이고 수업양에 따라 오개념의 지속 정도를 밝히는 연구는 드물었다. 학년에 따라서 학생들에게 지배적으로 나타나는 오개념이 학년에 따라서 어떻게 변화하는지 조사하고자 한다.

본 연구를 통해서 다음과 같은 구체적인 문제가 논의될 것이다. 학년에 따라 감소하는 오개념, 증가하는 오개념, 변화하지 않는 오개념을 찾아내고 이들의 특성을 알아내는데 있다. 따라서 다음과 같은 구체적인 문제를 논의하고자 한다.

1. 뉴턴 운동법칙에서 학년에 따라 감소하는 오개념의 특징은 무엇인가?
2. 뉴턴 운동법칙에서 학년에 따라 변하지 않는 오개념의 특징은 무엇인가?

3. 뉴턴 운동법칙에서 학년에 따라 증가하는 오개념의 특징은 무엇인가?

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

학생들이 갖고 있는 물리 개념을 학년에 따라서 조사하고자 하기 때문에 한 지역 내에서 초·중·고로 진학하면서 학생들의 이동이 비교적 적은 곳을 선정해야 한다. 본 연구에서 선정 한 이 지역은 초등학교에서 대부분이 이 지역의 중학교에 입학하며, 고등학교도 대부분 이 지역 소재 고등학교로 진학한다. 따라서 초·중·고생의 학습 능력이 비슷한 지역이어서 개념 발달을 횡단적으로 연구하는데 이상적인 지역이다.

연구 결과가 남녀차에 따라 다를 수 있기 때문에 남녀를 같은 비율로 조사하였으며 뉴턴 운동개념이 조금씩 형성되고 있다고 생각되는 초등학교 5학년부터 조사하였다. 연구 대상은 초등학교 5학년 6학년, 여자중학교 1학년 2학년, 남자중학교 1학년 2학년, 남자고등학교 1학년 2학년, 여자고등학교 1학년 2학년을 대상으로 하였다. 학교급별 조사 대상은 <표 1>과 같다.

<표 1> 학년별 조사 대상

학년	남자(명)	여자(명)	계(명)
초 5	22	28	50
초 6	24	23	47
중 1	49	51	100
중 2	52	52	104
고 1	46	52	98
고 2	52	51	103
계	245	257	502

### 2. 검사도구

오개념에 관한 문헌 연구를 통해서 학생들이 갖고 있는 생각을 조사 분석하였다. 문헌 연구를 통해서 역학영역에서 학생들이 많이 갖고 있는

오개념을 찾아냈고, 이를 바탕으로 문항을 수정 개발하였다. 주요 개념과 주요 연구자에 따라 개발된 문항은 <표 2>와 같다.

행연구에서 사용한 문항들을 거의 이용하였으며, 두 차례의 예비연구를 통해서 의미가 통하지 않거나 문제점이 있는 문항들은 부분적으로 수정

<표 2> 주요 개념에 따른 주요 연구자와 수정 개발된 문항

구분	주요 개념	주요 연구자	상황(문항 번호)
운동의 1법칙	직선 운동	박성식 이경호, Eckstein	전철안에서 공의 운동(1) 수레차(16)
	곡선 운동	McCloskey, Sjöberg McCloskey McCloskey, Viennot	C형관(18) 나선형관(2) 줄에 의한 회전(3)
운동의 2법칙	힘과 운동방향	Osborne, Clement Watts, McDermott Thijs, Sjöberg	던져올린 공(19),(20),(21) 사과 나무와 사과(5)
	중력과 진공	Noce Berg	진공 유리통(4) 우주비행사와 물체(22)
	힘과 궤적	Mohapatra Clement, Talisayon	진자에서 떨어지는 공(8),(7) 로켓과 분출력(17)
	중력과 높이	Thijs Watts, Gunstone	언덕위의 두 차(23) 도르래(6)
	힘의 표현	Gunstone, Clement 연구자	진자에 작용하는 힘(24) 비탈면위의 물체(9)
운동의 3법칙	고립계	Brown Terry	수레안의 두 자석(13) 배위의 두 사람(27)
	비고립계	Clement Brown Thijs	책상위의 책(25) 용수철(28) 약한 자석과 강한 자석(10)
	동적인 계	오강수, Terry Ivowi, Clement Boyle Gunstone	줄다리기(12),(26) 수레의 충돌(14),(15) 트럭과 트레일러(29),(30) 책상과 쇠구슬(11)

검사도구 중 문항 29, 30의 '트럭과 트레일러' 등은 Boyle(1991)의 연구에서 상자를 실생활에서 볼 수 있는 트럭과 트레일러 문제로 바꾸었다. 문항 1은 박성식의 수레차 문제를 실생활과 관련된 전철내로 바꾸었으며, 문항 5' 사과나무와 사과'는 Thijs(1987)의 연구에서 두 문제로 된 것을 하나로 합했다. 문항 7과 8의 '진자에서 떨어지는 물체의 궤적' 문항은 Mohapatra(1991)의 이유 질문식 문항을 토대로 답지를 만들었다. 문항 14와 15 '두 수레의 충돌' 문항은 Clement(1987)의 연구에서 불링공이 불링편을 치는 문항을 실제로 장난감이나 실험실에서 할 수 있는 수레로 바꾸었다. 그 외의 문항들은 선

했다.

### 3. 연구 절차

문헌 연구를 통해서 역학 영역에 나타난 오개념 문항을 수정 및 보완하여 36문항을 개발하였다. 개발된 문항을 고등학교 1학년과 2학년에 1차 예비 검사를 실시하여 수정 보완하였으며, 문항수를 34문항으로 줄였다. 수정 보완된 34문항을 초등학교 5학년과 중학교 1, 2학년, 그리고 고등학교 1, 2학년을 각각 1개 학급씩 선정하여 2차 예비검사를 실시하였다. 이 예비검사를 토대로 문항을 부분적으로 수정했다. 개발된 문항을 교육전문가 3인(물리교수)과 대학원생 4인(현직

물리교사)에게 묻고자 하는 개념 요소의 타당성을 의뢰하였으며 이를 토대로 총 30문항을 수정 개발하였다.

정확한 자료를 얻기 위해 이 연구는 학력을 측정하거나 성적에 반영하는 것이 아니라 학생들의 생각을 알기 위해서 실시한다는 연구 목적을 충분히 밝혔으며, 진지한 분위기 속에서 이루어지도록 분위기를 조성하였다.

4. 자료 처리

검사 문항은 답지선택과 이유진술이 포함되어 있는데, 최빈 오답 선택율의 경향성을 파악할 때에는 답지선택만 고려하여 분석하였으며, 학생들의 생각을 좀더 조사할 필요가 있을 경우에는 이유진술을 고려하여 분석하였다.

학생들의 응답 중 정답을 제외하고 오답 중에서 선택율이 가장 높은 최빈 오답을 최빈 오개념 유형으로 분류하였다. 학년에 따라서 최빈 오개념 선택율이 감소하면 감소하는 오개념, 최빈 오개념 선택율이 변화가 없으면 변화가 없는 오개념, 최빈 오개념 선택율이 오히려 증가하면 증가하는 오개념으로 분류하였다.

세 유형의 분류기준은 최빈 오답 선택율이 학년에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있는지

로 조사하였다. 이 때 통계적으로 유의미한 차이가 있으면서( $p < .05$ ) 학년에 따라 최빈오답이 감소하면 감소하는 오개념으로, 증가하면 증가하는 오개념으로 분류할 수 있다. 또한 학년에 따라서 최빈오답의 선택율이 유의미한 차이를 보이지 않으면 ( $p > .05$ ) 변화가 없는 오개념으로 분류하였다.

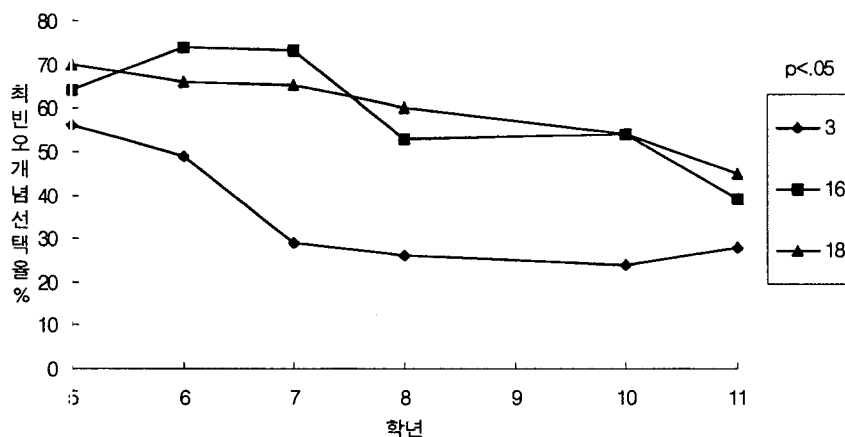
III. 연구결과 및 논의

뉴턴 운동 법칙에 나타난 오개념을 조사하고, 학년에 따라 오개념의 선택율을 조사하여 오개념의 변화 경향성과 그 특성을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 운동의 1법칙

가. 운동의 1법칙에서 감소하는 오개념 유형

운동의 제1법칙에서 감소하는 주요 오개념 유형은 문항 3의 '회전운동하는 물체는 원심력을 받는다', 문항 16의 '공이 떨어지는 사이에 수레차는 앞으로 가고 있어서 통 뒤로 떨어진다', 문항 18의 '곡선운동을 하던 물체는 계속 곡선운동을 하려고 한다' 등이 있다. 문항 3의 5학년인 경우 '회전운동하는 물체는 원심력을 받는다'에



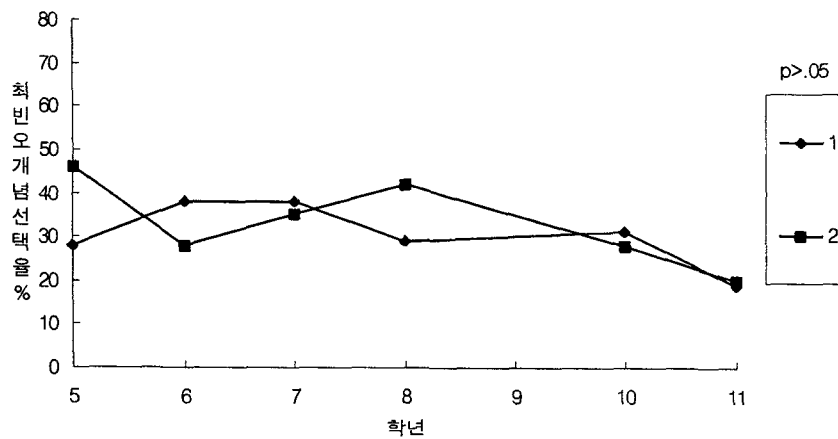
<그림 1> 운동의 1법칙에서 나타나는 감소하는 오개념

응답한 학생은 50명중 28명으로 56%이었으며, 같은 방법으로 11학년까지 결과를 그래프로 나타내면 <그림 1>의 3번 문항 그래프가 된다. 문항 3과 같은 방법으로 문항 16과 문항 18을 그래프로 나타내면 <그림 1>과 같다.

2>와 같다.

다. 변화유형의 특징

관성에서 나타나는 오개념을 감소하는 오개념, 변화가 없는 오개념으로 나누어 문제 상황과 오개념 유형을 살펴보면 <표 3>과 같다.



<그림 2> 운동의 1법칙에서 변화가 없는 오개념

나. 운동의 1법칙에서 변화가 없는 오개념

운동의 제1법칙에서 변화가 없는 주요 오개념 유형은 문항 1의 '전철은 앞으로 나가니까 공은 전철의 뒤쪽으로 향하게 된다' 와 문항 2의 '곡선운동을 하던 물체는 계속 곡선운동을 하려고 한다' 등이 있다. 이러한 오개념 유형을 학년에 따라서 그 선택율을 그래프로 나타내면 <그림

감소하는 오개념의 유형을 보면 경험 가능한 경우에 나타난다. 수레차와 전철안에서의 운동은 같은 개념을 묻는 문항인데도 오개념 선택율은 학년에 따라 다르게 나타난다. 수레차에서 공의 운동과 관련된 오개념 선택율은 감소하지만 전철 안에서 공의 운동과 관련된 오개념 선택율은 변화가 적다. 이것은 학교에서 관성을 설명할

<표 3> 운동의 1법칙에서 나타나는 오개념의 변화 특성

개념변화유형	문항	최빈 오개념 유형
감소하는 오개념	수레차 (16번)	공이 떨어지는 사이에 수레차는 앞으로 가고 있어서 통 뒤로 떨어진다.
	C형관 (18번)	곡선운동을 하던 물체는 계속 곡선 운동을 하려고 한다.
	줄에 의한 회전 (3번)	회전운동하는 물체는 원심력을 받는다.
변화가 없는 오개념	전철 안에서 공의 운동 (1번)	전철 바닥에 굴린 공은 전철 운동방향 쪽의 속도가 없어지고 전철은 앞으로 나가니까 공은 전철의 뒤쪽으로 향하게 된다.
	나선형관 (2번)	곡선운동을 하던 물체는 계속 곡선운동을 하려고 한다.

때, 차 안에서 공을 위로 던지면 다시 받을 수 있다는 설명을 자주 하기도 하고, 또한 실제로 해볼 수 있기 때문으로 생각된다. 또한 줄에 매단 물체가 줄이 끊어지면 물체는 원심력 방향으로 나간다고 하는데 학생의 이유진술을 살펴보면 '줄에 매달아 실제로 해보았다' 등 경험으로 이유진술을 밝힌 경우가 많이 있었다.

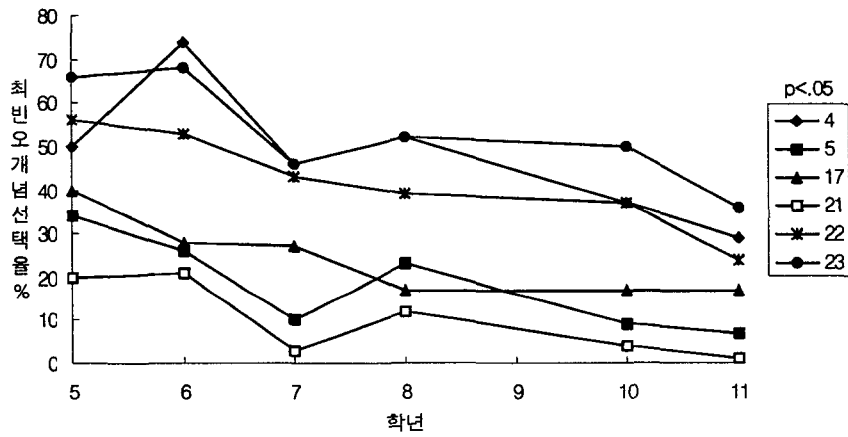
힘이 작용한다', 문항 5의 '떨어진 사과를 움직이지 않으므로 힘이 작용하지 않는다', 문항 4의 '진공 유리통에서 진공인 상황에서는 무중력이다', 문항 23의 '높이 있는 물체가 더 큰 힘을 작용함' 등이 있다. 또한 문항 17은 로켓과 분출력에서 관성과 힘을 잘 통합시키지 못하여서 나타나는 오개념이다. 이러한 오개념 유형을 학년에 따라서 그 선택율을 그래프로 나타내면 <그림 3>과 같다.

2. 운동의 2법칙

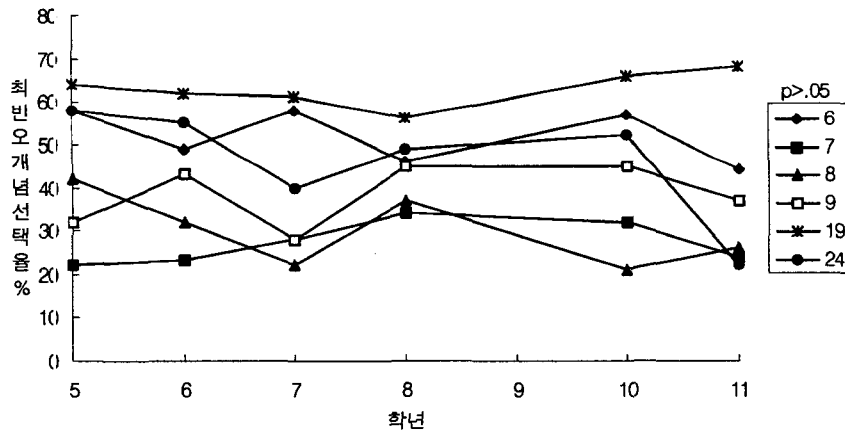
가. 운동의 2법칙에서 감소하는 오개념

운동의 2법칙에서 감소하는 주요 오개념 유형은 문항 21의 '공이 내려올 때 운동방향 쪽으로

나. 운동의 2법칙에서 변화가 없는 오개념  
운동의 2법칙에서 변화가 없는 오개념 유형은



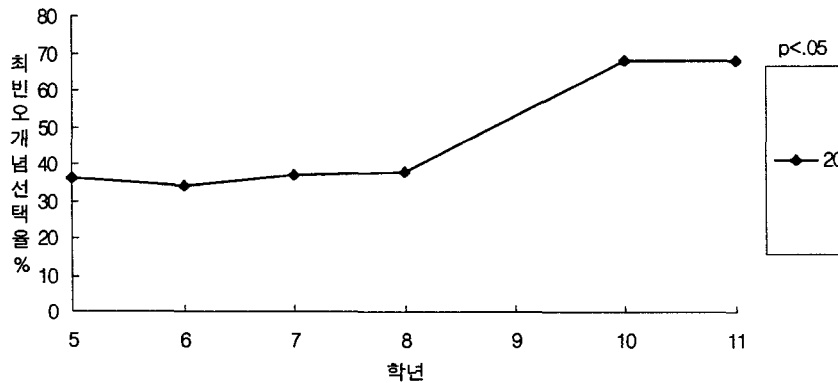
<그림 3> 운동의 2법칙에서 감소하는 오개념



<그림 4> 운동의 2법칙에서 변화가 없는 오개념

문항 19의 '운동방향 쪽으로 힘이 작용한다', 문항 9의 '정지한 빗면의 수레에는 운동방향의 힘이 있다' 등이 있다. 또한 문항 8과 문항 24에서 힘과 운동을 상황에 따라 적절히 적용하지 못하는 경우도 있었다. 이러한 오개념 유형을 학년에 따라서 그 선택율을 그래프로 나타내면 <그림 4>와 같다.

있다. 이것은 힘과 운동을 배운 후 손의 힘과 중력의 힘의 차이에 의해 운동이 이루어지며 최고점에서는 그 힘의 합력이 0이기 때문에 정지한다고 생각이 지배적이다. 이러한 오개념 유형을 학년에 따라서 그 선택율을 그래프로 나타내면 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 운동의 2법칙에서 증가하는 오개념

다. 운동의 2법칙에서 증가하는 오개념                      라. 개념변화유형의 특징  
 운동의 2법칙에서 변화가 없는 오개념 유형은            이상에서 살펴본 것 처럼 학년에 따라서 변화하  
 문항 20의 '물체가 정지하면 합력은 0이다' 이            는 오개념의 유형을 나타내면 <표 4>와 같았다.

<표 4> 운동의 2법칙에 나타나는 오개념의 변화특성

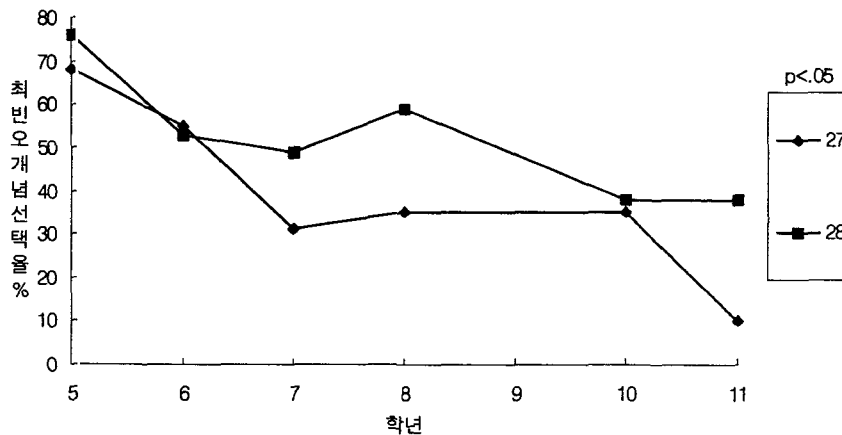
개념변화유형	문항	최빈 오개념 유형
감소하는 오개념	내려오는 공(21)	운동방향 쪽으로 힘이 작용한다
	떨어진 사과(5)	정지한 물체에는 힘이 작용하지 않는다
	진공 유리통(4)	진공인 상태는 모두 무중력이다
	달에서 물체 (22)	
	로켓과 분출력(17)	힘과 운동을 상황에 따라 적절히 적용하지 못한다
언덕위의 두 차(23)	높이 있는 물체가 더 큰 힘을 작용한다.	
변화하지 않는 오개념	올라가는 공(19)	운동방향 쪽으로 힘이 작용한다
	최하점의 진자 (8)	운동관성, 정지관성, 자유낙하, 포물선 운동을 상황에 따라 적절히 적용하지 못한다
	최고점의 진자 (7)	
	도르래 (6)	높이가 같아야만 평형에 도달한다
	진자의 힘 (24)	진자의 운동에서 원심력 방향의 힘이 있다
비탈면위의 물체 (9)	정지한 빗면의 수레에는 운동방향의 힘이 있다	
증가하는 오개념	최고점의 공 (20)	물체가 정지하면 합력은 0이다

감소하는 오개념의 유형을 살펴보면 문제를 해결하는데 단순한 한가지 개념일 경우가 많다. 진공유리통에서 떨어지는 물체나 달에서 물체 등은 진공인 상태와 무중력인 상황을 동일시하는 경우인데 선택이유를 보면 저학년에서는 진공과 무중력을 관련지어 설명하는데, 고학년으로 갈수록 중력과 만유인력은 진공과 관련이 없다고 한다. 즉, 이러한 문제는 현상학적인 문제이고 만유인력이라는 단순한 개념으로 되어 있어서 쉽게 해결되는 것으로 생각된다. 언덕위의 두 차 문제에서는 높이 있는 차가 더 큰 힘을 작용한다고 하여 에너지와 관련시키기도 한다. 그러나 학년이 높아짐에 따라 '빗면의 기울기가 같기 때문에' '무게가 같기 때문에' 작용하는 힘이 같다는 등의 응답이 많아진다.

변화하지 않는 오개념의 유형을 살펴보면 학교에서 배운 개념이 과일반화된 경우에서 나타났다. 평형이라는 개념을 배우면서 평형이란 원래 상태를 유지하려는 성질이라고 생각하기 때문에 도르래 등에서 원래의 위치로 되돌아 간다고 생각하는 경우이다. 또한, 여러 가지 개념을 동시에 생각해야 하는 문항에서 나타난다. 최하점에서와 최고점에서 진자에 매달린 실이 끊어졌을 때 공의 궤적을 바르게 표시한 것을 고르는 문제들은 모두 학년에 따라서 개선되지 않는

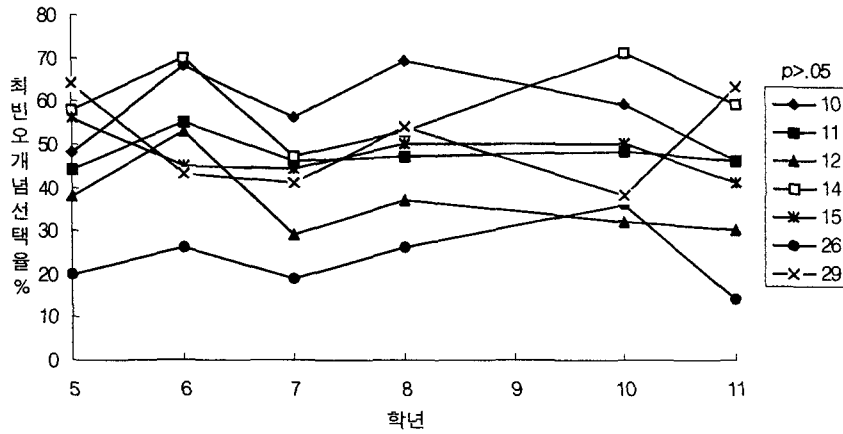
다. 이유진술로 '움직이는 쪽으로 비스듬히 떨어질 것이다' 등으로 막연하게 설명하나, 학년이 높아짐에 따라 정답 선택율은 증가하지 않지만 중력, 장력, 원심력, 구심력 등 과학적인 용어를 많이 도입하여 설명한다. 여러 개념을 함께 고려하는 문제들은 각 개념들을 올바르게 알고 있어도 개념을 동시에 적용하지 않으면 해결할 수 없기 때문에 정답 선택율이 높지 않아 보였다. 또한 이러한 이유로 진자에 작용하는 힘과 비탈면 위의 물체가 있다. 즉, 진자에 작용하는 힘은 중력과 장력을 생각하여야 하며, 비탈면위의 물체는 마찰력 항력 중력 등을 동시에 생각하여야 한다. 답지 선택에 상관없이 저학년에서는 이유진술로 '여러 곳에서 힘을 작용해야 물체는 멈춘다' '내려가는 힘이 있기 때문에' 등의 표현이 많았고, 고학년에서는 중력, 마찰력, 장력 등의 과학적인 용어를 사용하였는데 부분적으로 옳은 개념을 가지고 있으나 1~3 개의 개념을 모두 적절하게 사용하는 학생들은 매우 적었다.

학년에 따라서 오히려 증가하는 오개념 유형은 자신의 생각을 과학적 용어로 설명 가능한 문항에서 나타난다. 공이 최고점에 있을 때는 오개념이 오히려 증가한다. 학생들은 이 문제에서 공에 작용하는 힘을 최고점에서 올라가는 힘의 방향과 내려오는 중력 방향의 합력으로 생각하



<그림 6> 운동의 3법칙에서 감소하는 오개념





<그림 7> 운동의 3법칙에서 변화가 없는 오개념

여 문제를 해결하려고 하거나 정지한 물체는 힘을 작용할 수 없다는 생각을 바탕으로 문제를 해결하려고 한다. 이것은 '정지하면 힘이 없어야 한다'는 자신의 생각을 '최고점에서는 위로의 힘과 중력과의 합력이 0이다' 라는 과학적인 용어로 그럴듯하게 설명이 가능하기 때문에 풀이된다.

3. 운동의 3법칙

가. 운동의 3법칙에서 감소하는 오개념

운동의 3법칙에서 변화가 없는 오개념 유형은 문항 27의 '고립계 내부에서 작용과 반작용은 고립계 외부에도 작용할 수 있다'와 문항 28의 '힘있게 보이는 물체(무겁거나 강한 대상)가 더 큰 힘을 작용한다' 등이 있다. 이러한 오개념 유형을 학년에 따라서 그 선택율을 그래프로 나타내면 <그림 6>과 같다.

나. 운동의 3법칙에서 변화가 없는 오개념

운동의 3법칙에서 변화가 없는 오개념 유형은 문항 10, 문항 11, 문항 12, 문항 15 등에서는 '힘있게 보이는 물체(무겁거나 강한 대상)가 더 큰 힘을 작용한다' 이다. 또한 문항 14의 , 문항 29, 문항 26 등에서는 '힘을 작용하는(능동적인) 물체가 더 큰 힘을 작용한다' 이다. 이러한 오개

념 유형을 학년에 따라서 그 선택율을 그래프로 나타내면 <그림 7>과 같다.

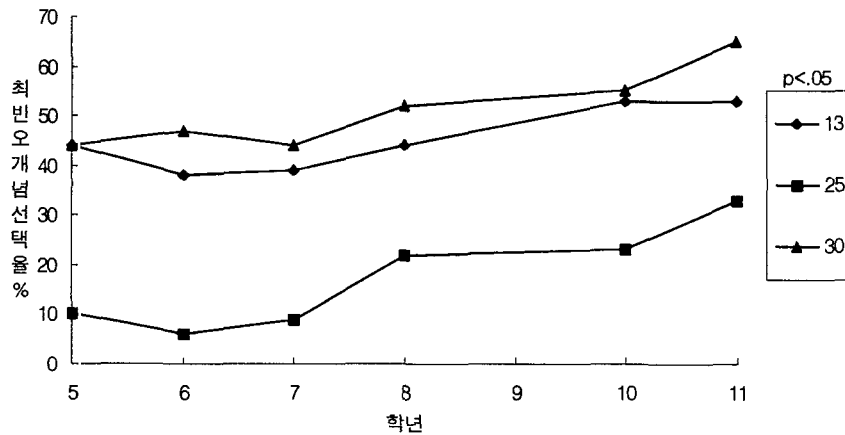
다. 운동의 3법칙에서 증가하는 오개념

운동의 2법칙에서 변화가 없는 오개념 유형은 문항 13의 '고립계 내부에서 작용과 반작용력은 고립계 외부에도 작용할 수 있다', 문항 25의 '책상 위에 놓인 물체에는 중력만이 작용한다', 문항 30의 '힘을 작용하는(능동적인) 물체가 더 큰 힘을 작용한다' 등이 있다. 이러한 오개념 유형을 학년에 따라서 그 선택율을 그래프로 나타내면 <그림 8>과 같다.

라. 개념변화유형의 특징

운동의 3법칙과 관련하여 학년에 따라서 변화하는 특성에 따라 내용 및 상황을 나타내면 <표 5>와 같다.

감소하는 오개념의 유형은 주어진 상황이 시각적이고 경험 가능한 문제에서 나타난다. 두 용수철 상황에서 저학년에서는 오른쪽 용수철이 강하기 때문에 오른손이 더 강한 힘을 느낀다고 생각하다가 학년이 높아지면서 양손이 같은 힘을 느낀다는 생각으로 바뀌는 경우가 많아진다. 용수철을 압축하는 것은 경험할 수 있기 때문으로 생각된다.



<그림 8> 운동의 3법칙에서 증가하는 개념

변화하지 않는 오개념 유형의 특징은 인과적 사고가 강한 개념에서 나타난다. 작용반작용을 배우면서 두 물체가 서로 힘을 작용한다는 것을 배우지만 여전히 힘있는 물체나 능동적인 물체가 더 큰 힘을 작용한다고 생각한다. 책상과 쇠구슬의 경우도 책상에서 공이 튀어 오르기 위해서는 책상이 더 큰 힘으로 밀어 주어야 구슬이 튀어오른다고 생각한다. 이들의 공통점은 힘을

작용하기 때문에, 무게가 더 크기 때문에 더 큰 힘을 작용한다는 생각이다. 이들은 모두 인과적 사고를 바탕으로 하고 있다. 이 인과적 사고는 어려서부터 형성되어 왔기 때문에 학습을 하여도 잘 해결되지 않는 특징이 있다.

증가하는 오개념 유형의 특징은 힘을 작용하는 주체가 확실할 때 나타난다. 트럭과 트레일러 상황에서 짐을 실지 않았을 경우는 오개념이 학

<표 5> 운동의 3법칙에 나타나는 오개념의 변화특성

개념변화유형	문항	최빈 오개념 유형
감소하는 오개념	배위의 두 사람(27)	고립계 내부에서 작용과 반작용은 고립계 외부에도 작용할 수 있다
	두 용수철(28)	힘있게 보이는 물체(무겁거나 강한 대상)가 더 큰 힘을 작용한다
변화하지 않는 오개념	두 자석(10)	힘있게 보이는 물체(무겁거나 강한 대상)가 더 큰 힘을 작용한다
	책상과 쇠구슬(11)	
	줄다리기(무게다름)(12)	
	수레의 충돌(질량다름)(15)	힘을 작용하는(능동적인) 물체가 더 큰 힘을 작용한다
	질량이 같은 수레의 충돌(14)	
트럭과 트레일러(29)	줄다리기(무게 같음)(26)	
증가하는 오개념	수레안의 자석(13)	고립계 내부에서 작용과 반작용력은 고립계 외부에도 작용할 수 있다
	책상위의 책(25)	책상 위에 놓인 물체에는 중력만이 작용한다
	트럭과 트레일러(짐)(30)	힘을 작용하는(능동적인) 물체가 더 큰 힘을 작용한다

년에 따라서 변하지 않는데 짐을 실었을 경우 오개념이 오히려 증가한다. 트럭에 짐을 실었을 때 트럭이 더 큰 힘을 주어야만 끌고갈 수 있다고 생각하거나, 트럭은 엔진이 있어서 힘이나 에너지가 있기 때문에 더 큰 힘을 작용한다고 생각한다. 즉, 힘을 작용하는 주체가 분명할 때는 오개념이 더욱 견고해진다. 또한 수레 안의 자석 문항에서 힘의 합력이 있기 때문이라든가, 책상 위에 있는 책에는 중력만이 작용한다는 생각은 과학적인 용어로 설명이 가능하기 때문에 학년에 따라서 오개념 선택율이 증가하는 것으로 보인다.

#### IV. 결론 및 제언

뉴턴 운동법칙의 오개념을 조사하여 학년이 증가함에 따라 오개념이 감소하는 경우, 오개념이 변화가 없는 경우, 오개념이 오히려 증가하는 경우로 분류하였고 이들의 특징을 분석한 결과 다음과 같았다.

감소하는 오개념의 특징은, 주어진 상황이 시각적이고 문제를 해결하는데 필요한 개념이 단순한 한가지 개념인 경우였으며, 주어진 상황이 경험 가능한 경우에서 나타났다. 이것은 경험 의존적인 개념이 이론 의존적인 개념보다 개념변화가 쉽게 일어날 수 있다는 것을 암시해준다.

변화하지 않는 오개념의 특징은, 인과적 사고가 강한 경우에서 나타났으며, 학교에서 배운 개념이 과일반화된 경우에서 나타났다. 두 물체의 상호작용에서 질량이 같을 때는 능동적인 물체가 더 큰 힘을 작용한다고 생각하며, 질량이 다를 때는 무거운 물체가 더 큰 힘을 작용한다고 생각한다. 또한 평형이라는 개념을 배우면서 평형이란 원래 상태를 유지하려는 성질이라고 생각하기 때문에 도르래 등에서 원래의 위치로 되돌아 간다고 생각하는 경우이다.

학년에 따라서 오히려 증가하는 오개념의 특징은, 자신의 생각을 과학적인 용어로 설명 가능한 문제에서 나타났고, 힘을 작용하는 주체가 장

하고 확실할 때 나타났다. 던진 공이 최고점에 있을 때 공에 작용하는 힘을 묻는 문항에서, 학생들은 올라가는 힘과 내려오는 중력 의 합력이 같기 때문에 작용하는 힘은 없다고 생각하는데, 이것은 '정지하면 힘이 없어야 한다'는 자신의 생각을 '최고점에서는 위로의 힘과 중력과의 합력이 0이다' 라는 과학적인 용어로 그럴듯하게 설명이 가능하기 때문으로 생각된다. 또한 트럭이 짐을 실고 가는 경우와 같이 힘을 작용하는 주체가 확실할 때는 힘을 작용하는 주체가 언제나 더 큰 힘이 작용한다고 생각한다.

견고한 오개념의 특징을 지필검사로 알아보는데 한계가 있기 때문에, 면담법과 같은 다양한 방법에 의해서 학생들의 생각을 심층적으로 분석하는 방법이 필요하다고 생각된다. 또한 같은 개념을 가공적 상황, 실험실 상황, 일상 생활적 상황을 다르게 하였을 때 학생들의 반응을 분석하여 상황에 따른 오개념의 견고성을 분석하는 연구도 필요하다고 생각한다. 학생들은 같은 개념이라도 상황에 따라서 다르게 반응하기 때문이다.

#### 참고문헌

1. 권재술(1989). 과학개념 형성의 한 인지적 모형. 물리교육, 7(1), 1-9.
2. 오강수(1987). 뉴턴의 제 3 법칙에 대한 학생들의 오인 유형 및 그 변화. 한국교원대학교 석사학위 논문.
3. 이경호(1990). 인지적 갈등상황에 대면한 학생들의 행동특성. 한국교원대학교 석사학위 논문.
4. 이영직(1998). 인지갈등에 의한 고등학생의 물리 개념 변화. 한국교원대학교 박사학위 논문.
5. 이영직(1992). 뉴턴 운동법칙에 관한 학생들의 오개념 견고성. 한국교원대학교 석사학위 논문.
6. 이영직, 임이숙, 권재술(1998). 뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등 상황의 유형이 학생들

- 의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향. 한국과학 교육학회지. 18(4), 473-484
7. 이영직, 권재술(1993). 오개념의 견고성 지수. 한국과학교육학회지. 13(3), 310-316.
  8. Berg, T. & Brouwer, W.(1991). Teacher awareness of students alternative conceptions about rotational and gravity. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 3-18.
  9. Boyle, R. K. & Maloney, D. P.(1991). Effect of written text on usage of Newton's third law. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(2), 123- 139.
  10. Brown, D., E & Clement, J.(1987). Misconceptions concerning Newton's Law of action and reaction: The understanding informance of the third Law. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar : Misconceptions and Educational Strategies In Science and Mathematics, Volume III*, (pp. 39-53). Ithaca, NY : Cornell university,.
  11. Clement J.(1987). Overcoming students' misconceptions in physics : The role of anchoring intuitions and analogical velocity, In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar : Misconceptions and Educational Strategies In Science and Mathematics, Volume III*, (pp. 84-97). Ithaca, NY : Cornell university.
  12. Dreyfus, A. & Jungwirth E.(1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change - some applications, difficulties and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
  13. Gilbert, J. K, Osborne R.,& Fensham P.(1982). Children's science and it's consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.
  14. Gunstone, R., & Watts M.(1985). Force and motion. In R. Driver (Ed.), *Children's ideas in Science* , (pp 85-104). Open University Press.
  15. Ivowi, U.M.O. & Cludotun, J. S. C. (1987). An investigation of sources of misconceptions in physics. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar : Misconceptions and Educational Strategies In Science and Mathematics, Volume III*, (pp. 143-151). Ithaca, NY : Cornell university.
  16. McCloskey, M. Caramazza A. & Green B.(1980). Curvilinear motion in the absence of external forces : Naive beliefs about the motion objects. *Science*, 210, 1139.
  17. McDermott, L. C.(1983). Critical review of research in the domains of mechanics. *Research on physics education*,. 151-154.
  18. Mohapatra, J.K.(1990). Episodic conceptualization : A possible cause of manifest alternative conceptions amongst groups of pupils in some Indian school, *International Journal of Science Education* , 12 ,417-427.
  19. Noce, T.G. & Vicentini M.(1988). The floating of object on the moon prediction from a theory or experimental facts ? *International Journal of Science Education*, 10(1),61-70.
  20. Osborne R., & Freyberg P.(1985). *Children's science. Learning in science* , Auckland : Heineman.
  21. Pines, A. L., & West, L. H. T.(1986). Conceptual understanding and science learning : An interpretation of research with a source-of-knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583-604.

22. Sjoberg S., Sevin, L. & Ekeland P. R.(1984). Ideas in mechanics a Norwegian study. In P. L. Lijnse(Ed.), The many faces of teaching and learning mechanics, W.C.C.-UTRECH.
23. Talisayon, V.(1988). University students' of the concept of force and energy. Proceedings of workshop on research for students' conceptual structures and changes in learning physics, 314-340. ASPEN.
24. Terry, C. & Jones, G.(1986). Alternative frameworks : Newton's third Law and conceptual change. International Journal of Science Education , 8,291-298.
25. Thijs, D.(1987). Conceptions of force and movement, Intuitive ideas of pupils in Zymbabwe in comparison with findings from other countries. Proceedings of the Second International Seminar : Misconceptions and Educational Strategies In Science and Mathematics, Volume III, (pp. 501-513). Ithaca, NY : Cornell university.
26. Viennot, L.(1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. European Journal of Science Education , 1(2),205-221.
27. Watts, D.M. & Zylberstajn, A.(1981). A survey of some ideas about forces. Physics Education , 16, 360-365.