

대학생의 운동학 그래프 작성에 대한 역학 개념의 효과

권 성 기

(대구교육대학교)

(1997년 3월 10일 받음)

I. 연구의 배경 및 목적

최근에 과학에 대한 학생들의 개념을 조사한 연구가 많이 수행되었지만 물리 분야의 역학 만큼 다양한 연구가 집중적으로 진행된 영역은 국내외적으로 없을 것이다(Duit, 1993). 그 중에서도 힘과 운동 개념을 조사하기 위하여 사용된 문제 중에서 단진자와 수직으로 던진 공에 작용하는 힘을 묻는 문제는 가장 널리 사용된 것이었다. 중등 학생에서 대학생 및 교사에 이르기까지 여러 대상에 걸쳐 이런 문제를 이용하였다. 이렇게 단진자와 수직으로 던진 공에 작용하는 힘에 대한 문제가 널리 사용된 이유는 사실 학생들이 가진 역학 개념을 가장 잘 드러내기 때문에 학생들의 오개념을 잘 파악할 수 있기 때문인 듯하다.

수직으로 던진 공에 작용하는 힘을 묻는 문제는 공이 올라갈 때, 최고점에 있을 때, 내려올 때 힘의 방향을 물어보는 문제인데, 국내의 연구 중에서 대학생을 연구 대상으로 한 결과를 보면 공통적인 특징이 있다. 즉 중력이 작용한다는 것을 일관되게 응답한 학생들을 과학적인 힘 개념을 가지고 있다고 본다면 중학교 교사는 57%, 고등학교 교사는 67% (권성기와 박승재, 1989)이고, 사회계 대학생은 18%(김영민과 박승재, 1989), 사범계 대학생은 0%(김대식, 1989)로 나타났다. 이처럼 대학생들은 올바른 힘 개념을 가지고 있기 보다는 다른 개념을 가지는 것을 알 수 있다(Park et al., 1991).

단진자 문제는 진자를 놓은 지점과 내려오는 중, 최하점을 지날 때 합력이나 어떤 힘이 어떤 방향으로 작용하는가를 물어보는 문항이었다. 국내의 연구 중에서 대학생의 역학 개념을 조사한 연구(김익균, 1991)에 따르면 단진자가 최고점에 있을 때와 최하점을 지날 때 힘이 어떻게 작용하는가에 대해

여 올바르게 응답한 비율이 5% 미만으로 극히 낮음을 지적하였다. 또한 박종원(1993)의 연구에서도 사범대학 과학계열 신입생 57명을 대상으로 단진자가 최고점에서 내려오는 지점과 최하점에 있을 때 단진자에 작용하는 힘에 대하여 물리적으로 올바르게 설명한 학생은 0%임을 보고하였다.

이런 결과는 외국의 연구(Viennot, 1979; Finegold and Gorsky, 1991)에서도 유사하게 나타났다. 단진자가 최고점에 있는 순간에 진자에는 힘이 작용하지 않는다거나 진자가 최하점에 있을 때는 운동 방향으로 힘이 작용한다는 오개념을 밝혀내었다.

한편 과학에서는 그래프를 이용하는 능력을 과학자의 기본적인 기능이라고 본다(Brasell, 1990). 그 이유는 선으로 그래프를 그리고 해석하는 일이 과학의 핵심적인 실험에서 중요한 부분이기 때문이다(Beichner, 1994). 즉 물리적 사건을 나타내는 자료를 표로 기록하더라도 쉽게 찾아볼 수 없는 경향을 시각적으로 찾아내도록 한다. 이처럼 그래프의 장점은 말로 하는 것보다 정보가 훨씬 더 압축되어 있기 때문에 작은 공간에서 많은 정보를 전달할 수 있다는 점이다(Brasell, 1990). 또한 실험에서 얻은 자료를 종합하여 유형, 경향 및 규칙성을 찾아내고 예측하는데 도움을 준다. 가령 어떤 양의 내삽, 외삽은 물론 다른 양과의 상관 관계 및 인과 관계를 해석하는데 도움을 준다.

대학 입시에서 치르는 수학 능력 시험의 자료 해석 능력 중에서 그래프에 대한 해석 능력을 묻는 문항은 자주 출제된다(송진웅, 1993). 더구나 중등학교나 대학 일반 물리 수업에서는 그래프를 자주 사용하는데 반해서 이런 그래프 해석 능력을 연구한 바에 따르면 물리 실험으로 얻은 자료를 그래프로 적용하는데 어려움을 겪고 있음이 보고되고 있다.

McDermott, Rosenquist and van Zee (1987)는 운동학

개념과 그래프의 작성의 어려움을 지적하였다. 그래프의 기울기, 그래프의 기울기 변화, 그래프 아래의 면적 등을 물리적 개념과 연결시키지 못하였다. 또한 경사면의 기울기를 다양하게 했을 때 거리와 속력 및 가속도를 그래프로 작성하도록 하는 과제에서도 물리적으로 올바르지 못한 그래프를 그리는 것을 알 수 있었다. van Zee and McDermott (1987)도 운동하는 물체를 그래프로 그리고 해석하는 일에 대하여 학생들이 겪는 어려움을 조사하였다. 연구 대상은 일반 물리학을 배운 학부생 9명과 연수 프로그램에 참여한 중등교사 10명이었다. 그들은 개별적으로 시범을 보이면서 면담을 실시하였다. Beichner (1993)도 운동학 개념에서 사용되는 그래프의 이해를 조사할 수 있는 평가 문항(Test of Understanding of Graphs-Kinematics)을 개발하였다. 그 문항을 이용하여 운동학을 배운 고등학생과 대학생 524명을 대상으로 잘못 이해하고 있는 그래프의 특성을 분석하였다.

이런 연구(Brasell, 1987; Mevarech and Kramarsky, 1993; Bell *et al.*, 1989; Beichner, 1993)들은 공통적으로 학생들은 그래프의 기울기와 높이를 혼동하였고 특히 그래프의 기울기를 어려워함을 지적하였다. 또한 그래프의 운동 곡선의 면적이 무슨 의미인지를 이해하지 못하였다. 그리고 그래프를 실제 상황을 나타낸 그림으로 생각하는 경향이 있음을 보고하였다. 결국 물리적 사건을 그래프로 나타내는 것을 어려워함을 알 수 있다.

또한 이런 운동학에서 그래프로 표현하는 능력을 연구한 것들을 바탕으로 대학교 일반 물리학 수준에서 운동학의 그래프 해석 능력을 증진시키기 위해서 물리 수업용 소프트웨어를 이용하는 방법을 권장하고 있기도 하다(Mokoros and Tinker, 1987; Beichner, 1996; Zollman and Fuller, 1994; Hennessy *et al.*, 1995). 물론 McDermott 등(1987)의 연구와 Rosenquist and McDermott (1987)를 이용하여 운동학에서 그래프 능력을 증진시키기 위한 학습 자료(McDermott, 1992; Drahuschak and Harvey, 1993)도 개발되었다.

그러나 이런 연구들은 운동학에서 그래프를 해석하는 능력의 중요성을 일깨워주는 했지만 힘에 대한 개념과의 관련성을 밝히지는 못했다. 바로 이 연구에서는 힘에 대하여 어떤 개념을 가지는가를 알아보고 그에 따라서 운동 상태를 어떻게 그래프로 표현하는가를 알아보고자 하였다.

따라서 힘에 대한 개념을 조사하고 그런 힘이 작용할 때 운동 상태를 그래프로 표현하는 능력의 관계를 밝혀보았다. 그럼으로써 역학 개념에 대한 이해와 운동에 대한 그래프 작성 능력과의 관련을 알 수 있을 것이다.

II. 용어의 정의

그래프 기능은 그래프 작성 기능과 그래프 해석 기능의 두 가지로 구분된다고 보았다. 그래프 작성(construction) 능력은 그래프 표현(representation) 능력과 동일한 것으로 보았다. 한편 그래프 해석(interpretation) 능력은 과학적 탐구 능력의 자료 해석 기능의 일종으로 볼 수 있다(Brasell, 1990).

또한 그래프 작성 능력은 정량적 능력과 정성적 능력으로 나눌 수 있다. 정량적 그래프 작성 능력은 정확한 그래프를 그리기 위하여 자료를 표시하여 축 설정, 그래프의 기울기 등 매끈하게 연결하는 능력을 뜻한다. 반면에 정성적 그래프 작성 능력은 개략적인 그래프의 모양을 그리는데 필요한 능력을 말하는 것으로 본 연구에서는 정성적 그래프 작성 능력에 초점을 맞추었다.

III. 연구의 대상과 방법

1. 연구대상

본 연구는 탐색적 연구로서 연구 결과를 일반화할 수 없는 소규모적이었으며 따라서 편의적 표집이었다. 본 연구의 대상은 지방의 한 교육대학교 1학년 학생과 3학년 학생으로 이들은 1학년 때 자연과학 개론 중에서 물리학을 수강하였다. 이들 중에는 고등학교 때 물리 과목을 배웠지만 어떤 학생들의 자연계열과 인문계열의 분포를 조사하지는 못했다. <표 1>에 연구 대상과 검사를 실시한 방법 및 날짜가 수록되어 있다.

2. 연구 방법

단진자와 수직으로 던진 물체의 속도, 가속도의 시간 그래프 작성에 역학 개념이 어떤 관련을 가지고 있는가를 연구하는 것이기 때문에 역학에서 많이 사용된 문제 상황인 단진자와 수직으로 던진 물체를 이용하였다. 그리고 주로 설문 조사 방법을 사용하였다. 총 5개의 문항을 사용하였는데 각 문항의 사용 목적은 <표 2>에 정리되어 있다.

물리의 역학 분야는 위로 던진 물체에 작용하는 힘을 묻는

<표 1> 연구 대상 및 검사 실시일

교육대학교	학생수	검사 실시일	실시방법
1학년	2개과 74명 (95.10 검사)		중간고사
3학년	3개과 97명 (96.9 검사)		강의전 검사

〈표 2〉 문제 상황 및 문항 번호

조사분야\문제 상황	수직으로 던진 물체	단진자	일정하게 올라가는 엘리베이터
역학 개념	힘 (1)	속도(3-1) 가속도(3-2)	힘(2)
운동학	속도·시간(5-1)	속도·시간(4-1)*	
그래프	가속도·시간(5-2)	가속도·시간(4-2)*	

(* 는 3학년에만 실시한 문항)

문항과 일정한 속력으로 상승하는 엘리베이터 끈에 작용하는 힘을 묻는 문항으로 구성되어 있다. 이 문항은 Force Concept Inventory (Hestenes *et al.*, 1992; Hestenes and Halloun, 1992; Hestenes and Wells, 1992; 권성기, 이운환, 1997)에 속한 것을 번역하여 사용하였다. 그리고 단진자에 작용하는 힘을 묻는 문항은 연구자가 개발하였다.

또한 운동학 분야의 그래프 표현 능력을 조사하기 위해서 수직으로 던진 물체의 속도와 가속도 및 단진자의 속도와 가속도를 정성적인 그래프로 표현하도록 하는 문항을 연구자가 개발하여 사용하였다. 그 이유는 운동학의 그래프 능력을 조사하기 위한 검사도구로 Beichner(1994)나 McKenzie와 Padilla (1987)가 개발한 문항이 있었지만 본 연구의 목적상 힘 개념의 문항이 나타내는 단진자와 수직으로 던진 물체의 상황에서 운동 상태를 그래프로 표현하는 능력을 조사하려고 했기 때문이다.

IV. 연구의 결과

대학생들에게 힘 개념과 운동학 그래프 작성을 요구하는 문항을 실시하여 얻은 결과를 분석하였다. 힘에 대한 개념을 학년별 비율로 분석한 후에 운동학 그래프 작성 결과를 분류하여 그 비율을 구하였다.

〈표 3〉 수직으로 던진 물체에 작용하는 힘에 대한 개념

선택지	선택율 (학생수)		
	1학년(74)	3학년(97)	전체(171)
줄어드는 던진 힘 + 커지는 중력	39.2%(29)	45.3%(43)	42.6% (72)
줄어드는 던진 힘 + 일정한 중력	50.0%(37)	49.5%(47)	49.7% (84)
일정한 크기의 중 력*	8.1%(6)	3.2%(3)	5.3% (9)

(* 과학적으로 옳은 응답)

1. 힘에 대한 개념

1) 수직으로 던진 물체에 작용하는 힘

수직으로 던진 물체에 대하여 작용하는 힘을 선다형으로 개발된 문항으로 조사한 결과로 〈표 3〉처럼 대학생이 중력이 일정하게 작용한다는 개념을 가지는 경우가 전체 학생 중에서 5% 정도에 불과함을 알 수 있었다. 이런 결과는 선행 연구들의 결과와 일치하는 것이다. 또한 던진 힘이 줄어든다는 개념을 약 92%의 대학생이 가지고 있음을 알 수 있다. 특히 중력이 일정한 크기임을 알고 있는 동시에 던진 힘이 줄어든다는 오개념이 동시에 공존하는 경우가 전체 대학생의 50% 정도라는 것은 고등학교와 대학교 물리 수업에서 배운 힘에 대한 개념이 오개념과 함께 연결되어 있음을 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

2) 일정한 속도로 올라가는 엘리베이터에 작용하는 힘

대학생의 59% 정도가 최월에 매달려 일정한 속도로 상승하고 있는 엘리베이터에는 뒷방향의 힘이 중력보다 크다는 개념을 가지고 있는데 이런 개념은 엘리베이터가 일정하게

〈표 4〉 일정한 속도로 올라가는 엘리베이터에 작용하는 힘에 대한 개념

선택지	선택율 (학생수)		
	1학년(74)	3학년(97)	전체(171)
뒷방향의 힘>중력	75.7%(56)	45.7%(43)	58.9% (99)
뒷방향의 힘=중력*	6.8%(5)	15.9%(15)	11.9% (20)
뒷방향의 힘> 중력+대기압	13.5%(10)	32.9%(31)	58.9% (99)

(* 과학적으로 옳은 응답)

상승하지 않고 가속으로 상승한다는 것을 예상하지 못하거나 내적 갈등으로 느끼지 못하고 있음을 보여준다. 뒷방향의 힘과 중력이 같다는 개념은 12%의 대학생이 가지고 있는 것에 불과하였다. 수직으로 던진 물체에 작용하는 힘에 대한 정답을 결과와 비교하면 수치적으로는 약간 높지만 역시 대학생들이 이런 상황에서 과학적으로 올바른 힘 개념을 가지고 있지 않다고 판단할 수 있다. 또한 뒷방향의 힘이 중력과 대기압의 합보다 크다는 선택을 한 학생이 59%로 나타난 것은 이런 판단을 다시 뒷받침하는 동시에 중력이나 대기압이라는 용어를 사용하지만 동시에 일정한 힘이 작용하여야 일정한 속도로 움직인다는 전형적인 아리스토텔레스적인 힘 개념을 함께 가지고 있음을 알 수 있었다.

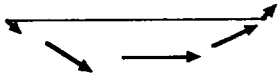
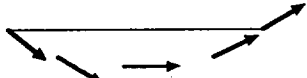
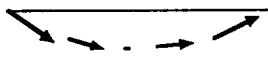

2 운동 개념

여기서는 연구자의 편이상 전체 대학생의 3% 이상이 속하는 범주를 기준으로 비율을 구하였는데 어떤 기준이 있다기 보다는 임의로 정한 것이다.

1) 단진자의 속도 개념

단진자의 모습을 그림으로 보여주면서 양쪽의 최고점, 최하점 및 중간의 양쪽 두 지점에서 진자의 속도를 화살표로 그려보게 하여 속도 개념을 조사 분석하였다. 전체 대학생의 3% 이상이 그런 속도 개념을 범주화하여 비율을 분석하였는데 그런 경우가 5가지로 나타났다. 그 중에서 대학생이 대표적으로 가지고 있는 단진자의 속도 개념은 <표 5>에 있다.

<표 5> 단진자의 속도 개념에 대한 결과

대표적인 속도 개념	선택율(학생수)		
	1학년(74)	3학년(97)	전체(171)
 속도 크기가 증가하다가 감소*	77.5%(55)	65.6%(63)	70.7%(118)
 속도 크기가 일정	14.1%(10)	8.3%(8)	10.8%(18)
 속도 크기가 감소→0→증가	1.4%(1)	4.1%(4)	2.9%(5)
 속도 크기가 감소하여 0	1.4%(1)	9.4%(9)	5.9%(10)
기타	2.8%(2)	12.5%(12)	8.4%(14)

(* 과학적으로 옳은 응답)

<표 5>에서 보면 단진자의 속도는 양쪽에서 최소가 되었다가 가운데에서 최대가 된다는 개념을 가지는 대학생이 71% 이상으로 나타났고 이런 결과는 단진자의 속도는 어느 정도 올바르게 이해하고 있다고 볼 수 있다. 또한 이런 결과를 단진자의 속도가 모든 지점에서 일정하다고 생각하는 대학생이 약 11% 정도에 불과하다는 결과와 비교하면 단진자의 속도 개념은 대학생이 잘 이해하고 있다고 판단된다.

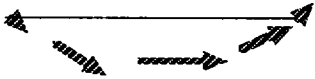
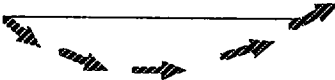
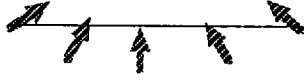

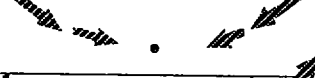



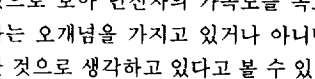
2) 단진자의 가속도 개념

단진자의 가속도를 그린 결과는 매우 다양하였는데 그 중에서 본 연구의 대상인 대학생의 3% 이상이 그런 가속도 모습은 8가지로 나타났는데 이런 결과는 단진자의 속도 개념보다 훨씬 다양한 개념으로 나누어진다고 볼 수 있다.

<표 6>의 8가지 가속도 개념에는 과학적으로 올바른 경우가 포함되어 있지 않았다. 올바른 개념을 가진 대학생이 0%라는 결과는 선행 연구(박종원, 1993)에서도 나타났으며 단진자의 가속도를 이해하는 것이 매우 어렵다고 볼 수도 있다.

그러나 그 중에서 전체 대학생의 31% 정도가 단진자의 가속도가 운동 방향의 접선으로 일정하다는 개념을 가지고 있다는 결과는 그들이 단진자의 속도가 점차 증가하다가 다시 감소한다는 것이 일정한 가속도와 서로 상반된 것임을 인식하지 못한다고 볼 수 있다. 또 단진자의 속도와 동일하게 가속도도 최하점에서 최대이었다가 다시 감소한다는 개념을 가진 경우가 18% 가량으로 나타났다. 이런 두가지 범주에 해당하는 개념의 비율을 합치면 대략 50%의 대학생이 포함되는

<표 6> 단진자의 가속도 개념에 대한 결과

	대표적인 가속도 개념	선택율 (학생수)		
		1학년(74)	3학년(97)	전체(171)
	속도와 일치된(증가-감소) 그래프	5.6%(4)	26.6%(25)	17.6%(51)
	일정한 크기의 가속도	14.1%(10)	43.6%(41)	30.9%(51)
	중심을 향하는 가속도	21.1%(15)	1.1%(1)	9.7%(16)
	중심을 향하는 가속도(일부 다름)	7.0%(5)	0.0%(0)	3.0%(5)
	최하점에서 가속도가 0(크기 변화)	2.8%(2)	4.3%(4)	3.6%(6)
	위를 향한 가속도	8.5%(6)	0.0%(0)	3.6%(6)
	최하점에서 가속도가 0(크기 일정)	15.5%(11)	3.2%(3)	8.5%(14)
	기타	7.0%(5)	18.1%(17)	13.3%(22)
	올바른 그래프	0.0%(0)	0.0%(0)	0.0%(0)

것으로 보아 단진자의 가속도를 속도와 유사한 것으로 생각하는 오개념을 가지고 있거나 아니면 가속도가 속도와 무관한 것으로 생각하고 있다고 볼 수 있다.

3. 운동학 그래프에 대한 결과

앞의 수직으로 던진 물체와 단진자에 작용하는 힘에 대한 개념을 조사한 결과를 속도와 가속도 그래프 작성 능력을 비교하기 위하여 동일한 상황에서 물체의 속도와 가속도를 시간축으로 하여 개략적으로 그래프를 그려보게 한 결과를 분석하였다.

1) 수직으로 던진 물체의 속도-시간 그래프

대학생들이 수직으로 던진 물체의 속도를 그래프로 그린 경우 중에서 최소한 3% 이상의 학생이 그린 경우는 7가지로

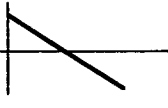
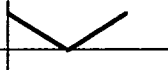



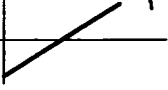
볼 수 있었다. <표 7>에서 보면 과학적으로 올바른 그래프를 그린 대학생은 17%에 불과할 정도로 수직으로 던진 물체의 속도-시간 그래프를 어려워하였다.

한편 약 39%의 대학생이 아래로 블록한 곡선(2차 함수)으로 그래프를 그린 경우가 가장 많았다. 일차 직선을 꺾어서 그린 대학생이 19%로 나타났는데 이 결과와 곡선으로 그린 경우를 합쳐보면 대학생의 약 58%가 물체의 속도가 최고점에 이르러 방향을 바꾸면 -값으로 표시한다는 것을 이해하지 못하고 단지 그래프에서 속도의 크기가 증가한다는 것만 표시하였음을 알 수 있다.

2) 수직으로 던진 물체의 가속도-시간 그래프

수직으로 던진 물체의 가속도-시간 그래프 중에서 3% 이상의 대학생이 그린 그래프는 <표 8>에서 보듯이 10가지로 나타났다. 속도-시간 그래프보다 더 다양하게 그래프를 그리고 있

〈표 7〉 수직으로 던진 물체의 속도-시간 그래프에 대한 결과

대표적인 가속도 개념	선택율 (학생수)		
	1학년(74)	3학년(97)	전체(171)
 +에서 시작하여 일정한 감소*	30.9%(22)	5.2%(6)	16.7%(28)
 +에서 시작하여 꺾인 모양	23.9%(17)	14.4%(14)	18.5%(31)
 아래로 볼록한 곡선 모양	19.7%(14)	52.6%(51)	38.7%(65)
 위로 볼록한 곡선 모양	4.2%(3)	11.3%(11)	8.3%(14)
 +에서 시작하여 곡선으로 감소	5.6%(4)	3.1%(3)	4.2%(7)
 -에서 시작하여 일정한 증가	4.2%(3)	3.1%(3)	3.6%(6)
기타	4.2%(3)	3.1%(3)	3.6%(6)

(* 과학적으로 옳은 응답)

음을 알 수 있었다.

그중에서 가속도가 -값으로 시간에 대하여 일정하다는 그래프를 그린 대학생은 12%에 불과하다. 가속도가 +로 일정하다고 그린 경우가 21% 정도인데, 위방향을 +로 아래방향을 -로 정하는 물리적 약속을 몰랐던 경우라고 보고 과학적으로 가속도가 일정하다는 것을 올바른 개념으로 본다고 해도 대학생의 33% 정도가 가속도-시간 그래프를 올바르게 그렸을 뿐이었다.

대학생들이 그린 가속도-시간 그래프 중에서 앞의 속도-시간 그래프의 종류와 동일한 그래프 종류에 포함되는 것을 〈표 8〉에서 구분해 놓았는데 이 표를 보면 약 40%의 대학생이 속도-시간 그래프를 가속도-시간 그래프를 그리는데 사용한다는 것을 알 수 있다. 물론 다른 그래프 종류를 사용한 경우도 약 44% 정도이었다.

속도-시간 그래프처럼 가속도-시간 그래프로 아래로 볼록한 곡선 모양으로 그린 대학생이 17% 가량 되었다는 것은 역시 속도 변화가 가속도임을 알고 있지 못함을 보여주는 동시에 그래프의 기술기에 대한 의미를 이해하지 못함을 보여

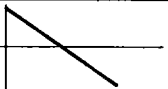
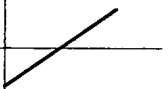
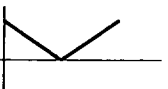
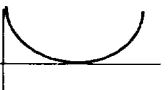
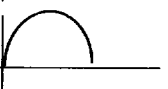

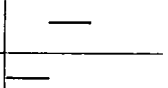
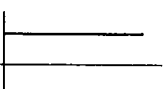
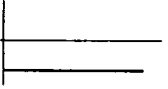
준다. 또 운동 제적처럼 위로 볼록한 곡선 모양으로 그린 대학생도 6% 정도 있었다. 가속도가 -값으로 일정하다가 +값으로 일정하다는 그래프를 그린 대학생도 적은 수이지만 8% 정도로 나타났다.

3) 단진자의 속도-시간 그래프

이 결과는 대학생 중에서 3학년의 결과만을 분석한 것인데 그 이유는 1학년에게는 이 문항을 실시하지 않았기 때문이다. 그러나 단진자 문제에서 속도와 가속도를 그려보는 문항에 상용되는 단진자의 속도와 가속도 그래프를 비교하기 위하여 분석하였다. 앞의 수직으로 던진 물체의 속도-시간, 가속도-시간 그래프의 종류를 그대로 사용해도 분석하는 데는 별 문제가 없었다. 단지 단진자가 계속 왕복 운동을 한다는 것을 반복해서 그린 경우가 있어서 한 주기에 해당하는 부분을 그래프의 종류로 분류하였다.

올바른 가속도 그래프를 정성적으로 그리기 위하여 Interactive Physics II를 이용하여 진자의 속도와 가속도를 그린 것이 〈그림 1〉이었다. 단진자의 속도-시간 그래프는 위로 볼

<표 8> 수직으로 던진 물체의 가속도-시간 그래프 결과

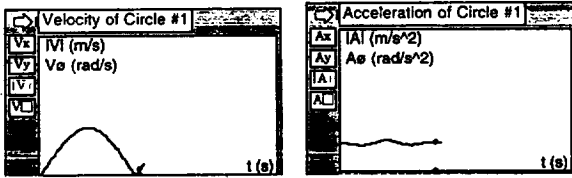
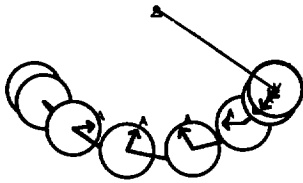
대표적인 가속도-시간 그래프	선택율 (학생수)		
	1학년(74)	3학년(97)	전체(171)
(속도-시간 그래프와 일치)			
 (속도-시간 그래프와 일치)			
+에서 시작하여 일정한 감소	4.2%(3)	4.3%(4)	4.3%(7)
 -에서 시작하여 일정한 증가	6.5%(4)	8.6%(8)	7.3%(12)
 +에서 시작하여 꺾인 모양	5.6%(4)	8.6%(8)	7.3%(12)
 아래로 볼록한 곡선 모양	4.2%(3)	25.8%(24)	16.5%(27)
 위로 볼록한 곡선 모양	4.2%(3)	7.5%(7)	6.1%(10)
(속도-시간 그래프와 다른 그래프)			
 0에서 직선으로 증가하다가 감소	0%(0)	8.6%(8)	4.9%(8)
 일정한-가속도와+가속도	12.7%(9)	4.35%(4)	8.0%(13)
 +로 일정한 가속도* (* 부호는 잘못되었지만 과학적으로 옳은 응답으로 간주)	22.5%(16)	19.4%(18)	20.7%(34)
 -로 일정한 가속도* (* 과학적으로 옳은 응답)	26.7%(19)	1.1%(1)	12.2%(20)
기타	8.5%(6)	8.6%(8)	8.5%(14)

특한 모습인 반면에 가속도-시간 그래프는 평평하지만 약간 불규칙적인 모습이었다. 그러나 단진자 운동은 각도가 작을 것을 가정하는 동시에 본 연구에서도 정성적인 가속도 개념을 조사하는 특성으로 인하여 가속도의 크기가 약간 변화하지만 이를 무시하고 일정한 것으로 가정하고 가속도의 방향을 어떻게 그리고 있는가를 기준으로 분석한 것이었다.

<표 9>를 보면 위로 볼록한 이차 곡선 모양의 그래프를 그

린 대학생이 52%로 가장 많았다. 그 다음이 다양하게 그린 그래프를 분류하기 곤란하여 기타에 속한 경우가 19% 정도 이었고 속도가 0에서 직선적으로 증가하다가 다시 감소하여 0으로 그린 그래프가 14% 정도로 나타났다.

이런 결과는 대학생들이 속도-시간 그래프에 대하여 정성적으로 잘 그리고 있다고 볼 수 있다. 또한 앞의 수직으로 던진 물체의 속도-시간 그래프에서의 결과도 일치한다.



(그림 1)

〈표 9〉 단진자의 속도-시간 그래프에 대한 결과

대표적인 속도-시간 그래프	3학년의 비율 (총97)
아래로 볼록한 곡선 모양	3.2%(3)
위로 볼록한 곡선 모양*	52.1%(49)
기타	19.1%(18)
(-)에서 시작하여 일정한 증가	8.5%(8)
0에서 시작하여 꺾인 직선	13.8%(13)

(* 그래프의 모양은 〈표 7〉의 왼쪽에 표시된 것과 동일하다)

〈표 10〉 단진자의 가속도-시간 그래프 결과

대표적인 가속도-시간 그래프	선택율 (학생수) 3학년(97)
(속도-시간 그래프와 일치)	
+에서 시작하여 일정한 감소	8.6%(8)
-에서 시작하여 일정한 증가	3.2%(3)
+에서 시작하여 꺾인 모양	5.4%(5)
아래로 볼록한 곡선 모양	4.3%(4)
위로 볼록한 곡선 모양	19.4%(18)
(속도-시간 그래프와 다른 그래프)	
0에서 직선으로 증가하다가 감소	11.8%(11)
일정한 - 가속도와 +가속도	8.0%(13)
+로 일정한 가속도	30.1%(28)
-로 일정한 가속도	20.7%(34)
기타	9.7%(9)

(* 이 그래프는 〈표 8〉의 것과 동일하다)

3) 단진자의 가속도-시간 그래프

단진자의 가속도-시간 그래프를 작성한 것 중에 속도-시간 그래프에서 나온 그래프 중에서는 가장 많은 경우가 위로 볼록하게 그린 것이었다(표 10). 그리고 속도-시간그래프에서 사용되지 않은 모습의 그래프 중에는 +값으로 일정한 그래프가 나타낸 것이 가장 많았다. 그 다음이 -값으로 일정한 그래프이었다. 이런 결과는 앞의 수직으로 던진 물체의 가속도를 시간으로 그린 것과 유사한 결과를 보였는데 결국 단진자의 가속도가 일정하다는 생각을 많이 가진다고 보여진다. 그러나 이런 결과들은 단진자의 가속도-시간 그래프를 정확하게 그리는데는 것이 아니었기 때문에 해석의 여지가 많이 남아있다.

V. 연구의 결론

1학년과 3학년 대학생을 대상으로 힘에 대한 개념을 단진자 문제와 수직으로 던진 물체에 작용하는 힘을 묻는 문제로 조사하였다. 그 결과 그들은 기존의 역학 개념 연구에서 잘 알려진 오개념을 가진 것으로 확인되었다. 가령 공을 던지면 공이 날아가는 중에는 던질 때 준 힘이 점점 줄어든다는 개념을 가지고 있었으며 등속운동을 하는 물체에도 힘이 작용한다는 오개념을 가지고 있었다. 동시에 이런 오개념은 과학적인 힘 개념과 함께 공존하고 있는 것으로 나타났다. 단진자의 경우에서 속도는 0에서 점차 증가하다가 최하점에서 가장 빠르다가 다시 감소한다는 것을 70% 이상이 알고 있었지만 가속도는 옳게 응답한 경우가 없었다. 이런 결과는 속도 개념은 어느 정도 이해하고 있지만 가속도 개념과 속도 개념의 관련성을 알지 못한채 가속도 개념을 가지고 있음을 보여준다. 오히려 가속도를 속도와 동일한 것으로 생각하는 대학생이 상당수 있음을 알 수 있다. 이처럼 가속도 개념이 속도에 비하여 어려운 개념임은 다른 연구(권성기과 이운환, 1997)에서도 이미 지적되었다.

또한 운동학 그래프에서는 대학생들이 수직으로 던진 물체의 경우 속도-시간 그래프를 어느 정도는 올바르게 작성하였지만 속도의 방향이 바뀌는 것을 그래프로 나타내는 것을 어려워하였다. 이런 어려움은 가속도-시간 그래프에서도 동일하게 나타났다. 이런 점에서 대학생들은 운동학에서 그래프를 나타낼 때 속도나 가속도의 방향이 변하는 것을 부호가 바뀌는 것으로 나타내는 것을 이해하지 못하고 있다고 볼 수 있다. 그리고 대학생들이 그린 그래프의 종류를 비교해 보면 속도-시간 그래프보다는 가속도-시간 그래프가 훨씬 더 다양한 종류가 많았다. 동시에 가속도-시간 그래프에서는 올바른 그래프를 작성한 비율이 떨어졌다. 이런 결과는 수직으로 던진 물체와 단진자의 가속도에 대하여 다양한 오개념을 가지고

있던 결과로 해석해 보면 가속도-시간 그래프를 그릴 때 바로 그런 오개념이 여러 가지 그래프를 작성하게 했다고 볼 수 있다.

결론적으로 속도보다는 가속도 개념을 어려워하고 가속도 개념이 속도의 변화량에 해당하는 것임을 인식하지 못한 상태는 가속도-시간 그래프와 같은 운동학 그래프 작성에 어려움을 주게 된다고 말할 수 있다.

이런 결과들로 부터 역학(힘과 운동)에 대한 오개념은 운동학 그래프 작성 능력에 영향을 주고 있음을 시사받을 수 있다.

참 고 문 헌

- 권성기 번역. (1997). 힘 개념 목록, 물리교육(발표 예정)
- 권성기, 박승재.(1989). 중등 물리 교사의 힘과 운동 개념 조사, 물리교육, 7(1), 63-73.
- 권성기, 이운환.(1997). 교육대학생의 역학 개념 조사, 물리교육, 15(1), 22-31.
- 김대식.(1989). 위로 던진 공에 작용하는 힘에 관한 오인, 물리교육, 7(1), 10-14.
- 김영민, 박승재.(1989). 사회계 대학생의 힘과 운동에 관한 개념 조사, 물리교육, 7(1), 42-47.
- 김익균.(1991). 대립개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 힘과 가속도 개념 변화, 서울대학교 박사학위논문, 미발행.
- 박종원(1993) 단진자 운동에 대한 학생의 개념과 개념 변화 방안, 과학교육 연구지 제 17권 제1호, 1-13, 전남대학교 부설 과학교육연구소.
- 송진웅(1993) 대학수학능력시험과 물리교육, 물리교육 자료집, 대구대 물리교육과 물리교육연구실.
- Bell, A. Brekke, G. and Swan, M.(1989). Misconceptions, Conflict, and Discussion in the Teaching of Graphical Interpretation, Paper presented at the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, pp.46-58, Cornell University.
- Beichner, R.J.(1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills, American Journal of Physics, 64(10), 1272-1277.
- Beichner, R.J.(1994). Testing Student Interpretation of Kinematics Graph, American Journal of Physics, 62, 750-762.
- Beichner, R.J.(1993). Misunderstandings of Kinematics Graphs, Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University.
- Brasell, H.M.(1990). Graphs, Graphing and Graphers, in Mary B. Rowe (ed.) The Process of Knowing, What Research says to the Science Teacher, Volume Six, NSTA, 69-85.
- Brasell, H.(1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity, Journal of Research in Science Teaching, 24, 385-395.
- Drahuschak, Joseph M. and Harvey, Francis A.(1993). Using Computer-Based Graphing Methods To Enhance Integrated Science Process Skills, Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University.
- Duit, R.(1993). Research on students' conceptions-developments and trends, Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University.
- Finegold, M. and Gorsky, P.(1991). Students' concepts of force as applied to related physical systems: a research for consistency, International Journal of Science Education, 13(1), 97-113.
- Hennessy, C., Twigger, D., Driver, R., O'Shea, T., O'Malley, C.E., Byard, M., Draper, S., Hartley, R., Mallen, C., Mohamed, R. and Scan, E.(1995). Design of a computer-augmented curriculum for mechanics, International Journal of Science Education, 17(1), 75-92.
- Hestenes, D. and Halloun, I.(1992). Interpreting the force concept inventory: A response to March 1995 Critique by Huffman and Heller, The Physics Teacher, 33, 502-506.
- Hestenes, D. and Wells, M.(1992). A mechanics baseline test, The Physics Teacher, 30, 159-166.
- Hestenes, D., Wells, M. and Swackhamer, G.(1992). Force concept inventory, The Physics Teacher, 30, 141-151.
- McDermott, L.C.(1992). Physics by Inquiry, Volume I, Wiley and Sonc, Inc.

- McDermott, L.C., Rosenquist, M.L. and van Zee, E.H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics, *American Journal of Physics*, 55(6), 503-513.
- McKenzie, D. and Padilla, M.(1987). The construction and validation of the test of graphing in science, *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 571-579.
- Mevarech, Zemira R. & Kramarsky, Bracha(1993). How, how often, and under what conditions misconceptions are developed: the case of linear graphs, Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University.
- Mokoros, J. and Tinker, R.(1987). The impact of micro-computer-based labs on children's ability to interpret graphs, *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 369-383.
- Park, P.W., Song, J.W. and Pak, S.J.(1991). Conceptions on force and motion of university students taking introductory physics courses, *물리교육* 9(1), 47-60.
- Rosenquist, M.L. and McDermott, L.C.(1987). A conceptual approach to teaching kinematics, *American Journal of Physics*, 55(5), 408-415.
- van Zee, E. H. and McDermott, L.C.(1987). Investigation of student difficulties with graphical representations in physics, Paper presented at the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, pp.531-539, Cornell University.
- Viennot, L.(1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics, *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.
- Zollman, D. and Fuller, R.(1994). Teaching and learning physics with interactive video, *The Physics Teacher*, 33, 270-274.

(ABSTRACT)

The Effect of Force and Motion Conceptions into the Kinematics Graph Construction

Sung Gi Kwon

(Taegu National University of Education)

In order to study the effect of student's conceptions about force and motion into the graph construction in kinematics in college physics course, the tasks of constructing the qualitative graph in the similar problem context used in force conception was asked to the first 74 and third 97 student teacher in teachers' university.

The frequencies analysis showed that student teachers had the naive conceptions that the throwing force was still acted to a upwarding ball. They also had the popular Aristotelian views about motion. These naive conceptions coexisted with the scientific conception about gravitational force. In a simple pendulum problem no one had the correct acceleration concepts which varies the direction in swing. This result suggest that student teacher had more difficulties in a acceleration problem than in a velocity problem.

In v-t and a-t graph construction tasks, the number of categories of a-t graphs were more than that of v-t graphs. There were many graph errors in a sign of velocity and acceleration.

The acceleration conceptions without the relations of changes in velocity made the kinematics graphs more various shapes. The force and motion conceptions influenced the ability to construct the kinematics graphs.