

지구와 달 표면에서 물체의 운동에 대한 일반 중학생들과 과학영재학생들의 개념

송영욱*
한국교원대학교

Middle School and Science-gifted Students' Conceptions about Motion of Objects on the Surface of the Earth and the Moon

Song, Young-Wook*
Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this study was to investigate middle school and science-gifted students' conceptions about motion of objects on the surface of the earth and the moon. The subjects were 61 first-, 51 second-, 51 third-year students, for a total of 163 in a middle school and 32 science-gifted students from a university-affiliated science-gifted education center for secondary school students. The research contents were conceptions about motion of objects by the vertical direction, an inclined plane and horizontal plane on the surface of the earth and the moon. The questions were as follows: If two balls, same size but different mass, were put on, thrown over, by the vertical direction, an inclined plane and a horizontal plane on the surface of the earth and the moon at the same time and speed, which one would arrive faster than the other?; In the same mass in the earth and the moon, how fast could the object reach to which location, the earth or the moon? The results showed that science-gifted students offer meaningful difference on the concept of objects in motion at the vertical direction, an inclined plane and a horizontal plane on the earth and at the vertical direction on the moon than general middle school students. There were meaningful difference on the vertical up direction, an inclined plane and a horizontal plane in the same situation in the earth and the moon. Finally, based on the results of our study, we discuss possible educational implications for teaching the concept of objects in motion.

Key words: the earth, the moon, the vertical motion, an inclined plane, a horizontal plane

I. 서론

교사가 학생들을 가르치는데 있어 학습자의 특성을 이해하는 것은 중요하다. 학습자가 갖고 있는 학습사태는 수업에 있어 중요한 역할을 하기 때문이다. Shulman(1987)은 교사가 갖추어야 할 전문성으로 교과 지식, 교수전략, 교육과정, 교육환경, 교육학 지식 그리고 학습자에 대한 이해라고 하였다. 광영순(2008)은 전문성을 갖춘 교사는 학생의 출발점과 학생의 선개념을 고려하여 과학수업을 진행한다고 하였다. 또한 구성주의 수업은 학습자가 갖고 있는 선개념 파악을 중요하게 고려한다(Pringle, 2006). 이는 수업 전에 학생들이 갖고 있는 선개념을 파악하여 교수

전략을 계획하는데 중요한 역할을 하기 때문이다(유병길, 2005). 구성주의 관점에서 지식은 학습자의 기존 지식이나 경험을 바탕으로 형성되며, 과학적 개념 이해를 목적으로 하는 과학수업에서 학습자의 선개념은 학습에 영향을 미치는 중요한 요인이 된다(Taber, 2001). 학생들은 사전경험과 선행학습을 통해 과학적 개념과 다른 오개념을 갖게 되며, 교사는 과학수업에서 학생들의 오개념을 과학적 개념으로 바꾸어 주는 역할을 한다(조희형, 최경희, 2002). 하지만 학습자가 갖고 있는 오개념에 대한 의미를 다른 시각에서 바라볼 필요가 있다. 학생들이 갖고 있는 오개념을 변화시켜야 할 개념으로 생각하기보다는 학생들의 미분화된 개념이 분화된 개념으로 되기 위한 하나의 지어이며,

*교신저자: 송영욱(songyw@knu.ac.kr)

**2012.11.26(접수) 2013.01.17(1심통과) 2013.01.25(최종통과)

***이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2009-351-B00060).

학습을 돕기 위한 정보로 생각하는 게 필요하다(윤혜경, 2011; Hammer *et al.*, 2004). 학습자의 개념 변화는 급진적인 변화 과정을 통해서 변화되기도 하지만, 다양한 상황과 조건의 경험을 통해서 점진적으로 세련화와 정교화가 되기도 한다(박종원, 2002). 따라서 교사는 일상생활의 경험을 통해서 형성된 오개념을 학습자가 과학 개념을 배우는데 있어 학습 장애물로 생각할 것이 아니라 학습자의 학습 자원으로 인식하는 것이 필요하다.

일상생활의 경험을 통해서 얻어진 선개념은 학습자 입장에서 안정적이고 불편하지 않은 개념이다(유병길, 2000). 자신이 갖고 있는 선개념이 다른 조건과 상황 속에서 맞지 않는 경우 특별한 상황이라 생각하거나 무시하는 경향이 있다. 교사가 과학시간에 학생들이 갖고 있는 선개념이 틀렸다고 선개념을 바꿔야 한다고 강조한다면, 학생들은 과학시간에만 맞는 개념이며 시험을 보기 위해서 외워야하는 개념으로 생각하게 된다. 만약 자신이 갖고 있는 개념이 불편하다고 생각한다면 과학시간에 강조하지 않아도 다른 개념으로 형성되었을 것이다. 학생들이 갖고 있는 선개념은 일상생활의 경험을 통해서 얻어진 개념이며, 복잡한 사고과정을 통해서 얻어진 개념이 아니다(diSessa *et al.*, 2004). 어떻게 보면 지극히 단순한 과정을 통해서 형성된 개념이다(Driver *et al.*, 1985). 학생들의 선개념은 직관적이고 현상중심적인 사고과정을 통해서 얻어지는 특징이 있다(노금자, 김효남, 1996; 김세욱, 홍승호, 2006; Driver *et al.*, 1985). 그래서 다양한 상황이나 조건 속에서 일관되게 개념을 적용하지 못하는 경향이 나타난다.

물체의 자유낙하나 포물선운동에 대한 개념은 학생들이 일상생활에서 쉽게 접하고, 나름대로 물체의 운동에 대한 개념을 갖고 있다(이명자, 1999; 이영직, 2000). 그것은 일상생활에서 반복적인 경험을 통해서 확고해진 개념이며 잘 변하지 않는다. 학생들은 일상생활에서 물체를 떨어뜨리거나, 공을 앞으로 던지거나, 바닥에서 공을 차는 경험을 통해서 자기 나름대로 물체의 운동에 대한 개념을 갖게 된다. 이와 같은 선개념들은 과학시간에 배우게 되는 힘과 운동에 대한 개념을 이해하는데 중요한 역할을 하는 반면, 오개념을 갖게 되는 원인이 된다. 학생들이 일상생활에서 오개념을 갖게 되는 원인으로 개념이 아직 미분화되어 있거나, 직관적으로 생각하기 때문이다(Driver *et*

al., 1985). 학생들이 일상적인 경험과 직관적 사고를 통해 갖게 되는 대표적인 오개념으로는 무거우면 빨리 떨어진다.', '진공에서는 무게가 같다.', '진공이면 중력이 없다.', '달은 진공이라 물체가 떠 있다.', 등이 있다(박진주, 오원근, 2010; 이명자, 1999; 이재석 등, 2008; Alonzo & Steedle, 2009; Baldy, 2007; diSessa, 1993; Ozdemir & Clark, 2009). 이영직(2000)의 연구에 의하면 중력과 진공에 대한 오개념은 학년이 증가함에 따라 감소하는 개념이며, 경험 의존적인 개념이 이론 의존적인 개념보다 개념변화가 쉽게 일어날 수 있다고 하였다. 박진주와 오원근(2010)은 중력과 진공에 대한 학생들의 일관되지 못한 생각의 유형들은 결국 힘에 대한 개념 형성의 부족에 의한 것이며 힘과 운동에 대한 학습이 먼저 제대로 이루어지게 하는 것이 필요하다고 하였다. 김재우와 오원근(2005)은 물체의 운동에 대한 오개념의 원인 중 하나는 학생들이 지구 공간이라는 한정된 곳의 운동으로 생각하지 못하고 보편적인 물체의 운동으로 인식하기 때문이라 하였다. 역사적으로 물체의 자유낙하에 대한 아리스토텔레스적 관점, 즉 물체의 무게에 비례해서 무거운 물체는 가벼운 물체보다 더 빨리 떨어진다는 주장을 극복하는데 많은 노력이 필요했으며 오늘날까지도 과학을 배우는 학생들이 똑같은 실수 및 오개념과 씨름을 하고 있다(김재우 등, 1997; Song *et al.*, 1996). 이는 학습자의 경험에 기초한 지식과 일상생활에서의 경험을 통해 확증하기 힘든 과학원리 및 이론 사이의 불일치 때문으로 보인다(이명자, 1999).

상황에 대한 연구는 과학교육목표, 일상적 상황에서의 과학학습지도, 과학문제 해결 과정에서 상황의 역할과 영향, 그리고 학생 개념의 상황 의존성에 대한 것 등 다양한 분야에서 연구되었다(김익균, 박종원, 2008). 연구 결과에 의하면 학생들은 상황에 따라 의존적으로 대답하는 경향이 있다(김익균, 박종원, 2009; 박진주, 오원근, 2010; 이영직, 2000). 동일한 개념으로 설명할 수 있는 몇 개의 문항에 대해서 학생들은 이들 문제에 대하여 동일한 문제로 인식하지 못하며 하나의 개념으로 통합된 설명을 하기보다는 각각의 문항이 갖는 특징 즉, 제시된 문제 상황에 따라 다르게 응답한다(김익균, 박종원, 2008). 이는 올바른 과학개념을 획득하여 한 가지 과제에 대하여 잘 설명하였다고 하더라도 유사한 과제에 적용함에 있어 어

러움을 가지고 있다는 것이다(Ozdemir & Clark, 2009). 학생들이 갖고 있는 개념은 아직 미분화 되어 상황에 따라 자신의 경험과 직관에 따라 적용하거나, 자신이 가지고 있는 개념을 그대로 그 상황에 적용하려는 경향이 있다. 교사가 상황에 따라 학생들이 어떻게 사고하고 어떻게 개념이 미분화되어 있는지를 아는 것은 교수전략을 세우는데 중요한 자료가 된다. 학습자에 대한 이해는 과학 학습지도 방법과 자료를 개발하는 준거를 제공하며, 과학교수 학습에 중요한 역할을 하기 때문이다. 학생들에게 존재하고 있는 개념이 어떤 것인지를 알아내어 이를 토대로 하여 수업전략을 세운다면 학생들의 과학개념 형성을 촉진할 수 있을 것이다.

따라서 이 연구의 목적은 지구와 달 상황에 따른 물체의 운동에 대한 미분화된 개념을 조사하여 학습자 이해에 도움을 주고, 또한 일반 중학생과 과학영재학생들의 상황에 따른 물체의 운동에 대한 개념 비교를 통해서 학습자의 특성에 따른 교수전략에 대한 교육적 시사점을 주는데 있다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상은 일반 중학교 1학년 61명, 2학년 51명, 3학년 51명 총 163명과 대학부속 과학영재교육원 중등 과학영재학생 32명으로 하였다. 일반 중학생들은 경기도 중도시지역의 한 개 중학교로 하였으며, 대상 학급은 8학급 중에서 학년별 2학급을 선정하였다. 과학영재학생들은 충북에 소재하는 대학부속 과학영재교육원 중등 기초반 학생들을 대상으로 하였다. 과학영재교육원 중등 과학영재학생들은 중학교 1학년 대상인 중등 기초반과 중학교 2학년 대상인 중등 심화반으로 나누어져 있으며, 중등 기초반을 수료한 학생들은 중등 심화반으로 올라가게 된다. 중등 기초반은 물리, 화학, 생물, 지구-정보 영역으로 나누어 구성되어 있으며, 물리, 화학, 생물 영역 학생들을 대상으로 조사하였다. 지구-정보 영역 학생들은 예비투입을 했기 때문에 본 검사에서 제외를 하였다. 검사는 일반 중학생 및 과학영재학생들 모두 2학기 수업이 끝나가는 12월 중에 조사하였다.

2. 검사도구

일반 중학생들과 과학영재학생들의 지구와 달 표면에서 물체의 운동 개념을 알아보기 위하여 선행연구(이명자, 1999; 이영직, 2000; Ioannides & Vosniadou, 2002)를 고려하여 검사도구를 개발하였다. 먼저 연구자가 지구와 달 표면에서 물체의 운동 개념에 대한 이원분류틀과 문항을 개발하고, 물리교육 전공 교수 2인과 중학교 과학교사 1인이 반복적인 논의와 검토 과정을 통해서 검사문항을 표 1과 같이 개발하였다. 중학교 과학교사는 과학을 5년 이상 가르친 경력을 갖고 있었다. 표 1과 같이 물체가 놓인 상황을 연직, 경사면, 수평면으로 나누었고, 연직과 경사면은 다시 아래 방향과 위 방향으로 나누었다. 문항 내용은 지구와 달 표면 각각의 상황과 지구와 달 표면 동시 상황으로 나누었다. 지구와 달 표면 각각의 상황에서 크기는 같고 질량이 다른 두 물체를 동시에 놓기, 같은 속력으로 위쪽으로 던지기, 수평면에서 같은 속력으로 굴리기에서 ‘어느 것이 먼저 도착하는가?’로 하였다. 지구와 달 표면 동시 상황에서는 지구와 달 표면에서 같은 물체를 동시에 놓거나, 던지거나, 수평면에서 굴렸을 때 ‘어느 장소에 먼저 도착하는가?’로 하였다. 예비 검사문항을 작성하여 9월에 일반 중학교 7학년 한 학급과 중등 과학영재학생 12명을 대상으로 예비 검사를 하였다. 이 예비 검사를 토대로 이해 안 되는 문장이나 용어들을 부분적으로 수정 및 보완하여 검사도구를 완성하였다. 본 검사는 12월에 조사하였고, 문제를 해결하는 시간은 30분 이내로 하였다. 검사도구의 내용 타당도는 물리교육 전공 교수 2인에게 검증을 받았고, 검사 문항에 대한 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 0.92로 나타났다.

3. 분석 방법

과학영재학생들과 일반 중학생들의 지구와 달 표면에서 연직, 경사면, 수평면에서 물체의 운동에 대한 개념을 비교하기 위해서 학생들의 응답에 대한 결과들을 χ^2 검증하였다. 분석은 지구와 달 표면 각각의 상황과 지구와 달 동시 상황으로 나누어 조사하였다. 지구와 달 표면에서 물체의 운동 상황을 연직, 경사면, 수평면으로 나누어서 크기는 같고 질량이 다른 두 물체를 동시에 놓거나, 같은 속력으로 위쪽으로 던지거

표 1
 검사도구 분석틀, 문항내용 및 신뢰도

상황	운동 방향	공간	질문	문항 번호	신뢰도
연직	아래 방향	지구	-지구, 달 표면에서 크기는 같고 질량이 다른 두 물체 중 먼저 도착하는 것은?	1	0.92
		달		2	
		지구·달 동시		3	
	위 방향	지구		4	
		달		5	
		지구·달 동시		6	
경사면	아래 방향	지구	-지구·달 동시 상황에서 질량이 같은 물체가 지구와 달 표면 중 어느 장소에 먼저 도착하는가?	7	
		달		8	
		지구·달 동시		9	
	위 방향	지구		10	
		달		11	
		지구·달 동시		12	
수평면	수평 방향	지구		13	
		달		14	
		지구·달 동시		15	

나, 수평면에서 굴렀을 때 ‘어떤 물체’가 먼저 도착하는지를 선택하도록 하였다. 지구와 달 표면 동시 상황에서는 지구와 달 표면에서 동시에 같은 물체를 놓거나, 던지거나, 굴렸을 때 ‘어느 장소’에 먼저 도착하겠는가를 선택하도록 하였다. 지구와 달 표면에서 연직, 경사면, 수평면에 따른 일반 중학생들과 과학영재학생들의 응답에 대한 교차분석을 통해서 물체의 운동에 대해 개념에 유의미한 차이가 있는지를 조사하였다. 그리고 검사 내용에 대한 결과를 통해서 일반 중학생들과 과학영재학생들은 지구와 달 표면에서 물체의 운동에 대한 어떤 개념 차이가 있는지를 비교하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

지구와 달 표면에서 연직, 경사면, 수평면에 따른 물체의 운동에 대한 일반 중학생들과 과학영재학생들의 개념을 조사하였다.

1. 지구 표면에서 물체의 운동

지구 표면에서 연직, 경사면, 수평면에 따른 물체의

운동에 대한 중학생들의 개념을 조사하였다. 검사 내용은 연직과 경사면에서 물체가 아래와 위 방향으로 움직이는 경우로 나누었고, 수평면에서는 물체가 직선 방향으로 움직이는 상황으로 나누어 조사하였다. 표 2와 같이 지구 표면의 연직, 경사면, 수평면에서 물체의 운동 개념에 대한 유의미한 차이가 나타났다. 과학영재학생들은 공기 저항이 없다는 전제에서 지구 표면의 물체의 운동에 대해서 일반 중학생들보다 과학적 개념을 갖고 있다.

연직 아래 방향의 물체의 운동에 대한 중학생들의 운동 개념은 표 2와 같다. 그림 1의 (a)와 같이 공기 저항이 없다는 전제에서 ‘물체의 크기는 같고 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 동시에 놓았을 때, A와 B의 물체 중 어느 것이 먼저 땅에 떨어지는가?’라는 질문에서 동시에 떨어진다고 일반 중학생의 19.0%, 과학영재학생의 65.6%가 올바른 응답을 한 반면에, 무거운 물체가 먼저 땅에 떨어진다고 일반 중학생의 65.5%, 과학영재학생의 34.4%가 오답을 하였다. 지구 표면에서 공기 저항이 없다는 전제에서도 일반 중학생의 65.6%, 과학영재학생의 34.4%는 ‘무거운 물체가 먼저 땅에 떨어진다’라는 개념을 갖고 있

표 2
지구 표면에서 연직, 경사면, 수평면에 따른 물체의 운동에 대한 중학생들의 응답

구분	학생	응답(%)				χ^2	
		A	B	동시**	기타		
연직	아래	일반	21(12.9)	107(65.6)	31(19.0)	4(2.5)	31.01*
		영재	-	11(34.4)	21(65.6)	-	
	위	일반	92(56.4)	41(25.2)	25(15.3)	5(3.1)	
		영재	15(46.9)	1(3.1)	15(46.9)	1(3.1)	
경사면	아래	일반	27(16.2)	108(66.3)	25(15.3)	3(1.8)	28.65*
		영재	-	13(40.6)	18(56.3)	1(3.1)	
	위	일반	105(64.4)	33(20.2)	17(10.4)	8(4.9)	
		영재	16(50.0)	1(3.1)	14(43.8)	1(3.1)	
수평면	일반	77(47.2)	48(29.4)	30(18.4)	8(4.9)	14.16*	
	영재	12(37.5)	3(9.4)	15(46.9)	2(6.3)		

*p<0.05, **정답

다. 과학영재학생들이 일반 중학생들보다 올바른 응답을 했지만 과학영재학생의 34.4%도 무거운 물체가 먼저 땅에 떨어진다고 응답했다. 박진주와 오원근(2010)은 중학생의 중력과 진공 관련 오개념 연구에서 공기 저항을 무시했을 경우에도 50% 이상의 중학생들이 '무거운 공이 먼저 떨어진다.'라고 대답을 하였는데 이는 질량이 커지면 그에 작용하는 중력이 커져 같은 높이에서 떨어뜨릴 경우 무거운 물체가 가벼운 물체보다 더 빨리 지면에 도달한다고 생각하기 때문이라고 하였다. 중학생들은 일상생활에서 무거운 물체가 먼저 떨어지는 경험을 많이 했기 때문에 공기 저항을 무시한다는 전제에도 질량이 큰 물체가 먼저

땅에 떨어진다고 생각을 한다. 과학에서 이상적인 상황으로 공기 저항을 무시한다는 조건을 제시한다고 하여도 중학생들은 이상적인 상황으로 고려하지 않고 경험 중심으로 생각하게 된다. 이는 교사가 중학생들에게 지구 표면에서 물체의 운동을 설명할 때 이상적인 상황으로 공기 저항을 무시 한다는 전제를 하더라도 교사와 같은 이상적인 생각을 하지 않는다는 것이다. 교사가 지구 표면에서 물체의 운동을 설명할 때 공기 저항이 없다고 전제를 해도 중학생들은 경험중심으로 물체의 운동을 이해한다는 것을 고려해야 한다.

그림 1의 (b)와 같이 '물체의 크기는 같고, 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 같은 속력으로 위쪽

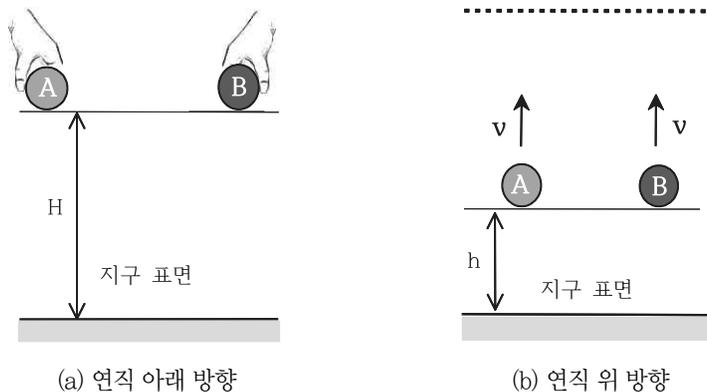


그림 1 지구 표면에서 연직 방향의 물체 운동

으로 동시에 던졌을 때 A와 B의 물체 중 어느 것이 먼저 점선까지 도착하겠는가? 라는 질문에서 동시에 도착한다고 응답한 학생은 일반 중학생의 15.3%, 과학영재학생의 46.9%, 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 응답한 학생은 일반 중학생의 56.4%, 과학영재학생의 46.9%가 응답하였다. 아래 방향에서 두 물체가 동시에 떨어진다고 과학영재학생의 65.6%가 응답을 했지만 위쪽으로 던진 경우에는 과학영재학생의 46.9%가 동시에 도착한다고 응답하였다. 일부 과학영재학생들은 위 방향으로 올리는 경우도 아래와 동일한 운동 개념으로 인식하지 못하고, 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 상황에 따라 다르게 생각하였다. 이는 일부 과학영재학생들은 지구 표면에서 물체의 운동에 대한 개념이 아직 미분화되어 상황에 따라 직관적으로 사고한다고 볼 수 있다.

경사면에서 물체의 운동에 대한 중학생들의 개념은 그림 2의 (a)와 같이 '경사면에서 크기는 같고, 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 동시에 놓았을 때 A와 B중 어느 것이 먼저 땅에 도착하는가?' 라는 질문에서 동시에 도착한다고 일반 중학생의 15.3%, 과학영재학생들의 56.3%, 무거운 물체가 먼저 도착한다고 일반 중학생의 66.3%, 과학영재학생들은 40.6%가 응답하였다. 일반 중학생들은 연직이나 경사면 상황에 상관없이 무거운 물체가 먼저 떨어진다고 응답한 반면, 과학영재학생들은 연직에서 보다 경사면에서 무거운 물체가 먼저 떨어진다고 6%가 높았다. 일부 과학영재학생들은 연직과 경사면에서 동일한 물체의 운동 개념을 인식하지 못하고 상황에 따라 다르게 생각하였다. 김익균과 박종원(2008)은 다양한 상황의 중력 문제에 대한 대학생들의 올바른 사고과정을 유

도하기 위해서는 학생들이 겉으로 보기에 달라 보이는 현상을 하나의 원리로 설명하고 이해하려는 인식이 낮기 때문에 어떤 설명체계나 이론, 법칙 등에 함께 들어 있는 보조가정과 초기조건, 사용한 이상조건이나 근사 등을 변화시켜 보면서 설명체계나 이론, 법칙이 어떻게 달라지는 지를 이해하도록 하는 통합적 이해과정이 필요하다고 강조한 바 있다. 이는 교사가 학생들을 가르칠 때 통합적인 과정을 통해서 개념을 가르쳐야 학습의 효과가 있다는 것을 시사한다.

그림 2의 (b)와 같이 '경사면에서 크기는 같고, 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 같은 속력으로 위쪽으로 던졌을 때 A와 B중 어느 것이 먼저 점선까지 도착하겠는가?' 라는 질문에서 동시에 물체가 도착한다고 일반 중학생의 10.4%, 과학영재학생의 43.8%, 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 일반 중학생의 64.4%, 과학영재학생의 50%가 응답하였다. 경사면에서 위쪽으로 던지는 경우가 연직에서 위 방향으로 던지는 경우보다 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 응답한 학생 수가 많았다. 경사면에서 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 일반 중학생의 8%, 과학영재학생의 4%가 더 많이 응답하였는데, 이는 연직 위 방향 또는 경사면 아래 방향 운동보다 경사면 위 방향 운동에서 일반 중학생들이 물체의 운동에 대한 영향을 더 받는 것으로 나타났다. 이는 일반 중학생들이 과학영재학생들보다 상황에 대한 의존성이 있다고 보인다.

수평면에서 물체의 운동에 대한 중학생들의 개념은 그림 3과 같이 마찰이 없다는 전제에서 '수평면에서 크기는 같고, 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 직선 방향으로 같은 속력으로 굴렸을 때 A와 B 중 어느 것이 먼저 점선까지 도착하는가?' 라는 질문에서

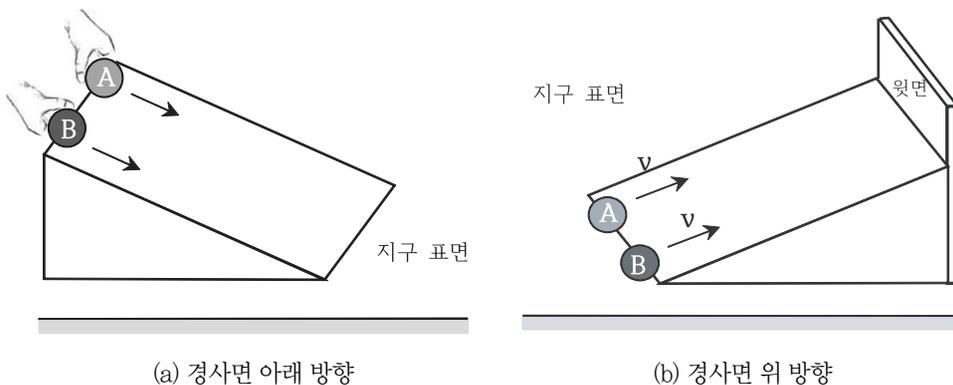


그림 2 지구 표면에서 경사면의 물체 운동

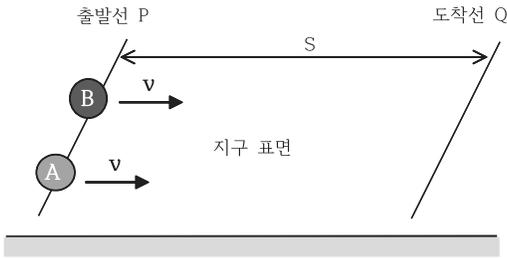


그림 3 지구 표면에서 수평면의 물체 운동

동시에 도착한다고 일반 중학생의 18.4%, 과학영재학생의 46.9%가 응답하였고, 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 일반 중학교의 47.2%, 과학영재학생은 37.5%가 응답하였다. 지구 표면의 수평면에서 일반 중학생들의 46.9%가 가벼운 물체가 빨리 도착한다는 개념을 갖고 있었다. 김재우 등(1997)의 연구에 의하면 중학생들이 수평 운동하는 물체가 정지하는 이유로 사람이 준 힘이 소모되거나, 수평운동을 방해하는 힘 때문이라고 한다. 연구 결과를 보면 중학생들이 지구 표면에서 수평운동을 방해하는 힘 중에서 중력의 영향이 크다고 생각한다. 무거운 물체가 가벼운 물체보다 중력이 크기 때문에 무거운 물체가 방해를 많이 받는다고 생각을 한다. 일반 중학생들은 자유낙하에서 무거운 물체가 빨리 떨어지고, 위 방향으로 물체를 올리거나 수평방향으로 물체를 굴리는 경우 가벼운 물체

가 빨리 도착한다는 개념을 갖고 있다. 일반적으로 중학생들은 경험과 직관적인 사고에 의해서 무거운 물체는 빨리 떨어지고, 무거운 물체보다 가벼운 물체를 멀리 보냈던 경험을 통해서 가벼운 물체가 먼저 도착한다는 개념을 갖고 있다. 과학영재학생들은 연직 아래 방향에서 65.6%가 올바른 답을 했지만, 수평면에서는 46.5%만이 올바른 답을 하였다. 이는 연직 아래 방향 물체의 운동과 같이 교사가 학생들에게 지구 표면 물체의 운동을 설명할 때 이상적인 상황으로 지면과 물체의 마찰을 무시 한다는 전제를 했다고 해서 학생들은 교사와 같이 이상적인 생각을 하지 않고 경험 중심으로 물체의 운동을 이해한다. 교사는 물체의 운동을 설명할 때 학생들이 이상적인 전제를 고려하기 보다는 경험 중심으로 사고하는 경향이 있다는 것을 이해할 필요가 있다.

2. 달 표면에서 물체의 운동

달 표면에서 연직, 경사면, 수평면에 따른 물체의 운동에 대한 중학생들의 개념을 조사하였다. 연직과 경사면은 물체가 아래와 위 방향으로 움직이는 경우로 나누었다. 표 3과 같이 연직 위 방향에서만 일반 중학생들과 과학영재학생들의 응답에 대한 유의미한 차이가 있었고, 연직 아래 방향, 경사면, 수평면에서는 응답에 대한 유의미한 차이가 없었다. 지구 표면에

표 3 달 표면에서 연직, 경사면, 수평면에 따른 물체의 운동에 대한 중학생들의 응답

구분	학생	응답(%)				χ^2	
		A	B	동시**	기타		
연직	아래	일반	16(9.8)	33(20.2)	100(61.3)	14(8.6)	7.09
		영재	-	7(21.9)	25(78.1)	-	
	위	일반	30(18.4)	31(19.0)	85(52.1)	17(10.4)	10.50*
		영재	10(31.3)	1(3.1)	21(65.6)	-	
경사면	아래	일반	15(9.2)	47(28.8)	85(52.1)	16(9.8)	6.33
		영재	-	8(25.0)	23(71.9)	1(3.1)	
	위	일반	34(20.9)	29(17.8)	77(47.2)	23(14.1)	8.89
		영재	10(31.3)	1(3.1)	20(62.5)	1(3.1)	
수평면	일반	28(17.2)	22(13.5)	93(57.1)	20(12.3)	4.21	
	영재	8(25.0)	1(3.1)	21(65.6)	2(6.3)		

*p<0.05, **정답

서 일반 중학생들과 과학영재학생들은 모든 상황에서 응답에 대한 유의미한 차이가 있는 반면, 달 표면에서는 연직 위 방향에 대한 물체의 운동에 대한 응답에서만 유의미한 차이가 나타났다.

연직 방향의 물체의 운동에 대한 중학생들의 개념은 다음과 같다. 달 표면에서 '물체의 크기는 같고 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 동시에 놓았을 때, A와 B중에서 어느 것이 먼저 땅에 떨어지는가?' 라는 질문에서, 동시에 물체가 땅에 떨어진다고 일반 중학생의 61.3%, 과학영재학생의 78.1%, 반면에 무거운 물체가 먼저 땅에 떨어진다고 일반 중학생의 20.2%, 과학영재학생의 21.9%가 응답하였다. 이는 지구 표면에서 보다 달 표면에서 동시에 물체가 땅에 떨어진다고 중학생들의 응답이 높았다. 지구 표면에서 일반 중학생의 19%, 과학영재학생의 65.6%가, 달 표면에서 일반 중학생의 61.3%, 과학영재학생의 78.1%가 동시에 떨어진다고 응답이 높았다. 과학영재학생들과 비교하여 일반 중학생들의 응답 차이가 더 높았다. 일반 중학생들이 달 표면에서 물체의 질량에 상관없이 같은 중력 가속도를 갖는다는 과학적 개념이 높다고보다는 달이라는 상황은 공기 마찰이 없는 공간인 뿐만 아니라 무거운 물체나 가벼운 물체가 받는 중력의 크기는 같다고 생각하기 때문이다. 박진주와 오원근(2010)의 연구에 의하면 중학생들은 중력과 진공의 정확한 개념을 파악하지 못하고 있으며, 달은 진공 상태라 중력이 작용하지 않아 물체가 떠 있거나 같은 크기의 중력을 갖는다는 오개념을 갖고 있다고 하였다. 이는 지구 표면과 다르게 공기 마찰이 없는 달 표면에서 물체의 운동에 대한 바른 개념을 갖고 있다고 보기보다는 달 표면은 중력이 작용하지 않거나 같은 중력을 갖게 되어 동시에 떨어진다고 생각하는 것으로 사료된다.

달 표면에서 '물체의 크기는 같고, 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 같은 속력으로 위쪽으로 동시에 던졌을 때 A와 B중에서 어느 것이 점선까지 도착하는가?' 라는 질문에 동시에 물체가 도착한다고 일반 중학생의 52.1%, 과학영재학생의 65.6%, 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 일반 중학생의 18.4%, 과학영재학생들의 31.3%가 응답하였다. 달 표면에서 동시에 도착한다는 응답은 지구 표면에서의 응답보다는 높았지만, 연직 아래 방향에서 논의 했듯이 달 표면에서는 진공 상태라 물체가 받는 중력의 크기가 같다고

생각하는 것으로 결과를 분석할 수 있다. 달 표면에서 과학영재학생들이 일반 중학생들보다 위쪽으로 물체를 던졌을 때 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 생각한다. 이는 일반 중학생들은 달 표면에서 무거운 물체나 가벼운 물체나 같은 크기의 중력을 받는다고 생각하는 반면에, 과학영재학생들은 질량에 따른 중력의 크기 차이를 구분하여 상황에 따라 적용한다는 것을 알 수 있다. 과학영재학생들은 지구 표면에서 같이 달 표면에서도 질량에 따라 중력의 크기 차이가 있다고 생각하기 때문에 다른 상황에서도 같은 개념을 적용하려는 반면에 일반 중학생들은 상황에 따라 물체의 운동을 직관적으로 생각하려는 경향을 보인다.

경사면에서 물체의 운동에 대한 중학생들의 개념은 다음과 같다. 달 표면의 '경사면에서 크기는 같고, 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 동시에 놓았을 때 A와 B의 물체 중에서 어느 것이 먼저 땅에 떨어지는가?' 라는 질문에 물체가 동시에 땅에 떨어진다고 일반 중학생의 52.1%, 과학영재학생의 71.9%, 반면에 무거운 물체가 먼저 땅에 떨어진다고 일반 중학생은 28.2%, 과학영재학생의 25.0%가 응답하였다. 지구 표면의 경사면 보다 동시에 물체가 땅에 떨어진다고 일반 중학생이나 과학영재학생의 응답이 모두 높았다. 달 표면의 '경사면에서 크기는 같고, 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 같은 속력으로 위쪽으로 던졌을 때 A와 B중에서 어느 것이 먼저 점선까지 도착하는가?' 라는 질문에 동시에 물체가 도착한다고 일반 중학생들의 47.2%, 과학영재학생들의 62.5%가 응답하였다. 지구 표면의 경사면 보다 동시에 물체가 도착한다고 일반 중학생이나 과학영재학생의 응답이 달 표면의 경사면에서 모두 높았다. 연구 결과만 본다면 일반 중학생과 과학영재학생들은 달 표면의 경사면에서 물체의 운동에 대해 통계적 차이가 없어 유사하다고 볼 수 있지만, 일반 중학생들이 지구 표면보다 달 표면에서 물체의 운동 개념에 대한 과학적 개념이 높다고 할 수 없다.

수평면에서 물체의 운동에 대한 중학생들의 개념은 다음과 같다. 달 표면의 '수평면에서 크기는 같고, 질량이 다른 A(m), B(2m)인 두 물체를 직선 방향으로 같은 속력으로 굴렸을 때 A와 B중에서 어느 것이 먼저 점선까지 도착하는가?' 라는 질문에서 동시에 물체가 도착한다고 일반 중학생의 57.1%, 과학영재학생의 65.6%, 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 일반 중학생

의 17.2%, 과학영재학생의 25.0%가 응답하였다. 지구 표면의 수평면에서 보다 달 표면의 수평면에서 동시에 물체가 도착한다는 응답한 중학생들이 많았다. 특히 일반 중학생은 지구 표면에서 18.4%, 달 표면에서 57.1%로 높아졌고, 과학영재학생은 지구 표면에서 46.9%, 달 표면에서 65.6% 높아졌다. 과학영재학생들과 비교하여 일반 중학생들의 응답 차이가 더 높아졌다. 김재우 등(1997)의 연구에서 수평운동 하는 물체가 정지하는 이유는 물체의 운동을 방해하는 힘 때문이고, 중학생들은 수평운동을 방해하는 힘 중에서 중력의 영향이 크다고 생각한다고 하였다. 지구 표면 보다 달 표면에서 동시에 물체가 도착한다는 응답이 높은 것은 앞에서 언급하였듯이 일반 중학생들은 달 표면은 연직으로 작용하는 중력이 없거나 질량의 상관없이 중력의 크기가 같다고 생각하기 때문이다.

달 표면은 지구 표면과 다르게 모든 상황에서 물체가 동시에 도착한다는 중학생들의 응답이 높았다. 무거운 물체나 가벼운 물체나 질량의 크기에 상관없이 동시에 떨어진다는 과학적 개념이 달 표면에서 증가하기 보다는 달 표면은 공기의 마찰이 없을 뿐만 아니라 진공상태가 되어 중력이 없거나 중력의 크기가 같이 동시에 떨어진다고 생각한다. 이는 중학생들이 진공과 달의 중력에 대한 잘 못된 오개념을 갖고 있기 때문이다. 중학생들이 달 표면에서 물체의 무게의 상관없이 동시에 떨어진다는 응답은 달 표면은 진공 상태이며 질량에 상관없이 중력의 크기가 같다고 생각하기 때문이다. 과학영재학생들은 일반 중학생들과 비교하여 지구 표면에서와 같이 달 표면의 연직 위쪽으로 물체를 던지는 경우 가벼운 물체가 먼저 도착한다고 일관성 있게 응답하였다. 이는 과학영재학생들은 지구와 달 표면에서 물체의 질량에 따른 중력의 크기가 다르다는 것을 이해하는 반면 일반 중학생들은 이해하지 못했다. 일반 중학생들은 지구 표면에서 공기 마찰이 없다는 전제에서도 무거운 물체가 먼저 땅에 떨어지고, 달 표면에서는 동시에 떨어진다고 생각하는 것은 지구 표면에서 공기 마찰이 없어도 물체의 질량에 따른 중력의 크기 차이가 있지만, 달 표면에서는 중력의 크기 자체가 같다고 인식하기 때문이다. 일반 중학생들은 달 표면에서 지구 표면의 중력보다 작다는 것을 알고 있지만, 달 표면에서 질량의 크기에 따른 중력의 크기가 다르다는 것을 인식하지 못하는 것으로 사료된다. 달 표면에서 무거운 물체나 가벼운 물

체가 동시에 떨어진다는 것을 알고 있다고 해서 중학생들이 달 표면에서의 물체의 운동에 대한 개념이 있다고 할 수 없다. 물체의 운동을 설명할 때 이상적인 상황으로 우주공간이나 달 표면에서 물체의 운동을 설명할 때가 있다. 교사는 중학생들이 달 표면서 무게와 상관없이 물체가 동시에 떨어진다고 해서 중력과 물체의 운동에 대한 이해를 하고 있다고 보기 보다는 우주, 달, 진공이란 상황에 따른 잘못된 중력에 대한 오개념을 갖고 있다는 것을 이해할 필요가 있다.

3. 지구와 달 표면의 동시 상황에서 물체의 운동

지구와 달 표면의 동시 상황에서 연직, 경사면, 수평면에 따른 물체의 운동에 대한 개념을 조사하였다. 연직과 경사면은 물체가 아래와 위 방향으로 움직이는 경우로 나누었다. 표 4와 같이 연직 위 방향, 경사면, 수평면에서 일반 중학생과 과학영재학생들의 물체의 운동에 대한 개념에 유의미한 차이가 있었고, 연직 아래 방향에서는 유의미한 차이가 없었다. 일반 중학생들과 과학영재학생들은 지구와 달 표면의 동시 상황에서 연직 위 방향, 경사면, 수평면에서 물체의 운동에 대한 개념 차이가 있는 것으로 나타났다.

그림 4와 같이 '지구와 달 표면에서 모양과 질량이 같은 물체를 동시에 놓았을 때, 지구와 달 표면 중 어느 곳에서 물체가 먼저 땅에 떨어지는가?' 라는 질문에서 지구 표면에서 먼저 도착한다고 일반 중학생의 72.4%, 과학영재학생의 93.8%, 동시에 도착한다고 일반 중학생의 14.7%, 과학영재학생의 6.3%가 응답하였다. 같은 물체를 놓았을 때 일반 중학생들이나 과학영재학생들 모두 지구 표면에 물체가 먼저 땅에 떨어진다는 응답이 높았다. 중학생들은 지구와 달 표면의 동시 상황에서 연직 아래 방향에 대한 물체의 운동을 이해한다고 할 수 있다. 하지만 일부 중학생들은 물체의 질량이 같으면 지구와 달 표면에 상관없이 동시에 떨어진다고 생각한다.

그림 5와 같이 '지구와 달 표면에서 모양과 질량 같은 물체를 같은 속력으로 위쪽으로 동시에 던졌을 때, 지구와 달 표면 중 어느 장소에서 먼저 점선까지 도착하는가?' 라는 질문에 달 표면에서 먼저 도착한다고 일반 중학생들의 35.0%, 과학영재학생들의 93.8%가, 지구 표면에서 먼저 도착한다고 일반 중학생들의 44.2%, 과학영재학생의 3.1%가 응답하였다. 일반 중

표 4
지구와 달 표면 동시 상황에서 연직, 경사면, 수평면에 따른 물체의 운동에 대한 중학생들의 응답

내용	구분	응답(%)				χ^2	
		지구	달	동시	기타		
연직	아래	일반	118(72.4)**	17(10.4)	24(14.7)	4(2.5)	7.17
		영재	30(93.8)**	-	2(6.3)	-	
	위	일반	72(44.2)	57(35.0)**	26(16.0)	8(4.9)	
		영재	1(3.1)	30(93.8)**	1(3.1)	-	
경사면	아래	일반	105(64.4)**	19(11.7)	34(20.9)	5(3.1)	11.12*
		영재	30(93.8)**	-	2(6.3)	-	
	위	일반	67(41.1)	63(38.7)**	24(14.7)	9(5.5)	
		영재	1(3.1)	27(84.4)**	4(12.5)	-	
수평면	일반	68(41.7)	41(25.2)	43(26.4)**	11(6.7)	22.49*	
	영재	2(6.3)	8(25.0)	21(65.6)**	1(3.1)		

*p<0.05, **정답



그림 4 지구와 달 표면 동시 상황에서 연직 아래 방향의 물체 운동

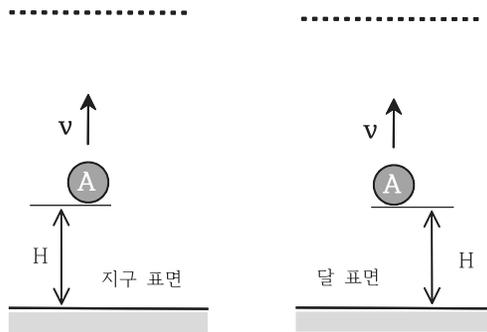


그림 5 지구와 달 표면 동시 상황에서 연직 위 방향의 물체 운동

학생들은 과학영재학생들과 다르게 위쪽으로 던지는 경우에도 지구에서 먼저 도착한다고 생각한다. 일반 중학생들은 지구 표면보다 달 표면에서 물체가 천천히 땅에 떨어진다고 생각하기 때문에 위로 올리는 경

우도 천천히 도착할거라고 생각하는 것으로 사료된다. 이는 일반 중학생들이 위 방향 상황을 아래 방향 상황과 ‘동일시’ 하는 사고 경향을 보이는 것을 볼 수 있다. 지구 표면보다 달 표면에서 물체가 천천히 떨어

지는 모습을 위로 올리는 경우에도 천천히 올라간다고 생각하는 직관적으로 ‘동일시’ 하는 사고 경향 때문이라 할 수 있다.

경사면에서 물체의 운동에 대한 중학생들의 개념은 다음과 같다. 그림 6과 같이 ‘지구와 달 표면에서 모양과 질량이 같은 물체를 같은 높이의 경사면 위에서 동시에 놓았을 때, 지구와 달 표면 중 어느 장소에서 먼저 바닥에 도착하는가?’ 라는 질문에서, 지구 표면에서 먼저 떨어진다고 일반 중학생의 64.4%, 과학영재학생의 93.8%가 응답하였고, 동시에 떨어진다고 한 일반 중학생의 20.9%, 과학영재학생들의 6.3%가 응답하였다. 과학영재학생들은 연직이나 경사면에서 상황에 따른 개념의 변화가 없었지만 일반 중학생들은 연직에서 보다 경사면에서 동시에 떨어진다는 응답이 높았다.

그림 7과 같이 ‘지구와 달 표면에서 모양과 질량이 같은 물체를 경사면 아래에서 동시에 같은 속력으로 위쪽으로 던졌을 때, 지구와 달 표면 중 어느 곳에서 먼저 점선에 도착하는가?’ 라는 질문에 달 표면에서 먼저 도착한다고 일반 중학생들의 38.7%, 과학영재학생의 84.4%, 지구 표면에서 먼저 도착한다고 일반

중학생의 41.1%, 과학영재학생의 3.1%, 동시에 도착한다고 일반 중학생의 14.7%, 과학영재학생들의 12.5%가 응답하였다. 일반 중학생들은 연직 위 방향과 같이 경사면 위 방향에도 지구 표면에서 먼저 도착한다는 응답이 높았고, 과학영재학생들은 경사면 위 방향에서 동시에 도착한다고 생각하는 것이 연직 위 방향보다 응답이 조금 높았다.

수평면에서 물체의 운동에 대한 중학생들의 개념은 다음과 같다. 그림 8과 같이 ‘지구와 달 표면에서 크기와 질량이 같은 물체를 수평면에서 동시에 같은 속력으로 굴렸을 때, 지구와 달 표면 중 어느 장소에서 먼저 선에 도착하겠는가?’ 라는 질문에서, 동시에 도착한다고 일반 중학생들의 26.4%, 과학영재학생들의 65.6%, 지구 표면에서 먼저 도착한다고 일반 중학생들의 41.7%, 과학영재학생들의 6.3%가 응답하였다. 달에서 먼저 도착한다고 응답한 일반 중학생들은 25.2%, 과학영재학생들은 25.0%로 나타났다. 일반 중학생들은 지구 표면보다 달 표면에서 연직 아래 방향으로 물체가 천천히 내려간다는 개념으로 수평면에서도 달 표면에서 지구 표면보다 물체의 속도가 느리다고 생각한다. 일반 중학생들은 공간에 따른 물체의

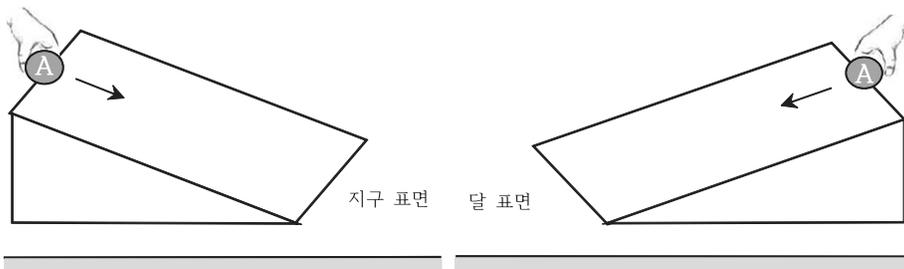


그림 6 지구와 달 표면 동시 상황에서 경사면 아래 방향의 물체 운동

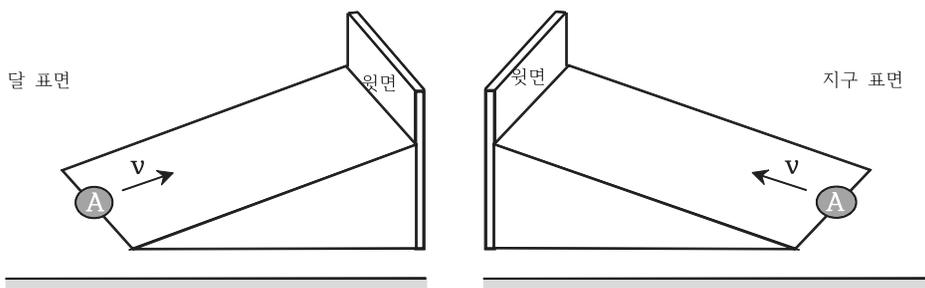


그림 7 지구와 달 표면 동시 상황에서 경사면 위 방향의 물체 운동

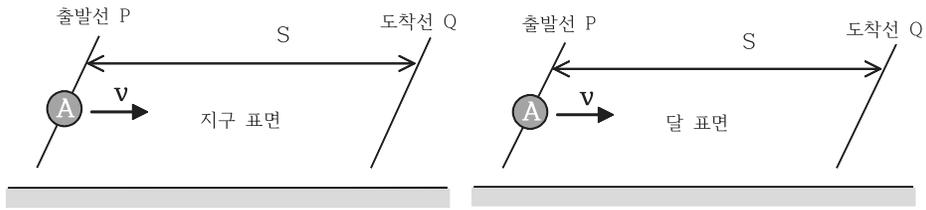


그림 8 지구와 달 표면 동시 상황에서 수평면 직선 방향의 물체 운동

운동에 대한 개념이 미분화되어 상황에 따라 물체에 작용하는 중력의 크기를 고려하지 못하고, 연직 아래 방향의 물체의 운동과 직관적으로 ‘동일시’ 하는 경향을 보인다. 반면 과학영재학생들은 지구 표면보다 달 표면의 중력의 크기가 작기 때문에 직선 방향의 물체의 운동방향에 작게 작용하여 달 표면에서 속도가 빠르다고 생각한다. 이는 중학생들이 수평면의 마찰이 없는 상황에서 수평방향으로 운동하는 물체는 중력의 크기에 영향을 받지 않는다는 개념이 부족하고, 아직 상황에 따라 현상적으로 사고하는 경향이 있다고 볼 수 있다.

IV. 결론 및 제언

수업전 학생들이 갖고 있는 선개념을 파악하는 것은 교수전략을 계획하는데 중요한 역할을 한다. 지구 표면에서 물체를 던지거나 굴리는 경험은 학생들이 일상생활에서 쉽게 접하는 물체의 운동이며 학생들 나름대로 물체의 운동에 대한 선개념을 갖게 된다. 학생들이 잘못된 선개념을 갖고 있다고 하여 바꿔야 할 개념으로 생각하기 보다는 학생들의 미분화된 개념이 분화된 개념으로 되기 위한 하나의 기저이며 학습을 돕기 위한 정보라고 생각해야 한다. 학생들은 상황에 따라 달리 대답하는 경향이 있다. 학생들은 개념에 대하여 아직 미분화 되어 상황에 따라 자신의 경험과 직관을 통해서 상황에 따라 다르게 적용을 하거나, 자신이 가지고 있는 개념을 그대로 그 상황에 적용하려고 한다. 교사가 여러 상황과 조건 속에서 물체의 운동에 대한 학생들의 선개념을 이해한다면, 학생들에게 분화된 개념을 갖도록 지도하거나 올바른 과학적 개념을 갖도록 교수전략을 세우는 데 도움이 될 것이다. 이 연구에서는 지구와 달 표면에서 연직, 경사면, 수

평면에 따른 물체의 운동에 대한 일반 중학생들과 과학영재학생들의 물체의 운동 개념을 조사하였다. 지구와 달 표면에서 각각의 상황에서 크기는 같고 질량이 다른 두 물체를 동시에 놓거나, 같은 속력으로 위쪽으로 던지거나, 수평면에서 굴렸을 때 ‘어느 것이 먼저 도착하는가?’에 대한 개념을 조사하였다. 지구와 달 동시 상황에서는 지구와 달 표면에서 같은 물체를 동시에 놓거나, 던지거나, 굴렸을 때 ‘어느 장소에 먼저 도착하는가?’를 조사하였다. 연구 결과 과학영재학생들이 일반 중학생들 보다 지구 표면에서 연직, 경사면, 수평면의 모든 상황에서 유의미한 차이가 있었고, 달 표면에서는 연직 위 방향에만 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 지구와 달 표면 동시 상황에서 연직 아래 방향에서는 유의미한 차이가 없었고, 연직 위 방향, 경사면, 수평면에서는 유의미한 차이가 있었다.

연구 결과를 통해서 얻은 결론은 다음과 같다. 첫째, 지구와 달 표면에서 물체의 운동에 대한 설명을 할 때 진공에 대한 의미와 중력의 크기에 대한 학습이 먼저 이루어져야 한다. 달 표면은 지구 표면과 다르게 진공에 대한 의미와 중력의 크기에 대해 주의해서 가르쳐야 한다. 중학교 1학년 과학 교과서 힘과 운동 단원에서 여러 가지 힘에 대한 내용을 배울 때 중력은 물체가 지구 중심으로부터 받는 힘의 크기이고, 달의 중력은 지구의 중력에 1/6이라고 배운다. 그리고 공기 마찰이 없으면 무거운 물체나 가벼운 물체는 동시에 떨어진다고 설명한다. 여기서 학생들은 공기가 없으면 중력이 같게 되어 동시 떨어진다고 생각하게 되고, 달에서는 공기가 없기 때문에 물체가 받는 중력의 크기가 같다고 생각을 하게 된다. 연구 결과만 본다면 지구 표면보다 달 표면에서 물체의 운동에 대한 일반 중학생들의 정답률이 높았다. 하지만 일반 중학생들은 달 표면이라는 공간은 진공 상태가 되어 중력이 같

거나, 작용하지 않아 물체가 동시에 떨어지거나 떠 있다고 생각한다. 교사는 중학생들에게 지구 표면에서 공기 마찰이 없다면 달 표면에서처럼 무거운 물체나 가벼운 물체가 동시에 떨어진다고 설명한다. 하지만 학생들은 ‘공기 마찰이 없다’는 전제를 다시 말해서 진공이라 의미를 중력이 같다는 의미로 받아드린다. 달의 진공 상태에서도 중력은 작용하며, 지구와 달 표면에 같은 물체가 받는 힘의 크기가 다르다는 것을 주의해서 가르쳐야 한다.

둘째, 중학생들에게 다양한 상황과 조건에서 물체의 운동을 통합적으로 이해하도록 지도해야 한다. 과학교사는 주로 이상적인 상황 속에서 물리 개념을 가르친다. 그 이유는 실제 상황 속에서는 여러 변인들에 의해서 다른 현상이 나타나거나, 다른 변인이 학생들의 이해를 방해하기 때문이다. 하지만 같은 이상적인 상황 속에서 여러 상황은 변인에 의해서 이해의 부담이 증가하기 보다는 물체의 운동을 하나의 원리를 적용하므로 상황에 따른 인지적 부담을 줄여주는 역할을 하게 된다. 중학생들은 지구와 달 표면 상황과 연직, 경사면, 수평면 조건에서 물체의 운동을 다르게 생각하는 경향이 있다. 이는 중학생들이 상황에 따라 달리보이는 차이를 극복하고 일반적인 법칙을 이끌어내는 능력이 부족하기 때문이다. 교사가 중학생들에게 물체의 운동을 설명할 때 지구 표면에서만 운동뿐만 아니라 달 표면, 우주 공간에서의 물체의 운동을 비교하여 힘과 물체의 운동을 설명한다면 물체의 운동을 통합적으로 이해하는데 도움이 된다. 같은 상황에서도 조건을 연직, 경사면, 수평면으로 나누어 힘과 물체의 운동을 적용하도록 한다면 물체의 운동에 대해 분화된 개념을 갖는데 도움이 될 것이다. 학생들이 물체의 운동 개념을 획득하여 한 가지 상황에 대하여 잘 설명하였다고 하여 물체의 운동에 대한 올바른 개념을 가졌다고 할 수 없다. 교사는 학생들에게 다양한 상황과 조건에서도 같은 물체의 운동 개념을 적용할 수 있도록 가르쳐야 한다. 물체의 운동을 지구 공간에서만 생각할 것이 아니라 달 표면이나 우주 공간에서 물체의 운동 상황과 연직, 경사면, 수평면의 조건에 따라 물체의 운동을 생각하게 해봄으로써 중학생들이 물체의 운동에 대한 분화된 개념을 갖게 될 뿐만 아니라 같은 원리를 적용하므로 상황에 따른 인지적 부담을 줄여주는 역할을 하게 된다.

셋째, 중학생들은 상황을 ‘동일시’ 하려는 사고 경

향이 있다. 일반 중학생들은 같은 물체를 동시에 놓았을 때 지구 표면보다 달 표면에서 물체가 천천히 떨어진다는 것을 알고 있어, 위쪽으로 동시에 물체를 던지는 경우에도 지구 표면보다 달 표면에서 물체가 천천히 올라간다고 생각하는 경향이 있다. 하지만 과학영재학생들은 중력의 크기에 대한 올바른 개념을 갖고 있어 상황에 따라 과학적 개념을 적용하였다. 이는 일반 중학생들이 중력과 물체의 운동을 이해하지 못해서 생긴 오개념이고 상황을 ‘동일시’ 하는 사고 경향에서 비롯된 것으로 보인다. 무거운 물체가 땅에 먼저 떨어진다고, 힘의 작용 방향과 물체의 운동 방향이 항상 같다고 생각하는 것은 ‘동일시’ 하는 사고 경향에서 생겨난 것이다. “큰 것은 무겁다.”, “무거우면 빠르다”라는 사고는 학생들이 개념을 형성하는데 근본적인 원인이기 때문에 교사가 물체의 운동을 설명할 때 학생들의 ‘동일시’ 하는 사고 경향을 이해하여 물체의 운동 개념을 가르쳐야 한다.

이 연구에서는 일반 중학생과 중등 과학영재학생들을 대상으로 연구를 하였지만, 중학생과 고등학생을 대상으로 비교 연구도 필요하며, 초등 예비교사와 중등 과학 예비교사를 대상으로 조사해 보는 것도 의미가 있다. 힘과 물체의 운동은 물리 영역에서 매우 중요한 단원이며, 교사의 개념이 학생들의 개념 형성에 영향을 미치기 때문이다.

국문 요약

이 연구는 지구와 달 표면에서 물체의 운동에 대한 일반 중학생들과 과학영재학생들의 개념을 조사하였다. 연구 대상은 일반 중학교 중학생 1학년 61명, 2학년 51명, 3학년 51명 총 163명과 대학부속 과학영재교육원 중등 과학영재학생 32명으로 하였다. 연구 내용은 지구와 달 표면에서 연직, 경사면, 수평면에 따른 물체의 운동에 대한 개념으로 하였다. 각각 지구와 달 표면에서 크기는 같고 질량이 다른 두 물체를 동시에 놓거나, 같은 속력으로 위쪽으로 던지거나, 수평면에서 굴렀을 때 ‘어느 것이 먼저 도착하는가?’를 조사하였다. 지구와 달 동시 상황에서는 같은 물체를 지구와 달 표면에서 동시에 놓거나, 던지거나, 굴렀을 때 ‘어느 장소에 먼저 도착하는가?’를 조사하였다. 연구 결과 과학영재학생들이 일반 중학생들 보다 지구 표면에서 연직, 경사면, 수평면의 모든 조건에서 물체의

운동에 대한 개념에 유의미한 차이가 있었고, 달 표면에서 연직 위 방향에서 물체의 운동에 대한 개념에 유의미한 차이가 있었다. 지구와 달 표면 동시 상황에서는 연직 아래 방향에서 물체의 운동에 대한 개념에 유의미한 차이는 없었고, 연직 위 방향, 경사면, 수평면에서 물체의 운동에 대한 개념에 유의미한 차이가 있었다. 연구 결과를 통해서 얻은 결론은 첫째, 지구와 달 표면에서 물체의 운동에 대한 설명을 할 때 진공에 대한 의미와 중력의 크기에 대한 학습이 먼저 이루어져야 한다. 둘째, 중학생들에게 다양한 상황과 조건에서 물체의 운동을 통합적으로 이해하도록 지도해야 한다. 셋째, 중학생들은 상황을 '동일시'하려는 사고 경향이 있다. 마지막으로 힘과 물체의 운동은 물리 영역에서 매우 중요한 단원이며, 교사가 물체의 운동을 설명할 때 위 결과들을 유념해서 가르쳐야 한다.

참고 문헌

- 곽영순 (2008). 과학과 교과교육학 지식 유형별 교사 전문성의 특징 연구. *한국과학교육학회지*, 28(6), 592-602.
- 김세욱, 홍승호 (2006). 초등 과학 영재 학생들의 '작은 생물'에 대한 오개념 연구. *초등과학교육*, 25(5), 485-494.
- 김익균, 박종원 (2008). 다양한 상황의 중력 문제에 대한 대학생들의 통합적 이해과정. *새물리*, 56(6), 475-482.
- 김익균, 박종원 (2009). 중력에 대한 대학생의 상황 의존적 오개념의 변화과정. *새물리*, 58(6), 638-648.
- 김재우, 오원근, 박승재 (1997). 수평 및 낙하 운동에 대한 과학사적 대립개념의 대비적 토론이 무중력 상황 도입을 통한 중학교 1학년 학생의 개념 변화에 미친 효과. *한국과학교육학회지*, 17(1), 31-44.
- 김재우, 오원근 (2005). 중력에 대한 중학교 1학년 학생들의 생각과 과학 교과서의 제시 내용 비교. *새물리*, 51(1), 30-36.
- 노금자, 김효남 (1996). 과학적 상황과 일상적 상황에 따른 초등학생들의 용해 개념. *한국초등과학교육학회지*, 15(2), 233-250.
- 박종원 (2002). 학생 개념체계의 연속적 세련화와 정교화를 통한 개념 변화 분석 -이론적 논의를 중심으로-. *한국과학교육학회지*, 22(2), 357-377.
- 박진주, 오원근 (2010). 중학생의 중력과 진공 관련 오개념. *새물리*, 60(6), 612-621.
- 유병길 (2000). 개념변화: 급진적 구성주의에 의한 해석(I). *한국초등과학교육학회지*, 19(1), 85-99.
- 유병길 (2005). 개념변화: 사이버네틱스 관점에 의한 해석(II). *초등과학교육*, 24(4), 417-125.
- 윤혜경 (2011). 초등 예비교사의 아동의 과학 개념 조사. *한국과학교육학회지*, 31(2), 164-180.
- 이명자 (1999). 물체의 자유낙하에 대한 아동의 정신모형 연구. *한국과학교육학회지*, 19(3), 389-399.
- 이영직 (2000). 뉴턴 운동 법칙에서 학년에 따라 나타나는 학생들의 오개념 견고성. *한국초등과학교육학회지*, 19(2), 93-105.
- 이재석, 신동희, 이봉우 (2008). 과학 교과서에 제시된 중력과 중력의 방향에 대한 개념 분석. *새물리*, 56(4), 343-349.
- 조희형, 최경희 (2002). 구성주의와 과학교육. *한국과학교육학회지*, 22(4), 820-836.
- Alonzo, A. C. & Steedle, J. T (2009). Developing and Assessing a Force and Motion Learning Progression. *Science Education*, 93(3), 389-421.
- Baldy, E. (2007). A New Educational Perspective for Teaching Gravity. *International Journal of Science Education*, 29(14), 1767-1788.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). Children's ideas in science. Milton Keynes, Philadelphia: Open University Press, 193-201.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2), 105-225.
- diSessa, A. A., Gellespie, N. M. & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28(4), 843-900.
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. & Redish, E. (2004). Resources, framing and transfer. In J. Mestre (Eds.), *Transfer of learning: Research and Perspectives*. Greenwich, CT:

Information Age Publishing. 89-120.

Ioannides, C. & Vosniadou, C. (2002). The changing meaning of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 5-61.

Ozdemir, G. & Clark, D. (2009). Knowledge Structure Coherence in Turkish Students' Understanding of Force. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(5), 570-596.

Pringle, R. M. (2006). Preservice teachers' exploration of children's alternative conceptions: Cornerstone for planning to teach science. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 291-307.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-21.

Song, J. W., Jang, K. A. & Pak, S. J. (1996). Students' Conceptions and the Historical Change of the Concept: Free-fall Motion. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 16(2), 164-174.

Taber, K. S. (2001). The mismatch between assumed prior knowledge and the learner's conceptions: A typology of learning impediments. *Educational Studies*, 27(2), 159-171.