

Newton의 제 3 법칙에 대한 誤認의 원인분석

오 강 수
충남 덕산 고등학교
권 재 술
한국 교원 대학교

(1988년 4월 1일 받음)

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

인간은 누구나 태어나면서부터 자연과 접하고 그 환경 속에서 성장하고 있다. 어려서부터 여러 자연현상을 몸소 체험하고 체험한 사실을 토대로 그들 나름대로 자연현상을 이해하려 한다.

어린이들이 체험을 통하여 자연현상을 이해한 것이 옳은 것일 수도 있고 잘못된 것일 수도 있다.

학생들은 과학학습을 통하여 그들의 시야를 넓히고 자연현상을 폭넓게 경험하며 자연의 이치를 깨닫게 된다.

그러나, 과학학습에도 불구하고 자연현상에 관한 잘못된 개념을 버리지 못하고 있음을 일선 학교에서 쉽게 찾아 볼 수 있다.

이러한 잘못된 개념을 쉽게 버리지 못하는 것은 학생들이 어떤 현상에 대한 그들 고유의 개념체계를 가

지고 있기 때문일 것이다.

학습에 임하기 전에 이미 학생들이 가지고 있는 개념을 선입관(preconception)이라고 한다면 Ausubel 등(1978)에 의하면 선입관은 매우 완강히 소멸되기를 거부한다고 한다.

위에서 언급한 선입관이 과학적 개념과 다른 잘못된 개념을 오인(misconception)이라 부른다(조희형, 1984).

선입관이 오인일 때 선입관이 학습에 얼마나 큰 영향을 미칠 수 있는가를 짐작할 수 있다.

그러므로 학생들이 학습을 함에 있어서 그 학습 주제에 관련된 개념상 어떤 문제점을 가지고 있나 하는 것을 알아보는 것이 대단히 중요하다.

Watts와 Zylbersztajn(1981), Maloney(1984), Terry와 Jones(1986)의 연구결과에 의하면 학생들이 Newton의 제3법칙에 관한 오인을 많이 가지고 있음을 알 수 있다. 학생들이 가지고 있는 오인을 교사가 미리 알고 학습지도에 임한다면 효과적인 학습결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

그러므로 본 연구에서는 학생들이 가지고 있는 뉴턴의 제3법칙에 관한 오인의 원인이 무엇인가를 밝히고자 한다.

2. 연구문제

연구문제는 다음과 같다.

가. 응답자 변인이 작용 반작용에 관한 응답에 영향을 주는가?

- (1) 학생들의 응답이 학교급별에 따라 의미있는 차이가 있는가?
- (2) 학생들의 응답이 성별에 따라 의미있는 차이가 있는가?
- (3) 학생들의 응답이 계열별에 따라 의미있는 차이가 있는가?
- (4) 학생들의 응답이 과별에 따라 의미있는 차이가 있는가?

나. 힘을 작용하는 주체와 대상의 특성이 작용 반작용에 관한 응답에 영향을 주는가?

- (1) 힘을 작용하는 주체와 대상의 질량이 작용 반작용에 관한 응답에 영향을 주는가?
- (2) 힘을 작용하는 주체와 대상이 생물이나 무생물이나에 따라 작용 반작용에 관한 응답에 차이가 있는가?
- (3) 힘을 작용하는 주체와 대상 사이에 물리적인 접촉이 있는 경우와 없는 경우에 따라 작용 반작용에 관한 응답에 차이가 있는가?

다. 당기는 원인 행위가 작용 반작용에 관한 응답에 영향을 주는가?

3. 연구의 제한점

본 연구에서 사용한 검사도구는 자체 제작한 것으로 도구의 타당성면에서는 전문가에 의해 검토되었으나 신뢰도는 측정하지 못하였다.

검사 대상으로 충남 서해안 도서지역 4개 학교와 충북 도시지역 2개 학교에서 표집하였기 때문에 본 연구 결과를 우리나라 전체로 해석하는 데는 무리가 있으며 연구 내용의 영역이 Newton의 제3법칙에 제한되므로 사용된 변인에 따른 결과를 다른 개념에 확대 해석하는 것은 곤란하다.

II. 선행연구

학생들의 오인(misconception)에 관한 과학분야의 연구들은 오랜 역사를 가지고 있다고 볼 수 있다. 아마도 그 기원은 Piaget의 세계에 관한 아이들의 개념(the child's ception of the world piaget 1929)에 대한 연구들에서 출발한다고 볼 수 있을 것이다.

Piaget는 관찰과 임상적 방법으로 4세에서부터 청소년까지 그들의 세계에 관해 가지고 있는 개념을 조사하였다. 그들은 성장함에 따라 자기중심주의에서 객관성있게 사건에 대한 설명을 하였으며 물활론(a-nimism)적인 설명이 많다고 하였다.

과학에 있어서 많은 분야에 걸쳐 오인에 대한 연구가 이루어져 왔다. 특히 역학(dynamics)분야의 오인에 관한 연구들이 주목을 받아왔다.

Watts와 Zylbersztayn(1981)은 중학교3학년 학생에게 포구로부터 땅으로 날으는 대포알에 미치는 힘을 물었다. 이 문제들에 대하여 응답한 학생들의 85%가 힘과 운동을 연관시키고 있음을 보여 주었다.

또 줄다리기 문제에서 82%의 학생들이 만약 왼쪽 사람이 이겼다면 그것은 그가 줄에 더 큰 힘을 가하였기 때문이라고 느꼈다.

Maloney(1984)는 Newton의 제3법칙에 관한 연구에서 고등학교시절 물리과정 이수 여부에 따른 응답 결과에서 고등학교 배경이 무엇이든 응답 경향이 같게 나왔음을 알 수 있었다고 했다. 대학 물리학을 배운 학생들과 배우지 않은 학생들 사이를 비교해 보면, 좀더 경험 있는 집단에서는 질량을 결정하기 위한 유일한 기초로 사용하는 학생이 적었다고 보고했다.

Terry와 Jones(1986)은 16세의 물리과정을 이수한 학생을 대상으로 뉴턴의 제3법칙에 당면하는 어려움을 시험했다.

몸무게가 같은 학생이 로러스케이트를 타고 한쪽 사람만 당길 때 90% 학생이 모두 상대방 쪽으로 움직인다고 응답했다. 또 몸무게가 다른 때에도 절반 가량이 무거운 사람은 정지하고 가벼운 사람만 끌려간다고 응답했다.

지표 위에서 있는 사람의 몸무게에 대한 압힘을 Newton의 제3법칙으로 증명하는 문제는 5%가 높은 답을 했고 자석이 붙어 있는 수레위에 자석을 든 사람이 탔을 때 수레가 움직이지 않는다고 응답한 사람은

10%에 불과했으며, 끈충이 움직이는 자동차문에 부딪혔을 때 자동차가 끈충에 미치는 힘이 더 크다고 60%가 응답했다.

위의 결과를 종합해 보면 Newton의 제3법칙에 관련된 힘에 대해 매우 불분명하며 반작용이 있다는 사실과 그 크기를 잘 모르고 있음을 알 수 있다.

Ⅲ. 연구방법 및 절차

1. 연구 대상

연구의 대상 학생은 대천 시내 남녀 중고등학교 1개교씩과 충청도내 대학교 2개교를 선정하였다. 학급수는 중학교 2학년 남녀 각 2학급씩, 고등학교 2학년 인문·자연계별로 1학급씩, 대학교는 물리과·생물과·국어과 2학년 학생들로 표집했다.

연구 대상 학생의 현황은 다음과 같다.

(표 1) 학교급별, 남녀별 연구대상 학생수

성별	중	고			대		계
		인문	자연	물리	생물	국어	
남	111	53	57	41	25	26	313
여	108	56	57	13	21	41	296
계	219	109	114	54	46	67	609

2. 검사 도구

연구 대상자가 가지고 있는 뉴우튼의 제3법칙에 관한 오인이 무엇인가를 알아보기 위해 A, B형 두 형태의 문항을 제작하였다.

A형은 작용이 있으면 반작용이 있다는 것을 알고 있으나 알아보는 문제로 9문항으로 이루어져 있다.

B형은 작용과 반작용의 힘의 크기가 같은가를 알고 있으나 알아보는 문제로 5문항으로 이루어져 있다.

답지는 A형 문항이 5지이고, B형 문항은 4지로 제작하였다.

검사 대상자가 각 문제마다 답지를 선택한 오인의 원인을 보기 위해 답안지에 그 이유를 쓰도록 하였다.

가. A형 문항

문항 A₁에서 문항 A₇까지는 힘을 작용하는 주체와 대상이 끈으로 연결되어 있고, 문항 A₈과 문항 A₉는

물리적인 접촉이 없는 상태의 문제이다.

문항 A₁과 문항 A₂는 질량이 같은 경우, 문항 A₃와 문항 A₄는 질량이 조금 차이가 나는 경우, 문항 A₅와 문항 A₆는 질량차가 많이 나는 경우이다.

문항 A₇은 힘을 작용하는 대상이 무생물인 경우로서 힘을 작용하는 대상이 생물인 경우와 작용 반작용에 관한 응답에 차이가 있나 알아보기 위한 문제이다.

문항 A₈은 강한 자석과 약한 자석사이의 작용 반작용에 관한 문제이고 문항 A₉는 자석과 쇠도막 사이의 작용과 반작용에 관한 문항이다.

나. B형 문항

문항 B₁은 정지해 있는 질량이 큰 물체에 질량이 아주 작은 물체가 날아가 부딪치는 경우이고, 문항 B₂는 움직이는 질량이 크고 단단한 물체가 정지해 있는 단단하지 않은 물체에 부딪치는 경우이다. 문항 B₃는 일상생활에서 흔히 경험할 수 있는 것으로 축구공을 발로 차는 경우이다. 문항 B₄는 움직이는 야구공이 정지한 질량이 같은 야구공에 부딪치는 경우이다. 문항 B₅는 몸에 지니고 있던 작은 물체를 던지는 경우이다.

3. 검사 절차

검사 실시 전에 검사의 목적, 주의사항, 그리고 이 검사가 시험이 아님을 충분히 주지시켰으며 A형 문항을 먼저 검사한 후 B형 문항을 검사하였다.

4. 채점 및 통계처리

학교급별, 성별, 계열별, 과별로 선택한 답지를 개인별로 Computer에 입력하여 결과 처리하였으며 통계는 SPSS/PC(Statistical Package for the Social Sciences / Personal Computer)를 이용하여 카이제곱(χ^2)법으로 통계처리하였다. 선택한 응답이 정답인 경우 답이 되는 이유가 맞지 않더라도 정답으로 처리하였다.

IV. 연구결과 및 논의

1. 응답자 변인에 따른 영향

가. 학교급별에 따른 영향

(1) A형 문항 분석

(가) 문항 A₁, A₂ 응답 결과

문항 A₁과 문항 A₂는 질량이 같은 어린이가 교대로 끈을 당겼을 경우로 <표2>에서 보는 바와 같이 전체 정답률이 문항 A₁은 62.9%, 문항 A₂는 60.9%로 비슷하다.

학교급별로 정답률을 보면 문항 A₁은 중학생이 44.7%, 고등학생이 70.4%, 대학생이 74.3%이고 문항 A₂는 중학생이 43.8%, 고등학생이 69.5%, 대학생이 71.9%로 두 문항 모두 중학생의 정답률이 고등학생이나 대학生の 정답률보다 훨씬 낮게 나타났다. 그리고 유의수준 0.01에서 학교급별에 따라 답지를 선택하는 경향이 통계적으로 의미있는 차가 있다.

Terry와 Jones(1986)에 의한 연구에서 표집된 영국 고등학생의 경우 로러스케이트를 타고 한쪽 사람만 당길 때 90%의 정답률을 보였다. 본 연구결과와 고등학생의 약70%가 정답을 하였다.

임인재등(1986)에 의하면 각국의 선택검사 물리검사의 결과 영국 고등학생이 58%, 한국 고등학생이 40%의 정답률을 보이고 있어 여기서도 한국 고등학생의 정답률이 18%가 낮게 나타났다.

<표 2> 문항 A₁, A₂의 학교급별에 따른 응답빈도 분포표

문항	학교	가	나	다	라	마	계	통계치
A ₁	중	50 (22.8)	20 (9.1)	98 (44.7)	29 (13.2)	22 (10.0)	219 (100)	x ² 52.82538 D.F. 8 P. 0.0005 Min.E.F. 12.614
	고	28 (12.6)	14 (6.3)	157 (70.4)	8 (3.6)	16 (7.2)	223 (100)	
	대	11 (6.6)	12 (7.2)	124 (74.3)	10 (6.0)	10 (6.0)	167 (100)	
	계	89 (41.6)	46 (21.6)	379 (182.2)	47 (22.8)	48 (23.4)	609 (300)	
A ₂	중	25 (11.4)	27 (12.3)	20 (9.1)	96 (43.8)	51 (23.3)	219 (100)	x ² 48.08032 D.F. 8 P. 0.0005 Min.E.F. 13.437
	고	13 (5.8)	15 (6.7)	17 (7.6)	155 (69.5)	23 (10.3)	223 (100)	
	대	11 (6.6)	9 (5.4)	14 (8.4)	120 (71.9)	13 (7.8)	167 (100)	
	계	49 (22.8)	51 (24.2)	51 (24.2)	371 (174.9)	87 (40.7)	609 (300)	

x² : 카이 제곱 D.F. : 자유도 P : 유의수준
Min.E.F. : 최저기대빈도 () 안의 수는 %임. * : 정답

<표 3> 문항 A₃, A₄의 학교급별에 따른 응답빈도 분포표

문항	학교	가	나	다	라	마	계	통계치
A ₃	중	20 (9.1)	26 (11.9)	18 (8.2)	86 (39.3)	60 (27.5)	219 (100)	x ² 41.32029 D.F. 8 P. 0.0005 Min.E.F. 9.323
	고	8 (3.6)	11 (4.9)	6 (2.7)	111 (49.8)	87 (39.0)	223 (100)	
	대	6 (3.6)	12 (7.2)	13 (7.8)	48 (29.3)	87 (52.1)	167 (100)	
	계	34 (15.6)	49 (22.8)	37 (17.4)	245 (114.4)	243 (113.9)	609 (300)	
A ₄	중	125 (57.1)	17 (7.8)	10 (4.6)	10 (4.6)	57 (26.0)	219 (100)	x ² 37.04122 D.F. 8 P. 0.0005 Min.E.F. 4.662
	고	127 (57.0)	6 (2.7)	4 (1.8)	3 (1.3)	83 (37.2)	223 (100)	
	대	83 (37.7)	12 (7.2)	4 (2.4)	4 (2.4)	84 (50.3)	167 (100)	
	계	315 (147.7)	35 (16.1)	18 (8.4)	17 (7.8)	224 (102.0)	609 (300)	

• 정답

(나) 문항 A₃, A₄ 응답 결과

문항 A₃와 문항 A₄는 질량이 다른 어린이와 어린이 교대로 끈을 당기는 경우로 정답률은 <표3>에서 보는 바와 같이 문항 A₃의 정답률은 39.9%, 문항 A₄의 정답률은 36.8%로 문항 A₁과 문항 A₂의 정답률 62.2%, 60.9%에 비해 낮다. 위와같은 차이는 힘을 받는 대상의 질량이 다르기 때문인 것으로 풀이된다.

학교급별로 문항 A₃에 대한 정답률을 보면 중학생이 31.5%, 고등학생이 39.0%, 대학생이 52.1%이고, 문항 A₄에 대한 정답률은 중학생이 26.0%, 고등학생이 37.2%, 대학생이 50.3%로 학교급별로 차이가 크다. Terry와 Jones(1986)의 연구결과 약 50%의 고등학생들이 정답을 한 것과 비교하면 본 연구대상 고등학생의 정답률은 37.2%로 12.8%가 낮다.

(다) 문항 A₅, A₆ 응답 결과

문항 A₅와 A₆는 질량이 크게 다른 쥐와 코끼리가 교대로 끌어당기는 경우로 학생들이 응답한 결과를 <표4>를 통해 보면 문항 A₅의 정답률은 23.8%, 문항 A₆의 정답률은 24.3%로 문항 A₃와 문항 A₄의 정답률 39.9%, 36.8%에 비해 훨씬 낮아졌다. 질량차가 클수록 정답률이 낮아짐을 알 수 있다.

학교급별로 문항 A₅에 대한 응답률을 보면 중학생이 15.1%, 고등학생이 26.0%, 대학생이 32.3%이고 문항 A₆에 대한 응답률은 중학생이 17.4%, 고등학생이 25.6%, 대학생이 31.7%로 중학생, 고등학생, 대학생 모두 정답률이 앞의 문항에 비해 크게 낮아진 것으로 보아 작용 반작용에 질량이 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

〈표 4〉 문항 A₁, A₂의 학교급별에 따른 응답빈도 분포표

문항	학교	가	나	다	라	마	계	통계치
A ₁	총	33	102	5	6	13	219	χ ² 29.28888 D.F. 8 P 0.0002 Mis.E.F. 1.645
	가	(15.1)	(74.0)	(2.3)	(2.7)	(5.9)	(100)	
	고	58	51	3	0	11	223	
	대	(26.0)	(87.7)	(1.3)		(4.9)	(100)	
	계	54	96	6	0	11	167	
	(24.3)	(57.5)	(3.6)		(6.6)	(100)		
	146	400	14	6	35	609		
	(23.8)	(67.2)	(2.3)	(1.0)	(5.7)			
A ₂	총	38	7	137	25	11	219	χ ² 20.00296 D.F. 8 P 0.0103 Mis.E.F. 4.388
	가	(17.4)	(3.2)	(62.6)	(11.9)	(5.0)	(100)	
	고	57	6	140	17	3	223	
	대	(26.4)	(2.7)	(62.8)	(7.6)	(1.3)	(100)	
	계	53	5	95	11	2	167	
	(31.7)	(3.0)	(57.5)	(6.6)	(1.2)	(100)		
	146	18	373	54	16	609		
	(24.3)	(3.0)	(61.2)	(8.9)	(2.6)			

• 정답

(라) 문항 A₇ 응답 결과

문항 A₇은 생물이 무생물을 당길 때 작용에 대한 반작용이 존재하고 있는가를 알아보는 문제다. 〈표5〉를 보면 정답률은 중학생이 27.9%로 가장 낮은 반면 고등학생은 39.5%, 대학생은 38.3%로 고등학생과 대학생이 비슷하다. 중학생은 고등학생이나 대학생에 비해 '어린이는 정지해 있고 바위가 어린이 쪽으로 끌려 간다'에 많은 응답을 하였기 때문이다. 즉 어린이가 끌어 당기는 행위 자체와 바위는 당기는 힘이 없다는 생각을 중학생이 많이 했기 때문으로 본다.

(마) 문항 A₈, A₉ 응답 결과

문항 A₈과 문항 A₉는 물리적인 접촉이 없는 경우에 작용이 있으면 반작용이 존재하는 것을 알고 있나 알지 못하는 문제다.

〈표6〉을 보면 문항 A₈의 정답률은 48.8%, 문항 A₉의 정답률은 53.2%로 문항 A₉의 정답률이 4.4% 더 높다. 문항 A₈은 자석과 자석에 관한 문제고 문항 A₉는 자석과 쇠도막에 관한 문제로 학생들이 일상 생활

〈표 5〉 문항 A₇의 학교급별에 따른 응답빈도 분포표

문항	학교	가	나	다	라	마	계	통계치
A ₇	총	21	12	97	61	28	219	χ ² 26.04501 D.F. 8 P. 0.0010 Mis.E.F. 8.501
	가	(9.6)	(5.5)	(44.3)	(27.9)	(12.8)	(100)	
	고	15	10	102	88	8	223	
	대	(6.7)	(4.5)	(45.7)	(39.5)	(3.6)	(100)	
	계	10	9	79	64	5	167	
	(6.0)	(5.4)	(47.3)	(38.3)	(3.0)	(100)		
	46	31	278	213	41	609		
	(7.6)	(5.1)	(45.6)	(35.0)	(6.7)			

• 정답

〈표 6〉 문항 A₈, A₉의 학교급별에 따른 응답 빈도 분포표

문항	학교	가	나	다	라	마	계	통계치
A ₈	총	13	98	88	5	14	219	χ ² 29.51749 D.F. 8 P. 0.0003 Mis.E.F. 2.742
	가	(5.9)	(44.7)	(40.6)	(2.3)	(6.4)	(100)	
	고	6	105	102	3	7	223	
	대	(2.7)	(47.1)	(45.7)	(1.3)	(3.1)	(100)	
	계	2	54	106	2	3	167	
	(1.2)	(32.3)	(63.5)	(1.2)	(1.8)	(100)		
	21	257	297	10	24	609		
	(3.4)	(42.2)	(48.8)	(1.6)	(3.9)			
A ₉	총	38	104	16	58	5	219	χ ² 18.19582 D.F. 8 P. 0.0198 Mis.E.F. 2.742
	가	(16.4)	(47.5)	(7.3)	(26.5)	(2.3)	(100)	
	고	33	111	22	52	5	223	
	대	(14.8)	(49.8)	(9.9)	(23.3)	(2.2)	(100)	
	계	21	108	12	25	0	167	
	(12.6)	(65.3)	(7.2)	(15.0)		(100)		
	80	384	50	135	10	609		
	(14.8)	(53.2)	(8.2)	(22.3)	(1.6)			

• 정답

에서 쇠볼이는 자석에 끌려가는 것을 많이 경험했고 또 가벼운 것이 무거운 쪽으로 끌려 간다는 선입관 때문에 문항 A₉의 정답률이 높은 것으로 생각된다.

(2) B형 문항 분석

(가) 문항 B₁, B₂ 응답 결과

〈표7〉에서 보는 바와 같이 문항 B₁에 대한 정답률은 21.5%이고, 최빈오답지는 '자동차가 파리를 미는 힘이 파리가 자동차를 미는 힘보다 크다'에 응답한 응답률은 24.3%이다. 작은 파리가 자동차를 미는 힘이 자동차가 파리를 미는 힘보다 크다는 사실에 영향을 받은 것으로 보인다.

문항 B₂에 대한 정답률은 10.8%로 문항 B₁에 비해 아주 낮다. 반면, 최빈 오답률은 82.9%로 아주 높다.

〈표 7〉 문항 B₁, B₂의 학교급별에 따른 응답빈도 분포표

문항	학교	가	나	다	라	계	통계치
B ₁	총	52	121	20	26	219	χ ² 73.87964 D.F. 6 P. 0.00005 Mis.E.F. 14.808
	가	(23.7)	(55.3)	(9.1)	(11.9)	(100)	
	고	67	98	39	19	223	
	대	(30.0)	(43.9)	(17.5)	(8.5)	(100)	
	계	29	57	72	9	167	
	(17.4)	(34.1)	(43.1)	(5.4)	(100)		
	146	276	131	54	609		
	(24.3)	(45.3)	(21.5)	(8.9)			
B ₂	총	195	10	4	10	219	χ ² 42.74745 D.F. 6 P. 0.00005 Mis.E.F. 2.194
	가	(88.0)	(4.6)	(1.8)	(4.6)	(100)	
	고	192	16	3	12	223	
	대	(86.1)	(7.2)	(1.3)	(5.4)	(100)	
	계	118	40	1	8	167	
	(70.7)	(24.0)	(0.6)	(4.8)	(100)		
	505	86	8	30	609		
	(82.9)	(10.8)	(1.3)	(4.9)			

• 정답

이러한 차이가 있는 것은 움직이는 물체가 질량이 크고 단단하다는 데 원인이 있는 것으로 생각된다.

(나) 문항 B₃, B₄, B₅ 응답 결과

문항 B₃는 축구공을 차는 문제로 (표8)에서 보는 바와 같이 정답률은 17.7%고, 최빈 오답률은 75.2%다. 문항 B₄는 질량이 같은 야구공이 부딪치는 문제로 정답률은 29.1%, 최빈 오답률은 54.8%다. 문항 B₅는 가지고 있던 공을 던지는 문제로 정답률은 17.1%, 최빈 오답률은 73.6이다. 공을 차거나 던지는 경우 정답률이나 최빈 오답률은 각각 비슷한 결과와 나왔지만 야구공을 부딪치는 경우에는 정답률이 29.1%로 문항 B₃와 문항 B₅의 정답률 17.7%, 17.1%에 비해 높다.

A형과 B형 문항에 대한 학교급별 정답률 차가 유의수준 0.01에서 의미 유무 여부를 보기 위해 카이제곱(χ^2)법을 이용, 통계 분석한 결과는 <표9>와 같다.

<표9>를 보면 문항 A₁에서 고등학생과 대학생, 문항 A₂에서 고등학생과 대학생, 문항 A₃에서 중학생과 고등학생, 그리고 고등학생과 대학생, 문항 A₄에서 중학생과 고등학생, 문항 A₅에서 고등학생과 대학생, 문항 A₆에서 중학생과 고등학생, 그리고 고등학생과 대학생, 문항 A₇에서 고등학생과 대학생, 문항

(표8) 문항 B₃, B₄, B₅의 학교급별에 따른 응답빈도 분포표

문항	학교	가	나	다	라	세	통계치
B ₃	중	8 (3.7)	22 (10.0)	180 (82.2)	9 (4.1)	219 (100)	χ^2 28.87876 D.F. 6 P. 0.0001 Min.E.F. 4.388
	고	4 (1.8)	36 (16.1)	170 (78.2)	13 (5.8)	223 (100)	
	대	4 (2.4)	50 (29.9)	108 (64.7)	5 (3.0)	167 (100)	
	계	16 (2.6)	108 (17.7)	458 (75.2)	27 (4.4)	609	
	가*	60 (27.4)	110 (50.2)	41 (18.7)	8 (3.7)	219 (100)	
B ₄	중	51 (22.9)	142 (63.7)	20 (9.0)	10 (4.5)	223 (100)	χ^2 29.01348 D.F. 6 P. 0.0001 Min.E.F. 7.130
	고	51 (22.9)	142 (63.7)	20 (9.0)	10 (4.5)	223 (100)	
	대	66 (39.5)	82 (49.1)	11 (6.6)	8 (4.8)	167 (100)	
	계	177 (29.1)	394 (64.8)	72 (11.8)	26 (4.3)	609	
	가*	19 (8.7)	171 (78.1)	15 (6.8)	14 (6.4)	219 (100)	
B ₅	중	27 (12.1)	178 (79.8)	6 (2.7)	12 (5.4)	223 (100)	χ^2 58.75153 D.F. 6 P. 0.0005 Min.E.F. 6.307
	고	27 (12.1)	178 (79.8)	6 (2.7)	12 (5.4)	223 (100)	
	대	58 (34.7)	99 (59.3)	2 (1.2)	8 (4.8)	167 (100)	
	계	104 (17.1)	445 (73.6)	23 (3.8)	34 (5.6)	607	
	가*	19 (8.7)	171 (78.1)	15 (6.8)	14 (6.4)	219 (100)	

* 성립

(표9) A형, B형 문항의 학교급별간 정답률 차에 대한 통계분석표

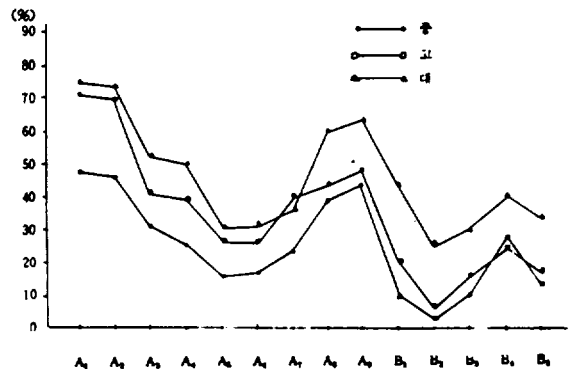
문항	중·고 χ^2	고·대 χ^2	중·대 χ^2
A ₁	29.79*	0.70	33.79*
A ₂	21.67*	0.25	30.16*
A ₃	2.73	6.61	16.68*
A ₄	6.40	6.67*	24.08*
A ₅	8.09*	1.87	16.18*
A ₆	4.41	1.80	10.88*
A ₇	6.86*	0.06	7.78*
A ₈	1.17	12.08*	19.76*
A ₉	0.23	9.32*	12.11*
B ₁	6.67*	30.80*	60.27*
B ₂	1.38	21.86*	31.58*
B ₃	3.80	10.57*	24.71*
B ₄	1.20	12.61*	6.33
B ₅	1.40	28.67*	40.28*

* 유의 수준 0.01에서 의미 있음 χ^2 : 카이제곱

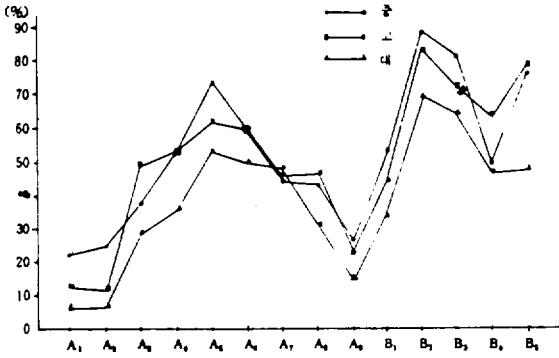
A₈에서 중학생과 고등학생, 문항 A₉에서 중학생과 고등학생, 문항 B₂에서 중학생과 고등학생, 문항 B₃에서 중학생과 고등학생, 문항 B₄에서 중학생과 고등학생, 그리고 중학생과 대학생, 문항 B₅에서 중학생과 고등학생 간의 정답률 차가 통계적으로 의미없게 나타났다.

[그림1]은 학교급별 정답률을 나타낸 것으로 A형 문항보다는 B형 문항의 정답률이 대체로 낮게 나타났다. 즉 작용이 있으면 반작용이 있는 것보다 작용과 반작용의 크기가 같다는 것을 잘 모르고 있음을 뜻한다.

[그림2]는 학교급별에 따른 최빈 오답률을 나타낸 것이다. 학교급별간에 최빈 오답률의 차가 정답률에 비해 크지 않다. 이것으로 보아 작용 반작용에 대한



(그림 1) 학교급별 정답률



(그림 2) 학교급별 최빈 오답률

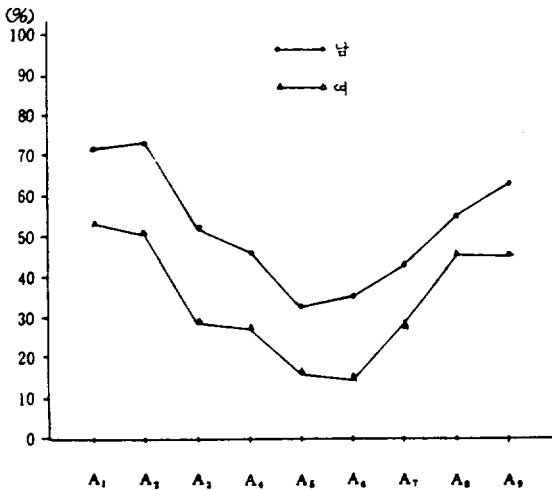
응답에 공통으로 영향을 주는 원인이 있음을 알 수 있다.

나. 성별에 따른 영향

(1) A형 문항 분석

남녀 정답률은 [그림3]과 같이 도표로 나타내었으며, 문항별로 남녀의 차이가 어느정도 되는지 알아보기 위하여 <표10>을 작성했다.

<표10>에서 보는 바와 같이 남녀간의 A형 문항에 대한 정답률 차는 10.8%~21.8%로 나타났다. 남녀간의 정답률 차이가 유의 수준 0.01에서 모든 문항이 통계적으로 의미있다. 남녀간의 정답률 차이가 가장 작은 문항은 자석과 자석 사이의 반작용의 존재를 알아보는 문항인 A₈이다. 가장 큰 차를 보인 문항은 어른과 어린이가 끈으로 연결된 상태에서 어린이가 당기는 경우의 문항인 A₃이다. 각 문항마다 남녀간에 정답률



(그림 3) A형 문항의 남녀별 정답률

(표10) A형 문항의 성별간 정답률 차에 대한 통계 분석표

문항	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
정답율차	17.2	21.2	21.8	19.0	15.4	19.0	12.2	10.8	16.7
카이자승	19.21*	28.84*	30.05*	23.57*	19.97*	29.91*	9.92*	7.04*	17.14*

* 유의 수준 0.01에서 의미 있음.

차가 현저히 나는 것은 남녀의 물리에 대한 관심도가 다른 것이 하나의 원인이라고 생각할 수 있을 것이다.

(2) B형 문항 분석

남녀간에 답지를 선택하는 경향에 차이가 있나 보기 위해 카이자승(χ^2)법을 이용, 통계처리한 결과 <표11>에서 보는 바와 같이 문항 B₁, B₂가 유의수준 0.01에서 의미있다. 즉 반작용의 크기가 작용의 크기와 같은가를 알아보는 문제에 대해서는 남녀간에 생각하는 경향이 비슷함을 말해준다. 남녀간의 정답률 차이가 가장 작은 문항은 야구공이 부딪치는 경우인 B₁이고 가장 큰 차를 보인 문항은 파리가 자동차에 부딪치는 문제로 B₄이다.

야구공이 부딪치는 경우는 남녀가 모두 야구공의 질량이 같다는 생각을 가지고 있었기 때문에 남녀 정답률 차이가 아주 작게 나타났다고 생각된다.

다. 계열별에 따른 영향

(1) A형 문항 분석

자연계 학생들과 인문계 학생들의 정답률의 차는 <표12>과 같다. 계열간의 정답률 차이가 유의 수준 0.01에서 통계적으로 의미 없는 문항으로 고등학교 학생은 문항 A₁, 문항 A₂, 문항 A₈, 문항 A₉이며 대학교 학생은 문항 A₇, 문항 A₈, 문항 A₉이다. 문항 A₈과

(표11) B형 문항의 성별간 정답률차에 대한 통계분석표

구분	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
정답율차	18.9	6.7	6.9	0.3	5.6
카이자승	32.01*	6.91*	4.96	0.00	1.39

* 유의 수준 0.01에서 의미 있음.

(표12) A형 문항의 학교급별에 따른 계열간 정답률 차에 대한 통계분석표

문항	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
정답율차	10.3	10.4	26.0	29.6	20.4	15.9	25.2	12.4	11.3
카이자승	2.96	2.81	15.91*	21.09*	12.01*	7.41*	14.75*	3.40	2.88
정답율차	29.3	20.3	27.2	24.2	25.6	23.1	16.6	13.8	-0.7
카이자승	17.99*	8.17*	11.88*	9.38*	12.95*	9.67*	4.70	2.28	0.01

* 유의 수준 0.01에서 의미 있음.

정답율차는 자연계 정답율에서 인문계 정답율을 뺀 것임.

〈표13〉 B형 문항의 학교급별에 따른 계열간 정답률차에 대한 통계분석표

학교	구분	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
고	정답률차	12.7	6.6	11.6	12.4	7.5
	카이자승	6.20	6.26	5.77	4.88	2.97
대	정답률차	47.1	32.5	32.6	43.6	38.1
	카이자승	35.25*	23.37*	20.27*	31.88*	25.54*

* : 유의 수준 0.01에서 의미 있음.

문항 A₉는 고등학생이나 대학생 모두 통계적으로 계열간 정답률 차가 없다.

이것은 자석에 관련된 제3법칙에 대한 오인이 학습을 함에도 계속 존재함을 뜻한다고 볼 수 있다.

(2) B형 문항 분석

계열에 따른 정답률 차를 학교급별에 따른 계열별 정답률 차 몇 통계 분석결과는 〈표13〉와 같고 계열에 따른 정답 차가 유의수준 0.01에서 통계적 의미여부는 다음과 같다. 고등학생의 경우, B형 문항 모두가 통계적으로 의미 없고 대학생의 경우 모든 통계적으로 의미 있는 차가 있다.

대학생의 계열간 정답률 차가 고등학생의 계열간 정답률 차보다 현저히 크다. 학교급별에 따른 계열간 정답률 차가 크게 벌어진 이유로, 첫째, 대학교인문 계열 학생들은 고등학교에서 물리과정을 이수하지 않았고, 둘째로, 자연계열 학생들은 고등학교와 대학교에서 물리과정을 이수하였고 인문 계열 학생들보다 물리에 대한 관심과 물리를 전공하는 물리과 학생들의 영향이 컸으리라 생각된다.

라. 과별에 따른 영향

(1) A형 문항 분석

〈표14〉과 같이 A형 문항의 과별에 따른 정답 선택에 통계적으로 유의 수준 0.01에서 의미 없는 차가 나타난 것을 보면 다음과 같다.

문항 A₁에서 물리과와 생물과, 문항 A₂에서 물리과와 생물과, 그리고 생물과와 국어과, 문항 A₃에서 생물과와 국어과, 문항 A₄에서 생물과와 국어과, 문항 A₅에서 물리과와 생물과, 그리고 생물과와 국어과, 문항 A₅에서 물리과와 생물과, 그리고 생물과와 국어과, 그리고 생물과와 국어과, 문항 A₆에서 물리과와 생물과, 그리고 생물과와 국어과, 문항 A₇에서 물리과와 생물과, 그리고 생물과와 국어과, 문항 A₈에서 물리과와 생물과, 생물과와 국어과, 그리고 생물과와 국어과, 문항 A₉에서 물리과와 생물과 생물

〈표14〉 A형 문항에 대한 과별간 정답률 차의 통계 분석표

문항	물리·생물 χ^2	생물·국어 χ^2	물리·국어 χ^2
A ₁	2.19	6.87*	17.13*
A ₂	5.80	1.15	12.84*
A ₃	11.00*	1.10	21.22*
A ₄	9.88*	0.67	17.56*
A ₅	3.75	4.04	17.19*
A ₆	5.71	1.70	15.57*
A ₇	3.38	0.53	8.03*
A ₈	4.23	4.13	6.71*
A ₉	6.16	2.07	1.50

* : 유의 수준 0.01에서 의미 있음. χ^2 : 카이자승

과와 국어과 그리고 물리과와 국어과로 나타났다. 많은 문항에서 물리과와 생물과, 그리고 생물과와 국어과가 정답을 선택하는데 있어서 통계적으로 의미 있는 차가 없다.

이와 같은 결과는 Newton의 제3법칙을 정규 수업 시간을 통해 학습한 물리과와 생물과 학생이나 학습하지 않은 국어과 학생들이 Newton의 제3법칙에 대한 잘못된 생각을 가지고 있음을 뜻한다.

(2) B형 문항 분석

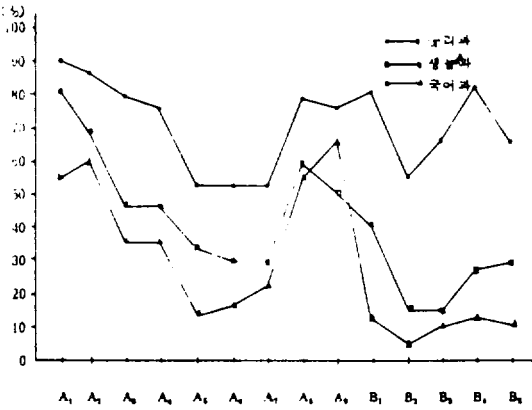
〈표15〉과 같이 B형 문항이유의 수준 0.01에서 통계적으로 의미 없게 나타난 문항은 B₁을 제외하고 B형 문항 모두에 대해 생물과와 국어과 학생들 간에 차이가 없다. 생물과 학생들은 고등학교와 대학교에서 Newton의 제3법칙에 대한 학습을 했음에도 불구하고 물리 과정을 고등학교나 대학교에서 이수하지 않은 국어과 학생과 통계적으로 차이가 없음은 잘못된 선입관인(preconception) 학습을 계속함에도 유지되고 있다고 볼 수 있다.

A형 문항과 B형 문항의 과별 응답률의 차를 [그림 4]에서 보면 A형 문항의 과별에 따른 정답률 차보다는 B형문항의 과별에 따른 정답률 차가 훨씬 크다. 또, 물리과 학생들은 A형이나 B형의 정답률이 비교

〈표15〉 B형 문항에 대한 과별간 정답률 차의 통계분석표

문항	물리·생물 χ^2	생물·국어 χ^2	물리·국어 χ^2
B ₁	15.49*	9.95*	50.85*
B ₂	17.34*	3.90	39.33*
B ₃	22.79*	1.14	39.00*
B ₄	23.26*	3.82	56.25*
B ₅	13.04*	5.95	38.70*

* : 유의 수준 0.01에서 의미 있음. χ^2 : 카이자승



(그림 4) 과별에 따른 정답률

적고는데 비해 기타과는 A형에 비해 B형의 정답률이 낮다. 즉, 물리과 학생들은 반작용의 존재와 크기를 알고 있는 학생이 많은 반면 생물과나 국어과 학생은 반작용의 존재는 알고 있으면서 반작용의 크기를 모르는 학생이 많음을 뜻한다.

2. 힘을 작용하는 주체와 대상의 특성에 따른 영향

힘을 주는 주체와 힘을 받는 대상의 특성에 따른 영향을 보기 위하여 문항과 문항을 교차하여 분석했다. 분석의 편의를 위해 한 문항의 답지의 내용과 같은 순서로 다른 문항의 답지를 재배열 하였다. 예컨대 문항 A3의 답지 '나'와 문항 A1의 답지 '마'는 '모두 움직이지 않는다'로 같은 것이다.

예를 들어 질량에 따른 작용 반작용의 응답에 대한 영향을 알아보기 위하여 문항 A1과 문항 A3를 비교해 보면 문항 A1과 문항 A3는 문제 상황이 어린이와 어른의 질량만 다르므로 질량에 따른 응답의 영향을 (표16)에 의해 볼 수 있다. 굵은 선으로 둘러싸인 대각선의 빈도는 문제상황이 변해도 응답에 전혀 영향을 받지 않은 학생들이다.

(표16) 문항 A₁, A₃의 응답빈도 분포표(중학교)

문항 A ₁ \ 문항 A ₃	가	나	다	나	다*	계
가	6	3	1	3	7	20
나	11	7	1	3	4	26
나	2	1	8	0	7	18
다	25	10	13	10	28	86
다*	6	1	6	4	52	69
계	50	22	29	20	98	219

(표17) 질량차에 의한 학교급별 응답 영향률

질량 차	중	고	대	전 계
질량 차가 작을 때 (A ₁ , A ₃)	136 (62.1)	126 (56.3)	67 (4.1)	329 (54.0)
질량 차가 클 때 (A ₁ , A ₆)	156 (71.2)	147 (65.9)	99 (58.3)	402 (65.0)

()안의 수는 %임.

가. 질량에 따른 영향

힘을 받는 대상의 질량 차가 작을 때와 질량차가 클 때 응답에 영향을 받은 영향률을 (표17)를 통해 보면 질량차가 작을 때 중학생 62.1%, 고등학생 56.5%, 대학생 40.1%가, 질량차가 클 때는 중학생 71.2%, 고등학생 65.9%, 대학생 59.3%가 질량의 영향을 받았다. 상급학교로 갈수록 질량의 영향을 적게 받으며, 질량차가 클수록 응답에 영향을 많이 준다.

나. 생물 무생물에 따른 영향

학교급별로 생물·무생물에 따른 응답에 대한 영향을 보기 위하여 문항 A3와 문항 A7을 비교한 결과 (표18)를 통해 보면 반작용의 존재 여부에 대한 응답에 생물이나 무생물이나가 전체적으로 35.1%의 영향을 끼치고 있음을 알 수 있고 고등학생 26.9%, 대학생 34.1%에 비해 중학생이 44.3%로 가장 많은 영향을 받고 있다.

다. 물리적 접촉이 있는 경우와 없는 경우에 따른 영향

(표19)에서 보는 바와 같이 물리적 접촉의 유무에 따라 중학생 60.3%, 고등학생 40.4%, 대학생 34.1%가 반작용의 존재여부에 대한 응답에 많은 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

(표18) 생물 무생물에 따른 학교급별 영향률(A₁, A₃)

학교 급 별	중	고	대	전 계
영향을 받은 학생수	97 (44.3)	60 (26.9)	57 (34.1)	214 (35.1)

(표19) 물리적 접촉여부에 따른 학교급별 영향률(A₁, A₃)

학교 급 별	중	고	대	전 계
영향을 받은 학생수	132 (60.3)	90 (40.4)	57 (34.1)	279 (45.8)

3. 당기는 원인 행위에 따른 영향

같은 문제 상황에서 힘을 주어 당기는 행위는 서로 교대하였을 때 당기는 원인 행위가 작용 반작용에 관한 응답에 영향을 주는가를 알아 본 결과는 <표20>과 같다. 질량차가 없을 경우 중학생의 42.0%, 고등학생의 22.9%, 대학생의 16.2%가 당기는 원인 행위에 영향을 받아 오답지를 선택했다. 질량차가 작을 경우 중학생의 41.1%, 고등학생의 26.0%, 대학생의 26.3%, 질량 차이가 많을 경우 중학생의 26.5%, 고등학생의 20.6%, 대학생의 14.4%가 당기는 원인행위에 영향을 받았다. 힘을 작용하는 주체와 대상의 질량차에 따라 당기는 원인 행위의 영향이 다르게 나타남을 알 수 있다.

4. 학생들이 응답한 이유 진술에 대한 분석

가. A형 문항에 응답한 이유의 술에 대한 분석

(1) 문항 A₁, A₂에 대한 응답 이유 분석 결과

문항 A₁, A₂는 질량이 같은 어린이와 어린이가 교대로 당길 때 반작용의 존재 여부를 알고 있나 보는 문항으로 문항 A₁에 대한 응답 이유를 <표21>를 통해 보면 '작용 반작용'이라는 용어를 사용하여 응답한 학생은 고등학생의 22.9%, 대학생의 34.1%에 불과하며, 정답지를 선택한 학생들도 작용이 있으면 반작용이 있다는 것을 확실히 알고 답한 것인지 불분명한 이유가 많이 있다. '작용 반작용', '힘이 같으니까', '버티는 힘이 있기 때문에' '무게가 비슷하니까' 등의 이유를 들어 수레가 움직이지 않는다고 답한 학생들중 많은 수가 작용 반작용과 힘의 평형을 확실히 구별하지 못하는 것 같다.

당기는 원인 행위가 조건이 똑같은 상황에서도 더 큰 힘을 발휘할 수 있다는 생활상의 경험을 이유로 든

<표20> 당기는 원인 행위에 따른 영향

질량차	중	고	대	전
경우	중	고	대	체
질량차 없을 경우 (A ₁ , A ₂)	92 (42.0)	51 (22.9)	27 (16.2)	170 (27.9)
질량차 작을 경우 (A ₃ , A ₄)	90 (41.1)	58 (26.0)	44 (26.3)	192 (31.5)
질량차 많을 경우 (A ₅ , A ₆)	58 (26.5)	46 (20.6)	24 (14.4)	128 (21.0)

<표21> 문항 A₁에 대한 정답자와 오답자의 학교급별 응답 이유 분석표

응답이유	정답자			오답자		
	중	고	대	중	고	대
힘 작용 반작용	0	51	57	0	0	5
		(22.9)	(34.1)			(3.0)
서로 당기는 힘 때문에	44	25	13	0	0	0
	(20.1)	(11.2)	(7.8)			
힘이 같으니까	10	19	11	14	9	2
	(4.6)	(8.5)	(6.6)	(6.4)	(4.0)	(1.2)
버티는 힘이 있기 때문에	0	1	4	3	1	0
		(0.4)	(2.4)	(1.4)	(0.4)	
평행이 형성	0	1	0	0	0	0
		(0.4)				
힘이 한 곳으로 모아지기 때문	1	0	0	0	0	0
	(2.5)					
당기는 사람 쪽의 힘이 더 세니까	0	0	0	47	26	6
				(21.5)	(12.6)	(3.6)
당기면 앞으로 가려는 힘이 있기 때문	0	0	0	16	12	5
				(7.3)	(5.4)	(3.0)
고는 힘에 의해 자신도 뒤로	0	0	0	15	2	4
				(6.8)	(0.9)	(2.4)
마찰이 없으니까	25	23	16	7	3	0
	(11.4)	(10.3)	(9.6)	(3.2)	(1.3)	
바퀴가 달렸으니까	1	0	2	1	0	6
	(0.5)		(1.2)	(0.5)		(3.6)
마찰력이 왼쪽에 있기 때문	0	0	0	1	0	0
				(0.5)		
무게 무게가 비슷(같다)하니까	16	26	16	3	4	3
	(7.3)	(11.7)	(9.6)	(1.4)	(1.8)	(1.8)
단성	0	9	3	2	0	1
		(4.0)	(1.8)	(0.9)		(0.6)
에너지 당기는 쪽이 에너지를 많이 소모하므로	0	0	0	0	1	0
					(0.4)	
운동량 운동량이 옮겨 갔기 때문	0	0	0	0	0	1
						(0.6)
조건 모든 조건이 같으니까	0	2	0			0
		(0.9)				

() 안 숫자는 학교급별 학생수에 대한 %임. (중 219, 고 223, 대 167)

학생들은 저급 학교 학생일수록 많다.

문항 A₂에 대한 응답 이유로 문항 A₁과 대응소이하나, 문제가 물리적 의미가 같은데도 학생들의 응답이 상황에 따라 달라짐을 알 수 있다.

(2) 문항 A₃, A₄에 대한 응답 이유 분석 결과

문항 A₃와 A₄는 질량 차이가 나는 어른과 어린이가 교대로 당길 때 반작용의 존재 여부를 알고 있나 알아 보는 문제이다.

문항 A₃는 어린이가 당기는 경우다. 선택된 정답지와 이유가 일치하는 내용으로 '작용과 반작용', '상대방 쪽에 힘이 미치니까'를 들 수 있다. '작용 반작용'은 고등학생이 13.5%, 대학생이 26.3%이고, '상대방 쪽에 힘이 미치니까'는 중학생이 15.1%, 고등

학생이 3.1% 대학생이 5.4%로 '작용 반작용'에 관한 용어를 중학생은 배우지 않았기 때문에 '상대방 쪽에 힘이 미친다'는 표현을 썼다. 정답지를 선택한 또 하나의 이유로 '어린이가 당기고 어른은 무거우니까'를 들었는데 어린이가 당겼으니까 어른이 끌려 오고 동시에 어른이 무거우니까 가벼운 어린이도 어른 쪽으로 끌려 간다고 생각한 것으로 보인다. 이렇게 학생들이 생각하는 것은 일상 생활에서 가벼운 것이 무거운 것에 밀리거나 끌려가는 것을 경험한데 원인이 있을 것으로 보인다.

오답지를 선택한 이유로 대표적인 것이 '어른의 힘이 세므로', '어른이 무거우니까'이다. 전자는 중학생의 24.2%, 고등학생이 17.5%, 대학생이 22.8%로, 작용과 반작용에 대한 학생들의 개념 체계 구성에 힘과 무게가 크게 영향을 준다고 볼 수 있겠다.

문항 A₄는 어른이 어린이를 당기는 경우로 어린이가 당기는 것에 비해 '어른의 힘이 세니까'의 답지에 많은 응답을 하였다.

위와 같은 응답을 한 이유로는 당기는 자체가 힘이 있고 어른이 발휘할 수 있는 힘이 크다는 것이 복합적으로 작용했을 것으로 보인다.

(3) 문항 A₅, A₆에 대한 응답 이유 분석 결과

문항 A₅와 문항 A₆는 질량 차가 큰 코끼리와 쥐가 교대로 당길 때 반작용의 존재 여부를 알고 있는가를 보는 문제다.

문항 A₅는 코끼리가 쥐를 잡아 당기는 경우로 '작용 반작용'을 응답 이유로 든 학생수가 질량 차가 작거나 없는 경우에 비해 많이 줄어든 반면 '코끼리가 더 무거우니까' 코끼리는 정지해 있고 쥐가 코끼리 쪽으로 끌려 간다는 응답자는 증가했다. 그리고 코끼리가 무겁고 힘도 세다는 이유로 오답을 한 학생들 중 중학생이 10%, 고등학생이 3.6%, 대학생이 3.6%로 힘과 무게가 작용과 반작용의 바른 개념 형성에 악영향을 주고 있음을 알 수 있다.

문항 A₆는 쥐가 코끼리를 당기는 문제로 무게로 인한 오답 선택률을 보면 중학생이 34.2%, 고등학생이 37.7%, 대학생이 37.1%로 학교급별간에 별다른 차이가 없다. 즉, 작용 반작용에 관한 잘못된 개념이 학습을 함에도 불구하고 무게가 계속 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

(4) 문항 A₇에 대한 응답 이유 분석 결과

문항 A₇은 사람이 무생물을 당기는 문제로 정답 선

택에 가장 큰 영향을 준 원인은 '마찰이 없으니까'이다. 즉, 작용 반작용에 관한 학습을 한 고등학생 16.6%, 대학생 9.6%가 정답을 선택하는데 마찰이 없음을 이유로 들었다.

오답에 가장 큰 영향을 준 원인은 무게이다. '바위가 무거우니까'를 이유로 든 학생은 중학생이 40.2%, 고등학생이 35.0%, 대학생이 34.7%로, 무생물일 경우도 무게가 반작용의 존재에 관한 생각을 방해하고 있다고 볼 수 있겠다.

(5) 문항 A₈, A₉에 대한 응답 이유 분석 결과

문항 A₈는 강한 자석과 약한 자석 사이의 상호작용, 문항 A₉는 자석과 쇠도막 사이의 상호작용에 관한 문제다.

문항 A₈에 대한 정답을 선택한 이유로 '자석은 서로 당기는 힘이 있으니까'를 중학생은 30.1%, 고등학생은 27.4%, 대학생은 35.3%가 들고 있다. 이것은 작용이 있으면 반작용이 있다는 것을 알고 답한 것인지 단순히 자석 자체가 당기는 능력이 있어서인지는 알 수가 없다. 또, 관성 때문에 둘 다 움직인다는 생각을 한 학생이 있는데 관성에 대한 개념을 확실히 모르고 있는 것으로 여겨진다. 오답에 대하여 가장 많이 든 이유로 자석의 세기를 들었다. 중학생 40.6%, 고등학생 43.9%, 대학생 24.0%가 B자석이 A자석보다 자석 힘이 더 세다는 이유를 들었다.

문항 A₉의 정답 이유로 '서로 당기니까'가 가장 많고 그 다음이 자석의 성질을 들었다. 오답에 있어서도 자석이 끄는 성질을 들었다. 여기서 특기할 만한 사실은 쇠도막은 자석에 끌려간다는 생각이 지배적인데, 무게로 인한 영향보다 크다.

반작용이 존재하는지를 알고 있나 알아보는 문제에 응답한 이유를 종합해 보면 힘, 당기는 원인 행위, 마찰, 무게, 관성, 에너지, 운동량, 무생물에 관련된 요인을 가지고 있다.

저급학교 학생들은 물리적인 용어 사용보다는 일상경험에 의한 현상을 기술하는 것이 많았고, 상급학교 학생들은 비교적 물리적 용어를 많이 사용하는 편이나 이해되지 못한 용어를 사용하고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 학습을 함에도 불구하고 과학적 개념이 제대로 형성되어 있지 않은 결과로 볼 수 있겠다.

나. B형 문항에 응답한 이유 진술에 대한 분석

(1) 문항 B₁에 대한 응답 이유 분석 결과

문항 B₁은 작은 파리가 정지해 있는 자동차에 부딪칠 때 힘의 크기를 묻는 문제이다.

정답자 중 답지 선택과 이유가 맞는 것은 '충돌시 같은 힘을 받는다' '작용 반작용'으로 두 이유를 합하면 중학생이 5.5%, 고등학생이 11.2%, 대학생이 38.3%로 학습 경험이 많은 대학생이 월등히 정답률이 높다.

오답자에 영향을 비교적 많이 주는 원인으로 운동, 무게, 힘을 들 수 있다. 학생들은 '자동차의 힘이 파리의 힘보다 크므로' '날아오는 힘이 정지된 자동차보다 크니까' '자동차가 무거우니까' 등의 이유를 들었다. 그중 '날아오는 힘이 정지된 자동차보다 크니까'는 Gunston, R.과 Watts, M.(1985)이 힘과 운동에서 어린이의 생각을 정리한 것 중의 하나인 "만약 물체가 움직이지 않고 있다면 그것에 작용하는 힘이 없다"는 것과 일치한다. 또 작용 반작용의 크기에 오답을 주는 원인으로 에너지, 부피, 면적을 들 수 있다.

(2) 문항 B₂에 대한 응답 이유 분석 결과

문항 B₂는 대포알이 유리창에 부딪칠 때 대포알이 유리창을 미는 힘과 유리창이 대포알을 미는 힘의 크기를 묻는 문제이다.

정답자 중 답지 선택과 선택 이유가 일치하는 학생이 극히 적은 문항으로 적당한 이유로는 '작용 반작용', '힘의 크기가 같다'를 들었다. 두 이유를 든 학생들을 학교급별로 보면 중학생이 3.2%, 고등학생이 4.9%, 대학생이 22.2%로 극히 적은 수만 옳게 알고 있었다.

오답지를 선택하게 되는 주된 이유로 '대포알이 무거우니까' '대포알이 날아가는 속력이 있으므로', '유리창을 깨고 나가니까' '운동하는 물체가 정지한 것보다 미는 힘이 크니까'를 들고 있는데, 맨 마지막에 든 이유는 중학생이 16.4%, 고등학생이 22.9% 대학생이 19.8%로 중학생 보다 고등학생과 대학生の 응답률이 높다. 이러한 현상은 학습 함에도 운동하는 물체는 힘이 있다는 학생 자신의 개념 체계가 변화되지 않고 오히려 강화되었기 때문으로 풀이할 수 있겠다.

(3) 문항 A₃에 대한 응답 이유 분석 결과

문항 B₃는 축구 선수가 축구공을 발로 차올 때 축구공과 발 사이의 힘의 크기를 묻는 문제이다.

'작용 반작용'이라는 용어를 사용하여 응답한 학생의 비율은 대학생이 월등히 높다. 상급학교로 갈수록 적당한 물리용어를 잘 사용함을 알 수 있으나 작용 반작용에 관한 용어를 사용한 대학생은 21.6%에 불과하다.

오답자의 응답 이유중 '축구공은 힘이 없으니까', '운동하는 물체는 정지한 물체보다 힘이 세니까'가 대부분이고 특히 맨처음 든 이유는 중학생이 51.6%, 고등학생이 44.4%, 대학생이 35.9%로 많은 학생들이 밀려나가는 것이 힘이 작다고 생각하고 있음을 알 수 있다.

(4) 문항 B₄에 대한 이유 분석 결과

문항 B₄는 야구공A가 얼음판 위에 정지해 있는 크기가 같은 야구공 B에 부딪쳤을 때 야구공 사이의 힘의 크기를 묻는 문제이다.

정답 선택의 이유로 '크기가 같아 힘이 같다'를 든 학생이 중학생 16.4%, 고등학생 4.0%, 대학생 7.8%였다. 이것은 학생들이 그들의 좁은 경험에 의해 얻은 결과로 볼 수 있는데 일반화를 위해서는 다양한 예를 들어 줄 필요가 있겠다.

오답자의 응답 이유는 미는 원인과 운동상태를 말했는데 미는 것과 움직이는 물체가 힘이 더 크다는 것이다. 운동 상태중 'A는 운동하고 B는 정지해 있으니까'의 이유를 든 학생은 중학생 19.2%, 고등학생 26.0%, 대학생 23.4%로 학교급별간에 별 차이가 없다.

(5) 문항 B₅에 대한 응답 이유 분석 결과

문항 B₅는 가지고 있던 공을 던졌을 때 공과 손 사이의 힘의 크기를 묻는 문제이다.

정답자중 '작용 반작용', '던질 때 미는 힘이 같다'고 응답한 학생이 중학생 2.7%, 고등학생이 8.0%, 대학생 26.9%로 정답지 선택 이유가 일치하는 학생 수가 적음을 알 수 있다.

오답자 중 가장 큰 응답 이유로 '손으로 힘을 주어 밀었으니까'를 들었는데 중학생이 67.6%, 고등학생이 36.3%, 대학생이 28.1%의 응답률을 보였다.

문항 B₃의 가장 큰 오답 이유와 비교해 보면 문항 B₃는 '축구공이 나가니까'로 결과를 B₅는 '손으로 힘을 주었으니까'로 원인을 응답 이유로 들었다. 즉,

발로 공을 칠 때는 찬후 공이 나간다는 결과에, 던질 때는 던지는 원인행위에 따른 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있다.

작용과 반작용의 크기에 관한 응답 이유를 종합해 보면 힘, 운동, 무게, 에너지, 부피, 면적, 마찰, 속력, 단단한 정도, 가속도, 크기, 자극, 운동, 방향, 미는 원인, 이동거리 등의 다양한 과학용어와 관련되어 있다.

학생들의 대부분이 힘, 운동, 무게, 속력 등에 영향을 받아 오답을 하고 있었다.

V. 요약 및 결론

1. 응답자 변인에 따른 영향

가. 학교급별에 따른 영향

(1) 힘을 작용하는 주체와 대상의 질량차가 작을수록 학교급별간에 정답률 차가 크고, 질량 차가 클수록 학교급별간에 정답률 차는 작았다.

(2) 반작용의 크기를 바르게 알고 있는 학생보다는 존재만을 아는 학생이 비교적 많으며 대체로 상급학교 학생의 정답률이 높았다.

(3) 최빈오답률은 문제에 따라 응답률이 다르며 6%에서 89.0%까지 분포되었다.

나. 성별에 따른 영향

(1) 반작용의 존재 유무를 알아 보는 문제에서 남녀간의 정답률 차는 10.8%~21.8%이고 통계적으로 의미있게 남자가 높다. 반작용의 크기를 알아 보는 문제에서 남녀 간의 정답률 차가 통계적으로 의미있는 문항은 파리가 자동차에 부딪치는 문제와 대포알이 유리창에 부딪치는 문제로 부딪치는 물체의 무게, 운동이 남녀간의 정답률에 영향을 주었다.

(2) 정답률 차가 유의 수준 0.01에서 통계적으로 의미 없는 문항은 축구공을 차는 문제, 야구공이 부딪치는 문제와 공을 던지는 문제다. 이러한 문제들은 주위에서 흔히 접할 수 있는 상황들이기 때문에 남녀간에 차가 없는 것으로 해석된다.

다. 계열별에 따른 영향

반작용의 존재에 관한 문항 중에서 고등학생이나

대학생 모두 작용하는 주체와 대상이 물리적인 접촉이 없는 문제에 계열간 정답률 차가 없다. 이것은 일상생활에서 쉽게 경험할 수 있는 문제였기 때문으로 생각된다.

반작용의 크기에 관한 문항 중에서 고등학생의 경우 모든 문항이 계열간 정답률 차가 없고 대학생의 경우 모든 문항이 계열간 정답률 차가 있다.

위와 같은 결과는 고등학생의 경우 인문계열이나 자연계열 모두가 Newton의 제3법칙에 관해 학습했고, 대학생의 경우 인문계열 학생은 학습하지 않았고 자연계열 학생은 고등학교와 대학교에서 학습했기 때문으로 생각된다.

2. 과별에 따른 영향

물리과와 타과간의 정답률 차가 모두 의미있게 나온 것은 전공과 비전공에서 오는 차이로 볼 수 있으며, 생물과와 국어과 간에 의미 없는 문항이 많은 것은 비전공하는 학생들로 물리에 관한 관심이 모두 적기 때문으로 생각된다.

2. 힘을 작용하는 주체와 대상의 특성에 따른 영향

가. 질량에 따른 영향

(1) 질량차가 없는 문항에 대하여 질량차가 작은 문항의 정답률 차와 질량차가 큰 문항의 정답률 차를 비교해 보면 질량 차가 클 때 정답률의 차가 컸다.

(2) 상급학교로 갈수록 질량의 영향을 적게 받으며 질량차가 클수록 응답에 영향을 많이 주었다.

나. 생물·무생물에 따른 영향

(1) 중·고등학생의 경우 생물이나 무생물이나에 따라 정답률 차가 중학생이 3.6%, 고등학생 0.5%로 대학생의 정답률 차 13.8%보다 낮다.

(2) 반작용의 존재 여부에 대한 응답에 생물이나 무생물이나가 전체적으로 35.1%의 영향을 주고 있고, 고등학생 26.9%, 대학생 34.1%에 비해 중학생이 44.3%로 가장 많은 영향을 받았다. 중학교 학생들은 힘을 작용하는 대상이 잠재적인 힘을 가지고 있느냐 없느냐에 많은 영향을 받았기 때문으로 생각된다.

다. 물리적인 접촉이 있는 경우와 없는 경우에 따른 영향

(1) 물리적인 접촉이 있는 경우 정답률은 39.9%, 없는 경우의 정답률이 8.9% 높게 나왔다. 이것은 자석은 서로 당긴다는 선개념이 작용했기 때문으로 해석된다.

(2) 물리적인 접촉 유무가 작용 반작용의 존재여부에 대한 응답에 중학생 60.3%, 고등학생 40.4%, 대학생 34.1%의 영향을 주었다. 이러한 결과는 학습을 반복함에 따라 작용 반작용에 관한 이해가 향상되었기 때문으로 볼 수 있다.

3. 당기는 원인 행위에 따른 영향

당기는 원인 행위에 의해 질량차가 없을 경우 27.9%, 질량차가 작을 경우 31.5%, 질량차가 많을 경우 21.0%가 응답을 하는데 영향을 받았다. 질량차가 많은 경우보다 질량차가 작은 경우에 응답에 있어서 당기는 원인행위가 더 큰 영향을 줌을 알 수 있었다. 이것은 모든 조건이 비슷한 두 사람이 잡아당기기를 할 경우 먼저 잡아당긴 사람쪽으로 상대방이 끌려가는 것을 많이 경험했기 때문으로 판단된다.

4. 학생들이 응답한 이유 진술에 대한 분석

가. 반작용의 존재 유무를 묻는 문항에 응답한 이유 진술 결과 각 문항에 응답한 이유로 힘, 당기는 원인행위, 마찰, 무게, 관성, 운동량, 무생물, 질량 등을 들었다.

오답을 한 학생들의 대부분이 응답 이유로 대상 물체가 낼 수 있는 잠재적인 힘의 크기, 무게, 당기는 원인행위를 응답 이유로 들었다. 예를 들면 '어른의 힘이 세니까', '코끼리가 더 무거우니까', '당기는 사람 쪽의 힘이 더 세니까' 등이다.

정답자의 대부분의 응답이유는 힘, 마찰, 무게 등인데, 예를들면 '작용 반작용', '서로 당기는 힘 때문에', '마찰이 없으니까', '무게가 비슷하니까'라는 이유를 들었다.

학생들이 오답을 한 주요 원인은 마찰이 있는 상태에서 실제 경험한 사실 즉, 힘이 센 사람 쪽으로 약한 사람이 끌려가는 경우를 많이 체험했기 때문으로 생

각되며, 정답을 한 학생들도 무게가 비슷하면 같은 힘을 받는다는 선개념이 크게 작용했다고 믿어진다.

나. 반작용의 크기를 묻는 문항에 응답한 이유 진술 결과

각 문항에 응답한 이유로 힘, 운동, 무게, 운동에너지, 부피, 면적, 마찰, 속력, 운동량, 단단한 정도, 가속도, 에너지, 관성, 충격에 의한 자극, 크기, 미는 원인, 이동거리 등을 들었다.

오답자에 비교적 영향을 많이 주는 원인으로, 운동, 무게, 힘, 속력, 단단한 정도 등이다. 예를 들면 '날아오는 힘이 정지된 자동차보다 크다', '대포알이 무거우니까', '축구공이 나가니까', '손으로 힘을 주어 밀었으니까', '대포알이 날아가는 속력이 있으니까', '유리창을 깨고 나가니까' 등이다.

정답자 대부분의 응답 이유는 힘, 크기 등인데, 예를 들면 '작용 반작용', '충돌시 같은 힘을 받는다', '크기가 같아 힘이 같다'는 이유로 들었다.

오답을 한 학생들은 물체가 움직이면 힘이 있고 정지한 물체보다 큰 힘을 가지고 있다고 믿고 있으며, 힘이 약한 물체가 강한 물체에 밀려나는 경험을 많이 했기 때문으로 믿어진다.

이상의 연구 결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 작용 반작용에 대한 응답이 학교급별, 성별, 계열별, 과별에 따라 차이가 있음을 알 수 있으며, 상급 학교에 진학하면서 작용 반작용에 대한 학습을 함에도 불구하고 작용 반작용에 대한 잘못된 개념이 쉽게 바뀌지 않음을 확인할 수 있었다.

(2) 작용 반작용에 관한 응답이 질량, 생물, 무생물, 물리적 접촉 유무에 따라 달라짐을 알 수 있었다.

(3) 당기는 원인 행위가 반작용의 존재 여부에 관한 응답에 영향을 주었다.

(4) 작용 반작용의 주된 오인의 요인은 대상 물체가 낼 수 있는 잠재적인 힘의 크기, 운동상태, 속력, 무게, 마찰, 단단한 정도 등이 있다.

위와 같은 작용 반작용에 대한 오인의 원인을 바탕으로 오인을 줄일 수 있는 학습지도 방안을 다음과 같이 제언한다.

학생들은 학습을 하기전에 이미 그들 나름대로의 개념을 가지고 있으므로 교사는 학생들이 가지고 있는 잘못된 선입관이 수정될 수 있도록 학습지도해야

한다.

예를 들면 힘을 작용하는 주체와 대상의 질량이 같은 경우보다 다른 경우 정답률이 낮았다. 그러므로 학습지도시에 질량이 같은 경우 뿐만 아니라 다른 경우의 예를 들어 지도하여야 한다.

운동하는 물체는 힘을 가지고 있고 속력이 빠르면 더 큰 힘을 물체가 가지고 있다는 생각을 많은 학생들이 가지고 있으므로 운동의 제2법칙에 관한 바른 이해를 하도록 지도하여야 한다.

또한 지필 검사만으로 학생들이 가지고 있는 Newton의 제3법칙에 관한 잘못된 개념을 완전히 파악했다고는 볼 수 없으므로 면담 등의 방법으로 본 연구를 계속 발전시킬 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. 임인재, 김영길, 유병용, 과학교육성취도 평가연구Ⅲ, 중앙교육 평가원, 162, 1986.

2. 조희형, 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학 학습의 관계, 한국과학교육 학회지, 4(1) : 34-41, 1984.
3. Ausubel, D.P., Novak, J.D., & Hanesian, H., Educational Psychology: A Cognitive View, 2nd. ed. Holt, Rinehart, 1978, pp. 372-373.
4. Gunstone, R. and Watts, M., Force and Motion, Edited by Rosalind Driver, Edith Guesne and Andree Tiberghien, Children's Ideas in Science, open University Press Milton Keynes, Philadelphia, 1985, pp.95-96.
5. Maloney, D.P., Rule-Governed Approaches to Physics-Newton's Third Law, Phys. Education, 19:37-42, 1984.
6. Piaget, J. The Child's Conception of the World, New York: Harcourt Brace, 1929.
7. Terry, C. and Jones, G., Alternative Frameworks: Newton's Third Law and Conceptual Change, Eur. J. Sci, Educ., 8(3): 291-298, 1986.
8. Watts, D.M. and Zylberstajn, A., A Survey of Some Children's Ideas about Force, Phys. Educ., 16: 360-365, 1981.

ABSTRACT

The Sources of Students' Misconception about Newton's Third Law

Kang-Soo Oh · Jae-Sool Kwon
Korea National University of Education

It is very important for a teacher to know what his students know and what they do not; however, it seems not true for the most Korean secondary school science teachers.

This study tried to find students' misconception Newton's third law and the sources of the misconceptions. The researcher examined 609 students from middle schools, high schools, and college.

In this study, students' understanding on Newton's third law were examined by school level, sex, stream (science and liberal arts), and departments.

The following results were obtained by this study.

1. Students' understanding seemed to be improved continuously from middle school to university; however, their misconception (the most frequent incorrect selection of options of the test items) did not changed very much.
2. Students' answers were significantly affected by size of objects, existence of physical contact, and the existence of life in the objects.

3. The answer were significantly affected by the source of attraction.
4. The answer to Newton's third law were affected by the magnitude of potential force which the target bodies have, state of motion, velocity, weight, friction and acceleration.

This study could show the sources of the misconception on Newton's third law. The identified sources could be very useful for designing an instruction to teach Newton's third law in schools and universities.