

碩士學位 請求論文

中學生의 知的發達에 따른 物理概念 體系

指導教授：金 奎 用



濟州大學校 教育大學院

物理教育專攻

李 承 宰

1993年 8月

# 중학생의 지적발달에 따른 물리개념 체계

指導教授：金奎用

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함.

1993年 7月

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻

提出者 李承宰

 제주대학교 중앙도서관  
李承宰의 教育學 碩士學位 論文을 認准함

1993年 7月

審査委員長

審査委員

審査委員

朴康元

奎禎奎

殷友用



# 목 차

## 초록

I	서론	1
II	이론적 배경	4
	1. 과학과 교육과정	4
	2. 지구의 중력	9
	3. 전류	15
	4. 일과 지레	18
	5. Piaget의 지적 발달 단계	20
	6. 오인 형성의 배경	22
III	결과 및 고찰	27
	1. 1학년 과정	27
	2. 2학년 과정	36
	3. 3학년 과정	43
IV	결론	47
	참고 문헌	49
	Abstract	51
	부록	52

< 초 록 >

## 중학생의 지적발달에 따른 물리 개념체계

李 承 宰

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻

指導教授 金 奎 用

과학적 사고는 논리적 사고력이 평형 상태에 도달한 학생들에서만 가능하며 그 시기는 중학교 3학년 이후가 되며, 중학교 1, 2학년의 학생들은 어떤 자연 현상에 대해 학습한 후에도 그 현상에 대한 자신의 오인을 과학적 개념으로 전환시키기 어려운 경향이 있다.

이러한 오인은 사람에 따라 악화되기도 하지만, 경우에 따라서는 강화 또는 수용하는 내용이 달라 지기도 한다.

중력에 대한 학생들의 오인은 원심력에 대한 개념이 확립되어있지 않거나 주어진 조건을 무시하는 형태로 나타나고 있으며, 전류에 대해서는 전자와 전류 개념에 대한 명확한 정리가 없고 또한, 개념을 설명할 수 있는 논리적 개념 체계가 정립되지 않고 있다. 즉 전류의 흐름은 전류나 전자가 소모 되는 것으로 이해되고 있다. 일의 원리에 관한 오인은 중학교 물리 분야에 대한 개념이 어느 정도 정립되어 있으며, 3학년은 논리적인 사고력으로 문제를 해결 하려는 경향이 있다.

학생들은 가시적인 현상에 대한 오인이 눈에 보이지 않는 현상에 대한 오인 보다 상당히 낮은 결과를 나타내고 있다.

# I. 서론

국민 학교 과학 교육 과정이 과학의 규칙성을 학습시키는 것이 큰 목적의 하나라면, 중학교에서는 실험과 검증 과정에서 얻어지는 결과의 이론이나 법칙의 개념과 일반화 형성이 중요한 의미를 갖는다. 또한, 과학에서의 사실은 하나의 의견과는 다르며 어떤 현상에 대한 실증에 근거한 것임을 깨닫게 하여 논리적이고 합리적인 사고를 할 수 있도록 하여야 한다.<sup>1)</sup> 그러나 학생들이 학습에 임하기 전에 파악한 그 학습 내용과 관련된 개념, 혹은 개념 체계들은 새로운 과학 개념의 학습에서 합리적인 사고를 하는데 많은 장애요소가 된다.<sup>2)</sup> 이와같은 개념 혹은 개념 체계는 선입관 혹은 선행 개념이라 하며 이미 확인된 과학 개념과 다를 수 있다. 이때의 선입관 혹은 선행 개념은 대체적 개념 체계<sup>3)</sup> 혹은 오인<sup>4)</sup> 등으로 불리워지며, 과학적 개념과 마찬가지로 과학 학습에 영향을 미칠 뿐 아니라 그 학습에 의해서 학생 나름대로의 개념체계로 발달하게 된다.<sup>5)</sup>

따라서 선입관 혹은 선행 개념을 과학적 개념으로 전환하기 위해서는 학생의 논리적 사고력이 필요하다. 즉, 논리적인 사고력이 있어야만 개념의 전환이 가능하며 그렇지 못할 때에는 수업을 하더라도 수업전의 선입관이 바뀌지 않는다.

피아제 (Piaget)에 의하면 논리적 사고는 형식적 조작 단계에서 형성되며 형식적 조작 사고는 11,12세에 시작해서 15,16세에는 평형 상태에 도달한다.<sup>6)</sup> 6,7세에서 11,12세의 구체적 조작 학생은 이론을 형성하거나, 구체적 사실과 동떨어진 추상 개념을 이해할 수 없으며, 형식적 조작 학생들만이 구체적, 형식적 개념 모두를 이해할 수 있다.<sup>7)</sup> 그러나 형식적 조작 학생도 자신이 익숙

하지 못한 분야에서는 구체적 수준에서 사고하게 되므로, 구체적 개념을 더 쉽게 받아들인다.<sup>8)</sup> 그런데 한종하등은 중학교 3학년 학생들 (평균 나이 14.3세) 의 22.1%만이 형식적 조작 단계에 이르렀을 뿐이며, 대다수 (46.3%)가 구체적 조작 수준에 머물러 있음을 밝혔다.<sup>9,10,11)</sup>

헤론(Herron)은 Piaget의 논리적 사고 개념을 화학 교육에 적용한 결과, 열심히 노력해도 화학 문제를 풀지 못하는 학생들은 기본적으로 조작 사고를 하지 못하는 학생들임을 알아 내었다.<sup>12)</sup> 즉 논리적 사고력이 없는 학생들은 수업을 해도 그 내용을 이해하지 못하는 것이다.

대부분의 논리들이 중학교 3학년 이후부터 발달이 가속되는 점으로 보아 중학교에서부터 학생들의 논리적 사고력 형성에 각별한 관심을 가짐이 필요하다. 그러므로 중학교 저학년에서 학과 성적이 부진한 학생이라 할지라도 중 3 시기에 와서는 교사의 도움으로 형식적 논리를 형성할 수 있다고 보고 꾸준히 학생에게 학습 동기를 불어넣는 것이 과학 교사의 가장 큰 역할이 아닌가 생각된다.

이렇게 볼 때 우리나라의 중학생은 12-15세 이므로 형식적 조작 단계의 형성 시기이며, 이 때의 수업 전후의 개념은 변하지 않는다고 할 수 있다. 그러므로 학년에 따른 개념 체계에 대한 변화를 파악함으로써 보다 좋은 수업에의 접근이 용이하다고 본다.

따라서 본 연구의 목적은 학교 과학 교과중 물리 부분 단원에서 특히 오인의 요소가 많은 개념 및 용어의 이해를 각 학년별로 비교 분석하여

- . 각학년에 따르는 과학적 사고력의 발달과정을 알고
- . 학생들의 오인의 폭에 대해알며

. 새로운 개념 및 용어를 보다 쉽게 습득하게 하고

. 과학 과목에 대한 흥미 유발과 이해를 시키는데 있다.

또한 본 연구는 중학생들의 과학 개념 및 용어에 대한 이해 및 각 학년에 따른 이해의 변화를 조사하고, 선행된 오인의 변화를 조사하였다. 특히 중학생들이 많이 갖고 있는 오인 중에서 1 학년에서는 중력, 2 학년에서는 전류, 그리고 3 학년에서는 일의 개념에 주안점을 두고 설문지를 이용하여 각 학년 별로 검사를 실시하고, 각 학년에 따른 변화를 학생의 응답으로부터 분석하였다.

검사 시기는 1992년 12월 19일 1차 검사를 실시했고, 2, 3차 보완 검사는 각각 1993년 3월 5일과 31일에 실시했고, 연구대상은 동일한 교과서를 사용하는 생활 수준이 비슷한 수도권 도시인 부천 시내 여자 중학교 각 학년 3개반과 성남 시내 남자 중학교 1학년 1개반, 2, 3학년 4개반으로 실시하였기 때문에 전체 중학생을 대표하지는 않는다. 그리고 남녀 학생과 성적에 관한 차는 무시하였다.



## Ⅱ. 이론적 배경

### 1. 과학과 교육과정

교육부 고시 제 1992-11 호에 의하면 중학교 과학과 교육 과정은 다음과 같다.<sup>14)</sup>

#### 1) 성격

과학과는, 주위의 사물과 자연 현상에 대하여 항상 의문을 가지고 탐구하게 하여 과학의 지식을 이해시키고, 과학적 태도 및 창의적인 사고력과 합리적인 판단력을 함양시켜 주는 교과이다.

따라서, 과학과에서는 주위의 사물과 자연 현상에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구함으로써 생활 주변에서 일어나는 문제를 과학적으로 해결하려는 태도와 능력을 기르는데 주안점을 둔다.

중학교의 과학은 국민학교에서 학습한 자연과의 내용을 더욱 심화, 확장시키는 교과로서, 고등학교에서 학습할 과학과의 기초적인 경험을 제공한다.

중학교 과학과의 내용은 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구에 관한 지식 영역과 관찰, 측정, 실험 등의 기본적인 탐구 영역으로 구성한다.

학습 지도는 학생들의 지적 발달 수준을 고려하여 주요 개념을 학습자의 경험과 밀접한 관련이 있는 상황 속에서 구체적으로 다루도록 한다. 따라서, 자연 현상을 직접 관찰, 조사하거나 실험하는 탐구적인 활동을 통하여 과학의 기본 개념, 원리, 법칙을 이해하도록 하는 한편, 과학이 기술의 발달과 사회의 발전에 미치는 영향을 다룸으로써 과학과 실생활과의 관련성을 이해하도록 한다

궁극적으로, 과학과는 미래 사회에서 추구하고자 하는 인간상 즉, 건강하고 자주적이며, 창조적이고 도덕적인 사람을 기르는데 기여하며, 이 중에서 특히 창조적인 인간 육성과 밀접한 관련이 있는 교과이다.

## 2) 목 표

자연 현상의 탐구에 흥미와 호기심을 가지고, 기본적인 탐구 방법과 과학의 지식을 습득하여 창의적으로 문제를 해결하는 능력을 기르게 한다.

가. 기본적인 탐구 방법을 습득하여, 실생활 문제 해결에 이를 활용할 수 있게 한다.

나. 탐구 활동을 통하여 기본적인 과학 지식을 이해하고, 자연 현상을 설명 하는데 이를 적용하게 한다.

다. 자연 현상과 과학 학습에 흥미를 가지고 계속하여 탐구하려는 태도를 기르게 한다.

라. 과학이 기술의 발달과 사회의 발전에 미치는 영향을 인식하게 한다.

## 3) 내 용

물리 분야를 중심으로한 중학교 과학의 내용 체계는 표 1과 같다.

표 1. 물리 분야를 중심으로한 과학과 내용 체계

영역	학년	1 학 년	2 학 년	3 학 년
역 학		단원:힘과 운동 1.힘의 크기와 방향 2.힘의 합성과 평형 3.힘과 물체의 속력 변화		단원:일과 에너지 1.일 2.역학적 에너지의 보존 3.에너지의 전환 4.에너지의 이용
전자기학			단원:전기와 자기 1.옴의 법칙 2.전류의 작용 3.전기 에너지와 그 이용	

그리고 학년별 내용은 다음과 같다.

○ 힘과 운동

힘이 작용할 때에 일어나는 현상을 알게하고, 힘과 운동의 관계를 정성적으로 이해하게 한다.

가. 지식 : 여러가지 힘, 힘의 크기와 방향, 힘의 합성과 평형, 힘과 물체의 변형, 힘과 물체의 속력 변화, 힘과 물체의 속력 변화, 힘과 물체의 운동 방향, 여러가지 운동

나. 탐구 활동 : 힘의 합성 실험, 힘과 물체의 속력 변화 관계 실험, 진자의 주기 실험

○ 전기와 자기

오옴의 법칙과 전류의 자기 및 열 작용을 이해하게 한다.

가. 지식 : 전기의 발생, 전압과 전류병저항의 관계, 저항의 연결, 전기 에너지와 그 이용, 전류에 의한 자기장, 자기장에서 전류가 받는 힘, 전자기력의 이용

나. 탐구 활동 : 전압과 전류의 관계 실험, 전류에 의한 자기장 실험, 자기장에서 전류가 받는 힘의 실험, 전류계와 전압계의 사용 방법

○ 일과 에너지

일과 에너지의 관계를 알게 하고, 에너지의 전환과 보존을 이해하게 한다.

가. 지식 : 일의 원리, 일률, 일과 에너지의 관계, 위치 에너지, 운동 에너지, 역학적 에너지의 보존, 열과 역학적 에너지의 관계, 에너지의 전환과 보존, 에너지의 이용

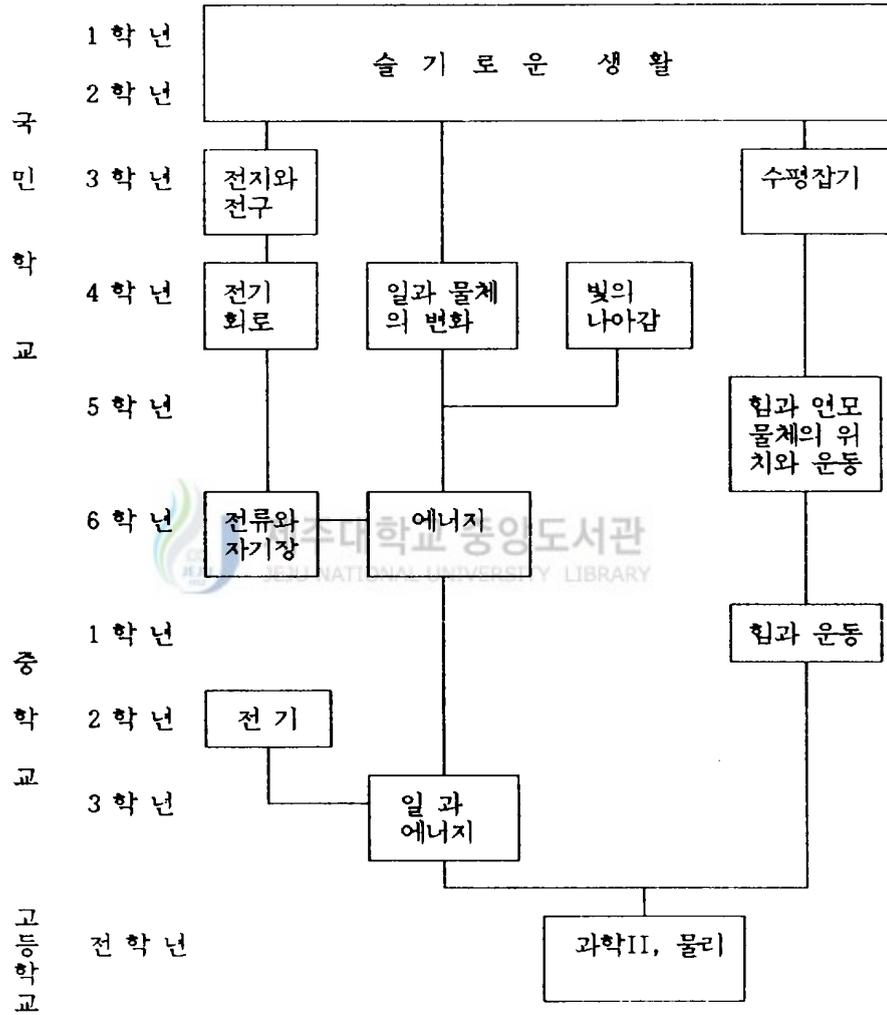
나. 탐구 활동 : 에너지 전환에 관한 실험, 에너지의 이용 조사.

4) 학습 체계

물리 분야를 중심으로한 과학 과목의 학습 체계는 국민학교 1, 2학년은 슬기로운 생활 그리고, 3학년 부터는 자연 과목으로 전환된다. 국민 학교에서는 과학의 규칙성을 학습시키는 것이 목적이고, 역학과 전자기는 물론 광학 부

분도 다루고 있다. 그러나 중학교의 교육 과정에서는 광학 부분은 빠져있고, 역학 그리고 전자기 부분으로 구성되어 있다. 그리고 고등 학교 과정은 과정별 선택 과목인 과학 II 와 자연 과정의 물리로 나누어 지는데 자세한 학습 체계는 표 2와 같다.

표 2. 물리 분야를 중심으로한 과학과 학습 체계도.



2. 지구의 중력

1) 원심력

원주상을  $v$ 의 속도로 운동하는 물체는 한 주기  $T$ 만큼 회전하는데  $2\pi r$ 만큼 운동하게 된다. 따라서 속도  $v$ 는

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (1)$$

이 된다.

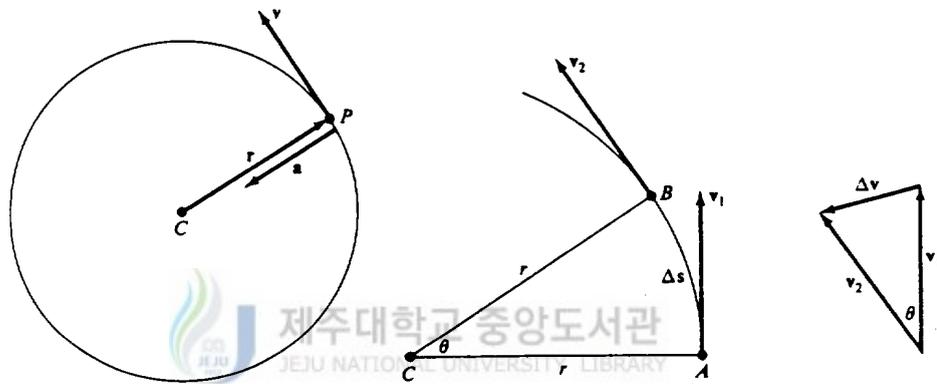


그림 1. 물체의 등속 원운동

그림에서  $v$ 는  $r$ 과 직교하므로 속도의 삼각형은 A. B. C.와 닮은 꼴이다.

그러므로

$$\frac{|\Delta v|}{v} = \frac{\Delta s}{r} \quad (2)$$

$$|\Delta v| = \frac{v}{r} \Delta s \quad (3)$$

$v$ 는 속력이 일정하기 때문에  $|v_1| = |v_2|$  이다. 그러므로

$$|\Delta r| \frac{1}{\Delta t} = \frac{v}{r} \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (4)$$

양변에  $\Delta t \rightarrow 0$  이 극한을 취하면

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta r|}{\Delta t} = \frac{v}{r} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (5)$$

$$\left| \frac{dr}{dt} \right| = \frac{v}{r} \frac{ds}{dt} \quad (6)$$

$$\therefore a = \frac{v^2}{r} \quad (7)$$

이 된다.

(1) 과 (7)식에서

$$a = r \left( 2 \frac{\pi}{T} \right)^2 = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \quad (8)$$

이 된다. <sup>15)</sup>

$a$  물 구심 가속도라고 한다. 이와는 반대로 지름의 반대쪽으로 향하는 가속도  $-a$ 를 갖는 것을 원심력이라 하며  $-ma$ 의 값을 갖는다.

따라서 원심력

$$\begin{aligned} F &= -ma \\ &= -m\omega^2 r \end{aligned} \quad (9)$$

$$= -mr \left( 2 \frac{\pi}{T} \right)^2 \quad (10)$$

의 값을 갖는다.

이 원심력은 지구의 자전에서도 생기며 적도에서 최고가 되고 극에서 최소로 "0"이 된다. 이 가상적인 힘은 겉보기 힘으로도 불리우며 중력에 관여한다. 즉, 중력은 만유인력에 지구가 자전할 때 생기는 원심력을 합한 값이 된다.

## 2) 만유 인력

질량  $m$ (빛)의 행성이 태양 주위를  $T$ (s)로 반지름  $r$ (m)인 원궤도를 공전한다고 하면 구심력  $F(N)$ 는

$$F = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r \quad (11)$$

로 주어진다. 케플러의 제3법칙인

$$\frac{r^3}{T^2} = k \text{ (상수)}$$

를 이용하여 주기  $T$ 를 소거하면 (11)식은

$$F = 4\pi^2 k \frac{m}{r^2} \quad (12)$$

이 된다. 여기서 상수  $k$ 는 태양이 그 주위를 공전하는 행성들에 작용하는 인력의 세기를 나타낸다.

운동의 제3법칙을 사용하면 태양이 행성에 작용할 때 행성도 태양에 같은 크기를 작용하므로

$$F = 4\pi^2 k' \frac{M}{r^2} \quad (13)$$

로 놓을 수 있다. 여기서 상수  $k'$  는 행성이 태양에 작용하는 인력의 세기이고  $M$ 은 태양의 질량이다.

(12)식과 (13)식에서  $km = k' M$  이므로, 상수  $k$ 는 질량  $M$ 에 비례한다. 그러므로 새로운 상수를 도입하여  $4\pi^2k = GM$  이라하면 (12)식은 아래식으로 주어진다.

$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad (14)$$

이 힘은 태양과 행성 사이 뿐만 아니라 질량을 가진 모든 물체들 사이에 작용하므로 이 힘을 만유 인력이라 한다. 그리고 비례상수  $G$ 를 만유 인력의 상수라 하며 그 값은 정밀한 측정에 의하여

$$G = 6.67 \times 10^{-27} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$$

으로 밝혀졌다.<sup>16,17)</sup>

### 3) 지구에 대한 $g$ 값

뉴우턴의 제 2법칙과 만유 인력의 법칙에서 물체의 질량을  $m$ , 지구의 질량을  $M_0$ 라 하면

$$mg = \frac{GmM_0}{r^2} \quad (15)$$

의 식이 나온다. (15)식에서  $m$ 을 소거하면

$$g = \frac{GM_0}{r^2} \quad (16)$$

을 얻게된다.

표 3. 위도 45°에서의 고도에 따른 g값의 변화

고도 Km	g m/s <sup>2</sup>	고도 Km	g m/s <sup>2</sup>
0	9.806	32	9.71
1	9.803	100	9.60
4	9.794	500	8.53
8	9.782	1000	7.41
16	9.757	380000	0.00271

표 4. 해면고도에서의 위도에 따른 g값의 변화

위도	g m/s <sup>2</sup>	위도	g m/s <sup>2</sup>
0	9.78039	50°	9.81071
10°	9.78195	60°	9.81918
20°	9.78641	70°	9.82608
30°	9.79329	80°	9.83059
40°	9.80171	90°	9.83217

지구의 반지름은 극지방을 통한 반지름보다 적도 지방의 반지름이 21 Km 더 길다. 그러므로 적도에서부터 극까지 가면서 g값을 측정하면 g값은 점점 증가한다. 표 3과 표4는 이러한 기대를 확인시켜 준다.

또한, 자전하는 지구를 생각하면 물체는 구심 가속도 a 을 받게된다.

그림 2에서 보면, 중력에 의한 F는 용수철 저울이 위쪽으로 끄는힘 보다 커야 한다. 즉, 운동의 제 2법칙에서

$$F - W = ma$$

$$\frac{GM_0 m}{R_e^2} - mg = ma$$

$$\therefore g = \frac{GM_0}{R_e^2} - a \quad (17)$$

(17)식은 적도에서 값이고 극에서는

a = 0 이므로

$$g = \frac{GM_0}{R_e^2} \quad (18)$$

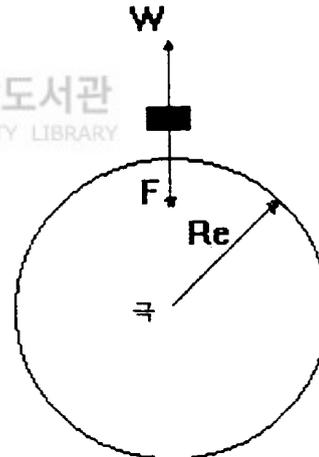


그림 2. 물체의 무게에 끼치는 지구의 효과

의 값을 갖는다. 이 g 값은 [지구가 구라고 가정하는 경우] 지구가 회전한다는 것을 무시해 버린다면 어느 곳에서나 얻을 수 있는 값이다. 회전하는 지구의 적도에서는

$$a = \omega^2 R_e = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_e = \frac{4\pi^2 R_e}{T^2} \quad (19)$$

가 된다. 여기서  $\omega$ 는 지구 자전의 각속력이고, T는 주기,  $R_e$ 는 지구 반지름, 그리고  $M_e$ 는 지구의 질량이다. 또 실제값

$$R_e = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

$$T = 8.64 \times 10^4 \text{ S}$$

를 쓰면

$$a = 0.0336 \text{ m/s}^2 \quad (20)$$

을 얻게 된다.

따라서 표 4에서 극과 적도에서 관측된 g값의 차이인  $0.05178 \text{ m/s}^2$  중 64.9%인  $0.0336 \text{ m/s}^2$ 은 자전의 원심력에서 생기며 나머지 35.1%인  $0.01818 \text{ m/s}^2$ 은 지구의 적도 부근이 볼록 나온데서 오는 효과이다.<sup>16)</sup>

### 3. 전 류

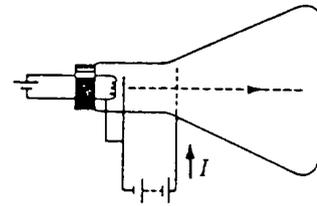
도체의 양단에 전압을 걸면 도체내에는 전기장이 형성되어 자유전자는 전기력을 받아 움직이게 된다. 이와같이 대전된 입자의 흐름을 일반적으로 전류라 하며, 전류의 방향은 편의상 양전하의 이동방향으로 정한다.

전하가 이동하여 전류가 흐를때, 하전입자의 운동은 그림 3에서와 같이 몇가지 경우로 나누어 볼 수 있다.

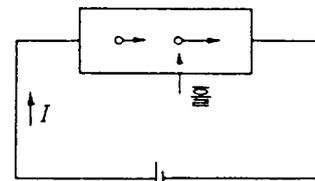
(가) 음전하만 흘러서 전하의 이동과 반대 방향의 전류를 형성하는 경우이다. 그림 (a)의 브라운관이나 금속내의 자유전자에 의한 전류가 여기에 해당된다.

(나) 양전하만 흘러서 전하의 이동과 같은 방향의 전류를 형성하는 경우이다. 그림 (b)와 같이 전자가 부족하고, 홀이 많은 p형 반도체 내에서의 전류가 좋은 예가된다.

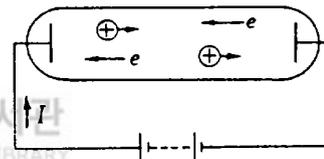
(다) 양전하와 음전하가 동시에 서로 반대 방향으로 이동하는 경우이다. 그림 (c)와 같이 방전관내의 전자와 양이온의 이동이나, 그



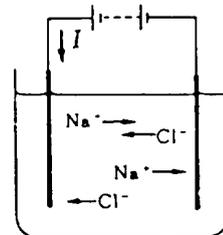
(a) 브라운관



(b) P형 반도체



(c) 방전관



(d) 전기 분해

그림 3. 여러가지의 전류 형태

림 (d)와 같이 소금물을 전기 분해할때 양이온과 음이온의 이동을 예로 들 수 있다.

도체 내에 고르게 분포되어 있는 자유 전자들은 매우 빠른 속도로 불규칙적인 열운동을 하고 있다. 도체의 양끝에 전압이 걸리게 되면, 이 자유전자들은 불규칙적인 운동을 하면서 전체적으로 자기장과 반대방향으로 서서히 이동하게 된다. 이때, 이동 속도를 자유 전자의 유동 속도라 한다.

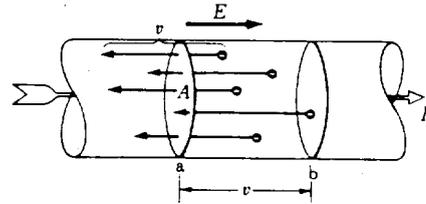


그림 4. 도선 내에서의 전자의 운동

그림 4에서 전류가 흐르는 도선의 수직 단면적을  $A[m^2]$ , 도선내의 자유 전자 밀도를  $n$  [개/ $m^3$ ], 유동 속도를  $v[m/s]$ , 전자의 전하량을  $e[C]$ 이라 하면 전류  $I [A]$ 는

$$I = nevA \quad (21)$$

로 주어진다.

자유 전자의 운동과 전기 저항 그림 5(a)와 같이 금속의 결정 내에서 자유 전자들이 불규칙한 운동을 하는 것은 결정을 구성하는 양이온과 충돌하여 시시각각으로 그 운동의 방향을 바꾸기 때문에 생긴다.

그림 (b)와 같이 도체의 양 끝에 전압  $V$

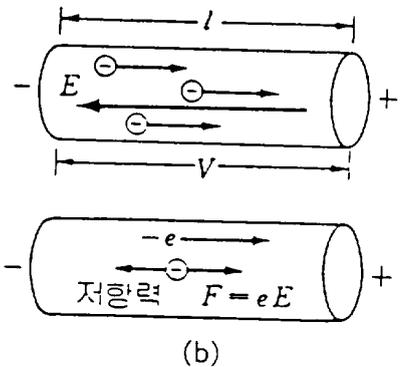
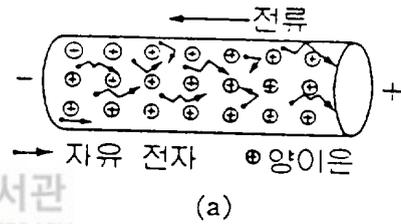


그림 5. 자유 전자의 운동과 전기저항

를 걸어서 도체 내에 전기장  $E$ 를 가해 주면 자유 전자는 전기력  $F = eE$ 에 의하여 가속도 운동을 하지만, 이 때 충돌에 의한 저항력도 받게 된다. 이 저항력이 속도에 비례한다고 생각하여  $kv$ 로 표시하면 이 저항력은 속도가 커짐에 따라서 커지고, 잠시후에는 전기력  $eE$ 와 같아질 것이다. 이때, 전자에 작용하는 합력은  $eE - kv = 0$ 가 되고, 전자는 등속운동을 하게 된다. 이때 속도  $v$ 는  $v = eE/k$ 로 되고, 이것을 식 (21)에 대입하면, 전류  $I$ 는

$$I = n \frac{e^2 EA}{k} \quad (22)$$

가 된다.

도선의 길이를  $\ell$ 이라 하면,  $I = V/\ell$ 가 되므로

$$I = \frac{ne^2}{k} \frac{A}{\ell} V \quad (23)$$

가 된다. 따라서, 오옴의 법칙에서 전기 저항  $R$ 은

$$R = \frac{k}{ne^2} \frac{\ell}{A} \quad (24)$$

이 되어, 금속의 전기 저항은 길이  $\ell$ 에 비례하고, 단면적  $A$ 에 비례함을 알 수 있다.<sup>18)</sup>

#### 4. 일과 지레

일은 물체에 작용하는 힘  $F$ 와 물체가 힘의 방향으로 이동한 거리의 곱이다.

이를 식으로 나타내면

$$W = F \cdot S \quad (25)$$

로 나타낼 수 있다.

그리고, 힘  $F$ 가 작용하여 힘의 방향으로  $\theta$ 값을 갖고  $S(m)$ 만큼 이동하면

$$W = F \cdot S \cos \theta \quad (26)$$

가 된다.

따라서 일의 양은 많은 힘을 소비하거나, 시간이 많이 걸리는 것에는 관계가 없다.

지레는 물건을 움직이는데 쓰는 막대로 받침점이 받혀진 막대의 한쪽 끝에 작은 힘을 가하여 다른쪽 끝에 큰 힘을 얻는 장치이다.

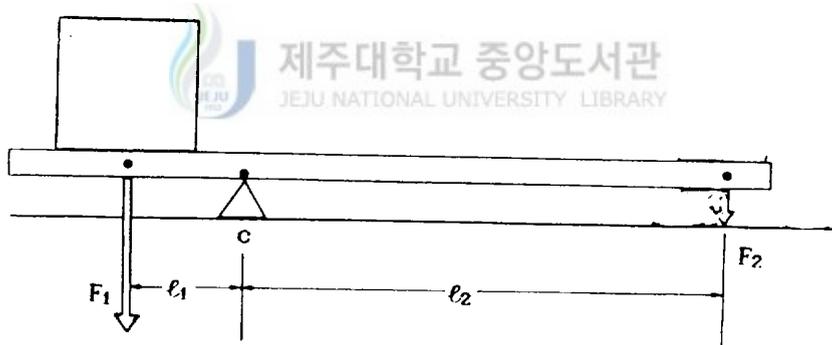


그림 6. 지레에 작용하는 힘

그림 6에서와 같이 물체를 받침점(c)에서 받치면 균형을 이루기 위한 조건은

$$F_1\ell_1 = F_2\ell_2 \quad (27)$$

임을 알 수 있다. 따라서 어느 쪽도 일을 더 하지 않았다.

일의 정의와 지레의 원리를 살펴보면 일은 지레를 써서하거나 사람의 손으로  
거나 차이가 없다.

## 5. Piaget의 지적 발달 단계

Piaget<sup>6)</sup> 는 지능의 발달을

- ① 유전적인 신체적 구조는 지적 기능을 할 수 있는 범위를 정해준다.
- ② 유전적 행동 반응은 생후 첫 며칠 동안은 유효하지만 그 후에는 유아 환경과 작용하게 됨으로써 크게 변하게 된다.
- ③ 신체적 구조가 성숙되어야 심리적 성숙이 가능하다.

는 세가지 방향으로 지능 발달에 영향을 주는 특수 유전과 “생물적 요인이 지능에 영향을 준다.”는 일반 유전으로 설명하고 있다. 여기서 생물적 요인은 조직과 적응을 뜻하며, 조직이라는 말은 신체적 과정이든 심리적 과정이든 모든 생명체가 그 과정들을 통합된 체계로 조직해 가는 성향을 뜻한다. 또한, 적응의 원리는 모든 유기체는 환경에 적응하려는 경향성을 지니고 태어나는 것을 뜻하며 적응은 동화와 조절이 서로 보완적 과정 속에서 생각할 수 있다.

Piaget는 지적 적응이란 개체와 환경 사이의 상호 작용 또는 교류라 보고 있다. 인간은 외부적인 것을 자신의 심리적 구조속으로 끌어들이거나 동화시킨다. 다른 한편으로는 환경적 압력에 맞추기 위해 자신의 심리적 구조를 수정하거나 조절한다. 이렇게 동화와 조절의 이중적 적응 과정을 통해서 아동의 사고력은 분화되고 통합되면서 새로운 지적 특성을 형성 발달하게 된다. 이러한 발달들은 여러 단계를 거치는데, 각 단계에 도달하는 평균 나이는 지능이나 사회적 환경등에 따라 달라질 수 있으나 이 단계들을 거치는 순서는 누구에게나 일정하다. 각 단계는 아동의 중요 행동양식을 나타내는 조작에 의해서 구별 되어진다.

Piaget 는 아동의 지적 발달 단계를 그 조작적 특징에 따라, 감각 동작기

(0 - 2세), 전조작기(2 - 6,7세), 구체적 조작기(6,7 - 11, 12세) 형식적 조작기(11,12 - 15,16세)의 4단계로 구분하였다. 각 단계의 특징은 다음과 같다.

1) 감각 동작기(Sensory-Motor stage:0 - 2세)

처음에는 흡유, 포착, 청취, 팔다리 움직임등 간단한 본능적 행동만을 나타내나 점차로 보다 명확한 동작 양식으로 발전한다. 초기에는 물체가 그들시야 안에 있을 때에만 존재한다고 생각하나, 나중에는 보이지 않는 물체를 찾는다.

2) 전조작기(Preoperational stage:2 - 6,7세)

이 단계에서는 전조작적 사고(2 - 4세)와 직관적 사고(4 - 7세)를 나타낸다. 감각적 행동이 언어로 표현되며, 모든 사고와 언어 활동에 있어서 자기 중심적인 행동을 보인다. 가역성의 개념이 부족하기 때문에 보존이 이루어지지 않으며, 지각에 의존해서 외부 세계를 받아들이며, 자기의 행동을 교정할 때에도 깊이 생각하고 행동하지 않고 닥치는대로 시행 착오를 거듭하는 직관적 조절에 의한다.



3) 구체적 조작기(Concrete-operational stage:6,7 - 11,12세)

사고의 조작성이 나타내며, 구체적 상황에서는 가역적 사고를 할 수 있으므로 보존의 개념이 형성된다. 실체적 대상으로부터 자료를 조직할 수는 있으나, 이론을 형성하거나 언어로 표현된 가설등은 이해하지 못한다.

4) 형식적 조작기(Formal-operational stage:11,12 - 15,16세)

가설-언역적 사고와 수리 논리적 사고가 가능하다. 주어진 문제에 대하여 가능한 조합을 생각할 수 있으며, 대상 없이도 이론을 형성할 수 있다.

## 6. 오인(誤認) 형성의 배경

지식이란 아무런 전제없이 “관찰”에만 의존하여 사실의 관찰과 논리를 통해서만 증명되고 귀납적인 일반화에 의하여 축적 발전되어 진다는 경험 주의는 20C 초반까지 전통적인 자연 과학에 크게 영향을 주어 왔었다. 심리학과 교수 - 학습 이론에서도 경험주의 철학을 배경으로하는 행동주의 이론은 교육의 중심 사조를 이루었다. 이들은 학습은 “백지 상태”로부터 경험에 의하여 얻어진 결과에 따라 나타나는 행동의 변화로 간주하고 있다. 따라서 경험주의와 행동주의 교수 - 학습 이론에서는, 인간의 사전 인지 구조 역할에 대해서는 큰 의미를 두지 않는다.<sup>2)</sup>

그러나 근래에 이르러 과학 철학에도 과학 지식이란 객관적 사실에만 의존하는 것이 아니라 연구자 또는 과학 이론 자체의 인지적 혹은 논리적 조작에 의해서 발달한다는 구성주의 이론이 경험주의를 대신하게 되었다.

구성주의 이론을 받아들인 Piaget 와 Ausubel<sup>5)</sup>은 오늘의 과학 교육에 가장 큰 영향을 미치고 있다. 이들은 학습을 인지 구조, 즉 개념 체계의 변화로 정의 하면서 학습자가 이미 파악하고 있는 개념 체계인 오인(misconception)을 중요시하고 있다.

아이들은 비가 내리려면 하늘에 물병이 있어야 한다는 것처럼 학교 수업이나 책과 같은 것을 통한 형식적 교육을 받지 않더라도 나름대로의 논리와 인과 관계를 따져서 이해할 줄 안다. 이러한 나름대로의 자발적인 생각들은 자라면서 더 강화되거나 약화되기도 하고 또는 내용이 바뀌기도 한다. 이같은 자발적인 생각들은 선행 개념 혹은 오인이라 한다.

오인이 생기는 것은 아동의 인지 발달 과정을 환경과 인지 구조의 동화와의 조절에 의한 상호 작용으로 설명할 수 있다. 즉 아동의 지식이나 개념 구조는 외부로부터의 사실(현상)을 그대로 투영하여 형성되는 것이 아니라 극히 자발적인 상호작용의 과정을 통하여 형성되는 것이므로 각 아동들은 자신들 고유의 인지 구조를 갖게된다. 아동들이 지니고 있는 인지구조는 현재의 과학 개념과 비교했을 때 올바른 것일 수도 있고 그릇된 것일 수도 있다.

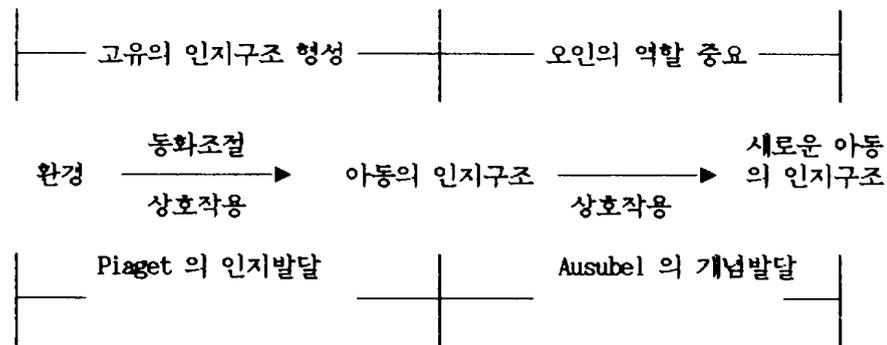


그림 7. 인지구조 형성과 인지구조 내 오인의 역할

그림 7.은 인지 구조 형성이 인지 구조내 오인의 역할을 나타낸 것으로 Piaget는 아동의 인지발달의 과정을 환경과 인지구조와의 동화와 조절에 의한 상호작용으로 설명하고 있다.

Ausubel은 특히 교수-학습 이론에서 학생들이 지니고 있는 기존 인지구조가 교수-학습에 가장 중요한 역할을 한다는 것을 강조하였다. 즉 그릇된 오인은 학습에 지장을 주거나 잘못된 개념(오인)을 강화, 확장시키기도 한다.

이와같은 일반적인 오인 형성과정에서 따라 구체적인 오개념 형성의 요인을 내부요인과 외부요인으로 구분하여 살펴보면 다음과 같다.

1) 오인 형성의 내적 요인

내적 요인을 아동들의 지각의 특성과 논리적 추론 특성에 따라 다시 분류할 수 있다.

(1) 아동의 지각 특성과 관련된 요인

① 지각 우위적 사고

처해진 상황내에서 관찰에 의하여 지각되는 것에 대해서는 우선적으로 생각하려는 경향이 있음.

② 제한된 주의집중

물리현상에 대하여 전체적인 상호작용을 고려하지 못하고 부분적인 것에만 주의를 집중하여 현상에 대한 제한된 범위내에서만 경험이 일어남.

③ 변화하는 것에만 집중  
평형 상태에서 일어나는 상호작용을 깨닫지 못하고 변화하는 상태에만 관심을 집중함.

④ 물체에 물리적인 양을 부과

물체에 실제 자연세계에서 보장할 수 없는 물리량을 부과함.

(2) 아동의 논리적 추론 특성에 따른 오인

① 논리적 조작 능력의 미숙

학습할 내용에 대해서 아동의 인지조작 능력이 이에 미치지 못할 때, 오인이 나타남.

② 인과적 추론 형식 선호

아동들은 모든 사건에 대해서 원인-결과의 관점에서 추론을 시도하려는 경향을 지님.

③ 사건의 순차성을 선호

어떤 현상을 설명할때 시간에 따른 순차적인 인과 관계에 따라 설명함.

④ 직관적 사고

일상생활에서 일어나는 현상에 대해서 그에 대한 의미를 직관적인 사고에 의지하여 해석함.

⑤ 과도하거나 성급한 일반화

비분석적이나 비조건 통제적인 관찰 결과에 대해서 심사 숙고함이 없이 상식적인 생각에 의존함.

⑥ 근접성에 대한 사고

관념들(idea)의 통합이 시간적으로 또는 공간적으로 근접하게 연관되어 있는 관념들간에 쉽게 일어남.

2) 오인 형성의 외적 요인

오인 형성의 외적인 요인으로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

(1) 교과서에 의한 오인

과학자들의 지식 체계의 구조는 아동들의 지식 체계와는 다르다. 따라서 과학자들에 의해 진술된 교과서의 개념 구조는 아동의 지식 체계에는 쉽게 받아들여지지 않을 수 있다. 받아들여진 개념이라도 과학자들이 원하는 개념과 다른 개념 구조로 존재할 수 있다.

(2) 교사에 의한 오인

학생들은 과학 내용을 교과서를 통해서 학습하기도 하지만, 대부분은 교사와 학생간의 교수-학습 활동을 통해서 개념을 획득한다. 따라서 학생의 인지 능력과는 상관없이 교사가 잘못된 개념을 가지고 있게 되면 이는 직접적으로 학생의 개념 획득에 영향을 주게된다.

(3) 언어의 모호성에 대한 오인

과학에서 사용하는 많은 단어는 일상 생활에서의 단어를 그대로 대체하여 사용되어진다. 이 때 언어 자체의 은유적 의미와 단어가 지닌 개념에 대한 불명확한 표현으로 인하여, 아동은 과학에서 사용하는 단어의 의미를 자신이 가진 개념체계 내에서 일상적인 언어의 의미로 동화하려고 한다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 1학년 과정.

중학교에서의 역학은 1학년의 힘과 운동 그리고 3학년의 일과 에너지로 나누어 서술되고 있다. 이 두 분야는 서로 연계되어 있으나 2학년의 전기분야로 인해 양분된 상태이다.

1학년 과정의 설문 내용은 “지구의 중력은 만유 인력과 원심력의 합으로 볼 수 있다.<sup>19)</sup> 이때 원심력이 적도에서 최대가 되고 극지방에서 최소로 0이 된다. 중력이 최대가 되는 곳을 찾아라” 라고 주었다. 이 항목에 올바른 응답을 한 학생은 1학년 이 29명으로 19.3%, 2학년이 17명으로 11.3%, 그리고 3학년은 12명으로 8.0%로 고학년으로 갈수록 정답자의 비율은 떨어지는 특성을 나타낸다. 각 항목별 응답자의 이해 정도는 표 5와 같다.

표 5. 중력에 대한 항목의 이해도

구 분	1 학년		2 학년		3 학년		계	
	인원	%	인원	%	인원	%	인원	%
가)	50	33.3	82	54.6	75	50.0	207	46.0
나)	0	0.0	11	7.3	0	0.0	11	2.4
다)	29	19.3	23	15.3	16	10.7	68	15.1
라)(정답)	29	19.3	17	11.3	12	8.0	58	12.9
마)	42	28.1	17	11.3	47	31.3	106	23.6
계	150 명		150 명		150 명		450 명	

여기서 가) 항은 적도, 나) 항은 저위도, 다) 항은 고위도, 라) 항은 극, 그리고 마) 항은 같다고 놓았다.

표 5 에서 보면 전학년에서 가장 많이 나타난 것은 (가) 항인 적도로 207명으로 46.0%가 되며, 가) 항인 적도에서 중력이 가장 큰 이유에서는 “원심력이 적도에서 가장 크기 때문에” 라고 응답한 학생 수는 그림 8 에서 보는바와 같이 1학년 42명, 2학년 60명, 그리고 3 학년에서는 68명으로 나와 중학생 대부분이 원심력에 대한 개념을 확립 못하고 있다.

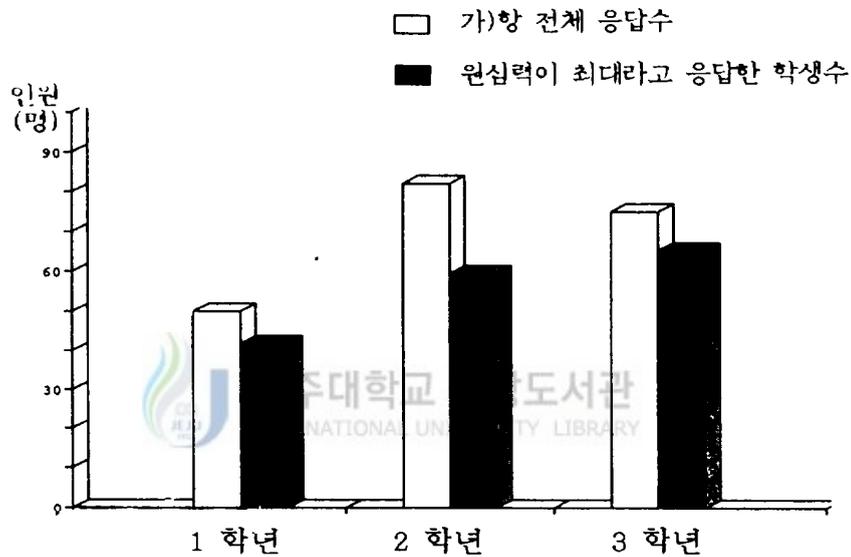


그림 8. 가) 항의 응답자 수와 원심력이 적도에서 가장 크기 때문이라고 대답한 응답자 수와의 비교

두 번째로 많은 비율을 나타내는 것은 그림 9 에서 보는 바와 같이 마) 항인 “같다” 로 1 학년 42명, 2 학년 17명, 3학년에서 47명으로 나왔다. 그 중 “만유인력은 어디에서나 같으므로” 라는 대답을 한 학생이 1학년 8명, 3학년

8명이었고, “중력은 지구어디에서나 같으므로” 에 응답한 학생은 1학년 33명, 2학년 17명, 3학년 36명으로 나왔고 3학년 중 3명의 학생은 “원심력과 중력은 관계가 없다” 라고 응답했다.

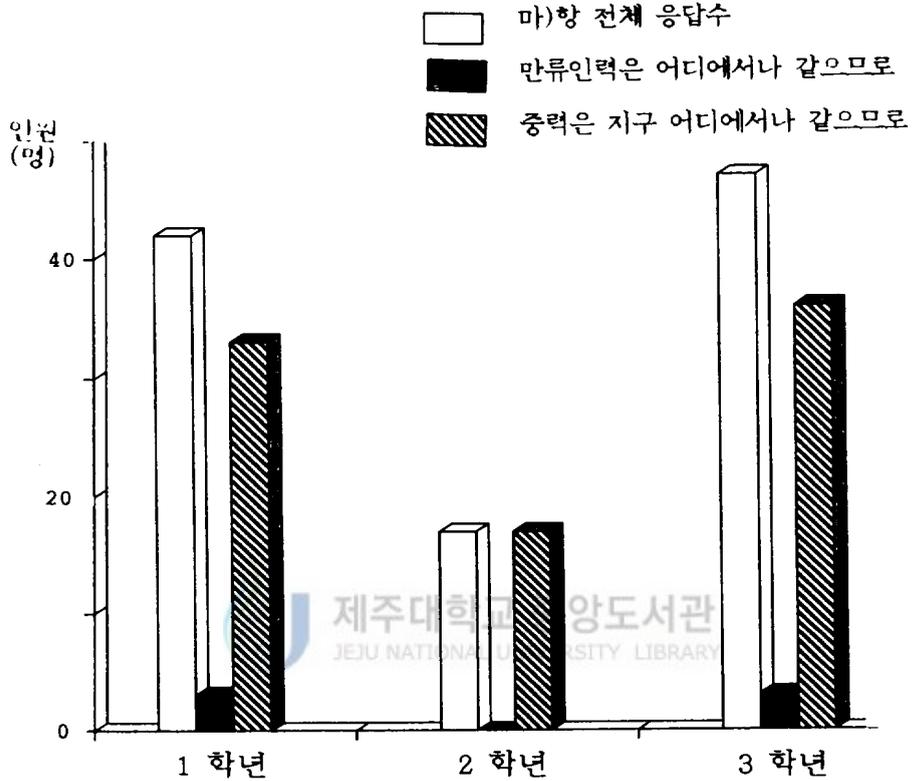
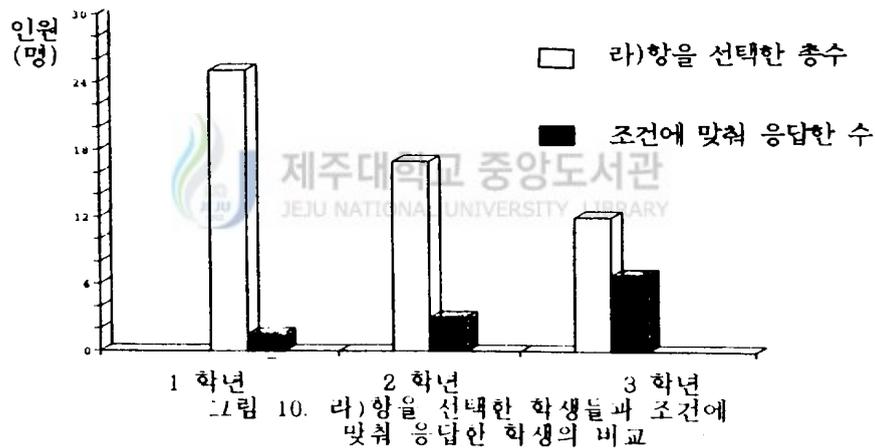


그림 9. 마) 항 응답자의 선택 이유 분포

여기서 특징적인 것은 “중력은 지구 어디에서나 같으므로” 라고 응답한 학생 중 1학년은 33명 중 22명으로 67%, 2학년은 17명 중 15명으로 88.2%, 그리고 3학년은 36명 중 29명으로 80.6%가 “학교 수업에서 배워서”라고 응답을 하였다. 정답인 라)항 극을 선택한 학생 수는 전체의 12.9%인 58명이며, 고학년으로

갈수록 줄어드는 현상을 나타냈다. 그 수는 1학년이 가장 많은 29명이고, 2학년이 17명, 그리고 3학년이 12명이었다. 그러나 1학년의 대부분(25명, 86.2%)과 2학년의 4명은 “만유인력이 극에서 가장 크기때문에” 라는 응답을 하여 주어진 조건인 “원심력은 적도에서 최대”라는 것과는 무관하게 답을 표현 하였다.

주어진 조건에 의해 정답을 낸 학생은 그림 10에 나타냈는데, 1학년 2명, 2학년 4명, 그리고 3학년 이 가장 많아 9명이 나왔다. 따라서 전 학년에서 조건에 맞춰 답을 낸 학생은 15명인 3.3%로 전체적으로 볼때 주어진 조건 보다도 자신들이 가지고 있던 선입관 혹은 선행개념으로 문제를 해결하는 형태를 보여주고 있다. 그러나 3학년 응답자의 12명 중 9명인 75%가 주어진 조건에 의해 답을 낸것은 3학년 학생들은 논리적 개념이 발달되고 있음을 보여주는 것이라 생각된다.

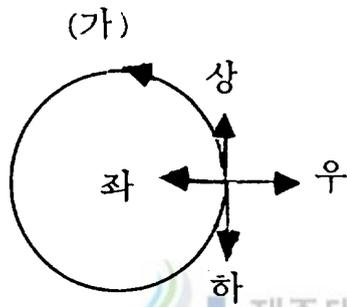


힘과 운동의 분야에 논리적으로 정답을 택한 응답자 수는 전체의 3.3%인 15명에 불과하고 가) - 다) 항에 응답한 학생 286명 중 238명인 83.3%가 “원심력이 최대인 곳에서 중력이 최대가 된다” 고 응답한 것은 우리나라 중학생

대부분이 논리적 사고를 못하고 있거나 원심력에 대한 과학적인 개념 정리가 안됨을 의미한다.

원심력에 대한 개념은 국민학교 5학년 자연과정에 나온 원운동과 중학교 1학년 과정에 나오는 원운동에서 어느정도 틀이 잡혀야하나, 주어진 조건에 맞춰 답을 표현한 학생이 3.3%에 불과하고, 전체의 450명의 52.9%인 238명이 “원심력이 최대일때 중력이 최대” 라고 대답하여 원심력에 대한 개념조사를 다시 실시했다.

그림 11 과 같이 “ (가)의 방향으로 원운동할때 원심력의 방향은 어느 것인가 ? ”라는 질문에 한 학급에서는 좌 17



명, 상 4명, 우 30(58.8%)명이 나와 원심력에 대한 개념이 잡혀있는 듯하나, 원심력에 대한 조사를 먼저 하고난 다음 구심력에 대한 조사를 한 다른 학급의 결과는 다음과 같이 나왔다.

그림 11. 원운동의 방향

표 6. 원심력 조사후의 구심력의 개념조사.

구분	상		하		좌		우		계
	인원	%	인원	%	인원	%	인원	%	
원심력	15	30.6	4	8.2	19	38.8	11	22.4	49
구심력	3	7.0	6	14.0	25	58.1	9	20.9	43

결국 구심력에 대한 정답이 58.1%인 25명이 나왔고, 원심력에 대한 정답자 수는 22.4%인 11명으로 나와 원심력은 앞 학급의 30명(58.8%)에서 11명(22.4%)으로 줄어 학생들의 선행 학습에 따라 차가 큰것을 보여줬다. 다른 2개 학급에서는 원심력과 구심력을 동시에 설문조사를 했으며 결과는 표 7과 같다.

표 7. 동시에 시행한 원심력과 구심력의 응답자수

구심력 원심력	상	하	좌	우	계
상	0	12	22	7	41
하	0	0	2	1	3
좌	13	1	1	12	27
우	8	3	18	0	29
계	21 명	16 명	43 명	20 명	100 명

표 7 에서 구심력과 원심력을 옳게 표현한 학생은 18명(18%)에 불과하다. 따라서 20% 전·후의 학생들이 원심력에 대한 개념을 옳게 갖고있다고 보면, 450명의 20%인 90명 전·후의 학생들은 논리적 사고가 있을때 중력에 대한 설문에 올바른 답을 낼 수 있다. 그러나, 15명만이 설문에 올바른 답을하여 90명 중 75명인 83.3%는 논리적 사고를 가지고 있지 못하다는 것을 보여준다.

주어진 조건에 의해서 문제를 해결할 수 있는 능력을 알아보기 위해 다른 방법으로 조사를 다시 실시했다. 조사 대상은 중학교 2, 3학년 남학생 각각 100 명씩이며, 조사 방법은 원심력과 만유인력에 대한 충분한 설명이 있는 다음에 같은 질문으로 시행했다. 그리고 질문의 간소화를 위해 답을 선택하게 된 동기에 대해서 다음과 같은 설문을 만들어 조사하였다.

- ① 원심력의 증감
- ② 만유인력의 증감
- ③ 중력과 원심력은 관계 없다
- ④ 중력은 만유인력과 관계 없다
- ⑤ 중력은 만유인력이다
- ⑥ 기타

등으로 놓았다.

결과는 극을 선택한 학생수는 2학년 23명, 3학년 33명으로 각각 23.0%, 33.0%의 비율을 보였다. 결국 처음에 조사한 부천 시내 여학생들의 결과와는 많은 차를 보여, “원심력의 증감에 의하여”라는 답을 선택한 학생수는 2학년 6명 3학년 21명으로 각각 6.8%, 21.0%의 학생이 주어진 조건에 의하여 문제를 해결하고 있었다. 이 수치는 3학년인 경우 한중하가 밝힌 중학교 3학년 22.1%의 학생이 형식적 조작 단계에 이르렀다는 것과 매우 근사치의 결과를 보여줬다.’’

또한, 3학년 중 전체 석차 20등까지의 특수 학생 10명을 통한 설문에서도 5명만이 극을 선택했는데 2명은 “중력은 만유인력이다” 그리고 1명은 “지구가 타원형이기 때문에” 라고 답했고 2명만이 주어진 조건인 “원심력의 증감 때문에” 라고 응답했다. 그리고 5명의 학생이 적도를 선택했고 그 중 2명의 학생이 “원심력의 증감때문” 이라고 답하여 상위권 학생도 논리적 사고력이 완전히 평형 상태에는 도달하지 못함을 보여줬다.

그러나 조사를 끝내고 설명하는데 있어서는 일반 학급은 10여분, 횡수로는 4회가 지나도 40.0% 전후의 학생들이 이해를 못하는 반면 특수 학생들은 원심력을 주어진 조건에 맞춰 구체화 시켜 설문 조사한 결과 모두가 이해를 했다.

이는 지능이 학교 성적과 연관이 크다는 것을 보여주는 것이라 할 수 있다. 또, 이 문제에 대해 학교 교육에서 배우지 못했다는 특수 학생들의 질의 내용을 주목해 볼 필요가 있다. 즉 형식적 조작 학생들도 자신이 익숙치 못한 분야에서 구체적 조작 상태에서 사고를 하고 있음을 보여준다.

원심력에 대한 개념은 직, 간접 경험을 바탕으로 한 학생들 나름대로의 논리와 인과 관계로 체계화 되고 있으며, 굽은 길을 회전하는 자동차에서 자동차가 밖으로 밀려가는 것은 원심력 때문이라고 대답한 학생들이 대다수인 것에서 확인 할 수 있다. 그러나 그림 11의 원운동에서 원심력에 대한 개념을 갖고있는 학생은 표 7과 같이 29.0%로 나타났고, 교과서<sup>20,21,22,23</sup>)에서 언급된 구심력은 표 7에서처럼 43.0%로 나와 원심력과는 14.0%의 차를 보인다. 이 차이는 수업시간에 원심력과 구심력에 대하여 같이 학습을 했어도 교과서에 언급된 것을 학생들은 더 잘 이해한다는 것을 보여주는 것이라 생각된다. 그러므로, 구심력이 원심력보다 더 구체적으로 표현된 것을 감안하면 중학교 수업에 있어서 추상적인 개념은 구체적 표현으로의 전환이 필요하다고 본다.

이상에서 볼때 1학년 과정의 중력에 관한 설문 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 원심력에 대한 과학적 개념 결여.

중력이 적도에서 가장 크다고 응답한 대부분의 학생들은 “원심력이 적도에서 가장 크기때문” 이라고 이유를 밝혔으며, 표 7에서는 29명만이 원심력에 대해 정답을 표시했다. 따라서 원심력에 대한 올바른 개념을 가진 학생은 29% 보다 적은 비율이 나옴을 알 수 있다.

둘째, 교과 시간의 학습에 대한 오인.

“중력은 지구 어디에서나 같으므로” 라고 답한 학생들 중 1학년의 67.0%, 2학년의 88.2%, 그리고 3학년 80.6%가 “학교 수업에 배워서”라고 응답해 학생들은 학습한 내용을 자기 나름대로의 논리로 구체화 시킴을 알 수 있다.

셋째, 중력과 만유인력은 같다는 오인.

중력은 지구에 국한되지 않고 일반적인 만유인력의 뜻으로 쓸때가 많다. 따라서 교사들조차 만유인력과 중력에 대한 정확한 개념을 파악하지 못하는 경우가 많다. 즉, 지구 자전에 기인하는 겉보기 힘이 부가되는 것을 고려하지 못하는 것이다. 그러므로, 학생들의 “중력과 만유 인력이 같다” 라고 하는 답안은 당연한 결과로 볼 수 있다. 특히, 뉴턴의 사과에서 설명되는 만유 인력은 중력에 대한 오인의 폭을 더 넓혀주고 있다.

넷째, 익숙치 못한 내용에서의 논리적 사고의 어려움.

특수 학생 10명에 대하여 원심력과 구심력을 설명한 뒤 설문 조사한 결과 2명의 학생만이 주어진 조건에 의해 답을 했고, 조사한 일반 학생 2, 3학년들 중 6.0%, 21.0%의 학생만이 조건에 맞게 답을했다.

## 2. 2 학년 과정

2학년 과정에서는 전구의 직렬 연결에서 전구의 밝기에 대한 조사로 전류에 대한 개념 체계를 연구하였다. 조사 시기가 12월 19일로 2학년의 학습 진도는 끝마친 상태이다. 따라서 1학년 학생은 학습하기 전이 되고 2학년은 학습이 끝난 직후가 된다. 그리고 3학년은 수업 후 1년이 되어 각 개인의 수업 전후의 개념 변화는 아니나 일반적으로 수업 전후의 학생들에 관한 개념 체계의 변화를 알 수 있다고 본다.

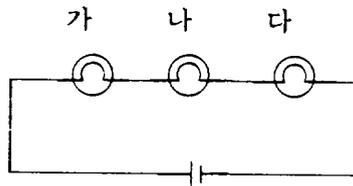


그림 12. 용량이 같은 전구의 직렬 연결

위의 회로에서 가장 밝은 것을 찾으라는 질문에 가)항 (+) 극에 가까운 전구에 응답한 학생수는 총 65명, 나)항 가운데 전구 91명 다)항 (-)극에 가까운 전구 37명, 그리고 라)항 같다에 응답한 학생수는 257명으로 나왔다. 그 결과는 표 6에 나타냈다.

표 8. 전구의 직렬 연결에 대한 반응도

구분	1 학년		2 학년		3 학년		계	
	인원	%	인원	%	인원	%	인원	%
가	18	12.0	21	14.0	26	17.3	65	14.4
나	45	30.0	15	10.0	31	20.7	91	20.2
다	17	11.3	7	4.7	13	8.7	37	8.2
라(정답)	70	46.7	107	71.3	80	15.3	257	57.2

가)항인 (+)극에 가까운 전구가 밝다고 응답한 학생은 고학년으로 갈수록 증가한 반면, 나머지 항목은 3학년 학생들이 2학년 학생들의 응답한 내용에서 1학년이 응답한 내용으로 돌아가는 모습을 보여준다. 이는 “전류의 방향이 (+)극에서 (-)극으로 흐른다”는 것에 착안한 전류의 소모개념이 증가하기 때문이며, 3학년에서 18명인 12.0%로 특히 많았다.

나)항은 라)항에 이어 두번째로 많은 응답자 수를 나타낸 항목으로 전체 91명이었다. 특히 여기서는 “전류는 +극에서 나오고 전자는 -극에서 나와 전류와 전자가 가운데에서 만난다” 라는 학생이 1학년 26명, 2학년 6명과 “전류들이 한 전구를 지나서 (거쳐서)일하기 때문에” 라는 응답이 1학년 5명, 2학년 3명, 3학년 4명이 나왔고, “전자들이 한 전구를 거쳐서 일하기 때문에” 라는 학생이 2학년 3명, 3학년 18명으로 나왔다. 여기서 이 모두를 전류의 소모개념으로 볼 수 있다.

표 9. 나)항에 대한 영역별 응답자 수.

구 분	1 학 년	2 학 년	3 학 년	계
나)항 전체	45	15	31	91
전류, 전자 소모개념	26	6	0	32
전류 소모개념	5	3	4	12
전자 소모개념	0	3	18	21

다)를 선택한 학생들은 1학년 17명, 2학년 7명, 3학년 13명으로 나왔으며 이중 “전자가 (-)극에서 (+)극으로 흐르기 때문” 이라는 학생수는 2학년 2명, 3학년 13명으로 3학년의 경우 13명 모두 전자 소모개념을 갖고 있다. 그리고 1학년의 경우는 14명이 전류 소모개념을 갖고 있다.

표 10. 다)항에 대한 영역별 응답자수

구 분	1 학 년	2 학 년	3 학 년
총 수	17	7	13
전류소모	14	0	0
전자소모	0	2	13

라)항인 “같다” 라고 선택한 학생은 가장 많은 257명으로 나타났으며 학년 별로는 2학년이 제일 많은 107명, 3학년 80명, 그리고 1학년이 70명 이었다. 이 중 전자와 전류의 소모개념은 1학년 35명, 2학년 19명, 3학년 18명인 72명이 갖고 있었고, 전류 소모개념은 1학년 12명, 2학년 30명, 3학년 13명으로 55명이, 그리고 전자 소모개념(전류는 보존)을 갖는 학생은 1학년 8명, 2학년 24명, 3학년 22명인 54명으로 나타났다.

전류에 대한 개념이 올바르게 인식하고 있는지를 알기 위하여 기타란을 활용 하였으나, 기타란에 설명을 한 학생은 없었다.



표 11. 라)항에 대한 영역별 응답자의 수

구 분	가)전류, 전자 동시 소모개념	나)전류소모 (전자보존)개념	다)전자소모 (전류보존)개념	라) 기타
1 학년	35	12	8	15
2 학년	19	30	24	34
3 학년	18	13	22	27

기타란을 채우지 않은 것은 전자, 전류 개념에 대한 명확한 정리가 없고 또

한, 개념을 설명할 수 있는 논리적 개념 체계가 정립되어 있지 않음을 보여주는 것이라 생각된다.

2학년 과정의 전기 분야는 국민학교 3학년 자연과목의 “전지와 전구” 4학년의 전기 회로, 그리고 6학년의 “전류와 자기장” 에서 어느정도 전류에 대한 개념이 나오고 있으나 중학교 학생들의 대부분은 전류에 대한 이해를 못하고 있었다. 우선 표 8 을 그림으로 나타내면 그림 13 과 같다.

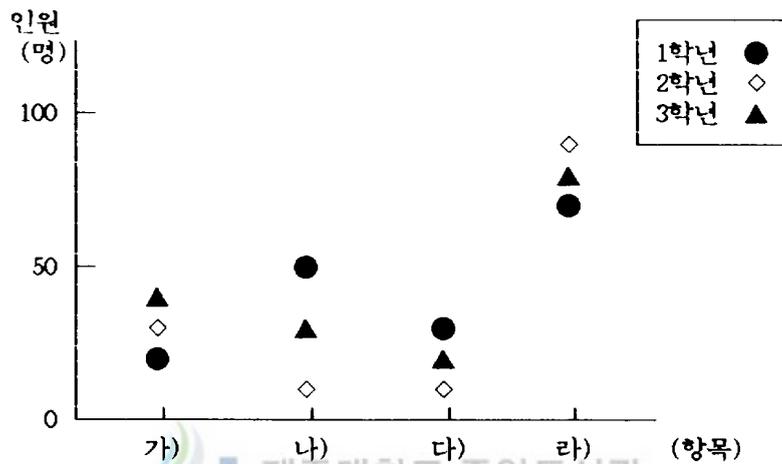


그림 13. 전구의 직렬 연결에 대한 응답자의 학년별 비교

그림 13 에서 가)항을 제외한 항목에서 3학년의 응답 형태는 2학년의 응답 형태에서 1학년의 응답 형태로 바뀌는 현상을 보여준다.

전자 소모 개념은 고학년으로 갈수록 증가하였으며 이는 전자 개념을 배운 다음에 이를 전자 소모 개념으로 전환되었기 때문이라고 보여진다. 그리고 3 학년의 응답 형태는 2학년에서 수업 받기전인 1학년의 응답 형태로 바뀌는 현상은 2 학년이 아직 논리적 사고력이 완성되지 않았으므로 이때 학습한 개념이 논리적이 못함을 보여주는 것으로 생각된다.

또, 정답인 라)항에 대한 영역별 응답자를 그림으로 나타내면 그림 14와 같이 되는데 여기에서도 3학년이 2학년이 응답한 내용에서 1학년이 응답한 내용으로 변화하는 것을 볼 수 있다.

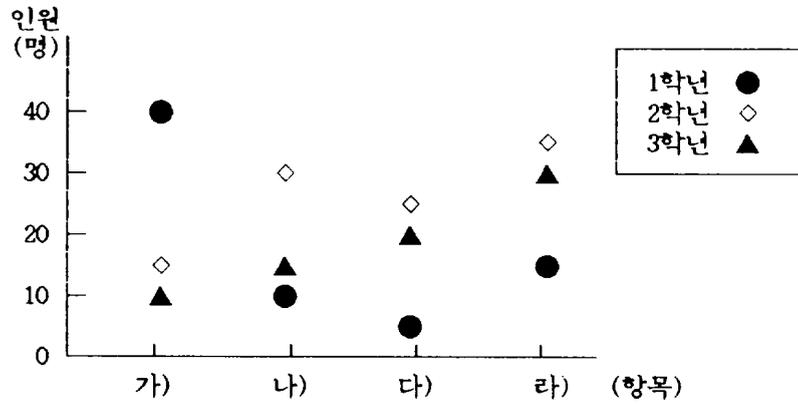


그림 14. 라)항의 영역별 응답자의 비교

전전지의 (+)극과 (-)극을 연결시킨 전구에만 불이 켜지는 것과 전전지의 연결은 직렬, 전구(저항)의 연결은 병렬 때의 연결이 밝다는 것은 실험적으로 배웠다.<sup>24,25,26)</sup> 또, 전류의 흐름에 대해서도 배웠지만 전류의 이동 방향과 전자의 이동 방향을 동시에 질문하면 대다수의 학생이 전류와 전자를 혼동하게 된다. 이는 국민학교와 중학교에서 배운 전류의 개념이 과학적 개념으로 전환이 안되었고, 또 습득한 과학적 개념도 오인으로 전환되었기 때문이라고 생각된다.

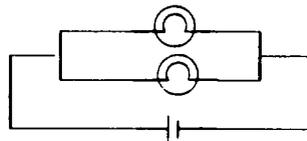


그림 15. 전구의 병렬 연결

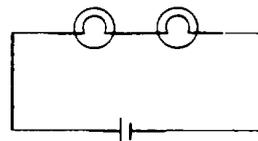


그림 16. 전구의 직렬 연결

문충식<sup>25)</sup>은 그림 15와 그림 16에서의 오인 변화를 중학생과 대학생을 대상으로 조사한 결과 중학생의 56.6%, 대학생의 42.4%가 본래의 오인유지를, 중학생의 27.4%와 대학생의 40.3%가 다른 유형으로의 오인 변화, 그리고 중학생의 16.0%와 대학생의 17.3%만이 과학적 개념으로 전환됨을 밝혔다. 따라서 학생들은 오인이 유지 또는 과학적 개념으로만 전환되는 것이 아니라 다른 유형의 오인으로도 전환됨을 알 수 있다.

그림 15와 그림 16에서 특수 학생들 모두가 수식으로는 각 전구에 흐르는 전류 및 전력을 구할 수가 있었으나, 단순히 어느쪽 회로의 전구가 밝느냐의 물음에는 2명만이 그림 15를 선택했다. 그림 16을 선택한 학생들 대부분이 병렬에서는 전류가 나누어지기 때문이라고 했으며, 저항에 대한 고려는 하지 못했다. 이렇게 볼때 전기 부분에서는 많은 수의 학생이 오인에 의한 지배를 받음을 알 수 있다.

또한, 1차 검사에서 “수업 시간에 배워서” 라는 학생은 2학년인 경우 48명으로 32.0%가 나왔는데 3학년인 경우 26명인 18.0%로 감소했다. 따라서 학생들이 학습한 과학적 개념은 시간의 흐름에 따라 오개념으로 전환되고, 오개념으로 전환된 부분은 수업을 못 받았다는 응답 형태로 나오고 있다.

이상에서 2학년 과정에 나온 전기 부분에 대한 조사의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 전류 또는 전자의 소모 개념.

전류 또는 전자의 소모 개념은 전학년에서 아주 많은 비율을 보였으며 1학년의 대부분은 전류 소모 개념이, 그리고 전자 소모 개념은 고학년일 수록 많은

비율을 보였다. 그 이유로는 중학교 2학년 과정에서 전류는 전자의 이동에 의해 생긴 것이라는 내용을 학습했기 때문이라고 생각된다.

둘째, 시간이 흐름에 따른 과학적 개념이 오인으로의 전환.

그림 13과 그림 14에서 보면 가)항을 제외한 모든 항목에서 3학년의 응답 형태는 2학년에서 수업 받기전인 1학년으로 돌아가는 것을 볼 수 있다. 따라서 평형 상태에 이르지 못한 과학적 개념은 충분한 시간이 흘렀을 때 다시 오인으로 변함을 알 수 있다.

셋째, 다른 오인으로의 전환.

학생들의 응답 형태를 분석하여 보면 저학년에서 많았던 전류에 대한 오개념이 고학년에 갈수록 줄어들고 대신 전자에 대한 오개념이 증가함을 보여준다. 이는 학습 내용을 자신 나름대로의 논리로 개념 체계를 만들어가고 있음을 보여준다.

넷째, 선행 개념인 오인의 유지.

1학년의 많은 학생들이 전류 소모에 대한 개념을 갖고 있었으며, 2, 3학년의 학생들도 많은 수의 학생들이 전류 소모에 대한 개념을 유지함을 보여줬다. 따라서, 현행 교육과정으로 볼때 고등학교에 진학을 해도 실업계 및 인문 과정의 학생들은 전류에 대한 올바른 개념을 갖지 못할 수도 있다.

### 3. 3학년 과정

3학년 과정에서는 1학년 과정에서의 힘과 운동을 기초로 일과 에너지를 다루고 있으며 내용은 우리가 흔히 볼 수 있는 것으로 되어 있고, 여기서는 지레를 이용한 “일의 원리” 를 가지고 했다.

지레를 이용하여 일을 할때와 지레를 이용하지 않고 일을 할 때 일을 많이 한 쪽을 찾는 설문에서 가)항은 지레를 이용할 때, 나)항은 지레를 사용하지 않을때 그리고 다)항은 같다고 놓았다. 항목당 응답자의 수는 표 12에 나타냈다.

표 12. 지레를 이용한 일의 개념에 대한 응답자수 조사

구 분	1 학년		2 학년		3 학년		계	
	인원	%	인원	%	인원	%	인원	%
가	39	26.0	27	18.0	11	7.3	77	17.1
나	104	69.3	101	67.3	23	15.3	228	50.7
다(정답)	7	4.7	22	14.7	116	77.3	145	32.2
총인원	150 명		150 명		150 명		450 명	

가)항을 선택한 학생중 1학년 39명인 100%, 2학년 21명인 77.8%, 그리고 3학년은 11명인 100%가 “ 지렛대를 이용하였으므로” 라고 답했고 2학년의 22.2%인 6명은 힘이 덜 들어서 일을 많이 했다고 답했다.

나)항을 선택한 학생수는 총 228명으로 50.7%이고 그중 205명인 89.9%가 1, 2학년의 학생이었다. 그리고 선택 이유를 보면 1)항인 “사람이 손으로 일을 했

으므로” 는 1학년 38명, 2학년 31명, 3학년이 11명이고, 3)항인 “힘이 많이 들어서”에서는 1, 2, 3학년 각각 58명, 53명, 12명으로 나왔다. 그 밖에 2) 항인 “일이 쉬워서”와 4) 항인 기타는 표 13에 나타냈다.

표 13. 나)항에 대한 영역별 응답자수

구분	1 학년		2 학년		3 학년		계	
	인 원	%	인 원	%	인 원	%	인 원	%
1	38	36.5	31	30.7	11	47.8	80	35.1
2	4	3.8	17	16.8	0	0.0	21	9.2
3	58	55.8	53	52.5	12	52.2	123	53.9
4	4	3.8	0	0.0	0	0.0	4	1.8
계	104 명		101 명		23 명		228 명	

나)항에서는 1, 2학년에서 “실생활에서의 경험으로” 답을 했다는 학생이 각각 23명, 53명, 이고, 3학년은 한명도 없었으며, 이는 실생활에서 힘이 들거나, 일을 하기 힘들면 일을 많이 했다는 것을 보여준다. 또한 “수업시간에 배워서” 라는 응답의 학생은 1학년에서 11명, 2학년에서 40명 그리고 3학년에서 16명이 나와 3학년은 23명 중 70%가 수업시간에 배웠다고 하고 있다. 여기서 1·2학년의 51명은 오인에 의하여 착각을 한것으로 판단되며, 3학년은 수업을 받았으나 오인은 변화되지 않은 것으로 보인다.

다)항을 살펴보면 표 14 에서 보는 바와 같이 1학년 7명, 2학년 22명 3학년 116명으로 총 145명 나타나고 있다. 특히 1,2학년과 3학년의 응답비율이 대조를 이루고 있다. 1학년중 4명이 일의 원리인 “일의 양은 도구의 사용 유무에

표 14. 다)항에 대한 영역별 응답자수

구 분	1 학년	2 학년	3 학년	계
일의 원리	4	13	98	115
직감에 의해	3	9	7	19
기 타	0	0	11	11

관계 없다” 라고 답했고, 2학년은 13명, 3학년은 98명이 각각 같은 응답을 했다. 그리고 학교 수업에서 배웠다는 학생은 3학년에서만 109명이 나왔다.

3학년 과정의 “일과 에너지”에서의 설문인 “지레에 의한 일” 에서는 앞의 두 설문에서 보지 못한 상황을 보여준다. 즉 정답을 낸 3학년의 많은 응답자가 논리적 사고를 보여주고 있는 것이다.

표 12와 표 14에서 보면 정답자의 84.5%, 전체의 65.3%가 논리적 사고를 보여주고 있다. 이는 지레에 의한 일이 눈에 보이는 것이기 때문에 구체적 조작 단계의 사고력으로도 얼마간 설명할 수 있고, 또 3학년 학생들은 언령상



그림 17. 지레를 이용한 일의 개념에 대한 응답자 (표 12)

으로 조작 단계에 있는 학생들이기 때문에 학생들의 이해가 용이하다고 생각

된다.

그림 17은 표 12를 나타낸 것으로 3학년에서의 개념 변화는 아주 크게 일어났으며 또한, 수업 시간에 배웠다고 응답한 학생이 많은 것은 선행 개념을 과학적 개념으로 전환시킬 수 있는 논리적 사고력인 형식적 조작 사고의 과도기에 도달했기 때문이라고 생각된다.

이상에서 3학년 과정의 일의 원리에 대한 설문 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 오인이 과학적 개념으로의 전환.

3학년 학생의 경우 98명인 65.3%가 일의 원리를 이해하는 것으로 나타났고, 전체 109명의 학생이 수업 시간에 배웠다고 하므로써 중학교 3학년 시기의 수업은 학생들의 선행 개념을 과학적 개념으로 전환시킴을 알 수 있다.

둘째, 구체적 사실에 대한 바른 이해.

1학년 과정의 중력과 2학년 과정의 전류는 눈에 보이는 것으로 구체화시키지 못함으로써 이해가 어려웠으나, 3학년 과정의 일의 원리는 가시적으로 구체화시킬 수 있으므로 이해가 빨랐다.

셋째, 자기 나름의 개념 체계 유지.

오답을 선택한 3학년 학생들 중 대부분이 학교 수업 시간에 배워서라고 응답하였고, 1, 2학년들도 다수가 수업시간에 배워서라고 응답을 하여 자기나름대로의 개념 체계는 유지되며, 그 개념 체계는 “수업 시간에 배웠다”라는 착각을 일으키게한다.

## IV 결론

중학교 1, 2학년은 형식적 조작 사고가 형성되는 시기에 있다. 따라서 구체적인 사실과 동떨어진 추상적 개념은 이해할 수 없으며 이 시기에 학습한 내용은 과학적 개념으로 유지하기 힘들다. 따라서 형식적 조작 사고의 형성이 낮은 학생들은 상대적으로 성적이 낮을 수밖에 없다. 그러나 3학년 이후에서는 형식적 조작 사고가 평형 상태에 들어가므로 저 학년때 성적이 부진한 학생들도 자신의 노력에 따라 얼마든지 성적을 올릴 수 있다.

중학교 1, 2학년 때의 오인이 3학년에 가셔도 바뀌지 않는 것은 과학적 개념을 체계적으로 반복 학습할 기회가 적은 관계로 오인이 크게 변화되지 않고 있다.

이 연구에서 3학년의 특수 학생들이 수업 시간에 안배웠다고 응답한 것은 논리적 사고를 갖고있는 학생들이더라도 완전히 이해하지 않는 분야에서는 구체적인 수준에서 사고를 하려는 것을 경향이 있다.

중력, 만류인력 및 원심력에 관한 오인은 고학년으로 갈수록 증가 하고 있는데, 이는 형식적 조작기에 있어서 논리적 사고가 완전 평형상태에 이르지 못하여 시간이 흐를수록 망각되고 있음을 나타낸다. 원심력이 적도에서 가장 크기 때문에 적도에서가 중력이 최대라는 오인을 갖는 학생은 37.8%로 오인은 눈에 보이지 않는 현상에 대해서 심각하게 나타나고 있다.

전류에 관한 오인은 전류와 전자에 관한 개념이 명확하지 못하고, 이를 설명할 수 있는 논리적 개념 체계가 정립되지 않은 상태로 가장 최근에 학습하는 2학년이 3학년보다 정답률이 훨씬 높은 경향을 나타내고 있다.

일의 원리에 관한 오인은 가시적인 물리 현상이므로 정답율이 위의 다른 오

인 보다는 정답율이 높았으며, 3학년은 구체적 조작 단계의 평형이 1, 2학년 보다는 많이 이루어져 77.3 %가 정답을 보이고 있다.

그러므로, 3학년은 선행 개념을 과학적 개념으로 전환시킬 수 있음을 말해 주고 있다.

## 참 고 문 헌

1. 김순식의 11, 과학 교사용 지도서 1, 지학사 (1992)
2. 조희형, 서울대학교 과학연구논총, Vol.10, No.1, pp.121 (1985)
3. Driver, R., & Easley, J., Studies in Science Education, Vol.5, pp.61-84
4. Brumby, M.N., Science Education, Vol.68, No.4 (1984)
5. 권재술의 1, 과학 오개념 편람 -역학편-, 한국 교원 대학교 물리 교육 연구실, pp327-332 (1993)
6. 김역환 역, Piaget's Theory of Intellectual Development, 성화사 (1984)
7. Osborne, R, & Bell, B.F., Science teaching and children's views of the world, European Journal of Science Education (1983)
8. Lawson, A.E. and Renner, J.W. Relationship of Science Subject Matter and Development Levels of Learners. Journal of Research in Science Teaching. (1975)
9. 한종하, 서울대학교 과학교육연구논총, Vol.2, No.2, pp.37 (1977)
10. 이원식, 한인목, 서울대학교 과학연구논총 Vol.8, No.1 (1983)
11. 고경진, 중학교 학생의 형식적 조작의 형성 수준 분석, 서울대학교 석사 논문 pp.15-30 (1984)
12. Herron, J.D. Piaget for Chemists: Explaining what Good Students cannot Understand. Journal of Chemical Education. (1975)
13. 이원식, 최병순, 최영준, 서울대학교과학교육연구논총, Vol.2, No.2, pp.31-38 (1986)
14. 중학교 교육과정, 교육부, pp.81-90 (1992)
15. 김규용외 4, 기초 물리학, 청문각, pp.35-36 (1988)
16. 김종호역, 물리학 총론, 교학사, pp162,366 (1987)

17. 나상균외 2, 일반 물리학 형설 출판사 (1984)
18. 최종락외 3, 고등학교 물리, 청문각, pp.169-173 (1990)
19. 전학재외 3, 이화학대사전, 법경 출판사 pp.1051 (1990)
20. 김순식외 11, 과학 1, 지학사, pp.268 (1989)
21. 김시중외 11, 과학 1, 금성 교과서(주), pp.270-271 (1992)
22. 권숙인외 11, 과학 1, 동아 출판사, pp.267-268 (1992)
23. 교육부, 자연 3-2, 국정 교과서 주식회사, pp.73-96 (1992)
24. 권숙인외 11, 과학 2, 동아 출판사 (1992)
25. 김순식외 11, 과학 2, 지학사 (1992)
26. 교육부, 자연 4-2, 국정 교과서 주식회사, pp 59-82 (1992)
27. 문충식, 전류에 관한 학생들의 오인 유형 변화의 종단적 연구,  
한국 교원 대학교, 석사논문 pp.327-332 (1990)



## < Abstract >

A Study on the Conceptual System of Physics in View of  
Intellectual Developments of Middle School Students.

Lee, Seung - Jae

*Physics Education Major*

*Graduate School of Education, Cheju National University.*

*Cheju, Korea.*

*Supervised by Professor Kim Kyu - Yong.*

Scientific thinking is made possible only to the students whose logical thinking power maintains the sense of equilibrium, and its time corresponds to more than the third grade students of middle school.

That's why the first and second grade students of middle school have the difficulty in transforming their mistaken recognition about a natural phenomenon into scientific conception in spite of having learned it.

As the students grow, the misconception like this is inclined to decrease, but to increase, and in any case its subject is changed.

For example, students' misconception on gravity reveals either their mistake to establish the conception of centrifugal force or their indifference to given conditions.

Also their misconception on current results in the attrition of current or electron to most of students. But most students of the third grade have a tendency to solve problems through their logical thinking power in the principle of work.

---

\* A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Education, Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education in August, 1993

○ 부 록

1. 중력은 만유 인력과 원심력의 합이다. 이 때 원심력은 적도에서 최대가 되고 극지방에서 최소로 0이 된다. 중력이 최대가 되는 곳을 찾아라.

가) 적도    나) 저위도    다) 고위도    라) 극    마) 같다

가)를 선택한 이유는 ?

- 1) 원심력이 적도에서 가장 크므로
- 2) 원심력이 적도에서 가장 작으므로
- 3) 만유인력이 적도에서 가장 크므로
- 4) 만유인력이 적도에서 가장 작으므로

가)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험                      2) 학교 수업 시간에 배워서
- 3) 직감에 의해서                              4) 기타 (                              )

나)를 선택한 이유는 ?

- 1) 원심력이 고위도에서 가장 크므로
- 2) 원심력이 고위도에서 가장 작으므로
- 3) 만유인력이 고위도에서 가장 크므로
- 4) 만유인력이 고위도에서 가장 작으므로
- 5) 기타 (                              )

나)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험                      2) 학교 수업 시간에 배워서
- 3) 직감에 의해서                              4) 기타 (                              )

다)를 선택한 이유는 ?

- 1) 원심력이 고위도에서 가장 크므로
- 2) 원심력이 고위도에서 가장 작으므로
- 3) 만유인력이 저위도에서 가장 크므로
- 4) 만유인력이 저위도에서 가장 작으므로
- 5) 기타 (                              )

다)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험
- 2) 학교 수업 시간에 배워서
- 3) 직감에 의해서
- 4) 기타 ( )

라)를 선택한 이유는 ?

- 1) 원심력이 극에서 가장 크므로
- 2) 원심력이 극에서 가장 작으므로
- 3) 만유인력이 극에서 가장 크므로
- 4) 만유인력이 극에서 가장 작으므로
- 5) 기타 ( )

라)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험
- 2) 학교 수업 시간에 배워서
- 3) 직감에 의해서
- 4) 기타 ( )

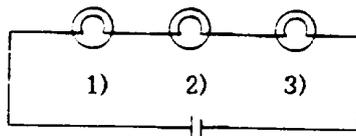
마)를 선택한 이유는 ?

- 1) 원심력과 중력은 과계가 없으므로
- 2) 만유인력은 어디에서나 같으므로
- 3) 중력은 지구어디에서나 같으므로
- 4) 기타 ( )

마)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험
- 2) 학교 수업 시간에 배워서
- 3) 직감에 의해서
- 4) 기타 ( )

2. 전구의 용량이 같을때 다음 중 빛의 밝기가 가장 밝은 것은 ?



- 가) 1)
- 나) 2)
- 다) 3)
- 라) 같다

가)를 선택한 이유는 ?

- 1) 전류는 +극에서 -극으로 흘러서 전류가 소모되기 때문
- 2) 전자는 +극에서 -극으로 흘러서 전자가 소모되기 때문
- 3) 처음에 나온것이기 때문
- 4) 그냥 그럴 것 같아서
- 5) 기타

가)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험
- 2) 학교 수업 시간에 배워서
- 3) 직감에 의해서
- 4) 기타 ( )

나)를 선택한 이유는 ?

- 1) 전류는 +극에서 나오고 전자는 -극에서 나와 가운데서 만나기 때문에
- 2) 전류들이 한 전구를 거쳐 일음하기 때문에
- 3) 전자들이 한 전구를 거쳐 일음하기 때문에
- 4) 그냥 그럴것 같아서
- 5) 기타 ( )

나)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

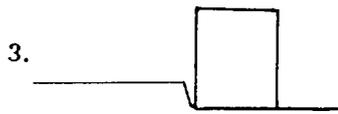
- 1) 실 생활에서의 경험
- 2) 학교 수업 시간에 배워서
- 3) 직감에 의해서
- 4) 기타 ( )

다)를 선택한 이유는 ?

- 1) 전류가 -극에서 +극으로 흘러서 전류가 전구를 지날때 소모
- 2) 전자가 -극에서 +극으로 흘러서 전자가 전구를 지날때 소모
- 3) 그냥 그럴것 같아서
- 4) 기타 ( )

다)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험
- 2) 학교 수업 시간에 배워서
- 3) 직감에 의해서
- 4) 기타 ( )



그림에서 언덕을 올리는데 A라는 사람은 지렛대를 이용하여 일을 하였고, B라는 사람은 손으로 일을 하였다. A,B중 누가 일을 많이 했는가 ?

가) A                      나) B                      다) 같다.

가)를 선택한 이유는 ?

- 1) 지렛대를 사용 하였으므로      2) 일이 쉬으므로  
3) 직감에 의해서                      4) 기타 (                      )

가)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험                      2) 학교 수업 시간에 배워서  
3) 직감에 의해서                              4) 기타 (                      )

나)를 선택한 이유는 ?

- 1) 사람의 손으로 일을 했으므로      2) 일하기가 어려워서  
3) 힘이 많이 들어서                      4) 기타 (                      )

나)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험                      2) 학교 수업 시간에 배워서  
3) 직감에 의해서                              4) 기타 (                      )

다)를 선택한 이유는 ?

- 1) 일은 도구의 사용의 유무에 관계없다.  
2) 지렛대를 사용하면 쉬운만큼 시간이들므로  
3) 그런 생각이 들어서  
4) 기타 (                      )

다)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험                      2) 학교 수업 시간에 배워서  
3) 직감에 의해서                              4) 기타 (                      )

라)를 선택한 이유는 ?

- 1) 전류와 전자가 각각 1), 3)에서 소모되어 나머지가 2)에서 만나기  
때문
- 2) 전류는 소모되어도 전자는 보존되기 때문
- 3) 전자는 소모되어도 전류는 보존되기 때문
- 4) 기타 ( )

라)를 답으로 생각하게 된 동기는 ?

- 1) 실 생활에서의 경험
- 2) 학교 수업 시간에 배워서
- 3) 직감에 의해서
- 4) 기타 ( )

