

---

碩士學位 請求論文

# 高等學生의 物理 概念 理解度에 대한 研究

－力學, 電磁氣 分野를 中心으로－

指導教授 朴 奎 殷



濟州大學校 教育大學院

物理教育專攻

金 斗 厚

1994 年 8 月 日

# 高等學生의 物理 概念 理解度에 대한 研究

- 力學, 電磁氣 分野를 中心으로 -

指導教授 朴 奎 殷

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함.

1994年 6月 日

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻

提出者 金 斗 厚



金斗厚의 教育學 碩士學位 論文을 認准함.

1994年 7月 日

審 查 委 員 長  
審 查 委 員  
審 查 委 員

장  
길  
나수

형  
유  
권

봉  
용  
박  
奎  
殷

< 초 록 >

高等學生의 物理 概念 理解度에 대한 研究

- 力學, 電磁氣 分野를 中心으로 -

金 斗 厚

濟州大學校 敎育大學院 物理敎育專攻

指導敎授 朴 奎 殷

물리 문제를 해석할 때의 올바른 접근 방법은 물리 개념에 대한 정확한 이해에서 시작된다. 즉, 올바른 개념 형성이 학업성취도에 큰 영향을 미치나, 실제로 학생들은 물리 개념을 오인하는 경우가 많고 물리불 어려운 과목으로 생각하는 경우가 흔하다. 고등학교 물리 교과서에 나오는 여러 개념에 대한 학생들의 이해도를 설문지를 통해 조사한 결과 개념 이해에 있어 잘못된 해석이 많이 나타나고 있음을 알 수 있었다.

여기서는 왜 그런 잘못된 개념 해석이 생겨나며 학생들의 의식 구조속에 잠재해 있는 물리 개념의 오류 유형들이 문제 해석에 어떤 영향을 미치고 있는지를 분석한 후 이런 잘못된 개념 해석이 올바른 개념으로 정착될 수 있도록 효과적인 지도 방법을 제시 하였다.

# 차 례

초 록 .....	i
I. 서 론 .....	1
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구 목적 .....	3
3. 연구 범위 및 방법 .....	4
II. 이론적 배경 .....	5
1. 힘과 운동 .....	5
1) 속도와 가속도 .....	5
2) 힘과 운동의 법칙 .....	6
2. 전 자 기 .....	9
1) 전기장과 전위 .....	9
2) 전류와 전기 저항 .....	10
3) 전자기 유도 .....	11
III. 결과 및 고찰 .....	12
IV. 결론 및 제언 .....	39
참고문헌 .....	41
Abstract .....	42
부 록 .....	43

# I. 서 론

## 1. 연구의 필요성

현대 사회는 과학과 기술이 지배하는 과학 기술 문명의 사회다. 과학 기술이 급속도로 발달하고 있는 이런 사회에서 미래의 주역인 우리 학생들이 이에 적응하기 위해서는 급속도로 발달하는 과학 기술을 수용할 수 있는 많은 과학적 지식이 필요하다.

과학 기술에 대한 요구량이 증가 할수록 이에 대한 과학 교육의 내용은 좀더 체계적이고 효율적인 방법으로 이루어져야 하나, 현재의 과학교육 방법은 급격히 변화하는 과학 기술을 받아 들이기에는 여러 가지 미흡한 점이 있다. 특히 물리학은 자연계의 여러 현상을 다루는 자연 과학의 기초 학문으로서 과학 기술 문명 사회에 필수적이고 기본적인 학문이기 때문에 물리 개념에 대한 이해는 자연 법칙 탐구에 있어 기초 단계라 할 수 있다.

물리를 공부 한다는 것은 자연계의 여러현상이 왜 일어나며 그리고 이들 상호간에는 어떤 상관 관계가 이루어지고 있는지 그에 대한 답을 구하고 그 원인을 찾고자 하는 것이다. 따라서 물리를 이해하기 위해서는 호기심을 바탕으로 한 탐구 정신이 필수적이며 문제를 꿰뚫는 직관력이 요구된다.

학생들의 지적 능력을 고려하지 않은 획일화된 수업은 호기심을 고취시키거나 흥미를 유발하는 데는 미흡한 점이 있고, 내용을 확인하는 정도에 그치는 실험 학습, 여러 가지 여건상 강의식으로 일관된 암기 위주의 수업 전개, 학생들의 개인차를 무시한 교수 방법등은 개선해야 할 사항이다. 학습에서 바르게 전달된 여러 개념조차도 학생들은 주위 환경에서 접해온 잘못된 경험적 사고, 사물의 이치를 단순화시켜 버리는 경직된 사고등 자연

현상에 대한 잘못된 개념 이해로 자칫 물리를 계산이나 수식을 바탕으로 한 딱딱하고 흥미 없는 분야로 단정지어 버릴 우려가 대단히 높고 이로 인하여 기피대상 과목으로 여겨지는 것이 보통이다.

물리 문제를 다룰 때 올바른 접근 방법은 문제에 부합하는 적절한 개념들을 공식화 하는 데서 출발 한다기 보다는 언급된 개념들 간의 관계에 대한 분석에서 시작되곤 한다. 우리의 감각 기관을 통해 주위 환경으로 부터 얻어지는 여러 가지 사실들은 어느 정도의 객관성을 지닐지 모르지만 “절대적”이라고 단정하기는 어렵기 때문에 경험에 의해 얻어진 선형적 개념이라 하더라도 정립된 개념이나 과학화된 사실등으로 확대 적용시켜서는 안 될 것이다.

이런 물리 학습에서 이루어지는 사고 모형을 제시하면

자료수집 → 개념 설정 → 가설 설정 → 실험 → 자료 분석 → 객관화

의 과정으로 요약할 수 있는데 초기 단계라 할 수 있는 자료 수집, 개념설정 과정에서 인지 구조의 틀 속에 자리잡는 오류 개념이 가장 많이 작용하는데 이의 시정 없이는 마지막 단계인 객관화, 일반화가 불가능하므로 올바른 결론의 도출을 위해서는 물리 개념의 정확한 이해가 필수적이다. 단지 경험적인 사실은 문제에 내포된 올바른 의미를 정립하는데 있어 참고 자료일 뿐임을 우리 학생들은 지나쳐 버리고 있다. 따라서 주관이 뚜렷지 못하고 경험적인 사실들을 “객관화”, “일반화” 시키는데 어려움이 많은 고등학생에게 있어 물리 교과서에 나오는 여러 개념들을 잘못 이해하고 틀리게 적용할 수 있는 여지가 충분히 있음에도 이를 바로 잡고 올바르게 시정시켜 주지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고등학교 물리에서 다뤄지고 있는 여러 가지 개념에 대한 학생들의 오류를 설문지를 통해 조사하고 왜 그런 잘못된 이해 과정이 생겨 나는지를 분석하여 이를 학습 현장에서 올바르게 바로잡고 학생

들이 물리 개념에 대한 정확한 이해를 유도함은 물론 궁극적으로는 물리 교과에 대해 호기심을 갖고 흥미를 고취시켜 주는데 연구의 필요성이 있다.

## 2. 연구 목적

제 6차 고등학교 교육과정에서 물리교과에 대한 내용 중 물리 개념에 대한 항목을 간추려 보면 “물리에 관한 기본 개념을 이해하고 자연 현상을 설명하는 데 이를 적용하게 한다.”<sup>1)</sup> 고 명시하고 있으며 또한 제5차 교육과정 중 물리 교과의 특색을 교사용 지도서<sup>2)</sup>에서 발췌해보면 “자연과 사회 현상의 기본 원리를 이해시키고 정보 처리력과 탐구 능력을 길러 합리적이고 진취적인 생활을 영위해 나갈 수 있게 한다”라고 규정하고 있다. 교육과정 구성의 방향으로 제시한 4개 항목 중에서 창조적인 사람이 되기 위하여 기본적인 학습 능력, 과학적인 탐구능력, 합리적인 사고력을 신장시킬 것을 기대하고 있다. 이를 교육 현장에서 달성하기 위해서는 물리 교과의 학습에서 가장 기초가 되는 개념이 올바르게 형성되어야 하는데 학생들은 개념 이해 과정에 있어 주위 환경이나 경험등 여러 가지 요인에 의해 정확한 개념을 모르고 잘못 이해하는 경향이 있기 때문에 물리 교과 목표를 달성하고 학업 성취도를 높이기 위한 방법으로 설문지(부록 참조)를 통해 학생들의 개념 이해도를 조사하였다. 본 연구에서는 학생들의 인지 구조 속에 자리잡고 있는 잘못된 개념들이 문제 해석에 어떤 영향을 미치는지 그 과정을 분석한 뒤 올바른 개념으로 정착될 수 있도록 가장 효과적인 교수 방법을 모색하는데 그 목적을 두었다.

### 3. 연구 범위 및 방법

#### 1) 연구 범위

위의 목적을 달성하기 위해서 본 연구에서는 학생들의 물리 개념 이해도를 조사 분석하고 이에 맞는 효과적인 지도를 통해 학생들의 창의적 사고력을 높이기 위해 아래와 같이 연구 범위 및 대상을 정하여 연구를 실행하였다.

- (1) 물리 교과 중 힘과 운동, 전자기 분야에서 나오는 개념에 관해 그 범위를 제한하였다.
- (2) 제주시내 인문계 고등학교 인문반 2학년(남:48명, 여:47명)과 자연반 2학년(남:48명, 여:50명)을 조사 대상으로 정하여 비교 하였다.
- (3) 가능한 한 일상 생활에서 많이 접할 수 있고 경험적 사실에 의해 답할 수 있는 문제를 대상으로 자료를 수집하였다.

#### 2) 연구 방법

학생들의 물리 개념에 대한 이해 과정에 있어 나타나는 오개념의 유형에 대해서는 여러 학술지 및 논문에 많이 보고 된 바 있다.<sup>3-7)</sup> 본 연구에서는 역학 및 전자기 부분을 중심으로 설문지를 통해 학생들에게 문제를 제시하여 각 문항마다 학생들의 반응을 답하도록 하고 물리 교과서에 나오는 여러 개념에 대한 이해도를 조사하고 응답 내용을 분석하여 선행 연구 자료에서 미진한 부분에 중점을 두어 잘못된 개념 이해가 올바른 개념으로 정착될 수 있도록 적절한 지도를 통해 효과적인 교수 방법을 찾고자 한다.

## II. 이론적 배경

역학, 전자기학 분야와 관련된 이론 중 이 장에서는 본 연구와 관련된 기본 이론만을 간단히 기술하겠다.<sup>8-10)</sup>

### 1. 힘과 운동

#### 1) 속도와 가속도

물체의 빠르기를 나타낼 때 우리는 흔히 속력이라는 개념을 도입한다. 그러나 일상 생활에서의 속력은 위에서 얘기한 것과 같이 물체의 이동 방향을 고려치 않은 단지 물체의 빠르기만을 나타낼 뿐으로 속도와는 구별되는 개념이다. 속력은 시간에 따른 거리의 변화율로 정의할 수 있는데 비해 속도는 시간에 대한 변위로서 구할 수 있다. 시각  $t_1$ 에서의 물체의 위치를  $s_1$ , 시각  $t_2$ 에서의 위치를  $s_2$ 라고 하면 일정 시간 동안의 평균 속도와 어느 순간에 있어서의 순간 속도는 각각 식 (1)과 식 (2)처럼 표현할 수 있다.

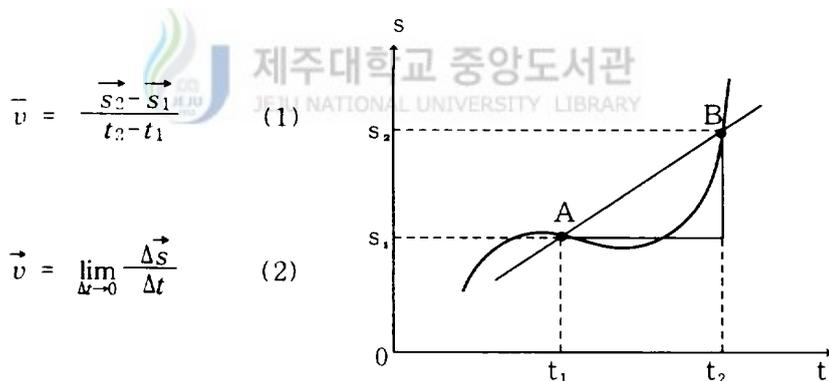


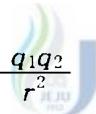
그림 1. 평균속도와 순간속도

여기서 선분 AB의 기울기가 평균 속도이며 A점에서의 접선의 기울기가 그 순간에서의 순간 속도가 된다. 즉, 시간과 거리의 그래프에서 기울기가 속도를 나타내고 시간과 속도의 그래프에서 기울기는 가속도를 나타낸다.

## 2) 힘과 운동의 법칙

### (1) 자연계의 기본적인 힘

우리는 일상 생활에서 무수히 많은 힘들을 접하면서 생활해 나가고 있다. 물체를 들어 올리거나 공을 찰 때, 물체를 변형시키거나 물체를 움직이게 할때 등 힘이 이용된다는 것을 많은 경험을 통해 알고 있다. 그러나 우리는 이런 힘에 대해 잘못 이해하고 있는 경우가 많은데 자연계에 존재하는 네가지 기본적인 힘에 대해 살펴보면 만유인력은 질량을 가진 물체 사이 혹은 거대한 천체 사이에 작용하는 힘으로 쉽게 관측되는 거시적인 힘인데 비해 핵력은 미시적인 세계에서 작용하는 관측이 힘든 힘으로 원자핵의 방사선 붕괴에서 전자 또는 양전자들을 방출하는 동안에 나타나는 힘인 약한 상호 작용력과 핵자들 사이의 상호 작용력인 강한 상호 작용력으로 구분할 수 있는데 이는 원자핵의 반경을 넘지 않은 범위에서 작용한다. 또한 전하를 가진 입자 사이에 작용하는 전자기력은 중력과 대단히 비슷한 형태의

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (3)$$


제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

식으로 표현되며, 부호에 따라 척력과 인력이 작용하고 대단히 작용 범위가 넓은 힘이다. (여기서  $k=9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ,  $q_1, q_2$ =전하량,  $r$ =두 전하 사이의 거리)

### (2) 뉴턴의 운동 법칙

가. 제1법칙(관성의 법칙) : 갈릴레이는 빗면 실험에서 공을 굴렸을 때 마찰이 없다면 그 공은 수평면을 계속해서 굴러갈 것이라고 생각하였다. 이런 갈릴레이의 생각을 정리하여 뉴턴은 “외부로부터 힘이 작용하지 않으면 움직이는 물체는 계속 움직이려 하고 정지해 있는 물체는 계속 정지해 있

으려 한다.”는 운동(관성)법칙을 발표하였는데 이는 우리 자연계의 모든 물체에 적용되는 가장 기본적인 자연 법칙이다.

나. 제2법칙(가속도의 법칙) : 물체의 가속도는 물체에 작용한 힘의 크기에 비례하고 질량에 반비례 하는데 힘과 가속도의 관계, 질량과 가속도의 관계를 그래프로 나타내면 각각 그림 2와 그림 3처럼 표현할 수 있다.

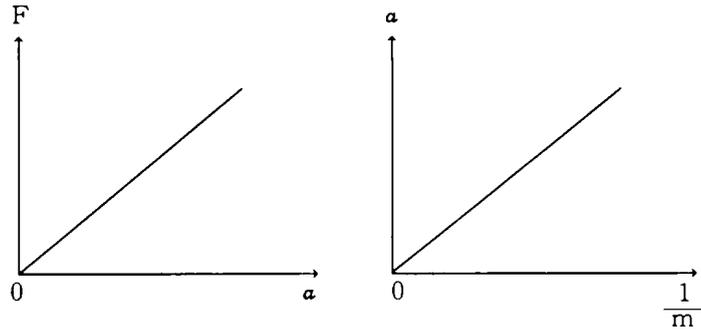


그림 2. 힘과 가속도와 관계    그림 3. 질량과 가속도와 관계

다. 제3법칙(작용과 반작용의 법칙) : 일반적으로 한 물체 A가 다른 물체 B에 힘을 미치면 반드시 B도 A에게 크기가 같고 방향이 반대인 힘을 미친다. ( $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$ )



### (3) 중력장 내의 운동

지구상의 모든 물체에는 중력이 작용하고 있으며 이렇게 중력이 작용하는 공간을 중력장이라고 하는데 연직 위, 연직 아래, 자유 낙하운동은 등가속도 운동을 하고 이때 가속도의 값은 중력 가속도의 값과 같은 값으로 이들 물체의 운동에는 중력이 작용하고 있음을 알 수 있다.

연직 위로 던진 물체의 운동에서 운동 방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있는데

$$v = v_0 - gt \quad (4)$$

$$s = v_0 t - 1/2gt^2 \quad (5)$$

식(4)와 (5)에서  $t$ 를 소거하여 최고점에 도달 하는 시간과 최고점 도달 높이를 구하면

$$t = \frac{v_0}{g} \quad (6)$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} \quad (7)$$

각각 식 (6)과 (7)처럼 표현되는데 이 두식은 단지 초속도에만 관계가 있으며 물체의 질량과는 관계가 없음을 알 수 있다.



## 2. 전자기

### 1) 전기장과 전위

(1) 마찰 전기: 모직 형겔에 에보나이트 막대를 문지르거나, 명주 형겔에 유리 막대를 문지르면 전기를 띠게 된다. 이와 같이 두 물체를 마찰시켰을 때 마찰에 의해 전기를 띠게 되는 현상을 마찰 전기라 한다.

실험에 의해 규명된 마찰 전기의 대전열은

(+) 모피 - 유리 - 명주 형겔 - 에보나이트 막대 (-)

로 나타낼 수 있는데 모피에 에보나이트 막대를 마찰시켰을 경우 모피는 (+)전기, 에보나이트 막대는 (-)전기를 띠게 되며 같은 종류의 전기는 척력, 반대 종류의 전기는 인력이 작용한다.

(2) 전기장: 어떤 대전체나 점전하가 있을 때 그 주위에 전기력이 미치는 공간을 전기장이라고 하는데 그 세기는 전기장내의 한 점에 +1C을 놓았을 때 그 전하가 받는 힘의 크기를 그 점의 전기장의 세기로 정한다. 이 때 전기장의 세기는

$$E = \frac{F}{q} \quad (8)$$

로 표현할 수 있고, 전기장의 방향은 전기장내의 한 점에 (+)전하를 놓았을 때, 전하가 받는 힘의 방향을 그 점의 전기장의 방향으로 정하는데 전기력선의 접선 방향이 그 점에서의 전기장이 방향이 된다. 또한 전기력선이 밀집한 곳은 전기장이 강하고 전기력선이 드문 곳은 전기장이 약한 곳이다.

(3) 전위: +1C의 전하를 무한 원점에서 어떤 점까지 옮기는데 드는 일을 그 점의 전위라고 하는데 전위는 스칼라량으로 (+) 전하에 가까울수록 전위가 높고 (-)전하에 가까울수록 전위가 낮다. 전기장내의 두 점 a에서 b까지 +1C 옮기는데 드는 일이 전위차이며 이 때 전하 q를 옮기는데 드는 일은

$$W = qV \quad (9)$$

로 나타낼 수 있다.

## 2) 전류와 전기 저항

(1) 전류: 전자나 이온등과 같이 전하를 가진 입자의 흐름을 전류라고 하는데 전류의 세기는 단위 시간 동안에 도선의 단면을 통과한 전하의 양으로 방향은 (+)전하의 이동 방향을 전류의 방향으로 정했고 항상 전위가 높은 곳에서 전위가 낮은 곳으로 흐른다.

(2) 전기 저항: 도체내에서 자유 전자의 이동을 방해하는 성질을 전기 저항이라 하며 온도가 높아지면 도체내의 입자들의 운동 상태가 활발해져서 자유 전자의 충돌 횟수 증가로 전자의 흐름이 방해받게 되는데 저항은 도선의 길이와 온도에 비례하고 단면적에 반비례한다.

그림 4와 같이 저항을 직렬 연결했을 경우 각 저항에 흐르는 전류값은 일정하며 전압만이 달라진다.

$$V = V_1 + V_2$$

$$V = V_1 + V_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 = IR$$

$$R = R_1 + R_2$$

(10)

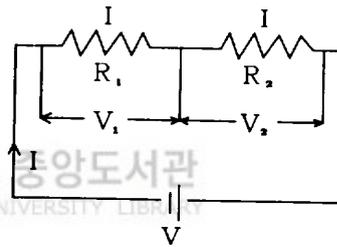


그림 4. 저항의 직렬연결

으로 직렬 연결의 합성 저항은 식 (10)처럼 나타낼 수 있다.

그림 5와 같이 저항을 병렬 연결했을 경우 각 저항에 걸리는 전압은 항상 일정하고 전류는 저항에 따라 달라진다.

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = \frac{V}{R}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

(11)

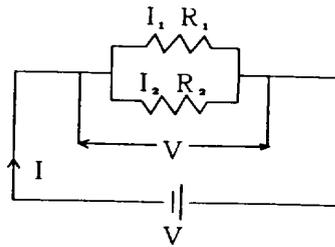


그림 5. 저항의 병렬연결

으로 병렬 연결의 합성 저항은 식 (11)처럼 나타낼 수 있다.

### 3) 전자기 유도

#### (1) 전류에 의한 자기장

자석 주위에 또 다른 자석을 놓았을 경우 힘을 받는다. 이와 같이 자석의 힘이 미치는 공간을 자기장이라 하고 도선에 전류가 흐르면 그 도선 주위에는 자기장이 형성되는데 이 때 자기장은 전기장과 대단히 유사한 점이 많다. 전류에 의한 자기장의 세기는 직선 도선, 원형 도선, 솔레노이드의 경우 각각 다음과 같이 쓸수 있으며

직선 도선의 경우

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{r} \quad (12)$$

원형 도선의 경우

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{I}{r} \quad (13)$$

솔레노이드의 경우

$$B = 4\pi \times 10^{-7} nI \quad (14)$$

여기서  $I$ =전류의 세기,  $r$ =도선에서의 거리,  $n$ =도선의 감긴수로 자기장의 세기는 전류의 세기 및 코일의 감긴수에 비례하고 거리에 반비례한다.

#### (2) 전자기 유도

코일과 자석이 서로 상대적으로 운동하면 코일에 전류가 유도된다.

이 때 유도되는 전류의 세기는 전자기 유도에 관한 패러데이 법칙

$$V_i = N \frac{d\Phi}{dt}$$

에서 코일의 감긴 수 및 시간에 따른 자속의 변화율에 비례

한다는 사실을 알 수 있다. 그리고 이 때 유도 전류의 방향은 렌츠의 법칙

$$V_i = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

에 따라 자속의 변화( $d\Phi$ )를 방해하려는 쪽으로 흐른다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

본 장에서는 자작 문제와 여러 학술지 및 과학 서적<sup>11-13)</sup>에서 다뤄지고 있는 문제 중 본 연구 주제에 부합되는 것을 택하여 설문지(문제는 부록에 제시)를 제작, 학생들의 물리 개념 이해도를 조사한 후 각 문항별로 그 결과를 분석하였다.

\*1-2. 속력은 시간의 변화에 따른 거리의 변화율( $v = ds/dt$ )로 정의한다. 그러나 물체의 위치를 표시하는 방법을 알고 위치 변화로 운동을 이해할 수 있어야 하는데도 이동거리와 시간과의 그래프에서 일부 학생들은 그래프의 높이가 각 점에서의 속력을 나타낸다고 오인하는 경우가 있다. 여기서는 그래프의 높이가 속력을 나타내는 것이 아니라  $ds/dt$  즉 그래프의 기울기의 크기가 속력임을 이해하고 있는지 알아보기 위한 문제이다. 문항 1에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 6과 같다.

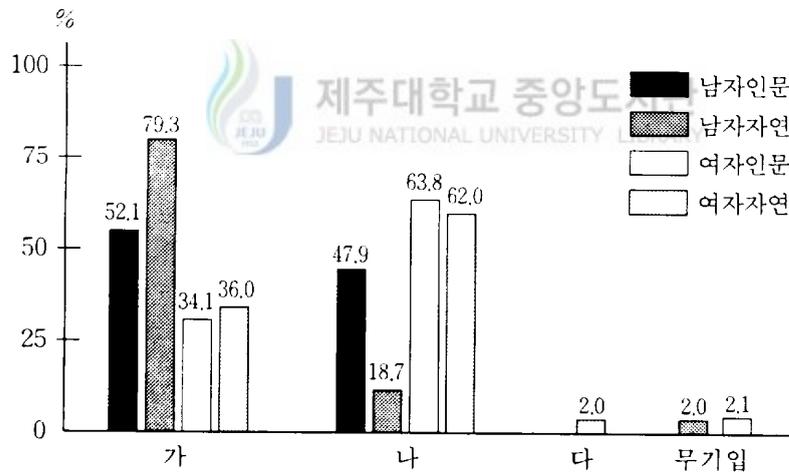


그림 6. 문항 1에 대한 반응도

이동 거리와 시간의 그래프에서 기울기는 속력을 나타낸다. 그림 6에서 “가” 유형의 학생들은 그래프에서 기울기가 속력임을 알고 있다고 여겨지며

\*. 결과 및 고찰에 제시된 번호는 부록에 명시된 문제 번호를 지칭하는 것으로 부록에 제시된 1번 문항을 1로 2번 문항을 2로 표시 하였음.

다른 반에 비해 남자 자연반에서 정답률이 79.3%로 높게 나타나고 있다. “나” 유형은 그래프에서 속력에 대한 해석을 높이에서 찾은 학생이다.

그래프의 높이는 이동 거리를 나타내는데 이동 거리만을 갖고서 속력을 단정해 버리는 모순점을 내포하고 있다. 그래프 해석에 대한 올바른 지도가 요구된다.

문항 2에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 7과 같다.

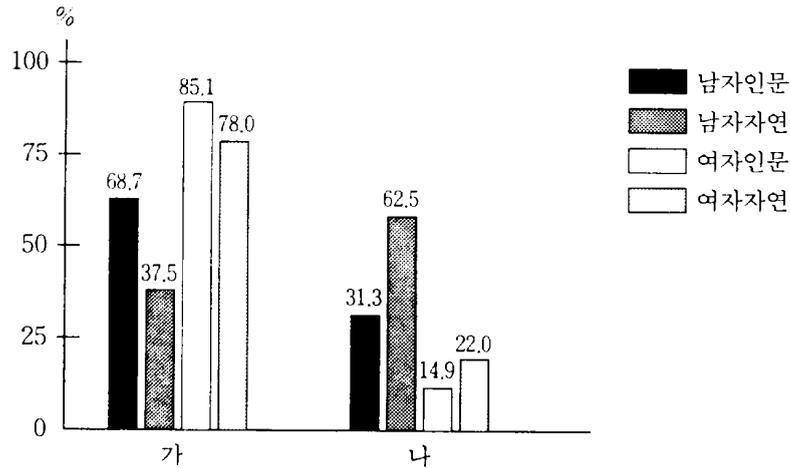


그림 7. 문항 2에 대한 반응도

그림 7에서 “가” 유형은 높이가 같은 점이 속력이 같아진다고 생각하는 학생으로 1번 문항에서와 같이 그래프의 기울기에 초점을 맞추지 않고 높이에만 중점을 두는 잘못된 해석 방법으로 남자 자연반을 제외한 대다수의 학생이 이를 택하고 있는데 그래프에서 높이가 같으면 속력이 같아진다고 해석하는 경우로 기울기의 의미를 정확히 가르쳐야 올바른 개념이 형성되리라 생각된다. “나” 유형은 두 그래프의 기울기가 같지 않으므로 속력이 같을 때가 없다는 올바른 해석으로 남자 자연반에서 정답률이 높다.

3-4. 순간 속도는  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$  로 정의한다.  $\Delta t \rightarrow 0$  일때  $\frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$  는 그 점에서의 접선의 기울기가 된다. 이 문제는 거리와 시간의 그래프에서 접선의 기울기가 그 점에서의 순간 속도가 됨을 알아보기 위한 문제이다. 문항 3에

대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 8과 같다.

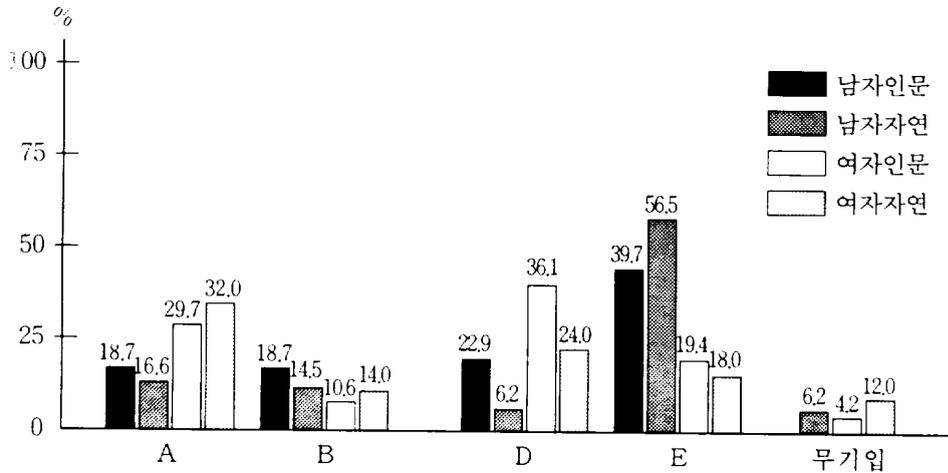


그림 8. 문항 3에 대한 반응도

그림 8에서 "E" 유형은 E점에서 접선의 기울기가 가장 크기 때문에 E점에서의 속력이 가장 빠르다는 올바른 해석으로 다른 반에 비해 남자 자연반에서 56.5%로 정답률이 높다. 그러나 "D" 유형은 D점이 가장 높은 곳에 위치하기 때문에 이동 거리가 가장 많다고 생각하여 속력이 가장 빠르다고 생각하는 잘못된 해석으로 높이가 순간 속력을 나타낸다고 생각한다. 접선의 기울기가 순간 속력이 됨을 강조해야 하겠다.

문항 4에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 9와 같다.

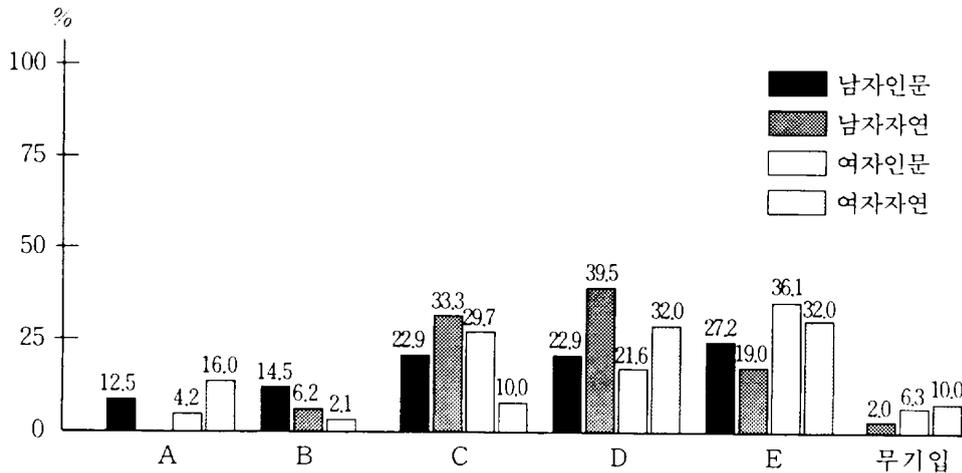


그림 9. 문항 4에 대한 반응도

그림 9에서 “D” 유형은 접선의 기울기가 그 점에서의 속도(순간 속도)가 된다는 사실을 정확히 알고 있는 학생으로 다른 반에 비해 남자 자연반에서 정답률이 높으나 대체적으로 정답률이 저조한 편이다. “E”유형은 E점이 이동 거리가 0이라고 생각하여 속도가 가장 느리다고 생각하는 오류를 범하고 있다고 여겨진다. 문제의 답을 기울기에서 찾기보다는 높이에서 찾으려는 잘못된 해석으로 많은 학생들이 이를 택하고 있어 그래프에서 순간속력(접선의 기울기)의 의미를 강조할 필요가 있다고 여겨진다.

5. 이동 거리  $s=vt$ 로 정의된다. 속도와 시간과의 그래프에서 그래프가 이루는 면적은 속도×시간의 형태로 표현되기 때문에 일정 시간 동안에 이동한 거리를 나타낸다. 이 문제에서는 그래프가 이루는 면적이 의미하는 내용을 알아보기 위해서다. 또 속도는 방향까지 포함한 물리량으로 속력과는 차이가 있는데 학생들이 벡터와 스칼라라는 두 물리량을 구분하는데 어려움이 있어 이를 확인해 보려고 한다. 문항 5에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 10과 같다.

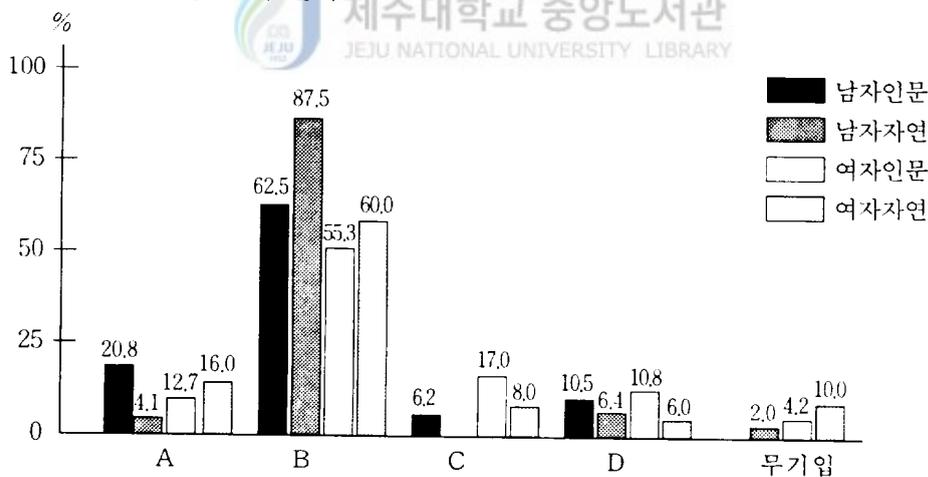


그림 10. 문항 5에 대한 반응도

그림 10에서 “A” 유형은 A점에서 속도가 가장 빠르니까 이동 거리가 가장 커서 처음 위치에서 가장 멀리 떨어져 있다고 생각하는 유형이다. “B” 유형

은 B점이 물체가 진행하다 되돌아서는 지점으로 ( B점을 기준으로 속도의 방향이 변하고 있다) 속력과 속도의 차이 즉, 변위를 정확히 해석하고 있는 학생으로 여겨지며 남, 녀 모두 정답율이 높다. “D” 유형의 학생들은 속도의 “+ , -”성분을 잘못 이해한 것 같다. D점이 가장 오랜 시간동안 진행한 점이기에 때문에 이를 정답으로 택한 유형이다. 허나 가장 오랫동안 진행했다 해서 처음 위치에서 가장 멀리 떨어진 것은 아니며 벡터량에 대한 올바른 지도가 있어야 하겠다.

6. 연직 상방의 물체의 운동은 중력이라는 일정한 힘만을 받으며 운동하기 때문에 등가속도 운동으로서 이 때 물체가 최고점까지 도달하는데 걸린 시간과 최고점의 도달 높이는 각각  $t = \frac{v_0}{g}$ ,  $H = \frac{v_0^2}{2g}$ 로서 질량과는 무관하고 초속도  $\vec{v}_0$  에만 관계가 있음에도 여러 가지 잘못된 선입견에 의해 물체의 운동은 질량에 의해 결정될 것이라고 생각하는 경우가 많다. 등가속도 운동에 있어 물체의 운동과 질량과의 관계를 알아보기 위해 이 문제를 제시 하였다. 문항 6에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 11과 같다.

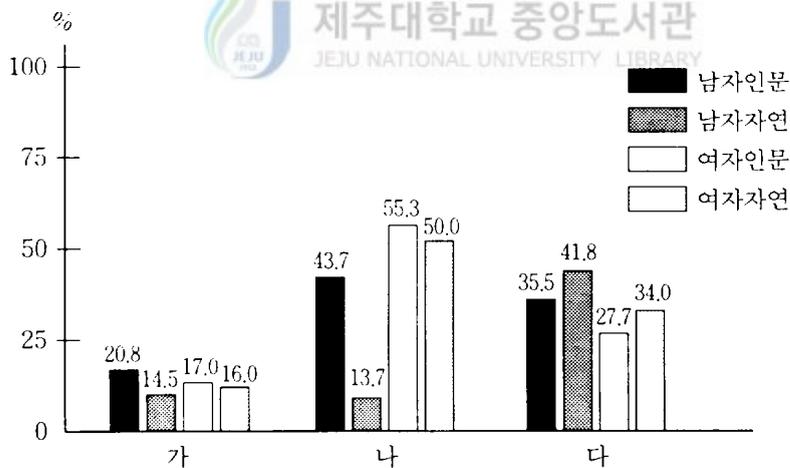


그림 11. 문항 6에 대한 반응도

그림 11에서 “가” 유형은 공이 무거우니까 많은 힘이 가해져서 더 높이 올라갈 것이라고 생각하고 있는 학생이다. “나” 유형은 공을 같은 속도로 던

졌을 때 가벼울수록 높이 올라간다고 생각하는 학생으로 공이 가벼우면 똑같은 힘을 가했을 때 초기에 가해진 힘이 다른 공보다 오래 간직되어 힘이 없어질 때까지 운동을 계속한다고 믿는다. 즉, 초기에 가해진 힘이 없어지는 순간 최고점에 도달하고 그 후부터는 떨어진다는 잘못된 생각이다. “다” 유형은 공을 던져 올렸을 때 최고점에 도달 시간이나 높이는 질량에 관계없이 초속도에 관계된다는 사실을 정확히 알고 있는 학생으로 남자 자연반에서 41.8%로 응답률이 다른 반에 비해 높으나 전체적으로는 응답률이 낮은 편이다. 물체의 연직 방향 운동은 초기에 가해진 힘 또는 물체의 질량에 의해 결정될 것이라는 생각이 지배적이다. 이의 올바른 지도가 요망된다.

7. 자연계의 기본적인 4가지 힘 중 핵력(강한 상호 작용력, 약한 상호 작용력)은 미시의 세계에서 작용하는 힘이고 만유 인력은 떨어져 있는 두 물체 사이에서 작용하는 힘이라는 사실을 대부분 알고 있으나 그 힘의 크기는 거시 세계에서 작용하는 힘인 만유 인력이 그 어떤 힘보다도 가장 크리라 생각하는 경우가 있다. 학생들이 서로 다른 힘을 비교할 때 똑같은 조건이 아닌 크기(질량)만으로 힘의 크기를 결정해 버리는 경우가 있어 이를 알아보기 위해서 이 문제를 제시 하였다. 문항 7에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 12와 같다.

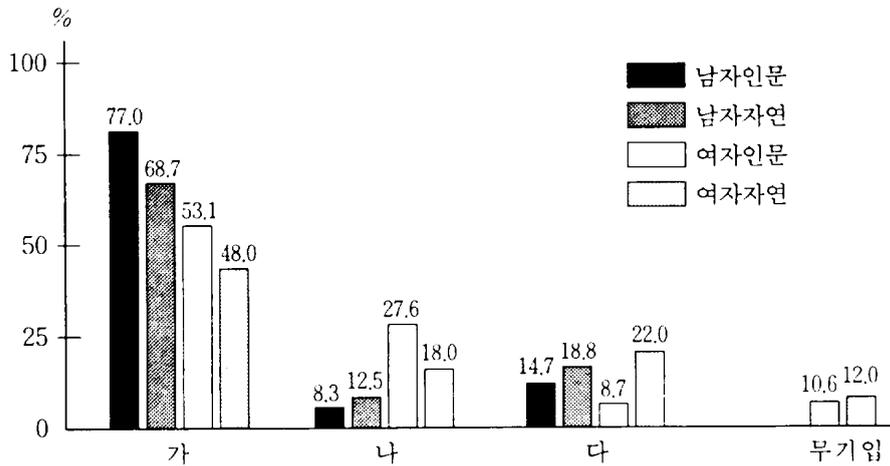


그림 12. 문항 7에 대한 반응도

중력이나 전자기력은 우리가 직접 경험하고 볼 수 있는 자연 현상들을 잘 설명할 수 있는 힘이다. 그림 12에서 “가” 유형은 두 물체 사이에 작용하는 만유인력이 다른 힘에 비해 질량이 크니까 그 사이에서 작용하는 힘도 크게 작용하리라는 생각으로 대다수의 학생이 틀린 답을 택했다. 물리량을 비교할 때 모든 조건이 동일해야 됨을 인식시켜야 하겠다.

“다” 유형은 서로 다른 힘을 비교할 때 조건을 동일하게 해 주어야 함을 알고 있는 학생이라 여겨진다. 우리가 직접 볼 수 없고 경험할 수 없는 원자보다 더 작은 원자핵의 세계에서 생기는 힘으로 이렇게 작은 미시 세계에서는 중력이나 전자기력보다 핵력이 현저하다.

8-9. 물체의 운동에서 많은 학생들이 물체를 움직이려면 힘이 있어야 하고 움직이는 물체는 모두 힘을 받고 있다고 여기고 있으며, 또한 힘을 가했다가 그 힘을 제거시킬 경우 그 물체는 운동을 멈춘다고 생각하는 경우가 있다. 즉, 힘이 작용해야 물체가 움직이고 힘이 작용하지 않으면 물체는 움직이지 않는다는 그릇된 생각이다. 여기서는 관성의 법칙에 대해 정확히 알고 있는지 알아보기 위해서다. 문항 8에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 13과 같다.

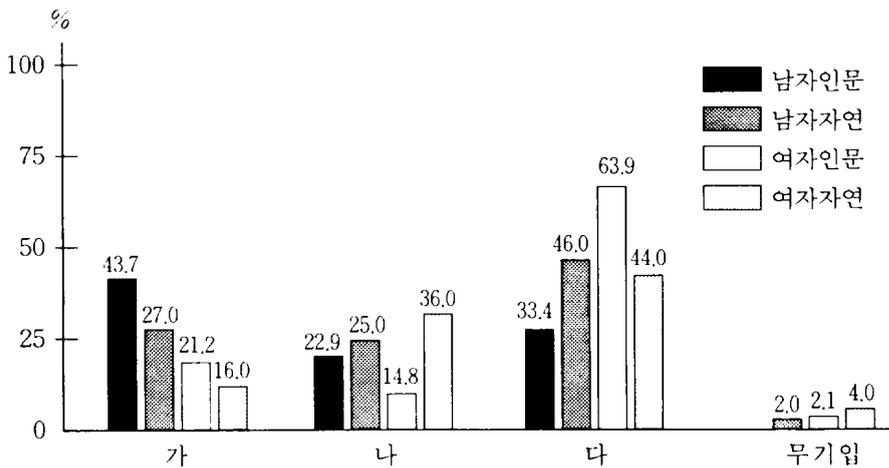


그림 13. 문항 8에 대한 반응도

그림 13에서 “나” 유형은 물체가 등속 직선 운동을 하는 경우 물체가 움직이고 있으므로 힘이 작용하고 있으리라는 잘못된 생각을 하고 있는 학생으로 운동하는 물체는 힘이 있어야 하고 그 힘을 제거해 버리면 물체가 움직임을 멈출 것으로 잘못 생각한다. 많은 학생들이 잘못 응답하고 있어 물체의 운동과 힘과의 관계를 정확히 제시해 주어야 한다.

“다” 유형의 학생은 힘은 물체의 운동 상태를 변화시키는 요인으로 물체의 운동 상태가 변하지 않으면 힘이 작용하지 않는다( $F=ma$ 에서  $F=0$ 이면  $a=0$ 이 되므로 속도의 변화가 없다)고 정확한 해석을 하는 학생으로 여겨지며 다른 반에 비해 여자 인문반에서 정답률이 높다.

문항 9에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 14와 같다.

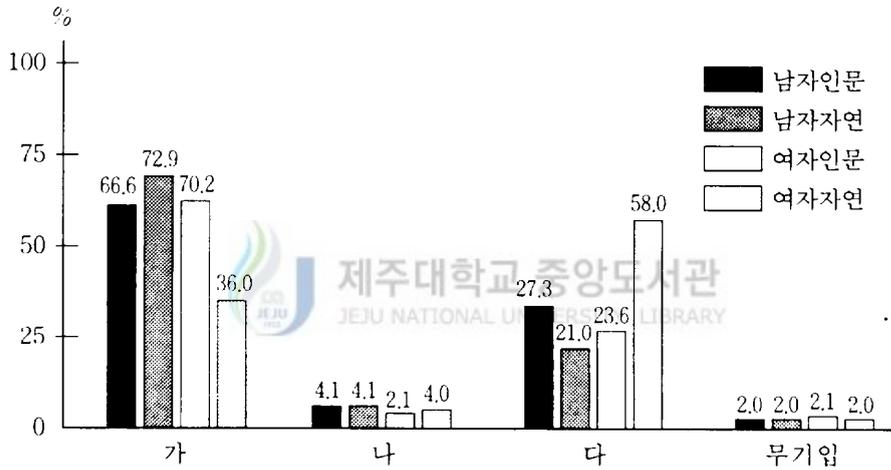


그림 14. 문항 9에 대한 반응도

그림 14에서 “가” 유형은 물체에 힘을 가하면 물체는 계속해서 움직인다고 생각하는 학생이다. “나” 유형의 학생은 물체에 계속해서 힘을 가하다가 그 힘을 제거했을 때 그 물체는 등속 직선 운동을 하게 되는데 학생들은 힘이 없어졌으니까 물체는 운동을 멈출 것이라고 생각한다. “다” 유형의 학생은 관성의 법칙을 알고 있는 올바른 해석으로 여겨지며 다른 반에 비해 정답률이 여자 자연반에서 58.0%로 비교적 높다.

10. 물체의 운동에서 힘은 속도를 변화 시키는 요인이기 때문에 등속도 운동을 하는 물체는 관성의 법칙에 따라 힘이 작용하지 않는다. 가속도의 개념을 정확히 이해하고 있는지를 측정하기 위해서 이 문제를 제시하였다. 문항 10에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 15와 같다.

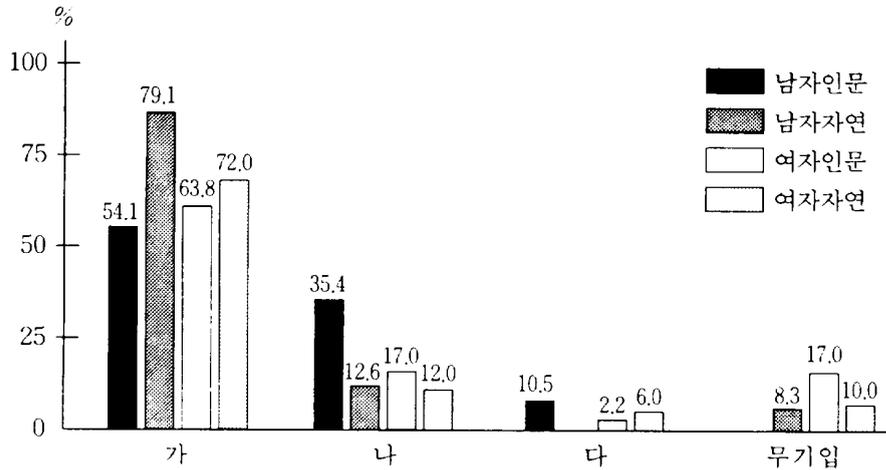


그림 15. 문항 10에 대한 반응도

그림 15에서 “가” 유형은 물체의 운동에서 물체에 가해진 힘은 속도를 변화 시키는 요인이 된다. 즉, 힘을 가하면 가속도가 생긴다는 운동의 법칙을 정확히 이해하고 있는 학생으로 대다수가 이를 택했다. “나” 유형의 학생은 문제의 해석을 속도의 변화에서 찾으려 하지 않고 속력의 크기에서 찾으려 한 학생으로 생각된다. 즉, 빠른 속력을 가진 물체에 큰 힘이 작용한다고 생각한다. 반드시 힘이 작용해야만 물체가 운동할 수 있다는 잘못된 생각이며 힘이 운동에 미치는 영향을 정확히 이해시켜야 하리라 생각된다.

11. 연직 방향의 운동에서 그 물체에 작용하는 힘은 중력 뿐인데도 많은 학생들이 물체에 속력을 주기 위해서 가해진 힘이 물체가 운동하는 순간까지 작용하고 있다고 잘못 이해한다. 즉, 처음에 가해진 힘이 물체가 올라가면서 점점 작아지고 힘이 0이 되었을 때 그 물체는 최고 높이에서 정지

했다가 떨어진다고 생각하여 물체의 운동과 힘과의 관계를 오인하는 경우가 있고 또한 힘의 방향과 가속도의 방향은 일치한다고 알고 있는 학생도 처음에 가해진 초기의 힘 때문에 힘의 방향을 잘못 알아 가속도의 방향을 잘못 이해한다. 여기서는 연직 상방으로 던져올려진 물체의 운동은 중력의 영향만을 받으며 운동하는 등가속도 운동으로 힘의 방향과 가속도의 방향에 대해 알아보기 위함이다. 문항 11에서 힘의 방향에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 16과 같다.

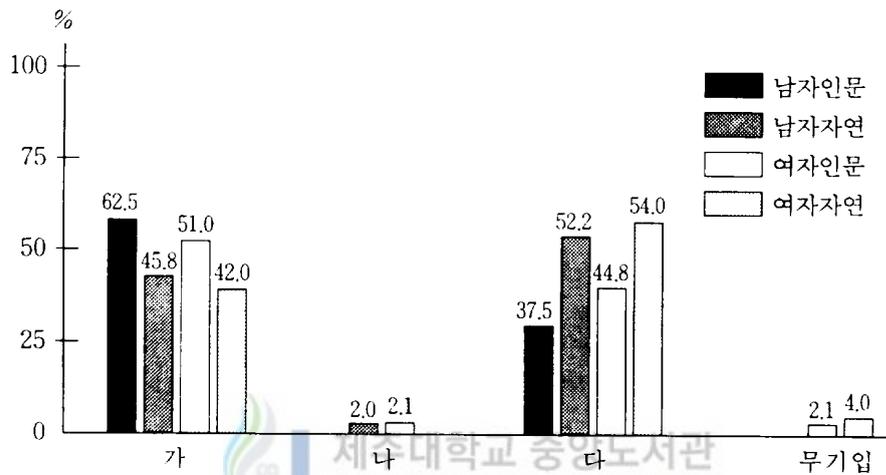


그림 16. 문항 11 힘의 방향에 대한 반응도

그림 16에서 “가” 유형의 학생들은 물체를 운동시키기 위해서는 물체에 힘을 가해야 한다고 생각한다. 그리고 처음 가해진 힘이 계속 작용할 때까지 물체가 올라간다고 생각하여 물체를 던져올렸을 때 가해진 힘이 운동하는 동안 계속 작용한다고 잘못 생각한다. 물체의 운동과 힘과의 관계를 정확히 이해시킬 필요가 있다. “다” 유형은 연직 운동하는 물체에 대한 힘은 중력 뿐이라는 사실을 정확히 알고 있는 학생이다.

문항 11에서 가속도의 방향에 대한 학생들의 반응 유형 그림 17과 같이 나타나고 있는데

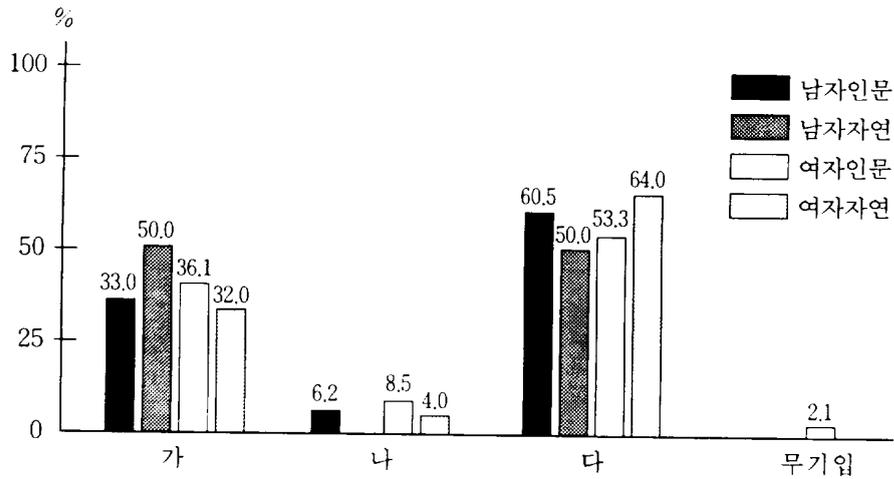


그림 17. 문항 11 가속도 방향에 대한 반응도

그림 17에서 “가” 유형은 연직 위로 운동하는 물체의 운동이므로 위쪽으로 힘이 작용할 것이라고 생각하여 그 방향을 가속도의 방향으로 생각하는 유형과 공이 위쪽으로 운동하니까 속도가 위 방향으로 나타나기 때문에 가속도의 방향이 속도의 방향과 일치할 것이라고 생각하는 유형으로 여겨지는데 여기서는 힘의 방향을 정확히 이해 시켜야 할 것 같다. “다” 유형은 연직 방향의 운동에서 실사 공은 위쪽으로 운동한다 해도 힘은 중력 방향(아래 방향)으로 힘의 방향과 가속도의 방향이 일치한다고 생각하는 올바른 생각으로 많은 학생이 이를 택했다.

12. 가속도는 시간에 따른 속도의 변화율 즉,  $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  로 표현된다. 즉, 속도는 방향을 갖는 물리량으로 여기서는 벡터와 스칼라를 구분할 수 있느냐를 알아보기 위해서 이 문제를 제시 하였다. 문항 12에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 18과 같다.

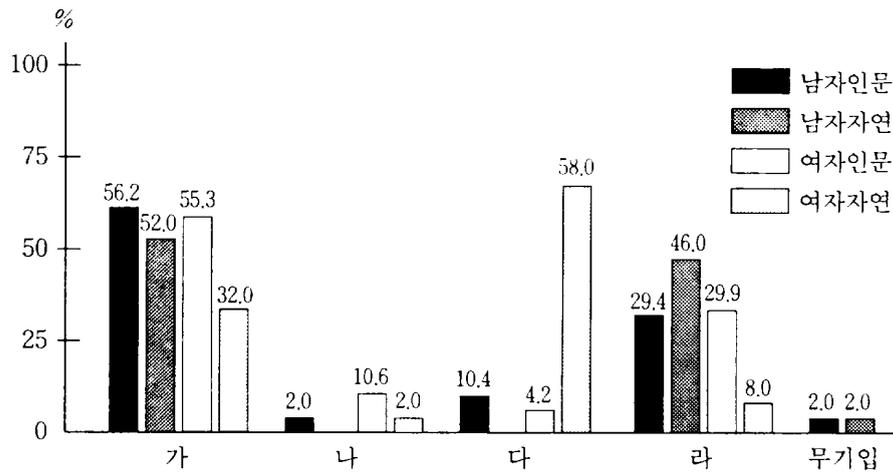


그림 18. 문항 12에 대한 반응도

그림 18에서 “가” 유형은 가속도의 정확한 개념을 잘못 알고 있는 학생으로 여겨진다. 이를 택한 유형은 속도가 증가하거나 감소하는 것만을 두고 가속도가 있다고 생각한다. 시간에 따른 속도의 변화량 즉, 가속도의 개념을 정확히 이해시켜야 하겠다.

“다” 유형은 등속 원운동의 경우 속도가 일정하니까 속도의 변화량  $\Delta v=0$ 이 된다고 잘못 생각한다. 여기서는 속도의 방향의 계속 바뀌므로  $a \neq 0$  이다.

“라” 유형은 가속도의 개념을 정확히 이해하고 있는 학생들이다. 즉 벡터와 스칼라를 정확히 알고 있다고 보여지며 남자 자연반이 46.0%로 정답률이 높게 나타나고 있다.

13-14. 복잡한 그림이나 수식이 나오면 문제를 포기하는 학생이 있다. 힘의 방향과 물체의 운동방향이 일치할 때는 속도는 증가하고 물체의 운동방향과 힘의 방향이 반대일 때는 물체의 속도는 감소한다. 이 문제에서는 진자의 운동에 따른 속도와 가속도가 위치에 따라 어떻게 되며 진자가 받는 힘의 방향은 어느 방향인지를 정확하게 알고 있는지의 여부를 판단하기 위해서다. 문항 13에서 나타난 속도에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그

림 19와 같다.

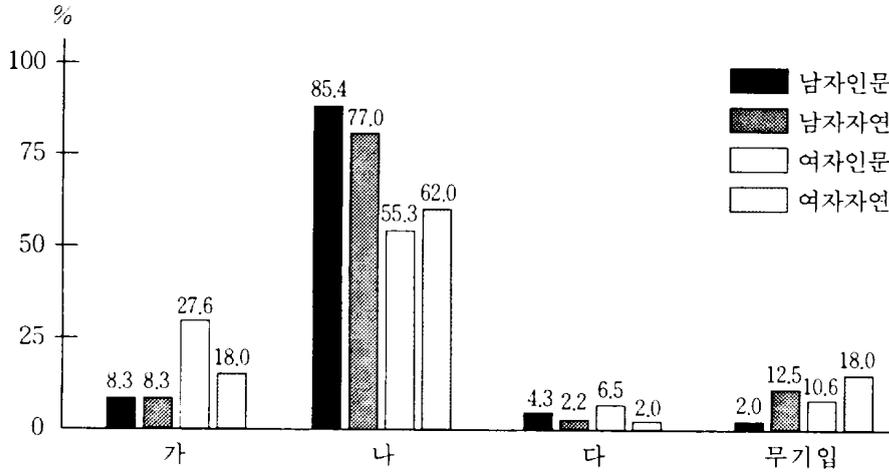


그림 19. 문항 13 속도에 대한 반응도

그림 19에서 “나” 에서는 에너지 보존 법칙이 성립해야 하므로 모든 점에서 에너지의 합은 일정하다. 그러므로 높이가 가장 낮은 점인 “나”에서 속도가 가장 빠르다. 정답률이 모두 높은 편이다. “가” 유형은 “가”에서 위치 에너지가 가장 크므로 이 점에서 속력이 가장 빠르다고 잘못 생각하는 유형이다.

문항 13에서 나타난 가속도에 대한 학생들의 반응은 그림 20와 같이 나타나고 있는데

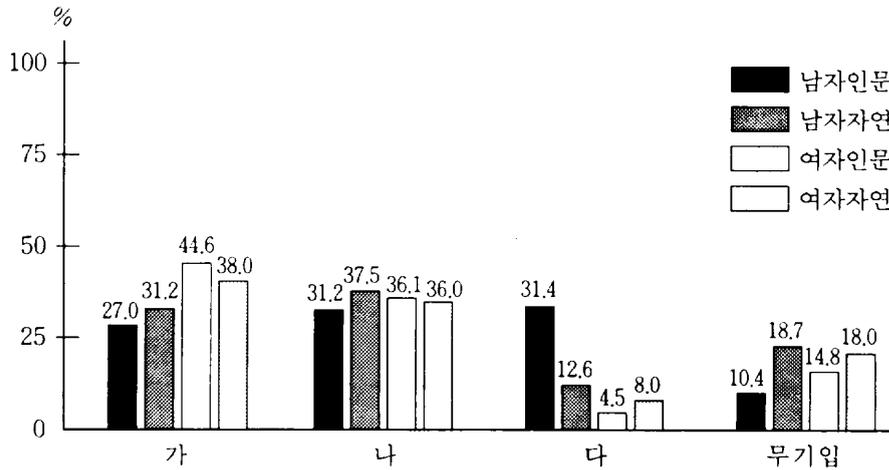


그림 20. 문항 13 가속도에 대한 반응도

진자가 받는 힘의 크기는 어느 점에서나  $F = mg \sin \theta$  이기 때문에 가속도는 추가 연직 성분과 이루는 각도에 따라 결정 되어진다. 따라서 “다” 유형은 이에 대한 정확한 해석을 못하는 학생이라 생각된다. “나”점에서는 속도가 가장 빠른 점이다. “나” 유형은 “나”점에서 속도가 가장 빠르니까 가속도도 가장 클 것이라고 생각한 것 같다. 가속도는 추가 연직성분과 이루는 각도에 따라 달라지므로 “가”점에서의 각도가 가장 크기 때문에 가속도가 가장 크다는 정확한 해석이다. 단진자의 운동에서 가속도의 크기  $a = g \sin \theta$  라는 사실을 강조해야 한다. 문항 14에 대한 학생들의 반응 내용은 그림 21과 같다.

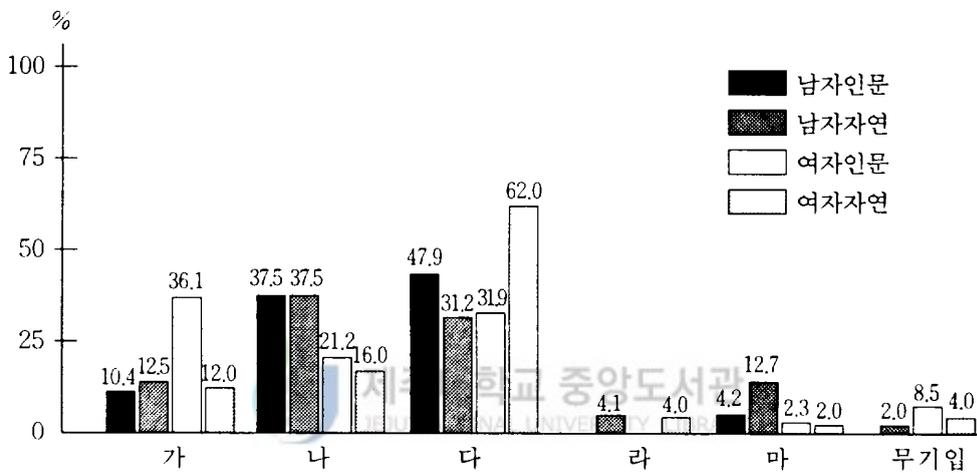


그림 21. 문항 14에 대한 반응도

그림 21에서 “나” 유형은 중력의 방향이 곧 진자가 받는 힘의 방향이라고 잘못 해석하는 경우다. 여기서 진자가 받는 힘은 중력뿐 아니라 실의 장력도 포함된다. 대다수의 학생들이 힘의 방향을 잘못 알고 있다. 힘의 방향은 진자 궤도의 접선 방향이라는 사실을 이해시켜야 한다. “다” 방향은 실의 장력과 중력을 합성한 힘의 방향으로 진자가 받는 힘의 방향이 된다. 그러기 때문에 진자가 어느 위치에 있건 힘은 연직 방향 (평형점)을 향해 진자가 그리는 궤도의 접선 방향으로 힘을 받는다. “다” 유형의 학생들이 올바른 해석을 하고 있는 학생으로 여겨진다.

15. 물리를 배우는 학생들이 공통적으로 어려워 하는 부분이 "단위 해석"에 관한 문제다. 단위가 주어졌을 때 학생들이 주어진 단위를 정확히 해석하고 있는지 측정하기 위해서 이 문제를 제시하였다. 문항 15에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 22와 같다.

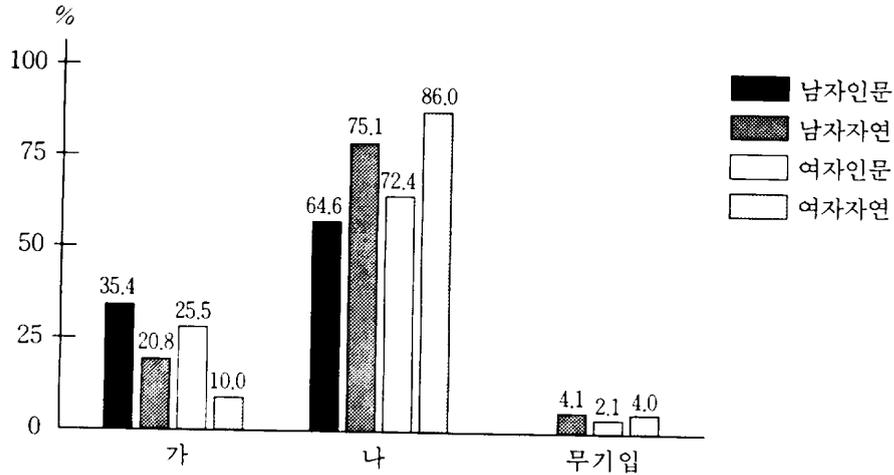


그림 22. 문항 15에 대한 반응도

그림 22에서 “가” 유형은 용수철 상수 ( $N/m$ )는 용수철의 단위 길이 만큼 변형될때의 힘으로 “가” 유형은 단위에 대한 해석을 잘못하는 경우로 단위를 올바르게 알고 그 개념의 정확한 이해가 어렵다. “나” 유형은 용수철 상수의 개념을 정확히 이해하고 있는 학생으로 용수철 상수가 크면 용수철을 단위 길이 만큼 변형시킬때 힘도 그만큼 많이 들기 때문에 변형이 어렵다. 정답률이 높은 편이다.

16. 뉴턴의 운동 제3법칙 “작용과 반작용”에서 많은 학생들이 무거운 물체 (질량이 큰 물체)가 큰 힘을 작용하고 질량이 가벼운 물체는 작은 힘을 작용한다고 생각한다. 그러나 이는 잘못된 해석으로 작용과 반작용은 “크기가 같고 방향이 반대인 힘”으로 두 물체에 작용하는 힘은 질량과 관계가 없음을 강조할 필요가 있다. 다만 질량이 큰 물체는 속도의 변화 정도가 작고 질량

이 작은 물체는 속도의 변화 정도가 크다. 작용과 반작용에서 두 물체에 작용하는 힘과 물체의 질량과의 관계를 알아보기 위해서 이 문제를 제시하였다. 문항 16에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 23과 같다.

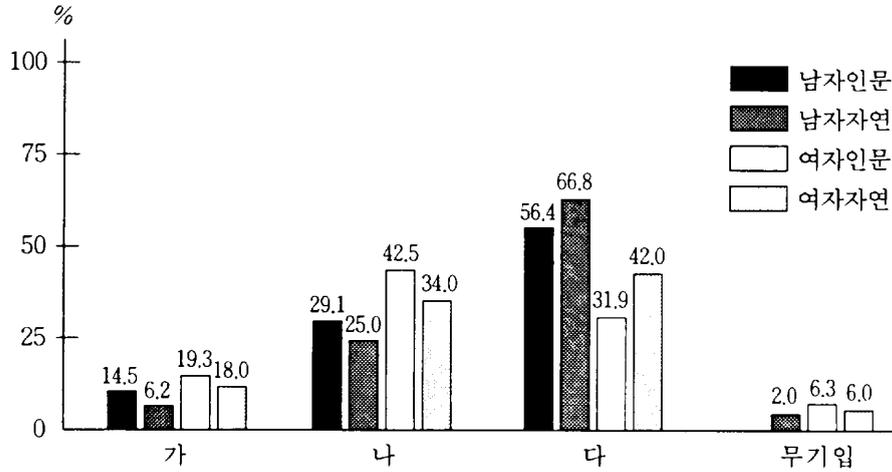


그림 23. 문항 16에 대한 반응도

그림 23에서 “가” 유형은 어른이 아이보다 체중이 더 크니까 더 큰 힘을 작용한다고 잘못 생각하는 유형이다. “나” 유형은 어른이 아이보다 체중이 크니까 아이가 더 큰 힘을 받는다고 생각하는 유형이다. 작용과 반작용의 개념을 정확히 이해 시켜야 하겠다. “다” 유형은 설사 아이와 어른이 체중이 다르더라도 둘 사이에 작용하는 힘은 똑같다고 생각하는 유형이다. 작용과 반작용에 대한 올바른 해석으로 남자가 정답률이 높은 편이다.

17. 마찰력은 물체의 운동을 방해하는 힘이다. 물체에 작용하는 마찰력의 크기가 접촉면의 성질, 물체를 수직으로 누르는 힘, 접촉면의 넓이와 어떤 관계가 있는지를 알아보기 위해서 이 문제를 출제했다. 문항 17에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 24와 같다.

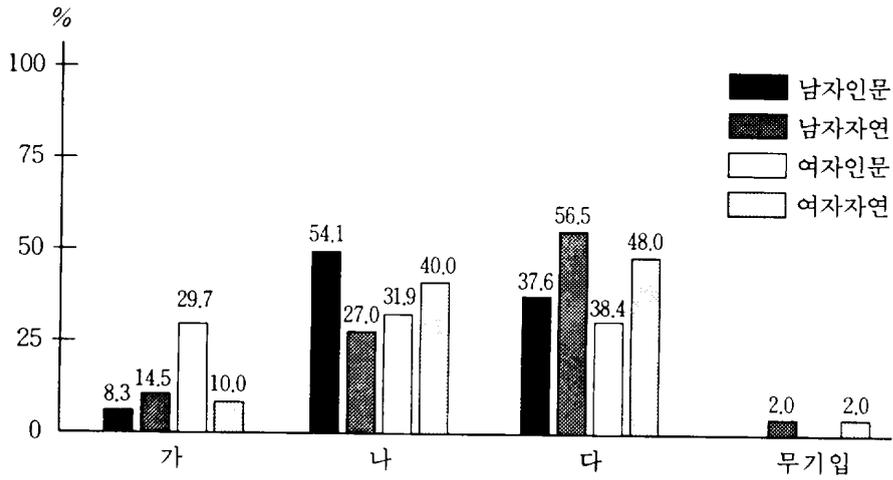


그림 24. 문항 17에 대한 반응도

그림 24에서 “가, 나” 유형은 마찰력에 영향을 미치는 요인은 접촉면의 성질과 면을 수직으로 누르는 힘에만 관계된다는 사실을 알고 있는 학생으로 여겨지며 남자 자연반에서 정답률이 높게 나타나고 있다. “다” 유형은 접촉면의 넓이는 마찰력과는 무관한데도 학생들은 접촉 면적이 넓으면 마찰력의 크기도 커질 것이라고 잘못 생각한다. 마찰력에 영향을 미치는 요인을 정확히 주지시킬 필요가 있다.

18. 마찰 전기와 자석과의 관계 즉, 전기력과 자기력과의 관계를 알아보기 위해서 이 문제를 출제하였다. 문항 18에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 25와 같다.

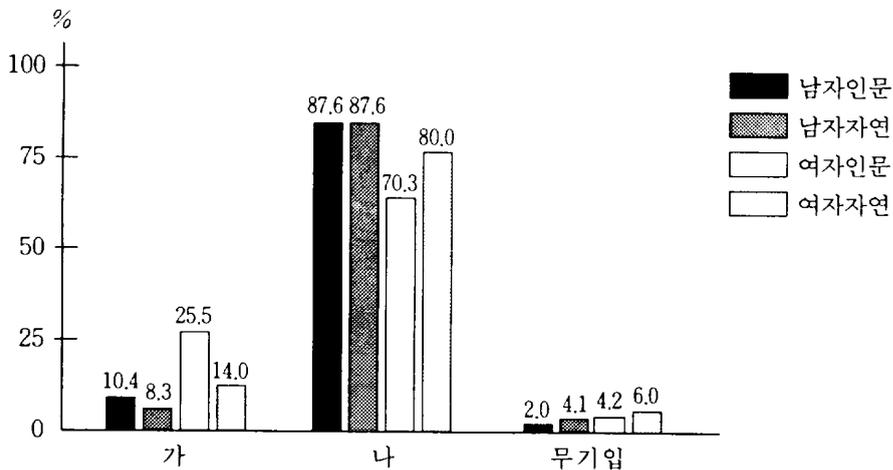


그림 25. 문항 18에 대한 반응도

마찰 전기는 일상 생활에서 쉽게 경험할 수 있다. 마찰에 의해 전기를 띤 책받침은 종이조각을 쉽게 잡아 당긴다. 그렇기 때문에 “가” 유형과 같이 마찰 전기를 띤 책받침에 자석을 가져가면 책받침이 자석에 끌린다고 생각하는 것은 전기와 자기가 대단히 유사하다는 사실을 확대 해석함에서 오는 잘못된 생각이다. “나” 유형이 올바른 해석으로 마찰 전기와 자기력과의 관계를 확실히 알고 있는 학생이라 생각된다.

19. 일상 생활에서 우리는 자석이 클립이나 바늘같은 작은 쇠조각을 잘 끌어당긴다는 사실을 익히 보아왔다. 그렇기 때문에 그런 일상 생활의 경험에 비추어 당연히 자석이 쇠를 잡아 당긴다고 생각한다. 즉, 자석은 쇠붙이에 힘을 가해 끌어 당기지만 쇠에는 자석을 끌어 당기는 힘이 없다는게 많은 학생들이 사고로 작용과 반작용을 정확히 이해하고 있는지 알아보기 위해서 이 문제를 제시하였다. 문항 19에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 26과 같다.

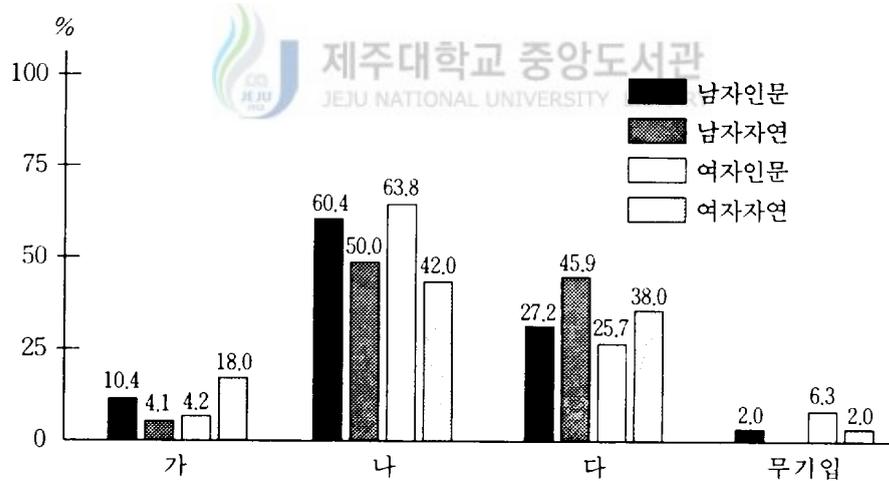


그림 26. 문항 19에 대한 반응도

학생들은 일상 생활에서 자석이 클립같은 조그만 쇠붙이를 끌어당기는 것을 많이 경험해왔다. 그러나 그림 26에서 “가” 유형의 학생들은 클립도 자석

을 끌어 당기는 힘이 있다는 사실을 모른 채 두 물체의 질량에 관계없이 자석이 무거운 쇠 마저도 끌어 당길 것이라는 잘못된 해석을 하고 있다. “다” 유형의 학생들은 작용과 반작용에 의해 쇠붙이와 자석이 똑같은 힘으로 서로 잡아당기기 때문에 동시에 접근한다는 사실을 정확히 이해하고 있다고 여겨진다.

20-22. 전기력선이 주어졌을 때 전기장의 방향은 전기력선에 대해 접선 방향이고 (+)전하의 방향으로 정의한다. 전기력선이 밀집한 곳과 그렇지 않은 곳에서의 전기장의 세기, 양전하와 음전하의 위치에 따른 전위의 세기등을 알아보기 위해서 이 문제를 출제하였다. 문항 20에서 전기장의 방향에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 27과 같다.

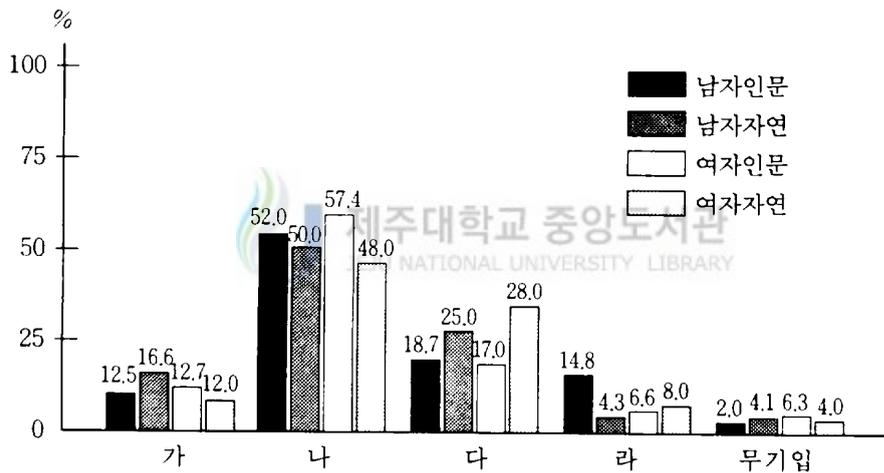


그림 27. 문항 20에 대한 반응도

전기력선의 접선 방향이 그 점에서의 전기장의 방향이다. 또 전기력선은 (+)에서 나와 (-)로 들어가므로 전기력선이 나오는 곳에 (+)대전체가 있고 들어가는 곳에 (-)대전체가 있다. “가” 유형의 학생들은 전기장과 전기력선과의 관계를 알고 있는 학생들이다. 그러나 이를 선택한 학생은 그리 많지 않다. “나” 유형의 학생들은 중력의 방향이 지구 중심을 향하기 때문에 이런 중력

의 방향을 전기장의 방향으로 오인한 것 같다. 대다수의 학생들의 이를 택해 전기장의 방향과 전기력선과의 관계를 정확히 제시해 주어야 할 것이다.

문항 21에서 전기장의 세기에 대한 학생들의 반응 결과는 그림 28과 같다.

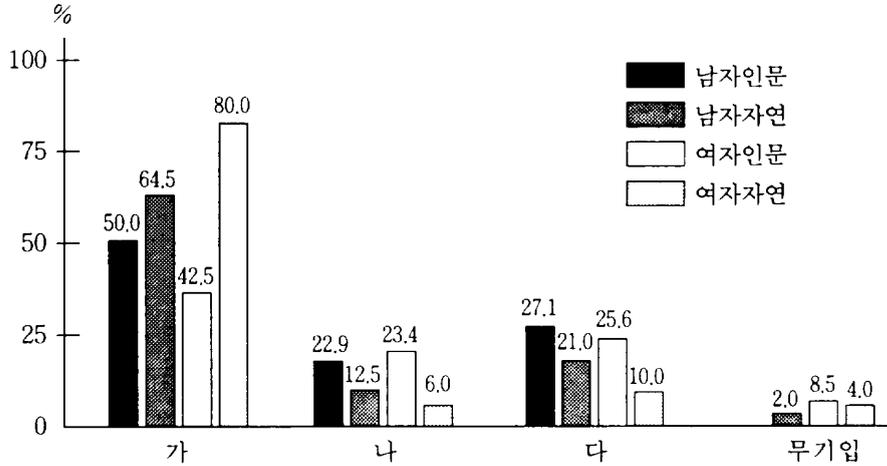


그림 28. 문항 21에 대한 반응도

전기력선의 방향은 (+)에서 (-)로 향하고 전기력선이 밀집된 곳에서 전기장의 세기가 강하기 때문에 “가” 유형이 올바른 해석을 하는 학생들이다. 여자자연반에서 정답률이 80%로 아주 높다. “나” 유형은 전기력선이 향하는 곳이 (-)전하가 위치한 곳으로 전기장의 세기가 강하다고 잘못 생각한다.

문항 22에서 전위에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 29와 같다.

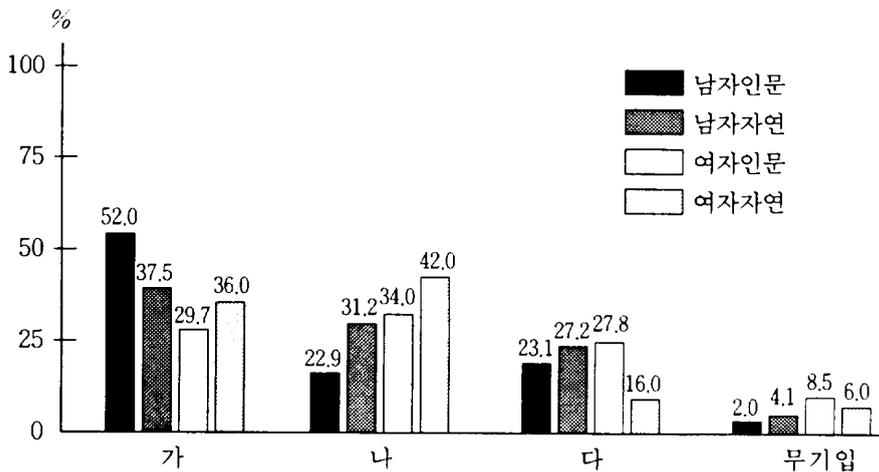


그림 29. 문항 22에 대한 반응도

전위는 방향이 없고 크기만 있는 스칼라량으로 (+)전하에 가까울수록 전위가 높고 (-)전하에 가까울수록 전위가 낮다. “가” 유형은 전위에 대한 정확한 해석을 하고 있는 학생이라 생각된다.

“나” 유형의 학생들은 전기력선이 퍼지고 있으니까 전기적인 힘을 많이 받고 있다고 생각하여 전위가 높다고 생각하는 학생으로 여겨진다.

23-24. 전류는 전하의 흐름으로 정의한다. 여기서는 전류의 방향과 세기, 전류에 대한 개념을 정확히 알고 있는지를 알아보기 위해서 이 문제를 제시하였다. 문항 23에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 30과 같다.

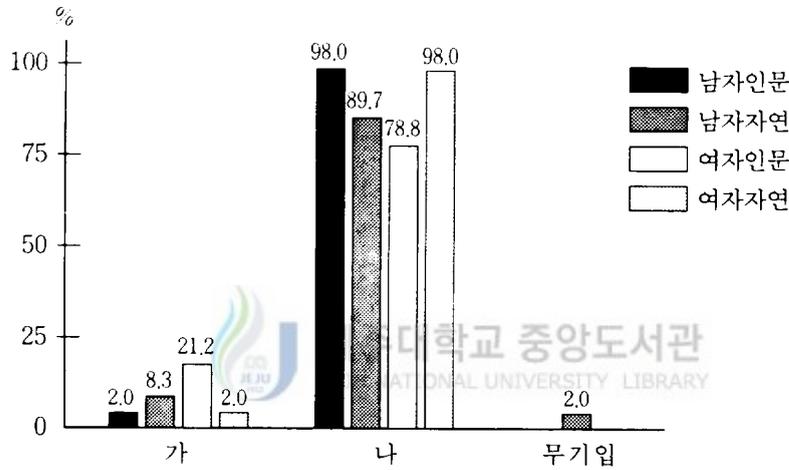


그림 30. 문항 23에 대한 반응도

전자가 이동하면 곧 전류가 흐른다. “가” 유형의 학생들은 전자가 이동하는 방향이 곧 전류가 흐르는 방향이라고 생각 하는 것 같다. 여자 인문반의 경우 오답률이 21.2%로 나타나고 있어 전류의 방향에 대한 개념을 정확히 제시해야 할 것이다. “나” 유형은 전류가 흐르는 방향을 전자의 이동 방향과 반대 방향으로 정했다는 사실을 알고 있는 학생으로 대다수의 학생들이 옳게 답했다.

문항 24에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 31과 같다.

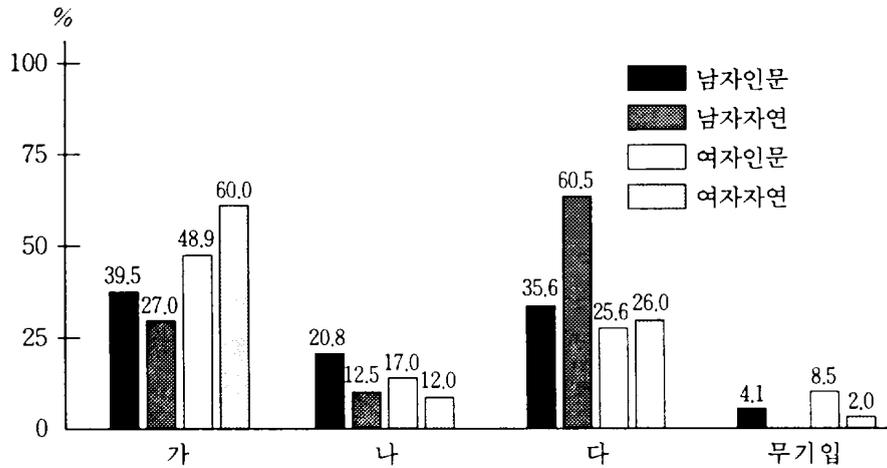


그림 31. 문항 24에 대한 반응도

그림 31에서 “가” 유형은 (+)전하의 이동만을 전류의 흐름으로 잘못 알고 있는 학생으로 많은 학생들이 이를 택했다.

“나” 유형은 전자가 이동하면 전류가 흐른다는 사실로 미루어 전류는 (-)전하의 이동량과 같다고 확대 해석한 것 같다.

“다” 유형은 전류는 전기를 띤 입자 즉, 전하의 이동이라는 사실을 정확히 알고 있는 학생이다. 남자 자연반에서 정답률이 높으나 전체적으로는 정답률이 저조해 전류의 개념을 강조해야 하겠다.

25. 도선의 저항은  $R = \rho \cdot l/s$ 에 의하여 도선의 단면적, 그리고 도선의 길이에 관계가 있음을 알 수 있다. 이 문제에서는 저항과 도선의 길이, 단면적과의 관계가 어떻게 되는지를 알고 도선을 잡아당길 경우 길이와 단면적이 어떻게 변하는지, 그리고 이런 요소가 저항에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위함이다. 문항 25에 대한 학생들의 반응 조사 결과는 그림 32와 같다.

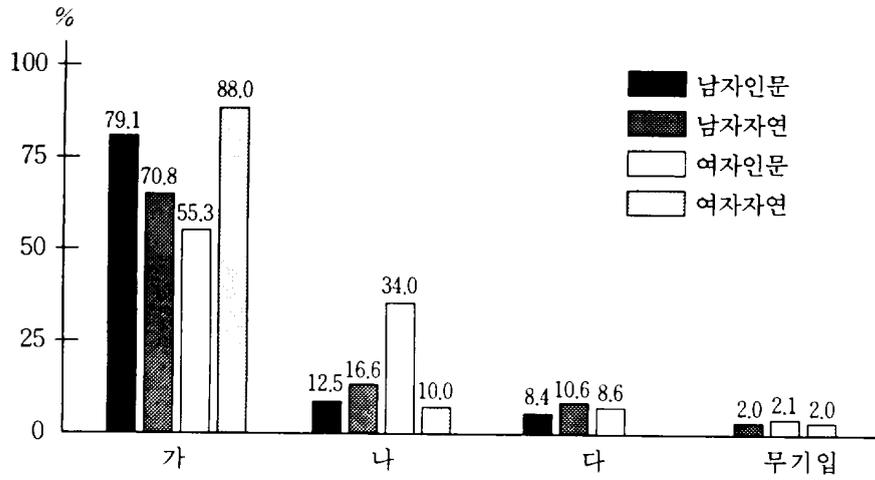


그림 32. 문항 25에 대한 반응도

그림 32에서 “가” 유형의 학생들은 도선의 전기 저항은 단면적에 반비례하고 도선의 길이에 비례한다는 사실을 알고 있는 학생으로 도선을 잡아당겼을 때 길이는 증가하고 단면적은 감소하기 때문에 도선의 저항은 증가한다. 정답률이 높은 편이다.

“나” 유형은 도선의 전기 저항  $R = \rho \cdot l/s$ 의 관계를 모르거나 도선을 잡아당겼을 경우 길이와 단면적이 어떻게 변하는지를 모르는 학생으로 여겨진다. 도선의 길이와 단면적이 저항과 어떤 관계가 있는지를 알아야 한다.

26. 도체와 부도체를 구별할 수 있는지의 여부 및 도체에 전류가 흐를 경우 도체에서 열이 발생한다는 사실을 알아보기 위한 문제다. 문항 26에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 33과 같다.

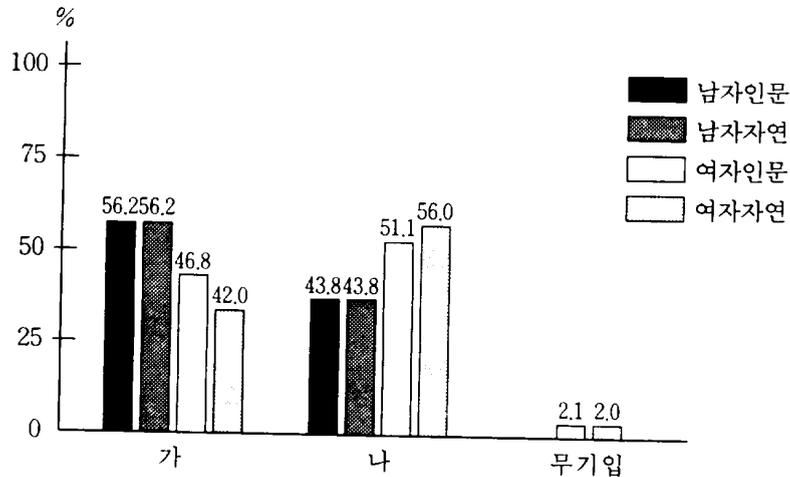


그림 33. 문항 26에 대한 반응도

도체는 전기를 잘 통하는 물질로서 대부분의 금속이 이에 속한다. 알루미늄 호일은 전기를 잘 통하는 물질이다. 따라서 호일에 전류가 흐르면 호일이 갖고있는 저항 때문에 알루미늄 호일을 구성하는 입자들의 운동 상태가 활발해져 뜨거워진다. “가” 유형의 학생들이 올바른 해석을 하고 있다고 생각된다. “나” 유형은 도체와 부도체를 잘 구별하지 못하거나 저항체에 전류가 흘렀을 경우 입자들의 운동 상태를 알지 못하는 학생들로 여겨지며 의외로 많은 학생이 틀리게 답했다.

27-28. 도선의 굵기에 따라 저항이 어떻게 변하는지의 여부 및 같은 저항을 직렬 연결했을 경우 저항과 전압, 전류와의 관계가 어떻게 변하는지를 알고 있는지, 전류가 흐를 때 발생하는 열량과 전압, 전류와의 관계를 알 수 있는지의 여부를 확인하는 문제다. 문항 27에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 34와 같다.

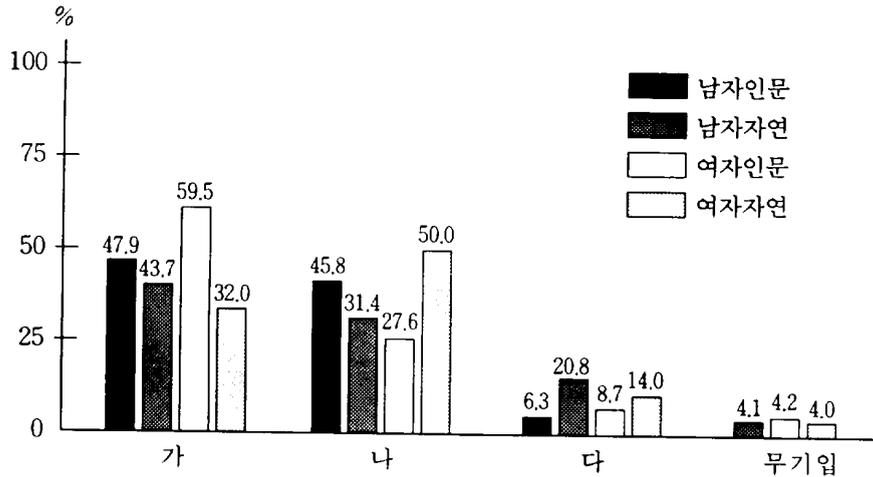


그림 34. 문항 27에 대한 반응도

전기 에너지  $W = VIt$ 로 표현되며 전기 에너지가 클 경우 더 밝게 빛난다. “가”를 택한 학생들은 전기 에너지와 저항과의 관계를 모르고 있는 학생으로 여겨진다. 여자 자연반을 제외한 다른 반은 의외로 정답률이 낮은 편으로 전기 에너지와 발열량과의 관계를 정확히 이해 시켜야 하겠다.

“나” 유형은 도선이 굵을 경우 도선의 굵기와 저항과의 관계, 전류와 저항과의 관계, 전류와 전기 에너지와의 관계를 알고 있는 학생으로 여겨지는데 여자 자연반에서 정답률이 비교적 높다.

문항 28에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 35와 같다.

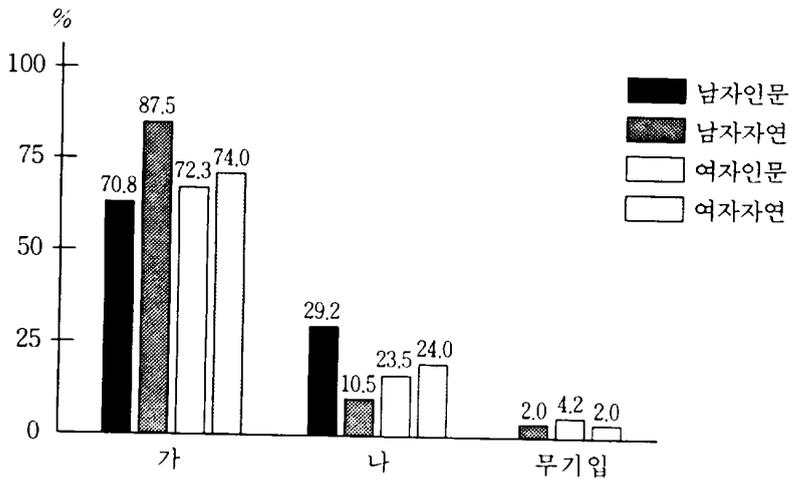


그림 35. 문항 28에 대한 반응도

똑같은 전구 2개를 직렬연결 했을 경우 저항이 증가하여 전류의 흐름이 작아지고 밝기도 감소한다. 따라서 “가”에서 처럼 전구가 1개만 있을 경우 밝기가 밝아진다. 정답율이 아주 높다. “나” 유형의 학생들은 전구를 2개 연결했을 경우의 각각의 밝기는 1개만 연결했을 경우보다도 어두워지나 이를 잘 못 알고있다.

29. 이 문제는 도선에 전류가 흐를 때 도선 주위에 자기장이 형성되는지 그리고 자기장이 형성되었다면 주위의 나침반에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해서다. 문항 29에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 36와 같다.

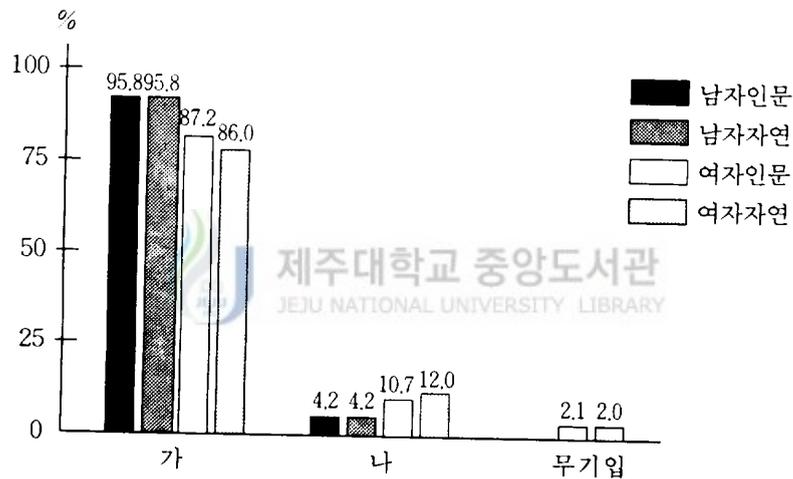


그림 36. 문항 29에 대한 반응도

그림 36에서 “가” 유형의 학생들은 도선에 전류가 흐를때 도선 주위에는 자기장이 형성되어 나침반에 영향을 미친다는 사실을 알고 있는 학생으로 모든 반에서 정답률이 아주 높다.

“나” 유형은 도선에 전류가 흐를 경우 도선 주위에 형성되는 자기장에 대해 모르는 학생이다. 즉, 전류와 자기장과의 관계를 모르고 있다고 여겨진다.

30. 전자기 유도에서 유도 전류가 흐르려면 코일이나 자석이 서로 상대적으로 움직여야만 한다. 즉, 시간의 변화에 따른 자속의 변화율로 유도 기전력을 정의한다. 여기서는 패러데이 법칙과 렌츠의 법칙을 정확히 이해하고 있는지의 여부를 묻는 문제이다. 문항 30에 대한 학생들의 반응을 조사한 결과는 그림 37과 같다.

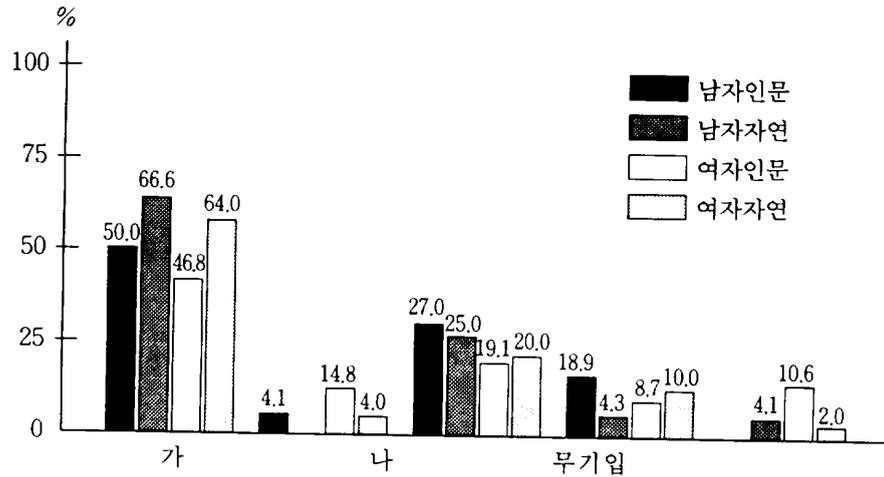


그림 37. 문항 30에 대한 반응도

코일에 전류가 흐르면 코일속에는 자기장이 형성되어 철심은 자석의 성질을 띠게 된다. “가” 유형이 정확한 해석이다. 그런데 “나” 유형은 철심이 자석이라고 해서 코일에 전류가 흐르는 것은 아니다. 코일 주위의 자기장이 변할때만 전류가 흐른다. 즉, 유도 전류는 자속이 시간에 따라 변할때만 유도되어 흐른다.

## IV. 결론 및 제언

과학적 사고의 바탕은 문제에 대한 논리적 해석이 필수적으로 요구된다. 그런데도 우리 학생들은 단순히 경험적 사고에 의존해 문제를 해결하려는 경향이 많아 보인다.

본 연구는 고등학교 물리 교과에 나오는 힘과 운동, 전자기 관련 내용을 중심으로 학생들에게 잠재해 있는 물리 개념의 오류 유형들을 조사하였다.

위의 연구 결과에서 나타난 학생들의 반응도를 조사, 분석한 결과에 의하면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 속도와 가속도: 수식 처리에 의한 문제 해결 능력은 양호하나 이를 그래프와 관련 지었을 때 어려움을 느끼고 있다.
- (2) 힘과 운동: 힘은 물체의 운동 상태를 변화시키는 요인이 된다는 사실을 잘못 이해하고 물체가 운동하는 데는 반드시 힘이 작용해야 한다고 믿는다. 즉, 힘이 있어야만 물체가 운동할 수 있다는 잘못된 생각을 하고 있다.
- (3) 전기장과 전위: 전기력선과 전기장, 전위는 쉽게 확인할 수 없는 추상적인 내용이 강해 올바른 개념 형성이 이루어지지 않고 있다.
- (4) 전류와 전기 저항: 전류는 전기를 띤 입자 즉, 전하의 흐름이라는 사실을 정확히 알지 못하고 도체와 부도체의 구별, 도선의 저항에 영향을 미치는 요인들에 대한 해석이 미흡한 것으로 나타나고 있다.
- (5) 전자기 유도: 전기와 자기의 유사성을 통해 전기와 자기는 같은 것이라고 너무 확대 해석하는 경향이 있으며 시간에 따라 자속이 변할 경우에만 유도 전류가 발생 한다는 사실을 확실히 알지 못하고 있다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 교수 방법의 개선을 통해 체계적인 개념 이해를 유도하고 더 나아가 학생들에게 물리 교과에 대한 흥미도 고취 및 탐

구 능력을 배양 시키기 위한 제언을 다음과 같이 제시한다.

- (1) 단순한 수식 처리로 개념을 이해시키기 보다는 논리적 사고를 바탕으로 한 개념 이해가 바람직하다.
- (2) 단순한 경험이나 잘못된 관찰에 의해 나타난 개념 이해 과정의 오류들이 올바르게 형성될 수 있도록 반복적인 지도가 필요하다.
- (3) 올바른 개념 형성을 위해서는 교과 내용에 대한 확인 실험이 아닌 새로운 개념이나 원리를 학생 스스로 찾아낼 수 있는 탐구적 활동이나 실험이 요구된다.
- (4) 정확한 개념이나 원리가 인지 구조 속에 계속 남아 있게 하기 위해서는 이를 적용시켜 볼 수 있는 새로운 상황이나 문제 제시가 필요하다.
- (5) 소단원의 내용은 어느 정도 알고 있으나 전체적인 내용은 파악이 잘 안되는 경우가 있어 전체적인 내용에 대한 연관 관계 설명이 필요하다.



## 참 고 문 헌

1. 교육부, 고등학교 교육과정 I, p.188 (1992).
2. 교학사, 고등학교 물리, 교사용 지도서, p.13 (1993).
3. 권재술, 과학 개념 형성의 인지적 모형, 물리교육, 7(1), pp.1-9.
4. 권재술, 김범기 편저, 과학 오개념 편람(역학편), 한국교원대학교 물리교육 연구실, pp.343-363 (1993).
5. 문충식, 전류에 관한 학생들의 오인 유형 변화의 종단적 연구, 한국 교원 대학교 석사학위 논문, pp.41-46 (1990).
6. 신우성, 김익균, 힘과 운동에 대한 국내외의 연구 결과와 동향, 물리교육, 11(1), pp.10-22.
7. 이승재, 중학생의 지적 발달에 따른 물리 개념 체계, 제주대학교 교육대학원 석사학위 논문, pp.36-42 (1993).
8. 송인명, 이춘우, 고등학교 물리, 교학사(1993).
9. 엄정인의 외 2인, 고등학교 과학 (II)상, 금성 교과서(1993).
10. 박승재 외 2인, 고등학교 물리, 금성 교과서(1993).
11. 장경애 옮김, 재미있는 과학 탐구(물리), 미래사, p.21 (1993).
12. 김현근, 물리의 나라, 소학사, pp.114-118 (1990).
13. 백운선 옮김, 재미 있는 물리 여행(역학, 빛-전자기), 김영사, pp.373-385 (1988).

<Abstract>

A Survey of Understanding of Physics Concepts  
in High School

- Centering around Mechanics and Electromagnetics -

Kim, Doo - Hoo

Physics Education Major

Graduate School of Education, Cheju National University

Cheju, Korea

Supervised by Professor Park, Kyu - Eun

The right approach in analyzing the questions in physics begins with the accurate understanding of physics concepts. That is to say, the right concept formation has a great influence on study accomplishment. But in fact, many student mistake physics concepts and think that physics is difficult. A survey of high school students' understanding of physics concepts appearing in the physics textbook shows us that there are many wrong analyses in their understanding physics concepts.

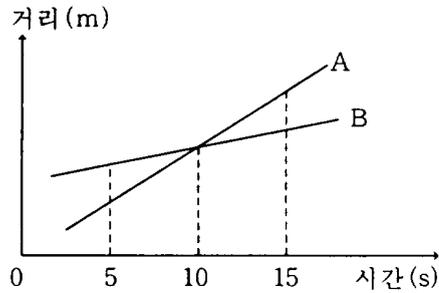
In this thesis, it is found why, where and how wrong conception occurs, and how students' error types of physics concepts have influences upon the problem analyses. More effective teaching methods are suggested which can transform wrong conception into right one.

---

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, 1994..

## 부 록

- \*. 다음 그래프는 A와 B 두 물체의 시간과 이동 거리와의 관계를 나타낸 그래프이다. 물음에 답하라. (1-2)



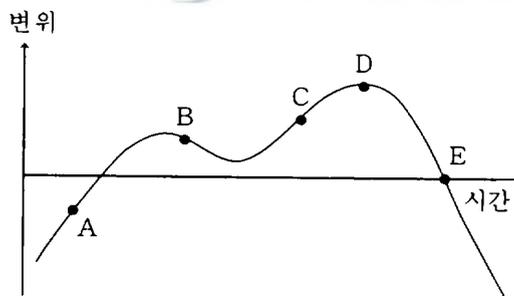
1. 5초일 때 어느 물체의 속력이 더 빠른가?

가. A물체                      나. B물체                      다. 서로 같다

2. A와 B물체의 속력이 같을 때가 있는가?

가. 있다                      나. 없다

- \*. 다음 그래프를 보고 물음에 답하라. (3-4)



3. 속력이 가장 빠른 순간은 어느 점인가?

4. 속력이 가장 느린 순간은 어느 점인가?



9. 다음 보기 중 계속해서 움직이는 경우는?

보기 - A: 물체에 계속해서 힘을 가할 경우.

B: 물체에 계속해서 힘을 가하다가 그 힘을 없애버릴 경우.

(단, 모든 물체는 약간의 힘만 가해도 움직일 수 있고 마찰이나 공기저항은 무시)

가. A            나. B            다. 둘다 움직임

10. 다음 보기의 경우에서 물체에 작용하는 힘이 큰 경우는?

보기 - A: 속력이 10 m/s에서 20 m/s로 증가하는 경우.

B: 100 m/s로 등속 직선 운동을 할 경우.

가. A            나. B            다. 같다

11. 그림과 같이 지표면에서 물체를 연직 상방으로 던져 올렸다. 물체가 받는 힘의 방향과 가속도의 방향은?



12. 다음 중 가속도가 있는 경우는?

가. 속도가 증가하는 경우

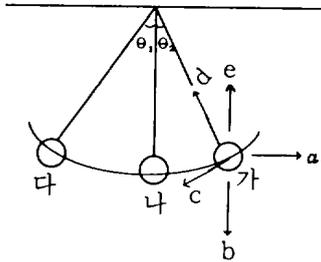
나. 속도가 감소하는 경우

다. 등속 원운동을 하는 경우

라. 모두 맞다

\*. 다음 그림과 같은 단진자의 운동을 보고 물음에 답하라. (13-14)

(단,  $\theta_1 > \theta_2$ )



13. 속도와 가속도가 가장 큰 곳?

속도가 가장 큰 곳:

가속도가 가장 큰 곳:

14. 진자가 “가”의 위치에 있을 때 진자가 받는 힘의 방향은?

가. a    나. b    다. c    라. d    마. e

15. 용수철 상수(N/m)값이 크면 용수철 변형이 쉬울까? 어려울까?

가. 쉽다    나. 어렵다

16. 30kg · 중의 아이와 100kg · 중의 어른이 미끄러운 얼음판 위에서 서로

마주 보고 밀고 있다. 누가 더 큰 힘을 받겠는가?

가. 어른    나. 아이    다. 똑같다

17. 마찰력에 영향을 미치지 않은 요인은 어느 것인가?

가. 접촉면의 성질

나. 면을 수직으로 누르는 힘

다. 접촉면의 넓이

18. 책받침을 옷에 잘 문지르면 마찰 전기를 띄어 종이 조각같은 것을 잘 끌어 당기는 것을 알고 있다. 그러면 이때 마찰 전기를 띤 이 책받침에 자석을 가져가면 어떻게 될까?

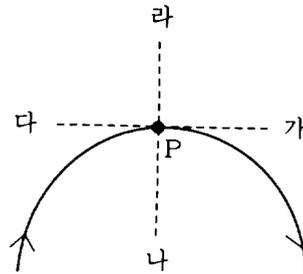
- 가. 끌린다                      나. 안 끌린다

19. 1kg의 자석과 10kg의 쇠붙이가 놓여있다. 마찰력이 없다면 어떻게 될까?

- 가. 쇠붙이가 자석쪽으로 접근한다.  
 나. 자석이 쇠붙이 쪽으로 접근한다.  
 다. 서로 동시에 접근한다.

\*. 다음 그림을 보고 물음에 답하라. (20-22)

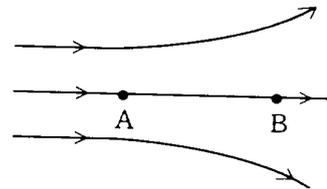
20. 오른쪽 그림에서 실선은 전기장 내에서의 전기력선을 나타낸 것이다. 이 전기력선상의 한 점 P에서 전기장의 방향은?



\*. 그림은 어떤 전기장 속에서의 전기력선 모양을 개략적으로 표현한 것이다. 물음에 답하라. (21-22)

21. 전기장의 세기를 옳게 표현한 것은?

- 가.  $E_A > E_B$     나.  $E_A < E_B$     다.  $E_A = E_B$



22. 전위의 관계를 옳게 표현한 것은?

- 가.  $V_A > V_B$     나.  $V_A < V_B$     다.  $V_A = V_B$

\*. 다음 물음에 답하라. (23-24)

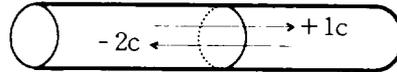
23. 전류의 방향과 자유전자의 이동 방향은 같은 방향일까? 서로 반대 방향일까?

가. 같은 방향      나. 반대 방향

24. 오른쪽 그림과 같이 1초 동안에 1C의 양전하가

오른쪽으로 동시에  $-2C$ 의 음전하가 왼쪽으로 이동

하였다면 이 도선에 흐른 전류의 세기는?



가. 1A      나. 2A      다. 3A

25. 길이가 일정한 도선을 2배로 늘였을 때 저항은 어떻게 되겠는가?

가. 증가 한다      나. 감소 한다      다. 변함 없다

26. 건전지에 알루미늄 호일을 연결했을 때 알루미늄 호일은 어떻게 될까?

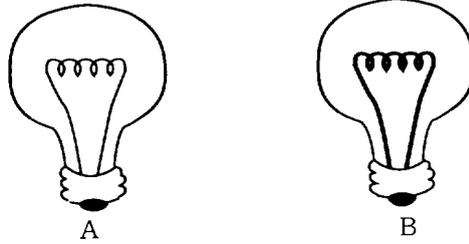


가. 뜨거워 진다      나. 변함 없다

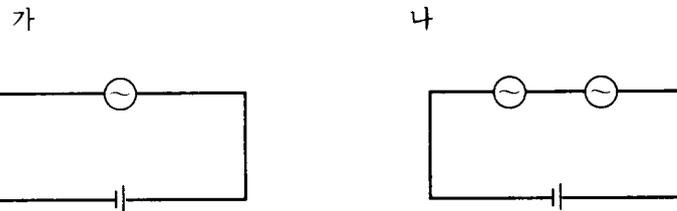
\*. 다음 물음에 답하라. (27-28)

27. 두 전구 A, B가 있다. B전구의 필라멘트가 A보다 굵다면 이 두 전구를 똑같은 전원에 연결했을 경우 어느 것이 더 밝을까? (단, 필라멘트의 굵기 이외의 모든 조건은 동일하다)

- 가. A
- 나. B
- 다. 같다



28. 그림과 같은 회로에서 더 밝은 경우는? (단, 전구는 모두 똑 같은 것임)



29. 나침반 바로 위에 도선을 놓고 도선에 전류를 통하였다. 나침반의 바늘은 도선에 전류가 흐르기 전과 비교했을 때 어떻게 될까?

- 가. 변한다
- 나. 안 변한다

30. 그림과 같이 코일속에 철심이 놓여있다. 옳은 것은?

- 가. 코일에 전류가 흐르면 철심은 자석이 된다
- 나. 철심이 자석이라면 코일에 전류가 흐른다
- 다. 위의 경우 모두 맞다
- 라. 위의 경우 모두 틀리다

