

물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한
 고등학생과 과학교사의 이해 조사 III¹⁾
 - 이론적 설명에 포함된 이상조건을 중심으로 -

박종원 · 정병훈¹ · 권성기² · 송진웅³
 (전남대학교) ¹(청주교육대학교) ²(대구교육대학교) ³(대구대학교)

A Study of High School Students' and Science Teachers'
 Understanding of Ideal Conditions involved in the Theoretical
 Explanations and Experiments in Physics: Part III

- Focused on the Ideal Conditions involved in the Theoretical Explanations -

Park, Jongwon · Chung, Byunghoon¹ · Kwon, Sunggi² · Song, Jinwoong³
 (Chonnam National University) · ¹(Cheongju National University of Education)
²(Taegu National University of Education) · ³(Taegu University)

ABSTRACT

Idealization has an important role in the process of learning as well as in physics research. The purpose of this study was to survey students' and science teachers' recognition of the ideal conditions involved in the process of problem solving and of explaining the natural phenomena. The instrument for probing the understanding of the ideal conditions in the domains of force, electricity and heat was administered to general high and science high school students and science teachers. The framework of responses composed of three categories. The first category is "idealized conditions relevant to problem", the second "not relevant idealized conditions", which has more delicate subcategories of general/ irrelevant conditions, simple statement of formula/ law, repeating problems, uncorrect explaining/ describing conditions, and the last "no responses". The results of analysis showed that the majority of the subjects well understood the various ideal conditions, especially for science high school students. But some of them could not differentiate the ideal condition from the general conditions, or they simply repeat the problem situation or the formula. The understanding of idealization is different by the domains of physics. We discovered that the misconceptions about the ideal conditions in various physical phenomena and revealed some interconnection of researches in the fields of misconception and the ideal condition.

key words : idealization, understanding for ideal conditions, explanations, physics experiment, msiconception

^{*}1998년 11월 2일 받음

1) 이 논문은 1996년도 학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의한 연구의 일부임

I. 서론

물리학자들은 복잡한 자연을 이해하는 방법으로 이상화 기법(Matthews, 1994)을 도입한다. 이러한 이상화에는 특정 변인의 효과를 무시하거나(McMullin, 1985), 어떤 한계 상황을 가정하거나(Garrison, 1986), 특정 변인들이 일정하거나 보존된다고 가정하는 등의 방법들이 포함된다. 이렇게 이상화된 물리적 세계를 통해 물리학자들은 실제의 세계를 바라보며 또 이를 이해한다(박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅, 1998a). 보다 구체적으로, 이상 조건(즉, 이상화된 요인)들은 물리학에서 사용되는 용어나 개념 속에, 또는 법칙이나 공식을 유도하는 과정에서, 그리고 자연현상을 설명하거나 문제를 해결하는 활동 속에 포함되어 있다. 이상 조건에 대한 이해는 학생들로 하여금 물리 세계와 실제 세계와의 차이를 이해할 수 있도록 도와주고(Matthews, 1987; Arons, 1990), 또한 이상 조건들의 단계적 수정을 통해 물리 세계를 보다 세련되고 정밀하게 보완할 수 있으며, 궁극적으로 창의적 탐구 활동을 가능하게 해준다(박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅, 1998b).

따라서, 이러한 이상화에 대한 이해는 물리학을 학습하는 학생들에게도 중요한 영향을 미칠 것이다. 이러한 측면에서 학생들이 물리학에서 사용되는 이상 조건들을 어떻게 이해하고 있는지를 조사하는 일은 보다 바람직한 물리 학습을 위해 반드시 필요하다. 뿐만 아니라 실제로 학교에서 물리를 지도하고 있는 과학교사들 자신의 이상 조건에 대한 이해도 학생의 물리 학습에 큰 영향을 미칠 수 있다는 측면에서 매우 중요하다.

본 연구에서는 일반계 고등학생과 과학고 학생, 그리고 과학교사의 이상 조건에 대한 이해를 조사하고자 한다. 이때, 물리 학습에서 사용되는 이상 조건은 크게 두 측면으로 나눌 수 있다(즉, 이론적 설명에서의 이상 조건의 사용, 물리 실험에서의 이상 조건의 사용). 본 연구를 위한 선행 이론적 연구(박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅, 1998a; 1998b)에 기초하여, 구체적으로 물리학의 각 영역에서 사용되는 이상 조건에 대해 고등학생과 과학 교사들이 어떠한 이상 조

건들을 얼마나 언급하는지를 조사하고자 한다.

특히, 본 연구에서는 이론적 설명 중, 문제 해결 과정과 현상의 설명에 사용되는 이상 조건에 대한 이해를 먼저 조사하고, 물리 실험에 포함된 이상 조건에 대한 고등학생과 과학 교사의 이해에 대한 연구는 후속 연구에서 진행될 것이다. 구체적인 연구 질문은 다음과 같다.

- 학생과 교사들은 문제 해결 과정과 현상의 설명 과정에 어떠한 이상 조건이 포함되어 있다고 생각하는가?

- 학생과 교사들의 응답에는 구체적으로 어떠한 응답 유형들이 있는가?

- 응답 유형들은 어떠한 특징이 있으며, 응답 대상자에 따라, 그리고 물리학의 분야에 따라 어떻게 다른가?

- 본 연구 결과에 기초해서 이상 조건에 대한 앞으로의 연구 방향은 어떻게 주어질 수 있는가?

II. 연구 방법 및 연구 내용

물리학에서의 이론적 설명에 포함된 이상 조건에 대한 고등학생과 과학 교사의 이해를 조사하기 위해, 본 연구에서는 먼저 물리학의 기본 영역에 속하는 역학, 전기, 열역학을 조사 영역으로 선정하였다.

물리 학습에서 이상 조건이 사용되는 경우는 크게 앞선 연구에서 언급한 세 가지(즉, 용어와 개념의 정의, 법칙이나 공식의 유도 과정, 현상의 설명이나 문제 해결 과정)로 구분될 수 있는데, 본 연구는 이 중에서 특히 세 번째 경우인 현상의 설명이나 문제 해결 과정에 포함된 이상 조건에 관련된다. 구체적인 문항 구성은 Table 1과 같다.

문제 해결 및 설명 과정에 포함된 이상 조건에 대한 학생과 교사들의 이해를 조사하기 위해서, 응답자가 직접 물리 문제를 해결하거나 설명하게 할 수도 있을 것이다. 그런데 이 경우 응답자의 응답 내용은 이상 조건에 대한 그들의 이해 정도보다는 해당 문제의 내용 자체와 문제 풀이 기술 등에 의해 크게 영향을 받을 수 있다. 따라서, 본 연구에서의 모든 문제에서는 구체적인 해결 과정과 설명 과정이 미리 제시되

Table 1. Items of instrument for probing understanding about idealized condition

Areas	No.	Contents
Mechanics	1	Process of solving the velocity of a freely-falling object at ground
	2	Process of solving the acceleration and tension of objects hung on a pulley
Heat	3	Process of solving the specific heat of work using Joule's equipment
	4	Process of solving the pressure of gas with Boyle's law
	5	Process of explaining the Boyle's law
Electricity	6	Process of solving the electric current with Ohm's law
	7	Process of solving total voltage in connected batteries
	8	Process of explaining the brightness of bulbs connected in parallel

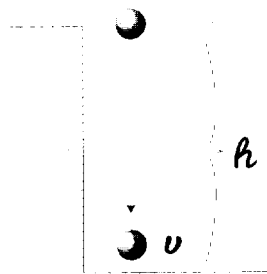
〈Problem〉 when an object is falling at height h , What is the velocity v of object at the ground?

〈Process of solving〉 Let the gravitational acceleration be g ,

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$\therefore \text{time } t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

While in falling, the object is accelerated

$$\therefore v = gt = g \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh}$$


What are the idealized conditions involved in the process of solving above problem ?

Fig. 1. Sample items (No.1) for idealized condition in the process of problem solving

어 있으며, 응답자는 그러한 과정 속에 어떠한 이상 조건들이 사용되고 있는지를 확인하고 이를 주관식으로 응답하도록 하였다. 문제 해결 과정에서 포함된 이상 조건이 무엇인지를 묻는 문항의 예를 들면 Fig. 1과 같다.

본 연구에 참여한 학생은 일반계 고등학교와 과학

고등학교에서 임의로 선정하였다. 그리고 과학 교사는 교육청이나 교육과학원에서 실시하는 연수에 참가한 과학 교사들을 대상으로 임의로 선정하였다. 참여 학생과 과학 교사의 분포는 Table 2와 같다.

전체 문항 수가 8개로 그다지 많지는 않지만, 모두 주관식으로 응답하여야 하기 때문에 응답자의 부담이

Table 2. Subjects of students and science teachers

Areas	High School Students		Teacher
	General	Science	Science teacher
Force	87	70	7
Heat	93	64	12
Electricity	85	65	20
Total	265	199	39

상당히 클 수 있었다. 따라서, 이를 피하기 위해 영역 별로 설문지를 따로 작성하여 한 사람이 하나의 영역에 대해서만 응답하도록 하였다.

조건을 언급한 경우, 공식이나 법칙을 단순히 언급한 경우, 문제 상황을 기술한 경우, 틀린 조건을 언급하거나 이를 기술 또는 설명을 한 경우, 기타). 따라서 전체적인 분석들은 Fig. 2와 같다.

III. 응답 결과 및 분석

각 문항의 분석 결과, 학생과 교사의 응답 유형은 크게 두 가지로 나눌 수 있었다(즉, '문제 상황과 관련된 이상 조건'을 언급한 경우와 그렇지 않은 '기타'의 경우).

'기타' 경우는 다시 다음과 같은 5가지로 나눌 수 있었다 (즉, 일반적인 조건이나 문제 상황과 무관한

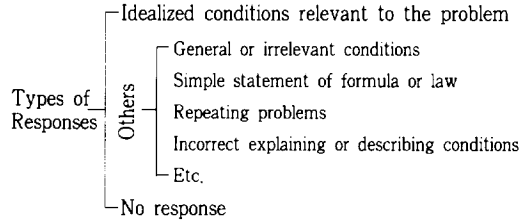


Fig. 2. Framework for Analysis

Table 3. Responses of idealized conditions in a free fall motion

Types	Responses	Percents (%)			
		Gen. High (N=87)	Sci. High (N=70)	Sci. Teacher (N=7)	Total (N=164)
Idealized conditions relevant to problem	1. Constant gravitational acceleration, g or 9.8m/s ² , irrelevant with height, free falling	80	71	71	74.0
	2. No air friction/ no resistance, no frictional force, ignoring resistance, ignoring or no heat generated by friction, air does not make gravitational force weak.	71	84	43	66.0
	3. Only gravitational force acted, only influence of a gravitational force, ignoring external factors(wind).	29	21	14	21.3
	4. Initial velocity is zero.	11	17	14	14.0
	5. No energy consumption, all potential energy converted to kinetic energy	13	1	0	4.6
	6. Ignoring the size of ball, small size of ball to a height	0	10	0	3.3
	7. Ignoring the attraction forces of other objects (excepts of ball and the Earth)	0	6	0	2.0
	8. No air or vacuum	0	6	0	2.0
	9. A gravitational force act vertically.	0	3	0	1.0
	Partial sum		204.6	220.0	142.9
Other	Irrelevant conditions				
	Formula statement				
	Repeating situation				
	Incorrect description				
	No responses/ etc.	3.4	1.4	0	2.4

위의 분석틀을 기초로 문항별 응답 결과 및 분석 내용을 제시하면 다음과 같다.

1. 역학 분야의 자유 낙하 문항에 대한 분석 결과

1번 문항은 높이 h 인 곳에서 물체를 자유 낙하시킬 때 지면에 도달하는 순간의 속력을 $v = \frac{1}{2}gt^2$ 와 $v=gt$ 하는 과정에 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를

묻는 문항이다. 이에 대한 구체적 응답 유형은 Table 3과 같다. 표3에서 응답율의 합이 100% 이상인 이유는 한 학생이 하나 이상의 이상 조건을 언급할 수 있었고, 그런 응답을 모두 포함시켜 분석했기 때문이다.

응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 9개 유형을 언급하였고, 이 중에서 평균 2개씩 (208.5%)을 응답자 1명이 언급하였음을 알 수 있다 (표3 참고).

대표적인 이상 조건으로는 중력 가속도 일정, 공기

Table 4. Responses of idealized conditions in objects on a pulley

Types	Responses	Percents (%)			
		Gen. High (N=87)	Sci. High (N=70)	Sci. Teacher (N=7)	Total (N=164)
Idealized conditions relevant to problem	1. Ignoring friction of a string and a pulley, no heat loss by friction of a string and a pulley, ignoring friction of a pulley, no friction, ignoring decrease of acceleration by a pulley, no power loss of a string and a pulley	85	86	57	76.0
	2. Ignoring air resistance/ friction, vacuum	36	43	26	35.0
	3. Not or ignoring a mass / weight of a string, ignoring depth of a string, not extended string, constant tension, ignoring change of a string by temperature	37	40	26	34.3
	4. Constant gravity/ gravitational acceleration, g, ignoring changes in gravitational acceleration with height	29	37	0	22.0
	5. Ignoring attraction between two objects	5	7	14	8.7
	6. Ignoring the weight of a pulley	2	0	0	0.7
	Partial sum	198.9	218.6	142.9	204.9
Other	Irrelevant conditions A string can endure tension, ignoring winds/ temperature change/ external energy	2.3	8.6	0	4.9
	Formula statement $F=ma$, applying the law of action and reaction	1.1	7.1	0	4.9
	Repeating situation Acting of gravitational force and tension, same acceleration, a acceleration is directed to heavy mass, a pulley can only change the direction of force, net force is a sum of all forces	32.2	20.0	85.7	29.3
	Incorrect description Free fall, no force except gravitational force, equilibrium of forces, zero restoring force of a string ignoring attraction, g is changed with height, force acted on mass m_1 is equal to that on m_2 , all potential energy do not convert into kinetic energy	31.0	12.9	0	21.9
	No responses/ etc.	4.6	8.6	14.3	6.7

마찰 무시, 외부 작용 무시, 초속도 0을 들 수 있다. 초속도가 0이라는 조건은 일반적으로는 초기 조건으로 보는 것이 더 타당하고 이상 조건이라고 보기는 어렵다고 생각될 수도 있다. 그러나 본 연구에서 이상 조건으로 포함시킨 이유는 정확하게 물체를 처음에 정지시킨다는 것이 어렵기 때문일 수도 있지만, 절대 정지라는 것 자체가 이상적 상황이라고 넓게 보았기 때문이다. 즉, 지구의 운동만 생각하더라도 0의 속도라는 것은 있을 수 없다.

물론, 학생과 교사들이 이러한 측면까지 생각해서 이상 조건으로 초속도가 0이라는 것은 언급했는지는 판단할 수 없었으나, 본 연구에서는 본질적인 측면을 다룬다는 면에서 이상 조건으로 분류하였다.

문제 상황과 관련된 이상 조건들의 언급은 대상에 따라 약간 다른 분포를 보였다. 예를 들면, 과학고 학생들이 보다 다양한 이상 조건들(예를 들면, 6, 7, 8, 9번 응답)들을 언급하였고, 그 중에서도 공의 크기를 무시한다는, 즉 질점으로 볼 수 있다는 이상 조건을 많이 언급하였다. 그리고 틀린 이상 조건을 언급한 경우도 과학고 학생들이 가장 적었다.

그 외에 이상 조건이라기 보다는 초기 조건과 같은 일반적인 조건을 언급하거나 단순히 공식을 언급하거나 상황을 그대로 기술한 경우가 있어, 학생들이 질문 자체를 잘 이해하지 못하고 있다는 것도 알 수 있었다. 이것은 학생들이 평소에 이상 조건에 대해 잘 다루지 않았기 때문이라고 볼 수도 있으며, 문제에서 요구하는 것이 학생과 교사들에게 명확하게 전달이 잘 되지 않았기 때문이라고 볼 수도 있겠다.

2 역학 분야의 도르래 문항에 대한 분석 결과

2번 문항은 고정 도르래에 질량 m_1 과 m_2 가 연결되어 매달려 있을 때, $T - m_1g = m_1a$ 와 $T - m_2g = -m_2a$ 를 이용하여 물체의 가속도와 실의 장력을 구하는 문제 해결 과정에서 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를 묻는 문항이다. Table 4는 이에 대한 응답 결과의 분포를 나타낸다.

응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 6개 유형을 언급하였고, 이 중에서 평균 2개씩

(204.9%)을 응답자 1명이 언급하였음을 알 수 있다.

대표적인 이상 조건으로는 도르래나 공기 등의 마찰 무시, 줄의 무게 무시나 장력 일정, 중력 가속도 일정 등이었다. 그러나, 도르래가 돌지 않고 미끄러질 수도 있으나 이에 대한 언급은 없었다.

2번 문항에서는 특별히 과학고 학생들이 더 많은 이상 조건을 언급했다는 특징을 볼 수는 없었다. 그러나 상황 기술의 경우에는 많은 교사들이 물체에 중력과 장력이 작용한다는 상황적 기술을 이상 조건으로 언급하였다.

그리고 두 물체의 가속도가 하나의 운동계로서 가속도가 같다는 상황적 기술도 이상 조건으로 언급하였다. 물론, 중력과 장력 외에 작용하는 힘이 없다고 하였거나, 두 물체의 가속도가 같기 위해서 실의 무게를 무시할 수 있고 늘어나지 않는다는 조건을 구체적으로 언급하였다면, 이상 조건으로 분류할 수 있었지만, 단순하게 현상적으로 기술한 것으로 판단되어 '상황 기술'로 분류하였다.

또한, 많은 학생들은 아니었으나 다양한 오개념들을 볼 수 있었다. 특히, 자유낙하(중력 외에 작용하는 힘이 없다)라든가, 중력과 장력이 평형이라는 오개념은 문제 해결을 잘못 이끌 수 있는 주요한 오개념이라고 할 수 있다.

3 열역학 분야의 주울의 실험에 대한 문항의 분석 결과

문항 3은 주울의 실험 장치를 이용한 실험에서 역학적 일의 양이 주어졌을 때, 물의 나중 온도를 구하는 문제 해결 과정에서 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를 묻는 문항이다.

표 5에 의하면 응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 8개 유형을 언급하였고 이 중에서 평균 2개씩(188.8%)을 응답자 1명이 언급 하였음을 알 수 있다.

3번 문항은 열역학 영역에서의 문제 해결 과정에 포함된 이상 조건이지만 역시 학생과 교사가 많은 다양한 종류의 이상 조건을 잘 언급하였음을 알 수 있다. 대표적인 이상 조건을 보면, 낙하하는 추에 공기

마찰이나 줄에 의한 마찰 등이 작용하지 않아야 한다는 점, 실험장치에서 열 손실이 없어야 한다는 점, 추가 한 일이 모두 물의 온도를 올리는데 사용되어야 한다는 점 등이었다.

이 때, 온도계에 의한 온도 변화 무시라는 이상 조건이 명확히 언급되지는 않았다. 3번 응답에서 온도계 온도 변화를 무시한다는 응답이 있었지만 정확히 온도계에 의한 온도 변화는 아니었다.

그러나 이러한 이상 조건은 나름대로 중요한 의미를 가지고 있다. 가장 간단하게는 비커의 물의 온도를 온도계로 측정한다고 할 때에도 온도계에 의한 물

의 온도 변화가 무시되어야 한다는 이상 조건이 필요한 데, 이것은 측정 도구나 측정자가 측정 대상에 영향을 미치는 경우로서, 바로 하이젠버그의 불확정성 원리를 거시적 상황에 적용할 수 있는 예이기 때문이다. 이 외에도 측정 도구가 측정 대상에 영향을 미치는 거시적인 예로는 타점기에 의한 운동 측정에서도 찾아볼 수 있다. 물체가 운동할 때 타점기로 물체의 위치를 측정하게 되는데, 이때 우리는 타점기가 물체의 운동에 영향을 주지 않는다는 이상 조건을 사용해야 하며, 이것이 측정 도구가 측정 대상에 영향을 주지 않는다는 이상 조건인 것이다.

Table 5. Responses of idealized conditions in Joule's experiment

Types	Responses	Percents (%)				
		Gen. High (N=93)	Sci. High (N=64)	Sci. Teacher (N=12)	Total (N=169)	
Idealized conditions relevant to problem	1. Not or ignoring air resistance (of a falling object), ignoring energy loss by air resistance	59	55	75	58.6	
	2. Ignoring friction/ loss by a string, ignoring friction of a string (and a pulley, not or ignoring friction of equipment, no heat/energy loss by friction	31	67	33	44.9	
	3. No heat /energy loss in equipment, no heat loss, exchange with caloric meter and environment, no heat out in exchanger, ignoring the temperature change of exchanger, ignoring the temperature change of thermometer, ignoring heat capacity of exchanger	27	47	25	34.3	
	4. No heat of water out, insulating equipment	18	19	50	20.7	
	5. All potential energy/ work done by a falling object convert to heat(energy), all energy of exchanger convert to that of water, water absorb all heat(energy)/4200J	17	14	25	16.6	
	6. Pure water, specific heat of water is 1, no evaporation/ changes of state of water	6	13	25	13.0	
	7. Ignoring the weight of a string	2	0	8	2.4	
	8. Kinetic energy of a pulley is zero	0	0	8	0.6	
	Partial sum	156.9	223.4	176.5	188.8	
O t h e r	Irrelevant conditions	Constant temperature of water, ignoring mass/ speed of exchanger, precise mass/ thermometer, constant external temperature/pressure	2.2	9.4	11.8	5.9
	Formula statement	1st law of thermodynamics, no energy loss/destruction, 4200J=1Kcal, Q=CMΔT, energy convert to work or heat	12.9	4.7	5.9	9.5
	Repeating situation	Water and thermometer, equilibrium state of water and metal, equilibrium state	12.9	4.7	5.9	9.5
	Incorrect description	Free falling of a object, all kinetic energy of a falling object convert to water, reversible process	18.3	12.56	11.8	16.0
	No responses/ etc,	7.5	0	0	4.1	

이 문항에서도 추가 자유 낙하한다던가, 에너지 변환에 대한 잘못된 기술 등의 오개념들이 발견되었다.

4. 열역학 분야의 압력을 구하는 문항 분석 결과

4번 문항은 공기가 들어있는 고무 튜브의 부피를 변화시켰을 때, $P_1V_1 = P_2V_2$ 를 이용해 튜브에 작용하는 압력을 구하는 문제 해결 과정에 어떠한 이상조건이 포함되어 있는 지 묻는 문항이다.

응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 9

개 유형을 언급하였고, 이 중에서 평균 1개씩(119.5%)을 응답자 1명이 응답하였음을 알 수 있다(표6참고).

대표적인 이상 조건으로 내부 온도가 일정해야 한다는 조건(변인 통제에 해당하는 것이기도 하지만 이상 조건에 변인 통제를 포함하는 것으로 생각할 수 있다), 공기가 이상 기체라는 중요한 이상조건, 이외에도 기체 분자의 부피를 무시할 수 있다거나, 외부 압력이나 온도가 일정해야 한다는 등을 언급하였다. 특히, 내부 온도가 일정해야 한다는 이상 조건을 가장 많이 언급했는데, 이것은 보일의 법칙이 적용되

Table 6. Responses of idealized conditions in Boyle's law

Types	Responses	Percents (%)				
		Gen. High (N=87)	Sci. High (N=70)	Sci. Teacher (N=7)	Total (N=164)	
Idealized conditions relevant to problem	1. Constant temperature of internal piston, constant temperature	54	49	58	52.1	
	2. Air is ideal gas	29	66	42	43.8	
	3. Constant number of molecules/ amount of air, no exchange of external air/ piston do not leak.	4	8	25	7.1	
	4. Ignoring size of air molecules, ignoring attraction force between air molecules, random motion of air molecules, only mass of air molecules	4	6	8	5.3	
	5. Not liquefying by pressure, no reaction	4	3	0	3.6	
	6. Constant external pressure/ atmospheric pressure	4	0	0	2.4	
	7. Constant external temperature	3	0	8	2.4	
	8. No energy loss by restoring force	0	5	0	1.8	
	9. Equilibrium state of heat, free absorption/ remittance of heat	1	2	0	1.2	
	Partial sum	104.3	137.5	141.7	119.5	
O t h e r	Irrelevant conditions	A string can endure tension, ignoring winds/ temperature change/ external energy	8.6	18.8	0	11.8
	Formula statement	PV = constant, $P_1V_1 = P_2V_2$, same number of molecules in the same volume.	31.2	9.4	16.7	21.9
	Incorrect description	No exchange of energy with environment, ignoring conversion of other kinds of energy, no exchange/conversion of energy, insulation, increasing temperature by compression, constant pressure change by volume change, etc.	9.7	15.7	8.3	11.8
	No responses/ etc.	7.5	1.6	0	4.7	

는 때는 온도가 일정한 경우라는 것을 학교 현장에서 잘 다루기 있기 때문에 판단된다.

그러나, 보일의 법칙에 대해서도 외부와 열교환이 없거나 단열이라는 잘못된 개념을 보인 반응도 11%로 나타났다.

그리고, 보일의 법칙 자체가 이상조건이 포함된 법칙이지만 법칙만을 쓰고 어떻게 이상조건이 포함되어 있는지를 서술하지 않은 경우(14번 응답)에는 '공식/법칙 언급'으로 분류하였다.

5. 열역학 분야의 보일의 법칙을 설명하는 문항 분석 결과

5번 문항은 실린더 위에 추를 올려 놓으면서 부피가 줄어드는 그림과 함께 보일의 법칙을 설명하는 과정 속에 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를 묻는 문항이다.

응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 11

Table 7. Responses of idealized conditions in explaining Boyle's law

Types	Responses	Percents (%)				
		Gen. High (N=93)	Sci. High (N=64)	Sci. Teacher (N=12)	Total (N=169)	
Idealized conditions relevant to problem	1. Gas is ideal	33	59	33	43.2	
	2. Temperature of gas/ inside cylinder is constant, no temperature change	41	38	42	39.6	
	3. Completely elastic collision of gas, ignoring or not attraction of gas particles, ignoring repulsion/ force of gas particles, ignoring the size of atoms/ molecules random motion of gas particles	19	16	8	17.2	
	4. Constant number of gas particles, no gas particles incoming from outside, complete closing cylinder	14	20	17	16.6	
	5. Ignoring change of the state of matter by pressure change/ not composing of new gas	4	21	17	11.8	
	6. Ignoring the friction/ frictional force/ heat of friction	10	16	0	10.1	
	7. Ignoring the weight of the piston (plate), not or ignoring atmospheric pressure or other except pressure by weight	12	9	0	10.1	
	8. Constant temperature of environment, no change of volume by temperature	3	5	8	4.1	
	9. Equipment is completely isolated from the outside.	4	2	0	3.0	
	10. The same composition of air	0	3	0	1.2	
	11. Equal/constant weight	1	0	0	0.6	
	Partial sum	141.9	185.9	125.0	157.4	
O t h e r	Irrelevant conditions	Equal/constant external pressure/ atmospheric pressure, constant size/volume of cylinder	9.6	4.7	8.4	7.7
	Formula statement	$PV = nRT$, $PV = \text{constant}$, The less volume, the more frequently gas particles collide the inside of cylinder, constant number of gas particles in a given volume	33.3	10.9	0	22.5
	Repeating situation	Not changes in internal energy, zero potential energy is constant	0	0	16.7	1.2
	Incorrect description	Not exchange of heat from outside, no energy loss to outside, no energy loss of gas particles, conservation of kinetic energy	6.5	29.7	25.0	16.6
	No responses/ etc.	7.5	0	16.7	5.3	

개 유형을 언급하였고, 이 중에서 평균 1.5개씩 (157.4%)을 응답자 1명이 언급하였음을 알 수 있다 (표7 참고).

보일의 법칙을 설명하는 과정에서도 많은 학생과 교사들은 다양한 이상 조건들을 언급하였다. 앞의 문제와 마찬가지로 기체가 이상 기체이며 기체 온도가 일정하다는 가정, 그리고 이상 기체의 특성에 대한 언급(예를 들면, 기체는 완전탄성 충돌하며 기체간 인력은 무시되고 기체 분자는 무질서한 운동을 한다는 점 등), 그리고 주어진 설명 과정에서 특별히 가정할 수 밖에 없었던 이상 조건들, 예를 들면, 피스톤의 무게나 마찰을 무시한다는 점, 그리고 대기압을 무시한다는 등의 중요한 이상 조건들도 잘 언급하였다.

아론스(Arons)는 기체 운동 이론에서 이상 기체와 관련된 이상 조건을 충분히 다루지 않으며 따라서 학생들도 거의 그에 대해 알고 있지 못하다는 점을 지적한 바 있다.

‘이 주제를 다룰 때, 기체 운동 이론의 기본 가정에 대한 마다 소개 없이 바로 압력 공식의 유도로 들어가는 경우를 꽤 볼 수 있다. 일부 교재에서는 채택한 모델과 관련된 신비스럽게 보이는 주장을 늘어놓기도 하지만, 그 가정들이 학생들이 경험했음직한 사실처럼 그럴듯하게 보이지는 않는다. 특히 일부 교재에서만 가정들을 세세하게 취급하며 그 가정들이 정당함을 보인다. 기체 운동 이론의 기본 가정과 그에 대한 설명에 대한 내용을 스스로 깨닫는 학생은 거의 없다. 가정에 대한 언급이 없다면 가정이 있는지조차 모른다’ (Arons, 1990, p.274).

그러나 이와 달리 본 연구에 의하면 일반계 고등학교 생조차도 꽤 많은 학생들(1, 3, 4번 응답만 고려하더라도 최대 66%)이 이상 기체에 관련된 이상 조건을 언급한 것을 알 수 있었다. 과학고 학생의 경우나 교사의 경우에도 최대 95%와 58%의 응답이 이상 기체에 관한 것이었다(최대라고 한 이유는 학생들이 복수로 응답했을 가능성이 있고 따라서 복수가 아니라고 가정할 경우라는 의미이다).

이러한 응답 결과로부터는 우리는 학생과 교사들이 이상 조건이 사용되고 있다는 것 자체는 비교적 잘 알고 있는 편이라고 할 수 있다. 물론, 이것이 이상 조건이 구체적으로 보일의 법칙을 적용하거나 유

도하는 과정에서 어떤 역할을 하게 되고, 따라서 그러한 이상 조건이 만일 사용되지 않는다면 보일의 법칙 자체와 법칙의 적용 과정이 어떻게 달라질 지에 대해서도 잘 이해하고 있다는 것을 의미하지는 않는다. 이에 대한 것은 앞으로 발전된 연구에서 수행되어야 할 것이다. 여하튼 어떠한 이상 조건들이 사용되고 있는가에 대해서는 다른 문제에서와 마찬가지로 예상과 달리 학생과 교사들이 어느정도는 알고 있음을 알 수 있었다.

21%의 학생과 교사는 보일의 법칙 자체를 언급하였지만 그 법칙에 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를 언급한 것이 아니기 때문에 ‘공식/법칙 적용’으로 분류하였다.

본 문항에서도 오개념을 발견할 수 있었는데, 예를 들면, 13%의 반응이 외부와 열 출입이 없다는 오개념인 것으로 나타났다.

6. 전기 분야의 전류 세기 문항 분석 결과

6번 문항은 건전지와 꼬마 전구, 그리고 전류계가 연결된 직렬 회로에서 $I = V/R$ 을 이용하여 전류의 세기를 구하는 문제 해결 과정에 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지 묻는 문항이다.

응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 9개 유형을 언급하였고, 이 중에서 평균 7개씩 (205.9%)을 응답자 1명이 언급하였다(표8 참고).

대표적인 이상 조건에는 전선이나 스위치 그리고 접점 등에서의 저항이 무시된다는 점, 전류계 내부 저항을 무시한다는 점, 전구의 저항이 일정하다는 것, 그리고 전지의 전압이 일정하다는 것 등이 있었다.

그러나, 내부저항이 무시되었다는 이상 조건은 일반계 고등학교의 경우에는 거의 없는 반면 과학고 학생이나 교사들의 55%-65%가 이를 언급하여 큰 차이를 보였다. 따라서, 건전지를 이용한 전기 회로에서 전지의 내부 저항 문제가 일반계 학생들에게도 잘 이해될 수 있도록 고려해야 할 것으로 판단되었다.

그리고, 단순하게 에너지 손실이 없다는 반응을 오개념으로 분류하였는데, 그 이유는 에너지 손실을 열로의 방출이라고 한다면 전구에서의 열의 방출도 모

두 에너지 손실이라고 볼 수 있기 때문이다. 그러나 이 경우에 전구에서 열의 방출이 없어야 한다는 이상 조건을 필요한 것이 아니다. 물론, 구체적으로 도선이나 접점 또는 전지 등에서의 열의 방출을 언급하였다면 이상 조건을 언급한 것으로 분류하였다.

7. 전기 분야의 전지의 전압 문항 분석 결과

7번 문항은 건전지 3개가 직렬과 병렬로 연결되어 꼬마 전구에 연결되어 있을 때, 전지의 단자 전압을

구하는 문제 해결 과정에 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를 묻는 문항이다.

응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 6개 유형을 언급하였고, 이 중에서 평균 1.3개 씩 (208.5%)을 응답자 1명이 응답하였음을 알 수 있다 (표9 참고).

대표적인 이상 조건에는 전선 등의 저항을 무시한 다던가 도선에서의 열 소모가 없다는 것, 정상 전류가 흐른다는 것, 그리고 전압이 일정해야 한다는 것 등이었다.

Table 8. Responses of of idealized conditions in Ohm's law

Types	Responses	Percents (%)				
		Gen. High (N=85)	Sci. High (N=65)	Sci. Teacher (N=20)	Total (N=170)	
Idealized conditions relevant to problem	1. Ignoring or not resistance of a wire, a switch and of connected part, zero resistance of all elements except of a bulb, constant resistance of a wire, ignoring the length and area of cross section of a wire, constant area of cross section of a wire.	49	71	50	57.6	
	2. Ignoring internal resistanc of a ammeter, no loss of a ammeter.	27	54	40	38.8	
	3. No leaked current, use of current for lighting, steady current, no consuming current, no current loss a wire, ignoring heat except those of a bulb	48	19	15	32.9	
	4. Ignoring or no internal resistance of a battery.	1	65	55	31.8	
	5. Constant voltage of a battery, exact 1.5V, constant current from a battery.	29	29	45	31.2	
	6. Constant resistance of a bulb, no change of resistance of a bulb by heat, resistance irrelevant of temperature.	9	9	10	9.4	
	7. Total voltage is applied to only a bulb, not to an ammeter, a switch, and a wire	4	6	0	4.1	
	Partial sum	218.8	252.3	215.0	205.9	
O t h e r	Irrelevant conditions	Right connections of wires, new battery, constant heat from a bulb, etc.	11.8	9.2	10.0	10.6
	Formula statement	Ohm's law, conservation law of charge, resistance is proportional to a length and inversely proportional to an area of cross section of a wire, when considering internal resistance $I=e/(r+R)$	18.8	15.4	20.0	17.6
	Repeating situation	Current is flowed when switched, parallel connection of a ammeter, etc.	15.3	6.2	5.0	10.6
	Incorrect description	No energy loss, no power loss(a switch and a bulb), ignoring or no resistance of a bulb, ignoring energy used to make a bulb bright.	21.2	7.7	10.0	14.7
		No responses/ etc.	0	3.1	0	1.8

그러나 앞의 문제와 마찬가지로 전지의 내부 저항을 무시한다는 이상 조건은 일반계 고등학생들은 잘 언급하지 못한 반면 45%의 과학고 학생과 교사들은 이를 언급하였다.

전지의 연결에서 전압에 대해서는 전지의 연결에 필요한 이상 조건을 언급하지 않고 단순한 공식과 같이 학생이 기억하고 있는 것을 언급하였다고 판단되어 '공식/법칙 언급'으로 분류하였다.

마찬가지로 특별한 설명 없이 에너지 손실이 없다고 한 경우에는 오개념으로 분류하였다.

8 전기 분야의 병렬 연결 전구의 밝기 문항 분석 결과

8번 문항은 전지에 꼬마 전구를 병렬로 1개, 2개 3개 연결하면서 전구의 밝기가 같다는 현상 설명 과정에 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를 묻는 문항이다. 응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 8개 유형을 언급하였고, 이 중에서 평균 1.7개씩 (172.4%)을 응답자 1명이 응답하였음을 알 수 있다 (표10 참고).

Table 9. Responses of idealized conditions in total voltage

Types	Responses	Percents (%)			
		Gen. High (N=85)	Sci. High (N=65)	Sci. Teacher (N=20)	Total (N=170)
Idealized conditions relevant to problem	1. Ignoring or not resistance of a wire, ignoring or not internal resistance, ignoring internal resistance of switch, ignoring resistance of connected parts, constant resistance of a wire	59	62	35	57.1
	2. Ignoring internal resistance of a battery	4	45	45	24.1
	3. Constant voltage of a battery, exact 1.5V, constant current from a battery, no power loss of a battery	27	14	40	23.5
	4. Constant current in a wire, normal current, not leaked current, no current loss in a wire	27	9	5	17.7
	5. Same kinds of a wire, constant diameter of a wire, the path of battery and bulbs is equal to that of a metal bar	9	2	0	5.3
	6. Constant internal resistance of a battery	0	0	10	1.2
	Partial sum	125.9	130.8	135.0	128.8
Other	Irrelevant conditions	8.2	1.5	10.0	5.9
	Formula statement	35.3	33.8	35.0	34.7
	Repeating situation	3.5	4.6	0	3.5
	Incorrect description	8.2	3.1	0	5.3
	No responses/ etc.	5.9	13.8	10.0	9.4

마지막으로 병렬 연결한 전구의 밝기에 대한 설명 과정에 대해서도 많은 학생과 교사들은 다양한 이상 조건들을 언급하였다. 즉, 전선이나 금속 막대의 저항이 무시되었다는 점, 전구의 저항이 같아야 하며, 도선에서 열 손실이 없다는 점, 전지의 전압이 일정하다는 가정 등을 언급하였다.

그러나 전지의 내부저항이 무시되었다는 이상 조건에 대해서는 일반계 고등학생은 전혀 없었고, 과학

고 학생도 14%, 교사는 25%에 불과해서 역시 전지의 내부저항에 대한 조건 이해가 쉽지 않다는 것을 알 수 있었다. 도선에서의 열 손실이 무시되어야 한 다거나, 정상 전류가 흐른다는 이상 조건(3번 응답)을 상대적으로 일반계 고등학생이 많이 언급하였다.

과학고 학생이나 교사의 경우에 응답율이 낮은 이유는 실제 실험에서는 전구의 밝기에 영향을 줄만큼 크지 않다고 판단했기 때문이라고 생각되었다. 그러

Table 10. Responses of idealized conditions in the brightness of parallel-connected bulbs

Types	Responses	Percents (%)				
		Gen. High (N=85)	Sci. High (N=65)	Sci. Teacher (N=20)	Total (N=170)	
Idealized conditions relevant to problem	1. Ignoring or not resistance of a wire/metal bar, ignoring or not other resistance except of a bulb, ignoring resistance of connected parts	39	46	35	41.2	
	2. Equal resistance of bulbs	40	37	60	41.2	
	3. No power/current loss in a wire, current used only for light, no leakage of current, steady current	41	8	10	24.7	
	4. Constant resistance, same length/diameter of a wire, ignoring the changes in length of a wire, constant resistance of metal bar, constant length/diameter	29	17	20	23.5	
	5. Constant voltage of a battery, exact 1.5V	15	14	25	19.5	
	6. Ignoring or not internal resistance of a battery	0	26	40	14.7	
	7. Equal voltage of each bulbs, constant voltage of metal bar	15	5	10	10.6	
	8. Resistance do not depends on temperature	0	2	0	0.6	
	Partial sum	180.0	9.2	5.0	10.0	
Other	Irrelevant conditions	No current through hands, ignoring gravitational force to a battery	11.8	9.2	5.0	10.0
	Formula statement	The voltage in parallel connected battery is the same voltage of a battery, Ohm's law, conservation of charge, resistance is proportional to the length and inversely proportional to diameter of a wire, conservation of energy	38.8	23.1	20.0	30.6
	Repeating situation	Metal bar is a conductor, electron evenly distributed in a wire	9.4	3.1	0	5.9
	Incorrect description	No energy loss, ignoring resistance of bulbs, ignoring other resistance, current energy is not converted into other kinds of energy, ignoring energy used for bulbs	20.0	1.5	5.0	11.2
	No responses/ etc.	3.5	21.5	15.0	11.8	

Table 11. Average Numbers of statement of idealized conditions

	Mechanics(N=164)		Heat(N=174)			Electricity(N=170)			Average with Sch.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
General High Sch. (N=265) ¹⁾	2.0	2.0	1.6	1.0	1.4	2.2	1.3	1.8	1.7
Sci. High Sch. (N=199) ²⁾	2.2	2.2	2.2	1.4	1.9	2.5	1.3	1.5	1.9
Sci. Teacher (N=44) ³⁾	1.4	1.4	1.8	1.4	1.3	2.2	1.4	2.0	1.6
Average with items	1.9	1.9	1.9	1.3	1.5	2.3	1.3	1.8	1.7
Average with each areas	1.9		1.6			1.8			

- 1) # of general high school students are 87 in an area of mechanics, 93 in heat, and 85 in electricity.
 2) # of science high school students are 70 in an area of mechanics, 64 in heat, and 65 in electricity.
 3) # of school science teachers are 7 in an area if mechanics, 17 in heat, and 20 in electricity.

나 이러한 확인을 위해서는 실제 실험 상황에서 이상 조건이 어느 정도로 영향을 줄 것이라고 생각하는지에 대한 앞으로의 조사가 필요할 것이다.

그리고 전구에서 사용된 에너지가 무시되어야 한다는 오개념도 역시 발견되었다.

이것은 앞에서 단순히 에너지 손실이 없다는 응답과 비슷한 유형의 오개념이라고 할 수 있다. 즉, 학생들은 전선에서의 열 발생은 에너지 손실이라고 생각하는 반면 전구에서의 열 발생은 에너지 손실이라고 생각하지 않는다는 것이다.

9. 이상 조건에 대한 반응의 특징 분석 결과

문항별, 영역별, 대상자별 응답자들의 분포 특징을 알아보기 위해, 응답자 1인당 언급한 문제 상황과 관련된 이상 조건의 수를 분석하였다(표11 참고).

전체적으로 응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건을 문제마다 평균 1.7개씩 언급하였음을 알 수 있다. 그러나 대상자별로 보면, 과학고 학생의 경우에 평균 1.9로 가장 높았고 그 다음이 일반계 고등학생 및 과학교사의 순서로 나타났다. 이는 과학고 학생이 문항에서 이상 조건을 다양한 목적으로 잘 인식

하고 있음을 보여준다고 볼 수 있다.

또 역학, 열역학, 전기 영역별로는 역학 영역에서는 1.9개, 전기 분야에서 1.8개로 열역학 영역의 경우 1.6개보다 높은 것으로 나타났다.

이와 같이 영역별로 이상 조건에 대한 인식이 차이가 생겼다는 것은 물리 학습에서 어떤 주제를 다루는가에 따라서 이상 조건을 인식하는 정도가 다르다는 것을 보여준다.

그리고 문항별로는 간단한 전기 회로에서 전류의 세기를 구하는 문제 해결의 경우(6번)에 이상 조건을 가장 많이 언급하였고(평균 2.3개), 직렬 또는 병렬 연결된 건전지의 단자 전압을 구하는 문제(7번)와 보일의 법칙을 적용하여 기체 부피를 구하는 문제(4번)의 경우에 이상 조건을 가장 적게 언급하였다(평균 1.3개).

그러나 각 문항 중에서 이상 조건을 문제 풀이 과정에서 잘 인식하는 가(1, 2, 3, 4, 5, 7번 문항)와 법칙이나 현상을 설명하는데 이상 조건을 잘 인식하는 가(6, 8번 문항)로 나누어서 응답 결과를 분석하면 큰 차이는 없다고 하겠다. 즉 이상 조건을 어떤 목적으로 사용하는가에 대해서는 별다른 차이를 보이지 않는다고 하겠다.

IV. 결론 및 후속 연구 과제

1. 결론

문제 해결 과정이나 현상이나 법칙에 대한 설명 과정에 포함된 이상 조건에 대해서 물리학의 3가지 영역(역학, 전기, 열역학)에 대해서 물었을 때, 공통적으로 많은 학생들과 교사들은 다양한 이상 조건을 언급할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이것은 연구자들의 초기 예상과는 다른 결과였다.

이상 조건에 대한 이론적 연구를 통해서도 알 수 있듯이, 이상 조건을 다루는 문제는 매우 어렵게 판단되었다. 또는 Arons(1990, p. 27)의 경우에도 학생들이 실제로 어떠한 이상 조건이 사용되고 있는지를 잘 모르고 있으며, 그러한 이유가 문제 해결의 실패로 연결된다는 지적이 있었기 때문이다.

물론 물리학의 모든 영역에 걸쳐 모든 문제 해결 과정과 설명 과정에 포함된 이상 조건에 대해서 잘 알고 있을 수는 없다. 본 연구에서도 전기 영역에 대해서는 일반계 고등학생들이 전지의 내부 저항을 무시한다는 이상 조건에 대해서는 잘 알고 있지 못하다는 것을 알 수 있었다. 그리고 역학과 전기 영역보다는 열역학에서 이상 조건에 대하여 올바르게 언급한 경우가 차이를 보였다는 것은 물리 영역에 따라서 이상 조건을 달리 이해하고 있다는 의미이고 따라서 많은 학생과 교사들이 이상 조건에 대해서 충분히 이해하고 있는 것은 아니었다.

즉, 이상 조건에 대한 설문에서 많은 학생과 교사들은 단순한 조건을 언급하거나 상황을 기술하는 것으로, 또는 법칙이나 공식으로 대신하는 반응들을 보였다. 이로부터 설문지에서 요구하는 것이 학생과 교사에게 잘 전달이 되지 않았다는 설문 방법의 한계도 있겠지만, 역시 이상 조건이라고 하는 것에 대한 개념적 이해가 부족하다는 것이다. 이것은 이상 조건을 언제 적용하는 것인지, 이상 조건의 의미가 무엇인지에 대하여 학생들이 다르게 이해하고 있다는 의미이다.

본 연구들 통해서 학생들은 이상 조건을 사용하여 문제를 푸는 과정에 오개념도 많이 발견할 수 있었다. 이것은 반대로 말하면 오개념 연구에서도 이상

조건에 대한 측면이 함께 고려될 필요가 있다는 것을 의미한다. 즉, 이상 조건에 대한 이해 부족이 오개념을 갖게 할 뿐 아니라 지지하는 증거로 사용되도록 할 수도 있다는 것이다.

따라서 일반적 조건이나 초기 조건을 이상 조건과 구분할 수 있도록 지도하는 것이 필요하고, 공식이나 법칙에는 이상 조건이 포함되기 마련이고 따라서 구체적으로 어떤 이상 조건이 포함되어 있는 지를 이해할 필요가 있다는 것을 지도해야 할 것이다.

2 후속 연구 과제

본 연구에서는 역학과 전기, 열역학 분야에서 각각 2-3개의 문제 해결 과정이나 현상의 설명 과정에서 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를 조사하였다. 따라서 앞으로 여러 상황과 영역에서 조사하는 것이 계속 필요하다. 또한 학생의 오개념을 밝히는 연구에서 학생이 가지는 오개념들 중에서 이상 조건과 관련된 것들을 정리해 보는 연구도 의미 있는 앞으로의 연구 과제가 될 수 있다고 본다.

그러나, 단순히 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는가에 대한 조사만으로 충분한 것은 아니다. 상대적으로 예상한 것보다 많은 학생과 교사들이 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는가에 대해서는 예상보다 잘 알고 있다는 것이 본 연구에서 밝혀졌으므로, 한 걸음 더 나아가서 제안한 이상 조건들 중에서 어떠한 이상 조건이 다른 이상 조건보다 더 중요하다고 생각하는지, 그리고 그러한 이상 조건이 문제 해결 과정이나 현상의 설명 과정에서 어떤 역할을 하게 되고 어느 정도의 영향을 주게 되는지, 따라서, 만일 이상 조건이 만족되지 않는다면 문제 해결 과정이나 설명 과정이 실제로 어떻게 달라질 수 있는지 등에 대한 조사가 가능하다고 판단된다. 예를 들어, 도르래 문제에서 많은 응답자들이 줄의 무게를 무시하고 늘어나지 않는다는 이상 조건을 언급하였는데, 앞으로는 실제로 실의 무게가 무시된다는 이상 조건을 언급한 학생에게 그러한 이상 조건의 사용이 문제 해결 과정에서 어떠한 역할을 한다고 생각하는지를 조사할 수 있는 것이다.

적 요

이상화는 물리학 연구뿐 아니라 물리학을 배우는 학습 과정에서도 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 역학과 전기, 그리고 열역학 영역에서 문제 해결 과정과 현상의 설명 과정에는 어떠한 이상 조건이 포함되어 있다고 생각하는지에 대해 일반계 고등학생과 과학고 학생, 그리고 과학 교사를 대상으로 조사하였다. 조사 결과, 과학교육학자들이 예상했던 것과는 달리 많은 학생들이 다양한 종류의 이상 조건들을 잘 언급하였음을 알 수 있었다. 물론, 이상 조건과 일반적 조건을 구분하지 못하거나 현상을 그대로 기술하거나 법칙을 언급하는 것으로 이상 조건을 대신하기도 하였다. 특히, 이상 조건에 대한 생각에서 여러 가지 오개념이 발견되어 이상 조건에 대한 연구와 오개념 연구가 연관성을 가질 수 있음을 발견하였다.

참 고 문 헌

박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1998a). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 I 이상화의 의미와 특성을 중심으로, 한국과학교육학회지, 18(2), 209-220.

박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1998b). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 II 이상화가 물리학습에 주는 시사점을 중심으로-한국과학교육학회지, 18(2), 245-256.

Arons, B.A. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. New York: John Wiley & Sons.

Garrison, J.W. (1986). Husserl, Galileo and the process of idealization, *Synthese*, 66, 329-338.

Matthews, M.R. (1987) *Experiment and the objectification of theory: Galileo's revolution*, in J. D. Novak (ed.) *Proceedings of the second international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics* (pp. 289-298). New York: Cornell University.

Matthews, M.R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science* London: Routledge.

McMullin, E. (1985). Galilean idealization, *Studies in History and Philosophy of Science*, 16(3), 247-273.