

교육대학생의 열과 온도에 대한 오개념과 이상조건 이해의 관계

권성기[†] · 최수정

(대구교육대학교)[†] · (대구학산초등학교)

Relationship between Pre-service Teachers' Misconceptions and Understandings of Ideal Conditions about Heat and Temperature

Kwon, Sung-Gi[†] · Choi, Su-Jung

(Daegu National University of Education)[†] · (Daegu Haksan Elementary School)

ABSTRACT

Many idealizations and ideal conditions in physics have been an important role in understanding of the basic physics concepts and in solving physics problems. The purpose of this study was to explore the relationships of pre-service teachers' misconception of heat with their understanding of the ideal conditions involved in solving problems of heat and temperature. Test instruments were composed of two parts. One part was asked to answer the heat conceptions, the other to write statements in relations to ideal condition hidden in the process of heat problems solving. For this study, pre-service teachers who are in four major courses in the University of Education in a local city were selected and total numbers of pre-service teachers were 108 students. The framework was developed for classifying pre-service teachers response of open items of ideal conditions of heat domains. According to the framework, each types of response were coded, analyzed and processed with a SPSS/PC program. The results are as the followings. In the heat conceptions, most of students showed correct response, and there was no significant differences between major courses. In understanding of ideal conditions, students' responses of "idealized condition relevant to problem" showed 65.2% of them, and "not relevant idealized conditions" 15.5%, and no response 12.2%. In the 15.5% of students "not relevant idealized conditions", 10.5% of them did not explained correctly conditions, just simply 2.7% stated the laws in physics or formula, 1.6% generally, but irrelevantly described the idealized conditions. More importantly pre-service teachers showed very weak correlation between heat conception and understanding of ideal condition. Although we concluded there were no significant relationships of heat conception in understanding of ideal conditions in thermodynamics domain, these suggest that many other factors may influence understanding of ideal conditions in physics.

Key words : heat conception, ideal condition

I. 서 론

1. 연구의 필요성과 목적

물리학을 공부하는 학생들은 여러 가지 다양한 이상 조건을 만나게 된다. 예를 들어 비탈면에서의 물체의 운동을 설명하기 위해서는 저항이 없어야 하고, 비탈면이 매우 단단하고 매끄럽다는 조건을 가정해야 한다. 또한 관성의 법칙을 설명하기 위해서도 구슬이 레일을 운동할 때 저항이 없어야 한다는 조건이 필요하며, 무거운 물체와 가벼운 물체가 동시에 떨어지

는 결론을 얻어내기 위해서도 공기가 없다는 이상적인 가정을 도입해야 한다(Nersessian, 1992).

이러한 이상 조건들은 복잡한 외부 자연세계에서 수집되어지는 정보와 이들 정보를 처리하는 어려움을 단순화시키고 추상화 시킴으로써 보다 분명한 물리적 상황으로 규정시켜 준다. 그러나 이상조건들의 지나친 단순화·추상화로 인해 물리적 상황과 실제 현상 사이의 괴리를 증대시켜, 학생들로 하여금 과학적 지식과 일상 생활적 지식의 분리된 지식 체계를 갖게 하여 자유로운 과학지식의 전이와 활용을 방해할 위

협성이 있다(송진웅, 1997). 이처럼 이상 조건의 이런 특성에 대한 올바른 이해는 학생들로 하여금 물리 세계와 실제 세계와의 차이를 바르게 이해할 수 있도록 도와줄 수 있다(Matthews, 1987; Arons, 1990). 따라서 물리학의 기초 개념을 바르게 이해하는데 중요한 역할을 하는 이상 조건에 대해 학생들이 어떻게 이해하고 있는지를 알아보는 것이 필요하였다.

또한 최근 과학교육의 동향인 구성주의적 입장에서 학생들이 가지고 있는 물리 개념을 연구한 것에 의하면 그 개념들은 학생들 특유의 개인적이며, 일관성이 부족한 상황 의존적이고 쉽게 변하지 않는다는 안정성을 지니고 있다고 한다(Driver, 1985). 또한 오개념도 학생들에게 매우 견고하게 자리잡고 있어서 전통적인 과학학습에 의해서는 쉽게 수정되지 않는다는 것이 밝혀졌다(김현재와 김한호, 1990). 특히 과학의 기본 개념 중에서 열에 대해 다양한 오개념이 중등학생들에게서 매우 다양하게 나타나며(류재혁, 1987; 김진만, 1995), 이런 경향은 초등학생들에게도 유사한 결과를 보인다는 연구(김현재와 김한호, 1990; 박상선, 1994)에서도 널리 알려져 있다. 또한 이런 열에 대한 오개념은 초등학생들이 학년이 높아짐에도 불구하고 정성적 문항보다 정량적 문항에서 오개념을 많이 보이는 것으로 나타났다(Stavy, 1980; 권성기와 김익진, 2003; 김익진, 1999). 열에 대한 오개념이 정량적 문항에서 더욱 많이 발견되는 이유를 이상 조건을 사용하여 물리 문제를 푸는 과정에서 오개념이 많이 나타나는 것을 지적한 연구(박종원 등, 1998b)로서 해석할 수 있을 것이다. 더 나아가 이는 학생들이 가지고 있는 오개념이 이상 조건에 대한 이해 부족으로 나타나고 뿐만 아니라 지지하는 증거로 사용할 수도 있다(박종원 등, 1998a, 1998b). 이런 면은 결국 과학에 대한 오개념의 원인을 찾는 연구의 필요성을 지적하는 것이며, 오개념을 다른 측면의 변인들과 어떤 관계가 있는가를 밝혀볼 필요가 있다고 하겠다.

따라서 본 연구에서는 교육대학생을 대상으로 열에 대한 개념을 살펴보고 이러한 개념이 열역학 문제 해결 과정에서 이상 조건에 대한 이해와 어떠한 관계가 있는지를 밝혀보려고 하였다.

2. 연구 문제

교육대학교 학생들에게 형성되어 있는 열 개념 경향을 분석하고, 열역학에 대한 문제 해결 과정에서

이상 조건을 찾아내는 데 어떤 역할을 하는 지를 알아보기 위하여 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

- (1) 교육대학교 학생들은 열에 대해 어떠한 개념을 가지고 있는가?
- (2) 교육대학교 학생들은 열 현상의 설명 과정에서 어떠한 이상조건을 찾아내는가?
- (3) 열에 대해 가지는 개념과 이상 조건 이해 정도 사이에는 어떠한 관계가 있는가?

3. 연구의 제한점

본 연구는 연구의 대상이 한군데 교육대학교 학생을 대상으로 하였고 탐색적 성격이 있기 때문에 일반화하는데 문제가 있으며, 또한 검사 문항의 주관식 응답 결과를 정량적으로 점수화하여 두 변인 사이의 관계를 양적으로 비교하는 과정에서 정량화의 신뢰성 검증이 이루어지지 않았기 때문에 결과 해석에 신중함이 요구된다. 또한 학생이 열에 대해 가지는 개념이나 이상 조건 이해 정도를 깊이 알아볼 수 있는 방법들을 사용하지 않았고 객관식 선다형 문항을 이용한 응답이 주된 연구 자료가 되었기 때문에 열에 대한 개념이나 이상 조건에 대한 이해를 심층적으로 이해하는 데는 무리가 있을 수 있음을 밝혀둔다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 지방의 광역시에 있는 교육대학교에 재학 중인 3학년 학생을 대상으로 하였다. 3개 심화과정의 총 108명을 대상으로 하였다. 이 학생들은 고등학교 과정에서 물리를 학습한 경우도 있었지만 물리 과목을 배우지 않은 경우가 많았다. 그러나 대학교 1학년에서 기본적인 물리학 과목을 주당 1시간 강의를 필수적으로 수강하게 되었다. 편입 과정의 경우는 이미 다른 대학교의 다양한 학과를 졸업하면서 그 학과와 관련된 중등교사 자격증을 소지한 경우가 많으며 따라서 연령이 다른 과정의 학생들에 비하여 높았다. 전체적으로 이들의 나이는 20세에서

표 1. 연구 대상 학생의 분포

| 대상 | 영어과정 | | 과학과정 | | 편입과정 | | 계 | |
|-------|------|----|------|----|------|----|-----|----|
| | 남 | 여 | 남 | 여 | 남 | 여 | 남 | 여 |
| 인원(명) | 17 | 24 | 8 | 24 | 2 | 33 | 27 | 81 |
| 합(명) | 41 | | 32 | | 35 | | 108 | |

35세 까지 다양하게 분포되어 있었다. 연구 대상의 성별 분포는 표 1과 같았다.

2. 연구 절차 및 검사 도구

본 연구에서는 새로운 검사 도구를 개발하지 않고 그 대신 기존 연구(박종원 등, 1998a, 1998b, 1999a, 1999b)의 검사 문항 중에서 선정하여 예비 문항을 수정하였고 교육대학원의 석사 과정 학생 5명에게 타당도를 검증하였다. 그런 과정을 거쳐 선정된 질문지는 두 부분으로 구성되어 있다. 먼저 열에 대한 개념을 조사하기 위한 질문지로 송진웅 등의 연구(2003)에 의해 개발된 질문지 중 열에 대한 개념을 묻는 문항을 선택한 것으로서 총 8개의 문항으로 구성되어 있다. 그리고 두 번째 부분은 이상 조건을 찾으려는 질문지로서 박종원 등(1998a)의 연구에서 개발된 것으로서 여러 문항 중 열역학에 해당하는 총 4개의 문항을 선택하였는데 그 문항의 세부 내용은 표 2와 같다.

4. 분석 방법

(1) 열 개념 질문지에서는 선택 유형에 따라 각 개인별 점수를 구하고 문항 전체적으로 빈도 수와 빈도 비율을 구하여 표와 그래프로 나타내어 변화 경향을 분석하였다.

(2) 이상 조건 이해 질문지에서 주관식 응답은 표

표 2. 열 개념과 이상조건에 대한 검사 문항의 명칭 및 내용

| 질문지 번호 | 문항 내용 | 문항 명칭 | |
|-------------|-----------------|-----------------------------|--------------|
| 1 | 물체가 가진 열량의 의미 | 커피 온도 문항 | |
| 2 | 보온병에서 열의 복사 개념 | 보온병 문항 | |
| 3 | 난로 주변의 열의 복사 개념 | 난로 문항 | |
| 열에 대한 개념 | 4 | 열용량 개념 | 사우나 문항 |
| | 5 | 열의 전도 개념 | 철봉대 문항 |
| | 6 | 열의 대류 개념 | 난로 공기 문항 |
| | 7 | 열량 개념 | 물과 알콜 문항 |
| | 8 | 열평형 개념 | 얼음과 물 문항 |
| 열에 대한 이상 조건 | 1 | 두 물의 혼합 후 물의 온도를 구하는 과정 | 물의 혼합후 온도 문항 |
| | 2 | 이상 기체의 용어 의미를 찾는 과정 | 이상기체 문항 |
| | 3 | 주울의 실험에서 열의 일당량을 구하는 과정 | 열의 일당량 문항 |
| | 4 | 보일의 법칙을 적용하여 기체의 압력을 구하는 과정 | 기체의 압력 문항 |

표 3. 열 개념과 이상조건에 대한 응답 유형별 점수화 방법

| 질문지 | 응답 유형 | 점수 |
|-----------|---------------------------|----|
| 열 개념 질문지 | 과학적 개념 | 1 |
| | 오개념 | 0 |
| | 무응답 | 0 |
| 이상 조건 질문지 | 문제 상황과 관련된 이상조건(a) | 2 |
| | 공식이나 법칙의 단순한 언급(b) | 1 |
| | 문제 상황을 기술(c) | 1 |
| | 일반적 조건 또는 문제상황과 무관한 조건(d) | 1 |
| | 틀린 조건의 설명 또는 기술(e) | 0 |
| | 무응답(n) | 0 |

3을 기준으로 분류하여 각 개인별로 결과를 분석하고 문항 전체적으로 빈도와 그 비율을 구하여 이상 조건을 어떻게 찾아내는지 살펴보았다.

(3) 열 개념 결과와 이상 조건 이해 정도 사이의 유의미성을 알아보기 위해 주관식 질문지인 이상 조건 이해의 응답을 각 항목별로 점수화하였고, 객관식 질문지인 열 개념의 응답은 과학적 응답에만 1점을 부여하였다.

(4) 열 개념과 이상 조건 이해 정도 사이에 어떠한 관계가 있는지를 살펴보기 위해 SPSS 프로그램을 사용하여 상관 계수를 구하고, 단일변량검증을 하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 열 개념 문항

열 개념을 묻는 8개의 문항에 대해 총 108명의 교육대학생의 응답 빈도수와 비율은 표 4에 있는데, 전체 학생의 각 문항별 응답 결과는 문항별로 큰 차이는 보이지 않았다.

‘방 안에 커피가 놓여 있을 때, 컵 안의 커피의 온도가 방 안의 공기 온도가 같다면 옳은 것은?’이라는 문항을 실시한 결과 ‘커피가 가진 열의 양과 공기가 가진 열의 양과 같다’라는 1번(33.3%)이 최빈 응답으로 나타났고 ‘두 열의 양을 비교할 수 없다’라는 과학적 개념은 31명(28.7%)이 응답하였다. 또한 ‘보온병의 도금 부분 층은 무엇을 위해 만들어 졌을까?’라는 질문이었는데 외부로 열의 복사를 막기 위해서라고 과학적 개념을 응답한 학생이 87명(80.6%)으로 8개의 문항 중 가장 높은 정답률을 보였다. 열의 복사에 대한 내용은 많은 학생들이 빠르게 이해하고 있는 것 같다. 그 외에도 충격 방지, 진공을 위해서 라

표 4. 전체 학생의 열 개념 응답 결과

| 응답번호 | 명(%) | | | | | | | |
|------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | 문항번호 커피온도 문항 | 보온병 문항 | 난로 문항 | 사우나 문항 | 철봉대 문항 | 난로공기 문항 | 물과알콜 문항 | 얼음과 물 문항 |
| 1번 | 36(33.3) | 2(2.8) | 53(49.1) | 56(51.9) | 6(5.6) | 7(6.5) | 37(34.3) | 9(8.3) |
| 2번 | 22(20.4) | 87(80.6) | 5(4.6) | 1(0.9) | 63(58.3) | 8(7.4) | 3(2.8) | 24(22.2) |
| 3번 | 18(16.7) | 8(7.4) | 50(46.3) | 17(15.7) | 33(30.6) | 33(30.6) | 58(53.7) | 18(16.7) |
| 4번 | 31(28.7) | 9(8.3) | | 28(25.9) | 6(5.6) | 57(52.8) | 7(6.5) | 56(51.9) |
| 무응답 | 1(0.9) | 1(0.9) | 0(0.0) | 6(5.6) | 0(0.0) | 3(2.8) | 3(2.8) | 1(0.9) |
| 계 | 108(100.0) | 108(100.0) | 108(100.0) | 108(100.0) | 108(100.0) | 108(100.0) | 108(100.0) | 108(100.0) |

(□ = 과학적 개념)

는 오개념도 일부 나타났다. 그리고 '난로 주위에 손을 대고 있으면 따뜻한 느낌을 받는 이유'를 묻는 질문이었는데 '빛 입자가 운동하여 손에 닿기 때문'이라는 과학적 개념을 응답한 학생은 5명(4.6%)으로 가장 낮은 정당률을 보인 문항이었다. 아마 빛 입자라는 용어에 익숙하지 않기 때문인 것 같았다. 대신 '열 입자가 운동하여 손에 닿기 때문'이라는 오개념이 53명(49.1%), '따뜻한 공기가 운동하여 손에 닿기 때문'이라는 오개념이 50명(46.3%)으로 비슷한 경향을 보였다. 그리고 '사우나의 온도계는 100°C를 가리키고 있는데 그 안의 사람은 화상을 입지 않는 까닭'을 묻는 질문에서는 '온탕의 물의 양은 많은데 사우나 공기의 질량은 작기 때문'이라는 과학적 개념을 56명(51.9%)의 학생이 응답하여 비교적 높은 정당률을 보였다. 그리고 '겨울날 철봉을 만지면 차갑게 느껴지는 까닭'을 묻는 질문에 대해서 '손에서 열이 철봉대로 이동한다'라는 과학적 개념을 응답한 학생이 63명(58.3%)으로 비교적 높게 나타났다. 그러나 '철봉대에서 냉기가 손으로 이동하고 동시에 손에서 열이 철봉대로 이동한다'는 응답을 보인 학생도 33명(30.6%)으로 열은 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다는 개념이 바로 잡히지 않았기 때문으로 보인다. 그리고 '공기가 없는 방 안에서 난로를 켜놓았을 때 어떻게 될까?'라는 질문에서 33명(30.6%)의 학생들이

공기가 있을 때보다 덜 따뜻해질 것이라는 과학적 개념을 보였다. 이 문항의 최빈 오답률은 57명(52.8%)으로 공기가 없으면 전혀 따뜻해지지 않는다는 반응을 보였다. 그리고 '같은 양의 물과 알코올을 가열하여 같은 온도가 되게 하는데 물은 4분이 걸렸고, 알코올은 2분이 걸렸다면 어느 것이 열을 더 많이 받았는가?'라는 질문에 대해서는 37명(34.3%)의 학생이 물이 받은 열이 알코올이 받은 열보다 많다는 옳은 응답을 하였다. 최빈 오답은 58명(53.7%)이 응답한 것으로 물이 받은 열과 알코올이 받은 열이 같다는 응답이었다. 그리고 '같은 질량의 0°C 얼음을 같은 질량의 0°C 물에 담가 두고 외부와 열을 차단시켜 놓았다면 나중에 어떻게 될까?'라는 문항에 대하여 얼음과 물의 양이 그대로 있다는 과학적 개념을 56명(51.9%)의 학생이 응답하였다. 그 외에도 24명(22.2%)의 학생들이 얼음이 조금 녹는다는 응답을 하였다.

한편 연구 대상별로 분석하기 위하여 각 열 개념의 정당률을 심화과정별로 나누어 살펴보면 표 5과 같다. 표 5와 그림 1에서 볼 수 있듯이 전체 문항의 과학적 응답 결과를 살펴보면 전체적으로 과학적 개념은 42.6%의 비율을 보였다. 세부적으로 살펴보면 과학심화과정이 47.3%의 응답률로 가장 높은 경향을 보였고, 뒤를 이어 영어심화과정이 44.8%, 편입심화

표 5. 교육대 학생의 열에 대한 과학적 개념의 응답 결과

| 학생수 | 명(%) | | | | | | | | | |
|-----------|------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|-----------|
| | 문항번호 | 커피온도 문항 | 보온병 문항 | 난로 문항 | 사우나 문항 | 철봉대 문항 | 난로공기 문항 | 물과알콜 문항 | 얼음과 물 문항 | 전체 |
| 영어(N=41) | | 7(17.1) | 37(90.2) | 2(4.9) | 27(65.9) | 27(65.9) | 15(36.6) | 14(34.1) | 18(43.9) | 147(44.8) |
| 편입(N=35) | | 11(31.4) | 26(74.3) | 0(0.0) | 11(31.4) | 15(42.9) | 8(22.9) | 10(28.6) | 19(54.3) | 100(35.7) |
| 과학(N=32) | | 13(40.6) | 24(75.0) | 3(9.4) | 18(56.3) | 21(65.6) | 10(31.3) | 13(40.6) | 19(59.4) | 121(47.3) |
| 전체(N=108) | | 31(28.7) | 87(80.6) | 5(4.6) | 56(51.9) | 63(58.3) | 33(30.6) | 37(34.3) | 56(51.9) | 368(42.6) |

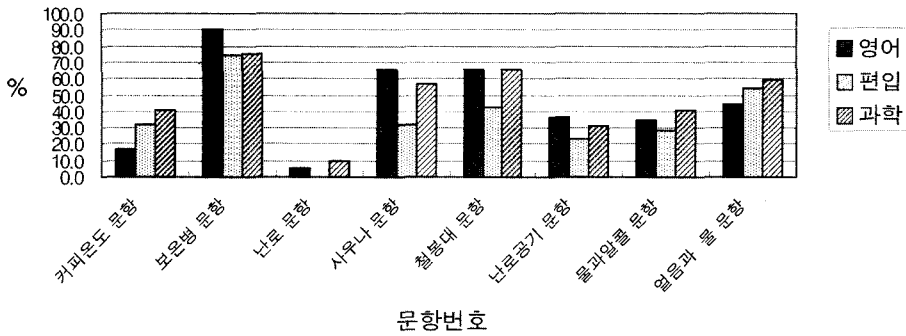


그림 1. 교육대학생의 심화과정별 열에 대한 과학적 개념의 비율 비교

과정이 35.7%로 가장 저조한 경향을 보였지만 그 차이는 통계적으로 유의하지는 않았다.

2. 열에 대한 이상 조건 이해 결과

학생들이 열과 관련된 문제 상황에서 이상 조건을 어떻게 이해하는 지 알아보기 위해서 총 4개의 문항을 투입하였다. 각 문제 상황을 풀기 위해서는 어떤 이상 조건이 가정되어야 하는냐는 질문에 학생들은 주관식 기술로 응답하였다. 각 응답을 비슷한 유형끼리 묶어서 빈도수를 구하였고, 그 유형도 분석틀을 이용하여 다시 유목화하였다. 분석틀은 표 3을 참고하였다. 각 문항에 대한 응답은 여러 개로 이루어진 경우도 많았는데 이때는 각각을 모두 인정하였다.

(1) 두 물의 혼합 후 물의 온도를 구하는 과정의 이상 조건 이해 결과

문항 1은 두 물을 혼합한 후 물의 나중 온도를 구하는 문제해결과정에서 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를 묻는 문항이었다. 두 물을 섞은 후 나중 온도를 구하는 열역학 문제해결과정에 포함된 이상 조건을 찾는 과정에서는 많은 학생들이 비교적 문제 상황과 관련된 이상 조건을 잘 찾아내는 것으로 나타났는데 복수개의 응답 중 64.9% 정도의 응답으로 나타났다. 대표적인 이상 조건을 보면, 공기 중이나 외부로의 열 손실이 없어야 한다는 점, 외부 온도에 의한 영향이 없어야 한다는 점, 물이 순수해야 한다는 점, 비커로의 열 손실이 없다는 점, 시간이 지나 저절로 물이 식는 온도는 제외한다는 등이

표 6. 물의 혼합 후 온도 문항의 응답 결과

| 응답 분류 | 응답유형 | 언어(N=57) | | 편입(N=42) | | 과학(N=52) | | 전체(N=151) | |
|--------------------|------------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------|--------|
| | | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) |
| 문제상황과 관련된 이상조건 (a) | 1. 공기 중으로/실험 장치 외부로의 열손실이 없다/무시한다. | 11 | 19.3 | 6 | 14.3 | 11 | 21.2 | 28 | 18.5 |
| | 2. 외부로의 에너지 출입이 없다. | 10 | 17.5 | 3 | 7.1 | 3 | 5.8 | 16 | 10.6 |
| | 3. 외부 온도에 의한 변화가 없다. | 5 | 8.8 | 0 | 0.0 | 3 | 5.8 | 8 | 5.3 |
| | 4. 비열이 같다/일정하다. | 0 | 0.0 | 8 | 19.0 | 0 | 0.0 | 8 | 5.3 |
| | 5. 물이 순수한 물질이다/물의 비열은 1이다. | 6 | 10.5 | 2 | 4.8 | 9 | 17.3 | 17 | 11.3 |
| | 6. 비커로의 열 출입이 없다/비커가 열을 흡수하지 않는다. | 4 | 7.0 | 0 | 0.0 | 3 | 5.8 | 7 | 4.6 |
| | 7. 단열 상태(열이 새지 않는 상태)여야 한다. | 1 | 1.8 | 1 | 2.4 | 0 | 0.0 | 2 | 1.3 |
| | 8. 시간이 지나 물이 저절로 식는 것을 무시한다. | 2 | 3.5 | 1 | 2.4 | 3 | 5.8 | 6 | 4.0 |
| | 9. 비커에 남은(물은) 물의 질량을 무시한다. | 1 | 1.8 | 0 | 0.0 | 5 | 9.6 | 6 | 4.0 |
| 계 | | 40 | 70.2 | 21 | 50.0 | 37 | 71.2 | 98 | 64.9 |
| 현상진술 (c) | 10. 열은 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다. | 2 | 3.5 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 2 | 1.3 |
| | 11. 잃은 물의 열량 = 얻은 물의 열량 | 2 | 3.5 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 2 | 1.3 |
| 계 | | 4 | 7.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 4 | 2.6 |

표 6. 계속

| 응답 분류 | 응답유형 | 영어(N=57) | | 편입(N=42) | | 과학(N=52) | | 전체(N=151) | |
|----------------|-----------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------|--------|
| | | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) |
| 틀린기술 또는 조건 (e) | 12. 기압이 일정하다 | 0 | 0.0 | 1 | 2.4 | 0 | 0.0 | 1 | 0.7 |
| | 13. 진공 상태의 실험이어야 한다. | 4 | 7.0 | 2 | 4.8 | 1 | 1.9 | 7 | 4.6 |
| | 14. 실험 전후에 물의 질량이 보존된다. | 3 | 5.3 | 1 | 2.4 | 3 | 5.8 | 7 | 4.6 |
| | 15. 섞은 물 사이의 열 이동이 없다. | 1 | 1.8 | 0 | 0.0 | 1 | 1.9 | 2 | 1.3 |
| | 16. 용기의 크기가 같다. | 0 | 0.0 | 3 | 7.1 | 0 | 0.0 | 3 | 2.0 |
| | 17. 섞은 물의 열용량에서 섞이는 물의 열용량을 무시한다. | 0 | 0.0 | 1 | 2.4 | 0 | 0.0 | 1 | 0.7 |
| | 18. 이상조건이 없다. | 0 | 0.0 | 1 | 2.4 | 0 | 0.0 | 1 | 0.7 |
| | 계 | 8 | 14.0 | 9 | 21.4 | 5 | 9.6 | 22 | 14.6 |
| 무응답 | 19. 무응답 | 5 | 8.8 | 12 | 28.6 | 10 | 19.2 | 27 | 17.9 |
| 계 | 5 | 8.8 | 12 | 28.6 | 10 | 19.2 | 27 | 17.9 | |

있었다.

그러나 단순히 열이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다는 식으로 현상을 기술하는 정도를 찾아낸 경우도 일부 있었고, 진공상태, 질량보존, 용기 크기, 기압 고정 등 잘못된 개념을 보인 경우도 14.6% 정도 나타났다.

(2) 이상 기체에 대한 이상 조건 이해의 결과

이상 기체라는 용어의 의미에 숨겨져 있는 이상 조건을 찾는 문항이었다. 표 7에서 볼 수 있듯이 이상 기체라는 용어의 의미를 묻는 문항에서는 많은 학생들이 어려움을 느낀다는 것을 알 수 있었다. 다른 문항에 비해 무응답을 한 학생도 많았고, 틀린

표 7. 이상 기체 문항의 응답 결과

| 응답분류 | 응답유형 | 영어(N=41) | | 편입(N=37) | | 과학(N=37) | | 전체(N=115) | |
|------------------|------------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------|--------|
| | | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) |
| 문제 상황과 관련된 이상 조건 | 1. 이상적인 외부 조건하에서 압력과 부피는 온도에 비례한다. | 18 | 43.9 | 5 | 13.5 | 10 | 27.0 | 33 | 28.7 |
| | 2. 0°C, 1기압에서 1몰의 분자수를 가지는 기체이다. | 7 | 17.1 | 0 | 0.0 | 3 | 8.1 | 10 | 8.7 |
| | 3. 부피가 0이 될 수 있는(무시할 수 있는) 기체이다. | 0 | 0.0 | 10 | 27.0 | 2 | 5.4 | 12 | 10.4 |
| | 4. 순수한 기체이다. | 0 | 0.0 | 2 | 5.4 | 5 | 13.5 | 7 | 6.1 |
| | 5. 기체 입자가 고르게 분포되어 있다. | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 2 | 5.4 | 2 | 1.7 |
| | 6. 완전 탄성체인 분자로 이루어진 기체이다. | 0 | 0.0 | 2 | 5.4 | 0 | 0.0 | 2 | 1.7 |
| | 7. 분자 사이의 인력이 0이 되는 기체이다. | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 1 | 2.7 | 1 | 0.9 |
| 계 | 25 | 61.0 | 19 | 51.4 | 23 | 62.2 | 67 | 58.3 | |
| 틀린 기술 또는 조건 | 8. 한 가지 분자로 구성된 기체이다. | 1 | 2.4 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 1 | 0.9 |
| | 9. 진공 상태이다. | 1 | 2.4 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 1 | 0.9 |
| | 10. 이상 기체 상수가 동일하다. | 0 | 0.0 | 1 | 2.7 | 0 | 0.0 | 1 | 0.9 |
| | 11. 온도가 올라가는 기체이다. | 0 | 0.0 | 1 | 2.7 | 0 | 0.0 | 1 | 0.9 |
| | 12. 물의 상태 변화로 생긴 기체이다. | 0 | 0.0 | 1 | 2.7 | 0 | 0.0 | 1 | 0.9 |
| | 13. 기체가 가진 조건이 같다. | 2 | 4.9 | 2 | 5.4 | 0 | 0.0 | 4 | 3.5 |
| | 14. 온도에 의한 상태 변화가 일어나지 않는 기체이다. | 0 | 0.0 | 1 | 2.7 | 0 | 0.0 | 1 | 0.9 |
| 계 | 4 | 9.8 | 6 | 16.2 | 0 | 0.0 | 10 | 8.7 | |
| 무응답 | 15. 무응답 | 12 | 29.3 | 12 | 32.4 | 14 | 37.8 | 38 | 33.0 |
| 계 | 12 | 29.3 | 12 | 32.4 | 14 | 37.8 | 38 | 33.0 | |

기술 또한 비교적 비율이 높은 편이었다. 문제 상황과 관련된 이상조건을 찾아낸 학생은 전체 학생 중 약 58.3% 정도였으며 이는 심화과정별로 큰 차이는 없었으나, 과학과정 학생들이 62.2%로 약간 높았다.

(3) 열의 일당량을 구하는 과정의 이상 조건 이해의 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 문항이었다.

표 8에서 나타나듯이 응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 8개 유형을 총 77.2% 정도 반응하였다. 비교적 전체 학생이 이상 조건을 잘 찾아내었는데 그 대표적인 응답 유형으로는 줄에 의한 마찰/손실을 무시한다는 점, 실험장치에서 열 손실이 없어야 한다는 점, 추가 한 일이 모두 물로 전달되어야 한다는 점, 물은 순수하다는 점을 제시했다. 이때, 온도계에 의한 온도변화 무시하는 측면이 나타나

지 않았는데 온도계 삽입 깊이에 따른 변화 무시라는 응답이 있긴 했지만 실험자가 실험대상에 미치는 영향, 즉 실험자가 온도계로 온도를 잴 때 생기는 오차를 무시해야 한다는 중요한 점을 잘 찾아내지 못하였다.

(4) 기체의 압력을 구하는 과정의 이상 조건의 이해 결과

문항 4는 공기가 들어 있는 고무 튜브의 부피를 변화시켰을 때, $P_1V_1 = P_2V_2$ 를 이용해 튜브에 작용하는 압력을 구하는 문제해결 과정에서 어떠한 이상 조건이 포함되어 있는지를 묻는 문항이었다.

표 9에서 나타나듯이 응답자들은 문제 상황과 관련된 이상 조건으로 6개 유형을 총 55.1% 정도 반응하였다. 그 대표적인 응답 유형으로는 내부 및 외부 온도를 무시한다는 점, 외부 대기압의 영향을 무시한다는 점, 튜브의 탄성을 무시한다는 점, 공기는 이상 기체여야 한다는 등으로 나타났다.

3. 열 개념과 이상 조건 이해 정도와의 관계

표 8. 열의 일당량 문항의 응답 결과

| 응답분류 | 응답유형 | 영어(N=67) | | 편입(N=39) | | 과학(N=43) | | 전체(N=149) | |
|----------------------|---|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------|--------|
| | | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) | 빈도 | 비율 (%) |
| 문제 상황과 관련된 이상 조건 (a) | 1. 줄에 의한 마찰/손실 무시, 도르래(와 줄)의 마찰 무시, 실험 기구에 의한 마찰이 없다. | 7 | 10.4 | 5 | 12.8 | 2 | 4.7 | 14 | 9.4 |
| | 2. 추의 낙하 시 공기 저항은 무시한다(진공 상태이다). | 5 | 7.5 | 1 | 2.6 | 2 | 4.7 | 8 | 5.4 |
| | 3. 실험 장치(실험 과정)에 의한 열 손실/열 출입이 없다. | 12 | 17.9 | 4 | 10.3 | 8 | 18.6 | 24 | 16.1 |
| | 4. 물이 뺀 열이 없다. 물의 열이 밖으로 나가지 않는다. | 8 | 11.9 | 2 | 5.1 | 4 | 9.3 | 14 | 9.4 |
| | 5. 추가 한 일/추의 위치 에너지/낙하 에너지가 모두 열(에너지)로, 교반기가 한 일은 모두 물로 전달된다. | 20 | 29.9 | 10 | 25.6 | 13 | 30.2 | 43 | 28.9 |
| | 6. 물은 순수하다/물의 비열은 1이다. | 2 | 3.0 | 1 | 2.6 | 2 | 4.7 | 5 | 3.4 |
| | 7. 줄의 무게(질량)는 무시한다. | 3 | 4.5 | 0 | 0.0 | 1 | 2.3 | 4 | 2.7 |
| | 8. 실험 장치(온도계, 교반기)에 의한 물의 온도 변화는 없다. | 1 | 1.5 | 2 | 5.1 | 0 | 0.0 | 3 | 2.0 |
| 계 | 58 | 86.6 | 25 | 64.1 | 32 | 74.4 | 115 | 77.2 | |
| 틀린 기술 또는 조건 (e) | 9. 외부 온도에 의한 변화가 없다. | 0 | 0.0 | 1 | 2.6 | 1 | 2.3 | 2 | 1.3 |
| | 10. 추는 자유 낙하한다. | 3 | 4.5 | 0 | 0.0 | 3 | 7.0 | 6 | 4.0 |
| | 11. 외부 기압이 동일하다. | 0 | 0.0 | 3 | 7.7 | 0 | 0.0 | 3 | 2.0 |
| | 12. 시간이 지남에 따라 물이 저절로 식는 것을 무시한다. | 0 | 0.0 | 1 | 2.6 | 0 | 0.0 | 1 | 0.7 |
| | 13. 온도계 삽입 깊이에 따라 온도 변화가 다르다. | 1 | 1.5 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 1 | 0.7 |
| 계 | 4 | 6.0 | 5 | 12.8 | 4 | 9.3 | 13 | 8.7 | |
| 무응답 | 14. 무응답 | 5 | 7.5 | 9 | 23.1 | 7 | 16.3 | 21 | 14.1 |
| 계 | 계 | 5 | 7.5 | 9 | 23.1 | 7 | 16.3 | 21 | 14.1 |

표 9. 기체의 압력 문항의 응답 결과

| 응답분류 | 응답유형 | 영어(N=57) | | 편입(N=42) | | 과학(N=37) | | 전체(N=136) | |
|------------------------------|---------------------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | | 빈도 | 비율(%) | 빈도 | 비율(%) | 빈도 | 비율(%) | 빈도 | 비율(%) |
| 문제상황과 관련된 이상 조건 (a) | 1. 내부 온도가 일정하다. | 11 | 19.3 | 11 | 26.2 | 8 | 21.6 | 30 | 22.1 |
| | 2. 공기는 이상 기체이다. | 1 | 1.8 | 0 | 0.0 | 2 | 5.4 | 3 | 2.2 |
| | 3. 외부 압력/대기압이 일정하다. | 12 | 21.1 | 4 | 9.5 | 5 | 13.5 | 21 | 15.4 |
| | 4. 외부 온도가 일정하다. | 2 | 3.5 | 4 | 9.5 | 3 | 8.1 | 9 | 6.6 |
| | 5. 튜브의 탄성이 무시된다. | 8 | 14.0 | 0 | 0.0 | 3 | 8.1 | 11 | 8.1 |
| | 6. 압력의 변화에도 상태 변화가 일어나지 않는다. | 0 | 0.0 | 1 | 2.4 | 0 | 0.0 | 1 | 0.7 |
| 계 | | 34 | 59.6 | 20 | 47.6 | 21 | 56.8 | 75 | 55.1 |
| 공식 언급 (b) | 7. 압력과 부피는 반비례한다. | 6 | 10.5 | 9 | 21.4 | 0 | 0.0 | 15 | 11.0 |
| | 계 | 6 | 10.5 | 9 | 21.4 | 0 | 0.0 | 15 | 11.0 |
| 무관조건 (d) | 8. 공기의 조성은 동일하다/무시한다. | 1 | 1.8 | 4 | 9.5 | 0 | 0.0 | 5 | 3.7 |
| | 9. 튜브 속 공기의 밀도(압력)이 동일하다/고르게 분포되어 있다. | 2 | 3.5 | 1 | 2.4 | 1 | 2.7 | 4 | 2.9 |
| | 계 | 3 | 5.3 | 5 | 11.9 | 1 | 2.7 | 9 | 6.6 |
| 틀린 기술 또는 조건(e) | 10. 튜브의 모양 변화에 의한 영향이 없다. | 1 | 1.8 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 1 | 0.7 |
| | 11. 압력 변화로 인해 발생하는 열은 무시한다. | 3 | 5.3 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 3 | 2.2 |
| | 12. 튜브 속 공기가 새지 않는다. | 5 | 8.8 | 1 | 2.4 | 3 | 8.1 | 9 | 6.6 |
| 계 | | 9 | 15.8 | 1 | 2.4 | 3 | 8.1 | 13 | 9.6 |
| 무응답 | 13. 무응답 | 5 | 8.8 | 7 | 16.7 | 12 | 32.4 | 24 | 17.6 |
| 계 | | 5 | 8.8 | 7 | 16.7 | 12 | 32.4 | 24 | 17.6 |

학생들의 열 개념을 응답한 결과와 이상 조건 이해 정도를 응답한 결과 사이에 어떠한 상관관계가 있는지를 알아보기 위해 두 응답의 결과를 점수화하였다. 세부 문항에 대한 응답 유형별 점수 배점은 표 3을 참고하였다.

(1) 열과 이상조건에 대한 개념 결과

개별 학생이 열 개념 질문지에 응답한 결과를 점수화한 결과는 표 10에서 알 수 있듯이 전체 학생의 열 개념 점수는 거의 유사한 경향을 띠었다. 대부분 3.5점 부근이었고 심화과정 별로 약간 차이가 있었지만 유의한 차이는 아니었다. 한편 주관식 응답을 요구했던 이상 조건 이해에 관한 질문에서는 각 응답을 정량화하기 위해 교육대학교 대학원 석사과정에 재학 중인 4명에게 타당도를 의뢰하여 확보하면서 유형별로 점수를 부과하였다. 전체 학생의 이상조건 이해에 관한 점수 결과는 약간 차이를 보였는데, 영어과정의 평균 점수가 8.0으로 가장 높았고, 그 다음으로 과학과정이 7.3으로 뒤를 이었으며 편입과정이

표 10. 전체 학생의 열 개념과 이상조건에 대한 이해 점수

| 항목 | 심화과정 | 영어 | 편입 | 과학 | 전체 |
|-------------|------|------|-----|-----|-----|
| | | 열 개념 | 총점 | 147 | 100 |
| 점수 | 평균 | 3.6 | 2.9 | 3.8 | 3.4 |
| 이상조건에 이해 | 총점 | 329 | 184 | 233 | 746 |
| | 평균 | 8.0 | 5.3 | 7.3 | 7.2 |

5.3으로 가장 저조한 경향을 보였다. 이러한 차이는 편입과정 학생들이 물리과목을 수강하지 않은 경우가 많아서 생기는 결과인 듯 하다.

(2) 열 개념과 이상 조건 이해 정도와의 관계

위에서 정량화한 두 질문지의 점수 결과를 가지고 교육대학교 학생들이 가지는 열에 대한 오개념이 열에 관한 문제 해결 상황에서 찾을 수 있는 이상 조건 이해에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 두 점수간의 상관 정도를 살펴보았다. 두 점수 집단의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson 상관계수를

표 11. 열에 대한 오개념 점수와 이상 조건 점수와의 상관 계수

| | Pearson 상관계수 | | 유의확률(양쪽) | |
|--------|--------------|---------|----------|---------|
| | 오개념 점수 | 이상조건 점수 | 오개념 점수 | 이상조건 점수 |
| 오개념점수 | | .188 | | .51 |
| 이상조건점수 | .188 | | .51 | |

구해 본 결과는 표 11과 같다. 오개념 점수와 이상조건 점수와의 상관계수는 0.188정도로 상관 정도가 매우 약한 것으로 나타났다.

이를 더 자세히 알아보기 위해 산포도를 그림 2처럼 나타내었다. 그림 2에서 알 수 있듯이 분포도 상에서는 이상 조건 점수와 오개념 점수 사이에는 상관관계가 매우 약한 것으로 나타났다.

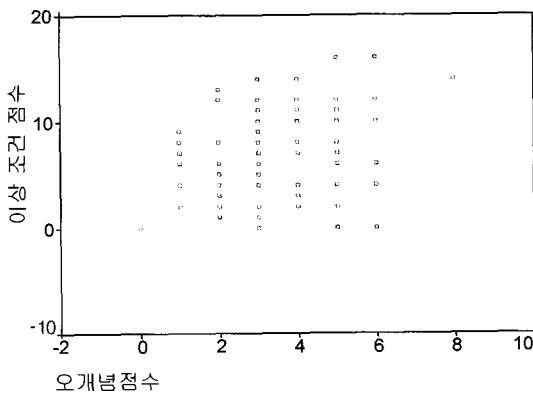


그림 2. 열에 대한 오개념 점수와 이상조건 점수와의 분포도

이런 결과는 두 변인 사이에 아무런 관련이 없거나 기보다는 질문지 구성상 열 개념 질문지는 4지 선다형 객관식으로 응답하게 하여 학생들이 쉽게 응답한 반면, 이상 조건 이해에 관한 질문지는 4문항 모두 주관식 응답을 요했을 뿐 아니라 문항 난이도가 높은 편이어서 학생들이 쉽게 답을 할 수 없었기 때문이기도 하다.

IV. 연구의 결론

이상의 연구 결과를 토대로 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 교육대학생들의 열 개념 경향을 살펴보면 문항

내용에 따라 약간씩 차이가 나긴 했지만 전체적으로 42.6%의 과학적 응답을 하였다. 나머지 학생들의 응답에는 열과 온도에 관련된 오개념들이 다양하게 들어 있었다.

(2) 학생들이 열역학 현상의 설명 과정에서 포함시키는 이상 조건을 살펴보면 예상보다 많은 이상 조건을 찾는 경향이 있었다. 물론 한 문항당 여러 개의 응답을 허용했기 때문에 학생 개인차가 많이 나서 거의 응답하지 못한 경우도 있지만, 대체로 이상 조건을 이해하는 편으로 나타났다.

(3) 열에 대해 가지는 오개념과 이상 조건 이해 정도를 점수화하여 그 관계를 알아본 결과 상관정도가 0.188로 상관성이 매우 미약하였다.

이런 결과들로 볼 때 열에 대한 개념을 묻는 문항에서 보인 여러 가지 오개념들이 열과 관련된 이상 조건을 이해하는데 유의한 상관을 보이지 않았다고 결론을 내릴 수 밖에 없다. 그러나 이상 조건을 이해하는데 많은 교대학생들이 어려움을 보이고 있으며, 또한 이상 조건에 대한 정성적 응답을 정량적으로 점수화하는 과정에 보다 신중함과 객관성이 요구된다고 보여진다. 이런 면에서 비추어 보면 열과 관련된 이상 조건의 이해에 열과 온도 개념이 아무런 영향을 미치지 않는다고 성급한 결론을 내리기 보다는 어느 정도 영향을 끼치고 있음에도 불구하고, 학생들이 이상 조건 자체를 언급하고 찾아내는 부분에서 많은 어려움을 갖고 있음으로 인해 그 관계가 가려졌다고 볼 수도 있다. 사실 과학 학습에서 물리 문제를 풀면서 가령, 외부와의 열이 교환되지 않는다면, 마찰을 무시한다면 등과 같이 단서를 달고 있는 경우에, 그 의미가 무엇인지를 명확하게 지도하고 이해하는 경우는 거의 없기 때문이다. 이해를 돕기 위하여 단순화시킨 경우지만, 그것의 의미가 물리 개념의 학습과 물리적 이상화 과정에 대한 경험을 매우 적다고 볼 수 있다.

이런 면에서 본 연구의 결론을 성급하게 받아들이기 보다는 이상 조건에 대한 충분한 경험과 검사 도구가 개발될 필요가 있으며 그런 바탕에서는 상당히 다른 결과를 기대할 수도 있겠다.

참고문헌

권성기, 김익진(2003). 초등학교생의 열 개념에 따른 온도 개념의 특성. 초등과학교육, 22(1), 한국초등과학교육학회,

- 15-28.
- 김익진(1999). 초등학생의 열 개념이 온도 개념에 미치는 영향. 대구교육대학교 석사학위 논문.
- 김진만(1995). 학생의 열과 온도 개념 변화에 있어서 인지 방략적 질문의 역할. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김현재, 김한호(1990). 국민학교 아동의 온도 개념 형성에 관한 조사. 한국과학교육학회지, 10(1), 95-117.
- 류재혁(1987). 열과 온도에 관한 중등학생들이 지닌 개념 조사. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 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.
- 박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅(1999a). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 III - 이론적 설명에 포함된 이상조건을 중심으로. 한국과학교육학회지, 18(4), 62-77.
- 박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅(1999b). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 IV - 실험에 포함된 이상조건을 중심으로. 한국과학교육학회지, 19(1), 78-90.
- 송진웅, 김익균, 김영민, 권성기, 오원근(2003). 학생의 물리 오개념 지도를 위한 표준검사도구의 개발 및 데이터베이스 구축. 한국학술진흥재단 협동연구 결과보고서(협동연구 C00229).
- 송진웅(1997). 물리학에서 사용되는 중요 이상조건 개념에 대한 대학생의 이해. 물리교육, 15(1), 1-7.
- Arons, A. B. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. John Wiley & Sons, Inc.
- Nersessian, N. (1992). Constructing and instructing: The role of "abstraction techniques" in creating and learning physics. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 48-68). Albany: State University of New York Press.
- Mathews, M. R. (1987). Experiment and the objectification of theory: Galileo's revolution. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the second international seminar misconceptions and educational strategies in science and mathematics* (pp. 289-298). New York: Cornell University.
- Stavy, R. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the temperature. *Science Education*, 64(5), 679-692.