



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

물질의 상태변화에 대한
과학교사의 인식 조사



濟州大學校 教育大學院

物理教育專攻

林 昌 珉

2009年 8月

물질의 상태변화에 대한 과학교사의 인식 조사

指導教授 姜 永 奉
林 昌 珉

이 論文을 教育學 碩學士位 論文으로 提出함

2009年 7月

林昌珉의 教育學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

濟州大學校 教育大學院

2009年 8月

A survey of science teacher's understanding
about changes in the state of matters

Chang-Min Lim

(Supervised by professor Young-Bong Kang)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the
degree of Master of Education

2009. 7.

This thesis has been examined and approved.

Major of Physics Education

GRADUATE SCHOOL OF EDUCATION

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

차 례

표 목차	v
그림목차	vi
국문초록	vii
I. 서론	1
II. 이론적 배경	3
1. 열과 온도에 대한 이해	3
2. 물질의 상태변화에 대한 이해	4
3. 선행 연구	9
III. 연구 절차 및 방법	14
1. 연구 절차	14
2. 연구 대상	15
3. 분석 방법	15
4. 연구의 제한점	19
IV. 연구 결과 및 분석	20
1. 설문에 대한 결과 분석	20
2. 설문 문항 간 비교 분석	40
V. 결론	43
참고문헌	45
Abstract	49
부록	51

표 목차

표 II-1. 물질의 상태변화 과정 시 열과 온도.....	5
표 III-1. 연구 절차	14
표 III-2. 연구 대상	15
표 III-3. 중학교 제7차 교육과정 과학 교과서의 온도, 열 및 상태변화와 관련된 내용	16
표 III-4. 설문지 문항의 내용	18
표 IV-1. 문항 1에 대한 교사들의 응답 결과	21
표 IV-2. 문항 2에 대한 교사들의 응답 결과	23
표 IV-3. 문항 3에 대한 교사들의 응답 결과	26
표 IV-4. 문항 4에 대한 교사들의 응답 결과	28
표 IV-5. 문항 5에 대한 교사들의 응답 결과	30
표 IV-6. 문항 6에 대한 교사들의 응답 결과	32
표 IV-7. 문항 7에 대한 교사들의 응답 결과	33
표 IV-8. 문항 8에 대한 교사들의 응답 결과	35
표 IV-9. 문항 9에 대한 교사들의 응답 결과	37
표 IV-10. 문항 10에 대한 교사들의 응답 결과	38
표 IV-11. 온도의 정의와 관련된 증발 시 액체 표면의 온도	40

그림 목차

그림 II-1.	열평형 상태	3
그림 II-2.	물의 가열곡선	6
그림 II-3.	물질의 가열곡선	8
그림 IV-1.	문항 1에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	21
그림 IV-2.	문항 2에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	23
그림 IV-3.	문항 3에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	26
그림 IV-4.	문항 4에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	28
그림 IV-5.	주어진 운동에너지에너지를 갖는 분자의 분율	29
그림 IV-6.	문항 5에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	31
그림 IV-7.	문항 6에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	32
그림 IV-8.	문항 7에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	33
그림 IV-9.	문항 8에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	36
그림 IV-10.	문항 9에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	37
그림 IV-11.	문항 10에 대한 교사들의 응답 결과 그래프	39

국문초록

물질의 상태변화와 관련 있는 온도, 열, 증발, 내부에너지 등에 관한 개념을 현직 교사들을 대상으로 설문 조사 후 분석하였다. 설문에 응한 표본 집단의 수는 61명이며, 조사 대상은 실험 및 물리 1정 연수에 참여했던 중등 과학교사이다.

설문 조사 후 다음과 같은 분석 결과를 얻었다.

첫째, 교사들은 온도에 대한 정의를 다양하게 내리고 있으나, 액체의 증발이 냉각 과정임을 바르게 알지 못하고 있었다.

둘째, 교사들은 ‘열은 두 물체 사이 온도차에 의해 전달된다’라는 개념은 잘 형성되어 있었다. 하지만 열은 물체가 가지고 있는 에너지라는 물리량이 아니라 ‘에너지의 이동현상’이라는 개념은 미흡하였다.

셋째, 상태변화에서 변하지 않는 물리량과 변하는 물리량에 대한 교사들의 이해가 부족하였다.

교사의 잘못된 과학 개념은 수업을 받는 학생들에게 과학 개념 정립에 방해가 될 수 있다. ‘교육의 질은 교사의 질을 능가할 수 없다’라는 말이 있다. 따라서 과학 교사는 열물리학의 옳은 개념을 정확히 확립하는 것이 필요하다. 또한, 교수·학습과정에서 학생들의 바른 개념을 가질 수 있도록 교사 스스로 노력하여야 한다. 본 연구 결과를 과학교사 교육 및 교사용 지도 자료로 활용할 경우 교사들의 현장 학습 지도에 유용할 것이다. 또한, 본 연구 결과는 궁극적으로 학생들의 옳은 과학 개념 형성을 위한 교수·학습자료 개발에 유용한 기초 자료를 제공할 것으로 기대된다.

주요어: 상태변화, 과학 개념, 열, 온도, 내부에너지

* 본 논문은 2009년 8월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임.

I. 서론

과학 기술의 급격한 변화에 따라 과학 정보의 양이 많아지고 있기 때문에 학생들이 학습을 통해 얻어야 할 지식도 많아지고 복잡해지고 있다. 이러한 시대에 과학 교육은 학생들에게 과학적인 태도, 지식, 탐구 능력을 도와주는 활동이어야 한다. 특히 과학적 개념을 바르게 이해하고 [1], 이를 실생활에 적용하는 것은 과학 교육의 궁극적인 과제이다. 하지만 학생들은 과학 수업을 받기 전에 이미 자신의 경험을 통해 주변 상황을 자신의 인지 수준으로 해석한 개념을 가지고 있다. 문제는 이러한 개념들이 과학적인 개념일 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다는 점이다. 즉, 학생의 선개념은 과학 학습에 영향을 미칠 뿐만 아니라 후속 학습에도 영향을 미치게 된다 [2].

열과 온도, 물질의 상태변화는 일상 생활에서 쉽게 관찰 가능한 물리현상으로 기초과학에서 핵심 개념이기 때문에 초·중·고등학교의 과학 교육과정에서 중요하게 다루어지고 있다. 그리고 초등학교 4학년 과정에서 물의 상태변화를 다루고 있고, 중학교 1학년 과정에서 물질의 상태변화를 분자 운동과 에너지로 설명하고 있다. 중학교 3학년 과정에서 이슬, 구름, 비, 눈이 만들어지는 과정을 대기 중에서 물의 증발과 응결로 설명하고 있다.

그러나 초등학생, 중·고등학생, 대학생 및 과학교사들까지도 열과 온도에 대한 다양한 오개념을 가지고 있다. 특히, 대부분의 학생들이 열과 온도의 개념을 분자운동과 관련짓지 못하고 있음이 국내·외의 많은 연구들에서 알려졌다 [3-7].

과학 교육에서는 과학 개념을 명확히 전달하고 이해하는 것이 중요하다. 또한 과학 개념을 전달하고 이해하는 것만큼이나 그 개념을 명확하게 정의하여 설명하는 것은 더욱 중요하다. 과학 개념을 정의하는 과정에서 개념 설명이 명료하지 못한다면 현장에서 배우는 학생들에게 많은 혼란을 줄 수 있기 때문이다.

백성혜는 학생들이 과학을 어려워하는 이유가 배우는 학생들의 인지수준의 문제도 있지만 가르치는 교사와 교과서 내용 체계가 정확한 개념 정립이 안 된 상

태 때문이라고 지적하고 있다 [8]. 이는 학생들의 과학 개념 형성에 있어서 교사의 지도와 교과서의 내용 설명 체계의 중요성을 강조한 것이다 [9]. 즉, 교과서에서 과학 개념에 대한 설명이 명확하지 않은 경우, 용어의 진술이나 자료가 잘못되어 있는 경우, 자료에 대한 해석과 설명이 적당하지 않거나 부족한 경우에 오개념이 유발될 수 있다는 것이다.

또한 교사가 오개념을 가지고 있을 때 학생의 개념 형성에 직접 영향을 주게 된다. 기존 연구에서 예비교사나 교사들이 많은 오개념을 가지고 있는 것으로 밝혀졌다 [10-15]. 그리고 물리·화학·지구과학·생물의 여러 영역이 혼재된 과학 개념의 경우 학생들에게 종합적으로 가르치지 않으면 오개념이 형성될 가능성이 많다 [16]. 교사와 학생간의 역동적인 과정에서 학생의 옳은 과학 개념이 형성되므로, 우선 교사들의 과학 개념 체계가 어떠한지 알고, 이를 참고하여 과학 교육 내용을 적절히 구성하여야 한다 [17].

본 연구의 목적은 물질의 상태변화 과정과 관련하여 중등 과학교사를 대상으로 교사들이 가지고 있는 온도, 열 및 내부에너지 변화와 증발과 같은 상태변화 시 일어나는 현상에 대해 어떠한 개념을 가지고 있는지 알아보고, 그 결과를 분석하는 것이다. 또한 본 연구의 결과를 과학교사 교육 및 교사용 지도 자료에 활용함으로써, 교사들이 현장 학습 지도에 자신 있게 임할 수 있도록 하며 궁극적으로 학생들이 옳은 과학 개념 형성을 위한 수업 전략 개발에 유용한 기초 자료를 제공하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 이론적 배경으로 열과 온도, 물질의 상태변화에 대한 이해와 선행 연구에 대해 다룬다. III장은 연구의 절차 및 방법으로 연구 절차, 연구 대상, 분석 방법 및 연구의 제한점을 제시한다. IV장은 온도의 정의, 열전달의 정의, 물 분자 운동과 상태변화에 따른 에너지, 증발과 액체 표면의 온도, 상태변화 과정에서 온도가 변하는 구간과 변하지 않는 구간이 생기는 이유, 상태변화 과정에서 온도가 일정한 구간에서 변하지 않는 물리량, 물의 상태와 온도의 관계, 물의 상태와 열의 비교 그리고 물의 상태에 따른 내부에너지에 대한 교사들의 응답을 분석한다. V장에서 결론을 맺는다.

II. 이론적 배경

1. 열 · 온도 · 내부에너지에 대한 이해

온도가 다른 두 물체가 접촉했을 때, 고온의 물체에서 저온의 물체로 에너지가 이동하는 현상을 열이라고 한다. 이 때 고온인 물체의 내부에너지는 이동한 에너지만큼 감소하고 저온인 물체의 내부에너지는 증가하게 된다. 우리 몸과 주위 환경의 관계를 생각할 경우, 열을 느낀다는 사실은 이미 에너지가 이동하고 있다는 것을 의미한다. 우리가 생활 중에 느끼는 뜨거움과 차가움 혹은 더움과 추움과 같은 현상은 주위 환경과 우리 몸 사이에서 일어나는 에너지의 이동 현상, 즉 열 전달 현상이다. 따라서 열은 온도 차이가 존재할 때 나타난다.

온도에 대한 기본 개념은 그림 II-1로 나타낸다. 그림과 같이 두 물체 A와 B가 서로 열접촉 상태에서 제 3의 물체 C가 물체 A, B와 열접촉 상태일 때 세 물체 사이에 에너지 이동이 없는 열평형 상태가 나타나는데, 이를 열역학 제 0법칙이라 한다. 이 때, 세 물체의 온도는 같다고 정의한다. 열역학 제 0법칙은 물체 A와 물체 B가 가지는 부피나 압력과 같은 여러 가지 물성은 달라도, 두 물체는 열적 평형에 존재할 수 있다는 사실을 말하고 있다. 그리고 열역학 제 0법칙이 규정해 주는 온도의 개념은 물체가 갖고 있는 에너지의 이동 현상인 열의 정의에서 매우 중요하다.

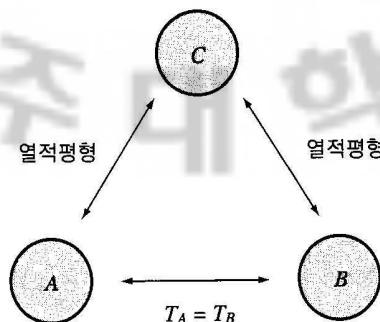


그림 II-1. 열평형 상태

또한, 초·중·고등학교 교과서와 대학 물리 교재에서는 다음과 같이 온도를 정의하고 있다. (1) 뜨겁고 차가운 정도를 정량화한 것 [18, 19] (2) 계의 평균 운동에너지 [20, 21] (3) 물체가 자연적으로 주위에 에너지를 방출하는 정도를 나타내는 양 [22].

내부에너지는 물체가 가지고 있는 모든 형태의 에너지의 합이다. 미시적으로 내부에너지는 물체를 구성하는 분자 간에 미치는 힘으로 인한 각 분자의 퍼텐셜 에너지, 회전·진동·병진 운동에너지, 질량에너지로 구성된다. 분자의 운동에너지는 개별 분자의 질량과 이동 속도에 의존하고, 퍼텐셜에너지는 분자들이 인접한 정도와 상호간에 미치는 힘의 차이에 따라 크게 달라진다. 외부로부터 물체에 이동한 에너지는 위의 세 가지 에너지의 형태로 물체에 저장되는 것이다. 예를 들어 일정량의 물에 에너지가 전달되어 물이 모두 증기로 변했다고 생각해 보자. 이때 전달된 에너지는 모두 물 분자의 운동에너지, 퍼텐셜에너지, 그리고 분자 내의 원자들이 보유한 에너지를 증가시키는 데 사용되며, 이때 우리는 물의 내부에너지가 증가했다고 말한다.

2. 물체의 상태변화에 대한 이해

물체는 세 가지 형태인 고체, 액체, 기체(플라즈마 상태 제외)로 존재하고, 한 상태에서 다른 상태로 변할 때 상태변화 혹은 상전이라고 한다. 상태변화가 일어날 때, 상태가 변하는 과정에서 물체가 갖는 내부에너지는 변하지만 온도의 변화는 없다. 상태변화 과정을 표로 나타내면 표 II-1과 같다.

상태변화 과정에서 열 출입이 있는데 온도는 왜 변하지 않는 것일까? 물체가 주위에서 에너지를 얻거나 주위로 에너지를 잃어버리면 물체의 내부에너지 중 운동에너지가 변하거나 퍼텐셜에너지가 바뀌게 된다. 운동에너지는 물체를 이루고 있는 분자들의 움직임에 관계되는 에너지이고, 퍼텐셜에너지는 분자들 간의 인력(반발력포함)에 영향을 주는 에너지이다. 물체의 상태가 변한다는 것은 분자 간의 인력이 변하여 분자 배열이 달라진다는 것이다. 이 때 분자들의 평균 운동에너지가 변하는 것은 아니다.

표 II-1. 물질의 상태변화 과정 시 열과 온도

상태변화 과정	상태변화 용어	상태변화 시 열	상태변화 시 온도변화
고체에서 액체로	용융(Melting)	고체를 녹이기 위해서 계에서 고체로	변화 없다.
액체에서 고체로	응고(Freezing)	얼기 위해서 액체에서 계로	변화 없다.
액체에서 기체로	기화 (Vaporization : Boiling and Evaporation)	기화하기 위해 계에서 액체로	변화 없다.
기체에서 액체로	액화 (Condensation)	액화하기 위해 기체에서 계로	변화 없다.
고체에서 기체로	승화 (Sublimation)	승화하기 위해 계에서 고체로	변화 없다.

스토브에 놓여 있는 물이 든 투명한 주전자를 보면, 물이 끓을 때까지 온도가 100 °C까지 서서히 증가한다. 그러나 물이 모두 수증기가 될 때까지 계속해서 가열해도 온도는 여전히 물이 처음 끓을 때처럼 100 °C를 유지한다. 왜 이러한 현상이 나타날까? 물이 끓을 때까지 온도가 올라가는 것은 물에 가해진 열이 물을 구성하고 있는 물 분자들의 운동에너지를 증가시키기 때문이다. 그러나 물이 끓기 시작할 때부터 가해진 열은 물의 퍼텐셜에너지를 증가시킬 뿐 운동에너지의 변화는 없기 때문에 온도는 100 °C를 유지하게 된다.

아래 그림 II-2는 물이 1기압에서 상태변화 곡선이다.

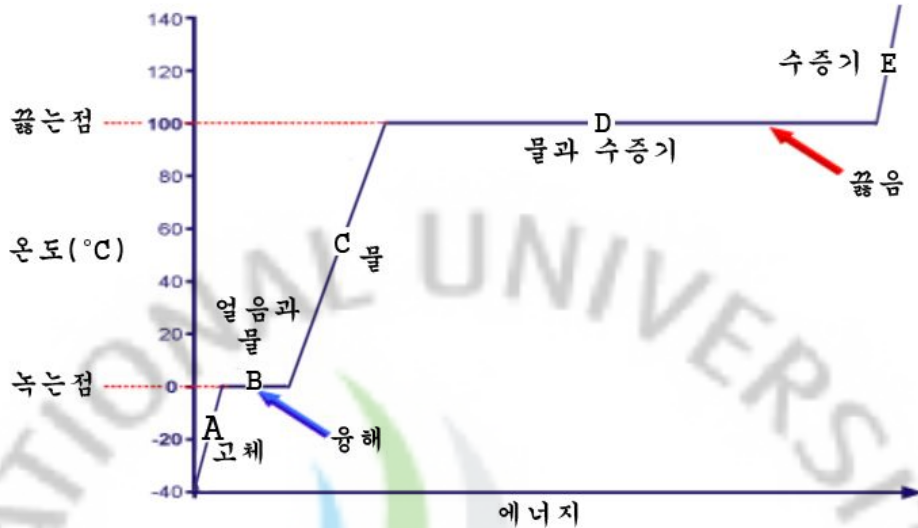


그림 II-2. 물의 가열곡선

처음 구간(얼음만 존재) A에서 열을 가해 주면 얼음의 온도는 증가하게 된다. 이것은 분자의 움직임(진동)이 가열 전보다 빨라져 진동에 대한 운동에너지가 증가하였음을 의미한다. 하지만 얼음과 물이 공존하는 구간인 B전까지는 여전히 고체인 얼음으로 존재한다. 이것은 가해준 열이 분자간의 인력에 충분히 영향을 주지 못해서 여전히 분자간의 인력이 강한 고체 상태라는 것을 뜻한다. 즉 가열해 준 열은 운동에너지로 전환되어서 온도는 증가하지만 퍼텐셜에너지로의 전환은 아주 작다는 것을 의미한다.

두 번째 구간(얼음과 물이 공존) B에서 온도는 일정하지만 얼음이 물로 변하고 있다. 이것은 가해준 열이 분자의 움직임을 빠르게 혹은 느리게 한 것이 아니라 분자 간 인력을 약하게 하여 분자 배열을 바꾸어서 퍼텐셜에너지를 증가시켰음을 의미한다. 하지만 얼음 전체가 물이 되기 전까지는 운동에너지가 증가하지 않기 때문에 여전히 일정한 온도 0 °C를 유지한다. 이때 가해준 열을 융해열(heat of fusion)이라 한다. 물은 1기압에서 융해열은 333 kJ/kg이다.

세 번째 구간(물만 존재) C에서 처음 구간 A와 마찬가지로 온도가 증가한다. 이것은 첫 번째 구간 A와 같은 상황이 일어나고 있음을 의미한다. 가해준 열은

분자의 운동에너지를 증가시켜서 온도를 올리지만 퍼텐셜에너지는 매우 작게 증가시켜서 물을 액체로 존재하게 한다.

네 번째 구간(물과 수증기가 공존) D에서 온도는 일정하지만 물이 수증기로 변하고 있다. 이것은 가해진 열이 분자의 움직임을 빠르게 혹은 느리게 한 것이 아니라 분자 간 인력을 약하게 하여 분자 배열을 바꾸어서 퍼텐셜에너지를 증가시켰음을 의미한다. 하지만 물 전체가 수증기가 되기 전까지는 운동에너지가 증가하지 않기 때문에 여전히 일정한 온도 100 °C를 유지한다. 이때 가해진 열을 기화열(heat of vaporization)이라 한다. 1기압에서 물의 기화열은 2256 kJ/kg이다.

마지막으로 다섯 번째 구간 E에서 첫 번째 구간 A와 세 번째 구간 C와 같이 온도가 증가하고 있다.

고체에서 액체로 변할 때 가해주는 열(융해열)보다 액체에서 기체로 변할 때 가해주는 열(기화열)이 더 크다. 같은 양의 물체를 고체에서 액체로 상태변화 시키는 것보다 액체에서 기체로 상태변화 시키는 데 더 많은 열이 필요하다. 융해 시 분자 간격이 고정되어서 장거리 질서를 갖는 고체일 때보다 단거리 질서를 갖는 액체일 때가 분자들 사이의 인력은 평균적으로 약하다. 이것은 장거리 질서를 갖는 고체는 분자 간 간격이 고정되어 흘러갈 수 없고, 액체를 구성하는 분자들은 단거리 질서를 가지는 알갱이를 만들기 때문에 흘러갈 수 있다. 하지만 기화 시 자유 기체가 되기 위해서는 모든 분자 간의 인력을 끊기 위해 많은 에너지가 필요하다.

그림 II-2에서 물이 수증기로 기화하는 데는 많은 열이 필요하다. 이것의 역과정을 생각해 보면, 수증기가 물로 응집되는 것인데 역시 많은 에너지가 필요하다. 우리가 같은 양의 100 °C 끓는 물보다 100 °C 수증기가 피부에 더 큰 상처를 입는 것은, 수증기로부터 매우 많은 양의 에너지가 피부로 들어가서 물로 응집되는 동안 수증기는 100 °C를 유지하는데 비해서 피부가 100 °C 물에 닿았을 때는 물에서 피부로 에너지가 전달됨에 따라 물의 온도는 즉시 내려가기 때문이다.

물질의 상태와 관계없이 온도가 같으면 물체를 이루는 분자들의 평균 운동에너지는 같다 [23]. 이처럼 온도가 물체를 이루는 원자 또는 분자들의 평균 운동에너지라는 설명은 기체뿐만 아니라 액체나 고체에도 적용된다.

기체를 이루고 있는 분자들이 활발하게 움직인다는 것은 쉽게 이해할 수 있다. 따라서 기체에서 분자들이 활발하게 움직이면 운동에너지가 커서 온도가 높게 나타나고, 천천히 움직이면 운동에너지가 적어 온도가 낮게 나타난다는 것은 받아들이기 쉽다. 그러나 일정한 부피를 유지하고 있는 액체나 고체의 원자나 분자가 활발하게 움직인다는 것은 이해하기 쉽지 않다. 액체 분자들이라면 어느 정도 활동의 여지가 있겠지만 고체를 이루는 분자들이 활발하게 움직인다는 것은 쉽게 이해되지 않는다.

그러나 액체나 고체를 이루는 분자나 원자들도 정지해 있는 것이 아니라 평형점을 중심으로 진동 운동이나 회전 운동을 하고 있다. 단단한 고체를 구성하는 원자는 움직일 틈이 없이 꼭 들어차 있는 것이 아니라 어느 정도의 공간적 여유를 가지고 진동하고 있다. 이러한 운동에너지가 바로 고체의 온도를 결정하는 것이다. 따라서 두 물체의 온도가 같다고 하는 것은 두 물체를 이루는 원자들의 운동에너지가 같다는 것을 말한다.

그리고 일반적인 물질의 상태변화 곡선은 그림 II-3과 같다.

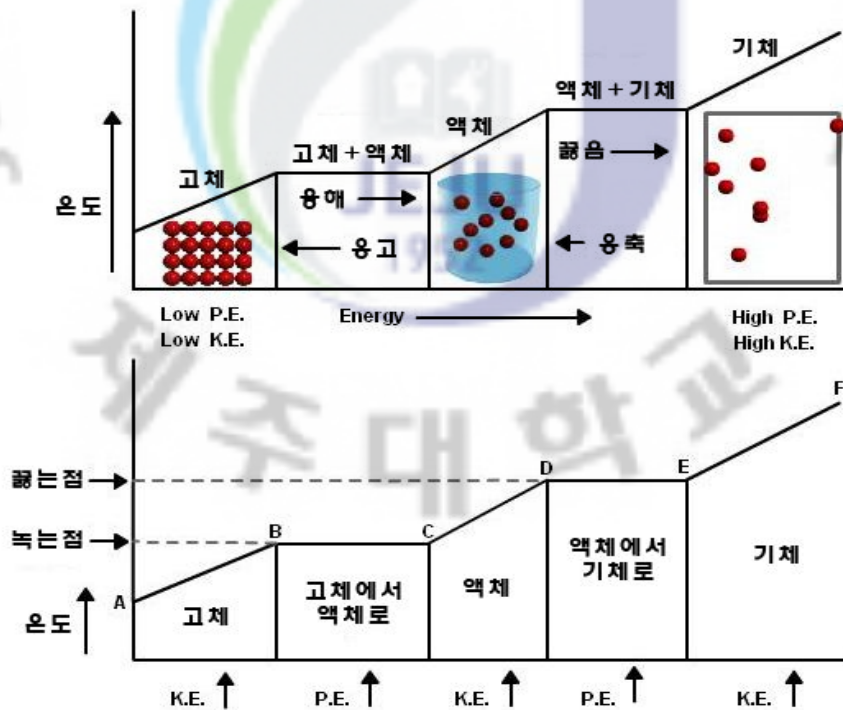


그림 II-3. 물질의 가열곡선

3. 선행 연구

1) 열과 온도에 대한 연구

열 개념에 대한 초기 연구는 아동의 연령에 따라 열을 어떻게 인식하는가에 초점을 두었다. Albert는 아동들이 ‘뜨거움이란 용어는 2~3세부터 사용하며, 8~9세가 되면 열을 차가움에서 뜨거움으로 연속적으로 변하는 상태로 인식한다.’라고 제시하였다. 또한, Albert는 아동이 12세 정도가 되면 열은 뜨거운 정도, 상태 변화, 팽창 등 물체에서 일어나는 변화와 관련이 있음을 인식한다고 하였다 [24]. 특히, Erickson은 학생들과의 면담을 통하여 학생들은 열을 열기와 냉기를 분리하거나, 공기와 관련시키거나, 또는 물체의 고유한 특성을 가진 물질로 판단한다고 제시하였다 [6].

Tilgner는 예비교사의 온도와 열량 개념에 대한 면담 조사에서 열전달과 온도에 대한 개념을 열소 개념인 물질적 모델과 분자 운동론인 과학적 모델로 범주화하였다. 그는 물질적 모델에서 열을 차가움과 분리된 물질로 보았고, 과학적 모델에서 열을 에너지 전환의 한 과정으로 보았다 [25]. Lewis는 청소년 37명, 일반인 9명, 과학자 8명을 대상으로 열에너지와 온도에 대한 개념을 선다형과 서술형을 종합하여 조사하였다. 그는 학교와 일상적인 지식에서 차이를 보이고 있고, 학생은 금속에 대해 차가움을 인식하고, 성인은 관습적 직관 사고를 하며, 과학자도 일상적 현상을 설명할 때 많이 당황해 하였음을 제시하였다 [26].

류재혁은 중학교 1학년 114명, 중학교 3학년 119명, 고등학교 2학년 120명을 대상으로 열의 이동, 열전도율과 온도, 열량과 온도 변화, 상태변화 중의 온도 불변에 대한 열과 온도 개념을 조사하였다. 그의 연구 결과에서 학생들은 열을 물질적 실체로 이해하려는 경향이 강하고, 학습 이전의 직관적·경험적 판단이 수업 후 약간은 변하나 시간이 지나면 원래의 직관적 사고로 돌아간다고 제시하여 ‘학습 전후 여전히 비과학적 사고의 비율이 높다’라는 결론을 맺었다 [27].

권기태는 초등학교 전학년을 남녀, 도시, 농촌으로 구분하여 총 433명에 대해 온도 개념, 상태변화 중의 온도 불변에 대한 개념, 열량·비열·전도·대류·복사 개념에 대한 인식을 연구하였다. 그의 연구 결과는 (1) 학습한 내용과 유사한

문항은 정답률이 높게 나왔으나 응용한 문항은 정답률이 떨어졌고, (2) 이유에 대한 진술에 일관성이 없고 문제 상황에 맞추어 이유를 설명하려는 경향이 뚜렷하였다고 밝히고 있다 [4].

박호식은 초등 현직 교사 60명을 대상으로 열과 부피의 관계, 열에 의한 상태 변화, 열과 대류현상, 열평형 현상, 열량, 열의 전도에 대한 개념을 직접 면담법으로 조사하였다. 그의 연구 결과에서 열소 개념으로 열과 관련된 제 현상을 설명하는 교사들이 평균 62 %이고, 분자운동 개념으로 열현상을 설명하는 교사는 평균 16%정도 밖에 되지 않았다. 또 열과 관련된 현상을 한 가지 개념으로 일관되게 설명하는 교사는 약 1.6 %인 단 1명이었다 [28].

대부분의 기존 연구는 조사 문항에 대한 연구 자료 결과 처리에서 피연구자 응답을 과학적 개념과 오개념으로 크게 분류하고 있다. 여기서 열과 온도 개념에 대한 조사 문항의 보기는 경험적·직관적인 개념인 열소이론에 기초한 정의와 열의 미시적 관점인 분자운동론에 기초한 정의를 사용하였다.

2) 물질의 상태변화에 대한 연구

Stavy는 이스라엘의 4학년부터 9학년까지의 학생을 6개 그룹으로 나누어 임상적 면담을 통해 기체에 관련된 개념 형성 과정을 연구하였다. 4학년부터 6학년 학생들은 학습 전에는 자발적으로 기체에 관한 일반적 개념을 발달시키지 못하였다. 하지만 7학년에서 물질에 관한 입자이론과 물질의 상태에 관해 학습한 후 기체의 실제적 성질에 대한 지식을 처음으로 얻는다고 지적하였다. 또한, 9학년 학생들은 개념 형성이 상황 의존적이어서 기체라는 용어에 물질의 입자 이론을 적용하는데 일관되지 않고 학습 과제에 따라 물질의 상태변화 개념이 변한다고 하였다 [29].

Hwang 등은 대만의 중·고등학생과 대학생의 끓음과 증발 개념에 대한 인지 모델을 조사하기 위해 시범 실험에 의한 집단 토의, 심층 면담을 실시하였다. 그의 연구 결과는 학생들이 다음과 같은 오개념을 가지고 있음을 확인했다. (1) 증발은 다른 용액이나 액체에서는 일어나지 않고 물 또는 수용액에서만 나타나는 현상이다. (2) 증기압과 대기압을 혼동한다. (3) 증발은 용액의 증기 압력과 관계

없고 대기압과 관련된다. (4) 분자의 동적 평형에 대한 개념이 없다. (5) 수증기가 증발될 때 용매와 함께 용질 입자도 빠져 나오며 온도와 분자운동에너지의 관계에 대한 생각을 하지 못한다. (6) 끓음은 냉각과정임을 이해하지 못하여 끓는 액체의 온도는 가열에 의해 계속 올라간다고 생각한다. (7) 닫힌계와 열린계에서의 증발을 구분하지 못한다는 것을 밝혔다 [30].

Johnson은 7학년부터 9학년까지 33명의 중학생을 대상으로 3년에 걸친 중단 연구를 통해 물의 끓음과 물의 입자 개념에 대한 학생들의 시각 변화를 심층적 면담으로 조사하였다. 그의 연구 결과는 물이 수증기로 존재한다는 것에 대한 이해가 없는 수준에서부터 상태변화의 개념이 있으나 입자개념이 없는 수준, 그리고 점차 입자개념을 이해하는 수준으로 발달해 가는 유형을 보였다 [31].

Chang은 교육대학생 364명에 대해 증발과 끓음에 대한 개념조사에서 과학을 전공한 학생들이 전공하지 않은 학생들보다는 나았지만 전반적으로 끓음에서 기포 안에 무엇이 있는지 제대로 알지 못하고, 공기 중의 수증기 존재에 대한 이해가 낮다고 보고하였다 [32].

국동식은 중·고등학생의 물의 상태변화에 대한 개념 형성에 관한 연구에서 물의 끓음, 수증기의 응결, 물의 증발, 얼음의 녹음에 대한 실험을 학생이 직접 실시하도록 하고 상태변화에 대해서 학생들이 가지고 있는 개념 형태를 조사 분석하였다. 그의 연구 결과는 학생들이 과학 개념이나 용어에 대한 이해가 매우 다양하고 피상적이며, 고등학교 학생이 중학교 학생보다 더 많은 과학교육을 받았음에도 중학교 학생들과 비슷한 개념을 가지고 있었다고 하였다. 그리고 고학년 학생일수록 자신의 비과학적 생각을 옳다고 주장하기 위해 과학 용어를 사용한다고 밝혔다. 또한 학생들이 수업에서 배운 과학 개념들이 학생들에게는 오히려 추상적으로 나타날 수 있다고 하였다 [33]. 이는 Osborne와 Crosgrave의 연구 결과와 유사하다 [34].

박선양은 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 물의 상태변화를 분자 운동 관점에서 어떻게 인지하는지 연구하였다. 그 결과 과학 개념과 용어에 대한 학생들의 이해 형태는 매우 다양하고 피상적·추상적이었다. 따라서 일상 생활에서 자주 경험하는 물의 끓음·증발·응결과 같은 개념들에 관한 구체적·심층적 질문에 피상적인 대답을 하였고, 학생들이 경험하지 못한 현상들에 대한 대답은 더욱 더

추상적이었다고 하였다 [35].

여상인은 초등학교 예비 교사가 가지고 있는 증발과 응결에 관한 이해와 대안 개념을 연구하기 위해 320명의 교육대학교 학생에게 개방형 설문지 조사를 하였다. 연구 결과에서 예비교사는 설문지의 증발과 응결 현상의 예들에 대한 설명을 통해 대략적으로 이해하지만 수증기·기포·물방울을 구분하지 못하고 공기와 수증기를 혼동하여 사용하였다. 특히, 많은 어린 아동이 가지고 있는 대안 개념을 지닌 예비교사도 있음을 밝혔다. 결국 이 연구는 예비교사에게 증발과 응축 개념에 대한 학습을 강화할 필요가 있음을 주장하였다 [36].

조미정은 고등학교 3학년 학생과 화학을 전공한 현직교사를 대상으로 증발과 끓음에 대한 이해 정도를 설문지를 통해 알아보았다. 연구 결과에서 그녀는 증발과 끓음에 대한 학생의 이해가 명확하지 않음을 지적하면서 끓음과 증발에 대해 많은 학생들은 가열하는 경우에만 끓음이 일어난다고 가열하지 않으면 증발만 일어난다고 인식하고 있음을 보고하였다. 특히, 증발 과정에서 증기압은 교과서에 명확한 개념이 제시되어 있지만 끓음은 명확하게 제시되지 않아 끓음과정에서 발생하는 기포 내의 증기압력과 외부압력이 같다는 것에 대해 교사들이 설명하지 못하는 경우가 대부분이었다. 또한 교사는 학생과 같이 거시적 관점을 미시적 관점으로 잘못 적용시킨 경우가 많았다. 이는 교과서의 설명이 명확하게 제시되지 않았기 때문이라고 보고하였다 [37].

김근호는 학생이 옳은 과학 개념을 형성하기 위해서는 교사가 학생에게 거시적 수준의 과학적 현상만을 단순히 제시하여 교수·학습하는 것이 아니라 미시적 수준에서 이해할 수 있도록 과학 수업을 설계해야 한다고 주장하였다 [38].

3) 교사의 오인에 대한 연구

학교 교육과정에서 교사의 미숙한 수업이 학습자에게 오개념을 형성시킬 수 있다. Parker와 Heywood는 수업 시간에 교과 내용의 재조직, 혹은 수업 시간에 객관적이고 직접적으로 묘사하기 힘든 대상에 대한 비유적 표현의 사용은 학습자에게 오개념을 줄 수 있음을 주장하였다. 또한 교사가 학습 내용을 동일한 말로 학습자에게 전달할지라도, 듣는 이의 변인에 따라 그 의미가 다르기 때문에

학습자에게 오개념이 형성될 수 있다고 보고하였다 [39].

윤석우는 교사들도 교과교육 내용과 유사하거나 교과교육 내용에서 조금 벗어난 문제에 대해서 비과학적 개념을 가지고 있다고 보고하였다. 또한, 교사들은 주어진 설문 문항에 따라 응답이 다르고 문제 설명에 특정 지식을 기계적으로 적용하거나 어의론적으로 문제를 해석하고 있다고 지적하였다. 이는 중·고등학교 학생들을 대상으로 한 연구에서 나타난 학생들의 과학개념에 대한 오인 특징과 유사함을 밝혔다 [40].

민준규 등은 모형과 그림으로 제시된 문제가 서술식 문항보다 정답률이 더 낮았으며, 그림 자체에 대한 오인을 가지고 있는 경우도 있었다고 보고하였다 [41].

배태수는 교사들의 전공이나 학력에 따라 유의미한 차이가 있었다고 주장하였다 [42]. 정경수 등은 교사들의 오인에 의해 나타나는 학생의 오인을 줄이기 위해서는 첫째로 비과학 개념이 포함된 교사용 지도서에 과학 개념으로만 기술되어야 하고, 둘째로 실제 수업 시간에 정확한 이론적·조작적인 과학 개념 정의가 요망된다고 하였다 [43].

Ⅲ. 연구 절차 및 방법

1. 연구 절차

물질의 상태변화 과정과 관련하여 중등 과학교사들이 열, 온도, 내부에너지 변화, 증발과 같은 상태변화 시 일어나는 현상에 대해 어떠한 개념을 가지고 있는지 알아보고자 표 Ⅲ-1과 같은 절차로 연구를 실시하였다.

표 Ⅲ-1. 연구 절차

연구 단계	연구 내용	연구 기간
기초 연구	<ul style="list-style-type: none">· 연구 주제 선정· 문헌 조사 및 선행 연구 고찰	2007. 9 - 2008. 2
예비 연구	<ul style="list-style-type: none">· 1차 검사도구 문항 개발· 예비 조사· 문항 수정 보완· 연구 대상 선정	2008. 3 - 2008. 7
본 연구	<ul style="list-style-type: none">· 검사도구 완성· 개념 검사 실시 및 수집· 검사 결과 처리 및 결론 도출	2008. 8 - 2009. 2
결과 정리	<ul style="list-style-type: none">· 논문 완성	2009. 2 - 2009. 5

2. 연구 대상

본 연구은 2008년도 제주도 중등 과학교사 실험연수에 참여한 교사와 2008년 공주대학교에서 실시한 물리 1정 연수대상자 중 설문에 응한 교사들만을 대상으로 하였고 인원 분포는 표 Ⅲ-2와 같다.

표 Ⅲ-2. 연구 대상

연수 지역	설문지 회수 인원(명)
제주	25
공주대학교 물리 1정 연수	36
합계	61

3. 분석 방법

1) 검사 도구

검사 도구인 설문지는 7차 교육과정 7·8학년 학생들이 배우는 과학 교과서 2종(디딤돌, 교학사)에서 온도, 열 및 상태변화와 관련된 단원을 분석하여 지도교수, 동료 교사 및 대학원생들과 충분한 논의와 검토를 거쳐 수정·보완했다.

교과서 분석 내용과 설문지의 주요 내용과 구성은 표 Ⅲ-3과 Ⅲ-4와 같고 설문지는 부록에 실었다.

표 III-3. 중학교 7차 교육과정 과학 교과서의 온도, 열 및 상태 변화와 관련된 내용

학년 (단원)	온도, 열 및 상태변화와 관련된 내용
7학년 (물질의 상태 변화)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물질의 상태변화는 어떻게 일어나는가? <ul style="list-style-type: none"> · 마가린의 상태변화 · 에탄올의 상태변화 ○ 생활 속에서 어떤 상태변화를 경험할 수 있을까? <ul style="list-style-type: none"> · 우리 주변의 상태변화 · 생활 속의 상태변화 찾기 놀이
7학년 (물질의 상태와 구성입자의 배열)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물질의 상태가 변할 때 질량과 부피는 어떻게 변할까? <ul style="list-style-type: none"> · 양초의 상태변화 · 아세톤의 상태변화 ○ 물질의 상태에 따른 분자 배열은 어떻게 달라질까? <ul style="list-style-type: none"> · 물질의 상태에 따른 분자 배열 ○ 더 생각해보기 <ul style="list-style-type: none"> · 양초로 글자 만들기 · 드라이아이스의 상태변화는 얼음과 어떻게 다를까?
7학년 (압력과 온도에 따른 부피 변화)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 압력의 효과를 눈으로 볼 수 있을까? <ul style="list-style-type: none"> · 입으로 우리 몸 들기 · 풍선 속 공기의 부피는 왜 변할까? ○ 기체의 압력에 따라 부피는 어떻게 달라질까? <ul style="list-style-type: none"> · 기체의 부피와 압력 사이의 관계 · 압력이란 무엇일까? · 압력에 따른 기체의 부피 변화 측정하기 · 보일의 법칙을 통해 기체의 구조 알아보기 ○ 공기를 가열하거나 냉각시키면 왜 부피가 변할까? <ul style="list-style-type: none"> · 스포이드 끝의 물방울 · 온도에 따른 등근바닥 플라스크 속 공기의 부피 변화 · 기체의 온도가 올라가면 왜 부피가 늘어날까? · 부탄 가스통을 함부로 버리지 맙시다 ○ 더 생각해 보기 <ul style="list-style-type: none"> · 감자 공기충 만들기 · 팍콘이 튀겨지는 원리는 무엇일까? · 보일의 법칙

표 III-3 계속

학년 (단원)	온도, 열 및 상태변화와 관련된 내용
7학년 (스스로 움직이는 분자)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 냄새는 왜 멀리까지 퍼져 나갈까? · 에탄올의 증발 지도를 그려 보자 · 암모니아는 어떻게 퍼져 나갈까? · 물 위의 꽃가루를 보다가 분자 운동을 발견한 브라운
7학년 (상태변화와 열)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 얼음을 가열하거나 물을 냉각시키면 온도는 어떻게 변할까? · 얼음이 녹고 물이 얼 때의 온도 측정 · 얼음과 소금을 섞으면? · 물의 녹는점과 어는점을 측정하여 그래프 그리고 해석하기 · 어떻게 하면 오렌지가 냉해를 입지 않게 할 수 있을까? ○ 물을 계속 가열하면 온도는 어떻게 변할까? · 물이 끓을 때의 온도 측정
7학년 (분자 운동과 열에너지)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물질의 상태에 따라 분자의 운동은 어떻게 다를까? · 물질의 상태변화에 따른 분자 구조와 인력 · 열과 분자 운동 · 분자 사이의 인력 ○ 상태변화가 일어날 때 열에너지가 출입하는 이유는? · 물을 가열하면 온도 변화는 어떻게 일어날까? · 생활 속의 상태변화 · 냉방 장치 ○ 더 생각해보기 · 종이컵에 메추리 알 삶기
8학년 (어는점과 끓는점)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물질마다 어는 온도가 다를까? · 물질이 얼 때의 온도 측정하기 · 물질의 냉각 곡선으로 어는 온도 찾기 · 물질의 녹는점과 우리의 생활 ○ 물질마다 끓는 온도가 다를까? · 물질이 끓을 때의 온도 측정 · 액체가 기체로 변할 때의 온도 측정 · 생활 속에 끓는점 · 압력 밥솥에서 왜 밥이 잘 익을까? ○ 더 생각해보기 · 호수 속 생물의 겨울나기

표 III-4. 설문지 문항의 내용

문항 번호	문항 내용
1	온도의 정의
2	열전달의 정의
3	물의 분자 운동과 상태에 따른 에너지
4	증발과 액체 표면의 온도
5	상태변화 과정에서 온도가 증가하는 구간이 생기는 이유
6	상태변화 과정에서 온도가 일정한 구간이 생기는 이유
7	상태변화 과정에서 온도가 일정한 구간에서 변하지 않는 물리량
8	물의 상태와 온도(분자의 평균 운동에너지)의 관계
9	물의 상태와 열
10	물의 상태에 따른 내부에너지

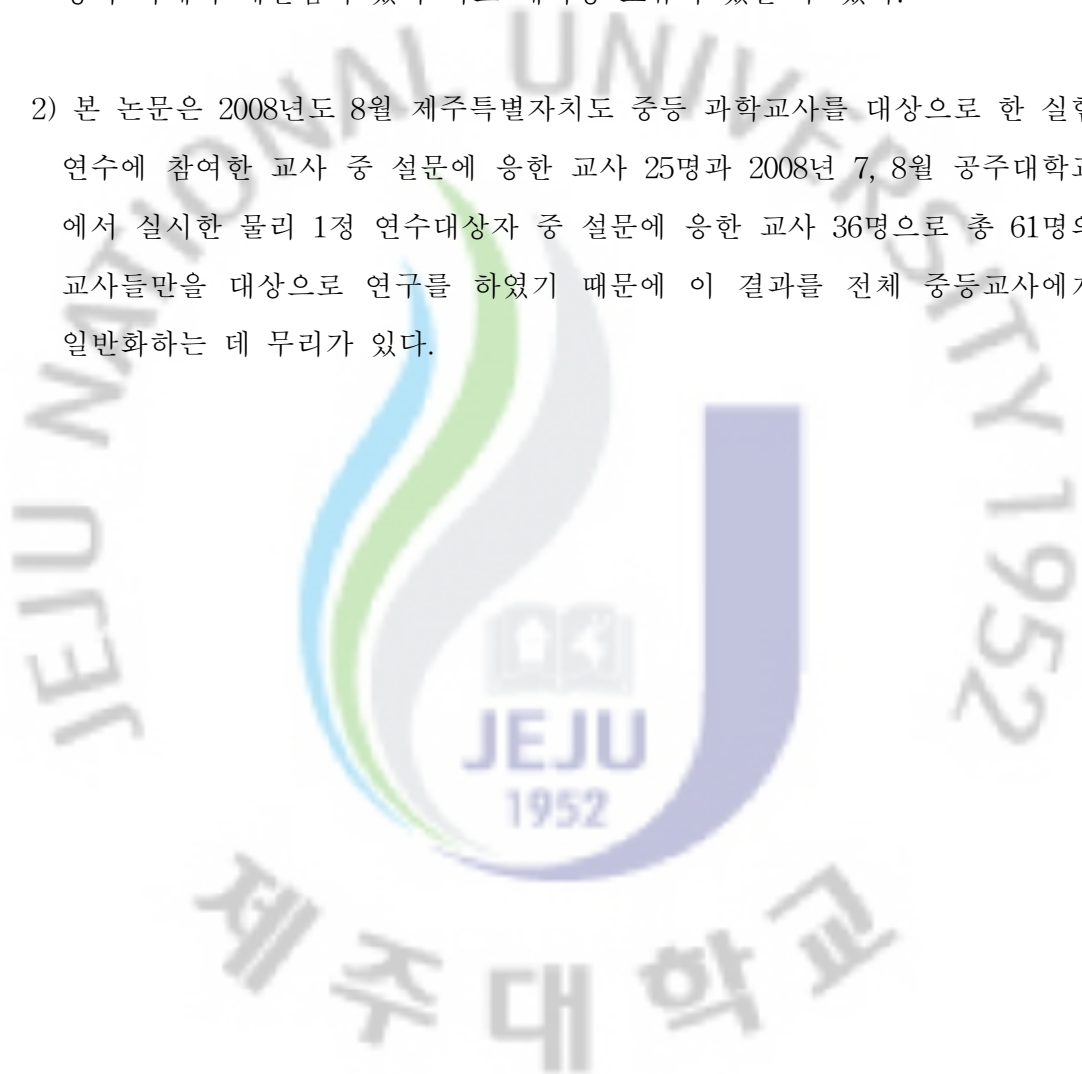
2) 자료 처리 및 분석 방법

설문지의 각 물음에 대한 답을 분류하여 응답한 결과를 표와 그림으로 처리하였다. 중등 과학교사들이 온도와 열에 대해 어떤 정의를 하고 있으며, 과학교사들이 알고 있는 정의에 따라 증발 시 액체 표면의 온도 변화 관계, 상태변화 과정에서 변하지 않는 물리량, 열전달과 열에 대한 인식에 대해 비교 분석하였다.

4. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다.

- 1) 중등 과학교사들의 물질의 상태변화 과정에 대한 인식 조사에서 설문 조사 방식 자체의 제한점이 있어 자료 해석상 오류가 있을 수 있다.
- 2) 본 논문은 2008년도 8월 제주특별자치도 중등 과학교사를 대상으로 한 실험 연수에 참여한 교사 중 설문에 응한 교사 25명과 2008년 7, 8월 공주대학교에서 실시한 물리 1정 연수대상자 중 설문에 응한 교사 36명으로 총 61명의 교사들만을 대상으로 연구를 하였기 때문에 이 결과를 전체 중등교사에게 일반화하는 데 무리가 있다.



IV. 연구 결과 및 분석

1. 설문에 대한 결과 분석

1) 온도의 정의 (문항 1)에 대한 설문 분석

1. 다음은 온도의 정의를 나열한 것입니다. 여러분이 생각하기에 온도의 정의로 가장 적당하다고 생각하는 것은 어느 것인지 하나만 골라 주십시오. 없으면 여러분이 생각하는 온도의 정의를 기타란에 적어 주세요.

- ① 온도계로 측정하는 것.
- ② 물체의 뜨겁고 차가운 정도를 수치로 나타낸 것.
- ③ 미시적 수준에서 물체를 구성하는 분자(입자)들의 무질서한 운동에너지의 평균값.
- ④ 두 물체가 접촉되어 충분한 시간이 경과된 후 두 물체에 대하여 같은 값을 가지는 물리량.
- ⑤ 물체가 자연적으로 주위에 에너지를 방출하는 정도를 나타내는 양.

기타 :

문항 1의 보기에서 ①번은 대학 열물리학 교재에서 온도의 조작적 정의이다 [22]. ②번은 일반적으로 우리가 알고 있는 정의로 초등학교 교과서 “과학 3-1과정 중 단원 4. 온도 재기”에서 차고 따뜻한 정도를 ‘온도’라고 정의를 내리고 있고 [44], 중학교 교과서는 “과학 1학년 단원 7. 상태변화와 에너지”에서 온도는 물질의 차고 뜨거운 정도를 수량적으로 나타낸 것이라 정의하고 있다 [18]. 고등학교 물리 II 교과서는 “단원 3. 열현상과 분자운동”에서 온도를 물질의 차고 더운 정도를 수량적으로 나타낸 것이라 정의하고 있다 [19]. ③번은 통계 열역학적 관점에서 온도에 대한 이론적 정의이다 [20]. ④번은 대학 일반물리학에 나오는 열평형 상태 즉, 열역학 제 0법칙에 의한 정의이다 [21]. ⑤번은 엔트로피와 관련된 정의이다 [22].

온도의 정의를 묻는 문항 1에 대한 응답 결과는 표 IV-1, 그림 IV-1과 같다.

표 IV-1. 문항 1에 대한 교사들의 응답 결과

보기	①	②	③	④	⑤	기타	합계
응답(명)	1	35	22	3	0	0	61
백분율(%)	1.6	57.4	36.1	4.9	0	0	100

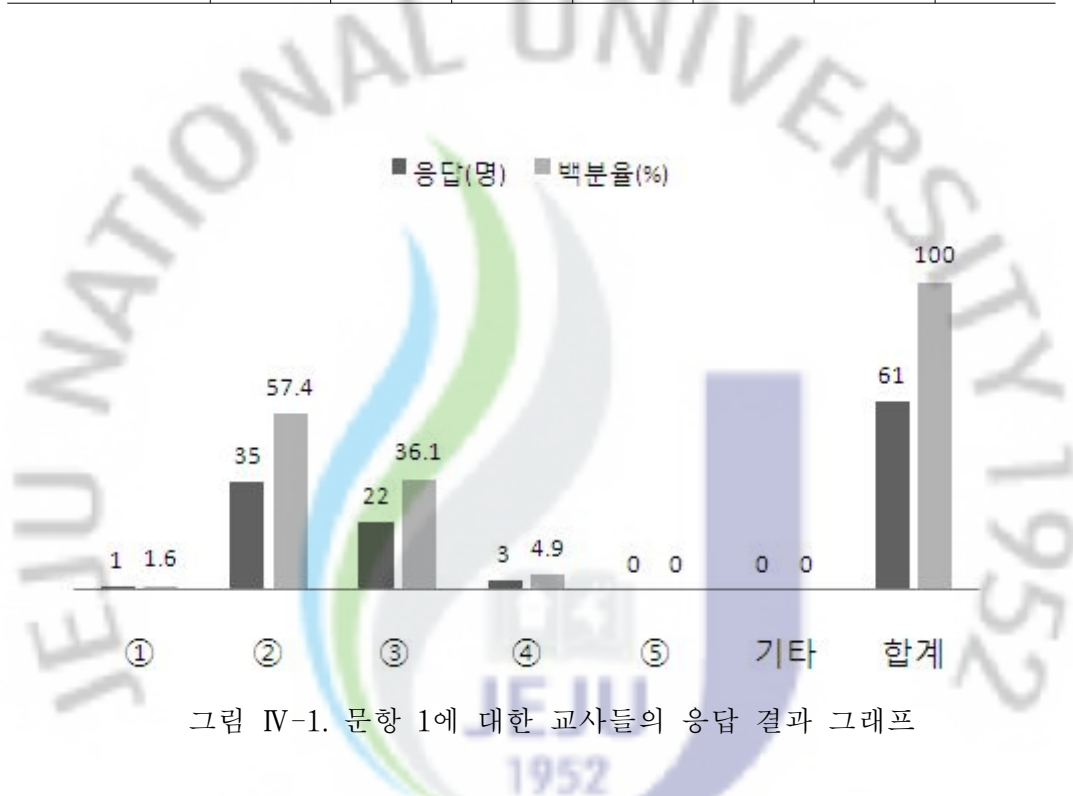


그림 IV-1. 문항 1에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

각 온도에 대한 교사들의 선택을 보면 표 IV-1과 그림 IV-1에 나타났듯이 ②번을 택한 교사가 35명(57.4 %)으로 가장 많고, ③번은 22명(36.1 %), ④번은 3명(4.9 %), ①번은 1명(1.6 %), ⑤번은 0명(0 %)이다.

여기서 교사들이 가장 많이 선택한 문항 1의 보기 ②는 물질의 뜨겁고 차가운 정도를 수치로 나타낸 것을 온도로 정의하는 것은 학생들에게 감각적인 느낌을 온도로 잘못 알게 할 수 있다.

김성진의 연구에서 실내에 놓인 음료수 캔과 과자봉지를 만졌을 때, 어느 것의 온도가 낮은가? 라는 질문을 하였을 때 ‘차갑게 느껴지는 음료수의 캔의 온도가 낮다’가 47.2 %, ‘과자봉지의 온도가 낮다’는 30.4 %였고, ‘같은 온도일 것이다’라

고 응답한 학생이 10.4 %였다 [45]. 강경철의 연구에서도 같은 질문을 하였을 때, ‘차갑게 느껴지는 음료수의 캔의 온도가 낮다’가 62.7 %, ‘과자봉지가 온도가 낮다’는 17.9 %였고, ‘같은 온도일 것이다’라고 응답한 학생이 10.4 %, 기타가 9 %였다 [46]. 이에 대해서 김성진과 강경철은 학생들이 감각적인 느낌을 선호한 것이라고 분석하였다. 하지만 위 연구에서 학생의 답변 결과는 학생들이 온도를 물질의 차갑고 뜨거운 정도라고 배웠기 때문에 나온 것으로 해석된다. 예를 들어, 방 안에 온도가 같은 나무판과 철판을 양손으로 동시에 만졌을 때 나무판은 미지근한 반면 철판은 차갑다고 느낄 것이다. 온도가 동일한 두 물체에 우리의 손이 닿았을 때 하나는 차갑고 다른 것은 뜨겁게 느끼는 이유는 두 물체의 온도가 다르기 때문이 아니라 우리 손에서 물체로 이동하는 에너지 전달 속도가 다르기 때문이다. 열전도도가 큰 철판이 열전도도가 작은 나무판에 비해 훨씬 빨리 손으로부터 에너지를 빼앗아 간다. 다시 말해 두 물체의 온도는 같다고 하더라도 차갑고 뜨거운 정도는 다르다는 것을 의미한다.

문항 1의 보기에 대한 답변 비율은 ⑤번(0 %), ①번(1.6 %), ④번 (4.9 %), ③번(36.1 %), ②번(57.4 %) 순이다. 여기서 ②번의 답변은 초등학교에서 학습한 것이고, ③번은 고등학교에서 학습하며, ④번은 대학 일반물리학에서 학습한다. ①번과 ⑤번은 대학 물리학 전공과정인 열물리학에서 학습하고 있다. 결국 문항 1의 답변 비율을 분석하면 교사들의 온도에 대한 개념은 온도에 대해서 어릴 때 배운 정의를 많이 하고 있다. 이 결과는 아동의 온도 개념은 어릴 때에 형성되므로 초등학교 교육과정부터 바른 온도 개념을 학생들에게 가르쳐야함을 보여주고 있다.

2) 열전달 정의 (문항 2)에 대한 설문 분석

2. 열전달에 대해 가장 바르게 설명한 것은?

- ① 질량이 큰 물체에서 작은 물체로 이동한다.
- ② 열에너지가 많은 곳에서 열에너지가 적은 곳으로 이동한다.
- ③ 부피가 큰 물체에서 작은 물체로 이동한다.
- ④ 기체 상태에서 고체 상태인 물체로 이동한다.
- ⑤ 온도가 높은 물체에서 낮은 물체로 이동한다.

열전달에 대한 정의를 묻는 문항 2에 대한 응답 결과는 표 IV-2, 그림 IV-2와 같다.

표 IV-2. 문항 2에 대한 교사들의 응답 결과

구분	①	②	③	④	⑤	합계
응답(명)	0	24	0	1	36	61
백분율(%)	0	39.4	0	1.6	59	100

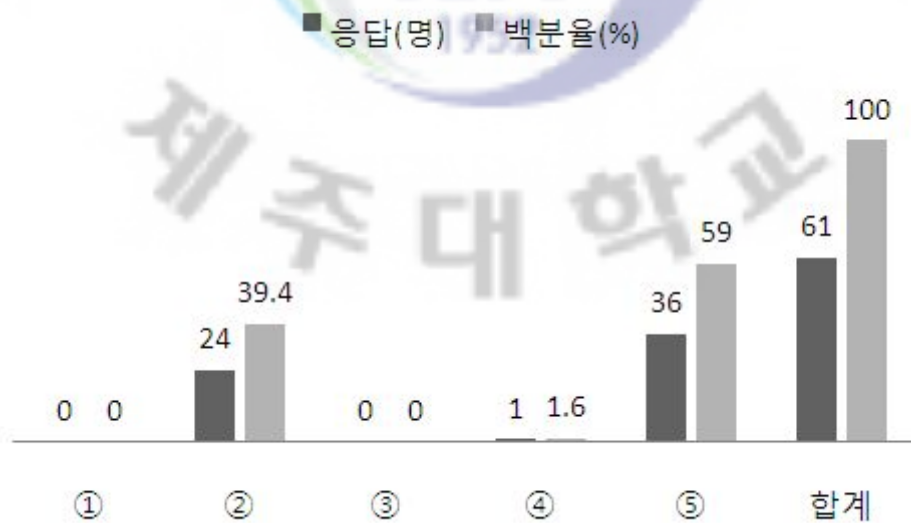


그림 IV-2. 문항 2에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

일반적으로 열역학에서 서로 다른 온도를 가진 물체가 접촉했을 때 고온의 물체에서 저온의 물체로 에너지가 이동하는 현상을 열이란 정의된다. 내부에너지는 계가 가지고 있는 모든 형태의 에너지의 합이고, 열에너지(thermal energy)는 계의 퍼텐셜에너지의 기준점으로부터 측정된 퍼텐셜에너지와 운동에너지의 합이다. 이때 내부에너지와 열에너지는 퍼텐셜에너지 기준점과 질량에너지만큼 차이가 있다. 고체는 인력 상호작용에 의해 형성되기 때문에 퍼텐셜에너지 기준점은 음수로 주어진다. 따라서 열에너지는 전체에너지에서 퍼텐셜에너지 기준점을 뺀 에너지로 즉 각 자유도에 저장된 에너지인 퍼텐셜에너지와 운동에너지의 합으로 등분배 법칙에 의하면 열에너지는 $\frac{1}{2}N\nu k_B T$ 이다. 여기서 N 은 입자수, ν 는 각입자의 자유도, k_B 는 볼츠만 상수이다. 상호작용 퍼텐셜이 거의 없는 기체는 퍼텐셜에너지 기준점으로 영이다. 따라서 내부에너지와 열에너지는 단지 운동에너지의 합으로만 주어진다. 상호작용이 약하고 계속 움직이는 분자로 구성된 액체인 경우 퍼텐셜에너지 기준점을 정하기가 매우 어렵기 때문에 액체 전체에 대한 평균을 계산한 퍼텐셜에너지 기준점을 사용한다. 그래서 액체의 퍼텐셜에너지는 영보다 작고 일정하다고 본다. 따라서 액체의 내부에너지는 평균을 한 음수의 퍼텐셜에너지 기준점과 운동에너지의 합으로 주어지고, 열에너지는 운동에너지 뿐이기 때문에 $\frac{1}{2}N_{\text{액체}}\nu_{\text{액체}}k_B T$ 가 된다. 열은 에너지가 이동하는 현상이고 열에너지는 계가 가지고 있는 물리량이다. 따라서 계가 열을 가지고 있다는 표현은 잘못된 것이다.

열전달에 대한 교사들의 선택을 보면 표 IV-2와 그림 IV-2 나타났듯이 옳은 선택 ⑤번을 택한 교사가 약 60 %인 36명으로 가장 많고, ②번은 약 40 %인 24명이며, ④번은 1명(1.6 %)이다. 여기서 ②번을 택한 교사들은 열과 열에너지를 구별하지 못하는 것으로 분석된다.

예를 들어, 열전달을 다시 설명하면 50 °C의 고온에 있는 물체를 손으로 만졌을 경우 우리는 뜨거움을 느끼게 된다. 이때 뜨거움을 느낀다는 사실은 에너지가 물체에서 손으로 '전달'되었다는 것을 의미하며, 따라서 열이 발생한다고 말한다. 만일 온도가 체온과 동일한 36 °C인 물체를 손으로 잡았다면 손과 물체의 온도는 동일하기 때문에 에너지의 이동이 없으며, 이 경우에는 열이 발생하지 않는다

고 말한다. 그러나 우리가 얼음과 같이 온도가 0 °C인 물체에 손을 접촉 했을 때 차가움을 느끼게 되는데, 그 이유는 에너지가 온도차에 의해 우리 손에서 차가운 물체로 이동하기 때문이다.

열전달은 반드시 내부에너지가 많은 물체에서 적은 물체로 흐를 필요는 없다. 예컨대, 빨강계 달걀 압정보다 큰 통의 미지근한 물이 보다 많은 내부에너지를 가지고 있지만 압정을 물통에 넣었을 때 열이 물에서 압정으로 흐르지 않는다. 오히려 뜨거운 압정에서 상대적으로 차가운 물로 흐른다.

이와 같이 열이란 개념은 에너지가 이동할 때 그 의미를 가지며, 에너지의 이동이 없을 때는 열이라는 개념은 존재하지 않는다. 그러므로 우리가 생활 중에 느끼는 뜨거움과 차가움 혹은 더움과 추움과 같은 현상은 주위 환경과 우리 몸 사이에서 일어나는 에너지의 이동 현상을 열전달이라 한다. 따라서 열 개념은 온도 차이가 존재할 때만 성립한다.

3) 물의 분자 운동과 상태에 따른 에너지(문항 3)에 대한 설문 분석

3. 다음 중 대기압(1기압)하에서 물의 상태와 분자 운동에 대한 설명 중 옳지 않은 것은 어느 것입니까?

- ① 분자 운동은 얼음 (0 °C) < 물(50 °C) < 수증기(100 °C) 순으로 활발하다.
- ② 물의 상태가 변하면 분자 사이의 거리가 달라진다.
- ③ 100 °C의 물과 100 °C의 수증기는 분자들의 평균 운동에너지가 같다.
- ④ 0 °C 얼음이 열에너지를 방출하면 얼음의 온도가 0 °C보다 낮아진다.
- ⑤ 100 °C의 물이 100 °C의 수증기보다 사람에게 화상을 더 입힌다.
(단, 피부와 접촉하고 있는 물과 수증기의 양은 같다.)

물의 분자 운동과 상태에 따른 에너지를 묻는 문항 3에 대한 응답 결과는 표 IV-3, 그림 IV-4와 같다.

표 IV-3. 문항 3에 대한 교사들의 응답 결과

구분	①	②	③	④	⑤	합계
응답(명)	0	0	29	4	28	61
백분율(%)	0	0	47.5	6.6	45.9	100

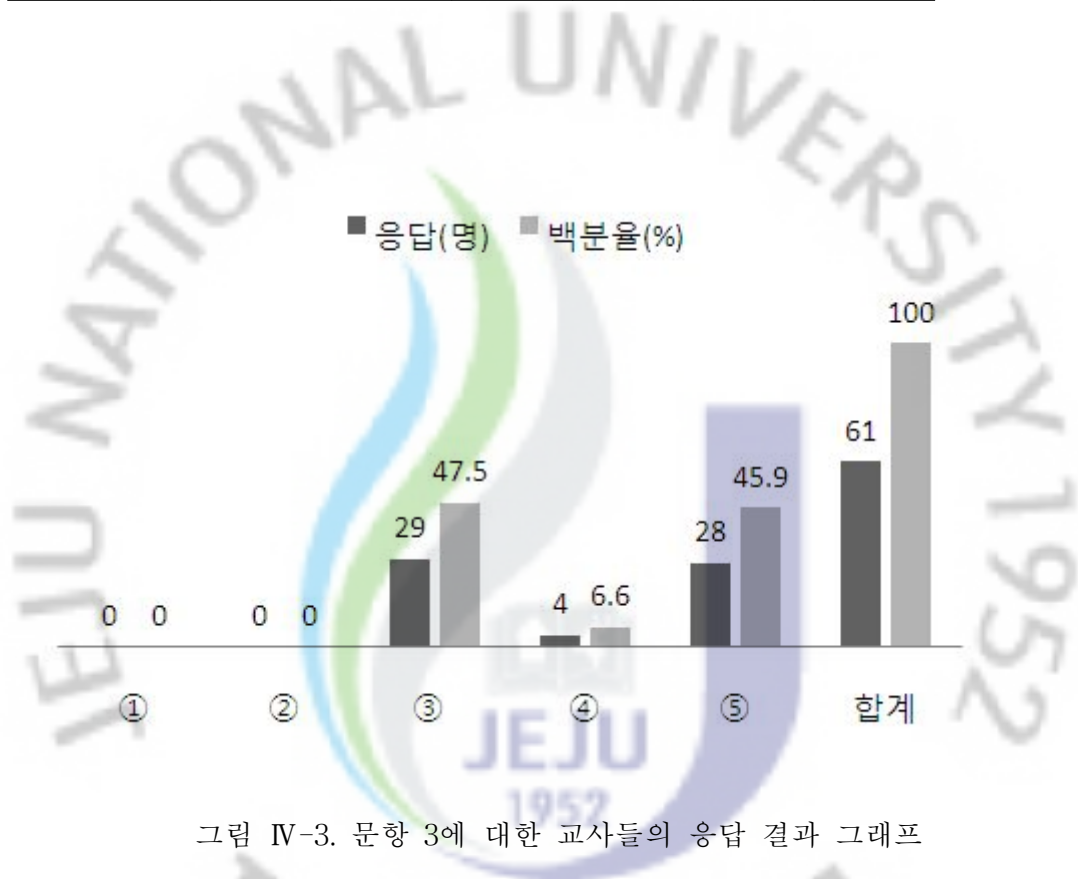


그림 IV-3. 문항 3에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

물을 구성하는 분자의 운동과 분자 사이의 거리는 온도에 의존한다. 100 °C의 물과 100 °C의 수증기는 분자들의 평균 운동에너지가 같기 때문에 물의 상태에 관계없이 온도는 같다.

문항 3에 대한 교사들의 답변 중 ③번을 택한 교사는 29명(47.5 %)이다. 많은 교사들이 온도가 같다면 물의 상태에 관계없이 분자들의 평균 운동에너지도 같다는 것을 바르게 알지 못하고 있다. 심층조사에서도 물리를 전공한 교사들 역시 42 %가 ③번을 택하고 있다. 이것은 대학의 물리학 과정에서 온도에 대한 여러

가지의 정의와 개념에 대한 교육을 더 강화할 필요성을 보여 준다.

④번을 택한 교사는 4명(6.6 %)으로 표준기압(1기압) 하에서 얼음의 어는점이 0 °C라는 사실 때문에 얼음의 온도는 항상 0 °C라고 인식하고 얼음이 0 °C이하의 온도에서도 존재할 수 있음을 알지 못하고 있는 것으로 분석된다.

⑤번을 택한 교사는 28명(45.9 %)이다. ‘100 °C 끓는 물이 100 °C 수증기 보다 사람의 피부에 더 큰 피해를 준다’는 것은 잘못 알고 있는 개념이다. 만일 문항 3에 접촉하는 양이 같다는 조건이 없다면 기체보다 액체의 분자밀도가 약 700배 클 뿐만 아니라 열전도율도 커서 100 °C 끓는 물이 사람에게 더 큰 화상을 입힌다. 하지만, 접촉하는 양이 같다면 같은 양의 100 °C 끓는 물보다 100 °C 수증기가 더 큰 화상을 준다. 이것은 100 °C 끓는 물은 100 °C 수증기와 동일한 평균 운동에너지를 가지고 있지만 수증기가 액화되면서 상당한 양의 에너지를 방출하기 때문이다.

4) 증발과 액체 표면의 온도(문항 4)에 대한 설문 분석

4. 기화에는 증발과 끓음이 있습니다. 증발은 주위의 온도에 상관없이 액체 표면에서 일어나는 기화 현상이고, 끓음은 끓는점 이상의 온도(물의 경우 1기압 100°C)에서 액체의 표면 뿐만 아니라 내부에서도 기체로 변하는 현상입니다. 비커 속에 있는 물이 증발할 때 비커에 든 물의 내부와 비교하면 비커에 든 물 표면의 온도는 어떻게 될까요?

- ① 높아진다. ② 낮아진다. ③ 변화없다. ④ 알 수 없다.

증발과 액체표면의 온도를 묻는 문항 4에 대한 응답 결과는 표 IV-4, 그림 IV-4와 같다.

표 IV-4. 문항 4에 대한 교사들의 응답 결과

구분	①	②	③	④	합계
응답(명)	13	29	15	4	61
백분율(%)	21.3	47.5	24.6	6.6	100

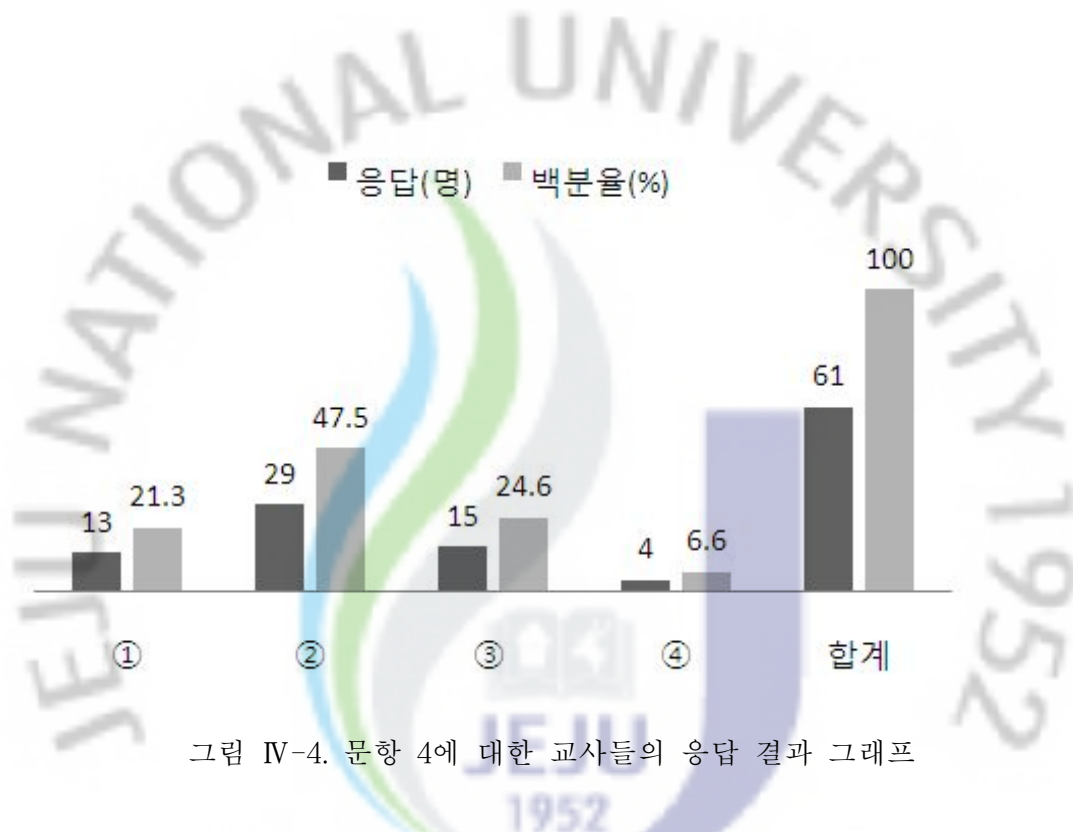


그림 IV-4. 문항 4에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

이 분석을 위해서는 먼저 그림 IV-5에 대한 이해가 필요하다. 일반적으로 주위의 온도에 상관없이 액체 표면에서 일어나는 기화 현상을 증발이라고 한다. 액체 상에서 증기상이 되기 위해서는 분자가 액체의 표면에 있거나 또는 표면 근처에 있고, 분자간 힘을 이겨낼 수 있는 최소한의 운동에너지를 가져야 한다.

그림 IV-5는 두 온도 T_1 과 T_2 에서 액체 분자의 운동에너지 분포를 나타낸 것이다. 수직의 실선은 두 온도에 대한 평균 운동에너지를 나타낸다. T_1 보다 T_2 가 크기 때문에 더 높은 온도를 가지고 있다. 수직점선은 분자가 액체 표면으로부터 탈출하기 위한 최소 운동에너지를 나타낸다. 온도가 낮은 T_1 보다 온도가

높은 T_2 의 최소 운동에너지를 가진 분자의 분율이 더 크기 때문에, 액체는 높은 온도에서 더 빨리 증발한다. 액체 표면에서 운동에너지가 큰 분자들이 증발되기 때문에 남아 있는 액체 분자의 전체 평균 운동에너지는 작아진다. 그래서 그림 IV-5에서와 같이 액체의 온도는 낮아진다. 따라서 증발은 냉각과정이다.

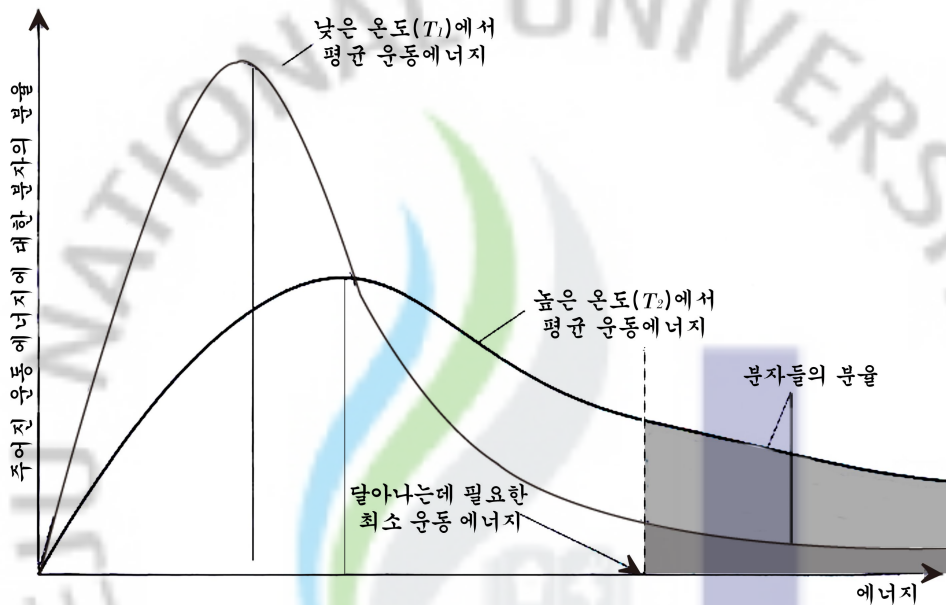


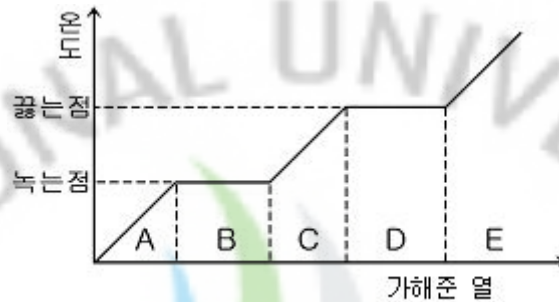
그림 IV-5. 주어진 운동에너지를 갖는 분자의 분율

문항 4에 대하여 정답 ②번을 택한 교사가 29명(47.5 %)이었고, ①번은 13명(21.3 %), ③번은 15명(24.6 %), ④번은 4명(6.6 %)이다.

오답인 ①번을 선택한 교사는 증발 조건 중 온도가 높으면 증발이 잘된다고 해석한 것으로 보인다. 그리고 오답인 ③번을 선택한 교사는 액체의 온도와 증발에 의한 증기상의 온도가 같은 열평형 상태에 있다고 분석한 것으로 보인다. 이 두 경우는 증발이 냉각과정이라는 사실을 이해 못한 결과라고 할 수 있다. 따라서 대학 전공 과정에서 증발은 냉각과정임을 강조하여야 한다.

5) 상태변화 과정에서 온도가 증가하는 구간이 생기는 이유(문항 5)에 대한 설문 분석

※ [5-7] 다음은 얼음의 가열 곡선을 나타낸 그림입니다. 그림을 보고 물음에 답해 주십시오.



5. A구간(고체), C구간(액체), E구간(기체)에서 온도가 증가하는 이유로 바르게 설명한 것은 어느 것입니까?

- ① 가해진 열이 분자의 크기를 변화시키는데 쓰이기 때문이다.
- ② 가해진 열이 분자의 수를 변화시키는데 쓰이기 때문이다.
- ③ 가해진 열이 분자간의 인력을 세게 하는데 쓰이기 때문이다.
- ④ 가해진 열이 분자의 움직임을 빠르게 하기 때문이다.

상태변화 과정에서 온도가 증가하는 구간이 생기는 이유를 묻는 문항 5에 대한 응답 결과는 표 IV-5, 그림 IV-6과 같다.

표 IV-5. 문항 5에 대한 교사들의 응답 결과

구분	①	②	③	④	합계
응답(명)	0	0	0	61	61
백분율(%)	0	0	0	100	100

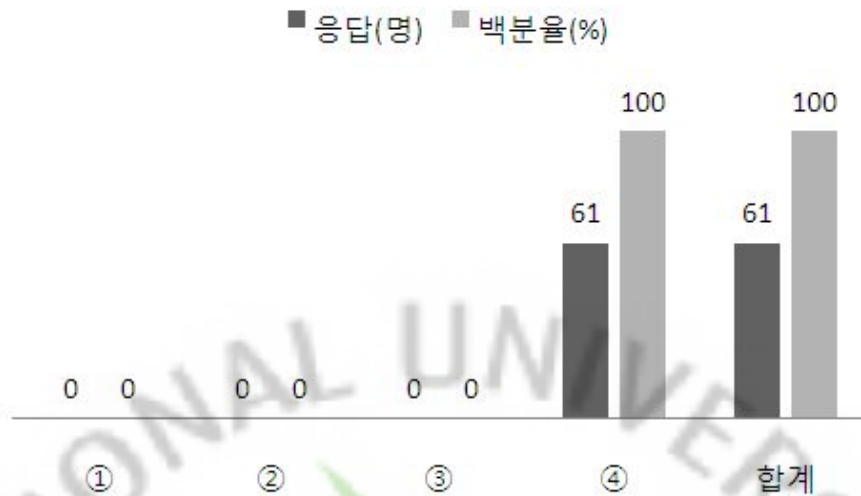


그림 IV-6. 문항 5에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

가해준 열은 온도를 증가시킨다. 이것은 가해준 열이 물 분자의 운동에너지를 증가시키므로, 분자의 움직임이 빨라지는 것이다. 교사의 선택을 보면 모두 옳은 답인 ④번을 택했다. 문항 5에 대한 과학 개념은 바르다고 볼 수 있다.

6) 상태변화 과정에서 온도가 일정한 구간이 생기는 이유(문항 6)에 대한 설문 분석

6. B구간과 D구간에서 온도가 변하지 않는 이유를 가장 잘 설명한 것은 어느 것입니까?

- ① 가해준 열이 분자의 크기를 변화시키는데 쓰이기 때문이다.
- ② 가해준 열이 분자의 수를 변화시키는데 쓰이기 때문이다.
- ③ 가해준 열이 분자간의 인력을 약하게 하는데 쓰이기 때문이다.
- ④ 가해준 열이 분자의 움직임을 빠르게 하기 때문이다.

상태변화 과정에서 온도가 일정한 구간이 생기는 이유를 묻는 문항 6에 대한 응답 결과는 표 IV-6, 그림 IV-7과 같다.

표 IV-6. 문항 6에 대한 교사들의 응답 결과

구분	①	②	③	④	합계
응답(명)	0	0	58	3	61
백분율(%)	0	0	95.1	4.9	100

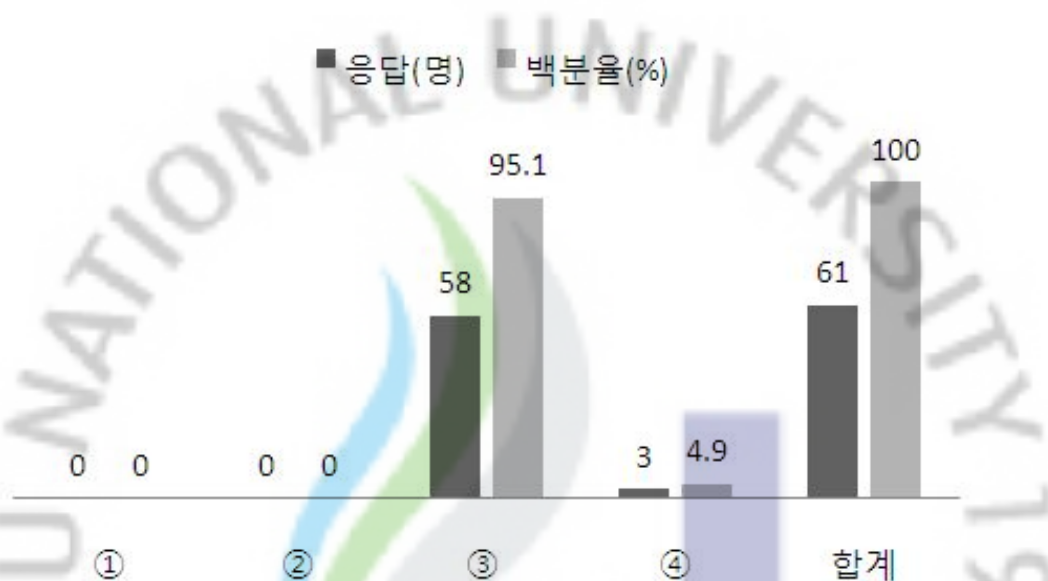


그림 IV-7. 문항 6에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

물의 가열 곡선에서 물이 끓는 구간은 열을 계속 가해 주어도 온도 변화가 일어나지 않는다. 상태변화의 원인을 분자의 운동에너지 증가만으로 설명한다면 그 원인을 설명할 수 없다. 분자의 운동에너지 증가는 온도가 올라가야 하기 때문에 온도의 변화 그래프에서 수평한 부분이 존재하지 않는다. 100.℃ 물과 100.℃ 수증기의 평균 운동에너지가 같은 이유는 가해진 열이 분자의 움직임을 빠르게 하여 운동에너지를 증가시킨 것이 아니라 분자 간 인력을 약하게 하고 분자 배열을 바꾸면서 퍼텐셜에너지를 증가시켰기 때문이다.

교사의 답을 보면 옳은 ③번을 택한 교사는 58명(95.1 %)이고, ④번을 택한 교사는 3명(4.9 %)이다. 이것은 상태변화 과정에서 온도가 일정한 구간이 생기는 이유에 대해서 교사들은 잘 이해하고 있다고 할 수 있다.

7) 상태변화 과정에서 온도가 일정한 구간에서 변하지 않는 물리량(문항 7)에 대한 설문 분석

7. B구간(고체와 액체가 공존)이나 D구간(액체와 기체가 공존)에서 온도가 변하지 않고 일정하게 유지되는데 이 때 변하지 않는 것을 모두 골라 주십시오.

- ① 분자 간 인력 ② 분자의 크기 ③ 분자의 퍼텐셜에너지
 ④ 분자의 평균 운동에너지 ⑤ 내부에너지

B구간이나 D구간의 상태변화 과정에서 온도가 일정한 구간에서 변하지 않는 물리량을 묻는 문항 7에 대한 응답 결과는 표 IV-7, 그림 IV-8과 같다.

표 IV-7. 문항 7에 대한 교사들의 응답 결과

구분	②	⑤	①,③	②,③	②,④	②,⑤	③,⑤	④,⑤	②,④,⑤	②,③,⑤	①,③,④,⑤	합계
응답(명)	8	2	1	2	23	5	4	4	9	2	1	61
백분율(%)	13.1	3.3	1.6	3.3	37.7	8.2	6.6	6.6	14.7	3.3	1.6	100

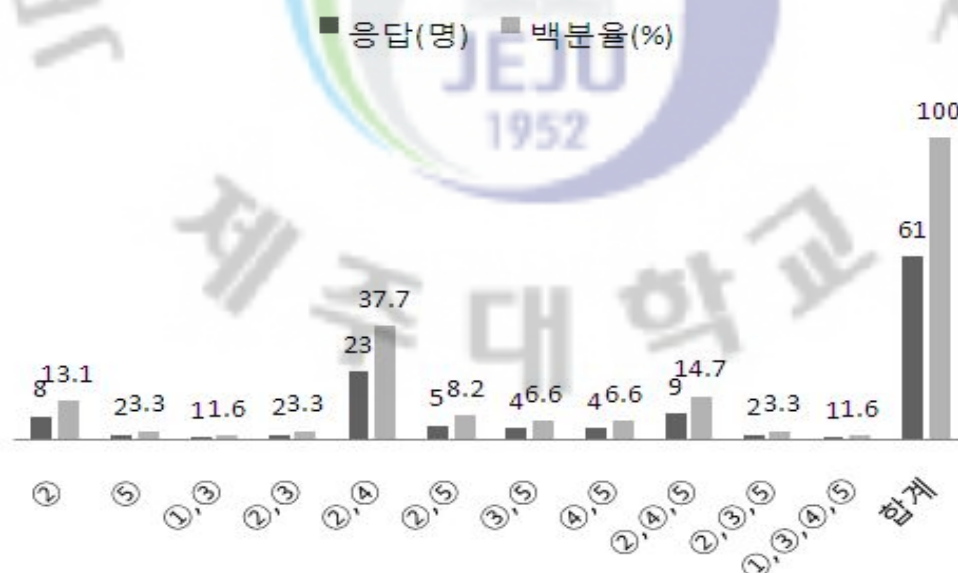


그림 IV-8. 문항 7에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

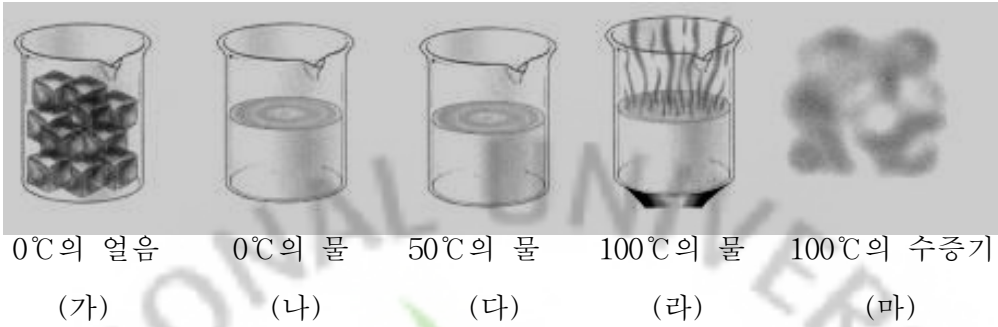
B구간이나 D구간의 상태변화 과정에서 분자의 크기·질량·수·종류 등은 변하지 않지만 분자 사이의 배열·거리·인력은 변하게 된다. 이는 가해준 열이 퍼텐셜에너지를 증가시켰음을 의미한다. 물체의 내부 에너지는 여러 형태의 에너지를 합한 것이다. 이 과정에서 운동에너지는 변하지 않지만 퍼텐셜에너지가 증가하기 때문에 내부에너지는 증가한다. 그리고 내부에너지가 증가하더라도 온도는 변하지 않는다.

문항 7에 대한 교사들의 응답에서 23명(37.7 %)만이 온도가 일정한 구간에서 변하지 않는 물리량을 바르게 알고 있다. 그러나 B구간(D구간)에서 분자의 평균 운동에너지가 변하다고 응답한 교사도 24명(39.4 %)이다. 이는 상전이가 일어날 때 온도가 일정한 것은 알지만 온도가 분자의 평균 운동에너지이라는 것을 모르고 있기 때문이다. 온도 정의에 대한 문항 1의 보기 ③번 ‘미시적 수준에서 물체를 구성하는 분자(입자)들의 무질서한 운동에너지의 평균값’을 선택한 교사수가 22명인 것과 비교된다.

그리고 7명(11.5 %)의 교사는 ②번 분자의 크기나 ④번 분자의 평균 운동에너지를 하나도 선택하지 않았다. 27명(44.3 %)의 교사는 ⑤번 내부에너지 또한 변하지 않는다는 응답을 보였다. 전체 61명의 교사 중 38명(62.3 %)은 상태변화 과정에서 변하는 물리량과 변하지 않는 물리량에 대한 이해가 부족한 것으로 파악된다.

8) 물의 상태와 온도(평균 운동에너지)의 관계(문항 8)에 대한 설문 분석

※ [8-10] 다음 그림은 대기압 하에서 물의 여러 가지 상태를 나타낸 것입니다.



각 상태에서의 물음에 대한 답을 아래 보기에서 골라 주십시오.
(단, 질량은 모두 같다.)

- 보기
- ① (마) > (라) > (다) > (나) > (가) ② (마) = (라) > (다) > (나) = (가)
 ③ (가) > (나) > (다) > (라) > (마) ④ (가) = (나) > (다) > (라) = (마)
 ⑤ (나) > (가) > (다) > (마) > (라) ⑥ (라) > (마) > (다) > (가) > (나)
 ⑦ 비교할 수 없다.

8. 평균 운동에너지가 큰 것부터 순서대로 나열한 어느 것입니까? ()

물의 상태와 온도(평균 운동에너지)의 관계를 묻는 문항에 대한 응답 결과는 표 IV-9, 그림 IV-10과 같다.

표 IV-8. 문항 8에 대한 교사들의 응답 결과

구분	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	합계
응답(명)	30	28	0	2	0	0	1	61
백분율(%)	49.2	45.9	0	3.3	0	0	1.6	100



그림 IV-9. 문항 8에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

물체의 온도는 분자의 평균 운동에너지로 정의된다. 100 °C 물과 100 °C 수증기의 차이점은 분자 사이의 인력이 변한 것이지 분자의 운동에너지가 변한 것은 아니다. 따라서 문항 8의 질문을 달리 표현하면 “온도가 높은 것부터 순서대로 나열한 어느 것입니까?”와 같다.

문항 8에 대한 교사들의 응답에서 28명(45.9 %)이 정답인 ②번을, 30명(49.2 %)이 ①번을, 2명(3.3 %)이 ④번을 선택하였다. 상전이 과정에서 두 상태의 온도가 같더라도 평균 운동에너지가 다르다고 잘못 알고 있는 교사가 50 %이상이었다. 이러한 이유는 중학교 교육과정에서 상전이 할 때 같은 온도인지, 두 상태에서 분자의 활발한 정도를 묻는 물음이 많은데, 같은 온도라도 상태가 변하면 분자 사이의 인력도 변하고 분자의 운동에너지도 변한다고 잘못 알고 있기 때문이라고 분석된다.

9) 물의 상태와 열(문항 9)에 대한 설문 분석

9. 열이 많은 것부터 순서대로 나열한 것은 어느 것입니까? ()

물의 상태와 열을 묻는 문항에 대한 응답 결과는 표 IV-9, 그림 IV-10과 같다.

표 IV-9. 문항 9에 대한 교사들의 응답 결과

구분	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	합계
응답(명)	28	15	0	2	0	0	16	61
백분율(%)	45.9	24.6	0	3.3	0	0	26.2	100

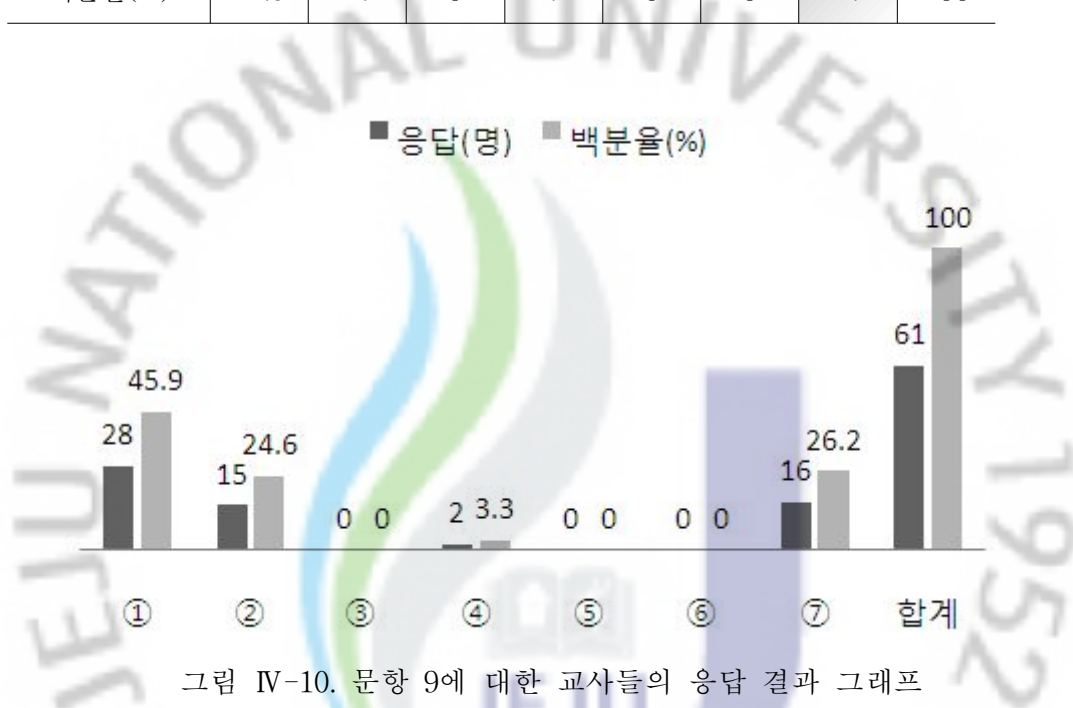


그림 IV-10. 문항 9에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

물의 상태와 열에 대한 물음에 정답 ⑦번을 선택한 교사는 16명(26.2 %)이고, 잘못된 답을 고른 교사는 ①번 28명(45.9 %), ②번 15명(24.6 %), ④번 2명(3.3 %), 모두 45명(73.8 %)으로 나타났다. ①번을 고른 교사들은 내부에너지가 큰 상태일수록 열이 많다고 잘못 알고 있는 경우이고 ②번을 선택한 교사들은 상전이할 때 온도가 같기 때문에 같은 열을 가지고 있는 것으로 잘못 알고 있는 경우이다.

박길순의 연구에서 펄펄 끓는 한 컵의 물과 수영장 속 전체의 물을 비교하여 어느 쪽이 열이 더 많은가 하는 물음에 답한 학생들의 비율을 보면 ‘비교할 수 없다’를 선택한 비율이 실험집단은 17.9 %, 통제집단은 5.1 %였다 [47]. 송진웅

등의 연구도 방 안에 커피가 놓여 있을 때, 컵 안의 커피 온도가 방안의 공기 온도와 같다면, 어느 쪽이 열이 더 많은가? 하는 질문에 ‘비교할 수 없다’라는 과학적 개념을 선택한 학생은 24 %였다고 밝히고 있다 [48].

열이란 에너지의 이동 형태로 정의된다. 서로 다른 온도를 가진 물체가 접촉했을 때, 열은 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동하는 에너지를 말한다. 우리 몸과 주위 환경의 관계를 생각할 경우, 열을 느낀다는 사실은 이미 에너지가 이동하고 있다는 것이다. 우리가 생활 중에 느끼는 뜨거움과 차가움 혹은 더움과 추움과 같은 현상은 주위 환경과 우리 몸 사이에서 일어나는 에너지의 이동 현상, 즉 열전달 현상이다. 따라서 열은 온도 차이가 존재할 때 나타나는 현상이다. 열은 물체에 저장되는 양이 아니다. 따라서 물체의 상태가 고체, 액체, 기체든 온도가 높든 낮든 그리고 양의 적든 많든 물이 지닌 열을 비교하는 것은 무의미하다.

10) 물의 상태에 따른 내부에너지(문항 10)에 대한 설문 분석

10. 내부에너지가 많은 것부터 순서대로 나열한 것은 어느 것입니까? ()

물의 상태에 따른 내부에너지를 묻는 문항에 대한 응답 결과는 표 IV-10, 그림 IV-11과 같다.

표 IV-10. 문항 10에 대한 교사들의 응답 결과

구분	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	합계
응답(명)	37	24	0	0	0	0	0	61
백분율(%)	60.7	39.3	0	0	0	0	0	100



그림 IV-11. 문항 10에 대한 교사들의 응답 결과 그래프

내부에너지는 물체가 가지고 있는 모든 형태의 에너지의 합이다. 미시적으로 내부에너지는 물체를 구성하는 분자 간에 미치는 힘으로 인한 각 분자의 퍼텐셜 에너지, 회전·진동·병진 운동에너지, 질량에너지로 구성된다. 분자의 운동에너지는 개별 분자의 질량과 속도에 의존하고, 퍼텐셜에너지는 분자들이 인접한 정도와 상호간에 미치는 힘의 차이에 따라 크게 달라진다. 따라서 물의 온도가 같다고 하더라도 상태가 다르면 퍼텐셜에너지가 다르므로 내부에너지도 달라진다.

문항 10에 대한 질문에서 정답인 ①번을 선택한 교사가 37명(60.7%), 잘못된 답인 ②번을 택한 교사가 24명(39.3%)이다.

기체의 퍼텐셜에너지는 영이기 때문에 내부에너지는 평균 운동에너지만으로 주어지므로 온도와 직접 관련이 된다. 액체-기체 상전이가 일어날 때, 평균 운동에너지가 같기 때문에 온도는 같다. 하지만 액체와 고체의 퍼텐셜에너지는 영보다 작은 값을 가지고 있기 때문에 액체의 내부에너지는 기체의 내부에너지보다 작아지게 된다. 따라서 내부에너지에 대한 바른 개념을 갖기 위해서는 대학 물리 교육과정이나 과학교사의 직무연수에서 열물리 과정에 대한 교육 시간을 좀 더 많이 할애해야 한다.

2. 문항 간 비교 분석

1) 온도의 정의(문항 1)와 증발과 액체표면의 온도(문항 4) 비교 분석

문항 1 온도의 정의와 문항 4 증발과 액체 표면의 온도와 관련을 표 IV-11과 같이 비교 분석했다.

표 IV-11. 온도의 정의와 관련된 증발 시 액체 표면의 온도 변화 응답 분석

온도의 정의	온도계로 측정하는 것(1명, 1.6 %)				합계
증발 시 액체표면의 온도	높아진다	낮아진다	변화없다	알 수 없다	
인원(명)	0	0	1	0	1
백분율(%)	0	0	100	0	100
온도의 정의	물체의 뜨겁고 차가운 정도를 수치로 나타낸 것(35명, 57.4 %)				합계
증발 시 액체표면의 온도	높아진다	낮아진다	변화없다	알 수 없다	
인원(명)	9	15	9	2	35
백분율(%)	25.7	42.9	25.7	5.7	100
온도의 정의	미시적 수준에서 물체를 구성하는 분자(입자)들의 무질서한 운동 에너지의 평균값(22명, 36.1 %)				합계
증발 시 액체표면의 온도	높아진다	낮아진다	변화없다	알 수 없다	
인원(명)	3	13	5	1	22
백분율(%)	13.64	59.1	22.72	4.54	100
온도의 정의	두 물체가 접촉되어 충분한 시간이 경과된 후 두 물체에 대하여 같은 값을 가지는 물리량(3명, 4.9 %)				합계
증발 시 액체표면의 온도	높아진다	낮아진다	변화없다	알 수 없다	
인원(명)	1	0	1	1	3
백분율(%)	33.33	0	33.33	33.33	100

표 IV-11에서 온도의 정의를 ‘물체의 뜨겁고 차가운 정도를 수치로 나타낸 것’을 선택한 교사 35명(57.4 %)중 15명(42.9 %)의 교사가 정답인 비커에 든 물이 증발할 때 액체 표면의 온도가 ‘낮아진다’를 선택하였지만, 나머지 20명(57.1 %)의 교사는 오답인 ‘높아진다’ 9명(25.7 %), ‘변화없다’ 9명(25.7 %), ‘알 수 없다’ 2명(5.7 %)이 선택하였다.

그러나 온도의 정의를 ‘미시적 수준에서 물체를 구성하는 분자(입자)들의 무질서한 운동 에너지의 평균값’을 선택한 교사 22명(36.1 %) 중 13명(59.1 %)의 교사가 정답인 비커에 든 물이 증발할 때 액체 표면의 온도가 ‘낮아진다’를 선택한 반면, 나머지 9명(40.9 %)의 교사는 오답인 ‘높아진다’ 3명(13.64 %), ‘변화없다’ 5명(22.72 %), ‘알 수 없다’ 1명(4.54 %)이 선택하였다.

그리고 온도의 정의를 ‘온도계로 측정하는 것’과 ‘두 물체가 접촉되어 충분한 시간이 경과된 후 두 물체에 대하여 같은 값을 가지는 물리량’으로 선택한 교사 4명 모두 잘못된 답을 하였다.

문항 1과 문항 4에 대한 응답에서 교사들은 온도의 정의를 ‘물체의 뜨겁고 차가운 정도를 수치로 나타낸 것’으로 알고 있는 경우보다 온도를 ‘분자의 평균 운동에너지’로 알고 있는 경우가 ‘증발 시 액체표면의 온도가 낮아진다’는 응답률이 높았다. 이는 대학 물리전공 과정의 예비교사에게 온도의 확장된 정의인 ‘분자의 평균 운동에너지’를 심도 있게 다루어져야 한다는 것을 보여 준다.

2) 온도의 정의(문항 1)와 분자들의 평균 운동에너지(문항 8) 비교 분석

교사들이 온도와 분자들의 평균 운동 에너지에 대해 어떻게 인식하고 있는지 알아보기 위해 문항 1과 문항 8을 비교 분석해 본 결과 온도의 정의를 ‘물체의 뜨겁고 차가운 정도를 수치로 나타낸 것’을 선택한 교사 35명 중 14명(40 %)의 교사들이 온도와 분자들이 평균 운동에너지가 같다는 사실을 알고 있었고, 온도의 정의를 ‘미시적 수준에서 물체를 구성하는 분자(입자)들의 무질서한 운동 에너지의 평균값’을 선택한 교사 22명 중 12명(54.5 %)의 교사가 온도와 분자들이 평균 운동에너지가 같다고 선택했다.

문항 1과 문항 4에 대한 비교 분석과 유사하게 온도의 확장된 정의인 ‘분자의

평균 운동에너지'로 알고 있는 경우가 상전이 시 두 상태의 평균 운동에너지가 같다는 응답률이 높았다.

3) 열전달 정의(문항 2)과 물의 상태와 열(문항 9) 비교 분석

문항 2와 문항 9에서 교사들이 열전달 정의와 열을 어떻게 알고 있는지 분석한 결과 문항 2의 '열전달의 정의'를 정확히 알고 있는 교사 36명(59 %) 중 23명(63.9 %)의 교사는 문항 9의 '물의 상태와 열'에서 물의 온도가 높거나 고체보다 액체, 액체보다 기체상태일 때 오답인 '열이 많다'를 선택하였고, 13명(36.1 %)은 정답인 열은 '비교할 수 없다'를 선택하였다. 문항 2의 오답을 선택한 25명(41 %) 중 3명(12 %)만이 문항 9의 '물의 상태와 열'에서 열은 '비교할 수 없다'고 했다.

문항 2의 열전달 정의에 대한 정답률이 높은 교사들이 오답률이 높은 교사들보다 문항 9의 열은 '비교할 수 없다'에 대한 옳은 개념을 상대적으로 잘 인식하고 있다. 하지만 문항 2에 대한 정답률이 높은 교사들도 문항 9의 오답률은 63.9 %로 매우 높게 나왔다. 이는 열전달 정의에 대한 개념은 잘 되어 있지만, 열은 물체가 가지고 있는 에너지라는 물리량이 아니라 '에너지의 이동현상'에 대한 개념은 미흡함을 보여 준다.

V. 결론

본 연구는 온도의 정의, 열전달의 정의, 물 분자 운동과 상태변화에 따른 에너지, 증발과 액체 표면의 온도, 상태변화 과정에서 온도가 변하는 구간과 변하지 않는 구간이 생기는 이유, 상태변화 과정에서 온도가 일정한 구간에서 변하지 않는 물리량, 물의 상태와 온도의 관계, 물의 상태와 열의 비교 그리고 물의 상태에 따른 내부에너지에 대해 가지고 있는 개념을 중등 과학교사들을 대상으로 설문조사를 통하여 비교 분석하였다.

문항 1의 온도의 정의와 증발 시 ‘액체표면의 온도가 낮아진다’는 문항 4의 비교 설문 조사에서 교사들은 온도를 ‘분자의 평균 운동에너지’로 알고 있는 경우의 정답률은 59.1 %이었지만, 온도의 정의를 ‘물체의 뜨겁고 차가운 정도를 수치로 나타낸 것’으로 알고 있는 경우는 정답률이 42.9 %로 작았다. 이는 증발이 냉각과정이라는 사실을 이해 못한 결과이다.

문항 2의 열전달 정의와 문항 9의 열을 어떻게 알고 있는지에 대한 설문조사 결과는 열전달에 대해 정확히 알고 있는 교사 36명(59.1 %) 중 13명(36.1 %)만이 ‘열은 비교할 수 없다’고 응답하였고, 23명(63.9 %)의 교사는 물의 온도가 높거나 고체보다 액체, 액체보다 기체 상태일 때 ‘열이 많다’라고 잘못 알고 있음을 알 수 있다. 그리고 열전달의 정의를 잘못 알고 있는 25명(40.9 %) 중 3명(12 %)만이 ‘열은 비교할 수 없다’라고 했다. 전체적으로 16명(26.2 %)만이 ‘열은 비교할 수 없다’라고 바르게 알고 있다. 문항 2의 열전달 정의에 대한 정답률이 높은 교사들이, 오답률이 높은 교사들보다 상대적으로 문항 9의 열은 ‘비교할 수 없다’에 대해 옳은 개념을 잘 인식하고 있다. 하지만 문항 2에 대한 정답률이 높은 교사들도 문항 9에서는 오답률이 63.9 %로 오답률이 매우 높게 나왔다. 문항 2와 문항 9의 비교 분석을 통하여 교사들은 열전달에 대한 개념은 잘 형성되어 있지만 열은 물체가 가지고 있는 에너지라는 물리량이 아니라 ‘에너지의 이동현상’이라는 개념은 미흡함을 알 수 있다.

문항 7의 상태변화 과정에서 변하지 않는 물리량과 변하는 물리량에 대한 교사들의 응답에서 23명(37.7 %)만이 온도가 일정한 구간에서 변하지 않는 물리량

을 바르게 알고 있다. 그러나 분자의 평균 운동에너지가 변한다고 응답한 교사도 24명(39.4 %)이다. 이는 상전이 일어날 때 온도가 일정한 것은 알지만 온도가 분자의 평균 운동에너지라는 것을 모르기 때문이다. 또한, 27명(44.3 %)의 교사는 내부에너지가 변하지 않는다고 응답했다. 물체의 내부 에너지는 물체가 가지고 있는 여러 형태의 에너지를 합한 것이다. 교사들은 상전이 과정에서 에너지를 가하면 온도는 변하지 않는다는 것은 잘 알고 있지만 퍼텐셜에너지가 증가하면 내부에너지가 증가한다는 개념이 미흡함을 알 수 있다.

그리고 문항 7의 변형된 설문인 문항 10의 물의 상태에 따른 내부에너지를 묻는 문항에 대한 응답의 결과는 고체-액체-기체 순으로 상전이 시 내부에너지는 증가한다는 정답률이 37명(60.7 %)이다. 하지만 오답률도 24명(39.3 %)이다. 이는 문체에 따라 답을 달리하고 있다고 분석할 수 있다.

교사들은 온도, 열, 내부에너지에 대한 개념이 의외로 낮으며, 액체 표면에서의 증발이 냉각과정임을 잘 알지 못하고 있다. 그리고 상황에 따라 다르게 나타나는 상황 의존성과 다른 과학 개념들 사이의 통합성이 결여된 특성이 보인다. 이러한 결과는 수업을 받는 학생에게 더 많은 오개념을 심어 줄 수 있다. '교육의 질은 교사의 질을 능가할 수 없다'라는 말이 있다. 예비교사는 대학 학부과정에서 열 물리학을 배울 때 온도, 열, 내부에너지의 개념을 정확히 확립하는 것이 필요하다. 또한, 현장에서 근무하는 과학 교사들이 옳은 개념을 형성할 수 있도록 각종 과학 연수를 통한 교사들의 재교육이 이루어져야 한다. 특히, 교사는 끊임없는 자기계발을 통해 교수·학습과정에서 학생들이 옳은 개념을 가질 수 있도록 노력해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 권재술, “과학 개념 학습을 위한 수업 절차와 전략”, 한국과학교육학회지, **12**(2), 19 (1992).
- [2] R. Osborne and P. Freyberg, *Learning in Science: The implications of children's science*, (Heinemann Publishers, Auckland, 1985).
- [3] 권기태, “국민학교 아동들의 열과 온도에 대한 개념 조사”, 한국교원대학교 석사학위논문, 1993.
- [4] 김은경, “초등학생의 열과 온도에 대한 이해수준과 대안 개념 조사”, 한국교원대학교 석사학위논문, 2001.
- [5] 신미라, “중학생의 열 이동에 관한 개념조사”, 한국교원대학교 석사학위논문, 1999.
- [6] G. L. Erickson, Children's conceptions of heat and temperature. *Science education*, **63**(2), 221 (1979).
- [7] M. C. Linn and M. B. Songer, Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demand? *Journal of Reseach in Science Teaching*, **28**(10), 885 (1991).
- [8] 백성혜. “물질의 상태변화와 혼합물의 분리에 관련된 내용을 지도 할 때 고려해야 할 사항”, 화학교육, **27**(3), 71 (2000).
- [9] 고영환, “화학과 생물 교과서에 제시된 삼투 개념과 고등학교 과학교사와 학생의 삼투 개념 분석”, 한국교원대학교 박사학위 논문, 2002.
- [10] 이상연, “기체분자운동론과 열역학 법칙에 대한 물리교사의 개념 조사”, 한국교원대학교 석사학위논문, 2005.
- [11] 엄인석, “초등교사의 열과 온도에 대한 개념조사”, 한국교원대학교 석사학위논문, 2006.

- [12] 정애경, “증발과 끓음에 대한 중등교과서의 개념간 관련성 분석 및 과학 교사의 인식 조사”, 한국교원대학교 석사학위논문, 2003.
- [13] 정경수, “물관·체관, 확산·삼투 및 증산·증발의 개념 정의에서 생기는 중등 생물교사의 오개념 조사 연구”, 한국생물교육학회지, **27**(3), 185 (1999).
- [14] 김경주, “유전에 대한 과학전공 대학생들과 과학교사들의 개념 연구”, 전남대학교 석사학위 논문, 1993.
- [15] M. Sanders, Erroneous ideas about respiration: The teacher factor *Journal of Research Science Teaching*, **30**(8), 919 (1993).
- [16] 하성자, “중등 과학 교사들의 엔트로피 관련 과학 개념 조사”, 한국교원대학교 석사학위 논문, 2004.
- [17] 권재술, “과학교사양성의 개선 방향”, 과학교육논문집, **9**(1), 1 (1999).
- [18] 강민식·정창희·이원식·한인섭·박은호·이창진·김일희·장병기·정병훈·윤용·이태욱·한천옥, 중학교 과학 1, (교학사, 서울, 2002).
- [19] 채광표·송용갑·김진만·김성진·정대영·장동호, 고등학교 물리 II, (금성출판사, 서울, 2002).
- [20] Richard Feynman, 파인만의 물리학 강의, (도서출판 승산, 서울, 2004).
- [21] D.Halliday, 일반물리학, (범한서적, 서울, 2006).
- [22] Daniel V. Schroeder, 열 및 통계 물리학, (홍릉과학출판사, 서울, 2001).
- [23] Leo J. Malone, 화학의 기본 개념 제 7판, (자유 아카데미, 서울, 2005).
- [24] E. Albert, Development of concept of heat in children. *Science education*, **62**(3), 389 (1978).
- [25] P. J. Tilgner, A qualitative analysis of preservice elementary teacher's conceptions of heat transfer and temperature. (University of Nebraska, 1990).

- [26] E. L. Lewis and M. C. Linn, Heat Energy and Temperature Concept of Adolescent, Adults, and Experts: Implications for Curricular Improvements, *Journal of Research in Science Teaching*, **31**(6), 657 (1994).
- [27] 류재혁, “열과 온도에 대한 중등학생들이 지닌 개념조사”, 서울대학교 석사학위논문, 1987.
- [28] 박호식, “열과 관련된 현상을 통한 초등교사의 열에너지 개념 조사”, 대구교육대학교 석사학위논문, 2001.
- [29] R. Stavy, Children’s conception of gas. *International Journal of Science of Education*, **10**(5), 553 (1988).
- [30] B. T. Hwang and H.bW.bHwang, A study of gognitive development of the concepts of solution. Reseach report sponsored by National Science Council, R.O.C(Grant No. Nsc79-0111-S003-021-D). Taipei: NSC, 1990.
- [31] P. M. Johnson, Children’s understanding of change of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education*, **20**(5), 567 (1998a).
- [32] J. Y. Chang, Teachers college student’s conceptions about evaporation, condensation, and boiling. *Science Education*, **83**(5), 511 (1990).
- [33] 국동식, “물의 상태 변화에 대한 중·고등학생의 개념 형성에 관한 연구”, *한국과학교육학회지*, **8**(1), 33 (1998).
- [34] R. J. Osborne and M. M. Cosgrove, Children’s conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**(9), 825 (1983).
- [35] 박선양, “일상적 상황에서 물의 상태변화에 대한 학생들의 반응 유형 분석”, 한양대학교 석사학위논문, 2000.
- [36] 여상인, “초등학교 예비교사의 증발과 응결 현상에 대한 이해”, *인천교육대학교 과학교육논총*, **13**, (2001).

- [37] 조미경, “증발과 끓음에 대한 고등학생과 화학전공교사들의 인식 조사”, 한국교원대학교 석사학위논문, 2004.
- [38] 김근호, “물질의 상태와 상태변화에 대한 초등학교 5·6학년 학생들의 개념조사”, 대구교육대학교 석사학위논문, 2007.
- [39] J. Parker and D. Heywood, Exploring the Relationship between Subject knowledge and Pedagogic Content Knowledge in Primary Teacher’s Learning about Forces. *International Journal of Science Education*, **22**(1), 89 (2000).
- [40] 윤석우, “지각변동에 대한 초등 교사들의 개념”, 한국교원대학교 석사학위논문, 2000.
- [41] 민준규·박홍서·우종옥, “중등학생 및 과학 교사의 지구와 달의 운동에 관한 개념”, 한국교원대학교 과학교육논문집, **3**(1), 330 (1993).
- [42] 배태수, “원자/분자에 관한 중등학교 학생과 과학교사의 오인 분석”, 한국교원대학교 석사학위논문, 1990.
- [43] 정경수·성인웅, “물관과 체관 개념에서 생기는 교과서 및 중등 생물교사들의 오인 조사 연구”, 한국생물교육학회지, **27**(3), 185 (1999).
- [44] 교육인적자원부, 과학 3-1, (대한교과서 주식회사, 서울, 2007).
- [45] 김성진, “초등학생의 온도와 열에 대한 개념조사”, 부산대학교 석사학위논문, 1999.
- [46] 강경철, “중등교육에서 열역학 개념에 관한 연구”, 군산대학교 석사학위논문, 2004.
- [47] 박길순, “과학사를 도입한 후 고등학생들의 열과 온도 개념의 변화 조사”, 한국교원대학교 석사학위논문, 2005.
- [48] 송진웅·김익균·김영민·권성기·오원근·박종원, 학생의 물리 오개념 지도, (북스힐, 서울, 2004).

ABSTRACT

A survey of science teacher's understanding about changes in the state of matters

A survey of science teacher's understanding about temperature, heat, evaporation, internal energy, etc. associated with the changes in the state of matters was analyzed.

61 people of sample group responded to questionnaire; the subjects of the survey are middle and high school teachers who participated in teacher's training program of experiment and first-class regular physics. After the survey, the following is obtained from the results of analysis:

First, teachers have a definition of the temperature in their ways, and do not perfectly know that evaporation is the cooling process.

Second, teachers have a good formation of conception that heat is transferred by temperature difference between two matters. However, they have a lack of understanding about the conception that heat is not an energy that material has, but the phenomena of energy transfer.

Third, it seems that teachers have an insufficient comprehension of the changes in the state of matters related to the physical quantity that varies or not.

The wrong understanding of teachers can hinder the formation of science conceptions on students who take a class. There is a saying: "The quality of an education system cannot exceed the quality of its teachers." Science teachers need to set upright concepts of thermal physics. Also, under the teaching process, science teachers who work at schools have to make efforts for self-improvement in order to have student set upright conceptions.

The results of this research will be utilized in the education of science teachers and their guidance materials; I finally look forward to using these as fundamental data useful for developing educational tactics to form upright science conception.

Keywords : Temperature, Heat, Evaporation, Internal Energy,
Change of State



* A thesis submitted to the committee of the Graduate School of Education, Jeju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of education in August, 2009

부 록

물질의 상태변화에 대한 과학교사의 인식에 관한 설문지

안녕하십니까? 바쁘신 중에 시간을 할애해 주셔서 감사합니다.
 이 설문지는 물질의 상태변화 과정과 에너지에 대한 인식을 알아보기
 위한 것입니다.
 본 설문 결과는 연구 목적 이외에 다른 용도로 사용하지 않을 것입니다.
 성의껏 답해 주시면 감사하겠습니다.
 선생님의 가정과 학교에 건강과 행복이 가득하길 기원합니다.

제주대학교 교육대학원
 물리교육전공 임 창 민
 doletml@paran.com

소속학교 (해당하는 곳에 √표 해 주십시오)	성별	교직경력	전공과목 (기타에 해당하시면 과목을 직접 써 주십시오)
중학교 () 고등학교 ()	남 () 여 ()	()년	물리 () 화학 () 생물 () 지구과학 () 기타 ()
E-mail :			

♣ 답안 작성요령

예) 답이 ②이라면(답이 2개면 2개에 표시)

① √② ③ ④ ⑤

가능하면 그렇게 생각한 이유 기재

1. 다음은 온도의 정의를 나열한 것입니다. 여러분이 생각하기에 온도의 정의로 가장 적당하다고 생각하는 것은 어느 것인지 하나만 골라 주십시오. 없으면 여러분이 생각하는 온도의 정의를 기타 란에 적어 주세요.

- ① 온도계로 측정하는 것.
- ② 물체의 뜨겁고 차가운 정도를 수치로 나타낸 것.
- ③ 미시적 수준에서 물체를 구성하는 분자(입자)들의 무질서한 운동에너지의 평균값.
- ④ 두 물체가 접촉되어 충분한 시간이 경과된 후 두 물체에 대하여 같은 값을 가지는 물리량.
- ⑤ 물체가 자연적으로 주위에 에너지를 방출하는 정도를 나타내는 양.

기타 :

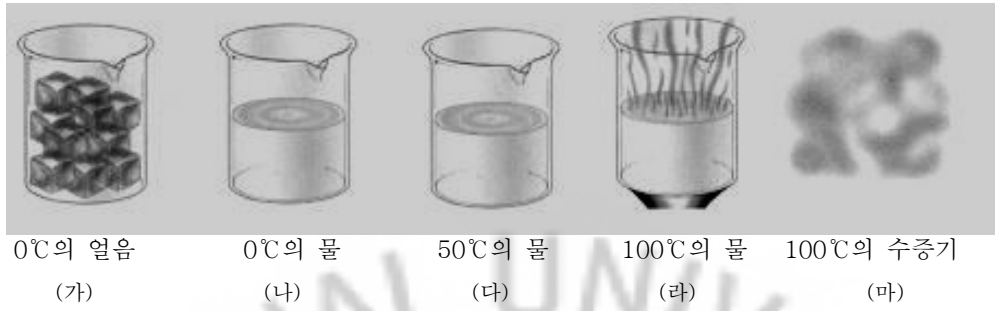
2. 열전달에 대해 가장 바르게 설명한 것은?

- ① 열은 질량이 큰 물체에서 작은 물체로 이동한다.
- ② 열은 열에너지가 많은 곳에서 열에너지가 적은 곳으로 이동한다.
- ③ 열은 부피가 큰 물체에서 작은 물체로 이동한다.
- ④ 열은 기체 상태에서 고체 상태인 물체로 이동한다.
- ⑤ 열은 온도가 높은 물체에서 낮은 물체로 이동한다.

3. 다음 중 대기압(1기압)하에서 물의 상태와 분자 운동에 대한 설명 중 옳지 않은 것은 어느 것입니까?

- ① 분자 운동은 얼음 (0°C) < 물(50°C) < 수증기(100°C) 순으로 활발하다.
- ② 물의 상태가 변하면 분자사이의 거리가 달라진다.
- ③ 100°C 의 물과 100°C 의 수증기는 분자들의 평균 운동에너지가 같다.
- ④ 0°C 얼음이 열에너지를 방출하면 얼음의 온도가 0°C 보다 낮아진다.
- ⑤ 100°C 의 물이 100°C 의 수증기보다 사람에게 화상을 더 입힌다.
(단, 피부와 접촉하고 있는 물과 수증기의 양은 같다.)

※ [8-10] 다음 그림은 대기압 하에서 물의 여러 가지 상태를 나타낸 것입니다.



각 상태에서의 물음에 대한 답을 아래 보기에서 골라 주십시오.

(단, 질량은 모두 같다.)

보기	
① (마) > (라) > (다) > (나) > (가)	② (마) = (라) > (다) > (나) = (가)
③ (가) > (나) > (다) > (라) > (마)	④ (가) = (나) > (다) > (라) = (마)
⑤ (나) > (가) > (다) > (마) > (라)	⑥ (라) > (마) > (다) > (가) > (나)
⑦ 비교할 수 없다.	

8. 평균 운동에너지가 큰 것부터 순서대로 나열한 어느 것입니까? ()

9. 열이 많은 것부터 순서대로 나열한 것은 어느 것입니까? ()

10. 내부에너지가 많은 것부터 순서대로 나열한 것은 어느 것입니까?
()

수고 많으셨습니다. 설문에 응해주셔서 감사합니다.