
碩士學位請求論文

高校 熱力學의 內容과 編輯體制 研究

指導教授 姜 永 奉



濟州大學校 教育大學院

物理教育專攻

金 昌 建

1994年 2月

高校 熱力學의 內容과 編輯體制 研究

指導教授 姜 永 奉

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함

1993年 11月 日

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻

提出者 金 昌 建



金昌建의 教育學 碩士學位 論文을 認准함

1993年 12月 日

審査委員長

朴奎殷

審査委員

송奎用

審査委員

강영봉

< 초 목 >

高校 熱力學의 內容과 編輯體制 研究

金 昌 建

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻

指導教授 姜 永 奉

본 연구는 현재 진행중인 교육 과정에 의해 고등학교 자연계에서 사용하고 있는 7종의 물리 교과서에 있는 열역학 단원의 내용과 편집체제를 비교, 연구하여 각 교과서의 특성과 문제점을 밝히고 앞으로 있을 교과서의 개정 방향을 제시하는 데 목적이 있다.

이와 같이 각 교과서를 분석해 본 결과 첫째, 교과서별 내용 순서는 각 교과서마다 상이하게 편집이 되어 있어, 현재 시행중인 교육 과정의 문제점이 나타나고 있다. 둘째, 열역학 단원의 내용은 각 교과서마다 다양하게 편집이 되어 있으나 미시적인 물리량보다는 거시적인 물리량으로 많이 표현되고 있다. 셋째, 각 교과서별 실험의 수가 다양하게 나타나 교과 운영에 큰 혼란을 주고 있으며, 넷째, 편집체제에서는 과학적 사고력 증진과 동기 유발을 시킬 수 있는 내용보다는 암기 위주의 교과서 편집이 주를 이루고 있었다.

그러므로 모든 교과서는 열역학 분야를 다룰 때 암기 위주의 편집 보다는 과학적 사고력과 창의력을 증진시키기 위하여 거시적인 물리량과 미시적인 물리량에 대한 물리량을 연결 시킬 수 있도록 교과서 편집이 이루어져야 한다.

목 차

<국 문 초 록 >

I. 서 론	1
II. 내용과 차례 분석	3
1. 절대 온도	5
2. 에너지 등분배 법칙	7
3. 비 열	7
4. 열에너지	8
5. 열역학 법칙	9
III. 실험 내용 분석	11
IV. 편집 체제에 관한 조사	14
1. 교과목표에 따른 열역학 단원의 분석	14
2. 편집 체제에 관한 조사	17
1) 문제, 예제, 익힘문제	19
2) 페이지, 그림	20
3) 표, 그래프	20
4) 주석, 사진	21
5) 단위의 사용	22
6) 삽화의 넓이율	23
V. 결 론	24
참고 문헌	27
Abstract	29
부 록	30

I . 서 론

오늘날 우리는 급속하게 발전하는 과학 문명의 혜택을 받으며 살아가고 있다. 이렇게 일상 생활에 깊이 파고든 과학은 과학기술 분야에 종사하든 안하든, 현대인들에게 과학에 대한 어느 정도의 기초 지식을 요구하고 있다. 오늘날의 첨단 과학 기술의 발전은 순수 자연 과학에 대한 체계적이고 지속적인 연구에 의해 이루어 졌다.

물리학은 순수 기초 과학으로서 과학 기술의 발전에 원동력이 되어 왔다. 그리고 급속하게 변화하는 과학의 질적, 양적인 향상과 과학의 미래를 위해서는 시대에 맞는 새로운 과학 교육 과정의 개편이 이루어져야 한다. 이런 과학 교육의 중요성과 진전된 과학에 부합하는 과학 교육의 필요성을 감안하여 우리 나라에서도 5차에 걸친 교육 과정 개편이 이루어져 왔다. 이에 따른 물리과 교육의 목표¹⁾는 다음과 같이 교육 과정에 제시하고 있다.

- 1) 물리의 기본 개념을 이해하게 하고, 자연 현상을 설명하는 데 이를 적용하게 한다
- 2) 물리 현상을 과학적으로 탐구하는 능력을 신장시키고, 문제해결에 이를 활용하게 한다.
- 3) 물리 현상과 물리 학습에 대한 흥미와 호기심을 증진시키고, 과학적 태도를 함양하게 한다.
- 4) 물리 현상을 탐구하는 데 필요한 기본적인 실험 기능을 신장시킨다.
- 5) 물리학의 여러 개념들은 계속 발전하고 있음을 깨닫게 한다.
- 6) 물리학이 기술의 발달과 사회의 발전에 미치는 영향을 인식하게 한다.

이 교육 목표에 알맞는 교재의 개발을 위해서는 그 목표에 적합한 교육 자료의 개발이 이루어 져야 하고 학습 활동이 체계적으로 이루어질 수 있도록 해야 한다. 왜냐 하면 교과서는 교사에게는 지도안을 작성 하고 교수-학습을 전개할때 교재가 되며 학생들에게는 학습 자료가 되기 때문이다. 그래서 교육 과정과 교과서 분석에 관한 많은 연구^{2~5)}가 진행되고 있으며, 이는 앞으로도 계속 되어 할 교육 과제이다.

열현상, 기체의 분자 운동, 열역학 법칙등은 20세기 초반만 하더라도 물질의 거시 상태에 대한 고전 역학적 입장에 의해 다루어졌으나, 그 후 양자 역학의 발달과 개인용 컴퓨터의 대량 보급으로 인해 물질에 미시 상태를 다양하게 기술할 수 있게 됨으로써 통계 역학적 입장에서 다루게 되었다. 즉, 물질의 성질은 물질을 구성하는 원자나 분자들의 거동과 깊이 관련이 있으므로 이 분야의 교육의 초점은 물질의 미시적 상태와 거시적 상태를 어떻게 효과적이고 체계적으로 관련을 지어 설명할 수 있는 학습 자료를 개발하느냐 하는 것이다. 학생들의 지적 수준을 감안할 때 물질의 미시적 상태를 깊이 있고 상세하게 취급한다는 것은 무리일지 모르나, 학생들의 흥미를 유도해 낼 수 있는 동기 유발과 기본 개념을 이해시키고 탐구 능력의 신장과 개념에 대한 지속적인 발전을 위해서는 물질에 대한 현상론적인 관점보다 미시론적인 관점에서 학습자료가 더 많이 수업에 활용될 수 있도록 교재가 편찬되어야 할 것이다.

본 논문의 목적은 현재 고등학교 자연계에서 사용하고 있는 7종의 물리 교과서(6~12)의 열역학 분야의 내용을 경험론적, 현상론적인 입장과 미시적론적인 입장에서 비교, 분석하고 각 교과서의 편집 체계를 비교, 조사함으로써 현재 사용되고 있는 각 교과서의 특성과 문제점을 조사하여 교사의 학습 지도에 도움을 주고자 함이다. 더 나아가 본 논문은 앞으로 있을 교과서의 개정 방향을 제시하고자 한다. 이를 위하여 II장에서는 각 출판사별 내용과 차례를 분석하여 교과서에 실린 내용 중 현상론적인 관점과 미시론적인 관점에서 학생들에게 얼마만큼 흥미와 동기 유발을 할 수 있는가를 분석하고 얼마만큼 과학적 사고력과 탐구능력을 신장시킬 수 있는 내용인가를 분석한다. 그리고 각 교과서마다 상이하게 표현된 내용과 개선되어야 할 내용에 대하여 교과서의 개정 방향을 제시 한다. 특히 각교과서의 열역학 법칙의 기술 방법의 차이점 및 현행 교육과정 편집의 문제점을 고찰하여 보도록 한다. III장에서는 출판사별 실험 내용 및 항목수 분석을 통하여 각 교과서의 열역학의 비중 정도를 알아보고, 열역학에서 반드시 실험해야 할 '필수 실험' 선정도 하려고 한다. IV장에서는 각 출판사의 모든 편집 체계 (표, 그림, 문제, 주석, 사진, 페이지의 나열 상태)를 살펴, 이들 편집 체계에 대한 각 교과서의 특징과 차이점 그리고 문제점을 파악하여 그 개선점을 제시하고 물리교과서 전체 페이지중 열역학 분야는 어느정도 차지하고 있는가를 밝힌다. 마지막으로 V장에서 결론을 다룬다.

II. 내용과 차례 분석

현재 사용 하고 있는 5차 교육 과정 중 물리과 교육의 내용은 모두 6개의 단원으로 구성되어 있다. 이 단원들 중 세번째 단원이 본 논문에서 다루고자 하는 “에너지와 열” 단원이다. 이 단원은 “일과 에너지” “열현상과 분자 운동” 두 개의 소단원으로 구성되어 있다. 그리고 열현상과 분자 운동에서는 열현상, 기체의 분자 운동, 열역학 법칙을 다루고 있다. 「부록 6참조」.

고등학교 과학과 교육과정 해설¹⁾에 의하면 일과 에너지 단원에서 열과 일의 관계, 마찰에 의해 열이 발생할 때의 역학적 에너지와 열에너지의 합의 보존 그리고 에너지 전환등을 심화하여 지도하도록 강조하고 있다. 이와 같은 지도 지침을 학생들에게 효과적으로 학습시키기 위해서는 물질 내부에 어떻게 에너지가 저장되는가를 이해시켜야 한다. 다시 말하면 물질 내부의 원자나 분자에 대한 운동으로 부터, 내부에너지 혹은 열에너지에 대한 개념을 학생들이 충분히 이해한 후 에너지 전환을 배워야 한다는 것이다. 그럼에도 불구하고 대부분의 교과서에서는 내부에너지 혹은 열에너지의 정의나 개념 설명 없이 에너지의 전환이나 전체에너지의 보존을 다루고 있으며, 열현상과 분자운동 단원에서 열, 그리고 내부에너지를 다루고 있어서 교육 내용 차례의 잘못이 있음을 알 수 있다. 이러한 잘못된 학생들이 피상적인 학습을 하게 하여 탐구능력과 창의력을 저하시키며 학습에 대한 흥미를 잃게 할 우려가 있다. 이를 감안하여 a, f 교과서는 교육과정 해설 편집 지침에도 불구하고 에너지 전환을 열현상과 분자 운동 단원의 끝부분에 다루고 있다. 그리고 d 교과서에서는 다른 교과서와는 달리 일과 에너지 단원에서 열, 열운동 그리고 내부에너지 뿐만 아니라 에너지 보존 법칙인 열역학 제1법칙을 교육과정 해설에 맞게 다루고 있다. 이와 같이 교육부의 편집지침에 따라 교육과정을 편집한 d 교과서에서는 열현상 및 열의 이동에 대한 상세한 개념이 없이 에너지 보존법칙인 열역학 제1법칙을 설명하고 있다. 또한 열에 의한 물질의 상태변화 과정은 전혀 나타나 있지 않다. 이는 교육부의 교육과정 편집을 맞추기 위해 학생들의 지적 능력 및 이해 능력을 고려하지 않은 것이다. 그리고 열의 이동에 의한 복사에너지의 표현은 몇몇 교과서에서 단지 식으로만 설명 되어 있어 학생들의 지적 수준 및 흥미 유발에 맞지 않는 편집이다.

결론적으로 제5차 교육과정에서는 역학적 에너지를 먼저 지도 하고 분자 운동과 열 단원에서는 물질 내부에서 에너지 저장방법(열에너지)을 가르친 후 역학적 에너지로 부터 열에너지로의 에너지 전환을 가르쳐야 한다.

5차 교육 과정에서는 적절한 학습 진행 절차를 감안하지 않고 무리하게 에너지에 대한 내용을 에너지와 열단원의 첫번째 소단원에 편입을 하게 하였다. 그리고 탐구력이나 창의력을 요하지 않는 암기 위주식의 교과 내용은 과감하게 수정되거나 교과서에서 제외되어야 한다.

표1. 각 교과서의 내용 분석

내 용	a	b	c	d	e	f	g
화씨 온도(°F)		0					
절대온도에서 절대영도 표현(K)	0	0				0	0
복사에너지(스테판-볼츠만 법칙)	0		0	0		0	0
물질의 상태 변화	0	0	0		0	0	0
각 물질 상태에서의 분자력	0		0			0	
액체의 열팽창		0	0	0	0	0	0
단원자분자와 이원자분자		단	0	0	0	단	0
에너지 등분배 법칙($E = \frac{1}{2}NKT$)	0	0		0			
몰비열	선택	심화	0	0	심화	0	
정적몰비열과 정압몰비열	선택	심화	0	0	심화	0	0
비열의 비 (C_p/C_v)		0				0	
등압변화와 정적변화와 등온변화		0	0				
제1종연구기관과 제2종연구기관	물음	0	0		연구		0
열과 열에너지 표현 방식	열에너지= 내부에너지	열= 열에너지	열= 열에너지			열에너지= 내부에너지	열에너지= 내부에너지
열역학 제 1 법칙의 표현(수식)	$Q = \Delta U + W$	$\Delta U = Q - W$	$\Delta U = Q + W$	$\Delta U = Q - W$	$\Delta U = Q - W$	$\Delta U = Q - W$	$\Delta U = Q + W$

내 용	a	b	c	d	e	f	g
비가역 현상과 확률	선택	0		0			0
비가역 현상과 확산			0		0	0	
카르노 기관	0	0		0	0		0
열역학 제 2법칙의 표현	열의 이동	확률	확산	확률	확산	확산	확률

* 단; 단원자 분자, 선택; 선택 학습, 심화; 심화 학습, 물음; 물음 문제, 연구; 연구 문제

* a; 교학사 b; 성안당 c; 청문각 d; 금성교과서 e; 동아출판사
f; 동아서적 g; 지학사

* 0; 각 출판사에 다루고 있는 내용

다음으로 7종의 물리 교과서의 열역학 단원의 내용에 대하여 비교 분석 하려 한다. 그런데 논문에서는 표1.과 같이 모든 교과서에서 공통으로 다루고 있지 않는 내용과 교과서마다 상이하게 취급한 내용 그리고 학생들의 과학학습에 대한 흥미와 호기심을 증진시키고 과학적 사고력과 창의적 문제해결력을 신장시키기 위하여 심화 탐구 학습의 요구되는 내용에 대하여 분석한다.

1. 절대온도



절대온도는 Kelvin에 의해 1848년에 처음 도입 되었으며 SI기본 단위중 하나이다. 그리고 절대온도를 켈빈온도 혹은 열역학적 온도라고도 하는데, g교과서에서는 절대온도를 열역학적 온도라고 표현하고 있다. 절대온도의 개념을 설명하는데는 다양한 방법이 있을 수 있으나, 부록6.에서 알 수 있듯이 많은 교과서에서는 샤를이 1789년에 발견한 샤를의 법칙을 이용하여 절대온도를 설명하고 있고 기체의 부피가 0이 될 때에 기체의 온도를 절대영도로 정의하고 있다. 이와 같은 절대온도의 개념에 대한 설명 방식은 학생들의 효과적인 학습활동을 저해시킨다. 그 저해요인을 두 가지 측면에서 지적할 수 있는데, 그 하나는 학생들이 효과적인 학습 활동을 전개하기 위한 학습내용이 우선 순위이다.

열현상과 분자운동 단원에서는 열현상을 다룬 후 기체의 분자운동 그리고 열역학 법칙을 다루도록 되어 있다. 그리고 대부분의 교과서는 기체의 분자운동 소단원에서 샤를의 법칙을 취급하고 있다. 이럴 경우 열현상 소단원에서 다루고 있는 열용량, 물질의 상태 그리고 열팽창등을 절대온도와 연관시켜 학습 활동을 전개할 수 없게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 c, f, g 교과서는 열현상 단원의 첫번째 절에서 물의 어는점과 끓는점, 그리고 섭씨온도와의 관계를 이용하여 절대온도를 도입하고 다음 소단원에서 다시 샤를의 법칙으로 절대온도를 설명하고 있다. 그리고 d 교과서는 샤를의 법칙을 열현상의 첫절에서 취급함으로써 문제점을 해결하고 있다. 또 다른 저해 요인은 절대온도를 설명하는 내용의 문제이다. 샤를의 법칙은 기체의 압력이 일정할 경우에 부피와 온도와의 관계를 나타낸 식이다. 부피가 0일때의 온도를 절대영도라 하고 이를 기준으로 하여 섭씨온도의 눈금과 같은 간격으로 켄 온도를 절대온도라고 단순히 설명 한다면, 고체와 액체가 절대영도를 유지하고 있을 때에 고체나 액체의 성질에 대한 학생들의 이해에 어려움이 있을 것이다. 그리고 내부에너지와 절대온도 사이의 관계를 이해하는 데도 어려움이 따를 것이다. 이 문제에 대한 해결은 절대영도에 대한 물리적 의미의 해석에서 찾을 수 있다. 이를 위해서는 반드시 물질을 구성하는 분자나 원자의 열운동과 온도의 관계를 이용하여 절대영도를 설명하고 그 후에 절대온도를 다루어야 한다. 이와 같은 방법으로 절대영도를 설명하는 교과서는 g 교과서이다. 절대온도의 편리한 표준척도가 되는 물의 3중점에서의 절대온도 273.16K에 대해서는 모든 교과서가 언급을 하지 않고 있으며 절대온도 0K는 섭씨온도 -273.16°C 임을 나타낸 교과서는 b, e, f 등 3종이고 더구나 절대영도를 다루지 않은 교과서는 표1.에서 보는 바와 같이 3종이나 된다. 심화된 열역학 분야를 학습하기 위해서는 반드시 절대영도 취급이 필요하다.

본 논문에서의 관심은 수치의 정확도가 아니라 절대 영도가 물리적으로 어떤 의미를 갖느냐 하는 것이다. 즉, 절대영도에서 분자나 원자는 어떤 운동을 하고, 그때의 열에너지는 얼마인가를 학생들이 이해할 수 있는가 하는 문제이다. 이 문제에 대한 해결이 절대온도를 명확히 이해할 수 있는 방법이다. 이렇게 함으로서 -273°C 에 대한 이해와, 온도와 열에너지에 대한 이해를 쉽게 할 수 있다.

2. 에너지 등분배 법칙

에너지 등분배 법칙은 물질이 구성하고 있는 입자들의 자유도를 알고 있을 때에 물질의 내부에너지를 쉽게 구할 수 있는 중요한 법칙으로서 $E=(\nu/2)NKT$ 으로 표현되며, 여기서 ν 는 한 입자의 자유도이다. 이 법칙은 물질의 미시적 거동(자유도)과 거시적 상태(내부에너지)를 수식적으로 관련시켜 주는 대표적인 법칙임에도 불구하고 표1.에서 알 수 있듯이 많은 교과서에서 다루지 않았고, 다룬다 해도 자유도라는 용어를 한교과서만 쓰고 있다. 앞으로의 개편에서는 모든 교과서가 자유도의 개념을 사용하여 물질 내부의 분자나 원자의 운동으로부터 물질의 성질을 파악하는데 중요한 역할을 하는 에너지 등분배 법칙을 다루었으면 한다.

3. 비열

물질의 크기에 관계없이 계의 물질에만 의존하며 일상적으로 많이 사용하고 있는 물리량이 비열이다. 비열은 열량과 온도와의 관계로부터 물질의 성질을 알 수 있는 양으로 단위 질량당 열용량을 비열이라 한다. 몰 당 열용량을 몰열용량 혹은 몰비열이라 한다. 그리고 각각은 정적비열, 정압비열, 정적몰비열, 정압몰비열로 구분할 수 있다. 이상의 물리량에 대하여 각 교과서들 역시 표1.에서 보듯이 다양하게 편집하여 다루고 있으며 그 단위 역시 다양하게 표현하고 있다. 특히 d교과서는 오직 정적 몰비열만 다루고 있다. 그리고 a교과서는 몰비열을 kJol^{-1} 비열로 잘못 사용하고 있다. 비열의 비는 2종의 교과서에서 다루고 있는데 기체의 경우에 $C_p/C_v = (\nu+2)/\nu$ 으로 주어진다. 여기서 C_p, C_v 는 각각 정압 열용량, 정적 열용량이다. 이 양은 자유도와 관련이 된다. 다시 말하면 비열의 비는 물질의 미시적양인 자유도와 열역학적 양인 비열 사이의 관계를 맺어주는 물리량이며, 이론에서 얻은 비열의 비와 실험실에서 쉽게 측정 가능한 비열의 실험값을 비교하여, 이론을 검증할 수 있는 중요한 양이다.

4. 열에너지

열, 내부에너지 그리고 열에너지는 열역학 분야에서 가장 기본이 되는 물리량이
다. 그럼에도 불구하고 표1.에서 보는 바와 같이 열에너지에 대한 개념을 소홀히
하거나 잘못 다루어지고 있다. 각 교과서에 실려 있는 열, 내부에너지 그리고
열에너지를 어떻게 설명하고 있는지를 분석해 보자.

먼저 열의 개념에 대한 표현을 보면, 모든 교과서에서 공통적으로 열은 온도의
변화를 나타내게 하는 원인이라고 기술하고 있다. 그리고 내부에너지는 “물체 내
부에 모든 분자가 갖는 운동에너지와 위치에너지의 총합이다.” 혹은 “분자의
운동에너지와 위치에너지 그리고 기타에너지를 합한 총에너지를 내부에너지라 한
다” 라고 각 교과서마다 다소 표현을 달리하며 기술하고 있다. 마지막으로 열에
너지에 대한 개념 설명이나 열에너지와 다른 물리량과의 관계를 다음과 같이 두
경우로 나누어 조사한다. 그 하나는 열에너지를 내부에너지와 동일하게 다루고
있는 경우이다. a교과서는 “열에너지는 분자의 역학적 에너지로 주어지며 그 에
너지가 물체의 내부에너지라는 것도 알았다.일과 열은 물체의 내부에너지
로 전환될 수 있으며 반대로 내부에너지는 열과 일로 전환될 수 있다.” 라고 표
현하고 있다. f교과서는 “물체를 구성하는 모든 입자들이 갖는 에너지의 총합을
열에너지라 한다.” 라고 쓰고 있다. g교과서는 “물체 내부에 잠재하는 열에너지
는 분자의 운동에너지와 분자력에 의한 위치에너지 및 분자의 회전운동과 진동에
관련된 에너지를 합한 것과 같다. 이러한 열에너지를 내부에너지라 한다.” 라고
설명하고 있다. 다른 한 경우는 열과 열에너지를 동일하게 취급하는 경우이다. c
교과서는 “어떤 상태에서 물체를 가열하면 분자의 운동이 활발해지고, 온도가 올
라가게 된다. 이는 분자가 에너지를 받았기 때문이다. 이 에너지를 열 또는 열에
너지라하고 그 양을 열량이라 한다.” 라고 설명하고 있으며, b교과서는 “밀폐된
기체를 가열할 때 열량 Q를 공급하여 내부에너지의 증가량 $U_2 - U_1$ 은 기
체가 얻은 에너지 Q와 같으므로 $U_2 - U_1 = Q_2$ 된다.” 라고 쓰고 있다. 그리고 g교
과서는 “ $Q = \Delta U + P\Delta V$, 이것은 기체에 공급된 열에너지는 내부에너지의 증가
와 외부에 한일을 합한 것과 같다는 것을 나타낸다.” 라고 설명하고 있어서 열량
Q를 열에너지와 동일하게 취급하고 있다. 이외에도 많은 교과서에서 열 혹은 열
량을 에너지로 표현하는 경우의 예가 많이 있다.

이상에서 살펴 보았듯이 교과서에 따라 열에너지를 내부에너지와 함께 놓거나 열에너지를 열 혹은 열량과 동일하게 취급하고 있으며, 어떤 교과서에서는 두 경우가 혼합되어 사용되는 예도 있다. 내부에너지는 물질 내부의 모든 입자들의 갖는 운동에너지와 퍼텐셜에너지의 총합이며, 열에너지는 모든 입자들이 운동에너지와 퍼텐셜에너지의 합인 데, 이때 퍼텐셜에너지는 퍼텐셜 우물의 밑바닥에 대하여 측정된 것이며 수식으로는 $E_{int} = Ether + N\mu$ 과 같이 표현된다.¹³⁾ 여기서 E_{int} 는 내부에너지이며, $Ether$ 은 열에너지 그리고 $N\mu$ 는 퍼텐셜 우물의 밑바닥인 화학 퍼텐셜을 나타낸다. 그런데 내부에너지는 어떤 편리한 기준 준위를 택하여 측정할 수 있는 데 물질이나 물체들 사이에 입자 교환이 없을 경우에는 가장 편리한 기준 준위를 퍼텐셜 우물의 밑바닥으로 택한다. 이럴 경우 내부에너지와 열에너지는 동일 하다. 그러므로 $E_{int} = Ether - N\mu$ 처럼 변환시키면 이때 $E_{int} = Ether$ 이다. 다시 말하면 열에너지는 물질이나 물체가 열역학적 평형상태에 있는 내부에너지이다. 그러나 상태변화와 같이 어떤 입자의 이동이 있을 경우에는 열에너지와 내부에너지를 다른 개념으로 취급해야 하며, 이에 대한 자세한 내용은 여기서는 다루지 않겠다. 고등학교 물리 교과 과정에서는 입자의 이동을 고려하지 않고 평형 상태에서의 물질의 성질을 다루므로 열에너지와 내부에너지를 같은 개념으로 취급해야 한다.



5. 열역학 법칙

열역학 제1법칙은 에너지 보존 법칙이다. 이 법칙은 물체나 물질에 열의 이동이 있을 때 그리고 외부에 일을 하거나 일을 받을 때에 내부에너지 변화량 나타낸 식으로서 표1.에 잘 나타나 있다. 식에서 W 의 부호는 계가 일을 하였을 때 W 가 음인가 혹은 양인가에 의해 결정 되므로 큰 문제는 없다. 이 수식을 설명하거나 정의할 때 얼마나 학생들이 쉽게 이해할 수 있는가에 관심이 있다. 즉, 계에 열의 이동이 있을 때 어떻게 내부에너지가 변하는가 그리고 계가 일을 할 때 어떻게 물질 내부에 저장되어 있던 에너지가 변하는가를 물질을 구성하고 있는 원자나 분자 운동과 연관 시켜 설명하고 있는가 하는 것이다.

대부분의 교과서는 그릇에 담겨 있는 분자의 운동을 미시적으로 잘 설명하고 있는 반면에 a,d,f교과서는 열을 받으면 내부에너지가 증가하고 일을 하면 내부 에너지가 감소 한다고 거시적으로 설명하고 있다.

이와 같은 거시적 상태 사이의 관계만을 이용하여 제1법칙을 다룰 때 학생들의 탐구능력, 문제해결 능력, 과학적 사고력의 신장에 한계를 주는 교과 내용이 될 것이다.

열역학 제1법칙이 에너지 보존에 기초를 두었다면 열역학 제2법칙은 확률에 기초를 둔 법칙이다. 1850년에 Clausius는 열역학 제2법칙을 경험으로부터 일반화하여 말하였다. 모든 순환 기관은 외부에 영향을 주지 않고 한 물체로부터 열을 받아서 고온의 다른 물체에 계속적으로 열을 옮겨 줄 수는 없다. 그리고 Planck 와 Kelvin은 제2법칙을 다음과 같이 다른 말로 바꾸어 말하였다. 동일 온도를 유지하는 열원으로 부터 끄집어 낸 열을 일로 바꾸게 하는 것 외에는 아무것도 하지 않는 변환은 불가능 하다.¹⁴⁾

그 후 Clausius는 엔트로피의 개념을 써서 제2법칙을 엔트로피 증가의 법칙이라 하였다.⁷⁾ 그리고 Boltzmann은 1877년에 엔트로피를 양자 상태수를 써서 정의 하였다. 그리고 허용된 양자 상태수는 물질의 구성하는 입자의 거동에 대한 확률과 밀접한 관계를 갖는다. 그래서 현재에 이르러서는 많은 교재에서 열역학 제2법칙을 물질을 구성하는 원자나 분자들의 거동에 대한 확률과 관련하여 유도하고 있으며 이를 이용하여 열현상을 포함한 대부분 자연 현상(비가역 과정)을 설명하고 있다.

예를 들면 온도가 다른 두 물체가 열접촉을 하고 있을때, 열의 이동 방향, 압력이 다른 두 물체의 부피변화 방향, 퍼텐셜차가 있을때 입자의 이동 방향등을 열역학 제2법칙은 결정해 준다. 모든 교과서들은 열역학 제2법칙을 자연 현상에서 나타나는 비가역 과정들, 예를 들면 열의 이동을 경험함으로써 이해하게 하여 이를 일반화하여 제2법칙을 설명하고 있으며 몇종의 교과서는 이에 더 붙여서 열의 이동이 있을 때의 물질내의 분자의 운동에너지 변화과정을 이용하여 열현상은 분자들의 무질서한 운동을 하는 방향으로만 진행된다고 설명하고 있다.

표1.에서 보듯이 3종의 교과서는 상자(물질)에 있는 구슬(입자)의 분포(상태) 되는 확률로서 비가역 현상, 즉, 열역학 제2법칙을 자세히 설명하고 있다

Ⅲ. 실험 내용 분석

표2. 물리교과서의 열역학 부분의 실험 내용 분석

내 용	a	b	c	d	e	f	g
일과 열량					0		
열의 일당량 측정	0			0			
온도측정과 더운물과 찬물의 혼합	0						
비열의 측정	0	0	0	0	0	0	0
용해열 측정	0			0			
보일의 법칙			0		0		
샤를의 법칙		0			0		0
보일-샤를의 법칙	0						
기체의 압력			0				
실험 가능성과 확률				0			
합 계	5	2	3	4	4	1	2
물리교과서에 수록된 총 실험수	35	21	25	35	32	24	26
전체 실험에 대한 백분율(%)	14	10	12	12	13	5	8
열역학 분야가 차지하는 페이지	45	44	36	42	39	37	42
교과서 전체 페이지	378	338	347	374	356	357	360
(열역학/전체)페이지 백분율(%)	12	13	10	11	11	10	12

교과서에 실험 항목을 담고 있는 궁극적인 목표는 다음과 같다.¹⁵⁾

- 관찰과 실험을 통해 자료를 모으고 그 뜻을 찾으며 실증적인 것을 존중한다.
- 자연 현상을 직접 대면하여 관찰하고 실험함으로써 기초적인 과학 실험 기능을 습득함은 물론 과학적 탐구력과 판단력을 키운다.
- 가설 형성, 조작적 정의, 변인 통제, 정보 처리, 실험 설계, 수행 및 분석 능력을 키운다.
- 기본적인 물리 과학과 생명 과학의 사실, 개념, 법칙 이론을 이해하고 적용할 수 있으며 서로 의미 있게 관련 지어 파악할 뿐만 아니라 과학의 인문 사회성을 올바르게 인식하고 과학적 우주관을 형성한다.
- 자연 현상에 대한 이해 부족의 실험을 통해 알아봄으로써 탐구의 기쁨을 계속 간직하고, 학습한 과학적 지식, 방법 및 정신을 개인 생활, 학교 공부, 그리고 사회 문제 해결에 적절히 발휘할 뿐만 아니라 과학 방면의 적성과 능력이 있는 학생은 그 방면으로 진출 한다.

이러한 내용을 토대로 하여 앞에서 분석한 표2.의 실험내용은 각 교과서의 실험 및 탐구, 자유 탐구, 해보기 등 기구를 사용하는 모든 과정을 실험으로 간주하여 설명한 것이다. 각 교과서별 실험 내용을 분석해 보면 열역학 분야 총 실험 수 10개중 f교과서에는 10항목 중 1항목(10%)으로 가장 적은 실험 항목수를 보였으나, 총 실험수에 대한 열역학 분야의 실험 항목 비율은 위 표에서 보듯이 5~14%에서 전체 페이지에 대한 열역학 페이지의 백분율과 전체 실험에 대한 백분율을 고려 하면 b, f, g교과서는 a, c, d, e교과서에 비해 실험을 적게 다루고 있다.

열역학 분야에서 적정 실험 항목수를 5 ~ 6항목으로 보면, 7종 교과서 중 a교과서는 5항목을 제시하여 적정 수준이지만 나머지 교과서는 적정 수준 미달이다. 그 이유는 저자들의 편찬 의도에 따라 실험 항목수 선정에 차이가 있다는 것으로 생각 된다.

다음으로 각 교과서에 따라 실험 항목수가 다양하기 때문에 교과 운영상 실험이 많고 적음은 교사나 학생에게 교과 과정에서 혼란을 주므로, 이의 해결을 위해서는 어떤 교과서를 사용 하더라도 반드시 실시 하여야 하는 실험 항목 선정이 필요 하다. 그래서 7종 물리 교과서의 열역학 부분의 공통 되는 실험 항목을 근

거로 ‘필수 실험’을 선정하려 한다.¹⁶⁾ 열역학에서 같은 실험 내용이 4종류 이상의 교과서에 실려 있는 실험 항목을 필수 실험으로 선정한다면 표2.에서 보듯이 “비열의 측정”과 “보일 및 샤를의 법칙” 2항목이 선정된다. 그리고 필수 실험의 내용만 보더라도 비열의 측정은 학생들의 실험실에서 얻은 수치적인 열량과 온도와의 관계를 이용하여 물질의 성질을 쉽게 이해 하는데 크게 도움이 되며, 보일 및 샤를의 법칙은 실험에 근거를 둔 관계식으로서 학생들의 탐구 학습을 위해서 이 실험은 반드시 필요하다. 이와 같이 ‘필수 실험’을 선정하고 학교의 여건에 맞게 그외의 실험을 선택하여 실험을 실시 함으로서 한 종류의 교과서만 선택 이수하는 학교의 교과 운영상의 어려움을 극복할 수 있다.

각 교과서의 I 단원인 물리학의 세계에서 설명된 물리학의 특성으로는 주로 물질과 에너지를 다루는 학문이라고 설명되어 있어 화학과의 명확한 차이점을 설명하지 못하고 있으나 물리학에서 다루어야 할 내용과 범위를 통하여 물리학의 특징을 규정 지으려는 측면이 보이고, 연구 방법에 대해서도 물리학의 실험과 관찰을 통한 이론의 확립과 창의적으로 생각한 이론의 검증을 위한 실험과의 상보적이며 유기적인 관계에 의해 연구 되고 있음을 주로 다루고 있다.²⁾

이 중에서 전반적인 실험에 의한 연구 방법이 강조 되고 있으나 열역학 분야에서 만든 실험 항목수도 적고 구체적인 기술 방법에 대해서도 각 출판사 마다 많은 차이점을 나타내고 있다. 특히, 전 교과와 물리학의 특성을 살리기 위해 물질 내부에서 일어나는 입자들의 운동 상태를 미시적으로 다루려는 경향이 강하게 있는데, 정작 입자들의 미시적인 입장에서 다루어야 하는 열역학 분야에서만은 표2.에서 보듯이 분자들의 운동 상태에 대한 실험은 d출판사에서 1항목만 들어 있어 분자들의 내부 운동이 거시적 입장으로 치우치는 경향이 보여 이 부분의 교재 연구가 적절히 요구되고 있음을 보여주고 있다.

IV. 편집 체제에 관한 조사

이 단원에서는 각 출판사의 교과목표에 따른 열역학 분야의 단원을 분석해 보고 교과서 내의 모든 편집체제를 조사하여 보겠다.

1. 교과목표에 따른 열역학 분야의 단원 분석

현재 진행 중인 교육과정의 물리과 지도 내용 중 이 논문의 연구 과제가 열현상과 분자 운동이다. 이 연구 과제에서 교육부 고시 지도상의 유의에 의하면 “열현상에서 비열의 개념을 도입하여 열과 온도의 관계와 상태의 변화 및 열팽창 현상을 지도하고 기체의 분자 운동을 이상기체를 중심으로 취급하며, 열역학 법칙에서의 제2법칙은 현상을 중심으로 간단히 지도 한다” 라고만 명시되어 있어서 양적인 내용 분석이 어려울 뿐만 아니라 열현상을 거시적으로 아니면 미시적으로 다루라는 내용은 없다. 본 연구에서는 현 고등학교 교육 과정에 명시된 물리 교육 교과 목표를 열역학 단원에 맞추어, 각 교과서의 편집 지침을 중심으로 서술적인 분석 기준을 설정 한다.¹⁾

기준1): 열의 기본 개념을 이해하고 자연 현상의 설명 방법이 구체화 되어 있는가?

기준2): 자연현상과 과학학습에 대한 흥미와 호기심을 증진시킬 수 있는 내용인가?

기준3): 열역학을 탐구하는데 필요한 기본적인 실험기능을 신장시킬 수 있는 내용인가?

기준4): 과학적인 사고력과 창의적인 문제 해결력을 신장시킬 수 있는 내용인가?

기준5): 열역학에 대한 비중은 어느 정도 인가?

표3. 열역학 단원의 교과목표 반영 정도

기준\출판사	a	b	c	d	e	f	g
기준 1)	△	△	□	□	△	○	○
기준 2)	□	○	○	○	○	○	○
기준 3)	○	△	□	○	○	△	△
기준 4)	○	○	□	△	□	□	○
기준 5)	○	○	△	□	□	□	□

○:잘 반영 □:중간 정도 반영 △:약간 반영

교과서의 열역학 분야를 학습하는 데 있어서 학생들의 흥미와 동기를 유발시킬 수 있는 가장 좋은 방법은 물질 내의 분자들의 미시적 상태를 학생들이 이해해야 한다는 관점에서 교과서를 표3.과 같이 분석 하였다.

기준1)의 열의 개념을 이해하고 자연 현상에 대한 구체적인 설명 내용은 각 출판사마다 내용을 달리하고 있다. 예를 들면 e,f교과서는 열에너지는 물체 내부의 분자들의 운동을 변화시켜 주는 내부에너지라고 표현하고 있어 열을 미시적인 관점에서 고찰 하려 하고 있으며, a,b교과서는 단지 열은 온도를 높여 주는 원인 이라고 표현하고 있어 열에 대한 개념 이해가 어려울 뿐만 아니라 자연 현상의 설명도 어렵게 하고 있다.

기준2)의 과학 학습에 대한 흥미와 호기심을 증진 시킬 수 있는 내용에 대해 대체적으로 열의 이동을 분자들의 미시적 미시적 운동인 확산과 확률 통계를 가지고 설명하고 있으나, 유독 a교과서에만 고온에서 저온으로 이동 한다는 거시적 입장을 표명하고 있다.

기준3)의 실험 실습 기능은 현행 교육 과정에서 중요시 여기는 분야인데도 열역학 단원에서만은 실험의 수가 많지 않았다. a교과서는 5종류의 실험을 싣고 있어 적정 수준이었으나 나머지 교과서는 적정 수준 미달이고, a교과서 또한 현상 위주의 실험이다.

기준4)의 창의적인 문제 해결력에 대한 내용의 문제는 거의 대입 해서 푸는 전통적인 주입식 방법위주로 나타나 있으나, a,b,g교과서는 열현상, 기체의 분자 운동 등을 학생들이 직접 사고 할 수 있는 문제를 유도하여 동기 유발을 시킬 수 있는 점도 나타나고 있다.

기준5)의 각 교과서의 열역학에 대한 비중은 타 단원에 비해 그리 많지 않았다. 그이유는 열역학 분야를 분자들의 미시적 상태에서 보지 않고 거의 현상론적인 거시적 측면에서 설명하고 있기 때문이라고 분석된다.

위와 같은 사항을 종합해 보면, 대부분의 교과서가 자연 현상과 과학 학습에 대한 흥미와 호기심을 증진시킬 수 있는 내용을 본문에 또는 심화학습을 통하여 설명하고 있으나, 전체적인 흐름으로 볼때 학생들의 과학적 사고력 증진과 동기를 유발시킬 수 있는 물질내의 분자들에 대한 미시적 상태의 설명은 각 교과서마다 차이점이 많으며, 추상적으로 설명되어 있어서 학생들의 학습 동기 저하 요인이 되고 있다. 단원 내용을 살펴 보면 열과 온도, 열현상, 비열, 상태의 변화, 열팽창, 기체의 분자 운동(이상 기체 중심), 열역학 제1법칙, 열역학 제2법칙, 열기관등 우리 생활에 밀접한 내용을 다루고 있다. 그런데 대부분의 교과서들은 물질의상태나 성질을 경험론적, 현상론적으로 취급하고 있다. 특히, 열역학에 대한 비중은 각 교과서의 타 단원에 비해 적은 편이었으며 그 내용도 대부분의 출판사가 열역학을 현상론적인 입장에서 열의 이동을 설명하고 물체 내부의 에너지 저장방법(열에너지)의 설명을 기피하는 현상이 뚜렷이 보이고 있다.

단원상 열역학 분야는 열에너지의 개념을 정확히 전달한 후 열현상 및 열역학 법칙을 소개해야 한다. 그러나 몇몇 교과서에서는 학생들의 열에너지 개념이 정립 되지 못한 상태에서 열현상 및 기체 분자 운동을 가르치므로 내용 이해가 힘들고 동기 유발이 저해되고 있는 실정이다. 다행히도 열현상을 열에너지의 개념 및 내부에너지의 개념을 도입하여 열현상 및 기체 분자의 운동을 미시적으로 설명하여 학생들의 흥미를 유발하려는 교과서도 3종류가 있었다.

2. 편집 체제에 관한 조사

각 교과서에 나타난 열역학 분야의 모든 편집 체제(문제, 페이지, 그림, 그래프, 사진, 주석)를 조사하여 갯수율 및 백분율로 나타낸 그림은 다음과 같다. 그림1.은 각 교과서에 나타나 있는 문제, 페이지 그리고 그림의 총 갯수를 나타낸다. 그림2.는 그림1.의 총 갯수(공통되는 사항은 1개로 취급)에 대하여 각각의 출판사에 실려 있는 편집체제를 백분율로 나타낸 것이다. 그림3.은 각 교과서에 나타나 있는 표, 그래프, 사진 그리고 주석에 대한 총 갯수를 나타 낸다. 그림4.는 그림3.의 총 갯수(공통되는 사항은 1개로 취급)에 대하여 각각의 교과서에 실려 있는 편집체제를 백분율로 나타낸 것이다.

먼저 문제에 대한 편집 체제를 분석 하고, 각 그림에 대한 편집 체제를 분석 하겠다.

그림1. 문제, 페이지 그리고 그림의 수 분포표

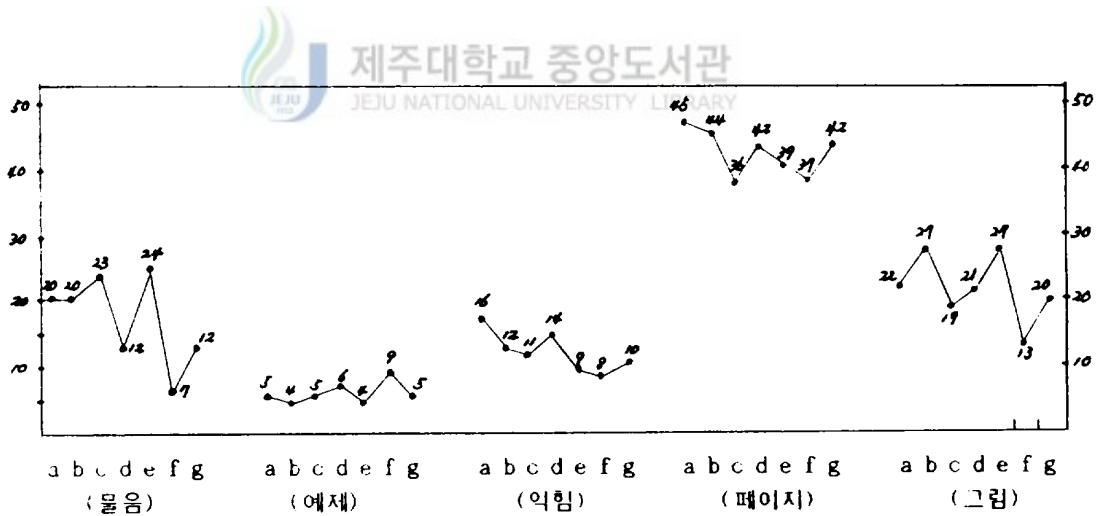


그림2. 문제, 페이지 그리고 그림의 백분율 분포표

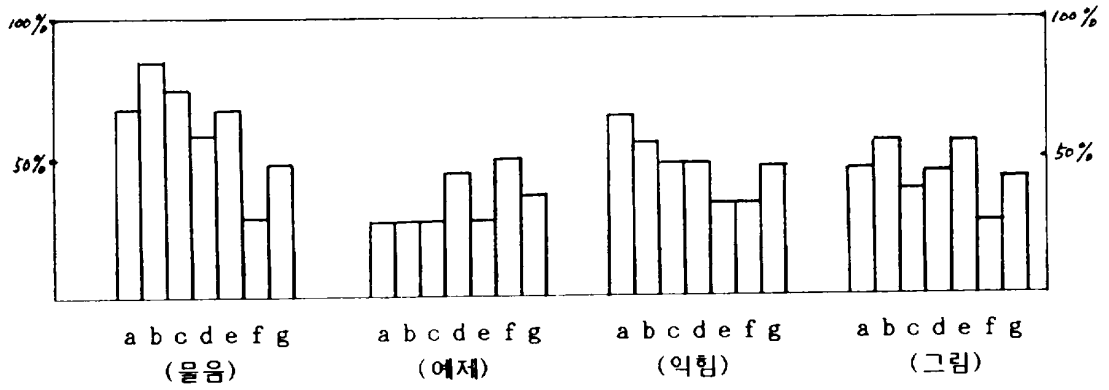


그림3. 표, 그래프, 사진 그리고 주석의 수 분포표

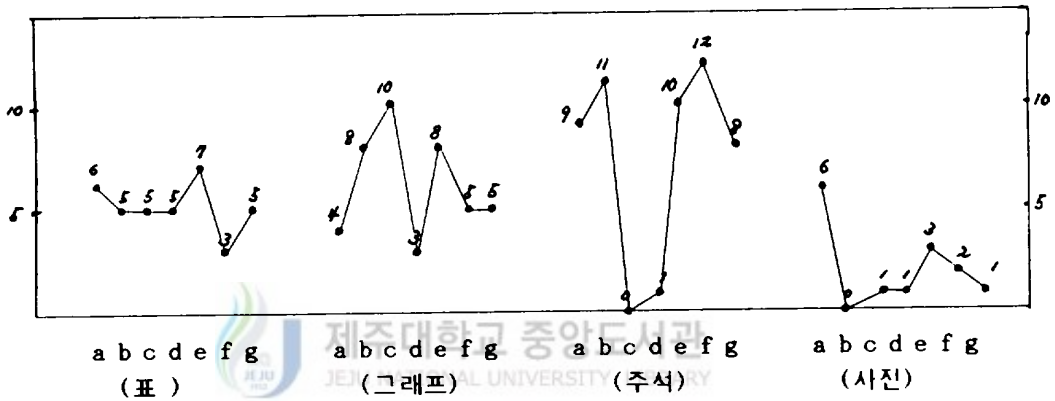
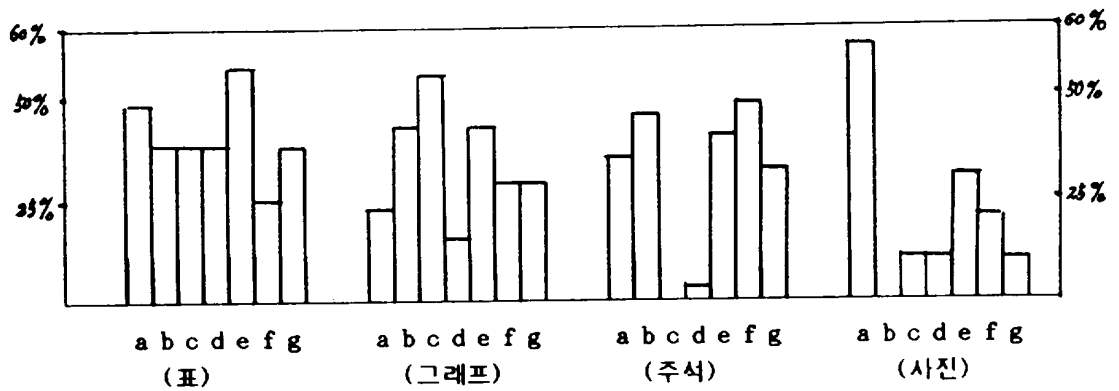


그림4. 표, 그래프, 사진 그리고 주석의 백분율



1) 문제, 예제, 익힘문제

소단원의 내용을 더욱 심화시키기 위하여 각 교과서에 편집되어 있는 문제(물음, 연구, 문제포함)가 차지하는 비율을 조사하기 위하여, 각 교과서에 실려 있는 총 문제의 수(공통되는 문제는 1문항으로 취급)에 대해, 각 교과서에서 실린 문제를 백분율로 표시하여 그림1. 그림2.에서 나타내었다. 이에서 알수 있듯이 d, f, g출판사를 제외하고는 문제가 거의 같은 비율로 출제되고 있으며, 문제 유형은 전통적 과학 교육에서 볼 수 있는 단순한 사고력을 요하는 과학 지식을 묻는 전달위주의 암기학습 문제유형이라기 보다는 일상 생활에서 경험하고 있는 열현상에 대한 문제들로서 학생들에게 흥미를 유발 시켜 학생들의 탐구 능력을 신장시키고 과학적 태도를 함양시킬 수 있는 문제 형식으로 각 교과서마다 다양하게 실려 있었다. 문제 내용은 물질의 열현상을 내부의 미시적 상태에서 다루기 보다는 현상자체와 거시적 입장에서 다루고 있는 것이 주류를 이루고 있어 근래에 강조되고 있는 과학적 사고력과 창의력을 더욱 증진시키는 탐구학습을 위해서는 물질내부의 미시적 상태에 대한 문제내용 개발이 필요하다.

문제 풀이의 길집이가 될 예제는 f출판사를 제외하고는 거의 같은 비율로 수록되어 있으며, f출판사의 문제비율을 비교해 볼때 그리 많은 편은 아니다. 익힘문제는 단원의 총정리 형태로서 학생들이 그 단원에 대하여 얼마나 이해하고 있고 탐구력 및 과학적 사고력이 얼마나 신장 되었는가를 판단하는 형태로 문제가 주어져야 한다. 그러나 각 교과서에 실려 있는 익힘문제의 대부분이 단순한 전통적인 교육방식인 식을 대입하여 문제를 풀어 나가는 형태로 편집되어 있다. 각 출판사별 과학적 사고력을 요하는 문제의 백분율은 a교과서가 총 16문항중 4문항으로 25%, b교과서가 총12문항중 4문항으로 33%, c교과서가 총 11문항중 1문항으로 9%, d교과서가 총 14문항중 2문항으로 14%, e교과서가 총 9문항중 1문항으로 11%, f교과서가 총 8문항중 2문항으로 25%, g교과서가 총 10문항중 1문항으로 10%로 나타나고 있다. 그리고 익힘문제 갯수율 역시 출판사 마다 다르게 나타났으나, 이는 페이지 및 그림, 주석의 때문이다.

2) 페이지, 그림

페이지는 출판사에 따라 많은 차이가 있으며 평균 페이지 수(40페이지)를 기준으로 한다면 -4에서 +5페이지로 차이가 9페이지나 되었다. 이러한 차이점은 열역학 분야의 열현상에 대한 물질의 거시적인 기술만을 하였는가, 아니면 열에 의한 물질의 내부현상까지를 기술하였는가에 기인한다. 일례로 a출판사의 경우 분자들의 미시적 상태를 많이 기술하고 있어 페이지수가 가장 많다.

그림은 열현상에 대한 설명이 어렵고 교실에서 직접 경험할 수 없는 것, 그리고 교실에서 쉽게 볼 수 없는 내용들을 실어 학습지도를 전개할 때 학생들에게 흥미와 관심을 불러 일으킬 수 있는 내용이어야 한다. 부록3.에서와 같이 각 교과서에서 사용 가능한 총 그림수는 47개이다. 이중 동일 그림의 형태로 3개 이상의 교과서에서 공통으로 사용한 건수는 26건으로 전체 종류 47건중 55%이다. 즉, 그림은 각 교과서마다 공통적으로 현상에 대한 설명이 어렵고 교실에서 직접 경험할 수 없는 것과 실험이 힘들다고 판단되는 내용들로서, 그림을 이용한 학습이 바람직 하다.

그리고 교과서의 특성을 살리기 위하여 교과서 나름대로의 독특한 그림을 실기 위하여 많은 노력이 있었다. 특히 b,e교과서에서는 타 교과서보다 독특한 형태로 그래프 밑에 그래프와 관련된 그림을 실고 있어 학생들의 이해를 돕고 있는 것은 타 교과서에 볼수 없는 내용이다.

3) 표, 그래프

표는 같은 실험의 반복을 피하고 효과적인 수업을 진행하기 위해 한 실험에 대한 여러 물질의 값들을 한눈에 알아 보기 쉽도록 제시한 것이다. 부록1. 부록2.를 참고 하면, 7종 교과서에 삽입 된 표는 12개였으며 이 중 물질의 비열, 고체의 선팅창 계수, 물질의 열전도율, 용해열과 기화열을 제외하고는 각 교과서마다 내용을 달리하고 있다. 그림2.와 그림3.에서 보듯이 표의 수는 교과서 별로 큰 차이가 없으며 교과서에 공통으로 실린 표의 내용은 4개이다.

표에 나타난 값들은 실험값으로서 각 교과서마다 내용과 수치를 달리하고 있으며, 단위도 다양하게 표현하고 있어 학생들의 이해와 흥미 유발을 어렵게 하고 있다. 여기서 학생들에게 학습 자료가 되는 교과서의 문제점이 있다. 그래서 물리량에 대한 통일된 단위와 수치로 실험값을 쓰거나 실험 환경에 대한 언급이 필요하다. 또한 열현상에 의한 물질의 내부 상태를 표현한 표는 3종류의 교과서에서 제시하고 있다.

학생들이 이해력을 극대화시키고 동기 유발을 시킬 수 있는 그래프는 7종 교과서에 총 19개가 실렸으며, 이 중 4개 이상의 교과서에 공통적으로 실려 있는 그래프수는 5종류 뿐이다. 특히, d교과서에 비해 c교과서는 열역학 분야가 차지하는 페이지수가 적음에도 3배 이상의 그래프를 실고 있다. 그리고 통계역학적인 확률에 의한 그래프는 1개의 교과서에만 실고 있었다.

4) 주석, 사진

주석은 물리학을 공부하는 학생들에게 물리학을 좀 더 흥미를 유발시킬 목적으로 페이지 하단에 본문의 내용과 관계없이 실고 있다. 부록4.에서 알 수 있듯이 대부분의 교과서는 본문에 나타나 있는, 과학사에 큰 영향을 끼친 인물을 설명하기 위하여 주를 사용하고 있으며, 그 외 온도 및 열 등에 대한 추가적인 설명을 하기 위해 주를 사용하고 있다. 그러므로 학생들이 과학사에 대한 관심을 갖도록하고 좀 더 심화된 학습을 하기 위해서는 주석의 사용은 필수적이다. 각 출판사마다 주석을 사용하고 있는데 유독 c,d교과서에는 없거나 1개만 실고 있다.

사진은 현상 설명이 어렵고 경험하기 힘들며 경험 하더라도 실질적으로 관찰하기 힘든 내용을 실는 것이 바람직하다. 그림3. 그림4.를 참조하여 각 교과서의 사진 분포를 살펴 보면, 대체적으로 인물 사진이 대부분이고 가역 과정에 대한 사진도 몇몇 교과서에 실고 있다. 단 c교과서에서는 주석과 사진이 전혀 없다.

5) 단위의 사용

표4. 각 교과서별 사용 단위

내용 \ 출판사	a	b	c	d	e	f	g
열의 일당량	J/kcal	J/cal	J/cal	J/kcal	J/cal	J/kcal	J/cal
열용량	kcal/°C	cal/°C	kcal/K	J/K	kcal/°C	kcal/K	J/K
상태변화에필요한열	kcal/kg	cal/g	kcal/kg	kJ/kg		kcal/kg	kcal/kg
비 열	kcal/kg°C	cal/g°C	kcal/kg°C	J/kgK	kcal/kg°C	kcal/kgK	kcal/kgK
열전도율	kcal/ms°C	kcal/ms°C	kcal/msK	J/mKs	kcal/sm°C	kcal/mKs	
몰 비 열	kcal/Kkmol	J/Kmol	J/Kmol	J/Kmol	cal/Kmol	J/Kmol	

표4.은 각 교과서별로 척도를 달리하고 있는 단위를 나타낸 것이다. 단위는 어떤 물리량의 표준을 정하는 척도로서, 물리량과 관련된 단위는 명확히 정의할 필요가 있다. 그래서 제 14회 도량형협회(1971년)에서는 표5.에 나타난 7개의 양을 기본단위로 채택하였다. 이것은 국제 단위계의 기초로 붙여진 “Le Systeme International d’Unites” 를 약해서 SI단위라 한다.¹⁷⁾

표5. SI 기본 단위

양	명칭	기호	양	명칭	기호	양	명칭	기호
길이	미터	m	전류	암페어	A	광도	칸델라	cd
질량	킬로그램	kg	온도	켈빈	K			
시간	초	s	물질량	몰	mol			

따라서 모든 교과서는 국제 단위계인 SI단위계를 사용하는 것이 바람직하며, 각 물리량의 단위도 동일하게 표현하여야 한다.

6) 삽화의 넓이율

표6. 삽화의 넓이율

출판사명	a	b	c	d	e	f	g
삽화가 차지하는 면적(cm ²)	1,229	1,549	1,095	1,487	1,554	980	996
삽화가 차지한 페이지(수) ^{p)}	4.92	6.20	4.38	5.95	6.22	3.92	4.00
설명문이 차지하는 페이지 ^{q)}	45	44	36	42	39	37	42
1페이지당삽화가 차지한면적(cm ²) ^{r)}	27.33	35.22	30.42	35.42	39.88	26.49	23.81
교과서 내의 전체 페이지	378	338	347	374	356	357	360

* p); 삽화가 차지하는 면적/1페이지당 넓이

* q); 열역학분야 전체 페이지

* r); 삽화가 차지하는 면적/설명문이 차지하는 면적 × 250cm²

* 한 페이지 면적:250 cm²(가로:12.5cm × 세로:20cm)

표6.은 출판사별 교과서내의 열역학 분야에 있는 삽화(사진, 그림, 그래프)의 총 넓이를 조사하여 교과서 한 페이지당 넓이(250cm²)로 나눈 값 즉, 삽화만으로 차지하는 페이지 수를 열 분야의 총 페이지 수로 나눈 값 즉, 페이지당 삽화가 차지하는 넓이를 나타낸 것이다.

표6.에서 보는 바와 같이 삽화가 차지하는 양은 평균 5페이지이고, 삽화가 차지하는 페이지 수의 최고와 최저 차이는 2페이지로 교과서 분량에 크게 관계하고 있다. 그리고 페이지당 삽화가 차지하는 넓이는 평균 31.22cm²(13 %)이고 최소와 최대와의 차이는 약 16.1cm²이며 출판사에 따라 페이지당 그림수 또는 그림의 크기가 다양하게 나타났다. 그리고 삽화는 본문의 설명에 활용되고 있어 대부분의 삽화들이 교과서 내용 설명시 학생들이 쉽게 이해할 수 있게 도움을 주기 위해 사용하고 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 현재 진행 중인 교육 과정 중 7종 교과서로 구성된 고등학교 자연계 물리교과서의 열역학 단원을 분석한 것이다. 분석 내용은 교육 과정에 의한 열역학 단원의 내용과 차례, 실험 실습 그리고 모든 편집체제이다. 이 단원은 현재까지 5차례의 교육 과정 개편이 진행되었는데도 현상론적인 거시적 관점에서 취급하고 있어 아직까지도 편집의 문제가 대두된다. 지금까지 살펴본 내용을 토대로 문제점을 살펴보고 이에 대한 개선점을 제시하고자 한다.

첫째, 교과서별 내용과 차례를 분석해 본 결과 각 교과서마다 상이하게 편집이 되어 있는데, 이는 현재 시행중인 교육 과정의 편집 자체에 대한 문제점으로 분석된다. 즉, 물질 내부의 분자나 원자의 운동에 대한 내부에너지 혹은 열에너지의 개념이 학생들에게 충분히 이해시키지 못하고 에너지 전환 및 에너지 보존을 다루고 있다는 점이다. 이는 피상적인 교육 내용 차례에 따른 편집체제로써 자칫 학생들에게 흥미를 잃게할 우려가 있다. 그러므로 각 교과서마다 나름대로의 학생들의 지적수준을 감안하고 이해 시키기 위해서 교육 과정에 맞지 않는 편집이 많이 이루어 지고 있다. 따라서 학생들에게 열역학 단원을 충분히 이해시키기 위해서는 역학적에너지를 먼저 지도하고 분자운동과 열 단원에서 물질 내부의 에너지 저장방법(열에너지)을 가르친 후 역학적에너지로 부터 열에너지로의 에너지 보존 및 에너지 전환을 가르쳐야 한다.

둘째, 각 교과서의 내용을 비교해 본 결과, 일부 교과서에서는 절대온도의 개념 설명 없이 물질의 상태및 열팽창등 열현상을 설명하고 있으므로 학생들의 학습 활동을 저해시키고 있다. 또한 절대영도에 대한 설명도 기피하고 있어 내부에너지와 절대온도 사이의 관계를 이해하는 데 어려움이 따르고 있다. 그러므로 절대온도 설명시에는 물질을 구성하는 분자나 원자의 열운동과 온도와의 관계를 이용하여 절대영도를 설명하고 절대온도를 다루어야 한다. 이렇게 함으로써 -273°C 에 대한 이해와, 온도와 열에너지에 대한 이해를 쉽게 할수 있다. 그리고 에너지 등분배 법칙과 비열의 비는 물질의 미시적 거동과 거시적 상태를 수식적으로 관련시켜 주는 대표적인 법칙및 물리량인데도 많은 교과서에서 쓰이지 않고 있었다. 따라서 앞으로의 개편에서는 물질의 성질을 파악하는 데 중요한 역할을 하는

여러 법칙 및 물리량을 다루어야 한다. 또한 열, 내부에너지 그리고 열에너지는 열역학에서 가장 기본이 되는 물리량인데도 열에너지에 대한 개념을 소홀히 하거나, 잘못 다루어 지고 있다. 그런데 내부에너지는 물질 내부의 모든 입자들이 갖는 운동에너지와 퍼텐셜에너지의 총합이며, 열에너지는 모든 입자들이 운동에너지와 퍼텐셜에너지의 합인데, 이때의 퍼텐셜에너지는 퍼텐셜 우물의 밑바닥에서 측정된 것이다. 그러나 고교 열역학에서는 입자의 이동을 고려 하지 않고 평형 상태에서의 물질의 성질을 다루므로 열에너지와 내부에너지의 개념을 같은 개념으로 취급해야 한다. 마지막으로 열역학 법칙의 기술 방법에서 에너지 보존법칙인 제 1법칙은 거시적 상태의 관계만을 이용하여 열역학 제 1법칙을 다루고 있어 학생들이 탐구 능력, 문제 해결 능력, 과학적 사고력의 신장에 한계를 주고 있다. 따라서 모든 교과서는 에너지 보존법칙을 다룰 때도 분자의 운동을 미시적으로 설명을 해야 한다. 또 열역학 제 2법칙은 많은 교재에서 물질을 구성하는 원자나 분자들의 거동에 대한 확률, 확산과 관련해서 유도하고 있으며 이를 이용하여 열현상을 포함한 대부분의 비가역 과정을 설명하고 있다.

세째, 열역학 분야의 실험에 있어서 각 교과서마다 실험이 다양하게 나타났다. 즉, 실험의 수가 많고 적음은 교사나 학생들에게 교과 과정에서 큰 혼란을 주므로 이의 해결을 위해서 각 교과서의 공통 되는 실험을 통하여 필수 실험을 선정 한 결과 열역학 분야에는 2개의 실험이 선정 되었다. 따라서 모든 교과서는 필수 실험을 반드시 실시하여 한 종류의 교과서만 선택 이수하는 학교의 교과 운영상에서 생기는 어려움을 극복할 수 있다. 그리고 실험 내용은 학생들의 탐구력, 과학적 사고, 실험실습의 기능보다는 주어진 조건에서 실시하는 현상론적 실험에 치우쳐 있어, 학생들의 흥미 유발을 위해서는 미시적 실험인 확률 실험도 많이 다루었으면 한다.

네째, 열역학의 편집체제에서는 열역학의 단원을 분석해 보고 각각의 편집체제(문제, 페이지, 그림, 표, 주석, 사진, 단위, 삽화 등)를 조사하였다. 그 결과 열역학을 현상론적 입장에서 열의 이동을 설명하고 물체 내부의 에너지 저장방법(열에너지)의 설명을 기피하고 있다. 또한 물질내의 분자들에 대한 미시적 상태의 설명은 각 교과서마다 차이점이 많으며, 추상적으로 설명하고 있어 학습 동기 저하요인이 되고 있다. 따라서 열역학 분야는 열에너지의 개념을 정확히 전달한

후 열현상 및 열역학 법칙을 소개해야 한다. 그리고 문제는 f, g 교과서를 제외하고는 같은 비율로 수록되어 있으나, 내용은 물질의 현상을 내부의 미시적 상태에서 다루기 보다는 현상 자체와 거시적 입장에서 다루고 있는 것이 주를 이루고 있다. 따라서 과학적 사고력과 창의력을 증진시키는 탐구학습을 위해서는 물질 내부의 미시적 상태에 대한 문제 내용 개발이 필요하다. 또한 그림과 사진은 현상에 대한 설명이 어렵고 교실에서 직접 경험할 수 없는 것과, 실험이 힘들다고 판단되는 내용들을 실고 있다. 그러나 b 교과서에서는 사진이 전혀 없고, 그림을 많이 실고 있다. 그리고 각 교과서마다 표에 실린 실험값이 다르게 나타나고 있으며 단위의 사용도 다양하게 표현되고 있다. 이는 학생들이 어떤 물질의 표준 및 척도 판단에 대한 개념을 이해하는 데 어려움을 주고 있다. 그러므로 학생들이 개념을 이해하는 데 도움을 주기 위해서는 모든 교과서가 실험치들을 다룰 때 온도 및 압력 등 그때의 실험 환경을 반드시 기입함은 물론 표로 나타낼 때에도 실험 환경을 명시해야 한다. 또 각 교과서마다 단위는 국제단위계인 SI 단위로 사용하며 각 물리량에 해당하는 단위도 동일하게 사용하였으면 한다. 위와 같이 열역학의 편집 체제를 조사해 본 결과 전체적인 흐름은 아직도 과거의 암기 위주의 교과서 편집이 주를 이루고 있었다. 이는 학생들에게 흥미 및 이해보다는 내용에 대한 어려움이 앞서게 될 뿐이다. 따라서 모든 교과서는 과학과 학습에 대한 흥미와 호기심을 증진시킬 수 있는 내용을 많이 실고, 분자나 원자의 모델을 사용하여 열역학을 다루어야 한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 각 교과서 별로 편집에 대한 큰 차이점은 밝혀 내었으나 이 논문에서는 각 교과서에 따른 내용의 난이도와 타당도에 대해서는 밝히지 않았다.

따라서 이 연구를 통하여 교육과정의 편집 체제를 다시 한번 검토해 보고 교과서 자체를 현장에 적용하며 피드백(feed back)을 통하여 지속적인 연구가 수행되어야 한다고 본다.

참 고 문 헌

- 1) 문교부, 고등학교 과학과 교육과정 해설, 문교부, pp178 ~ 187, (1989)
- 2) 박재호외 3인, 물리교육 제8권 제 2호, p126 ,(1990)
- 3) 박원태, 물리교육 제3권 제1호, p30, (1985)
- 4) 김형도, 물리교육 제3권 제1호, p21, (1985)
- 5) 고승욱외 1인, 물리교육 제7권 제1호, p74, (1989)
- 6) 박승재외 3인, 물리, 금성교과서(주), (1993)
- 7) 권숙일외 2인, 물리, 동아출판사, (1993)
- 8) 송인명외 1인, 물리, 교학사, (1993)
- 9) 이보열외 2인, 물리, 지학사(주) (1993)
- 10) 최종락외 3인, 물리, 청문각, (1993)
- 11) 하병권외 2인, 물리, 동아서적(주) (1993)
- 12) 박재호외 1인, 물리, 성안당, (1993)
- 13) K.Stowe, Introduction to Statistical Mechanics and Thermodynamics, John Wiley and Sons (1984)

- 14) D.Hallidy, R.Resnick, J.walker, Fundamentals of Physics, John Wiley and Sons, (1993)
- 15) 박승재, 물리교육 제8권 제2호 , p162 , (1990)
- 16) 윤형범, 고등학교 물리교구의 활용도, 제주대학교 교육대학원 석사학위 논문 (1993)
- 17) 박승덕, 알기쉬운 국제단위계 해설, 한국 표준 과학 연구원, (1992)



<Abstract>

A Study on the Contents and Layout of High School Thermodynamics

Kim, Chang-Gun

Physics Education Major

Graduate School of Education, Cheju National University

Cheju, Korea

Supervised by Professor Kang, Young-Bong

This study compares the contents and layout of the units on thermodynamics in seven kind of high school physics textbook. It discusses characteristics and problems of each textbook and makes suggestions on future textbook revision.

As I analyzed each textbook, first, the other of content is edited differently in each textbook, so problems of curriculum which is being carried out now, appeared. second, the content of thermodynamics unit is edited differently in each textbook, and it is expressed by using macroscopic quantity rather than microscopic quantity. third, the number of experiments is differ in each textbook, so, it gives rises to confusion in managing curriculum. Fourth, the edition of textbook, which is memorizing oriented is the majority, rather than the content which promote scientific thinking and cause motivation.

So, when every textbook deals with thermodynamics unit, to promote scientific thinking and to use one's originality rather than memorizing oriented edition. The edition of textbook which can consider macroscopic physical quantity in relation to microscopic physical quantity must be made.

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

부 록

- 부록1. 표에 대한 분석
- 부록2. 그래프 분석
- 부록3. 그림 분석
- 부록4. 주석에 대한 분석
- 부록5. 문제 내용 비교
- 부록6-1. a교과서의 내용과 차례
- 부록6-2. b교과서의 내용과 차례
- 부록6-3. c교과서의 내용과 차례
- 부록6-4. d교과서의 내용과 차례
- 부록6-5. e교과서의 내용과 차례
- 부록6-6. f교과서의 내용과 차례
- 부록6-7. g교과서의 내용과 차례

부록 1. 표에 대한 분석

내 용	a	b	c	d	e	f	g
여러물질의 비열	0	0	0	0	0	0	0
여러물질의 용해열과 기화열	0		0		0	0	0
임계온도와 임계압력							0
여러물질의 선팅창 계수	0	0	0	0	0		0
고체의 체적팽창 계수	0		0				
여러물질의 열전도율	0	0		0	0	0	
액체의 열팽창 계수					0		
액체의 체적팽창 계수				0			
기체의 체적팽창 계수							0
기체의 온도와 부피			0				
분자의 분포상황							
기체분자의 속도		0			0		
기체의 몰비열		0		0	0		
합 계	6	5	5	5	7	3	5

부록 2. 그래프 분석

내 용	a	b	c	d	e	f	g
열평형					0		
온도상승과 가열시간		0					
분자력			0				
물의 상태변화 곡선	0	0	0		0	0	
물의 팽창 곡선	0	0	0		0		0
수은의 열팽창 곡선					0		
고체의 선팽창				0		0	
액체의 열팽창						0	
기체의 등온곡선및 상태변화			0				0
보일의 법칙		0	0		0	0	
샤를의 법칙	0	0	0		0	0	0
보일-샤를의 법칙					0		
벽이 받은 충격량			0				
기체가 하는일	0			0	0		0
정압변화		0	0				
정적변화		0	0				
등온변화		0	0				
기체의 속도 성분							0
확률 분포 곡선				0			
합 계	4	8	10	3	8	5	5

부록 3. 그림 분석

내 용	a	b	c	d	e	f	g
마찰에 의한 열의 발생				0	0		
일과 열량					0		
열에 의한 일	0			0	0		
열의 이동에 의한 열평형	0				0		
열량계	0		0	0			
물질의 분자 모형	0		0	0	0	0	0
고체에서의 열의 이동	0	0			0		
고체의 열팽창		0					
액체내의 대류	0	0	0	0	0		
복사		0					
바이메탈의 온도 조절 원리					0		
언뭇의 물이 어는 상태					0		
용해점과 압력							
열의 전도	0	0	0	0	0	0	0
선팽창	0		0		0	0	
줄의 실험 장치	0	0	0	0	0	0	0
비열 측정 장치	0	0	0	0	0	0	0
물질의 상태 변화			0		0	0	0
섭씨 온도계	0	0					

내 용	a	b	c	d	e	f	g
섭씨온도와 절대온도의 비교						0	
기체의 부피변화							0
기체의 압력실험 장치			0				
액체의 팽창		0				0	0
보일의 법칙			0	0	0		0
샤를의 법칙		0	0		0	0	
토리첼리 실험	0	0		0			0
보일-샤를의 법칙	0	0			0		0
브라운 운동	0						
기체분자의 운동과 속도성분	0	0	0		0	0	0
기체분자의 반사					0		
기체가 벽에 충돌할때 속도의 변화	0		0	0			0
원자분자의 회전				0			0
에너지종류와 전환	0	0	0	0		0	0
마찰에 의한 분자의 열운동		0	0				
기체가 하는 일	0	0	0		0		0
내부에너지 변화		0			0	0	
열역학 제1법칙							0
기체의 단일변화		0		0	0		
기체의 비열		0					

내 용	a	b	c	d	e	f	g
가역변화의 예	0	0	0	0	0	0	0
비가역 현상의 예			0	0	0		
기체의 확산	0	0		0	0		0
비가역변화와 분자의 열운동		0			0		
기체가 방에 배치되는 방법		0					
비가역 현상 실험				0			0
열역학 제2법칙의 두가지 표현				0			
열기관의 원리	0		0	0	0		0
카르노 기관		0		0			
열기관의 순환 원리	0	0					
합 계	22	27	19	21	27	13	20



부록 4. 주식에 대한 분석

내 용	a	b	c	d	e	f	g
메이어 (J.R.Mayer)						0	
줄 (J.P. Joule)		0		0	0	0	
럼퍼드 (G. Rumford)	0						
열량의 단위							0
열량계의 열용량		0					
온도의 단위					0		
샤를 (J.A.Charles)	0	0			0	0	0
게이-뤼삭(J.L.Gay-Lussac)						0	
절대온도		0			0		
기체의 체적 팽창계수							0
자유 전자		0					
브라운 (R. Brown)	0					0	
전자기파		0					
켈빈 (Kelvin)	0	0			0	0	
1 torr							0
압력의 단위						0	0
기체 상수						0	
단원자 분자						0	
아보가드로 (A. Avogadro)	0						

내 용	a	b	c	d	e	f	g
보일 (R. Boyle)	0	0			0	0	0
볼츠만 (L. Boltzmann)	0	0			0	0	
몰 (mole)					0	0	
카르노 (N. Carnot)	0	0			0		0
토리첼리 (E. Torricelli)	0	0					0
클라사우스 (R. Clausius)					0		
합 계	9	11	0	1	10	12	8

부록5. 문제내용비교

	a				b				c				d				e				f				g							
	x	y	z	계	x	y	z	계	x	y	z	계	x	y	z	계	x	y	z	계	x	y	z	계	x	y	z	계	x	y	z	계
열의 일당량 구하기	1			1	1	1		2																								
일과 열과의 전환관계	1	3		4	2			2	1	1		2	1	2	1	4	4	4	1	2	1	4	1	2	1	4	1	2	1	4		
물질에 주어진 열량 계산하기	3	2	5	10	1	1		2	1			1			0	3	3				2	2	1	1					2			
온도계에 대한 문제	2	1		3	1	1		2	1			1			0		0					0							0			
열평형에서 온도, 열량구하기	2	1		3	2			2	1			1	1	1	1	1	1					0							0			
복사 에너지 설명	1			1	1	1		2				0			0	1	1					0							0			
대류 현상 설명	2			2	1			1				0			0	1	1	2			2	1							1			
전도열및늘어난길이(열팽창)	1			1	1	1		2	2	2		4	1	1	1	3	2				2	1	1	2	1	1			1	1		
보일의 법칙	1			1	1	1		2	2	1		3	1		1	1	1				1	1							0			
샤를의 법칙	1	1		2	2	2		4	1	1		2			0	1	1	2			1	1	1	1					2			
비열 계산하기(액체, 고체, 기체)	1	1	2	1				1	1	1		2	2	2	4		1	1	1		1	1			1	1			1	1		
보일-샤를의 법칙(상대방정식)	2	1	3	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	4				1	2	3	1	1	1			2	2		
기체의 압력 구하기	2			2		1	1	1		1	2	1	3	1			1					0	1	1	1	1			2	2		
기체의 평균 속력 구하기	1	1		2	1			1	2	1	3	1	3	1	4		0					0	2	1					3			
기체의 평균운동에너지	1			1	1	1		2		0	1	1	1	1	1	1	2	1			1	1							0			
내부에너지 변화량 구하기	1			1	1	1		2	1	4	1	1	2				2	1				1	1	1					2			
열역학1법칙이용 문제풀이	1	1		2	2	1	1	4	5	1	2	8	1	1	2	1	1	2			1	1	2	2	1	3	1	1	1	3		
열역학제2법칙 설명하기	2	1		3				0		0	1		1	4			4				1	1			1	1			1	1		
열기관이용(효율, 일, 열량)계산	1	1	2	1		1	1	1	2	1	1	1	3	2	1	1	4					0	2						2	2		
정적, 정압비열이용 열량 계산				0	1			1		1			0	1			1	1			1	1							0	0		
선팅창계수, 체적팽창계수관계				0	1			1	2			2	1			1	1				1	1			1	1			1	1		
합 계				43				36				39				32								37					23	27		

* x:물음 y:익힘문제 z:예제문제

부록 6-1 a교과서의 내용과 차례

중 단 원	소 단 원	절	내 용	비 고
1. 일과 에너지	3) 일과 열		. 열의 일당량	
2. 열현상과 분자운동	1) 열현상	1) 온도와 열	. 온도, 열적 평형 상태, 섭씨온도, 열, 열량	
		2) 열용량	. 비열, 열용량, 열량의 보존, 물당량	
		3) 분자의 열운동	. 비열, 열운동, 브라운 운동	
		4) 열과 물질의 상태변화	. 물질의 상태, 내부에너지, 융해, 기화, 응고, 액화, 승화, 숨은열, 융해열, 기화열, 액화열, 응고열, 승화열	
		5) 열팽창	. 열팽창, 열팽창 계수, 체적 팽창 계수	
		6) 열의 이동	. 전도, 열전도를, 장도체, 부도체, 대류, 복사, 적외선, 흑체	
3) 열역학의 법칙	2) 기체의 분자운동	1) 기체의 성질	. 기압, 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 질대온도, 질대영도, 보일-샤를의 법칙, 기체상수, 이상기체의 상태방정식, 이상기체	
		2) 기체의 분자운동과 압력	. 기체의 압력 구하기	
		3) 기체의 분자운동과 온도	. 기체의 평균 운동 에너지 구하기, 볼츠만 상수, 에너지 등분배 법칙	
3) 열역학의 법칙	3) 열역학의 법칙	1) 열역학 제1법칙	. 열역학 제1법칙, 정적비열, 정압비열	
		2) 열역학 제2법칙	. 가역변화, 비가역변화, 기체의 확산, 열역학 제2법칙, 비가역 과정과 확률	
		3) 열기관	. 열기관, 열기관의 효율, 열기관의 순환과정, 제2종 영구기관	

부록 6-2 b 교과서의 내용과 차례

중 단 원	소 단 원	결	내 용	비 고
1. 일과 에너지	3) 일과 에너지		.일의 일당량	
	2. 열현상과 분자운동	1) 열현상	1) 온도와의 열	.온도, 섭씨 온도, 화씨 온도, 열적 평형, 열량, 비열, 열용량, 열량의 보존
2) 열의 이동		2) 열의 이동	.열전도, 온도 기열기, 양도체, 부도체, 복사, 복사에너지	
3) 상태의 변화		3) 상태의 변화	.용해점, 응고점, 응고열, 증발, 끓음, 끓는점, 기화열, 액화열, 승화열, 승화	
4) 열팽창		4) 열팽창	.열팽창, 고체의 팽창(선팽창 계수, 체적팽창 계수), 액체의 겉보기 팽창	
2) 기체의 법칙과	2) 기체의 법칙과	1) 기체의 팽창	.기체의 압력, 기압, 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 기체의 체적 팽창 계수, 절대 온도	
		2) 기체의 상태 방정식	.보일-샤를의 법칙, 이상기체의 상태 방정식, 이상기체 기체 상수	
		3) 기체의 분자운동	.브라운 운동, 열운동, 기체분자의 운동에 의한 압력 구하기, 볼츠만 상수, 에너지 등분배의 법칙, 제곱평균 제곱근 속도	
3) 열역학의 법칙	3) 열역학의 법칙	1) 기체의 내부 에너지	.내부 에너지, 단원자 분자, 열역학 제1법칙, 제1종 영구기관 에너지 보존 법칙	
		2) 열역학 제1법칙의 응용	.등압변화, 정적변화, 등온변화, 단열변화(단열압축, 단열팽창) 물비열, 정적 물비열, 비열비	
		3) 비가역 현상	.가역변화, 비가역 변화, 열역학 제2법칙, 제2종 영구기관 비가역 과정과 확률, 카르노 기관, 열효율	

부록 6-3 c교과서의 내용과 차례

중 단 원	소 단 원	절	내 용	비 고
1. 일과 에너지	3) 일과 열		. 열의 일당량	
2. 열현상과 분자운동	1) 열현상	1) 온도와 열	. 열운동, 온도, 섭씨온도, 절대온도, 열(일에너지), 열량, 열용량, 비열 열전도, 열전도율, 대류, 열복사, 흑체, 열평형 상태, 열량의 보존	
		2) 열과 물질의 상태변화	. 분자력, 물질의 상태, 용해열, 기화, 증발, 비등, 비등점(끓는점) 기화열, 액화, 액화열, 응고, 응고열, 승화, 승화열, 승은열	
		3) 물질의 열팽창	. 열팽창, 고체의 열팽창(선팽창, 선팽창 계수, 체적팽창, 체적팽창계수), 액체의 열팽창, 열보기 팽창	
	2) 기체의 분자운동	1) 기체의 성질	. 보일의 법칙, 기압, 사물의 법칙, 등온곡선, 보일-샤를의 법칙 이상기체, 표준상태, 아보가드로수, 이상기체의 상태방정식	
		2) 기체의 분자운동과 압력 및 온도	. 압력, 기체의 압력 구하기, 분자의 평균 운동 에너지, 볼츠만 상수 제공 평균 제곱근 속도	
	3) 열역학의 법칙	1) 내부 에너지와 열역학 제1법칙	. 내부 에너지, 단원자 분자, 이원자 분자, 열역학 제1법칙, 정적변화 정적몰비열, 정압변화, 정압몰비열, 등온변화, 단열변화(단열팽창, 단열압축)	
		2) 자연 현상의 비가역성	. 열기관, 순환과정, 열효율, 가역현상, 비가역현상, 열역학 제2법칙 무질서한 상태, 열전도, 제2종 영구기관, 제1종 영구기관	

부록 6-4 d 고괴서의 내용과 차례

중 단 원	소 단 원	절	내 용	비 고
1. 일과 에너지	3) 일과 열	1) 온도와 열 2) 열의 일당량	. 일운동, 열평형, 열, 열량의 보존, 열용량, 비열, 몰당량 . 열의 일당량(4.2J/cal)	
	4) 에너지의 보존	1) 내부 에너지 2) 열역학, 에너지보존	. 내부 에너지 . 열역학 제1법칙, 단열팽창, 단열압축, 에너지 보존법칙	
2. 열현상과 분자운동	1) 열현상	1) 열팽창	. 열팽창, 고체의 열팽창(선팽창계수, 체적팽창계수), 액체의 열팽창 기체의 열팽창(샤를의 법칙)	
		2) 열의 이동	. 열의 전도, 열전도율, 양도체, 부도체, 대류, 복사, 흑체	
	2) 기체의 분자운동	1) 기체의 상태 방정식	. 기체의 압력(기압), 보일의 법칙, 보일-샤를의 법칙, 아보가드로수 기체의 상태 방정식	
		2) 분자운동과 압력	. 볼츠만 상수, 기체의 압력 구하기	
	3) 기체의 내부 에너지	. 몰비열, 정적몰비열, 에너지 등분배 법칙		
3) 열역학의 법칙	1) 열역학 제1법칙	. 열역학 제1법칙		
	2) 열역학 제2법칙	. 가역변화, 비가역 변화, 비가역과정과 확률, 열역학 제2법칙에 대한 표현, 열기관의 효율, 카르노 기관, 냉동기		

부록 6-5 e교과서의 내용과 차례

중 단 원	소 단 원	절	내 용	비 고
1. 일과 에너지	3)역학적 에너지	3)일과 열	. 열의 일당량	
		1)열량과 비열	. 열평형 상태, 열량, 열량 보존의 법칙, 비열, 열용량	
2. 열현상과 분자운동	1)열현상	2)열의 이동	. 열의 전도, 열전도율, 양도체, 부도체, 대류, 자연대류, 복사	
		3)물질의 상태변화	. 상태변화, 숨은열, 융해열, 기화열, 승화열, 역화열, 응고열	
		4)열팽창	. 열팽창, 고체의 열팽창(선팽창 계수, 체적팽창 계수)액체의 열팽창	
		1)기체의 성질	. 보일의 법칙, 기압, 사물의 법칙, 절대온도, 보일-샤를의 법칙 기체상수, 이상기체의 상태방정식,	
		2)기체분자의 운동과 압력	. 분자의 열운동, 기체의 압력 구하기	
		3)기체의 분자운동과 절대온도	. 분자의 평균운동 에너지, 볼츠만 상수, 기체 분자의 속도	
		3)열역학의 법칙	1)이상기체의 팽창과 일	. 기체의 팽창과 일
		2)열역학 제1법칙	. 내부에너지, 열역학 제1법칙, 몰비열, 정적비열, 정압비열 단열변화(단열팽창, 단열압축)	
		3)열역학 제2법칙	. 가역현상, 비가역 현상, 열역학 제2법칙, 확산, 열기관, 열효율	

부록 6-6 f교과서의 내용과 차례

중 단 원	소 단 원	절	내 용	비 고
1. 일과 에너지	3) 일과 열	1) 일과 열	. 일의 일당량	
		2) 열에너지	. 열에너지, 내부 에너지	
2. 열현상과 분자운동	1) 열현상	1) 온도와 열운동	. 열운동, 브라운 운동, 온도, 열적평형, 절대영도, 절대온도	
		2) 열용량과 비열	. 열량, 열용량, 급속의 비열 측정하기	
		3) 물질의 상태변화와 분자운동	. 상태변화, 융해, 융해점(녹는점), 용해열, 기화, 끓는점, 증발, 기화열, 응고, 역화, 승화	
		4) 열의 이동	. 열전도, 열전도율, 온도 기울기, 양도체, 부도체, 대류, 복사, 복사에너지, 흑체, 슈테판 불쯔만 법칙	
	2) 기체의 분자운동	1) 기체의 압력	. 기체의 압력 구하기	
		2) 상태 방정식	. 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 보일-샤를의 법칙, 이상기체 이상기체의 상태 방정식	
		3) 기체분자의 운동과 온도	. 분자의 평균운동에너지 구하기, 볼쯔만 상수	
	3) 열역학의 법칙	1) 에너지 보존	. 내부에너지, 열역학 제1법칙, 몰비열, 정적몰비열, 경암몰비열 비열의 비	
		2) 열역학 제2법칙	. 가역현상과 비가역현상, 열역학 제2법칙, 확산, 열기관, 열효율	

부록 6-7 8교과서의 내용과 차례

중 단 원	소 단 원	절	내 용	비 고	
1. 일과 에너지	3) 일과 열	1) 일에너지	. 일운동, 일에너지		
		2) 일에너지의 이동	. 전도, 열전도를, 대류, 복사, 일복사, 슈테판-볼츠만 법칙		
		3) 줄의 실험운동	. 일의 일당량		
2. 열현상과 분자운동	1) 열현상	1) 열과 온도	. 온도, 섭씨온도, 열역학적온도(절대온도), 열, 열량, 열용량, 비열, 열량의 보존		
		2) 상태의 변화	. 융해, 융해점, 융해열, 기화, 증발, 비등, 비등점, 기화열, 액화, 임계온도, 임계압력, 승화		
		3) 열팽창	. 열팽창, 고체의 열팽창(선팽창 계수, 체적팽창 계수), 액체의 열팽창 계수, 열팽창, 기체의 열팽창, 사물의 법칙		
	2) 기체의 분자운동	1) 기체의 성질	. 기압, 보일의 법칙, 보일-샤를의 법칙, 이상기체의 상태방정식 기체상수, 이상기체		
		2) 기체의 분자운동과 압력	. 기체의 압력 구하기, 평균 제곱 속도		
		3) 기체의 분자운동과 온도	. 기체의 평균 운동에너지, 볼츠만 상수		
	3) 열역학의 법칙	3) 열역학의 법칙	1) 내부에너지	. 내부 에너지	
			2) 열역학 제1법칙	. 에너지 전환, 기체의 팽창과 일, 열역학 제1법칙, 제1종 영구기관 정적비열, 정압비열, 단열변화(단열팽창, 단열압축), 등온변화	
			3) 비가역 현상	. 비가역현상, 비가역 현상과 확률	
			4) 열역학 제2법칙	. 열역학 제2법칙, 열기관, 열효율, 열기관의 원리. 제2종 영구기관	