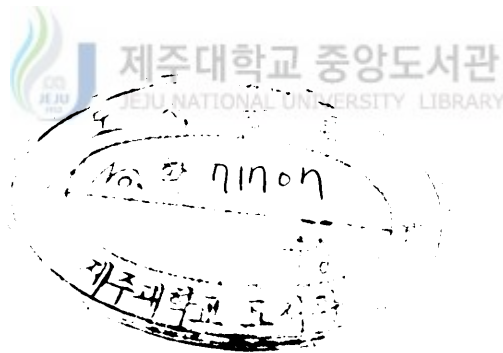


376.6442
79.86x

碩士學位論文

循環學習 授業 戰略에 의한 高等學生들의
熱概念 學習指導 效果

指導教授 康 禎 友



濟州大學校 教育大學院

物理教育專攻

金 滢 俊

1999年 8月

循環學習 授業 戰略에 의한 高等學生들의 熱概念 學習指導 效果

指導教授 康 禎 友

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함.

1999年 6月 日

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻



提出者 金 澐 俊

金澐俊의 教育學 碩士學位 論文을 認准함.

1999年 7月 日

審查委員長 印

審查委員 印

審查委員 印

循環學習 授業 戰略에 의한 高等學生들의 熱概念 學習指導 效果

金 滢 俊

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻

指導教授 康 禎 友

개발한 순환학습 수업 전략이 열 개념 획득과 탐구능력 향상 및 과학 관련 태도 함양에 효과적인가를 알아보기 위해, 일반계 여자고등학교 1학년 학생들에게 수업처치 전·후 검사를 실시하였다. 중앙도서관

수업 전·후 객관식 문항의 열 개념 검사로부터 열전도, 열량, 비열, 열의 이동 개념들에 대해 실험집단이 통계적으로 유의미하여 순환학습 수업 전략이 열 개념 학습에 효과적이었고, 주관식 이유 진술을 문항별로 분석해 본 결과 학생들의 오개념은 종류가 다양하였으며, 열전도와 열량, 복사평형에 대해서는 순환 학습 수업 전략이 개념 획득에 더 효과적이라고 하겠다.

그리고 수업처치 후 탐구능력은 실험집단에서 더 크게 향상되었으며, 과학 관련 태도의 변화에 있어서도 통제집단보다는 실험집단에 긍정적인 변화가 있었다.

이와 같은 결과로부터 순환학습 수업 전략은 고등학생들에게 과학에 대한 관심과 흥미를 가지게 하여 개념학습에 효과적이며, 과학 관련 태도를 함양하고, 탐구능력을 향상시키는데 효과적인 학습지도 방법이라고 할 수 있다.

※ 본 논문은 1999년 8월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임

차 례

초 록	i
표와 그림 차례	iv
I. 서 론	1
1. 연구 필요성	1
2. 연구 목적	3
3. 연구 문제	4
4. 연구의 제한점	5
II. 이론적 배경	6
1. 구성주의 학습 이론	6
2. 순환학습 모형	8
3. 열과 온도의 물리학적 개념	12
4. 학생들의 열과 온도 개념	16
III. 연구 방법 및 절차	25
1. 연구 대상 및 시기	25
2. 연구 범위 및 절차	25
3. 순환학습 모형의 수업 프로그램 개발 및 적용	26
4. 검사 도구	27
5. 자료 처리 및 분석	34

IV. 연구 결과 및 논의	35
1. 개념 변화 분석	35
2. 탐구능력 검사 결과 분석	54
3. 과학 관련 태도 검사 결과 분석	56
V. 결론	59
참고 문헌	61
Abstract	67
부록 1. 열 개념 검사 도구	69
2. 탐구능력 검사 도구	71
3. 과학 관련 태도 검사 도구	81
감사의 글	83

표 차례

표 1. 학습에 대한 전통적 관점과 구성주의적 관점의 비교	8
표 2. Piaget의 기능모형과 순환학습	9
표 3. 순환학습 모형에 의한 수업 전략	29
표 4. 본 연구에서의 학습지도안	30
표 5. 개념 검사 문항별 물리학적 개념	35
표 6. 문항별 객관식 응답 유형	36
표 7. 문항별 객관식 정답률	39
표 8. 문항 1에 대한 이유 진술 내용과 열전도 개념 유형	43
표 9. 문항 2에 대한 이유 진술 내용과 열전도 개념 유형	44
표 10. 문항 5에 대한 이유 진술 내용과 열전도 개념 유형	46
표 11. 열량 문항의 이유 진술 내용과 응답 유형	49
표 12. 비열 문항의 이유 진술 내용과 응답 유형	50
표 13. 복사평형 문항의 이유 진술 내용과 응답 유형	51
표 14. 열의 이동 문항 이유 진술 내용과 응답 유형	53
표 15. 탐구능력 검사 결과의 집단간 비교	55
표 16. 탐구능력 검사 결과의 수업처치 전·후 비교	55
표 17. 과학 관련 태도 검사 결과의 집단간 비교	56
표 18. 과학 관련 태도 검사 결과의 수업처치 전·후 비교	57

그림 차례

그림 1. 순환학습의 나선형 모형	9
그림 2. 순환학습에서 단계별 교사와 학생의 활동	10
그림 3. 열물리학에서 열과 온도의 개념적 위치	13
그림 4. 연구 절차의 순서도	28

I. 서론

1. 연구 필요성

교수·학습에 있어서 수업을 진행하는 교사는 가르쳐야 할 내용을 자세하게 학생들에게 설명하고 또 자세하게 설명만 해준다면 학생들은 학습 내용을 무리 없이 이해할 수 있으며, 만일 학생들이 이해하지 못한다면 교사의 설명이 충분하지 못했거나 학생들의 잘못이라고 생각하였었다. 그러나 많은 연구들에 의하여 이와 같은 생각은 잘못된 것임이 밝혀지고 있다.¹⁾

구성주의 학습 이론에 의하면, 학생들은 수업을 통하여 과학개념을 학습하기 이전에 이미 경험적으로 자연 현상에 대한 과학적 또는 비과학적인 자신만의 생각을 갖고 있다. 과학교육학자들은 이를 선개념(preconception)이라고 한다. 그러므로 교사는 학습이 이루어지기 전에 가르칠 내용과 관련된 학생들의 선개념을 파악하는 것이 매우 중요하다고 하겠다. 학생들은 이미 형성된 개념체계에 바탕을 두고 새로운 개념을 형성하고 있으므로 선개념이 학습 과정에 지대한 영향을 미치기 때문이다.

학생들은 백지에 그림을 그리듯이 새로운 개념을 획득하기보다는 자신의 머리 속에 이미 형성되어 있는 선개념을 변화시키거나 더욱 발전시키는 방향으로 학습이 이루어진다.²⁾ 그러므로 구성주의적 입장에 있는 교사가 진행하는 학습은 학생의 개인적인 의미 구성을 제공하는 장소가 되어야 한다.³⁾

따라서 과학학습은 학생들이 전혀 알지 못하던 새로운 과학개념이나 용어를 습득하는 것도 중요하지만 학생들이 가진 선개념이 낮은 수준의 개념이라면 그의 확장을 돕고 만약 오개념(misconception; 혹은 오인이라고 번역하기도 하는데, Cornell 대학의 Novak 교수 등 미국의 학자들이 사용하기 시작하여 세계적

으로 널리 통용되고 있는 용어로 학생들의 생각이 옳지 못하다는 의미를 전제로 하고 있다. 즉, 학생들의 선개념 중 당대의 과학적 지식과는 다른 개념을 말한다.) 이라면 변화 교정하는 학습도 중요하다 할 것이다.

오스본(R. J. Osborne)과 프레이버그(P. Freyberg)는 과학학습에서 학생들이 가지는 고유한 개념 형태를 조사하여 확인하고 그 형태를 고려한 수업 전략을 실행하지 않는다면 학생들이 가지는 선개념들은 형식적 과학학습에 의해서 쉽게 변화되지 않으며, 또 변화된다하더라도 바람직하지 못한 비과학적 개념형태로 발달된다⁴⁾고 하였다.

그러므로 교사는 학습자가 이미 과지고 있는 개념체계 즉 선개념의 유형을 알고 학생들의 개념 획득 과정을 충분히 알고 있어야 한다. 올바른 개념 형성을 위한 학습이 되려면 학생들이 흥미와 호기심을 갖도록 각 학년, 연령층에 적합한 과학적 개념들을 도입하여 학습욕구를 유발시키고, 인지적 갈등을 일으켜 학습자가 지니고 있던 잘못된 개념들을 버리고 학생들 스스로 과학적 개념을 찾아내도록 하는 학습활동을 제시해야 한다.

그러나, 현재의 우리 과학교육은 교사 중심의 설명 방식 또는 문제풀이 방식의 암기 학습으로 주로 실시되어 학생들 자신의 경험을 학습시키지 못하고 학생들의 선개념이 오개념으로 굳어지거나, 오개념이 더욱 굳어지고 있는 실정이다. 일반적으로 교사는 과학자의 개념을 '주고', 학생들은 '받아서' 그 개념을 문제풀이에 사용하여 적용하는 것이 개념학습으로 여기는 수가 많은데, 교사나 과학자에게는 명백한 정보나 설명이 학생들에게는 그렇지 못한 경우가 허다하다.⁵⁾ 수업 중 가르쳐지는 학교 과학이 학생들에게 유의미하고 유용할 것이라는 권위적인 믿음만 가지고는 안된다. 반드시 학생들의 선개념을 고려하여 그것이 오개념인 경우 수정될 수 있도록 학습지도를 하여야 한다.

이와 같이 오개념을 과학자적 개념으로 대치시키거나 치료하기 위해서는 학생의 개념 유형에 관한 연구를 바탕으로 한, 학교 현장에서 적용 가능한 새로운 교수·학습 방법에 대한 논의가 절실히 필요하다.

2. 연구 목적

물질의 열적 성질은 전자기적 성질, 광학적 성질과 함께 대표적인 물성이며 열과 온도는 물성에 중요한 개념이다. 초·중등 과학 교육과정에서도 열과 온도는 학생들이 학습하여야 할 중요한 개념들 중의 하나로 제시되어 있다. 그런데, 학생의 열과 온도에 대한 선개념은 전통적인 물리 수업에 의해 과학적으로 의미 있는 개념으로 변화하지 못하고 그대로 유지된다.^{6~11)} 고 한다.

왜 학생의 물리개념은 쉽게 변하지 않는가? 이러한 질문에 대하여 교사가 학생의 개념적 상태를 백지로 본 관점에 대한 반성으로 오스벨(D. P. Ausubel)이 학생의 사전 개념을 강조한 이래 학생의 물리개념은 광범위한 분야에서 다양하게 연구되었고,^{12~17)} 학습에 대한 새로운 인식으로 구성주의적 학습과 그에 기초한 학습 모형들,^{18~20)} 학습에 있어서 인지 방략²¹⁾과 메타인지 방략,^{22,23)} 메타 지식(metaknowledge)과 학습하는 방법의 학습(metalearning)^{24,25)}에 대한 관심 등의 새로운 교수·학습 방법이 제안되었다.

학생들에게 의미 있는 열개념 학습을 위해서는 중·고등학교 과학교과서에 과학사에 나타나는 열 개념 변천 과정을 역사적으로 전개하여 열현상에 대한 학생들의 오개념을 치료하고 적절한 개념을 형성하는데 도움을 주어야 한다⁵⁾는 수업 전략도 제시된 바 있지만, 스타비(R. Stavy)와 배르코비츠(B. Berkovitz.)는 온도와 관련된 연구를 통해 피아제의 인지갈등 훈련이 오개념을 바꾸는데 효과적이라고 하였다. 특히 두 인지구조의 전이단계에 있는 학생들에게 효과적이며, 단체 수업이 개별적 수업보다 효과적이라고 하였는데 그 이유로는 ① 동료와의 상호작용(토론)으로, 특히 갈등의 해소에 아주 좋으며, ② 이론적 수업보다는 실험법이 효과적이라고 하였다. 즉 구체적 경험의 병행으로 새 개념의 안정성 및 강화가 이루어진다고 하였다. 또한, ③ 물리 개념을 정량적(공식 중심, 수학적)으로 가르치는 것은 정성적, 직관적 지식과 연결되지 못하며 학생들이 잘 이해하지 못하여 오개념을 유도한다²⁶⁾고 하였다.

또한, 홍순경은 밀도 개념에 대하여 중학교 1학년을 대상으로 하여 순환학습 모형의 교수·학습을 실시한 결과 학생들의 탐구능력이 향상되고 과학적 태도에 바람직한 변화가 일어났으며, 밀도 개념 습득에 효과가 있었다²⁷⁾고 하였고, 김명련은 중학생들의 열 개념 변화를 위한 인지갈등 수업모형의 수업을 실시한 결과 전통적인 수업 방식에 비하여 인지갈등을 유발하는 수업이 열 개념 학습에 더 효과적이다⁴⁾라고 하였다. 그렇지만, 고등학생을 대상으로 하였을 때 순환 학습 모형에 의해 열 개념 학습지도 효과를 고찰한 연구는 미비하다.

그러므로 본 연구에서는 고등학생들에게 의미 있는 과학개념 학습이 가능한 물리 교수·학습 방법을 모색키 위하여, 학생들의 선개념을 파악하고 이에 기초하여 본 연구자가 구안한 순환학습 모형의 수업 전략을 실제 수업에 적용해보려고 한다. 그럼으로써 구안한 수업 전략이 고등학생들의 열 개념 학습에 미친 효과와 학생들의 탐구능력 및 과학 관련 태도 변화에 미치는 영향을 알아보고 하는 것이 본 연구의 목적이다.

3. 연구 문제

본 연구는 고등학교 1학년 학생들의 열에 대한 선개념을 조사하고, 학생들이 가지는 선개념을 과학자적 개념으로 교정하기 위하여 구성주의적 관점에 바탕을 둔 순환학습 모형의 수업 전략을 개발·적용함으로써 다음과 같은 문제를 알아보려고 한다.

- 1) 열에 대한 학생들의 선개념은 어떠한가?
- 2) 순환학습 수업 전략이 학생들이 열 개념을 습득하는데 효과적인가?
- 3) 순환학습 수업 전략이 학생들의 탐구능력 향상에 도움을 주는가?
- 3) 순환학습 수업 전략이 학생들의 과학 관련 태도 함양에 효과적인가?

4. 연구의 제한점

1) 본 연구를 수행하는데 있어서 그 대상을 제주시내 소재 공립 일반계 여자 고등학교의 1학년에 편성된 4개의 학급을 선정하여 이 중 2개 학급씩을 각각 실험집단과 통제집단으로 나누었기 때문에 피험자 선발과 실험 처치 간의 상호 작용에 따른 타당도에 문제가 있을 수 있으므로 실험 결과를 일반화하기는 어렵다.

2) 교수법 적용에 대한 교사, 학생의 변인을 최소화하려고 노력하였지만 연구의 성격상 완전히 변인을 통제하지 못하였으므로, 개념 변화 효과에 대한 해석에 제한이 따를 수 있다.

3) 검사 도구는 지필평가만을 사용하였기 때문에 학생들의 사고를 정확히 알아내는데는 한계가 있을 수 있으며, 검사 도구 자체의 타당성이나 신뢰성 외 피검자의 검사 도구에 대한 이해력이나 검사에 임하는 자세에 따라 검사의 결과가 영향을 받을 수 있다.

II. 이론적 배경

1. 구성주의 학습 이론

과학지식의 발달과 진보에 대하여 과학철학에는 크게 경험주의(empiricism)와 구성주의(constructivism)의 서로 상반된 두 가지 입장이 있는데, 구성주의적 관점에서는 학습을 학습자가 능동적으로 의미를 구성해나가는 과정으로 정의한다. 즉, 학습에 있어서 학생들을 자연현상에 대해 이미 나름대로의 개념을 가지고 수업에 임하는 적극적인 학습자로 보고 있다. 따라서 학습한다는 것은 학생들로 하여금 새로운 개념을 받아들이는 과정뿐만 아니라 이미 학생들이 지니고 있는 기존 개념을 수정하거나 대체하는 과정을 함께 포함하는 것을 의미한다.

이러한 과정에서 학습자는 스스로 의미를 구성함으로써 세계를 능동적으로 이해하게 된다. 이러한 생각은 학습자가 이미 파악한 인지구조 혹은 도식과 환경과의 능동적인 상호 작용을 통해서 지식이 구성된다고 보는 피아제(J. Piaget)나, 학습자의 관련된 인지구조에 새로운 개념 혹은 정보가 유의미하게 연결됨으로써 학습이 일어난다고 보는 유의미 학습 이론의 오스벨, 인간은 능동적 조직체로써 이미 지니고 있는 경험과 지식을 토대로 적극적인 활동을 통해 새로운 개념 구조를 발생시킨다는 발생학습의 오스본과 위트록(M. C. Wittrock) 등에서 공통적으로 나타난다.

그러므로 보드너(G. M. Bodner)는 “과학지식은 학습자의 마음에서 구성된다.”라고 하였고, 보스니아도우(S. Vosniadou)는 “지식의 획득은 단순한 축적이 아니며 인지 구성의 재구성이다.”라고 하였다.²⁸⁾ 따라서 구성주의자들은 지식을 관찰과 독립된 세계의 직관적 표현으로 생각하지 않으며, 지식은 가시적인 행위의 개념구조로 언급한다. 이와 같이 구성주의적 관점은, 학습을

학생들이 개념 변화 과정을 거쳐서 스스로 재구성하는 과정으로 보고 있으므로, 교수·학습은 학생 지식 구조의 재구성과 진보적 발달을 수반해야 한다는 것이다.

구성주의 학습 이론에서 현대 교수법은 개인의 능동적 과정에 관심을 가지며 지식이란 개인과 환경과의 거래라고 여긴다. 즉 학생을 의미생성자(meaning maker)로 인식하여, 경험을 학생들이 의미를 생각하고, 숙고 확장시킬 수 있게 조직해야 한다고 한다.²⁹⁾

학생의 선개념과 개인적 경험이 매우 중요하므로 효과적인 교수는 교사가 학생의 관점을 얼마나 이해하느냐에 달려있다. 따라서 구성주의적 학습이론에서는 다음과 같은 점들을 강조한다.

1) 학습은 개념의 변화를 포함한다. 과학학습이란 단순히 현존하는 개념을 확장하거나 이에 새로운 것을 첨가하는 것이 아니라 개념의 적극적인 재조직화를 포함하는 것이다.

2) 학습은 물리적 환경에 대한 경험과 사회적 상호작용을 통해서 지식을 구성해나가는 과정을 포함한다.

3) 학습의 결과로 구성된 의미는 다시 경험에 따라 부단히 검증되고 필요에 따라 수정되어 또 다른 의미로 변화되는 잠정적 속성을 지닌 개념체계이다.

4) 교수는 지식의 전이가 아니므로 학생이 과학적으로 사회를 보는 법을 알 수 있도록 수업 상황을 조직·설계한다.

5) 학습 성과는 환경뿐만 아니라 학습자의 선지식, 태도, 학습자의 목표에 의해서도 영향을 받는다.

이와 같이 학습을 학습자 개인이 능동적으로 의미를 구성하는 과정으로 보는 구성주의 학습은 전통적 학습과는 다른 특징을 가지게 된다. 표 1.은 학습에 대한 전통적 관점과 구성주의적 관점을 비교한 것이다.⁵⁾

표 1. 학습에 대한 전통적 관점과 구성주의적 관점의 비교

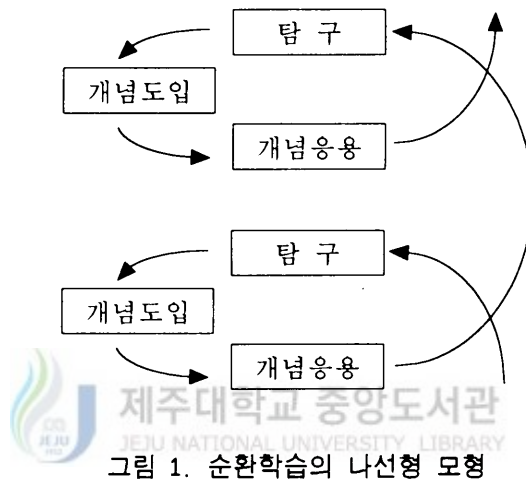
	전통적 관점	구성주의적 관점
교사의 역할	지식을 전수하는 역할	학생들이 의미를 구성하도록 경험 제공과 학습 촉진
학생의 역할	지식을 수동적으로 받아들임	의미를 능동적으로 구성
수업 전 상태	백지상태 또는 쉽게 대체될 수 있는 개념을 가지고 있는 상태	선행개념에서 기초한 쉽게 변하지 않는 개념을 가지고 있는 상태
학습의 조건	외부적인 학습상황: 교사, 교실, 교과서, 실험	외부적인 상황과 학생의 기존 개념과 선행 개념
학습에 대한 관점	백지 상태의 학생에게 지식을 전수	기존의 개념을 바꾸거나 수정하는 과정
지식 형성의 관점	외부 조건에 의해 결정되며 학습자와 무관	각 개인의 내적 작용에 의해 지식이 형성됨

2. 순환학습 모형

순환학습 모형(Learning Cycle model)은 과학 교육과정 개선 연구(SCIS: Science Curriculum Improvement Study)그룹의 카플러스(R. Karplus) 등에 의해 도입된 학습모형으로 학생 스스로 구체적인 경험을 통해서 개념을 획득하고 사고력의 신장을 돕기 위한 탐구 지향적 학습 모형이다.³⁰⁾

순환학습은 그림 1.과 같이 상호 관련된 3단계, 즉 탐구 단계, 개념도입 단계, 개념응용 단계로 이루어져있는데, 전통적 학습 방법과는 달리 실험실 학습, 즉 탐구 단계를 중요시하고 있다. 탐구단계에서는 이미 알려진 개념에 대한 확인 실험이 아닌 새로운 개념의 도입 역할을 하는 것이 특이하다고 하겠다. 순환학

습은 피아제의 인지발달 이론에 기초를 두고, 탐구 단계에서의 간단한 실험을 통하여 학생 스스로 새로운 개념을 발견할 수 있도록 유도함으로써, 학생들의 탐구능력 신장에 크게 기여하는 것으로 밝혀졌다.^{31,32)} 피아제의 기능 모형과 순환학습의 3단계는 표 2. 와 같이 직접적인 관련성을 가지고 있다.



학습자가 인지적인 갈등을 느끼게 되었을 때, 학생들이 직접 경험할 수 있는 학습활동이 제공됨으로써 새로운 지식을 동화하게 되고, 동화하기 전에 알고 있었던 사전 지식과 새로운 지식 사이에 조정이 이루어지면서 평형상태에 이르게 된다. 또한, 학습자는 새로운 지식을 조절하고 새로운 지식은 학습자가 가지고 있는 다른 지식과 조직화되는 과정을 거쳐서 자연현상에 대한 개념을 스스로 형성하게 된다.

표 2. Piaget의 기능모형과 순환학습

기능모형(Functional Model)	순환학습(Teaching Model)
동화	탐구
비평형과 조절	개념 형성
조직화	개념 확장

순환학습 모형에 따른 수업과정에서, 각 단계에 따른 교사와 학생의 활동을 도식화하면 그림 2.와 같다.³³⁾

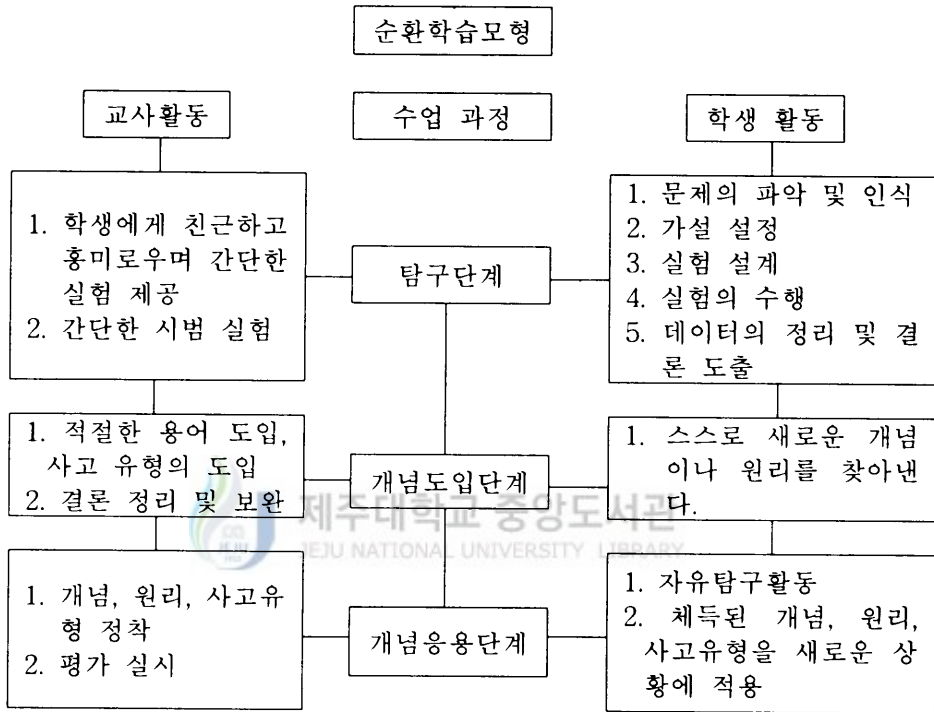


그림 2. 순환학습에서 단계별 교사와 학생의 활동

1) 탐구단계

탐구단계에서는 주로 학생들이 간단한 실험을 수행한다. 이 단계에는 학생들이 이전에 흔히 접할 수 없었던 현상에 직면함으로써 현재 자신의 인지구조에 의해서 쉽게 동화시킬 수 없는 새로운 상황을 맞게 하는 것이다.

이 때 학생들은 피아제가 말하는 '비평형 상태'인 인지갈등을 느끼게 되고 이러한 갈등 현상에 대한 면밀한 관찰, 실험의 수행, 자료 수집 및 분석, 추론 등의 과정과 사회적 상호작용(학생들간, 학생과 교사, 혹은 그룹 토의)에 의하여 평형화과정으로 유도된다.

이 단계에서의 학습활동은 주로 학생들 자신에 의하여 이루어지고, 교사는 단지 안내하는 역할만을 담당한다.

2) 개념 도입 단계

개념도입 단계에서는 밀도, 가속도, 화학평형 등과 같이 가르치고자 하는 개념이나 원리를 탐구단계에서의 활동에 바탕을 두고 도입한다. 이 단계에서의 개념 도입은 필름, 비디오테이프, TP 등과 같은 시청각자료를 이용하거나, 교사의 직접적인 설명 등 다양한 방법을 이용할 수 있다.

이 단계에서의 활동으로 학생들이 탐색단계에서 느꼈던 인지갈등은 해소될 것이다. 즉 학생들의 인지구조와 외적 자극 사이에 평형상태가 형성될 것이다. 그러나 이 단계에서는 완전한 평형에 이르기보다는 여전히 어느 정도의 비평형상태가 지속될 수도 있을 것이다. 이 때문에 개념응용 단계가 중요하고 필요한 것이다.



3) 개념응용 단계

이 단계에서는 탐구 및 개념도입 단계를 통하여 획득한 개념, 원리 혹은 사고 패턴을 다시 새로운 상황에 적용시켜 봄으로써, 평형화 과정을 위한 구체적 경험과 시간을 더욱 확보하고, 개념 도입 단계에서의 평형상태를 더욱 심화시켜, 인지구조의 내면화를 도와준다고 말할 수 있다.

그러므로 개념응용 단계에서의 활동은 교사의 설명을 자신의 경험에 적절히 소화시키지 못하거나, 개념적 재조직화가 느린 평균 이하의 학생들에게 더욱 중요하다고 볼 수 있다. 이런 학생들에 대해서는 그들의 어려움을 확인하고, 이를 해결해주기 위해서 개인적인 접촉을 유지하는 것은 인지발달의 관점에서 매우 의미 있는 일이다.

탐구-개념도입-개념응용에 따른 일련의 교수과정은 그림 1.과 같이 순환적이다. 탐구단계에서의 활동은 앞서 배운 개념의 응용을 필요로 하며, 탐구활동을 통해서 이끌어낸 새로운 개념을 과학적 용어를 도입하여 정리해야 할 필요가

있다. 개념도입 단계에서 정리된 새로운 개념은 새로운 상황에서의 적용과정을 통하여 내면화되고, 새로운 탐구활동에서 적용될 준비를 갖추게 된다.

순환학습의 각 단계에서의 학습형태는 융통성 있게 변화될 수 있다. 중요한 점은 학생들이 그들의 선개념이나 사고 패턴에 의해서 쉽게 동화할 수 없는 학습상황을 제공해 줌으로써 지적 갈등을 느끼게 하고, 탐구활동을 통하여 제기된 갈등을 해소할 수 있는 보다 적절한 새로운 개념이나 사고패턴을 형성할 수 있는 기회를 제공하는 것이다.

3. 열과 온도의 물리학적 개념

열과 온도는 인간의 일상 생활과 밀접한 관계를 가지고 있을 뿐만 아니라 물질의 열적 성질을 연구하고 응용하는 분야의 핵심적 개념이다. 티베르지앵(A. Tiberghien)이 학생의 물리개념에 관한 여러 연구를 분석한 결과, 연구자 자신이 열과 온도에 관한 물리적 개념을 혼란스럽게 사용하는 경향이 있음³⁴⁾을 지적하였듯이 열과 온도개념의 물리학적 위치를 명확히 할 필요가 있다. 이와 관련하여 혹스(H. U. Fuchs)는 현대적 열 개념 자체가 과거 열소설의 바탕 위에서 이루어진 열역학과 일치하지 않으므로 열역학을 현대적 관점에서 재구성할 것을 제안하였고³⁵⁾, 맥과 영(S. Y. Mak, & K. Young)은 열이란 용어가 열 개념을 나타내는데 부적절하기 때문에 대안적 용어의 필요성을 지적하기도 하였다.³⁶⁾

일상생활에서는 열과 온도를 구별하지 않고 사용하는 경우가 많다. 예를 들어, 어떤 아이가 아플 때 흔히 열이 많다고 말한다. 이 때 열이 많다고 하는 것은 아이의 체온이 높다는 의미이다. 그림 3.은 열물리학에서 열과 온도의 개념적 위치를 나타낸 것이다.³⁷⁾

그림 3.에서 열은 계(system)들 간의 상호작용을 매개하는 물리량이지만 온도는 하나의 계의 상태를 나타내는 상태변수이므로 아이에게 열이 많다고 할

때의 열은 상호작용으로서의 열 개념과 어긋난다고 할 수 있다. 인간이 열과 온도 개념을 분명하게 구별하게 된 것은 열의 본성이 밝혀지고 온도를 인간의 감각에 의존하지 않고 일정한 수치로써 객관적으로 표시할 수 있게 된 이후이다. 따라서, 학생들이 학교의 과학학습에서 열과 온도의 과학적 개념을 올바르게 이해하는 것이 중요하다.

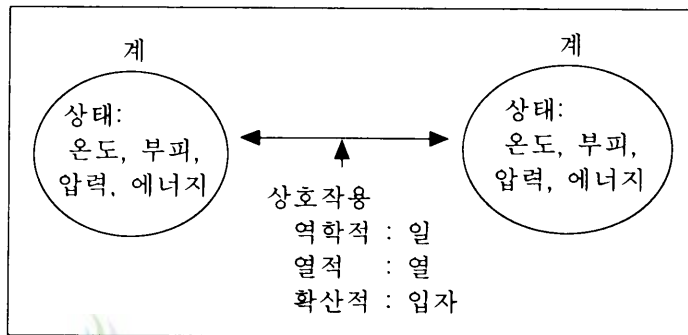


그림 3. 열물리학에서 열과 온도의 개념적 위치

1) 열

열은 온도가 다른 두 계가 상호 작용하여 고온계에서 저온계로 이동하는 에너지 전이의 한 형태로서 정의된다. 계들의 이러한 상호작용을 열적 상호작용이라 하며, 열로서 이동되는 에너지량인 열량은 계의 내부에너지 변화량이 된다. 그런데, 계의 내부에너지 변화는 열 이외에도 역학적 상호작용인 일, 확산적 상호작용인 입자의 출입에 의해서도 일어난다. 과거 열소설은 열을 계의 내부에너지와 구별하지 않고 계 안에 포함되는 것으로 생각한 것이다. 열적 상호작용인 열과 같은 효과를 역학적 상호작용인 일에 의하여 생기게 할 수 있다는 것은 열과 일의 물리적 동등성을 나타낸 것으로서 열역학 제1법칙의 기초가 된다. 측정을 전제로 한다면 일로써 상호작용을 하지 않을 때 질량 m , 비열 c 인 계의 온도가 dt 상승하였다면 계가 흡수한 열의 양 Q 는 $Q=mc dt$ 가 된다. 따라서, 열과 일의 양은 에너지의 단위인 J 로 나타내지만 역사적인 연유로 열의 양

은 cal라는 단위로 사용되는데 줄(Joule)의 실험에 의하여 1cal의 열량은 4.2J에 해당된다.

열의 본성은 미시적으로 물체를 구성하는 분자운동으로 명확하게 파악된다. 계를 구성하는 입자는 미시적으로 무질서한 운동을 하므로 분자들 사이의 위치에너지와 분자 중심의 운동에너지의 합을 내부에너지라고 한다. 이러한 분자운동을 열운동이라고도 하여 내부에너지를 열에너지(thermal energy)라고 부르는 경우도 있어 용어상의 혼란을 가져올 수 있다. 일반적으로 고립계의 내부에너지는 상수이며 물질입자의 출입 없이 외부와 상호 작용하여 하나의 상태에서 다른 상태로 변할 때 계가 받는 일의 양을 W , 그 계가 외부로부터 받은 열량을 Q 라 하면, 내부에너지의 변화량은 $dU=Q+W$ 이다. 이것을 열역학 제1법칙이라고 한다. 따라서 $W=0$ 이면 $dU=Q$ 가 되어 열을 에너지 전환의 한 형태라고 할 수 있다. 계가 열이나 일로써 외부와 상호작용 하더라도 그 과정에서 일과 열로 전이된 에너지량을 모두 합하면 보존되기 때문에 열역학 제1법칙은 곧 에너지 보존 법칙이다.

열에 숨겨진 또 하나의 성질은 비가역성이다. 일반적으로 뉴턴역학과 중력이론은 주기운동과 반복 운동을 풀기 위하여 사용되지만 자연계에서 주기운동과 반복운동만이 일어날 가능성은 없다. 왜냐하면, 자연계에는 회복이 불가능한 비가역적 변화가 존재하기 때문이다. 이러한 회복 불가능성과 비가역성은 발전과 진화를 뜻하며 이러한 진화론적 우주론의 이론적 기초가 열역학 제2법칙이다. 열역학 제2법칙이 말하는 비가역적 발전과 진화는 질서로부터 무질서로 열적 비평형으로부터 열적 평형으로 진행하려는 일반적 경향성을 의미한다고 할 수 있다.

예를 들어, 두 개의 부분 A와 B로 나누어져 있는 상자에 온도가 서로 다른 기체를 채워두었다고 할 때, A와 B는 일정한 시간이 흐르면 열을 교환하여 결국 같은 온도에 도달한다. 이 과정은 회복도 역행도 할 수 없는 성질을 가진다. 즉 처음에 A와 B에 같은 온도의 기체를 채운 후 일정한 시간이 지난 후 온도차가 발생하는 과정은 자연계에서 일어나지 않는다. 따라서, 계는 열적 비평형

상태(A와 B의 온도가 다르다)에서 열적 평형 상태(A와 B의 온도가 같다)로 자발적으로 진화하며 그 역방향으로 변화하는 것은 불가능하다. 열적 평형에 도달한다는 결론을 우주에 적용하면 우주의 일반적인 경향으로서 온도는 어느 곳에서도 같아지지 않으면 안 된다. 1854년 헬름홀츠(H. Helmholtz)는 열역학 제2법칙에 의하면 우주는 최종적으로 온도가 같아지는 상태가 된다는 것을 지적하여 열적 죽음설이 논의되었고 오늘날 열역학 제2법칙은 여러 가지 면에서 그 물리적 의미가 논의되고 있다.

2) 온도

온도는 거시적으로 계의 냉온상태와 관련되고 열평형을 특징짓는 척도이다. 계 A와 열평형을 이루고 있는 계 B가 다시 계 C와 열평형을 이루면, 계 A와 계 C 역시 열평형이 되고 계 A, 계 B, 계 C는 같은 온도가 된다. 이러한 경험적 사실은 열역학 0의 법칙이라고 하며 온도 측정의 원리가 된다. 즉, 계 A와 계 C를 직접 접촉시키지 않아도 계 B를 온도계로 하여 계 A와 계 C의 온도가 같은지 조사할 수 있다. 미시적으로는 맥스웰의 기체분자 운동론에서 귀납되었듯이 계의 온도는 계를 구성하고 있는 분자의 평균 운동에너지에 비례하는 물리량이 된다.

인간은 피부에 분포한 온점과 냉점이라는 감각점으로 온도감각을 느끼게 되지만 사람마다 다르고 환경에 대하여 순응이 일어나므로 정확하다고 할 수 없다. 온도를 수량적으로 나타내려고 할 때는 온도에 따라 변하는 여러 가지 물리현상을 이용한다. 즉, 온도가 변하면 물질의 내부 상태도 변하여 부피, 압력 등의 변화가 일어나고 또 특정한 온도에서는 상태 변화도 일어난다. 그런데, 온도계의 눈금은 사용된 물질의 성질에 의하여 영향을 받지 않을 수 없다. 예를 들면, 알코올과 수은은 팽창률이 달라서 똑같은 온도를 측정하여도 기준점에서는 같은 온도를 표시하나 그 외에서는 눈금이 정확하게 일치하지 않는다. 극단적으로 말하면 온도계마다 독자적인 온도를 나타낸다고 할 수 있다. 1968년 실용적으로는 표준상태에서 물의 삼중점을 기준으로 한, 국제 온도 눈금이 제

정되어 사용되고 있고 학문적으로는 물질의 종류나 성질에 의존하지 않는 보편적 온도로서 열역학 제2법칙에 의하여 정의된 절대온도 또는 열역학적 온도를 사용한다.

두 개의 열원 사이에 있는 어떤 종류의 작업 물질을 사용하여 카르노의 가역 순환을 가동시켰을 때 열효율은 작업 물질의 종류에 관계없이 고저 두 열원들의 온도 T_1 , T_2 로 결정된다는 것이 열역학 법칙에 의해 증명된다. 따라서 높은 쪽의 온도 T_1 을 기준으로 하면 낮은 쪽의 온도 T_2 는 이 순환의 열효율에 의해 정해진다. T_1 에서 작업 물질로 바뀐 열량을 Q_1 , T_2 로 내보낸 열량을 Q_2 라 하면, $T_2/T_1=Q_2/Q_1$ 이라는 관계가 성립한다. 이 온도 눈금에서는 모든 양이 수치로 나타내며 그 기준점은 항상 이상기체의 부피가 0이 되는 극한으로써 섭씨 -273.15 도와 일치한다. 절대 0도는 열역학적으로 생각할 수 있는 최저 온도로서 열역학 제3법칙에 의하여 엔트로피도 0이 된다. 통계역학적으로는 모든 계가 그 최저에너지 상태에 있는 것이 절대 0도이며 이 때 계의 에너지는 완전히 확정되어 있다. 그런데, 양자역학의 불확정성원리에 의하면 에너지가 완전히 확정되어 있는 계는 시간의 불확정성이 무한대이다. 즉 절대 0도에 도달하려면 무한대의 시간이 필요하며, 따라서 실험적으로 도달하기 어려운 온도이다.

4. 학생들의 열과 온도 개념

오스벨이 “학습에 영향을 주는 가장 중요한 요소 중의 하나는 학습자가 이미 알고 있는 것이다.”³⁸⁾라고 지적한 이후 학습지도에 있어서 학생의 사전 지식에 기초하여 가르치는 것이 중요하게 생각되었다. 즉, 학생이 이미 알고 있는 것을 진단하고 확인하여 그로부터 인도한다는 것이다. 그 이후부터, 보편화된 집단수업에서 그 적용이 현실적으로 어려움에도 불구하고 다양한 분야에서 학생의 물리개념이 연구되었다.

이러한 학생의 물리개념은 이중적 성질을 가지고 있다. 하나는 학습의 구성주의적 관점에서 학생의 물리개념은 제한된 상황에서는 합리적이고 예언적 능

력을 가지나 보다 더 나은 정확성과 일반성을 얻기 위하여 수정될 필요가 있는 “영차 모형”(zeroth-order models)³⁹⁾의 입장이고, 다른 하나는 학생들이 과학적 개념으로 변화를 하는데 있어서 기존의 물리개념을 수정하거나 포기해야 하는 어려움 때문에 학습의 방해 요인으로 작용한다는 입장이다. 열과 온도의 분야에서 많은 연구가 이루어졌으나 외국에 비하여 국내의 연구는 상대적으로 빈약하며, 또 티베르지엔의 지적과 같이 몇몇 특정 개념에 연구가 집중된 경향이 있다.

1) 온도 개념의 형성과 발달

알버트(E. Albert)는 어린 아동들도 온도란 용어를 낱씨와 관련하여 인식하게 되고 5-7세가 되면 주변의 현상과 관련하여 알게 되지만, 정량적이기보다는 정성적으로 물체의 상대적인 뜨거움을 나타내는 경향이 있다고 하였다.⁴⁰⁾ 예를 들면, “이것의 온도는 몇 도이다”보다 “이것은 차다”라는 표현이다. 또, 아동이 8-9세가 되면 온도를 열의 정도와 관련하여 생각하게 된다고 하였다. 티베르지엔에 의하면 8-12세 아동들은 물체 주위 매질의 온도를 고려하지 않고 그 물체 자체의 성질에 근거하여 온도를 판단하려는 경향이 있다고 한다.⁴¹⁾ 애플리톤(K. Appleton)이 비슷한 나이의 아동들을 대상으로 온도 개념을 조사한 바에 의하면, 온도에 대하여 매우 제한된 생각을 가지고 있으면 물체의 상태를 나타내기 위하여 온도를 자발적으로 사용하지 않을 뿐만 아니라 “온도계는 열을 측정하므로 얼음물은 온도가 없다”는 반응도 있는 것으로 나타났다.⁴²⁾

류재혁에 의하면, 이와 비슷한 경향이 정규 과학수업을 받은 학생들에게서도 쉽게 변하지 않고 있다. 고온, 상온 그리고 저온에서의 열평형에 관한 선택 후 설명식 문제를 이용하여 중등학생들의 온도 개념을 조사한 결과, 객관식 정답률이 30%를 넘지 못하였다.⁶⁾ 이것을 보면 학습 전에 직관적 및 경험적 판단에 의하여 형성된 온도 개념이 학습 후 다소 줄어들었다가 시간이 지나면 다시 원래의 직관적 사고로 되돌아간다.

2) 온도의 내포성에 대한 학생 개념

온도의 내포성(intensive) 개념에 대한 학생의 개념 연구로 크룩스(J. Crookes)는 12세 아동의 50%가 큰 얼음덩이를 작은 얼음덩이보다 더 차갑게 생각한다고 하였고,⁴³⁾ 드라이버와 러셀(R. Driver, & T. Russell)도 크기가 다른 얼음 덩어리의 온도에 관한 질문에서 얼음의 크기를 온도의 기준으로 삼은 학생이 8-9세 아동의 50%, 13-14세 아동의 15%라고 하였다.⁴⁴⁾ 우리 나라의 김현재, 김한호가 초등학생을 대상으로 조사한 결과도 위와 비슷하게 나타났다.⁸⁾ 이러한 연구들은 아동들이 온도란 단순히 물체가 가지고 있는 열의 양 또는 냉기의 양을 나타내는 척도로써 생각하고 있음을 보여준다.

스타비와 베르코비치²⁶⁾는 온도의 내포적인 개념을 조사하기 위해 두 가지 종류의 물을 섞는 경우를 이용하여 검사한 결과, 아동들은 정량적인 문제를 정성적인 문제보다 더 어려워하였고 같은 양을 섞을 때보다 다른 양을 섞을 때 더 어려워하였다. 이들은 덧셈을 많이 쓴 반면 나이든 아동일수록 뺄셈을 선호한다고 하였다. 덧셈을 사용하는 것은 온도란 단순히 물체가 가진 열의 측정치라고 생각하여 두 가지 물의 양을 섞으면 온도가 상승한다고 예측하여 찬물과 찬물을 섞으면 찬물이라고 대답하지만 10℃물과 10℃ 물을 섞을 때 덧셈을 해서 20℃ 물이 된다고 하는 것이고, 뺄셈을 하는 이유는 최종 온도가 초기 온도들 중간에 있을 것이라는 사실을 알기 때문이라고 해석하였다.

이것은 아동들이 온도에 대하여 정량적 표현과 정성적 표현들 사이에서 갈등을 느꼈기 때문이고, 많은 학생들이 정량적 문제가 제시되면 통상적인 정량적 자료 취급방법 즉 덧셈과 뺄셈을 사용하기 때문이다. 이에 따라 교묘하게 병립시킨 갈등 유도 전략을 사용하여 아동들이 온도의 내포적 개념을 이해하도록 하였다.

스트라우스(S. Strouss)의 연구결과⁴⁵⁾를 보면 어린 학생들도 정성적 용어로 문제가 제시되면 온도가 내포량인 것을 직관적으로 알고 있는 것 같다. 예를 들어, 찬물과 찬물을 섞으면 찬물이 된다고 하는 것이다. 그는 똑같은 양의 찬

물을 섞을 때, 아동들이 제시하는 설명을 기준으로 아동에게는 다음과 같은 세 가지 발달시기가 있다고 하였다.

첫째 시기는 똑같은 물이라는 동일성에 기초하여 설명하는 것이고, 둘째 시기는 더 많은 찬물이나 더 차다는 물의 양을 기준으로 생각하는 것이며, 셋째 시기는 동일성에 근거하여 추론하지만 물의 양을 중요한 요소에서 제외하는 것으로 예를 들면, 양은 중요하지 않으니까 같은 온도의 물을 섞어도 온도가 변하지 않는다고 생각하는 시기이다.

3) 온도의 안정성에 대한 학생 개념

상태 변화 중 온도의 안정성 개념에 관하여 앤더슨(B. O. Andersson)이 약 400명의 스웨덴 학생들에게 설문조사를 한 연구결과⁴⁶⁾를 보면, 얼마나 강하게 또는 오랫동안 가열하는가에 관계없이 끓는 액체의 온도가 일정한 것을 쉽게 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 즉, 대부분의 학생들은 가열기의 눈금이 고정되어 있는 동안은 끓는 물의 온도가 100°C 라고 예측하였으나 가열기의 눈금을 크게 하면 6학년의 80%, 9학년의 54%가 끓는 물의 온도가 상승할 것이라고 응답하였다.

류재혁의 연구에서도 어떻게 되는가 라는 질문과 얼음이 녹고 있을 때 얼음 물의 온도에 관한 질문에 학생들이 응답한 결과들을 보면, 상태변화 중 온도 불변성에 관하여 학생들이 학습한 후에도 내면화시키지 못하고 직관적 개념이 그대로 남아 있다. 류재혁은 이것을 가열하면 온도가 올라간다는 직관적, 과학적 개념이 결합하여 상태 변화 중에 갑자기 가열하면 순간적으로 온도가 상승하였다가 다시 일정하게 된다는 새로운 개념이 형성된다.⁶⁾고 추정하였다. 이런 결과들은 학생들이 물은 100°C에서 끓는다는 사실을 기억하고 있으나 상태변화가 일어나는 동안 왜 온도가 일정한지를 이해하지 못하고 있다는 것을 보여준다.

이러한 점과 관련하여 에릭슨(G. L. Erickson)은 상태변화 중 온도 불변성을 이해하기 위해서는 미시적인 분자 수준에서 액체에서 무엇이 일어나고 있는가

를 알아야 한다고 하였다.⁴⁷⁾ 그러나, 많은 연구에서 아동들은 미시적 수준에서 물질의 입자적 성질을 이해하지 못하고 있는 것으로 나타났다.^{48~51)} 에릭슨과 티베르지안은 12세의 어린이 대다수가 몇몇 고체들(예: 철, 금, 납)은 액체가 될 수 있고 다른 고체들(예: 알루미늄, 다이아몬드, 소금)은 액체가 될 수 없다고 하여 아동의 판단 근거는 과거의 직접 또는 대리 경험(예: 금덩어리를 만들려면 금을 녹여야 한다)이나 관찰되는 물질의 어떤 성질(예: 그것은 단단하므로)에 바탕을 두고 있음을 알 수 있다.⁵²⁾

4) 학생의 열개념

해리스(W. F. Harriss)는 열 개념이 과학에서 가장 혼란스런 개념 중의 하나이며 그 원인은 열과 관련된 용어의 사용에 있다고 하였다.⁵³⁾ 휴슨(M. G. Hewson)의 물리 개념에 대한 언어 문화적 환경이 미치는 영향에 관한 탐색적 연구에서 서구의 언어(예: 영어) 자체가 열이 물질적 실체를 은유하고 있다고 하였고,⁵⁴⁾ 맥과 영은 열과 뜨거움이란 용어는 아동이 2-3세부터 사용하며 8-9세가 되면 열을 차가움에서 뜨거움으로 연속적으로 변하는 물체의 상태로 인식한다고 하였다.³⁶⁾ 또한 아동은 8-12세가 되면 열을 살아 있는 물체, 생명에 필요함, 열원, 물체의 뜨거운 정도, 상태 변화와 팽창 등과 같이 물체에 일어나는 열의 효과와 관련짓게 되고 12-16세 아동들은 1/3정도가 열을 뜨거운 물체, 물질적 실체, 열원에서 방출되는 어떤 것으로 생각한다.⁵⁵⁾

따라서 많은 학생들은 학교에서 학습하였음에도 열이란 용어를 뜨겁고 차가운 물체들과의 일상적 경험으로 형성된 의미와 관련지어 생각한다. 열원과 그것에 의해 영향을 받는 물체를 구분할 수 있어 열원에서 물체로의 어떤 운동을 깨닫는 것은 열 개념을 파악하는 초보적인 인식에 알버트에 의하면 아동이 8-9세가 되면 주변 환경과의 다양한 상호작용으로 뜨겁고 차가운 물체의 본질과 행동에 대하여 비교적 일관된 신념을 형성하여 가열하거나 냉각하는 과정을 알고 물체의 뜨거운 상태를 냉 → 온 → 뜨거움의 연속체로 표현하고 뜨거움의

대립 개념으로 차가움을 생각한다고 하였다.⁴⁰⁾

트리플렛(G. Triplett)은 이 때 아동들은 사용할 때에 다음과 같이 두 가지의 다른 의미가 있다고 하였다.⁵⁶⁾ 첫째로 열을 본질적으로 기동력을 가진 물질적 실체로 보는 관점으로서 예를 들면, 12세의 아동이 촛불로 금속 막대의 한 끝을 가열하는 상황에 대하여 “금속 막대는 뜨거워진다. 왜냐하면 열이 한곳에 더 이상 쌓여질 수 없으면 막대를 따라 이동하기 때문이다”로 응답한 것이고, 둘째로 열을 하나의 물질로 보아 열기, 살(ray), 파동들과 같은 보다 은유적 용어로 표현하는 관점으로서 이러한 생각은 물체들 간 또는 한 물체 내의 여러 곳 사이에 열을 나르는 중간 물질(주로 공기)을 가정하는 것이다.

5) 학생의 열전도 개념

많은 연구자들이 보고한 것을 보면,⁵⁵⁾ 학생들이 열과 관련 지으려는 물체의 여러 속성들이 있는데 대표적인 것이 열의 상대적 강약이다. 예를 들면, 뜨거운 판 위의 목재나 플라스틱 덩어리가 뜨겁게 보이지 않는 현상에 대하여 “열이 약해서 뚫고 들어가지 못하죠”라는 말이나 금속이 가열되는 현상에 대하여 “열이 충분히 강하지 않아요. 그래서 열이 금속을 투과하지 못해요”라는 반응, 또한 목재와 금속의 가열되는 속도에 대하여 “목재는 금속보다 약해서 열이 금속보다는 목재를 더 빨리 투과하죠” 등이다. 따라서 열에 대한 강약의 성질은 열이 이동하는 물체의 성질과도 관련된다고 생각하고 있다.

열전도는 에너지 전이의 과정이고 매질에서 도체, 절연체란 용어가 많이 쓰이는데 학생들은 이러한 용어들을 잘 쓰지는 않으나 알고 있다. 도체, 절연체는 물질의 한 성질이고 이것은 에너지 전이 과정과 관련된다. 아동은 뜨거운 물체가 접촉하고 있을 때 차가운 물체가 가열하고 있음을 알고 있으면, 이러한 경험이 다른 상황에도 적용되어 열의 움직임을 언급하려고 한다.

에릭슨의 연구를 보면, 금속 막대의 한끝만 촛불로 가열하면 어떻게 전체가 뜨거워지는가라는 질문에 아동은 “열은 막대의 한끝에서 전체가 뜨거워질 때까지 계속 이동하기 때문이다”라고 응답하거나, 같은 열원에서 서로 다른 물체를

올려놓으면 어떻게 하여 금속이 목재나 플라스틱보다 빨리 뜨거워지는 가라는 질문에 “금속이 열을 빨아들여요. 금속은 열을 가지려하고 열은 쉽게 들어가요. 나무는 열을 가질 수 없어요”라고 설명한다.⁵⁷⁾ 이러한 연구 결과로부터, 학생들은 금속이 열을 흡수하고 보유하려는 경향성이 있는 것으로 파악하고 있음을 알 수 있다.

엔젤(E. Engel)의 전도에 관한 연구를 보면⁵⁸⁾, 학생들은 전도의 설명으로써 단단함을 준거로 사용하고 있다. 예를 들면, 단단함의 정도가 달라 공기가 가장 빨리 데워지고 금속은 천천히 데워진다는 설명이다. 여러 가지 절연 물질의 효율성에 관한 에릭슨의 연구에서도 학생들은 이와 같은 단단함의 준거로 사용하고 있다. 류재혁, 박승재의 연구에서는 같은 환경에 있는 나무토막과 금속 토막을 만지는 문제 상황에서 학생들이 손에서 물체로의 열전도를 생각하지 못하고 금속이 더 차갑다고 한다.⁷⁾ 이것은 학생들이 금속 자체가 냉기를 흡수하거나 열을 잃어버린다고 생각하고 있으며 또한, 금속은 표면이 매끄럽고 반짝거리므로 본래 차가운 물질이라고 단순히 생각하기 때문이다. 윤진의 연구에서도 이와 같은 질문들에 대한 사고는 비슷한 결과를 보였다.⁵⁹⁾

이상의 연구 결과들을 종합해 보면, 학생들의 사고가 일관성이 없고 상황 의존적이며 직관적, 경향적이라는 것을 알 수 있다.

대다수의 학생들은 대류에 대해서도 지각적 경험에 의거한 직관적 생각을 가지고 있다. 드라이버 등을 보면 “방열기가 어떻게 방을 따뜻하게 하느냐?”라는 질문에 학생들은 담배 연기가 방안에 퍼지는 것과 같이 열도 방열기를 빠져나가 방을 데운다고 응답하였고, “열이 한곳에서 다른 곳으로 어떻게 이동하느냐?”라는 질문에 학생들이 열은 살(rays)과 같은 형태로 퍼져나간다는 표현을 하는 것을 보면 학생들은 열이 본래 움직이려고 하는 성향이 있다는 것으로 파악하고 있다.⁵⁵⁾

6) 엔트로피에 대한 학생 개념

열과 에너지 그리고 온도의 구별에 대하여 학생들은 어려움을 겪고 있다.

드라이버와 러셀의 연구에 의하면, 크기가 다른 얼음을 녹이는 것과 양이 다른 물을 끓이는 상황에서 12-14세 아동의 3/4이상이 바르게 응답하여 에너지의 외연적 성질을 잘 알고 있는 것으로 보이지만, 에너지의 엄밀한 개념을 묻거나 온도와 구별하도록 하면 많은 혼란이 일어난다.⁴⁴⁾ 엔젤의 연구에서 12-16세 아동들에게 열과 온도를 구별하도록 한 결과, 차이가 없다는 것과 온도는 열의 측정치이거나 열의 효과라고 응답한 것이 대부분이었다.⁵⁸⁾

열역학과 엔트로피의 개념에 있어서 존스톤 등(A. H. Johnston et al.)의 연구 결과⁶⁰⁾에 의하면, 대학생들은 열역학을 제대로 이해하지 못한 것으로 나타난다. 예를 들어, 액체가 끓을 때 기체 상태의 분자와 액체상태의 분자가 평균적으로 같은 운동에너지를 가진다고 생각하지 못한다. 또 엔트로피는 무질서의 척도로 도입되었으나 에너지를 가진다고 생각하지 못한다. 또 엔트로피는 무질서의 척도로 도입되었으나 개념적으로 어렵기 때문에 열역학을 쉽게 이해하지 못하는 원인이 된다.

장희익은 대학생들의 엔트로피 개념에 대한 이해도를 조사하였는데, 엔트로피의 2가지 정의 중에서 볼츠만 형식인 $S=k\log W$ (B-form)를 클라우지우스 형식인 $ds=dQ/T$ (C-form)보다 대학생들이 더 잘 이해하는 것으로 나타났다.⁶¹⁾

모레이라와 산토스(M. A. Moreira & C. A. Santos)는 열역학에서의 내용 구성이 대학생들의 인지 구조에 미치는 영향을 조사하였다. 열역학의 내용을 전통적인 방법과 오스벨의 학습 이론에 따라 구성한 방법으로 가르친 결과, 후자의 경우에 열과 온도의 구분이 명확하게 되었고 열역학의 법칙들이 좀 더 위계적인 것이 되었다. 그러므로, 연구자들은 열역학 법칙의 내용을 오스벨적 접근 방식으로 구성하면 학생들의 개념적 위계 질서가 열역학의 법칙들과 더욱 정합적이 된다고 하였다.⁶²⁾

이상의 많은 연구 결과들을 종합하여 학생의 열과 온도에 관한 물리 개념을 요약하면 다음과 같다.¹³⁾ 온도에 대한 학생들의 물리 개념으로는 첫째, 한 물체가 여러 가지 온도를 가질 수 있음을 인식하지 못하여 온도를 주위환경보다는

물체의 성질에 근거하여 판단한다. 둘째, 계의 상태를 기술하는데 온도라는 용어를 잘 사용하지 못한다. 셋째, 물질의 관점에서 추론하고 상황 의존적이다. 넷째, 열적 접촉을 하고 있는 여러 물체들이 같은 온도를 가지게 됨을 알지 못한다. 즉, 체감온도와 구별하지 못한다. 다섯째, 물체가 가지고 있는 열(냉기)의 양을 온도의 기준으로 삼는다. 여섯째, 문제 상황에서 정성적 취급보다 정량적 취급을 잘 하지 못한다. 일곱째, 물질이 상태 변화중일 때 온도 불변성을 이해하지 못한다. 여덟째, 충분히 가열하면 액체가 되거나 될 수 없는 고체가 있다고 보아 추론의 근거를 물질의 속성이나 과거의 인식 경험 또는 대리 경험에 바탕을 두고 있다 등으로 요약할 수 있다.

열에 대한 학생의 물리 개념으로는 첫째, 열을 뜨거움의 상태로 인식한다. 둘째, 열을 뜨거운 물체나 물질적 실체로 이해한다. 셋째, 뜨거움의 대립개념으로 냉기를 생각하고 쌍방적 흐름으로 본다. 넷째, 열전도에서 열의 상대적 강약이나 물체의 단단함을 준거로 생각하는 경향이 있다. 다섯째, 열을 에너지 전달의 한 과정으로 보지 못한다. 여섯째, 열전도를 물질의 속성으로 파악한다. 일곱째, 많은 은유적 표현과 혼용되어 개념 분화가 이루어지지 않고 있다. 여덟째, 열, 에너지, 그리고 온도와의 구분을 잘 하지 못하고 있다. 아홉째, 문제상황을 기술할 때 온도, 열 에너지 등의 용어를 잘 사용하지 않으며 전이에 대한 개념이나 상호 작용에 대한 개념이 없다 등으로 요약할 수 있다.

Ⅲ. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상 및 시기

본 연구의 대상은 제주시내에 소재하고 있는 일반계 여자고등학교의 1학년 4개반을 무작위 표집하여 실험집단 2개반 95명과 통제집단 2개반 95명으로 구분하였다. 수업처치를 하기 전 1998년 6월 3일에 사전검사를 실시하고, 수업처치 후인 1998년 7월 16일에 사후검사를 실시하였다. 사전검사 결과를 통계 처리하여 본 결과 두 집단은 동질 집단임을 알 수 있었다.

사전검사는 두 집단 모두 95명이었으나 사후검사는 결석과 사후검사지를 제출하지 않은 학생을 제외한 86명을 대상으로 하였다. 그러나 검사 결과를 통계 처리하여 정답률과 개념 유형의 변화 등을 분석하였기 때문에 수업처치 전·후 검사 대상 인원수의 조그만 차이는 분석 결과에 영향을 미치지 않는다.

2. 연구 범위 및 절차

본 연구에서는 먼저 현행 고등학교 1학년 공통과학 에너지 단원 중 중단원 열의 개념에 대한 문헌을 조사하여 학생들이 가지고 있는 선개념의 유형을 파악하고, 이러한 문헌 연구를 토대로 학생들의 개념을 조사하기 위한 문항지를 개발하였다(부록 1. 참조).

사전검사에서 학생들의 개념 유형을 조사 분석한 후 이를 기초로 학생들이 보다 쉽게 과학자적인 개념을 형성할 수 있도록 도와주는 순환학습 수업 전략을 수립하여 학습지도안을 개발한 다음, 통제집단에서는 전통적 학습지도안을, 실험집단에서는 순환학습에 의한 학습 지도안을 적용하여 연구자가 수업처치를 하였다. 통제집단과 실험집단을 지도한 연구자는 교육경력 16년의 남자 교사이

다. 전통적인 수업은 교사가 교과서에 제시된 내용과 방법대로 예년에 하던 방식대로의 수업을 말한다. 수업은 1998년 6월에서 7월까지 5차시를 실시하였다.

통제집단과 실험집단에서 적용한 수업 내용 및 시간은 같고, 다만 교수 방법 및 수업 전략에만 차이를 두었다. 수립한 수업 전략의 효과를 검증하기 위하여 개념검사 문항지를 수업 전후에, 통제집단과 실험집단에 각각 투여하여 개념 변화 정도를 비교 분석하였다. 사전검사와 사후검사는 재검사에 의한 신뢰도를 높이기 위해 동일한 문항으로 구성된 것을 사용하였으며, 사전 검사는 본 연구의 수업모형이 투입되기 1주일 전에, 사후검사는 수업이 모두 끝난 1주일 후에 투입했다. 또한, 탐구능력 검사와 과학 관련 태도 검사를 수업처치 전·후에 실시하고 이에 관한 비교 분석을 통하여 순환학습 수업 전략이 탐구능력 향상과 과학 관련 태도 형성에 미치는 영향도 알아보았다. 전체적인 연구 절차는 그림 4.와 같다.



3. 순환학습 모형의 수업 프로그램 개발 및 적용

순환학습은 상호 관련된 3단계, 즉 탐구 단계, 개념도입 단계, 개념응용 단계로 이루어진다. 탐구 단계는 제기된 새로운 문제 상황에서 학생 스스로의 행동과 반응을 통하여 문제에 내재된 규칙성을 발견하는 단계이므로 학생들이 가지고 있는 기존 개념이나 사고 양식으로는 해결할 수 없는 새로운 경험에 대하여 의문점을 가지도록 구성하였다. 학생들의 지적 비평형 상태가 유도되어 인지적 갈등을 느끼게 하고 교사는 학생들이 지니고 있던 선개념이 토의되도록 유도하여 학생들이 지니고 있는 선개념들이 잘못이었음을 깨달을 수 있도록 기회를 제공하였다.

개념도입 단계에서는 탐구단계에서 느꼈던 인지적 갈등이 새로운 개념과 원리에 의해 해소되게 구성하고, 탐구 단계 및 개념 도입 단계를 통하여 학습한 개념, 원리를 개념 응용 단계를 통하여 새로운 상황과 문제에 적용할 수 있게 구성하였다.

구체적인 수업 프로그램은 표 3.과 같이 고등학교 공통과학의 '열' 단원에 대한 수업 전략을 수립하고, 표 4.에 예시된 것과 같은 순환학습 수업 전략에 의한 학습지도안을 개발하여 실험집단에 적용하였다.

4. 검사 도구

1) 열 개념 검사 도구

과학개념 검사 문항을 제작하기 위하여 각종 문헌연구와 김명련이 사용한 열 개념 검사 문항⁴⁾ 및 고등학교 공통과학의 '열' 단원 내용을 분석하였다. 이를 바탕으로 하여 일상 생활에서 경험할 수 있는 내용을 중심으로 한 온도, 열량, 비열, 전도, 복사 등에 관한 7개의 열 개념 검사 문항을 연구자가 개발하였다. 문항은 학생들이 가지고 있는 개념을 면밀하게 파악하기 위해 객관식 선택 문항 및 주관식 이유 진술형으로 구성하였다.

2) 탐구능력 검사 도구

탐구능력 측정을 위한 검사도구는 이종기가 중·고등학생용으로 개발한 과학 탐구기능검사(test of science inquiry skills:TSIS)⁶⁴⁾로 총 36문항으로 구성되어 있으며, 신뢰도(KR-20) .86, 측정의 표준오차 2.45, 평균변별도 .46, 평균 난이도 .56인 것을 사용하였다.

3) 과학적 태도 검사 도구

본 연구에서 사용한 과학에 관련된 태도 검사도구는 1986년에 한국교육개발원에서 개발하여 사용한 '과학에 대한 태도 검사'(총 46문항)와 과학적 태도검사(총 50문항) 및 한국교육개발원에서 개발한 '학습태도 검사지'(30문항), TOSRA(Test of science-Related Attitudes, Fraser, 1981) 태도검사 문항지(70문항)를 참고하여 1994년에 양숙영이 수정 보완한 문항⁶³⁾을 사용하였다. 검사

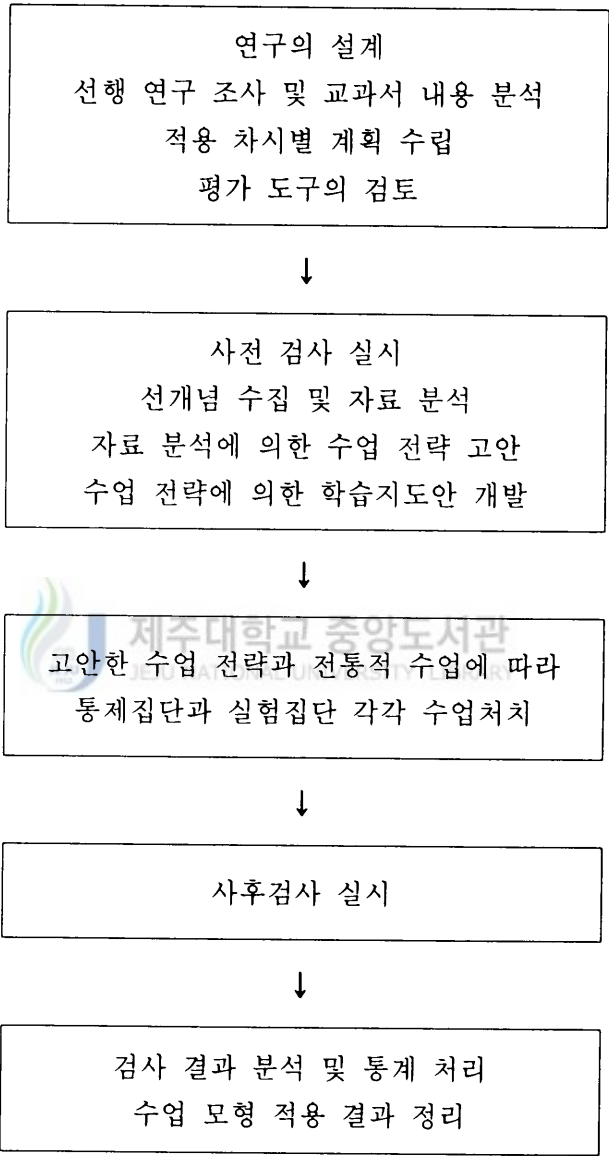


그림 4. 연구 절차의 순서도

표 3 . 순환학습 모형에 의한 수업 전략

학습 주제	차시	탐구 단계	개념도입 단계	개념응용 단계
온도란 무엇인가?	1	손의 느낌으로 얼마나 정확하게 온도를 짚 수 있을까?	차고 더운 정도를 나타내는 온도는 분자 운동에 의해서 정해지며 섭씨, 화씨, 절대온도를 사용한다.	섭씨, 화씨, 절대온도 사이에는 어떤 관계가 있을까? 동전을 망치로 두드리면 왜 온도가 높아질까?
온도와 열에너지 사이에는 어떤 관계가 있을까?	2	온도계로 물 한 방울의 온도를 정확하게 짚 수 있을까?	고온의 물체와 저온의 물체를 접촉하면 고온의 물체는 열을 잃고 저온의 물체는 열을 얻어 충분한 시간이 지나면 열평형 상태에 도달한다.	열량 보존의 법칙 적용 열량계는 어떤 구조로 되어있을까?
비열과 열용량이란 무엇인가?	3	냄비의 물을 끓일 때 왜 물보다 냄비 손잡이가 먼저 뜨거워질까?	비열은 물질 1kg의 온도를 1k 높이는데 필요한 열의 양으로 정의되는 물질의 고유한 특성으로 비열이 클수록 온도변화가 작다.	일반적으로 물질이 열을 받을 때 온도 변화량의 크기를 결정하는 요인은 무엇일까?
고체와 액체의 비열과 열용량 측정	4	고체의 비열을 어떻게 측정할까?	비열값을 알고 있는 물을 이용하여 다른 고체의 비열 측정 실험	액체의 비열을 어떻게 측정할까?
열은 어떻게 이동하는가?	5	오리털 옷은 왜 따뜻할까? 바람은 왜 불까? 햇빛은 어떻게 지구로 들어올까?	분자 충돌에 의한 전도, 분자 밀도차에 의한 대류, 전자기파 복사 등의 방식으로 열에너지가 이동한다.	스티로폼은 왜 열을 잘 차단하는가? 보온병의 구조와 원리는 무엇일까?

표 4. 본 연구에서의 학습지도안

단 원	IV. 에너지 - 1. 열		일시	1998년 6월 10일 교시		
주 제	온도란 무엇인가?		차시	1/5	교과서	130-132쪽
학습목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 감각에 의해 측정되는 온도는 주위 환경의 영향에 따라 달라짐을 안다. ○ 온도계의 원리를 안다. ○ 온도계의 눈금 정하는 방법을 안다. 					
준비물	수조 3개, 더운물, 찬물, 온도계					
단계	학습 과정	교수·학습활동			시간	자료 및 유의점
		교사		학생		
탐구 단계	탐색 및 문제 파악	<ul style="list-style-type: none"> ○ 더운 여름에는 샘물이 차갑게 느껴지고 추운 겨울에는 따뜻하게 느껴집니다. ○ 감기에 걸려 열이 많을 때 물수건을 이마에 올려 놓으면 보통 때와 느낌이 어떻게 다를까요? ○ 손의 감각으로 온도를 측정할 수 있을까요? ○ 손으로 느끼는 온도는 주위 환경의 영향을 받을까요? ○ 이번 시간에는 온도에 대하여 알아보시다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 감기에 걸려 열이 많을 때가 보통 때보다 더 차갑게 느껴 집니다. ○ “측정할 수 있다.” 또는 “측정할 수 없다.” 또는 “측정해도 정확하지 않을 것이다” ○ “주위 환경의 영향을 받을 것 같다.” 또는 “영향을 별로 안 받을 것이다.” 등 ○ 학습 문제를 확인한다. 	4분	문제 상황을 제시하여 선개념을 이끌어 내고 인지 갈등을 유발시켜 학습 문제를 인지하게 한다.	
	가설 설정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수조에 들어 있는 물의 온도를 온도계로 측정하 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선개념을 이용하여 다양한 대답을 한다. 	4분		

표 4. 계속

탐 구 단 계	실험 설계	<p>는 경우와 손의 감각으로 측정하는 경우, 어느 정도 차이가 날까?</p> <p>○ 그렇게 생각하는 이유는?</p> <p>○ 미지근한 물에 손을 담그고 느끼는 온도와, 찬물에 손을 담그고 있다가 손을 빼어 미지근한 물에 담가 느끼는 온도는 어떤 차이가 있을까요?</p> <p>○ 여러분들이 예상한 생각을 어떻게 확인할 수 있을까요?</p> <p>○ 실험방법과 주의할 점을 토의하여 봅시다. 시간을 충분히 주고 적절한 정보를 준다.</p>	<p>○ 각자의 생각과 이유를 발표한다.</p> <p>○ 각자 생각해보고, 그렇게 생각한 이유를 보고서에 기록한다.</p> <p>○ 교사의 도움을 받아 실험을 설계한다.</p> <p>○ 조별로 토론을 하여 실험을 설계하고 보고서에 기록한다.</p>	7분	<p>○ 충분히 생각할 수 있는 시간을 준다.</p> <p>○ 대략적인 내용은 전체 토론으로 알아내게 하고 구체적인 방법은 조별로 고안하게 한다</p>
	실험 수행	<p>○ 순회하며 실험이 잘되지 않는 조를 도와준다.</p>	<p>○ 조별로 실험하여 실험보고서를 작성한다.</p>	10분	
	실험 결과 토의	<p>○ 수조에 들어 있는 물의 온도를 온도계로 측정하는 경우와 손의 감각으로 측정하는 경우, 어느 정도 차이가 있나요?</p>	<p>○ 각 조별로 측정값과 오차를 발표한다.</p>	5분	

표 4. 계속

개념 도입 단계	결과 해석 및 개념 도입	<p>- 손으로 측정한 경우에 오차가 얼마인가요?</p> <p>○ 손의 감각으로 물체의 온도를 측정할 수 있을까요?</p> <p>○ 미지근한 물에 손을 담그고 느끼는 온도와, 찬물에 손을 담그고 있다가 손을 빼어 미지근한 물에 담가 느끼는 온도는 어떤 차이가 있지요?</p> <p>- 어떤 경우에 오차가 크가요?</p> <p>- 손으로 느끼는 온도는 주위 환경의 영향을 받을까요?</p> <p>○ 우리가 감각으로 느끼는 온도는 매우 부정확하고 주위 환경의 영향을 받습니다.</p> <p>○ 차고 더운 정도를 수량적으로 나타낸 것이 온도입니다. 물체의 분자 운동이 활발할수록 온도가 높아집니다. 손으로 느끼는 온도는 정확하지 않으며 주위 환경에 따라 달라집니다.</p> <p>○ 객관적으로 정밀하게 온도를 측정하려면 어떻게</p>	<p>○ 손의 감각으로 측정한 온도는 사람마다 다르고 정확하지 않을 것이다.</p> <p>○ 찬물에 손을 담그고 있다가 손을 빼어 미지근한 물에 담가서 측정할 때의 온도가 더 뜨겁게 느껴진다. 이 때의 오차가 더 크다.</p> <p>○ 손으로 느끼는 온도는 주위 환경의 영향을 받는다.</p> <p>○ 온도계를 사용하여 측정하여야 합니다.</p>	5분	
----------	---------------	---	---	----	--

표 4. 계속

		<p>하여야 할까요?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 온도계는 어떤 원리로 온도를 측정하는 것일까요? ○ 온도의 눈금을 정하는 방법으로 어떤 것이 있을까? ○ 그러면 구체적으로 섭씨 온도, 화씨온도, 절대온도의 눈금을 정하는 방법을 조별로 조사하여봅시다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 액체나 기체가 온도가 높으면 팽창하고 온도가 낮으면 수축하는 원리를 이용하여 온도를 정하는 것입니다. ○ 섭씨온도, 화씨온도, 절대온도가 있습니다. ○ 조별로 조사하여 발표한다. 		
개념 응용 단계	개념 적용 및 확장	<ul style="list-style-type: none"> ○ (섭씨온도와 화씨온도 눈금 비교 그림을 제시하고) 섭씨와 화씨온도는 어떤 관계가 있나요? ○ 섭씨온도와 절대온도는 어떤 관계가 있나요? ○ 동전이나 못과 같은 금속을 망치로 여러번 두드리면 어떻게 될까요? ○ 그러면 온도가 올라가는 이유는 무엇인가요? ○ 형성평가 문제를 제시한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조별로 토의하여 섭씨와 화씨의 온도의 관계를 알아내어 발표한다. ○ 온도가 올라간다. ○ 물질에 에너지를 가하게 되면 원자나 분자의 평균운동에너지가 커지게 되어 온도가 올라갑니다. ○ 형성평가 문제를 해결한다. 	15 분	

문항은 ‘과학에 대한 태도’, ‘과학의 사회적 의미’, ‘과학교과에 대한 태도’, ‘과학적 태도’ 4가지 범주로 나누고 각 범주마다 9문항씩 총 36문항으로 하였으며 신뢰성의 척도 Cronbach’s α 계수는 .89이다.

5. 자료 처리 및 분석

1) 개념 검사 결과 분석

객관식 응답은 각 문항별로 응답 빈도를 SPSS 통계 프로그램에 의해 실험집단과 통제집단의 수업처치 전·후의 개념 형성 정도를 동일집단 내에서도 두 집단간에 비교하였다. 그리고 주관식 이유 진술형 응답은 유형별로 분류한 다음, 주관식 이유 진술 유형별 빈도수를 조사하여 실험집단과 통제집단의 수업처치 전과 후의 개념 형성 유형을 비교 분석하였다.

2) 탐구능력 검사 결과 분석

탐구능력 검사 문항지의 채점 결과는 SPSS 통계 프로그램으로 통제집단과 실험집단의 수업처치 전·후의 관계에 대하여 ANOVA 분석을 하였다.

3) 과학 관련 태도 검사 결과 분석

과학 관련 태도 검사의 각 문항은 5단계로 점수화하여 리커트 척도(Likert scale)에 의해 긍정적 진술인 ‘매우 그렇다’는 5점, ‘그렇다’는 4점, ‘보통이다’는 3점, ‘아니다’는 2점, ‘전혀 아니다’는 1점으로 채점한 후, SPSS 통계 프로그램에 의해 4개의 범주별로 통제집단과 실험집단의 수업처치 전과 후의 과학 관련 태도 변화를 비교 분석하였다.

IV. 연구 결과 및 논의

구성주의 학습 이론에 근거하여 개발한, 순환학습 모형에 의한 수업 프로그램이 고등학생들의 열 개념 학습지도에 효과적인가를 알아보기 위해 수업처치 전·후에 실시한 열 개념 검사와 과학 탐구능력 검사 그리고 과학 관련 태도 검사에 관해 고찰해 보겠다.

1. 개념 변화 분석

개념 검사에 대한 학생들의 응답을 먼저 객관식 부분과 주관식 이유 진술 부분으로 나누어, 객관식 부분은 문항(부록 1. 참조) 별로 수업처치 전·후의 응답 유형과 정답률로 비교하고 주관식 부분은 각 문항에 따라 이유 진술 내용을 동일한 사고 유형별로 분류하여 수업처치에 따른 개념 변화의 정도를 비교·분석하였다.

열 개념을 검사하기 위한 개념검사(부록 1. 참조)의 문항별 물리학적 개념은 표 5.와 같다.

표 5. 개념 검사 문항별 물리학적 개념

문항 번호	물리학적 개념
1	열전도(금속과 나무의 열전도 차이)
2	열전도(배관 파이프의 열전도율)
3	열량
4	비열
5	열전도(금속과 플라스틱의 열전도 차이)
6	복사평형
7	열의 이동

1) 객관식 응답의 분석

수업 전·후 실험집단과 통제집단의 객관식 응답 유형과 정답률의 변화를 문항별로 나타내면 표 6. 및 표 7.과 같다.

표 6.과 표 7.을 보는 바와 같이 열전도의 개념을 묻는 문항 1과 문항 2 및 문항 5의 정답률을 비교하였을 때, 일상 생활에서 쉽게 경험할 수 있는 내용

표 6. 문항별 객관식 응답 유형

단위: 빈도수는 명, 백분율은 %

구 분		수업 전	수업 후	유의도 (p)	
		빈도수(백분율)	빈도수(백분율)		
문항 1	실험 집단	(1) 금속물체가 더 차갑다.	68 (71.6)	85 (98.8)	0.219
		(2) 나무물체가 더 차갑다.	16 (16.8)	0 (0)	
		(3) 똑같이 차갑게 느껴진다.	3 (3.2)	1 (1.2)	
		무응답	8 (8.4)	0 (0)	
	통제 집단	(1) 금속물체가 더 차갑다.	34 (35.8)	80 (93.0)	0.604
		(2) 나무물체가 더 차갑다.	41 (43.2)	3 (3.5)	
		(3) 똑같이 차갑게 느껴진다.	13 (13.7)	1 (1.2)	
		무응답	7 (7.4)	2 (2.3)	
문항 2	실험 집단	(1) 동파이프	33 (34.7)	71 (82.6)	0.030
		(2) PVC 파이프	33 (34.7)	12 (14.0)	
		(3) 자기 파이프	21 (22.1)	2 (1.1)	
		무응답	8 (8.4)	1 (1.2)	
	통제 집단	(1) 동파이프	68 (71.6)	64 (74.4)	0.958
		(2) PVC 파이프	16 (16.8)	12 (14.0)	
		(3) 모르겠다.	3 (3.2)	3 (3.5)	
		무응답	8 (8.4)	7 (8.1)	

표 6. 계속

구 분		수업 전	수업 후	유의도 (p)	
		빈도수(백분율)	빈도수(백분율)		
문항 3	실험 집단	(1) 북극의 빙하	34 (35.8)	52 (60.5)	0.008
		(2) 주전자의 물	41 (43.2)	21 (24.4)	
		(3) 모르겠다.	13 (13.7)	10 (5.5)	
		무응답	7 (7.4)	3 (3.5)	
	통계 집단	(1) 북극의 빙하	33 (34.7)	57 (66.3)	0.000
		(2) 주전자의 물	33 (34.7)	17 (19.8)	
		(3) 모르겠다.	21 (22.1)	10 (11.6)	
		무응답	8 (8.4)	2 (2.3)	
문항 4	실험 집단	(1) 육지가 높다	72 (75.8)	78 (90.7)	0.040
		(2) 바다가 높다	15 (15.8)	5 (5.8)	
		(3) 모르겠다.	5 (5.3)	3 (3.5)	
		무응답	3 (3.2)	0 (0)	
	통계 집단	(1) 육지가 높다	69 (72.6)	69 (80.2)	0.456
		(2) 바다가 높다	17 (17.9)	11 (12.8)	
		(3) 모르겠다.	8 (8.4)	6 (7.0)	
		무응답	1 (1.1)	0 (0)	
문항 5	실험 집단	(1) 스텐금속 접시	43 (45.3)	46 (53.5)	0.799
		(2) 플라스틱 접시	31 (32.6)	25 (29.1)	
		(3) 같다	8 (8.4)	7 (8.1)	
		(4) 모르겠다.	9 (9.5)	5 (5.8)	
		무응답	4 (4.2)	3 (3.5)	
	통계 집단	(1) 스텐금속 접시	40 (42.1)	41 (47.1)	0.746
		(2) 플라스틱 접시	29 (30.5)	26 (30.2)	
		(3) 같다	7 (7.4)	5 (5.8)	
		(4) 모르겠다.	13 (13.7)	7 (8.1)	
		무응답	6 (6.3)	7 (8.1)	

표 6. 계속

구 분		수업 전	수업 후	유의도 (p)	
		빈도수(백분율)	빈도수(백분율)		
문항 6	통제 집단	(1) 계속 올라갈 것이다.	0 (0)	0 (0)	0.601
		(2) 어느 정도 올라가다 다시 내려갈 것이다.	6 (6.3)	5 (5.8)	
		(3) 어느 정도 올라가다 멈출 것이다.	87 (91.6)	81 (94.2)	
		(4) 모르겠다.	1 (1.1)	0 (0)	
		무응답	1 (1.1)	0 (0)	
	통제 집단	(1) 계속 올라갈 것이다.	2 (2.1)	0 (0)	0.352
		(2) 어느 정도 올라가다 다시 내려갈 것이다.	4 (4.2)	4 (4.2)	
		(3) 어느 정도 올라가다 멈출 것이다.	84 (88.4)	81 (94.2)	
		(4) 모르겠다.	1 (1.1)	0 (0)	
		무응답	4 (4.2)	1 (1.2)	
문항 7	실험 집단	(1) 찬 기운이 얼음에서 손으로 전달되었다.	10 (10.5)	17 (19.9)	0.003
		(2) 손의 따뜻한 열이 얼음으로 빠져나갔다.	60 (63.2)	63 (73.3)	
		(3) 위의 (1), (2) 모두 맞다.	22 (23.2)	3 (3.5)	
		(4) 잘 모르겠다.	2 (2.1)	2 (2.3)	
		무응답	1 (1.1)	1 (1.2)	
	통제 집단	(1) 찬 기운이 얼음에서 손으로 전달되었다.	17 (17.9)	7 (8.1)	0.004
		(2) 손의 따뜻한 열이 얼음으로 빠져나갔다.	51 (53.7)	68 (79.1)	
		(3) 위의 (1), (2) 모두 맞다.	18 (18.9)	5 (5.8)	
		(4) 잘 모르겠다.	2 (2.1)	0 (0)	
		무응답	7 (7.4)	6 (7.0)	

표 7. 문항별 객관식 정답률

단위: %

문항 번호	수업 전		수업 후	
	통제집단	실험집단	통제집단	실험집단
1	91.6	84.7	93.8	98.8
2	71.6	65.2	74.4	82.6
3	34.7	35.8	66.3	61.5
4	72.6	75.8	80.2	90.7
5	42.1	45.3	47.1	53.5
6	88.4	91.6	94.2	94.2
7	53.7	63.2	79.1	73.3

을 묻는 문항 1의 수업 전 사전검사 정답률은 90%이상으로 매우 높은 편이다. 그러나 물질의 열전도율과 관련되면서 일상 생활에서 가끔 경험할 수 있는 내용을 묻는 문항 2와 문항 5에서는 수업 전 사전검사 정답률이 매우 낮은 편이어서 학생들의 열전도에 대한 개념이 뚜렷이 형성되어 있지 않음을 알 수 있다.

열량에 대한 개념을 묻는 문항 3의 정답률을 보면, 수업 전 사전검사에서 실험집단이나 통제집단의 정답률이 35%정도로 나타나 열량에 대한 개념이 뚜렷하게 형성되어 있지 않음을 알 수 있다. 그렇지만, 수업 후 사후검사의 정답률은 실험집단이 60.5%, 통제집단이 66.3%로 나타났다. 그리고 비열 개념을 묻는 문항 4에 대해서는 수업 전 사전 검사의 정답률이 실험집단과 통제집단 모두 70% 이상으로 나타났다. 또한, 복사에 대한 개념을 묻는 문항 6의 경우는 수업 전 사전검사 정답률이 실험집단과 통제집단이 모두 90% 정도로 높게 나타났고, 고온의 물체에서 저온의 물체로 열의 이동한다는 사실을 묻는 문항 7에 대한 수업 전 사전검사의 정답률은 실험집단이 63.2%, 통제집단이 53.7%로 나타났다.

이와 같이 객관식 문항에 대한 수업 전·후에 정답률 변화 관계를 통계 처리

하여 유의도 p 를 분석해 보면, 표 6.에서 보는 바와 같이 문항 1.의 경우는 ‘금속물체가 더 차갑다’고 응답한 경우가 실험집단은 사전검사에서 94.7%, 사후검사에서 98.8%로 증가하였고, 통제집단에서도 91.6%에서 93.0%로 두 집단에서 모두 증가하였으나, 실험집단은 $p(=.219) > .05$, 통제집단은 $p(=.604) > .05$ 로서 두 집단 모두에서 통계적으로 무의미한 증가임을 보여주고 있다.

문항 2.에 대해서는 동파이프가 보일러의 배관 재료로 적당하다고 응답한 학생이 실험집단은 사전검사에서 65.2%, 사후검사에서 82.6%로 증가하여 $p(=.030) < .05$ 으로 유의미한 향상을 보이고 있다. 그러나 통제집단에서는 정답률이 수업 전 71.6%에서 수업 후 74.4%로 증가하였으나 유의도는 $p(=.958) > .05$ 로서 통계적으로 의미 없음을 보여주고 있다. 이로부터 순환학습 모형에 의해 개발한 수업 프로그램이 열전도 개념 학습에 효과적임을 알 수 있다.

문항 3.에서는 100°C의 주전자 안의 물 보다 북극 빙하에 포함된 열이 더 많다고 응답한 학생이 실험집단은 사전검사에서 35.8%, 사후검사에서 60.5%로 유의도 $p(=.008) < .05$ 임을 보였고, 통제집단은 사전검사에서 34.7%, 사후검사에서 66.3%로 $p(=.000) < .05$ 으로 실험집단과 통제집단에서 모두 수업처치 후에 유의미한 향상을 보여주고 있다. 그렇지만 실험집단보다 통제집단에서 더 수업처치 후의 효과가 큰 것으로 보아 열량 개념 학습은 순환학습 모형에 의한 것보다 전통적인 수업 방식이 더 효과적이라고 할 수 있다.

문항 4.에서 바다보다 육지의 온도가 높다고 응답한 학생이 실험집단은 수업 전 사전검사 75.8%에서, 수업 후 사후검사 90.7%로 정답률이 증가하여 유의도가 $p(=.040) < .05$ 을 보이고 있다. 그리고 통제집단은 수업 전 사전검사 72.6%에서 수업 후 사후검사 80.2%로 정답률이 증가하여 $p(=.456) > .05$ 을 보이고 있다. 그러므로 실험집단은 수업처치 전·후에 통계적으로 유의미한으로 향상을 보였으나 통제집단은 통계적으로 의미 없다는 것을 알 수 있다. 따라서 개발한 순환학습 수업 전략이 비열 개념 학습에 효과적이라고 할 수 있다.

문항 5.에서 스텐금속 접시의 얼음이 플라스틱 접시의 얼음보다 빨리 녹는다고 응답한 학생이 실험집단에서는 수업 전 사전검사에서 45.3%, 사후검사에서

53.5%로 정답률이 8.2% 증가하였다. 그렇지만 유의도는 $p(=.799) > .05$ 으로서 통계적으로 의미있는 향상이 아님을 보여주고 있다. 또한 통제집단의 경우, 수업 전 사전검사에서 스텝금속 접시의 얼음이 빨리 녹는다고 응답한 학생이 사전검사에서 42.1%, 사후검사에서 47.1%로 정답률이 5% 증가하였으나 유의도는 $p(=.746) > .05$ 으로 역시 통계적으로 의미 없음을 보이고 있다.

문항 6.에서 백열전구 앞에 놓인 깡통의 온도가 어느 정도 올라가다가 멈출 것이라고 응답한 학생은 실험집단의 경우 사전검사에서 91.6%, 사후검사에서 94.2%으로 수업처치 후에 2.6%의 정답률 증가를 보여 유의도는 $p(=.601) > .05$ 으로서 의미 있는 향상이 아님을 보여주고 있다. 그리고 통제집단의 경우 사전검사에서 88.4%, 사후검사에 94.2%로 수업처치 후 정답률이 5.8% 증가하였다. 그렇지만 유의도는 $p(=.352) > .05$ 으로서 역시 의미 있는 향상이 아님을 보여주고 있다.

문항 7.에서 손의 열이 얼음으로 빠져나갔다고 응답한 학생은 실험집단의 경우 사전검사에서 63.2%, 사후검사에서 73.3%로 수업처치 후 정답률이 10.1% 증가하였다. 그리고 유의도는 $p(=.003) < .05$ 이다. 통제집단의 경우 사전검사에서 53.7%, 사후검사에서 79.1%로 25.4%의 정답률 증가를 보였고 유의도는 $p(=.004) < .05$ 으로 유의미하다. 이와 같이 문항 7에 대해서는 실험집단과 통제집단 모두에서 통계적으로 유의미한 향상을 보여주고 있다. 수업처치 전·후의 검사가 통계적으로 의미가 있다는 것으로 보아서 전통적 수업 방식이나 순환학습 수업 전략이 열의 이동에 관한 개념 학습에 모두 효과적이라고 할 수 있다. 그리고 정답률 증가율이 통제집단이 실험집단에 비해 2.5배나 높은 것으로부터 전통적 수업 방식이 더 효과적인 학습방법이라고도 할 수 있다.

2) 주관식 응답의 분석

열 개념 검사에서 각 문항에 대해 학생들이 응답 이유로 진술한 것을 분석하여 학생들의 문항별 개념 유형을 알아보고, 실험집단과 통제집단에 대하여 문

항별로 수업처치 전·후의 개념 유형 변화를 분석해 보겠다.

(1) 열전도 문항의 분석(문항 1, 2, 5)

열전도와 관련하여 일상 생활에서 어느 정도 쉽게 경험할 수 있는 상황인가에 따라 서로 다른 3 문항을 제시하였다. 문항 1은 누구나 쉽게 경험할 수 있는 내용으로 추운 겨울에 금속으로 된 물체와 나무로 된 물체를 손으로 만지면 어느 것이 더 차갑게 느끼는지에 관한 학생들의 생각을 알아보기 위한 것이다.

표 8은 문항 1에 대해서 학생들이 이유 진술한 내용으로 문항 1의 열전도 개념 유형을 나타낸 것이다.

‘금속 물체가 더 차갑게 느낀다’ 라고 옳게 대답한 학생을 표 6.과 7에서 수업처치 전·후로 비교해 보면, 통제집단은 91.6%에서 93.0%로, 실험집단은 94.7%에서 98.8%로 증가하는 변화를 보이고 있다. 그러나 표 8.에서 보는 바와 같이 옳은 답을 선택한 학생 중에서 주관식 이유 설명까지 올바르게 한 학생은 실험집단에서는 14.7%에서 33.7%로 19.0% 증가하였고, 통제집단에서는 16.8%에서 30.2%로 13.4% 증가하여 통제집단 보다는 실험집단에서 바람직한 개념의 변화가 더 높게 일어났음을 알 수 있다.

또한 금속이 본래 차다는 비과학자적인 생각을 가진 학생들은 수업처치 후 실험집단은 13.7%에서 3.5%로, 통제집단은 9.5%에서 0%로 감소하였다. 그러나 수업처치 후에 금속의 비열이 작기 때문이라고 이유 진술한 학생은 실험집단은 6.3%에서 11.6%로, 통제집단은 3.2%에서 16.3%로 증가하여 수업처치 후에 열전도율과 비열 개념을 혼동하는 경향도 있어 오개념 치유가 완전히 안되었음을 알 수 있다.

문항 2는 난방 보일러에 연결하는 배관의 재료로 적당한 것을 묻는 문제이다. 문항 2에 대한 학생들의 응답 이유를 진술한 내용을 분석하여 학생들이 가지는 개념 유형의 변화를 표 9.에 나타내었다.

보일러에 연결하는 배관 재료로 동과이프가 적당하다는 옳은 답을 선택한 학생들을 수업처치 전·후로 비교해보면 표 6.과 표 7.에서 알 수 있듯이, 통제집

표 8. 문항 1에 대한 이유 진술 내용과 열전도 개념 유형

단위: 명

구분	개념 유형	이유 진술 내용	수업 전		수업 후	
			실험집단	통제집단	실험집단	통제집단
금속 물체	A	금속의 열전도율이 크므로	14 (14.7)	16 (16.8)	29 (33.7)	26 (30.2)
	B	금속의 비열이 작으므로	6 (6.3)	3 (3.2)	10 (11.6)	14 (16.3)
	C	금속은 본래 차므로	13 (13.7)	9 (9.5)	3 (3.5)	0 (0)
	D	금속의 비열이 크므로	2 (2.1)	8 (8.4)	1 (1.2)	0 (0)
	E	차가운 열이 금속에 잘 전달되므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	F	나무는 열을 잘 흡수하므로	1 (1.1)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	G	금속이 열을 잘 받아들여서	5 (5.3)	0 (0)	2 (2.3)	1 (1.2)
	H	금속이 열을 쉽게 빼앗기므로	1 (1.1)	0 (0)	3 (3.5)	4 (4.7)
	I	금속의 비열이 크므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	6 (7.0)
	J	나무는 본래 따뜻하다	5 (5.3)	3 (3.2)	2 (2.3)	1 (1.2)
	K	금속은 도체이므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	L	금속이 온도를 잘 전달하므로	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
	M	금속이 열을 흡수하지 못하므로	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
	N	금속을 결정구조이므로	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
	O	경험상으로 금속이 차갑다.	3 (3.2)	8 (0)	6 (7.0)	7 (8.1)
	P	나무는 생물이므로	1 (1.1)	1 (0)	0 (0)	0 (0)
	Q	금속의 열전도율이 낮으므로	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	R	나무가 열을 잘 흡수하지 못하므로	1 (1.1)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
나무 물체	S	금속의 열전도율이 크므로	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
똑 같다	T	주위 온도가 같으므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
무 응 답			41(42.7)	46(48.4)	20(23.3)	23(26.7)

A: 과학자적 개념, B~T: 오개념, ()는 백분율

단은 71.6%에서 74.4%로 2.8% 정답률이 증가하였고 실험집단은 65.2%에서 82.6%로 정답률이 17.4% 증가하였다. 그렇지만, 옳은 답을 선택 한 학생들 중에서 이유 진술한 내용을 보면 표 9.에서와 같이 TV광고 영향으로 알게되었다고 응답한 학생이 사전검사에서 실험집단은 14.7%, 통제집단은 6.3%로 나타났고, 동이 열에 강하기 때문이라고 응답한 학생이 실험집단과 통제집단에서 각각 11.6%로 나타났으며, 동이 녹슬지 않기 때문이라고 응답한 학생이 실험집단

표 9. 문항 2에 대한 이유 진술 내용과 열전도 개념 유형

구분	개념 유형	이유 진술 내용	단위: 명			
			수업 전		수업 후	
			실험집단	통제집단	실험집단	통제집단
동파이프	A	동은 열전도율이 높으므로	6 (6.3)	22 (23.2)	13 (15.1)	19 (22.1)
	B	동은 비열이 작으므로	1 (1.1)	0 (0)	2 (2.3)	1 (1.2)
	C	동은 녹슬지 않으므로	5 (5.3)	5 (5.3)	3 (3.5)	0 (0)
	D	동은 열에 강하므로	11 (11.6)	11 (11.6)	2 (2.3)	0 (0)
	E	동은 열을 잘 보존하므로	1 (1.1)	3 (3.2)	1 (1.2)	0 (0)
	F	동의 열전도율이 작으므로	0 (0)	1 (1.1)	1 (1.2)	0 (0)
	G	TV 광고에 나오는 것을 보고	17 (14.7)	6 (6.3)	8 (9.3)	6 (7.0)
	H	동이 금속이어서 강하므로	0 (0)	3 (3.2)	0 (0)	5 (5.8)
	I	기타	2 (2.1)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
PVC 파이프	J	PVC가 열을 잘 전달하므로	1 (1.1)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	K	PVC가 열에 강하므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	L	PVC의 열손실이 적으므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	M	PVC가 녹슬지 않으므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	N	PVC가 비열이 크므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	O	TV 광고에 나오는 것을 보고	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
자기 파이프	P	응답자 없음	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
무응답			50(52.6)	39(41.1)	55(64.0)	55(64.0)

A: 과학자적 개념, B~P: 오개념, ()는 백분율

과 통제집단에서 각각 5.3%로 나타났다. 이것은 막연하게 알고 있거나, 동은 열전도율이 높은 물질이라는 것에 대해 개념 형성이 제대로 되지 않았음을 의미한다고 하겠다. 수업처치 후 사후검사에서 동이 열에 강하기 때문이라고 잘못 알고 있었던 학생들의 수가 실험집단에서는 11.6%에서 2.3%로 감소하였고, 통제집단에서는 11.6%에서 0%로 감소함을 보였으나 확실한 과학적자 개념으로의 변화는 일어나지 않았다.

지금까지 알아본 바와 같이 객관식 문항에 정답을 선택하고서 열전도율이 높기 때문이라고 주관식 이유 설명까지 한 학생들은 통제집단이 23.2%에서 22.1%로 거의 변화가 없었으나 실험집단은 수업 전 6.3%에서 수업 후 15.1%로 8.8% 증가하는 변화를 보여 순환학습 수업 전략이 오개념 교정 수업에 효과적임을 나타낸다고 하겠다.

문항 5는 열전도에 대한 개념을 알아보기 위한 것으로 ‘금속 접시와 플라스틱 접시 위에 놓인 얼음 중 어느 것이 먼저 녹을까?’라는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 근거로 한 개념 유형을 표 10.에 나타내었다.

문항 5에 대해 올바른 답을 선택한 학생을 표 6.과 표 7.에서 보면, 통제집단은 사전검사에서 42.1%, 사후검사에서 47.1%로 5% 증가하는 변화를 보였다. 또한, 실험집단은 사전검사에서 45.3%, 사후검사에서 53.5%로 8.2% 증가하여 실험집단이 더 큰 증가의 변화를 보였다. 그러나 표 10.에서 스텐금속 접시의 얼음이 빨리 녹는다고 바르게 응답한 학생 중에서 금속의 열전도율이 높기 때문이라고 바른 이유를 진술한 학생은 통제집단이 사전검사에서 7.4%, 사후검사에서 14.0%로 6.6% 증가한 반면 실험집단은 사전검사에서 12.6%, 사후검사에서 16.3%로 3.7% 증가함을 보이고 있어서 오히려 전통적인 수업을 실시한 통제집단에서 더 큰 증가율을 보이고 있다. 이것은 일상적으로 쉽게 경험하기 힘든 열전도에 관한 개념 학습에서 순환학습 수업 전략은 전통적인 수업에 비해 효과적이지 못함을 나타내고 있다고 하겠다.

열전도 문제에 있어서 일부의 학생들은 ‘금속이 차갑다.’, ‘금속이 얼음의 냉열을 빨리 빼앗아간다.’, ‘금속이 열을 잘 흡수한다.’, ‘플라스틱이 열을 많이 포함

표 10. 문항 5에 대한 이유 진술 내용과 열전도 개념 유형

단위: 명

구분	개념 유형	이유 진술 내용	수업 전		수업 후	
			실험집단	통제집단	실험집단	통제집단
스텐 금속 접시	A	금속의 열전도율이 크므로	12 (12.6)	7 (7.4)	14 (16.3)	12 (14.0)
	B	금속의 비열이 작아서	1 (1.1)	0 (0)	1 (1.1)	2 (2.3)
	C	금속의 열이 금방 식으므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	D	금속의 열전도율이 낮아 열을 오래 보관하므로	3 (3.2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	E	플라스틱이 보온성이 있으므로	1 (1.1)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	F	금속이 빨리 차가워지므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	G	금속의 온도가 빨리 올라가므로	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	H	금속이 얼음의 냉열을 뺏으므로	1 (1.1)	3 (3.2)	2 (2.3)	8 (9.3)
	I	금속이 열을 잘 반사하므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	1 (1.2)
	J	금속이 차가워 열을 잘 전달하므로.	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	K	스텐금속은 차갑고 매끄러우므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	1 (1.2)
	L	금속이 온도를 잘 전하므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
플라스틱 접시	M	플라스틱의 열전도율이 크므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	N	플라스틱이 더 차가우므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	O	금속의 열전도율이 더 크므로	2 (2.1)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	P	금속이 더 차가우므로	1 (1.1)	3 (3.2)	1 (1.2)	0 (0)
	Q	플라스틱이 열을 많이 포함하므로	4 (4.2)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	R	금속이 빨리 차가워지므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	S	플라스틱이 열을 천천히 받으므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	T	플라스틱이 열을 잘 흡수하므로	0 (0)	3 (3.2)	0 (0)	2 (2.3)
	U	플라스틱이 더 따뜻하므로	2 (2.1)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	V	금속이 냉열을 잘 빼앗으므로	0 (0)	0 (0)	3 (3.5)	0 (0)
같다	W	플라스틱이 더 약하니까	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	X	플라스틱이 열을 방출하므로	0 (0)	0 (0)	2 (2.3)	0 (0)
	Y	외부 온도가 같으므로	2 (2.1)	2 (2.1)	2 (2.3)	2 (2.3)
	Z	얼음이 공기와 접촉하는 면적이 같으므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
무응답			58(61.0)	72(75.8)	56(65.1)	58(67.4)

A: 과학자적 개념, B~Z: 오개념, ()는 백분율

한다.’ 등의 개념 유형을 가지고 있는데, 이는 일상생활에서 직접 혹은 간접적으로 경험하는 내용을 문제 해결에 사용하고 있기 때문인 것으로 보여진다. 또, 스텐접시가 얼음의 냉열을 흡수하기 때문에 얼음이 냉열을 잃게되어 녹는다거나 스텐접시가 외부의 냉열을 흡수하여 더 차가워지기 때문에 얼음이 잘 녹지 않는다는 개념 유형이 일부 학생에게서 나타나고 있다. 이는 뜨거운 물체에서는 뜨거운 열이, 차가운 물체에서는 차가운 냉열이 나온다고 생각하고 있는데, 이는 열을 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동하는 에너지의 한 형태로 생각하지 않고 뜨거운 열과 냉열을 물체의 속성을 가진 물질의 형태로 취급하고 있기 때문이라고 하겠다.

(2) 열량 문항의 분석(문항 3)

문항 3은 주전자 안에 있는 100℃의 물과 북극의 빙하가 가지는 열량에 대한 학생들의 개념을 알아보기 위한 것이다. 표 6.과 표 7.에서 수업처치 전·후로 북극의 빙하에 열량이 더 많다고 옳게 응답한 학생을 비교해보면, 실험집단은 사전검사 35.8%에서 사후검사 60.5%로 24.7% 증가하였고 통제집단은 사전검사 34.7%에서 사후검사 66.3%로 31.6% 증가하여, 실험집단보다 오히려 통제집단이 더 크게 증가하는 변화를 보이고 있다.

이와 같은 경향을 문항별 개념 유형의 변화로 분석하기 위하여 문항 3에 대한 주관식 이유 진술 내용과 응답 유형을 학생들이 가지는 개념 유형별로 나타내면 표 11.과 같다. 표 11.을 보면 객관식 문항에서 주전자의 물에 열량이 더 많다고 잘못 응답한 학생들의 주관식 이유 설명은 대부분 주전자의 물의 온도가 더 높기 때문이라고 대답하고 있다. 이것은 학생들이 열과 온도를 구별하지 못하고 열과 온도를 같은 개념으로 이해하고 있기 때문이며, 이런 결과는 김명련의 연구⁴⁾와도 일치한다.

객관식 문항에서 북극의 빙하에 열이 더 많다고 옳게 응답한 학생들 중에서 주관식 이유 진술을 빙하의 질량이 매우 크기 때문이라고 바르게 설명한 학생은 수업 전 사전검사에서 통제집단이 2.1% 실험집단이 3.2%로 열량에 대한 학

생들의 개념이 제대로 형성되어 있지 않음을 알 수 있다. 그러나 수업처치 후 사후검사에서는 실험집단이 17.4%, 통제집단이 12.8% 이유 진술 하였는데, 통제집단보다 실험집단의 수업 후 증가폭이 3.5% 높다. 이것은 순환학습 수업 전략이 과학자적 개념 획득에 더 효과적이었음을 의미한다고 하겠다.

또한, 주관식 이유 진술에서 학생들은 ‘빙하는 냉열을 많이 가진다’거나 혹은 ‘얼음이 열을 흡수하면 녹는다’는 경험적 사실에 기인하여 빙하는 열을 흡수하는 성질이 있어서 열을 많이 가지고 있다 등의 학생들이 열량에 대한 오개념을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다.

(3) 비열 문항의 분석(문항 4)

문항 4는 태양에너지를 똑같이 받을 때 육지와 바다 중에서 어느 쪽의 온도가 더 많이 상승할 것인가를 묻는 문항으로 학생들의 비열 개념을 알아보고자 한 것이다. 표 12.는 문항 4의 객관식 응답에 대한 주관식 이유 진술한 내용을 분석하여 학생들이 가지는 개념 유형의 변화를 수업처치 전·후로 나타낸 것이다.

먼저 표 6.에서 문항 4에 대하여 육지의 온도가 더 높다고 옳게 응답한 학생을 수업 전·후로 비교해 보면, 통제집단은 사전검사 72.6%, 사후검사 80.2%로 7.6% 증가하는 변화를 보인 반면, 실험집단은 사전검사 75.8%, 사후검사 90.7%로 14.9% 증가하여 실험집단이 통제집단 보다 정답률 증가폭이 높게 나타났다. 표 12.에서 육지의 온도가 더 높다고 옳게 응답한 학생들 중에서 그 이유를 바르게 진술한 학생은 통제집단의 경우 사전검사에서 16.8%, 사후검사에서 23.3%로 증가한 반면, 실험집단은 사전검사에서 24.1%, 사후검사에서 30.2%로 나타나 실험집단과 통제집단이 공히 비슷한 정도의 증가를 보이고 있다. 이것은 비열에 대해서는 전통적 교수·학습 방법이나 순환학습 수업 전략이 과학자적 개념 획득에 효과적임을 의미한다고 하겠다.

객관식 문항에서 육지의 온도가 더 높다고 옳게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 ‘육지의 비열이 바다보다 높다.’ 또는 ‘육지가 열을 더 빨리 흡수한다.’고 설명한 것은 학생들이 비열의 개념을 잘못 이해하여 오개념이 굳어졌다고 하겠다.

표 11. 열량 문항의 이유 진술 내용과 응답 유형

구분	개념 유형	이유 진술 내용	단위: 명			
			수업 전		수업 후	
			실험집단	통제집단	실험집단	통제집단
북극의 빙하	A	빙하는 질량이 매우 크므로	3 (3.2)	2 (2.1)	15 (17.4)	11 (12.8)
	B	주전자의 물은 곧 열을 방출해서	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	C	빙하는 압력이 매우 크므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	D	빙하는 열 흡수하여 축적하므로	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	E	주전자의 물은 증발하므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	F	빙하는 냉열을 많이 가지므로	1 (1.1)	3 (3.2)	1 (1.2)	1 (1.2)
	G	빙하를 녹이는데 많은 열이 필요해서	1 (1.1)	1 (1.1)	1 (1.2)	0 (0)
	H	표면적이 넓어 열을 많이 흡수해서	1 (1.1)	0 (0)	2 (2.3)	0 (0)
	I	얼음에 물을 부으면 열 발생해서	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	J	주전자 물을 빙하에 부으면 물이 얼므로	0 (0)	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)
	K	빙하가 물에 떠있으므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	L	빙하의 부피가 크므로	0 (0)	0 (0)	4 (4.7)	5 (5.8)
	M	빙하의 압력이 크므로	0 (0)	0 (0)	2 (2.3)	0 (0)
	N	빙하에 과거 축적된 열이 많아서	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (2.3)
	O	기타	3 (3.2)	5 (5.3)	0 (0)	0 (0)
주전자의 물	P	주전자의 물이 온도가 높으므로	13 (13.7)	13 (13.7)	6 (7.0)	8 (9.3)
	Q	끓는 점이 100℃이므로	3 (3.2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	R	온도가 높아 입자운동이 활발해서	1 (1.1)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	S	고위도는 태양에너지를 적게 받으므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	T	북극의 빙하는 열을 빼앗기므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	U	빙하의 질량이 커서	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
무응답			63(66.3)	66(69.4)	53(61.6)	59(68.6)

A: 과학자적 개념, B~U: 오개념, ()는 백분율

표 12. 비열 문항의 이유 진술 내용과 응답 유형

구분	개념 유형	이유 진술 내용	단위: 명			
			수업 전		수업 후	
			실험집단	통제집단	실험집단	통제집단
육지가 높다.	A	육지의 비열이 작아서	23(24.1)	16 (16.8)	26 (30.2)	20 (23.3)
	B	육지는 열을 빨리 흡수하므로	7 (7.4)	2 (2.1)	3 (3.5)	6 (7.0)
	C	육지의 비열이 크므로	9 (9.5)	21 (22.1)	6 (7.0)	4 (4.7)
	D	바닷물이 순환하므로	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	E	바닷물이 열을 빨리 잃으므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	F	육지가 열을 더 많이 흡수해서	1 (1.1)	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)
	G	바다는 햇빛을 잘 반사하므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	H	바닷물이 증발하므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	I	육지의 열전도율이 크므로	0 (0)	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)
	J	바다의 두께가 두꺼우므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	K	바다는 열을 대류시키므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	L	육지는 열을 흡수만하므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	M	육지가 햇빛을 더 많이 받아서	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
	N	기타	6 (6.3)	3 (3.2)	3 (3.5)	1 (1.2)
바다가 높다.	O	바다의 비열이 크므로	1 (1.1)	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)
	P	바닷물이 더 따뜻하므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Q	바다는 열을 잘 저장하므로	0 (0)	2 (2.1)	1 (1.2)	1 (1.2)
	R	바다의 두께가 더 두꺼우므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	S	육지는 천천히 더워지므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	T	해륙풍 때문에	0 (0)	0 (0)	3 (3.5)	0 (0)
	U	바다는 얼지 않으므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	V	바닷물은 열을 흡수하기 때문	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
	W	육지가 열을 빨리 방출하므로	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
	X	기타	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
무응답			41(43.2)	43(45.3)	40(46.5)	51(59.3)

A: 과학자적 개념, B~X: 오개념, ()는 백분율

(4) 복사평형 문항의 분석(문항 6)

문항 6은 복사평형에 대한 개념을 알아보기 위한 것으로 백열전구 앞 20cm 되는 곳에 검게 칠한 알루미늄 통 윗면을 스티로폼으로 막고 온도계를 꽂아 두면 강통 속의 공기 온도가 어떻게 변하는가를 묻는 문제이다.

학생들의 객관식 문항에 대한 주관식 이유 진술 내용을 분석하여 복사평형의 개념 유형을 나타내면 표 13.과 같다.

표 13. 복사평형 문항의 이유 진술 내용과 응답 유형

구분	개념 유형	이유 진술 내용	단위: 명			
			수업 전		수업 후	
			실험집단	통제집단	실험집단	통제집단
어느 정도 올라가다 멈출 것이다.	A	복사평형상태에 도달하므로	32 (33.7)	25 (26.3)	42 (48.8)	35 (40.7)
	B	온도가 상승하는데 한계가 있으므로	3 (3.2)	2 (2.1)	5 (5.9)	0 (0)
	C	열을 받고 나중에 방출하므로	5 (5.3)	8 (8.4)	0 (0)	0 (0)
	D	강통의 열흡수에 한계 있으므로	5 (5.3)	3 (3.2)	1 (1.2)	1 (1.2)
	E	강통과 전구의 온도와 같기 때문	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	F	전구에서 나오는 열에 한계가 있으므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
	G	강통이 밀폐되어 온도상승에 한계가 있어서	2 (2.1)	0 (0)	3 (3.5)	0 (0)
	H	강통도 열을 방출하므로	0 (0)	3 (3.2)	0 (0)	0 (0)
	I	중학교 때 배운 기억이 있어서	4 (4.2)	10 (10.5)	0 (0)	0 (0)
계속 올라갈 것이다.	J	강통이 열을 흡수하고 스티로폼이 열을 차단하므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
어느 정도 올라가다가 다시 내려갈 것이다.	K	흡수한 열을 다시 방출하므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
	L	온도상승에 한계가 있으므로	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
무응답			54(56.8)	52(54.7)	51(59.3)	39(45.3)

A: 과학자적 개념, B~L: 오개념, ()는 백분율

객관식 문항에서 온도가 어느 정도 올라가다 멈출 것이라고 옳게 응답한 학생 중 복사평형에 도달하기 때문이라고 옳은 이유를 진술한 학생을 표 13.에서와 같이 수업 처치 전·후로 비교해 보면 통제집단은 26.3%에서 40.7%로 증가하였고 실험집단은 33.7%에서 48.8%에 증가하여 통제집단보다 실험집단의 증가폭이 1%정도는 높은 경향을 나타내고 있다. 이것은 순환학습 수업 전략이 과학자적 개념 획득에 효과적임을 의미한다고 하겠다.

주관식 이유 설명에서 일부의 학생들은 ‘온도 상승에는 한계가 있다.’, ‘깡통이 밀폐되어 있으므로 열 흡수에 한계가 있다.’, ‘깡통과 전구의 온도가 같아진다.’, ‘전구에서 나오는 열에는 한계가 있다.’ 는 등의 오개념을 가지고 있어 문제 상황에 따라 주어진 현상을 가지고 단순하게 설명하려는 경향도 있음을 알 수 있었다.

(5) 열의 이동 문항의 분석(문항 7)

문항 7은 열의 이동에 관한 개념을 알아보기 위한 것으로, 손으로 얼음을 만질 때 차갑게 느껴지는 이유를 묻는 문제이다. 학생들의 주관식 이유 진술 내용을 분석하여 개념 유형을 나타내면 표 14.와 같다.

객관식 문항에서 손의 따뜻한 열이 얼음으로 빠져나갔다고 바르게 응답한 학생들 중, 주관식 이유 진술에서 열이 고온에서 저온으로 흐르기 때문이라고 바르게 설명한 학생을 수업처치 전·후로 비교하여 보면, 통제집단은 수업 전 11.6%에서 수업 후 37.2%로, 실험집단은 수업 전 21.1%에서 수업 후 38.4%로, 실험집단보다 통제집단에서 더 큰 증가율을 보이고 있다. 이것은 전통적 학습법이 과학자적 개념 획득에 더 효과적임을 의미한다고 하겠다.

많은 학생들이 열은 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동한다는 개념을 이해하고 있는 것으로 보여지나 일부의 학생들은 ‘냉열이 손으로 이동하므로 손이 차갑게 느껴진다.’, ‘손의 따뜻함보다 얼음의 냉열이 강하다’, ‘냉열과 더운 열은 서로 섞인다.’, ‘더운 열은 냉열보다 더 잘 전달된다.’, ‘냉열은 손으로 전달되고 온열은 얼음으로 전달된다.’는 등으로 열의 이동을 냉열의 이동으로 설명하려는

표 14. 열의 이동 문항 이유 진술 내용과 응답 유형

구분	개념 유형	이유 진술 내용	단위: 명			
			수업 전		수업 후	
			실험집단	통제집단	실험집단	통제집단
(1) 손의 따뜻함이 얼음으로 빠져나갔다.	A	열은 고온에서 저온으로 흐르기 때문에	20 (21.1)	11 (11.6)	33 (38.4)	32 (37.2)
	B	손의 따뜻함보다 얼음의 냉기가 강하므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	C	손이 시원해짐을 느껴보았으므로	5 (5.3)	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)
	D	열전도 현상이 일어나서	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	E	냉열과 더운열은 서로 섞이므로	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	F	차가운 물체가 열을 흡수하므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	G	더운열이 냉열보다 더 잘 전달되기 때문에	0 (0)	1 (1.1)	2 (2.3)	1 (1.2)
	H	얼음보다 생명있는 사람이 강하므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	I	얼음이 증발하면서 열을 흡수하므로	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)
	J	기타	5 (5.3)	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)
(2) 찬기운이 얼음에서 손으로 전달되었다.	K	열은 고온에서 저온으로 흐르기 때문에	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	L	냉열이 얼음에서 손으로 이동하므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	M	손에는 냉점이 있으므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
	N	손이 차가워지므로	0 (0)	1 (1.1)	0 (0)	0 (0)
위의 (1), (2) 모두 맞다.	O	얼음은 녹고 손은 차가우므로	1 (1.1)	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)
	P	더운 것은 열을 빼앗기고 찬 것은 열을 얻으므로	1 (1.1)	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)
	Q	냉열이 손으로, 온열이 얼음으로 이동하므로	0 (0)	0 (0)	1 (1.2)	0 (0)
	R	기타	4 (4.2)	2 (2.1)	0 (0)	0 (0)
무응답			40(42.1)	26(27.3)	38(44.2)	34(39.5)

A: 과학자적 개념, B~R: 오개념, ()는 백분율

경향을 보이고 있다.

이상에서 고찰해본 바와 같이, 학생들이 가지는 열 개념을 알아보기 위한 7개의 열 개념 검사 문항에 대한 응답 유형을 분석해 본 결과, 통제집단은 열량 개념을 묻는 문항 3과 열의 이동을 묻는 문항 7에서 $p < .05$ 를 보인 반면, 실험집단은 열전도 개념을 묻는 문항 2와 열량 개념을 묻는 문항 3, 비열 개념을 묻는 문항 4, 열의 이동 개념을 묻는 문항 7에서 유의도 $p < .05$ 를 보여 실험집단이 통제집단보다 수업처치 전·후에 통계적으로 의미 있는 변화를 보였다. 그리고 학생들이 가지는 개념 유형을 분석해본 결과 다양한 유형의 열에 대한 오개념이 있음을 알 수 있었고, 수업처치 후에는 실험집단과 통제집단에서 오개념이 비슷한 정도로 치유되었다. 그럼에도 불구하고, 개념 유형 변화 분석에 의하면 열전도와 열량 그리고 복사 평형 개념에 대해서는 순환학습 수업 전략이 과학자적 개념 획득에 더 효과적이라고 할 수 있다.



2. 탐구능력 검사 결과 분석

순환학습 모형에 의한 수업 전략을 적용한 교수·학습이 전통적인 교수·학습과 비교했을 때, 학생들의 탐구능력 향상에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여 이종기가 중·고등학생용으로 개발한 과학탐구기능검사(test of science inquiry skills:TSIS) 문항⁶⁴⁾을 사용하였다. 본 검사 문항은 총 36문항으로 구성되어 있으며 수업처치 전·후에 실험집단과 통제집단에 대하여 검사한 것을 문항당 1점씩으로 하여 채점하고, 그 결과를 spss 통계 프로그램으로 분석하여 표 15.와 표 16.에 나타내었다.

표 15.에서 알 수 있듯이 수업 전 사전검사 결과 통제집단은 평균 24.57점, 실험집단은 23.57점으로 점수 차이가 1점에 불과해 동일한 집단이라고 할 수 있다. 그리고 유의도 $p(=.306) > .05$ 로 나타나 수업처치 전에 실험집단과 통제집단의 탐구능력에 차이가 없음을 보여주고 있다. 또한, 수업 후 사후검사 결과에서도 통제집단은 평균 25.83점, 실험집단은 25.93점으로 점수 차이가 거의 없다.

그리고 유의도 $p(=.992) > .05$ 으로 수업처치 후 실험집단과 통제집단의 탐구능력이 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 15. 탐구능력 검사 결과의 집단간 비교

	사전 검사				사후검사			
	N	Mean	SD	p	N	Mean	SD	p
통제집단	93	24.57	6.14	0.306	84	25.83	6.83	0.922
실험집단	93	23.57	7.63		87	25.93	6.24	

표 16. 탐구능력 검사 결과의 수업처치 전·후 비교

	실험집단				통제집단			
	N	Mean	SD	p	N	Mean	SD	p
사전검사	93	23.57	7.63	0.022	93	24.57	6.14	0.196
사후검사	87	25.93	6.24		84	25.83	6.83	

그러나 표 16.에서 수업처치 전·후로 비교해 볼 때, 통제집단은 평균값이 유의도 $p(=.196) > .05$ 로 수업처치 후 탐구능력이 수업처치 전과 비교하여 통계적으로 차이가 없음을 보인다. 그렇지만, 실험집단의 경우는 평균값이 $p(=.022) < .05$ 로 수업처치 후의 탐구능력은 수업처치 전보다 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타나 교수·학습 방법의 차이에 따라 탐구능력에 미치는 영향이 다르다는 것을 알 수 있다. 이는 수업 전략이 가지는 특성에 기인한 것으로, 전통적인 수업방식보다 순환학습 모형을 적용한 교수·학습이 탐구단계에서 학생들에게 인지갈등을 유발시키고 학생들로 하여금 그 갈등을 해소해나가는 과정을 거치게 함으로써 탐구능력을 향상시키는 효과를 가져오는 것이라고 할 수 있다.

3. 과학 관련 태도 검사 결과 분석

순환학습 수업 전략을 적용한 교수·학습을 전통적인 교수·학습과 비교하였을 때, 학생들의 과학 관련 태도 변화에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여 사용한 과학 관련 태도 검사 문항(부록 3 참조)은 ‘과학에 대한 태도’, ‘과학의 사회적 의미’, ‘과학 교과에 대한 태도’, ‘과학적 태도’ 4가지 범주로 나누어 각 범주마다 9문항씩 총 36문항으로 구성되었다.

과학 관련 태도 검사의 각 문항을 채점한 후 SPSS 통계 프로그램에 의해 4개 범주별로 과학적 태도에 차이가 있는지 비교 분석한 결과는 표 17.과 표 18.과 같다.

표 17. 과학 관련 태도 검사 결과의 집단간 비교

범 주	집단구분	사전검사				사후검사			
		N	Mean	SD	p	N	Mean	SD	p
과학에 대한 태도	통제집단	93	28.35	2.88	0.455	87	28.17	2.79	0.104
	실험집단	88	28.05	2.66		86	28.86	2.74	
과학이 사회에 미치는 영향	통제집단	93	28.14	1.92	0.225	87	28.26	2.55	0.721
	실험집단	88	28.51	2.19		86	28.40	2.26	
과학교과에 대한 태도	통제집단	93	27.13	3.17	0.363	87	27.82	4.21	0.948
	실험집단	88	26.70	3.26		86	27.78	3.25	
과학적 태도	통제집단	93	23.80	3.02	0.619	87	24.31	3.93	0.691
	실험집단	88	23.56	3.43		86	24.08	3.63	
전체	통제집단	93	107.42	7.06	0.560	87	108.56	9.03	0.669
	실험집단	88	106.81	7.03		86	109.12	7.89	

표 17.을 보는 바와 같이 수업 전 사전검사에서 통제집단의 평균점수는 107.42 점, 실험집단의 평균점수는 106.81점으로 비슷하고, 유의도는 $p(=.56) > .05$ 로 나타났으며, 범주별로 분석한 결과에서도 모든 범주에서 유의도가 $p > .05$ 로 나타나 수업처치 전 실험집단과 통제집단이 과학 관련 태도에 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

그리고 수업처치 후 통제집단의 평균점수는 108.56점, 실험집단의 평균점수는 109.12점으로 차이가 없고, 유의도는 $p(=.669) > .05$ 로 나타났으며, 범주별로 분석한 결과에서도 모든 범주에서 유의도가 $p > .05$ 로 나타나 수업처치 후에도 실험집단과 통제집단이 과학 관련 태도에서 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

그러나 표 18.에서 통제집단과 실험집단을 수업처치 전과 후로 비교해 보면, 통제집단은 사전검사에 평균 107.42점, 사후검사에 평균 108.56점으로 거의 비

표 18. 과학 관련 태도 검사 결과의 수업처치 전·후 비교

범주	시기	실험집단				통제집단			
		N	Mean	SD	p	N	Mean	SD	p
과학에 대한 태도	사전검사	88	28.05	2.66	0.048	93	28.35	2.88	0.667
	사후검사	86	28.86	2.74		87	28.17	2.79	
과학이 사회에 미치는 영향	사전검사	88	28.51	2.19	0.731	93	28.14	1.92	0.710
	사후검사	86	28.40	2.26		87	28.26	2.55	
과학교과에 대한 태도	사전검사	88	26.69	3.26	0.029	93	27.13	3.17	0.216
	사후검사	86	27.78	3.25		87	27.82	4.20	
과학적 태도	사전검사	88	23.56	3.43	0.329	93	23.80	3.02	0.324
	사후검사	86	24.08	3.63		87	24.31	3.93	
전체	사전검사	88	106.81	7.03	0.043	93	107.42	7.06	0.344
	사후검사	86	109.12	7.89		87	108.56	9.03	

숫하고 유의도 $p(=.344) > .05$ 로서 통계적으로 차이가 없다. 그렇지만, 실험집단은 사전검사에 평균 106.81점, 사후검사에 평균 109.12점으로 2.31점 증가하고 유의도 $p(=.043) < .05$ 로 나타나 전통적인 학습방법보다 순환학습 모형을 적용한 수업 전략이 학생들의 과학 관련 태도에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

표 18.에서 과학 관련 태도의 4개 범주 각각에 대해서 분석해 보면, 통제집단의 경우 4개 범주 모두에서 유의도 $p > .05$ 를 보여 수업처치 전과 비교하여 수업처치 후에도 과학 관련 태도에 바람직한 변화가 없는 것으로 나타났다. 그리고 실험집단은 4개 범주 중에서 '과학이 사회에 미치는 영향'과 '과학적 태도'의 2개 범주는 수업처치 전·후에 통계적으로 유의미한 차이가 없었으나($p > .05$), '과학에 대한 태도'와 '과학교과에 대한 태도'에서는 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$).

이것은 수업 방식의 차이에서 오는 것으로 순환학습 모형을 적용한 수업 전략의 경우 학생들의 선개념을 파악하고 이를 토대로 인지갈등을 일으킴으로써 학생들의 과학교과에 대한 흥미가 유발되고 있다고 할 수 있으며, 이로 인해 과학에 대한 태도 변화에 긍정적인 영향을 미친다고 하겠다.

V. 결 론

고등학교 공통과학의 열 단원을 중심으로 학생들의 열에 관한 선개념을 조사하고 순환학습 모형을 적용한 교수·학습 방법을 개발하여 수업에 적용함으로써, 순환학습 수업 전략이 고등학교 1학년 학생들의 열 개념 습득과 탐구능력 향상 및 과학 관련 태도 변화에 어떠한 영향을 주는지에 대하여 고찰한 연구 결과를 요약하면,

첫째, 사전검사 결과 학생들의 열 개념에는 과학자적 개념보다는 다양한 종류의 오개념이 형성되어 있었다. 특히, ① 금속은 차갑기 때문에 나무 물체보다 금속물체가 더 차갑게 느껴진다고 생각하여 일상생활에서의 경험 내용을 문제 해결에 적용하려는 경향을 보이거나, ② 뜨거운 물체에서는 뜨거운 열이, 차가운 물체에서는 차가운 냉열이 나온다고 생각하여 열을 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동하는 에너지의 한 형태로 생각하지 않고 온열과 냉열을 물체의 속성을 가진 물질의 형태로 생각하는 경향이 있고, ③ 주전자의 끓는 물이 북극의 빙하보다 온도가 높기 때문에 열량이 더 많다고 생각하여 열과 온도를 같은 개념으로 이해하는 경향이 있었으며, ④ 복사평형 문제에 있어서 일부의 학생들은 문제 상황에 따라 주어진 현상을 가지고 단순하게 설명하려는 경향을 보였다.

둘째, 열 개념 검사 문항에 대한 응답을 분석한 결과 복사 평형 개념 학습에서 통제집단은 열량, 열의 이동 개념 학습에서 통계적으로 유의미한 변화를 보인 반면, 복사평형 개념 학습에서는 두 집단 공히 통계적으로 의미가 없었으며, 실험집단은 열전도, 열량, 비열, 열의 이동 개념 학습에 통계적으로 유의미한 변화가 있는 것으로 나타나 순환학습 모형을 적용한 교수·학습 방법이 열 개념 학습에 더 효과적인 수업 전략이라고 하겠다. 그러나 학생들이 가지는 개념 유형을 분석해 본 결과 다양한 형태로 열에 대한 오개념을 가지고 있음을 알 수 있었고, 수업처치 후에는 실험집단과 통제집단에서 오개념이 비슷한 정도로 치

유됨을 보였다. 그렇지만, 열전도나 열량 그리고 복사평형에 대해서는 순환학습 수업 전략이 과학자적 개념 획득에 더 효과적이라고 할 수 있다.

셋째, 전통적인 교수·학습 방법을 적용한 통제집단의 경우 수업처치 후 탐구 능력이 수업처치 전과 비교하여 통계적으로 유의미한 차이가 없었지만, 순환학습 모형을 적용하여 교수·학습을 한 실험집단의 경우는 수업처치 후의 탐구 능력이 수업처치 전보다 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 이것은 교수·학습 방법이 다르면 탐구능력에 미치는 영향도 다르다는 것을 의미하는 것으로 수업 전략의 특성에 기인된 것이라 하겠다. 전통적인 수업방식보다 순환학습 수업 전략이 탐구단계에서 학생들에게 인지갈등을 유발시키고 학생들로 하여금 그 갈등을 해소해나가는 과정을 거치게 함으로써 탐구능력을 향상시키는 효과를 가져왔다고 할 수 있다.

넷째, 전통적인 교수·학습 방법을 적용한 통제집단의 경우 과학 관련 태도의 4개 범주 모두 수업처치 전과 비교하여 수업처치 후에도 바람직한 변화는 없는 것으로 나타났다. 그렇지만, 순환학습 수업 전략을 적용한 교수·학습 방법을 적용한 실험집단의 경우는 '과학이 사회에 미치는 영향'과 '과학적 태도'의 범주에서는 수업처치 전·후에 통계적으로 유의미한 차이가 없었으나, '과학에 대한 태도'와 '과학교과에 대한 태도'의 범주에서는 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 수업 방식의 차이에서 오는 것으로 순환학습 수업 전략의 경우 학생들의 선개념을 파악하고 이를 토대로 인지갈등을 일으킴으로써 과학교과에 대한 학생들의 흥미를 유발시키고 과학에 대한 태도 변화에 긍정적으로 영향을 미친다고 하겠다.

참 고 문 헌

1. 권재술 외 5인; 과학교육론, 교육과학사, p.256 (1998).
2. 권재술 외 5인; 과학교육론, 교육과학사, p.257 (1998).
3. 강정우; 현대 과학교육의 방향, 제주과학소식 제8호, 제주도과학교육원, p.16 (1996).
4. 김명련; 인지갈등수업 전략이 중학생의 과학개념 변화와 과학적 태도에 미치는 영향(석사학위논문), 한국교원대학교 대학원 (1994).
5. 김홍중; 과학사적 학습지도에 의한 중학생들의 낙하운동 개념 이해(석사학위논문), 제주대학교 교육대학원 (1997).
6. 류재혁; 열과 온도에 관한 중등학생들이 지닌 개념 조사(석사학위 논문), 서울대학교 대학원 (1987).
7. 류재혁, 박승재; 열평형에 대한 중등학생들이 지닌 개념 조사. 물리교육 제7권, 제1호, pp.169-179 (1987).
8. 김현재, 김한호. 국민학교 아동의 온도개념 형성에 관한 조사, 한국과학교육 학회지, 제10권, 제1호, pp.95-117 (1990).
9. 김상명; 열과 온도에 대한 중학교 학생들의 오개념 조사 및 수업처리 효과 (석사학위논문). 이화여자대학교 대학원 (1993).
10. M. A. Moreira, & C. A. Santos; the influence of content organization on student's cognitive structure in thermodynamics. Journal of Research in Science Teaching, Vol. 18, No. 6, pp.525-531 (1981).
11. N. G. Tomasini, & B. P. Balendi; Teaching strategies and children's science: an experiment on teaching about "hot and cold". In Proceedings of the second international seminar "misconceptions and educational strategies in science and mathematics, Vol. II, pp.158-171, July 26-29, 1987, Cornell University, Ithaca, New York, USA (1987).
12. S. Carey; Conceptual change in childhood. Cambridge: The MIT Press

- (1985).
13. 박승재; 학생의 물리 개념(비매품). 서울대학교 사범대학 물리학습연구실 (1993).
 14. 권재술, 김범기; 과학 오개념 편람(역학편). 한국교원대학교 물리교육연구실 (1993).
 15. R. Driver; The pupils as scientist. Open University Press (1983).
 16. A. Tiberghien; Critical review on the research aimed at elucidating the sense that the notions of temperature and heat have for students aged 10 to 16 years. In International summer workshop: research on physics education, June 26-July 13, Lalonde les Maures-France (1983).
 17. H. Pfundt. & R. Duit. Bibliography; students' alternative framework and science education. Kiel, GRG, Institutes for Science Education(IPN), University of Kiel (1988).
 18. G. J. Posner, K. A. Strike, P. W. Hewson, & W. A. Gertzog; Accommodations of a scientific conception:towards a theory of conceptual change. Science Education, 66(2), pp.211-227 (1982).
 19. R. J. Osborne, & P. Freberg; Learning in science: the implications of children's science. Heinemann, London (1985).
 20. M. Z. Hashweh; Toward an explantion of conceptual change. European Journal of Scioence Education, Vol. 8, No. 3, pp.229-249 (1986).
 21. C. F. Weinstein, & R. E. Mayer; The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock(Eds.), Handbook of research on teaching, 3rd ed., pp.315-327. New York : Macmillan (1986).
 22. O. K. Duell; Metacognitive skills. In G. D. phye & T. Andre(Eds.), cognitive classroom learning: understanding, thinking, and problem solving, pp.205-242, Academic Press, Inc (1986).
 23. J. R. Baird; Improving learning through enhanced metacognition: a

- classroom study. *European Journal of Science Education*, vol. 8, No. 3, pp.263-282 (1986).
24. J. D. Novak, & D. B. Gowin; *Learning how to learn*. Cambridge University Press (1984).
 25. J. D. Novak; Metalearning and metaknowledge strategies to help students learn how to learn. In L. H. T. West & A. L. Pines(Eds.), *cognitive structure and conceptual change*, pp.189-210, academic Press, Inc (1984).
 26. R. Stavy. & B, Berkovitz; Cognitive conflict as a basis in for teaching quantitative aspects of the concept of temperature.. *Science Education*. 64(5), pp.670-692 (1980).
 27. 홍순경; 밀도의 개념변화에 미치는 순환학습의 효과(석사학위논문), 한국교원대학교 대학원 (1990).
 28. S. Vosniadou, & W. F. Brewer; Theories of Knowledge Restructuring in Development. *Review of Educational Research*, 57(1), pp.51-67 (1987).
 29. M. L. Pope and J. Gilbert; Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*. 67(2). pp.193~203 (1983).
 30. 권재술 외 5인; 과학교육론, 교육과학사, p.223~p.226 (1998).
 31. R. Kaplus.; *Science teaching and the development of reasoning*. Berkely, CA: University of California (1977).
 32. 최병순; 순환학습모형을 이용한 화학실험이 학생들의 탐구능력 신장에 미치는 영향, *화학교육*, Vol. 17, No.1 (1990).
 33. *교육실천사례집*. 교육부 (1991).
 34. A. Tiberghien; Critical review on the research aimed at elucidating the sense that the notions of temperature and heat have for students aged 10 to 16 years. In *International summer workshop: research on physics education*, June 26-July 13, Lalonde les Maures-France (1983).

35. H. U. Fuchs; Thermodynamics: a "misconcieved" theory. In Proceedings of the second international seminar, July 26-29, 1987, Vol. III, Cornell University, Ithaca, New York, USA, pp.160-167, (1987).
36. S. Y. Mak, & K. Young; Misconceptions in the teaching of heat. School Science Review, Mar, 87, pp.464-470 (1987).
37. 홍종배 외 공역; 열 및 통계 물리학(K. Stowe; Introduction to statistical mechanics and thermodynamics). 도서출판 한동 (1990).
38. D. P. Ausubel; Educational psychology: a cognitive view. Holt, Rinehart and Winston, Inc (1968).
39. J. Clement; Student's preconceptions in introductory mechanics. American Journal of Psychologe, 50(1), pp.66-71 (1982).
40. E. Albert; Development of the concept of heat in children. Science Education, 62(2), pp.389-399 (1978).
41. A. Tibergien; Modes and conditions of learning. An example: the leaning of some aspects of the concept of heat. In Proceedings of on international seminar on cognitive development research in science and mathematics, University of Leeds, Leeds (1979).
42. K. Appeton; Children's ideas about temperature. Research in Science Education, 15, pp.122-126 (1985).
43. J. Crookes; The nature of personal commitment in charges in explanations. Paper presented at a seminar on investigating children's existing ideas about science, School of Education, University of Leicester, Leicester (1982).
44. R. Driver, & T. Russell; An investigation of heat, temperature and change of state of children aged between 8 and 14 years. Unpublished manuscript, University of Leeds, Leeds (1981).
45. S. Strouss; U-shaped behavioral growth. Orlando and London: Academic Press, Inc (1981).

46. B. O. Andersson; The effect of long wait-times on high school physics pupils' response length, classroom attitudes, science attitudes and achievement. *Dissertation Abstracts International*, 39, 13493A (1978).
47. G. L. Ericson; Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63(2), pp.221-230 (1979).
48. S. Novick, & J. Nussbaum; Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross age study. *Science Education*, Vol 65, No. 2. pp.187-196 (1981).
49. R. J. Osborne, & M. M. Cosgrove; Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 20, No. 9, pp.825-838 (1983).
50. M. P. Pereira, & M. E. M. Pestana; Pupils' representations of models of water. *International Journal of Science Education*, Vol. 13, No. 3, pp.313-319 (1991).
51. 국동식; 물의 상태 변화에 대한 중-고등학생의 개념 형성에 관한 연구. *한국과학교육 학회지*, 제8권, 제1호, pp.33-42 (1988).
52. G. Erickson, & A. Tiberghien; Heat and temperature. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien(Eds.), *Children's ideas in science*, Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia. pp.52-84 ((1985).
53. W. F. Harriss; "Heat in undergraduate education, or isn't it time we abandoned the theory of caloric?" *International Journal of Mechanical Engineering Education*, Vol. 9, pp.317-321 (1981).
54. M. G. Hewson; The role of intellectual environment in the origin of conceptions: an exploratory study. In L. H. T West & A. L. Pines(Eds.), *Cognitive structure and conceptual change*. academic Press, Inc (1985).
55. R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien; *Children's ideas in science*. Open University press:Milton Keynes, Uk (1985).

56. G. Triplett; Research on heat and temperature in cognitive development. *Journal of children's Mathematic Behavior*, 2, pp.273-43 (1973).
57. G. L. Ericson; Children's viewpoints of heat: a second look. *Science Education*, 64(3), pp.323-336 (1980).
58. E. Engel; The development of understanding of selected aspects pressure, heat and evolution in pupils aged between 12-16 years. Unpublished PhD thesis, University of Leeds, Leeds (1982).
59. 윤진; 중학생들의 과학수업에 의한 에너지 개념의 변화(석사학위 논문), 서울대학교 대학원 (1988).
60. R. H. John, J. J. Macdonald, & G. Webb; Misconceptions in school thermodynamics. *Physics Education*, May, pp.248-251 (1977).
61. 장희익; Teaching Boltzmann's concept of entropy to collage freshman classes. In *Proceedings of workshop on research for student's conceptual structures and changes in learning physics*. Seoul National University, pp.354-363 (1988).
62. M. A. Moreira, & C. A. Santos; the influence of content organization on student's cognitive structure in thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 18, No. 6, pp.525-531 (1981).
63. 정완호 외 5인; 과학과 수업 모형, 교육과학사, pp.419-429 (1997).
64. 정완호 외 5인; 과학과 수업 모형, 교육과학사, pp.435-436 (1997).

<Abstract>

The Effects of Instructional Strategy Based on the Learning Cycle Model on Teaching of the Korean High School Students' Heat Concepts

Kim, Hyung-Jun

Major in Educational Physics

Educational Graduate School of Cheju National University



Cheju, Korea
Supervised by Professor **Kang, Jeong-Woo**

To investigate the effects of the developed instruction strategy based on learning cycle model on the achievement of heat concepts, the enhancement of process skills and the foster of attitude related to science, the pre-/post-test is done in the scope of the first year students of girls' high school after class intervention.

※ A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Education, Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of education in August, 1999.

From the examination of heat concepts through the objective test, we could know that the experimental group, who participates in the test of heat conduction, specific heat and the transfer, is meaningful statistically and the instructional strategy based on the learning cycle model is more effective in teaching of heat concepts.

Also through the analysis of the subjective test-items of those reasons, we could find that students have various misconceptions, and in teaching of heat conduction, heat and equilibrium of radiation, the instructional strategy based on the learning cycle model is more efficient. And after class intervention, students' process skills are improved much more, and their attitudes related to science are more positive than the control group.

In conclusion, the use of instructional strategy based on the learning cycle model makes high school students concern for and interested in science. Therefore the instructional strategy based on the learning cycled model can be regarded as more effective teaching method in fostering attitudes related to science in enhanced process skills than tradional ones.

부록1. 열 개념 검사 도구

고등학생들의 열 개념 검사지

이 설문지는 여러분이 '열'에 대하여 평소 어떻게 생각하고 있는지에 대하여 알아보고자 하는 것입니다. 이 검사는 여러분의 과학 성적과 아무 관계가 없으므로 문제를 잘 읽고 성의껏 답해주시기 바랍니다.

()고등학교 제1학년 ()반 ()번 이름 ()

1. 추운 겨울에 금속으로 된 물체와 나무로 된 물체를 손으로 만지면 어느 것이 더 차갑게 느껴질까요?

(1) 금속 물체 (2) 나무 물체 (3) 똑같이 차갑게 느껴진다.

그렇게 생각한 이유는?

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2. 난방 보일러에 연결하는 배관의 재료로 적당한 것은?

(1) 동파이프 (2) PVC 파이프 (3) 자기파이프

그렇게 생각한 이유는?

3. 주전자 안에 있는 100℃의 물과 북극의 방하가 중 어느 것에 열이 더 많을까?

(1) 북극의 빙하 (2) 주전자의 물 (3) 모르겠다.

그렇게 생각한 이유는?

4. 육지와 땅에 햇빛이 골고루 비치고 있다. 육지와 바다의 온도를 재어보면?

- (1) 육지가 높다 (2) 바다가 높다 (3) 모르겠다

그렇게 생각한 이유는?

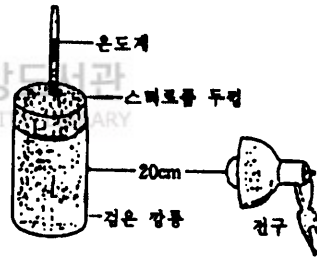
5. 냉장고에서 꺼낸 얼음을 금속 접시와 플라스틱 접시에 올려놓았다.
어느 접시의 얼음이 먼저 녹을까?

- (1) 스텐금속 접시 (2) 플라스틱 접시 (3) 같다 (4) 모르겠다

그렇게 생각한 이유는?

6. 그림과 같이 백열전구 앞 20cm 되는 곳에
검게 칠한 알루미늄통 윗면을 스티로폼으로
막고 온도계를 꽂아 강통 속의 공기 온도를
측정하였다. 시간이 지남에 따라 온도는?

- (1) 계속 올라갈 것이다.
(2) 어느 정도 올라가다가 다시 내려갈 것이
다.
(3) 어느 정도 올라가다 멈출 것이다.
(4) 모르겠다.



그렇게 생각한 이유는?

7. 손으로 얼음을 만지면 차갑게 느껴진다. 그 이유는?

- (1) 찬기운이 얼음에서 손으로 전달되었다.
(2) 손의 따뜻한 열이 얼음으로 빠져나갔다.
(3) 위의 (1), (2) 모두 맞다.
(4) 잘 모르겠다.

그렇게 생각한 이유는?

부록2. 탐구능력 검사 도구

탐구능력 검사지(TISI)

본 검사지는 연구를 목적으로 여러분들의 과학 탐구 능력이 얼마나 되는지 알아보려는 것입니다. 이 검사는 여러분들의 과학 성적과 아무 관계가 없으므로 문제를 잘 읽고 성의껏 답해주시기 바랍니다.

()고등학교 제1학년 ()반 ()번 이름 ()

1. 어떤 지역 150 km^2 내에 350명의 주민이 살고 있다면 이 지역의 인구 밀도는?

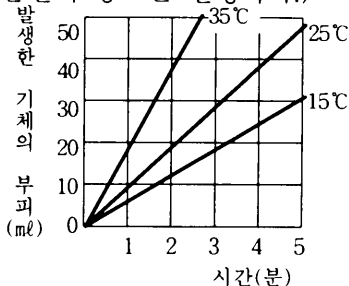
- ① $0.23 \text{ 명} / \text{km}^2$ ② $0.43 \text{ 명} / \text{km}^2$
 ③ $2.3 \text{ 명} / \text{km}^2$ ④ $4.3 \text{ 명} / \text{km}^2$

2. 아래 표는 200 m 달리기 경주에서 측정한 여자 육상 선수들의 기록이다. 가장 빠른 육상 선수의 기록은?

여자	시간(초)
A	26.7
B	25.8
C	26.5
D	25.2

① 7.5 m/s ② 7.9 m/s
 ③ 15.0 m/s ④ 15.8 m/s

3. 다음 그래프는 어느 두 물질의 화학 반응 결과 시간에 따라 발생한 기체의 부피와 온도와의 관계를 나타낸 것이다. 다음 중 옳은 설명은? (단, 두 물질의 농도는 일정하다.)



- ① 온도가 낮을수록 기체의 발생량은 많아진다.
 ② 온도가 낮을수록 기체의 발생량은 많아진다.
 ③ 온도에 관계없이 기체의 발생량은 일정하다.
 ④ 반응시간에 관계없이 기체의 발생량은 일정하다.

4. 한 과학자가 "X"라는 세균을 연구하던 중 우연히 배양액에 오염된 "Y"라는 균을 발견하게 되었다. 그런데 Y균 주변에는 X균이 자라지 못한다는 사실을 관찰할 수 있었다. 이로부터 이끌어낼 수 있는 가장 적절한 설명은?

- ① X균의 수명이 Y균보다 짧다.
 ② 이 배양액에는 Y균이 X균보다 더 잘 자란다.
 ③ Y균은 X균의 성장을 방해하는 물질을 생성 분비한다.
 ④ Y균은 자신의 주변에 있는 모든 세균을 죽일 수 있다.

5. 철수와 영수는 고무공을 가지고 놀았다. 한참 후에 고무공은 잘 튀지 않았다. 철수는 공을 잘 튀게하기 위해서는 고무공에 공기를 더 집어넣으면 된다고 했고, 영수는 공을 불에 쪼이

면 된다고 했다. 철수와 영수의 말이 사실이라면 그 공통적인 원인은 무엇인가?

- ① 고무공이 늘어났기 때문이다.
- ② 고무공 내의 공기의 양이 증가했기 때문이다.
- ③ 고무공 내의 공기의 무게가 증가했기 때문이다.
- ④ 고무공 안쪽의 벽에 미치는 공기의 입력이 증가했기 때문이다.

6. 철수는 실험실에서 작은 쇠구슬을 물이 들어 있는 긴 메스실린더의 표면에 위에 가만히 놓고 바닥에 떨어질 때까지의 시간을 측정하여 물 속에서 낙하운동하는 물체의 속력을 구하려고 한다. 쇠구슬이 바닥에 떨어질 때까지의 시간을 측정할 때 다음 중 어떤 방법이 가장 좋은가?

- ① 초침이 있는 시계로 1회 측정한다.
- ② 초침이 있는 시계로 5회 측정한다.
- ③ 1/10초 단위의 초시계로 1회 측정한다
- ④ 1/10초 단위의 초시계로 5회 측정하여 평균을 낸다.

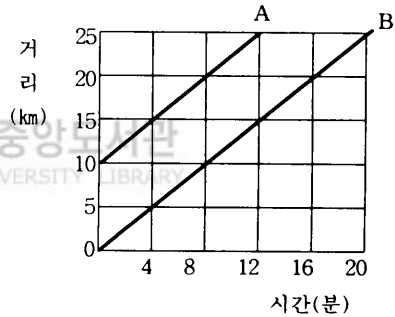
7. 민수는 같은 양의 소금물을 크기가 같은 4개의 비커에 각각 넣고 각 비커의 소금물의 온도를 40℃, 60℃, 80℃, 100℃로 유지하며 소금물이 완전히 증발될 때까지의 시간을 측정하였다. 민수가 확인하려고 하는 것은 다음 중 어느 것이겠는가?

- ① 빛을 많이 받을수록 용액은 빨리

증발한다.

- ② 용액의 양이 적을수록 용액은 빨리 증발한다.
- ③ 용액의 농도가 묽을수록 용액은 빨리 증발한다.
- ④ 용액의 농도가 높을수록 용액은 빨리 증발한다.

8. 아래의 그래프는 도로를 달리는 A, B 두 자동차에 대한 시간과 거리 관계를 나타낸 것이다. A와 B가 같은 도로를 달리고 있다고 가정할 때 다음 중 그래프를 옳게 해석한 것은?



- ① 두 자동차의 속력은 같다.
- ② A가 B보다 10km 뒤에서 출발했다.
- ③ A가 B보다 10분 일찍 출발했다.
- ④ A가 B보다 가벼운 차다.

9. 옛날 어느 과학자는 새의 위에서 채취한 위액을 고기 또는 곡식과 함께 작은 금속관에 채워 넣고, 적당한 온도를 유지하기 위해 그 자신의 겨드랑이에 끼워 2~3일간을 유지하였다. 다시 꺼내어 보니 먹이는 소화상태를 나타냈으며 그렇다고 썩은 것은 아니었다. 다음 중 위의 실험 결과를

가장 잘 설명한 것은?

- ① 새는 삼킨 먹이를 소화시키는데 2~3일 걸린다.
- ② 새와 사람은 고기와 곡식을 소화시키는 방법이 같다.
- ③ 새의 위액 중에는 먹이를 소화시키는 물질이 들어 있다.
- ④ 새의 먹이를 과학자의 거드랑이에 끼워 놓으면 썩지 않는다.

[10-11] 영화네 반 학생들은 실험실에서 얼음 조각이 녹는데 어떤 요인들이 영향을 미치는지 알아보는 실험을 하고 있다. 영화는 얼음 조각이 녹는데 실험실의 온도, 얼음 조각의 크기, 얼음 조각의 모양, 이 세 가지 요인이 영향을 미칠 것이라고 생각했다. 다음 물음에 답하시오.

10. 영화는 “얼음 조각의 크기가 얼음 조각의 녹는 시간에 영향을 미칠 것이다.”라는 가설을 세웠다. 영화의 가설을 증명하기 위해 실험 설계를 할 경우 다음 중 같게 유지해 주어야 하는 것은?

- ① 얼음 조각의 크기, 실험실의 온도
- ② 얼음 조각의 크기, 얼음 조각의 모양
- ④ 얼음 조각의 모양, 실험실의 온도

11. 철수는 영화와는 달리 “온도가 얼음 조각의 녹는 시간에 영향을 미칠 것이다.”라는 가설을 세웠다. 철수의 가설을 증명하기 위해서는 다음 중 어느 실험 방법이 가장 좋은가?

- ① 모양과 무게가 같은 5개의 얼음 조각을 5개의 같은 그릇에 하나씩 넣고 같은 온도에서 얼음 조각이 녹는 시간을 측정한다.
- ② 모양과 무게가 같은 5개의 얼음 조각을 5개의 같은 그릇에 하나씩 넣고 각기 다른 온도에서 얼음 조각이 녹는 시간을 측정한다.
- ③ 모양은 같으나 무게가 각기 다른 5개의 얼음 조각을 5개의 같은 그릇에 하나씩 넣고 각기 다른 온도에서 얼음 조각이 녹는 시간을 측정한다.
- ④ 무게는 같으나 모양이 각기 다른 5개의 얼음 조각을 5개의 같은 그릇에 하나씩 넣고 각기 다른 온도에서 얼음 조각이 녹는 시간을 측정한다.

12. 어린이는 어른보다 1분간의 박동수가 많다. 다른 동물들도 그러한지 알아보기 위하여 박동수를 조사하여 다음과 같은 표를 만들었다. 이 표로부터 이끌어낼 수 있는 일반적인 사실은?

동물	어릴 때	성장했을 때
말	70~72	23~38
소	60~70	40~46
돼지	100~110	55~60
개	100~120	60~70
고양이	130~140	100~120

* 숫자는 1분 동안의 박동수

- ① 일반적으로 동물은 수컷이 암컷보다 박동수가 더 많아진다.
- ② 일반적으로 동물은 심장이 클수록

박동수가 많아진다.

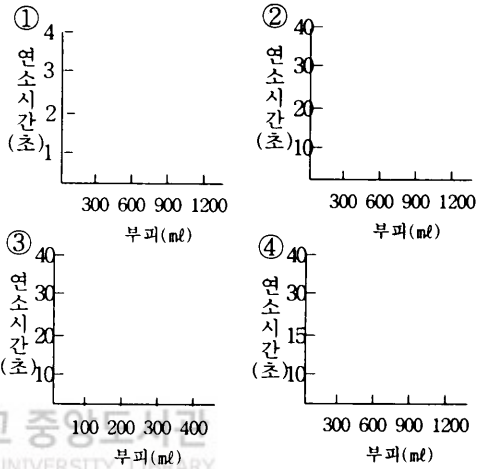
- ③ 일반적으로 동물은 체중에 비례하여 박동수가 많아진다.
- ④ 일반적으로 동물은 어릴 때가 성장했을 때보다 박동수가 많다.

13. 피펫으로 용액의 일정량을 시험관에 옮겨 놓을 때 항상 피펫 끝에는 소량의 용액이 남아있게 되는데, 이 용액을 모두 시험관으로 옮기기 위해서는 피펫 끝을 손가락으로 막고 손으로 피펫을 감싸면 용액이 흘러나온다. 이 현상의 원인을 가장 잘 설명한 것은?

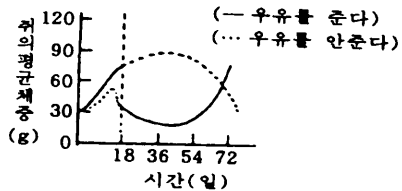
- ① 피펫 끝의 용액이 팽창했기 때문이다.
- ② 피펫 내의 공기가 팽창하여 공기의 압력이 증가했기 때문이다.
- ③ 피펫 내의 공기의 질량이 증가하여 용액에 미치는 압력이 증가했기 때문이다.
- ④ 피펫 내의 공기의 밀도가 증가하여 용액에 미치는 압력이 증가했기 때문이다.

14. 민수는 타고 있는 촛불에 부피가 다른 유리병을 덮어씌우고 촛불이 타는 시간을 측정하여 다음과 같은 표를 만들었다. 이 표를 그래프로 나타낸 경우 가로축과 세로축의 눈금으로 가장 적절한 것은?

유리병	부피(ml)	연소시간(초)
A	300	7.8
B	600	15.8
C	900	23.6
D	1200	31.2



15. 어느 과학자는 3대 영양소와 무기염류만으로 된 인공사료로 쥐를 길렀더니 잘 자라지 않았으나 그 후 소량의 우유를 함께 주었더니 잘 자라는 것을 알 수 있었다. 다음 그림은 실험 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 실험 결과를 가장 잘 설명한 것은?



- ① 쥐는 우유 없이 살 수 있다.
- ② 우유는 쥐의 체중을 3배 이상 증

가시킬 수 있다.

- ③ 우유 속에는 쥐의 성장에 필요한 영양소가 들어 있다.
- ④ 우유를 먹으며 자란 쥐에게 우유를 주지 않으면 쥐는 다른 먹이도 먹지 않는다.

16. 어느 과학자는 흰쌀만 먹어 각기병을 일으킨 쥐에게 쌀겨의 알코올 추출액을 주었더니 각기병이 낫는 현상을 볼 수 있었다. 이 추출액이 쥐의 각기병 치료에 효과적인가를 증명하기 위하여 가장 좋은 실험방법은?

- ① 각기병을 일으킨 쥐 40마리에게 모두 쌀겨의 알코올 추출액을 준다.
- ② 정상인 쥐 20마리와 각기병을 일으킨 쥐 20마리 모두에게 쌀겨의 알코올 추출액을 준다.
- ③ 정상인 쥐 20마리에게 쌀겨의 알코올 추출액을 주고, 각기병을 일으킨 쥐 20마리에게 흰쌀만을 준다.
- ④ 각기병을 일으킨 쥐 40마리 중 20마리는 흰쌀과 쌀겨의 알코올 추출액을 주고, 나머지 20마리는 흰쌀만을 준다.

17. 민수는 다음과 같은 사실을 관찰했다. 민수가 관찰한 3가지 사실을 종합적으로 가장 잘 설명한 것은?

- A: 얼음은 물위에 뜬다.
- B: 병에 물을 넣고 얼리면 병이 깨진다.
- C: 겨울에 수도관 내부의 물이 얼면 수도관이 터진다.

- ① 물이 얼면 수축한다.

- ② 물이 얼면 부피가 증가한다.
- ③ 물이 얼면 밀도가 증가한다.
- ④ 물이 얼면 압력이 증가한다.

18. 젓소의 질병을 치료하는 새로운 약이 개발되었다. 같은 질병을 치료하는 A회사 제품과 B회사 제품 두 가지 약을 각각 투여하기 위해서 병이 든 젓소를 몇 개의 집단으로 나누었다.

- a집단: 매일 A회사 제품을 1회 투여한다.
- b집단: 매일 B회사 제품을 1회 투여한다.
- c집단: 매일 A회사 제품을 2회 투여한다.
- d집단: 매일 B회사 제품을 2회 투여한다.
- e집단: 약품을 투여하지 않는다.

A회사 제품이 젓소의 질병 치료에 효과가 있는가를 알아보려고 한다. 어느 집단을 비교해야 하는가?

- ① a, b, e ② a, c, e
- ③ b, d, e ④ c, d, e

19. 영수는 일정한 깊이의 정지된 물 속에서 낙하운동 실험을 하려고 한다. 그는 실험에 사용하기 위해서 모양이 같은 구슬을 다음과 같이 준비하였다.

구슬의 종류	A구슬	B구슬	C구슬
질량(g)	80	80	80
부피(cm ³)	110	60	10

영수는 3개의 구슬을 같은 깊이의 물 표면 위에 가만히 놓고 바닥에 떨어질 때까지의 시간을 측정하는 실험을 하였다. 이 실험으로 증명할 수 있는 가설은?

- ① 구슬의 질량에 따라 떨어지는 시간은 차이가 있을 것이다.
- ② 구슬의 부피에 따라 떨어지는 시간은 차이가 있을 것이다.
- ③ 구슬의 모양에 따라 떨어지는 시간은 차이가 있을 것이다.
- ④ 구슬의 질량과 모양에 따라 떨어지는 시간은 차이가 있을 것이다.

20. 철수와 영희는 주사기를 이용하여 물총놀이를 하고 있었다. 둘은 서로 자기가 물을 멀리 보낼 수 있다고 주장했다. 이것을 증명하기 위한 방법으로 가장 적당한 것은?

- ① 서로 다른 주사기를 이용하여 같은 지점에서 실험하고 물이 나간 곳까지의 거리를 잰다.
- ② 모양과 크기가 같은 주사기를 이용하여 같은 지점에서 주사기를 지면과 평행하게 하여 실험하고 물이 나간 곳까지의 거리를 잰다.
- ③ 모양은 같으나 크기가 다른 주사기를 이용하여 철수는 2m 높이에서, 영희는 1m 높이에서 주사기를 지면과 평행하게 하여 실험하고 물이 나간 곳까지의 거리를 잰다.
- ④ 크기는 같으나 모양이 다른 주사기를 이용하여 같은 지점에서 주사기를 영희는 하늘을 향해 기울이고, 철수는 지면과 평행하게 하여 실험하고 물이 나간 곳까지의 거리를 잰다.

21. 다음 표는 그릇에 넣은 일정량의 물

이 바닥의 작은 구멍을 통하여 흘러나오는데 걸린 시간을 조사한 것이다.

구멍의 지름(cm)	1	2	3	4
걸린 시간(초)	43.5	23.7	10.5	3.9

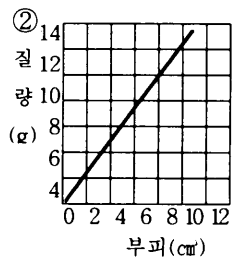
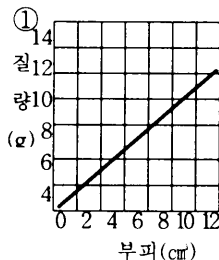
그릇 바닥의 구멍의 지름과 물이 흘러나오는데 걸린 시간과의 관계를 바르게 설명한 것은?

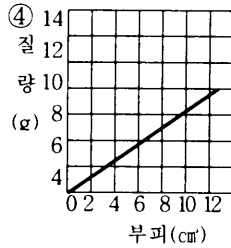
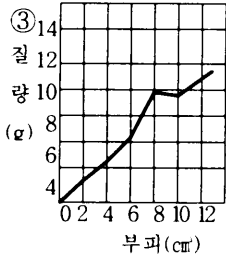
- ① 구멍의 지름이 커질수록 걸린 시간은 짧아진다.
- ② 구멍의 지름이 커질수록 걸린 시간은 길어진다.
- ③ 구멍의 크기가 중간일 때 걸린 시간이 가장 짧다.
- ④ 구멍의 크기에 관계없이 걸린 시간은 일정하다.

[22~24] 다음은 한 액체의 부피와 질량을 측정하여 그 결과를 표로 나타낸 것이다. 다음 물음에 답하시오.

부피(cm ³)	2	4	6	8	10	12
질량(g)	1.6	3.2	4.8	8.3	8.1	9.6

22. 위 실험 결과를 이용하여 액체의 부피와 질량과의 관계를 그래프로 가장 잘 나타낸 것은?





23. 부치가 5ml일 때 질량은 대략 얼마일까?

- ① 3.4g ② 3.6g ③ 4.0g ④ 4.4g

24. 이 액체의 밀도와 가장 가까운 것은?

- ① 0.7g/ml ② 0.80g/ml
③ 0.87g/ml ④ 0.95g/ml

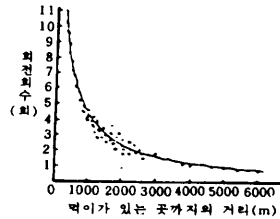
25. 다음 표는 위도가 북위 40° 되는 지역에서 해뜨는 시각을 관찰하여 기록한 것이다. 5월 15일의 해뜨는 시각은 몇 시쯤 될까?

날짜	해뜨는 시각
2월 1일	7시 9분
3월 1일	6시 34분
4월 1일	5시 44분
5월 1일	5시 1분
6월 1일	4시 33분

- ① 4시 36분 ② 4시 39분
③ 4시 45분 ④ 4시 55분

26. 꿀벌들은 먹이가 있는 곳까지의 거리를 알리는 방법으로 춤을 춘다고 한다. 다음 그래프는 먹이가 있는 곳까지의 거리와 꼬리춤의 속도(회전수)와의 관계를 나타낸 것이다. 두 변인 사이의 관계를 가장 정확하게

설명한 것은?



- ① 먹이까지의 거리가 멀어질수록 회전수는 감소한다.
② 먹이까지의 거리가 멀어질수록 회전수는 증가한다.
③ 먹이까지의 거리에 관계없이 회전수는 일정하다.
④ 집에서부터의 거리가 멀어질수록 회전수는 증가한다.

[27~28] 효모는 빵을 만드는데 이용된다. 철수는 효모가 성장하는데 필요한 영양분을 같은 비율로 섞어 같은 양을 9개의 동일한 그릇에 담아 3개의 그릇은 0℃로, 3개의 그릇은 35℃에서, 나머지 3개의 그릇은 60℃로 유지하여 효모를 자라게 했다. 며칠 후 9개의 그릇을 조사하여 효모의 성장 상태를 기록하였다. 다음 물음에 답하시오.

27. 다음 중 위 실험의 가설로 적절한 것은?

- ① 온도가 효모의 성장에 영향을 줄 것이다.
② 그릇의 크기가 효모의 성장에 영향을 줄 것이다.

- ③ 사용된 영양분의 양이 효모의 성장에 영향을 줄 것이다.
- ④ 사용된 영양분의 종류가 효모의 성장에 영향을 줄 것이다.

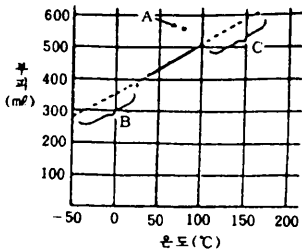
28. 위 실험에서 일정하게 유지되어야 할 요인은?

- ① 영양분의 양
- ② 그릇의 온도
- ③ 효모의 성장률
- ④ 각 온도별 그릇의 수

29. 다음 표는 기체의 온도변화에 따른 부피의 변화를 나타낸 것이다. 영희는 기체의 온도와 부피와의 관계를 알아보기 위해서 이 표를 다음과 같이 그래프로 그렸다.

영수가 그린 그래프에 대한 설명으로 옳은 것은?

온도(℃)	20	40	60	80	100
부피(ml)	391	420	453	571	502



- ① 그래프는 원점을 지나지 않았기 때문에 잘못 그린 것이다.
- ② 그래프를 그리는데 A 측정값을 포함시키지 않은 것은 잘못이다.

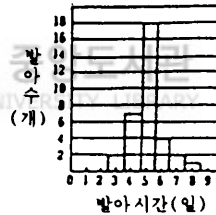
- ③ 모든 실험값을 지나도록 그래프를 그리지 않았기 때문에 잘못이다.
- ④ 실험값의 범위 밖인 B와 C는 실험값을 근거로 온도와 부피의 관계를 예상하여 그럴 수 있다.

30. 다음 표는 식물 씨앗의 발아실험 결과이다.

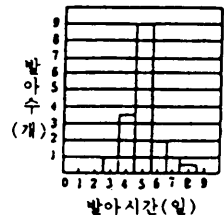
발아시간(일)	3	4	5	6	7	8
발아 수(개)	2	7	18	4	2	1

발아 시간과 발아 수와의 관계를 올바르게 나타낸 것은?

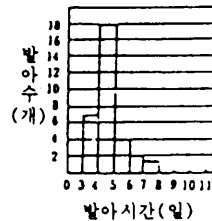
①



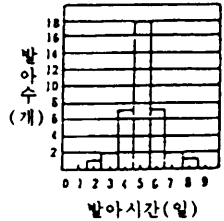
②



③



④



31. 보리의 병을 일으키는 곰팡이에서 추출한 물질(A)이 무의 성장을 촉진하는 것으로 밝혀졌다. 이 물질이 다른 식물에 어떤 영향을 주는지 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

식물	생장반응 결과	식물	생장반응 결과
무	++++	감자	++++
옥수수	+++	토마토	++++
콩	++++	배추	++++
냉이	+++		

* +: 식물의 성장 촉진 정도를 나타냄.

이 실험 결과를 가장 잘 설명한 것은?

- ① A라는 물질은 식물의 성장 촉진 물질이 아니다.
- ② 일반적으로 A라는 물질은 식물의 성장을 억제한다.
- ③ 일반적으로 A라는 물질은 식물의 성장을 촉진한다.
- ④ A라는 물질은 무 이외의 다른 식물의 성장에 아무런 영향을 미치지 않는다.

32. 작은 동물일수록 대체로 큰 동물보다 더 가쁘게 숨을 쉰다. 숨을 쉬는 일은 곧 산소의 소비량과 관계가 있을 것이란 가정하에 철수는 동물의 크기와 산소 소비량과 어떤 관계가 있는지를 알아보고 싶었다. 다음 표는 동물의 체중과 산소 소비량을 측정하여 기록한 것이다.

동물 종류	체중(g)	총 산소 소비량 (ml/h)	g당 산소 소비량 (ml/g·h)
생쥐	25	41.0	1.65
다람쥐	96	98.8	1.03
쥐	290	250	0.87
고양이	2500	1700	0.68
개	11700	3870	0.33
사람	70000	14760	0.21
코끼리	3833000	265000	0.07

쉬고 있을 때의 산소 소비량(h는 시간)

이 표로부터 이끌어낼 수 있는 일반적인 사실은?

- ① 동물의 몸의 크기가 작을수록 총 산소 소비량은 커진다.
- ② 동물의 체중 단위g당 산소 소비량은 체중이 커질수록 증가한다.
- ③ 동물의 체중 단위g당 산소 소비량은 체중이 커질수록 감소한다.
- ④ 동물의 체중 단위g당 산소 소비량은 체중에 관계없이 일정하다.

33. 영식이는 학교에서 물에 설탕과 소금을 녹이는 실험을 하고 있었다. 그는 소금과 설탕 중 어느 것이 얼마나 더 많이 녹는지 알고 싶어 다음과 같은 순서로 실험을 하였다.

1) 크기가 같은 두 개의 비커(A와 B)에 같은 양의 물을 넣는다.

2) A에는 소금을, B에는 설탕을 조금씩 넣고 유리막대로 저어 더 이상 녹지 않을 때까지 녹인다.

3) 더 이상 녹지 않을 때 양쪽 용액의 부피를 측정하여 어느 것이 얼마나 더 많이 녹았는지 계산한다.

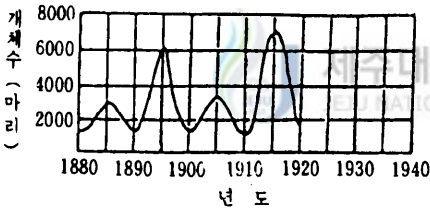
실험 결과 B 비커의 용액의 부피는 A 비커의 용액의 부피보다 20ml 크게 나타났다. 영식이는 이를 토대로 “설탕이 소금보다 20g 더 많이 녹았다.”는 결론을 내렸다. 영식이가 내린 결론에 대한 가장 바른 해석은?

- ① 이 결론은 적절하다.
- ② 과학자가 한 실험이 아니기 때문에 이 결론은 믿을 수 없다.
- ③ 물에 설탕과 소금을 녹이는데 걸

린 시간이 다르기 때문에 이 결론은 적절치 못하다.

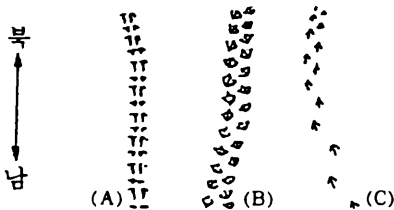
- ④ 물에 녹은 소금과 설탕의 양을 측정하는 방법이 잘못됐기 때문에 이 결론은 적절치 못하다.

34. 다음 그래프는 1880년에서 1920년까지 어느 지역에 서식하는 눈토끼 개체수의 변화를 관찰하여 기록한 것이다. 눈토끼 개체수는 주기적으로 변동하는데, 대규모의 증가와 소규모의 증가가 반복된다. 눈토끼의 개체수가 다시 증가할 것으로 예상되는 시기는?



- ① 1925년 ② 1930년
③ 1935년 ④ 1940년

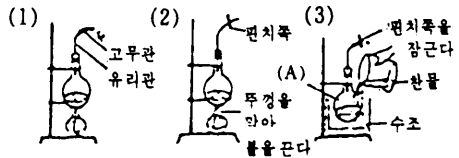
35. 다음 그림은 눈 위에 나타난 동물의 발자국을 일정한 장소에서 관찰하여 그린 것이다. 눈 위에서 일어났던 일을 올바르게 추리한 것은?



- ① A, B, C 모두 일정한 속력으로 북쪽으로 걸어갔다.
② A, B, C 모두 일정한 속력으로 남쪽으로 걸어갔다.
③ A, B는 일정한 속력으로 북쪽으로 걸어갔고, C는 도중에 다른 곳으로 날아갔다.
④ A, B는 일정한 속력으로 북쪽으로 걸어갔고, C는 좀 더 빠른 속력으로 남쪽으로 뛰어갔다.

36. 물은 보통 100°C에서 끓는다. 이 사실을 잘 알고 있는 영희는 다음과 같은 순서로 실험을 하였다. 실험 결과 플라스크(A) 내의 물의 온도가 100°C보다 낮은데도 물이 끓는 현상을 관찰할 수 있었다.

- (1) 플라스크 물을 1/3 쯤 넣고 끓인다.
(2) 불을 끈 다음 핀치 클램프로 고무관을 막는다.
(3) 찬물을 부으면서 관찰한다.



플라스크(A) 내의 물이 끓는 원인으로 볼 수 있는 플라스크 내의 상태 변화는?

- ① 압력이 내려간다.
② 압력이 올라간다.
③ 압력의 변화가 없다.
④ 이 실험의 결과만으로는 알 수 없다.

부록3. 과학 관련 태도 검사 도구

과학 관련 태도 검사지

이 검사는 여러분이 과학 공부를 할 때나 평소에 생활할 때 어떤 경향을 가지고 있는지 알아보기 위한 것입니다. 이 질문지의 각 문항에는 틀린 답이나 맞는 답이 없습니다. 질문지를 자세히 읽고 자기의 의견을 솔직히 답하여 주십시오. 각 문항에 대하여 다음의 예시와 같이 자기의 생각과 일치하는 대답의 번호에 ○표를 하면 됩니다.

[예시] 나는 노래 부르기를 좋아한다.
 매우 그렇다. 그렇다. 보통이다. 아니다. 전혀 아니다.
 (대답) 5 4 4 3 2 1

- | | |
|---|-----------|
| 1. 기상대에서 일기예보를 하는 것은 과학적으로 근거가 있다. | 5 4 3 2 1 |
| 2. 예술가는 과학을 배울 필요가 없다. | 5 4 3 2 1 |
| 3. 과학에 관계된 책을 읽는 것을 좋아한다. | 5 4 3 2 1 |
| 4. 과학은 국가 경제가 발전하는데 많은 공헌을 한다. | 5 4 3 2 1 |
| 5. 과학의 발전은 인류를 더욱 행복하게 하여준다. | 5 4 3 2 1 |
| 6. 손금으로 앞일을 점치는 것은 과학적으로 근거가 있다. | 5 4 3 2 1 |
| 7. 오늘날의 문명 발달은 과학자들의 노력 덕택이라고 생각한다. | 5 4 3 2 1 |
| 8. 과학을 모르더라도 나의 생활에 불편함이 없을 것이다. | 5 4 3 2 1 |
| 9. 텔레비전 프로그램 중 과학에 관한 것이 나오면 텔레비전을 끄거나, 다른 방송으로 바꾸어 시청한다. | 5 4 3 2 1 |
| 10. 과학의 발전은 인류의 심각한 인구 문제와 자원 부족 현상 등을 해결할 수 있을 것이다. | 5 4 3 2 1 |
| 11. 과학의 발전은 우리에게 이익보다 해를 준 것이 많다. | 5 4 3 2 1 |
| 12. 과학연구에 돈을 쓰는 것은 낭비이다. | 5 4 3 2 1 |
| 13. 우리가 지금 배우는 과학적 지식은 후에 바뀌어질 수 있다. | 5 4 3 2 1 |
| 14. 과학에 대한 텔레비전 프로그램은 대단히 흥미가 있다. | 5 4 3 2 1 |
| 15. 과학에 관계된 책을 읽을 때는 곧 실증이 난다. | 5 4 3 2 1 |

- | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|
| 16. 과학이 발전하면 자연 환경이 오염되어 결국 인류는 살 곳을 잃어버리게 된다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 17. 과학의 발전은 인간의 생활을 더욱 편리하게 해준다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 18. 과학을 위해 돈을 쓰는 것은 바람직한 것이다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 19. 나는 학교에서 과학을 좀 더 많이 공부했으면 좋겠다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 20. 나는 어떤 문제가 있을 때 왜 그런지 그 원인을 찾으려고 노력한다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 21. 나는 실험에서 결론을 내릴 때는 실험에서 얻은 자료를 근거로 한다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 22. 선생님과 내가 같은 실험을 하였을 때 결과가 다르면 선생님의 결과가 옳다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 23. 과학 공부는 어렵고 재미가 없다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 24. 다른 사람의 생각이나 주장에 대해서는 충분히 생각해본 후 자기의 의견을 말하는 것이 좋다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 25. 과학은 가장 재미있는 과학 중의 하나이다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 26. 나는 분단 실험을 할 때 앞장서서 스스로 해본다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 27. 분단 실험을 할 때 친구들의 의견을 무시하고 모든 것을 혼자서 하려고 한다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 28. 나는 과학시간이 기다려진다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 29. 나는 과학시간이 없다면 학교 생활이 더 즐거울 것이다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 30. 나는 과학 시간이 재미있다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 31. 내가 실험한 결과가 다른 학생의 결과와 다르더라도 그대로 적는다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 32. 나는 과학시간에 질문을 많이 한다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 33. 나는 어떤 문제가 해결되지 않으면 곧 버리고 다른 문제를 생각한다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 34. 과학시간이 되기 전에 배울 내용을 미리 알아보는 것은 시간 낭비다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 35. 나는 과학시간이 되면 마음이 즐겁다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 36. 나는 책이나 선생님의 지시와 다른 방법으로도 실험을 해보고 싶다. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

감사의 글

본 연구를 수행하는 동안 끊임없는 지도와 격려를 해주신 강정우 지도교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 그리고 바쁘신 중에도 논문심사를 맡아 심사하시면서 조언을 해주신 김규용 교수님, 김두철 교수님께 감사를 드립니다. 또한 학위 과정 동안 조언과 격려를 아끼지 않으신 강영봉 교수님, 강동식 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다.

본 연구의 계획에서부터 완성될 때까지 자기 일처럼 걱정하고 도와준 제주대학교 교육대학원 물리교육전공 동기 선생님들께도 감사의 말씀을 드립니다.

교단 생활과 연구를 병행해야만 하는 처지를 헤아려, 대학원 과정 동안 내내 성원을 보내주신 교장 선생님 및 동료 선생님들께도 감사의 말씀을 드립니다.

끝으로, 가정에 소홀히 할 수밖에 없음을 이해하고 끝까지 뒷바라지 해준 아내와 아이들에게도 고마움을 전하며, 학위 과정 동안 희망과 용기를 북돋아 주신 부모님께 감사를 드리며 이 논문을 바칩니다.

1999년 8월

김 형 준