

초등학생의 열 개념에 따른 온도 개념의 특성

권성기 · 김익진[†]
(대구교육대학교) · (구지초등학교)[†]

Characteristics of Elementary Students' Conception of Temperature with their Heat Conception

Kwon Sunggi · Kim Ikjin[†]
(Taegu National University of Education) · (Guji Elementary School)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to explore the relationships between the concept of heat and that of temperature for elementary students.

Eight multiple choice type questions with explanation of reasons for selection were developed based on previous researches and the analysis of science curriculum for elementary students. The students of 9, 10, 11 years(n=292) were selected from two elementary schools in Taegu City. The responses of students' multiple choice and their explanations were analysed in each items χ^2 test used for the relationships between types of heat and temperature conceptions

Half of elementary student could discriminate the two terms of heat and temperature, majority of them thought that heat is likely to be hot and temperature is the quantity of heat, which is not based on scientific conception. Elementary students thinkings about heat could be classified with material type of heat and molecular kinematics type. Material type of heat were more popular than with molecular kinematics type, although the latter is increased.

Majority of students answered correctly in qualitative questions of mixing of hot and cold water, but about only one third of them answers in quantitative questions. Subtraction of cold temperature from hot temperature was the most popular explanation, even though one-quarter of students summed up the two temperature in quantitative situation of mixing hot and cold waters. Those who thought heat as the molecular kinetic responded more correctly in most difficult questions than those who as the material.

Therefore, we concluded that the types of heat conceptions affected the concept formation of temperature.

Key words: heat and temperature conception, material and molecular kinematics type, elementary students

I. 서 론

1. 연구의 필요성과 목적

1970년대 후반부터 과학교육에 대한 국제적인 연

구 경향은 소수의 학습자를 깊게 파고들어 학습자의 지식과 학습의 본성을 알아내고자 하는데 초점이 맞춰지고 있다. 특히 그 중에는 학교 수업 전에 과학적인 개념에 대비되는 오개념의 중요성(Cleminson, 1990)을 강조하여 그에 대한 연구가 주로 이루어져

왔다. 과학에 대한 오개념은 성별, 지역별 차이가 있음에도 불구하고 다양한 학년에 걸쳐 어느 정도 일정하게 분포하고 있으며 학교 수업에 여러 가지 영향을 미치고 있다는 공통적인 특징 때문에 과학학습에 대한 구성주의적 관점을 배경으로 해석하려는 연구가 활발하게 되었다(Glynn, Teany and Britton, 1991).

아동이 갖고 있는 인지구조 즉, 개인이 처한 환경에 따라 다양하게 성립되어 있는 아동들의 생각을 연구한 것에 의하면 그 개념들은 아동 특유의 개인적이며, 일관성이 부족한 상황 의존적이고 쉽게 변하지 않는다는 안정성을 지니고 있다고 한다(Driver, 1985). 또한 오개념도 아동들에게 매우 견고하게 자리잡고 있어서 전통적인 과학학습에 의해서는 쉽게 수정되지 않는다는 것이 밝혀졌다(권성기, 1987; 김한호, 1991).

그리하여 국내외적으로 초중등학교 학생을 대상으로 열과 온도에 대한 개념 조사(류재혁, 1987; 김현재, 김한호, 1990; 김상명, 1993; 김진만, 1995; 박상선, 1994, 권기태, 1993)가 활발히 연구 분석되어 상황에 따라 온도 표현이 다르게 나타나고 있음이 밝혀졌으나 그 원인 분석에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 열의 실제 개념은 연령이나 지역, 문화적 차이에 관계없이 매우 높게 형성되어 온도의 오개념 형성의 근본 원인이 되는 것으로 여러 조사에서 분석되고 있음을 알 수 있다.

한편, 과학의 기본적인 개념으로서 열과 온도에 대한 개념은 초등학교 교육과정상의 내용(교육부, 1995)에 포함되어 있다. 초등학교 3학년의 '4. 날씨' 단원에서 온도 재기 소단원을 통하여 온도의 뜻 알기, 온도 재기, 여러 장소에서 온도 재기로 구성되어 있고, 온도계의 필요, 온도계 눈금 읽기 및 온도계 다루기 등을 학습하게 되어 있다(김익진, 1999).

그런데 이런 열과 온도에 대한 개념에 대하여 아동들은 TV나 신문 같은 대중 매체들의 일상적인 상황을 경험하고 동시에 학교에서 학습한 결과가 함께 합쳐지면서 열과 온도에 대한 오개념이 생길 수 있다. 이런 열과 온도에 대한 오개념이 학교 교육과정에 의한 학교 수업에서는 여러 가지 수업 지도와 관련된 문제를 일으킨다. 이런 문제에 주목하기 위하여 열과

온도에 대한 학생들의 개념을 조사하는 연구들이 많았는데, 특히 주로 열과 온도에 대한 오개념을 각각 나누어진 것으로 조사 영역을 분리하여 연구하였다. 그렇지만 본 연구에서는 열에 대한 개념이 온도에 대한 개념을 이해하는데 상당한 영향을 준다고 가정하고 그에 대한 관계를 분석적으로 살펴보고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 4, 5, 6학년 학생들에게 형성되어 있는 열 개념 유형과 온도 개념 경향을 조사하여, 두 개념 사이에 어떤 관계가 있는지를 분석하고 열 개념 유형에 따라 온도 개념에 대한 특성을 분석하여 열과 온도 개념의 관계를 밝혀 보고자 하였다.

2. 연구문제

초등학교 학생들에게 형성되어 있는 열 개념과 온도 개념 경향을 분석하고 두 개념 사이에 어떤 관계가 있는지를 알아보기 위하여 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

- (1) 초등학교 학생들의 열 개념의 유형은 어떠한가?
- (2) 초등학교 학생들에게 형성되어 있는 온도 개념 경향은 어떠한가?
- (3) 초등학교 학생들의 열 개념 유형에 따라 온도 개념이 어떻게 달라지는가?

3. 연구의 제한점

(1) 본 연구의 대상 학생들이 특정 지역, 즉 지방의 대도시의 초등학교에서 표집되었을 뿐 무선 표집으로 선정하지 못했기 때문에 연구 결과를 일반화하기에는 어려움이 있다. 그렇지만 학생들의 오개념에 대한 연구 결과의 특징인 오개념이 널리 퍼져 있다는 점에 비추어 본다면 전체 학생들을 대상으로도 어느 정도 예상은 할 수 있다.

(2) 본 연구에서 사용하는 열 개념의 유형을 물질 개념과 분자 운동 개념(줄여서 운동 개념)으로 구분하였는데, 이것은 학생들의 반응을 대표하는 형태로 잠정적으로 붙여본 명칭이며, 열의 과학사적 변화 과정에서 등장한 것과 비교한 것이 아니므로 이에 대한 보완이 필요한 것이다.

Ⅲ. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 대구광역시 소재하고 있는 초등학교 2개 학교 4, 5, 6학년을 대상으로 각 학년별 한 학급씩 모두 6학급에서 총 292명(4학년 104명, 5학년 93명, 6학년 95명)을 대상으로 하였다.

연구 대상인 4, 5, 6학년 학생들은 1~3학년 과정을 거치면서 열과 온도에 대한 초보적인 개념이 형성되어 있는 수준이며 5, 6학년의 경우 4학년에서 물을 가열하거나 식히고 섞는 과정에서 열과 온도와의 관계에 대한 기초적인 단계의 학습이 이루어진 상태다.

2. 연구 절차

연구 계획에 따라 연구 대상에 투입할 검사도구 개발을 위해 선행 연구된 문항을 이용하여 예비문항을 만든 후 비교 표집인 D초등학교 5학년 어린이 124명을 대상으로 타당도 검증을 거친 후 최종 8문항을 작성하여 조사 대상 2개교 292명에게 투입하였다.

3. 검사 도구

검사 도구는 크게 두 가지로 분류되는데, 열 개념에 대한 문항과 온도 개념에 대한 문항이다. 열 개념 검사 문항은 김진만(1995)의 연구논문과 초등학교 자연과 교사용 지도서를 참고하여 만들었으며, 온도 개념

검사 문항은 Stavy(1980)와 김한호(1990), 권기태(1993), 류재혁(1987)등의 선행 연구에서 더운 물, 찬물, 중간 온도의 물에 대한 정성적·정량적 내용을 분석할 수 있는 문항을 추출하여 이를 바탕으로 재구성하였고, 개념별 문항 내용은 〈표 1〉과 같다.

4. 분석 방법

(1) 객관식 응답은 선택 유형에 따라 빈도 수와 빈도 비율을 구하여 표와 그래프로 나타내었고 문항별로 학년간의 변화 경향을 분석하였고, 주관식 선택 이유는 비슷한 내용끼리 분류하여 빈도 수와 빈도 비율을 구하여 표로 나타내어 주요 개념 분석 자료와 사고 경향 분석에 이용하였다.

(2) 물의 온도에 따라 구분된 3가지 문항(더운 물, 찬물, 중간 온도의 물)을 정성적 문항과 정량적 문항으로 재분류하여 비교 분석하였다.

(3) 열 개념과 온도 개념의 관계 분석을 위해 χ^2 검증을 실시했다.

Ⅳ. 연구 결과 및 논의

1. 열 개념 유형에 대한 분석 결과

초등학생의 열 개념 유형을 조사하기 위해서 ‘열과 온도 용어를 구분하는가?’와 ‘알코올 램프로 물을 가열하면 온도가 올라가는 까닭’을 물어보는 문항을 투입하였다. 초등학생의 열 개념 유형은 열의 물질

표 1. 검사 문항 내용

조사 내용	문항 내용	선행 연구
열 개념	<ul style="list-style-type: none"> • ‘열과 온도’라는 말을 우리는 어떻게 쓰고 있는가? • 물을 가열할 때 온도계의 눈금이 올라가는 까닭은? 	김진만 (1995) 자연과 교사용 지도서
온도 개념	<ul style="list-style-type: none"> • 같은 양의 더운물을 섞었을 때의 온도 • 같은 양의 찬물을 섞었을 때의 온도 • 같은 양의 더운물과 찬물을 섞었을 때의 온도 	Stavy & Berkovitz (1990) Erickson (1979) Strauss (1981)
	<ul style="list-style-type: none"> • 같은 양의 70℃의 물을 섞었을 때의 온도 • 같은 양의 10℃의 물을 섞었을 때의 온도 • 같은 양의 70℃의 물과 10℃의 물을 섞었을 때의 온도 	김한호 (1990) 류재혁 (1987) 권기태 (1993)

개념과 열의 분자운동 개념으로 나누어 선택 유형과 선택 이유를 학년별로 분석하였다. 그 중 선택 유형의 「열이 모여서」는 「물질 개념」으로, 「분자 운동으로 인해」는 「운동 개념」으로 분류하였다.

(1) '열'과 '온도' 용어 구분에 대한 반응 결과

검사 문항 “열과 온도라는 말을 우리는 어떻게 쓰고 있는가?”에 대한 객관식 응답과 선택 이유를 학년별로 분석하여 나타내면 표 2와 같다.

〈표 2〉에서 선택 유형에 따라 「같은 뜻」으로 사용하는 경우(18.8%), 「다른 뜻」으로 사용하는 경우(55.1%), 「같거나 다른 뜻」으로 혼용하는 경우(24.7%), 「기타」(1.4%)로 나타나 「다른 뜻」으로 사용하는 경우가 가장 높게 나타났다.

선택 이유 분석에서 「다른 뜻」으로 사용하는 경우 「열은 뜨거운 것이고 온도는 뜨겁고 찬 정도를 나타낸 것」(30.1%), 「열은 물체가 탈 때 발생하고 열을 쥔 것이 온도」(6.5%)등으로 뜨거운 것을 열이라 하고

표 2. 열과 온도의 용어 사용에 대한 반응 결과

문항	선택 유형	선택 이유	4 N=104	5 N=93	6 N=95	인원수 (%)
같은 뜻		열도 온도처럼 따뜻한 것을 나타냄	3	7	2	12(4.1)
		수업 중에 같은 뜻이라고 들음		1	1	2(0.7)
		열이 생기면 온도가 변하므로	4	2	1	7(2.4)
		'더울 때 열난다' 와 비슷한 뜻이다	8	4	4	16(5.5)
		열이 오르면 온도도 올라감	6	2	2	10(3.4)
		똑같이 뜨겁다라는 뜻	4	2	2	8(2.7)
		계	25(24)	18(19.4)	12(12.6)	55(18.8)
열과 온도의 용어 사용	다른 뜻	날말의 뜻이 서로 다름	4	1	6	11(3.8)
		열은 뜨겁고 차가운 상태, 온도는 수치	1	3	2	6(2.0)
		열은 물체가 탈 때 발생하고 열을 쥔 것이 온도	2	6	11	19(6.5)
		열은 뜨거운 것이고 온도는 뜨겁고 찬 정도	41	25	22	88(30.1)
		열에 의해 온도가 바뀌므로		2	2	4(1.4)
		열은 뜨겁고, 온도는 오르거나 내려감	1	7	3	11(3.8)
		열은 수치가 없고 온도는 수치가 있음		1	2	3(1.0)
		열은 뜨거운 것이나 온도는 높고 낮음	2	4	3	9(3.1)
		열이 날 때 온도 있고 낮으면 없음	1	1	2	4(1.4)
		온도는 열의 양을 나타내므로		1	2	3(1.0)
		이유가 맞지 않음	2	1		3(1.0)
		계	54(51.9)	52(55.9)	55(57.9)	161(55.1)
		같거나 다른 뜻		열은 높은 온도이나 온도는 영하도 나타냄		
온도가 높으면 열이 높고 낮으면 열이 낮음					3	3(1.0)
열은 뜨거운 것, 온도는 뜨겁고 차가운 것				9	8	17(5.8)
열이 높을 때는 같은 뜻 낮은 때는 다른 뜻	8			2	4	14(4.8)
온도라고 하면서 열이라고도 함	8			7	5	20(6.9)
사람에 따라 같게 쓰기도 하고 다르게도 씀	3				1	4(1.4)
이유가 맞지 않음	3			4	1	8(2.7)
계	22(21.2)	22(23.7)	28(29.5)	72(24.7)		
모르겠다		말의 뜻을 잘 몰라서 구별하지 못함	3	1		4(1.4)
		계	3(2.9)	1(1.1)		4(1.4)

열을 켜는 것이 온도라고 구별하여 쓰고 있었다. 「같은 뜻」의 경우 ‘더울 때는 열이난다’ (5.5%), ‘열도 온도 처럼 따뜻한 것을 나타냄’ (44.11%), ‘열이 오르면 온 도도 올라 감’ (3.4%) 등으로 열과 온도를 동일시하는 것으로 나타났는데, 단순히 온도는 열의 양을 측정할 수치이거나 열에 의해 온도가 변하는 것으로 생각하여 열과 온도와의 관계를 인과 관계인 것으로 보고 있다.

‘열과 온도’ 용어 사용에서는 두 용어를 구별하여 「다른 뜻」으로 사용하는 경우가 높게 나타났으나 (55.1%), 선택 이유 분석 과정에서 학생들은 ‘열은 뜨거운 것’ (44.9%)이라든가 ‘온도는 뜨거운 것을 재는 것’ 등의 반응들이 특정선택 유형을 구별하지 않고 나타나는 것으로 보아 열과 온도라는 용어는 구별 하나 과학적인 개념으로 구별하지 않고 일상 생활에서 쓰는 말을 습관적으로 사용하는 것으로 나타났다.

(2) 열 개념 유형 분석

“알코올 램프로 물을 가열할 때 비커 속의 온도계

눈금이 올라가는 까닭은 무엇일까?”에 대한 객관식 응답과 선택 이유를 학년별로 분석하면 〈표 3〉과 같다.

응답 경향을 보면 크게 두 가지로 나누어지는데 「열이 모여서」(68.8%)와 「분자 운동으로 인해」(31.2%)로 나타났는데 운동 개념보다 물질 개념을 갖는 학생들이 월등히 많은 것으로 나타났다.

선택 이유 분석에서는 「물질 개념」에서는 ‘가열하여 물 속에 열이 생김’ (13%), ‘알코올이 타서 열이 많아지므로’ (15.4%), ‘알코올 램프에서 생긴 열이 올라가 모임’ (15.1%) 등으로 나타나 결과적으로 알코올이 타면서 생긴 열이 물 속에 들어가 온도를 높여 주는 것으로 이해하고 있었다.

열에 대한 「분자운동개념」에는 4학년(17.3%), 5학년(29%), 6학년(48.4%) 순서로 학년이 높아짐에 따라 반응도 높아지는 것으로 나타났는데, ‘알코올이 타서 물분자 운동이 활발해짐’ (20.2%), ‘물의 움직임이 열’ (2.7%) 등으로 표현되어 과학적인 사고에 접근되어 가는 현상으로 나타났다.

표 3. 물의 온도가 높아지는 까닭에 대한 반응 결과

문항	선택 유형	선택 이유	4 (N=104)	5 (N=93)	6 (N=95)	인원수 (%)
물의 온도가 높아지는 이유	열이 모여서	가열하여 물 속에 열이 생겨서	10	10	18	38(13.0)
		알코올이 타서 열이 많아지므로	18	14	13	45(15.4)
		물이 열을 받아서	9	4	7	20(6.8)
		열이 위로 올라가서	6	3	2	11(3.8)
		알코올램프에서 생긴 열이 올라가서 모임으로	18	20	6	44(15.1)
		알코올이 타서 생긴 열 때문에	7	12	3	22(7.5)
		불에 의해 물이 더워지므로	18	3		21(7.2)
계			86(82.7)	66(71)	49(51.6)	201(68.8)
분자 운동으로 인해	분자 운동으로 인해	물의 움직임이 바로 열이기 때문	4	1	3	8(2.7)
		알코올이 타면서 생긴 열이 물을 따뜻하게 하므로	4		3	7(2.4)
		알코올이 타서 물분자 운동이 활발해지므로	7	13	39	59(20.2)
		많이 움직이면 열이 나는 것과 같으므로		2		2(0.7)
		물이 움직여 온도가 높아 지므로		6	1	7(2.4)
		더운물은 위로, 찬물은 아래로 이동하므로			1	
물이 열에 의해 움직이므로	3	4		7(2.4)		
계			18(17.3)	27(29)	46(48.4)	91(31.2)

2. 온도 개념에 대한 분석

(1) 온도가 높은 물에 대한 경향

1) 더운 물과 더운 물을 섞은 문항에 대한 반응 분석
 “두 그릇에 담겨진 같은 양의 더운 물을 큰 그릇에 넣어 섞었을 때, 물의 온도는 어떻게 될까?”라는 문항에 대해 객관식 응답과 선택 이유를 학년별, 선택 유형별로 분석하여 <표 4>와 같이 나타났다. 같은 양의 더운 물을 섞으면 「변화없다」에 응답한 비율은 전체 아동의 56.9%로 가장 높은 반응을 보였고, 「올라간다」 42.1%, 「내려간다」에는 1.0%로 나타났다.

2) 70℃의 물과 70℃의 물을 섞은 문항에 대한 반응 분석

“두 그릇에 담겨진 같은 양의 70℃의 물을 큰 그릇에 넣어 섞으면 물의 온도는 어떻게 될까?”라는 문항에 대한 객관식 응답과 선택 이유를 학년별로 분

석하여 나타내면 <표 5>와 같다. <표 5>에서 나타난 전체적인 경향은 정답인 70℃에 응답한 비율이 가장 높고(56.2%), 140℃(37.7%), 100℃(5.5%), 기타(0.7%)의 순서로 나타나 섞기 전 물의 온도가 섞은 후의 물의 온도와 같다고 생각하는 아동이 가장 많았다. 학년별 경향은 「70℃」인 경우 4학년에서 가장 낮고, 학년이 올라감에 따라 높아지고 있으며, 「140℃」에는 4학년이 가장 높고, 학년이 높아짐에 따라 차츰 낮아져 정성적 문항과 비슷한 경향을 나타내고 있다. 100℃에 응답한 경우는 학년간 별 차이 없이 비슷하게 나타났다.

3) 더운물에 대한 반응 경향 분석

<그림 1>은 더운물에 대한 온도의 정성적·정량적 문항에 대한 반응 경향을 알아보기 위해 더운물과 더운물을 섞었을 때와 70℃의 물과 70℃의 물을 섞은 문항의 선택 유형 중에서 옳게 응답한 비율을 나타낸 것이다. 전체적으로 볼 때 정성적 문항에 56.9%, 정

표 4. 더운물과 더운물을 섞었을 때 반응 결과

문항 유형	선택 유형	선택 이유	4 (N=104)	5 (N=93)	6 (N=95)	인원수 (%)
더운물과	올라간다	물의 부피가 늘어나므로 온도도 올라감	8	2	5	15(5.1)
		분자활동이 더욱 활발해져서			2	2(0.7)
		더운물이 많아져 더 더워지므로	38	12	12	62(21.2)
		더운물의 온도(열)가 합해져서	13	8	2	23(7.9)
		온도와 온도가 뭉쳐서		6		6(2.1)
		물의 양이 많으면 온도가 올라가기 때문에	1	14		15(5.1)
		계	60(57.7)	42(45.2)	21(22.1)	123(42.1)
더운물을	내려간다	물을 섞을 때 열기가 나감			1	1(0.3)
		서로의 온도를 못 이겨서 튀어나가기 때문에	1		1	2(0.7)
		계	1(1.0)		2(2.1)	3(1.0)
섞었을 때	변화없다	물의 양만 많아지므로(같은 더운물인데)	7	9	11	27(9.2)
		열이 많아졌으나 물의 양도 많아져서		4	1	5(1.7)
		똑같은 온도의 더운물이므로	25	28	52	105(36)
		같은 성질의 더운물과 더운물이 만나서	11	10	6	27(9.2)
		온도의 균형이 맞아서(열의 균형)			1	1(0.3)
		생활경험에서(더운물+더운물=더운물)			1	1(0.3)
		계	43(41.3)	51(54.8)	72(75.8)	166(56.9)
		기타				

표 5. 70℃의 물과 70℃의 물을 섞었을 때의 반응 결과

문항 유형	선택 이유	4 (N=104)	5 (N=93)	6 (N=95)	인원수 (%)
70℃ 의 물과 70℃ 의 물을 섞었을 때	물의 양이 2배 되어 온도도 2배가 됨	11	11	11	33(11.3)
	더운물의 분자활동이 더욱 활발해져서			1	1(0.3)
	70도+70도=140도이므로	28	13	9	50(17.1)
	온도(열)가 많아지면 올라감	3	3		6(2.1)
	온도가 같이 뭉쳐져서	3	6	1	10(3.4)
	70℃×2=140℃이므로	10			10(3.4)
	계	55(52.9)	33(35.5)	22(23.2)	110(37.7)
100℃	물의 양은 두 배이나 온도는 두 배보다 조금 낮다	5	6	4	15(5.1)
	열이 많아져서			1	1(0.3)
	계	5 (4.8)	6 (6.5)	5 (5.3)	16(5.5)
70℃ 의 물을 섞었을 때	같은 양의 물과 온도가 섞이므로	9	16	9	34(11.6)
	같은 온도의 물이 모여서	29	26	46	101(34.6)
	생활경험에서		2	1	3(1.0)
	물의 양도 많아지고 열도 많아져서	1		2	3(1.0)
	양만 많아지므로 물의 양과 관계없다	3	7	4	14(4.8)
	70℃는 언제나 70℃이므로	1	3	1	5(1.7)
	온도의 균형이 맞아서			1	1(0.3)
	부피는 더해지나 온도는 더해지지 않음			3	3(1.0)
	계	43(41.3)	54(58.0)	67(70.5)	164(56.2)
기타	열기가 위로 조금 올라가서(135℃)			1	1(0.3)
	서로의 온도를 못이겨서 내려간다(30℃)	1			1(0.3)
	계	1(1.0)		1(1.0)	2(0.6)

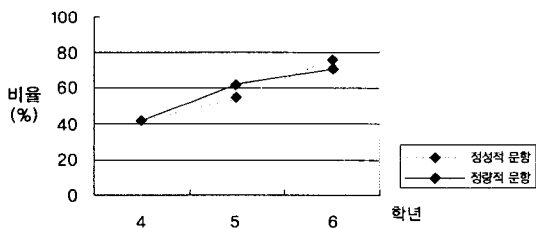


그림 1. 더운물에 대한 반응 경향

량적 문항에 56.2%의 반응을 보였으나 큰 차이는 아니다. 그러나 국내외의 선행 연구에 의하면 정성적 문항이 정량적 문항보다 올바른 응답률이 높게 나타났다.

(2) 온도가 낮은 물에 대한 경향 분석

1) 찬물과 찬물을 섞은 문항에 대한 반응 분석

“두 그릇에 담겨진 같은 양의 찬물을 큰 그릇에 넣어 섞었을 경우 물의 온도는 어떻게 될까?” 라는 문항에 대한 객관식 응답과 선택 이유를 학년별로 분석하여 표와 그래프로 나타내면 <표 6>과 같다.

전체적인 경향을 살펴보면 과학적 개념인 「변화없다」에 응답한 비율이 전체 아동의 64.1%로 나타나 33.2%의 「내려간다」보다 높은 반응을 보였으며, 다음으로「올라간다」에 2.7%로 나타났다.

2) 10℃의 물과 10℃의 물을 섞은 문항에 대한 반응 분석

“두 그릇에 담겨진 같은 양의 10℃의 물을 큰 그릇에 넣어 섞었을 때 물의 온도는 어떻게 될까?”의 문항에 대한 결과는 <표 7>과 같다.

표 6. 찬물과 찬물을 섞었을 때의 반응 결과

문항	선택 유형	선택 이유	4 (N=104)	5 (N=93)	6 (N=95)	인원수 (%)
올라간다		부피가 는 만큼 온도도 높아짐	2	2	3	7(2.4)
		이유가 합당하지 못함			1	1(0.3)
계			2(1.9)	2(2.1)	4(4.2)	8(2.7)
내려간다		찬물에 찬물을 넣어 더 차므로	48	16	14	78(26.7)
		찬물의 양(2배)만큼 온도가 내려감	3	3	1	7(2.4)
		찬물 주위의 공기가 낮아서			2	2(0.7)
		온도가 낮은 것끼리 모여서	2	1		3(1.0)
		찬물은 온도가 낮기 때문	1	4		5(1.7)
		생활경험에서(찬물을 계속 맞으면 추워진다)	1	1		2(0.7)
		계	55(52.9)	25(26.9)	17(17.9)	97(33.2)
찬물과 찬물을 섞었을 때 변화 없다		같은 성질의 물이므로	22	25	39	86(29.5)
		온도는 같은데 물의 양만 많아지므로	5	6	12	23(7.9)
		온도차가 없는 물을 섞으므로	2	11	6	19(6.5)
		차가운 물끼리 섞이므로	13	14	12	39(13.4)
		찬물과 찬물 사이에는 틈이 작아서	1		1	2(0.7)
		온도는 물의 양과 관계없다		1	1	2(0.7)
		찬물은 분자운동이 느리기 때문에			2	2(0.7)
		온도는 더하기를 할 수 없으므로		1	1	2(0.7)
		찬물은 열이 없어서	1	3		4(1.4)
		온도가 낮아서 잘 변하지 않음	2	4		6(2.1)
		생활 경험에서(찬물에 있다가 찬물에 가도 차다)	1	1		2(0.7)
		계	47(45.2)	66(71.0)	74(77.9)	187(64.1)

선택 유형별 비율을 보면 온도 변화가 없는 「10℃」에는 65.8%의 반응을 보였고, 「20℃」에는 24.7%, 「0℃」에는 9.2%, 「기타」 0.3%로 나타났는데, 섞기 전의 물의 온도와 섞은 후의 물의 온도가 같다고 응답한 유형의 비율이 가장 높았다.

(3) 중간 온도의 물에 대한 경향 분석

1) 더운물과 찬물을 섞은 문항에 대한 반응 분석

“두 그릇에 담겨진 같은 양의 더운물과 찬물을 큰 그릇에 넣어 섞으면 물의 온도는 어떻게 될까?”라는 문항에서 객관식 응답과 선택 이유를 학년별로 분석하여 나타내면 <표 8>과 같다.

선택 이유 분석에서 「중간 온도」에서는 ‘더운 것과 찬 것이 만나 미지근해지므로’(42.8%)항목에 집중되

는 현상을 보였는데, 이 경우 4학년이 가장 높게 반응했고, 5학년, 6학년 순서로 나타났다.

2) 70℃의 물과 10℃의 물을 섞은 문항에 대한 반응 분석

“두 그릇에 담겨진 같은 양의 70℃의 물과 10℃의 물을 큰 그릇에서 섞으면 물의 온도는 어떻게 될까?”라는 문항에 대해 객관식 응답과 선택 이유를 학년별로 분석하여 나타내면 <표 9>와 같다.

선택 이유 분석에서 「80℃」의 경우 ‘70℃+10℃’(14%), ‘온도가 더해져서’(9.6%) 등으로 나타났는데, 이는 80℃를 선택한 것과 일치되는 이유를 설명한 것이며 대표적인 오개념인 ‘부피가 늘어나면 온도도 높아진다’는 것과 일치하였다. 「60℃」를 선택한 경우 ‘70℃에서 10℃만큼 열이 빼앗겨서’(18.2%), ‘70℃-

표 7. 찬물과 찬물을 섞었을 때의 반응 결과

문항 유형	선택 이유	4 (N=104)	5 (N=93)	6 (N=95)	인원수 (%)	
10℃ 의 물과	20℃	부피가 는 만큼 온도도 높아짐	4	1	3	8(2.7)
		찬물이 서로 만나 더 차게 되므로	4		2	6(2.1)
		10℃ × 2 = 20℃ 이므로	4	3	8	15(5.1)
		10℃ + 10℃ = 20℃ 이므로	18	10	5	33(11.3)
		두 그릇의 온도만큼 올라감	7	2	1	10(3.3)
계		37(35.6)	16(17.2)	19(20)	72(24.7)	
10℃ 의 물 을 섞 었 을 때	0℃	낮은 온도의 물을 만나면 더 낮아짐	7	3	1	11(3.8)
		10℃의 물을 더하면 온도가 더 내려감	3	3		6(2.1)
		온도가 낮은 물끼리 모이므로	3	2		5(1.7)
		10℃ - 10℃ = 0℃ 이므로	3	1	1	5(1.7)
계		16(15.4)	9 (9.7)	2 (2.1)	27(9.2)	
10℃ 의 물 을 섞 었 을 때	10℃	온도는 변하지 않으므로		1	3	4(1.4)
		같은 온도의 물을 섞으므로	38	49	38	125(42.8)
		온도차가 없으므로	2	1	11	14(4.8)
		물을 섞어도 더 차가워지지 않음	1	1	3	5(1.7)
		물의 양만 많아지므로	1	8	12	21(7.2)
		찬물은 온도를 내리는 힘 있음	5	3	1	9(3.1)
		온도(열)는 섞여도 합해지지 않음		1	1	2(0.7)
		찬물은 분자운동이 느려서	1		2	3(1.0)
온도가 낮은 물은 변하지 않음	3	4	2	9(3.1)		
계		51(49)	68(73.1)	73(76.8)	192(65.8)	
기타	0℃에서 조금 내려간다(5℃ 정도)			1	1(0.3)	
	계			1(1.1)	1(0.3)	

10℃ (15.8%) 「찬물의 온도만큼 내려져서」(5.1%) 등으로 나타났는데 온도가 높은 물에 들어있는 열이 온도가 낮은 물로 열을 빼앗기거나 낮은 물에 들어있는 열이 많은 쪽으로 흡수되어 없어서 10℃만큼 내려간다고 반응하여 열의 물질 개념이 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 「40℃」를 선택한 경우 '온도가 다른 물이 섞이면 중간온도가 됨' (7.5%)과 '70℃와 10℃의 중간이므로' (7.2%), '(70℃+10℃)÷2=40℃' (2.7%) 등으로 나타나 정성적 문항에 대한 반응보다는 여러 가지 이유를 설명하는 큰 차이를 보여주고 있다.

(4) 정성적 문항의 반응 분석

〈그림 2〉는 더운물과 더운물, 찬물과 찬물, 더운물과 찬물을 섞은 중간 온도의 물에 대한 정성적 온도

개념의 학년별 경향을 나타낸 것이다.

결과적으로 더운물, 찬물, 중간 온도의 물에 대한 정성적 온도 개념형성은 물의 따뜻하기에 따라 조금씩 차이가 나며, 중간온도의 물에서 가장 쉽게 형성되고 다음은 찬물, 더운물 순서로 나타났다. 학년간

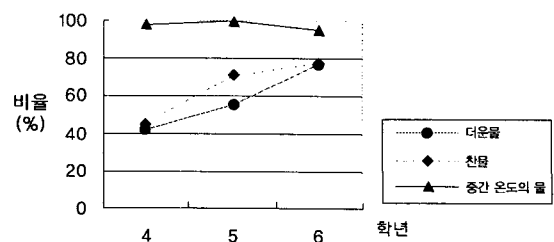


그림 2. 온도의 정성적 문항에 대한 반응 경향

표 8. 더운물과 찬물을 섞었을 때의 반응 결과

문항	선택 유형	선택 이유	4 (N=104)	5 (N=93)	6 (N=95)	인원수 (%)	
더운물보다 더 높아진다		더운물이 찬물보다 온도가 더 높기 때문에	2	1		3(1.0)	
		계	2(1.9)	1(1.1)		3(1.0)	
찬물 온도보다 낮아진다		찬물에 온도를 빼앗겨서	1		1	2(0.7)	
		계	1(1.0)	1(1.1)	1(1.1)	2(0.7)	
같은 양의 더운물과 찬물 섞기	중간온도가 된다	생활경험에서	8	6	8	22(7.5)	
		더운 것과 찬 것이 만나 미지근해지므로	61	35	29	125(42.8)	
		같은 양의 성질이 다른 물이 섞이므로	22	34	21	77(26.3)	
		더운물에 찬물을 섞으면 온도가 내려가므로	3	4	9	16(5.5)	
		찬물이 더운물의 온도(열)를 빼앗으므로	4	6	7	17(5.8)	
		20°C-10°C=10°C처럼 되어서		1	2	3(1.0)	
		찬물은 더운물을 식히고, 더운물은 찬물을 데우므로	1	5	8	14(4.8)	
		찬 기온(냉기)과 더운 기온(열)이 섞이기 때문에			2	2(0.7)	
		더운물의 온도와 찬물의 온도가 섞여 비슷해져서			2	2(0.7)	
		더운물과 찬물은 반대이므로	2			2(0.7)	
		더운물의 분자와 찬물의 분자가 섞여서				1	1(0.3)
		-1과+1이 0이 되는 것과 같음				1	1(0.3)
		양은 많아지나 온도는 중간이 됨				1	1(0.3)
계			101(97.1)	92(98.9)	90(94.7)	283(96.9)	
기타		더운물의 열이 빼앗겨 찬물의 온도와 비슷해 짐			4	4(1.4)	
		계			4(4.2)	4(1.4)	

경향은 물의 온도에 따라 차이가 있으나 학년이 높을 수록 온도 개념이 바르게 형성되어 있는 것으로 나타났다.

(5) 정량적 문항의 반응 분석

더운물, 찬물, 중간 온도의 정량적 문항에 대한 온도 개념 형성 경향은 <그림 3>과 같다. 온도가 낮은 물에서 가장 높게, 다음은 온도가 높은 물, 그리고 중간온도의 물에서는 매우 낮은 반응을 나타내었는데 이는 선행 연구된 내용과 일치하는 것으로 온도가 다른 두 물을 섞을 때 온도를 열량의 측정치로 생각하고 두 온도를 더하거나 빼는 과정을 거치면서 오류를 범하는 것으로 분석되었다.

3. 열 개념과 온도 개념과의 관계 분석

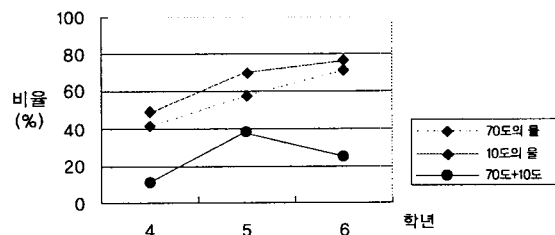


그림 3. 온도의 정량적 문항에 대한 반응 경향

아동들이 가지고 있는 열 개념 유형에 따라 온도 개념의 특성을 분석하기 위하여 열에 「물질 개념」과 운동 개념으로 구분하여 각각에 대한 온도에 대한 개념의 정당성을 χ^2 검정으로 분석하였다. 그 결과가 <표 10>에 있는데, 열의 물질 개념과 운동 개념을 갖고 있는가에 따라서 더운물의 정성적 문항과 정량적

표 9. 70℃의 물과 10℃의 물을 섞었을 때의 반응 결과

문항 유형	선택 이유	4 (N=104)	5 (N=93)	6 (N=95)	인원수 (%)
80℃	70℃+10℃=80℃이므로	23	9	9	41(14)
	부피가 는 만큼 온도도 올라므로	1	2	4	7(2.4)
	10℃ 물이 70℃물에 의해 데워져서			1	1(0.3)
	온도가 다른 물이 서로 더해져서	21	6	1	28(9.6)
	더운 열은 물위로 올라오기 때문에			1	1(0.3)
	온도가 다르기 때문에		1		1(0.3)
	계		45(43.3)	18(19.4)	16(16.8)
70℃의 물과 10℃의 물을 섞었을 때	찬물의 온도만큼 내려져서	5	3	7	15(5.1)
	70℃ 물에서 10℃만큼 열을 빼앗겨서	10	16	27	53(18.2)
	70℃-10℃=60℃이므로	27	10	9	46(15.8)
	더운물의 온도가 찬물 온도의 7배이므로		3	3	6(2.1)
	온도에 따라 분자의 크기가 다르기 때문			1	1(0.3)
	뜨거운 물 속에 찬물이 들어가서	3	2		5(1.7)
	온도가 다른 물을 섞어서	3	3		6(2.1)
계		48(46.2)	37(39.8)	47(49.5)	132(45.2)
40℃	70℃와 10℃의 중간이므로	2	13	6	21(7.2)
	온도가 다른 물을 섞으면 중간온도가 됨	4	7	11	22(7.5)
	미지근한 물이므로	1	5	1	7(2.4)
	양은 많아지나 온도는 중간이 됨	2	2	1	5(1.7)
	(70℃+10℃)÷2=40℃가 됨	2	6		8(2.7)
	더운물(70℃)은 식혀지고 찬물(10℃)은 더워져서		2	2	4(1.4)
	더운물과 10℃가 서로 섞여서			1	1(0.3)
	뜨거운 물이 찬물 때문에 온도가 내려감			2	2(0.7)
계		11(10.5)	35(37.6)	24(25.3)	70(24)
기타	10℃가 70℃의 물을 변화시키지 못 함		3	3	6(2.1)
	70℃와 10℃의 차이가 너무 커서			3	3(1.0)
	70℃의 물이 10℃ 물쪽의 온도를 없애므로(70℃)			2	2(0.7)
계		3(3.2)	8(8.4)	11(3.8)	

문항, 찬물의 정성적 문항, 중간 온도의 정성적 문항에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 즉 열에 대하여 물질 개념을 갖고 있던, 운동 개념을 갖고 있던 지간에 더운물을 섞었을 때, 찬물을 섞을 때의 정성적, 정량적 문항에서는 온도 개념이 다르지 않았다는 뜻이다. 반면에 10℃의 물과 10℃의 물을 섞은 후의 온도를 묻는 정량적 온도 문항에서는 열의 개념 유형

에 따라 0.05수준에서 유의한 차이를 보였다. 특히 70℃의 물과 10℃의 물을 섞으면 나중에 물의 온도는 어떻게 되는 가를 묻는 정량적 문항에서는 χ^2 검증에서 $p<.01$ 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 열의 개념 유형이 물질 개념인가 운동 개념인가에 의하여 온도 개념의 형성에 영향을 준다고 볼 수 있다.

표 10. 열 개념 유형과 온도 개념의 특성

열 개념 유형 온도개념		물질 개념	운동 개념	χ^2	p
더운물과 더운물 섞기	정답 (N=166)	107	59	3.437	.0638
	오답 (N=126)	94	32		
70°C의 물과 70°C 의 물 섞기	정답 (N=164)	107	57	1.127	.2884
	오답 (N=128)	92	36		
찬물과 찬물 섞기	정답 (N=187)	123	64	2.27	.1319
	오답 (N=105)	78	27		
10°C의 물과 10°C 의 물 섞기	정답 (N=192)	124	68	4.726	.0297*
	오답 (N=100)	77	23		
더운물과 찬물 섞기	정답 (N=283)	197	86	0.106	.7452
	오답 (N=9)	4	5		
70°C의 물과 10°C 의 물 섞기	정답 (N=70)	43	27	34.222	.0001**
	오답 (N=222)	158	64		

(*p<.05, **p<.01)

V. 결론 및 후속연구과제

1. 결론

초등학교 학생들이 가지고 있는 온도 개념은 상황에 따라 변하는데, 그 원인 중 하나가 열 개념의 유형 때문이라고 가정하고 본 연구를 시작하게 되었다.

기존의 선행 연구를 바탕으로 열과 온도에 대한 문항을 개발 수정 보완하여 초등학교 학생 중 4,5,6학년에게 실시하였고, 열 개념과 온도 개념을 분석한 결과, '열' 과 '온도' 용어 사용에 있어서 다른 뜻으로 구별하여 사용하는 것에 높은 반응을 보였으나 '열은 뜨거운 것이고 온도는 뜨거운 양을 재는 것'으로 구별하여 사용하는 것으로 나타났다. 또한 같거나

다른 뜻으로 사용하는 경우에도 온도가 높아 뜨거울 때는 같은 뜻으로, 낮을 때에는 구별하여 쓴다고 반응하여 두 용어를 일상적으로 쓰는 언어에서는 구별하지만 과학적인 개념을 근거로 하지 않는 것으로 나타나 이에 대한 지도가 뒤따라야 된다. 또한 열 개념 유형에 대한 분석에서는 열의 물질 개념과 운동 개념으로 분류하였는데, 물질 개념에 매우 높은 반응을 보였으나 학년이 높아질수록 운동 개념이 높아지고 물질 개념이 낮아지는 것으로 분석되었다.

온도 개념 분석에서 국내외의 선행 연구에 의하면 정성적 문항보다 정량적 문항에 더 어려움을 느낀다고 보고되고 있는데, 본 연구 결과에 의하면 물의 온도차에 따라 정성적 문항과 정량적 문항에 대한 반응이 조금씩 다른 것으로 나타났다. 더운물과 찬물에서는 정성적 문항과 정량적 문항에 대한 반응이 비슷하게 나타났으나 더운물과 찬물을 섞은 경우에는 정성적, 정량적 문항에 대한 반응은 매우 다르게 나타났다. 정성적 문항인 경우 전학년 모두 높은 정답율을 보였으나 정량적 문항인 경우에는 더운물의 온도에서 찬물의 온도만큼 온도가 내려간다는 유형에 가장 높은 반응을 보였다. 이는 더운물 속에는 더운 열기가, 찬물 속에는 찬 냉기가 들어 있어 두 물을 합하거나 섞을 때 찬 냉기만큼 더운 열기를 빼앗겨 물의 온도가 그만큼 더 내려가게 된다고 생각하는 것으로 나타났다. 또한 두 물의 온도를 더하여 온도가 더 높아지는 유형에 반응한 경우도 다소 낮게는 나타났으나 두 물의 중간 온도가 된다는 유형보다 더 높은 반응을 보였다. 이것으로 보아 초등학교 학생들이 가지고 있는 온도 개념은 열이 많이 들어 있으면 온도가 높은 물이 되고 온도가 낮은 물에는 열이 적게 있거나 냉기가 있는 것으로 판단하며, 이러한 열의 물질 개념에 의해 열의 양을 더하거나 빼는 과정에서 온도가 정해지는 것으로 나타났다. 이는 선행연구에서 밝혀진 '온도란 단순히 물체가 가지고 있는 열의 양을 나타내는 척도'와 같은 맥락으로 해석할 수 있다.

열 개념과 온도 개념의 관계 분석에서는 열의 운동 개념은 찬물과 중간 온도의 정량적인 문항에만 영향을 미친 것으로 나타났다.

본 연구에서 알아낸 점은 학생들에게 형성되어 있

는 온도 개념은 물의 온도 상황에 따라 변한다는 사실이었는데, 이는 학생들이 가지고 있는 열 개념이 바르지 못하다는 데에서 비롯된다는 사실을 알 수 있었다.

2. 후속연구과제

따라서 온도에 대한 연구에 앞서 열 개념에 대한 충분한 연구가 선행되어야 한다고 생각하며 이에 대한 몇 가지 제언을 하면 다음과 같다.

(1) 학생들에게 형성되어 있는 열 개념 유형에 대한 자세하고 심도있는 분석 연구들이 필요하다.

(2) 초등학생들의 열 개념 학습에 필요한 자료가 열 개념 유형에 기반을 두고 개발될 필요가 있으며 과학적인 열 개념을 이해하고 변화하도록 하는 수업 지도 모형이 요구된다.

(2) 열의 분자 운동 개념이 전학년에서 걸쳐 낮게 나타나는데, 교과서 편성 내용과 학교 현장의 교수·학습 방법 분석 및 교사들이 갖고 있는 열과 온도에 대한 개념 경향을 분석해 볼 필요가 있다.

참고 문헌

교육부(1995). 초등학교 교사용 지도서: 슬기로운 생활 1-1, 2-2. 국정교과서주식회사.
 교육부(1995). 초등학교 교사용 지도서: 자연 3-1, 3-2, 4-2, 5-1, 6-2. 국정교과서주식회사.
 권기태(1993). 국민학교 아동들의 열과 온도에 대한 개념 조사, 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
 권성기(1987). 중학생의 과학수업에 의한 힘과 운동의 개념 변화. 서울대학교 대학원 석사 학위 논문.
 권재술, 김범기(1993). 과학 오개념 편람(역학편), 한국교원대학교 물리교육연구실
 김상명(1993). 열과 온도에 대한 학생들의 개념조사 및 오인을 감소시키기 위한 수업 전략에 따른 처치 효과. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.

김익진(1999) 초등학생의 열 개념 유형과 온도 개념 형성의 관계, 대구교육대학교 대학원 석사학위 논문.

김진만(1995), 학생의 열과 온도 개념 변화에 있어서 인지 방략적 질문의 역할, 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

김현재, 김한호(1990). 국민학교 아동의 온도 개념 형성에 관한 조사. *한국과학교육학회지*, 10(1), 95-117.

류재혁(1987). 열과 온도에 관한 중등학생들이 지닌 개념 조사, 서울대학교 대학원 석사학위논문.

박상선(1994). 국민학교 아동들의 열 이동 개념 조사, 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.

박승재(1993). 물리학습의 편모, 서울대학교 사범대학 물리교육과 물리학습연구실

Albert, E.(1978). Development of the concept of heat in children. *Science Education*, 62(3), 389-399.

Arons, A, B.(1990). *A Guide to Introductory Physics Teaching*. John Wily & Sons, Inc.

Cleminson, A.(1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429-445.

Driver, R.(1985). Cognitive psychology and pupils frameworks in mechanics, in Linjise, p. (Ed). *The many face of teaching and learning mechanics: proceedings of a conference on physics education*, 171-198, Utrecht, Netherlands.

Driver & Russell(1981). An investigation of heat, temperature and change of state of children aged between 8 and 14 years. Unpublished manuscript, University of Leeds, Leeds.

Engel, E.(1982). The development of understanding of selected aspects of pressure,

- heat and evolution in pupils aged between 12-16 years. Unpublished Ph.D. thesis, University of Leeds, Leeds.
- Erickson, G.(1979). Children's conception of heat and temperature. *Science Education*, 63 (2), 221-230
- Erickson, G.(1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education*, 64 (3), 323-336.
- Fox, R.(1971). *The Caloric Theory of Gases*. Oxford University Press: Oxford.
- Glynn, S. M., Yeany, R. H. and Britton, B. K. (1991). *The Psychology of Learning Science*. Lawrence Erlbaum Associates, 권성기, 임청환 (번역) 과학학습심리학, 시그마프레스(2000).
- Kesidou, S., Duit, R. & Glynn, S. M.(1995) Conceptual Development in Physics: Students' Understanding of Heat, in Shawn M. Glynn and Reirders Duit (Eds.) *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice*, Lawrence Erlbaum Associates. 179-198.
- Mak, S, Y, & Young, K.(1987). Misconceptions in the teaching of Heat. *School Science Review*, Mar, 87, 434-470.
- Stavy, R.(1980). Cognitive Conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the temperature. *Science Education*, 64(5), 679-692.
- Stavy, R., & Berkovitz, B.(1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64(5), 679-692.
- Strauss, S.(1981). U-shaped behavioral growth. Orlando and London: Academic Press, Inc.
- Tiberghien, A.(1979). Modes and conditions of learning. An example: the learning of some aspects of the concept of heat. In Proceedings of an international seminar on cognitive development research in science and mathematics, University of Leeds, Leeds.
- Triplet, G.(1973). Research on heat and temperature in cognitive development. *Journal of children's Mathematic Behavior*, 2, 27-43.
- Zemansky, M. W.(1971). The use of the word 'heat' in elementary and in intermediate instruction in physics. In seminar on the Teaching of Physics in Schools (Eds. Sikjoer). Gyldendal: Copenhagen.