Journal of the Korean Chemical Society
2013, *Vol. 57, No. 5*
Printed in the Republic of Korea
http://dx.doi.org/10.5012/jkcs.2013.57.5.640

‘과학1’ 중학교 교과서의 물질의 상태 변화와 분자 운동 내용이 요구하는 인지 수준 분석(제III보)

박지은 · 박예슬 · 강순희*
이화여자대학교 과학교육과
(접수 2013. 7. 21; 게재확정 2013. 9. 9)

Analysis of the Level of Cognitive Demands about Concepts of the Changes of State and Kinetic Theory on ‘Science 1’ Textbooks in Junior High School (III)

Jieun Park, Yesul Park, and Soonhee Kang*
*Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea. *E-mail: shkang@ewha.ac.kr*
(Received July 21, 2013; Accepted September 9, 2013)

요 약. 우리나라 중학교 ‘과학1’에 실려 있는 ‘물질의 상태 변화’와 ‘분자의 운동’에 대한 서술 내용이 요구하는 인지 요구도를 분석하였다. ‘분자의 운동’에는 ‘확산과 증발’, ‘기체의 압력과 부피’, ‘기체의 온도와 부피’, 그리고 ‘상태 변화와 열에너지’ 개념이 포함된다. 인지 요구도 분석에 활용한 분석 준거는 영국에서 개발된 과학 교과 내용 분류틀에 있는 3종류 분석틀이다. 분석 대상인 6종 교과서 내용들이 요구하는 인지 수준들은 구체적 조작 수준과 형식적 조각 수준들이 다양하였다. 해당 내용에는 여러 인지 수준들이 있으나 그 중에서도 높은 인지 수준을 요구하는 내용들을 보면 다음과 같다. 첫째, 단원 초기에 물질의 세 가지 상태를 설명할 때에는 그 서술 내용이 요구하는 높은 인지 수준이 6종 모두 후기 구체적 조작 수준이다. 그러나 단원의 초기 이후부터는 이에 대한 설명이 모두 초기 형식적 수준이다. 분자 배열과 분자 모형에 관한 내용이 요구하는 높은 인지 수준은 모든 6종 교과서가 분자 운동으로 서술하고 있기 때문에 초기 형식적 조작 수준이다. 둘째, 확산과 증발 개념에 대한 내용이 요구하는 높은 인지 수준은 6종 교과서 모두 초기 형식적 조작 수준이다. 왜냐하면 상태 변화를 분자 운동론으로 서술하고 있어서 초기 형식적 조작 수준이다. 셋째, 기체의 압력과 부피, 기체의 온도와 부피 개념에 대한 내용이 요구하는 높은 인지 수준은 교과서 6종 모두 초기 형식적 조작 수준이다. 분자 운동을 이용한 형식적 모델을 이해해야 하고 그리고 그래프를 통해 보일 법칙과 샤를 법칙을 이해해야 하기 때문에 학생들은 고차식의 그래프를 해석해야 하며, 두 독립변수 사이의 관계를 발견해야 하므로 초기 형식적 조작 수준이다. 넷째, 상태 변화와 열에너지 개념에 대한 내용이 요구하는 높은 인지 수준은 교과서 6종 모두 초기 형식적 조작 수준이다. 물질의 끓는점과 어는점을 설명하는 고차식 그래프의 해석 능력을 요구하고 있기 때문에 초기 형식적 조작 수준이다. 물질의 상태 변화와 온도의 관계도 분자 운동론을 이용하여 서술하고 있기 때문에 초기 형식적 조작 수준이다.

주제어: 상태 변화, 확산, 증발, 기체 압력과 부피, 기체 온도와 부피

ABSTRACT. The purpose of this study is to analyze the cognitive demands level of the description about ‘changes of state’ and ‘kinetic theory’ on the ‘science 1’ textbooks by the 2007 revised curriculum. The three types of curriculum analysis taxonomy have been used to analyze the cognitive demands level of those contents on the 6 kinds of ‘science 1’ textbooks. The most higher level of cognitive demands about the concepts have been discussed here due to the focus of the concepts. The first, the cognitive demand level about ‘three states of substances’ depending on the motion of their particles in 6 textbooks is a early formal operational stage because of using by the application of kinetic theory. The second, the cognitive demand level about ‘diffusion’ and ‘evaporation’ is a early formal operational stage, because the particles move around faster so they can change their position. The third, the cognitive level of the pressure and volume in a gas is a early formal operational stage because of explaining only phenomena in simple correspondence with formal model of kinetic theory. And simple functional relationships beyond linear on the graph of the volume and pressure of gas, the volume and temperature of gas is also a early formal operational stage. The fourth, the cognitive level of the energy of heat by a change of the state is also a early formal operational stage because kinetic theory picture accepted as providing explanation by the change of the state. And functional relationships beyond linear on the graph of the explanation of boiling point of water in water is also a early formal operational stage.

Key words: Change of state, Diffusion, Evaporation, Press and volume of gas, Volume and temperature of gas

서 론

피아제는[1] 아동들이 12세 이후부터는 형식적 조작을 할 수 있도록 인지 수준이 발달한 청소년으로 성장한다고 하였다. 그에 의하면 형식적 조작 인지 수준은 사고력 발달에서 가장 높은 인지 수준이며, 이 수준의 청소년들은 눈앞에서 보거나 만질 수 있는 현상들은 물론이고 그리고 더 나아가서 만지거나 볼 수 없는 여러 이론들까지 이해한다고 하였다. 이처럼 학습자들의 나이 또는 성장이 학습에 영향을 미친다는 인지 발달 심리학은 이러한 요인들을 인정하지 않으면서 학습의 경험과 학습자가 이미 가지고 있는 개념틀을 매우 중요하게 여기는 심리 철학으로서의 구성주의에[2] 의하여 비판도 받는다. 그러나 이 두 측면의 과학 학습 이론들은 당면한 현장 과학 교육의 여러 가지 문제점들을 진단하는 연구에서 빈번히 활용되고 있고 그리고 다양한 과학 교수·학습 전략들을 개발하는 경우에도, 때로는 각각 독자적 이론으로, 때로는 두 측면의 이론들을 함께 협력하여 함께 활용되기도 한다.

만일, "초등학교를 갓 졸업한 중학교 1학년 학생들이 과학 과목을 배우면서 쉬운 과목이라고 하지 않고 어려운 과목이라고 생각하고 있는 학생들이 있다면, 아마도 그러한 학생들은 과학1에서 학습할 내용이 요구하는 인지 요구도가 그 학생들의 인지 수준에 비하여 더 높기 때문에 이해하기가 어려울 것이다"라는 가설을 세울 수가 있다. 이러한 가설로부터 시작하는 연구들은 전자인 인지 발달 심리학 측면인 친피아제적 연구이다.[3–16] 따라서 본 연구에서도 우리나라 중학교 1학년 학생들이 학습하는 과학1 교과서에 서술되어 있는 화학 개념이 어떠한 인지 수준을 요구하고 있는가를 분석해 보고자 한다. 이렇게 얻어진 과학1 교과서 화학 관련 내용이 인지 요구도 수준들과 과학1 교과서를 학습하는 학생들의 인지 수준들을 비교·분석한 연구 결과들은 과학 교사들이 과학1 교수 전략을 개발하는데 있어서 유용하고 도움이 되는 기초 자료로 사용할 수 있다. 우리나라 과학1 교과서를 학습하는 중학교 1학년 학생들은 초등학교를 갓 졸업한 13세이며 피아제가 언급한 바에 의하면 구체적 조작 수준 내용은 물론 형식적 조작 수준 내용도 이해할 수 있어야 하는 청소년들이다.

다음의 *Table* 1을 보면 아동들의 인지 수준을 학급 수준으로 조사하게 되면서부터 개발된 0~12점 범위로 채점하는 검사 도구들로서 친피아제 연구자들인 영국의 Adey와 Shayer가 중심이 되어 개발한 Genevan 척도[17]와 미국의 Roadrangka 등이 개발한 GALT 척도[18]가 있다. Genevan 척도는 '초기 구체적 수준2A', '과도기 수준2B/3A', '후기 형식적 수준3B'로 분류하여 학생들의 인지 수준도 분류하고 과학 내용이 인지 요구도 수준도 분류한다. GALT 척도는 학생들의 인지 수준을 '구체적 조작 수준', '과도기 수준', 그리고 '형식적 조작 수준'으로 구분한다.

***Table* 1.** Levels of cognitive development by Genevan scale[17] and GALT scale[18]

Genevan scale[17]	GALT scale[18]	scale
2A early concrete operation	concrete operation	0–4
2B/3A transition operation	transition operation	5–7
3B late formal operation	formal operation	8–12

***Table* 2.** Distribution of cognitive levels of 7th grade students (Age 13 years) in junior high school

Cognitive Level (%)			Reference (Year)
Concrete	Transition	Formal	
63.1	29.5	7.4	Koh[19] (2004)
59.3	31.2	9.5	Kim[20] (2006)
55.6	33.3	11.1	Park[21] (2008)
51.0	37.6	11.3	Lee[22] (2009)
44.4	32.5	23.1	Kim, Bae, & Kim[23] (2002)
41.7	44.4	13.9	Kang[24] (1997)
39.6	40.1	20.3	Kwon[25] (2009)
38.5	32.4	29.1	Lim[26] (2009)
23.0	41.0	36.0	Jung[27] (2010)

다음의 *Table* 2에 들어 있는 자료들은 우리나라에서 연구된 논문들[19–27]에 들어있는 자료에서 발췌한 것으로서 여러 지역 중학교 1학년 학생들의 인지 수준들이 세 가지 수준으로 분류되어 있다. 이때에 사용한 검사 도구가 GALT 검사 도구이기 때문에 *Table* 1에서의 GALT 척도이다. *Table* 2의 자료를 보면 '형식적 조작 수준'에 도달해 있는 중학교 1학년 학생들의 분포가 가장 적은 경우는 Koh[19]의 조사 자료로서 7.4%이고, 형식적 조작 수준 분포가 가장 많은 경우는 Jung[27]이 조사한 자료로서 36.0%로 나타났다. 이처럼 13세인 우리나라 중학교 1학년 학생들의 형식적 인지 수준 분포를 보면 피아제가 제안한 "청소년들이 12세 부터는 형식적 사고를 할 수 있다"라는 견해와는 크게 상이한 결과들을 보이고 있으며, 또한 대상 학교에 따라 상이하게 나타나고 있음도 알 수 있다. 영국의 Shayer와 Adey의 연구에서도[3] 영국 13세 학생들의 인지 수준 분포에서 후기 형식적 조작 수준3B의 학생들은 3%이고 과도기로 분류되는 초기 형식적 조작 수준3A의 학생들도 14%밖에 되지 않으며 나머지는 초기 구체적 조작 수준2A와 후기 구체적 조작 수준2B로 조사되었다. 즉, 우리나라뿐만 아니라 영국의 13세 학생들도 많은 수가 피아제가 말하는 형식적 조작 수준에 도달하지 못하고 있음을 보여 주고 있는 자료이다.

13세인 우리나라 중학교 1학년 학생들은 *Table* 2의 자료를 보면 아직도 구체적 조작 수준인 학생들이 많게는 63.1%[19] 이고 적게는 23.0%[27]이며, 이러한 분포를 이루고 있는 구체적 조작 수준의 학생들은 구체적 수준보다 높은 과도기 수준이나 형식적 조작 수준을 요구하는 과학 개념을 이해하기는 어려움을 갖게 될 것이라고 예측할 수 있다.

또한 지역이 다른 여러 학교에서 13세 학생들이 인지 수준 분포가 상이하게 나타나는 *Table* 2의 자료로부터 우리가 알 수 있는 것은 학생들은 학교에 따라 그리고 지역에 따라 다르다는 것이다. 다시 말하면 중학교 1학년 학생들의 인지 수준 분포가 일괄적으로 일정 분포라고 생각하는 것은 바람직하지 않기 때문에, 과학 교사들은 자신이 가르치는 대상 학생들의 인지 수준 분포를 조사하여 알아낸 후에 자신의 교수 전략에 참고하는 것이 바람직하다.

본 연구는 Shayer와 Adey[3]의 과학 내용 분석틀(CAT; Curriculum Analysis Taxonomy)을 사용하여 과학1 교과서 서술 내용이 요구하는 인지 요구도 수준을 알아내고 있기 때문에 *Table* 1의 Genevan 척도[17]로 연구 결과가 나타난다. 즉, 과학 교과서에 서술되어 있는 과학 내용의 인지 요구도 수준을 분석해 내는 본 연구의 결과들은 2A, 2B, 3A, 3B로 얻어진다. 그리고 다음 *Table* 2 중학교 1학년 학생들의 인지 수준 분포는 본 연구에서 얻어진 결과가 아니며 수년간 우리나라에서 이미 조사된 자료들이다. 이 *Table* 2의 자료들은 GALT 검사 도구로 얻어진 GALT 척도[18]이다. 따라서 GALT 검사 도구에 의하여 분류된 형식적 조작 수준은 Genevan 척도[17]로는 후기 형식적 조작 수준(3B)을 의미하며, GALT 검사 도구에 의하여 분류된 구체적 조작 수준은 Genevan 척도[17]로는 초기 구체적 조작 수준(2A)을 의미한다(*Table* 1참조).

우리나라 중학교 1학년 학생들에게 과학1의 '물질의 상태 변화'와 '분자의 운동' 내용을 교수하는 과학 교사들이 해당 과학 교수 전략을 개발하기 위해서는, 맨 먼저 가르칠 대상 학생들의 인지 수준 분포를 검사지로[18] 알아내어야 한다. 이어서 이 연구에서 분석해서 얻어지는 인지 요구도 수준들을 사용하여 가르칠 학생들의 인지 수준 분포와 비교하는 것이다. 다시 말하면, 가르치려는 '물질의 상태 변화와 분자의 운동' 내용 중에서도 '어떻게 서술되어 있는 어떤 구체적 내용들이' 형식적 조작 수준을 요구하고 있는지를 알고 있고, 그리고 자신이 가르치는 중학교 1학년 학생들의 인지 수준 분포를 알고 있는 교사는 그렇지 못한 교사들에 비하여 '보다 학생 중심의 교수 전략'을 개발할 수가 있을 것이다. 따라서 본 연구에서 분석해 낸 '물질의 상태와 분자의 운동' 내용에 대한 인지 요구도 수준에 관한 분석 자료들은 실질적으로 현장 과학 교사들이 인지 수준을 고려한 교수 전략을 개발하는데 도움되는 자료들로 사용가능하다.

다른 과학 과목들은 학년이 올라 갈수록 점차 개념들이 어려워지는데 반하여 화학 과목은 배우기 시작하는 초기부터 위계가 높은 형식적 조작 수준인 눈에 보이지도 않는 원자, 원소 기호가 필요하기 때문에 화학을 배우려면 다른 과학 과목에 비해서 입문의 턱이 높다.[3,14,15] 본 연구에서는 초등학교를 갓 졸업하였으며 형식적 조작 수준이 그리 많지 않은(*Table* 1 자료 참조) 중학교 1학년 학생들이 학습하는 과학1 교과서에 서술 되어 있는 '물질의 상태'와 '분자의 운동' 내용이 요구하는 인지 요구도 수준을 분석해 내려고 한다.

연구 방법

연구 대상 교과서

이 연구에서는 현행 2007년 개정 과학과 교육과정에 의해 현재 사용되고 있는 중학교 1학년 과학 교과서 10종 중 학교 현장에서 사용 빈도가 높은 5종의 교과서(A교과서,[28] B교과서,[29] C교과서,[30] D교과서,[31] E교과서[32])와 사용 빈도가 높지는 않으나 사고력에 중점을 두고 서술된 교과서(F교과서[33])를 합하여 총 6종을 선정하였다. 그리고 각 교과서에 있는 화학 영역인 '물질의 상태 변화'와 '분자의 운동'에 대한 서술 내용이 요구하는 인지 요구도를 분석하였다. '분자의 운동'에는 '확산과 증발', '기체의 압력과 부피', '기체의 온도와 부피', 그리고 '상태변화와 열에너지' 개념들이 포함된다. 본 연구에서는 교과서에 서술되어 있는 내용이므로 본문 내용을 포함하여 본문과 연계되는 그림 또는 표, 탐구 활동에 대한 서술 모두에 대해서 분석하였다.

연구자 구성

연구자들은 총 3인으로 과학 교과 내용의 인지 요구도 수준을 분석하는 연구에 경험이 있는 교과 교육 전문가들이다. 내용 인지 요구도 수준의 판정에 대한 객관성을 높이기 위하여 연구자 3명 전원이 독립적으로 각자 판정을 한 후에 판정의 결과가 모두 일치한 경우 또는 일치하지 않는 경우 모두에 있어서 함께 토의하여 결과를 단일화하는 과정을 거치도록 하여 판정의 내용 타당도를 높였다. 이들은 한 학기 동안 연구 토론을 통해 세 가지 분류틀을 사용하는 방법과 판단하는 실력을 갖추었다.

인지 수준 분석틀

이 연구에 사용된 분석틀(CAT; Curriculum Analysis Taxonomy)인 <분류틀1>, <분류틀2>, <분류틀3>은 원본을[3] 번역하

주제	초기 구체적 조작기(2A)	후기 구체적 조작기(2B)	초기 형식적 조작기(3A)	후기 형식적 조작기(3B)
C.2 상태변화와 분자운동	고체는 ‘물로 변하고’ 액체는 ‘기체로 변한다’와 같은 단편적인 지식만을 나타낸다.	얼음이 녹아서 물이 되고, 물은 수증기로 변함을 설명한다. 각 과정은 냉각에 의해 되돌릴 수 있음을 설명한다. 열은 녹음의 원인이 되고, 냉각은 얼음의 원인이 됨을 설명한다. 분자들이 서로 가까이 접근해 있거나 혹은 멀리 떨어져 있는 그림만 제시하고, 분자의 운동에 대해서는 설명하지 않는다.	교사의 지도 아래에서 분자 운동론을 응용하여 모든 물질이 그 입자의 상태에 따라서 고체, 액체, 기체로 존재할 수 있음을 알도록 설명한다. 액화되는 것은 입자들이 고체의 경우보다 더 빨리 움직여서 그 위치를 이동할 수 있음을 뜻한다고 설명한다. 액화하는데 얼마나 많은 에너지가 필요한가를 열량계 같은 것을 사용하여 측정할 수 있음을 보인다.	이제는 분자 운동론을 연역적으로 설명한다. 예를 들면 수증기에서 입자들은 서로 멀리 떨어져 있고, 따라서 수증기는 쉽게 압축될 수 있음을 설명한다. 녹음과 기화가 평형 과정임을 설명한다. 잠열은 액체와 증기간의 위치에너지 장벽을 넘는데 필요한 에너지임을 설명한다. 다른 액체들의 위치에너지 장벽은 같은 몰의 값으로 비교할 수 있음을 설명한다.

***Figure* 1.** ‘Changes of State’ and ‘Kinetic Theory’ in Curriculum Analysis Taxonomy.[34,35]

여[10,13] 사용하였다. 특히 <분류틀3>에는 물리 내용, 화학 내용, 그리고 생물 내용이 들어 있다. 앞의 세 종류 분류틀을 개발한 영국 연구진[3]들은 피아제의 인지 발달 심리학에 대한 특별한 지식이 없는 과학 교사들도 용이하게 활용하도록 개발하였기 때문에 교사들이 용이하게 활용할 수 있다. 각 분류틀들의 하위 요소가 어떻게 구성되어 있는지는 *Fig.* 1 과학 내용 분석틀인 <분류틀3>에 있는 ‘C.2 상태 변화와 분자 운동’을 실례로 보면 알 수 있다.[10,13] 다시 말하면 *Fig.* 1 <분류틀3>의 초기 구체적 조작기 아동들은 “고체는 ‘물로 변하고’ 액체는 ‘기체로 변한다’와 같은 단편적인 지식만을 나타낸다.”라고 서술되어 있는 내용 정도를 이해할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 앞에 소개한 세 가지 분류틀을 사용하여 교과서에 서술되어 있는 내용이 어떠한 인지 요구도 수준인지를 판정할 수 있는 것이다. 이러한 본 연구의 분석 결과들이 부록1, 부록2, 부록3, 부록4, 부록5에 실려있다.

이 *Fig.* 1을 보면 ‘상태 변화와 분자의 운동’ 내용에 대하여 구체적 조작 수준(2A), 후기 구체적 조작 수준(2B), 초기 형식적 조작 수준(3A), 후기 형식적 조작 수준(2A)으로 판정할 수 있는 분석 준거들이 들어 있는 분석틀의 실례이다. <분류틀1>과 <분류틀2>는 피아제의 연구를 수정 · 보안하여 개발되었다. 그리고 ‘화학 내용’에 대한 인지 요구도 수준인 <분류틀3>은 <분류틀1>과 <분류틀2>의 내용을 각각 독립적으로 또는 두 분류틀을 복합적으로 활용하여 개발된 것이다.[3] 또한 <분류틀3>에서는 10개의 화학 내용에 대해서만 인지 요구도 수준이 개발되어 있다. 그러나 화학 내용에는 위의 10가지 이외에도 더 많은 관련 과학 내용들이 있다. 이 연구에서는 10가지 내용에 대해서는 <분류틀3>을 활용하여 분석하였고, 그 외의 화학 내용에 대한 인지 요구도 수준은 <분류틀1>과 <분류틀2>의 내용을 각각 독립적으로 활용하여 분석하기도 하였고, 때로는 두 분류틀 측면을 복합적으로 활용하여 분석하기도 하였다.

다음은 세 분류틀의 제목과 구성하고 있는 하위 요소들이다.[3,10,13]

첫 번째 <분류틀1>의 제목은 ‘아동과 주위 환경과의 상호작용에서의 심리학적 특성에 대한 인지 요구도’이며 다음과 같이 총 6개의 하위 요소로 구성되어 있다.[34,35] ①분류틀1.1 흥미와 관찰방식, ②분류틀1.2 사건에 대한 추론, ③분류틀1.3 관계, ④분류틀1.4 모델의 사용, ⑤분류틀1.5 범주화, ⑥분류틀1.6 기술적인 문장에 대한 해석의 깊이. 본 연구에서는 하위 요소 6개를 모두 사용하였다.

두 번째 <분류틀2>의 제목은 ‘과학적 사고 논리 인지 요구도’이며 다음과 같이 총 9개의 하위 요소로 구성되어 있다.[10,13] ①분류틀2.1 보존 논리, ②분류틀2.2 비례 논리, ③분류틀2.3 계의 평형, ④분류틀2.4 수리적 조작, ⑤분류틀2.5 변인 통제, ⑥분류틀2.6 변인 배제, ⑦분류틀2.7 확률적 사고 논리, ⑧분류틀2.8 상관 논리, ⑨분류틀2.9 측정 기술. 이 연구에 사용된 하위 요소는 ①분류틀2,1, ②분류틀2.2, ③분류틀2.3, ⑤분류틀2.5, ⑨분류틀2.9이다. 다시 말하면 과학1의 화학 영역에서 학생들이 활용할 논리 사고력은 보존 논리, 비례 논리, 계의 평형, 변인 통제 논리, 그리고 측정 기술임을 보여주고 있다.

세 번째 <분류틀3>의 제목은 ‘화학 내용 인지 요구도’이며 다음과 같이 총 10개 화학 내용의 하위 요소로 구성되어 있다.[10,13] ①분류틀C.1 용해, ②분류틀C.2 상태 변화와 분자 운동(*Fig.* 1), ③분류틀C.3 반응 속도, ④분류틀C.4 원소, 원자설, ⑤분류틀C.5 화합물, 화학식, 화학반응, ⑥분류틀C.6 산과 염기, ⑦분류틀C.7 산화, 환원, ⑧분류틀C.8 ⑨화학 평형, 분류틀C.9 화학물질, 에너지, ⑩분류틀C.10 유기화학. 이 연구에 사용된 하위 요소는 ①분류틀 C.1 용해 그리고 ②분류틀 C.2 상태 변화와 분자 운동이다.

연구 결과 및 논의

이 연구에서는 6종 ‘과학1’ 교과서[28–33]에 서술되어 있는 ‘물질의 상태 변화’와 ‘분자 운동’ 내용에 대한 인지 요구도를 분석하였다. 교과서에 서술된 모든 화학 내용이 요구하는 인지 수준을 분석하고 판정하여 얻어진 부록1~부록5에 들어 있는 연구·분석 결과에는 높은 인지 수준부터 낮은 인지 수준들이 모두 실려 있다. 부록1~부록5에 있는 교과서 내용의 인지 요구도를 분석해 낸 연구 결과들은 ‘인지수준분류요소-인지수준판정결과’를 ‘1.5-판정2B’ 형태로 표현하여 부록1~부록5의 맨 오른쪽 칸에 제시하였다. 그러나 다음의 연구 결과에서 논의할 때에는 학생들이

화학 개념을 이해하는 과정에서 어려운 단계가 될 '높은 인지 요구도 수준' 내용들만 중점적으로 논의하였다. 왜냐하면 학생들은 여러 인지 요구도 수준 내용들 중에서도 '높은 인지 수준을 요구하는 서술 내용'을 어려워 할 것이라고 가정하였다. 즉, GALT 척도에 의하여 분류된 구체적 조작 수준은 본 연구에 사용한 Genevan 척도로는 초기 구체적 조작 수준(2A; early concrete operation)을 의미한다(*Table* 1). 따라서 본 연구 대상인 중학교 1학년 학생들 중에서 구체적 조작 수준 학생들은 Genevan 척도로 분석된 후기 구체적2B, 초기 형식적3A, 후기 형식적3B 과학 내용을 이해하는데 어려움을 갖게 된다는 가정이다.

'물질의 상태 변화' 인지 요구도 분석

앞의 세 가지 분류틀(CAT; Curriculum Analysis Taxonomy)을 사용하여 '과학1' 교과서에 서술되어 있는 '물질의 상태 변화' 내용이 요구하는 인지 요구도를 분석하였다(부록1 분석 자료 참조). 중학교 과학1 해당 단원 '초기'에 물질의 세 가지 상태를 설명할 때에 교과서 A, B, C, D, E는 우리 주변에 존재하는 실례들을 보여주면서 분자들이 서로 가까이 접근해 있거나 혹은 멀리 떨어져 있는 그림만 제시하고 분자 운동에 대해서는 설명하지 않고 있어서 후기 구체적 조작 수준 2B(분류틀 C.2 상태 변화와 분자 운동)이다.[3,10,13] 다만 교과서F는 단원 초기부터 그림에 물질의 상태를 분자 모형을 활용하여 분자 운동을 표현하는 '선'을 사용하고 있기 때문에 초기 형식적 조작 수준 3A(분류틀 C.2)이다. 그러나 해당 그림을 설명하는 서술에서는 분자 운동으로 설명하지 않고 있다. 분자 운동론을 활용하여 물질의 입자 상태에 따라서 고체, 액체, 기체에 대해서 설명하면 초기 형식적 조작 수준 3A(분류틀 C.2)이다.[3,10,13]

해당 단원 '초기' 이후부터는 교과서 6종 '물질의 세 가지 상태'를 에너지 변화로 설명하지는 않고 있으나 '분자 모형'을 활용하여 '분자 배열'의 변화로 설명하고 있어서, 이 또한 분자 운동론을 운영하여 설명하고 있기 때문에 초기 형식적 수준 3A(분류틀 C.2 상태 변화와 분자 운동)이다. 교과서A는 대부분의 물질은 눈에 보이지 않는 작은 알갱이로 이루어져 있고 물질의 고유한 성질을 가진 가장 작은 알갱이로 분자를 설명하고 있는 내용이 '분류틀 C.1 용해'에 의하여 초기 형식적 조작 수준 3A이다. 학습자인 구체적 조작 수준 학생들에게는 이러한 인지 요구도 수준인 물질의 상태 변화나 용해 개념은 이해가 잘 안 될 수 있는 어려운 개념이 될 수 있다(부록1 분석 자료).

교육 과정 해설서[8]의 유의 사항을 보면, 물질의 세 가지 상태는 분자 모형을 활용하여 분자 배열의 변화로 물질의 상태 변화를 설명하되 처음부터 에너지 변화로 설명하지 않도록 제시하고 있다. 단원 처음부터 에너지 변화로 물질의 상태 변화를 설명하고 있는 교과서는 없었으나, 분자 운동론을 활용하면서 설명하고 있으면 초기 형식적 조작 수준이 된다.

'확산과 증발' 인지 요구도 분석

앞의 세 가지 분류틀을 사용하여 '과학1' 교과서에 서술되어 있는 '확산과 증발' 내용이 요구하는 인지 요구도를 분석하였다(부록2 분석 자료 참조). ① 모델의 사용 측면에서 눈에 보이지도 않는 분자들을 형식적 모형을 사용하면서(분류틀 1.4) '확산과 증발' 내용을 설명하면 초기 형식적 수준 3A이다. '분류틀 1.4 모델의 사용'에 의하면 초기 형식적 수준 3A의 경우 '실체를 간접적으로 해석할 수 있는 형식적 모델'을 사용하는 경우에, 사용하고 있는 모델이 가상이 아닌 사실처럼 여기기도 한다고 한다. ② 분자 운동 측면(분류틀 C.2)으로 '확산과 증발' 내용을 설명하고 있으면 초기 형식적 수준 3A이다. ③ '물리 분석틀 P.8 온도와 열' 측면에서 열이나 온도의 변화를 분자 운동과 연관하여 설명하면[3] 초기 형식적 수준 3A이다. ④ 물리 분석틀 P.9 분자 운동에 대한 구체적 모델은 없다고 하였다. 다시 말하면 입자를 활용한 분자 운동 설명은 형식적 조작 수준이라는 것이다.

이 연구에서의 6종 교과서 모두에 서술되어 있는 확산과 증발 내용은 앞의 분류틀 1.4, 분류틀 C.2, 물리 분류틀 P.8, P.9에 의하여 모두 초기 형식적 수준의 내용 요구도로 판정 되었다(부록2 분석 자료 참조). 다시 말하면 확산과 증발을 이해하려면 '모델의 사용', '상태 변화와 분자 운동', '열과 에너지' 세 가지 측면에서 초기 형식적 인지 수준을 요구하고 있음을 알 수 있다. 그렇기 때문에 학습자인 중학교 1학년 학생들 중에서 구체적 조작 수준 학생들은 이러한 인지 요구도 3A 수준인 확산과 증발 개념은 이해가 잘 안 될 수 있는 어려운 개념이 될 수 있다(부록2 분석 자료 참조).

'기체 압력과 부피' 그리고 '기체 온도와 부피' 인지 요구도 분석

앞의 세 가지 분류틀을 사용하여 '과학1' 교과서에 서술되어 있는 '기체 압력과 부피'와 '기체의 온도와 부피' 내용이 요구하는 인지 요구도를 분석하였다(부록3과 부록4 분석 자료 참조). 교과서 6종 모두 '기체의 압력과 부피' 그리고 '기체 온도와 부피'의 그래프를 사용하고 있으며 그에 따른 부피와 기체 압력 또는 부피와 온도와의 관계를 설명하고 있다. ① '분류틀 1.3 관계'에 의해 '두 개의 독립 변수 사이의 함수 관계'를 사용하면 초기 형식적 수준 3A이다. ② 이러한 '관계' 개념은 '분류틀 2.2 비례

논리'인 논리 사고 측면에서도 또한 초기 형식적 수준 3A이다. ③ 계의 평형 측면(분류틀 2.3)에서도 두 독립 변수 사이가 서로 관계가 있음을 알면 초기 형식적 수준 3A이다. ④ 상태 변화를 분자 운동 측면으로 설명하고 있으면 초기 형식적 수준 3A(분류틀 C.2)이다. ⑤ 물리 분류틀 P.2 압력, P.8 온도와 열, P.9 분자 운동에 의하여 형식적 수준 3A이다.

이 연구에서의 6종 교과서 모두 기체의 압력과 부피와 기체 온도와 부피 내용에는 이와 관련된 그래프들이 많이 들어 있다. '관계', '비례 논리', '계의 평형', '상태 변화와 분자 운동' 요소들이 들어 있으며, 그리고 이들 모두 초기 형식적 수준 3A를 요구 하고 있다는 것을 알 수 있었다(부록3과 부록4 분석 자료 참조). 즉 기체 압력과 부피 내용에는 앞의 네 가지 측면에서 교과서 6종 모두가 초기 형식적 조작 수준이라고 판정이 되었다. 다시 말하면 위와 같은 그래프를 이해하려면 적어도 초기 형식적 인지 수준은 되어야 한다는 것을 알 수 있었고 그리고 이 내용 영역이 학습자들에게 높은 인지 수준을 요구하고 있다고 말할 수 있다. 그렇기 때문에 형식적 조작 수준인 중학교 1학년 학생들은 기체 압력 또는 부피와 온도와의 관계 내용을 이해하기가 어렵지 않으나, 중학교 1학년 학생들 중에서 구체적 조작 수준 학생들은 예로 인지 요구도 3A 수준인 '기체 압력과 부피' 또는 '기체 온도와 부피' 개념이나 관련 그래프 개념은 이해가 잘 안될 수 있는 어려운 개념이 될 수 있다(부록 3과 부록 4 분석 자료 참조).

'상태 변화와 열에너지' 인지 요구도 분석

앞의 세 가지 분류틀을 사용하여 '과학1' 교과서에 서술되어 있는 '상태 변화와 열에너지' 내용이 요구하는 인지 요구도를 분석하였다(부록5 분석 자료). ① 물리 내용 분석틀 P.8 온도와 열 측면에서 열이나 온도의 변화를 분자 운동과 연관하여 설명하면[3] 초기 형식적 수준 3A이다. ② '분류틀 1.3 관계'에 의해 '두 개의 독립 변수 사이의 함수 관계'를 사용하면 초기 형식적 수준 3A이다. ③ 모델의 사용(분류틀 1.4) 측면에서 '분자 모형'을 활용하여 물질의 '상태 변화'로 설명하면 초기 형식적 수준 3A이다. ④ 이러한 '관계' 개념은 '분류틀 2.2 비례 논리'인 논리 사고 측면에서도 또한 초기 형식적 수준 3A이다. ⑤ 계의 평형 측면(분류틀 2.3)에서도 두 독립 변수 사이가 서로 관계가 있음을 알면 초기 형식적 수준 3A이다. ⑥ 측정 기술(분류틀 2.9) 측면에서 열에너지를 x축으로, 끓는점이나 녹는점을 y축으로, 그려진 열에너지/온도 그래프에서 수평 상태에서 온도가 올라가지 않고 일정하게 유지되며 이때에 상태 변화가 일어난다는 사실을 이해하면 초기 형식적 수준이다. ⑦ 화학 내용 분류틀 C.2 측면에서 분자 운동론을 운영하여 물질의 '상태 변화'를 설명하고 있으면 초기 형식적 수준 3A이다. ⑧ 물리 분석틀 P.8 온도와 열, P.9 분자 운동에 의하여 형식적 수준 3A이다.

상태 변화와 열에너지에 '가열 또는 냉각 곡선에 대한 가열 시간과 온도의 그래프'와 설명이 6종 교과서 모두에 실려 있다. 과학과 교육 과정 해설서를 보면, "가열 또는 냉각 곡선의 가열 시간과 온도의 그래프를 해석할 때, 수평한 부분의 온도가 녹는점이나 끓는점 혹은 어는점임을 단순히 암기하여 받아들이지 않도록 한다."라고 제시하고 있다. 그러나 '가열 또는 냉각 곡선'은 앞에서 제시한 데로 7개 요소 측면에서 모두 초기 형식적 수준 3A를 요구 하고 있다는 것을 보면 중학교 1학년 학생들 중 구체적 조작 수준 학생들은 이해하기에 어려운 개념이다. 이러한 '가열과 냉각 곡선'은 어려운 개념인데도 화학 개념의 위계 때문에 중학교 과학1에 놓여 있는 것이다.

이러한 '가열 또는 냉각 곡선에 대한 가열 시간과 온도의 그래프'와 설명에는 '물리 내용의 P.8 열과 에너지과 P.9 분자 운동', '모델의 사용', '관계', '비례 논리', '계의 평형', '측정 기술', '화학 내용 분류틀의 C.2 상태 변화와 분자 운동' 등 많은 요소들이 들어 있다(부록5 분석 자료 참조). 열에너지를 x축으로, 끓는점이나 녹는점을 y축으로, 그려진 열에너지/온도 그래프와 같은 그래프를 이해하려면 앞에서 제시한 여러 요소 측면이 모두 필요하다. 그리고 인지 수준 분석 결과 모든 측면에서 모두 초기 형식적 인지 수준이라는 것을 알 수 있었다. 그렇기 때문에 학습자들인 형식적 조작 수준 중학교 1학년 학생들은 '상태 변화와 열에너지' 서술 내용을 이해하나, 구체적 조작 수준 학생들에게는 초기 형식적인 요구도 3A 수준인 '열에너지와 온도' 그래프 개념은 이해가 잘 안될 수 있는 어려운 개념이다(부록5 분석 자료 참조).

교육과정 해설서[34,35]에는 "물질의 세 가지 상태는 분자 모형을 활용하여 분자 배열의 변화로 이해하는 것이 핵심이며, 처음부터 물질의 세 가지 상태를 에너지와 관련시켜 설명하지 않도록 한다"라고 서술되어 있다. 그러나 위의 연구 분석에 의하면 에너지와 관련하지 않은 초기 내용도 분자 운동과 관련하여 설명하면 초기 형식적 조작 수준이어서 역시 구체적 조작 수준의 학습자들에게는 어려운 내용이 될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 실제로 '과학1'의 화학 내용 자체가 눈에 보이지 않는 원자 수준으로 보이지 않는 형식적 조작의 개념이어서 구체적 수준 학생들에게는 원자 수준의 화학 내용은[14,15] 틀림없이 어려운 개념이다.

다시 말하면 화학은 위계적으로 연관이 되는 이전의 개념을 잘 이해하지 않고서는 이후의 새로운 개념을 학습하는 데는 많은 어려움이 발생한다. 따라서 어쩔 수 없이

개념 위계에 의하여 하위 학년 학생들에게 어려운 개념들을 학습하게 되는 경우가 많이 존재하고 있는 것이 현실이다.

결론 및 제언

중학교 학생들이 어렵다고 하는 2007 개정 교육과정에서 사용되고 있는 '과학1' 교과서 중에서 '물질의 상태 변화'와 '분자 운동' 교과 내용의 인지 요구도 수준이 어떠한 수준인지를 분석했다. 해당 교과서에 서술되어 있는 내용들을 CAT의 세 가지 분류틀인 분류틀1, 분류틀2, 분류틀3을 근거로 인지 요구도 수준을 판정했다. 교과서 내용이 요구하는 인지수준은 초기 구체적 조작 수준(2A), 후기 구체적 조작 수준(2B), 초기 형식적 조작 수준(3A), 후기 형식적 조작 수준(3B)로 세분화되어 있다. 교과서의 인지 요구도 수준 분석은 분석 과정을 자세히 제시하여 누구나 교과 내용 분류틀의 사용 방법을 알 수 있게 하였고, 분석 결과는 각 내용 별로 판정 근거를 상세히 서술하여 쉽게 이해할 수 있도록 정리하였다.

이 연구에 의하여 얻어진 '과학1' 교과서에 서술되어 있는 '물질의 상태 변화'와 '분자 운동' 내용이 요구하는 인지 요구도를 분석한 부록1, 부록2, 부록3, 부록4, 부록5의 결과물들과 이 결과들을 종합하여 얻어진 결론을 보면 다음과 같다.

첫째, 단원 초기에 물질의 세 가지 상태를 설명할 때에는 그 서술 내용이 요구하는 높은 인지 수준이 6종 모두 후기 구체적 조작 수준이다. 그러나 단원의 초기 이후부터는 이에 대한 설명이 모두 초기 형식적 수준이다. 분자 배열과 분자 모형에 관한 내용이 요구하는 높은 인지 수준은 모든 6종 교과서가 분자 운동으로 서술하고 있기 때문에 초기 형식적 조작 수준이다.

둘째, 확산과 증발 개념에 대한 내용이 요구하는 높은 인지 수준은 6종 교과서 모두 초기 형식적 조작 수준이다. 왜냐하면 상태 변화를 분자 운동론으로 서술하고 있어서 초기 형식적 조작 수준이다.

셋째, 기체의 압력과 부피, 기체의 온도와 부피 개념에 대한 내용이 요구하는 높은 인지 수준은 교과서 6종 모두 초기 형식적 조작 수준이다. 그래프를 통해 보일 법칙과 샤를 법칙을 이해해야 하기 때문에 학생들은 고차식의 그래프를 해석해야 하며, 두 독립변수 사이의 관계를 발견해야 하므로 초기 형식적 조작 수준이다.

넷째, 상태 변화와 열에너지 개념에 대한 내용이 요구하는 높은 인지 수준은 교과서 6종 모두 초기 형식적 조작 수준이다. 물질의 끓는점과 어는점을 설명하는 고차식 그래프의 해석 능력을 요구하고 있기 때문에 초기 형식적 조작 수준이다. 물질의 상태 변화와 온도의 관계도 분자 운동론을 이용하여 서술하고 있기 때문에 초기 형식적 조작 수준이다.

결론적으로 6종 교과서 모두 단원의 초기에 물질의 세 가지 상태를 설명할 때는 후기 구체적 조작 수준이나, 그 이후의 관련 내용 설명에서는 초기 형식적 조작 수준을 요구하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 13세인 우리나라 중학교 1학년 학생들 중에서 아직도 구체적 조작 수준에 해당하는 학생들의 분포가 많은 경우는 63.1%이고 적은 경우는 23.0%로 나타난 연구 결과들을 토대로 할 때에, 이러한 분포를 이루고 있는 구체적 조작 수준의 학생들은 구체적 수준보다 높은 과도기 수준인 후기 구체적 수준이나 초기 형식적 조작 수준을 요구하는 '물질의 상태 변화', '분자 운동' 내용을 이해하기는 어려움을 갖게 될 것이라고 결론을 내릴 수 있었다.

이 연구의 결론을 토대로 다음과 같은 제언들을 하고자 한다.

맨 먼저 이 연구의 결과들을 어떻게 활용할 수 있는지를 구체적으로 살펴보겠다. 학생들의 인지 수준과 학습 내용 요구 수준이 일치하는 경우에 학생들의 내용 이해도는 높다고 한다. 또한 형식적 조작 수준의 과학 내용을 구체적 수준 학생들에게 그대로 가르치면 그 학생들의 이해도가 낮다고 한다. 그렇다고 해서 학생들의 인지 수준과 학습 내용 요구 수준이 일치하게 가르쳐야 한다는 의미는 아니다. 엄밀히 말하면 과학 개념들은 개념 자체가 요구하는 최고의 인지 요구도가 각각 존재 한다. 이러한 문제를 해결하는 방법 중 하나로 어려운 학습 내용 수준을 보다 낮게 보여 줄 수 있는 여러 실례들을 많이 경험하게 하면 학생들은 이해의 물꼬가 트인다는 가정이다.

중학교 1학년 학생들의 인지 수준 분포가 일괄적으로 일정 분포라고 생각하는 것은 바람직하지 않기 때문에, 과학 교사들은 자신이 가르치는 대상 학생들의 인지 수준 분포를 조사하여 알아낸 후에 자신의 교수 전략에 참고하는 것이 바람직하다. 교사들은 인지 수준 검사 도구를 사용하여 그들이 가르치는 학생들의 인지 수준 분포를 조사하여 파악하는 것이 좋으며, 교사 나름대로 학생들의 인지 수준과 학습 내용의 인지 요구도의 부합 여부를 고려한 수업 방안을 구상하고 수업 전략 수준을 결정하면 많은 학생들에게 보다 이해도가 증진되는 수업이 진행될 수 있을 것이다. 이러한 과정에 본 연구에서 얻어진 '물질의 상태 변화'과 '분자의 운동'에 대한 구체적 하위 개념에 해당하는 부록에 실려 있는 인지 요구도 수준들이 참고가 되었으면 한다.

즉, 인지론적 관점에서 연구하여 얻어진 본 연구 결과물인 부록1, 부록2, 부록3, 부록4, 부록5에 들어 있는 과학1

교과서 서술 내용에 대한 인지 요구도를 알아낸 자료들은 현장 과학 교사들에게 어떤 개념들이 어떤 수준의 학생들에게는 어려울 수 있음을 알 수 있게 해주기 때문에 교사의 교수 전략 구상에 도움을 줄 수 있다. 다시 말하면 교과 내용의 인지 요구도와 학생의 인지 수준의 부합을 고려한 교수 전략을 재구성하는 과정에서 본 연구에서 산출된 결과들을 활용할 수 있을 것이다.

Acknowledgments. 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2012R1A1B3000454).

REFERENCES

1. Ginsberburg, H.; Opper, S. *Piaget's Theory of Intellectual Development*; Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs: NJ, 1979; p 178.
2. Driver, R. *Educational Analysis* **1982**, *4*(2), 69.
3. Shayer, M.; Adey, P. *Towards a Science of Science Teaching*.; Heinemann Educational Books Ltd.: Oxford, London, U. K., 1981, 1983, 1987(twice), 1989; p 11, pp 69–103, p 91, pp 92–97.
4. Adey, P.; Shayer, M.; Yates, C. *Thinking Science - The Curriculum Materials of the Cognitive Acceleration through Science Education(CASE) Project Teacher's guide,* 3rd ed.; Thomas Nelson and Sons Ltd.: London, U. K., 2001.
5. Adey, P.; Shayer, M.; Yates, C. *Thinking Science,* 3rd ed.; (Choi, B.; et. al. Trans.). Freeacademi: Seoul, 2011.
6. Adey, P. *Research in Science Education* **2005**, *35*, 3.
7. Choi, B.; Hur, M. *J. Korea Assoc. Sci. Educ*. **1987**, *7*(1), 19.
8. Choi, B.; Choi, M.; Nam, J.; Lee, S. *J. Korea Assoc. Sci. Educ*. **2002**, *22*(3), 422.
9. Choi, B.; Han, H.; Kang, S.; Lee, S.; Kang, S.; Park, J.; Nam, J. *J. Korea Assoc. Sci. Educ*. **2002**, *22*(4), 837.
10. Kang, S.; Park, J. *Chemical Education* **1993**, *20*(1), 42.
11. Kang, S.; Park, J.; Woo, A.; Hur, E. *Chemical Education* **1996**, *23*(4), 267.
12. Kang, S.; Park, J.; Jeong, J. *J. Korean Chem. Soc.* **1999**, *43*(5), 578.
13. Kang, S. *Cognitive Development of Students and Curriculum Demand of Science Contents in Science Teaching Strategy*. Ewha Womans University, Research Institute of Curriculum Instruction, Education Series, Seromoonhwasa Press: Seoul, 2002; p 25, p 27-32, p 34-38, p 40-48.
14. Kang, S.; Bang, D.; Kim, S. *J. Korean Chem. Soc.* **2012**, *56*(4), 518.
15. Kang, S.; Bang, D.; Kim, S. *J. Korean Chem. Soc.* **2012**, *56*(6), 739.
16. Kim, Y.; Kim, S. J. *J. Korea Assoc. Sci. Educ.* **2009**, *29*(4), 437.
17. Adey, P.; Shayer, M. *Really Raising Standards.* London: Routledge, 1994; pp 30–31.
18. Roadrangka, V.; Yeany, R. H.; Padilla, M. J. The Construction and Validation of Group Assessment of Logical Thinking, (GALT); Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching: Dallas, 1983.
19. Kho, K. A Study on the Relationship between the Cognitive Level of Middle School Student and the Required Conceptual Level of their Science Textbook. Master's Dissertation, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea, 2004.
20. Kim, H. Analysis of Conceptual Level and Organization on the Continuity of the Life in Biology of Secondary School. Master's Dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea, 2006.
21. Park, K. Analysis on Understanding Level of Illustrations in the 'Light' Unit according to the 7th Grade Students' Level of Intelligential Development. Master's Dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea, 2008.
22. Lee, Y. Reliability Analysis on GALT Full-Scale Version and Short-Form Version Using Generalizability. Master's Dissertation, Chungbuk National University, Cheongju, Korea, 2009.
23. Kim, T.; Bae, D.; Kim, B. *J. Korea Assoc. Sci. Educ.* **2002**, *22*(4), 725.
24. Kang, G. A Comparative Study between the Demanded Cognitive Level of Chemistry Contents in Middle School and the Cognitive Levels of Those Students. Master's Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 1997.
25. Kwon, J. A Study on the Relationship between the Conceptual Level Required by the Biology Part of the 7th Curriculum and the Cognitive Development Level of Middle and High School Student. Master's Dissertation, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea, 2009.
26. Lim, S. A Study on the Effects of the Prior Learning on Science on Science Learning Attitudes. Master's Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 2009.
27. Jung, H. The Effects of Science Writing Activity in「Nutrient and Digestion」 for First Grade in Middle School. Master's Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 2010.
28. Park, H.; et al. *Junior High School Science 1*; Kyohak Press: Seoul, Korea, 2010.
29. Chun, D.; et al. *Junior High School Science 1*; Mirae & Culture Press: Seoul, Korea, 2010.
30. Lee, K.; et al. *Junior High School Science 1*; Jungang Kyoyuk Jinhung Yeonguso Press: Seoul, Korea, 2010.
31. Bok, Y.; et al. *Junior High School Science 1*; Jihaksa Press: Seoul, Korea. 2010.
32. Rhu, J.; et al. *Junior High School Science 1*; Chunjae Kyoyuk Press: Seoul, Korea, 2010.
33. Kim, S.; et al. *Junior High School Science 1*; Korean Foundation for the Advanced of Science & Creativity: Seoul, Korea, 2010.
34. Ministry of Education, Science and Technology, 2007-79, *Science Curriculum*; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, 2007.
35. Ministry of Education, Science and Technology, 2007-79, *Junior High School Curriculum Commentary*; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, 2007.

부록 1. 과학1의 '물질의 상태 변화' 내용 인지 요구도 수준 분석 결과

교과서	교과서 서술 내용	인지수준분류요소 - 인지수준판정결과
A	· 설탕이 물에 녹아 눈으로 볼 수 없는 상태에서도 설탕물이 단맛을 내는 것은 설탕을 이루는 작은 알갱이가 물에 녹아 있기 때문이다. 대부분의 물질은 설탕과 같이 눈에 보이지 않는 작은 알갱이로 이루어져 있다. 물질의 고유한 성질을 가진 가장 작은 알갱이를 분자라고 한다.	1.1-2B 1.6-2B C.1-3A
	· 액체 상태는 고체 상태에 비하여 분자 배열이 불규칙하고 분자 사이의 거리도 고체에 비하여 조금 멀리 떨어져 있다. 기체 상태는 분자들이 매우 불규칙하게 배열되어 있으며 서로 멀리 떨어져 있다.	1.4-2B 1.5-2B 1.6-2B C.2-3A
	· 액체에서 기체 상태로 변화가 일어날 때 분자 사이의 거리는 매우 커지지만 질량은 변하지 않는다. 이것은 상태 변화가 일어날 때 분자 배열은 달라지지만 분자 수는 변하지 않기 때문이다.	1.1-2B 1.2-2B 1.4-2B 2.1-2B
B	· 물질을 구성하고 있는 분자는 너무 작아 눈으로 볼 수 없으므로, 분자를 이해하기 쉽도록 구체적인 모형으로 나타낸 것을 분자모형이라고 한다.	1.4-2B
	· 액체 상태의 분자들은 고체 상태보다 불규칙하게 흐트러진 배열을 하고 있어서 분자 사이의 거리가 고체보다는 멀며, 분자들은 비교적 자유롭게 움직일 수 있다. 기체 상태의 분자들은 매우 불규칙하게 배열되어 있으므로 분자 사이의 거리가 매우 멀어서 한 곳에 머물러 있지 않고 사방으로 멀리 퍼진다.	1.4-2B 1.5-2B 1.6-2B C.2-2B C.2-3A
	· 일반적으로 물질이 고체, 액체, 기체로 변할 때에는 분자 사이의 거리는 점점 더 멀어져 부피가 증가한다.	1.1-2B 1.2-2B 1.4-2B
	· 상태가 변해도 물질을 이루는 분자의 수에는 변함이 없으므로 물질의 질량은 변하지 않는다.	1.4-2B 2.1-2B
C	· 물질의 상태 변화에서 일어나는 분자 배열의 변화를 이해하는 것이 어렵게 느껴진 경우 여러 가지 모형을 사용하여 설명하면 이해를 도울 수 있다.	1.4-2B
	· 고체상태일 때 분자들은 서로 가깝게 위치하며, 규칙적으로 배열되어 있어 모양과 부피가 일정하다. 액체상태일 때는 분자들은 비교적 가까운 거리를 유지하고 있어 일정한 부피를 나타내지만, 분자들이 불규칙하게 배열되어 있고 자리를 바꿔 이동할 수 있으므로 담는 용기에 따라 모양이 달라진다.	1.4-2B 1.5-2B C.2-3A
D	· 분자 모형을 사용하면 물질의 상태 변화를 분자 배열의 차이로 쉽게 이해할 수 있다.	1.1-2B 1.4-2B C.2-3A
E	· 고체, 액체, 기체 상태는 각 상태에서 물질을 이루는 분자들의 배열상태가 달라 서로 다른 특성이 있는데, 이러한 세 가지 상태의 특성을 설명할 때 분자 모형을 이용할 수 있다.	1.1-2B 1.4-2B
	· 물질의 상태가 변할 때는 분자의 배열이 변하므로 물질의 부피가 변하지만 물질의 상태가 변해도 분자의 크기나 개수는 변하지 않으므로 물질의 질량은 변하지 않는다.	1.2-2B 1.4-2B 2.1-2B C.2-3A
F	· 물질을 이루고 있으면서 물질의 고유한 성질을 가진 가장 작은 알갱이를 분자라고 하는데, 분자는 너무 작아서 맨눈으로 볼 수 없고 분자들의 움직임도 직접 관찰할 수 없다.	1.6-2B C.1-3A C.2-3A
	· 고체 상태일 때 분자 옆에 있는 곡선은 분자가 제자리에서 조금씩 운동하는 것을 나타내고, 액체 상태일 때 곡선이 많은 것은 분자 운동이 조금 더 활발해진 것을 나타낸다. 기체 상태일 때 곡선이 더 많은 것은 분자 운동이 매우 활발하여 자유롭게 움직이는 것을 나타낸다.	1.1-2B 1.4-2B C.2-3A

부록2. 과학1의 ‘확산과 증발’ 내용 인지 요구도 수준 분석 결과

교과서	교과서 서술 내용	인지수준분류요소-인지수준판정결과
A	· 액체 표면의 분자 중에서 활발한 운동을 하는 분자는 쉽게 액체의 표면으로부터 튀어나와 기체 분자로 된다. ⇨증발	1.1-2B 1.4-3A C.2-3A
	· 물질을 이루는 분자들은 정지해 있지 않고 끊임없이 스스로 운동한다. 이를 분자 운동이라고 한다. 증발은 액체 상태의 분자들이 스스로 움직이는 분자 운동 때문에 일어나는 현상이다.	1.6-2B C.2-3A P.9-3A
	· 교실에서 향수병의 마개를 열면 잠시 후 교실 어디에서나 향수 냄새를 맡을 수 있다. 이것은 향수에 들어 있는 분자가 공기 중으로 퍼져 나가기 때문이다.	1.4-3A P.9-3A
	· 분자들이 스스로 운동하여 액체나 기체 속으로 고르게 퍼져 나가는 현상을 확산이라고 한다. 확산도 증발과 마찬가지로 분자들이 스스로 움직이고 있다는 분자 운동의 증거가 된다.	1.4-3A 1.6-2B P.9-3A
	· 잉크를 물에 떨어뜨렸을 때 잉크가 퍼져 나가는 속도는 찬물보다는 따뜻한 물에서 더 빠르다. 이것은 온도가 높아지면 분자 운동이 활발해져 확산이 빠르게 일어나기 때문이다.	1.1-2B 1.2-2B 1.4-3A C.3-2A P.8-3A
B	· 액체 아세톤 표면에 있던 분자들 중 다른 분자들보다 운동이 더 활발한 분자가 다른 분자와의 인력을 이겨내고 떨어져 나와 기체 상태로 되어 공기 중으로 날아간다.	1.1-2B 1.4-3A C.2-3A P.9-3A
	· 물질을 이루고 있는 분자들이 끊임없이 여러 방향으로 불규칙하게 움직이는 현상을 분자 운동이라고 하며, 증발은 분자 운동의 증거이다.	1.1-2B 1.4-2B P.9-3A
	· 젖은 빨래는 공기와 닿는 표면적이 넓어야 빨리 마르고, 기온이 높을수록 분자 운동이 활발해져 증발이 잘 일어난다. 또, 바람이 부는 날은 수증기의 양이 적은 공기들을 빨래 주위에 계속 공급해 주기 때문에 바람이 없는 날보다 증발이 잘 일어난다.	1.2-2B 1.6-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 물질들이 퍼져 나가는 현상이 생기는 까닭은 물질을 이루고 있는 분자들이 스스로 끊임없이 운동하고 있기 때문이다.	1.1-2B 1.4-3A 1.5-3A P.9-3A
	· 물 분자와 커피 분자의 운동이 찬물에서보다 더운물에서 빠르기 때문에 더 빠르게 퍼져 나간다. ⇨분자 운동의 빠르기는 온도가 높을수록 활발하다.	1.2-2B 1.4-3A P.8-3A P.9-3A
C	· 증발은 액체 표면에서 활발하게 운동하던 분자가 공기 중으로 떨어져 나오는 것으로, 증발을 통해 물질을 이루는 분자는 정지해 있는 것이 아니라 끊임없이 움직이고 있다는 사실을 알 수 있다.	1.1-2B 1.4-3A C.2-3A P.9-3A
	· 물질의 온도가 높아지면 액체의 증발 속도가 빨라지는 것은 온도가 높을수록 물질을 이루고 있는 분자의 운동이 더 활발해지기 때문이다.	1.2-2B C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 꽃향기나 음식 냄새가 공기 중에서 멀리까지 퍼지는 것은 냄새를 풍기는 분자들이 움직여서 다른 곳으로 이동해 가기 때문이다.	1.4-2B 1.4-3A P.9-3A
	· 확산도 물질을 이루고 있는 분자가 운동을 하기 때문에 일어나는 현상이므로, 온도가 높을수록 분자의 운동이 활발해져 확산 속도가 빨라진다.	1.2-2B C.2-3A P.8-3A P.9-3A

D	· 증발은 액체 표면의 분자들 중 활발하게 움직이는 일부 분자들이 공기 중으로 떨어져 나와 기체로 변하는 현상인데, 온도가 높아지면 분자들이 더 활발히 움직이게 되므로 증발이 더 잘 일어난다.	1.1-2B 1.2-2B 1.4-3A C.2-3A P.9-3A
	· 설탕을 물에 넣고 시간이 지나면 저어 주지 않아도 물 전체에서 단맛이 나는 것은 설탕 분자와 물 분자가 스스로 움직여 퍼져 나가면서 서로 섞이기 때문이다.	1.1-2B 1.4-3A C.1-3A
	· 물의 온도가 높을수록 분자 운동이 활발해지므로 잉크가 더 빨리 퍼져 나간다.	1.2-2B C.2-3A P.8-3A P.9-3A
E	· 한 물질이 물질이 다른 물질 사이로 퍼져 나가는 현상을 확산이라고 한다. 우리가 멀리 떨어진 곳에서도 꽃향기나 음식 냄새를 맡을 수 있는 것은 이러한 확산 현상 때문이다.	1.4-3A 1.5-3A
	· 물 분자들은 눈에 보이지 않지만 끊임없이 움직이는데, 이렇게 물 분자들이 움직이면서 꽃가루에 충돌하기 때문에 꽃가루가 불규칙하게 움직이게 된다. ⇨브라운 운동	1.6-2B P.9-3A
	[탐구] 확산 현상을 분자 운동으로 표현하기 ⇨직접 관찰한 확산 현상을 분자 운동으로 설명해보고, 분자 모형으로 나타내보기	1.1-2B 1.4-3A P.9-3A
	· 확산 현상을 통해 눈에 보이지 않는 분자들이 끊임없이 운동하고 있다는 것을 확인할 수 있는데, 온도가 높을수록 분자들은 더 빠르게 운동한다.	1.4-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 온도가 높을수록 물 분자가 빠르게 운동하여 물이 빨리 증발한다.	1.4-3A C.2-3A P.8-3A
F	· 처음에 모여 있던 잉크 분자는 스스로 운동하여 비커 속에서 운동하고 있는 물 분자의 골고루 섞이면서 전체에 퍼진다.	1.1-2B 1.4-3A 1.5-3A P.9-3A
	· 확산은 분자가 운동하기 때문에 일어나는 현상이므로 온도가 높을수록 분자 운동이 활발해져서 확산 속도가 빨라진다.	1.2-2B 1.4-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 스스로 움직이고 있는 액체 상태의 분자 중 더 활발하게 움직이는 분자들이 액체의 표면에 도달하면 공기 중으로 날아가 기체 상태의 분자가 된다.	1.4-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 액체 또는 기체 속에서 작은 알갱이가 끊임없이 불규칙하게 움직이는 현상을 브라운 운동이라고 한다.	1.1-2B P.9-3A

부록3. 과학1의 '기체의 압력과 부피' 내용 인지 요구도 수준 분석 결과

교과서	교과서 서술 내용	인지수준분류요소-인지수준판정결과
A	· 스펀지에 힘이 작용할 때 접촉하는 면의 넓이가 같으면 작용하는 힘이 클수록 깊이 들어간다. 또 같은 힘이 작용할 때에는 접촉하는 면의 넓이가 작을수록 깊이 들어간다. ⇨압력 = 작용하는 힘 / 힘을 받는 면의 넓이	1.3-3A 2.2-3A 2.3-3A P.2-3A
	· 고무풍선에 공기를 불어 넣으면 풍선 안에서 기체 분자들은 분자끼리 충돌하거나 풍선의 벽에 충돌한다. 이때 기체 분자가 풍선의 벽에 충돌하면 풍선의 벽은 힘을 받게 된다.	1.4-2B 2.3-3A C.2-3A P.2-3A
	· 압력이 커지면 기체의 부피는 작아지고 압력이 작아지면 기체의 부피는 커진다. ⇨보일법칙	1.1-2B 1.3-2B 2.3-3A 2.9-3A
	· 일정한 온도에서 기체의 부피가 작아지면 분자의 운동 속도는 일정하지만 분자들 사이의 거리가 가까워진다. 따라서 분자들이 용기의 벽면에 충돌하는 횟수가 많아지므로 단위 넓이당 가해지는 힘이 커져서 압력이 커진다.	1.3-3A 1.6-3A C.2-3A P.2-3A
B	· 압력의 크기는 수직으로 작용하는 힘의 크기가 클수록, 힘은 받는 면의 넓이가 작을수록 크다.	1.3-3A 2.2-3A 2.3-3A P.2-3A
	· 감압 용기안의 공기를 빼내면 용기 안의 공기 분자 수가 줄어들어 공기 분자의 충돌수가 감소하므로 용기 안의 압력이 감소한다. 이때 고무풍선 안의 공기 분자의 수는 변함이 없으므로 고무풍선 안의 압력이 고무풍선 밖의 압력보다 크기 때문에 고무풍선의 안과 밖의 압력이 같아질 때까지 고무풍선은 부풀어 오른다.	1.2-2B 1.4-3A 1.6-3A C.2-3A
	· 기체의 부피가 줄어들면 기체 분자가 용기의 벽에 충돌하는 횟수가 많아지므로 기체의 압력도 증가한다. ⇨보일 법칙	2.3-3A 2.5-2B 2.9-3A C.2-3A
C	· 같은 크기의 힘이 작용하더라도 힘이 작용하는 넓이가 좁아지면 일정한 넓이의 면에 작용하는 힘의 크기는 더 커진다. ⇨압력 = 힘의 크기 / 힘이 작용할 면의 넓이	1.3-3A 2.2-3A 2.3-3A P.2-3A
	· 일정한 부피 안에 들어있는 기체 분자의 개수가 많아지면 더 많은 기체 분자가 충돌하여 용기의 벽에 힘을 작용하게 되므로, 기체의 압력은 커진다.	1.4-2B 1.6-3A C.2-3A P.2-3A
	· 기체가 들어있는 용기의 피스톤을 밀면 용기 속 기체 분자 사이의 거리가 가까워지면서 기체의 부피가 줄어들고, 기체 분자가 벽면에 충돌하는 횟수가 많아져 기체의 압력은 증가한다. ⇨보일 법칙	2.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.2-3A
D	· 풍선을 불면 풍선으로 들어간 기체 분자들이 서로 충돌하기도 하고, 풍선의 안쪽 벽에도 끊임없이 충돌한다. 이때 기체 분자가 풍선의 벽에 충돌하면서 작용하는 힘이 기체의 압력으로 나타나는데, 이 압력에 의해 풍선이 팽팽해진다.	1.2-2B 1.4-2B 2.3-3A C.2-3A P.2-3A
	· 공기를 이용하여 물체를 들어 올릴 수 있는 것이나, 공기의 부피를 줄이려고 할 때 힘이 드는 것은 모두 기체 분자가 충돌하여 압력을 나타내기 때문이다.	1.3-3A 2.2-3A 2.3-3A C.2-3A P.2-3A

D	· 일정한 온도에서 압력이 커지면 기체의 부피는 줄어들고, 압력이 작아지면 기체의 부피는 늘어난다. ⇨보일 법칙	2.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.2-3A
	· 온도가 일정할 때 외부에서 압력을 가하여 기체의 부피가 줄어들면 기체 분자들이 운동하는 공간이 작아져 기체 분자들이 용기의 벽에 더 자주 충돌하므로 기체의 압력이 커지게 된다.	1.3-3A 1.6-3A C.2-3A P.2-3A
E	· 압력은 가하는 힘이 클수록 압력이 크고, 힘을 받는 면적이 좁을수록 압력이 크다. ⇨압력 $= \frac{\text{작용하는 힘}}{\text{힘을 받는 면의 넓이}}$	1.3-3A 2.2-3A 2.3-3A P.2-3A
	· 풍선 속으로 들어간 기체 분자들은 활발하게 운동하면서 분자들끼리 충돌한다. 이때, 기체 분자들이 풍선의 벽면에도 충돌하여 힘을 가하므로 풍선은 팽팽해진다. ⇨기체의 압력	1.2-2B 1.4-2B 2.3-3A C.2-3A
	· 보일의 법칙에 의하면 온도가 일정할 때 압력과 기체의 부피는 반비례한다.	1.3-2B 2.3-3A 2.5-2B 2.9-3A C.2-3A
	[탐구] 압력에 따른 기체의 부피 변화를 분자 모형으로 설명하기 ⇨기체의 부피가 감소하면 기체 분자가 움직일 수 있는 공간이 좁아져 분자 사이의 거리가 가까워지고 좁은 공간에서는 분자들끼리 더 많이 충돌하고, 용기 벽에 충돌하는 횟수가 많아지므로 기체의 압력이 증가하게 된다.	1.3-3A 1.4-2B 1.6-3A C.2-3A P.2-3A
F	· 압력의 크기는 접촉면에 미치는 힘의 크기와 접촉면의 넓이에 따라 달라진다.	1.3-3A 2.2-3A 2.3-3A P.2-3A
	· 풍선에 기체를 불어 넣으면 풍선 속에 기체 분자가 많아지면서 기체 분자들이 풍선 벽면에 더 많이 부딪히게 되므로 압력이 커져 풍선의 크기가 점점 커진다.	1.6-3A 2.3-3A C.2-3A P.2-3A
	· 일정한 온도에서 기체 분자는 일정한 빠르기로 움직이는데 추를 더 많이 올려놓으면 유리관의 부피가 줄어들어 기체 분자 사이의 거리가 가까워진다. 따라서 기체 분자들끼리 서로 더 많이 부딪치게 되고 분자가 용기 벽에 부딪히는 횟수도 늘어나기 때문에 기체의 압력은 증가한다. ⇨보일 법칙	1.3-2B 2.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.2-3A
	· 공기는 눈에 보이지 않지만 공기가 지구 전체를 둘러싸고 있기 때문에 우리는 살아가면서 항상 공기가 누르는 힘, 즉 대기압을 받고 있다.	1.1-2B 1.2-2B P.2-3A

부록4. 과학1의 '기체의 온도와 부피' 내용 인지 요구도 수준 분석 결과

교과서	교과서 서술 내용	인지수준분류요소-인지수준판정결과
A	· 온도가 높아지면 기체의 부피가 커지고, 온도가 낮아지면 기체의 부피가 작아진다. ⇨샤를법칙	2.3-3A 2.9-3A C.2-3A
	· 온도가 높아지면 기체 분자의 운동이 빨라져서 용기의 벽에 충돌하는 힘이 커지고 충돌하는 분자 수도 많아진다. 따라서 기체 분자가 피스톤을 위로 밀어내므로 기체의 부피가 커진다.	1.3-3A 1.4-3A 1.6-3A C.2-3A
B	· 외부압력이 일정할 때 온도가 높아지면 기체의 부피는 증가하는데, 이것은 온도가 높아질수록 기체 분자들의 운동이 더욱 활발해져 용기의 벽에 충돌하는 횟수가 많아지기 때문이다. 이때 기체의 부피는 용기 밖의 압력과 안의 압력이 같아질 때까지 변한다. ⇨샤를 법칙	2.5-2B 2.9-3A 1.4-3A C.2-3A
C	· 일정한 압력에서 온도가 높아지면 기체의 부피는 종류에 관계없이 일정한 비율로 증가 한다. ⇨샤를 법칙	2.3-3A 2.9-3A 1.4-3A C.2-3A
	· 헬륨 기체가 들어 있는 탱탱한 고무풍선에 액체 질소를 부으면, 헬륨 기체의 온도가 낮아지면서 기체 분자의 운동이 둔해져 분자 사이의 거리가 가까워지기 때문에 헬륨 기체의 부피가 감소해 고무풍선은 쭈그러든다.	1.6-3A 1.4-3A C.2-3A
D	· 일정한 압력에서 온도가 높아지면 기체의 부피가 늘어나고, 온도가 낮아지면 기체의 부피가 줄어든다. ⇨샤를 법칙	2.3-3A 2.9-3A 1.4-3A C.2-3A
	· 외부 압력이 일정할 때 온도가 높아지면 기체 분자의 운동이 활발해져서 기체 분자가 용기의 벽에 더 큰 힘으로 충돌하므로 내부 기체 압력이 외부 기체 압력보다 커져 용기의 벽을 바깥쪽으로 밀어내어 기체의 부피가 늘어난다.	1.3-3A 1.4-3A C.2-3A
E	· 일정한 압력에서 온도가 높아지면 기체 분자의 운동이 더 빨라지므로 기체 분자가 용기의 벽에 더 많이, 더 세게 충돌하게 되기 때문에 피스톤을 밀어내면서 기체의 부피가 증가한다. ⇨샤를법칙	1.4-3A 2.3-3A 2.9-3A C.2-3A
F	· 기체는 온도가 낮아지면 부피가 줄어들고, 온도가 높아지면 부피가 늘어난다. ⇨샤를 법칙	1.4-3A 2.3-3A 2.9-3A C.2-3A
	· 압력이 일정할 때 온도를 높이면 주사기에 들어있는 기체 분자의 운동이 활발해져서 기체 분자가 주사기의 벽에 더 세게, 더 자주 부딪힌다. 따라서 피스톤을 위로 밀어 올리므로 결국 기체의 부피는 증가하게 된다.	1.4-3A 1.6-3A 2.3-3A 2.9-3A C.2-3A

부록5. 과학1의 '상태변화와 열에너지' 내용 인지 요구도 수준 분석 결과

교과서	교과서 서술 내용	인지수준분류요소-인지수준판정결과
A	· 열에너지는 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는데, 물질이 열에너지를 잃으면 온도가 내려가고 열에너지를 얻으면 온도가 올라간다.	1.3-3A 2.9-3A P.8-3A
	· 손등에 에탄올을 바르면 시원해지는데 이것은 에탄올이 기화하면서 우리 몸으로부터 열에너지를 빼앗아 가기 때문이다. 물질이 기화할 때에는 주위로부터 열에너지를 흡수한다.	1.3-3A 2.9-3A P.8-3A
	· 상태 변화가 일어날 때 물질이 열에너지를 흡수하면 분자 운동이 활발해지고, 열에너지를 방출하면 분자 운동이 느려진다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 액체가 고체로 응고될 때에는 주위로 열에너지를 방출한다.	1.3-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
B	· 물을 가열하면 온도가 조금씩 올라가다 물이 끓기 시작하면 계속 가열해도 온도가 더는 올라가지 않고 일정하게 유지된다. 이는 액체에서 기체로 상태 변화할 때 흡수한 열에너지가 모두 사용되기 때문이다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 물질의 상태가 변할 때 열에너지를 흡수하는 경우를 주변에서 많이 볼 수 있다.	1.1-2B 1.4-2B 1.5-2B
	· 상태 변화가 일어나기 위해서는 분자 배열이 더욱 흐트러지고 분자 사이의 거리가 멀어져야 하기 때문에 분자들이 주위에서 열에너지를 흡수하여 융해, 기화, 승화의 상태 변화가 일어난다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 액체에서 고체로 상태 변화할 때 방출하는 열에너지를 응고열이라고 하고, 일정하게 유지되는 온도를 어는점이라고 한다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A
C	· 열에너지는 온도가 높은 물질에서 온도가 낮은 물질로 이동하며, 열에너지를 얻은 물질은 온도가 올라가고 열에너지를 읽은 물질은 온도가 내려간다.	1.3-3A 2.9-3A P.8-3A
	· 고체를 가열하면 온도가 올라가다가 고체가 녹기 시작하면서 온도가 더 이상 올라가지 않고 거의 일정하게 유지되는데, 이것은 가해준 열에너지가 물질의 온도를 높이는 데 쓰이지 않고 고체에서 액체를 상태 변화하는데 쓰이기 때문이다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A
	· 고체가 액체로 융해할 때 흡수한 열에너지를 융해열이라고 하며, 겨울철에 눈이 내린 뒤에 더 추워지는 것은 눈이 녹으면서 공기 중의 열에너지를 융해열로 흡수하기 때문이다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A
	· 증발은 액체의 표면에서 일어나는 기화 현상이고, 끓음은 액체의 표면뿐만 아니라 내부에서도 기포가 만들어지며 일어나는 기화 현상이다. 증발이나 끓음이 일어날 때 물질은 주위로부터 열에너지를 흡수한다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A
	· 고체가 기체로 승화할 때에는 주위로부터 열에너지를 흡수하고 기체에서 고체로 승화할 때에는 주위로 열에너지를 방출한다.	2.9-3A C.2-3A P.8-3A
	· 물질이 상태 변화를 할 때에는 반드시 열에너지를 흡수하거나 방출한다.	C.2-3A P.8-3A

D	· 우리 주변에서는 같은 물질인데도 온도에 따라 고체나 액체 또는 기체로 상태가 변하는 경우를 볼 수 있다.	C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 고체를 가열하면 분자들이 열에너지를 얻어서 분자 운동이 활발해지다가 분자 사이에 작용하는 인력을 이겨내고 어느 정도 자유롭게 움직일 수 있게 되면 분자의 규칙적인 배열이 흐트러지면서 융해가 일어난다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 액체를 가열할 때 가해 준 열에너지가 온도를 높이는데 사용되지 않고 분자 배열을 흐트러뜨리는데 사용되기 때문에 액체가 모두 기화할 때까지는 온도가 일정하게 유지된다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A
	· 드라이아이스가 승화할 때 주변의 온도가 낮아지는 것은 융해나 기화가 일어날 때와 마찬가지로 열에너지를 흡수하기 때문이다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A
	· 승화성이 있는 물질은 고체 상태에서도 분자 사이의 인력이 매우 약하기 때문에 약간의 열에너지에 의해 분자 운동이 조금만 활발해져도 분자들이 분자 사이의 인력을 이겨 내고 승화된다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
E	· 상태가 변할 때는 가해준 열에너지가 물질의 상태 변화에 쓰이기 때문에 물질에 열에너지를 가해도 온도가 올라가지 않는다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A
	· 고체가 액체로 융해하기 위해서는 분자 사이의 인력을 이겨내고 분자 사이의 거리가 멀어져야 한다. 따라서 이때 가해준 열에너지는 고체 분자 사이의 인력을 이겨내고 분자 사이의 거리를 멀어지게 하는데 사용되는데, 이를 융해열이라고 한다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 액체를 계속 냉각해도 액체가 고체로 변하는 동안 온도가 내려가지 않는 것은 액체가 고체로 상태 변화하는 동안 열에너지를 방출하기 때문이다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A
	· 액체가 고체로 응고할 때는 분자들의 움직임이 느려지면서 분자 사이의 거리가 가까워지고 분자 사이의 인력이 강해지는데, 고체는 액체에 비해 열에너지를 적게 지니므로 액체가 고체로 변할 때 열에너지가 방출된다. ⇨응고열	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A P.9-3A
	· 물질의 상태가 변할 때는 항상 열에너지가 출입하는데 이때, 흡수하거나 방출하는 열에너지를 이용하면 시원한 냉방 효과를 일으킬 수 있고 추운 겨울에 따뜻함을 유지할 수도 있다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A
F	· 물을 냉각하면 온도가 점차 내려가다가 더 이상 내려가지 않고 일정해지는데, 이것은 액체인 물이 고체인 얼음으로 상태 변화할 때는 융해할 때 흡수한 열에너지만큼을 주위로 방출하기 때문이다.	1.3-3A 2.9-3A C.2-3A P.8-3A