

초등학교 자연과의 분자 단위 학습을 위한 모듈식 멀티미디어 교수학습 자료 개발 연구

박종욱* · 김도욱+

*청주교육대학교 과학교육과, +공주교육대학교 과학교육과

A Study on the Development of a Modular Multimedia Instruction Materials for the Learning of Molecular Unit in Nature Instruction of Elementary School

Jongwook Park* · Do Wook Kim+

*Department of Science Education, Chongju National University of Education

+Department of Science Education, Kongju National University of Education,

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop the modular multimedia instructional materials emphasizing the particulate nature on the realm of matter in elementary science classes.

Features of the material are as follows:

1. To be in focus on particulate model named 'phenomenal magnifying glasses' in order to change the student's belief system of continuous matter into the belief system of particulate matter. The 'phenomenal magnifying glasses' is a new instructional strategy designed to change into the view of particulate matter through facilitating the reflective thinking resulted from the simultaneous consideration of experimental phenomena(macroscopic world) and particulate model(microscopic world).
2. To introduce modular system into the instructional materials, which was consisted of 14 subunits according to the sequential instruction unit of 'molecule and molecular motion'. Each subunit was composed of 5 types of modules(module 1: motivation, module 2: experimental result, module 3: discussion, module 4: phenomenal magnifying glasses, module 5: related experiment)
3. The multimedia program was composed of 36 kinds of experimental animation and 59 kinds of computer animation materials combined with text resources, photographic materials and sounds.

본 연구는 한국교원대학교 부설 교과교육공동연구소의 연구비 지원에 의하여 이루어진 것임니

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

21세기를 맞이하면서 세계의 많은 나라들은 미래의 국가경쟁력 강화를 위해 초고속 정보망 구축을 최대의 역점사업으로 추진하면서 제반 분야의 정보화를 위한 구조적 변화를 병행하고 있다. 우리나라의 경우 1993년 8월 초고속 정보통신망 구축 기본계획을 수립하였는데, 이에 따르면 2015년까지 전 분야의 정보고속망 구축을 완료하도록 되어있다(정보통신부, 1994). 특히, 교육과 관련하여서는 1996년 3월, 21세기를 대비한 열린교육 프로젝트를 발표하였는데, 이는 학교내의 폐쇄된 공간에서의 일방적인 교육형태를 지양하고 정보화시대에 맞는 교육환경과 방법론의 도입을 강조하고 있다. 최근에는 정보화 시대의 인재양성과 교단 선진화 정책을 표방한 '학교 정보화 3개년 계획(97-99)'에 의거하여 전국 20만 교실에 PC, 대형 프로젝션 TV, 실물화상기 도입 및 교사 1인당 1FC 체제로 컴퓨터를 이용한 수업과 업무처리 지원 및 각 교실의 인터넷 연결 등을 진행하고 있다(교육부, 1997).

컴퓨터의 성능이 향상되고 많은 용량의 자료를 저장할 수 있는 저가의 CD ROM이 활용되면서 다양한 학습내용을 다양한 인지수준의 학생들에게 적용할 수 있는 프로그램들이 CD ROM에 담겨져 멀티미디어적 학습을 실시할 여건이 마련되었다. 컴퓨터를 이용한 멀티미디어적 학습은 학습내용의 기억, 학습속도, 학업성취도의 향상 뿐만 아니라, 원격교육이 이루어질 경우 교육경비가 상당히 줄어들 수 있다(Bailey & Thornton, 1992). 더욱이, 컴퓨터 관련기술, 시뮬레이션 도구, 그래픽 소프트웨어의 놀랄만한 성장과 발전이 가속화되면서 기술에 기초한 멀티미디어 교육 소프트웨어의 개발은 당연한 시대적 요구이며 지속적 투자 분야임은 분명하다.

그러나 하드웨어적으로 아무리 좋은 환경이라 할 지라도 학습프로그램이 우수한 수업설계 전문가들에 의해 개발되었느냐, 비전문가들에 의해

개발되었느냐에 따라 학습효과에 큰 차이를 줄 수 있다(Kulik, 1980a, 1980b). 즉 학습내용이 학습자의 수준을 고려하였느냐, 교수설계 그리고 교육과정에 대한 지식 등 교육학적 기초지식이 없는 사람이 교수-학습 과정을 철저히 분석하지 않고, 단순히 교과서나 참고서의 내용을 옮겨 놓은 프로그램이나, 아무 학습내용을 컴퓨터로 학습한 경우 모두 좋은 효과를 나타내기 어렵다. 따라서, 멀티미디어적 학습은 모든 주제에 적합하지는 않다. 예를 들어, 그래픽, 애니메이션 및 음향효과 등을 이용할 때 학습효과를 높일 수 있는 주제라든가, 실험이 불가능하여 시뮬레이션이 필요한 주제라든가, 정확한 실험값을 얻어 계산을 하는 경우, 또는 보이지 않는 추상적인 힘, 분자, 분자의 운동과 같은 개념 등 과학관련 내용에 대하여 보다 나은 학습효과를 기대할 수 있을 것이다. 그러나 멀티미디어 고성능 컴퓨터의 보급은 확대되어가고 있지만 이 성능을 최대한 활용할 수 있는 과학 교과학습용 멀티미디어 타이틀은 초, 중등을 망라하여 국내에 매우 미비한 실정이다.

화학교육에서는 과학적 세계관을 형성하는데 기본이 되는 올바른 과학적 물질관을 학습자가 형성할 수 있도록 하는 것을 매우 중요시 한다. 현대 '자연과학에서는 물질의 구조, 성질 및 물질의 변화를 물질의 구성 요소인 원자, 분자, 이온과 그들의 운동으로 설명하고 있고, 물질에 대한 입자 개념은 거시적인 현상을 설명하기 위하여 기초가 되는 중요한 기본 개념이다(김도욱, 1991). 이러한 입자 개념은 화학적 현상을 이해하는데 필요한 가장 중요하면서도 기본적인 개념으로 우리나라 교육과정에서는 이를 올바르게 이해시키기 위한 교과목표가 초, 중등학생들의 수준에 맞게 설정되어져 있다.

초등학교 '분자' 단원에서는 모든 물질이 분자라는 작은 알갱이(입자)로 이루어져 있으며, 용해, 확산, 물질의 상태변화 등과 같은 자연 현상이 분자운동에 의해 일어난다는 것을 이해시키는 것이 단원의 목표로 되어 있다. '분자', '분자

운동'과 같이 화학 교과 내용 중 많은 부분이 눈으로 직접 볼 수 없는 추상적인 개념들로 이루어져 있고, 미시 세계에서 다루어지는 입자들은 실제의 거시적 세계에서 다루어지는 것들과 비교하면 매우 작아서 학생들은 미시세계에 대한 화학적 표현법과 실제 존재하는 현상 사이의 관계를 이해하지 못하는 경향이 있다. 그러므로 자연과 교과서나 중등의 과학교과서에는 학생들에게 미시세계의 추상적인 개념들을 보다 쉽게 설명하기 위하여 비유나 모델을 사용한다(김도옥, 1991). 또한 미국의 초등학교 과학교과서의 대부분은 3학년 때부터 실제적인 물질세계나 현상에 대하여 미시적 입자수준의 표현을 사용하고 있다.(Gabel, Samuel, 1987). 우리나라 초등학교 6학년 1학기 분자 단원에 제시된 '콩과 좁쌀을 섞기 전과 후의 그림'은 추상적인 분자 개념을 설명하기 위해 사용된 모델의 한 예이다.

이와 같이 학생들에게 입자적 물질관을 가르치기 위하여 자연과 교과서에서는 여러 가지 관찰 실험활동과 모델 등을 제시하고 있지만 우리나라 초등학교 학생들을 대상으로 한 입자개념에 대한 국내의 조사결과는 입자적 물질관을 형성하고 있는 학생의 비율이 매우 낮게 나타난다(박성미, 1989, 홍미영, 1991, 김도옥, 1991). 김도옥(1991)은 입자개념에 관련된 선행연구들은 입자모형을 학습한 학생들이 새로운 현상을 해석하는데 입자모형을 사용하지 못하고, 물질을 연속적으로 보는 관점으로 되돌아간다는 것을 보고하고 있다. 학생들이 수업전에 가지고 있는 연속적인 물질관은 학생의 직관적인 감각과 자연스럽게 부합하는 반면, 실제 수업은 학생들의 심리적 구조를 무시한 채 감각적으로 의미있는 연속적 물질관을 버리고 감각적 지각과 반대되는 경우도 있는 입자모형을 받아들이도록 요구하는 것이다. 과학 학습 전에 가지고 있는 학생들의 연속적 물질관과 입자모형의 불일치는 학습 후에 여러 가지 유형의 물질에 대한 오개념으로 나타나게 된다.

학문중심 교육과정이 도입된 이후 초등, 중등,

대학교의 화학교육에서 분자 모델을 수없이 학습한 학생들 중 상당수가 연속적인 물질관을 그대로 보유하고 있는 실정을 보고한 연구결과들로부터 전통적인 교수-학습 전략보다 학생들이 가지고 있는 연속적인 물질관을 입자적인 물질관으로 변화시킬 수 있는 효과적인 교수-학습 전략과 교수-학습 자료 개발이 필요하다는 점을 인식할 수 있다.

Anderson과 Berkheimer(1988)는 분자를 가르치는 방법으로 요술안경(Magic eyeglasses) 교수 방법을 개발하였다. 그는 미시 세계 현상을 영상적 표현을 통해 거시 세계의 현상으로 나타냄으로써 학생들로 하여금 물질의 분자를 시각적으로 관찰하게 하는 교수법을 적용하였고, 올바른 과학적 개념 형성 및 분자 개념 습득에 효과적임을 보고하였다(백성혜, 채종락, 1997).

김도옥(1999)은 '현상 돋보기' 교수 전략이 잘 변화하지 않는 학습자의 신념체계인 연속적인 물질관을 입자적인 물질관으로 변화시키는데 효과적인 것을 보고하고 있다. '현상 돋보기'는 실험실 수준에서 관찰할 수 있는 실험현상(거시적 세계)과 입자 모델(분자수준의 미시적 세계)을 동시에 생각할 수 있도록 함으로써 반성적 사고를 촉진시켜 연속적인 물질관을 입자적인 물질관으로 변화시킬 수 있는 새로운 입자모델 교수전략이다. Williamson과 Abraham(1995), Nelson과 Williamson, Steffen(1996)은 멀티미디어를 이용한 분자모델의 교수-학습 자료가 전통적인 분자 모델 기구를 이용하는 것 보다 화학 교과내용을 보다 시각화해서 효과적으로 가르칠 수 있음을 보고한 바 있다. 멀티미디어를 이용한 분자모델의 교수학습 자료를 사용할 때의 또 하나의 중요한 장점은 분자운동의 실제적인 미시적 동적 움직임을 재현하여 학생들이 분자운동을 직접 경험할 수 있게 할 수 있다는 것이다. 즉, 그림 모형으로 가르칠 수밖에 없었던 분자의 열운동(병진운동, 회전운동, 진동운동)을 시뮬레이션 또는 애니메이션 등의 영상자료를 이용하여 정적 평면상을 동적 입체상으로 구체화시킬

수 있다. 또한 멀티미디어 학습자료를 컴퓨터와 사용자가 상호작용하게 제작하여 아동이 컴퓨터와 상호작용하면서 생생한 자료를 통하여 (Montgomery, 1995) 분자세계에 대한 흥미와 태도, 호기심을 증가시킬 수 있으며 이로 인하여 입자 개념을 형성함으로써 실질 경험세계인 거시 세계에 이를 적용, 이해, 설명할 수 있을 것이다. 분자단원학습을 위한 멀티미디어 교수학습 자료는 교과서나 파도를 이용한 전통적인 자연과 수업보다 생생한 자연의 세계를 접할 수 있어 보다 재미있고, 능동적이고, 효과적인 자연수업이 되리라 예상할 수 있다.

이 연구에서는 학습자의 연속적인 물질관을 입자적인 물질관으로 변화시킬 수 있고, 초등학교 자연과의 분자 단원 내용의 학습에 보다 효과적인 모듈식 멀티미디어 교수-학습 자료를 개발하고자 한다.

2. 연구내용

학습자의 연속적인 물질관을 입자적인 물질관으로 변화시킬 수 있고, 초등학교 자연과의 분자 단원 내용의 학습에 보다 효과적인 모듈식 멀티미디어 교수-학습 자료를 개발을 위한 연구내용을 세목화하면 다음과 같다.

- 1) 잘 변화하지 않는 학습자의 신념체계인 연속적인 물질관을 입자적인 물질관으로 변화시킬 수 있는 멀티미디어 교수-학습 자료의 개발
- 2) 개별화 학습이 가능한 모듈식 멀티미디어 교수-학습 자료의 개발
- 3) 컴퓨터 수업에 활용할 수 있는 멀티미디어 교수-학습 자료의 개발

II. 연구방법 및 절차

1. 연구절차

이 연구에서는 그림1에 나타난 것과 같은 절차를 통하여 연구를 수행하였다.

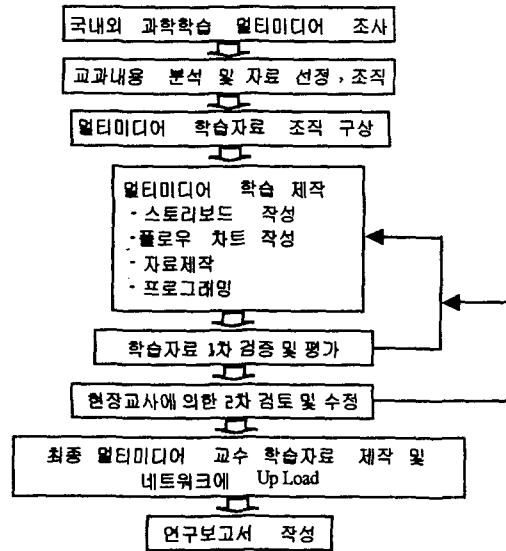


그림 1. 연구절차

① 첫단계로서 국내외 교육용 S/W를 조사하여 물질과 물질현상에 대한 입자적 표현방식을 분석하였다. 조사·분석에 사용된 참고용 소프트웨어는 총 19종으로 다음과 같다.

1. Encarta 96 Encyclopedia(Microsoft)
2. 두산세계대백과사전
3. 세류카 21 (계몽사)
4. 파스칼 백과사전 CD(한메 소프트웨어)
5. 놀랍고 신비한 전자세계(Philips)
6. E-물리 (E-Point Co.)
7. 97 리틀에디슨 (한국프로그램개발원)
8. Chemistry Tutor(Jones and Barlett Publishing)
9. 사이버 실험실 과학탐구(삼성영상사업단)
10. Discover Chemistry(West Publishing)
11. Saunders InteractivreGeneral Chemistry(Saunders College Publishing)
12. General Chemistry Collection(JCE Software)
13. 천재들의 과학백과(솔빛)
14. 천재 매머드와 즐겁게 배우는 과학원리(솔빛)
15. Chemistry Comes Alive (JCE Software)
16. EBS 가정학습 초등 자연 (삼성전자)
17. EBS 가정학습 플러스 중화학과학 (삼성전자)
18. Chemistry CD Tutorials(MCH-HM, canada)
19. Elementary Science Collection (Jane Publishing)

② 교과내용 분석 및 조직구상

초등학교 6학년 1학기 분자와 분자운동 단원의 내용을 분석하고 초등학교 저학년과 중학교의 교과내용사이의 관련내용을 파악하였다. 관련현상과 실험을 조사하여 차시내용과 연계토록 하였다(교육부, 1996).

③ 학습자료 구조결정

분자와 분자운동 단원에 관련해서 12개 차시로 구성하였고, 각 차시는 5가지 모듈(모듈1: 동기유발; 모듈2: 실험결과; 모듈3: 결과토의, 모듈4: 현상 돋보기, 모듈5: 관련실험)로 각각 구성하였다. 12차시는 1차시에서 11차시에 있는 학습내용의 적용 부분에 해당하는 내용으로, 우리 주변의 일상생활에서 분자운동이 적용되는 예들로 구성하였다.

④ 개념모듈별 프로그래밍

멀티미디어 교수-학습 자료 제작은 각 화면에서 학습내용의 접근이 쉽도록 화면 및 인터페이스를 구상하여 스토리보드를 작성하고 이렇게 완성된 스토리보드를 연결, 조직화하여 플로우 차트를 작성하였다. 다음으로 각 내용에 들어갈 동영상, 정지화상, 애니메이션, 음성 및 음향 자료를 제작하였고 이들 자료를 HTML 또는 디렉터 저작도구를 이용하여 프로그래밍하였다.

⑤ 개발된 교수-학습 자료의 검토 및 수정

개발된 교수-학습 자료는 교과전문가 3인과 현장교사 3인에 의해 검토, 수정한 후, 현장교사 3인의 재검토과정을 거쳐 최종 수정되었다.

2. 학습자료 개발 환경

(1) 하드웨어 환경

본 연구에서 개발한 멀티미디어 교수-학습 자료는 많은 양의 데이터를 지원하므로 대용량의 하드디스크와 고해상도 이미지, 사운드, 동영상 을 이용할 수 있는 하드웨어 환경이 요구된다. 개발에 사용된 하드웨어 환경은 <표 1>에 나타내었다.

<표 1>. 하드웨어 환경

| 구분 | 사양 |
|-------------|---|
| CPU | 펜티엄 166MHz |
| RAM | 32MB |
| 하드디스크 | 3.6GB |
| CD-ROM | 16배속 |
| CD-RECORDER | Yamaha 4배속 |
| 사운드 카드 | 사운드 블라스터 16Bit |
| 비디오 카드 | SVGA |
| 기타 | 스캐너(HP4P), 비디오 카메라(LG 아트캠), 동영상 캡처보드(다림텔레제네시스, Vitec사의 RT-5), 디지털 카메라(코닥 DC-50) 등 |

(2) 소프트웨어 환경

본 연구에 사용한 소프트웨어는 <표 2>와 같다. 운영체제로는 한글 Windows 95를 사용하였으며, 개발언어로는 디렉터 5.0을 기본으로 하였다.

<표 2>. 소프트웨어 환경

| 구분 | 사양 |
|-----------|---|
| 운영체제 | 한글 WINDOWS 95 |
| 프로그래밍 언어 | Macromedia Director 5.0 |
| HTML편집 | Homesite 2.5a |
| 그래픽 편집 | Adobe Photoshop 4.0 Paint Shop Pro 4.12 Photoenhancer for Kodak |
| 애니메이션 제작 | Macromedia irector 5.0 Gif Constructio |
| 동영상 편집 | Mediamania Studio Capture Utility Mediamania Video Editor Adobe Premiere 4.0 MS Video Editor |
| 음성 및 음향편집 | Creative Wavestudio |

III. 연구 결과

1. 개발된 학습자료의 특징

본 연구에서는 초등학교 자연과 분자 단원에서 물질의 입자성을 보다 효과적으로 교수-학습 하는데 필요한 모듈식 멀티미디어 교수-학습 자

료를 개발하였다. 개발된 학습자료의 첫 번째 특징은 물질의 입자성을 효과적으로 가르치기 위한 교수전략인 '현상 돋보기'에 초점을 둔 점이다. '현상 돋보기'는 실험실 수준에서 관찰할 수 있는 실험현상(거시적 세계)과 입자 모델(분자수준의 미시적 세계)을 연관시켜 생각할 수 있도록 함으로써 물질의 입자성을 올바르게 이해할 수 있게 하는 입자모델 교수전략이다.

이 자료의 두 번째 특징은 모듈식으로 구성된 점이다. 이 교수·학습 자료는 초등학교 자연과 '분자와 분자운동' 단원 구성차시에 따라 12개의 차시로 구성하였다. 각 차시별 내용은 표 3과 같다.

<표 3>. 개발한 분자와 분자운동 단원의 차시의 내용

| 차시 | 학습 자료 |
|----|---------------------|
| 1 | 설탕을 이루고 있는 작은 알갱이 |
| 2 | 물에 녹은 설탕의 분포 |
| 3 | 분자의 크기 |
| 4 | 물과 에탄올을 섞었을 때의 부피변화 |
| 5 | 액체의 팽발 |
| 6 | 암모니아 분자운동 |
| 7 | 물 속에서 물질의 퍼짐 |
| 8 | 찬물, 더운물에서의 잉크의 퍼짐 |
| 9 | 공기를 가열할 때의 부피변화 |
| 10 | 온도에 따른 나프탈렌의 변화 |
| 11 | 물의 상태변화 |
| 12 | 우리 주변의 분자운동 |

각 차시는 6가지 모듈(모듈1: 동기유발, 모듈2: 실험결과, 모듈3: 결과토의, 모듈4: 현상 돋보기, 모듈5: 관련실험)로 각각 구성하였다.

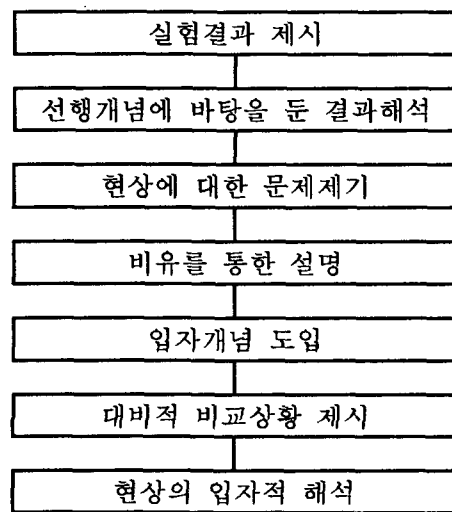
각 모듈의 내용은 다음과 같다.

모듈1: 동기유발 : 본 차시 학습내용과 관련될 수 있는 전 학년의 학습내용이나 일상적인 흥미로운 소재를 가지고 학습목표를 제시하도록 구성하였다.

모듈2: 실험결과 : 주로 교과서의 실험내용을 동영상으로 제작하였는데, 실험결과가 학습목표에 도달하는데 적절치 않다고 판단되는 실험(나프탈렌의 승화실험 및 공기를 가열할 때의 부피

변화 등)에 대해서는 실험방법을 수정하여 새롭게 제시하였다.

모듈3: 결과토의 : 실험결과를 바탕으로 실험결과가 내포하고 있는 개념적인 의미를 입자적인 관점으로 생각할 수 있도록 단계별로 내용수준을 심화시켜 나가도록 구성하였다. 자료구성도의 기본적인 틀은 <그림 2>와 같다.



<그림 2>. 결과토의 내용전개 흐름도

초등수준에서 실제 분자의 구조를 제시하는 것은 현상 이해의 차원에서 문제를 복잡하게 만들 가능성이 높다고 판단하여 입자적으로 단순화시켜 표현하였다. 실험결과에서 강조하여 해석해야 될 부분은 동영상에서 부분부분을 그래픽화하여 제시하였고 이를 바탕으로 논리 수준을 심화시켜 나가면서 입자성을 강조하였다.

모듈4: 현상 돋보기 : 실험실 수준의 상황을 다시 한번 강조하면서 이를 입자적 수준으로 확대하여 제시하였다. 결과토의에서 실험상황을 입자상황으로 단계별로 전개시켜 나가면서 논리적 사고과정을 강조한 반면, 현상 돋보기에서는 될 수 있으면 실험상황과 입자상황을 연속적으로 관련시킬 수 있도록 구성하였다.

모듈5: 관련실험 : 입자적 사고를 좀 더 확장할 수 있도록 본 차시목표와 관련되는 심화수준의 실험상황을 제시하고 이를 본 차시의 결과토

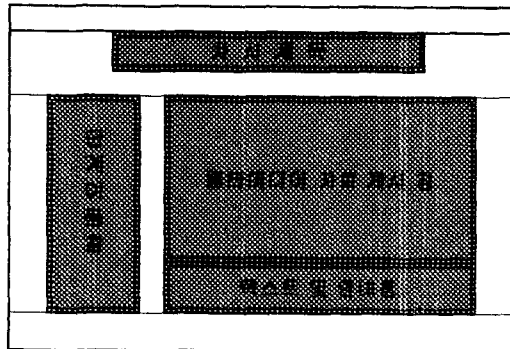
의에서 도입한 입자적 상황으로 생각할 수 있도록 구성하였다.

이와 같은 학습-자료의 체계는 하나의 통합된 형식으로 제시될 수도 있지만 현장에서 교사가 수업의 전개흐름에 맞춰 독립적으로 선택하여 제시할 수 있도록 모듈식으로 구성하였다. 학생의 입장에서는 학습-자료의 체계에 따라 독립적으로 학습하면서 학습한 내용을 심화하여 이해하는 데 모듈을 선택해서 사용할 수 있으며, 교사의 입장에서는 각 내용을 선택해서 학생들에게 제시할 수 있다.

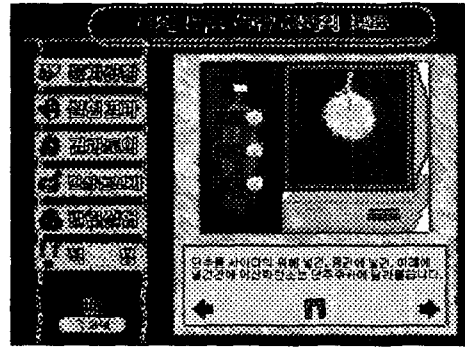
이 자료의 세 번째 특징은 멀티미디어 프로그램인 점이다. 개발된 36개의 실험동영상, 59개의 컴퓨터 애니메이션 자료들은 텍스트, 사진, 음성 자료들을 디렉터 저작도구를 사용하여 유기적으로 통합시켰으며 개별 자료들은 교사에 의해 재구성될 수 있도록 분리시켜 놓았다.

2. 개발된 교수-학습 자료의 각 모듈의 강조점과 화면구성 예

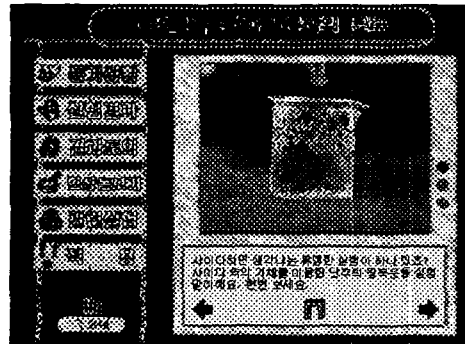
프로그램이 시작하게 되면 분자와 분자운동 단원의 학습을 위한 교수-학습자료는 <그림 3>과 같이 좌측의 5가지 모듈별 이동창과 우측의 학습내용창으로 구성된 화면이 뜬다. 이 프로그램은 화면의 어디에서나 모듈별 이동창을 이용하여 모듈을 이동할 수 있으며 학습내용창의 안내창에 제시된 방향 아이콘(화살표)을 이용하여 학습내용의 전, 후 단계로 이동할 수 있도록 되어 있어 학습자가 개별적으로 프로그램을 선택해서 학습할 수 있다.



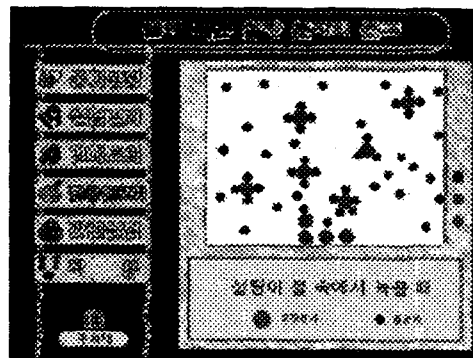
<그림 3>. 분자와 분자운동 학습자료의 화면구성



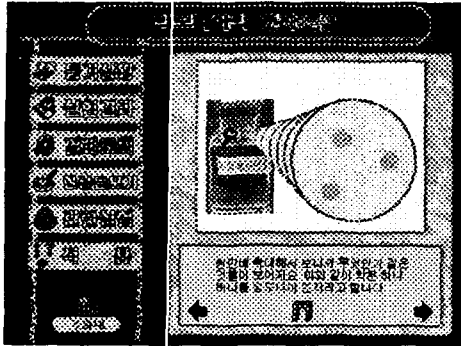
<그림4>. 동기상황 화면의 예



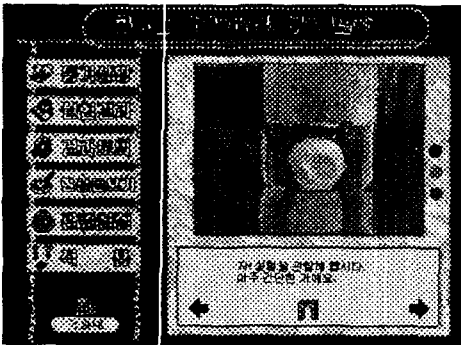
<그림5>. 실험결과 화면의 예



<그림6>. 결과토의 화면의 예



<그림7>. 현상 돋보기 화면의 예



<그림8>. 관련실험 화면의 예



<그림9>. 적용 화면의 예

3. 개발된 교수-학습 자료의 내용

모듈식 멀티미디어 교수-학습 자료에 포함된 구체적인 내용들은 아래 <표 4>~<표 15>와 같다.

<표 4>. 설탕을 이루고 있는 작은 알갱이 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|---|
| 동기 상황 | 투명인간 그림과 사라지는 유리막대 실험 자료를 제시하여 단순한 본 차시 실험에 흥미를 제공 |
| 실험 결과 | 차주머니에 흑설탕가루를 넣고 비이커 물에 담그기 |
| 결과 토의 | 차주머니에 있던 설탕이 물에 녹아 없어지는 현상을 몇가지 비유를 통해 관련시키면서 차주머니와 설탕을 확대시킨 자료를 제시한다. 용해현상에 대한 미시적 수준에서의 애니메이션 자료를 제시한다. |
| 현상 돋보기 | 차주머니 속의 설탕이 어떻게 없어지는가에 대하여 미시적 수준에서 몇 과정을 표현 |
| 관련 실험 | 선정된 내용 없음 |

<표 5>. 물에 녹은 설탕의 분포 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|---|
| 동기 상황 | 사이다의 위, 중간, 아래 부분에 단추를 넣고 단추 주위에 생기는 기포의 차이점을 비교 |
| 실험 결과 | 물에 설탕을 넣고 저었을 때의 상황제시 |
| 결과 토의 | 가상의 단맛 측정기로 설탕물의 부분에 대한 측정값을 제시하고 모든 부분의 맛이 같은 이유를 분자운동의 관점에서 애니메이션 자료 제시 |
| 현상 돋보기 | 고체가 물속에서 녹는 과정을 애니메이션 |
| 관련 실험 | 선정된 내용 없음 |

<표 6>. 분자의 크기 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|--|
| 동기 상황 | 해변가의 모래 비유를 통해 물질을 확대하는 근거제시 |
| 실험 결과 | 흑설탕물을 거름종이 통과시키는 동영상 |
| 결과 토의 | 티널과 자동차, 콩과 좁쌀 비유를 통하여 실험결과를 크기의 관점에서 설명 |
| 현상 돋보기 | 거름종이의 틈으로 입자들이 빠져나오는 과정 표현 |
| 관련 실험 | 수소와 질소로 채워진 풍선의 크기가 변하는 차이를 입자적으로 설명 |

<표 7>. 물과 에탄올을 섞었을 때의 부피변화 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|--|
| 동기 상황 | 수의 세계에서 이루어지는 더하기 방식을 계산기를 이용하여 제시하고 학습목표를 제시 |
| 실험 결과 | 물 50ml와 에탄올 50ml를 섞은 후의 부피변화를 표현한 동영상 |
| 결과 토의 | 에탄올의 증발, 저울에서 질량맞추기, 빈강통에 물붓기, 얼음상자에서 얼음얼리기 등의 관련상황, 비유를 통해 부피감소를 설명 |
| 현상 돋보기 | 미시세계에서 볼 수 있는 입자들의 섞이는 과정을 표현 |
| 관련 실험 | 실험방법을 바꾸어 제시, 물과 에탄올 증쌍기 |

<표 8>. 액체의 증발 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|---|
| 동기 상황 | 간장그릇에서 결정의 생성 |
| 실험 결과 | 양팔저울에 에탄올을 떨어뜨린 다음의 변화 |
| 결과 토의 | 양팔저울에서 기울어짐의 의미, 알코올이 사라지는 이유와 어디로 사라졌는가에 대한 입자적 토의 |
| 현상 돋보기 | 에탄올 분자의 입자적 표현과 운동을 통한 증발과정 표현 |
| 관련 실험 | 소금물로 글씨쓰기(물과 소금물로 쓴 글자가 증발되면서 나타나는 차이) |

<표 9>. 암모니아 분자운동 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|---|
| 동기 상황 | 국내 영화 '꼬리치는 남자'에서 향수 냄새를 맡으면서 사용한 향수가 무엇인지를 알아내려는 장면 |
| 실험 결과 | 암모니아 기체가 셀로판지를 통과하여 물이 든 시험관의 색을 변화시키는 실험의 동영상 |
| 결과 토의 | 암모니아 기체가 셀로판지를 어떻게 통과할 수 있었을 까에 대한 입자적 사고 과정을 표현 |
| 현상 돋보기 | 셀로판지의 구멍과 암모니아 분자와의 크기를 관련시켜 현상을 표현 |
| 관련 실험 | 셀로판지 대신에 풍선을 사용하여 잡아당긴 풍선과 잡아당기지 않은 풍선의 구조를 입자적으로 생각하도록 실험상황 제시 |

<표 10>. 물 속에서 물질의 퍼짐 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|--|
| 동기 상황 | 물 속에서 문어가 먹물을 뿜으며 상어의 공격을 피하는 상황 |
| 실험 결과 | 물에 잉크를 떨어뜨렸을 때의 변화에 대한 동영상 |
| 결과 토의 | 진하기(밀도)의 개념을 상기시키면서 잉크가 아래로 가라앉는 현상을 설명하고 가라앉은 잉크의 퍼짐을 분자의 운동으로 설명 |
| 현상 돋보기 | 잉크를 입자적으로 표현하여 물에서의 퍼짐을 표현(물은 입자적으로 표현하지 않음) |
| 관련 실험 | 선정된 내용 없음 |

<표 11>. 찬물, 더운 물에서의 잉크의 퍼짐 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|---|
| 동기 상황 | 일상생활에서의 우리들이 나타내는 찬것과 더운것에 대한 반응을 나타내고 학습목표를 제시 |
| 실험 결과 | 찬물과 더운물에서 잉크의 퍼짐 차이에 대한 동영상 |
| 결과 토의 | 현상 돌보기를 도입하여 찬물과 더운물의 움직임 입자적으로 표현하고 찬 잉크와 더운 잉크 또한 입자적으로 운동하고 있다는 설명 |
| 현상 돌보기 | 온도에 따른 입자의 움직임을 표현 |
| 관련 실험 | 비이커 바닥에 잉크를 가라앉힌 후 가열판으로 비이커 바닥을 가열했을 때의 잉크의 움직임을 설명 |

<표 12>. 공기를 가열할 때의 부피변화 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|---|
| 동기 상황 | 철도레일사이의 틈, 온도계의 원리 등 전학년 때 배운 내용을 상기시키면서 학습목표 제시 |
| 실험 결과 | 공기가 채워져 있는 플라스크에 주사기를 연결하여 가열하는 실험 동영상 |
| 결과 토의 | 현상 돌보기를 도입하여 온도에 따른 공기의 움직임을 입자적으로 표현하면서 압력개념을 언급 |
| 현상 돌보기 | 실험상황을 입자상황으로 표현하여 결과설명 |
| 관련 실험 | 쭈그려진 탁구공이 펴지는 원리를 입자적으로 설명 |

<표 13>. 온도에 따른 나프탈렌의 변화 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|---|
| 동기 상황 | 가상의 공간에 있는 병균들이 나프탈렌에 의해 죽어가는 상황과 나프탈렌이 줄어드는 동영상을 제시 |
| 실험 결과 | 나프탈렌이 들어있는 플라스크에 얼음장치를 꾸민후 더운물에서 나프탈렌이 고체 상태에서 액체 상태로 변해가는 동영상 |
| 결과 토의 | 현상 돌보기를 도입하여 나프탈렌의 공간이동에 대한 실험결과를 분자 및 분자운동의 관점에서 해석, 나프탈렌도 가열하면 액체로 변할 수 있다는 사실 설명 |
| 현상 돌보기 | 실험상황을 입자상황으로 표현하여 결과설명 |
| 관련 실험 | 드라이아이스를 이용한 풍선부풀리기 실험 |

<표 14>. 물의 상태변화 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|--------|--|
| 동기 상황 | 물주전자의 들썩거림과 증기기관차를 관련시키면서 학습목표 제시 |
| 실험 결과 | 얼음에서 물, 물에서 수증기로 변하는 동영상 |
| 결과 토의 | 현상 돌보기를 도입하여 얼음, 물, 수증기의 입자와 움직임을 표현(실제의 분자 및 물질 구조를 나타내지는 않는다.) |
| 현상 돌보기 | 실험상황을 입자상황으로 표현하여 결과설명 |
| 관련 실험 | 수증기로 성냥불을 켜는 실험과 입자적 설명 |

<표 15>. 우리 주변의 분자운동 학습을 위한 자료의 내용

| 단계 | 선정내용 |
|----|--------------------------|
| 상황 | 상황1 화장실에 걸려져 있는 나프탈렌의 변화 |
| | 상황2 물에 젖은 빨래 말리기 |
| | 상황3 전기 모기향 |
| | 상황4 모기약 스프레이 |

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 초등학교 자연과 물질 영역에서 가장 추상적인 개념 중의 하나인 분자개념 학습의 보조자료로써 멀티미디어 교수-학습 CD

자료를 개발하였다. 이 자료는 거시적인 실험실에서 관찰현상을 미시적인 수준으로 표현하여 학생들이 현상에 대한 이해와 올바른 개념을 형성하는 데 도움을 줄 수 있도록 초점을 맞춰 개발되었다.

물질현상을 올바르게 이해하기 위해서는 물질의 입자성을 이해하는 것이 매우 중요하다. 그러나 물질의 입자성에 대한 이해는 높은 인지수준을 필요로 하는 것이기 때문에 실험을 해본다든지, 말로만 설명한다는 식으로는 제대로 학습효과를 높일 수 없다. 지금까지 그림, 사진, OHP 등 많은 정적인 시각화 자료들이 개념학습에 이용되어져 왔지만, 이들 자료들은 물질현상의 동적본성을 충분히 묘사하지 못하는 한계를 가진다. 본 연구에서 개발한 많은 자료들은 실험상황을 가능한 한 입자적 움직임으로 시각화하여 초등학교 고학년 학생들이 실험수업과 관련하여 현상을 이해하고 개념을 형성하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 개발된 멀티미디어 교수-학습 자료는 개별적으로 학생들이 활용할 수도 있지만 초등학교 교실의 멀티미디어 기자재, 특히 컴퓨터에 연결된 대형 프로젝션 TV를 통하여 교사의 수업전략 및 학습단계에 따라 부분별로 제시하여 활용도를 높일 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 교육부(1996). 국민학교 교육과정, 서울:교육부.
2. 교육부(1997). 교육정보화: 사교육비 부담완화 및 정보사회 인재육성. 제 2차 정보화 확대회의 보고자료, http://www.bluehouse.go.kr/upload_kor/0528/moe/frame.html
3. 김도옥(1991). 물개념 학습요인에서 오인을 감소시키기 위한 수업모형의 효과. 서울대학교 박사학위논문.
4. 김도옥(1999). 물질의 입자성 학습에서 반성적 사고를 촉진시키는 새로운 입자모델 교수전략의 효과-초등학교 예비 교사를 대상으로, 대한화학회지, 심사중.
5. 박성미(1989). 분자운동에 대한 학생들의 개념조사. 서울대학교 석사학위논문.
6. 백성혜, 채종락(1997). Anderson의 요술안경 수업방법이 초등학교 6학년 자연학습에 미치는 효과분석, 초등과학교육, 15(2), 207.
7. 정보통신부(1994). 21세기를 대비한 초고속정보통신망 구축종합계획, URL:<http://www.in.k.co.kr/lomat/forum/INFO/prop1.txt>
8. 홍미영(1991). 고체, 액체, 기체상태의 분자운동에 대한 개념조사. 서울대학교 석사학위논문.
9. Anderson, C.W., Berkheimer, G.D.(1988). Matter and molecules: Science book, Institute for research on teaching, University of Michigan, Occasional Paper no. 121.
10. Bailey, H.J., Thornton, N.E.(1992). Interactive video : Innovative episodes for enhancing education. Computer Application in Engineering Education, 1(1), 97.
11. Gabel, D.L., Samuel, K.V.(1987). Understanding the particulate nature of matter. Journal of Chemical Education, 64(8), 695.
12. Jones, L.L., Smith, S.G.(1992). Can multimedia instruction meet our expectation, EDUCOM REVIEW, Jan, 39.
13. Kulik, J.A.(1980a). Effectiveness of programmed instruction in higher education: A meta-analysis of findings, Educational Evaluation and Policy Analysis, 2(6), 51.
14. Kulik, J.A.(1980b). Effectiveness of computer-based college teaching: A meta-analysis of findings, Review of Educational Research, 50(4), 525.
15. Montgomery, S.M.(1995). Addressing diverse learning styles through the use of multimedia, <http://fairway.ecn.purdue.edu/fre/>

asee/fie95/3a2/3a22/3a22.html

16. Nelson, J.E., Williamson, S.A., Steffen, L.K. (1996). Using molecular modeling to enhance visualization in the organic chemistry classroom. *The Chemical Educator*, v1(6), On-line internet journal.
 17. Williamson, V.M., Abraham, M.R.(1995). The effects of computer animation on the particulate mental methods of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521.
-

(2000년 2월 접수)