

# 과학교육 개선을 위한 실험모델 제작에 관한 연구(I)\*

이기종 · 이광호 · 이종철 · 김자홍

(전북대학교)

(1989년 10월 5일 받음)

## I. 서론

과학교육의 질적 향상을 위해서는 교육개발 과정 중에 다음과 같은 문제들이 중점적으로 다루어져야 한다. 즉 교육과정의 설계, 교수자료의 개발, 실험서의 준비, 보조자료의 제작, 성취도 평가 등이 다.<sup>1-3</sup> 과학 학습은 기본적인 실험실 활동으로 출발해야 하며 실험실 경험은 조작기술 능력을 함양시킬 뿐만 아니라 실험데이터의 정리 및 관찰의 기회를 제공하게 됨으로써 과학적 개념학습을 유도하게 된다.<sup>4-7</sup>

최근의 자연과학의 연구형태는 한 과제에 여러 분야가 연관되어 있어서 이들의 진전은 두 개의 상호 보완 측면, 즉 이론적인 예측과 결론, 사실의 발견으로 이루어진 실험사이의 균형을 통하여 형성된다. 실험과 이론을 병행하는 데는 여러가지 많은 실험이 이루어져야 되기 때문에 과학자들은 어떤 실험이 중요한가를 선택해야 하며 자연현상에 대한 지적의문이란 본질적으로 실험을 어떻게 수행하느냐 라는 질

문과 같다. 이에 대한 해답은 여러 정보를 수집하여 서로 구체적인 연관성을 찾게되며 더 많은 질문과 실험을 요구하게 된다.<sup>8,9</sup>

구·미 선진국에서 시작된 1950년대의 세계적인 과학교육 개혁운동은 과학교육의 중요성에 대한 인식의 확대, 과학 교과내용의 현대화 등에 크게 기여했다. 그러나 막대한 재정지원하에 개발된 새과학교육의 프로젝트들이 과연 과학교육의 질적 개선에 얼마나 기여했는지에 관한 평가에는 서로 다른 견해들이 제시될 수 있다. 실험실 활동은 물리적·재정적으로 제약받는 문제점이 있긴 하지만 학생들에게 가장 효과적으로 과학을 이해시킬 수 있는 교수-학습 방법이라고 볼 수 있다. 여기에는 정상적인 교수·학습 이외에 부진한 학습자료를 돕기 위한 특별한 배려가 있어야 하고, 또 한편으로는 우수한 학생들의 경험을 풍부하게 해주기 위한 장치도 고려돼야 한다.<sup>10,11</sup>

과학교육에 있어서 개인용 컴퓨터의 이용을 가능하게 하는 컴퓨터보조교육 시스템의 개발과 실제적 운영을 위해서는 과학교육용 컴퓨터 프로그램의 수집, 분류, 평가작업이 선행되어야 한다.<sup>12-15</sup>

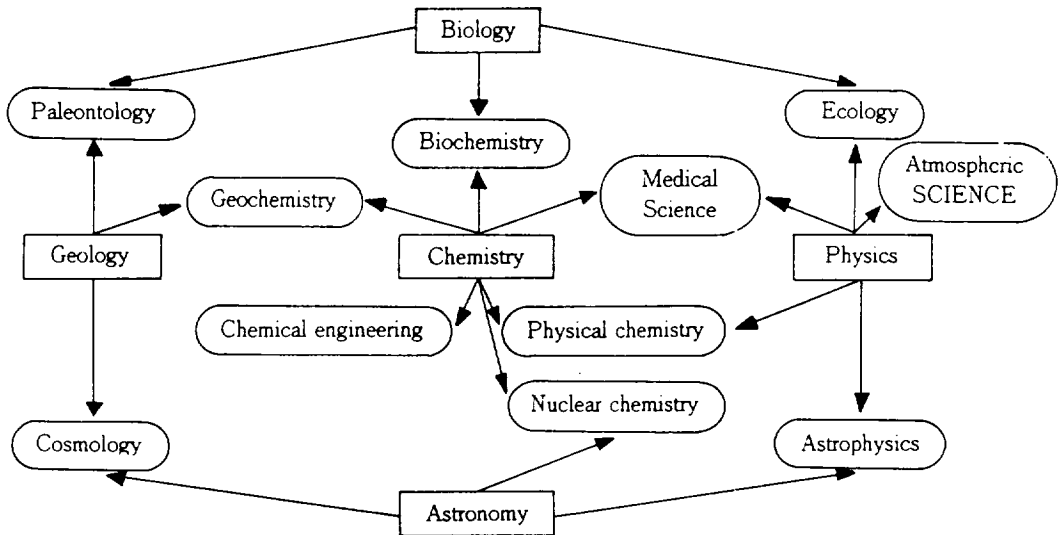
과학교육의 질적 향상과 개선을 위한 실험모델 제

\* 본 연구논문은 재단법인 전북대학교 학술연구재단의 1988년도 연구조성비에 의해 연구되었음.

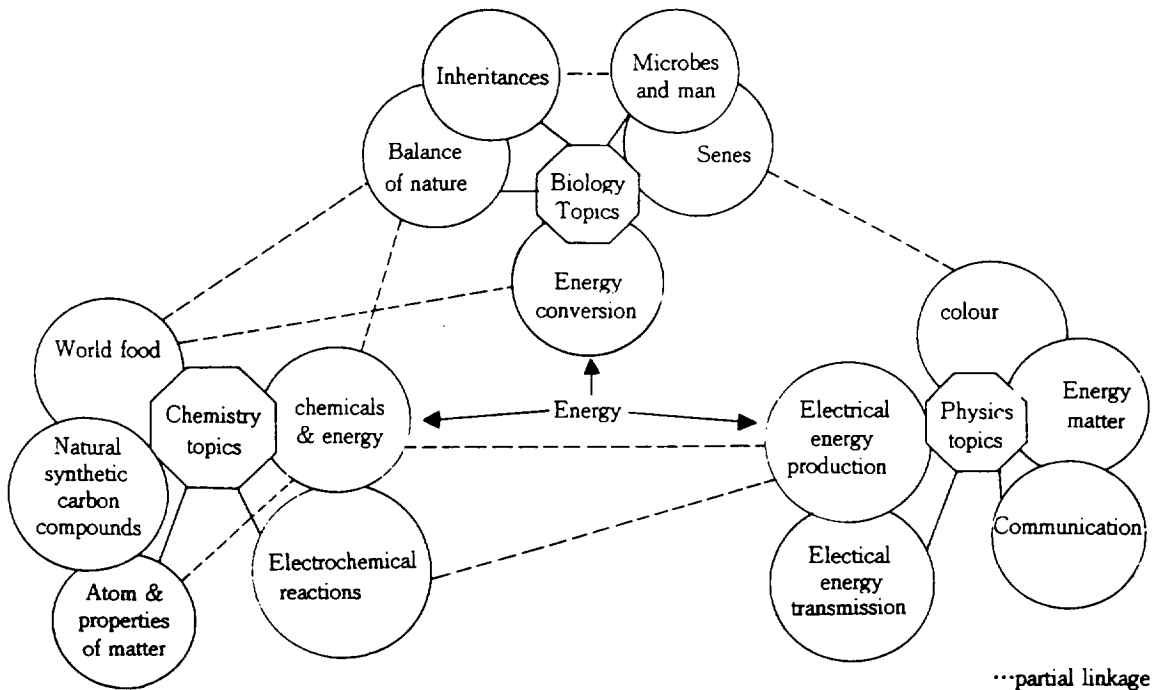
작은 지속적으로 수행되어야 하며 연구의 타당성 조사와 현상의 적절한 개념화 및 방법론적인 기술이 보완되어야 한다.

본 연구에서는 실험모델을 제작하는데 있어서 우리나라의 실정에 맞는 저렴한 가격의 실험(Low-COst Experiment)과 컴퓨터 보조교육(Computer Based

Education) 시스템의 개발을 통하여 과학교육의 기초실험에 대한 연구를 수행하고자 제1차 년도에서는 과학교육 분야를 다루었으며 물리교육, 생물교육, 지구과학교육 분야의 연구는 계속사업으로 진행할 예정이다.



<Fig 1-1> Core relationships amongst subject in natural science.



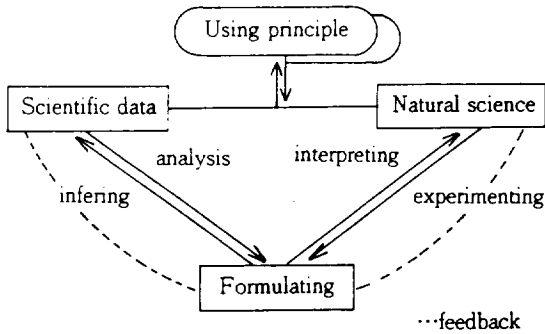
<Fig 1-2> Conceptual relationships amongst topics in general science.

...partial linkage

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 과학 교육과 실험모델<sup>(16~17)</sup>

과학 활동은 정확한 원리를 파악하거나 명료한 사고력의 배양, 또는 어떤 가설을 검증하는 방법을 찾아내고자 하는 것이다. 과학적 데이터를 이용하여 귀납적으로 실험 모델을 작성하고, 이 모델을 활용하여 자연현상을 연역하는 과정의 순수이론을 과학에 도입하여 과학의 원리와 개념을 설명하는 이원적 관계로 볼 수 있다. 과학과 실험모델의 상호관계를 <그림2-1>에 나타내었다.



<Fig. 2-1> The corelationship between science education and formulating.

과학은 실험을 통하여 이루어져야 한다. 탐구학습 활동에 학생 스스로 하는 실험이 중시되고 실험활동을 통하여 지적 호기심·흥미, 그리고 만족감을 느낄 수 있도록 유도 하여야 한다.

실제 실험실 활동을 계획하는 데 다음과 같은 사항을 검토하였다.

#### 가. 학교별 수준에 합당한 기준

중등학교 과정에서는 그들 주변에 있는 물질의 특성을 알고 손쉽게 취급할 수 있는 경험을 갖도록 실험모델을 제작한다. 초기 단계에서는 기초적 능력을 수련하고, 다음수준에서는 연계성을 강조하여 스스로 발견적인 실험능력과 과학적 방법을 터득하게 한다.

#### 나. 이론과 실험의 병행

효과적인 학습을 위해서는 이론을 실제적인 경험으로 받아 들일 수 있도록 운영한다.

#### 다. 산 기술

실험실 활동에서 얻은 지식과 숙련과정을 일상생활에 응용할 수 있도록 함으로써 과학적 실험모델의 재평가 과정을 거친다.

#### 라. 과학적 사고와 문제 해결 훈련

과학적 방법을 몸에 배이도록 함으로써 어떤 문제에 대하여 논리적으로 사고하도록 하고, 스스로 문제를 해결할 수 있는 능력을 기르도록 한다.

#### 마. 흥미와 즐거움

실험실 활동은 흥미있고 즐거움을 느낄 수 있도록 유익하게 구성되어야 하며 과학과 관련된 직업에 종사하고 싶은 충동과 여가선용이나 취미를 가질 수 있도록 한다.

#### 바. 안정성

안전에 관해서 자기자신과 타인에 대한 책임감 및 시약의 부주의한 취급으로 올 수 있는 위험을 사전에 예방하도록 한다.

이상의 6개 항목에 근거하여 실험 모델을 제작하고 모델의 타당성을 검증하여 한 교과과정의 발전 모델을 <그림 2-2>에 나타내었다.

### 2. 교육과정 내용의 선정과 실험<sup>(18~19)</sup>

교육과정 내용의 구성과제는 광의의 학습내용이 과학적 지식과 방법 및 태도를 포함하고 있으므로 교육과정 목표인 동시에 수단으로서 가장 적합한 내용을 선정하여 조직화하는 작업이 필요하며 다음 사항을 고려하여야 한다.

가. 학생의 성숙도·연령·경험·관심·동기유발 및 환경적 배경

#### 나. 기본적인 개념의 선택

개념의 다양성과 과학지식 전반에 걸친 논리적 연계성 및 기본적이고 중심이 되는 개념체계(화학교과 과정의 주제를 <그림 2-3>에 예시하였다).

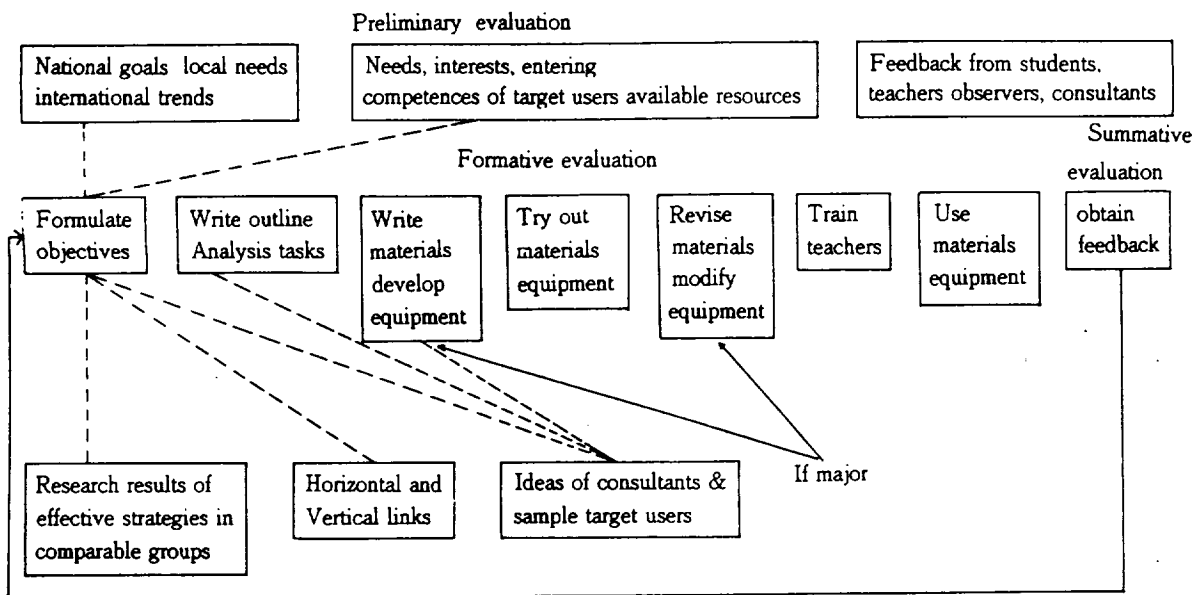
다. 자연적 현상과 자료의 다양성에 대한 설명과 통합할 수 있는 능력

#### 라. 현대 과학의 개념을 반영

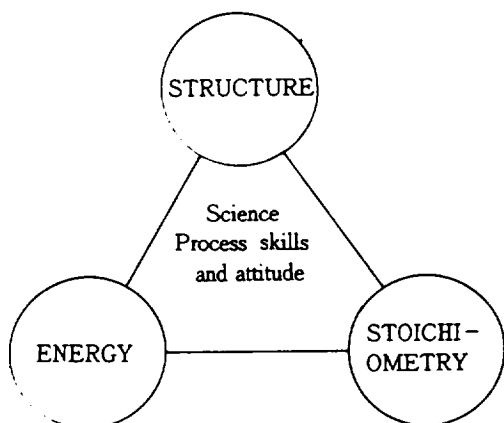
과학 교과와 수준이 높아지고 발전된 기본 개념들을 분석할 필요가 있다(그림2-4).

마. 할당된 시간내에 가르칠 수 있는 것이라야 한다.

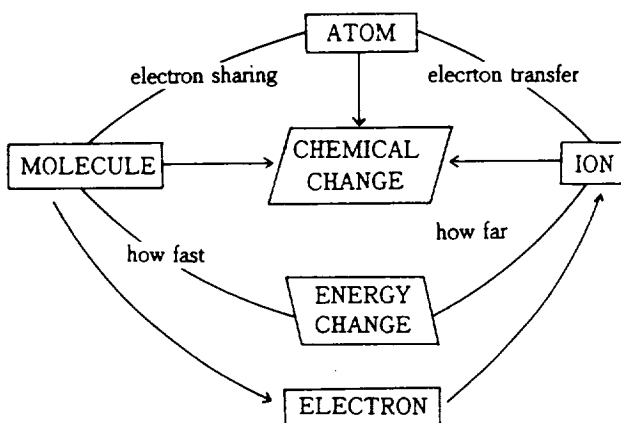
바. 사고의 능력과 신체적·경제적 자원의 타당성



〈Fig 2-2〉 An example for a schematic approach to chemistry curriculum development model.



〈Fig 2-3〉 Themes for chemistry curriculum.



〈Fig 2-4〉 Conceptual framework of chemistry.

필요한 교사재원의 적성과 자료공급을 참작하여 실현가능성을 진단하여야 한다.

사. 통합과학으로서의 영역

통합과학으로서 종합적인 내용을 선택하여야 하며 다른 교과와 수직수평적인 연계성을 가져야 한다.

이상에서 열거한 사항을 준거로 하여 본문에서 취급할 화학의 개념구도를 화학양론, 원자의 구조, 분자 및 결정의 구조와 에너지로 구분하여 〈그림 2-5〉에 나타내었으며, 교육과정 내용중 가격이 저렴한 실험과 컴퓨터 보조학습 모델로 선정한 것을 〈그림 2-6〉에 나타내었다.

일반 인문계 고등학교용 교과서의 화학 실험실습 내용을 조사하여 〈표 1, 2, 3, 4〉에 요약하였다. 실험에 소요되는 기구 및 시약을 CHEM Study와 비교하여 실험 결과에 따른 장단점을 분석하였다.



〈Table 1〉 The contents of Chemistry lab at High School(The properties of matter)

| 구분   | 실 험 내 용             | 사용시약                                               |
|------|---------------------|----------------------------------------------------|
| 1-1  | 황산구리 수용액의 종류        | CuSO <sub>4</sub>                                  |
| 1-2  | 질량 보존               | BaCl <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| 1-3  | 나트륨의 변화             | Na                                                 |
| 1-4  | 이온과 이온의 결합반응        | NaCl                                               |
| 1-5  | 이온의 전기장에서 이동 관찰     | KCl                                                |
| 1-6  | 0.1 M 염화나트륨 5액만드는법  | NaCl                                               |
| 1-7  | P-디클로로벤젠의 냉각시 온도변화  | P-dichlorobenzene                                  |
| 1-8  | 기체포집과 침전 생성         | Zn, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 |
| 1-9  | 공기의 부피와 압력과의 관계     | He gas                                             |
| 1-10 | 사염화 탄소의 분자량 측정      | CCl <sub>4</sub>                                   |
| 1-11 | 결정의 가열시 변화          | CaO                                                |
| 1-12 | 화학 반응과 열            | HCl, NaOH                                          |
| 1-13 | 몇 가지 연료의 연소열        | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>                      |
| 1-14 | 절대온도와 압력부피와의 관계     | N <sub>2</sub> gas                                 |
| 1-15 | 이산화 탄소의 실험식과 분자식 측정 | CO <sub>2</sub>                                    |

〈Table 2〉 The regular properties of matter

| 구분  | 실 험 내 용       | 사용시약                                         |
|-----|---------------|----------------------------------------------|
| 2-1 | 할로젠 분자의 성질 비교 | KI, KBr, Cl <sub>2</sub>                     |
| 2-2 | 염소의 제법 및 성질   | MnO <sub>2</sub> , HCl, Ca(ClO) <sub>2</sub> |
| 2-3 | 불꽃색 반응        | NaCl, BaCl <sub>2</sub> , KCl                |
| 2-4 | 산화물 수용액의 산성   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                |
| 2-5 | 칼륨의 변화        | K                                            |
| 2-6 | 황의 동소체        | S                                            |
| 2-7 | 제3주기 원소의 성질   | Na, Al, Si, P, S                             |
| 2-8 | 전도성           | KCl                                          |

〈Table 3〉 Chemical Bonding and Structure

| 구분   | 실 험 내 용        | 사용시약                                                                                                |
|------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3-1  | 에틸렌의 제법과 성질    | EtOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                                                |
| 3-2  | 알코올의 성질        | Na, MeOH                                                                                            |
| 3-3  | 알데히드의 성질       | CH <sub>3</sub> CHO                                                                                 |
| 3-4  | 아세트산과 요오드포름 반응 | CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub> , I <sub>2</sub>                                                  |
| 3-5  | 케놀류의 성질        | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH                                                                    |
| 3-6  | 에스테르 제법과 성질    | CH <sub>3</sub> COOH, EtOH                                                                          |
| 3-7  | 아세틸렌의 제법과 성질   | CaC <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O                                                                 |
| 3-8  | 수소화합물의 성질      | NH <sub>3</sub>                                                                                     |
| 3-9  | 니트로벤젠과 아닐린의 제법 | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> , NO <sub>2</sub> , Sn, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> |
| 3-10 | 수용액의 전기 전도성    | NaCl, CH <sub>3</sub> COONa                                                                         |

〈Table 4〉 Chemical reactions

| 구분   | 실 험 내 용           | 사용시약                                                                          |
|------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 4-1  | 가역반응              | NH <sub>3</sub> , HCl, NH <sub>4</sub> Cl                                     |
| 4-2  | 산의 세기             | Hg, HCl, CH <sub>3</sub> COOH                                                 |
| 4-3  | 산염기 지시약           | Metylorange, P.P.                                                             |
| 4-4  | 중화 적정             | NaOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                          |
| 4-5  | 염의 가수분해           | KCl, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                                          |
| 4-6  | 황산구리 수용액과 쇠못과의 반응 | CuSO <sub>4</sub> , Fe                                                        |
| 4-7  | 질산은 수용액과 구리줄과의 반응 | AgNO <sub>3</sub> , Cu                                                        |
| 4-8  | 평형이동에 미치는 농도의 영향  | CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> |
| 4-9  | 다니엘 전지의 변화        | ZnSO <sub>4</sub> , CuSO <sub>4</sub>                                         |
| 4-10 | 염화나트륨과 염산의 반응     | NaCl, HCl                                                                     |

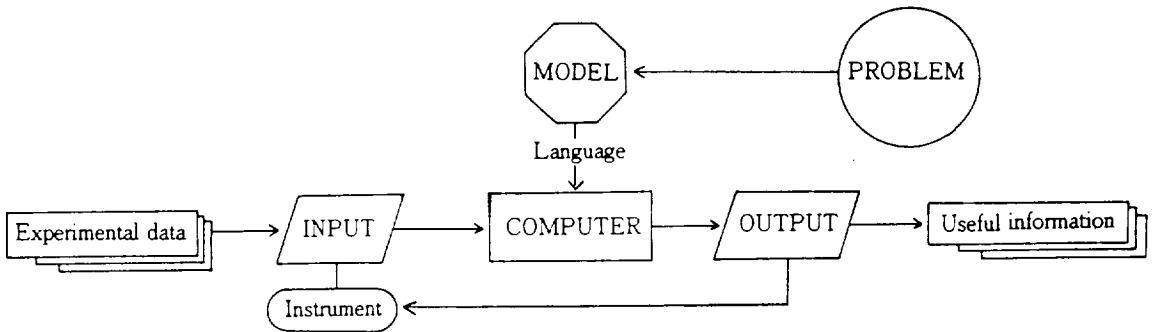
### 3. 과학실험을 위한 컴퓨터의 이용

과학교육에 있어서 개인용 컴퓨터의 이용을 가능하게 하는 CBE System은 수업에 이용하는 CAI와 교사나 교육연구자 등의 수업관리나 연구개발을 위한 CMI로 나누어진다. CAI의 일반적 방법은 Drill & Practice, Tutorial, simulation에 의한 problem solving, 복잡한 계산이나 입체적 구조의 제시, 데이터를 통한 모의실험조작, 실험 결과의 정리 Interfacing에 의한 실험기기의 자동적 조작이다. (그림2-7)

Simulation에 의한 CAI는 과학실험의 준비, 추가, 대치실험 등에 이용되며 이 분야의 응용전략은 개인 지도적 CAI와 유사하나, 단순히 컴퓨터에 의한 것이므로 실험 기법을 익히고 탐구력을 기르는 데는 실제실험보다 못하다고 할 수 있다. 그러나 실험을 하기 전 예비학습을 위해서나 실험 중 어려운 여건은 simulation 실험을 통하여 원리 및 결과처리에 많은 도움을 제공해 줄 수 있다.

### 4. 실험 모델 제작의 의미

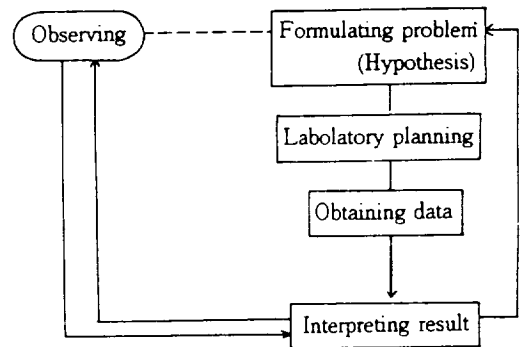
과학 수업을 한가지 형태로 전개하기 보다는 학습 과제에 따라 모델을 달리 해야 할 필요가 있다. 과학의 교수-학습은 폭넓고 다양한 접근방식을 사용하는 것이 바람직하므로 과학적 사고 체계 이론과 학생의 지적발달에 근거하여 과학자들이 자연을 탐구하는 과정을 실제 교실에서 적용할 수 있도록 지도단계의 수업과정을 제작하여야 한다. 이러한 과정은 다음 〈그림 2-8〉에서 보여주는 과학적 지식의 생산과



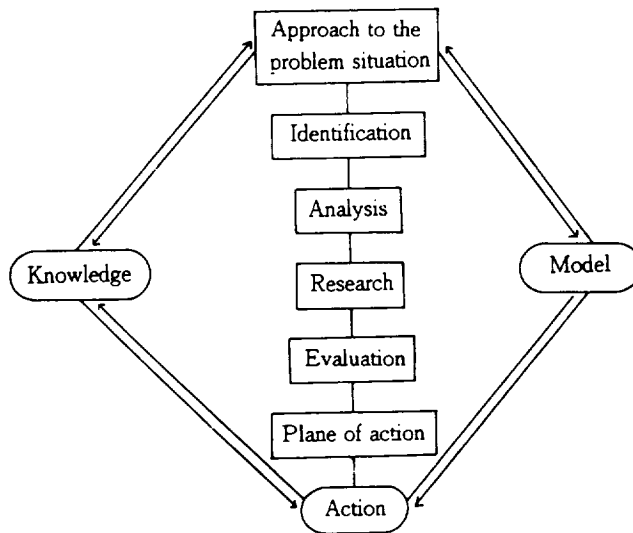
<Fig 2-7> The generalized laboratory computer application.

정을 거침으로써 Wilson<sup>2)</sup>이 지적한대로 문제를 유발하는 자극에 관하여 그 변인(Variable)과 속성(Attribute)을 탐색하고 발견하여 나가기 위해 수행되는 광범위한 활동을 탐구라고 정의했듯이 실험을 통한 모델의 형성은 탐구학습과정에 직결되며 모델 제작은 과학적 방법으로 개념과약을 용이하게 하여 주는 창조적 활동으로 표현할 수 있다.<sup>3)</sup>

새로운 가치의 발견 및 전통적인 가치에 관한 수정은 어떤 문제에 부딪치고 확인하고 분석하여 연구하고 평가단계를 거쳐 실천계획을 수립하고 수행함으로써 그 의의를 찾을 수 있으며 실험모델에 관한 과학적 가치체계가 정립된다고 볼 수 있다(그림 2-9).



<Fig 2-8> The product in terms of scientific model.



<Fig 2-9> Application and formulating of scientific model.

### Ⅲ. 연구의 실제와 결과

#### 1. 가격이 저렴한 실험

교실에서의 실험활동에 드는 비용을 줄이기 위하여 사용할 수 있는 많은 방법들 중에는 다음과 같은 것들이 있다.

- (1) 교사의 시범실험
- (2) 소집단 실험
- (3) 주변의 자원과 기구의 활용

가. 재생 가능한 재료의 사용

나. 잡화상에서 싸값으로 구입할 수 있는 재료(소금, 나프탈렌, 유황, 중탄산 소다 등)의 사용

다. 적은 경비, 작은 규모의 실험설계

라. 값싼 비용의 간단한 기구(분젠버너 대신 알콜램프, 천칭 대신 눈금스푼, 피펫 대신 주사기 등)의 사용.

실험비용을 줄이기 위해서는 학생들을 분단별로 활동하게 하는 것이 효과적이며 본 논문에서 시도한 수정된 화학실험은 실험경비를 경감시키는 방향으로 특별과정이 설계되었다.

#### 실험 1. 순물질의 녹는점

- 1) 기구 : 18×150mm 시험관, 온도계(-10~110°C) 초시계, 600ml 비이커, 링, 클램프
- 2) 시약 : 물, 얼음, 소금
- 3) 과정
  - 가. 600ml의 비이커에 125ml의 소금물과 얼음을 전반쯤 채워 놓는다.
  - 나. 2-3ml의 물을 넣은 시험관에 온도계를 꽂아 가에서 준비한 비이커에 담근다.
  - 다. 시험관이 깨지지 않도록 주의하면서 가끔 온도계로 저어주고 30초 간격으로 변화되는 온도를 측정한다.
  - 라. 시험관의 물이 얼어 -7°C 정도가 되면 7°C 정도 되는 물중탕으로 옮겨 30초 간격으로 변화되는 온도를 측정한다.
  - 마. 냉각 및 가열 시간과 온도와의 관계를 그래프용지에 그린다.
- 4) 장점
  - 가. CHEM study 화학실험에서 p-dichlorobenzene을 사용한 때와 비슷한 결과를 얻을 수 있다.

나. 시약의 가격면에서 볼때 소금은 매우 저렴한 값이며

다. 실험이 끝난 후 실험기구의 세척이 p-dichlorobenzene을 사용했을 때보다 훨씬 용이하다.

#### 5) 단점

학생들이 실험할 때 -10°C이하의 온도를 측정할 수 있는 온도계를 구입하기가 용이하지 않다.

#### 6) 결론

이 실험은 실질적으로 비용이 적게 들기 때문에 CHEM study 실험대신 사용할 수 있는 우수한 실험이다.

#### ○ 참고

얼음이 충분치 않을 때는 다수의 실험조가 같은 얼음 비이커를 사용할 수 있다.

#### 실험 2. CuCl<sub>2</sub> 용액에서 Fe의 반응

반응 :  $Cu^{2+} + Fe \rightarrow Fe^{2+} + Cu$

#### 1) 기구

250ml 삼각플라스크, 알콜램프, 고무마개, 저울

#### 2) 시약

CuCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O 1g(0.00587 mole) 못 4개(3.5-4.0g)

#### 3) 정

가. 질량을 측정된 플라스크에 물 30ml을 넣고 끓인 후 CuCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O를 녹여 녹색을 띤 청색 수용액을 만든다.

나. 못을 플라스크에 넣고 고무마개를 한다.

다. 구리가 못의 표면에 석출되는데 다음날 황색으로 변화된 용액 속에서 못을 흔들어 구리를 떼어내고 못을 깨끗이 세척한 후 건조시켜 질량을 측정한다.

라. 플라스크속의 용액을 가만히 기울여 따라낸 후 구리를 세척하고 램프로 가열하여 완전히 건조시킨다음 질량을 측정한다.

#### 4) 결과(sample data)

반응전 Fe의 질량 : 3.725g

반응후 Fe의 질량 : 3.406g

Fe의 질량 변화 : 0.319g(5.712×10<sup>-3</sup>mole)

CuCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O의 질량 : 1.016g

플라스크+구리의 질량 : 83.532g

플라스크의 질량 : 83.145g

구리의 질량 : 0.378g(5.948×10<sup>-3</sup> mole)



$$\frac{\text{반응한 구리(mole)}}{\text{반응한 철(mole)}} = \frac{5.948 \times 10^{-3}}{5.712 \times 10^{-3}} = 1.04$$

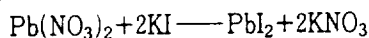
즉,  $\text{Cu}^{+}$ 와  $\text{Fe}$ 는 몰비로 1:1로 반응한다.

### 5) 장점 및 결론

CHEM study 화학실험에서 사용한  $\text{AgNO}_3$ 와  $\text{Cu}$ 보다 적은 비용으로 실험할 수 있으며 실험 결과도 만족하다.

### 실험 3. 화학변화에 따르는 질량관계(1)

#### ○ 화학반응



#### 1) 기구

비이커(400ml, 250ml), 알콜램프, 저울

#### 2) 시약

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  : 2.161g(0.00652mole)

$\text{KI}$  : 2.400g(0.01445mole)

#### 3) 과정

가. 400ml의 비이커에 150ml의 물을 넣고  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 를 녹여 가열한다.

나. 60ml의 물에  $\text{KI}$ 를 녹여  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  용액에서 서서히 저어 주면서 혼합하여 노랑색 침전을 형성시킨다.

다. 침전의 형성이 완성되면 비이커를 가만히 기울여 용액을 따라내고 침전물을 완전히 건조하여 질량을 측정한다.

(침전의 질량 : 2.821g)

※ 침전을 가열하면 색깔이 노랑색으로 부터 옅은색으로 변화되며 냉각하면 다시 노랑색으로 되는데 이것은 화학변화가 아니라 구조 변화 때문이다.

#### 4) 장점 및 결론

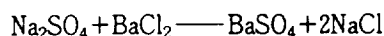
이해하기쉬운 치환반응이며 반응 수득율을 94%이다.

불용성 금속 수산화물을 만들기위해 염화구리(II)와 수산화물을 반응시키는 방법이 있는데 금속 수산화물침전은 너무 가볍고 미세하여 비이커를 기울여 용액을 따라내는 방법으로 침전을 분리하기가 어렵고 또한 침전이 풀과 같은 상태이기 때문에 여과에 의해서도 침전을 정량적으로 분리하기도 어렵다. 그리고 침전을 미열로 가열하더라도 색깔이 완전히 변화되는데 이것은 금속수산화물+열-금속산화물+물의 화학변화에서 기인한다고 생각된다.

따라서 이 실험은 결과면에서 볼때 바람직한 실험이 되지 못하는 반면 본 실험은 CHEM study 화학실험에 비해 적은 경비로 좋은 결과를 얻을 수 있는 실험이다.

### 실험 4. 화학변화에 따르는 질량관계(2)

#### ○ 화학반응



#### 1) 기구

400ml 비이커, 삼발이, 알콜램프, 석면망, 메스 실린더, 시계접시, 유리봉, 저울, 여과지, 깔대기

#### 2) 시약

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  2.000g

$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  3.700g C-HCl

#### 3) 과정

가. 150ml의 물에  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 를 녹인후 1ml의 진한 염산을 가한다.

나.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  수용액을 가열하면서 60ml 물에  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 를 녹인 수용액을 천천히 저어주며 가하여 흰색 침전을 만든다.

침전이 완성되었는지 확인하기 위해 침전을 가라 앉힌 후 상층 용액에  $\text{BaCl}_2$  용액을 몇 방울 떨어뜨려 본다.

다.  $\text{BaSO}_4$  침전을 여과하여 시계 접시위에 놓고 알콜램프로 완전히 건조 시킨다음 질량을 측정한다.

#### 4) 결과

생성물의 질량은 3.233g으로 수득율은 98.5%임.

#### 5) 장점

CHEM study 화학실험의  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl}$ 반응 보다 비용이 적게 든다.

#### 6) 단점

침전의 분리가  $\text{AgCl}$  보다 조금 어렵다.

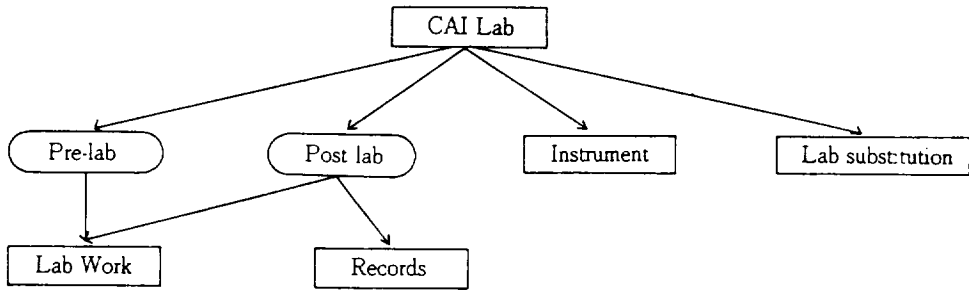
#### 7) 결론

이 실험은 비용이 적게들고 결과도 꽤 만족할 만 하므로 CHEM study 실험대신 실험실 경험교육에 이용할 수 있다.

### 실험 5. $\text{PbCl}_2$ 의 용해적 측정

#### 1) 기구

비이커, 알콜램프, 저울



〈Fig. 3-1〉 Application of computer assisted instruction lab.

2) 시약

PbCl<sub>2</sub> 약 30g  
 못 약 3g

3) 과정

- 가. PbCl<sub>2</sub> 포화 수용액 100ml가 담긴 비이커에 질량을 측정 한 못 2개를 넣고 가열한다.
- 나. Pb<sup>2+</sup> + Fe — Pb + Fe<sup>2+</sup>의 반응에 따라 못 표면에 납이 석출되는데 다음날 못을 잘 세척하고 건조한 후 질량을 측정한다.

4) 결과

가. sample data

반응전 못의 질량 : 2.819g  
 반응후 못의 질량 : 2.700g  
 못의 질량 변화 : 0.119g

나. Sample Calculation

0.119 / 55.8 = 0.002133 mol / 100ml  
 [pb<sup>2+</sup>] = 0.02133 mol / l  
 [Cl<sup>-</sup>] = 0.04266 mol / l  
 K<sub>sp</sub> = [pb<sup>2+</sup>] [Cl<sup>-</sup>]<sup>2</sup> = (0.02133) (0.04266)<sup>2</sup>  
 = 3.88 × 10<sup>-5</sup>

5) 장점 및 결론

포화수용액을 실온에서 만들었으며 이온도에서 PbCl<sub>2</sub>의 K<sub>sp</sub> 값은 문헌에도 수록되어 있지 않고 고온에서의 실험치만이 알려져 있다. 또한 CHEM study 화학실험에서 사용한 CH<sub>3</sub>COOAg 와 Cu보다 비용이 적게 든다.

## 2. 컴퓨터 보조수업 모형

실험과정 중 대치실험에서 simulation의 이용방안 과 전략 등은 개인지도식 CAI와 유사하다. 그러나

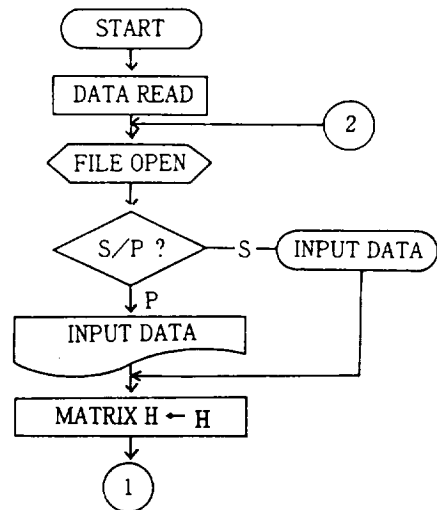
microcomputer를 이용하여 실험 data를 처리하거나 기기를 조정함에 있어서는 Interfacing기술이 요구된다.

물질의 화학적 구조와 반응에 대한 수치와 수식의 simulation하기에 적절한 형태를 취하고 있기 때문에 비교적 활발하게 이용되어 왔으며 물질의 화학적 구조 등에 유익한 정보를 얻어낼 수 있다(그림 3-1).

여기에 과학교육의 몇가지 기초실험에 대한 컴퓨터 보조수업의 모형을 제작하여 제시한다.

### 1) 공명에너지의 계산

최근 화학결합을 논의하는 데 있어서 분자궤도함수 이론은 간단한 이 원자에서부터 거대한 분자에 이르기까지 각종 무기 유기화합물에 대한 전자상태를 계산함으로써, 이들의 결합상태를 합리적으로 설

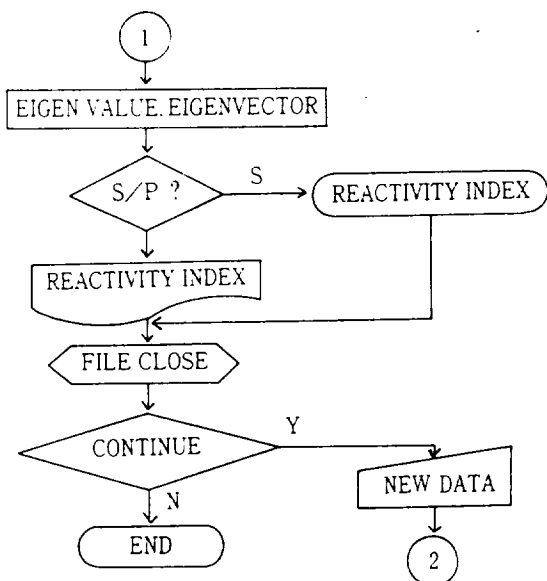


〈Fig.3-2〉 Flow-chart of MO program 1.

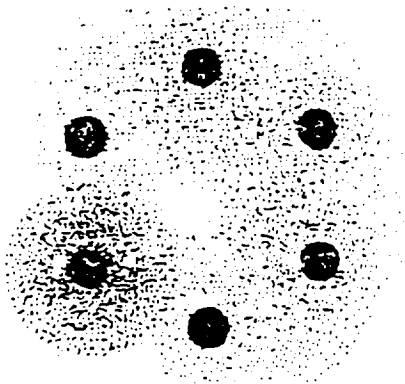
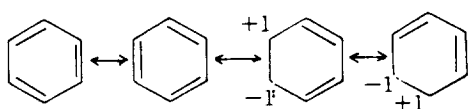
명하는 데 가장 효과적인 근사 방법으로 알려져 있다.

고등학교 및 대학 초급과정에서 취급되는 공명에너지에 대한 계산 모델을 제시 하였다.

이 프로그램의 Flow Chart는 다음 <그림 3-2> 및 <3-3>에 나타내었으며 Data를 읽고 고유치 및 고유벡터를 계산하여 분자의 안정도를 예측하고 각 반응성 지수를 얻으므로써 반응성에 관한 논의를 할 수 있도록 제작하였다. <sup>25</sup>



<Fig. 3-3> Flow chart of MO program 2.



<figure 3-4> Resonance structure of reacting benzene

<Table 5> The calculation results of resonance energy

Orbital Energies of Benzene

|          |        |        |        |         |         |         |
|----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| N=1 to 6 | 2.0000 | 1.0000 | 1.0000 | -1.0000 | -1.0000 | -2.0000 |
|----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|

LCAO Coefficients

|          |          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| I=1 to 6 | J=1 to 6 |          |          |          |          |          |
| 1        | -0.40825 | 0.50000  | 0.28868  | -0.28868 | 0.50000  | -0.40825 |
| 2        | -0.40825 | 0.50000  | -0.28868 | -0.28868 | -0.50000 | 0.40825  |
| 3        | -0.40825 | 0.00000  | -0.57735 | 0.57735  | 0.00000  | -0.40825 |
| 4        | -0.40825 | -0.50000 | -0.28868 | -0.28868 | 0.50000  | 0.40825  |
| 5        | -0.40825 | -0.50000 | 0.28868  | -0.28868 | -0.50000 | -0.40825 |
| 6        | -0.40825 | 0.00000  | 0.57735  | 0.57735  | 0.00000  | 0.40825  |

Resonance Energy of Benzene  
6a+8b-(6a+6b)=2b, 36Kcal/mole

## 2) 분자구조

단순한 직각좌표상의 그래프작성에서부터 3차원적인 분자모형의 회전에 이르기까지 컴퓨터 그래픽은 CAI 프로그램작성에 널리 이용된다. 분자의 3차원적인 구조를 2차원인 모니터의 평면에 나타내기 위해서는 투영면(Projection)을 결정한다.

원하는 분자의 구조를 보기 위해서는 Translation, Rotation, Reflection 등에 의해 분자의 방향을 잘 고정시켜야 한다.

<Table 6> Initial atomic coordinates of benzene

| INITIAL ATOMIC COORDINATES |          |        |          |      |
|----------------------------|----------|--------|----------|------|
| ATOM                       | X        | Y      | Z        | TYPE |
| CC (1)                     | -0.0000  | 0.0000 | 0.0000   | (2)  |
| CC (2)                     | -1.26200 | 0.0000 | -0.62600 | (2)  |
| CC (3)                     | -1.26200 | 0.0000 | -2.92600 | (2)  |
| CC (4)                     | -0.0000  | 0.0000 | -2.65200 | (2)  |
| CC (5)                     | 1.26200  | 0.0000 | -2.92600 | (2)  |
| CC (6)                     | 1.26200  | 0.0000 | -0.62600 | (2)  |
| HC (7)                     | -0.0000  | 0.0000 | 1.10000  | (5)  |
| HC (8)                     | -2.15000 | 0.0000 | -0.40000 | (5)  |
| HC (9)                     | -2.15000 | 0.0000 | -2.60400 | (5)  |
| HC(10)                     | -0.0000  | 0.0000 | -3.75200 | (5)  |
| HC(11)                     | 2.17800  | 0.0000 | -2.60400 | (5)  |
| HC(12)                     | 2.17800  | 0.0000 | -0.40000 | (5)  |

|                 |         |             |         |         |
|-----------------|---------|-------------|---------|---------|
| TOTAL ENERGY IS | 25.2001 | KCAL.       |         |         |
| COMPRESS        | 14.3136 | VANDERWAALS | TORSION | 6.0000  |
| BENDING         | 1.8929  | 1.4         | 3.4363  |         |
| STR-BEND        | -0.0006 | OTHER       | -3.3621 | DIPLCNG |
|                 |         |             |         | 0.0000  |

<Table 7> Final atomic coordinates of benzene

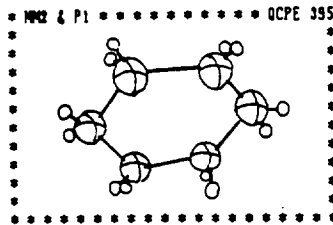
| FINAL ATOMIC COORDINATES AND BONDED ATOM TABLE |          |         |          |      |                 |
|------------------------------------------------|----------|---------|----------|------|-----------------|
| ATOM                                           | X        | Y       | Z        | TYPE | BONDED TO ATOMS |
| CC (1)                                         | -0.82243 | 0.00000 | 0.1125   | (2)  | 2, 6, 7,        |
| CC (2)                                         | -1.16762 | 0.00000 | -0.8925  | (2)  | 1, 3, 8,        |
| CC (3)                                         | -1.13346 | 0.00000 | -2.03125 | (2)  | 2, 4, 9,        |
| CC (4)                                         | 0.4501   | 0.00000 | -2.67276 | (2)  | 3, 5, 10,       |
| CC (5)                                         | 1.15100  | 0.00000 | -1.37230 | (2)  | 4, 6, 11,       |
| CC (6)                                         | 1.15670  | 0.00000 | -0.63032 | (2)  | 1, 5, 12,       |
| HC (7)                                         | -0.85042 | 0.00000 | 1.11400  | (5)  | 1,              |
| HC (8)                                         | -2.13670 | 0.00000 | -1.6074  | (5)  | 2,              |
| HC (9)                                         | -2.07516 | 0.00000 | -2.60725 | (5)  | 3,              |
| HC(10)                                         | 0.7301   | 0.00000 | -3.77631 | (5)  | 4,              |
| HC(11)                                         | 2.16473  | 0.00000 | -2.49978 | (5)  | 5,              |
| HC(12)                                         | 2.09045  | 0.00000 | -0.85426 | (5)  | 6,              |

CENTER OF MASS  
X = 0.1163 Y = 0.0000 Z = -1.33076

MOMENT OF INERTIA WITH THE PRINCIPAL AXES (UNIT = 1000(-39) CM<sup>2</sup>CM<sup>2</sup>)

IX = 13.7754 IY = 13.7780 IZ = 27.5534

MM2 VERSION



THE COORDINATES OF 12 ATOMS ARE READ IN.

CONFORMATIONAL ENERGY, PART 1: GEOMETRY AND STERIC ENERGY OF INITIAL CONFORMATION.

CONNECTED ATOMS

1- 2- 3- 4- 5- 6- 1-

ATTACHED ATOMS

1- 7, 2- 8, 3- 9, 4-10, 5-11, 6-12.

<Figure3-5> The structure of benzene model by MM2

### 3) 몰 개념

원자량 분자량계의 발전은 원자설에 기초를 두고 있다. 탄소 1g 원자와 산소 1g 원자의 결합은 1g 분자의 CO가 형성되는데, 이것은 탄소 No 즉 원자수와 산소 No 원자수가 결합하여 No개의 CO가 된다는 것과 일치한다. 즉 어떤 원소의 1g 원자는 No개의 원자를 포함하여 화합물 1g 분자는 No개의 분자를 포함한다. 이때 No수는 Avogadro수라고 하며  $No = 6.0221 \times 10^{23}$ , 몰은 Avogadro 수의 입자를 포함하는 물질의 양으로 정의한다.

몰(Mole)계산<sup>27)</sup>

1. 변수가 하나인 문제
2. 변수가 둘인 문제
3. 여러 형태의 문제

Ex 1. GAME VALUE 8.01

He 원자는 게임값  $\times 10^{23}$ 개의 원자를 가지고 있다.

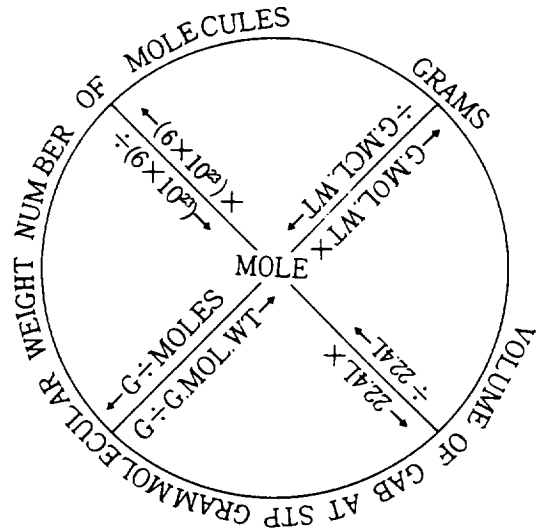
Sample의 g수는?

Ans : 5.34

Ex 2. GAME VALUE 6.37

주어진 값은 게임값  $\times 10^{23}$ 의 분자수이다. 표준상태에서 어떤 기체의 부피(ml)를 계산한다.

Ans : 1929.7



<Fig 3-6> The Mole Calculator Model

### 4) Rutherford의 실험

거시적 관찰에 의해서 제안된 무게와 부피를 결합하는 법칙들은 원자의 개념으로 설명할 필요가 있다. 미시적 개념(Microscopic Concepts)을 적용하며 원자를 구성하고 있는 입자들(전자·양성자·중성자)과 원자핵의 성질을 알아본다.

Rutherford는 얇은 금박( $6 \times 10^{-5}$ cm의 두께)에  $\alpha$ -입자를 충돌시켜  $\alpha$ 입자가 어떻게 산란되는가를 Zn S 형광막에 생기는 번쩍거림으로 관찰하였다. 대부분의  $\alpha$ 입자는 금박을 곧장 통과했으나 경우에 따라서는  $\alpha$ 입자는 큰 각도로 휘어졌으며 뒤로 산란되는  $\alpha$ 입자도 드물게 관찰되었다. 여기서 입자수와 원자핵의 밀도를 계산해 보자.<sup>28)</sup>

Prob. 1. 입자수 계산

$$(\theta) = 2.07 \times 10^{-30} Z^2 \left( \frac{1}{\sin^4(\theta/2)} \right)$$

Z : 목표 금박속의 원자수

$\theta$  : 흩어진 각도

Prob. 2. 원자핵 밀도 계산

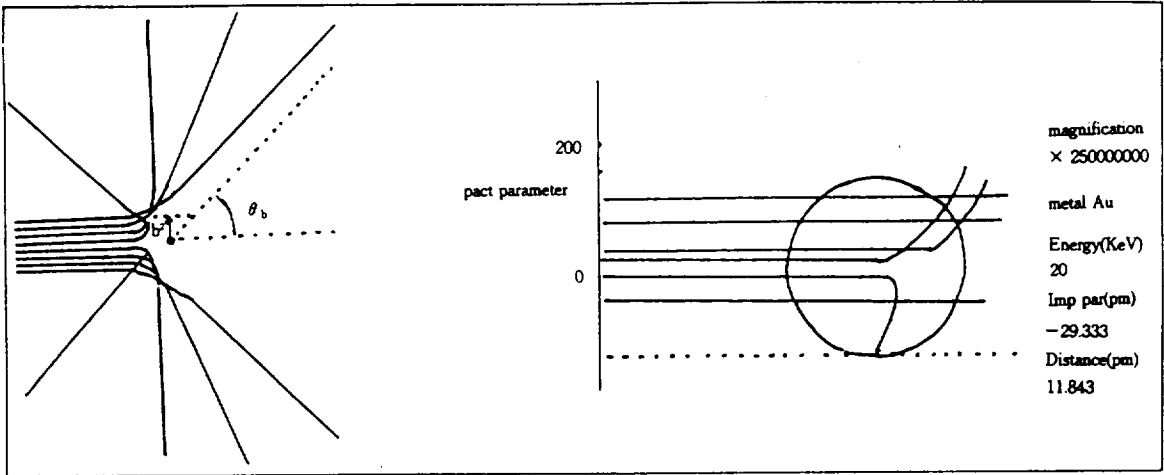
반지름이  $7.7 \times 10^{-13}$ cm인 금 원자핵밀도는?

$$M = (197 \text{amu}) (1.66 \times 10^{-24} \text{g amu}^{-1})$$

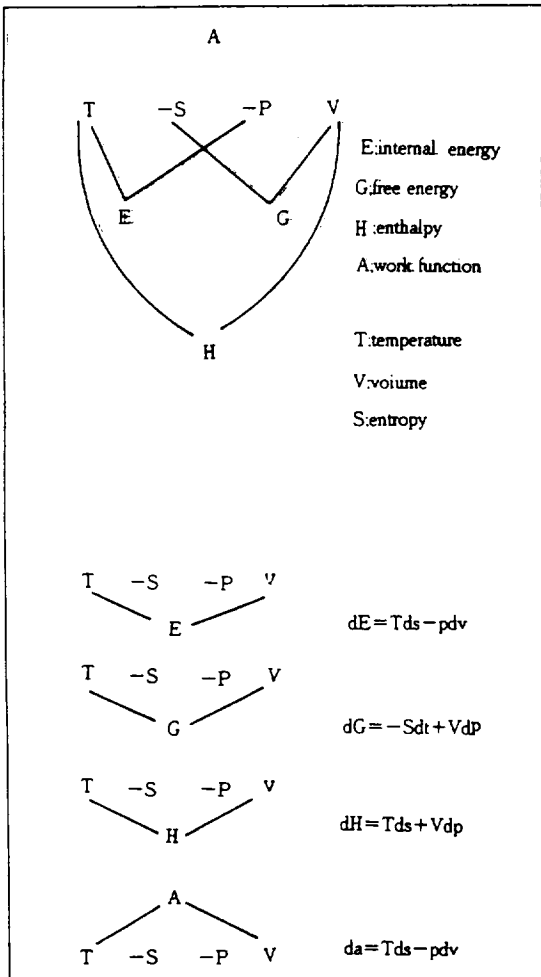
$$= 3.27 \times 10^{-22} \text{g}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi (7.7 \times 10^{-13} \text{cm})^3 = 1.9 \times 10^{-36} \text{cm}^3$$

Ans : 밀도  $M/V = 1.7 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$



<Fig 3-7> Rutherford's Experiment Model



<Figure 3-8> Thermodynamic parameter model

### 5) 열역학적 과정

열역학은 과학을 이해하는 데 있어서 매우 확실하고 강력한 이론적 도구의 하나이다. 또한 열역학은 화학 및 물리학을 이해하는 데 기본이 되며 천문학과 지질학에 있어서도 열역학적 법칙은 중요한 의미를 가질뿐 아니라 생물학에서의 역할도 점차 증대되고 있다. 열역학의 가장 중요한 특징은 그 기본 법칙들의 다양함에 있으며, 열역학의 장점도 몇가지 법칙으로부터 많은 물리학적 결론을 유추해 낼 수 있다는 데 뜻이 있다.<sup>(3)</sup>

## IV. 결론 및 제언

### 1. 결론

교육현장에서 중요한 것은 실험결과보다 실험방법 및 과정이라 할 수 있으며 실험활동이 학생들로 하여금 구체적 경험을 제공하며, 과학자로서의 역할과 문제 해결 능력을 길러 줄 수 있기 때문이다. 본 논문에서 가격이 저렴한 실험(Low-cost Experiment)에서 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 순물질의 녹는 점에서 p-Dichlorobenzene을 소금으로 대체한 결과 CHEM과 비슷한 결과를 얻었다.

(2)  $CuCl_2$  용액에서 Fe의 반응을 보기 위하여 못을 이용하여  $AgNO_3$ 와 Cu보다 적은 비용으로 실험할 수 있도록 하였다.

(3) 화학변화에 따르는 질량관계(1)는 이해하기 쉬운 치환방응으로서 반응 수득율은 94%이었다.

(4) 화학변화에 따르는 질량관계(2)는 생성물의 질량은 3.233g으로 수득율은 98.38%를 얻었다.

(5)  $PbCl_2$ 의 용해적 측정에서 포화수용액을 실온에서 만들었으며 이 온도에서  $PbCl_2$ 의  $k_{sp}$  값을 결정하였다.

개인용 컴퓨터를 이용하여 CAI Model을 개발하였다. Simulation은 단순히 컴퓨터에 의한 것이므로 실험기법을 익히고 탐구력을 기르는 데 실제 실험보다 못하다고 할 수 있으나 실제 실험적 예비학습에 이용될 수 있으며 실험후 Data 처리에 많은 도움을 제공할 수 있다.

물 개념과 Rutherford 실험, 열역학적 과정은 확실한 개념학습에 도움을 줄 수 있으며, 화학 결합에서 분자구조나 공명에너지에 대한 실제 계산을 수행할 수 있도록 제작하였다.

## 2. 제언

실험실 경험은 최근까지 강조되어 온 실험기구의 조작기술의 발달뿐 아니라 관찰결과 및 Data로부터 얻어진 개념학습을 뒷받침 해 줄 것이다. 실험실 경험에 대한 개념은 교실밖에서 겪게 되는 직접적인 경험들을 포함하는 범위로까지 확장되어야 한다.

자연과, 가정, 그리고 기타 주위 환경들이 모두 과학을 학습하는 자원으로 활용될 수 있다. 가격이 저렴한 실험(Low-cost Experiment)은 우리나라의 고등학교 교육과정에서 실험을 충분히 수행하지 못한 실정으므로 값비싼 시약을 대치하는 실험개발이 지속적으로 이루어져야 한다. 또한 실험실 활동을 강화하는 창조적 교육이 이루어질 수 있도록 입시제도의 개선 등을 통한 환경개선이 이루어져야 한다.

컴퓨터 보조학습용 모델들은 현재 국내에서 직접 교실에 이용할 수 있는 과학 교육용 소프트웨어가 매우 부족한 현실이다. 우리 교과과정에 맞는 수업이나 개인 학습에 이용할 수 있도록 외국에서 개발된 프로그램에 대한 적용 연구가 필요하다.

과학교육용 학습자료의 개발과 교과과정 전반에 대한 체계적인 컴퓨터 보조학습자료의 개발을 위하여 Project Work의 도입이 필요하다. 실험실 경험의 다른 한 분야로서 과학과 연관된 사회문제를 연구하

는데 있어서도 매우 유의하므로 참신한 Idea와 그것을 뒷받침해 줄 수 있는 정보와 재원이 필요하다.

이러한 Project Work를 활성화하기 위하여 교사들의 과학 활동을 유도할 수 있는 기회를 확대하여 창조성을 기르기 위한 과학교육이 될 수 있도록 제도적인 장치가 바람직하다.

## References

1. I.K.Davies. "Objectives in Curriculum Design". McGraw-Hill: London 1976
2. R.J.Kibler et al. "Objectives for Instruction". Allyn and Bacon. Boston. 1981
3. R.F.Mager. "Preparing Instructional Objectives". 2nd Ed., Fearon Belmont. 1975
4. E.Kean. J.Chem.Educ., 59, 956(1982)
5. S.E.Richardson. J.Chem.Educ., 56 602(1979)
6. J.D.Herron et al. Science Educ., 61, 185(1977)
7. R.M.Gagné. "The Conditions of Learning". 3rd ed. N.Y Hot Rinehart. 1977
8. D.W.Oxtoby "Principles of modern Chemistry". Academy. N.Y. 198
9. F.W.Carson. J.Chem.Educ., 55 646(1978)
10. W.K.Lee. J.Kor.Chem.Educ., 10 33(1983)
11. J.T.Robinson. "Research in Science Education". DERE. ERIC. 1981
12. A.C.Norris. "Computational Chemistry". Wiley. N.Y., 1981
13. D.L.Peterson and M.E.Fuller. J.Chem.Educ., 48 314(1971)
14. I.J.McNaught. J.Chem.Educ., 57 101(1980)
15. E.Heilbronner. J.Chem.Educ., 56, 240(1979)
16. UNESCO. "Chemistry Curriculum and Teaching Materials" Bangkok. 1982
17. UNESCO. "Trends and Problems in Science and Teaching Technology Education". Bangkok. 1972
18. A. Nicholls and S.H.Nicholls. "Developing a Curriculum". 32. George Allen and Unwin. London. 1972
19. H.L.Jones and J.M.Russell. J.Research.Sci.Teaching. 16, 489(1979)
20. P.N.Swarztrauber. Math Comp. 33, 185(1979)
21. B.L.Meek and S.Fairthorne. "Using Computers". Ellis Horwood. Chichester. 1977
22. J.T.Wilson. "Processes of Scientific Inquiry" Science Educ., 58, 127(1974)

24. J.H.Kim and K.H.Lee. J.Kor. Educ.. 10. 100(1983)  
25. J.H.Kim. *ibid.*. 10. 109(1983)  
26. J.H.Kim. Bull. Kor-Chem-Soc.. 10. 227(1989)  
27. J.D.Herron. J.Chem.Educ.. 52. 725(1975)

28. J.W.Moore Ed."Interations:Computing in the Jornal  
of Chemical Education. ACS. 1981  
29. J.H.Kim. J.Kor.Chem.Educ.. 3. 76(1976)

## ABSTRACT

# A Study on the Improvement of Science Education With Experimental Model and it's Programming( I )

Ki-Jong Lee, Kwang-Ho Lee, Jong-Chul Lee, Ja-Hong Kim  
Chonbuk National University

A curriculum for teaching materials in Science Education was studied as a model for modified experiment on fundamental courses. Conscious effort can be made to desingn experiments that require minimum apparatus; that require low-cost equipment that can be made from cheap locally available materials. Computer-aided instruction programs at high school, freshman course level have been developed. The software package was consist of five programs: The program contains explanation and problems for the calculation of resonance energy, molecular structure, mole concept. Rutherford's experiment, thermodynamic processes. Special course equipment package explanation mole concept, Rutherford's experiment, thermo dynamic processes. Special course were designed in Science Education with the understanding that to a certain extent science values would be covered in all of the modified experiments and program models.