

고등학교 물리의 기체 분자 운동론에서 웹 활용 모의실험이 학습에 미치는 효과

노학기* · 공윤식 · 박창영 · 정기수

경상대학교

The Effect of Web-Aided Laboratory on Molecular Dynamics of High School Physics Course

Roh, Hackkie* · Kong, Younsig · Park, Changyoung · Chung, Kisoo

Gyeongsang National University

Abstract: A developed Web-aided laboratory program visualized invisible gas. In the Web-aided laboratory temperature and pressure were controlled and the resultant findings were presented as types of graphs, disclosed in the form of an analyzed report. A Web-aided laboratory experiment and traditional experiment group(2 classes) were assembled from a farming village co-educational high school and taught the motion of molecule lesson for 2 class hours. Before actual class instruction, to survey learner motivation characteristics, the short-version GALT, the test of attitudes toward science instruction, was administered. After instruction, student learning achievement, TOSRA, and IMMS, were administered to the two groups. To analyze data ANCOVA was administrated. Result found that attitudes towards science instruction did not significantly differ, but learning motivation and achievement were significantly altered.

Key words: Web-Aided Laboratory, Molecular Dynamics.

I. 서 론

지식정보화 사회로 인하여 각 교실의 컴퓨터가 초고속 통신망과 연결되어 수업의 많은 부분에 이용되고 있다. 컴퓨터는 1950년대 후반부터 교육에서 사용되기 시작하여 워드프로세스, 스프레드시트, 데이터베이스, 그래픽, 실험실 컴퓨터 인터페이스 체제, 원격학습 등 교육적 활용을 확장시킨 것은 1970년대 중반이다. 오늘날의 컴퓨터는 실습을 제공하고 현장감 있는 시뮬레이션을 창출하고, 이전에는 얻을 수 없었던 실험 데이터를 수집하고, 이를 매우 빠르고 정확하게 처리하여 타당한 결론을 도출하게 하고, 방대한 양의 정보에 즉각적으로 접근할 수 있게 하고, 학생과 교사가 전 세계의 동료와 전문가들과 의사소통 할 수 있게 한다(김찬중 등, 2002). 정보화 시대에서의 과학교육의 목표를 제시하면서, 그 중에서 모든 학생에게 의미 있고, 실제적인 과학적, 공학적 경험을 제공하는 것과 미래의 정보화 사회에서 당면하게 될 문제에 대처할

수 있는 탐구기능의 개발을 특히 강조하면서 과학교육에서 컴퓨터의 도입의 필요성을 주장하였다(Collis, 1988). 또한, 안전문제나 장비부족으로 직접 실시하지 못했던 실험을 모의실험으로 대체할 경우, 직접 눈으로 볼 수 없는 미시 세계를 보여줄 수 있다(Kozma, 1991).

컴퓨터를 이용한 교수-학습의 효과에 대한 연구는 많은 선행연구를 통해서 이루어졌다. 특히 국내에서는 김재현 등(1990)이 중학생 2, 3학년 과학 중 화학분야에 대한 CAI(Computer-Assisted Instruction)를 개발하고 수업에 적용한 결과, 학생들의 실험에 대한 이해도나 학업 성취도에 효과가 있다고 보고하였으며, 심재규(1997)는 컴퓨터를 이용한 실험(Microcomputer Based Laboratory; MBL) 수업과 시간기록계를 이용한 전통적 실험수업을 고등학교 공통과학 중 “힘” 단원 학습에 적용하여 인지적인 영역 중 자료분석 측면과 정의적인 영역 중 흥미측면에서의 차이를 비교 분석했다. 분석결과 컴퓨터를 이용한 실험 수업이 전통

*교신저자: 노학기(hkroh99@hanmail.net)

**2004.10.4(집수) 2004.12.6(1심통과) 2005.7.17(2심통과) 2005.8.23(최종통과)

적 실험수업에 비해 자료분석 측면과 흥미 측면에서 더 효과적임을 보였다. 전재록(2004)은 예비교사들을 대상으로 MBL을 사용하여 뉴턴의 제2법칙 실험을 실시하여 최적조건, 정확도와 예비교사들의 선호도를 조사하여 7.7%의 상대오차로 비교적 정확한 결과값을 얻었고, 중·고등학교 과학실험에서 MBL실험 선호도가 높음을 보였다. 박창영(2003)은 기체 분자 운동의 수치해석기법을 개발하고, 이를 이용한 시뮬레이션을 제작하였다. 이것은 실제기체와 거의 유사하게 움직이기 때문에 기체 분자 운동론에 교육적 이용 가능성이 있음을 보였다.

한편, 웹을 통하여 실제의 실험을 수행하는 교육의 형태에 대해서 몇몇의 시도가 있었다. C. C. Ko *et al.*(2001)은 커플 탱크(Coupled Tank) 실험기구에 대하여 웹 기반 실험실(Web-Based Laboratory) 실험을 개발하였다. 카메라로부터 얻은 정보를 웹을 통하여 피드백 받고 제어하면서 실험이 가능하도록 설계되었고, 새로운 교육적 가능성을 확인하였다. Hugh(2002)는 인터넷 기반 실험(Internet-based experiments)이 원격교육의 향상과 실험교육과정의 확장, 과학에 있어 학생들의 많은 참여, 낮은 비용 등의 장점이 있다고 하였다.

제7차 교육과정의 과학교과 중 7학년 과학에서 기체 분자 운동론에 관한 내용을 배우고 고등학교 물리Ⅱ, 화학Ⅰ, 화학Ⅱ 교과에서 다시 접하게 된다. 중학생들이 기체 분자 운동 단원에서 기체의 행동을 이해하는데 많은 어려움과 오개념이 많이 나타나고 있다(노태희 등, 1996). 협동적 CAI를 이용하는 방법(노태희 등, 2002), 그림 그리기를 활용하는 방법(노태희 등, 2003), 대본을 통한 협동학습 방법(고한중 등, 2004) 등을 통하여 이를 해결하고자하고 하는 연구가 계속 이어지고 있다.

본 연구에서는 고등학교 물리Ⅱ의 운동과 에너지 단원 중 ‘기체의 분자 운동론’ 단원에 대하여 웹을 활용하여 실험이 가능한 형태의 웹 활용 모의실험(Web-Aided Laboratory)을 개발·적용하여 그 효과를 교과서에 제시된 전통적 실험과 비교하고자 한다.

본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- (1) 학생들에게 개별 웹 활용 모의실험을 실시한 수업이 조별 전통실험을 실시한 수업과 비교하여 과학 수업에 대한 태도에 미치는 효과가 있는가?
- (2) 학생들에게 개별 웹 활용 모의실험을 실시한 수업이 조별 전통실험을 실시한 수업과 비교하여 학습동기에 미치는 효과가 있는가?
- (3) 학생들에게 개별 웹 활용 모의실험을 실시한 수

업이 조별 전통실험을 실시한 수업과 비교하여 학업 성취도에 미치는 효과가 있는가?

II. 연구 내용 및 방법

1. 웹 활용 모의실험 개발

과학교육은 학습뿐만 아니라 실험이 중요하다. 실제 실험을 함으로써 학습한 내용을 확인할 수 있고, 새로운 사실을 발견할 수 있다. 하지만 모든 것을 실험을 통하여 학습하기에는 한계가 있다. 예를 들어 위험한 요소가 있는 주제들, 고가의 실험장비가 필요한 주제들, 미시적인 현상을 설명하는 주제들, 거시적인 현상을 설명하는 주제들, 시간의 영향을 많이 받는 주제들은 실제 실험이 불가능하거나 어려움이 많이 따른다. 이런 어려움은 모의실험을 이용하면 극복할 수 있다.

교실에서 실시하는 과학수업은 강의식 수업과 실험 수업으로 나누어 볼 때, Fig. 1과 같이 강의식 수업에 컴퓨터를 수업매체로 활용하면 CAI의 형태가 될 수 있고, 웹을 이용하면 시·공간의 제한이 없어지고, 많은 정보를 쉽게 활용 할 수 있는 등의 여러 가지 장점을 가지는 WBI(Web-Based Instruction)의 형태가 된다. 또한 실험수업에 컴퓨터를 이용하면 실험 상황에서 센서로부터 인터페이스를 통해 컴퓨터로 자료를 수집할 수 있고, 수집된 자료를 거의 실시간에 가깝게 분석하고 그래프화하는 컴퓨터 기반 과학실험(MBL)의 형태가 된다(박종원 등, 2001). 한편, CAI와 MBL은 여러 학생들이 한꺼번에 이용할 수 없고, 웹을 통한 자료의 접근이 용이하지 않다. 그래서 본 연구에서는 웹과 모의실험을 실험수업에 활용하여, 학습 뿐 아니라 모의실험으로부터 데이터를 취득하고, 그 결과를 스스로 분석하는 학습자료의 한 형태를 설계하였다. 이를 웹 활용 모의실험(Web-Aided Laboratory)이라 명명하였다. 이것을 통해 취득된 자료는 실험보고서, 수행평가 등의 자료로 사용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 사용한 웹 활용 모의실험 개발은 교수

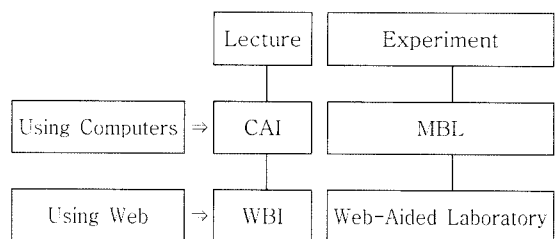


Fig. 1 Relation between Web-Aided Laboratory and media used computers

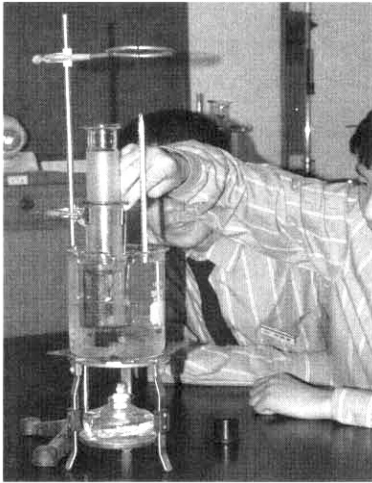


Fig 4. Experiment of Charles' law

의 법칙 실험을 전통적 실험 집단과 웹 활용 모의실험 집단으로 나누어서 실시하고, 실험 처치가 끝난 후 6, 7교시차시에는 과학 수업에 대한 태도검사, 사후 학습동기 검사, 학업 성취도 검사를 실시하였다.

웹 활용 모의실험 집단은 컴퓨터실에서 개인당 1대의 컴퓨터를 가지고 웹을 통하여 제시되는 웹 활용 모의실험을 시행하였다. 실험이 끝난 후 실험이력과 실험결과가 수록된 출력지를 개인당 1장씩 제출하게 하였다. 전통적 실험 집단은 학교 실험실에서 4인 1조가 되어 실험보고서를 활용하여 실험을 실시하고, 개인당 1장씩 실험보고서를 제출하게 하였다.

웹 활용 모의실험 집단의 실험 처치 첫째시간에 실시한 보일의 법칙에서 학습자는 시뮬레이션의 압력을 변화시키면서 부피의 변화를 측정한 후 측정 데이터를 입력한다. 그러면 컴퓨터에서 그래프가 그려지고, 관련된 정보가 수록된 출력지가 출력된다. 데이터를 취득하는 과정에서 분자들의 충돌은 분자의 개수가 적어 평형상태에 도달하는 시간이 걸린다. 전통적 실험을 하듯이 부피가 유동적으로 변하기 때문에 잠시 기다렸다가 어느 정도 일정한 값이 나타나면 그때의 값을 측정하였다. 실험 처치 둘째시간에 실시한 샤를의 법칙은 보일의 법칙과 형태와 실시방법이 비슷하며, 온도를 변화시키면서 부피의 변화를 측정하였다.

전통적 실험 집단의 실험 처치 첫째시간에 실시한 보일의 법칙에서 학습자는 눈금이 표시된 100ml짜리 주사기 위에 3kg의 추를 1개씩 증가시키거나, 감소시키면서 부피의 변화를 측정하였다. 실험 둘째시간에 실시한 샤를의 법칙은 Fig. 4에 예시한 것처럼 비커에 물을 넣고 그 물속에 100ml짜리 주사기와 온도계를 넣은 후 알코올램프로 간접 가열하면서 온도변화

에 따른 부피의 변화를 측정하였다.

4. 검사 도구

과학 수업에 대한 태도 검사는 Fraser(1981)의 TOSRA(Test of Science-Related Attitude) 중에서 '과학 수업에 대한 즐거움' 범주에 해당하는 10문항을 5단계 리커트 형식으로 사용하였고, 검사지의 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 사전 검사에서 .90, 사후 검사에서 .61였다.

학생들의 사전 학습동기를 측정하기 위한 검사 도구는 개인의 일반적인 학습동기를 측정하는 PALS(Patterns of Adaptive Learning Survey; Anderman & Young, 1994) 검사지에서 '학습전략'을 제외한 21문항을 5단계 리커트 형식으로 추출한 후, 일부 문항을 상황에 맞게 수정하였다. 검사지의 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .89였다. 학생들의 사후 학습동기 검사 지로는 상황·특수적인 학습동기를 측정하는 도구인 Keller(1983)의 IMMS(Instructional Material Motivation Scale) 문항 중에서 학습동기 하위 요소별로 A(주의 집중), R(관련성), C(자신감), S(만족감)와 각각 관련된 5문항씩 총 20문항을 5단계 리커트 형식으로 추출하여 사용하였다. 검사지의 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .91였다.

논리적 사고력 검사는 12문항으로 구성된 축소본 GALT(Group Assessment of Logical Thinking; Roadrangka, Yeany & Padilla, 1983)를 이용하였다. 검사지의 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .59이었다. 학업 성취도 검사는 객관식 6문항, 단답형 3문항, 논술형 2문항으로 구성되었고, 객관식과 단답형의 문항당 배점은 각각 1점, 논술형은 각각 3점씩이었다. 내용 영역은 기체분자운동론 중에서 보일의 법칙(기체의 압력과 부피 관계)과 샤를의 법칙(기체의 온도와 부피 관계)이다. 학업 성취도 검사는 교사와 과학교육 전문가가 4인으로부터 안면 타당도를 검증 받았으며, 논술형 문항의 경우 연구자의 주관에 의한 편견을 줄이기 위하여 전체의 약 10%를 2명의 채점자가 각각 채점하여 일치도를 구하였더니 92%가 나왔고, 이를 바탕으로 연구자 중 1인이 모든 채점을 실시하였다. 검사지의 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .67이었다

5. 분석 방법

통계분석은 실험 처치를 독립변인으로 하는 공변량 분석(ANCOVA)을 실시하였다. 과학 수업에 대한 태도 검사는 사전 검사 점수(사전-사후 검사 사이의 상관: $r=.445, p<.01$)를 공변량으로 하고 사후 검사 점

Table 1
Science instruction related attitudes scores of student

Treatment	Pre-test(5)		Post-test(5)	
	Mean	SD	Mean	SD
Traditional Experiment Group	3.17	.48	3.10	.36
Web-Aided Laboratory Experiment Group	3.00	.28	3.05	.28

() Maximum score

Table 2
ANCOVA results on the test scores of the attitudes toward science instruction

Treatment	M(SD)	Adj. M	df	MS	F	p
Traditional Experiment Group	3.10(0.36)	3.07	1	.001	.016	.900
Web-Aided Laboratory Experiment Group	3.05(0.28)	3.08				

수를 종속변수로 하는 공변량 분석을 실시하였다. 또한 사전·사후 과학 수업에 대한 태도의 변화를 알아보기 위하여 대응표본 T 검정(Paired T-test)을 실시하였다. 학습동기에 대한 검사는 PALS 점수(PALSIMMS) 사이의 상관: $r=.423, p<.01$ 를 공변량으로 하고 IMMS 점수를 종속변수로 하는 공변량 분석을 실시하였다. 또, 학업 성취도 검사는 GALT 점수(GALT 점수-학업 성취도) 사이의 상관: $r=.313, p<.05$ 를 공변량으로 하고, 학업 성취도 검사 점수를 종속변수로 하는 공변량 분석을 실시하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 통계 패키지를 사용하였다.

Table 4
ANCOVA results on the test scores on motivation

Source of variance	Traditional Experiment Group		Web-Aided Laboratory Experiment Group		df	MS	F	P
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M				
IMMS(5) ⁺	2.81(.27)	2.82	3.03(.35)	3.01	1	.427	5.117	.028*
Attention(5)	2.92(.44)	2.94	3.18(.43)	3.16	1	.619	3.707	.060
Relevance(5)	2.76(.36)	2.78	2.96(.43)	2.94	1	.343	2.411	.127
Confidence(5)	2.67(.46)	2.70	2.67(.58)	2.65	1	.035	.141	.709
Satisfaction(5)	2.87(.37)	2.88	3.28(.39)	3.28	1	2.034	13.662	.001*

⁺ Maximum score * $p<.05$

Table 3
Motivation scores of student

Treatment	PALS(5)		IMMS(5)	
	Mean	SD	Mean	SD
Traditional Experiment Group	2.67	.35	2.81	.27
Web-Aided Laboratory Experiment Group	2.76	.37	3.03	.35

() Maximum score

III. 결과 및 논의

1. 과학 수업에 대한 태도에서의 웹 활용 모의 실험 효과

웹 활용 모의실험 집단과 전통적 실험 집단에서 학생들의 사전·사후 과학(수업)에 대한 태도 검사 결과는 Table 1과 같았다. 사전 검사의 평균은 전통적 실험 집단이 3.17점, 웹 활용 모의실험 집단은 3.00점으로 전통적 실험 집단이 0.17점 높았다. 사후 검사는 전통적 실험 집단이 3.10점, 웹 활용 모의실험 집단은 3.05점으로 전통적 실험 집단이 0.05점이 높았다. 사전 검사에 비해 사후 검사에서는 웹 활용 모의실험 집단은 0.54점이 향상되었지만 대응표본 T 검증 결과 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($t=.925, p=.364$). 사전 검사에 비해 사후 검사에서는 전통적 실험 집단은 0.63점이 하락했지만, 대응표본 T 검증 결과 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($t=.710, p=.485$). 과학 수업에 대한 태도 검사에서 공변량 분석 결과는 Table 2와 같았다. 웹 활용 모의실험 집단의 교정평균이 전통적 실험 집단보다 0.01점 높았지만 통계적으로는 유의미한 차이가 없었다. 웹 활용 모의실험 집단과 전통적 실험 집단을 비교할 때 대응표본 T 검정

Table 5

Achievement scores of student

Treatment	GALT(12)		Achievement(15)	
	Mean	SD	Mean	SD
Traditional Experiment Group	4.56	1.83	5.04	2.58
Web-Aided Laboratory Experiment Group	4.04	2.46	7.12	3.00

() Maximum score

Table 6

ANCOVA results on the test scores of the achievement

Treatment	M(SD)	Adj. M	df	MS	F	p
Traditional Experiment Group	5.04(2.58)	4.91				
Web-Aided Laboratory Experiment Group	7.12(3.00)	7.24	1	68.13	9.99	.003*

* p<.05

과 공변량 분석 결과에서 유의미한 차이가 없는 것은 과학 수업에 대한 태도가 오랜 시간 동안 형성된 것이기 때문에 단기간의 처치에는 잘 바뀌지 않는 것으로 판단된다.

2. 학습동기에서의 웹 활용 모의실험 효과

학생들의 사전·사후 학습동기 검사 결과는 Table 3과 같았다. 사전·사후 학습동기 검사(PALS, IMMS) 점수가 모두 웹 활용 모의실험 집단이 전통적 실험 집단보다 높게 나타났다. 공변량 분석 결과는 Table 4와 같고, 웹 활용 모의실험 집단의 사후 학습동기 평균이 전통적 실험 집단보다 유의미하게 높았다. 또, IMMS의 하위범주 중 만족감에서 웹 활용 모의실험 집단이 전통적 실험 집단보다 유의미하게 높았다. 기체의 동적인 입자성을 눈으로 보이게 하여 역동적인 움직임을 직접 관찰하게 한 점, 미시적인 현상들이 어우러져 거시적인 변화를 나타내고 그 결과가 바로 확인 되는 점, 개별적인 실험을 하게 되어 참여의식이 높아진 점들이 학생들에게 만족감을 유발하는데 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다.

3. 학업 성취도에서의 웹 활용 모의실험 효과

사전 검사로 실시한 GALT 점수와 학업 성취도 점수에 대한 평균과 표준편차를 Table 5에 제시하였다. GALT 점수는 전통적 실험 집단이 웹 활용 모의실험 집단보다 높았지만 t 검정결과 유의미한 차이를 보이지 않았고($t=.523, p=.603$), 학업 성취도 점수는 웹 활용 모의실험 집단이 전통적 실험 집단보다 유의미하게 높았다($t=.2.562, p=.017$). 학업 성취도 점수에

대한 공변량 분석 결과를 Table 6에 제시하였다. 웹 활용 모의실험 집단의 학업 성취도가 전통적 실험 집단보다 유의미하게 높았다. 이것은 웹 활용 모의실험을 통하여 개별학습이 가능하게 되고, 온도가 올라감에 따라 부피가 변하는 것을 눈으로 확인하므로, 부피, 압력, 온도간의 개념과 관계에 대한 이해도를 높인 것으로 생각된다. 단, 기체분자운동론에 대한 개념 검사를 사전검사로 사용하고, 학업성취도를 사후검사로 사용하는 것이 바람직하나, 사전검사로 논리적 검사점수를 사용했기 때문에 결과는 제한적으로 해석된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 고등학교 기체 분자 운동론에 대한 웹 활용 모의실험을 개발하였다. 그리고 이것을 이용한 개별 실험수업과 교과서에 나오는 조별 전통적 실험을 비교하여 과학 수업에 대한 태도, 학습동기, 학업성취도에서 효과를 비교했다.

개별 웹 활용 모의실험 집단이 조별 전통실험 집단에 비해 정의적 영역인 과학 수업에 대한 태도에는 미치는 효과는 유의미한 차이가 없었다. 또 개별 웹 활용 모의실험과 전통적 조별 실험 모두 사전·사후 차이 검사 결과 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이것은 오랜 시간 동안 형성된 과학 수업에 대한 태도는 단기간에 바뀌지 않는 인간의 정의적 영역이라 생각된다.

개별 웹 활용 모의실험 집단이 조별 전통실험 집단과 비교하여 정의적 영역인 학습 동기에는 유의미한 차이를 보였고, 하위 영역 중에서 만족감 부분에서 유의미한 차이를 보였다. 컴퓨터라는 친숙한 매체를 사용하고 기체의 동적인 입자성을 강조한 상호작용적인

웹 활용 모의실험의 요소와 실험 후 출력된 결과를 바로 확인할 수 있음이 학생들에게 만족감을 유발하는데 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다.

개별 웹 활용 모의실험 집단이 조별 전통실험 집단과 비교하여 지적 영역인 학업 성취도에서 유의미한 차이를 보였다. 이것은 웹 활용 모의실험을 통하여 개별학습이 가능하게 되고, 온도가 올라감에 따라 부피가 변하는 것을 눈으로 확인하므로 부피, 압력, 온도간의 개념과 관계에 대한 이해도를 높인 것으로 생각된다.

본 연구는 중학교 시절의 학업성적이 하위인 농촌 지역 학생들을 대상으로 실시한 것이므로 학업성적이 높은 학생들을 대상으로 웹 활용 모의실험의 효과를 조사할 필요가 있고, 학생들의 특성에 따른 웹 활용 모의실험의 효과를 조사할 필요가 있다.

국문 요약

본 연구에서는 고등학교 물리교과의 ‘기체분자 운동론’ 단원에 대한 개별 웹 활용 모의실험을 개발·적용하여 과학 수업에 대한 태도, 학습동기, 학업성취도에서 미치는 효과를 조별 전통실험 집단과 비교하여 알아보았다.

농촌지역에 위치한 고등학생(조별 전통실험 집단 1학급, 개별 웹 활용 모의실험 집단 1학급)을 대상으로 기체 분자 운동론 단원에 대하여 실험 처치를 2차시 동안 실시하였다. 모의실험은 기체에 대한 실험에서 눈에 보이지 않는 기체를 시각화하여 눈에 보이는 입자로 표현되었고, 온도 및 압력을 자유롭게 변화시킬 수 있도록 개발되었다. 웹 활용 모의실험 집단은 개발된 모의실험을 이용하여 개별적으로 실험하였고, 전통실험 집단은 교과서에 나오는 실험을 4인 1조로 실시하였다. 사전 검사로 사전 과학 수업에 대한 태도 검사, 사전 학습동기(PALS) 검사, 논리적 사고력 검사를 실시하였다. 실험 처치 후 학생들의 사후 과학 수업에 대한 태도 검사, 사후 학습동기(IMMS) 검사, 학업 성취도 검사를 실시하였고, 자료를 수집하여 공변량 분석을 실시하였다.

분석 결과, 개별 웹 활용 모의실험과 조별 전통실험 집단간의 과학 수업에 대한 태도는 유의미한 차이가 없었다. 또한, 학습동기와 학업 성취도는 개별 웹 활용 모의실험 집단이 조별 전통실험 집단에 비해 유의하게 높았다.

참고 문헌

고한중, 강석진, 문소현, 한재영, 노태희 (2004). 초

등학교 과학 수업에서 대본을 사용한 협동학습의 효과. 한국과학교육학회지, 24(3), 459-467.

김재현, 홍섭표, 장권수 (1990). 중학교 과학 교육용 컴퓨터 프로그램 개발 및 CAI의 효과 연구. 화학교육, 17(3), 224-238.

김찬중, 채동현, 임채성 (2002). 과학교육학 개론. 서울: (주)북스힐.

노태희, 전경문, 김혜정 (1996). 물질의 확산에 대한 학생들의 개념을 신뢰성있게 정량화하는 방법. 화학교육, 23(1), 42-50.

노태희, 유지연, 한재영 (2003). 분자 수준에서의 그림 그리기를 활용한 수업 모형의 효과. 한국과학교육학회지, 23(6), 609-616.

노태희, 차정호, 김창민, 최용남 (1998). 중학교 과학수업에서 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업의 효과. 한국과학교육학회지, 18(2), 161-171.

노태희, 차정호, 박혜영, 김경은 (2002). 협동적 CAI에서 소집단 구성 방법의 효과. 한국과학교육학회지, 22(3), 508-516.

박종원, 최경희, 김영민 (2001). 물리교육학 총론 I. 서울: (주)북스힐.

박창영 (2003). 기체 분자 운동의 수치해석기법 개발과 이를 이용한 시뮬레이션 제작. 경상대학교 석사학위 논문.

심재규 (1997). 고등학교 공통과학 “힘” 단원 학습에서 컴퓨터를 이용한 실험수업의 효과. 서울대학교 석사학위 논문.

전재록 (2004). 운동 제 2 법칙에서 MBL의 현장 적용에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문.

Allessi, S., & Trollip, S. (1985). Computer-based instruction. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Anderman, E. M., & Young, A. J. (1994) Motivation and strategy use in science: Individual differences and classroom effects. Journal of Research in Science Teaching, 31(8), 811-831.

C. C. Ko, Ben M. Chen, Jianping Chen, Yuan Zhuang, and Kay Chen Tan. (2001). Development of a Web-Based Laboratory for Control Experiments on a Coupled Tank Apparatus. IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION, 44(1), 76-86.

Collis, B. (1988). Computers, curriculum, and whole-class instruction: Issues and ideas. California: Wadworth Publishing.

Fraser, B. J. (1981). Test of Science-related attitudes: Handbook. Hawthorn: The Australian Council for Educational Research.

Hugh M. Cartwright, Kevin Valentine (2002). A spectrometer in the bedroom-the development and potential of internet-based experiments. COMPUTER & EDUCATION, 38, 53-64.

Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), Instructional design theories and models: An overview of their current status. Mahwah, NJ: Erlbaum.

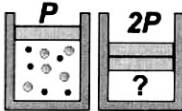
Kozma, R. B. (1991). Learning with media. Review of Educational Research, 61(2), 179-211.

Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). 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, Texas.

[부 록]

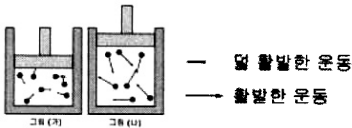
<기체분자운동론에 대한 학업성취도 문항 예>

1. 밀폐된 그릇 속에 일정량의 기체가 들어 있다. 같은 온도에서 기체의 압력을 2배로 하였을 때 기체의 부피, 밀도, 분자수는 각각 몇 배로 되겠는가?



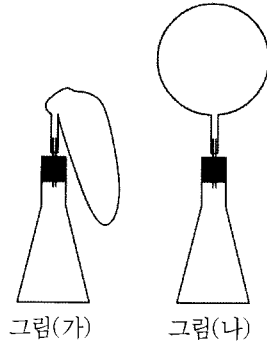
	부피	밀도	분자수
①	2배,	1배,	2배
②	1배,	2배,	1배
③	2배,	0.5배,	1배
④	0.5배,	2배,	1배
⑤	1배,	1배,	2배

6. 다음은 실린더 속에 있는 기체 분자들의 운동 상태를 나타낸 그림이다. (가) 상태가 (나) 상태로 되려면 어떤 조건을 바꾸어야 하는가?



11. 그림 (가)와 같이 수소기체가 들어 있는 삼각 플라스크에 고무풍선을 매달았다. 이 안에는 10개의 수소기체분자가 들어있다.

- (1) 이 플라스크를 가열하기 전 기체의 분포 상태를 그림 (가)에, 가열한 후 기체의 분포 상태를 그림 (나)에 그림으로 각각 나타내어라.



- (2) 기체의 성질을 이용하여 그림 (가)와 그림 (나)에 나타난 수소기체분자의 분포와 상태에 대해 자세하게 설명하여라.

분포 : _____

상태 : _____