

화학사적 교수법을 적용한 공명(共鳴) 개념 교수 · 학습 자료 개발 및 적용

김경임* · 이우봉
경북대학교

Development and Application of Teaching · Learning Material Concept of Resonance Using the History of Chemistry

Kyung-Im Kim* · Woo-Bung Lee
Kyungpook National University

Abstract: By using the concept of ‘Resonance’ in benzene which stems from a unit dealing with the carbocyclic compounds which is in a text ‘Chemistry I’, I developed teaching methods based on the history of science. This study was executed to analyze the effect by applying these methods.

Seventy 3rd grade male students, who are attending a high school located in the Pohang area were used in this study. I investigated the level of the relative difficulty and the degree of scholastic achievement from each treatment group and controlled group using the concept of Resonance from the preceding study.

In this study, these 70 students divided into two classes- a traditional lecture group consisting of male 35 student, and a group using the history of chemistry consisting of the remaining 35 student and after a specified period, their scholastic achievement was analyzed.

As a result of this study, the treatment group scored much higher (50.143) than the controlled group(25.429) in average score and showed significant difference between two groups. Through this study was based on the history of chemistry, after scientists let them realize the process of improving science attitude, and think like scientists, giving conceptual class can get much more efficiency and durability for learning

Key words: Resonance, history of chemistry, teaching effect

I. 서 론

과학사는 과학 이론의 형성과 발달 과정뿐 아니라, 과학의 잠정성을 보여준다(Matthew, 1994). 지금까지 여러 과학사 교육에 관한 연구 결과를 토대로 과학사가 과학을 인간화하고 과학에 대한 흥미와 태도에 영향을 미친다고 보고하였다(Jenkins, 1991). 현대 사회에서 과학의 중요성과 사회적 영향력은 점점 커지고 있는데, 과학 교육에서 과학사와 과학 철학을 교수-학습에 도입하자는 주장과 그 의미는 크게 네 가지 측면에서 제기되고 있다(Sequirie & Leite, 1991; 양승훈 외, 1996; 정완호, 정현례, 1995; 송상용, 1994).

첫째, 과학사를 과학 교육에 도입하는 것은 학생들의 흥미 유발에 도움이 되어 학습지속에 효과적이다.

과학은 대부분의 학생들에게 으레 재미없고 따분한 과목으로 인식되고 있다. 과학사를 통해 과학적 산물이 자신들과 비슷한 사람들의 땀 흘린 노력을 통해, 오늘날 학생들이 경험하는 일상 생활 속에서 이루어진 결과임을 이해하는 것은 과학에 대한 학생들의 불필요한 거리감을 제거한다(이기영, 1999). 둘째, 학생들의 오개념과 개념 변화에 대한 심층적인 분석을 위한 도구와 그 개념 변화를 돕는 수업 도구로 활용할 수 있다(이미숙, 2004; 백성혜, 2006). 셋째, 과학사를 통하여 과학적 발달은 무한한 잠재성을 가졌으며, 변화 가능한 과정이라는 과학의 과정적 특성과 본질을 학생들이 습득할 수 있다(정원우 외, 2001). 넷째, 과학은 사회와의 상호 작용을 통해 발전해옴으로써 사회적 맥락 속에서 과학을 이해할 수 있다(홍진기,

*교신저자: 김경임(alcong2020@hanmail.net)

**2010년 10월 29일 접수, 2010년 12월 29일 수정원고 접수, 2010년 12월 30일 채택

1996). 이는 곧 과학과 기술의 사회적 측면을 바르게 인식하기 위해서는 과학의 발달과정에 대한 연구가 필수적인데, 인간을 포함한 전체 자연계 역사 속에서 과학이 갖는 본성과 다양한 역할을 재조명해 보고 바른 과학관을 수립하기 위해서 과학사에 대한 지식이 필요한 것이다. Matthews(1992), Hendrick(1992) 같은 학자들은 과학적 본질의 효과적인 인식을 위해서 과학사를 통한 교수-학습이 도입되어야 한다고 강조하였다. 국내 연구에서도 과학사 프로그램을 접목한 수업이 과학의 흥미도 향상과 탐구 사고력 향상, 과학의 본성 및 인식론적 신념의 향상, 학업 성취도의 향상에 긍정적인 효과가 있다고 보고 되고 있다(김은선, 1997 ; 류미현, 1997 ; 류진숙, 1995 ; 정배현, 2003 ; 한승희, 2001).

최근 우리나라의 과학 교육 연구 논문에서 과학사를 과학 수업에 도입하도록 적극 권장하고 몇몇 연구들은 구체적인 전략을 제시하고 모델들도 개발하였지만, 효과를 극대화하기 위해서는 몇 가지 선행되어야 할 과제가 제기 되고 있다(양승훈 등, 1996 ; Wandersee, 1989 ; 정원우 외, 2003).

첫째, 과학사를 통한 과학적 탐구 과정의 본질을 경험하게 하는 과학 교수-학습 전략의 개발이 선행되어야 한다는 것이다. 지금까지 개발된 자료들은 과학사가 갖는 가장 중요한 이점 중의 하나인 과학적 탐구의 본질인 과학하는 과정의 경험보다는 과정의 결과적인 성격이 짙은 연대기적 과학 지식 나열을 학생들에게 제시하는 데 치중하고 있다. 과학사 도입이 실제적으로 이루어지기 위해서는 과학사 활용을 위한 교수-학습 자료의 개발이 우선 되어야 한다는 것이다.

둘째, 지금 여러 연구들이 과학사를 통한 교수-학습 자료들을 개발해 왔었지만, 개발된 프로그램이 교실 현장에 적용되었을 때 보여준 효과에 대한 체계적인 평가가 미흡하다는 것이다. 과학사를 과학 교육에 적용했을 때 나타날 문제점과 효과는 반드시 체계적인 평가를 거쳐야 될 것이다.

마지막으로 본 연구의 구체적인 필요성으로, 지금까지 과학사를 과학 교육에 적용하기 위해 개발되어 온 프로그램들 중 화학사를 이용한 자료가 찾아보기 어렵다. 더구나 ‘공명’ 개념처럼 새로운 개념 형성을 위한 프로그램과 자료가 없다는 것이다. 화학 교과서에 도입된 과학사 내용을 유형과 도입된 정도를 분석한 연구(최취임 외, 2005)는 있었으나, 화학사를 구체

적으로 적용하여 과학 수업에 활용한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 고등학교 자연 계열 학생들이 배우는 탄소 화합물 단원의 벤젠의 공명 개념을 화학사를 이용한 교수-학습 프로그램을 개발하고 그 효과를 알아보고자 한다.

전통적으로 행해지는 과학 수업은 과학의 발달이 거쳐 온 현대와 고대의 과학적 개념들의 탐구 과정을 제공하기 보다는 현재 받아들여지고 있는 과학적 개념의 전수에만 치중하고 있다. 그러나 이러한 접근은 과학적 개념과는 다른 개념의 발달을 초래하고, 더욱이 이러한 경향은 단지 시험 준비를 위한 암기만을 강요하여 과학 학습을 단편적인 지식 습득에만 치중하게 하는 결과를 초래하게 된다.

본 연구의 목적은 ‘공명’과 같은 새로운 개념 체계를 보다 효과적으로 학습, 지도위해 화학사를 접목한 교수·학습 자료 개발과, 그 프로그램과 전통적인 수업 방식을 비교하여 유의미한 학습 효과를 가져왔는지에 대한 분석을 하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 절차

본 연구는 교육 현장에서 화학 I 과목의 공명 부분을 학생들이 유난히 다른 영역에 비해 어려워하는 것을 보고 공명 개념에 대한 효율적인 교수-학습 프로그램을 개발, 적용하고자 시작하였다. 본 연구에 앞서 왜, 어떻게, 어느 부분을 어려워하는지와 현행 교과서에서는 공명을 어떻게 다루고 있는지 등의 사전 연구를 하였다.

먼저 공명 개념을 전통적인 강의식 수업을 하였을 때의 공명 개념에 대한 학업 성취도를 조사하였고(부록 1), 그 결과, 오답의 분포가 골고루 퍼져 있었다(부록 2). 둘째, 공명 개념에 대한 학생들이 생각하는 난이도를 조사하였고(부록 3), 그 결과, 어렵다고 생각한 학생들이 71.4%로 비교적 높은 것으로 나타났다(부록 4).

이렇게 사전 조사를 한 후, 화학사적 교수법을 이용한 공명 개념 학습 자료를 개발하고, 현행 교과서를 분석하며, 만든 자료를 실험반에서, 전통적 수업은 통제반에서 실시한 후, 성취도 검사를 한다. 검사 도구

를 이용해 자료 개발에 대한 분석을 하고자 한다.

2. 화학사적 교수법을 이용한 공명 개념 학습 자료 개발

먼저, 공명 이론의 화학사적 배경을 케쿨러의 벤젠 구조 이론을 중심으로 정리하여 학생들에게 참고 유인물로 나누어주었다.(부록 5 참조)

이기영(1998)은 과학사적 자료 유형을 명시적-통합적-도입, 명시적-통합적-전개, 명시적-통합적-결론, 명시적-첨가적, 묵시적과 같이 5가지로 분류하였다. 본 연구는 이기영(1998)의 “과학사 자료를 이용한 지구과학 학습 지도에 관한 연구”의 자료 유형을 바탕으로 “공명” 개념에 맞추어 교수-학습 프로그램을 개발하였다.

과학사는 과학 교육에 “명시적(explieit)”으로 사용될 수도 있고, “묵시적(implieit)”으로 사용될 수도 있다. “명시적(explieit)”이란 과학사의 역사적 내용을 그대로 수업에 사용하는 것을 의미하며, “묵시적(implieit)”이란, 역사적 사실의 나열, 즉 특정한 이름, 장소, 날짜 등을 뺀 역사적 문제만을 간접적으로 수업에 사용하는 것을 말한다. 명시적으로 과학사를 포함시킬 수 있는 방식에는 두 가지가 있다. 하나는 “첨가하는(add-on)” 방식이고, 다른 하나는 “통합하는(integrated)” 방식이다(Matthews, 1994).

공명 개념 학습은 케쿨러가 벤젠 고리를 꿈이라는 일화속에서 단순히 우연이 아니라, 끊임없는 통찰을 통해 얻어진 화학사적 사실을 명시하여야 하기 때문에 묵시적 자료 유형은 배제하였다. 그리고 명시적(E)-첨가적(a) 자료 유형은 과학사 내용을 삽입하는 것인데, 본 연구 프로그램은 학생들이 그 당시의 과학자의 입장에서 생각하고, 시행 착오등을 직접 경험하는 것이어서 단순히 지도안에 내용을 삽입하는 것과는 달라 3가지 단계로 분류하여 적용하였다.

명시적-통합적-도입 단계는 흥미 유발에 유익한 전기적 일화나 과학적 업적이 출현하게 된 당시의 사회적 과학적 배경을 소개하는 내용으로 구성되는 유형으로, 벤젠 고리 구조에 대해 다른 선행 과학자들의 고민을 함께 학생들이 직접 생각, 체험해 보고 그 역사적 배경을 소개한다.

명시적-통합적-전개 단계는 기존의 수업 과정에서 전개 단계에 사용되는 유형으로 과학사적 학습 지도의 핵심부에 해당되는 개념에 이르기까지 과학자들의

과정 추적을 내용으로 구성되는 유형이다. 과학사적 배경을 바탕으로 선행 과학자들의 시행착오와 케쿨러의 꿈 내용을 소개하고, 자신이 케쿨러라면 이 꿈을 통해 어떤 구조식을 제안할 것인지 생각, 발표하도록 유도한다. 명시적-통합적-도입 단계에서 자신이 생각한 구조와 비교해 보게 하고, 다른 학생들의 생각도 듣고 토론하여 벤젠의 구조식에 대한 결론을 내어보게끔 한다. 부록 5의 [그림 6]은 학생들이 결론지은 구조식을 다 발표한 후에 제시한다. 교사는 현대의 벤젠 구조식까지 그 변천사를 정리하면서 공명 개념을 제시하면서 벤젠의 특성과 연결한다.

명시적-통합적-결론 단계는 기존의 수업 과정에서 결론 단계에 사용되는 유형으로 과학의 사회적 영향, 과학과 인간의 관계, 바람직한 과학관 등을 내용으로 구성되는 유형이다. 이 단계에서는 새로운 공명 개념을 이루어내기까지의 과정 속에 케쿨러의 통찰을 통한 과학하는 연구 태도와 하나의 과학 지식이 형성되기까지의 그 과정을 분석한다.

다음은 화학사적 탐구 과정에 중심으로 케쿨러의 통찰이라는 연구 태도와 과학 지식 형성 과정에 대한 재인식을 중점으로 한 공명 개념 교수-학습 과정과 공명 개념의 화학사적 발달 과정을 나타낸 것이다.

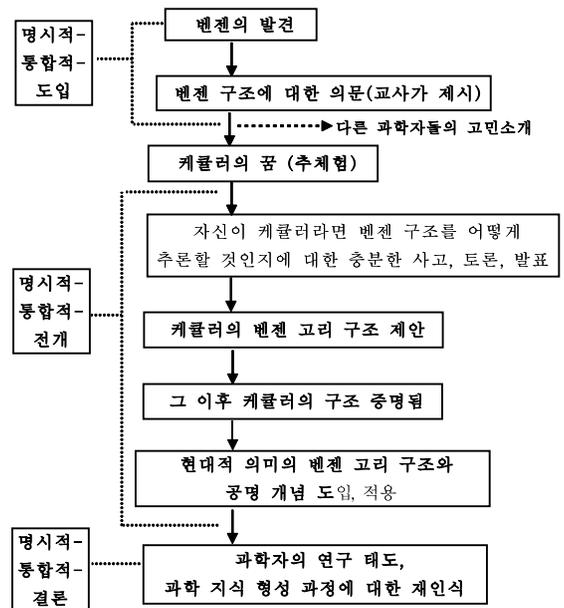


그림 1 화학사적 탐구 과정에 기초한 공명 개념 교수-학습 과정

다음 [그림 2]는 공명 개념의 화학사적 발달 과정을 나타낸 것이다.

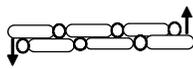
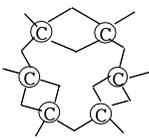
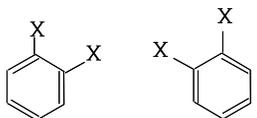
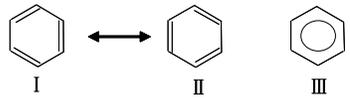
호프만	<ul style="list-style-type: none"> • 콜타르로부터 벤젠 추출, 그 구조에 대해 관심 가짐 (1845년) • 탄소 4가 구조론 발표 (1858년) → 벤젠의 구조를 설명할 수 없었다. • 소시지 형태의 고리 구조 발표 (1865년)
케쿨러 (1829 ~96)	 <ul style="list-style-type: none"> • 이중 결합과 단일 결합이 교대로 나타난 구조 발표 (1866년) • 케쿨러의 꿈  <p>→ 실제 벤젠에서 이중 결합 반응이 쉽게 일어나지 않는다는 지적과 두 치환기에 의해 2개의 이성질체가 존재하지 않는다는 반론 제기</p>  <p>→ 두 구조가 평형 상태로 존재한다고 발표 (1872년)</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 현대적 의미에서의 벤젠 구조와 이에 따른 공명 이론 (1930년)  <p>벤젠의 공명 구조는 I 과 II 의 혼성 구조이다.</p>
폴링 (1901 ~94)	

그림 2 공명 개념의 화학사적 발달 과정

3. 검증 교과서 분석

현행 6종 검증 교과서에서 공명 개념을 어떻게 다루고 있는지를 분석하였다. 교과서 분석 결과는 다음 <표 1>과 같다.

6종의 검증 교과서 분석 결과, 구조식과 대부분의 중요한 성질은 언급하였으나, 공명 개념을 직접적으로 언급하지 않은 교과서가 반이나 된다. 특히 천재 교육 출판사는 5번 항목에서 용어와 그림은 언급되었으나 개념 설명이 부족하였고, 청문각 출판사는 공명 상태, 공명 구조라 하여 개념 설명과 입체 모형을 언급해주었다. 교학사와 금성 출판사는 6번 항목에서 케쿨러의 벤젠 구조 제안 25주년 기념 축하회 프로그램의 삽화를 소개하여 인상 깊었다. 기존의 강의식 수업에서는 교과서와 문제집에서 볼 수 있는 자료를 그대로 활용하여 전달하는 수업을 하였다.

4. 화학사를 이용한 수업의 현장 적용 및 학업 성취도에 대한 효과 분석

화학사를 활용한 수업의 현장 적용은 실험반에서는 도입과 전개 단계에서 벤젠 구조에 대한 의문, 고민, 생각들을 해결하기 위한 과정들을 학생들이 경험할 수 있도록 하였으며, 벤젠 구조에서부터 현재의 공명 개념을 소개하고 공명 구조 때문에 생기는 물질들의 특성을 설명하였다. 하지만, 통제반에서는 강의식 수업으로서 도입과 전개 단계에서 벤젠의 구조를 설명하기 위해 화학사를 소개하면서 벤젠 구조와 공명 개념에 대한 설명을 제공받았을 뿐, 선행 연구자들의 벤젠 구조와 공명 개념의 도출 과정, 즉 화학사를 통해 과학하는 과정을 깨닫게 하는 경험은 배제하였다.

화학사적 교수법을 이용한 공명 개념 학습 지도안(실험반용)과 강의식 수업의 학습 지도안(통제반)은 부록 6, 7에 제시하였다.

본 연구에서 개발한 화학사를 이용한 학습이 공명이라는 새로운 개념 형성에 효과적인지를 알아보기 위해 화학사를 적용한 실험 집단과 전통적 강의식 수업을 받은 통제 집단의 개념 성취도 평가 문항을 개발, 평가, 그 평균 점수를 비교, 분석하였다.

5. 연구 대상

본 연구는 포항시에 소재한 일반계 고등학교 3학년 2개 학급 70명을 대상으로 했으며, 1개 학급은 처지 집단(35명)으로 화학사를 이용한 공명 개념 학습을, 나머지 학급은 통제 집단(35명)으로 전통적인 강의식 수업을 실시하였다. 현재 대부분의 일반계 고등학교

표 1 현행 6종 검증 교과서의 벤젠의 공명 분석

	내용	중앙교육	지학사	교학사	천재교육	청문각	금성사
1. 벤젠 물질 소개	· 콜타르를 분별 증류, 무색의 휘발성 액체	○	○	○	○	○	○
	· 탄소 원자 사이의 결합 길이가 모두 같다.	○	○	○	○	○	○
2. 벤젠의 성질	· 결합 길이, 결합력 : 단일 결합과 이중 결합의 중간	○	○	○	○	○	○
	· 비교적 안정하여 치환 반응 주로 함	×	○	○	○	○	○
3. 벤젠의 구조식	· 세 가지 구조식	○	○	○	○	○	○
4. 벤젠의 용도	· 다양한 유기용매	○	○	○	○	○	○
5. 공명 개념	· 공명이라는 말의 언급 여부와 혼성 구조 설명	×	×	×	○	○	○
6. 케쿨러와 그의 업적	· 꿈 속에서의 뱀의 형상을 보고 구조 제안	○	○	○	○	○	○
7. 분량	· 페이지 수	2	2	1	2	2	2

의 자연 계열 학생들은 수능의 부담 때문에 고등학교 3학년 과정에서 화학 I 과목을 반복, 심화 학습을 한다. 연구 대상으로는 본교 화학 II 과목을 이수하는 학생들로 하였다. 이미 2학년 때 공명이라는 개념을 배웠음에도 불구하고 전혀 그 개념에 대한 이해라기보다는 제대로 암기조차도 하지 않는 학생들도 있어서 공명이라는 개념을 단순 개념 전달 수업이 아니라 화학사와 접목한 학습 자료를 개발하여 적용하고자 한 것이다.

본 연구 대상 학생과 선행 연구 대상은 동일 학반과 동일 학생이며, 대상 학생 받은 비슷한 학습 수준의 학생들이다. 선행 연구와 본 연구의 실험반과 통제반의 지도 교사는 동일하며, 본 연구의 학업 성취도 검사는 학생 스스로가 개념 정리를 할 수 있는 일정한 시간이 흐른 후, 동시에 실시하였다.

6. 검사 도구

본 학습 프로그램의 내용이 화학사를 통하여 의문과 동기 부여, 탐구 목표가 제시되고, 학생들이 직접 과학자의 입장에서 탐구하는 과정을 하게끔 하기 위해 2차시로 나누어 진행되었다. 연구의 내용 범위는 화학 II의 공유 결합이며, 총 6차시에서 1차시는 공유 결합 형성 원리와 루이스 전자점식을 나타내는 방법으로 진행했었다.

일정 시간이 흐른 후, 화학사를 적용한 실험반과 전통적 강의식 수업 받은 통제반의 개념 성취도를 실시하였고, SAS(Statistical Analysis System)를 통해 T-test를 통해 유의미한 차이를 조사했다.

III. 연구 결과 및 논의

본 연구에서는 공명 개념을 효과적으로 지도하기 위해 벤젠의 구조식에서 부터 공명 개념의 도출 과정을 전달식이 아니라, 학생들이 의문에 대해 사고, 토론하는, 즉 화학사를 통해 과학하는 과정을 깨닫는 프로그램을 개발하였다. 공명 개념에 관한 화학사적 교수 학습 과정과 전통적 교수 학습 과정을 실험반과 통제반으로 나누어 각각 적용한 후, 개념 성취도 평가를 실시하였다.

다음 [그림 3]은 두 집단 간의 공명 개념에 대한 학업 성취도 평가지이다.

다음 <표 2>은 두 집단 간의 공명 개념에 대한 학업 성취도 검사의 문항별 결과이다.

각 문항별 분석은 다음과 같다.

1번 문항은 공명 개념에 대해 정확히 알고 있는지 평가하는 문항으로 공명의 지식을 묻는 기본 문항이다. 공명 개념은 실제 분자들에서 존재하는 것이 아니라, 다만 지면 위에 존재하는 하나의 이론이라는 것을 정확히 알고 있어야 한다. 오답을 한 학생들은 공명

1. 다음 “공명”에 대한 설명으로 옳지 않은 것을 모두 고르시오. (20점)

- ① 공명은 ↔로 표시한다.
- ② 공명 구조는 실제 분자들에서 존재한다.
- ③ 공명에 있어서 원자들은 이동하지 않으며, 다만 지면 위에 존재할 뿐이다.
- ④ 공명 구조를 이루면서 그 분자는 더욱 안정하다.
- ⑤ Lewis구조로 공명을 표시할 때 하전이 분리되면 안정도는 증가한다.

2. 케쿨러가 1858년 제안한 벤젠의 구조식과 현대의 벤젠의 공명 구조식의 차이점을 서술하시오. (그림과 함께 서술하시오) (20점)

3. 1858년 독일의 화학자 케쿨러는 탄소 원자가 고리를 형성하면서 단일 결합과 이중 결합을 교대로 반복하는 벤젠의 구조를 발표하였으며, 훗날 공명의 형태가 분광학을 통해 입증되었다. 벤젠에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고르면? (20점)

<보기>

- ㄱ. 벤젠은 단일 결합 3개와 이중 결합 3개로 구성된다.
- ㄴ. 벤젠의 C와 C사이의 거리는 모두 동일하다.
- ㄷ. 벤젠의 공명 구조는 C_6H_6 두 개의 형태의 혼성을 뜻한다.
- ㄹ. 벤젠은 Br_2 수를 가하면 탈색 반응을 한다.

4. 케쿨러가 제안한 벤젠 구조식을 통해 공명 개념의 인식이 도입되면서 지금까지 공명 혼성 구조에 대한 연구가 활발해졌다. 루이스 구조식을 이용하여 아래 물질 중 공명 구조를 갖는 물질을 찾아 공명 구조를 표시하시오. (20점)



5. 다음은 1, 3, 5-시클로헥사트리엔의 구조식이다. 벤젠과 이 구조의 차이점을 그림과 공명 이론을 적용하여 설명하시오. (20점)



그림 3 공명 개념에 대한 학업 성취도 평가지

(↔) 표시법을 평형(⇌) 표시법과 혼동을 많이 하고 있으며, 실제로 분자에서 존재하는 것으로 이해하고 있는 학생들이 많았다. 문항마다 부분 점수화했으며, 1번 문항에 대한 실험 집단의 점수가 12.29점, 통제 집단의 점수가 8.29점으로 나타났으며, 유의 확률이 0.0024 ($p < 0.05$)로 실험 집단과 통제 집단의 유의미한 차이가 나타났다.

2번 문항은 화학사적 입장에서의 공명 개념의 변천을 정확히 알고 있느냐를 평가하는 문항으로서 탐

구 · 사고력을 묻는 문항이다. 연구 결과 실험 집단의 점수가 9.00점, 통제 집단의 점수가 2.71점으로 전반적으로 낮게 나타났으며, 유의 확률이 0.0001 ($p < 0.05$)로 실험 집단과 통제 집단의 유의미한 차이가 나타났다. 난이도가 높아 실험 집단도 수업에 들었던 것을 직접 그리면서 그것을 표현한다는 것이 어려운 것 같았다. 통제 집단 학생들은 거의 비워두거나 공명의 구조를 벤젠에서 정확히 표현 하는 학생들이 아주 적었다. 이는 교사가 개념을 전달하고 교육하였으나

표 2 공명 개념에 대한 실험 집단과 통제 집단의 학업 성취도 비교

번호	문항 별 분석		실험 집단 (n=35),(점)	통제 집단 (n=35),(점)
	t-값	유의 확률		
1	-3.15	0.0024	12.29	8.29
2	-4.13	0.0001	9.00	2.71
3	-5.92	0.0001	16.86	10.57
4	-3.36	0.0015	5.28	0.57
5	-2.79	0.0068	6.71	3.28
평균			50.143	25.429
표준 편차			14.475	10.245
t-값			-8.24	
유의 확률			<.0001*	

주. 15번까지 20점 만점으로 하여 총점 100점 만점. *p <.05
SAS 프로그램을 이용한 통계 분석 자료임

학생들에게 처음 제안한 구조와 현대에 와서 보안된 점들을 이해하고 점검하는 것이 매우 중요함을 강조해야 한다.

3번 문항은 벤젠의 구조와 성질, 반응 등에 대해 전반적으로 묻는 문제로서, 5개 문항에서 가장 점수가 높은 편이었다. 지식을 측정하는 문항으로서 실험 집단(16.86점)이 통제 집단(10.57점)보다 높았으며, 기본 문제에서도 실험 집단과 통제 집단 간의 유의 확률이 0.0001(p < 0.05)로 유의미한 차이가 많이 났다. 이는 가장 기본적인 문제에서도 화학사를 적용한 학생들은 그 과정을 체험하고 배웠기 때문에 정립된 벤젠의 구조와 반응에 대해서 정확히 이해하고 있었다고 볼 수 있다.

4번 문항은 5개 문항 중 가장 난이도가 높은 문항으로서 탐구력을 묻는 문항으로, 벤젠 이외의 물질에서의 공명 개념을 적용하는 심화 문제였다. 고난이도의 탐구·사고력을 요하는 문항으로서 실험 집단의 학생들도 벤젠 이외의 물질을 찾아내는 것이 힘들었고, 이것을 혼성 구조로 표현하기까지가 힘들었던 것 같다. 실험 집단은 5.28점, 통제 집단은 0.57점, 유의 확률은 0.0015 (p < 0.05)으로 유의미한 차이가 나타났다. 공명 개념을 화학사 수업을 통해 과학적 탐구 능력이 향상되어 새로운 문제에 적용하는 푸는 능력이 형성되었음을 알 수 있었다. 그리고 대부분의 통제 집단의 학생들은 답을 적지 못하는 문제인 것으로 보아 좀 더 난이도를 조절해야 하는 과제를 갖고 있다.

5번 문항은 벤젠과 구조가 유사한 물질을 공명을 통

해 그 차이점을 아는가를 평가하는 문항으로서 탐구·사고력을 요하는 문항이었다. 실험 집단은 6.71점, 통제 집단은 3.28점, 유의 확률은 0.0068 (p < 0.05)로서 유의미한 차이가 나타났다. 1, 3, 5-시클로헥사트리엔과 벤젠의 차이점을 공명을 통해 설명하는 것이 중요한데, 이는 화학사를 적용한 실험 집단이 벤젠의 구조부터 공명이 도입되기까지 그 개념을 좀 더 정확히 이해하고 있다고 볼 수 있다.

실험 집단과 통제 집단의 공명 개념 성취도 검사 결과, 실험 집단(50.143점)의 평균이 통제 집단(25.429점)의 평균보다 월등히 높은 것을 볼 수 있다. 각각의 수업을 적용한 후, 성취도 검사를 실시한 평균 점수를 산출하였고, t-검증을 한 결과 유의 확률 0.0001(p < 0.05)로서 두 집단 간 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 학생들의 과학 개념 형성에 효율적이면서 과학의 본질적인 안목을 키우기 위해 화학사를 활용한 교수·학습 자료를 개발하고, 이를 학생들에게 적용하여 그 효과를 평가할 목적으로 수행되었다.

본 연구에 앞서 선행 연구 결과, 공명 개념의 정확한 이해가 필요하며, 현행 검증 교과서를 분석하니, 대부분의 교과서가 벤젠의 구조식과 중요한 성질은 언급하나, 공명 개념을 직접적으로 언급하지 않은 교과서가 반이나 되었다.

화학사 적용 수업 프로그램은 새롭고 어려운 과학 개념인 공명 개념이 나오기까지의 역사적 검증 과정을 학생들이 경험하고 인식할 수 있게 하면서, 과학 지식 형성의 재인식 과정을 체험하게 하였으며, 이에 따른 효과를 분석하였다.

화학사를 이용한 교수-학습 프로그램을 통해 학업 성취도를 평가한 결과, 실험 집단(50.143점)이 통제 집단(25.429점)보다 성취도가 상당히 높게 나타났고, 유의미한 차이가 난 것으로 보아 공명 개념을 효과적으로 지도하기 위해 화학사를 이용한 수업의 효과가 크다는 것을 알 수 있었다.

이는 벤젠 구조의 성립과정과 공명 개념에 대한 조사는 과학의 관심을 유도하고, 학생들의 관심을 지속시키기 위해서는 과학사적 고찰과 더불어 과학자의 삶을 조명하는 작업도 병행되어야 함을 말해준다. 특히 과학의 큰 업적을 학생들에게 가르치는데 있어서 교사는 내용의 주입이 아니라, 그 내용이 나오기까지의 역사적 배경을 개관함으로써 과학교육에 과학사를 자연스럽게 접목시키는 것이 필요하다. 개념 너머에 있는 과학자의 생애를 학습자에게 들려줌으로써 그 과학적 업적을 실감나게 하는 것이 교수법의 바람직한 방향이라고 생각한다.

참고 문헌

강건일(2003). 학생을 위한 화학과 화학자 이야기. 참·과학.
 강경희(2005). 과학사 도입 수업이 과학 성취도와 태도에 미치는 효과 : 7학년 '생물' 영역을 중심으로. 한국과학교육학회지, 25(7), 756~772.
 강석진, 김영희, 노태희(2004). 화학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 24(5), 996~1007.
 과학사의 이해 교재 편찬 위원회(2000). 과학사의 이해. 경북대학교 출판부.
 김미경(2002). 화학사를 도입한 국내의 과학교육 연구 경향의 비교 및 분석. 이화여자대학교 석사학위논문.
 김은경, 양승훈(1996). 과학사적 수업이 관성 개념의 지속에 미치는 효과. 경북대학교 석사학위논문.
 김은선(1997). 화학사를 이용한 수업이 중학생의 과학과 관련된 태도에 미치는 영향. 이화여자대학교

석사학위논문.
 김희준 외 5인(2007). 고등학교 화학 I. (주)천재교육.
 동효관(2002). 과학 영재에 기초한 수업 프로그램이 유전 개념 변화와 창의력에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.
 류진숙, 서정쌍, 김도옥(1995). 과학의 본성에 대한 인식 조사 및 인식 변화에 미치는 과학사 프로그램의 효과. 화학교육, 22(2), 64~74.
 박남이, 이길재(2000). 화학사를 이용한 진화 개념의 교수-학습 효과에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문.
 백성혜, 조영진(2006). 과학사에 기초한 물체의 운동에 대한 고등학생들의 관점 분석. 한국과학교육학회지, 26(3), 317~329.
 서정쌍 외 6인(2007). 고등학교 화학 I. (주)금성 출판사.
 양승훈, 송진웅, 김인환, 조정일, 정원우(1996). 과학사와 과학 교육. 민음사.
 여상인 외 2인(2007). 고등학교 화학 I. (주)지학사.
 여수동 외 2인(2007). 고등학교 화학 I. 청문각.
 우규환 외 5인(2007). 고등학교 화학 I. (주)중앙교육진흥연구소.
 윤용 외 3인(2007). 고등학교 화학 I. (주)교학사.
 이기영, 안희수(1999). 과학사 자료를 이용한 지구과학 학습 지도에 관한 연구. 한국지구과학학회지, 20(3), 213~222.
 이길상(1981). 화학사상사. 연세대출판부.
 이미숙(2004). 과학사에 근거한 학생들의 진화 개념 변화 분석. 한국교원대학교 박사학위논문.
 이일형(1998). 과학사적 수업을 통한 대기압 오개념 개선. 경북대학교 석사학위논문.
 이지은(2000). 고등학교 생물 교과서 내 과학사 도입 유형 분석 및 과학사적 수업 모형 개발. 연세대학교 석사학위논문.
 임소희(2002). 화학사를 이용한 수업이 고등학생의 과학 철학적 관점에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
 장주희(1998). 공통과학 교과서의 과학사 도입 유형 분석 및 과학사적 수업 모형과 교재시안. 연세대학교 석사학위논문.
 전경문, 박현주, 노태희(2004). 고등학교 과학 교과서의 「과학의 탐구」단원에 제시된 과학사 내용 분석 : 6차와 7차 교육과정에서 개발된 교과서 비교.

- 한국과학교육학회지, 24(5), 825~832.
- 정배현, 김희백(2003). 과학사 프로그램의 개발 및 고등학교 과학수업에의 적용 효과. 한국생물교육학회지, 31(1), 94~104.
- 정완호, 정현례(1995). 과학사 교육에 대한 과학교사들의 인식 조사. 한국교원대학교 연구논문, 11(1), 191~215.
- 정원우, 이우봉, 문장수, 김선하, 오동원(2003). 과학사와 과학철학, 경북대학교 출판부.
- 정원우, 이우봉, 문장수의 5명(2007). 창의력 증진을 위한 과학사적 교수-학습 자료 개발, 중등교육연구, 55(1), 91~135.
- 정원우, 권용주, 전태식, 이일형(2001). 과학사를 통한 과학적 가설 검증 과정 중심의 교수-학습 모형 및 자료 개발. 한국교원대학교 부설 교과교육공동연구소 연구보고.
- 최취임, 여상인, 우규환(2005). 7차교육과정의 화학 II 교과서에 도입된 과학사 내용 분석. 한국과학교육학회지, 25(7), 820~827.
- 홍진기(1996). 과학사 도입을 통한 현행 중등학교 과학교육과정의 개선. 연세대학교 석사학위논문.
- Solomons Graharm T W, 이창수, 한인숙 옮김, (1996). Organic Chemistry 6th, 범한서적.
- A. Kekulé, Bull. Soc. Chim. Fr. (1865). 3, 98 ; Ann. Chem. (1866). 137, 58
- Dr. Edgar Heibronner, Dr. Jack D. Dunitz(1993). Reflections on symmetry in chemistry and elsewhere. VHCA(Verlag Helvetica Chimica Acta), VCH(Verlagsgesellschaft mbH).
- Eric v. Anslyn, Dennis A. Dougherty(2006). Modern Physics Organic Chemistry.
- Jenkins, E(1991). The History of Science in British School : Retrospec and Project, History, philosophy, and Science Teaching, New York : Teachers Colledge Press.
- John McMurry(2005). Organic Chemistry 6th, 자유 아카데미.
- L. G. Wade, JR(2000). Organic Chemistry 4th, 탐구당.
- Matthews, E(1994). Scinence teaching : The role of history and philosophy of science, New York : Routledge..

Neil S. Issacs(2004). Physics Organic Chemistry.

Sequeira, M, & Leite, L(1991). Alternative Conceptions and History of Science in Physics Teacher Education, Science Education.

Wandersee, J. H(1985). Can The History of Science Help Science Educators Anticipate Students' Misconception, Journal of Reserch in Science Teaching.

국문 요약

본 연구는 화학 I 교과의 탄소 화합물 단원에서 벤젠의 '공명(共鳴)' 개념을 화학사에 기초한 교수 학습 자료를 개발해 이를 이용한 수업과 전통적 강의식 수업과의 학습 효과를 비교, 분석할 목적으로 수행되었다. 연구 대상은 포항시에 소재한 일반계 고등학교 3학년 남학생 70명(2개 학반)이다. 선행 연구를 통하여 실험반과 통제반의 공명 개념 수업의 학업 성취도와 체감 난이도를 조사하였다.

본 연구에서, 전통적 강의식 수업 집단(35명)에게는 공명 개념의 변천 과정을 주입식으로 전달하였고, 화학사를 이용한 수업 집단(35명)에게는 화학사에 기초한 벤젠 구조와 공명 개념의 도출 과정을 학생들이 직접 경험하게 하였다. 두 집단 모두 학생 스스로가 개념 정리를 할 수 있는 시간을 동일하게 준 후, 학업 성취도를 분석하였다.

연구 결과, 실험 집단(50.143점)이 통제 집단(25.429점)보다 평균 점수가 높게 나타났으며, 그에 따른 유의미한 차이가 나타났다. 본 연구를 통하여 공명 개념 수업은 일방적인 강의식 수업보다는 화학사에 기초하여 과학자의 입장에서 생각하고 과학하는 과정을 깨닫게 한 후, 개념 수업을 하는 것이 학습의 효율성과 지속성에 효과가 더 크다.

주요어 : 공명, 화학사, 교육적 효과

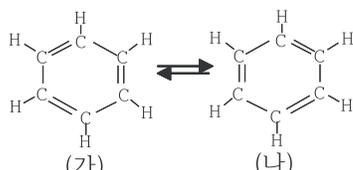
부 록

부록 1. 선행 연구-공명 개념 성취도 검사지(지식, 탐구 영역)

1. 다음 중 벤젠에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 독특한 냄새가 나고 물과 잘 섞인다.
- ② 첨가 반응보다는 치환 반응을 잘한다.
- ③ 불포화 탄화수소이지만 안정된 화합물이다.
- ④ 탄소와 수소 원자가 모두 동일 평면에 존재한다.
- ⑤ 탄소와 탄소 사이의 결합 길이는 단일 결합과 이중 결합의 중간이다.

2. 벤젠은 그림과 같이 (가)와 (나)의 구조가 혼성된 공명구조를 이루고 있다.



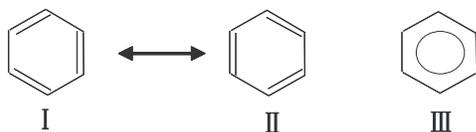
벤젠이 공명 구조를 이루지 않고, (가) 또는 (나)의 구조를 이룰 때, 벤젠의 성질로 예측 할 수 있는 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보 기>

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 가. 첨가반응을 잘한다.
다. 치환반응을 잘한다. | 나. 정육각형 구조를 이룬다.
르. 물에 잘 녹는다. |
|--------------------------------|----------------------------------|

- ① 가
- ② 나
- ③ 가, 르
- ④ 다, 르
- ⑤ 가, 나, 다

3. 다음 그림은 벤젠의 공명 구조를 나타낸 것이다.



공명 구조 때문에 나타나는 벤젠의 성질을 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보 기>

- | |
|--|
| 가. 무극성 용매이다.
나. 탄소 원자 사이의 거리가 일정하다.
다. 첨가 반응보다는 치환반응을 더 잘한다. |
|--|

- ① 가
- ② 나
- ③ 가, 나
- ④ 나, 다
- ⑤ 가, 나, 다

부록 2. 선행 연구-공명 개념 성취도 분석

문항	평가 영역	평가 분석		
		전체 분석	실험반	통제반
1	벤젠 물질에 대한 기본 개념 이해 (지식)	①번 (36/70명: 51.4%) - 정답	(17/35명)	(19/35명)
		②번 (8/70명: 11.4%)	(3/35명)	(5/35명)
		③번 (6/70명: 8.6%)	(4/35명)	(2/35명)
		④번 (12/70명: 17.1%)	(7/35명)	(5/35명)
		⑤번 (8/70명: 11.4%)	(4/35명)	(4/35명)
2	벤젠을 통한 공명 구조의 이해 I (탐구)	①번 (20/70명: 28.6%) - 정답	(11/35명)	(9/35명)
		②번 (14/70명 : 20%)	(6/35명)	(8/35명)
		③번 (16/70명 : 22.8%)	(9/35명)	(7/35명)
		④번 (10/70명 : 14.3%)	(5/35명)	(5/35명)
		⑤번 (10/70명 : 14.3%)	(4/35명)	(6/35명)
3	벤젠을 통한 공명 구조의 이해 II (탐구)	①번 (6/70명 : 8.6%)	(2/35명)	(4/35명)
		②번 (10/70명 : 14.3%)	(5/35명)	(5/35명)
		③번 (8/70명 : 11.4%)	(5/35명)	(3/35명)
		④번 (32/70명: 45.7%) - 정답	(15/35명)	(17/35명)
		⑤번 (14/70명 : 20%)	(8/35명)	(6/35명)

부록 3. 선행 연구-공명 개념 난이도 검사지 (정의적 영역)

1. 벤젠의 공명 개념 수업이 다른 탄소 화합물(탄화수소와 탄화수소 유도체) 수업보다 어려운지 생각하는 난이도를 체크해주세요.

가. 매우 쉽다. 나. 쉽다. 다. 비슷하다. 라. 어렵다. 마. 매우 어렵다.

2. 만약 어렵다(라, 마를 선택한)고 생각하는 사람들은 어떤 영역이 벤젠의 공명 개념 수업이 다른 영역에 비해 어려운지를 해당하는 문항에 하나만 체크해주세요.

- 가. 벤젠이라는 물질 자체가 이해하기 어렵다.
 나. 벤젠 물질은 이해하나 벤젠의 구조 자체가 이해하기 어렵다.
 다. 벤젠의 구조는 이해하나 공명 구조 개념을 이해하기 어렵다.
 라. 벤젠의 공명 구조는 이해하나 문제 적용이 어렵다.

3. 만약 어렵다(라, 마를 선택한)고 생각하는 사람들은 왜 벤젠의 공명 개념 수업이 다른 영역에 비해 어렵게 느껴지는지 해당하는 문항에 하나만 체크해 주세요.

- 가. 벤젠이라는 물질과 공명 개념에 관심이 없어서.
 나. 개념이 생소하고 새로워서.
 다. 공명 개념 수업이 다른 영역 수업보다 재미가 없어서.

부록 4. 선행 연구-공명 개념 난이도 분석

문항	설문 결과		
	전체 분석	실험반	통제반
1	가 (0/70명)	(0/35명)	(0/35명)
	나 (8/70명: 11.4%)	(3/35명)	(5/35명)
	다 (12/70명: 17.1%)	(6/35명)	(6/35명)
	라 (32/70명: 45.7%)	(17/35명)	(15/35명)
	마 (18/70명: 25.7%)	(9/35명)	(9/35명)
2	가 (5/70명: 7%)	(2/35명)	(3/35명)
	나 (15/70명: 21.2%)	(8/35명)	(7/35명)
	<u>다 (34/70명: 48%)</u>	(18/35명)	(16/35명)
	라 (16/70명: 23.8%)	(7/35명)	(9/35명)
3	가 (8/70명: 11.4%)	(3/35명)	(5/35명)
	<u>나 (53/70명: 75.6%)</u>	(26/35명)	(27/35명)
	다 (9/70명: 13%)	(6/35명)	(3/35명)

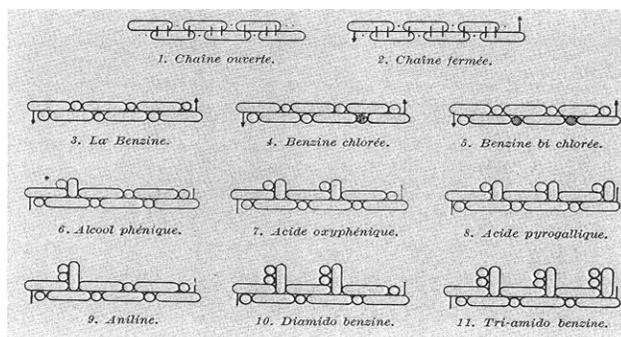
부록 5. 공명(共鳴) 이론의 화학사적 배경

〈케쿨러의 벤젠 구조 이론〉

케쿨러는 1865년, 벤젠에 단일 결합과 2중 결합을 가지는 결정적인 고리 모양의 환상 구조를 결정했다. 케쿨러의 꿈에서 본 것을 연상으로 하여 시작된 벤젠의 구조식은 화학사에 큰 획을 그었으며 그의 이론은 아직까지도 큰 골격으로 남아 있고 더 나아가 폴링의 공명 혼성 구조식의 발달을 가져 왔다.

케쿨러의 구조 이론 논문은 1858년 발표되었다. 그러나 탄소의 4가 원자가 개념은 1825년 영국 과학자 마이클 패러데이가 고래 기름으로 만든 가연성 가스에서 벤젠을 발견하고, 그 후 호프만이 콜타르로부터 검출해낸 그 벤젠의 구조를 설명할 수는 없었다.(레슬리 앨런, 유레카, 2003) 그래서 1865년 소시지 형태의 식과 그 육각형의 고리 구조를 처음 제안하였다.(A. Kekulé, Bull. Soc. Chim. Fr. (1865); Ann. Chem. (1866).

다음 [그림 4]는 1865년 케쿨러가 제안한 벤젠의 소시지 식이다.



Sausage formulas for benzene and its derivatives used by Kekulé in 1865¹⁶.

[그림 4] 1865년 케쿨러가 제안한 벤젠의 소시지 식

1866년에 이중 결합과 단일 결합이 교대로 나타난 결정적인 고리 모양 구조를 발표하였는데 이 구조를 제안한 경위를 꿈과 관련지어 말했다. 그동안 그는 여러 가지로 연구하고 궁리하던 끝에 꿈속에서 한 마리의 백이 제 꼬

리를 몰고 누 앞을 빙빙 돌고 있는 하나의 환상을 통해 고리 모양의 벤젠 고리를 착안해 냈다.

벤젠 중의 6개의 탄소 원자는 닫힌 고리 모양을 이루고 있으며, 각 탄소에는 각각 하나의 수소가 결합되어 있다. 이것을 흥미 있게 표현한 것이 벤젠의 탄소를 6마리 원숭이 식(A)으로 나타낸 것이고, 2중 결합의 의미로 손과 꼬리가 다시 결합하는 것이 원숭이 식(B)이다. (Dr. Edgar Heibronner, Dr. Jack D. Dunitz, Reflections on symmetry in chemistry and elsewhere, 1993)



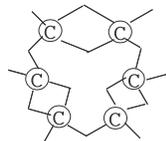
[그림 5] 6마리의 원숭이의 식(A)



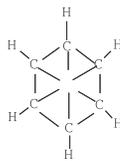
6마리의 원숭이 식(B)

이처럼 Kekule는 벤젠의 탄소 원자들이 고리를 이룬다고 했으며, 이들은 교차하는 단일결합과 이중결합으로 연결되어 있고, 각 탄소 원자에는 수소 원자가 하나씩 붙어 있다고 하였다. 이 구조는 탄소 원자 4개가 결합을 형성해야 한다는 것과 벤젠의 모든 수소 원자들이 동격이라는 조건을 만족시킨다.

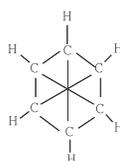
다음 [그림 6]는 케쿨러와 많은 과학자들이 제안한 벤젠의 구조식들이다. (Dr. Edgar Heibronner, Dr. Jack D. Dunitz, Reflections on symmetry in chemistry and elsewhere, 1993)



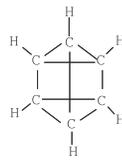
Kekule (1866)



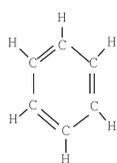
Meyer, v Baeyer



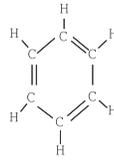
Claus



Ladenburg



and



Kekule
(1872)

[그림 6] Collection of Benzene fomulas

부록 6. 화학사적 교수법을 이용한 공명 개념 학습 지도안 (실험반용)

단원명 및 제목	탄화수소와 유도체-벤젠의 구조식과 공명		대상	3-6반	
학습 목표	벤젠의 구조식에 관하여 그 역사적 배경을 알고 공명에 대해 설명할 수 있다.			차시	2/6
학습 단계	교사 활동	학생 활동(교과서, 유인물)	시간	지도상 유의점	
도입	<ul style="list-style-type: none"> * 학습 목표와 학습 내용에 관해 설명한다. * 벤젠의 분자식이 당시의 탄소 사슬 이론에 맞추어 볼 때 맞지 않는데 어떻게 구조식이 밝혀지는지 역사적 배경과 함께 알아보자. * 의문과 함께 자신이 생각하는 벤젠의 구조식 생각해 보고 발표하자. 	<ul style="list-style-type: none"> * 교사의 설명으로부터 본시 학습 목표를 확인한다. * 벤젠의 분자식과 그 구조에 대한 의문을 가져본다. * 자신이 생각하는 벤젠의 구조식을 서로 발표해 본다. 	10분	그 당시 다른 과학자들의 고민도 들려준다.	
전개	<ul style="list-style-type: none"> * 케쿨러의 꿈 일화를 소개한다. * 케쿨러의 일화를 통해 자신이 생각하는 벤젠 구조식 발표해 보자. * 케쿨러의 벤젠 구조식 연구에 따른 역사적 에피소드를 이야기하고 그 구조식을 설명한다. * 케쿨러의 벤젠 고리 모양 구조식이 더욱 견고한 기초를 굳히는데 공헌한 과학자들과 그들의 업적에 관해 이야기 한다. * 케쿨러에 의한 벤젠의 구조식의 문제점과 한계점은 무엇인가? * 폴링이 제안한 현대적 의미의 벤젠의 공명 혼성 구조와 공명 개념에 대해 설명한다. 	<ul style="list-style-type: none"> * 자신이 케쿨러라면 그 꿈을 어떻게 해석하고 벤젠의 구조식과 연결하였는지 토론, 조별 발표한다.(선행 연구자들의 경험 체험) * 케쿨러의 벤젠 구조식의 역사적 배경과 착안 과정을 듣고 자신이 생각한 구조식과 비교해 본다. * 교사의 질문을 중심으로 벤젠 구조가 발견되기까지의 과정을 정리한다. * 벤젠의 현대적 구조는 어떠한지를 토의하고, 자신이 생각한 구조를 발표하고, 현대적 의미의 벤젠 구조와 비교 	35분	* 교사는 학생들이 역사속의 케쿨러와 동일시 경험을 갖도록 상황을 학생들 나름대로 재현하도록 자연스럽게 유도한다.	
정리	<ul style="list-style-type: none"> * 학습 내용을 확인, 점검하고 케쿨러의 전기를 읽도록 권장한다. * 벤젠의 구조식을 정확히 직접 적어보도록 한다. 	* 자신의 학습 내용을 점검한다.	5분		

단원명 및 제목	탄화수소와 유도체-벤젠의 구조식과 공명		대상	3-6반		
학습 목표	벤젠의 구조식을 통해 공명 구조와 그와 관련된 성질에 대해 설명할 수 있다.			차시	3/6	
학습 단계	교사 활동		학생 활동(교과서, 유인물)		시간 지도상 유의점	
도입	<ul style="list-style-type: none"> * 전시 학습 확인 * 학습 목표와 학습 내용에 관해 설명한다. * 과학사를 통해 연구자의 입장에서 바라보았을 때 힘든 점들을 발표해 보자 		<ul style="list-style-type: none"> * 벤젠의 구조식과 공명 개념에 대해 발표한다. * 본시 학습 목표를 확인한다. * 자신이 결론낸 벤젠의 구조식과 역사적으로 추론된 그 과정을 통해 느낀 점을 발표한다. 		5분	정확한 벤젠 구조식과 공명에 대해 아는지 확인 필요
전개	<ul style="list-style-type: none"> * 현대적 의미의 벤젠 구조식을 정확히 각자 적어보게 하고, 벤젠의 구조식을 통해 공명 개념 적용 ① 6개의 탄소 길이와 결합력이 동일 ② 매우 안정한 화합물로서 첨가 반응을 하기 보다 주로 치환 반응을 한다. (예: 브롬수 탈색 반응을 하지 않는다.) ③ 공명 구조속에 전자의 퍼짐 현상을 루이스 구조식을 통해 설명한다. <ul style="list-style-type: none"> * 공명의 다른 대표 화합물로 플러렌(C₆₀) 구조와 성질 소개함. <ul style="list-style-type: none"> * 벤젠에서부터 현대적 화학이론인 공명 개념까지 하면서 과학자의 연구 태도와 과학 지식 형성 과정에 대한 재인식이 이루어졌는지에 대해 발표해보자. 		<ul style="list-style-type: none"> * 현대적 의미의 벤젠 구조식을 직접 적어본다. * 공명 개념에 대해 설명을 듣는다. <ul style="list-style-type: none"> * 플러렌에 대해서 들은 정보나 과학적 사실에 대해서 발표해 본다. * 통찰과 끊임없이 탐구하는 과학자의 노력과 연구 태도와 과학 지식 형성 과정에 대한 재인식이 이루어졌는지에 대해 자유롭게 토의, 발표한다. 		35분	<ul style="list-style-type: none"> *교사는 공명개념을 벤젠의 구조식을 통해 자연스럽게 접근, 적용한 후 다른 물질에 대해서도 개념을 확장할 수 있도록 유도한다.
정리	<ul style="list-style-type: none"> * 학습 내용을 확인, 점검하고 형성 평가를 제시한다. * 공명의 의미를 과학, 인문으로도 부여 될 수 있음을 설명, 정리한다. 		<ul style="list-style-type: none"> * 자신의 학습 내용을 점검하고 형성 평가를 풀어본다. 		10분	

부록 7. 전통적 강의식 교수법을 이용한 학습 지도안 (통제반용)

단원명 및 제목	탄화수소와 유도체-벤젠의 구조식과 공명		대 상	3-7반	
학습 목표	벤젠의 구조식에 관하여 그 역사적 배경을 알고 공명에 대해 설명할 수 있다.			차시	2/6
학습 단계	교사 활동	학생 활동(교과서)		시간	지도상 유의점
도 입	<ul style="list-style-type: none"> * 본시의 학습 목표와 학습 내용에 관해 설명한다. * 벤젠의 분자식이 당시의 탄소 사슬 이론에 맞추어 볼 때 맞지 않는데 어떻게 구조식이 밝혀지는지 그 역사적 배경과 함께 알아보자. 	<ul style="list-style-type: none"> * 교사의 설명으로부터 본시 학습 목표를 확인한다. * 벤젠의 분자식과 그 구조에 대한 의문을 가져본다. 		10분	그 당시 과학자들의 고민들을 들려준다.
전 개	<ul style="list-style-type: none"> * 케쿨러의 꿈 일화를 소개한다. (유인물과 컴퓨터 학습 자료 이용) * 케쿨러의 일화를 통해 벤젠 구조식을 설명한다. * 케쿨러의 벤젠 구조식 연구에 따른 역사적 에피소드를 소개한다. * 케쿨러의 벤젠 고리 모양 구조식이 더욱 견고한 기초를 굳히는데 공헌한 과학자들과 그들의 업적에 관해 이야기 한다. * 케쿨러에 의한 벤젠의 구조식의 문제점과 한계점은 무엇인가? * 폴링이 제안한 현대적 의미의 벤젠의 공명 혼성 구조와 공명 개념에 대해 설명한다. 	<ul style="list-style-type: none"> * 교사의 질문을 중심으로 벤젠 구조가 발견되기까지의 과정을 정리한다. * 벤젠의 현대적 구조는 어떠한지를 토의하고 잘 이해되지 않는 것은 질문한다 		35분	
정 리	<ul style="list-style-type: none"> * 학습 내용을 확인, 점검하고 케쿨러의 전기를 읽도록 권장한다. * 벤젠의 구조식을 정확히 직접 적어보도록 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> * 자신의 학습 내용을 점검한다. 		5분	

단원명 및 제목	탄화수소와 유도체-벤젠의 구조식과 공명	대 상	3-7반	
학습 목표	벤젠의 구조식에 관하여 그 역사적 배경을 알고 공명에 대해 설명할 수 있다.		차시	3/6
학습 단계	교사 활동	학생 활동(교과서)	시간	지도상 유의점
도 입	<ul style="list-style-type: none"> * 전시 학습 확인 * 학습 목표와 학습 내용에 관해 설명한다. * 과학사를 통한 일련의 공명 개념의 발전사를 이용한 수업이 어떠한지 질문해본다. 	<ul style="list-style-type: none"> * 벤젠의 구조식과 공명 개념에 대해 발표한다. * 본시 학습 목표 확인한다. * 일반적인 개념 수업과 과학사를 이용한 수업이 어떠한지를 발표한다. 	5분	정확한 벤젠 구조식과 공명에 대해 아는지 확인 필요
전 개	<ul style="list-style-type: none"> * 현대적 의미의 벤젠 구조식을 정확하게 각자 적어보게 하고, 벤젠의 구조식을 통해 공명 개념 적용 <ul style="list-style-type: none"> ① 6개의 탄소 길이와 결합력이 동일 ② 매우 안정한 화합물로서 첨가 반응을 하기 보다 주로 치환 반응을 한다. (예: 브롬수 탈색 반응을 하지 않는다.) ③ 공명 구조속에 전자의 퍼짐 현상을 루이스 구조식을 통해 설명한다. * 공명의 혼성 구조에 대해 설명한다. * 공명의 다른 대표 화합물로 플러렌(C₆₀) 구조와 성질 소개함. 	<ul style="list-style-type: none"> * 현대적 의미의 벤젠 구조식을 직접 적어본다. * 공명 개념에 대해 설명을 듣는다. * 플러렌에 대해서 들은 정보나 과학적 사실에 대해서 발표해 본다. 	35분	
정 리	<ul style="list-style-type: none"> * 학습 내용을 확인, 점검하고 형성 평가를 제시한다. * 공명의 의미를 과학, 인문으로도 부여될 수 있음을 설명, 정리한다. 	<ul style="list-style-type: none"> * 자신의 학습 내용을 점검하고 형성 평가를 풀어본다. 	10분	