

고등학교의 과학적 탐구력 신장을 위한 과학 학습지도 방법과 자료의 개발에 관한 연구 II¹⁾²⁾

조희형·이문원·조영신·지찬수
(강원대학교 과학교육과)

강순희 · 박종윤 · 허 명 · 김찬중
(이화여자대학교 과학교육과) (청주교육대학교)

(1994년 9월 14일 받음)

I. 머리말

우리 나라의 제 6 차 과학교육 과정(교육부, 1992)에서는 탐구 중심의 과학교육이 과거 어느 때보다도 중요시되고 있다. 과학적 탐구력의 신장이 각급 학교 과학교육의 목적으로 설정되어 있으며, 각 교과와 교육과정 내용이 지식과 탐구 활동으로 나뉘어져 있다. 또한 공통과학 시간에는 주로 과학적 탐구력의 함양을 위한 학습지도가 이루어질 예정이다. 더욱이 작년부터 시행되고 있는 대학수학능력시험(국립교육평가원, 1992)은 탐구력의 평가에 주안점을 두고 있다.

그러나 각급 학교의 과학교육 현장에서는 탐구의 본성이 여러 가지 의미로 정의되고 있다. 과학적 탐구가 여러 가지 의미로 정의되는 원인은 그것이 인식론적·방법론적·형이상학적·교육학적 관점에 따라 서로 다른 의미로 이해되기 때문이다(조희형, 1992). 그것은 또한 여러 가지 접근법을 통해서 평가될 수 있는 특성을 지니고 있기 때문이기도 하다.

과학적 탐구의 본성은 지금까지 논리적 분석, 과학사의 조사, 과학자의 과학 활동에 대한 분석을 통해서 규명되어 왔다(조희형 외, 1994).

과학적 탐구가 여러 가지 의미로 해석됨으로써 각급 학교 과학교육 현장에서는 과학적 탐구력을 신장시키기 위한 학습지도상의 문제점으로 제기되고 있다(조희형, 1992). 과학적 탐구력의 구성요소가 무엇인지 합의점에 이르지 못했으며, 과학교육을 통해서 기를 수 있는 과학적 탐구 기능과 기술도 확인되지 않은 실정이다. 심지어는 과학적 탐구가 교수/학습의 수단일 뿐 그 목적이 될 수 없다는 주장조차 제기되고 있는 실정이다(Millar & Driver, 1987).

이 연구는 과학적 탐구의 본질을 조사·분석하고, 물리·화학·생물·지구과학의 탐구 기능과 기술이 무엇인지 알아본 다음, 분야별 학습지도를 통해 탐구력을 길러 줄 수 있는 학습지도 자료를 개발하는 데 일차적인 목적을 두어 수행되었다. 과학적 탐구의 일반적인 특성과 분야별 탐구 기능 및 기술의 종류에 관해서는 제 I 부에서 발표하였으며, 이 논문에서는 화학과 생물을 소재로 개발한 탐구력 신장을 위한 학습지도³⁾ 자료를 제시한다.

1) 이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

2) 지면관계상 화학과 생물을 소재로 한 과학의 탐구 학습 지도 자료만을 실례로 제시한다. 물리와 지구과학의 학습지도자료도 개발하여 강원대학교 과학교육과에 보관하고 있다.

3) 여기서 학습지도는 교수(teaching)와 학습(learning) 혹은 교수/학습을 총칭하여 쓴다.

II. 연구 방법 및 내용

이 연구는 문헌조사 방법과 개발 연구를 병행하여 실시하였다. 문헌조사를 통해 과학적 탐구의 일반적 특성과 분야별 탐구 기능 및 기술의 속성을 확인하였으며, 학습지도 자료는 분야별로 연구자들이 참여 교사와 함께 개발하였다. 이 논문에서는 지면 관계상 네 분야의 학습지도 자료 가운데 화학과 생물의 것만을 제시한다. 화학과 생물의 학습지도 자료를 제시하기로 결정한 이유는 이 두 가지가 소재의 속성과 실험의 형태에 있어서 서로 뚜렷이 대비되기 때문이다. 화학은 비교적 추상적이고 이론적인 소재를, 생물은 구체적인 개념 체계를 이용하고 있다. 또한 화학은 순수한 실험과 사고실험을 병행하고 있지만, 생물은 순수한 실험 대신에 관찰·조사 활동을 하도록 구성되어 있다. 화학의 학습지도 자료는 세 시간, 생물은 한 시간의 수업 분량이 되도록 개발하였다.

III. 연구의 결과

화학 학습지도 자료를 생물의 것보다 먼저 제시한다. 각 학습지도 자료는 소재를 선정한 배경, 학습지도의 주제, 그 목표, 시행 절차 등의 순서로 제시한다. 마지막 부분에서는 각 학습지도 자료가 안고 있는 문제점과 그 활용 방안에 관하여 고찰한다.

1. 화학 탐구 학습지도 자료

학생들은 화학을 어려운 학문으로 느끼는 경우가 보통인데, 그에 대한 가장 큰 이유는 실험실에서 관찰되는 거시적인 현상을 원자·분자 수준의 미시적 개념을 이용한 화학반응식으로 설명해야 하는 데에 있다. 그러므로 이 연구에서는 거시적인 관찰에 의한 기술적 탐구과정과 원자·분자 수준의 미시적 개념에 대한 개념적 탐구과정을 복합한 탐구 학습지도 방안에 대한 예를 제시한다.

이 논문에서는 화학의 기본이 되는 원자·분자 수준의 미시적인 입자 개념을 탐구과정을 통해 가르치기 위하여 거시적 화학 변화에 대한 기술적 탐구 방법 모형과 미시적 분자 수준의 화학 변화 즉 상상적 사고실험을 통한 개념적 탐구 방법에 대한 순환 모형을 병행하여 사용한다. 이는 거시적인 화학 반응에 대해 관찰된 결과의 자료를 종합·분석하고 추론하게 하여 사실상 관찰이 불가능한 미시적인 원자·분자 수준으로 그 개념을 일반화시키고자 하기 위해서이다. 원자와 분자의 입자들이 모여서 실제로 보

거나 짚 수 있는 물질의 거시적인 양이 되는 과정을 학생들로 하여금 탐구적으로 학습하게 하는 것이 이 자료를 개발한 목적이다.

학습지도 자료 내용은 염화은(AgCl) 침전 반응에 대한 것이다. 자료는 3차시 분으로 거시적인 실제 실험은 기술적 탐구과정(제1차시)으로 진행되고, 미시적 수준의 개념적 탐구는 사고실험 과정(제2, 3차시)으로 진행된다. 거시적 실제 실험은 각 분단마다 반응물의 양을 다르게 하도록 하여(관찰 방법과 절차 결정 단계) 얻어지는 생성물의 양을 측정하고(관찰 수행 단계), 한데 모아 놓은 표의 자료(관찰 결과의 기록과 정리 단계)를 통하여, 미시적인 원자·분자 수준인 사고실험의 단계로 의미 있는 연결을 시키고자 하였다.

한편 미시적 사고실험의 구성은 다음과 같은 순서로 진행된다: 거시적 실험 결과의 기록·정리 단계 → 거시적 실험 결과의 자료를 수집하고 미시적 원자·분자 수준으로 정리하는 단계 → 정리된 자료를 분석하고 해석하는 단계 → 결과를 요약하고 일반화하는 단계 → 이 실험에 관련된 개념이 학생들의 인지구조에 조절되거나 동화되어서 이해되는 단계 → 새로운 미시적 입자 개념으로 문제를 인식하는 단계 → 일반화된 미시적 입자 수준의 화학 반응에 대하여 사고실험의 가설을 설정하는 단계 → 상상적 사고실험을 설계해 보는 탐구과정으로 구성되어 있다.

1) 학습지도 자료 주제

염화은 침전 반응 실험을 통한 알짜 이온 반응식의 정량적 이해와 일반화

2) 학습지도 목표

(1) 거시적 수준(제 1 차시 학습)

- 염화나트륨(NaCl)이나 질산은(AgNO₃)이 물에 잘 녹는다는 사실을 알 수 있다.
- NaCl 0.1 mol이나 AgNO₃ 0.1 mol의 질량이 얼마이며, 또한 각각 분자가 몇 개인가를 계산할 수 있다.
- 실험하기 위해 취한 용액의 부피 속에 들어 있는 이온 수가 몇 개인가를 계산할 수 있다.
- 생성물 속에 AgCl이 몇 개나 들어 있는가를 계산할 수 있다.
- 실험 오차의 원인에 대하여 설명할 수 있다.

(2) 미시적인 원자·분자 수준(제 2, 3 차시 학습)

<연구논문> 고등학교의 과학적 탐구력 신장을 위한 과학 학습지도 방법과 자료의 개발에 관한 연구 II, 조희형 외

◦ 측정할 수 없는 미시적 수준의 극한이 분자 또는 이온의 입자이며 그 입자는 더 이상 쪼갤 수 없다는 상상실험의 결과를 설명할 수 있게 된다.

◦ 입자들은 연속적이 아니고 불연속적임을 설명할 수 있게 된다.

◦ 미시적인 분자 수준의 상상 실험에 대한 가설을 설정하고, 분자 수준의 반응 설계를 하게 하고, 분자 수준의 반응을 진행하여, 얻을 수 있는 결과로부터 분자 수준의 반응을 완성할 수 있게 된다.

◦ 미시적 분자 수준의 반응식과 거시적인 수준의 반응식의 관계를 논리적으로 설명할 수 있게 된다.

◦ 질량불변의 법칙을 설명할 수 있게 된다.

3) 주요 개념과 탐구 기능

(1) 주요 개념:

몰과 몰농도의 계산, 용해와 침전반응, 반응 계수의 의미와 한계 반응물, 알짜 이온 반응식, 미시적인 입자 개념, 실험 오차.

(2) 탐구 기능:

문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 부피 및 질량 측정, 실험 오차, 실험 결과의 정리 및 정량적인 처리, 자료의 변형 및 의사, 모형 제시, 결과의 종합 및 일반화.

4) 학습지도상의 유의 사항

◦ 실험하기 전에 화학 탐구 모형을 학생들에게 미리 제시한다.

◦ 실험·관찰 결과의 기록은 정확히 하도록 강조한다.

◦ 교사의 질문에 대한 답을 기록장에 기록하게 한다.

◦ 침전을 거르는 장치는 1개면 되고, 교사가 옆에서 도와준다.

5) 준비물

(1) 기구: 화학저울, 기름종이, 비이커(100mL, 500mL), 삼각플라스크(500mL), 메스실린더, 약수저, 기름종이, 거름장치 1세트, 유리막대

(2) 약품: NaCl, AgNO₃, 증류수

[표 1] 각 분단별 실험한 결과 기록의 실례

NaCl(aq)					+	AgNO ₃ (aq)				→	AgCl(s)↓ + NaNO ₃ (aq)			
----------	--	--	--	--	---	------------------------	--	--	--	---	-----------------------------------	--	--	--

분단	NaCl(aq)				AgNO ₃ (aq)				생성된 g수			
	mL	몰수	개수	색깔	mL	몰수	개수	색깔	몰수	개수	예측치	
1	100	0.1	6×10 ²²	투명	100	0.1	6×10 ²²	투명	13.8	0.096	5.8×10 ²²	6.0×10 ²²
2	100	0.1	6×10 ²²	투명	100	0.1	6×10 ²²	투명	14.9	0.104	6.3×10 ²²	6.0×10 ²²
3	100	0.1	6×10 ²²	투명	200	0.2	1.2×10 ²³	투명	13.0	0.091	5.5×10 ²²	6.0×10 ²²
4	200	0.2	1.2×10 ²³	투명	100	0.1	6×10 ²²	투명	13.5	0.094	5.7×10 ²²	6.0×10 ²²
5	200	0.2	1.2×10 ²³	투명	200	0.2	1.2×10 ²³	투명	27.1	0.189	1.14×10 ²³	1.2×10 ²³
6	200	0.2	1.2×10 ²³	투명	200	0.2	1.2×10 ²³	투명	27.5	0.192	1.16×10 ²³	1.2×10 ²³
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

6) 학습지도 전개

(1) 거시적 수준의 기술적 탐구 방법 (제1차시)

진행과정	학 습 활 동		시 간	유의점
	교사	학생		
선수학습 과약	1. NaCl 1몰의 질량은 몇 g입니까? 2. NaCl 1몰 속에는 몇 개의 NaCl이 들어 있습니까? 3. NaCl 1몰 용액 1L는 어떻게 만듭니까? 4. NaCl 1몰 용액 1L에는 Na ⁺ 이온이나 Cl ⁻ 이온이 몇 개씩 들어 있습니까?	1. 58.49g 2. 6×10^{23} 개 3. 비이커? 용량 플라스크? 삼각 플라스크? 4. 각각 6×10^{23} 개의 Na ⁺ , Cl ⁻ 이온	4분	· 선수개념의 확인이다 · NaCl의 화학식량을 제시해 준다 · NaCl은 이온성 결정이므로 분자의 개념이 없으나 여 기서는 NaCl 몇 개라는 개 념을 사용하기로 한다.
학습목표 제시	· 상세화된 본시 학습 목표를 제시한다. (케도로 작성)	· 실험 끝날 때까지 보고 참고한다.	2분	
관찰주제의 선정	1. NaCl은 물에 잘 녹습니까? 2. AgNO ₃ 는 어떨까요?(교사가 녹여본다) 3. 이 두 수용액의 색깔은 어떠합니까? (보여주면서) 4. 두 용액을 섞어 보면 어떠한 현상이 일어날까요?	1. 잘 녹는다. 2. 잘 모른다. 3. 투명하다. 4. 다양한 답이 나오게 된다	1분	· 실험하기전 이긴 하지만 학 생들의 일상경험에 비추어 응답하도록 유도한다.
실 험 설계에 대 한 토 의	1. 위 두 용액을 1몰 농도로 각각 만들려면 어떤 용기가 더 적절할지 생각해 봅시다. 2. 이미 만든 투명한 두 용액을 섞으면 어떤 반응이 일어날까요? 3. 두 용액 각각 10mL를 섞으면서 침전이 생기는 과정을 보여준다. 왜 침전이 생기 나요? 4. 반응물들의 양을 다르게 하면 생성물의 양은 어떻게 될까요? 5. 침전이 생기면 어떻게 분리해 낼 수 있나 요? 6. NaCl 용액과 AgNO ₃ 용액을 어떤 비율로 섞으면 좋겠습니까? 7. 각 분단은 원하는 비율대로 섞어서 침전 을 만들어 봅시다. 그리고 침전을 걸러내 서 침전의 양을 재봅시다.	1. 비이커(×) 삼각플라스크(×) 용량플라스크(O) 2. 침전반응이라 침전 이 생성된다. 3. 두 반응물이 반응하 므로 4. 다르다 5. 걸러낸다. 6. 1:1, 1:2, 1:3.....	10 분	1. 시범실험으로 세 용기의 장단점을 보여준다 2. 실험의 전과정을 교사가 일방적으로 제시하지 말고 토론을 통해 이끌어낸다. 6. 교사가 분단에 따라 비율 을 다르게 하도록 유도한 다.

<연구논문> 고등학교의 과학적 탐구력 신장을 위한 과학 학습지도 방법과 자료의 개발에 관한 연구 II, 조희형 외

진행과정	학 습 활 동		시 간	유 의 점
	교 사	학 생		
실험관찰의 수행	<ul style="list-style-type: none"> · 각 분단별로 구체적인 실험과정을 토의하여 결정하십시오. 1. 교사는 중요한 절차만을 제시하고 각 분단마다 반응비율은 자율적으로 정하게 한다. 2. 학생들이 만든 침전을 교사에게 가지고 오게 한 후 교사가 옆에서 보면서 침전을 거르게 한다. 	<p>각 분단별 예</p> <p>1M NaCl : 1M AgNO₃</p> <p>1분단 100mL:100mL 2분단 100mL:100mL 3분단 100mL:200mL 4분단 200mL:100mL 5분단 200mL:200mL 6분단 200mL:200mL</p>	15분	<ul style="list-style-type: none"> 1. NaCl, AgNO₃ 1M 용액은 교사가 미리 만들어 학생들에게 제공한다. 2. 교사는 되도록 분단마다 다른 양의 비율이 되도록 유도한다.
관찰결과 기록과 정리	<ul style="list-style-type: none"> 1. 반응물과 생성물의 색깔과 양을 보고서에 기록하고 분단의 대표는 표 1과 표 2에 자기 분단의 결과를 적어 넣으시오. 2. Ag⁺(aq), Cl⁻(aq), AgCl(s)의 몰수와 갯수를 보고서에 기록하고 표 2에도 적어 넣으시오. 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 보고서와 표 1에 결과를 적는다. 2. 보고서와 표 2에 결과를 적는다. 	2분	<ul style="list-style-type: none"> 2. 교사는 분단별로 순회하면서 생성물의 질량으로부터 몰수를 계산하는 과정을 도와준다. AgCl의 화학식량을 칠판에 적어준다.
거시적수준 침전반응에 대한 실험결과 정리	<ul style="list-style-type: none"> 1. 여러분들이 오늘 실험한 실험반응식을 완성하십시오. 2. 지난 시간에 배운 알짜 이온 반응식으로 간단히 나타내시오. 3. 여러분들이 사용한 반응물의 부피로부터 각 반응물의 몰수, 개수를 계산하십시오. 4. 각 분단별로 칠판에 생성물의 질량을 적어 넣으세요(소숫점 첫째까지만 사용). 5. 얻어진 생성물 AgCl의 질량으로부터 AgCl 개수를 계산하여 칠판에 적으시오. 6. 표 2를 봅시다. <p>1분단의 경우 Ag⁺, Cl⁻ 이온의 수와 생성물 AgCl개수가 왜 다를까요? 2분단의 경우는 왜 예측치보다 더 많은 생성물이 얻어졌을까요? 1분단과 2분단, 5분단과 6분단은</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1. Na⁺(aq) + Cl⁻(aq) + Ag⁺(aq) + NO₃⁻(aq) → AgCl(s)↓ + Na⁺(aq) + NO₃⁻(aq) 2. Ag⁺(aq) + Cl⁻(aq) → AgCl(s)↓ <p>표1 표2</p> <p>6. 다 반응하지 못했다. 또는 비이커 벽이나 거름종이에 묻었기 때문. 물을 포함하고 있기 때문. 질량을 잘못 재었기 때문.</p>	15분	<ul style="list-style-type: none"> 2. 교사는 분단마다 순회하면서 올바른 알짜 반응식으로 표현이 되도록 도와준다. 3. 교사는 돌아다니면서 몰수를 계산하는 것을 도와준다. 6. 교사는 실험 오차에 대해 간단하게 설명한다. 원래는 걸러진 침전을 완전히 말린 다음 질량을 측정해야 함을 설명한다.

진행과정	학 습 활 동		시간	유의점
	교 사	학 생		
	같은 양으로 실험했는데 왜 얻어진 생성물의 양이 다를까요? 7. 3분단의 경우는 1분단보다 AgNO ₃ 를 두배나 더 사용했는데 생성물의 양은 1분단과 비슷한 이유를 생각해 보고 토론해 봅시다. (4,5분단의 경우도 비교함) 8. 각 분단은 실험 오차가 없다고 생각했을 때, 생성물의 예측치를 표 1에 기재해 봅시다. 9. 표 2로 볼 때, 1분단은 AgCl을 몇 개나 만든 셈입니까? 10. 그러면 자기의 실험 분단이 오늘 몇 개의 AgCl을 만들었는지 알 수 있지요? 각자 보고서에 오늘 만든 AgCl의 개수를 적어 봅시다	9. 5.8×10^{22} 개입니다 10. 각자 자기 분단 실험결과로부터 AgCl의 개수를 적어 넣는다.	15분	7. 반응하는 데 한계 반응물의 중요성을 간략하게 설명해 준다.
차시예고	1. 다음 시간에는 앞에서 본 탐구과정실험에 이어 제 2 단계인 미시적 분자 수준의 상상적 사고실험을 하도록 합니다. 2. 여러분은 표 1과 표 2의 다른 분단의 결과를 갖고 부피→몰수→개수 계산을 해 보면서 환산 방법을 익히도록 합니다.		1분 (총 65분)	

표 2. 각 분단별 알짜 이온 반응식에 대한 몰수와 분자수 반응한 반응물의 양

생성된 생성물의 양

분단	Ag (aq)		+	Cl (aq)		→	AgCl(s)	
	몰수	개 수		몰수	개수		몰수	개수
1	0.1	6×10^{22}		0.1	6×10^{22}		0.096	5.8×10^{22}
2	0.1	6×10^{22}		0.1	6×10^{22}		0.104	6.3×10^{22}
3	0.2	1.2×10^{23}		0.1	6×10^{22}		0.091	5.5×10^{22}
4	0.1	6×10^{22}		0.2	1.2×10^{23}		0.094	5.7×10^{22}
5	0.2	1.2×10^{23}		0.2	1.2×10^{23}		0.189	1.14×10^{23}
6	0.2	1.2×10^{23}		0.2	1.2×10^{23}		0.192	1.16×10^{23}
:		:		:	:		:	:

<연구논문> 고등학교의 과학적 탐구력 신장을 위한 과학 학습지도 방법과 자료의 개발에 관한 연구 II, 조희형 외

(2) 미시적 수준의 개념적 탐구 방법 (제2, 3차시)

진행과정	학습 활동		시간	유의점
	교 사	학 생		
선수학습 파악	1. 여러분은 지난 실험에서 각 분단이 만든 AgCl의 개수를 알고 있지요? 예로 1분단의 경우 몇 개인가요? 2. 5.8×10^{22} 개 AgCl을 만들기 위해 1몰의 NaCl이나 1몰 AgNO ₃ 용액 몇 mL을 사용했나요?	1. 5.8×10^{22} 개 2. 각각 100mL입니다.	10분	1. 교사는 1분단의 예를 들고 설명을 시작하나 학생들은 각자 실험결과를 가지고 이 과정을 거치게 한다.
자료의 수집과 정리 1. 자료 분류 2. 자료 변형 3. 문제인식, 도출 4. 자료의 의미 도출	1. 그러면 사용한 용액의 1/2인 50mL를 사용하면 몇 개의 AgCl을 실험에 의해서 얻을 수 있나요? 2. 만일 25mL를 사용한다면? 3. 만일 12.5mL인 경우는? 4. 만일 6.3mL인 경우는? 5. 만일 3.2mL인 경우는? 6. 만일 1.6mL인 경우는? 7. 만일 0.8mL인 경우는? 8. 만일 0.4mL인 경우는? 9. 만일 0.2mL인 경우는? 10. 여러분 0.1mL의 부피를 정확하게 잴 수 있을까요? 또, 이 때 생성된 생성물의 질량을 정확히 잴 수 있을까요? 11. 그러나 분자에 이르기까지 1/2씩 반응물을 줄여가는 상상실험을 할 수 있다고 생각합니까? 12. 지금부터 1/2씩 감소하는 반응물의 세계는 측정하기는 어렵지만 실제로 존재한다고 생각합니까?	1. 2.9×10^{22} 개 2. 1.45×10^{22} 개 3. 7.3×10^{21} 개 4. 3.6×10^{21} 개 5. 1.8×10^{21} 개 6. 9.0×10^{20} 개 7. 4.5×10^{20} 개 8. 2.3×10^{20} 개 9. 1.15×10^{20} 개 10. 된다, 안된다 등. 11. 예 12. 예	20분	10. 부피 측정 기구인 메스실린더, 피펫 등의 눈금을 보여주면서 0.1mL의 부피를 취하는 것이 어려움을 알게 한다. 또 저울의 눈금을 보여주면서 mg단위의 질량 측정이 어려움을 알게 한다.
자료의 분석과 해석 1. 정량적 상관관계	1. 여러분 다시 한번 생각해 봅시다. 1M NaCl 용액과 1M AgNO ₃ 용액 각각 0.1mL를 사용하면 몇 개의 AgCl을 얻을 수 있었지요? 2. 여러분 AgCl 5.8×10^{19} 개가 몇 g이나 되는지 계산할 수 있습니까? 3. AgCl 5.8×10^{19} 개의 질량이 0.014g 밖에 안되는 데 상상이 잘 가나요?	1. 5.8×10^{19} 개 2. 예, AgCl 1몰은 6×10^{23} 개이며 이것의 질량이 143.3g이므로 $\frac{5.8 \times 10^{19}}{6.0 \times 10^{23}} \times 143.3g = 0.014g$ 입니다. 3. 예	20분	

진행과정	학습 활동		시간	유의점
	교 사	학 생		
2. 외삽	4. 여러분은 지금까지 지루하게 생성물을 1/2씩 감소하는 정량적인 관계를 보았습니다. AgCl의 개수를 계속 1/2씩 줄여 나갈 수 있겠습니까? 5. 여러분은 지금 미시적인 상상실험을 하고 있습니다. 이런 미시적인 화학반응도 짚 수 있는 거시적인 화학 반응과 같은 반응식이 성립 됩니까? 각자 반응식을 써 보세요.	4. 예 5. 예 $Ag^+(aq)+Cl^-(aq)\rightarrow AgCl(s)$		5. 교사는 외삽 또는 추출을 하는 과정에서 자주 반응식을 확인하도록 한다.
3. 추출	6. 잘했습니다. 그러면 여러분 AgCl 10개를 침전 시켜 볼까요? 그리고 그에 관한 알짜 이온 반응식을 써 봅시다. 7. 여기서부터 생성물을 다시 1/2씩 줄여 봅시다. 몇 개의 AgCl이 생성됩니까? 8. 여러분 다시 생성물을 1/2로 줄여 봅시다. 몇 개의 AgCl이 됩니까? 9. 여러분 2.5개의 AgCl입자가 존재할까요, 안할까요? 10. 여러분 AgCl이 쪼개지면 더 이상 AgCl의 성질을 갖지 못하게 되지요? 11. 여러분 돌턴의 원자설이 수정되는 과정을 생각해 보는 대로 얘기해 봅시다. 중2때 어떤 기체 반응의 예가 있었지요? 12. 앞서 배운 화학 반응식의 계수가 정수가 아닌 것이 있었나요, 없었나요?	6. $Ag^+(aq)+Cl^-(aq)\rightarrow AgCl(s)$ 7. 5개의 AgCl 생성 8. 학생들이 머뭇거리게 된다. 9. 존재하지 않는다. 또는 존재한다. 서로 토의한다. 10. 예 11. 예 $2H_2+O_2\rightarrow 2H_2O$		8. 이때 교사는 분자의 입자성을 설명하는 단계가 된다. 9. 교사는 이 부분에서 학생들의 사고가 일반화되도록 도와주어야 한다. 10. 이때 교사는 얼른 결론으로 이끌면 안되고, 돌턴의 원자설, 아보가드로의 분자설을 상기시키도록 한다. 14. 이때 교사는 질량의 비는 아닌지 되묻는다.
4. 모형제시	13. 물이 생성되는 반응식을 각자 공책에 써 봅시다. 14. 이 반응식에서 계수의 비는 2:1:2입니다. 이 계수의 비는 반응의 무슨 비를 뜻하지요? 15. 잘 말했는데 그러면 이제는 왜 계수의 비가 정수이어야 하는지 설명할 수 있습니까?	12. 의견이 분분하다. 결국 없다고 하게 된다. 13. $2H_2+O_2\rightarrow 2H_2O$ 14. 몰수의 비 분자수의 비 15. 예		15. 중2 교과서의 분자 모형에 의한 기체반응의 법칙을 다시 설명 : 모형제시

진행과정	학습 활동		시간	유의점
	교 사	학 생		
결과의 종합 1. 요약 2. 결론 3. 일반화	1. 왜 화학 반응식에서 계수의 비가 정수이어야 한다고 생각됩니까? 2. 여러분, 그러면 이러한 입자들은 연속성입니까? 아니면 불연속성입니까? 3. 그러면 여러분의 미시세계로의 여행의 종착역에서는, 최소로 만들 수 있는 AgCl 입자는 몇 개입니까? AgCl 1.5개를 만들 수 있는 방법은 없습니까? 4. AgCl 입자 1개가 생성되려면 Ag 이온이나 Cl 이온은 몇 개가 필요합니까? 5. 염화나트륨 생성 반응: $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$ 반응에서 얻을 수 있는 생성물 NaCl의 최소의 입자의 수는 몇 개일까요? 왜 한 개의 NaCl은 얻을 수 없나요? 6. 물 생성 반응: 물의 생성 반응에서 얻을 수 있는 물분자의 수가 최소 몇 개입니까? 왜 그럴까요? 7. 철의 산화 반응: 철이 산화되는 반응의 경우 생성되는 산화철 입자는 최소 몇 개인가요? $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 8. 열분해 반응: KClO_3 를 열분해하는 반응식을 완결할 수 있습니까? 생성되는 산소분자의 수와 KCl 입자 수를 알아내기 위하여 반응계수를 맞추는 일의 중요성을 이제는 알겠습니까?	1. 입자이기 때문에... 등등 2. 연속성 또는 불연속성 3. 1개의 AgCl. 없다. 4. 각각 1개씩 5. 2개. 염소가 분자상태로 존재하므로 6. 2개. 산소가 분자로 존재하므로 7. 2개. 8. $2\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$	40분	1. 교사는 이 부분에서 입자성을 토의하게 하고, 보충 설명하여 그것을 이해시킨다. 2. 이때 연속성이라고 하는 경우에 앞서 분자가 계속적으로 무한대로 쪼개질 수 없다는 사실을 상기시킨다. 5. 교사 나름대로 내용을 보충 6. " 7. " 8. "

진행과정	학습 활동		시간	유의점
	교사	학생		
	9. 지금까지 살펴본 반응전후의 반응물의 총입자수와 생성물의 총입자수는 동일합니까, 다릅니까? 또, 반응전후의 총원자수는 동일합니까? 10. 그러면 반응전후의 반응물과 생성물의 총 질량에는 변화가 있습니까? 11. 이러한 관계를 나타내는 법칙은? 12. 여러분 반응물질이 고체, 액체, 그리고 기체이건 관계없이 몰수만 안다면 모든 반응전후의 질량을 계산할 수 있습니까? 13. 마지막으로 여러분은 미시세계의 마지막 여행이 되는 다음의 문제를 풀기 위하여 상상 실험으로 가설을 설정하고 실험을 설계해 보도록 하십시오.	9. 총입자수는 동일하지 않다. 총원자수는 동일하다. 10. 총질량도 동일하다. 11. 질량불변의 법칙 12. 예		12. 교사는 이때 질량-질량 관계 질량-부피 관계 부피-부피 관계를 설명할 수 있도록 예를 들어준다.
새로운 가설 설정과 상상 실험 설계를 통한 가설 검증 및 형성 평가	1. AgCl 입자 50개를 만들기 위한 상상실험에 대한 실험설계, 실험과정, 실험결과 등을 자세하게 작성한 실험 보고서를 제출하십시오. 2. AgCl 1몰을 얻기 위하여 필요한 Ag ⁺ (aq)와 Cl ⁻ (aq)의 수를 계산한 후 다시 AgNO ₃ 와 NaCl의 몰수 및 질량을 계산하십시오. 3. 화학반응에 의하여 이론적으로 계산할 수 있는 생성물의 갯수(양) 즉, 예측치와 실제 실험에 의하여 얻어지는 생성물의 개수(양)가 불일치되는 요인을 아는데로 보고서에 서술하십시오. (예 : 실험오차)	1. $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$ 최소 50개 최소 50개 최대 50개	10분	1. 미시적 분자수준 이해에 대한 형성 평가. 2,3. 거시적 실제 실험의 이해에 대한 형성 평가. · 교사는 이 과제를 숙제로 내주어 형성 평가의 자료로 삼는다. · 본시 학습목표를 달성했는지 못했는지 점검하는 기회가 된다.

7) 평가 계획

앞절 학습 지도안의 마지막 부분에 제시되어 있는 그대로 평가한다. 즉 미시적 분자 수준의 이해에 대한 평가는 AgCl 입자 50개를 만들기 위한 상상실험의 실험보고서로 한다. 그리고 거시적 실제 실험의 이해에 대한 평가는 몰수 및 질량계산, 예측치와 실험치의 불일치 요인 등의 지필평가에 의한다.

2. 생물 탐구 학습지도 자료

생물 내용의 학습 지도에 있어서 탐구 학습이론과 관련된 몇 가지 고려해야 할 사항이 있다. 첫째, 지도해야 할 내용을 가설 연역적 탐구 방법으로 지도해야 하는가 혹은 기술적 탐구 방법으로 지도해야 하는가를 판단해야 한다. 가설 설정, 변인 통제 등의 과정이 포함된 내용, 예를 들면 "광합성 속도에 미치는 온도의 영향"과 같은 내용은 가설 연역적 탐구 방법에 적합하다. 반면에 관찰, 측정, 분류, 기록 등

의 과정으로 구성된 내용, 이를테면 "세포의 관찰", "크로마토그래피에 의한 식물 색소 분리", "PTC 미맹조사" 등은 기술적 탐구 방법에 적합하다.

둘째로 고려해야 할 사항은 생물 학습 내용을 개방적 탐구, 안내된 탐구, 폐쇄된 탐구 중에서 어느 것을 기본으로 하여 지도할 것인가를 판단하는 일이다. 학습 내용이 학생들에게 비교적 친숙하고, 학습 목표가 가설 설정 및 실험 설계 등의 목표를 포함하고 있을 경우에는 개방적 탐구가 적합하다. "중산 작용 관찰", "침에 의한 녹말의 소화" 등은 이러한 개방적 탐구방법으로 지도할 수 있을 것이다. 반면에 학습내용이 학생들에게 생소하고 실험 과정이 복잡한 경우, 학습 목표가 탐구적 사고력의 신장보다는 실험 기능의 숙달에 있을 경우 등은 오히려 어느 정도 폐쇄된 탐구가 적합할 것이다. 예컨대 "현미경 조작법", "초파리의 침샘 염색체 관찰" 등은 폐쇄된 탐구를 기본으로 하여 학습지도를 하는 것이 학습 효과를 높이는데 기여할 것이다. 그러나 대부분의 생물내용은 개방적 탐구와 폐쇄된 탐구의 중간적 성격을 띤 안내된 탐구 즉 탐구 활동을 학생 중심으로 진행하되, 교사가 최소한의 지도 조언을 통해 학생들의 사고, 토론, 활동 방향을 이끌어 가는 방법으로 하는 것이 적합하다.

셋째는 경험적 탐구와 개념적 탐구 중에서 어떤 방법을 선택하는가를 결정하는 일이 중요하다. 탐구 학습 이론의 초창기에는 지나치게 활동 위주인 경험적 탐구를 중시하는 경향이 많았다. 그러나 근래에는 실험 활동을 거치지 않고 탐구적 사고 활동만으로도 탐구학습이 가능하다는 것이 지적되면서, 이러한 개념적 탐구의 중요성이 부각되고 있다. 학생들의 체험, 실험 기능, 종합적 탐구 수행 능력 등을 중요시한다면 경험적 탐구가 적합하다. "아메바 관찰", "혈액형 판정", "이산화황에 의한 생물의 피해" 등은 경험적 탐구 방법으로 지도하는 것이 좋을 것이다. 반면에 학생들의 탐구적 사고 능력, 말하자면 가설 설정, 실험 설계, 자료 해석 등을 중시할 경우나 혹은 실험 여건이 충분치 않을 경우에는 개념적 탐구가 적합하다. "양분의 흡수와 이동", "혈액의 순환 경로", "꽃눈 형성 호르몬과 광주기성" 등에 이룬 개념적 탐구 방법을 적용하는 것이 좋을 것이다.

1) 학습지도 자료의 주제

크로마토그래피에 의한 잎의 색소 분리

2) 학습 목표

- 잎의 색소가 여러 가지임을 실험을 통해 관찰하고 분리할 수 있다.
- 잎의 색소가 분리되는 이유를 설명할 수 있다.

3) 주요 개념과 탐구 기능

(1) 주요 개념

크로마토그래피, 잎의 색소, 전개액, 용해도, 분자량, 흡착력

(2) 탐구 기능

실험 설계, 관찰, 자료 해석, 추리

4) 지도상의 유의점

- 실험 진행을 학생 중심으로 전개하고 교사의 지도와 조언을 최소한으로 줄인다.
- 실험 결과의 관찰과 기록을 정확히 하도록 강조한다.

5) 준비물

- (1) 기구: 크로마토그래프 용지, 가위, 시험관, 시험관대, 코르크 마개, 비이커, 모세유리관, 피펫, 페트리 접시, 막자살발, 모래
- (2) 재료 : 시금치
- (3) 시약 : 아세톤, 불루엔, 메틸알콜

6) 실험 전개 계획

진행 과정	학습 활동		시간 (50분)	유의 점
	교사	학생		
선수학습 파악	<p>본시학습에 필요한 사전지식과 경험을 파악하고 상기시킨다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ·식물의 잎이 녹색인 이유는 무엇입니까? ·엽록소의 주된 기능은 무엇입니까? 	<ul style="list-style-type: none"> ·녹색의 색소인 엽록소가 있기 때문입니다. ·광합성 작용입니다. 	3분	<ul style="list-style-type: none"> ·지나치게 자세한 내용을 다루지 말고, 학생들이 잎의 색소에 관심을 집중하도록 하는데 초점을 맞춘다.
학습목표 제시	<p>본시 학습 목표를 제시한다: "잎의 색소가 여러 가지임을 실험을 통해 관찰하고, 색소가 분리되는 이유를 설명할 수 있어야 한다."</p>	<ul style="list-style-type: none"> ·학습목표를 인식한다. 	2분	
관찰주제의 선정	<p>색소분리와 관련된 학생들의 사전 경험을 상기시킨다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ·노트가 비에 젖어 잉크가 번진 것을 본 적이 있습니까? ·검은색 잉크가 번졌을 때 검은색 한 가지만 나타납니까? ·만약 녹색 식물의 잎에서 추출한 용액을 종이에 번지게 한다면 어떻게 될까요? 	<ul style="list-style-type: none"> ·자신의 경험을 발표한다. ·청색, 보라색 등의 다양한 색깔로 분리된 것을 이야기한다. ·자신의 추측을 발표한다. 	3분	<ul style="list-style-type: none"> ·학생들의 경험을 토대로 하여 학습 주제를 이끌어 내도록 한다.
관찰 방법과 절차의 결정	<ul style="list-style-type: none"> ·위의 문제를 해결하기 위해 어떠한 실험을 해야 할지 생각해 봅시다. ·실험과정에 대해 토론을 하여 구체적인 절차를 결정한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ·실험 과정에 대해 생각하고 발표한다. 		<ul style="list-style-type: none"> ·실험 과정을 교사가 일방적으로 제시하지 말고, 지도 조건 및 토론을 통해 이끌어 낸다.

<연구논문> 고등학교의 과학적 탐구력 신장을 위한 과학 학습지도 방법과 자료의 개발에 관한 연구 II, 조희형 외

진행 과정	학 습 활 동		시 간 (50분)	유 의 점
	교 사	학 생		
관찰 방법과 절차의 결정	<ul style="list-style-type: none"> 결정된 구체적인 실험 절차를 학생들이 숙지하도록 한다. 1. 시금치 잎을 잘게 썰어 막자 사발에 넣는다. 2. 메틸알콜과 아세톤을 3:1로 혼합한 용액을 10mL 넣고, 소량의 모래를 넣은 다음, 막자로 갈아서 색소액을 추출한다. 3. 크로마토그래프 용지의 한쪽 끝에서 2cm 되는 점에 추출한 색소액을 여러 번 반복하여 적는다. 4. 전개액인 물두엔이 들어 있는 시험관에 크로마토그래프 용지가 1cm 정도만 닿도록 하고 코르크 마개에 고정한다. 5. 전개액이 크로마토그래프 용지의 상단 부까지 상승하였을 때, 용지를 빼내어 건조시키고 색소 분리 결과를 관찰한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 구체적인 실험 절차의 의미를 이해하고 자신이 생각했던 실험 절차와 비교해 본다. 	12분	<ul style="list-style-type: none"> 시금치 잎을 깨끗이 씻어 말린 후에 사용한다. 메틸알콜과 아세톤의 혼합 용액이 염록소를 녹여 내는데 적합함을 설명한다. 색소를 한번 짚고 마른 후에 반복하여 적는다. 시험관에 물두엔을 넣을 때 시험관 벽에 닿지 않도록 한다. 전개액이 상승하는 동안 시험관이 흔들리지 않도록 한다.
관찰의 수행	<ul style="list-style-type: none"> 앞에서 결정한 실험 설계대로 자율적인 실험 활동을 수행하도록 지도한다. 각 실험 테이블을 순회하면서 지도 조언을 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 실험 설계대로 실험을 진행한다. 	20분	<ul style="list-style-type: none"> 자율적 실험 활동이 제대로 안되는 실험조에 한하여 최소한의 지도만을 하도록 한다.

진행 과정	학 습 활 동		시 간 (50분)	유 의 점
	교 사	학 생		
관찰 결과의 기록과 정리	<ul style="list-style-type: none"> · 일의 색소가 분리된 결과뿐만 아니라, 그 과정도 관찰하도록 한다. · 분리된 색소는 모두 몇 가지이며, 그 색깔과 색소의 명칭은 무엇인가? · 일의 색소가 여러 가지로 분리되는 원리는 무엇인가? · 색소가 분리되는 것은 용해도, 분자량, 흡착력의 차이 등이 복합적으로 작용해서 일어난다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 일의 색소가 분리되는 과정 및 그 결과들을 관찰하고 기록한다. · 분리된 색소의 종류와 색깔에 대해 토의한다. · 색소가 분리되는 가능한 이유를 제시한다. 	7분	· 학생들에게는 어려운 질문이므로 답변이 충분치 못할 경우 교사가 설명해 준다.
학습의 정리 및 차시 예고	<ul style="list-style-type: none"> · 본시의 학습 내용을 요약해서 설명한다. · 간단한 형성 평가문제를 제시할 수 있다. · 차시 학습의 주제와 내용을 간단히 소개한다. 	· 본시의 학습 목표를 달성하였는지 스스로 점검한다.	3분	· 시간이 부족할 경우 형성 평가는 실시하지 않아도 된다.

7) 평가계획

(1) 관찰에 의한 평가

학생들의 실험 태도, 관찰과 기록 능력등을 평가할 수 있는 간단한 점검표를 만들어 학생들의 행동을 교사가 수업을 진행하는 동안 관찰하여 평가한다.

(2) 실험 보고서에 의한 평가

학생들의 실험설계 능력, 관찰 능력, 자료해석 능력 등을 학생들이 작성한 실험 보고서를 이용하여 평가한다.

3. 적용상의 문제점 및 일반화 방안

앞에서는 화학과 생물의 소재를 이용하여 일반적인 과학적 탐구력과 아울러 각 분야별 탐구력을 신장시키기 위한 학습지도 자료를 제시하였다. 그러나 이와 같은 학습지도 방법들이 어느 분야에서나 혹은 어느 학년의 학생들에게나 쉽게 적용될 수 있는 것은 아니다. 더욱이 현장에 적용하여 그 효과를 확인하여 보지도 않았다. 위의 학습지도 자료가 안고 있는 문제점과 그것의 일반화를 위한 유의 사항에 관하여 간단히 살펴본다.

1) 화학 학습지도 자료

이 학습 지도안은 고등학교 과학II(하) 교과서의 제 II 단원 화학 반응 중에서 화학식, 화학식량과 몰, 화학식과 화학식량을 결정하는 법, 몰농도를 학습한 후에 나오는 화학 반응식을 가르칠 때에 사용할 수 있도록 구성된 3차시 분이다. 그러므로 상위 사고력 수준에 있는 학생, 즉 형식적 조작을 자유자재로 할 수 있는 학생들에게 적용되어야 한다. 한편 실험은 거시적인 실제 실험의 결과로부터 미시적인 입자 수준으로 일반화할 수 있는 단계(결과 종합 단계)를 거친 후에 다시 학생들로 하여금 미시적 입자 수준의 염화은 침전 반응에 대한 예를 제시하면서 그에 대한 상상 사고실험의 가설을 설정하고, 실험을 설계한 후, 실험을 수행한 결과에 대한 상상 사고실험 결과 보고서를 작성하게 하는 과정에 따라 수행하게 한다.

2) 생물 학습지도 자료

본 학습지도 계획은 기술적 탐구 모형을 근간으로 해서 개발된 것이다. 그러므로 가설 연역적 탐구과정이나 변인

통제 등을 필요로 하지 않으며, 정확한 관찰과 관찰 결과의 기록 및 해석에 중점을 둔다. 그러므로 이와 같은 학습지도 계획은 기술적 탐구에 적합한 탐구 내용을 지도하는데 국한하여 사용하여야 한다.

참고문헌

교육부(1992). 고등학교 교육과정. 교육부 고시 제 1992-19 호.
국립교육평가원(1992). 대학수학능력시험 실험 평가 문제집.
조희형(1992) 과학적 탐구의 본질에 대한 분석 및 탐구력 신장을 위한 학습지도 방법에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 제12권 제1호, 61-73.
조희형 외(1994). 고등학교의 과학적 탐구력 신장을 위한 과학 학습지도 방법과 자료의 개발에 관한 연구. 학회지 발표를 위해 심사중.
Millar, R & Driver, R.(1987). Beyond processes. Studies in Science Education, 14, 33-62.

ABSTRACT

**A Study on the Teaching/Learning Strategies and Materials
for the Enhancement of Scientific Inquiry Skills of High School
Students : Part II, Instructional Materials**

Hee-Hyung Cho, Moon-Won Lee, Young-Sin Cho, Chan-Soo Jee
(Kangwon National University)

Soon-Hee Kang, Jong-Yoon Park, Myung Hur
(Ewha Women's University)

Chan-Jong Kim
(Cheongju National University of Educational)

This study has been performed in order to achieve three objectives. They are as follows:

- To analyze, based on the research literatures, the nature of scientific inquiry ability and the characteristics of its constitutive elements.
- To identify inquiry skills and techniques essential to such areas as physics, chemistry, biology, and earth science.
- To develop instructional models and materials for enhancing inquiry ability on the part of high school students.

It was found in the study that the scientific inquiry was interpreted in terms of different meanings according to the viewpoint of the person who are interested in the nature of science. The scientific inquiry has been viewed as the process of knowledge formation, scientific method, inquiry process or process skills depending on the epistemological, methodological, educational perspectives, respectively. It was also identified that certain kind of skills or techniques would be used for inquiry in only one specific area of the science. This study drew a conclusion based on the findings that the skills and techniques will effectively be learned when those are taught with specific knowledge in each area of the science. Reported in this paper are the materials developed for fostering scientific inquiry skills on the part of the high school students. The materials were developed using two themes of a theoretical-abstract chemistry topic and a conceptual-concrete biology topic. Those materials were designed for an experiment and an observation, respectively.