

서울특별시교육청 수학 · 과학과 우수교사 위탁특별연수
교수-학습 자료

- 개발년도 2008년
- 과 목 화 학
- 제 목 할로젠의 성질과 반응성
- 개발자 어진영 (오금고등학교)

이 자료는 서울대학교 교육종합연구원 과학교육연구소가 서울특별시교육청으로부터 위탁받아 진행하고 있는 「수학과과학 우수교사 위탁특별연수」 사업에서 개발되었습니다.



서울대학교 교육종합연구원 과학교육연구소

Seoul National University Center of Education Research Science Education Research Institute



할로젠의 성질과 반응성



개발자	어 진 영 (오금고등학교)
주제	할로젠의 반응성
관련 단위	고등학교 화학 I
	I. 주변의 물질, 3. 금속과 그 이용
	주기율 - 할로젠의 성질
활용대상	고등학교 2학년 이공과정 일반학생 수업용
차 시	2차시
학습 목표	1. 할로젠 화합물로부터 생기는 할로젠 이온들의 화학반응을 실험한다. 2. 반응을 통해 화학 반응식을 완결할 수 있다. 3. 반응을 통해 할로젠의 반응성을 말할 수 있다. 4. 화학반응식을 이용하여 각각의 할로젠 이온들을 구별할 수 있다.





개발 자료 안내



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소

1. 개요

(1) 개발 의도

할로젠은 고등학교 화학 I에서 알칼리 금속과 더불어 원소의 주기적 성질 부분에서 대표적을 다루는 17족 원소들이다. 할로젠의 일반적인 성질과 더불어 반응성의 차이도 등장하게 된다. 그러나 할로젠 원소들은 특히 홑원소 물질 상태일 때 유독하여 직접 실험으로 하기에는 부담이 있다. 그러나, 실험 없이 강의식 수업만으로는 학생들의 이해가 부족하고, 특히 반응성과 관련해서는 자료를 제시해도 실험의 결과를 예측하거나 해석하는데 매우 어려워한다.

실험관련 내용은 이해하는 데 직접 실험을 하는 것만큼 좋은 방법은 없다. 현행 교과서에 등장하는 실험 방법은 많은 양의 약품을 사용하게 되어 있어 할로젠 화합물의 유독성 때문에 학생 전체 실험으로 시행하기에는 적절치 않다. 따라서 small scale chemistry 방식을 이용하여 효과적으로 할로젠의 성질과 반응성을 학습할 수 있는 자료를 개발하고자 하였다.



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소

(2) 개발 자료 소개

(가) SSC 소개

Small-scale chemistry는 1972년 콜로라도 주립대학의 Stephen Thompson이 제안하였다. 전통적인 유리기구 대신 값싼 플라스틱 기구를 사용하고 적은 양의 시약을 사용함으로써 경제적이며 폐기되는 시약의 양이 적기 때문에 환경적인 측면에서도 장점이 있다. 우리나라에는 2002년 전공교과 국외연수(화학)팀이 콜로라도 주립대학으로 연수를 다녀온 후 본격적으로 소개되었고(김현경, 2003), 이후 활발히 활용되고 있다.

Small-scale chemistry의 장점으로는 다음과 같은 것들이 더 있다.(2003년 전공교과 국외연수 화학분야 보고서)

- 의자에 앉아서 실험할 수 있어서 편함
- 유리기구를 거의 사용하지 않으므로 파손의 염려가 없음
- 주로 플라스틱 기구이고 소량의 시약을 사용하므로 가격이 경제적임
- 폐수 등의 오염물질 배출량이 적어서 환경오염을 줄일 수 있음
- 규모가 너무 커서 하기 어려운 실험도 수행할 수 있음
- 1조가 3인을 넘지 않으므로 모든 학생들이 실험에 적극적으로 참여할 수 있음
- 실험세트를 한 번 준비하면 용액 보충 후 계속 사용할 수 있음
- 짧은 시간 안에 실험을 많이 하거나 반복할 수 있어서 실험과 강의를 병행할 수 있음



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소

(나) 본 수업 자료 소개

본 교수 학습 자료는 시약의 사용을 최소화 하는 small scale chemistry 방식의 할로젠의 반응성 실험이다. 기존의 자료(박종운 외 역, 2005; KICE 교수학습개발센터, 2004)를 교육 과정에 맞게 변형하였으며 단순히 전통적인 수업의 규모만 줄인 것이 아니라 실험활동과 함께 수업을 충분히 할 수 있도록 활동분량을 조절하였다.

2. 수업모형 안내

순환학습 모형(Learning Cycle Model)

순환학습 모형은 SCIS(Science Curriculum Improvement Study) 프로그램에서 도입된 학습 모형으로 학생 스스로 구체적인 경험을 통해서 개념을 획득하고 사고력의 신장을 돕기 위한 탐구 지향적 학습 모형이다. 순환학습 모형은 Piaget의 인지발달 이론에 기초를 두고, 탐구 단계에서의 간단한 실험을 통하여 학생 스스로 새로운 개념을 발견할 수 있도록 유도함으로써 학생들의 탐구 능력 신장에 크게 기여하는 것으로 밝혀졌다.

(1) 순환 학습의 세 가지 단계

① 탐색(exploration) 단계 : 학생들에게 발견할 수 있는 기회를 제공하는 단계

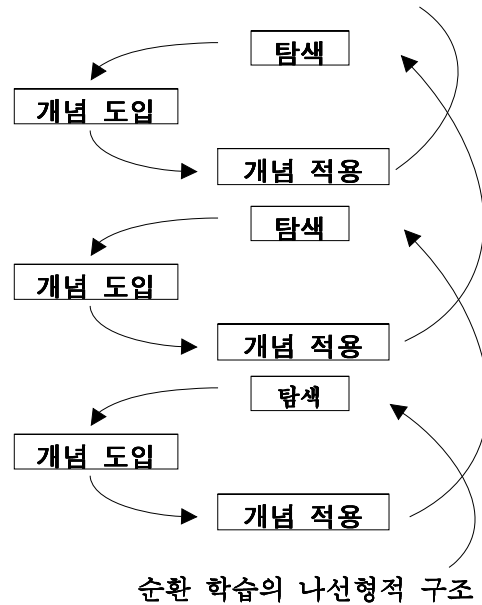
- 최소한의 안내가 주어지고 새로운 물질과 새로운 생각을 탐색하도록 한다.
- 사전 지식으로 풀 수 없는 상황에 직면 → 비평형 상태
- 학생의 생각을 말로 표현할 수 있는 기회를 제공한다 → 분석과 논쟁이 유발됨
- 가설을 검증하는 방법에 대해 토론한다.
- 결론을 수집하고 분석한다.
- 현상의 규칙성의 유형을 확인하도록 이끌어야 한다.
- 관찰 적인 기술, 가설 제안, 기술의 검증에 큰 효과를 줄 수 있는 완전히 개인적인 방법으로 현상과 상호작용 하도록 허용한다.

② 개념 도입(term introduction) 단계 : 교사는 용어를 소개하여 학생들에게 발견한 패턴과 용어를 연결시킬 수 있는 기회를 제공하는 단계

- 탐색 단계 동안 발견된 유형을 언급하는데 사용되는 용어를 도입한다.
- 개념은 교사, 교과서, 필름, 혹은 다른 매개물에 의해 소개된다
- 탐색을 뒤따르고 직접적으로 탐색 활동 단계에서 발견된 유형과 관계가 있다

③ 개념 적용(Concept application) 단계 : 학생들에게 새로운 상황에 개념을 적용 할 수 있도록 허용하는 단계

- 학생들에게 새로운 개념의 적용력의 범위를 확장시키는데 필요하다.
- 평균 학생들보다 개념적 재조직화가 늦게 일어나는 학생들 혹은 교사의 설명을 그들의 경험과 적당하게 연결시키지 못하는 학생들에게 도움을 준다.



(2) 순환 학습의 세 가지 유형

: 서술적 순환 학습, 경험 귀추적 순환 학습, 가설 연역적 순환 학습

* 서술적 순환학습(Descriptive LC)

• 특징

교사와 학생들은 관찰한 사실을 설명하지 않고 단순히 관찰한 것을 기술하거나 계열화하거나 분류만 한다. "왜(why?)"의 질문보다는 "무엇(what?)"의 질문에 답을 한다. 규칙성을 명명하는 과정에서 구체적 사고력만 요구하지 인지적 갈등은 유발하지 않는다. 따라서 학생들의 인지수준이 낮거나, 선개념이 없는 내용을 교수할 때 적당한 형태이다.

• 단계별 활동

	학 생	교 사
탐색 단계	자연 현상을 관찰 탐구하여 단순히 규칙성을 발견하고 기술하려는 시도를 한다.	학생들에게 관찰할 사실을 단순히 제시만 한다.
개념도입 단계	관찰 결과를 발표하고 규칙성에 대해 기술한다.	학생들이 발견한 규칙성에 적합한 용어를 도입한다.
개념적용 단계	토의하거나 다른 상황에 관련 개념을 적용한다.	사회적 상호작용의 환경이나 다른 상황에 적용하는 기회를 제공한다.

3. 배경지식

(1) 할로젠 원소 기호의 유래

염소는 할로젠 원소 중에서 가장 먼저 발견된 홀원소 물질이다. 1744년 스웨덴의 셀레(Scheele)는 염소를 발견하였을 때 화합물의 일종으로 생각하였다. 당시는 플로지스톤설이 인정되었으므로, 셀레는 염소를 염산에서 플로지스톤을 제거시켜서 새로 만들어진 화합물이라고 생각한 것이다. 그러던 중, 1810년 영국의 데이비(Davy)가 여러 가지 물질의 전기 분해 실험을 하던 중 염소가 새로운 원소임을 밝혀냈고, 염소의 원소 기호는 그리스어의 Chloros(녹색)에 근거하여, Cl이라 하였다. 브롬은 프랑스의 발라르가 해초를 연구하던 중에 발견하여 그리스어의 Bromos(악취)라는 말에 근거하여 원소 기호를 Br이라 하였다. 요오드는 프랑스의 베르나르(Bernard)가 발견한 것인데, 게이뤼삭(Gay-Lussac)이 그리스어의 Ioeides(보라색)을 표시한 말에 근거해서 원소 기호를 I라고 하였다.

(2) 할로젠 원소의 특성

① 2원자 분자로 존재한다.

② 전자 한 개를 쉽게 얻어 -1가의 음이온이 되기 쉽다.

③ 할로젠은 원자 번호가 커질수록 반응성이 작아지는데, 이는 원자의 크기가 커질수록 전자를 잡아끌기 어려워 이온화되기가 어렵기 때문이다.

· F(플루오르) > Cl(염소) > 브롬(Br) > 요오드(I)

<표> 할로젠 원소의 몇 가지 성질(Huheey, J. E. 외 1993)

원소	F	Cl	Br	I
공유반지름(nm)	0.072	0.099	0.114	0.133
이온화 에너지(MJ/mol)	1.6810	1.2511	1.1399	1.0084
전자친화도(kJ/mol)	327.9	348.8	324.6	295.3

④ 수소 기체와 결합하여 할로젠화수소를 만들며, 이 물질은 물에 녹아 산성을 나타낸다.

· $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2 HCl$ $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

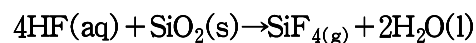
이러한 할로젠화수소산의 세기는 $HF \ll HCl < HBr < HI$ 순으로 커지는데, 이는 전기음성도 차이가 클수록 결합이 강해지며, 수용액 상태에서 수소 결합을 많이 하기 때문이다. 상온일 때 수용액 상태에서 HF 분자들은 수소 결합에 의해 여러 개가 모여 있기 때문에 강한 수소 결합을 끊지 않은 한 H 원자는 H^+ 으로 이온화될 수 없다. 따라서 HF은 약한 산성을 나타내며, 나머지 HX은 물에 녹으면 δ^+ 전하를 띠는 수소 원자가 δ^- 전하를 띠는 물 분자의 산소 원자에 둘러싸여 X 원자에게 공유한 전자쌍을 내주고 H^+ 이 되어 물 분자와 결합하여 옥소늄 이온(H_3O^+)을 형성하므로 모두 강한 산이다.

원소	F	Cl	Br	I	H
전기 음성도	4.1	2.8	2.7	2.66	2.2
수소산의 K_a	6.6×10^{-4}	$\sim 10^7$	$\sim 10^9$	$\sim 10^{11}$	

(3) 할로젠 원소의 이용

① 플루오르

- 플루오르 화합물은 치약에 포함되어 충치 예방에 사용된다.
- 플루오르가 포함된 테플론은 프라이팬의 피막으로 사용되어 음식물이 팬에 달라붙지 않도록 한다.
- 핵 연료 정제에도 플루오르화합물이 사용되는 데 육플루오르화 우라늄(UF_6)을 만들어 핵 연료로 사용할 수 있는 UF_6 함량이 많도록 우라늄을 농축하는데 사용할 수 있다.
- HF는 맹독성이 있으며 심한 화상을 입히고 또한 다음 화학 반응식과 같이 규산염 유리를 부식시키는 성질이 있어 유리 공예에 사용된다.



HF 수용액으로 유리 표면에 정교한 모양들을 새길 수 있다.

따라서 HF 수용액은 유리가 아닌 폴리에틸렌과 같은 플라스틱 용기에 보관해야 한다.

② 염소



염소가 포함된 화합물로 주위에서 볼 수 있는 것은 매우 많다. 소금, 냉매(예, CFC- 현재는 CFC는 오존층 파괴의 영향 때문에 거의 사용하지 않는다.), PVC와 같은 플라스틱 등이 있다. 염소 자체를 사용하는 예로는 수영장 소독이 있으며, 염소를 원료로 사용하는 경우로는 표백제, 염료, 살충제 등이 있다.

③ 브롬

브롬은 브롬화은의 감광 효과를 이용하여 필름의 감광제로 사용되어 왔으며, 난연제(가솔린의 납 제거), 살균제, 소화제(消火劑) 등에 이용된다.

④ 요오드

소독약으로 요오드 킵크 등에 이용되고 갑상선 종 예방약으로도 사용된다. 요오드-녹말 반응으로 녹말을 확인하는 시약으로도 이용될 수 있다.

4. 학생의 개념

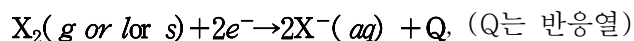
원소들의 주기적 성질에 대한 학습은 원소들의 이온화 에너지나 전자친화도, 전기음성도 등 주기율표 전체에서 얻을 수 있는 내용들을 포함해야 하나 현행 교육과정상의 화학 I에서는 그러한 구체적 내용들을 포함하고 있지 않다. 고등학교 2학년 화학 I에서 요구되는 학생의 개념은 주기율표의 같은 족은 비슷한 성질을 가지며 같은 족에서 반응성 등은 일정한 경향을 갖는다는 정도이다.

따라서 할로겐의 경우 가장 중요하게 언급되는 화학적 성질로는 전자 1개를 얻어 음이온이 잘 되는 반응성이 큰 물질이라는 정도이며 그와 관련된 반응들을 이용하여 반응성 비교내용이 주로 다루어지고 있다.

할로겐의 반응성을 말할 때는 할로겐이 전자를 얻어 음이온이 되는 경향으로 설명되므로 전자친화도를 살펴볼 필요가 있다. 전자친화도는 기체 상태의 원자 1개가 전자 1개를 얻을 때 방출하는 에너지의 크기이므로 다음과 같이 주어진다.



그러나, 할로겐의 반응성을 언급하거나 학생들과의 실험에서 확인하게 되는 반응은 다음과 같이 나타낼 수 있고, 이 때의 반응열은 EA와는 전혀 다른 값이다.



학생들은 막연하게 전자를 잘 얻어서라고 학습하기 때문에 원자가 전자를 얻는 상황으로 생각할 가능성이 있다. 화학 I에서는 수치를 언급하지 않지만 플루오르의 전자친화도가 염소의 전자친화도보다 클 것으로 생각할 수도 있을 것이다. 실제로는 원자의 크기가 작은 플루오르의 경우는 전자 밀도가 높아 전자친화도 값이 염소보다도 작다. 하지만 수용액에서는 크기가 작은 플루오르화 이온이 수화될 때 수화 에너지가 커서 안정화 될 수 있고, 화합물을 만드는 경우에도 마찬가지로 효과를 보여 매우 큰 반응성을 갖게 된다. 즉, 플루오르의 반응성은 전자를 잘 얻는 성질뿐 아니라 원자나 이온의 크기에 의한 영향을 많이 받게 되는데 단지 전자를 잘 얻는다는 것만으로 반응성을 설명하면 할로겐, 특히 플루오르의 반응성을 불완전하게 이해하게 된다.

현재의 화학 I 교육과정 상에서 이를 해소하기에는 교육과정을 넘어서 추가로 다루어야 할 내용이 너무 많기 때문에 다 다룰 수는 없겠으나 가르치는 교사는 이러한 사실들을 염두에 두어야 할 것이다.



학 생 용 1

할로젠 원소의 성질



()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()

할로젠 원소의 성질에 대해서 알아보시다.

1. 목표

(1) 지식

- 할로젠 원소들이 갖는 성질을 말할 수 있다.

(2) 탐구 과정

- 할로젠 원소의 성질과 반응에 관한 자료를 해석하여 그들의 공통성을 찾을 수 있다.
- 실험을 수행하고 일어나는 변화와 결과를 관찰하고 정확히 기록할 수 있다.

(3) 태도

- 과학 지식에 관심을 가지고 과학적 문제해결 태도를 갖는다.

2. 과정 및 결과

(1) 할로젠의 성질

자료해석

1. 다음 표는 할로젠의 성질을 나타낸 것이다. 선생님이 제시하는 자료를 보고 채워봅시다.

원소	분자	분자 1개의 질량	상태 (실온)	색깔	이온	물 속에서 꽃잎의 탈색	나트륨과 반응한 화합물의 성질
F		38					
Cl		71				빠름	흰 고체, 물에 녹음
Br		160				느림	흰 고체, 물에 녹음
I		254				가열하면 물에 녹으면서 탈색	흰 고체, 물에 녹음



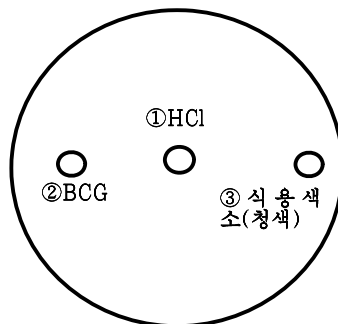
2. 할로젠 원소가 가지는 공통된 성질을 세 가지만 적어보자.

3. 할로젠 원소 네가지 중 녹는점과 끓는점이 가장 높은 원소와 가장 낮은 원소는 어느 것일까? 왜 그렇게 생각했는지 이유도 적어보자.

실험 과정 및 결과

1. 실험판 위에 페트리 접시를 놓고 그림과 같이 용액을 한 방울씩 떨어뜨린다.

2. 가운데 HCl 용액 위에 NaClO(락스) 용액을 한 방울 떨어뜨린 후 재빨리 뚜껑을 덮고 주변 양쪽 용액의 색 변화를 관찰한다.



3. 5분정도 계속 색 변화를 관찰한다.

4. 각 용액에서 관찰한 사실을 기록한다.

실험/용액	관찰
①	
②	
③	

5. ①에서 발생한 기체는 무엇인가?

6. ②의 색변화는 무엇을 의미하는가?

7. ③의 결과로 알 수 있는 할로젠의 성질은?

준비물

실험판, 페트리 접시,
다음 용액이 들어 있는 스포이트
NaClO(락스), HCl, BCG,
식용색소(청색), 묽은 암모니아수

* BCG: 브로모크레졸 그린. 산성에서 노란색, 염기성에서 파란색을 나타내는 산염기 지시약

지도상의 유의점

발생하는 기체는 인체에 유독하므로 페트리 접시의 뚜껑을 잘 닫아두어야 한다.

8. 관찰이 끝난 후 뚜껑을 조금만 열고 NH_3 수용액을 넣은 후 다시 닫아 5분쯤 방치했다가 페트리 접시를 휴지로 깨끗이 닦고 물로 씻는다.

(2) 할로겐의 검출

실험 과정

1. 실험판에서 해당하는 칸에 NaCl, NaBr, KI 수용액 등을 한 방울씩 떨어뜨린다.
2. 각각의 용액 위에 질산은(AgNO_3) 용액을 한 방울씩 떨어뜨린다.
3. 각 방울의 색을 관찰하고 한 개는 검정 상자를 씌우고 한 개는 햇빛아래 노출된 상태로 방치해 두었다가 다시 색을 관찰한다.

실험 결과

1. 관찰한 결과를 아래 표에 기록하시오

실험	NaCl + AgNO_3		NaBr + AgNO_3		KI + AgNO_3	
처음색						
나중색	햇빛:	암실:	햇빛:	암실	햇빛:	암실:

2. 각 실험에서 생성된 앙금은 무엇인지 화학식으로 쓰시오.

3. 색이 변한 경우는 어느 것이며 그 까닭은 무엇일까?

4. 이 결과로 보아 어디에 이용할 수 있을까?

* 할로겐의 성질을 종합하여 자유롭게 정리해 봅시다.



서울대학교
교육종합연구원
과학교육연구소

준비물

실험판, 검은 상자
다음의 용액이 들어 있는
스포이트

NaCl, NaBr, KI, AgNO_3



서울대학교
교육종합연구원
과학교육연구소



서울대학교
교육종합연구원
과학교육연구소



할로젠 원소의 반응성



()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()

할로젠 원소의 반응성에 대해서 알아보시다.

1. 목표

(1) 지식

- 할로젠 원소의 상대적 반응성을 말할 수 있다.

(2) 탐구 과정

- 주어진 실험을 수행하고 일어나는 변화와 결과를 관찰하고 정확히 기록할 수 있다.
- 관찰한 사실들로부터 추리하여 할로젠원소의 반응성을 알아낼 수 있다.

(3) 태도

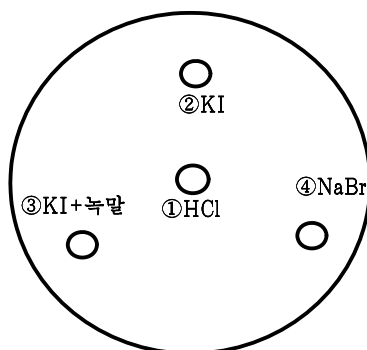
- 과학 지식에 관심을 가지고 과학적 문제해결 태도를 갖는다.

2. 과정 및 결과

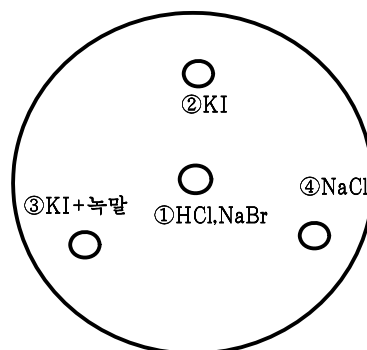
실험 과정

1. 실험관 위에 페트리 접시를 놓고 그림과 같이 용액을 한 방울씩 떨어뜨린다.

2. 가운데 HCl 용액 위에 NaClO(락스) 용액을 한 방울 떨어뜨린 후 재빨리 뚜껑을 덮고 주변 각 용액의 색 변화를 관찰한다.



실험 (가)



실험 (나)

준비물

실험관, 페트리 접시,
다음 용액이 들어 있는 스포이트
NaClO(락스), NaCl,
NaBr, KI, KI-녹말용액, ,
HCl, 묽은 암모니아수

지도상의 유의점

발생하는 염소 기체나 브롬
은 인체에 유독하므로 페트
리 접시의 뚜껑을 잘 닫아
두어야 한다.



3. 5분정도 계속 색 변화를 관찰한다.
4. 관찰이 끝난 후 뚜껑을 조금만 열고 NaOH 수용액을 넣은 후 다시 닫아둔다.
5. 다른 페트리 접시에 과정 1과 같은 방법으로 중앙은 NaBr과 HCl을 한 방울 씩 떨어뜨리고 NaBr 대신 NaCl을 떨어뜨리며 나머지는 모두 같게 한다.
6. 가운데 NaBr + HCl 용액 위에 NaClO 용액을 한 방울 떨어뜨린 후 재빨리 뚜껑을 덮고 5분 정도 계속 색 변화를 관찰한다.
7. 관찰이 끝난 후 뚜껑을 조금만 열고 NH_3 수용액을 넣은 후 다시 닫아 5분쯤 방치한다.
8. 실험이 모두 끝나면 실험판과 페트리 접시를 휴지로 깨끗이 닦고 물로 씻는다. 실험판에서 해당하는 칸에 NaCl, NaBr, KI 수용액 등을 한 방울씩 떨어뜨린다.

실험 결과

각 용액에서 관찰한 사실을 기록하고 일어난 반응의 반응식이나 설명을 쓰시오.

실험/용액	관찰	반응/설명
(가)	①	
	②	
	③	
	④	
(나)	①	
	②	
	③	
	④	

지도상의 유의점

반응식에 집착하기 보다 변화를 어떻게 설명하면 좋을이지 생각해보도록 한다.

결과 해석 및 고찰

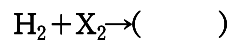
1. 실험의 결과를 토대로 염소, 브롬, 요오드의 반응성의 상대적 크기를 나타내시오.

$\text{Cl}_2(\quad) \text{Br}_2(\quad) \text{I}_2$

그렇게 생각한 근거를 기록하시오.

2. 할로젠 원소의 반응성의 크기가 위와 같은 순서로 나타난다는 사실을 할로젠이 전자를 잘 얻는 성질과 관련하여 어떻게 설명하면 좋을까?

3. 할로젠은 수소와 반응하여 할로젠화수소를 만든다. 할로젠화수소가 만들어지는 다음 반응식을 완결하고, 표의 빈칸에 적합한 말을 예측하여 적어보자.



<표> 수소와의 반응

F_2	Cl_2	Br_2	I_2
암실에서도 격렬하게 반응		가열하면 서서히 반응	

지도상의 유의점

실험 결과에 근거하여 반응성을 비교하도록 한다.

지도상의 유의점

주기율과 관련된 단원이므로 경향성을 생각하여 설명할 수 있도록 한다.



할로젠의 성질과 반응성

1 활동 내용 분석

활동 내용

이 활동은 할로젠의 반응성을 학습할 때 직접 염소와 브롬을 만들고 다른 화합물들과의 반응을 통해 할로젠의 성질, 검출법, 반응성 등을 알아볼 때 실시할 수 있다.

할로젠의 성질을 모두 실험으로 알아낼 수는 없기 때문에 일부는 제공해 주어야 하고 사진자료 정도를 제공할 수 밖에 없다. 이런 경우에도 그 자료들로부터 경향성이나 공통성 등을 찾을 수 있도록 한다. 할로젠의 성질과 관련한 실험에서 모든 반응식을 제공하려고 하지 말고 기본적인 특징을 찾도록 한다. 염소의 경우 물 단원에서 학습한, 물에 녹아 살균, 소독 작용을 한다는 내용을 상기시켜 기존에 알고 있던 내용과 접목시키는 것이 좋을 것이다.

할로젠의 반응성에서는 할로젠 원소들의 반응성 순서를 스스로 찾을 수 있도록 돕는다.

실험 준비 관련

학생 준비물은 24 홈판과 실험판, 페트리 접시, 돋보기 하나면 충분하다. 반응판은 아래 사진과 같이 클리어파일 속지에 두터운 종이를 넣고, 필요에 따라 복사한 반응판 종이를 바꿔서 끼워넣으면 여러활동에 활용할 수 있다. 돋보기는 발생하는 염소 기포를 관찰하기 위한 것이다.



활동의 성격

주어지는 자료들로부터 규칙성을 발견하고 이를 기술한다. 조작적 관찰로부터 자신에게 필요한 자료를 얻고 설명을 하고 경향성을 발견한다.

지도상 유의점

지식적인 내용이 많기 때문에 단순히 암기할 내용으로 전달할 수 있으므로 학생들이 자료들로부터 필요한 내용을 스스로 습득하도록 한다.

실험시 유의점

할로젠은 기본적으로 유해한 물질이다. 시약을 소량만 사용하지만 기체를 흡입하지 않도록 주의한다. 플라스틱 스포이트로 장난하지 않도록 한다. 용액을 떨어뜨릴 때 스포이트의 끝이 다른 용액에 닿아 오염되는 일이 없도록 주의한다.



서울대학교
교육종합연구원
과학교육연구소



서울대학교
교육종합연구원
과학교육연구소



서울대학교
교육종합연구원
과학교육연구소

용액을 닦아내기 위한 면봉이나 휴지를 공용으로 준비한다.

용액을 한번 가득 담아놓으면 10반 정도 실험을 하고도 남은 정도로 충분하다. 4-5개의 이과반만 실시한다면 용액을 절반 정도만 채워둔다.

1인 실험으로 하게 하려면 실험 준비물을 좀 더 준비해야하는데, 가장 어려운 점은 용액을 담아둘 스포이트 입구를 늘려서 자르고 용액 담고 라벨 붙이는 것이다. 만약 실험 조교가 없다면 도우미 학생들이라도 동원하는 편이 좋다. 하지만 이렇게 한번만 준비해두면 모든 반을 다 실험할 수 있다.

* 용액 준비

·NaClO : 염소계 표백제(락스) 50% 용액

·NaCl, KI, HCl : 0.1M 용액

·NaBr : 1M

·KI+ 녹말 : 녹말 20g을 약간의 물에 섞어 걸쭉해지면 끓는 물 500mL 넣고 + 17g KI 넣어서 다 녹인 뒤 1L로 묽힌다 → 실제 필요한 양만큼 scale을 줄여서 만들면 된다.

·BCG(브로모크레졸그린 Bromocresol green):산염기 지시약. 산성 색은 노란색, 염기성 색은 파란색. 변색 범위는 3.8-5.4이다. 0.03% 용액으로 만든다. BCG는 나트륨 염이 아닌 경우 20% 에탄올 수용액으로 만들고, 나트륨 염은 그냥 물에 녹이면 된다. 다 녹인 후 진노랑 -주황색 정도 색이 보이는데, 실험에서 BCG 용액이 산성색으로 변하는 것을 보아야 하므로 NaOH를 조금 넣어 녹색이 되게 하여 사용한다.

BCG나 색소 용액의 경우 색깔이 변한 것을 확실히 확인하기 위해서는 변화가 끝날 무렵 페트리 접시의 뚜껑 위에 원래 용액을 떨어뜨려 비교하면 확실하다.

실험이 끝난 후에는, 페트리 접시 안쪽 공간에 남아있을 수 있는 할로젠 기체를 제거하기 위해 염기성 용액으로 묶은 암모니아수를 한 방울 떨어뜨리도록 한다.

🕒참고

용액을 담은 스포이트는 반드시 라벨을 붙여 혼동되지 않도록 한다. 라벨 지 위에 스카치 테이프를 붙여야 잘 떨어지지 않는다.

🕒참고

염소와 같은 할로젠은 물과 반응하여 할로겐화소와 하이포아염소산등을 만드므로 염기성 용액을 떨어뜨리면 남은 할로젠 기체를 쉽게 제거할 수 있다.

2 진행 방법

1차시에서는 자료해석, 할로겐의 성질, 할로겐 이온의 검출 세가지를 다루게 되어 있는데 필요에 따라 내용을 가감하여 활용할 수 있다. 할로겐 이온의 검출 실험을 먼저 하고 색이 변할 것을 기다리는 동안 자료해석이나 할로겐의 성질을 실험하는 것이 좋겠다.

학생들이 충분히 답하고 생각할 수 있는 시간을 제공한다. 실험수업에서 놓치는 부분이 정리단계이다. 후반부에서 학생들의 스스로 학습한 내용을 정리할 수 있도록 돕는다.

2차시에서는 할로겐의 반응성에 대한 내용이다. 실험 결과를 체계적으로 잘 해석하려면 어느 반응을 살펴보아야 하는지 잘 판단하기 어려우므로 순회지도를 강화한다.

반응성과 전자를 주고받는 것의 관계를 유추하는 것은 조별 토론으로 이끌어내는 것도 한가지 좋은 방법이 될 수 있을 것이다. 마지막 질문(3)은 학습한 내용을 적용하기 위한 문항이므로 정답보다는 경향성을 생각해보도록 돕는다.

3 학생용 활동지 채점 기준

1차시 학생용 활동지 답안

(1) 할로겐의 성질

자료해석

1. 다음 표는 할로겐의 성질을 나타낸 것이다. 선생님이 제시하는 자료를 보고 채워봅시다.

원소	분자	분자 1개의 질량	상태 (실온)	색깔	이온	물 속에서 꽃잎의 탈색	나트륨과 반응한 화합물의 성질
F	F_2	38	기체	담황색	F^-	매우 빠름	흰 고체, 물에 녹음
Cl	Cl_2	71	기체	황록색	Cl^-	빠름	흰 고체, 물에 녹음
Br	Br_2	160	액체	적갈색	Br^-	느림	흰 고체, 물에 녹음
I	I_2	254	고체	흑자색	I^-	가열하면 물에 녹으면서 탈색	흰 고체, 물에 녹음

2. 할로겐 원소가 가지는 공통된 성질을 세 가지만 적어보자.

원자 분자로 존재한다/수분이 있을 때 탈색작용을 한다.

전자 한 개를 얻어 -1 가 음이온이 잘 된다.

나트륨과 반응하여 흰 고체 물에 녹는 흰 고체물질을 만든다.

3. 할로젠 원소 네가지 중 녹는점과 끓는점이 가장 높은 원소와 가장 낮은 원소는 어느 것일까? 왜 그렇게 생각했는지 이유도 적어보자.

높은 것: 요오드, 낮은 것 : 플루오르

상온에서의 상태가 고체인 요오드가 가장 높을 것이며 기체인 플루오르가 가장 낮을 것이다. 염소도 기체이지만 전체 경향으로 보아 플루오르가 염소보다 녹는점, 끓는점이 낮을 것을 예상할 수 있다.

실험결과

4. 각 용액에서 관찰한 사실을 기록한다.

실험/용액	관찰
①	기포발생
②	BCG 지시약 색깔이 녹색에서 노란색으로 변함
③	색소의 청색이 흐려짐(청색→하늘색→무색)

5. ①에서 발생한 기체는 무엇인가?

염소 기체 발생($\text{NaOCl} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$)

6. ②의 색변화는 무엇을 의미하는가?

할로젠 원소가 물에 녹으면서 산성 물질(HCl)이 만들어짐($\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HOCl}$)

7. ③의 결과로 알 수 있는 할로겐의 성질은?

탈색작용을 할 수 있음 ($\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HOCl}$)에서 HOCl의작용

(2) 할로겐의 검출

1. 관찰한 결과를 아래 표에 기록하시오

실험	NaCl + AgNO ₃		NaBr + AgNO ₃		KI + AgNO ₃	
처음색	흰색 (양금)		연노란색 (양금)		노란색 (양금)	
나중색	햇빛: 회색	암실: 흰색	햇빛: 회색	암실: 연 노란색	햇빛: 노란색을 띠는 회색	암실: 노란색

2. 각 실험에서 생성된 양금은 무엇인지 화학식으로 쓰시오.

AgCl

AgBr

AgI

3. 색이 변한 경우는 어느 것이며 그 까닭은 무엇일까?

햇빛에 노출시켜 놓은 것은 색깔이 회색으로 진해짐.

암실에서는 색변화 없음. 할로겐화은은 빛을 받으면 색이 변함

4. 이 결과로 보아 어디에 이용할 수 있을까?

카메라 필름 등 감광지에 사용할 수 있다.



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소

2차시 학생용 활동지 답안

할로겐의 반응성

실험 결과

각 용액에서 관찰한 사실을 기록하고 일어난 반응의 반응식이나 설명을 쓰시오.

실험/용액	관찰	반응/설명
(가)	① 기포발생	$\text{NaOCl} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$ 염소 기체 발생
	② 무색→노랑	$\frac{2 \text{KI}}{\text{무색}} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{KCl} + \text{I}_2$ 노란색(갈색)
	③ 청남색 (검은색)	②와 같은 반응. I_2 + 녹말 : 요오드-녹말 반응으로 인해 청남색으로 변함
	④ (노란색)	$\frac{2 \text{NaBr}}{\text{무색}} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{Br}_2$ 노란색(적갈색) 노란색으로 변하고 난 뒤 잠시 후 노란색이 다시 사라진다. 이는 브롬이 소량 만들어져 노란색을 띠었다가 다시 물에 녹아 HBr 등으로 변하거나 날아가서 색이 사라지는 것으로 생각된다.
(나)	① 노랗게 됨	(가)와 같이 Cl_2 발생. $2 \text{NaBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{Br}_2$ 브롬생성
	② 무색→노랑	$\frac{2 \text{KI}}{\text{무색}} + \text{Br}_2 \rightarrow 2 \text{KBr} + \text{I}_2$ 노란색(갈색)
	③ 청남색 (검은색)	②와 같은 반응. I_2 + 녹말 : 요오드-녹말 반응으로 인해 청남색으로 변함
	④ 무색	브롬보다 염소가 반응성이 크므로 아무 변화 없다.

참고

반응식을 기록하는 것보다 반응을 이해하고 그 중요한 특징을 이해하도록 한다.

염소기체와 브롬화나트륨의 반응결과는 눈에 잘 띠지 않는다. 브롬화나트륨과 반응할 염소기체가 충분히 공급되지 않기 때문에 생각된다. 대신 실험(나)의 ①을 보면 발생한 염소가 곧바로 브롬화이온과 반응할 것으로 기대할 수 있다. 이 때 노랗게 된 것으로 보아 적갈색의 브롬이 생성된 것을 볼 수 있다.



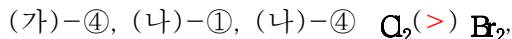
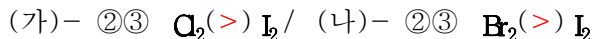
서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소

결과 해석 및 고찰

1. 실험의 결과를 토대로 Cl, Br, I의 반응성의 상대적 크기를 나타내시오.



그렇게 생각한 근거를 기록하시오.



2. 할로젠 원소의 반응성의 크기가 위와 같은 순서로 나타난다는 사실을 할로젠이 전자를 잘 얻는 성질과 관련하여 어떻게 설명하면 좋을까?

염소가 브롬이나 요오드보다 전자를 잘 얻고,

브롬은 염소보다 전자를 잘 얻지 못하나 요오드보다는 잘 얻는다.

요오드는 이 세 가지 원소 중 전자를 가장 못 얻는다.

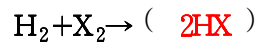
참고

교사는 전자친화도만으로 설명하는 것으로 생각하지 않아야 한다. 플루오르의 경우에는 원자의 크기가 작아서 반응성은 염소보다 크지만 전자친화도가 염소보다 작다.



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소

3. 할로젠은 수소와 반응하여 할로젠화수소를 만든다. 할로젠화수소가 만들어지는 다음 반응식을 완결하고, 표의 빈칸에 적합한 말을 예측하여 적어보자.



<표> 수소와의 반응

F_2	Cl_2	Br_2	I_2
암실에서도 격렬하게 반응	햇빛 아래에서 폭발적으로 반응	가열하면 서서히 반응	거의 반응하지 않음/축매 존재 하에 고온에서 서서히 반응

참고

할로젠화 수소산들은 강산이며 그 세기는 $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$ 로 주기율표 아래쪽으로 갈수록 증가한다. HF는 수소결합의 효과 때문에 약산이다.



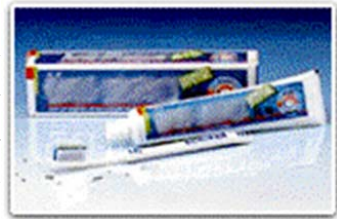


참 고 자 료

1. 입을거리

(1) 불소이온이 손상된 치아 회복시켜 (출처: 과학동아 1998년 10월호)

음식물 중에서 탄수화물이 입안으로 들어오면 입안에 사는 세균 중에서 산을 생산하는 능력을 가진 세균이 이 탄수화물을 이용해 산을 만든다. 특히 포도당과 설탕은 세균이 바로 이용할 수 있어서 산이 잘 만들어진다. 음식물을 반복해서 먹으므로 바닷물이 바위를 침식시키듯이 세균이 만드는 산이 치아면을 계속 녹여서 충치가 발생된다. 여기서 충치는 벌레가 갉아먹어서 생기는 것이 아니므로 충치라는 말은 실은 옳은 명칭이 아니다.



먹는 물에 함유된 불소이온이 충치를 예방하는 메커니즘은 다음과 같다. 첫째, 입안에 들어온 불소이온이 치아에 직접 작용해 산에 의해서 미세하게 손상된 치질을 원상회복시켜 준다. 즉 탈회 돼 약해진 치질을 재석회화시키는 것이다. 충치를 막으려면 지속적으로 치아면을 원상회복시켜 주어야 하므로 늘 마시는 물에 불소화합물을 첨가해 충치를 예방하는 것이 가장 효과적이다.

둘째, 입안으로 들어온 불소이온은 위장관에서 흡수되고, 혈액을 통해 턱뼈 안에서 만들어지는 있는 치질과 결합해 산에 강한 치질을 만들어 준다. 치질에 함유된 인회석의 수산화기가 불소로 치환돼 불화인회석이 되는데, 불화인회석은 인회석에 비해 산에 대한 저항력이 더 크다. 그러나 다소 산에 강한 치질이더라도 입안에서 산에게 계속 공격받으면 충치가 생길 수 있다.

셋째, 불소이온은 충치발생에 관여하는 류탄스(*S. mutans*, 이 세균은 딱딱한 치아에 잘 부착하는 능력이 있어서 충치가 처음 시작되는데 큰 역할을 한다.)라는 세균의 증식을 억제한다.

위의 3가지 작용 중 불소이온이 지속적으로 치아와 접촉해 미세하게 탈회된 치질을 재석회화시키는 작용이 충치예방에서는 가장 효과가 크다. 수돗물이 불소화된 수돗물을 계속 마시면 충치 예방효과가 큰 것은 이 때문이다.

(2) 할로젠의 분리와 관련된 과학자

H. 무아상 (1852. 9. 28 ~1907. 2. 20) 프랑스의 화학자로서, 1906년 플루오르 원소를 분리하고, 무아상 전기로를 개발한 공로로 노벨 화학상을 받았다. 이때 함께 후보에 올랐던 사람은 주기율의 아버지 멘델레예프였다. 무아상은 멘델레예프와 나란히 후보에 올라 노벨상을 수상하였고, 수상에 실패한 멘델레예프는 그 해 사망하였다. 무아상은 1884년에 플루오르 화합물을 연구하기 시작해 2년 뒤 플루



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소

오르화수소산에 녹인 플루오르화칼륨 용액을 전기분해하여 반응성이 매우 큰 플루오르 기체를 얻었다. 그는 플루오르 원소의 성질과 다른 원소와의 반응에 관한 상세한 연구를 했다.

(2) 사진의 화학



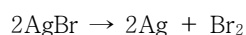
최초의 사진사들은 빛에 민감한 염화은(AgCl) 종이를 사용하였다. 빛에너지가 염화은과 화학 반응을 일으켜 염화은을 검은 색으로 변화시켰기 때문이다. 빛은 사진에서 어두운 부분으로 나타났으며, 검은 부분들은 사진에서 하얗게 나타났다. 그런데, 사진을 찍기 위해서는 화학 반응이 일어나는 동안 사진기 앞에서 가만히 앉아있어야 했다. 그것은 몇 시간이 걸릴 수도 있었으며, 그 동안에 얼굴을 돌리거나 쥔그리지도 말고 그 상태를 유지해야 했다. 또한 불행하게도, 그렇게 찍은 사진에 묻어있는 화학 물질들은 빛에 반응하기 때문에 캄캄한 어둠 속에서 사진을 봐야만 했다. 하지만 이 문제는 발명가들이 사진에서 염화은을 제거하는 물질을 발견함으로써 해결되었다. 그리고 오늘날에 이르러 흑백 필름에는 빛에 매우 빨리 반응하는 브롬화은(AgBr)이 묻어있다. 그래서 연속으로 사진을 찍는 것이 가능하게 되었다. (출처: 닉 아놀드(1997), 화학이 화끈화끈, 김영사)



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소



브롬화은에 빛을 쏘이면 감광되어 검게 변한다.



서울대학교
교육중합연구소
과학교육연구소

(3) 할로젠 램프란?

진공 상태의 유리구 안에 할로젠 물질을 주입시켜 전구의 수명을 길게 하고 효율을 개선한 것이다. 백열전구의 경우 텅스텐 필라멘트의 증발을 억제하기 위해 유리구 안에 아르곤과 질소의 혼합 가스를 주입하였으나, 할로젠 램프는 브롬이나 요오드 등의 할로젠 원소를 주입하여 텅스텐 필라멘트의 증발을 한층 더 억제하였다.

유리구 안에 주입된 할로젠 원소는 필라멘트의 소재인 텅스텐 증발 원자와 반응하여 결합하고, 이 결합된 물질은 유리구 안을 떠다니다가 필라멘트에 부딪히면서 그 열로 인해 다시 분해 된다. 이때 텅스텐 원자는 필라멘트와 결합해 원래의 자리로 되돌아오고, 할로젠 원소는 또 다시 텅스텐 증발 원자와 반응한다.

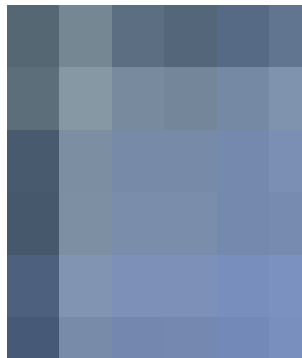
이런 과정을 반복하면서 필라멘트를 재생시키기 때문에 할로젠 램프는 백열전구에 비해 더 높은 온도에도 필라멘트가 견딜 수 있고, 이로 인해 더 밝고 환한 빛을 내면서도 수명이 오래 가게 된다.

2. 인터넷 사이트 소개

(1) Small-scale chemistry 활동에 관심이 많다면

<http://www.smallscalechemistry.colostate.edu>(콜로라도 주립대 SSC센터)

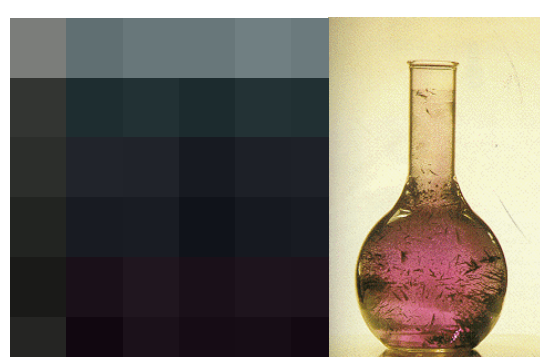
3. 할로젠의 성질 제시자료



염소



브롬

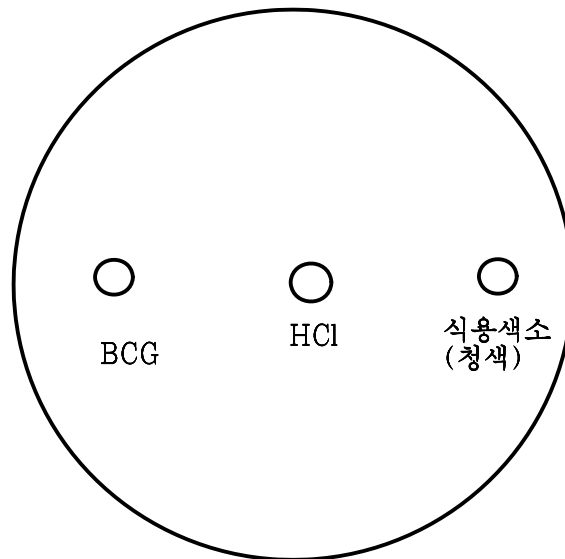


요오드

4. 실험판

〈활동 1〉 실험판

- 할로젠의 성질

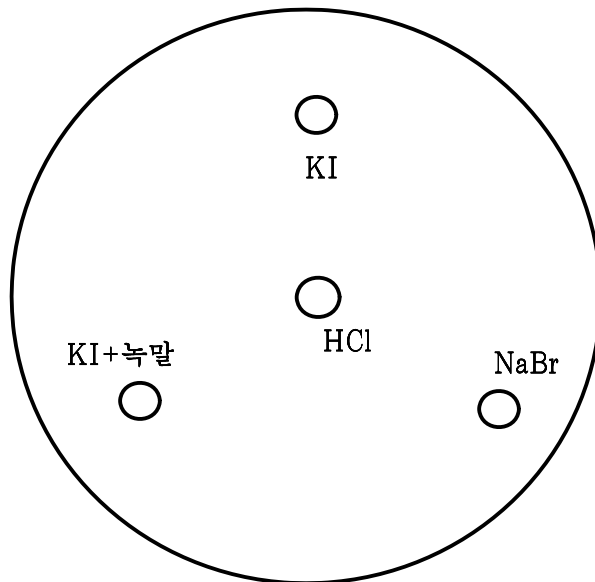


- 할로젠의 검출

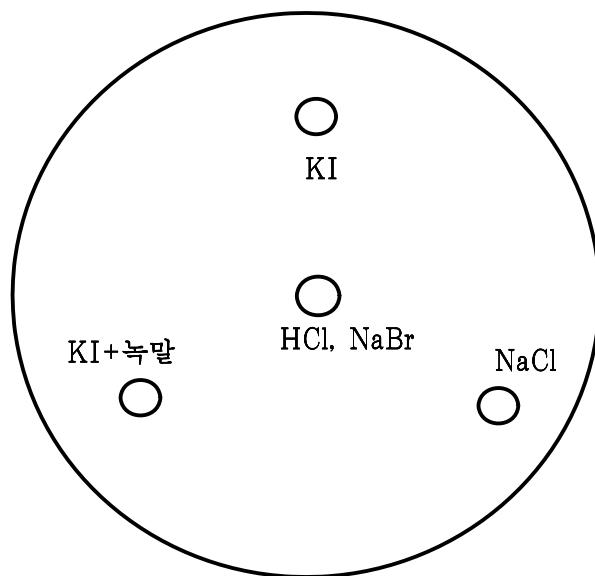
실험	$\text{NaCl} + \text{AgNO}_3$	$\text{NaBr} + \text{AgNO}_3$	$\text{KI} + \text{AgNO}_3$
햇빛			
암실			

〈활동 2〉 실험판

- 실험 (가)



- 실험 (나)



서울대학교
교육종합연구소
과학교육연구소



서울대학교
교육종합연구소
과학교육연구소



서울대학교
교육종합연구소
과학교육연구소



참 고 문 헌

2003년 전공교과 국외연수 화학분야 보고서

김현경 (2003). Small Scale Chemistry란 무엇인가? 화학교육, 30(1), 106-113

박중윤 외 21인 (역) (2005) Small-scale chemistry 중등 화학 실험서. 서울: 자유아카데미.[원전: Waterman, E. L., & Thompson, S. (1995). Small-scale chemistry laboratory manual. Menlo park, CA: Addison-Wesley]

정완호, 권재술, 정진우, 김효남, 최병순, 허명 (2001). 과학과 수업모형, 교육과학사

Huheey, J. E., Keiter, E. A., Keiter, R. L.(1993), Inorganic chemistry: Principles of structure and reactivity, 4th ed., Harper Collins College publisher, New York

KICE 교수학습개발센터(2004), 교수학습자료- 화학I



서울대학교
교육종합연구소
과학교육연구소



서울대학교
교육종합연구소
과학교육연구소



서울대학교
교육종합연구소
과학교육연구소