

# 과학 실험 안전 매뉴얼

## 고등학교

### 안전한 과학실



과학실험 안전 매뉴얼

고등학교

교육부  
Ministry of Education

한국과학창의재단  
Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity

---

# 과학 실험 안전 매뉴얼

---

고등학교

# 목차

## 과학실험 안전 매뉴얼 고등학교

### 1. 응급상황 대응

1-1 과학실험실 안전사고 예방의 필요성	6
1-2 과학실험실 응급상황 대처 방법	12
1-3 상황별 응급처치(화학약품, 산, 염기)	18
1-4 상황별 응급처치(외상, 화상, 동상, 감전)	24

### 2. 안전시설의 구축

2-1 과학실험실 안전관리 기준 및 방법	32
2-2 과학실험실 안전 설비의 설치 및 점검	38
2-3 개인보호장비의 종류와 사용	44

### 3. 탐구활동 안전지도

3-1 안전한 탐구활동(물리학)	52
3-2 안전한 탐구활동(지구과학)	60
3-3 안전한 탐구활동(생물학)	66
3-4 안전한 탐구활동(화학)	72

### 4. 화학약품의 취급과 관리

4-1 MSDS와 화학물질	80
4-2 학교 화학물질의 보관과 관리	86
4-3 화학약품 특징과 관리법	92
4-4 폐수, 폐시약 관리 및 처리	98

### 5. 부록

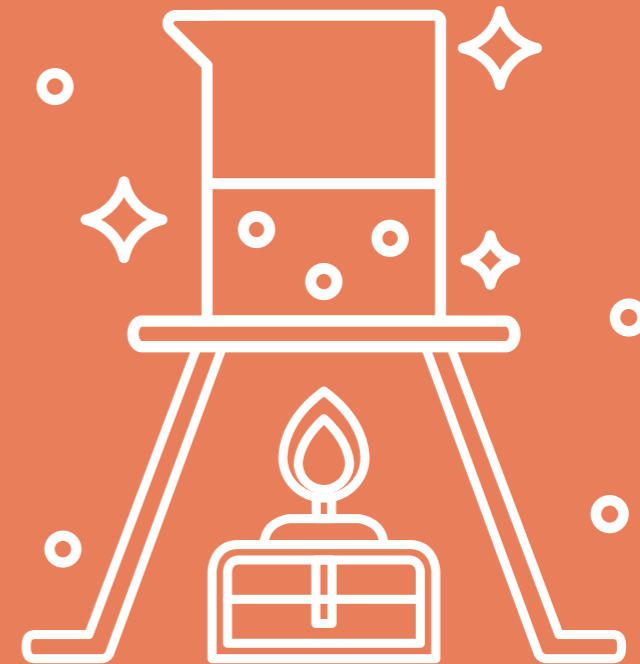
106

부록1	과학실험실 안전사고 발생 보고
부록2	실험 안전 서약서
부록3	과학실험실 안전관리 점검표
부록4	GHS/MSDS, 실험 전에 이것만은 확인하자!
부록5	과학실험실 안전설비·장구 기준



# 1

## 응급상황 대응



1-1 과학실험실 안전사고 예방의 필요성	6
1-2 과학실험실 응급상황 대처 방법	12
1-3 상황별 응급처치(화학약품, 산, 염기)	18
1-4 상황별 응급처치(외상, 화상, 동상, 감전)	24

# 1-1 과학실험실 안전사고 예방의 필요성

## 1) 과학실험실 안전사고

### ? 과학실험실 안전사고는 언제 많이 일어날까?

학기 중인 5,6월 그리고 9월과 10월에 사고가 많이 일어나요. 반면 방학 중인 1,2월과 7,8월에는 사고의 빈도가 적지요.

학생 활동이 활발할 때 과학실험실 사고가 더 많이 일어나고, 한겨울과 한여름처럼 실험 수업을 덜하거나 학생 활동이 줄어들 때 사고가 덜 일어나는 것으로 이해할 수 있겠네요.



### ? 어떤 종류의 과학실험실 안전사고가 일어나고 있을까?

- 유리 용기가 깨지면서 손이 베여 상처가 나는 사고
- 수은기압계를 포장하다가 파손하여 수은이 누출된 사고
- 갓 없는 전등 전구에 손이 닿아서 화상을 입는 사고
- 물의 끓는점을 측정하는 과정에서 끓는 물이 쏟아져서 화상을 입는 사고
- 액침표본을 수거하고 포장 중 표본병에 균열이 발생해 포르말린이 누출되는 사고

### ? 과학실험실 안전사고는 왜 일어날까?

실험 활동 시 시약과 기구 사용으로 잠재적 위험 존재

- 예 물을 끓이는 실험 중 끓는 물이 쏟아지면 화상의 위험이 있다.
- 예 실험 중 사용하는 유리 용기는 깨질 수 있어 상처를 입을 위험이 항상 있다.

실험 활동 중 예상치 못한 상황 발생

- 예 실수로 흘린 시약이 몸에 닿을 수 있다.
- 예 파손으로 깨진 기구 조각이 튀어서 몸에 상처를 낼 수 있다.
- 예 물체가 떨어져서 발을 다칠 수 있다.

확인되지 않는 위험 물질 존재 가능성

- 예 누군가가 흘린 수은이 존재한다 해도, 냄새도 나지 않고 보이지도 않기 때문에 경계하지 못하고 위험에 빠질 수 있다.
- 예 포르말린처럼 냄새가 나지만 눈에 보이지 않는 위험한 물질이 있을 수 있다.

### ? 과학실험실 안전사고 어떻게 줄일 수 있을까?



#### 별도의 실험 공간과 실험 도구 확보

별도의 과학실험실 공간과 학교 학생들이 충분히 사용할 수 있을 만큼의 실험 도구가 확보되어야 안전하게 실험할 수 있다.



#### 고정형 실험대 등 안전용품 구비

학생들이 기대고 부딪혀도 전혀 움직임이 없는 무게의 고정형이 안전하다. 또 실험대의 재질도 촛불이나 알코올 램프 등이 넘어져도 실험대이 불에 타지 않고, 실수로 흘린 시약에 의해 부식하지 않으며, 흘린 물질을 쉽게 닦아낼 수 있어야 한다.

#### 흡후드로 기체발생 실험 안전 확보

눈에 보이지 않는 증기와 기체 물질에 대한 안전을 위해서 과학실험실은 항상 배기가 되는 시설을 갖추어야 한다. 환풍기는 기본이고, 더 적극적으로 흡후드를 갖추면 보다 안전하게 실험할 수 있다.



## 2) 안전 연수의 목적 및 필요성

### ? 안전 연수의 목적

실험 도구의 안전한 사용법을 익히지 않을 경우 안전사고가 일어날 수 있으며, 관리 소홀로 인한 도구의 오작동으로 교육적 목표 달성이 어려워질 수 있다. 따라서 안전 연수를 통해 실험 도구 관리 및 사용법에 대하여 이해할 수 있는 기회를 제공해야 한다.

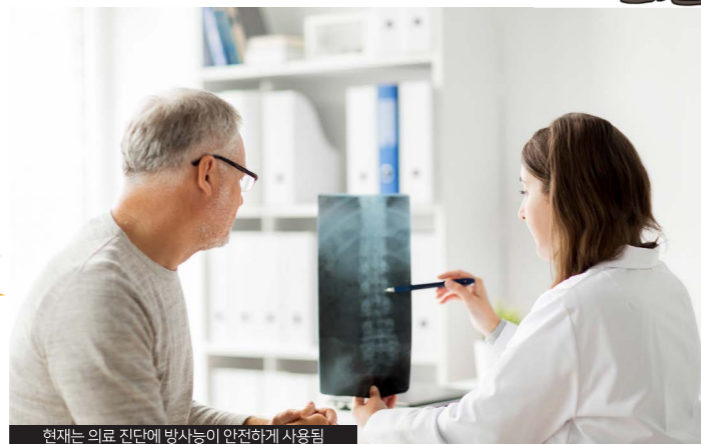
또한, 도구를 안전하게 사용하지 못하면 건강을 해치거나 또는 도구가 고장이 나서 기대하는 교육적 성취를 할 수가 없게 된다. 따라서, 안전 연수를 통해 학생들이 안전하게 실험할 수 있는 환경을 제공해야 한다.

미래 과학기술의 발전을 견인할 우리 학생들에게 도구를 사용하여 탐구를 하는 역량과 경험을 제공하는 것은 포기할 수 없는 교육적 가치를 담고 있어요. 하지만, 도구를 안전하게 사용하지 못하면 건강을 해치거나 또는 도구가 고장이 나서 기대하는 교육적 성취를 할 수가 없게 되지요.



퀴리부인 방사능 피폭으로 사망

마리 퀴리는 방사능 피폭으로 생명이 단축됨



현재는 의료 진단에 방사능이 안전하게 사용됨

방사선 활용의 위험한 사례와 안전한 사례

### ? 안전 연수는 왜 필요할까?

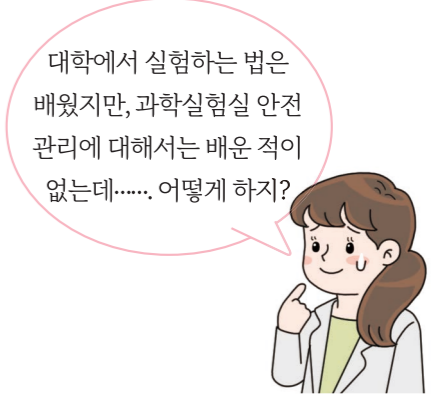
안전관리 업무는 교사의 교과 업무와는 다른 특수성이 있다. 다른 업무는 잘 진행이 안 된다고 해서 학생이 다치거나 인명 사고가 발생하지는 않는다. 하지만, 과학실험실 안전사고는 큰 상해나 인명 사고를 일으킬 수 있어서 담당자의 부담이 크다.

구체적으로 다음과 같은 상황이 있을 수 있으므로 과학실험실 안전관리 및 사고 대처에 관한 연수가 필요하다.

하나

#### 과학실험실 안전관리에 대한 지식과 경험 부족

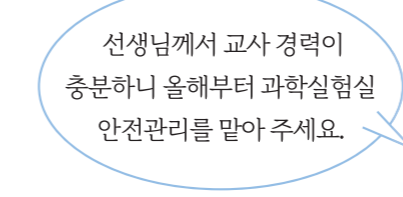
과학실험실 관리 담당자는 과학 과목을 전공으로 수학했지만, 대부분은 과학실험실 안전관리를 전공하지는 않는다. 그렇기 때문에 과학실험실 안전관리에 대한 충분한 지식과 경험이 부족할 수 있다는 것을 가정하는 것이 현실적이다.



둘

#### 과학실험실 담당자의 교체 주기가 짧을 수 있음

공립학교 교사는 일정한 주기로 근무학교가 바뀐다. 그 과정에서 담당업무가 유지되는 일은 거의 없다. 그러다 보면, 교사로서 근무 경력이 길어도 과학실험실 안전관리 업무에 대한 경험이 축적되지 않는 경우가 많다.



셋

#### 사고 상황 대처에 대한 축적된 경험이 부족

사고를 예측하기 쉽지 않고, 위험 상황은 자주 발생하지 않기 때문에 사고 상황 대처 경험을 축적하기가 어렵다.

넷

#### 사고 관련 기관, 법령, 규정이 매우 복잡함

사고 관련 기관과 법령, 규정도 매우 복잡하다. 과학실험실에는 여러 가지 도구가 있다. 특히, 화학약품은 각 물질이 갖는 위해성을 잘 파악해야 하고, 사용하고 처리하는 과정에서 규정도 잘 지켜야 한다. 안전사고가 발생하면 과학실험실 관리 담당자는 사고 유형에 따라서 보건 당국과 처리할 일도 있고, 소방 당국과 처리할 일도 있고, 관할 구청 등과 처리할 일이 있다는 것을 인지하고 필요할 때 정보를 신속하게 찾을 수 있도록 교육청은 시스템을 잘 정비해 두어야 한다.

## 🔍 사고 상황 이해하기

### 도구는 안전해도 사고는 난다!

- 소화 단원 실험 중 분무기로 초를 끄는 과정에서 적은 양의 촛농이 입안으로 들어가 삼키는 사고가 발생했다.
- 분무기에 담긴 알코올을 다 소모하고 비었다고 판단하고 옆에 있는 친구에게 발사 했는데, 남아있던 소량의 알코올이 분사되어 눈에 들어가는 사고가 발생했다.
- 과학실험실에서 수업 중에 의자를 뒤로 기울이다가 뒤로 넘어지면서 뒤에 있는 책상에 머리를 부딪혀 출혈 사고가 일어났다.



이런 사례들에서 볼 수 있는 공통적인 특징은 일반적으로 일어나지 않을 사건이 학생들의 부주의한 행동 또는 장난스러운 행동에 의해서 발생한다는 것이다. 이러한 사고는 사전에 예방하기가 참 어렵다.

### 모르는 사이에 도구가 위험해진다!

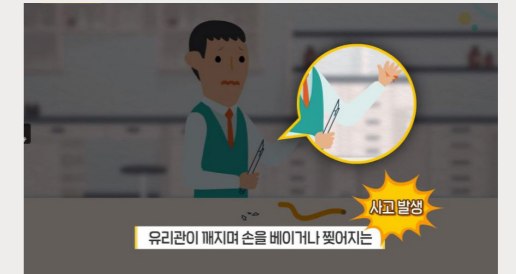
- 어떤 학교에서 물의 온도를 일정하게 유지하기 위해서 항온조를 사용해서 2시간 동안 유지했는데, 화재가 발생했다. 전기 제품이 노후되거나 먼지가 많이 쌓이면 합선으로 인해 화재가 발생할 수 있다.
- 어느 학교에서 과학실험실 정리를 하던 도중에 수은 기압계가 깨져 수은이 흘러나온 채로 방치된 것을 발견하였다. 발견되기 전에도 수은 기체가 해당 공간에 존재했기 때문에 매우 위험한 사고였다.

발열 기구는  
과열 조심, 먼지가 전선 또는 기기  
안에 쌓이지 않도록  
환경관리, 안전한 기기로 대체  
가능한 것은 대체하기  
(예: 수은 기압계)



### 실험과정 중에도 위험 요인은 발생한다!

- 산화 환원 반응 실험 중 물질을 가열하는 실험을 하고 있었는데, 그 물질에 손을 대어 화상을 입었다.
- 교각 구조에 따른 하중 비교 실험을 하기 위해서 다리를 제작하던 중 다리 연결 부위를 접착하기 위해 글루건을 사용하였는데, 뜨거워진 액체가 허벅지에 떨어져 화상을 입었다.
- 가는 유리관에 고무를 끼우다가 유리관이 깨지면서 손바닥이 베였다.



이 경우들을 살펴보면, 만지거나 접촉해서는 안 되는 것들이 아니다. 그런데 가열되면서 위험 요인이 발생하고, 힘을 가하면서 위험 요인이 발생한 것이다. 이렇게 특정 행동으로 위험 요인이 발생할 수 있는 도구나 물질을 다룰 때는 사전에 위험 발생 요인을 예측하면 사고 위험을 많이 낮출 수 있다.

### 우연한 이유로 사고를 당할 수 있다!

- 암모니아수와 페놀프탈레인 용액이 반응한 결과물을 치우다가 용액이 튀어 한쪽 눈에 들어가는 사고가 발생했다.
- 폐시약을 폐수통에 넣는 중 연기가 발생해서 흡입하는 사고를 당했다.

예측이 힘든 우연한 사고로 인하여 눈과 호흡기 같은 신체의 중요 기관이 손상될 수 있다. 이러한 사고를 예방하기 위해 안전 장구\* 착용은 매우 중요하다.

\* 실험복, 보안경, 피부가 노출되지 않는 신발 등



## 1) 과학실험실 안전사고 처리 과정

### 1. 과학실험실 안전사고 발생

- 안전사고 발생 시 학생은 당황하지 않고 즉시 교사에게 알리기

### 2. 응급조치

#### ✓ Check (현장 상황 파악)

- 환자 수, 환자 상태, 주변 위험 요소 파악
- 필요 시 학생 대피 조치

#### ☎ Call (알림)

- 학교 관리자나 보건 교사에게 알림 : 교사 단독으로 판단하지 말고, 교장, 교감 및 보건 교사, 동료 교사에게 신속히 상의·지원 의뢰
- 의료기관 이송 여부 결정
- 필요 시 소방서(119) 등 유관기관 협조 요청
- 보호자 연락 : 부상 상황과 사고 상황 설명 및 진찰받는 의료기관 확인  
추측·과장된 표현이나 책임회피 표현은 삼가

#### 🚑 Care (처치 및 도움(응급처치))

- 구급대가 올 때까지 혹은 병원 도착까지 환자를 돌봄
- 병원 이송 시 반드시 교사 1인이 동행

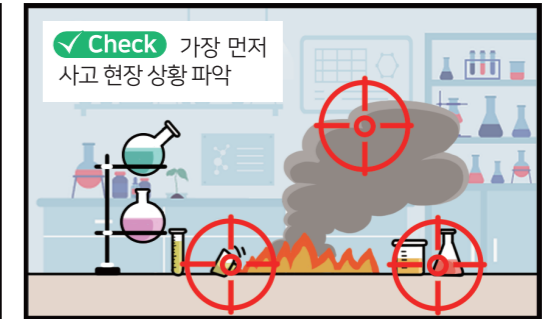
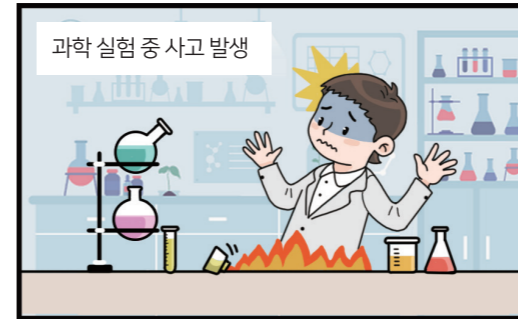
### 3. 원인 파악 및 상황 보고

- 사고 원인 및 피해 상황 파악
- 보건 일지 작성 등 상황 기록
- 관할 교육청 보고  
(각 시도교육청의 과학실 안전 관리 계획 참고)

### 4. 후속조치

- 사고 복구 계획 수립 및 시행
- 사고 원인에 따른 재발 방지책 마련
- 학교안전공제회 보상 신청 처리
- 사고 학생에 대한 지속적인 관심 및 향후 지원대책 마련

## ? 응급조치 CCC



❓ 과학실험실 안전사고 발생 시 보고 체계



2) 화학 사고 발생 시 대처 방법

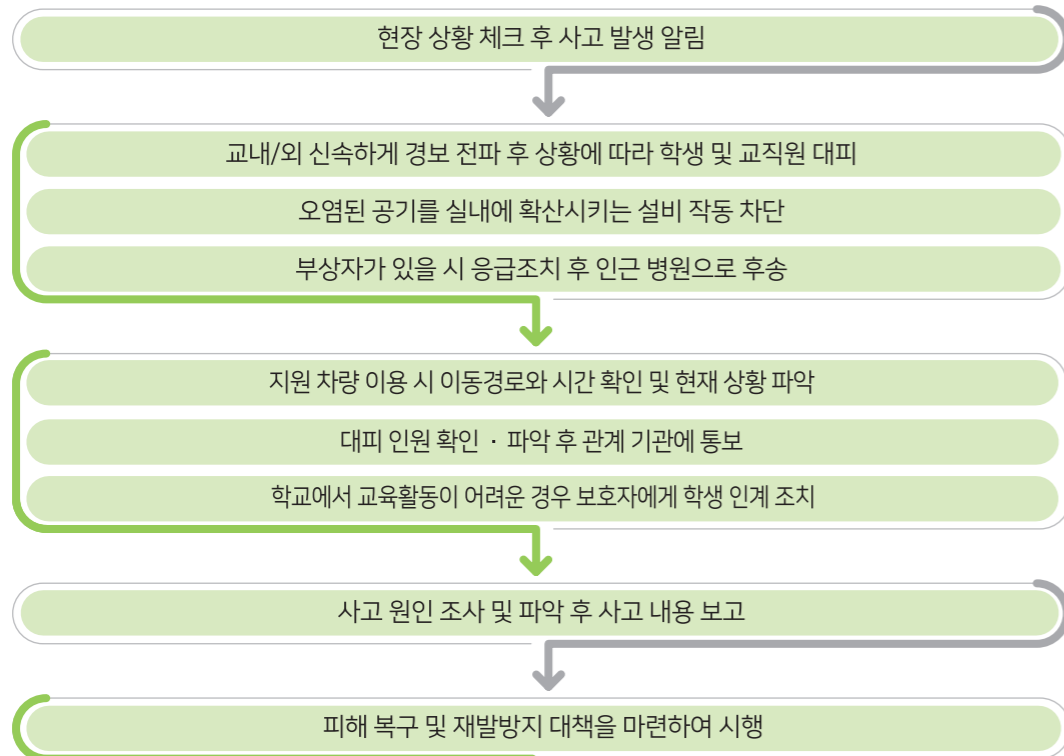


<화학 사고란?>

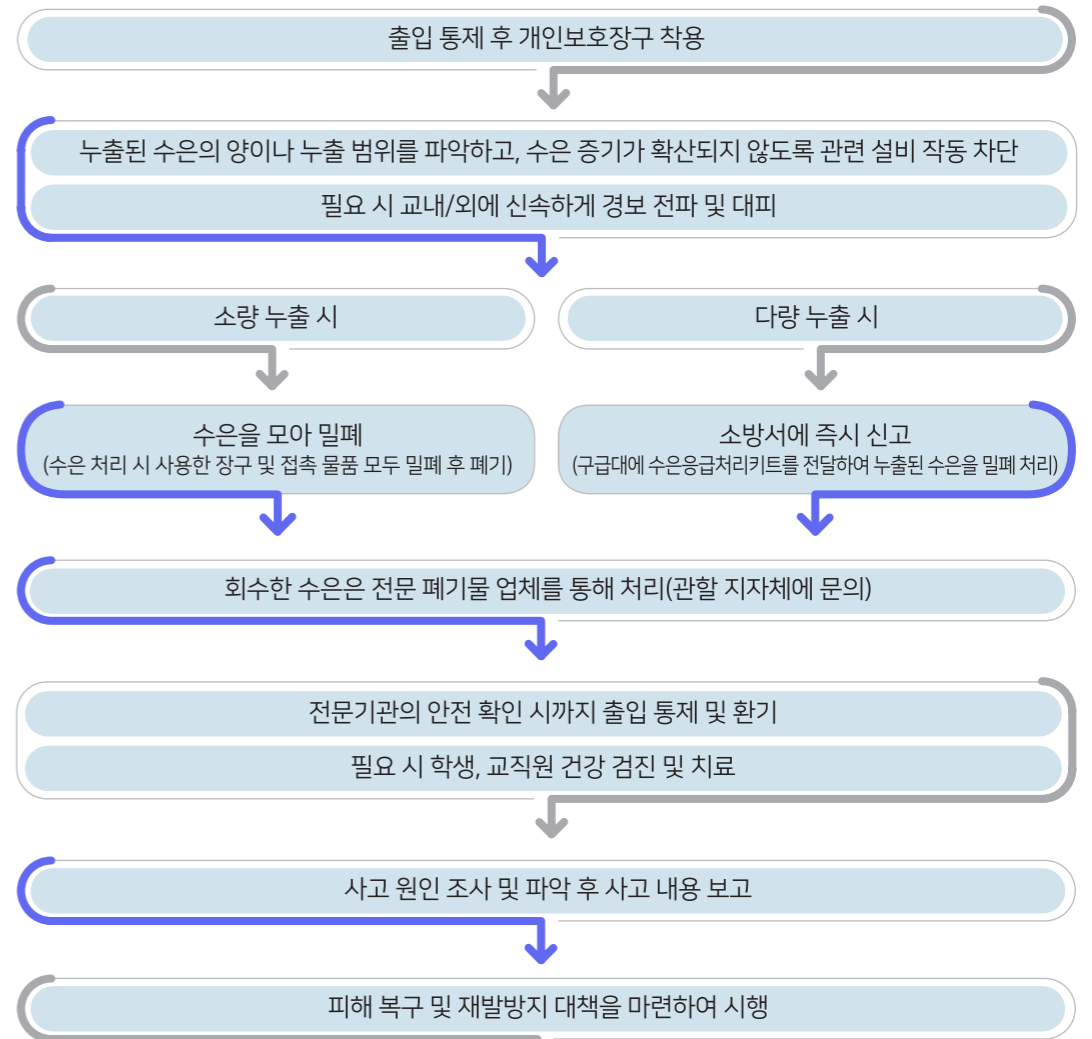
시설 교체, 작업자 과실, 시설결함 및 노후, 자연재해 등으로 화학물질이 사람이나 환경에 유출·누출되어 발생하는 일체 상황을 말한다.

화학물질 및 가스가 누출되면 자체의 위험성으로 피해를 입을 뿐만 아니라 폭발, 화재와 같은 2차 사고로 이어질 가능성이 크므로 신속하고 적절하게 대처하는 것이 중요하다.

❓ 화학물질 및 가스 누출 시 대처 방법



❓ 수은 누출 시 대처 방법

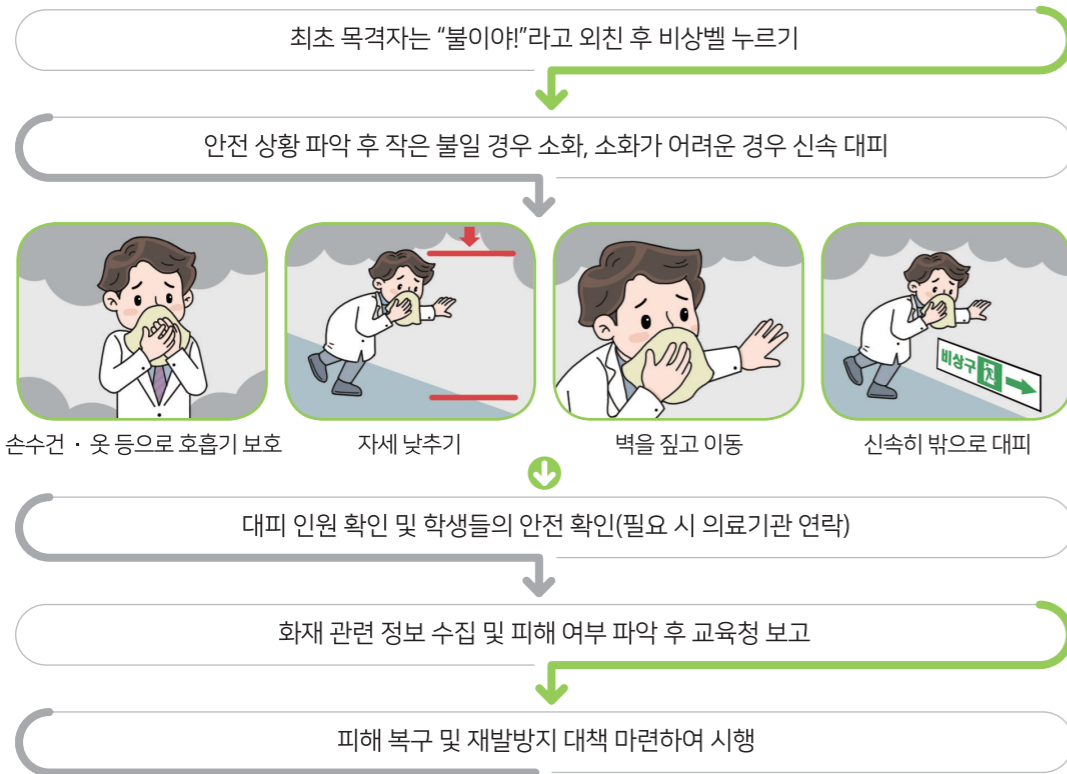


수은 누출로 인한 환경 오염 및 중독 사고는 광범위하게 오랜 기간 영향을 미칩니다. 수은이 누출되면 즉시 환기하고, 오염 지역을 벗어나도록 조치해야 합니다. 「폐기물관리법 시행령 및 시행규칙 개정안」(2021.7.22 시행)에 따라 수은 폐기물은 적정 업체에 위탁 처리해야 하며, 처리 업체 등 자세한 사항은 관할 지자체에 문의할 수 있습니다.

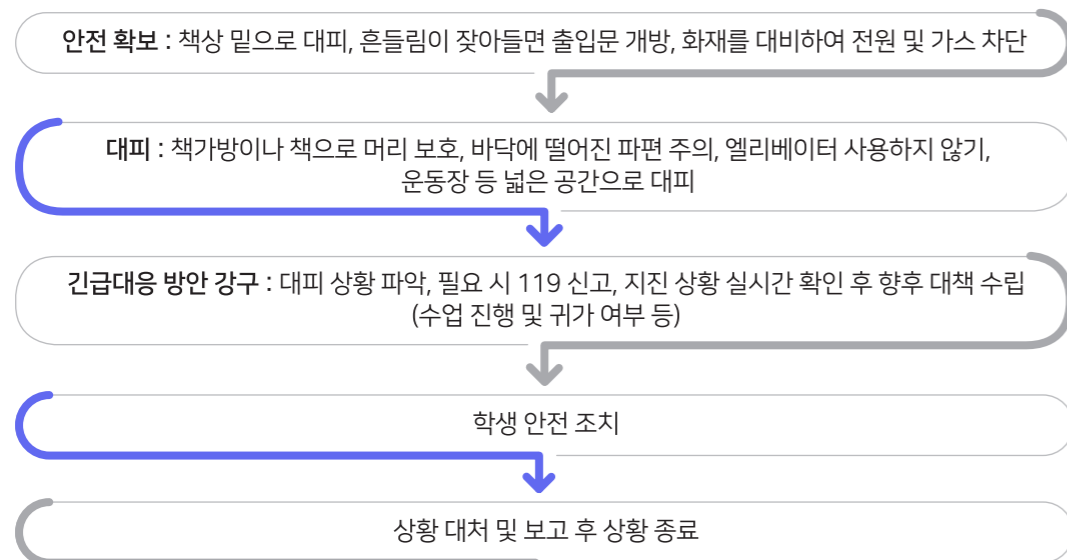


### 3) 화재·지진 발생 시 대처 방법

#### ❓ 화재 발생 시 대처 방법



#### ❓ 지진 발생 시 대처 방법



### 알아두면 좋아요! 🍷

#### 소방서(119)에 전화할 때 전달해야 할 정보

여기는 어디입니다.  
무슨 일이 발생했습니다.  
환자는 몇 명이 있습니다.  
환자의 부상 상태는 ○○정도입니다.  
응급처치는 어떻게 하고 있습니다(했습니다).  
제 이름은 ○○○이고, 전화번호는 ○○○-○○○○-○○○○입니다.



#### 안전사고 보고 관련 법률

##### 「학교안전사고 예방 및 보상에 관한 법률 제10조」

학교장 및 인솔교사는 교육활동 중 발생한 사고 및 위급상황에 대하여 안전사고관리지침에 따라 즉시 안전조치를 취한 후 교육부장관 또는 교육감에게 즉시 보고하여야 하고, 교육부장관 또는 교육감은 지원 대책을 신속하게 수립·시행하여야 한다.

#### 수은이 소량 노출되었을 때의 처리 과정

- 반드시 마스크 및 장갑 착용
- 수은 모으기
  - 두꺼운 종이나 부직포로 수은 방울을 천천히 쓸어담거나 스포이드로 모아 지퍼백에 밀폐
  - 수은을 축축한 종이타월에 흡수시켜 지퍼백에 밀폐
  - 수은에 황가루를 뿌린 후 스펀지 등으로 눌러 흡착시킨 후 지퍼백에 밀폐
- 밀폐한 수은, 처리 시 사용한 안전장구를 포함하여 수은과 접촉한 물품을 함께 밀폐 후 폐기 처리해야 함.
- 주의사항

- |  |   |  |                                    |
|--|---|--|------------------------------------|
|  | 진공청소기를 사용하지 않는다.<br>(수은 증발 방지)                  |  | 빗자루로 쓸지 않는다.<br>(작은 방울로 깨지는 것을 방지) |
|  | 싱크대에 버리지 않는다.<br>(배관 문제 및 하천 오염 방지)             |  | 세탁하지 않는다.<br>(옷이나 신발 등 세척 금지)      |
|  | 수은에 오염된 옷이나 신발을 태우지 않는다.                        |  | 수은에 오염된 제품을 지역 쓰레기장에 버리지 않는다.      |
|  | 수은에 오염된 제품을 가정 세척 용품으로 닦지 않는다.<br>(독성 가스 생성 방지) |  |                                    |

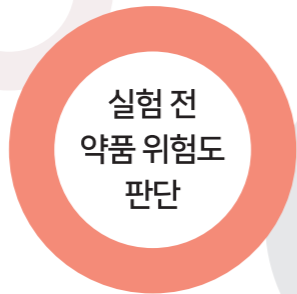
화학약품이 몸에 닿았을 때

화학약품이 몸에 닿으면 어떻게 처리할까?

눈이나 피부에 약품이 닿았을 때는 무조건 많은 양의 흐르는 물로 충분한 시간 동안 씻는다.

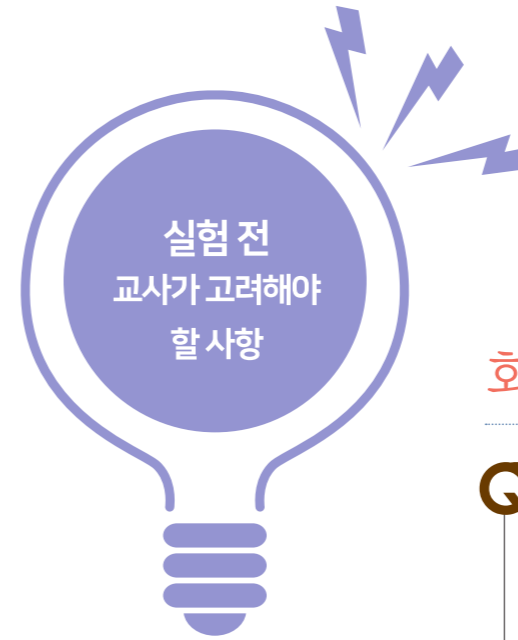
필요한 경우 피해자를 병원으로 이송 (GHS/MSDS 자료를 함께 송부)

\*GHS/MSDS는 화학약품을 안전하게 취급하기 위한 정보를 제공하는 자료이다. '4-1 MSDS와 화학물질' 참고



📖 실험 전 학생과 연습해 두자!

- 학생들에게 화학약품이 몸에 닿거나 쏟았을 때 선생님에게 즉시 알리는 습관을 몸에 익히게 한다.
- 화학약품을 쏟았을 때 사고 장소에서 물러나 안전한 곳으로 대피하도록 미리 교육해 둔다.
- 밖으로 대피할 때는 복도 쪽 출입문과 창문은 닫고, 바깥 쪽 창문은 모두 개방하는 연습을 한다.



화학약품을 쏟는 사고

화학약품을 쏟으면 어떻게 처리할까?

- 화학약품의 종류, 쏟은 양을 고려하여 위험도 판단
- 위험도가 높을 경우 119에 도움 요청
  - 위험도가 낮을 경우 절차에 따라 처리
  - 직접 처리하는 방법을 사전에 파악해 두기



📖 화학약품 쏟음 사고 예방 및 처리 유의 사항

- 수은, 액침 표본병이 남아 있다면 절차에 따라 폐기 처분한다.
- 쏟아진 화학약품을 교사가 직접 처리하는 것은 교사의 안전이 확보된 상태에서 이뤄져야 한다.
- 교사가 직접 처리할지 여부는 화학약품의 위험성과 쏟은 양을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

## ❓ 화학약품에 의한 인명 피해 사고 시 대처 방법

1

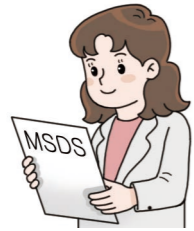


피해자를 가능한 안전한 장소로 옮겨요!

### 응급조치 장소 안전 확보

사고 장소에 화학약품이 남아 있다면 그 자리를 피해 피해자를 안전한 장소로 옮긴 후에 응급조치를 해야 한다.

3



교사가 미리 알아야 신속한 대처를 할 수 있어요!

### GHS/MSDS\* 자료 확인 및 확보

실험 전 교사는 GHS/MSDS의 응급상황에 대한 대처요령을 미리 파악하고 있어야 한다. 또한 환자가 발생하여 병원으로 이송할 때는 의료진에게 GHS/MSDS 자료를 제공할 수 있도록 준비해 두어야 한다.

4



응급조치는 GHS/MSDS 자료의 지시에 따라서 시행해야 해요.

### 응급조치 시행

GHS/MSDS 자료의 지시에 따라 응급조치를 시행한다.

2



교사가 안전장구를 제대로 착용하지 않으면 약품에 피해를 입을 수 있어요!

### 응급조치 시행자 안전장구 착용

응급조치를 시행하는 교사는 실험용 장갑, 보안경 등 개인안전장구를 착용한 상태에서 응급조치를 시행한다.

5



병원으로 이송할 때는 GHS/MSDS 자료를 같이 가져 가세요!

### 병원 이송

응급조치만으로 피해자가 호전되지 않는다면 119의 도움을 받아 신속하게 병원으로 이송한다. 병원으로 이송할 때는 GHS/MSDS 자료를 함께 보낸다.

## ❓ 화학약품에 의한 피해 상황별 응급조치

### ■ 눈에 들어갔을 때

- 눈세척기 또는 흐르는 수돗물에 15분 이상 눈을 씻는다.
- 콘택트렌즈 사용자는 렌즈를 제거한 상태로 안구를 씻는다.
- 약품이 들어간 눈이 안 들어간 눈보다 낮게 자리하도록 얼굴을 기울인다.
- 양손 손가락으로 위, 아래 눈꺼풀을 벌리고 눈머리에서 눈꼬리 쪽으로 물을 흘려준다.
- 충분한 세척 후 즉시 병원으로 이송하여 의사의 진료를 받는다.(병원 진료 필수)
- 사고가 발생했을 때 시간 지체 없이 눈 세척을 최우선으로 실시한다.

### ■ 피부에 묻었을 때

- 많은 양의 흐르는 물로 충분한 시간 낸다.
- 피해 부위가 좁다면 오염된 옷을 벗고 씻어 낸다.
- 피해 범위가 넓다면 옷을 입은 채로 비상샤워기로 씻으며 옷을 벗는다.
- 충분한 시간 동안 샤워를 하면서 시약이 닿은 모든 부분을 씻어야 한다.
- 산 또는 염기가 묻었을 때도 물로만 씻어내야 한다.

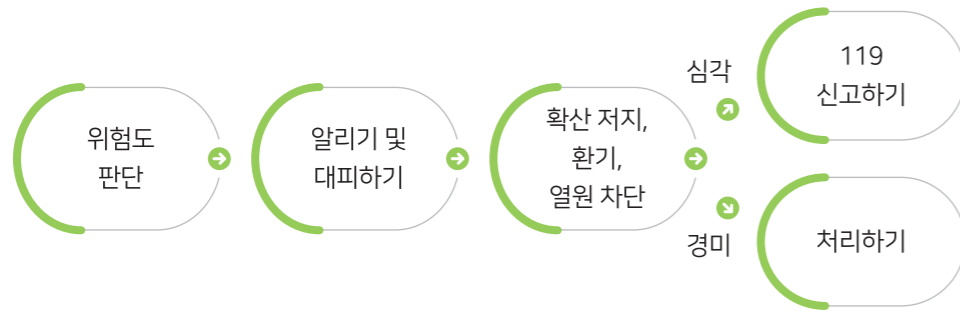
### ■ 증기, 기체, 연기 등을 흡입했을 때

- 기체, 연기, 증기는 빠르게 확산하므로 피해자 뿐만 아니라 과학실험실에 있는 모든 사람을 일단 밖으로 대피시켜야 한다.
- 대피할 때는 출입문과 복도 쪽 창문을 모두 닫고 외부 창문은 개방한다.
- 피해자를 안전한 곳으로 옮겨 신선한 공기를 마실 수 있도록 한다.
- 메스꺼움을 호소한다면 바로 병원으로 이송한다.
- 피해자가 의식을 잃거나 호흡에 어려움을 느낀다면 즉시 119에 신고하고, 필요할 경우 심폐소생술을 시행한다.

### ■ 먹거나 마셨을 때

- 약품의 맛을 보거나 입에 넣었을 때는 바로 뱉고 여러 차례 물로 입을 행구도록 한다.
- 이후 학생 상태를 지속적으로 관찰하면서 필요한 경우 병원으로 이송한다.
- 만약 약품을 삼켰다면 지체 없이 119에 도움을 요청한다.
- 구토 과정에서 식도 또는 폐가 추가 손상을 받을 수 있으므로 임의로 판단하여 구토를 유도해서는 안 된다. 구토 유도는 119 상황실, 또는 지역 응급치료센터와 연락하여 의료 전문가의 지시에 따라 결정하고 실시한다.

## ❓ 화학약품 쏟음 사고 대처 방법



### ① 위험도 판단

실험 전에 GHS/MSDS 자료 6번 항목을 참고하여 약품의 성질과 쏟은 양을 고려하여 처리 방법을 실험 전에 미리 생각해 놓기

### ② 알리기 및 대피하기

위험도에 따라 어디까지 위험을 알리고 대피시킬지 결정  
(위험도에 따라 사고 장소 주변 < 과학실험실 < 인근 교실 < 학교 전체 순으로 대피)

### ③ 확산 저지, 환기, 열원 차단

교사가 과학실험실에 머무르는 시간과 위험도를 함께 고려하여 처리 범위와 수준을 결정

- 기체, 증기는 확산을 막을 수 없기 때문에 대피가 우선
- 대피 과정에서 외부 창문 개방, 출입문과 복도 쪽 창문은 폐쇄
- 강한 산, 또는 많은 양의 액체를 쏟았을 때 방화사로 독을 쌓아 확산 방지 가능

### ④ 처리하기

- 위험도가 높을 경우 119의 도움을 받아 처리
- 위험도가 낮을 경우 교사가 개인보호장구를 착용하고 처리
- GHS/MSDS 자료를 참고하여 청소 및 폐기물 처리

쏟아진 약품을 교사가 직접 처리하는 것은 교사 안전이 지켜지는 범위 내에서 실시되어야 합니다.



## ❓ 화학약품 특성별 처리 유의 사항

### ■ 강산, 강염기 처리

- 염산, 황산, 질산 등 강산을 쏟았을 때 분말 상태의 탄산 나트륨( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), 탄산수소 나트륨( $\text{NaHCO}_3$ )를 산에 직접 부려 중화한 후 처리한다. 이때 열과 기체가 발생하므로 중화 반응이 끝날 때까지 주변에서 물러나 있다.
- 쏟은 산의 양이 많을 때는 방화사로 덮고 그 위에 탄산 나트륨, 탄산수소 나트륨을 부려 중화한다.
- 염기성 액체는 구연산(시트르산)으로 중화한다.
- 중화 반응이 끝나면 pH 시험지로 중화된 정도를 확인하고 처리한다.

### ■ 휘발성 유기 용매 및 증기 발생 약품의 처리

- 에탄올, 노말헥세인, 아세톤 등 유기 용매를 쏟았을 시, 양이 적을 때는 종이 티슈로 닦고 폐기물은 밀봉하고, 실내 환기를 실시한다.
- 양이 많을 때는 과학실험실의 모든 인원을 대피시킨다. 대피할 때는 바깥쪽 창문을 열고 출입문과 복도 쪽 창문은 모두 닫는다.

### ■ 특별한 주의가 필요한 화학약품의 처리

- **아이오딘:** 승화성 고체로 증기가 발생하기 때문에 위험하다. 양이 적을 때는 물을 적신 종이 티슈로 닦아내고 폐기물은 밀봉한다. 양이 많을 때는 과학실험실의 모든 인원이 대피한다. 대피할 때는 외부 창문을 열고 출입문과 복도 쪽 창문은 모두 닫는다. 교사의 안전이 지켜지는 범위 내에서 쏟아진 아이오딘을 큰 수조로 덮거나 여러 장의 종이 티슈로 덮고 물을 부려 놓으면 승화 및 확산의 양을 줄이는데 도움이 된다.
- **다이크로뮴산 칼륨, 크로뮴산 칼륨 등 산화제:** 양이 적을 때 분진이 날리지 않도록 조심스럽게 쓸어 모아 밀봉한다. 양이 많을 때는 방화사로 덮고 모래와 함께 쓸어 모아 밀봉한다. 용액 상태일 때는 방화사를 부려 흡수시키고 모래째로 밀봉한다.

## ? 외상이란?

‘외상’이란 외부적 요인에 의해 입게 되는 부상을 말하며, 다음과 같이 크게 5종류로 구분한다.

찰과상	타박상	절상	자상	열상
				
넘어지거나 물체와의 마찰에 의해 피부의 표면에 생기는 상처	딱딱한 물체 등에 의해 외부에서 힘이 가해질 때 피부에 드는 멍	칼이나 유리 파편과 같이 예리한 물체에 의해 피부가 잘려 생기는 상처	끝이 뾰족한 날붙이 등에 의해 피부가 찢려서 생기는 상처	강한 외부의 힘에 의해 피부가 찢어진 상태

## ? 외상 사고 발생시 응급처치

### ① 지혈

- 유리 조각 등 이물질이 없는지 상처 부위를 확인
- 출혈이 있다면 깨끗한 거즈를 사용해 압박 지혈(상처 부위가 감염되지 않도록 주의)
- 팔이나 다리에서 피가 나는 경우 압박과 동시에 상처 부위를 심장보다 높게 유지

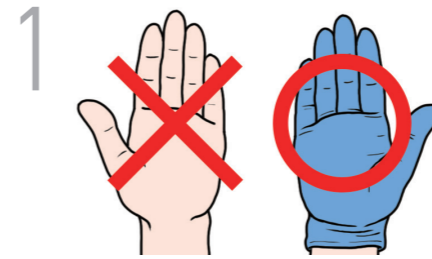
### ② 세척

- 지혈이 된 후 흐르는 수돗물에 상처 씻기(수돗물이 없을 경우 식수 또는 생리 식염수로 세척)
- 상처를 고인 물에 담가 두면 안 됨

### ③ 소독

- 지혈이 되면 희석된 베타딘 용액으로 소독
- 소독약이 마르면 깨끗한 거즈로 덮고 테이프나 붕대로 고정
- 병원 치료가 필요한 상처가 생긴 경우 병원으로 즉시 이송

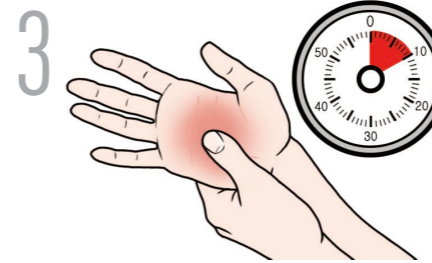
## 상처 치료 시 주의 사항



1 다른 방법이 없는 경우가 아니면 되도록 맨손으로 상처 부위를 만지지 않는다.



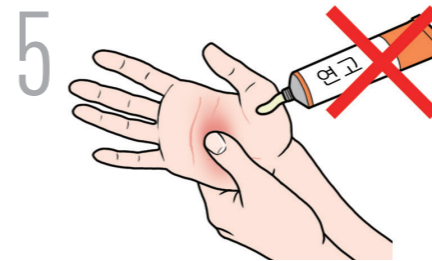
2 상처 부위를 일정하게 압박한다.



3 지혈 후 10분 이내에 출혈이 멈추지 않으면 압박 부위가 잘못된 경우가 많으므로, 더 넓은 부위를 더 세게 10분 이상 압박한다.



4 출혈이 멈추고 처치가 끝나면 반드시 비누로 손을 씻는다.



5 지혈을 위해 상처 부위에 연고나 분말형 약제를 바르는 것은 지혈에 도움을 되지 않으며, 오히려 상처의 분비물 배출과 오염 물질을 제거하는데 방해가 될 수 있다.



6 10분 이상 압박을 시행하여도 지혈이 되지 않고, 상처에서 나는 피가 심장 박동에 따라 달라지거나 뿜어져 나오는 경우 동맥 출혈일 가능성이 높으므로, 즉시 119에 연락하여 의료진의 치료를 받는다.

## ? 화상 사고 대처 방법

### ① 화상에 의한 증상

- 1도 화상**

피부가 빨갛게 되면서 부어 오르거나 물집은 생기지 않고 약한 통증이 있다. 자연적으로 치유되는 경우가 대부분이며, 병원 치료 시 후유증 없이 치료된다. 치유 시기는 통상적으로 3~6일 정도이다.
- 2도 화상**

끓는 물이나 설피, 화염, 기름 등에 의해 생기며, 대부분 물집이 생기고, 피하조직의 부종을 동반한다. 물집을 제거하는 경우 공기에 노출되면서 감염의 위험성이 높아지기 때문에, 물집을 그냥 두거나 안의 액체만 제거하고 물집 껍데기는 그냥 덮어둔 채 병원에 가야 한다. 적절한 치료를 받으면 3~5주 이내에 치유되지만, 감염이 되면 3도 화상으로 넘어갈 수 있으므로 주의가 필요하다.

\* 뜨거운 물이나 수증기, 가열기구에 의한 화상은 주로 2도 화상이 많다.
- 3도 화상**

피부 속 깊은 곳까지 화상을 입은 상태로, 피부 전층이 손상을 입어 피부가 건조하고 흰색 또는 검은색으로 변한다. 화염, 증기, 기름, 화학물질, 고압 전기에 의해 생길 수 있으며, 조직 괴사가 심해 부종은 심하나 통증을 전달하는 신경말단이 파괴되어 통증은 오히려 적다.

### ② 화상 사고 발생 시 대처 방법

- 

장신구는 피부가 부어오르기 전에 최대한 빨리 제거한다.
- 

화상 부위를 수돗물로 10~20분간 차갑게 하여 열기를 식힌다.
- 

물집이 생긴 경우 절대로 터트리지 않는다.
- 

화상 부위를 바세린이나 화상 거즈로 덮어 주고 붕대로 감아 준다.
- 

상처가 심하면 병원으로 이송한다.

## ? 동상 사고 대처 방법

### ① 동상에 의한 증상

- | 1도 동상   | 2도 동상   | 3도 동상   | 4도 동상   |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| 피부가 붉어지고 부어 오름<br>통증이 있고 가려움이 있음  | 심한 통증과 함께 물집이 생기고 피부가 벗겨지거나 출혈이 생김  | 손상된 부위가 쭈서고 아프다가 감각이 사라지고 피부가 괴사함   | 근육과 뼈까지 파괴되어 딱딱하게 굳음  |

\* 동상은 추위에 의해, 화상은 열에 의해 피부 세포가 파괴되는 것으로 증상이 매우 비슷함

### ② 동상 사고 발생 시 대처 방법

- 

혈액 순환을 막을 수 있는 시계, 신발 등은 제거한다.
- 

40~42°C의 따뜻한 온수에 동상 부위를 최소 20~40분 담근다.

  - ▶ 물집은 함부로 제거하면 안 됨
  - ▶ 38°C 이하 또는 42°C 이상의 물은 사용하지 않음
  - ▶ 동상 부위를 문지르면 안 됨
- 

피부 색깔과 감각이 돌아오면 물기를 말리고 상처 부위를 감싸 보호한다.

  - ▶ 머리 말리개를 사용하여 말리기 삼가
  - ▶ 동상 부위 직접 가열 삼가
- 

상처가 심하면 병원으로 이송한다.

## ❓ 전류가 인체에 흘렀을 때 인체에 미치는 영향

### ① 감전이란?

감전은 전기가 통하는 물체에 인체의 일부가 닿아 순간적으로 충격을 받는 것으로, 화상을 입거나 목숨을 잃기도 한다.

### ② 전류에 따른 사고 유형

최소감지전류 1~2mA	고통전류 2~8mA	이탈가능전류 8~15mA	이탈불능전류 15~50mA	심실세동전류 50~100mA
				
찌릿하게 전기를 느낌	참을 수는 있으나 상당한 고통을 느낌	근육 경련이 일어나며, 건디기 어려운 정도의 고통이 느껴지나, 접촉면에서 스스로 떨어질 수 있음	전격을 받았음을 느끼면서도 근육 수축이 심해 스스로 그 전원으로부터 떨어질 수 없음	심장이 기능을 잃게 되어 전원으로부터 떨어져도 수분 이내에 사망함

### ③ 감전 사고 예방을 위해 실험 시 주의해야 할 사항

- 교사는 예비 실험을 통해 실험 전 전기장치의 상태를 반드시 확인할 것
- 과학실험실에 보관된 전기 장치들의 전선 피복 및 정리 상태 점검할 것
- 학생은 실험 도중 전기 기구의 이상을 느낄 경우 선생님과 주변 학생들에게 알리고 가까이하지 않도록 할 것

### ④ 실험 중 감전 사고가 난 경우

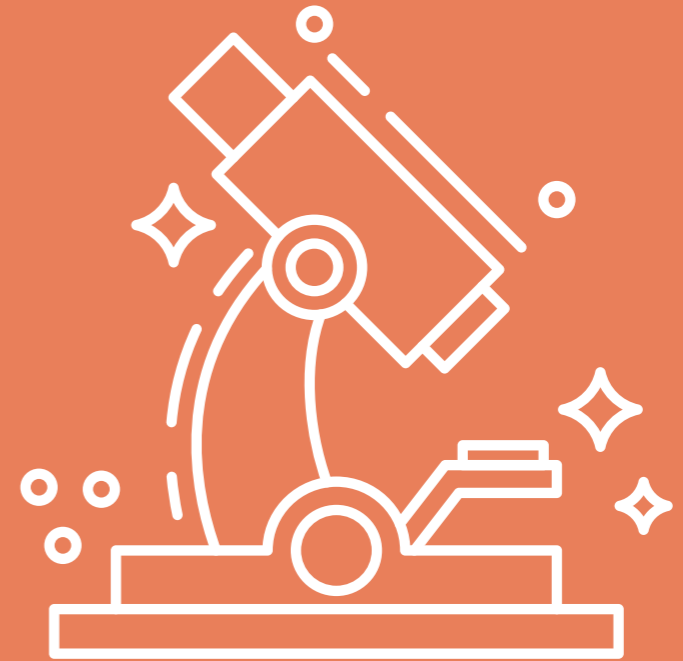
- 1 실험 중 감전 사고가 발생했을 때는 감전 장비의 전원을 차단해야 한다. 감전원이 명확하지 않거나 전원 차단이 안 되는 경우 배전반의 메인 스위치를 내려 전체 전원을 차단한다.
- 2 감전당한 학생을 감전의 원인으로부터 분리시킨다. 이때 반드시 절연장갑이나 전기가 통하지 않는 재질의 기구를 사용하여 접촉 부위를 분리하도록 한다.
- 3 감전된 학생의 어깨를 두드리며 말을 걸어보고 학생의 의식이 있는지 확인하고, 119에 신고한다. 단, 위급한 상황일 경우에는 심폐소생술을 실시한다. (1분 이내에 심폐소생술을 할 경우 소생할 확률은 95%이지만, 5분에서는 심폐소생술을 하더라도 소생할 확률이 25% 내외로 감소)
- 4 만약 학생이 의식이 있는 경우에는 편한 자세로 안정을 취하도록 하고, 학생이 흥분하거나 떨고 있을 때에는 말을 걸며 침착함을 유지하도록 돕는다.
- 5 감전된 학생의 의식이 분명하고 정상적으로 보이더라도 몸 안쪽 깊숙이 화상을 입는 경우가 있으므로 반드시 병원에서 진찰을 받도록 한다.

### <응급심폐소생술 순서>

- 1  환자 반응 확인
- 2  119 신고 요청
- 3  호흡 확인
- 4  가슴 압박 30회
- 5  인공호흡 2회
- 6  가슴 압박과 인공호흡 반복

# 2

## 안전시설의 구축



2-1 과학실험실 안전관리 기준 및 방법	32
2-2 과학실험실 안전 설비의 설치 및 점검	38
2-3 개인보호장비의 종류와 사용	44

## 2-1 과학실험실 안전관리 기준 및 방법

### ❓ 과학실험실 안전관리 기준

- 실험복, 마스크, 보안경, 안전장갑 등 보호장구를 1인 1장비 원칙으로 충분히 구비해야 한다.
- 단위 학교 내 학교과학교육계획을 연초에 수립하고, 과학실험실 안전관리 담당자 지정, 화학약품 안전관리 계획, 비상연락체제, 실험안전 연수계획, 안전설비 및 장구 확충 계획, 안전사고 발생 시 대처 요령 등의 내용을 반드시 포함하여야 한다.
- 과학실험실 내에서는 음식물 반입을 원칙적으로 삼가야 한다.
- 화학약품은 위험하므로 실험을 위해 이동할 때에는 시약바구니 등을 사용한다.
- 과학실험실 내 보관하고 있는 가연성, 인화성 물질은 별도의 보관함에 보관하며, 이중 잠금 장치로 관리해야 한다.
- 과학실험실 안전보호구함은 접근이 용이한 곳에 설치하고, 안전보호구함의 상단부에는 다른 물건을 올려놓아서는 안 된다.



### ❓ 개정된 산업안전보건법과 과학실험 안전수칙

기존 산업안전보건법에서는 물질안전보건자료 작성과 비치까지만을 명시했으나 2020년 개정된 산업안전보건법에서는 물질안전보건자료 게시 및 교육까지 의무사항으로 두고 있다.

비치해야 하는 물질안전보건자료는 화학물질(시약)을 양도하거나 제공한 자(업체)가 작성·제공한 물질안전보건자료만이 법적으로 유효한 문서이므로, 제공자(업체)에게 MSDS 자료를 요청하여 비치·관리해야 한다.

#### 산업안전보건법 제111조(물질안전보건자료의 제공)

- ① 물질안전보건자료 대상물질을 양도하거나 제공하는 자는 이를 양도받거나 제공받는 자에게 물질안전보건자료를 제공하여야 한다.
- ② 물질안전보건자료 대상물질을 제조하거나 수입한 자는 이를 양도받거나 제공받은 자에게 제110조제3항에 따라 변경된 물질안전보건자료를 제공하여야 한다.
- ③ 물질안전보건자료 대상물질을 양도하거나 제공한 자(물질안전보건자료 대상물질을 제조하거나 수입한 자는 제외한다)는 제110조제3항에 따른 물질안전보건자료를 제공받은 경우 이를 물질안전보건자료 대상물질을 양도받거나 제공받은 자에게 제공하여야 한다.
- ④ 제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 물질안전보건자료 또는 변경된 물질안전보건자료의 제공방법 및 내용, 그 밖에 필요한 사항은 고용노동부령으로 정한다.

#### 제114조(물질안전보건자료의 게시 및 교육)

- ① 물질안전보건자료 대상 물질을 취급하려는 사업주는 제110조 제1항 또는 제3항에 따라 작성하였거나 제111조 제1항부터 제3항까지의 규정에 따라 제공받은 물질안전보건자료를 고용노동부령으로 정하는 방법에 따라 물질안전보건자료 대상 물질을 취급하는 작업장 내에 이를 취급하는 근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시하거나 갖추어 두어야 한다.
- ② 제1항에 따른 사업주는 물질안전보건자료 대상 물질을 취급하는 작업공정별로 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 물질안전보건자료 대상물질의 관리 요령을 게시하여야 한다.
- ③ 제1항에 따른 사업주는 물질안전보건자료 대상 물질을 취급하는 근로자의 안전 및 보건을 위하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 해당 근로자를 교육하는 등 적절한 조치를 하여야 한다. [시행일: 2021. 1. 16.]

## ❓ 안전한 과학실험실을 위한 안전용품 기준과 교육

### ① 과학실험 안전설비 및 장구 확충

- 종류: 눈세척기, 밀폐형 환기시약장, 폐수·폐기물, 가연성 물질 보관함, 환풍기, 잠금장치(과학실험실, 준비실, 폐수·폐기물 보관함 등) 설치

### ② 안전장구 구입 및 착용 지도

- 종류: 안전보호구함(소화기, 방화사, 소방포 등), 보안경, 실험복, 내열 및 내화학 장갑, 구급약품함 등
- ※ 화학물질안전원고시 제2017-4호 유해화학물질 취급자의 개인보호장구 착용에 관한 규정

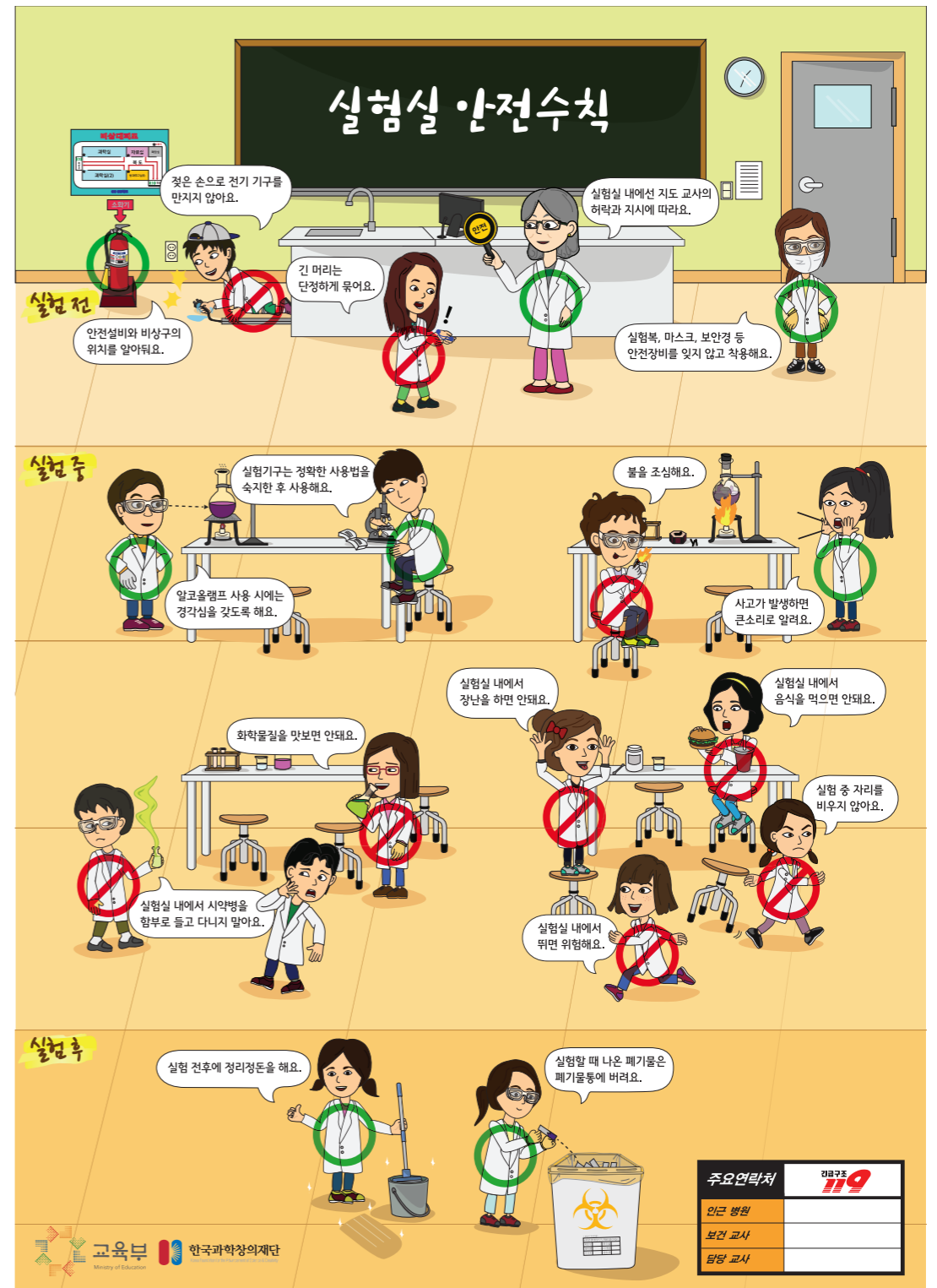
### ③ 실험안전 게시물 비치 및 준수

- 과학실험실 공통안전수칙, 과학실험실별 안전수칙 게시 및 준수
- 물질안전보건자료(GHS/MSDS) 비치 및 활용, 준수
  - ※ GHS/MSDS는 관련 법령에 의하여 물질 제공자가 제공하는 자료를 비치
- 과학실험실 안전 관련 매뉴얼 비치 및 준수
  - ※ 과학실험실 안전 매뉴얼, 학교 화학약품 안전관리 매뉴얼 등
- 비상연락망 및 비상대피로 확보, 게시
  - ※ 각종 실험안전 수칙 및 비상대피로, 비상연락망 등 게시 자료는 눈에 잘 띄는 곳에 게시 (소방서, 경찰서, 지정병원, 관할 지방자치단체, 지방환경관서, 가스회사 등)

### ④ 소화기, 긴급세척시설(비상샤워기, 눈세척기), 흡후드, 개인보호장구 등 방재용품 상태 및 작동 여부 확인

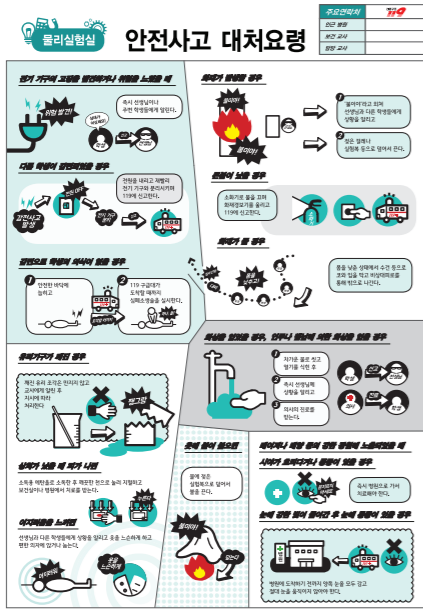
- 과학교구 및 기자재 정리 정돈
- 시약별 분류 보관 및 독극물 분류 보관, 잠금장치 철저
- 밀폐형 시약장에 흡후드를 설치하고, 근무자와 분리하며 부득이한 경우 분리대를 설치
- 폐수·폐기물 처리 지침(별도 안내)에 의거 보관 및 이중 잠금 철저
- 폐수보관함 설치 및 이중 잠금
- 위험 물질 별도 보관 및 취급주의 표시 의무

## ❓ 과학실험실 안전수칙

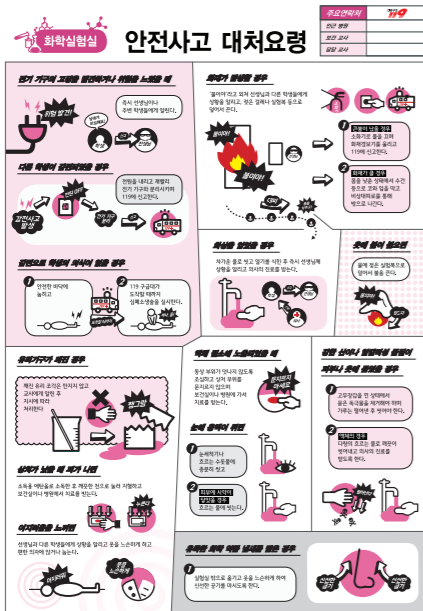


**❓ 과학실험실별 안전사고 대처요령**

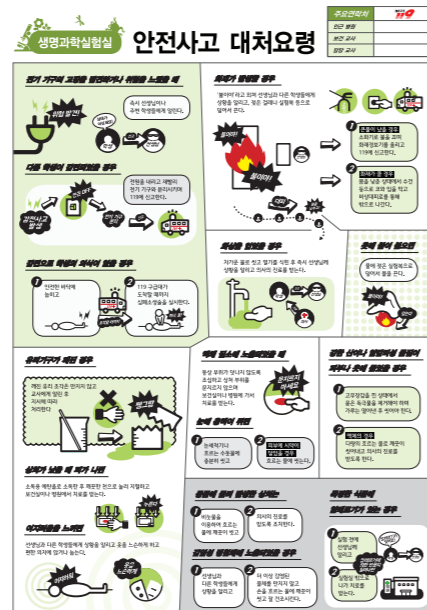
“사이언스올(http://www.scienceall.com)-과학지식-과학교육-[안전] 과학실험실 안전자료”에 과학실험실별 안전사고 대처요령이 게시물(포스터)로 출력할 수 있는 파일로 탑재되어 있다.



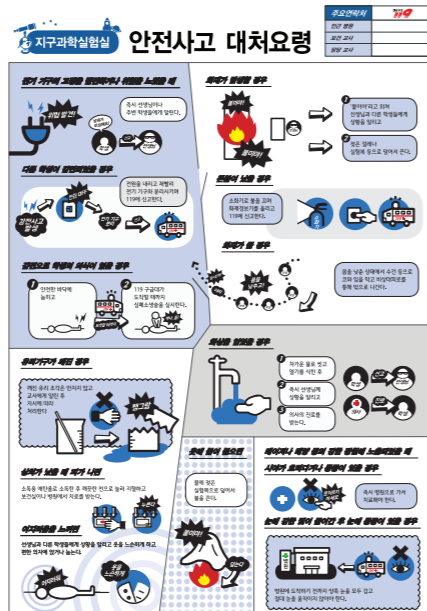
물리실험실 안전사고 대처요령



화학실험실 안전사고 대처요령



생명과학실험실 안전사고 대처요령



지구과학실험실 안전사고 대처요령

출처: 사이언스올

**❓ 안전한 과학실험실을 위한 점검 사항**

① 과학실험실 안전 관련 게시물



응급상황 처리과정 예시

학교	교무실	000-000-0000
	행정실	000-000-0001
	지역경찰서	000-000-0002
	지역소방서	000-000-0003
	지역119구조대	000-000-0004
	지역교육지원청	000-000-0005

< 과학실험실 안전사고 비상연락망 >

안전사고 비상연락망 예시

② 실험 안전을 위한 부착물

안전보건표지



비상샤워기용



눈세척기용

③ 과학실험실 안전 주요 점검 사항

구분	주요 점검 사항
계획 수립	과학실험실 안전 관련 계획 수립 여부
	과학 전담교원 과학실험실 배치 · 운영 계획
	과학실험 안전 관련 학생 교육 및 교원 연수 계획
실험 안전 게시물 및 점검	과학실험 안전 장구 · 설비 확충 계획 수립
	과학실험실 안전수칙 게시 및 주요 연락처 기재 상황
	과목별 안전사고 응급대처요령 게시 및 주요 연락처 상황
	과목별 안전사고 응급대처요령 게시 및 주요 연락처 기재 상황
학생 교육 및 교원 연수	과목별 안전사고 응급대처요령 게시 및 주요 연락처 기재 상황
	과목별 안전사고 응급대처요령 게시 및 주요 연락처 기재 상황
	과목별 안전사고 응급대처요령 게시 및 주요 연락처 기재 상황
전담교원	과학실험실 전담교원 배치 현황 및 미배치 시 사유 명시
	과학실험실 안전 관련 장구 및 설비 확충 정도(비율) 및 부족분 확충 방안
안전장구 및 설비	과학실험실 안전 관련 장구 및 설비 확충 정도(비율) 및 부족분 확충 방안
	과학실험실 안전 관련 부족 장비 및 설비 목록

## 2-2 과학실험실 안전 설비의 설치 및 점검

### 1) 전기 시설 관리

#### ? 전기 시설 종류와 관리

##### ■ 배전반

- 과학실험실의 전등과 여러 곳의 콘센트 및 환기 시설에 제어 스위치를 배치
- 각각의 스위치는 누전 차단기로 되어 있고 과전류가 흐르거나 누전이 될 때 자동으로 전기 차단
- 각각의 스위치에 이름표를 붙여두는 것이 비상시에 대처하기에 좋음
- 스위치는 눈에 잘 띄는 곳에 위치하도록 하고 배전반 앞에는 적재물 금지
- 누전차단기의 스위치는 전기를 사용할 때는 전기가 통하는 On의 위치에 있어야 함
- 누전차단기가 작동하면 중간의 trip 위치로 자동으로 이동하여 전기를 차단
- 누전차단기는 월 1회 정도 테스트 스위치를 눌러 보아 스위치가 trip의 위치로 이동하는지 살펴보고 정상 작동 여부를 점검



배전반

누전차단기 작동 시 trip 위치

[그림 출처: 박아론, 배전반 쉽게 알기]

##### ■ 콘센트

- 바닥매립형 - 콘센트 뚜껑을 열고 자주 청소해 주며, 먼지가 끼거나 습기가 차지 않도록 관리  
무거운 실험대에 의해 뚜껑이 파손되지 않게 주의
- 벽면매립형 - 오래된 콘센트는 덮개가 깨지거나 전체가 흔들릴 수 있으므로 정기적으로 흔들리는지 점검 필요
- 천정형 - 사용 후 올릴 때 플러그가 꽂혀 있는지 확인  
콘센트를 올릴 때 지나치게 흔들리면 천정의 전등을 손상시킬 수 있으므로 주의
- 몰딩형 - 몰딩이 깨지거나 바닥에서 떨어져 움직일 경우에 전선이 노출되어 감전의 위험이 커지므로 수시로 점검하여 보완



바닥매립형

벽면매립형

천정형

몰딩형

#### ? 전기용품 사용 방법

##### ■ 전기용품의 올바른 사용 사례



- 전기용품 안전 인증 표시가 있는 전기용품 사용



- 장갑 등 안전장구 착용



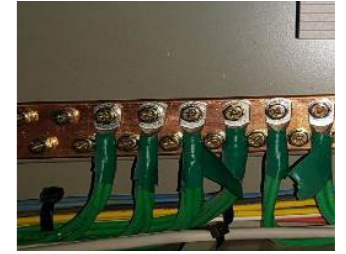
- 전선 연결 부분  
- 절연 테이프를 감아 절연



- 전선 보호 덮개 사용

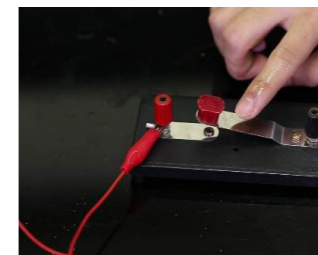


- 전기기구 사용 후 멀티콘센트는 바로 분리하여 수거



- 습기 있는 상태에서 실험할 때  
- 접지 여부 확인

##### ■ 전기용품의 잘못된 사용 사례



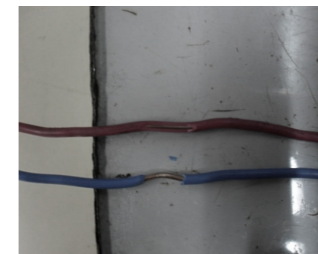
- 물 묻은 손으로 전기 기구 조작 금지



- 문어발식 배선 사용 금지



- 전선 변형으로 인한 누전 발생 주의



- 벗겨진 전선 사용 금지



- 노후된 콘센트는 즉시 교체



- 먼지 쌓이면 화재 위험이 있으므로 반드시 먼지 제거

## ❓ 전기안전 점검 사항

구분	주요 점검 사항	의무	권장
1 누전차단기	① 전기기계·기구, 냉·난방기기 등 설치 의무장소에 누전차단기 설치	○	
	② 동작불량 누전차단기 설치	○	
	③ 누전차단기의 적정 용량 준수	○	
	④ 물에 젖은 상태에서 사용되는 콘센트는 감도 전류 15mA의 누전차단기 설치	○	
2 개폐기·차단기	① 개폐기·차단기 용량 준수	○	
	② 접촉 불량에 의한 접속점 탄화 차단기 사용	○	
3 옥내·외 배선	① 백열전등, 전열, 콘센트(5개 회로 이상) 회로에 비닐코드 사용 금지	○	
	② 노후·불량 전선 교체	○	
	③ 보안등주 등의 방수형 접속제 사용	○	
	④ VVF, VCT-F 등 외부 노출 배선 사용 금지	○	
4 접지	① 접지형 콘센트 사용	○	
	② 전기기계·기구 외함에 접지 및 접지선 시설	○	
5 배·분전반	① 배·분전반 잠금 장치 및 위험표지판 설치	○	
	② 분전반 앞 적치물 정리	○	
	③ 분전반 내부 분진, 난잡 배선 및 전압표시 램프 관리	○	
6 배선기구	① 콘센트 미고정 및 탄화로 인한 접촉 불량 우려	○	
	② 스위치·콘센트 관리	○	
	③ 용도에 맞는 배선기구 사용	○	

## 2) 소방 설비 관리

### ❓ 소방 설비의 종류와 관리

#### ■ 화재 감지기 및 경보기



차동식 열감지기(다이아프램식)



차동식 열감지기(반도체식)



정온식 감지기(70°C)



불꽃 감지기



이온화식 연기감지기



광전식 연기감지기

### ■ 소화기

#### • 소화기 종류



축압식 분말 소화기



이산화탄소 소화기



스프레이 형 소화기



투척식 소화기

#### • 소화기 사용법



[그림 출처: 행정안전부]

- ① 소화기를 불이 난 곳으로 옮긴다.
- ② 손잡이 부분의 안전핀을 뽑는다.
- ③ 바람을 등지고 서서 호스를 불 쪽으로 향하게 한다.
- ④ 손잡이를 힘껏 움켜쥐고 빗자루로 쓸 듯이 뿌린다.

#### • 소화기 관리 및 배치



소화기 위치



제조년월 확인



소화물질 충전상태 확인

- 출입구와 가까운 벽에 눈에 잘 보이도록 소화기 표시하여 설치
- 소화기에 기재된 제조년월 확인: 소화기 내용연수 10년(소방방재청 내부 권고사항)
- 소화물질 충전상태 확인: 압력계 바늘 - 녹색 범위
- 직사광선 및 습기를 피하여 보관하며 과학실험실 규모에 따라 바닥면적 33㎡마다 한 대씩 비치

■ 소화전

• 불을 끄는데 이용되는 수도의 급수전으로 소화 호스를 연결하는 곳



옥내 소화전



옥외 소화전-지상식



옥외 소화전-지하식

☞ 옥내 소화전



P형 발신기와 표시등



옥내 소화전 내부

- 수원, 가압송수장치, 배관 그리고 개폐 밸브 · 호스 · 노즐 등이 들어 있는 상자
- 옥내 소화전함 앞에는 물건을 두지 말아야 하며, 항상 사용이 가능하도록 준비
- 호스는 꼬이지 않도록 감아 사용 시 쉽게 펼칠 수 있어야 하며, 사용 후에는 건조시켜 원래 위치에 보관
- 옥내 소화전의 소화전 호스는 항상 잘 접혀 있어야 하고, 고착되어 균열이 발생하지 않았는지 외관점검을 한 후 고착, 또는 균열 발생 시 교체

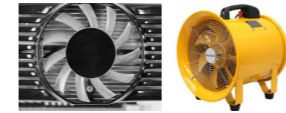
❓ 소화시설 및 경보시설 안전 점검 사항

구분	주요 점검 사항	의무	권장
소화기	① 소화기의 교체시기 및 외관 점검	○	
	② 소화기 관리대장의 서식 및 활용		○
	③ 배치 · 표지 개선 및 화재특성별 비치	○	
	④ 화기 사용 장소에 자동확산소화기를 설치	○	
소화전	① 소화전의 노후한 호스 및 관창	○	
수신기	① 수신기 기능의 고의적인 정지	○	
감지기	① 화재감지기의 적절한 선택	○	
	② 화재감지기 설치의 오류		○

### 3) 안전 설비 관리

❓ 환기 설비

■ 환풍기, 배풍기, 흡후드



- 송풍기 또는 배풍기는 가능한 한 해당 분진 등의 발산원에 가장 가까이 설치
- 단, 외부로 배기 시에는 다른 공간으로 향하지 않도록 설치
- 흡후드는 반드시 배기 장치를 연결하여 설치하고 실험 후 물질이 남아있지 않도록 주의
- 흡후드 내부에는 필수 실험장비 외에는 불필요한 장비를 두지 않아야 함
- 창문은 가장 기본적인 환기 시설로 비상 탈출구로도 사용이 가능하므로 항상 개폐가 잘 되어야 함

❓ 기타 설비

■ 수도 시설, 실험대, 비상샤워기



- 온수와 냉수 공급이 따로 이루어질 때는 수도에 온수, 냉수를 표시해 온수에 화상을 입는 일이 없도록 안내
- 수도시설은 비상샤워기와 연결하여 사용하는 중요한 시설이므로 수시로 점검하여 물 공급 상태를 확인
- 비상샤워기 안쪽에 적재물을 쌓아두면 안 됨
- 실험대는 가능한 내화학성 불연 소재를 사용
- 과학실험실 바닥재는 내화학성 및 난연성 재료로 마감

❓ 공간 배치



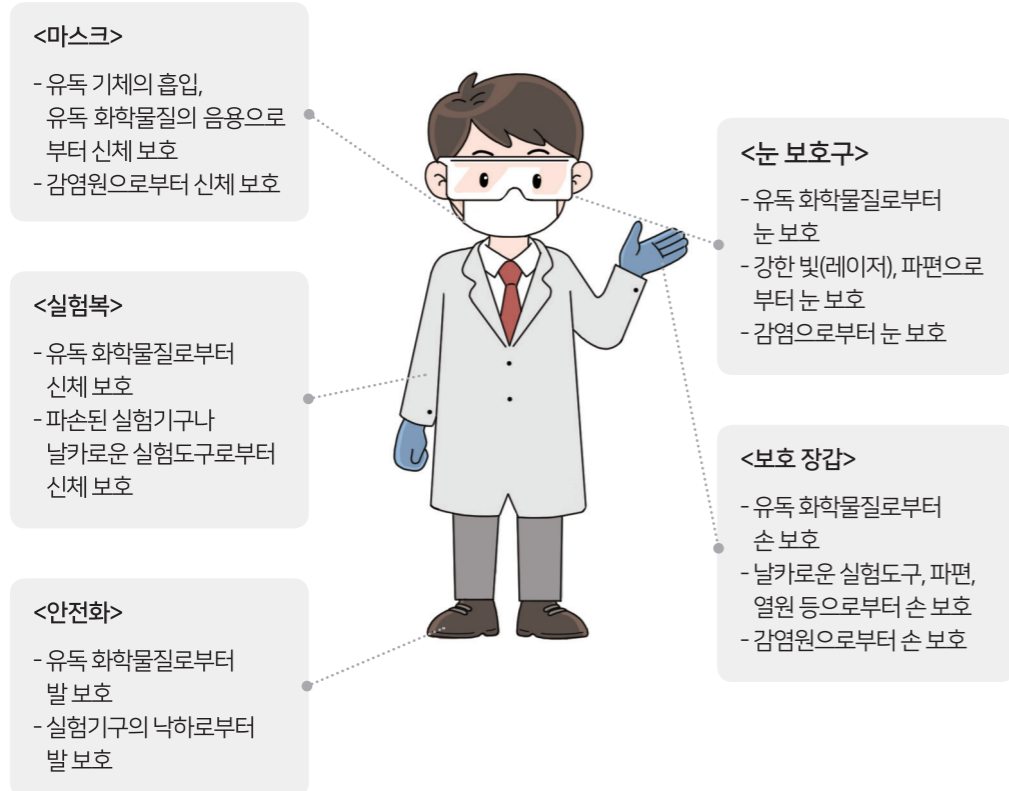
- 실험대는 실험 활동 및 비상 시 대피 통로, 공간 등에 방해되지 않도록 배치
- 실험대와 실험대의 간격은 원활한 작업 영역의 확보 및 접근이 용이하도록 최소 1.5m 이상의 간격을 유지
- 피난 시 원활한 대피를 위하여 과학실험실 내 주 통로 간격은 0.9m 이상 확보
- 과학실험실 바닥에 노란색으로 안전라인을 표시하고, 선 안쪽으로 기자재나 적재물이 쌓이지 않도록 해 피난동선을 확보
- 화재 등의 불의의 사고발생 시 신속하게 대피할 수 있도록 출입구 주위에 물건을 쌓아두거나 장애물을 설치하면 안 됨

## 2-3 개인보호장비의 종류와 사용

### ? 개인보호장비의 필요성

- 과학실험실 안전사고의 85%는 실험자의 부주의한 행동에 의한 사고이기 때문에 안전 교육과 더불어 보호를 위한 개인보호장비를 올바르게 착용하는 것이 매우 중요하다.
- 개인보호장비는 실험자를 특정한 위험 물질로부터 보호하기 위해 착용하는 보호 장비이다.
- 개인보호장비는 위험을 줄이거나 제거할 수는 없지만, 안전사고로부터 실험자 개인의 안전을 보호하는 최소한의 조치이다.

### ? 개인보호장비의 종류와 역할



### ? 실험복



1회용 실험복

일반 실험복

방화용 실험복

실험용 앞치마

- **1회용 실험복**: 동물과 같은 생물을 다루는 실험, 오염이 심한 화학물질을 다루는 실험 시 착용
- **일반 실험복**: 특별한 주의가 필요하지 않은 일반 실험 시 착용
- **방화용 실험복**: 자연 발화하는 물질 또는 반응성이 매우 높은 물질을 다루는 실험 시 착용
- **실험용 앞치마**: 화학물질에 대한 추가적 보호가 필요할 시 실험복 위에 착용

### ? 눈 보호구



일반 보안경



보호 고글

- **일반 보안경**: 강한 빛(레이저), 감염원, 유독 화학물질을 사용하는 실험, 안경 위에 착용 불가
- **보호 고글**: 보안경보다 안전이 더 요구되는 실험(유독 화학물질을 다룰 때), 보안 기능 더 우수, 안경 위에 착용 가능

### ? 안전화



- 낙하하는 물체, 날카로운 물체, 각종 화학 물질로부터 발을 보호
- 안전화가 준비되지 않은 경우, 신체 노출이 없는 운동화 착용

## ? 보호 장갑



- 폴리에틸렌 장갑: 간단한 기구 조작이나 수용액 위주의 실험 시 착용
- 니트릴 장갑: 과학실험실에서 가장 많이 쓰는 장갑, 밀착감이 뛰어나 섬세한 작업 시 착용
- 라텍스 장갑: 감염원이나, 생물학적 재해 물질을 다루는 실험 시 착용
- 초저온용 방수장갑: 액체 질소나 드라이아이스 등 극저온 물질을 다룰 때 착용

화학물질을 다루는 실험에는 니트릴 장갑을 사용하는 것이 좋습니다. 폴리에틸렌 장갑은 화학물질이 쉽게 투과되므로, 화학물질을 다루는 실험에는 부적합합니다. 라텍스 장갑도 사용가능하나, 일부 유기 용매는 투과되므로 주의해서 사용해야 합니다. 열원을 다루는 실험에는 폴리에틸렌 장갑과 니트릴 장갑 등을 사용하면 사고 발생 시 더 큰 화상을 입을 수 있으므로 사용해서는 안 됩니다.



## ? 마스크



- 일반 마스크: 과학실험실에서 일반적으로 사용하는 마스크. 분진, 유독가스로부터 보호 안 됨
- 분진·방진 마스크: 입자 크기 0.2-5.0 $\mu$ m 정도의 분진이 유입되는 것을 방지
- 방독 마스크: 유해화학물질을 다루는 실험 시 착용, 정화통은 사용 후 교체해야 함
- 공기공급식 호흡 마스크: 공기를 공급함으로써 산소 결핍으로 생길 수 있는 위험을 방지

## ? 개인보호장비 탈·착의 순서



## ? 올바른 개인보호장비 착용법

- |       |  |
|-------|--|
| 실험복   | 자신의 체형에 꼭 맞는 것을 착용하며, 일반적으로 면으로 된 실험복을 착용한다.   |
| 눈 보호구 | 자신의 신체 조건에 맞는 크기의 보안경을 선택하여, 안면에 밀착되도록 착용한다.   |
| 보호 장갑 | 손을 충분히 덮으며 장갑과 손목 사이에 틈이 생기지 않도록 착용한다.         |
| 마스크   | 입과 코를 완전히 가리며 얼굴에 밀착되도록 착용한다.                  |
| 귀 보호구 | 귀마개는 귀 안으로 완전히 밀어 넣고, 귀덮개는 귀 전체 완전히 덮도록 착용한다.  |
| 안전화   | 자신의 발 크기에 맞는 안전화를 선택하여, 발등을 충분히 덮을 수 있도록 착용한다. |

## 개인보호장비의 관리 및 보관



실험복 보관장



개인보호장비 보관장

실험복, 보안경 등 다양한 개인보호장비를 어떻게 보관하는 것이 좋을까요?



### 실험복의 비치와 관리법

- 실험복은 실험복 보관장에 보관하며, 과학실험실 밖으로 반출하지 않는다.
- 일반 실험복의 경우, 정기적으로 세탁하여 사용한다.
- 화학약품을 다루는 과학실험실에서는 정기적으로 실험복을 폐기물 업체를 통해 폐기하고, 새로운 실험복을 사용한다.

### 눈 보호구, 마스크, 보호 장갑, 안전화 등의 비치와 관리법

- 눈 보호구, 마스크, 보호 장갑, 안전화 등은 안전보호구함에 비치한다.
- 과학실험실 관리자는 정기적으로 개인보호장비의 목록 및 구비량, 이상 유무를 점검하여 안전하게 사용할 수 있도록 준비해야 한다.
- 마스크의 경우, 일반 마스크와 분진·방진 마스크는 실험 후 폐기한다.
- 방독 마스크의 경우, 사용 후 방독면체와 정화통을 분리하여 보관한다. 방독면체는 흐르는 물에 씻어서 말려서 보관하며, 정화통은 밀봉하여 보관한다.
- 보호장비를 보관하는 보관장은 가급적 투명창이 있는 것으로 비치하여 필요 시 보호장구의 위치를 바로 확인하고, 착용할 수 있도록 한다.

## 개인보호장비의 중요성



2008년 12월, 미국 UCLA 대학 과학실험실에서 화학 합성 실험을 하던 'Sheri Sangji'는 폭발사고로 안타까운 목숨을 잃었다. 폭발 위험성이 있는 tert-butyllithium을 주사기로 옮기는 과정에서 화염이 발생하여 그녀의 옷에 불이 붙었고, 심한 화상으로 결국 사망하게 되었다. 그녀는 니트릴 장갑을 끼고 있었으며, 실험복과 보안경을 착용하지 않아 피해가 더 컸다.

만약 그녀가 실험 상황에 맞는 실험복과 보안경과 같은 개인보호장비를 모두 착용하고 실험에 임했다면, 어떻게 됐을까요?



폭발이 일어난 주사기



모든 실험이 끝나칠 때까지 개인보호장비를 올바르게 착용하고 있는 것이 매우 중요합니다.

2017년 4월, 한 중학교 실험실에서 화학 반응으로 인해 다량의 연기가 발생하는 사고가 발생했다. 사고 당시 학생들은 화학 실험 수업을 마치고 나트륨 관련 물질을 담았던 실험용기를 물로 씻고 있었다. 이 과정에서 화학 작용이 일어나 많은 연기가 나자 교사가 학생들을 대피시키고, 소화기로 초동 조치를 하였다. 이날 사고로 박모양(15) 등 여학생 2명이 얼굴과 다리 등에 가벼운 화상을 입어 병원에서 치료를 받았다.



# 3

## 탐구활동 안전지도



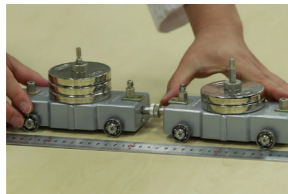
3-1 안전한 탐구활동(물리학)	52
3-2 안전한 탐구활동(지구과학)	60
3-3 안전한 탐구활동(생명과학)	66
3-4 안전한 탐구활동(화학)	72

**2015년 개정 교육과정의 도입으로 나타난 물리학 교과서의 변화**

- ① 교과명의 변경: ‘물리’ → ‘물리학’
- ② ‘학습량의 적정화를 목표로 학습 분량 감축’
- ③ 탐구활동의 변화: 기존의 전통적인 실험 대신 자료 조사, 토의·토론 등과 같은 탐구활동과, MBL 센서와 동영상 분석 등을 통한 탐구활동이 증가하여 관찰 또는 측정보다 자료 해석 및 결론 도출, 일반화 등에 더욱 많은 시간을 투자하는 형태로 변화

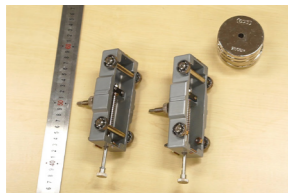
**역학과 에너지 영역 탐구활동**

■ 역학 수레를 이용한 운동량 보존 실험



**<탐구활동 개괄>**

역학 수레와 추는 뉴턴 운동 제2법칙 실험, 역학 수레를 이용한 운동량 보존 실험에 활용된다. 역학 수레를 이용한 운동량 보존 실험은 두 대의 역학 수레를 충돌 또는 분리하면서, 충돌 또는 분리 전후의 운동량의 합이 같은지 확인하는 실험이다.

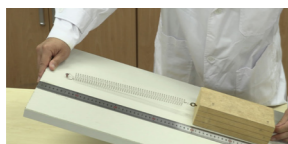


**<안전 가이드>**

- 역학 수레는 바퀴에 작용하는 마찰력이 매우 작아 빠르게 운동할 수 있으며 무겁고 각진 경우가 많아 실험대 위에서 떨어지는 경우 발등을 크게 다칠 수 있다.
- 사용하지 않는 역학 수레는 실험대의 경사 등으로 인해 혼자 움직이지 않도록 잘 고정시켜야 하며, 역학 수레와 추가 바닥에 떨어지지 않도록 실험대의 끝부분에 수레 멈춤 막대 등을 장치한다. 또한 충돌 또는 분리 과정에서 역학 수레가 너무 빠르게 운동하지 않도록 주의한다.



■ 마찰면에 따른 용수철 진자의 역학적 에너지 감소 비교



**<탐구활동 개괄>**

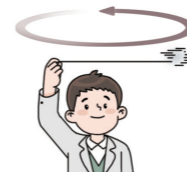
다양한 마찰계수를 갖는 물체를 용수철에 매달아 운동시키고, 용수철 진자의 진폭의 변화를 확인함으로써 물체의 역학적 에너지 감소량을 비교한다.



**<안전 가이드>**

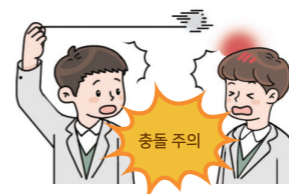
- 관리가 제대로 되지 않은 용수철은 표면이 녹슬거나 날카로울 수 있으므로, 오래된 용수철과 고무줄은 폐기하고 새것으로 교체하여 사용하도록 한다.
- 학생들이 용수철 또는 고무줄에 무리한 힘을 가하여 파손되거나 끊어지지 않도록 주의한다.

■ 회전체의 안전한 사용



**<탐구활동 개괄>**

구심력 측정 실험 또는 음원의 운동에 따른 소리의 진동수 변화 실험에서는 회전체를 사용한다. 특히 음원의 운동에 따른 소리의 진동수 변화 실험에서는 줄 또는 막대의 끝에 음원을 매달아 회전 시킴으로써 소리의 진동수가 어떻게 변화하는지 측정한다.



**<안전 가이드>**

- 구심력 측정 실험이나 원 운동하는 물체의 도플러 효과 측정 실험의 경우 장치를 단단히 결속하여 회전 중에 분리되지 않도록 주의하고, 주변 공간을 충분히 확보하며, 너무 빠르게 회전시키거나 장난치지 않도록 지도한다.

■ 열역학 단원의 안전한 실험



**<탐구활동 개괄>**

교과서에서 제시하는 열역학 실험의 경우 뜨거운 물을 사용하는 경우가 일반적이다. 비커에 뜨거운 물을 넣고 탁구공이나 풍선을 이용하여 열의 이동에 따른 기체의 부피 변화를 살펴봄으로써 열역학 법칙을 확인한다.

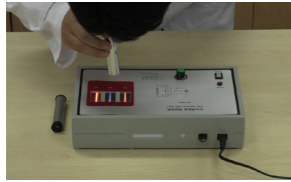


**<안전 가이드>**

- 물을 가열하기 위해 사용되는 핫플레이트 또는 전기 포트를 학생이 직접 사용하지 않도록 지도하고, 실험 중 그리고 실험 후 뜨거운 물과 뜨거운 실험 도구(비커 등)에 화상을 입지 않도록 주의시킨다.

## ❓ 물질과 전자기장 영역의 탐구활동

### ■ 여러 가지 전등의 선 스펙트럼 비교 관찰 실험



#### <탐구활동 개괄>

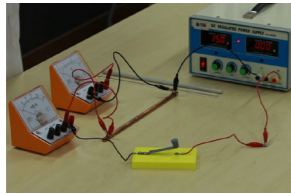
기체 방전관에서 방출되는 빛의 선 스펙트럼을 학생들이 간이 분광기 또는 분광 필름을 이용하여 관찰함으로써 원자의 에너지 준위가 불연속적임을 이해할 수 있도록 도와준다.

#### <안전 가이드>

- 기체 방전관은 높은 전압을 이용하는 장치이므로, 방전관을 끼우거나 뺄 때 주의가 필요하다. 기체 방전관을 교체하며 실험해야 하는 경우에는 방전관이 뜨거울 수 있으므로 반드시 전원을 끈 후 장갑을 착용하고 교체한다.



### ■ 전원 장치의 안전한 사용



#### <탐구활동 개괄>

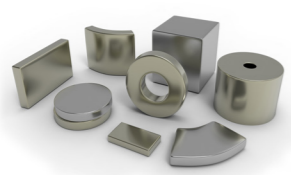
여러 가지 고체의 전기 전도도 측정 실험과 전류에 의한 자기장 관찰 실험 등 전자기학 단원에서는 전원 장치를 활용하는 실험이 많다. 회로에 전류를 흘려 전기 저항을 측정하거나 전류에 의한 자기장을 측정해야 하므로 회로에 일정 전류가 흐르도록 하기 위해 전원 장치를 사용한다.

#### <안전 가이드>

- 도선에 과도한 전류가 흐르지 않도록 주의한다. 가급적 저항기를 회로에 연결하여 과전류가 순간적으로 흐르는 것을 방지한다.
- 회로에 낮은 전류를 흘리더라도 전기 소자의 저항으로 인해 열이 발생할 수 있으므로 화상에 유의하고, 사용하지 않는 경우 회로의 전원을 차단한다.
- 전원 장치는 높은 전류를 발생시킬 수 있으므로 감전에 유의한다.
- 물이 묻은 손으로 전원장치를 다루지 않도록 주의한다.



### ■ 네오디뮴 자석의 안전한 사용



#### <탐구활동 개괄>

과거에는 과학 실험에서 막대자석 또는 말굽자석 형태의 페라이트 자석을 많이 사용하였으나, 최근에는 강한 자성을 가진 네오디뮴 자석을 많이 사용한다. 네오디뮴 자석은 주로 물질의 자성 단원 및 전자기 유도 단원에서 사용된다.

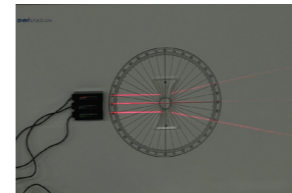
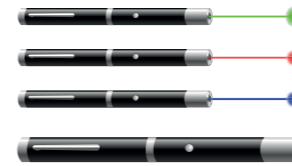


#### <안전 가이드>

- 네오디뮴 자석의 매우 강한 자성으로 인해 전자 기기를 손상시킬 수 있기 때문에 주변에 다른 전자 기기가 없도록 정리한다. 붙어있는 자석을 떼거나 붙이는 과정에서 손이 끼일 수 있으며, 가까이 있는 자석 또는 쇠붙이가 날아와 손을 크게 다칠 수 있으므로 유의한다.
- 네오디뮴 자석의 강한 자성으로 인해 결합하면서 쉽게 깨질 수 있고 깨진 면은 매우 날카로우므로, 흠이 있는 자석은 폐기하고 새 자석으로 실험할 수 있도록 한다. 자석이 클수록 실험에서 유의미한 결과를 얻을 수 있으나, 불필요하게 큰 자석은 위험하므로 적절한 크기의 자석을 이용한다.

## ❓ 파동과 정보통신 영역의 탐구활동

### ■ 레이저 포인터의 안전한 사용



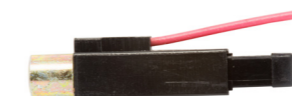
#### <탐구활동 개괄>

레이저 포인터는 파동 단원에서 빛의 반사, 굴절, 간섭, 회절 현상 실험 등에 이용된다.

#### <안전 가이드>

- 레이저 점검 시 절대로 레이저의 출력부를 직접 눈으로 보지 않는다.
- 레이저 광선이 거울, 렌즈와 같은 광학 기기에 의도치 않게 반사 또는 산란되어 사람의 눈으로 들어갈 수 있으므로 주의한다.
- 레이저 광선에 노출되었을 때 유해물질을 발생시킬 수 있는 유기용매 또는 플라스틱 물질이 일부 있으므로, 광선 경로 주변에 해당 물질이 없도록 정리한다.
- 장시간 사용하지 않을 경우 배터리를 분리하거나 전원을 차단하여 보관한다.
- 레이저의 등급과 안전성을 확인하고 용도에 맞게 구입한다.
- 안구가 레이저 광선에 직접 또는 간접적으로 노출된 경우 즉시 병원에서 검사를 받도록 한다.

### ■ 압전 소자의 안전한 사용



#### <탐구활동 개괄>

압전 소자는 외부에서 압력을 가했을 때 유전 분극이 일어나는 성질을 이용하여 전기 에너지를 발생시키는 장치로, 물리학 II 의 압전 소자와 이중 코일을 이용한 전파의 송수신 실험에서 순간적인 전자기파를 발생시키는 데 사용된다.



**<안전 가이드>**

- 압전 소자는 순간적으로 1~3만 V의 고전압을 발생시킬 수 있으나, 인체에 높은 전류가 흐르게 할 정도가 아니므로 인체에 크게 해가 되지는 않는다. 그러나 무방비 상태의 사람에게 압전 소자를 사용할 경우 정신적, 신체적으로 상당한 충격이 가해질 수 있으므로, 실험 이외의 목적으로 사용하지 않도록 지도가 필요하다.

**? 메이커 교육 관련 장치의 안전한 사용법**

**■ 공통 유의사항**

- 모든 사용자는 다루기 전 사용하고자 하는 공작 기자재와 공구의 사용법과 특징을 숙지해야 하며, 사용과 관련된 매뉴얼과 비상시 대처 방법을 잘 보이는 곳에 비치한다. 사용법을 완벽히 숙지하지 못한 경우에는 전문가의 도움을 받아야 하며, 절대로 혼자 작업하지 않는다.
- 작업 중 발생하는 물질이나 분진 등으로 인해 화재 또는 폭발의 위험이 있을 수 있으므로, 장비의 용량에 적합한 환기 장치를 설치해야 하며, 작업자가 미끄러지거나 넘어지지 않도록 항상 깨끗한 공간을 유지해야 한다.
- 작업자 간에 충분한 공간을 유지해야 한다. 공간 구성도에 전체 공간 구성도, 작업 공간 구성도(작업 범위 등), 작업 공간별 기계와 기구, 안전구역, 위험 물질 배치 등을 표시한다.
- 천장의 조명을 밝게 유지하여 작업장의 안정성을 높이고, 조명을 잘못 끄는 일이 없도록 공간 내 조명 위치를 표시하고 조명 스위치에 조명 위치를 정확하게 기재한다.
- 모든 사용자는 비상구와 탈출구의 위치를 확인하고, 화재 등 안전사고 발생 시 탈출 방법을 숙지한다.
- 메이커 스페이스 내에서는 작업 환경 특성에 맞는 개인안전장비(안전모, 안전화, 보안경, 보호 장갑, 귀마개, 방진 마스크 등)를 반드시 착용하여야 한다. 전용 작업복과 긴 바지, 양말 등 신체를 보호할 수 있는 의복을 입어야 하며 넥타이, 장신구, 바닥에 끌리는 옷, 모자, 굽이 높은 신발 등의 착용은 금한다. 긴팔 셔츠의 경우 장비에 말려 들어갈 수 있으므로 팔꿈치 위로 접거나 반소매 셔츠를 입는 것이 좋으며, 머리카락이 긴 경우 잘 묶어 올려 머리카락이 장비에 걸리지 않도록 유의한다.
- 작업 중 휴대전화나 스마트폰, 태블릿 등 작업자의 주의를 분산시킬 수 있는 기기의 사용을 금한다.

- 장비를 작동시킨 상태로 작업장을 떠나서는 안 되며, 약간이라도 작동에 이상이 생긴 경우 즉시 전원을 차단하고 점검한다. 장비를 정지시킬 때에는 반드시 정해진 순서와 방법을 따르고, 손이나 공구 등의 물건을 이용해 억지로 정지시키지 않는다.
- 정전으로 인해 기계가 멈춘 경우에는 불시에 기계가 다시 작동하지 않도록 반드시 스위치를 정지 상태로 옮겨 놓는다.
- 소화기는 작업장에서 가장 잘 보이는 곳에 비치해야 하며, 사용자는 소화기의 위치를 숙지해야 한다.

**■ 프로젝트의 특성에 따른 장갑 재질**

영역	장갑 재질
고열	용접용 장갑 또는 방열 장갑 사용
기름 또는 그리스	PVC(비닐) 또는 니트릴 장갑 사용, 천연 고무(라텍스) 장갑은 사용 금지
화학물질	화학물질의 종류에 따라 라텍스, 네오프렌 또는 니트릴 장갑 사용
날카로운 물체	케블라, 가죽 또는 면장갑 사용
습식/유기 재료	니트릴 장갑 사용
중장비 또는 고속회전 장비	장갑 사용 금지

**■ 레이저 절단기**

- PVC, 비닐, 테프론, 에폭시, 페놀 수지 등에서는 레이저 가공 시 유독 가스가 방출되므로 절대로 사용해서는 안 된다. 그 외에도 유독 가스가 나오는 물질이 있으므로 가공이 가능한지 전문가를 통해 확인하여야 한다.
- 레이저 절단기 사용 시에는 절대로 덮개를 열지 않는다.
- 레이저 절단기는 물체를 열로 녹이기 때문에 아크릴의 경우 냄새가 매우 심하여 반드시 환풍기 또는 집진기를 설치하여야 한다.
- 아크릴 판은 스크래치 방지를 위해 판의 양면에 보호필름이 부착되어 있다. 보호필름을 제거하지 않고 절단 가공을 하면 필름에 불이 붙어 장비의 손상과 화재로 이어질 우려가 있으므로 아크릴 절단 전 반드시 양면에 부착된 보호필름이 제거되었는지 확인해야 한다.



■ 3D 프린터

방식	SLA	FDM
재료	• 레진이라고 불리는 액상 광경화성 수지	• 주로 PLA와 ABS가 많이 사용
구동 방법	• 레진에 레이저를 쏘게 되면 광경화에 의해 굳어지면서 레이어가 만들어지게 됨. 레이어를 한 층씩 적층하는 방식으로 제작	• 고체 필라멘트를 뜨거운 노즐에 밀어 넣어 원료를 녹여 압출하는 방식으로 한 층씩 적층하여 제작
장점	• 가장 오래된 방식 • 정밀도가 매우 높음 • 표면이 매끄러움 • 특허 만료	• 내구성이 높으며, 비교적 강도가 높음 • 장비와 재료의 가격이 낮음 • 원료의 공급이 쉬움 • 상대적으로 대형 조형물 제작 가능
단점	• 장비와 재료의 가격이 높음 • 조형물의 크기가 작은 편임 • 레진의 장기간 보관이 어려움	• 정밀도가 떨어져 출력 표면이 거침 • 시간이 오래 걸림
주의사항	• 경화된 출력물은 그다지 유해하지 않으나 액체 상태의 레진은 유해 중금속이 포함되어 있어 반드시 잦은 환기가 필요 하며, 취급시 네오프렌 또는 니트릴 장갑을 착용하여야 한다.	• 작업 시 초미세먼지가 다량 발생하며, ABS의 경우 가열 과정에서 환경 호르몬을 방출하므로 환기가 잘 되는 곳에 설치하여야 한다. • 노즐 부분이 매우 뜨거우므로(200°C 이상) 만지지 않도록 주의한다.



■ CNC 및 각종 공작 기계의 안전한 사용

- 작업 시 고온, 고속의 파편이 될 수 있으므로 반드시 안전경을 비롯한 보호장비를 갖춘다.
- 장갑을 낀 채 작업을 하면 순간적으로 장비에 빨려 들어갈 위험이 있으므로 장갑을 끼면 안 된다.
- 기계 출력은 저출력에서 고출력으로 천천히 조절한다.
- 반드시 2인 이상이 함께 작업하여 안전사고에 대비한다.



■ 가열 및 전열 기구의 안전한 사용

- 깨끗하고 환기가 잘 되며 물기가 없는 작업 공간에서 사용한다.
- 글루건, 전기 인두, 3D 펜 등 뜨거운 노즐을 사용하는 기구의 경우 사용하지 않을 때에는 거치대에 거치하도록 한다.
- 가열된 상태에서 노즐을 만지거나, 다른 사람을 향하지 않는다.
- 사용하지 않을 때는 반드시 전원을 차단하고 정리를 하여야 한다.
- 손 크기에 딱 맞는 보호 장갑을 착용하며 화상에 유의한다.
- 글루건의 경우 사용자가 사용하지 않더라도 노즐에서 조금씩 글루액이 흘러 나오므로, 종이나 판지를 거치대 아래에 두고 사용해야 하며, 작업 중 글루심을 잡아당기지 않는다.
- 땀을 하는 경우에는 유해 증기를 흡입하지 않도록 환기가 잘 되는 곳에서 작업해야 하며, 방진 마스크를 착용해야 하며, 작업하는 과정에서 손에 묻은 미세한 납 입자로 인해 납 중독이 되는 경우가 많으므로, 작업 후에는 반드시 손을 깨끗이 씻는다.

■ 순간 접착제의 안전한 사용

- 눈이나 피부에 묻지 않도록 주의한다.
- 피부에 묻을 경우 아세톤을 활용하여 제거하고, 과격하게 힘을 주어 뜯지 않는다.
- 사용하지 않을 때는 반드시 마개를 막아 보관하며, 간혹 안약으로 오해하여 오용하는 사례가 종종 있으므로 별도 표기가 없는 경우 반드시 순간접착제임을 표기한다.
- 순간접착제는 면 또는 종이와 반응할 때 많은 열이 발생한다. 그러므로 작업 시 휴지 또는 면봉은 사용하면 안 되며, 면장갑 또한 사용해서는 안 된다.
- 사용 시 고무로 코팅된 보호 장갑을 사용하여야 한다.
- 환기가 잘되는 곳에서 사용해야 한다.



## 2015 개정 교육과정 고등학교 지구과학 교과목의 특징

### 영역별 핵심개념

- 고체 지구 영역: 판구조론, 지구 구성 물질, 지구의 역사, 지구계와 역장
- 대기과 해양 영역: 해수의 성질과 순환, 대기의 운동과 순환, 대기과 해양의 상호 작용
- 우주 영역: 별의 특성과 진화, 우주의 구조와 진화, 태양계의 구성과 운동

### 지구과학 교과목의 탐구활동과 실험 안전

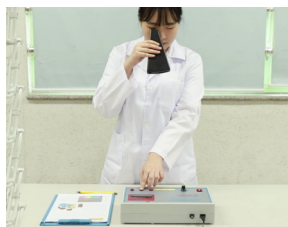
탐구활동 시 사용하는 날카로운 재료 및 도구, 화기에 의해 안전사고가 발생하는 경우가 많으며, 야외 탐구 활동 시 안전사고가 발생할 가능성이 큼

과학은 학생이 과학 개념을 이해하고 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여, 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결할 수 있는 과학적 소양을 기르기 위한 교과입니다. 이를 위해 다양한 탐구 중심 학습이 이루어져야 하며, 나를 포함해 내 주변 생명과 물질의 역사, 그리고 그들이 서로 주고받는 영향을 탐구하는 지구과학 영역에서도 다양한 탐구활동이 필요합니다.



## 통합과학 - 지구과학 탐구활동

### 분광기로 스펙트럼 관찰



#### <탐구활동 개괄>

간이 분광기를 사용하여 다양한 빛의 스펙트럼을 관찰하고, 이를 통해 우주에 존재하는 원소를 알아내는 방법을 이해한다.

#### <안전 가이드>

- 진공 방전관을 다룰 때 감전되지 않도록 주의한다.
- 방전관 유리가 파손되지 않도록 주의한다.
- 분광기로 햇빛을 관찰할 때 태양을 직접 향하지 않고 햇빛이 들어오는 밝은 곳을 향하고 관찰한다.
- 분광기의 슬릿은 광원을 향하되 직접 보지 않도록 하고, 너무 오래 관찰하지 않도록 한다.



## 지구과학 I·II - 고체지구 영역 탐구활동

### 미래의 대륙 분포 구상, 진앙과 진원 구하기, 규산염 광물 모형



#### <탐구활동 개괄>

- 미래의 대륙 분포 구상: 대륙의 이동 속도 자료를 이용하여 미래의 대륙 분포와 위치를 추정해 본다.
- 진앙과 진원 구하기: 지진 관측 자료를 이용하여 진원 거리를 계산하고, 진앙과 진원의 위치를 찾는다.
- 규산염 광물 모형 만들기: 스타이로폼과 이쑤시개로 규산염 광물의 결합 형태를 모형으로 표현해 본다.

#### <안전 가이드>

- 가위나 종이를 사용할 때 베이지 않도록 주의한다.
- 이쑤시개나 컴퍼스를 다룰 때 찔리지 않도록 주의한다.
- 이쑤시개로 스타이로폼 공을 연결할 때 무리한 힘을 가하지 않도록 하고, 장갑을 착용한다.

### 플룸 상승류의 모양 관찰



#### <탐구활동 개괄>

찬물(또는 물엿)을 담은 비커 바닥에 잉크를 떨어뜨린 후 밑면을 가열하면서 상승하는 모양을 관찰한다. 이를 통해 플룸의 형성 과정과 형태를 이해한다.

#### <안전 가이드>

- 점화기 불꽃 세기를 미리 점검하고, 장갑을 착용한다.
- 소화기, 소방포, 방화사를 가까운 곳에 비치하고, 화기 주변에 타기 쉬운 물질을 두지 않도록 한다.
- 알코올램프 사용 시 사용 전 이상 유무를 점검하고, 사용 후 소화 상태를 확인한다.
- 점성이 있는 물질을 가열할 때는 보안경을 착용하고, 위에서 들여다보지 않도록 한다.
- 뜨겁게 달구어진 유리 기구를 갑자기 찬 물에 넣지 않도록 한다.

■ 규산염 광물의 물리적 성질 관찰



<탐구활동 개괄>

색, 조흔색, 상대적 굳기, 깨짐과 쪼개짐 등 규산염 광물의 물리적 성질을 관찰하여 구별해 본다.



<안전 가이드>

- 표본에 날카로운 부분은 없는지 미리 확인한다.
- 표본 관찰 시 장갑을 착용하고, 굳기 비교 시 과격한 힘으로 서로 부딪혀 보거나 굽지 않도록 지도한다.
- 부서지거나 긁어서 생긴 광물 가루를 흡입하지 않도록 마스크를 착용하고 환기 시설을 가동한다.
- 지질망치 머리와 손잡이가 다른 재질인 경우에는 힘을 가했을 때 분리될 수 있어 위험하므로 금속 일체형 지질망치를 사용한다.
- 지질망치로 표본에 힘을 가할 때는 공간을 확보하고, 보안경과 장갑을 착용한다. 표본에 여러 겹의 종이나 천을 대면 파편이 튀는 것을 방지할 수 있다.

■ 야외 지질 조사



<탐구활동 개괄>

야외에서 지구과학적 현상을 관찰한다.

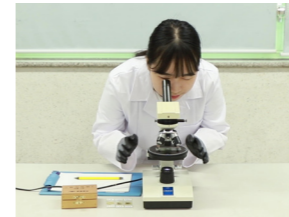


<안전 가이드>

- 이동 중 교통 안전에 유의하고 뛰어다니지 않는다.
- 여름에도 긴팔 옷, 긴 바지를 입고 운동화(또는 등산화)를 신는다.
- 모자를 착용하고 자외선 차단제를 바른다.
- 노두 상태를 먼저 살피고, 노두에 함부로 올라가거나 암석에 매달리지 않는다.
- 낙석 주의 지대, 사태 방지 시설이 설치된 곳에서 함부로 지질망치를 사용하지 않는다.
- 지질망치를 사용할 때 주변에 다른 사람이 오지 않도록 공간을 확보한다.
- 염산 반응을 살펴볼 때 장갑을 착용하고, 옷이나 피부에 묻지 않도록 주의한다.
- 마실 물을 넉넉히 준비한다.
- 응급 처치용 비상 약품을 준비한다.
- 채집한 암석은 튼튼한 주머니를 이용해 운반한다.
- 야생에서 자라는 열매나 버섯 등은 섭취하지 않는다.



■ 편광 현미경으로 관찰



<탐구활동 개괄>

암석을 구성하는 작은 광물들을 편광 현미경으로 구별해 보는 실험으로, 회전 재물대 위에 광물 및 암석의 박편을 놓고 광학적인 특성을 관찰한다.

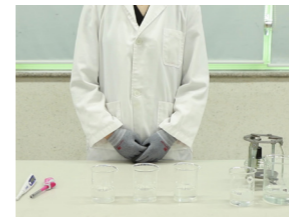


<안전 가이드>

- 박편이 깨지는 것을 방지하기 위해 재물대를 최대한 위로 올린 상태에서 내려가며 초점을 맞춘다.
- 깨진 박편을 다룰 때는 장갑을 착용한다.
- 두 눈을 뜨고 관찰하여 눈의 피로를 줄인다.
- 상을 들여다보며 스케치를 하는 경우, 멀미나 두통이 생기지 않도록 틈틈이 휴식을 취한다.

❓ 지구과학 I · II - 대기와 해양영역 탐구활동

■ 해수의 염분 변화 요인 탐구



<탐구활동 개괄>

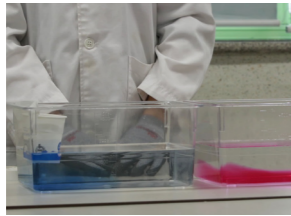
염분이 같은 소금물을 세 개의 비커에 똑같은 양으로 나누어 담은 후, 서로 다른 과정을 거치게 한다.(소금물에 수돗물을 붓는 과정, 소금물을 가열하는 과정, 표층에 얼음이 생기도록 얼리는 과정) 소금물의 염분 변화를 측정하여 해역에 따라 염분이 다르게 나타나는 원인을 탐구한다.



<안전 가이드>

- 점화기 불꽃 세기를 점검하고, 장갑을 착용한다.
- 소화기, 소방포, 방화사를 가까운 곳에 비치한다.
- 알코올램프 사용 시 사용 전 이상 유무를 점검하고, 사용 후 소화 상태를 확인한다.
- 뜨겁게 달구어진 유리 기구를 갑자기 찬 물에 넣지 않도록 한다.

■ 심층 순환의 발생 원리 실험



<탐구활동 개괄>

종이컵 바닥 중앙에 송곳으로 구멍을 뚫은 후, 물을 채운 수조에 아랫부분이 잠길 정도로 넣어 고정한다. 각 종이컵에 색소를 탄 얼음물과 소금물을 붓고 이동을 관찰하여 해수 심층 순환의 발생 원리를 알아본다.



<안전 가이드>

- 종이컵에 송곳을 이용해 구멍을 뚫을 때 장갑을 착용한다.
- 송곳을 보관할 때 코르크 마개 등에 꽂아 두어 찔리는 것을 방지한다.
- 바닥에 물이 흘렀을 때 미끄러지지 않도록 잘 닦는다.

■ 해파 발생 및 전파 실험, 편서풍 파동 실험



<탐구활동 개괄>

- 해파 발생 및 전파 실험: 해파 발생 장치를 이용하여 해파의 발생 과정을 이해하고, 해파가 해안선까지 전파되는 모습 및 수심에 따른 파의 전파 속도를 알아본다.
- 편서풍 파동 실험: 회전 수조를 이용하여 중위도 상층에서 편서풍 파동이 발생하는 원리를 알아본다.

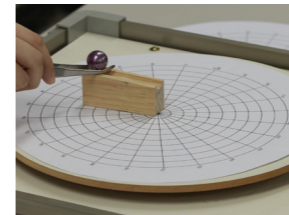


<안전 가이드>

- 물이 묻은 손으로 플러그를 다루지 않도록 주의하고, 쓰지 않는 콘센트는 안전 커버로 잘 막아둔다.
- 전기 기구와 멀티탭 등의 전선은 실험 중 손발에 걸리지 않도록 잘 정리한다.
- 파를 일으키기 위해 수조를 들었다 놓을 때 무리한 충격이 가해지지 않도록 한다.
- 바닥에 물이 흘렀을 때 미끄러지지 않도록 잘 닦는다.
- 회전 수조를 다룰 때 장갑을 끼고, 뜨거운 물이나 달구어진 부분에 닿지 않도록 주의한다.
- 움직임을 살피기 위해 사용하는 가루 등을 흡입하지 않도록 마스크를 착용하고 환풍기를 작동시킨다.

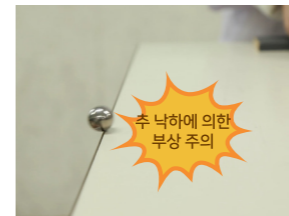


■ 회전 원판을 이용한 전향력 실험



<탐구활동 개괄>

회전 원판의 중심에서 가장자리 방향으로 잉크를 묻힌 강철구를 굴러 궤적을 관찰함으로써 지구의 자전으로 인한 전향력을 확인하고, 위도에 따라 물체에 작용하는 전향력의 방향과 크기를 탐구한다.

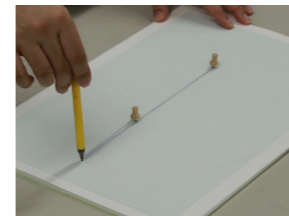


<안전 가이드>

- 실험 중 강철구를 떨어뜨리지 않도록 주의하고, 발등을 덮는 신발을 착용한다.
- 실험대의 가장자리에 안전막이를 설치하여 강철구가 실험대 아래로 떨어지는 것을 방지한다.
- 회전 원판을 너무 빠르게 돌리지 않도록 한다.
- 강철구로 장난을 치지 않도록 한다.

🔍 지구과학 I · II - 우주 영역 탐구활동

■ 화성의 타원 궤도 찾기, 타원 궤도 작도



<탐구활동 개괄>

- 화성의 타원 궤도 찾기: 지구의 공전 주기와 화성의 회합 주기를 이용하여 화성의 공전 궤도를 그려 본다.
- 타원 궤도 작도하기: 스티YRO폼 판 위에 모눈종이를 올리고 압정을 꽂는다. 실의 길이를 조정하여 실의 양쪽을 압정에 단단히 고정하고, 연필로 실을 팽팽하게 유지하면서 타원 궤도를 그려 본다.



<안전 가이드>

- 컴퍼스 및 압정의 뾰족한 침 부분에 찔리지 않도록 주의한다.
- 압정이 튀어 나가지 않도록 잘 고정하고, 연필을 돌려 궤도를 그릴 때 무리한 힘을 주지 않는다.

## 동물 실험 관련 법령 안내

### < 동물보호법 >

동물 보호법은 동물에 대한 학대행위의 방지 등 동물을 적정하게 보호·관리하기 위하여 필요한 사항을 규정함으로써 동물의 생명 보호, 안전 보장 및 복지 증진을 꾀하고, 건전하고 책임 있는 사육 문화를 조성하여, 동물의 생명 존중 등 국민의 정서를 기르고 사람과 동물의 조화로운 공존에 이바지함을 목적으로 제정되었습니다.



### 학교에서 실험할 수 없는 동물

- 살아 있는, 죽은 척추동물 전체
- 척추동물의 장기(예) 돼지 심장, 소의 눈 등)

### 학교에서 실험할 수 있는 동물

- 무척추동물(예) 오징어, 초파리, 물벼룩 등)
- 교과서에 제시된 건멸치 등 가공된 어류는 농림축산식품부 심의 결과 제외로 규정하여 사용 가능

“동물”이란 고통을 느낄 수 있는 신경 체계가 발달한 포유류, 조류, 파충류, 양서류, 어류 등을 말합니다. 동물보호법 제24조의2(미성년자 동물 해부실습의 금지) 조항에서는 ‘누구든지 미성년자(19세 미만의 사람을 말한다.)에게 체험·교육·시험·연구 등의 목적으로 동물(사체를 포함한다) 해부실습을 하게 하여서는 아니 된다’라고 규정하고 있습니다. 이에 미성년자 학생들이 위와 같은 동물로 실험을 진행하는 경우, 과태료가 부과됩니다.



### 동물보호법 시행규칙

‘제23조의 2(미성년자 동물 해부 실습 금지의 적용 예외)’에 관한 시행규칙이 제정되면서 학교에서도 정해진 절차에 따라 해부 실험이 가능해졌습니다.

**[알아두면 좋아요]** 동물보호법 시행규칙 제23조의2(미성년자 동물 해부실습 금지의 적용 예외) 참고

## 2015 개정 교육과정 고등학교 생명과학 내 탐구활동

2015 개정 교육과정에서 생명과학 교과는 생명과학이란 무엇인지에 대한 개괄적인 이해와 더불어, 분자 수준에서 생태계의 상호작용까지 체계적으로 생물 시스템에 대해 학습한다. 생명과학 관련 탐구활동은 ‘조사하기’, ‘제작하기’, ‘토론하기’와 같이 간접적으로 진행되는 활동의 비율 높지만, 효소의 반응, 세균이나 효모를 이용한 대사 반응 실험 등 과학실험실 내 안전 수칙을 준수하여 진행할 다수의 실험이 제시되어 있다.

## 분자 수준의 생명과학 탐구활동

### 카탈레이스를 이용한 과산화 수소의 분해



#### < 탐구활동 개괄 >

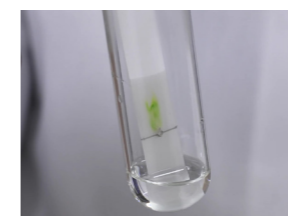
감자 즙에 들어 있는 카탈레이스 유무에 따라 과산화 수소의 분해가 어떻게 달라지는지 관찰하고, 카탈레이스의 역할을 알아본다.



#### < 안전 가이드 >

- 과산화 수소수가 손에 묻으면 독성에 의해 따가울 수 있으므로, 반드시 실험 전 보호장갑을 착용한다.
- 과산화 수소수가 피부에 닿았을 때는 즉시 흐르는 물로 20분 이상 씻어 낸다.
- 실험에 사용하는 과산화 수소수는 절대 음용해서는 안 된다.
- 강판을 이용하여 감자를 갈 때 손을 다칠 수 있으므로 주의한다.
- 실험 후 과학실험실은 반드시 환기시킨다.

### 잎의 색소 분리



#### < 탐구활동 개괄 >

시금치에서 광합성 색소를 추출하고, 크로마토그래피를 이용하여 색소를 분리해 본다.



#### < 안전 가이드 >

- 추출액과 전개액에 사용되는 메탄올, 아세톤, 석유 에테르 등의 휘발성 화학물질이 신체에 직접 닿지 않도록 보안경과 마스크를 반드시 착용한다.
- 메탄올, 아세톤, 석유 에테르 등이 신체에 닿았을 경우, 즉시 흐르는 물로 20분 이상 씻어 낸다.
- 실험에 사용한 메탄올, 아세톤 등은 지정 폐기물로 처리하거나 소각한다.

■ 브로콜리에서 DNA 추출



<탐구활동 개괄>

브로콜리에서 DNA를 추출하고, 관찰해 본다. DNA 추출 과정에서 사용되는 시약의 역할을 알아본다.

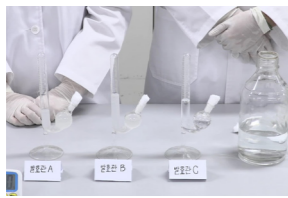


<안전 가이드>

- 가위를 이용하여 브로콜리를 자를 때 손이 다치지 않도록 주의한다.
- 실험에 사용하는 세제, 에탄올 등이 튀어 눈이나 입에 들어가지 않도록 보안경과 마스크를 착용한다.
- 유리 막대, 비커 등의 유리 제품이 실험 중 깨지지 않도록 주의한다.
- 에탄올이 포함된 실험액의 안전한 처리를 위해서는 실험액을 여과하여 에탄올과 잔재물을 분리하고, 에탄올은 지정 폐기물로 잔재물은 소각하여 처리한다.

? 세포 수준의 생명과학 탐구활동

■ 효모에 의한 이산화 탄소 방출량 비교



<탐구활동 개괄>

발효를 통해 영양소의 종류(포도당, 설탕)에 따른 효모의 이산화탄소 방출량을 비교한다.



<안전 가이드>

- 유리로 된 발효관은 쉽게 깨질 수 있으므로, 실험 시 주의한다.
- 온도 조건 유지를 위해 따뜻한 물 사용 시 화상을 입을 수 있으므로 주의한다.
- 실험에 사용한 효모액을 안전하게 폐기하기 위해서는 효모액을 충분히 끓인 후 폐기한다.

■ 박테리아 콜로니 관찰



<탐구활동 개괄>

유전자 재조합 기술을 통해 형질 전환된 대장균을 제작하고, 배지에 도말하여 유전자가 삽입된 콜로니를 확인한다.



<안전 가이드>

- 백금이를 사용할 때는 알코올램프 위에 비스듬히 세워 멸균한 뒤 충분히 식혀서 사용하고, 손에 화상을 입지 않도록 주의한다.
- 실험 시 형질 전환된 대장균에 노출될 위험이 있으므로 마스크와 보호장갑을 착용한다.
- 엠피실린 항생제가 포함된 배지는 돌연변이원으로 작용할 수 있으므로, 의료용 폐기물로 폐기한다.
- 실험을 마친 뒤 과학실험실 소독약(70% 에탄올 용액)으로 세균과 접촉한 장소, 기구 등을 소독한다.

세균이나 곰팡이와 같은 생물 요인으로부터 안전하게 실험하는 방법에 대해 알아보시다.



세균이나 곰팡이와 같은 미생물을 사용하는 실험에서 주의할 점!

- 첫째, 실험할 때에는 항상 실험복과 보호 장갑, 마스크 등을 착용해요.
- 둘째, 오염과 감염을 막기 위해 실험대에는 실험에 직접 필요한 것 이외 소지품은 올려놓지 않아요.
- 셋째, 과학실험실에서는 절대로 음식을 섭취하지 않아요.
- 넷째, 실험 중 돌발 사고에 대비하여 소독제(70% 에탄올), 소화기, 세척제 등의 위치 및 사용 방법을 알아두어요.

실험에 사용한 세균이나 곰팡이를 안전하게 처리하는 방법!

미생물은 고압 증기 멸균기를 이용하여 멸균 후 폐기하거나, 의료용 폐기물로 지정하여 전문 업체를 통해 폐기해야 해요. 폐시약을 처리하는 업체에서 의료용 폐기물을 함께 처리하기도 한답니다.

## ❓ 개체 또는 생태계 수준의 생명과학 탐구활동

### ■ 멸치와 생태계의 평형 유지



#### <탐구활동 개괄>

멸치를 해부하여 위 속의 플랑크톤을 관찰하고, 먹이 관계와 생태 피라미드를 중심으로 생태계 평형이 유지되는 원리를 알아본다.



#### <안전 가이드>

- 해부칼, 해부침 등을 사용할 때 손을 다치지 않도록 보호 장갑을 착용하고, 칼이나 침에 신체가 손상된 경우 흐르는 물에 깨끗이 씻고, 소독 용액으로 소독한 후 즉시 병원으로 이송한다.
- 뿔개 유리와 받침 유리가 깨졌을 경우, 보호 장갑을 착용한 후 안전하게 제거한다.
- 현미경으로 고배율 관찰 시, 대물렌즈에 의해 프레파라트가 깨지지 않도록 주의한다.

### ■ 방형구법으로 교정에 있는 식물 군집 조사



긴소매

긴바지

운동화

조사 시 복장

#### <탐구활동 개괄>

방형구법으로 식물 군집을 조사하는 방법을 익히고 밀도, 빈도, 피도를 통해 우점종을 알아본다.

#### <안전 가이드>

- 군집 조사를 위해 야외 활동을 할 때는 긴소매 옷과 긴 바지를 입어 피부 노출을 최소화하고, 운동화를 신는다.
- 곤충 기피제를 사용하고, 독성 곤충이 서식하는 지역은 피한다.
- 야생 열매, 버섯 등을 함부로 만지거나 섭취하지 않고, 야생 동물을 잡거나 만지지 않는다.
- 일반적인 조사는 해가 지기 전에 마친다.

## 알아두면 좋아요!



### 학교에서 동물 관련 실험(해부 실험) 시 알아두기

학교에서 동물 관련 실험을 하려면 반드시 다음과 같은 절차를 지켜야 합니다.

#### <동물보호법 시행규칙>

[시행 2021. 2. 12.] [농림축산식품부령 제470호, 2021. 2. 10., 일부개정]

#### 제23조의2(미성년자 동물 해부실습 금지의 적용 예외)

법 제24조의2 단서에서 “「초·중등교육법」 제2조에 따른 학교 또는 동물실험시행기관 등이 시행하는 경우 등 농림축산식품부령으로 정하는 경우”란 「초·중등교육법」 제2조에 따른 학교 및 「영재교육 진흥법」 제2조제4호에 따른 영재학교(이하 이 조에서 “학교”라 한다) 또는 동물실험시행기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다.

1. 학교가 동물 해부실습의 시행에 대해 법 제25조제1항에 따른 동물실험시행기관의 동물실험윤리위원회의 심의를 거친 경우
2. 학교가 다음 각 목의 요건을 모두 갖추어 동물 해부실습을 시행하는 경우
  - 가. 동물 해부실습에 관한 사항을 심의하기 위하여 학교에 동물 해부실습 심의위원회(이하 “심의위원회”라 한다)를 둘 것
  - 나. 심의위원회는 위원장 1명을 포함하여 5명 이상 15명 이하의 위원으로 구성하되, 위원장은 위원 중에서 호선하고, 위원은 다음의 사람 중에서 학교의 장이 임명 또는 위촉할 것
    - 1) 과학 관련 교원
    - 2) 특별시·광역시·특별자치시·도 및 특별자치도(이하 “시·도”라 한다) 교육청 소속 공무원 및 그 밖의 교육과정 전문가
    - 3) 학교의 소재지가 속한 시·도에 거주하는 「수의사법」 제2조제1호에 따른 수의사, 「약사법」 제2조제2호에 따른 약사 또는 「의료법」 제2조제2항제1호부터 제3호까지의 규정에 따른 의사·치과의사·한의사
    - 4) 학교의 학부모
  - 다. 학교의 장이 심의위원회의 심의를 거쳐 동물 해부실습의 시행이 타당하다고 인정할 것
  - 라. 심의위원회의 심의 및 운영에 관하여 별표 5의2의 기준을 준수할 것
3. 동물실험시행기관이 동물 해부실습의 시행에 대해 법 제25조제1항 본문 또는 단서에 따른 동물실험윤리위원회 또는 실험동물운영위원회의 심의를 거친 경우

※ 심의위원회의 심의 및 운영 기준은 동물보호법 시행규칙 [별표 5의2] 내용 참고

**?** 유리 기구의 안전한 사용

■ 유리 기구를 가열할 때

- 사용하기 전에 깨진 곳, 금 간 곳, 찍힌 곳이 없는지 확인한다. 그런 유리 기구는 쉽게 깨지므로 사용하지 않고 폐기 처분한다.
- 액체를 가열할 때는 액체가 모두 증발한 후에도 가열하는 일이 없도록 그 양을 지속적으로 확인한다.
- 가열된 유리 기구를 만질 때는 반드시 내열 장갑을 착용한다.
- 액체가 끓을 때 위에서 유리 기구 내부를 내려다보지 않는다. 이상 반응으로 내부 물질이 튀어 올라 눈과 얼굴을 다칠 수 있다.
- 유리 기구의 입구를 단단히 막은 채 가열해서는 안 된다. 내부에 압력이 쌓여 폭발할 수 있다. 완전히 열어 놓고 싶지 않을 때는 알루미늄 호일 같은 것으로 느슨하게 덮어 놓는다.
- 끓임쪽이나 교반용 막대자석을 이용하여 액체가 끓으면서 튀는 것을 예방한다.
- 알코올램프나 가스 버너(또는 토치)와 같이 불꽃으로 유리 기구를 가열할 때는 세라믹 코팅 그물망을 사용하여 불꽃이 직접 유리 표면에 닿지 않도록 한다.
- 가열된 기구를 식힐 때는 공기 중에서 천천히 식힌다. 차가운 실험대 위에 바로 올려 놓으면 급랭이 일어나서 유리 기구가 파열될 수 있다. 특히 축축하거나 액체가 묻어 있는 표면은 반드시 피해야 한다.
- 부피 플라스크, 눈금 실린더와 같은 부피 측정 유리 기구는 가열하지 않는다. 부피가 변하여 측정 도구의 기능을 잃게 된다.



사용 전, 깨진 곳이 없는지 확인

가열된 유리 기구를 만질 때는 내열 장갑을 착용

가열 중인 용기는 내려다보면 안 됨

부피 플라스크, 눈금 실린더는 가열 금지

■ 유리 기구를 세척할 때

- 솔이 많이 빠져 뼈대가 드러난 세척솔은 사용하지 않는다. 금속 뼈대가 유리에 흠집을 내어 파손 위험을 높인다.
- 세척을 위해 개수대에 유리 용기를 모아 놓을 때는 서로 부딪히지 않게 공간을 충분히 벌려 놓는다. 그렇지 않으면 서로 부딪혀 금이 갈 수 있다.
- 세척하는 중에도 틈틈이 유리 기구 상태를 확인해야 한다. 특히 큰 용량의 비커는 어딘가에 부딪혀 테두리에 쉽게 금이 가기 때문에 주의한다.

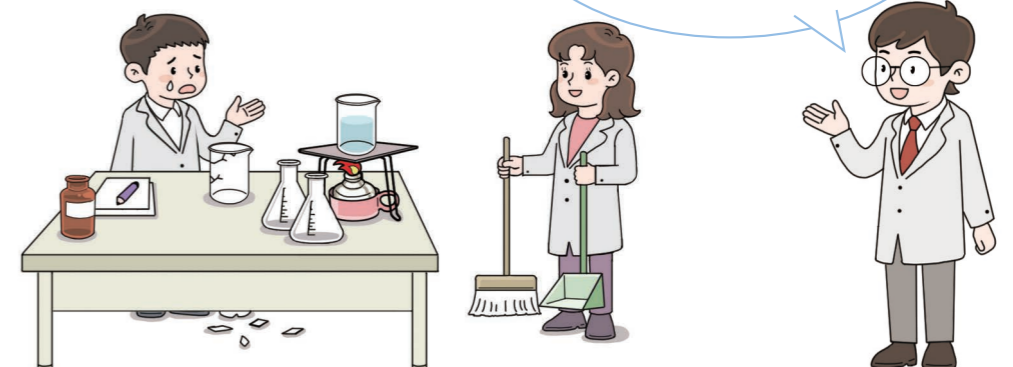
유리 기구는 깨지기 쉬우므로 세척할 때에도 주의해야 해요.



■ 깨진 유리 기구를 처리할 때

- 학생이 유리 기구를 파손했을 때 나무라지 않아야 한다. 스스로 자책하는 마음에서 서둘러 치우려고 하다가 다치는 경우가 발생한다. 학생이 유리 기구를 깬다면 직접 치우려 들지 말고 선생님에게 먼저 알리도록 사전에 교육한다.
- 깨진 유리 기구는 손으로 잡지 말고 빗자루와 쓰레받기를 이용해서 치운다.
- 실험대나 책상처럼 손이 닿는 곳에서 유리가 깨지면 미세한 유리 가루가 남아 손을 다칠 수 있으니 진공청소기로 빨아들이는 것이 좋다. 진공청소기가 없으면 종이 티슈에 물을 살짝 묻혀 닦아낸다.
- 깨진 유리 조각은 쓰레기통에 그냥 버리지 않고 폐유리 기구만을 따로 분리하여 폐기한다. 일반 쓰레기와 함께 폐기하면 쓰레기를 처리할 때 제3자가 다칠 수 있다.

학생이 유리 기구를 깨더라도 혼내지 마세요. 사실을 감추고 직접 치우려다 다칠 수도 있습니다.



## 가열 기구의 안전한 사용

### ■ 알코올램프

- 램프가 넘어지면 옆질러진 연료에 불이 붙어 화재가 발생할 수 있으니 주의한다.
- 다른 연료(특히 메탄올)를 사용해서는 안 되고 연료용 에탄올을 사용한다.
- 비커 등을 가열할 때는 삼발이와 세라믹 코팅 그물망을 사용하여 불꽃이 직접 유리 용기에 닿지 않게 한다.
- 에탄올 불꽃은 눈에 잘 보이지 않으므로 주의해야 한다.
- 오랫동안 사용하지 않을 때는 연료를 모두 빼낸 상태로 보관한다.
- 연료를 채울 때는 깔때기를 사용하고 용기의 70-80% 까지만 채운다. 너무 많은 양을 채우면 움직일 때 흘러넘칠 수 있다.
- 사용하기 전 외벽에 묻어 있는 알코올은 반드시 닦은 후 사용한다.
- 가열을 끝낼 때는 뚜껑을 덮어 불을 끄고 2-3초 후에 뚜껑을 열어 증기를 없애고 다시 덮는다. 입김으로 불어 꺼서는 안 된다.
- 가연성 유기 용매를 가열할 때 알코올램프를 사용해서는 안 된다. 유기 용매의 증기에 불이 붙어 화재로 이어진다.
- 긴 시간 가열하면 뜨거워진 램프 속 알코올 증기가 새어나와 불이 붙을 위험이 있다. 긴 시간 가열은 피하고, 가열하는 동안에는 실험 장소를 떠나지 않는다.



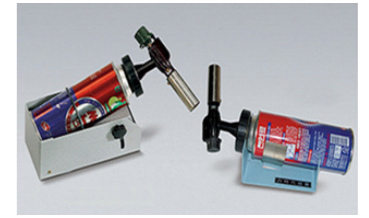
### ■ 핫플레이트

- 유리 용기에 액체가 남아있지 않은 상태에서 계속 가열하게 되면 유리 기구가 깨질 정도로 높은 온도까지 올라가므로 주의가 필요하다.
- 사용 후 전원을 꺼도 상당 시간 동안 가열판이 뜨겁다. 방금 전에 사용했다는 사실을 잊은 채 무심코 잡았다가 손에 화상을 입는 사고가 빈번하다. 학생들에게 핫플레이트 언제나 뜨거운 상태라고 생각하고 주의를 기울이도록 교육한다.
- 전원선이 가열판에 닿아 피복이 녹는 경우가 빈번하다. 자칫 화재로 이어질 수도 있다. 핫플레이트 전원을 켜기 전에 전원선이 바른 위치에 있는지 점검한다.



### ■ 가스 토치

- 유리 기구를 가열할 때는 세라믹 코팅 그물망을 사용하여 불꽃이 직접 유리 기구에 닿지 않게 한다.
- 가스양을 조절할 수 있는 레버와 점화 장치가 일체형으로 된 제품을 구매하는 것이 편리하고 안전하다.



### ■ 실험용 가스레인지

- 가정용 휴대용 가스레인지와 비슷하게 생긴 과학실험실 가스레인지가 시판되고 있다. 유리 기구를 올려놓을 수 있는 받침대가 있어 안정적으로 가열이 가능하다.



### ■ 항온 수조

- 열선으로 물의 온도를 높여 그 물로 유리 기구를 가열하는 장치이다. 원하는 온도로 일정하게 유지해야 하는 실험에 사용한다.
- 물이 계속 증발하므로 수위를 주기적으로 확인해야 한다. 물이 없는 상태에서 전원이 켜져 있으면 열선이 과열되어 고장나거나 화재로 연결될 위험이 있다.



### ■ 전기포트

- 안전하고 빠르게 뜨거운 물을 준비할 수 있다.
- 최대 용량 이상의 물을 끓이지 않는다. 물이 없는 상태에서 전원을 켜면 열선이 과열되어 고장이 난다.
- 한 번에 끓일 수 있는 물의 양이 보통 1ℓ 정도여서 상당히 무거우므로, 학생이 전기포트를 들고 다니지 않는 것이 안전을 위해 바람직하다.



## ? 주의해야 할 화학 실험

### ■ 알칼리 금속을 이용한 실험

#### <탐구활동 개괄>

알칼리 금속이 물에 반응하는 정도를 관찰하여 알칼리 금속의 반응성을 비교한다.



#### <안전 가이드>

- 알칼리 금속이 튀어 올라 눈이나 얼굴을 다치는 위험이 있다. 반드시 보안경과 실험복을 착용하고 멀리서 관찰해야 한다.
- 쌀알 크기만큼 작은 양의 알칼리 금속을 사용하고 시험관처럼 좁은 용기 대신 수조와 같이 크고 넓은 용기를 사용하는 것이 좋다.
- 사용 후 남은 알칼리 금속은 아무리 적은 양이라도 교사에게 반납하도록 지도한다. 학생들이 호기심에 남은 알칼리 금속을 가지고 가려다 부상을 입은 사고 사례가 있다.
- 남은 알칼리 금속을 개수대에 버리거나 휴지로 닦은 후 쓰레기통에 버릴 경우 화재의 위험이 있다. 남은 알칼리 금속은 그 양이 적을 때는 물에 완전히 반응시킨 후 물은 폐수 처리한다. 양이 많을 경우에는 에탄올과 완전히 반응 시킨 후 에탄올을 유기 폐수 처리한다.

### ■ 간이 열량계 실험

#### <탐구활동 개괄>

간이 열량계를 이용하여 반응열을 한다.



#### <안전 가이드>

- 간이 열량계를 이용한 반응열 측정 실험 도중에 안 좋은 냄새를 흡입한 사례가 있다. 이는 간이 열량계 내부에 알루미늄 컵이 있는 경우 산 또는 염기와 반응하면서 생긴 증기로 의심된다.
- 알루미늄 컵이 없는 모델을 구입하거나, 알루미늄 컵을 제거한 후에 실험을 실시한다.

## 알아두면 좋아요! 👍

### 화학 시간에 많이 일어나는 사고

#### 1. 시약 관련 사고

- 실험 과정에서 시약을 사용할 경우 항상 GHS/MSDS를 찾아보고 어떠한 시약이 유해한지, 어떤 유해성이 있는지, 시약이 묻거나 튀었을 때 혹은 시약병이 깨졌을 때 대처 방법이 무엇인지 확인한다.
- 시약은 학생들이 필요한 양만큼만 제공하고, 사용하고 남은 시약은 모아서 폐수통에 버릴 수 있도록 한다.

#### 2. 유리 기구 관련 사고

- 대부분의 유리 기구 관련된 사고는 깨지면서 발생한다. 깨진 파편이 튀었을 때, 깨지면서 안에 들어 있던 내용물이 튀었을 때, 깨지면서 신체가 베었을 때 등 실험에 들어가기 전 다양한 상황에서의 대처법을 확인한다.
- 또한 유리 기구를 옮기거나 바닥에 두었을 때 굴러서 떨어져 깨지는 경우가 많으므로 이를 방지하기 위해서 테이블에 작은 바구니를 준비하여 사용하지 않을 때는 담아 두도록 한다.
- 부피를 측정하는 유리기구는 가열하지 않는다. 가열할 수 있는 유리 기구는 경질 1급 또는 2급 유리 기구이다. 비커, 삼각 플라스크 등은 주로 경질 2급으로 가열이 가능하다.

#### 유리의 종류와 안전 가이드

실험용 유리의 종류 - 열팽창 지수, 내열 온도, 알칼리 용출량에 따라 경질 1급, 경질 2급, 보통질(또는 연질)로 구분된다.

	경질 1급	경질 2급	보통질
내열 온도	250℃	180℃	70℃

초,중,고 과학실험실에서 사용하고 있는 유리 기구들은 대부분은 경질 2급으로서 사용하는데 큰 문제가 없다. 200℃ 이상의 높은 온도로 가열하려면 경질 1급 제품을 구입해야 한다. 스포이트, 깔때기, 유리병들은 보통질 유리로 만들어지기 때문에 가열해서는 안 된다.

#### 3. 열원 관련 사고

- 열원 관련 사고는 대부분 화상으로 핫플레이트나, 뜨거운 물 등에 데이는 경우이다.
- 핫플레이트는 사용 후 전원을 반드시 끄도록 하고 식을 때까지 만지지 않도록 주의를 준다.
- 불꽃반응 실험과 같이 알코올을 직접적으로 사용할 때는 주변에 불에 탈 수 있는 물질을 모두 제거하고 젖은 걸레를 준비하여 혹시 모를 화재에 대비한다.

# 4

## 화학약품의 취급과 관리



4-1 MSDS와 화학물질	80
4-2 학교 화학물질의 보관과 관리	86
4-3 화학약품 특징과 관리법	92
4-4 폐수, 폐시약 관리 및 처리	98

## 4-1 MSDS와 화학물질

### ? 물질안전보건자료(MSDS)란?

우리가 사용하는 화학물질에 대한 설명서로 물질안전보건자료인 MSDS(material safety data sheet)는 화학약품을 안전하게 취급하기 위하여 사용자에게 필요한 정보를 제공함으로써 화학약품에 의한 산업재해나 직업병을 예방하기 위한 제도이다. 요즘은 기존 MSDS를 보완하여 GHS/MSDS를 사용한다. GHS는 세계조화시스템(GHS, Globally Harmonized System of Classification and labelling of Chemicals)으로 1989년 UN에서 국가가 공동으로 이해하고 사용할 수 있도록 만든 것이다. 우리나라는 GHS 시스템에 준하여 2010년부터 MSDS를 수정하였고, 표기는 두 가지를 함께 써서 GHS/MSDS라고 한다. 과거 MSDS에 비해 GHS/MSDS는 유해성과 위험성을 더욱 세밀하게 분리하였고, 내용을 구성하는 항목은 매우 유사하다.

### ? 물질안전보건자료(MSDS) 적용 물질

GHS/MSDS는 모든 화학물질에 적용되지 않는다. 산업안전보건법 제104조에 의한 유해성이나 위험성을 지닌 물질에 해당한다.

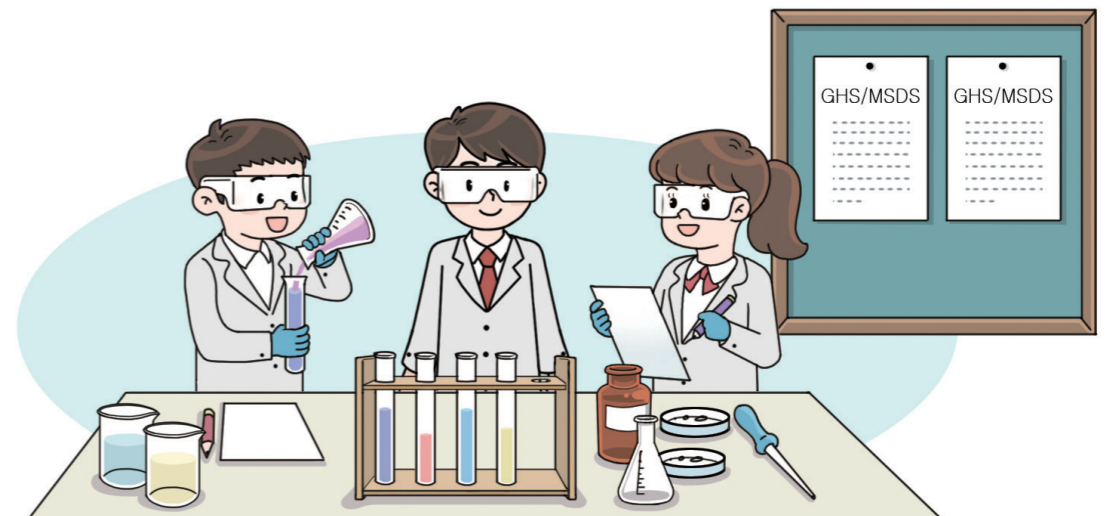
- ① 폭발성이나 인화성이 있는 물리적 위험성이 있는 화학약품
- ② 급성 독성 물질, 자극성 물질, 과민성 물질같은 건강 유해성이 있는 화학약품
- ③ 수생 환경 유해성 물질과 같은 환경 유해성이 있는 화학약품

특성	종류
물리적 위험성	폭발성 물질, 인화성 가스, 인화성 에어로졸, 산화성 가스, 고압가스, 인화성 액체, 인화성 고체, 자기반응성 물질, 자연발화성 액체, 자연발화성 고체, 자기발열성 물질 및 혼합물, 물반응성 물질, 산화성 액체, 산화성 고체, 유기과산화물, 금속부식성 물질
건강 유해성	급성 독성 물질, 피부 부식성 또는 자극성 물질, 심한 눈 손상 또는 자극성 물질, 호흡기 과민성 물질, 피부 과민성 물질, 생식세포 변이원성 물질, 발암성 물질
환경 유해성	수생 환경 유해성 물질

### ? 물질안전보건자료(GHS/MSDS)의 구성

물질안전보건자료는 유해성·위험성, 응급조치 요령, 대처 방법, 필요한 개인보호구, 취급 방법 등 16가지 항목으로 나누어 설명되어 있다. 따라서 GHS/MSDS를 잘 보관하고 교육한다면 충분히 물질의 위험성을 알고, 대처 방법과 예방 방법을 미리 익혀 두어야 큰 사고를 방지할 수 있다. 이에 GHS/MSDS는 반드시 과학실험실 내 취급자가 가장 보기 쉬운 장소에 게시해 두도록 법령(산업안전보건법 시행규칙 167조[시행 2021. 1. 19])로 정해져 있다.

- |                   |              |
|-------------------|--------------|
| ① 화학제품과 회사에 관한 정보 | ⑨ 물리화학적 특성   |
| ② 유해성·위험성         | ⑩ 안정성 및 반응성  |
| ③ 구성성분의 명칭 및 함유량  | ⑪ 독성에 관한 정보  |
| ④ 응급조치요령          | ⑫ 환경에 미치는 영향 |
| ⑤ 폭발·화재 시 대처 방법   | ⑬ 폐기 시 주의사항  |
| ⑥ 누출 사고 시 대처 방법   | ⑭ 운송에 필요한 정보 |
| ⑦ 취급 및 저장방법       | ⑮ 법적 규제현황    |
| ⑧ 누출방지 및 개인보호구    | ⑯ 그 밖의 참고사항  |



## ❓ 물질안전보건자료(GHS/MSDS)의 확보 요령

GHS/MSDS는 어디에서 받아야 할까? 가장 올바른 방법은 시약을 구입할 때 시약 회사로부터 받는 것이다. 그 이유는 안전보건공단 홈페이지에서 받을 경우 GHS/MSDS에서 제공하는 정보 중 '화학제품과 회사에 관한 정보'가 빠져 있기 때문이다.



그렇다면 안전보건공단 홈페이지는 언제 활용할까?

실험을 하기 전 위험한 용액인지 확인할 때, 학생들과 함께 과학실험실 안전교육을 실시할 때, 또는 시약병의 라벨이 떨어져 있을 때 활용할 수 있다.

### MSDS 정보 얻기

사용하는 시약의 MSDS 정보를 자세히 얻고 싶은 경우 안전보건공단 누리집을 통해 시약에 대한 자세한 자료를 얻을 수 있다.

- 한국산업안전보건공단 화학물질정보 누리집(<http://msds.kosha.or.kr/MSDSInfo/>)

- ▶ '화학물질정보검색' 클릭
- ▶ 'MSDS검색' 클릭
- ▶ 검색하고자 하는 물질 이름을 적고 '검색' 클릭
- ▶ 물질명 클릭 → MSDS 상세정보 페이지
- ▶ 경고표지, MSDS 요약정보, 화학물질정보카드 등 다양한 메뉴를 누르면 정보가 나옴 (인쇄 가능)



## ❓ 물질안전보건자료(GHS/MSDS)의 누리집 이용법

화학물질정보 누리집에 들어가면 여러 기능이 있다. 그 중 경고표지, 요약정보, QR코드에 대해 알아보자.



① 경고표지는 인쇄가 가능한 접착식 용지에 바로 출력해서 시약병에 라벨링을 해 둘 수 있다. 학교의 오래된 시약병은 라벨이 낡아서 글이 잘 보이지 않는 경우가 있다. 이런 시약병엔 새롭게 라벨을 만들어 붙일 수 있다.

② 요약정보는 수십장의 GHS/MSDS 자료를 핵심적이고 중요한 부분만 추려 한 장의 A4 용지에 정리한 자료이다. 이러한 자료는 한 페이지로 출력한 후 학생들이 잘 볼 수 있는 곳에 게시하거나 실험에 사용할 약품에 대한 정보를 학생들에게 알려줄 때 함께 보여줄 수 있다.

③ QR코드를 클릭하여 출력해두면 스마트폰으로 바로 그 물질에 대한 GHS/MSDS 내용을 확인할 수 있다. 화학물질을 쓸 때 학생들이 주의해야 하는 위험물질이라면, 실험 보고서 등에 QR코드를 삽입하여 학생들이 실험 전 충분히 주의사항을 숙지할 수 있도록 지도할 수 있다.

**? 물질안전보건자료(GHS/MSDS)의 그림문자 알아보기**



GHS/MSDS를 보면 유해성에 그림문자가 표시되어 있다. 불꽃, 원 위의 불꽃, 폭탄의 폭발, 부식성, 가스실린더, 해골과 x자 뼈, 감탄부호, 환경, 건강유해성 등 9가지의 그림 종류가 있다. 몇 가지 낱선 용어의 의미를 알아보자.

물반응성은 물과 상호작용에 의해 자연발화하거나 인화성 가스를 발생시키는 물질이며 나트륨, 리튬 같은 알칼리 금속, 칼슘이나 칼륨 등이 있다. 자기 반응성 물질은 열적으로 불안정하여 산소 공급이 없어도 강렬하게 발열·분해하기 쉬운 물질로 학교 과학실험실에서는 보기 쉽지 않은 다이너마이트의 원료인 니트로 화합물 등이 그 예이다. 산화성 액체 또는 고체는 물질 자체로는 연소하지 않지만 일반적으로 산소를 발생시켜 다른 물질을 연소시키거나 연소를 촉진하는 고체로 질산, 과산화 수소가 그 예라고 할 수 있다. 금속 부식성 물질은 화학적인 작용으로 금속에 손상 또는 부식을 일으키는 물질 또는 그 혼합물을 말한다.

**알아두면 좋아요!**

**학교에서 사용하는 유해화학물질**

물질명	화학식	산업안전보건법	화학물질관리법
과망가니즈산 칼륨	KMnO <sub>4</sub>	관리대상유해물질	유해화학물질(사고대비물질)
과산화 수소	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	관리대상유해물질	유해화학물질(유독물질)
나트륨	Na	해당 없음	유해화학물질(유독물질)
메탄올	CH <sub>3</sub> OH	관리대상유해물질	유해화학물질(유독물질)
수산화 나트륨	NaOH	관리대상유해물질	유해화학물질(유독물질)
수산화 암모늄	NH <sub>4</sub> OH	관리대상유해물질	유해화학물질(유독물질)
수산화 칼륨	KOH	관리대상유해물질	유해화학물질(유독물질)
사이안화 칼륨	KCN	관리대상유해물질	유해화학물질(유독물질)
아세톤	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	관리대상유해물질	해당 없음
아세트산	CH <sub>3</sub> COOH	관리대상유해물질	해당 없음
암모니아	NH <sub>3</sub>	관리대상유해물질	유해화학물질(유독물질)
염소산 나트륨	NaClO <sub>3</sub>	해당 없음	유해화학물질(사고대비물질)
염화 구리(II)	CuCl <sub>2</sub>	관리대상유해물질	해당 없음
염화 수소(염산)	HCl	관리대상유해물질	유해화학물질(사고대비물질)
염화 아연	ZnSO <sub>4</sub>	해당 없음	해당 없음
아이오딘	I <sub>2</sub>	관리대상유해물질	해당 없음
이산화 망가니즈	MnO <sub>2</sub>	관리대상유해물질	해당 없음
다이크로뮴산 칼륨	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	관리대상유해물질 특별관리물질	유해화학물질(유독물질)
질산 나트륨	NaNO <sub>3</sub>	해당 없음	유해화학물질(유독물질)
질산 납	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	관리대상유해물질 특별관리물질	유해화학물질(유독물질)
질산 암모늄	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	해당 없음	유해화학물질(유독물질)
질산 은	AgNO <sub>3</sub>	관리대상유해물질	유해화학물질(유독물질)
질산 칼륨	KNO <sub>3</sub>	해당 없음	유해화학물질(유독물질)
탄산 칼슘	CaCO <sub>3</sub>	특수건강진단대상물질	유해화학물질(유독물질)
황산	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	관리대상유해물질 특별관리물질	유해화학물질(유독물질)
황산 구리	CuSO <sub>4</sub>	관리대상유해물질	해당 없음
황산 아연	ZnSO <sub>4</sub>	관리대상유해물질	유해화학물질(유독물질)

[출처] 경기도교육청, 과학실험실 안전 가이드북 (2020) (pp 38-39)

## 4-2 학교 화학물질의 보관과 관리

### ? 학교 화학물질 보관과 관리의 대원칙

실험에 필요한 최소량만을 구입하여 실험 후 잔량이 되도록 남지 않게 한다.

과학실험실에 화학약품이 없다면 약품으로 인한 사고는 일어나지 않겠죠? 하지만 실험을 하다 보면 약품을 사용할 수밖에 없는데 어떻게 하면 좋을까요?



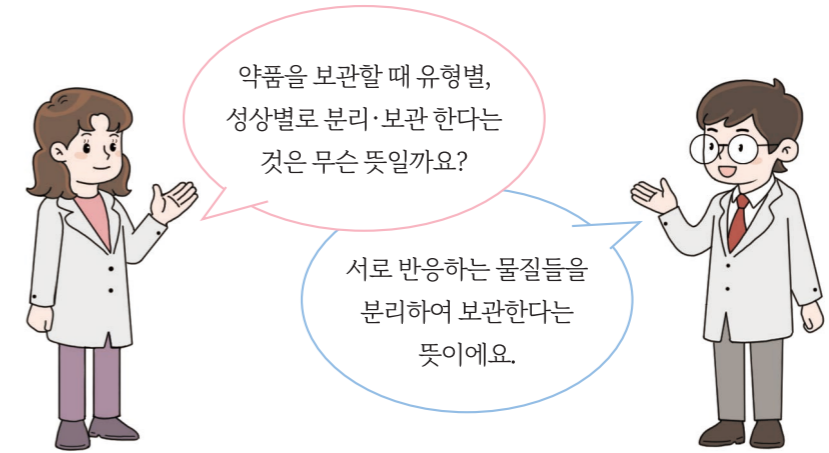
### ? 화학약품 보관량을 최소로 유지하려면...

- ① 실험 내용을 분석하여 필요한 약품의 품목과 양 파악하기
- ② 약품 대장을 확인하고 보유량 확인하기
- ③ 필요량에 비해 보유량이 부족한 경우 구입하기
  - 약품이 남지 않도록 필요한 최소량을 구입
  - 구입할 때 납품 업체에 MSDS 자료 요구
- ④ 약품 검수, MSDS 자료 인수·보관·비치하기
- ⑤ 구입한 약품을 약품 대장에 등재하기
- ⑥ 실험을 마친 후 남은 양을 확인하여 약품 대장의 보유량 새로 고치기

### ? 화학약품 어떻게 보관할까?

보관해야 하는 화학약품이 생겼다면 유형별, 성상별로 분리·보관한다.

### ? 화학약품 분리·보관 요령 - 화학약품 분류



아래 기준을 따르면 학교 과학실험실의 상당수 화학약품을 적절히 분리할 수 있다.

- 무기 화합물과 유기 화합물을 분리한다. 이렇게 하면 다이크로뮴산 칼륨과 같은 산화제가 유기물과 분리된다.
- 학교에서 사용하는 산은 아세트산을 제외하고 대부분 무기산인데, 무기산을 다른 무기 화합물과 분리·보관하면 금속, 염기성 화합물과 분리된다.
- 아세트산은 무기산과 함께 두지 않고 유기 화합물과 함께 보관한다.
- 냄새, 증기가 발생하지 않는 비교적 안전한 화학약품을 일반 시약장에 보관하면 밀폐 시약장의 공간을 보다 효율적으로 사용할 수 있다.

### ? 화학약품 분리·보관 요령 - 시약장 활용

① 비교적 안전한 약품은 일반 시약장에 보관할 수 있다.

일반 시약장이란 약품 병이 떨어지는 것을 막는 낙하 방지 가드가 설치된 일반 기구장 형태의 수납장을 말한다. 일반 시약장에도 잠금장치는 반드시 필요하다.

일반 시약장에는 염화 나트륨, 황산 구리 등의 염류, 포도당, 녹말 등의 고체 유기 화합물처럼 냄새나 증기가 발생하지 않는 비교적 안전한 약품을 보관할 수 있다.

② 위험성이 크거나 유해한 증기가 발생하는 약품은 배기형, 또는 밀폐형 시약장에 보관한다.

③ 인화성 액체는 배기형 또는 밀폐형 시약장의 무기 화합물과 분리된 칸에 보관한다.

인화성 액체는 주로 액체 유기 화합물인데 무기 화합물과 분리·보관함으로써 다이크로뮴산 칼륨과 같은 산화제와 분리된다.

## ❓ 약품 분리·보관 예시

### ■ 일반 시약장에 보관이 가능 약품



구리판	염화 칼륨	녹말
산화 칼슘	염화 칼슘	아스코르브산
숯가루	염화 코발트 (II)	요소
아연판	질산 구리	포도당
아황산수소 나트륨	질산 암모늄	
알루미늄 판	황산 구리 (II)	
염화구리	황산 나트륨	
염화 나트륨	황산 아연	
염화 암모늄		

### ■ 3칸 밀폐형 또는 배기형 시약장의 화학약품 배치(안전한 약품은 일반 시약장에 보관할 때)



무기 화합물	과망간산 칼륨	수산화 바륨	암모니아수
	다이크로뮴산 칼륨	싸이오황산 나트륨	질산은 수용액
	마그네슘 리본	아이오딘	철 가루
	수산화 나트륨	아이오딘산 칼륨	크로뮴산 칼륨
유기 화합물	BTB 용액	메틸렌 블루	에탄올
	글리세린	아세트산*	페놀프탈레인 용액
	노말헥세인	아이소프로판올	
무기산	염산	황산	질산

\* 아세트산은 '유기 화합물'과 함께 보관

### ■ 6칸 밀폐형 또는 배기형 시약장의 화학약품 배치(안전한 약품을 일반 시약장에 보관할 때)



1 염기	2 금속
수산화 나트륨, 수산화 바륨, 암모니아수	마그네슘 리본, 철 가루
3 무기 화합물 (1)	4 무기 화합물 (2)
과망가니즈산 칼륨, 다이크로뮴산 칼륨, 크로뮴산 칼륨, 아이오딘	싸이오황산 나트륨, 아이오딘산 칼륨, 질산은 수용액
5 무기산	6 가연성 유기 화합물
염산, 황산, 질산	BTB 용액, 글리세린, 노말헥세인, 메틸렌 블루, 아세트산, 아이소프로판올, 에탄올, 페놀프탈레인 용액

\* 밀폐형 또는 배기형 시약장 칸에 여유가 생기면, 염기, 금속을 별도의 칸에 분리·보관한다. 무기 화합물(1), (2)에는 특별한 분리 규칙은 적용하지 않았으며 위의 예에서는 산화성이 강한 약품을 (1)에, 그 외의 약품을 (2)에 분류했다.

### ■ 배기형 시약장의 종류와 관리 요령

학교에서 사용하는 배기형 시약장에는 실외 배기형(덕트형)과 실내 배기형(필터형)이 있다.



실외 배기형(덕트형)

- 약품장 내 유해 증기를 모터와 팬을 이용하여 건물 외부로 강제 배기하는 방식
- 설치 장소에 외부로 향하는 창문이 있어야 설치 가능
- 모터 수명은 5년 ~ 7년. 주기적으로 모터 가동 상태 점검 필요



실내 배기형(필터형)

- 내장 필터로 증기를 걸러낸 후 해롭지 않은 공기만을 실내 공간으로 배출하는 방식.
- 외부로 향하는 창문이 없을 때 사용
- 필터 수명은 1년 ~ 1.5년. 주기적인 필터 교체 필요

## 화학약품 일반관리

- ① 화학약품은 필요한 양만 구매하고 불필요한 약품을 보관하지 않는다.
- ② 화학약품을 보관해야 한다면 약품의 종류, 보유량, 보관 기간을 파악할 수 있도록 약품 대장을 작성한다.
- ③ 1년 단위로 화학약품 보유 현황을 확인하고 유효 기간이 지난 약품은 폐기 한다.
- ④ 화학약품 용기는 밀폐하여 보관하고 약품명, 제조일, 제조사, 구입일, 개봉일 등을 기록한 라벨을 부착한다. (구입 당시 부착되어 있는 라벨 내용과 중복될 때는 구입일, 개봉일 만 기재 가능)
- ⑤ 화학약품 뚜껑, 라벨이 손상되지 않았는지 주기적으로 확인한다.  
(용기 내부에 차오른 압력, 증기에 의해 뚜껑이 파손되는 경우가 있음)
- ⑥ 화학약품을 시약장에 보관할 때는 ‘가, 나, 다, …’ 또는 ‘A, B, C, …’ 순이 아닌 유형별, 성상별로 분리 · 보관한다.
- ⑦ 실험대, 실험대 선반, 과학실험실 바닥 등 시약장이 아닌 곳에 화학약품을 방치 하지 않는다.
- ⑧ 화학약품은 직사광선을 피하여 서늘한 곳에서 다루고, 특히 가연성 물질을 취급할 때는 열원이나 화기가 가까이 있지 않도록 주의한다.
- ⑨ 화학약품을 다루는 실험을 할 때는 반드시 지도교사가 있어야 하고 교사 지시에 따라 실시해야 한다.

## 시약장의 설치 및 관리

- ① 학생들의 접근을 통제할 수 있는 곳에 설치한다.
- ② 이중 잠금 장치가 되어 있어야 한다.(잠금 장치가 있는 시약장이 준비실에 있고, 준비실에 잠금 장치가 있다면 이중 잠금에 해당)
- ③ 화기와 열원으로 부터 멀리, 직사광선을 피하고 습기가 차지 않는 곳에 설치한다.
- ④ 사람이 오가는 통로에 설치하지 않는다.
- ⑤ 시약장 앞에 목록표를 부착하여 보관 중인 약품을 빠르게 확인할 수 있게 한다.
- ⑥ 시약장의 높은 칸에 보관 중인 약품을 꺼낼 때는 사다리나 고정 의자를 이용한다.  
(위험한 약품을 높은 곳에 보관하는 것은 가급적 피한다.)
- ⑦ 보관하는 약품병들 사이의 공간을 충분히 확보한다.  
(너무 많은 약품을 시약장 한 칸에 빼곡히 보관하는 것은 피해야 한다.)
- ⑧ 냄새, 위험한 증기가 발생하는 약품은 밀폐 또는 배기형 시약장에 보관한다.
- ⑨ 증기가 발생하지 않는 안전한 약품을 일반 시약장에 보관하여 밀폐 또는 배기형 시약장의 공간 활용도를 높인다.

## 4-3 화학약품 특징과 관리법

### ? 위험물 관리 법령

#### 위험물안전관리법 제22조의2(위험물 누출 등의 사고 조사)

소방청장, 소방본부장 또는 소방서장은 위험물의 누출·화재·폭발 등의 사고가 발생한 경우 사고의 원인 및 피해 등을 조사하여야 한다. <개정 2017. 7. 26.>

위험물: 인화성 또는 발화성 등의 성질을 가지고 있는 것으로, 지정 수량에 맞도록 보관 및 관리해야 한다.

위험물을 법률에 맞게  
관리하지 않으면 2년 이하의  
징역 또는 2천만 원 이하의  
벌금을 납부해야 해요.



### ? 화학약품 관리 기준과 관리 중점사항

- 화학약품 관리 기준과 관련된 법령에는 ① 위험물 안전관리법(동시행령, 동시행규칙), ② 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률이 있다.
- 화학약품과 위험물은 별도 보관이 가능한 시설이나 장비를 구축하는 것이 중요하다.

### 📁 화학약품 정리 원칙

- ① 화학물질의 물성, 특성별로 저장해야 한다.
- ② 무기화합물, 유기화합물, 위험물로 그룹화하여 분류하고, 알파벳, 가나다순으로 정리하여 보관한다.

### ? 위험물이란?

안전하고 효율적으로 화학약품을 관리하기 위해서는 가연성 및 인화성 액체와 가스, 부식성 물질, 자기반응성 물질, 폭발성 물질, 독극성 물질을 구분하여 보관하고, 함께 보관할 수 없는 물질은 별도로 관리해야 한다.

		
가연성 물질	부식성 물질	독극성 물질

- ① 연소성이 강한 물질: 인화성, 자기반응성, 유기과산화  
- 단기간 사용할 수 있는 최소량만 위험물 보관함이나 전용 캐비닛에 보관한다.
- ② 부식성 물질: 강산, 강염기, 유기 및 부식성 물질  
- 차고 건조하며 환기가 잘 되는 곳에 저장한다.
- ③ 독극성 물질: 잠금장치가 되어 있는 전용 캐비닛에 보관해야 한다.
- ④ 폭발성 물질: 질산( $\text{NO}_3$ ) 염류, 니트로 화합물, 니트로소 화합물, 아조 화합물, 디아조 화합물  
- 가스에 의한 폭발, 유증기 폭발, 분진에 의한 폭발, 화약류의 폭발 등과 같은 현상이 나타나는 물질이다.  
- 산화, 중화, 분해 반응 시 급격한 발열량을 동반하기 때문에 소화하기가 어렵다.
- ⑤ 조해성 물질: 수산화 염류(수산화 나트륨( $\text{NaOH}$ ), 수산화 칼륨( $\text{KOH}$ ))  
- 공기 중의 수분을 화합물 자체적으로 흡수하여 용해되는 성질을 '조해성'이라고 한다.
- ⑥ 풍해성 물질  
- 화합물 내에 '결정수'가 포함된 화학물질로 공기 중에 방치할 경우 '결정수'인 물 분자를 잃고, 분말이 되는 현상을 '풍해성'이라고 한다.

**? 화학약품의 보관 및 취급 방법**

약품의 성질	보관 및 취급 방법	해당 물질
흡수성	마개로 밀봉	수산화 나트륨, 백반, 염화 칼슘, 수산화 칼슘, 염화 마그네슘
변질성	마개로 밀봉 (리트머스 종이는 병에 넣고 마개를 꼭 막음)	석회수, 리트머스 종이
휘발성	유리 마개로 밀봉	아이오딘, 아세트산
	고무 마개로 밀봉	메탄올, 에탄올, 에테르, 나프탈렌
햇빛에 의해 변질 (빛 차단)	갈색병에 넣거나 약품병을 검은 종이로 가림	질산, 나프탈렌, 암모니아수, 과망가니즈산 칼륨, 아이오딘 용액
인화성	마개를 밀봉하고 화기를 가까이 하지 않음. 일정한 장소에 따로 보관, 상온 또는 약간 온도가 상승된 공기에 노출 시에도 자연 발화될 수 있으므로 적정 온도 이하에서 보관	에테르, 메탄올, 에탄올, 석유, 아세톤, 인
코르크 마개 부식	유리 마개 사용	염산
유리 마개가 달라붙어 잘 빠지지 않음	고무 마개를 하고 파라핀을 칠해 둠	수산화 나트륨
탄소나 황의 분말을 섞어 마찰하면 폭발 위험	탄소, 황, 유기물과 섞이지 않게 각각 단독으로 다른 병에 보관	과망가니즈산 칼륨, 염소산 칼륨, 질산 칼륨

**? 화학약품 용기 종류와 소분 시 사용하는 간이용기**

■ 화학약품 용기 종류



■ 화학약품 소분 시 사용하는 간이용기 종류



## ❓ 안전하게 용액을 제조하는 방법

### ■ 고체 용질의 수용액 제조하기

실험준비물 : 전자저울, 피펫, 시약병, 부피 플라스크, 옥살산, 증류수, 약포지, 약수저, 세척병

#### 0.1M - 옥살산( $H_2C_2O_4$ ) 수용액 1L 만들기(고체 시약)

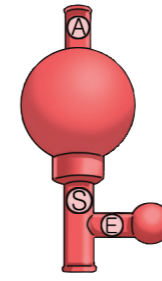
- ① 옥살산 6.30g을 전자저울로 정확하게 칭량한다.(약수저와 약포지를 활용한다)
- ② 1L 부피 플라스크에 칭량한 옥살산을 넣고, 적당량의 증류수를 부어 녹여 준다.  
(씻기병을 사용하여 ①번 과정에서 사용한 약포지에 묻어 남아 있는 옥살산을 씻어 1L 부피 플라스크에 넣어준다.)
- ③ 1L 부피 플라스크 표시선 부근까지 증류수를 넣은 후 씻기병을 사용하여 1L 표시선에 일치되도록 맞추어 준다.
- ④ 1L 부피 플라스크의 뚜껑을 닫거나 파라 필름(Para film)으로 밀봉 후 라벨을 붙여 준다.

### ■ 액체 용질의 수용액 제조하기

#### 1M - 염산(HCl) 수용액 1L 만들기(액체 시약)

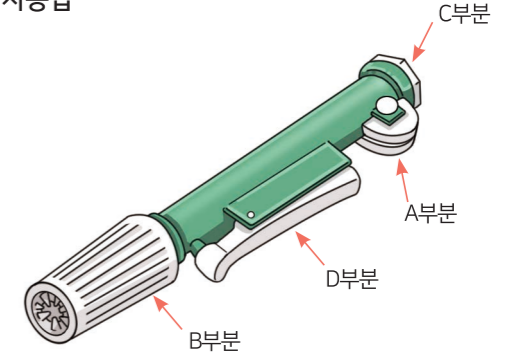
- ① 약 36% 염산 수용액의 몰농도를 계산한다.(약 36%의 진한염산은 약 12M 농도이다. 뚜껑을 열자마자 흰 연기의 유독성 기체가 발생하니 방진마스크, 보안경, 실험복, 내산성 앞치마 등의 개인보호장구를 반드시 착용하고 실험을 진행해야 한다.)
- ② 1L 부피 플라스크에 적당량의 증류수를 부어주고, 진한염산 83.33mL를 피펫을 사용하여 담아준다.(씻기병을 사용하여 ②번 과정에서 사용한 피펫에 묻어 남아 있는 염산 수용액을 2~3회 씻어 1L 부피 플라스크에 넣어 준다.)
- ③ 1L 부피 플라스크 표시선 부근까지 증류수를 넣은 후 씻기병을 사용하여 1L 표시선에 일치되도록 맞추어 준다.
- ④ 1L 부피 플라스크의 뚜껑을 닫거나 파라 필름(Para film)으로 밀봉 후 라벨을 붙여 준다.

### ■ 액체 시약 측정, 옮기는 실험기구 : 피펫(pipette) 사용법



스포이드식

- ① 피펫에 피펫 휠러를 끼운다.
- ② A부분을 누른 채로 구를 돌려 구의 공기를 뺀다.
- ③ 피펫 끝을 옮기고자 하는 액체에 담그고, S부분 누르면 액체가 피펫 안쪽으로 올라온다.
- ④ E부분을 누르면 액체는 다시 내려간다.
- ⑤ S와 E부분을 적당히 누르면서 조절 하여 원하는 양을 피펫에 채운다.
- ⑥ 액체를 옮겨 담을 용기에 피펫을 넣고, E부분을 눌러 액체를 따라낸다.
- ⑦ 마지막 한 방울은 E 옆의 작은 구 부분의 구멍을 눌러 빼낸다.



슬라이드식

- ① 피스톤 C부분이 완전히 들어가 있는지 확인한다.
- ② 피펫의 B부분에 피펫휠러를 끼운다.
- ③ A부분의 다이얼을 돌려 피스톤이 위쪽으로 빠지도록 하면 액체가 피펫 안쪽으로 올라온다.
- ④ A부분의 다이얼을 돌려서 피스톤을 위 아래로 움직여 피펫에 들어가는 액체의 양을 조절한다.
- ⑤ 액체를 옮겨 담을 용기에 피펫을 넣고, 옆에 있는 흰 막대 부분(D부분)을 눌러 액체를 따라낸다.

### ■ 농도 희석식을 이용하여 희석하고자 하는 농도의 용액 제조하기

$$\begin{matrix} \text{(진한 용액)} & \text{(희석 용액)} \\ (\text{농도}) \times (\text{부피}) & = (\text{농도}) \times (\text{부피}) \end{matrix}$$

20% 과산화 수소 수용액으로부터 5% 과산화 수소 수용액 100mL 제조할 경우

$$20\% \times \text{진한 용액 부피} = 5\% \times 100\text{mL}$$

$$\text{진한 용액의 부피} = \frac{5\% \times 100\text{mL}}{20\%} = 25\text{mL}$$

이 수식에 따라 20% 과산화 수소 수용액 25mL에 증류수 75mL를 채워 제조하면 원하는 5% 과산화 수소 100mL 수용액을 제조할 수 있다.

## ? 과학실험 폐기물

### 폐기물관리법 제2장 제13조(폐기물 처리 기준 등)

①누구든지 폐기물을 처리하려는 자는 대통령령으로 정하는 기준과 방법을 따라야 한다. 다만, 제13조의2에 따른 폐기물의 재활용 원칙 및 준수사항에 따라 재활용을 하기 쉬운 상태로 만든 폐기물(이하 "중간가공 폐기물"이라 한다)에 대하여는 완화된 처리기준과 방법을 대통령령으로 따로 정할 수 있다. <개정 2010. 7. 23., 2015. 7. 20.>



폐시약과 폐수 등은 안전한 방법으로 폐기되어야 합니다!!

## ? 과학실험실 폐기물의 개념과 특성

- ① 폐수는 물에 고체성 시약, 액체성 시약이 용해된 상태이거나 혼입되어 그대로 사용하지 못하는 물을 의미한다. 과학실험실 폐수는 아무리 적은 양이라도 폐수이므로 취급 및 관리에 각별한 주의를 기울여야 한다.
- ② 실험 후 발생하는 지정폐기물은 폐유 및 폐산 등 주변 환경을 오염시키거나 인체에 위해를 줄 수 있는 유해한 물질(폐기물관리법 제2조(정의))
  - 탐구실험을 위해 소분해 두었던 소량의 액체 및 고체 시약병
  - 실험 과정에서 발생하는 고체 폐기물(플라스틱 일회용 실험기구 (예)흡판, 스포이트류 등)

## ? 과학실험실 폐수의 분리 및 처리 절차

안전한 폐수 처리 및 관리를 위해 학교는 새학년도가 시작되기 전에 학교 단위의 '과학 교육종합 교육계획'에 과학실험실 폐수 처리 계획 수립 및 관리체계를 반드시 포함하여야 한다.

### 실험폐수 처리계획 및 관리체계 수립에 대한 지침

- 가. 각급학교(초·중·고)에서는 과학실험 폐수·폐기물(폐시약병 포함)을 전량 회수하여 안전하게 보관한 후 해당 교육지원청에서 지정한 전문 위탁 처리업체에서 처리한다.
- 나. 각급 학교에서 발생한 과학실험 폐수·폐기물(폐시약, 폐시약병 등)은 해당 교육지원청에서 폐수 전문 처리업체 및 폐기물 전문 처리업체와 일괄 계약하여 위탁 처리한다.
- 다. 교육지원청은 과학실험 폐수·폐기물(폐시약 등) 처리가 적정하게 이루어지도록 자체 계획을 수립하여 관리체계를 강화한다.
- 라. 각급 학교는 폐수·폐기물 발생 단계에서 처리 단계까지의 기록을 유지하고 폐수·폐기물관리 대장을 비치, 관리한다.

폐수 발생 단계에서 처리 단계까지 폐수 관리대장에 기록하고, 이를 과학실험실에 비치해 폐수를 안전하게 관리해야 한다. 또 월 1회 이상 과학실험실 폐수 처리 자체 점검표를 작성하고 관리해야 한다. 학교가 자체적으로 수질 오염방지시설을 운영하거나, 학교 자체계획에 의해 폐수를 위탁·처리한 학교도 시·도교육청에 결과를 보고해야 한다.

### < 폐수 처리 절차 >

폐수의 분별수집 단계	폐수의 보관 단계	폐수의 처리 단계
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐수 수집 용기 준비</li> <li>• 폐수 분별</li> <li>• 혼합금지물질 확인</li> <li>• 폐시약 및 지정 폐기물은 별도 처리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험 및 경고 표시하여 분리 보관</li> <li>• 격리 및 잠금, 외부 차단</li> <li>• 밀봉 보관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물 수집 및 운반요령 주의</li> <li>• 교육청 신고 및 폐수 처리업체 위탁 처리</li> </ul>

### 1. 폐수의 분별수집 단계

폐수는 분별수집, 보관, 처리의 3단계를 통해 처리하게 된다. 먼저 분별수집 단계에서는 폐수의 성분에 따라 유기계, 산성, 알칼리계, 무기계 등으로 분류한다.

< 폐수의 분별 수집 >



위험하게 분별수집된 사례



안전하게 분별수집된 사례

① 지정 용기에 분별하여 수집할 수 있도록 필요한 만큼 용기를 준비해 사용해야 한다. 일반적으로 구할 수 있는 플라스틱 통을 사용해서는 안 된다. 반드시 산업안전 관리기준과 폐기물관리법에 의해 인증받은 제품을 사용해야 한다. 이때 운반 및 용량 측정이 가능한 용기로 출시된 폐수 전용용기를 사용해야 한다. 수집 용기에는 눈에 잘 띄는 색으로 경고문구와 내용물의 성질, 상태, 주의사항 등을 명기해 일반 용기와 구별될 수 있도록 해야 하며, 부수적으로 각 용기에 배출하는 폐수성분 목록표를 만들어 기재하면서 화학반응이 일어나지 않는 폐수만으로 혼합해야 한다.

지역소방서	홍 길 동
관리자 연락처 (정)	010-0100-0100
담당자 연락처 (부)	010-1000-2000

폐수 처리 취급 담당자 기록표

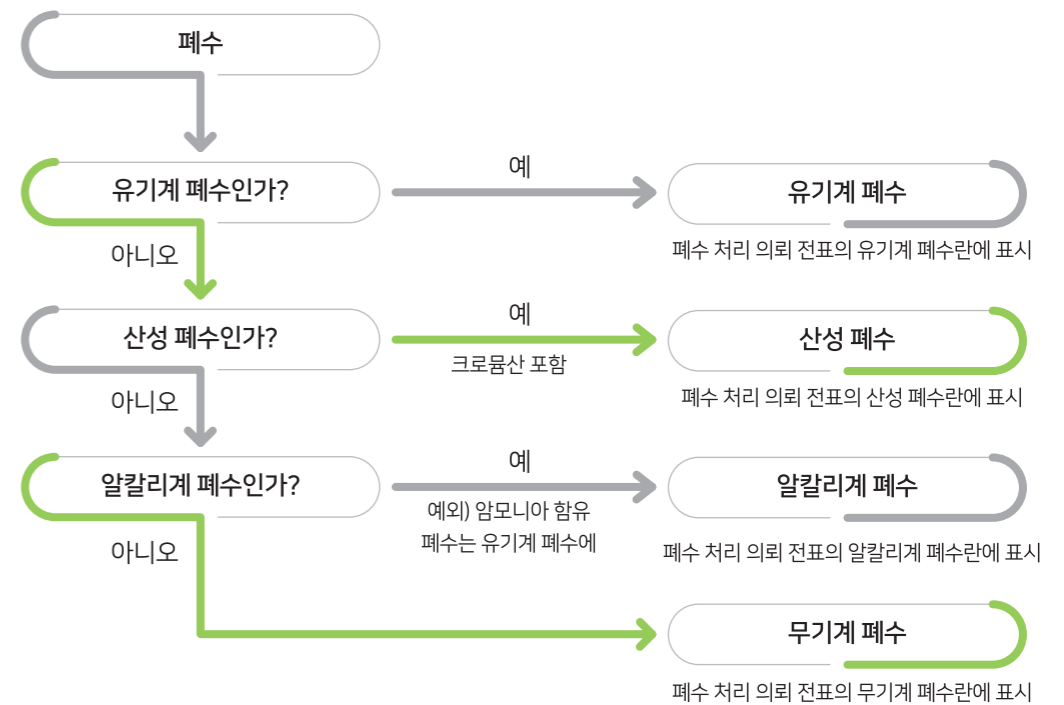


폐수통 권장 활용

② 내용물에 담당 관리자와 전화번호를 기록하는 것도 좋다. 특별히 주의해야 할 폐수인 경우에는 주의사항을 추가로 기록한다. 폐수는 절차에 따라 종류별로 분류해 수집하고, 같은 종류라도 혼합해선 안 되는 물질을 동일한 폐수 저장 용기에 섞어서는 안 된다. 실험하고 남은 폐수를 버릴 때에는 통에 붓는 과정에서 썰 수가 있으므로 갈때기를 사용해야 한다. 반응성 및 폭발성의 물질은 별도의 용기에 수집해야 한다. 폐수 안에 있는 장갑, 병, 휴지 등 침전물이나 고형물 등이 있을 경우, 반드시 제거한 후 수집 용기에 넣어야 한다.

- ③ 안전한 폐수 수집 용기 보관을 위해 안전필터를 장착하여 보관하는 것을 권장하고 있다. 안전필터가 장착된 폐수 수집 용기를 사용하면 용기 내에 압력이 차는 것을 방지하고, 실내 공기 오염을 최소화할 수 있다. 수은, 카드뮴, 6가 크로뮴 등 독성이 강한 물질이나 배출 허용기준이 낮은 물질을 함유하고 있을 때는 3회 이상의 세척 폐수도 수집해야 한다. 중금속, 강산, 강염기 등이 폐수에 포함되어 폭발 등 안전상 중대한 문제가 초래되는 경우에는 폐수 수집 용기에 수집하지 않고, 별도의 용기 자체를 전문 수탁업체를 통해 처리해야 한다.
- ④ 특정 약품들은 상호 반응하여 위험한 상태를 유발할 수 있기 때문에 서로 다른 폐수 수집 용기에 모아야 하는 것도 있다. 예를 들어 아세트산은 무기산과 혼합금지 물질로 무기계 산 폐수 수집 용기에 보관해서는 안 된다. 따라서 폐수 분별수집 전에는 반드시 물질안전보건자료를 확인해 위험 여부를 확인해야 한다. 또한, 탐구실험의 편의를 위해 초자기구 대신 흡판을 많이 사용하는데, 흡판에 묻어 있는 폐수와 3회 이상의 세척 시 발생하는 폐수도 반드시 수집해야 한다.

< 폐수의 분류 단계 >



## 2. 폐수 보관 단계

- ① 폐수는 학생들의 손에 닿지 않도록 과학실험실 내에 보관하기보다는 격리된 장소인 과학실험 준비실 내 폐수 전용 보관함에 이중 잠금장치가 되어 있는 별도의 장소에 보관하여야 한다.
- ② 보관 시설 내에서 누출, 혼합되거나 위해성이 증가할 경우에는 함께 보관하지 않아야 한다.
- ③ 수집된 폐수 용기는 확실히 뚜껑이 닫혔는지 여러 번 확인하고, 누출되지 않도록 각별한 주의를 기울인다.
- ④ 유출이나 악취가 발생하지 않도록 안전필터가 내장된 용기를 사용하는 것을 권장한다.
- ⑤ 안전하게 수집된 용기는 직사광선을 피하고, 통풍이 잘 되는 곳을 폐기물 보관장소로 지정하여 운용하여야 한다.
- ⑥ 복도나 계단, 과학실험실 통로 등에 방치해서는 절대 안 된다. 유해물질의 폐기물 취급 및 보관 장소에는 금연, 화기취급 엄금 표시와 폐기물 보관수칙을 부착해야 한다. 빈 시약병은 깨지지 않도록 기존 상자에 넣어 폐기물 보관 장소에 보관한다.

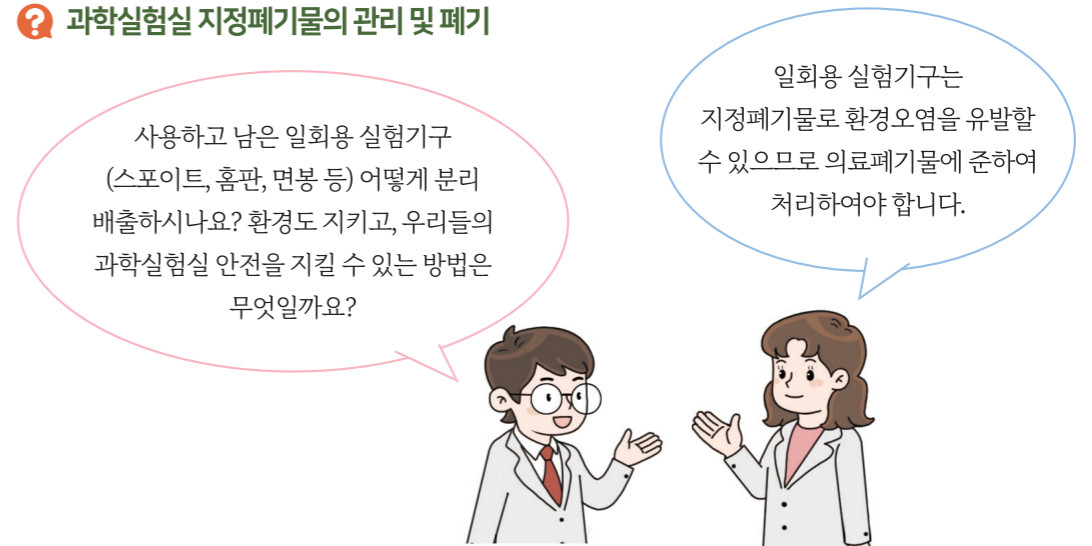
### <수집 용기의 보관>



## 3. 폐수 처리 단계

폐수 수집 용기를 운반할 때는 손수레와 같은 안전한 운반도구를 이용해야 한다. 이때 2인 이상이 개인보호장구를 착용하고 운반해야 한다. 초·중학교와 연간 폐수 발생량이 적은 고등학교미만의 학교는 교육청 계획에 따라 폐수 처리 전문업체에 의해 일괄 수거·위탁 처리하는 것이 일반적이다. 폐수 위탁은 위탁처리할 수 있는 폐수로 한정된다. 또, 폐수 수탁처리업자와 폐수 인계·인수를 하는 경우에는 폐수 위탁 및 수탁 확인서를 작성하여 서로 기명날인한 후 3년간 보관해야 한다. 따라서 학교에 폐수 수탁처리 계약서를 갖추어 두어야 한다. 폐수 수탁처리업의 등록을 한 자가 휴업, 폐업 또는 행정처분에 따른 영업의 일시정지 등을 통보받은 경우에는 새로 폐수 수탁처리업의 등록을 한 자에게 폐수를 위탁하여 처리하는 등 적절한 대책을 마련해야 한다. 이와 함께 매년 위탁처리 폐수에 대한 폐수 성상별 위탁 물량 및 폐수 수탁처리업소 등에 관한 사항을 시·도 교육청에 보고해야 한다.

### ? 과학실험실 지정폐기물의 관리 및 폐기



- ① 과학실험에서 발생된 폐유, 폐산 등 주변 환경을 오염시킬 수 있는 지정폐기물은 반드시 종류별, 성상별로 구분하여 보관하고, 전용 용기에 밀폐하여 배출해야 한다. 지정폐기물 중 의료폐기물(주사기, 소독용 솜 등)은 의료폐기물 처리요령에 따라 처리해야 한다.
- ② 지정폐기물 중 가장 많이 발생하는 것은 실험 키트에 소분된 실험 시약병과 플라스틱 흡판, 플라스틱 실험기구류(스포이트, 피펫 등), 깨진 초자기구류 등이다. 이는 지정폐기물로 분류되어 의료폐기물과 동일하게 처리해야 한다.



**수은 및 수은 화합물의 취급 기준(화학물질안전원고시 제2015-5호)**

취급 물질	취급 기준
수은 또는 그 화합물과 수은 화합물질을 1% 이상 함유한 혼합물질(단, 황화제이수은, 요오드화제일수은, 오레인산수은, 아미노 염화제이수은, 뇌산제이수은 및 그 중 하나를 함유한 혼합물질은 제외)	<ul style="list-style-type: none"> <li>건조하고 통풍이 잘 되는 그늘 및 서늘한 곳에 열원과 격리하여 밀폐 보관</li> <li>제일수은 염은 용기에 알루미늄 호일 사용을 금지</li> <li>상온에서 약간 휘발성을 띄므로 주의</li> <li>빛에 민감하며 황색침전을 생성하여 분해될 수 있으므로 주의</li> <li>빛에 민감하여 나무나 종이와 접촉 금지</li> </ul>

**① 수은 및 수은 화합물 보관 방법**

- 수은 함유 제품은 안전한 곳에 이중 밀봉하여 잠금장치 후 보관하며 관계자 외 접근금지 표시
- 수은 함유 제품을 사용하지 않도록 교직원 연수 시 반드시 안내
- 수은 폐기물 수집 처리를 위한 별도의 안내가 있을 때까지 학교에서 안전하게 보관
- 수은이 누출되었거나 파손된 제품은 밀봉하여 이중 보관 처리하고, 개봉하지 않은 제품과 분리 보관
- 수은 보관 용기는 햇빛이나 빗물에 부식되지 않는 재질이어야 하고, 타 화학물질과 함께 보관 금지

**② 소량 수은 누출 시 조치 기구**

명칭	예시	특징
수은 응급처리 키트		수은응급처리키트 상자(1개), 수은회수통(2통), 수은흡착제(2통), 활성액(2통), 수은지시약(2통), 스펀지(2개), 수은폐기물 폐기봉투(2장), 보호 장갑 및 흡착지(2세트), 보안경(1개), 손전등(1개)
방독마스크와 수은 증기용 정화통		일반 방독 마스크와 수은 증기전용 정화통

**알아두면 좋아요!**

**지정폐기물의 종류**

구분	세부대상
부식성 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐산(액체 상태의 폐기물로서 pH 2.0 이하인 것으로 한정)</li> <li>• 폐알칼리(액체 상태의 폐기물로서 pH 12.5 이상인 것으로 한정)</li> </ul>
유해 물질 함유 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분진</li> <li>• 폐내화물 및 재벌구이 전에 유약을 바른 도자기 조각</li> <li>• 소각재</li> <li>• 안정화 또는 고형화 고화 처리물</li> <li>• 폐촉매</li> <li>• 폐흡착제 및 폐흡수제(광물유, 동물유, 식물유(폐식용유) 포함)</li> </ul>
폐유기용제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 할로젠족(환경부령으로 정하는 물질 또는 이를 함유한 물질)</li> <li>• 그 밖의 폐유기용제</li> </ul>
폐페인트 및 페레커	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 페인트 및 래커와 유기용제가 혼합된 것</li> <li>• 페인트 보관용기에 남아 있는 페인트를 제거하기 위해 유기용제와 혼합된 것도 포함</li> <li>• 폐페인트 용기</li> </ul>
폐유	기름 성분을 5% 이상 함유한 것 포함
폐석면	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건조고형물의 함량을 기준으로 하며 석면이 1% 이상 함유된 제품과 설비</li> <li>• 슬레이트 등 고형화된 석면제품 등의 연마함 · 절단함 · 가공 공정에서 발생된 부스러기 포함</li> </ul>
폐유독물	「유해화학물질관리법」 제2조제3호에 따른 유독물을 폐기하는 경우
의료폐기물	환경부령으로 정하는 의료기관이나 시험 · 검사 기관 등에서 발생하는 것으로 한정
기타	그 밖에 주변 환경을 오염시킬 수 있는 유해한 물질로서 환경부장관이 정하여 고시하는 물질

# 5

## 부록



- 부록1 과학실험실 안전사고 발생 보고
- 부록2 실험 안전 서약서
- 부록3 과학실험실 안전관리 점검표
- 부록4 GHS/MSDS, 실험 전에 이것만은 확인하자!
- 부록5 과학실험실 안전설비·장구 기준



### 과학실험실 안전관리 점검표

점검일 : 20 . . . . .  
 점검자 : 과학부장 성명 (인)  
 교 감 성명 (인)  
 확인자 : 교 장 성명 (인)

영역	점검내용	점검결과		특이사항
		예	아니오	
안전관리 계획	① 과학실험실 안전관리에 대한 자체 계획을 수립하여 운영하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	② 과학 전담교원의 과학실험실 배치 운영계획을 수립하여 운영하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	③ 과학실험실 안전관리 자체 점검표를 활용하여 정기적으로(월 1회 이상) 점검하며, 점검표를 누계하여 보관하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	④ 과학실험 안전 장구·설비 확충계획을 수립하고, 확충노력을 하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
안전교육	⑤ 교육과정 내에 안전교육을 위한 별도의 시간이 편성되어 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑥ 과학실험 안전 관련 학생교육(5분 안전교육 포함)을 실시하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑦ 과학실험 담당 교원 및 과학실무사가 매년 15 시간 이상의 안전교육을 이수하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
실험안전 관련자료 게시 등	⑧ 과학실험실 안전 수칙 및 응급 대처 요령 등을 과학실험실 내 게시하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑨ 과학실험 리플릿, 안전매뉴얼 등을 비치하여 활용하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑩ 물질안전 보건자료(MSDS)를 게시·비치하여 활용하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
안전관리	⑪ 실험 수업 시 안전보호 장비(실험복, 마스크, 보안경, 네오프렌 또는 니트릴 고무장갑 등)를 착용하는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑫ 과학실험실마다 소화기, 모래보관함 등 안전장비가 잘 보이는 곳에 비치되어 있으며 정기적으로 점검하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑬ 전기 시설에 대한 정기적인 점검이 이루어지고 있으며, 인화성물질을 사용하는 과학실험실·준비실에 환풍기가 설치되어 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑭ 비상시 대피할 수 있는 비상통로(비상문)가 확보되어 있으며, 비상 설비를 정기적으로 점검하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

영역	점검내용	점검결과		특이사항
		예	아니오	
유해 화학 물질 및 실험 기자재 관리	⑮ 밀폐 시약장(잠금장치)이 확보되어 있고 환기가 잘 이루어지고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑯ 시약관리에 대한 정기적인 점검이 이루어지고 있는가? 시약 보관 상태 확인(잠금장치 유무 점검) : 발화점이 낮은 물질(인, 황 등) 폭발성물질(알칼리 금속 등), 가연성 물질(에테르, 헥산 등)이 들어있는 시약병은 직사광선을 피하고 잠금장치가 있는 곳에 보관 독극물 특별 관리(이중 잠금, 별도 보관) 시약병 라벨 부착, 실험 후 남은 시약은 폐수·폐시약 용기에 별도 보관	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑰ 약품출납대장이 기록되고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑱ 사용한 약품은 지정한 방법에 따라 폐기하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	⑲ 관리자 외 학생, 외부인 등의 접근이 통제되고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
유해 화학 물질 및 실험 기자재 관리	⑳ 폐수·폐시약 및 수은 함유 폐제품, 폼알데하이드 용액 표본병 등을 유해 화학 물질을 안전한 장소에 별도로 보관하여 관리하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	㉑ 실험기자재를 안전하게 사용하는가? 취급주의 실험기구 안전교육 실시 석면 철망 등을 폐기하고 안전한 기자재(세라믹 철망 등)로 대체 깨진 유리는 분리 처리하며 알코올램프는 가급적 사용 자제 전기기구 사용 시 정격 전압 확인, 문어발식 연결 사용 금지	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
기타	㉒ 도난방지 시설 및 잠금장치는 정상적으로 작동하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	㉓ 과학실험실 정리 정돈 및 청결 상태가 유지되고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	㉔ 과학실험실 안전사고를 대비한 비상연락망이 구축되어 있는가? (관계기관 전화번호 게시)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	㉕ 과학실무사를 배치하여 실험수업 보조 및 과학실 관리를 하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

※ 월 1회 자체점검 후 점검표를 작성하여 과학실에 게시합니다.

# GHS/MSDS, 실험 전에 이것만은 확인하자!

## 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet)

### 에틸 알코올 (Ethyl alcohol, 94.5%)

#### Section 1 - 화학제품과 회사에 관한 정보

가.제품명	에틸 알코올 (Ethyl alcohol, 94.5%); Ethanol
나.제품의 권고 용도와 사용상의 제한	본 제품은 실험실 및 연구용 시약, 산업용 외의 용도로는 사용할 수 없음
다.공급자 정보	없음

#### Section 2 - 유해성·위험성

가.유해성위험성 분류	-인화성 액체 -심한 눈 손상성/눈 자극성	구분2 구분2(눈 자극성)
-------------	----------------------------	-------------------

#### 나.예방조치문구를 포함한 경고표지 항목

##### \*그림문자



##### \*신호어

위험

##### \*유해위험 문구

H225 고인화성 액체 및 증기  
H319 눈에 심한 자극을 일으킴

#### Section 4 - 응급조치요령

약품으로 인해 몸을 다쳤을 때 응급조치요령을 제공한다

#### Section 3 - 구성성분

#### Section 4 - 응급조치요령

가.눈에 들어갔을 때	많은 양의 물이나 생리식염수로 15분 이상 눈을 세척하고 즉시 의사의 치료를 받을 것.
나.피부에 접촉했을 때	오염된 의복 및 신발을 즉시 벗고 15분 이상 다량의 물과 비누로 씻을 것.
다.흡입했을 때	노출로부터 환자를 즉시 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 호흡정지 및 곤란시 인공호흡 실시 및 의사의 치료를 받을 것.
라.먹었을 때	구토를 하지 않도록 하고 의식이 있을 경우 즉시 2~4컵의 물이나 우유를 제공할 것. 즉시 의사의 치료를 받을 것.
마.기타 의사의 주의사항	의료인력이 해당물질에 대해 인지하고 보호조치를 취하도록 할 것.

#### Section 5 - 폭발·화재시 대처방법

가.적절한(및 부적절한) 소화제	적절한소화제: 분말소화제, 이산화탄소, 물분무, 내알코올성 포말 부적절한 소화제: 자료없음
-------------------	---

#### 나.화학물질로부터 생기는 특정 유해성

#### 다.화재 진압시 착용할 보호구 및 예방조치

#### Section 6 - 누출 사고시 대처 방법

약품을 쏟는 사고가 났을 때 응급조치요령을 제공한다.

#### Section 6 - 누출 사고시 대처방법

가.인체를 보호하기 위해 필요한 조치사항 및 보호구	누출된 물질을 만지지 말 것. 흡입과 피부 접촉을 피하고 밀폐장소인 경우 공기호흡기 착용 및 환기시키고 발화원을 제거할 것.
나.환경을 보호하기 위해 필요한 조치사항	환경 오염을 피하도록 적절한 차단 수단을 사용할 것. 모래, 흙 혹은 기타 적절한 방벽을 쌓아서, 하수구, 도랑 혹은 강으로 번지거나 들어가는 것을 방지할 것. 유출물질은 모래,점토,기타 흡착물질로 흡수시킬 것.
다.정화 또는 제거방법	

#### Section 7 - 취급 및 저장방법

#### Section 8 - 노출방지 및

#### Section 10 - 안정성 및 반응성

피해야할 상황에 대한 정보를 제공한다. 약품 분리/보관 정보를 얻을 수 있다.

#### Section 9 - 물리화학적

#### Section 10 - 안정성 및 반응성

가.화학적 안정성 및 유해 반응의 가능성	상온, 상압에서 안정함. 중합되지 않음.
나.피해야 할 조건 (정전기방전,충격,진동 등)	열, 스파크, 화염 및 기타 점화원을 피할 것. 용기가 열에 노출되면 파열되거나 폭발할 수도 있음.
다.피해야 할 물질	할로 탄소 화합물, 금속, 금속염, 산화제, 할로젠, 과산화물, 산, 금속 산화물, 염기, 가연성 물질
라.분해시 생성되는 유해물질	열분해생성물: 탄산산화물

#### Section 11 - 독성에 관한 정보

#### Section 12 - 환경에 미치는 영향

#### Section 13 - 폐기시 주의사항

#### Section 14 - 운송에 필요한 정보

#### Section 15 - 법적 규제현황

#### Section 16 - 그 밖의 참고사항

GHS/MSDS의 16개 섹션 중 이 자료에서 생략된 부분이 의미 없는 정보라는 뜻은 아니다. 다만 실험을 수행하기 전 최소한, 4번, 6번, 10번 항목은 숙지하는 것이 중요하다는 것을 의미한다.

### 과학실험실 안전설비·장구 기준

연번	분야	설비종목	규격	소요기준	구분		비고
					필수	권장	
1	안전설비	비상사위기		학교당 1		○	신설예정교의 경우 비상사위기(눈세척기 포함) 필수
2	안전설비	눈세척기		학교당 1	○		
3	안전설비	흡후드		학교당 1		○	중·고등학교 권장 고등학교신설예정교는 필수
4	안전설비	밀폐형 환기시약장		학교당 1	○		
5	안전설비	폐수 폐시약 보관장	잠금장치 설치	학교당 1	○		4종류 이상 투명폐수통 수합 가능
6	안전설비	실험복 보관장		과학실험실당 2	○		
7	안전설비	개인보호장구 보관장		과학실험실당 1	○		
8	안전설비	환풍기		과학실험실당 3	○		
9	안전설비	스프링클러		과학실험실당		○	
10	안전설비	화재경보기		과학실험실당		○	
11	안전설비	가스경보기		과학실험실당		○	
12	안전장구	소화기	ABC분말	과학실험실당 4	○		
13	안전장구	간이 소화기	투척식 및 스프레이식	과학실험실당 2		○	과학실험실 상황에 맞게 구비
14	안전장구	방화사		과학실험실당 1	○		
15	안전장구	소방포		과학실험실당 1	○		
16	안전장구	휴대용 비상 조명등		과학실험실당 2		○	
17	안전장구	보안경	안경식, 고글식	1명당 1	○		
18	안전장구	레이저 보안경		1명당 1		○	
19	안전장구	실험복	순면	1명당 1	○		
20	안전장구	내화학 실험복		과학실험실당 6		○	
21	안전장구	방화용 실험복		과학실험실당 6		○	

연번	분야	설비종목	규격	소요기준	구분		비고
					필수	권장	
22	안전장구	내화학 앞치마		과학실험실당 6		○	
23	안전장구	실험용 장갑	폴리에틸렌 장갑, 라텍스 장갑, 니트릴장갑	1명당 1		○	
24	안전장구	내열 장갑	내열 및 초저온용	2명당 1		○	
25	안전장구	내화학 장갑	네오프렌 장갑	2명당 1		○	
26	안전장구	목장갑		2명당 1		○	
27	안전장구	일반 마스크		1명당 1	○		사용 후 폐기
28	안전장구	방진 마스크		1명당 1	○		
29	안전장구	방독 마스크 (방독면)		1명당 1		○	
30	안전장구	귀마개, 귀뿔개		1명당 1		○	
31	안전장구	안전화		1명당 1		○	운동화 대체 가능
32	안전장구	구급약품함		과학실험실당 1	○		밴드, 반창고, 지혈도구, 소독약, 화상연고 등 구급약품 포함
33	안전장구	콘센트 안전커버		콘센트당 1		○	
34	안전장구	실험기구 운반용 수레		과학실험실당 1	○		

본 내용은 예시 자료이며 각 지방교육청에 따라 달리 적용될 수 있음.

### 집필진(가나다 순)

책임 정대홍 서울대학교  
집필 권문호 경북대학교사범대학부속고등학교  
김호숙 충의중학교  
배상일 백송고등학교  
배중연 수성고등학교  
손미현 무학중학교  
송미정 부원중학교  
심성희 예봉중학교  
이봉형 충북과학고등학교

### 감수위원(가나다 순)

강훈식 서울교육대학교  
고숙영 서울구현고등학교  
박지용 전북전주인봉초등학교  
백승우 비에스씨포트 대표  
송방연 울산시교육청  
안병선 경기충훈고등학교  
이미경 광주시교육청  
이봉우 단국대학교  
이윤식 서울대학교  
이종선 대구시교육청  
장성훈 경북대학교사범대학 부속고등학교  
최소영 서울수암초등학교 교사

기획 교육부 / 한국과학창의재단  
편집·디자인 정원디자인

---

## 과학 실험 안전 매뉴얼 - 고등학교

---

인쇄 2021년 2월 초판 1쇄  
발행일  
저작권자 교육부  
발행처 한국과학창의재단