

과학 실험

안전 매뉴얼

중학교

안전한 과학실



과학실험 안전 매뉴얼

중학교

교육부
Ministry of Education

한국과학창의재단
Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity

과학 실험 안전 매뉴얼

중학교

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) | 58 |
| 3-3 안전한 탐구활동(생물학) | 64 |
| 3-4 안전한 탐구활동(화학) | 70 |

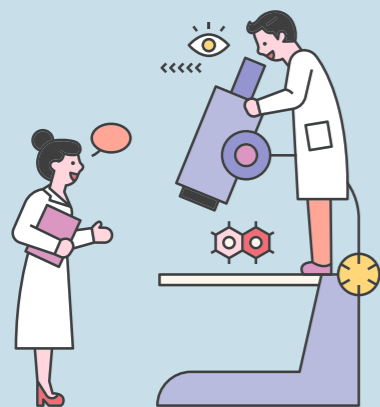
4. 화학약품의 취급과 관리

| | |
|---------------------|----|
| 4-1 MSDS와 화학물질 | 78 |
| 4-2 학교 화학물질의 보관과 관리 | 84 |
| 4-3 화학약품 특징과 관리법 | 90 |
| 4-4 폐수, 폐시약 관리 및 처리 | 96 |

5. 부록

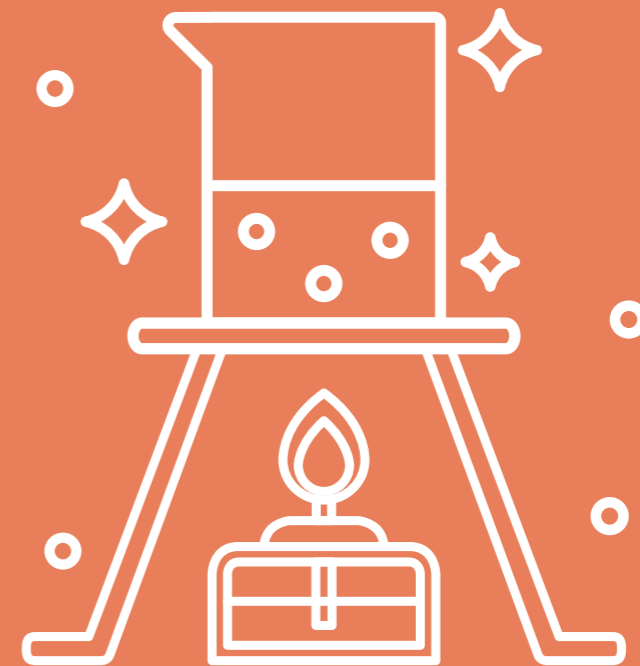
104

| | |
|-----|----------------------------|
| 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) 과학실험실 안전사고

? 과학실험실 안전사고는 언제 많이 일어날까?



? 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.

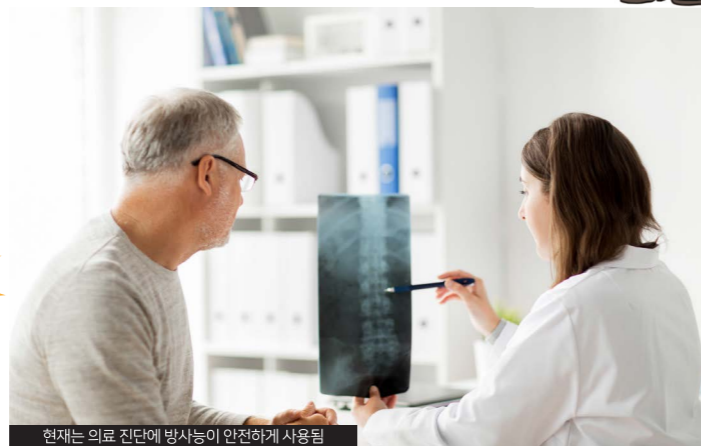
또한, 도구를 안전하게 사용하지 못하면 건강을 해치거나 또는 도구가 고장이 나서 기대하는 교육적 성취를 할 수가 없게 된다. 따라서, 안전 연수를 통해 학생들이 안전하게 실험할 수 있는 환경을 제공해야 한다.

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.

대학에서 실험하는 법은 배웠지만, 과학실험실 안전관리에 대해서는 배운 적이 없는데..... 어떻게 하지?



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.

선생님께서 교사 경력이 충분하니 올해부터 과학실험실 안전관리를 맡아 주세요.



교장선생님, 경력은 길어도 이 업무는 맡아본 적이 없습니다.

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!

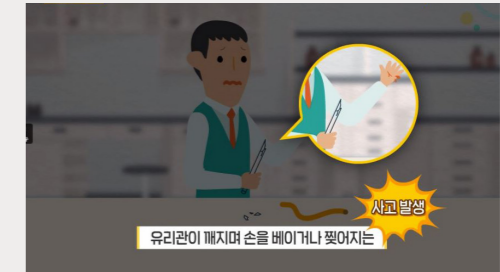
- 어떤 학교에서 물의 온도를 일정하게 유지하기 위해서 항온조를 사용해서 2시간 동안 유지했는데, 화재가 발생했다. 전기 제품이 노후되거나 먼지가 많이 쌓이면 합선으로 인해 화재가 발생할 수 있다.
- 어느 학교에서 과학실험실 정리를 하던 도중에 수은 기압계가 깨져 수은이 흘러나온 채로 방치된 것을 발견하였다. 발견되기 전에도 수은 기체가 해당 공간에 존재했기 때문에 매우 위험한 사고였다.

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

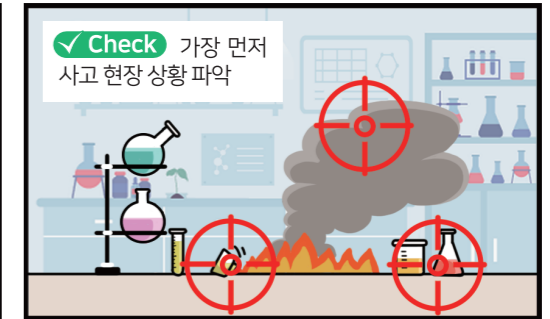
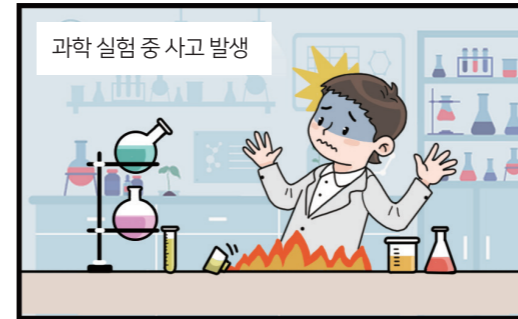
3. 원인 파악 및 상황 보고

- 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



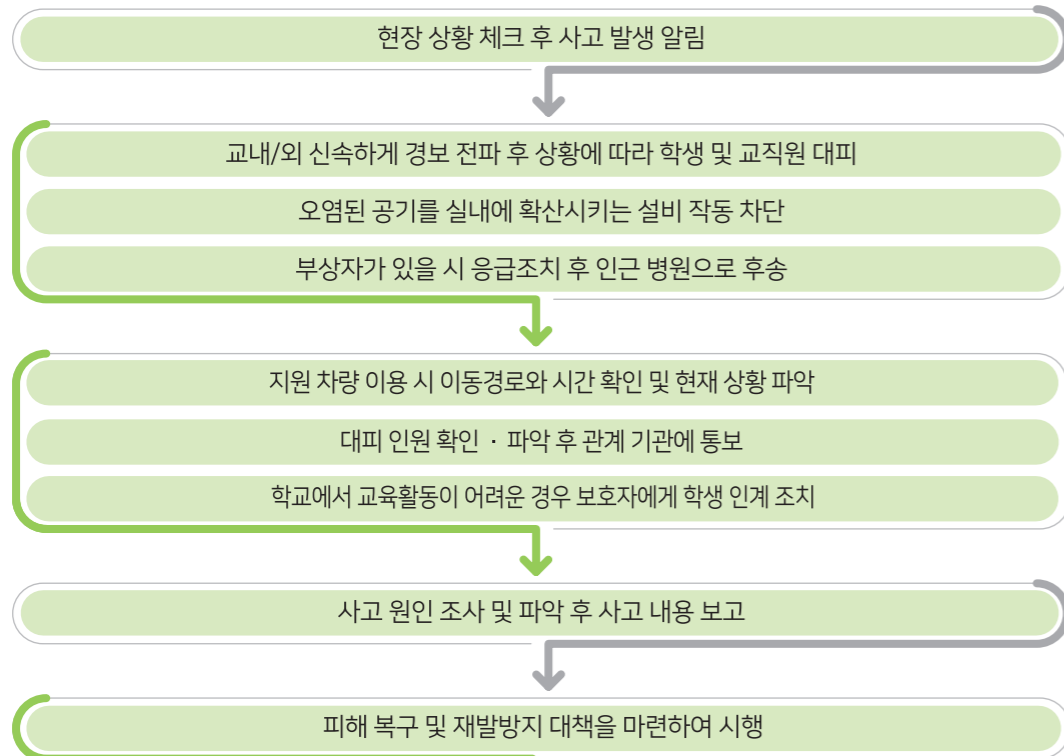
2) 화학 사고 발생 시 대처 방법



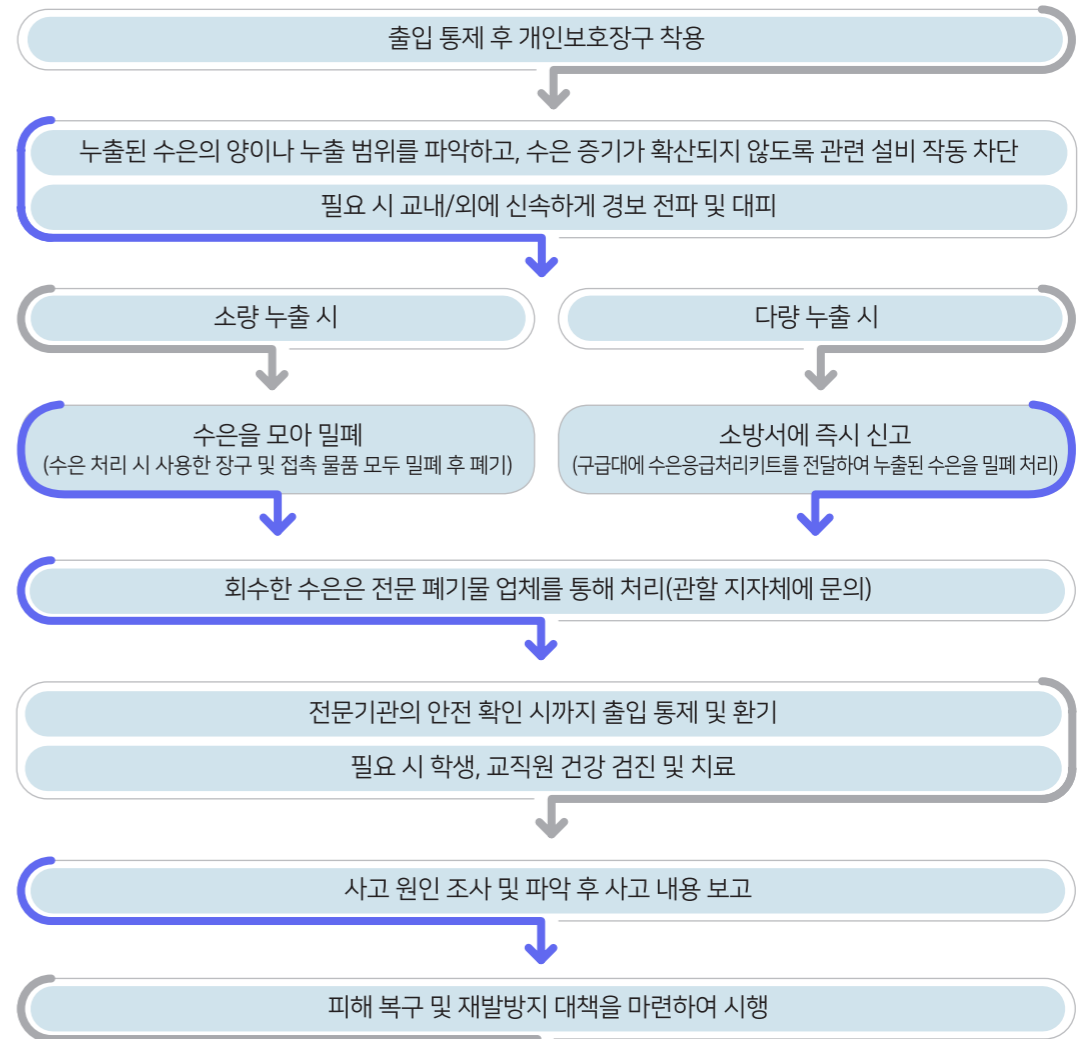
<화학 사고란?>

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

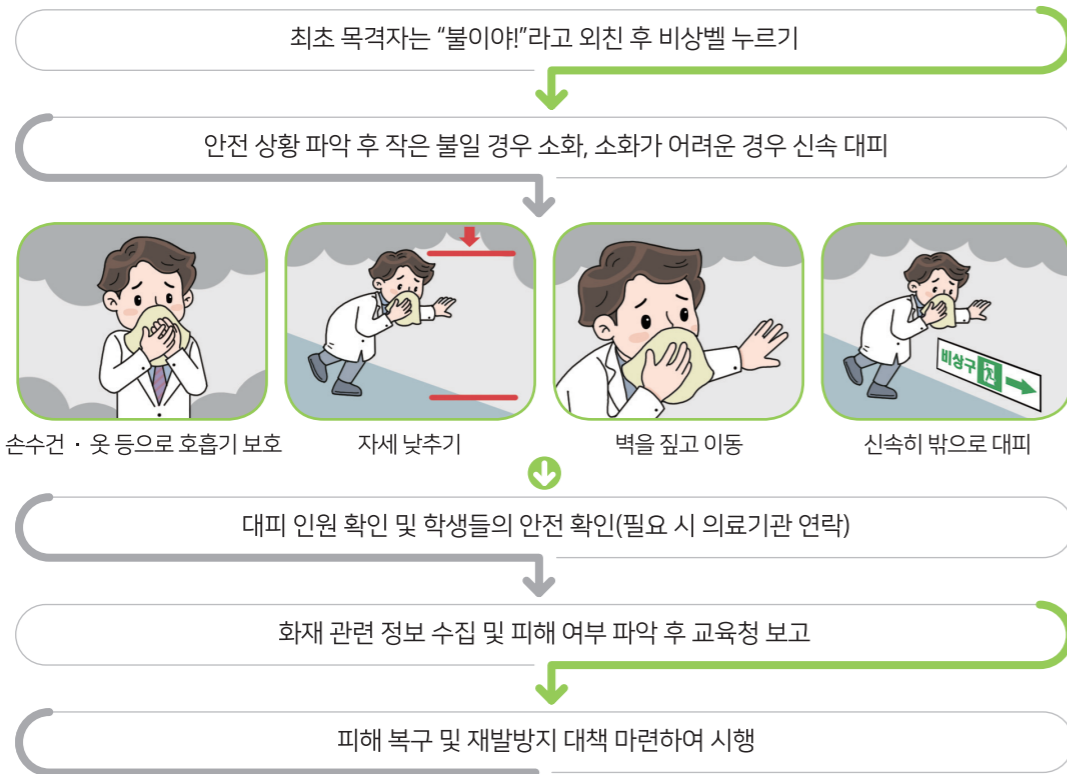


수은 누출로 인한 환경 오염 및 중독 사고는 광범위하게 오랜 기간 영향을 미칩니다. 수은이 누출되면 즉시 환기하고, 오염 지역을 벗어나도록 조치해야 합니다. 「폐기물관리법 시행령 및 시행규칙 개정안」(2021.7.22 시행)에 따라 수은 폐기물은 적정 업체에 위탁 처리해야 하며, 처리 업체 등 자세한 사항은 관할 지자체에 문의할 수 있습니다.

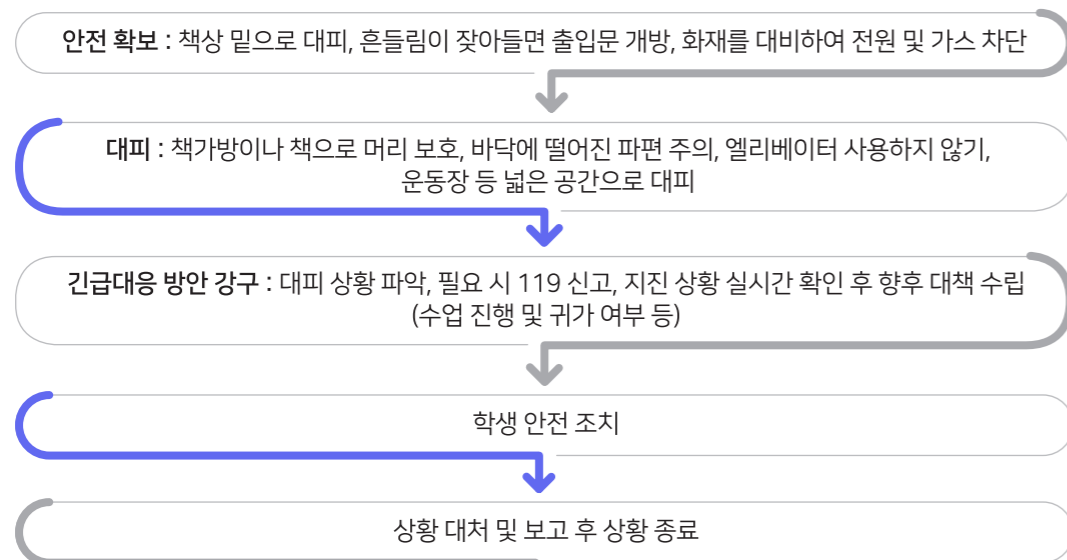


3) 화재·지진 발생 시 대처 방법

❓ 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. (수은 증발 방지) | | 빗자루로 쓸지 않는다. (작은 방울로 깨지는 것을 방지) |
| | 싱크대에 버리지 않는다. (배관 문제 및 하천 오염 방지) | | 세탁하지 않는다. (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. (독성 가스 생성 방지) | | |

🔍 약품에 의한 사고 상황별 응급처치 요령

■ 접촉했을 때

화학약품을 흘리거나 쏟아 피부에 접촉했다면

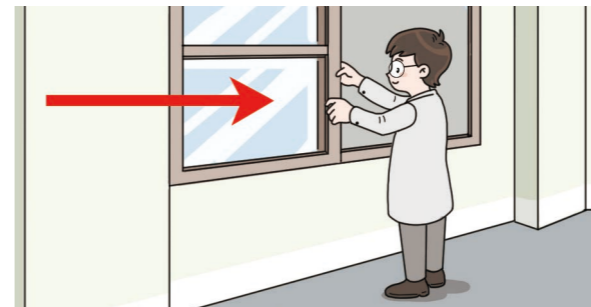
| | |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 무조건 많은 양의 흐르는 물로 충분한 시간 닦아내기 |
| 2 | 피해 부위가 좁다면 오염된 옷을 벗고 흐르는 물로 충분히 씻어내기 |
| 3 | 피해 범위가 넓다면 비상샤워기를 사용하되 옷을 입은 채로 일단 샤워를 하면서 옷을 벗기 |
| 4 | 산 또는 염기가 묻었을 때는 물로만 씻기 (중화한다고 다른 약품을 사용할 경우 화상을 입을 수 있음) |
| 5 | 눈에 약품이 튀어 들어가면 눈 세척기 또는 흐르는 수돗물에 15분 이상 눈을 씻기 |
| 6 | 휘발성 유기 용매의 경우 오랫동안 열지 않다가 뚜껑을 열 때 증기가 갇혀 있다가 얼굴과 피부에 닿을 수 있으므로 조심해야하며, 따끔거릴 경우 흐르는 물로 깨끗하게 씻기 |



■ 흡입했을 때

화학약품의 증기, 반응에 의해 발생하는 기체, 연기 등을 마신 피해자가 발생하면

| | |
|---|-----------------------------------------------------------------|
| 1 | 피해자는 물론 과학실험실 안 모든 사람이 밖으로 대피하기 |
| 2 | 교사는 대피할 때 창가 쪽 창문을 열고 출입문과 복도 쪽 창문은 닫기 |
| 3 | 피해자를 안전한 곳으로 옮겨 신선한 공기를 마실 수 있도록 하기 |
| 4 | 피해자가 어지러움, 메스꺼움을 호소한다면 바로 병원으로 이송하기 |
| 5 | 피해자의 상태가 의식을 잃거나 호흡에 어려움을 느낀다면, 즉시 119에 신고하고 필요할 경우 심폐소생술을 시행하기 |



대피할 때에는 복도쪽 창문을 모두 닫음



어지러움과 메스꺼움을 호소한다면 병원으로 이송

■ 먹었을 때

학생들이 실수로 화학약품 등을 입에 넣을 때에는

| | |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 화학약품을 맛보거나 입에 넣었을 때는 바로 뱉도록 하고 여러 차례 물로 입을 헹구기 |
| 2 | 화학약품을 삼켰다면 지체 없이 119에 도움을 요청하기 |
| 3 | 교사가 임의로 판단하여 피해자가 삼킨 화학약품을 토해내도록 구토를 유발해서는 절대 안 됨(119 상황실, 또는 지역 응급치료센터에 연락하여 의료 전문가 지시에 따라 구토를 유발할지를 결정해야 함, 구토 과정에서 손상을 받을 수 있음) |



? 화학약품에 의한 인명 피해 사고 시 대처 방법



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.



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.



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.

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



응급조치는 GHS/MSDS 자료의 지시에 따라서 시행해야 해요.

응급조치 시행

GHS/MSDS 자료의 지시에 따라 응급조치를 시행한다.

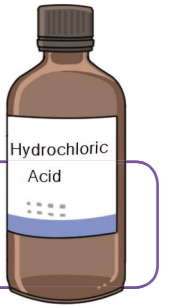


병원으로 이송할 때는 GHS/MSDS 자료를 같이 가져 가세요!

병원 이송

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

? 강산과 강염기를 쏟았을 때 대처 방법



강산: 염산(HCl), 황산(H₂SO₄), 질산(HNO₃)
강염기: 수산화나트륨(NaOH), 수산화 칼륨(KOH)

• 강산, 강염기를 쏟았을 때는 약염기, 약산으로 중화시킨 후 처리한다.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|
| 강산을 쏟았을 때는 탄산나트륨(Na ₂ CO ₃)이나 탄산수소나트륨(NaHCO ₃)으로 중화하거나, 산이 쏟아진 부위에 고체 가루 상태로 골고루 뿌린다. | 많은 양의 산을 쏟았을 때는 방화사를 뿌려 흡수시키고 모래재로 중화시킨 후 처리한다. | 염기를 쏟았을 때는 구연산(시트르산)으로 중화한다. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|

- 강산과 강염기를 중화할 때는 많은 열이 발생하고 기체도 격렬하게 생길 수 있으니 중화 반응이 모두 끝날 때까지 멀리 떨어져 있어야 한다.
- 충분한 시간이 지나 중화 반응이 끝났으면 pH 시험지로 중화된 정도를 확인한다.

? 휘발성 유기 용매 및 증기 발생 약품 유출 시 대처 방법

포름알린이 유출된 경우
학생들을 즉시 대피시키고 119에 신고한다.

아이오딘이 유출된 경우
양이 적을 때: 물에 살짝 적신 종이 티슈로 닦아 내고 사용한 티슈는 밀봉하여 폐기물을 처리할 때 함께 처리한다.
양이 많을 때: 신속히 학생들과 함께 대피하고 119에 도움을 요청해야 한다. 대피할 때는 바깥쪽 창문은 개방하고 출입문과 복도 쪽 창문은 닫아 둔다.

에탄올이나 아세톤이 유출된 경우
양이 적을 때: 종이 티슈로 닦고 폐기물은 밀봉하여 처리한다.
양이 많을 때: 병을 통째로 깨드린 경우라면 신속하게 학생들을 대피시키고 교사의 안전이 지켜지는 범위 내에서 과학실험실 내 열원을 차단 하고, 바깥쪽 창문을 열어 두고 대피한다. 이때 출입문과 복도 쪽 창문은 모두 닫고 한동 안과학실 사용을 금한다.



■ 화학약품을 쏟았을 때 응급처치



1) 외상

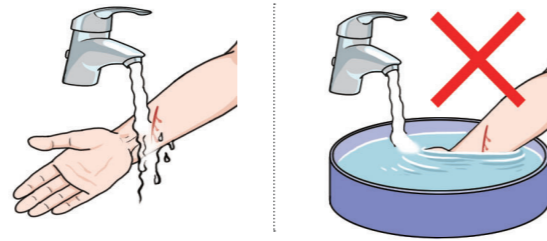
? 지혈

- ① 유리 조각 등 이물질이 없는지 상처 부위 확인
- ② 출혈이 있다면 깨끗한 거즈를 사용해 압박하여 지혈: 상처 부위가 감염되지 않도록 조심
- ③ 팔이나 다리에서 피가 나는 경우 압박과 동시에 상처 부위를 심장보다 높게 유지



? 세척

- ① 지혈이 된 후 흐르는 수돗물에 상처 씻기 (식수 또는 생리식염수로 세척)
- ② 상처를 고인 물에 담가 두면 안 됨



? 소독

- ① 지혈이 되면 희석된 베타딘 용액으로 소독
- ② 소독약이 마르면 깨끗한 거즈로 덮고 테이프나 붕대로 고정
- ③ 병원 치료가 필요한 상처가 생긴 경우 병원으로 이송



상처 치료 시 주의할 점

- 상처 부위를 맨손으로 만지지 않으며, 처치 후 반드시 손을 비누로 깨끗이 씻어야 한다.
- 지혈을 위해 가루 형태의 지혈제를 뿌려서는 안 된다. (상처 부위에 붙어 상처가 잘 낫지 않고 염증을 일으킬 수 있음)
- 상처 부위에 소독수를 사용하지 않는다. (가는 솜털이 상처 부위에 붙어 상처 치료에 어려움을 줄 수 있음)

? 물리적인 힘에 의해 다친 경우 대처방법

과학실험실 외상 사고 사례

- 장난을 치다 의자나 책상에 부딪힌 경우
- 과학실험실 바닥에 떨어진 물에 미끄러져 넘어진 경우
- 전기 기구를 사용할 때 전선에 걸려 넘어진 경우
- 현미경을 한 손으로 옮기다 떨어뜨린 경우

염좌

- ① 다친 부위를 편하게 하고 안정을 취하게 함
- ② 얼음 팩이나 차가운 수건을 이용한 냉찜질로 근육 내부 온도를 낮춤
- ③ 압박 붕대 등을 이용해 손상 부위를 감아 압박
- ④ 다친 부위를 심장보다 높은 위치에 올리도록 유도



골절

- ① 다친 부위를 심장보다 높게 올린 상태에서 움직이지 않도록 고정
- ② 출혈 감소 및 진통 효과를 위해 골절 부위를 냉찜질
- ③ 출혈이 심한 경우 깨끗한 거즈나 천을 이용해 지혈
- ④ 119에 전화해 도움을 요청



2) 화상

과학실험실 화상 사고 사례

- 실험 중 뜨거워진 삼발이를 잡거나 글루건 액이 피부에 떨어진 경우
- 물을 가열하던 실험 중 뜨거워진 물이나 증기에 화상을 입은 경우

? 화상의 증상



? 화상 사고 대처 방법

- 장신구는 피부가 부어오르기 전에 최대한 빨리 제거한다.
- 화상 부위를 찬물에 20분 이상 담가 열기를 식힌다.
- 물집이 생긴 경우 절대로 터트리지 않는다.
- 화상 부위를 바세린이나 화상 거즈로 덮어주고 붕대로 감아준다.
- 상처가 심하면 병원으로 이송한다.

3) 동상

과학실험실 동상 사고 사례

- 액체 질소(-196°C, 기화)가 발가락에 튀어 동상에 걸린 경우
 - 실험 중 드라이아이스(-78.5°C, 승화)를 맨손으로 잡은 경우
- ※ 액체 질소나 드라이아이스를 실험에 사용하는 경우 반드시 내열 초저온용 장갑을 착용하도록 함

? 동상의 증상



? 동상 사고 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
- 병원으로 이송한다.

4) 감전

과학실험실 전기 관련 사고 사례

- 전기스탠드의 갓 부분에 감전되어 2도 화상을 입은 경우
- 천정에서 내려온 전선을 가위로 절단하다 강한 스파크가 일어난 경우
- 수도에서 흘러나온 물이 바닥에 매설된 콘센트에 흘러 들어가 전원이 차단된 경우

? 전류가 인체에 흘렀을 때 인체에 미치는 영향

| 통과전류의 크기 | 최소감지전류 1~2mA | 고통전류 2~8mA | 이탈가능전류 8~15mA | 이탈불능전류 15~50mA | 심실세동전류 50~100mA |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 증상 |  |  |  |  |  |
| | 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 떨어지더라도 수분 이내에 사망함 |

- ▶ 전기는 손으로 들어와서 우리 몸을 통과해 다리로 빠져나감
- ▶ 적은 양의 전류가 우리 몸을 지나가기만 해도 위험함

? 감전 사고 예방을 위해 주의해야 할 사항

- 예비실험을 통해 전기 장치 상태 확인
- 전기 장치들의 전선 피복 및 정리 상태 점검
- 실험 중 전기 기구의 이상을 느낀 경우 주변에 알림
- 물이 묻은 손으로 전기 기구를 만지지 않도록 함

? 전격

- 전기 감전 사고로 일어나는 현상으로 신경과 근육을 자극함
- 근육 수축, 호흡 곤란, 심실 세동이 일어남

? 감전 사고 발생 시 대처 방법

- 감전 장비의 전원 차단: 감전원을 모르면 전체 전원 차단
- 감전 당한 학생을 감전 원인으로 부터 분리: 절연장갑을 착용 후 분리
- 감전된 학생의 의식 확인: 119 신고 후 심폐소생술 시행

? 심폐소생술

- **심정지 및 무호흡 확인**: 양어깨를 두드리며 말을 걸고 눈과 귀로 심정지 및 호흡 유무 확인(반응과 호흡이 있으면 심정지 아님)
- **도움 및 119 신고 요청**: 주변 사람에게(지정하여) 119 신고를 부탁하고 자동심장충격기를 요청
- **가슴 압박 30회 시행**: 환자 가슴 중앙에 각지 낀 두 손으로 몸과 수직이 되도록 압박(압박은 성인 기준 5cm 이상, 1분에 100-120회 이상의 속도로 압박)
- **인공호흡 2회 시행(인공호흡을 할 수 있는 일반인만 인공호흡 시행. 일반인인 경우, 가슴 압박 소생술만 시행해도 됨)**
- 가슴 압박과 인공호흡을 반복함
- 자동심장충격기(AED)를 사용하며 지시에 따름



1 심정지 및 무호흡 확인



2 119 신고 요청



3 가슴 압박 30회



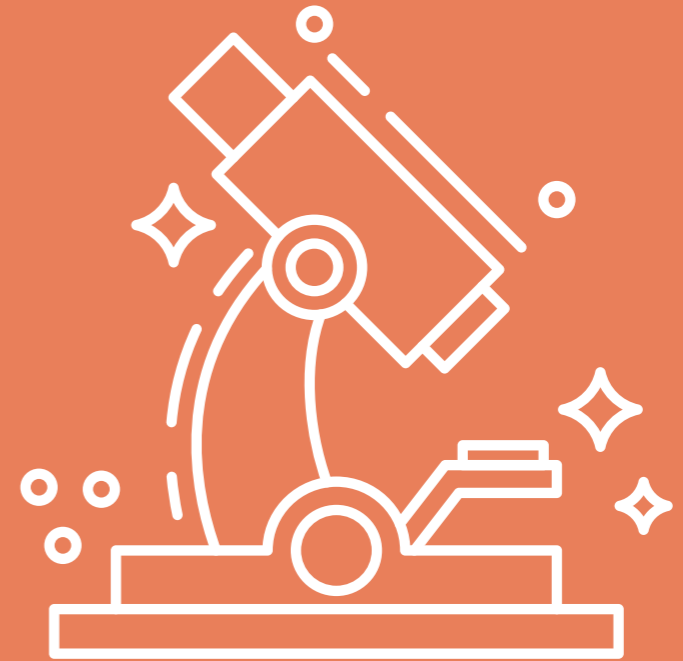
4 인공호흡 2회



5 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 | 42 |

? 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

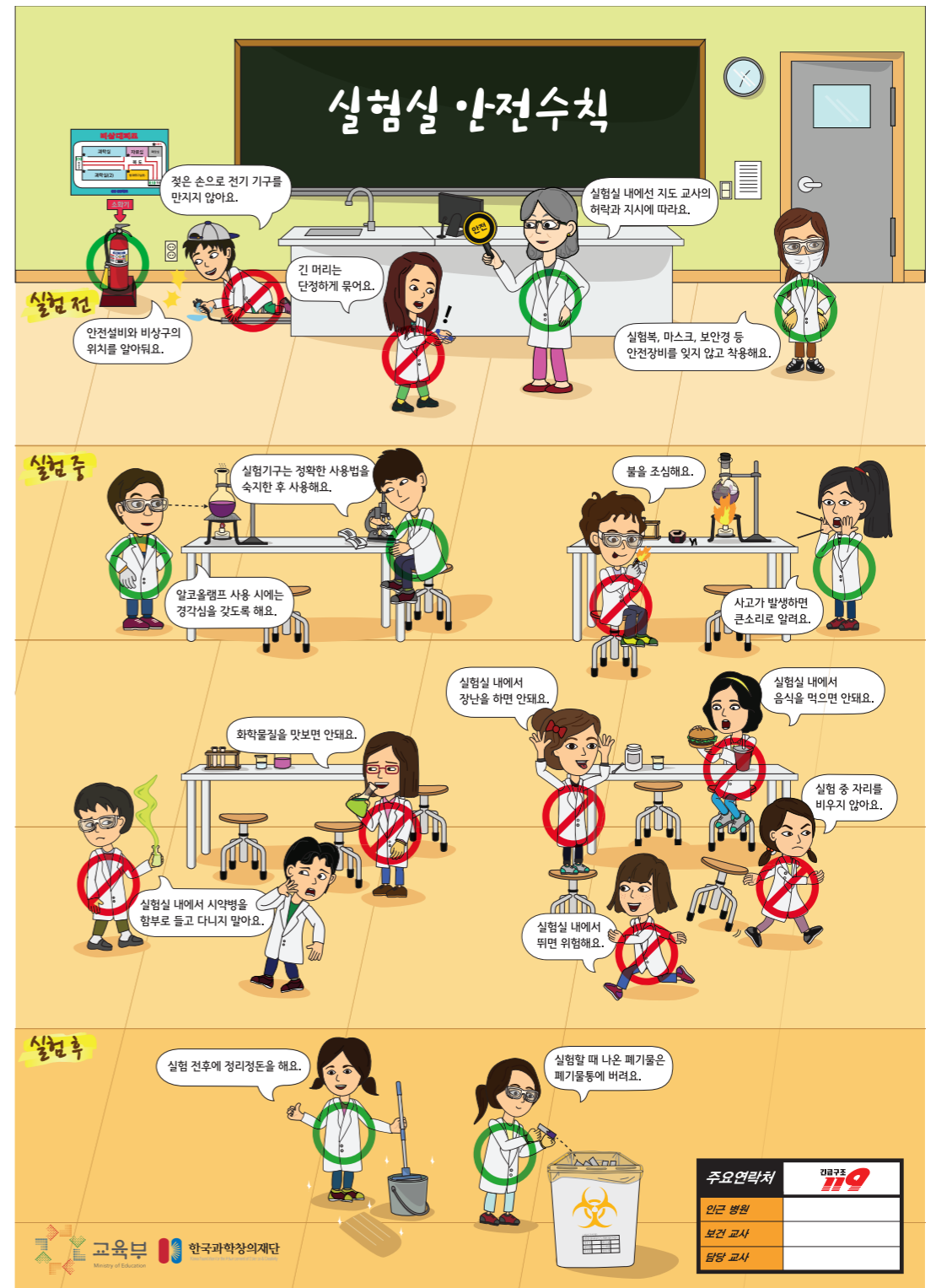
• 비상연락망 및 비상대피로 확보, 게시

- ※ 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

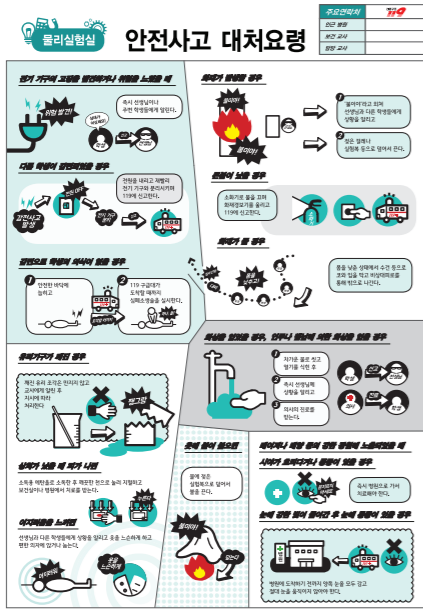
- 과학교구 및 기자재 정리 정돈
- 시약별 분류 보관 및 독극물 분류 보관, 잠금장치 철저
- 밀폐형 시약장에 흡후드를 설치하고, 근무자와 분리하며 부득이한 경우 분리대를 설치
- 폐수·폐기물 처리 지침(별도 안내)에 의거 보관 및 이중 잠금 철저
- 폐수보관함 설치 및 이중 잠금
- 위험 물질 별도 보관 및 취급주의 표시 의무

❓ 과학실험실 안전수칙

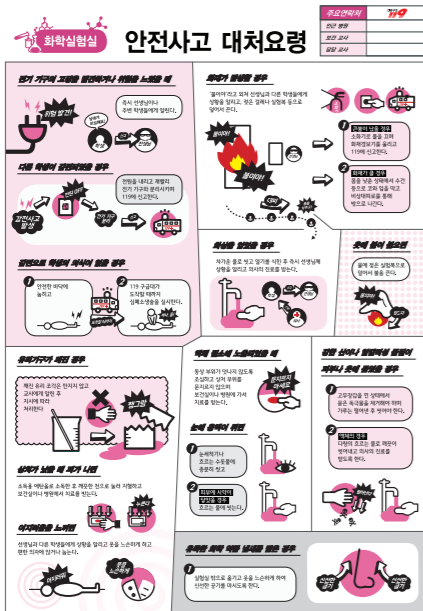


❓ 과학실험실별 안전사고 대처요령

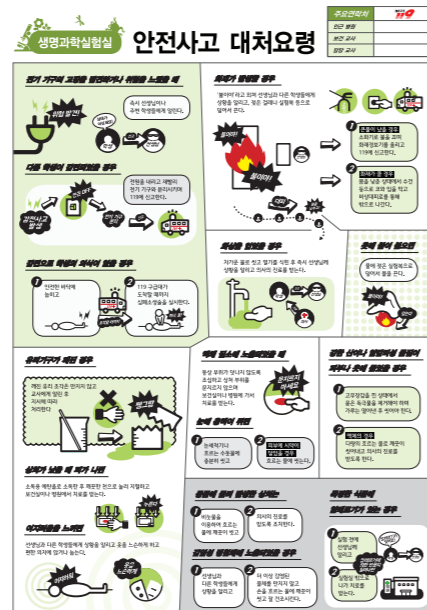
“사이언스올(http://www.scienceall.com)-과학지식-과학교육-[안전] 과학실험실 안전자료”에 과학실험실별 안전사고 대처요령이 게시물(포스터)로 출력할 수 있는 파일로 탑재되어 있다.



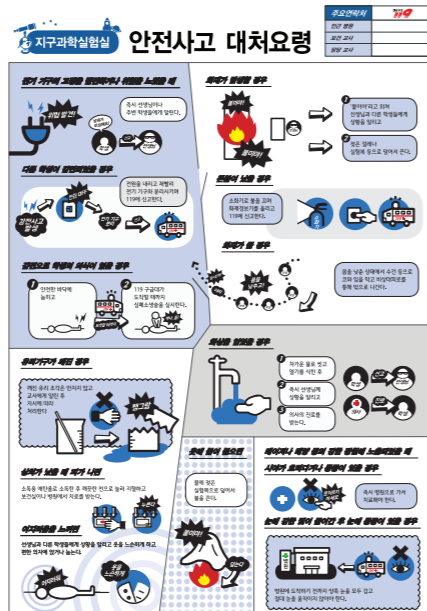
물리실험실 안전사고 대처요령



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

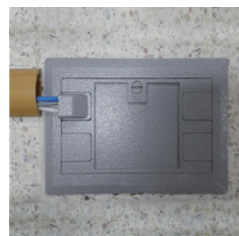
? 전기 시설 종류와 관리

■ 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

■ 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



배전반

누전차단기 작동 시 trip 위치

[그림 출처: 박아론, 배전반 쉽게 알기]

? 전기용품 사용 방법

■ 전기용품의 올바른 사용 사례



- 전기용품 안전 인증 표시가 있는 전기용품 사용



- 장갑 등 안전장구 착용



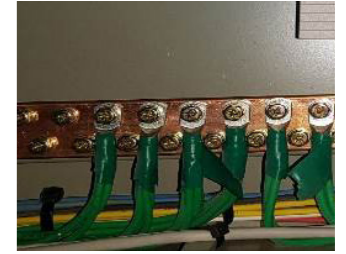
- 전선 연결 부분
- 절연 테이프를 감아 절연



- 전선 보호 덮개 사용

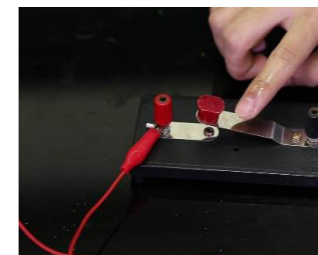


- 전기기구 사용 후 멀티콘센트는 바로 분리하여 수거



- 습기 있는 상태에서 실험할 때
- 접지 여부 확인

■ 전기용품의 잘못된 사용 사례



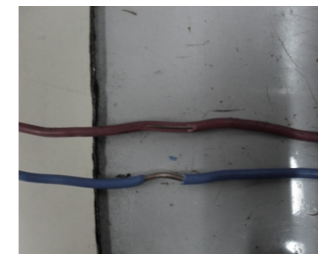
- 물 묻은 손으로 전기 기구 조작 금지



- 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 탄화로인한 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

• 감지기의 감지 시간은 '연기→불꽃→열' 감지기 순으로 지연됨

■ 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

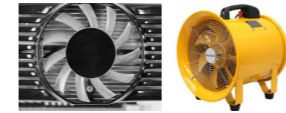
❓ 소화시설 및 경보시설 안전 점검 사항

| 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

<마스크>

- 유독 기체의 흡입, 유독 화학물질의 음용으로 부터 신체 보호
- 감염원으로부터 신체 보호

<실험복>

- 유독 화학물질로부터 신체 보호
- 파손된 실험기구나 날카로운 실험도구로부터 신체 보호

<안전화>

- 유독 화학물질로부터 발 보호
- 실험기구의 낙하로부터 발 보호



<눈 보호구>

- 유독 화학물질로부터 눈 보호
- 강한 빛(레이저), 파편으로부터 눈 보호
- 감염으로부터 눈 보호

<보호 장갑>

- 유독 화학물질로부터 손 보호
- 날카로운 실험도구, 파편, 열원 등으로부터 손 보호
- 감염원으로부터 손 보호

? 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 μ 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 과학실험실에서 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 박 모양(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) | 58 |
| 3-3 안전한 탐구활동(생명과학) | 64 |
| 3-4 안전한 탐구활동(화학) | 70 |

2015 개정 교육과정 중학교 물리학

힘에서 전기력, 자기력이 빠지고 부력이 추가되었으며 힘의 합성과 합력을 다루지 않고, 빛과 파동에서는 상 작도가 삭제되었다. 운동은 중 3학년으로, 힘과 운동 관계는 고등학교로 이동하며 열과 우리 생활은 중 2학년으로 이동하였다.

| 영역 | 핵심개념 |
|--------|---------------------|
| 힘과 운동 | 시공간과 운동, 힘, 역학적 에너지 |
| 전기와 자기 | 전기, 자기 |
| 열과 에너지 | 열평형, 열역학 법칙, 에너지 전환 |
| 파동 | 파동의 종류, 파동의 성질 |

힘과 운동 영역의 탐구활동

자유 낙하 운동 분석



<탐구활동 개괄>

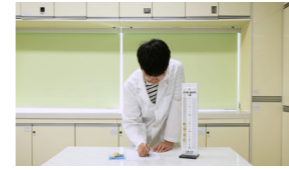
질량이 다른 두 물체가 자유 낙하 할 때 시간에 따른 속도 변화를 비교한다.



<안전 가이드>

- 진공 낙하 실험 장치를 뒤집을 때는 주변에 사람이나 책상 등에 의해 부딪히지 않도록 공간을 확보하고 탐구활동을 수행해야 한다.
- 장치가 깨질 수 있다는 상황을 전제하여 장갑 및 보안경을 착용한다.

용수철을 이용하여 물체 무게 측정하기, 액체 속에서 물체의 부력 측정



<탐구활동 개괄>

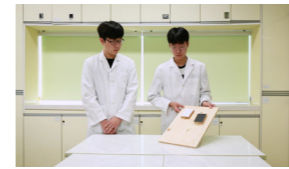
용수철이 늘어난 길이를 이용하여 물체 무게를 측정해 본다.



<안전 가이드>

- 용수철을 사용할 때에는 천천히 잡아당기거나 천천히 놓도록 하고 추를 걸어놓은 용수철이 흔들리거나 갑자기 놓아서 추가 떨어지는 일이 없도록 주의해야 한다.

면의 기울기를 이용하여 물체 마찰력 비교



<탐구활동 개괄>

빗면의 기울기를 이용하여 마찰력 크기를 비교해 본다.



<안전 가이드>

- 사용하는 나무 도막과 나무판은 미리 표면을 다듬어서 가시가 일어나지 않도록 해야 한다.
- 사포 면으로 피부를 문지르는 장난을 하지 않도록 주의해야 한다.

전기와 자기 영역의 탐구활동

마찰 전기를 이용하여 정전기 유도 현상 실험



<탐구활동 개괄>

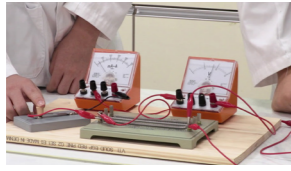
검전기에서의 정전기 유도 현상을 관찰하여 물체의 대전 여부를 확인한다.



<안전 가이드>

- 유리로 된 기구를 다룰 때는 항상 서로 부딪히거나 떨어뜨리지 않도록 주의해야 한다.

■ 저항, 전류, 전압 사이의 관계 탐구



<탐구활동 개괄>

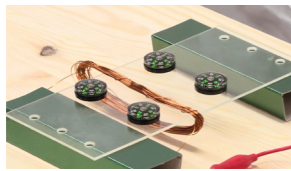
전압에 따른 전류의 세기를 측정하여 전압과 전류의 관계를 설명해 본다.

<안전 가이드>

- 전원 장치의 스위치를 켜기 전에 전압 조절 나사는 가장 낮은 상태로 돌려놓고, 전압계와 전류계를 바르게 연결하며, 전원 장치의 스위치를 누른 후 전압을 서서히 올린다
- 실험 중에는 반드시 면장갑을 끼고 집게 전선의 집게 부분 및 니크롬선이 노출된 부분에 가급적 손이 닿지 않도록 해야 한다.



■ 전류가 흐르는 코일 주위에 생기는 자기장 관찰



<탐구활동 개괄>

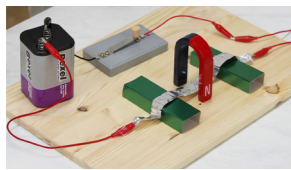
전류가 흐르는 코일 주위에 생기는 자기장을 관찰한다.

<안전 가이드>

- 실험 중에는 반드시 장갑을 착용하며 칼을 사용할 때 손을 베이지 않도록 주의해야 한다.
- 탐구활동 중에 스위치는 짧게 눌러서 나침반의 움직임을 관찰하는 것이 좋다.



■ 자기장에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘 관찰



<탐구활동 개괄>

자기장에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘을 설명한다.

<안전 가이드>

- 스위치를 닫고 알루미늄 포일의 움직임을 관찰할 때 스위치를 닫는 순간에 알루미늄 포일의 움직임이 잘 보이므로 스위치를 길게 누르지 말고 짧게 누르면서 움직임을 관찰하는 것이 좋다.
- 스위치를 길게 누르고 있으면 알루미늄 포일이 금방 뜨거워진다.



? 열과 에너지 영역의 탐구활동

■ 온도가 다른 두 물체를 접촉할 때 온도 변화 설명



<탐구활동 개괄>

온도가 다른 두 물체 접촉 시 시간에 따른 물체 온도 변화 그래프를 분석하여 입자 운동을 설명해 본다.



<안전 가이드>

- 열량계에 뜨거운 물을 넣을 때는 찬물이 담긴 알루미늄 컵을 넣었을 때의 부피를 고려하여 너무 많은 양을 넣어 넘치지 않도록 주의한다.

■ 질량이 같은 두 물체의 비열 비교

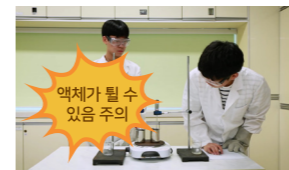


<탐구활동 개괄>

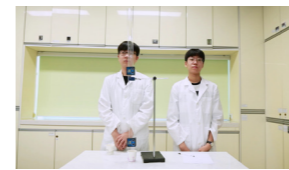
질량이 같은 두 액체를 가열할 때 온도 변화를 측정하여 비교한다.

<안전 가이드>

- 가열 장치를 사용할 때에는 반드시 내열 장갑을 착용하도록 한다. 액체가 될 경우를 대비하여 실험복과 보안경도 반드시 착용해야 한다.
- 탐구 활동이 끝난 후에는 비커의 내용물이 완전히 식을 때까지 기다려서 안전하게 식었다고 판단이 되면 기구를 정리하도록 한다.



■ 자유 낙하하는 물체에서의 역학적 에너지 설명



<탐구활동 개괄>

자유 낙하 운동에서 역학적 에너지가 일정한 것을 설명해 본다.

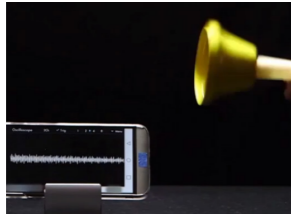
<안전 가이드>

- 쇠구슬을 사용하지 않을 때에는 작은 통에 넣거나 바닥에 휴지 등을 깔아 놓아 구르지 않도록 한다.
- 바닥에 설치하는 모래를 담은 컵이 넘어져서 쇠구슬이 굴러 나갈 수 있으므로 컵이 넘어지지 않도록 바르게 설치해야 한다.



? 파동 영역의 탐구활동

■ 소리의 진폭, 진동수, 파형 탐구



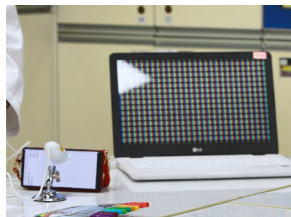
<탐구활동 개괄>

여러 가지 소리의 진폭, 진동수, 파형을 관찰하여 차이를 설명해 본다.

<안전 가이드>

- 스마트 기기를 떨어뜨리거나 부딪히지 않도록 하며 악기를 연주할 때 스마트 기기에 부딪히지 않도록 주의한다.
- 악기를 연주할 때 다른 사람의 귀에 가까이 대고 연주하지 않도록 한다.

■ 빛의 합성 탐구



<탐구활동 개괄>

영상 장치에서 여러 가지 색이 표현되는 원리를 알아본다.

<안전 가이드>

- 관찰 장치 연결 후에는 가급적 기기나 학생이 이동하는 일을 삼가도록 하고 이동이 필요할 때에는 선의 연결을 잘 살핀 후 움직이도록 한다.

■ 거울과 렌즈에 의한 상의 특징 관찰



<탐구활동 개괄>

평면거울, 볼록 거울, 오목 거울과 볼록 렌즈, 오목 렌즈를 통해 나타나는 상을 관찰하고 비교 설명해 본다.

<안전 가이드>

- 볼록 렌즈로 멀리 있는 대상을 관찰할 때 태양을 향하지 않도록 주의해야 한다. 특히 볼록 렌즈는 빛을 한 점으로 모으고 있으므로 심각한 시력 손상이 발생할 수 있다. 실외 뿐 아니라 실내에서도 전등을 향해 렌즈를 들고 보는 일이 없도록 주의해야 한다.
- 볼록렌즈를 사용할 때에는 가급적 주변에 종이 등 탈수 있는 물건을 두지 않는다.

알아두면 좋아요!



물리학 시간에 많이 일어나는 사고

1. 힘과 운동 관련 사고

- 다양한 낙하 실험이 진행될 때 낙하하는 물체가 목표지점이 아닌 곳에 낙하하여 부상이 발생하거나 기구가 파손되는 경우가 있다. 낙하물이 목표지점에 정확하게 떨어지도록 주의하고 목표지점에 안전장치를 두어 낙하물이 튀거나 굴러가지 않도록 해야 한다.
- 용수철을 사용할 때 갑자기 당기거나 놓아서 탄성에 의해 상처를 입는 사고가 발생하는 경우가 있다. 용수철은 반드시 천천히 잡아당기고 천천히 놓도록 해야 한다.
- 마찰력 실험에 사용하는 나무 도막과 나무판에서 가시가 일어나 피부에 손상이 발생하는 경우가 있으므로 나무의 표면을 다듬어서 가시가 일어나지 않도록 해야 한다. 또한 사포 면으로 피부를 문지르는 장난을 하지 않도록 주의해야 한다.

2. 전기와 자기 관련 사고

- 감전 사고는 전원 장치, 콘센트, 전원 스위치 등을 조작할 때 주로 발생한다. 전원 장치의 스위치를 켜기 전에 전압 조절 나사는 가장 낮은 상태로 놓고 전기 회로를 바르게 연결한 후 전원 장치의 스위치를 누른 후 전압을 서서히 올리며 실험해야 하고 손이 젖은 상태에서 절대로 전기기구를 만지면 안 된다.
- 노출된 니크롬선에 금속 물질로 접촉하는 경우에도 감전 사고가 발생한다. 실험 중에는 면장갑을 끼고 집게 전선의 집게 부분 및 니크롬선이 노출된 부분에 가급적 손이 닿지 않도록 해야 한다. 저항이 큰 알루미늄 포일이나 니크롬선은 열이 쉽게 발생하므로 전류가 흐르는 상태에서 접촉하면 화상을 입을 수도 있으므로 만지지 않아야 한다.
- 건전지 사용 실험 후 건전지와 분리되지 않은 도선이 서로 접촉하여 전류가 흐르게 되면 서서히 열이 발생하여 화재가 발생할 수 있다. 실험 후에는 반드시 건전지를 안전하게 분리하여 별도로 보관하여야 한다.

3. 파동 실험 관련 사고

- 스마트 기기를 이용하여 파동의 형태를 알아보는 실험에서 소리를 발생시키는 악기로 다른 사람의 귀에 가까이 대고 연주하면 청력에 이상을 일으킬 수 있으므로 사람을 향하지 않도록 주의한다.
- 볼록렌즈나 오목거울은 빛을 모으므로 멀리 있는 대상을 관찰할 때 태양을 향하지 않도록 주의해야 한다.

2015 개정 교육과정 중학교 지구과학

별자리와 좌표계가 중학교 과정에서 삭제되었고, 빙하, 태양계, 우주개발 및 대폭발설에 대한 내용이 축소되었다. 판구조론과 지진파, 대기 대순환과 탄소 순환은 고등학교로 이동하였으며, 물과 해양자원을 통합하고 해류와 조류를 함께 다루도록 구성되었고, 풍화 과정에 토양 생성과정이 추가되었다.

| 영역 | 핵심 개념 |
|--------|------------------------------------|
| 고체 지구 | 지구계와 역장, 판구조론, 지구 구성 물질 |
| 대기와 해양 | 해수의 성질과 순환, 대기의 운동과 순환 |
| 우주 | 태양계의 구성과 운동, 별의 특성과 진화, 우주의 구조와 진화 |

고체 지구 영역의 탐구활동

■ 지구 내부 구조 제작



<탐구활동 개괄>

두꺼운 종이를 잘라 맞물리게 끼워넣어 지구 내부 구조 모형을 만든다. 이 외에도 부채꼴로 자른 종이에 층별로 색칠한 후 모아붙이거나, 원뿔형으로 만든 투명 필름 속에 점토를 채우거나, 색 모래나 음식 재료 등을 용기에 채워 넣는 방법 등으로 다양하게 지구의 내부 구조 모형을 만들 수 있다.



<안전 가이드>

- 컴퍼스, 가위, 칼 등의 날카로운 도구 및 날카로운 면이 있는 모형을 조심하도록 지도한다.
- 칼로 자를 때는 커팅 매트를 사용하고, 칼 대신 가위를 사용하는 것이 덜 위험하다.
- 실험 재료로 음식을 사용하는 경우, 보관 과정에서 상하거나 오염될 수 있으므로 섭취하지 않도록 지도한다.

■ 광물과 암석의 특성 관찰 및 분류



<탐구활동 개괄>

광물의 결정형, 조흔색, 상대적 굳기, 깨짐과 쪼개짐, 염산 반응 등의 특성을 이용하여 광물을 구별해 본다. 돋보기로 암석의 색, 구성 광물을 관찰하고 염산 반응을 통해 탄산염 광물로 이루어진 암석을 구분해 본다.



<안전 가이드>

- 표본 상태가 날카롭지 않은지 미리 확인한다.
- 광물을 과격한 힘으로 서로 부딪히거나 긁지 않도록 한다.
- 광물과 암석 가루를 흡입하지 않도록 마스크를 착용하고 환기 시설을 가동한다.
- 지질망치와 염산 사용 시 보안경과 장갑을 착용한다.
- 지질망치는 금속 일체형 지질망치를 사용한다.
- 지질망치 사용 시 안전 공간을 확보하고, 표본에 여러 겹의 종이나 천을 대어 파편이 튀는 것을 막는다.
- 묽은 염산은 저농도로 소량 사용하며, 여분의 묽은 염산은 수거 후 폐기물 처리한다.
- 암염은 짠 맛으로, 이암은 혀를 끌어당기는 느낌으로 호기심을 유발할 수 있으나, 공용 암석은 맛보거나 먹지 않도록 지도한다.



■ 암석의 생성 과정 관련 실험



<탐구활동 개괄>

여러 종류의 초콜릿을 녹이며 마그마의 생성을, 다시 굳히며 화성암의 생성을, 굳은 초콜릿을 잘게 쪼개 틀에 넣고 압력을 가해 뭉치며 퇴적암의 생성을 표현해 본다. 덩어리 치즈나 마시멜로를 넣은 식빵을 누르는 과정을 통해서도 변성암의 엽리 생성 과정을 알 수 있다.

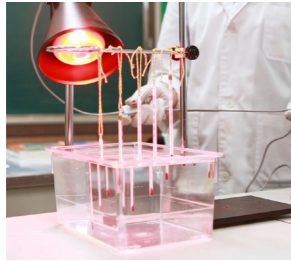


<안전 가이드>

- 열을 가하는 실험을 할 때는 장갑을 착용한다.
- 초콜릿은 불에 바로 가열하면 타거나 튀어오를 수 있으므로 직접 가열하지 않고 끓는 물에 증탕을 하며 잘 저어 준다.
- 실험 재료인 음식물은 섭취하지 않도록 지도한다.

? 대기와 해양 영역의 탐구활동

■ 해수의 연직 수온 분포 실험, 복사 평형 실험



<탐구활동 개괄>

- **해수의 연직 수온 분포 실험:** 수조에 물을 채운 후 적외선 등을 비추고 선풍기 바람을 일으키면서 서로 다른 깊이에서의 해수의 수온 분포를 측정한다.
- **복사 평형 실험:** 적외선 등을 검은색 알루미늄 컵에 비추면서 일정한 시간 간격으로 컵 속의 온도를 측정해 복사 평형을 이루는 과정을 실험한다.

<안전 가이드>

- 물이 묻은 손으로 플러그를 다루지 않도록 하고, 쓰지 않는 콘센트에는 실험 중 물이 들어가지 않도록 안전 커버로 잘 막아둔다.
- 전기 기구와 멀티 콘센트의 전선은 실험 중 손발에 걸리지 않게 잘 정리한다.
- 뜨거워진 적외선 등을 다룰 때 장갑을 착용하고, 사용이 끝난 적외선 등은 충분히 식은 후에 정리한다.



■ 구름 발생 실험



<탐구활동 개괄>

간이 가압장치에 액정 온도계와 약간의 물, 향 연기를 넣고 펌프를 여러 번 눌러 공기를 압축했다가 뚜껑을 열어 본다. 이때 일어나는 내부 변화를 관찰하면서 구름 생성 과정과 비교해 본다.

<안전 가이드>

- 향에 알레르기가 있는 학생을 미리 파악하고, 환풍기를 작동시킨다.
- 향 연기 및 마개가 튀어나갈 위험에 대비해 보안경을 착용한다.
- 탄성이 있는 펌프는 조심히 다루고, 마개는 천정 쪽으로 향하도록 한다.
- 점화기 사용 시 불꽃 세기를 적절히 조정하고, 장갑을 착용한 후 실험한다.



■ 기압 관련 실험



<탐구활동 개괄>

물을 채운 유리컵 입구를 종이로 덮은 후 뒤집어 보거나, 나무젓가락 위에 신문을 덮고 내리쳐 보면서 기압의 작용을 탐구한다. 진공 실험 장치에 풍선을 넣고 공기를 빼거나 압축하면서 풍선의 모양을 관찰하여 기압이 사방으로 작용하는 것을 관찰한다.

<안전 가이드>

- 유리 기구는 조심히 다루고, 가능하면 플라스틱 기구로 대체해 사용하도록 한다.
- 바닥에 물이 떨어져 미끄러워지지 않도록 큰 수조를 활용하고, 흘린 물은 바로 닦는다.
- 나무젓가락을 내리칠 때 주변 공간을 확보하고 장갑과 보안경을 착용한다.
- 진공 실험 장치로 공기를 빼낼 때 반동으로 다칠 수 있으므로 얼굴을 펌프 가까이 가져가지 않도록 주의한다.



? 우주 영역의 탐구활동

■ 달의 크기 측정

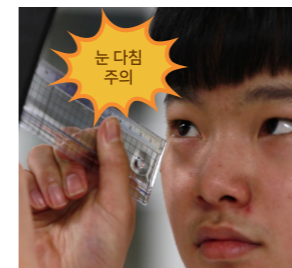


<탐구활동 개괄>

두꺼운 종이에 구멍을 뚫고, 막대 자가 들어가도록 홈을 파서 끼워 넣은 후, 종이를 앞뒤로 움직여 구멍에 달(모형)이 꼭 들어맞도록 한다. 이때 구멍의 크기, 구멍과 눈 사이의 거리, 달(모형)과 눈 사이의 거리를 측정하여 달(모형)의 크기를 계산해 본다.

<안전 가이드>

- 칼이나 가위, 펀치를 다룰 때 조심하고, 커팅 매트와 장갑을 사용한다. 얇은 나무 스틱에 펀치로 구멍을 내서 사용하는 것이 보다 안전하다.
- 딱딱한 자보다는 부드러운 줄자나 실을 이용하여 측정하는 것이 보다 안전하다.



■ 망원경을 이용한 관측



<탐구활동 개괄>

망원경, 태양 투영판 및 태양 필터를 사용해 태양을 관측하고, 정렬된 보조망원경을 이용해 달과 행성을 망원경의 시야에 맞춘 후 관측한다.

<안전 가이드>

- 망원경의 부품이 제대로 구성되어 있고, 정상 작동하는지 미리 확인한다.
- 삼각대를 수평으로 맞추고 튼튼하게 설치한다.
- 경통 설치 시 가슴에 밀착해 들어올리고, 다른 한 사람이 보조해 준다.
- 무게추는 힘을 주어 잘 감싸 들고, 추봉의 안전 나사를 반드시 잘 조여 추가 떨어지지 않도록 한다.
- 태양 관측 시 태양 투영판을 이용하면 보다 안전하게 관측할 수 있다. 이때 보조 망원경의 렌즈 뚜껑은 덮어서 막아놓는다.
- 망원경, 보조 망원경, 접안렌즈를 통하여 태양을 직접 보는 일이 없도록 한다.
- 태양 필터는 경통 덮개형을 사용하는 것이 보다 안전하며, 관측 중 벗겨지지 않도록 나사 및 테이프로 단단히 고정한다.
- 망원경 관측 시 눈이 피로해지거나 어지러워질 때 충분히 휴식을 취한다.
- 밤에 관측하면서 별 지시기를 사용할 경우 사람이나 항공기를 잘못 비추지 않도록 조심한다.

■ 우주 팽창 모형 실험



<탐구활동 개괄>

스티커를 붙인 풍선에 공기를 주입해 커질 때의 변화를 관찰하여 우주의 팽창을 설명해 본다.



<안전 가이드>

- 풍선을 입으로 불면 풍선 표면의 가루가 몸으로 들어가거나 어지러움을 유발할 수 있으므로, 풍선에 공기를 넣을 때는 공기 주입기를 사용한다.

알아두면 좋아요!

지구과학 시간에 많이 일어나는 사고

1. 날카로운 물질에 의한 사고

- 칼, 가위, 컴퍼스, 막대자, 지질망치 등 날카로운 부분이나, 암석과 광물의 날카로운 부분에 의해 다칠 수 있다. 날카로운 물질을 이용하거나 관찰할 때는 반드시 장갑을 착용하고, 칼이나 컴퍼스 등을 사용할 때에는 커팅 매트를 사용하도록 한다.
- 온도계, 비커, 수조, 컵, 간이 가압장치, 진공 실험 장치 등을 사용할 때 유리나 플라스틱 제품이 파손되면서 다칠 수 있다. 파손되면서 파편이 튀거나 안의 내용물이 될 때, 깨지면서 신체가 베었을 때 등의 상황에서 어떻게 대처해야 하는지 미리 숙지해 둔다. 깨지기 쉬운 도구는 바구니에 담아 두어 사용하지 않을 때 파손되는 것을 방지한다.

2. 열원 관련 사고

- 핫플레이트 및 점화기를 사용하면서 화상을 입을 수 있다. 핫플레이트는 사용 후 전원을 반드시 끄도록 하고 식을 때까지 만지지 않도록 한다. 점화기는 미리 점검하여 불꽃의 세기를 적절하게 조정해 둔다.
- 뜨거운 물 등 가열된 물체에 의해 화상을 입을 수 있다. 가열 중인 물체나 불꽃은 가까이 들여다보거나 만지지 않도록 지도한다.
- 열원을 다룰 때 긴 머리는 뒤로 묶고, 실험복과 장갑을 착용하며 가까운 곳에 소화기, 방화사 및 소방포 등을 비치하여 화재에 대비해야 한다.

3. 천체 관측 시 사고

- 망원경 경통이나 가대, 추와 같이 무거운 부품이 떨어지거나 움직여서 다칠 수 있다. 망원경 설치 시 삼각대를 수평으로 맞추어 튼튼하게 설치하고 추봉의 안전 나사를 꼭 조인다.
- 관측 시 망원경에 걸려 넘어지거나 부딪혀 다칠 수 있다. 관측 전 이동 동선을 잘 계획한 후 미리 안내하여 망원경과 부딪힐 위험을 줄이고, 학생들끼리 충분한 거리를 유지하도록 한다.
- 태양 관측 시 강한 태양 광선으로 인해 눈에 심각한 피해를 입을 수 있다. 태양은 태양 투영판이나 경통 덮개형 태양 필터를 이용해서 안전하게 관측한다. 태양 필터를 사용할 때는 나사를 꼭 조이거나 테이프로 튼튼히 부착하여 사용해야 하며, 보조 망원경 뚜껑도 반드시 닫아 둔다.
- 상을 찾기 위해 오래 응시하거나, 밝은 보름달을 응시하여 눈이 피로해지고 어지러워지면 휴식을 취하도록 한다.
- 고출력 레이저 포인터(별 지시기) 사용 시 광원을 직접 보면 눈에 심각한 피해를 입을 수 있으므로 주의하도록 한다.

? 2015 개정 교육과정 중학교 생명과학

내용을 살펴보면 현미경 사용법이 초등에서 다루어지면서 중학교 과정에서는 삭제되었고 세포 관찰 과정이 초등학교로 이동했으며 신경계와 내분비계 내용이 축소되었고 생명의 진화, 염색체와 유전의 관계는 고등학교 생명과학으로 이동했으며 중학교 1학년 과정에 진화와 다양성이 추가되었다.

| 영역 | 핵심 개념 |
|-------------|---------------------------------|
| 생물의 구조와 에너지 | 동물의 구조와 기능, 식물의 구조와 기능, 광합성과 호흡 |
| 항상성과 몸의 조절 | 자극과 반응 |
| 생명의 연속성 | 생식, 유전, 진화와 다양성 |

? 동물 실험 관련 법령 안내

동물보호법에 의해 미성년자(19세 미만인 자)의 동물(사체 포함) 해부실습은 원칙적으로 금지되었지만 동물보호법 시행규칙 제23조의2(미성년자 동물 해부실습 금지의 적용 예외)가 시행되면서[2021. 2. 12.](농림축산식품부령 제470호, 2021. 2. 10. 일부개정), 심의위원회를 구성하여 운영해야 한다.



동물보호법 시행규칙 제23조의2(미성년자 동물 해부실습 금지의 적용 예외)

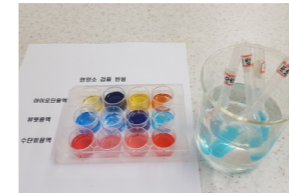
1. 학교가 다음 각 목의 요건을 모두 갖추어 동물 해부실습을 시행하는 경우
 - 가. 동물 해부실습에 관한 사항을 심의하기 위하여 학교에 동물 해부실습 심의위원회를 둘 것
 - 나. 심의위원회는 위원장 1명을 포함하여 5명 이상, 15명 이하의 위원으로 구성하되, 위원장은 위원 중에서 호선하고, 위원은 다음의 사람 중에서 학교의 장이 임명 또는 위촉할 것
 - 1) 과학 관련 교원
 - 2) 시·도 교육청 소속 공무원 및 그 밖의 교육과정 전문가
 - 3) 학교의 소재지가 속한 시·도에 거주하는 수의사, 약사 또는 의사·치과의사
 - 4) 학교의 학부모
 - 다. 학교의 장이 심의위원회의 심의를 거쳐 동물 해부실습의 시행이 타당하다고 인정할 것
 - 라. 심의위원회의 심의 및 운영에 관하여 별표5의2의 기준을 준수할 것
- * [별표5의2] 동물 해부실습 심의위원회의 심의 및 운영기준

? 생물의 구조와 에너지 영역의 탐구활동

■ 영양소 검출

<탐구활동 개괄>

영양소 검출반응(아이오딘 반응, 베네딕트 반응, 수단III 반응, 뷰렛 반응)을 통해 음식물에 든 영양소를 예상하고 확인해 본다.



<안전 가이드>

- 물중탕으로 가열하며 베네딕트 반응을 실험할 때 갑자기 용액이 될 수 있다. 베네딕트 용액과 영양소가 든 시험관을 뜨거운 물이 든 비커에 담가 반응을 관찰할 수도 있다.
- 알코올램프를 사용하여 가열 시 화상을 입지 않도록 유의하고, 시험관 입구가 사람을 향하지 않도록 한다.
- 영양소 검출 시약이나 음식물이 든 용액에 담긴 스포이트에 라벨링을 해서로 섞이거나 피부에 닿지 않도록 한다.
- 홈 판에 시약을 떨어뜨릴 경우 눈을 가까이 하지 않는다.

■ 혈액 관찰

<탐구활동 개괄>

혈액으로 현미경 표본을 제작하고, 현미경 표본 관찰을 통해 혈구 특징을 관찰한다.



<안전 가이드>

- 채혈기로 찌를 때 너무 세게 찌르거나 힘을 주지 않도록 한다.
- 현미경 표본을 제작할 때 덮개 유리를 힘주어 잡거나 밀면 쉽게 깨질 수 있으니 주의한다.
- 혈액이 묻은 솜과 채혈침을 각각 따로 모아 처리한다.
- 뜨거워진 현미경의 광원 장치에 손을 대지 않도록 한다.

■ 광합성 장소와 산물



<탐구활동 개괄>

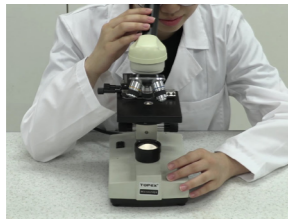
광합성을 한 검정말에서 엽록소를 제거하고 아이오딘 반응을 통해 녹말 생성을 확인하여 광합성 장소가 엽록체임을 확인한다.



<안전 가이드>

- 에탄올이 들어 있는 시험관에 검정말을 넣고 물중탕으로 가열할 때 갑자기 끓어오르지 않도록 주의해야 한다.
- 핫플레이트나 알코올램프처럼 뜨거워진 가열기구를 다룰 때에는 면장갑을 착용하여 화상을 입지 않도록 해야 한다.
- 알코올램프를 사용할 경우 바람이 불지 않도록 창문은 복도 쪽 창문을 열어 환기를 하며, 가까이 가지 않도록 주의해야 한다.
- 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액이 피부에 닿지 않도록 주의한다.

■ 공변세포 관찰



<탐구활동 개괄>

식물 잎 표면에 있는 공변세포를 현미경을 이용하여 관찰한다.

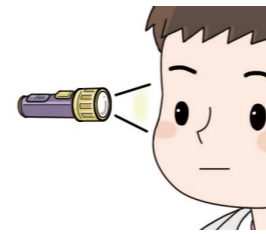


<안전 가이드>

- 현미경은 실험대 안쪽으로 놓도록 지도하고, 전선이 바닥에 놓이는 경우 테이프 등을 사용하여 정리해 둔다.
- 현미경 전원 장치를 연결하기 위해 멀티 콘센트를 사용할 경우 전선이 발에 걸려 넘어지거나 현미경이 실험대에서 떨어져 발을 다치거나 파손되지 않도록 주의해야 한다.
- 현미경 관찰을 하지 않을 때에는 광원 장치를 꺼두도록 하고 사전 안전교육을 통해 광원 장치를 만지지 않도록 지도한다.

? 항상성과 몸의 조절 영역의 탐구활동

■ 시각



<탐구활동 개괄>

맹점을 확인하고, 빛의 양을 조절하는 홍채와 동공의 변화를 관찰한다.



<안전 가이드>

- 손전등으로 너무 오랫동안 눈을 비추지 않도록 하고, 눈의 피로를 느끼면 잠시 눈을 감고 휴식을 취하도록 한다.
- 전기스탠드 갓 부분에 감전되거나 화상을 입을 수 있으므로 실험 전 확인이 필요하다.
- 눈 구조 모형을 만들 경우 컴퍼스, 가위, 칼 등의 도구를 사용할 때 조심해야 한다.

■ 자극 반응(무릎반사)



<탐구활동 개괄>

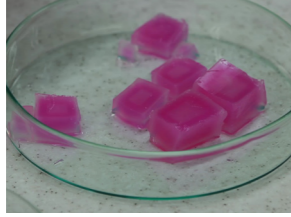
고무망치를 사용하여 무조건 반사를 경험해 본다.

<안전 가이드>

- 무릎반사를 하게 될 학생은 발이 바닥에 닿지 않도록 앉게 하고, 다리에 힘을 빼도록 한다.
- 고무망치로 무릎뼈 바로 아랫 부분을 가볍게 두드리도록 하며, 너무 세게 치지 않도록 한다.

❓ 생명의 연속성 영역의 탐구활동

■ 표면적과 부피 관계



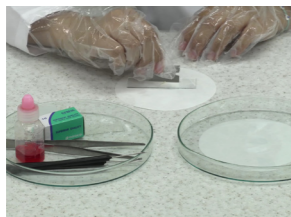
<탐구활동 개괄>

한천이나 우무 조각을 사용하여 물든 부분을 관찰하여 표면적과 부피의 관계를 토대로 세포분열이 필요한 이유를 이해한다.

<안전 가이드>

- 수산화나트륨 수용액과 페놀프탈레인 용액은 피부에 자극적이므로 피부나 옷에 직접 닿지 않아야 하며, 반드시 실험용 장갑을 착용하도록 하여야 한다.
- 수산화나트륨 수용액 대신 비눗물을 사용하는 경우 바닥이 미끄러워질 수 있어 주의해야 한다.
- 비커에서 한천이나 우무 조각을 꺼낼 때 동시에 꺼내며 페트리 접시 등에 꺼내 놓을 때 쉽게 미끄러질 수 있다.
- 안전 면도날이나 커터 칼을 사용할 때 매끈한 표면을 자르다가 다칠 수 있다.

■ 체세포 분열



<탐구활동 개괄>

양파 뿌리를 사용하여 고정, 해리, 염색 과정 후 체세포 분열을 관찰한다.

<안전 가이드>

- 해리까지 완료된 양파 뿌리를 사용하거나 현미경 표본을 가지고 관찰할 수 있다.
- 안전 면도날이나 해부 침을 사용할 때 손을 다치지 않도록 조심하고, 페트리 접시와 같은 정해진 위치에 놓아 다른 친구들이 실험 중 베이는 일이 없도록 한다.
- 관찰을 하는 과정에서 뜨거워진 현미경의 광원 장치에 데이지 않도록 주의해야 한다.
- 고정액이나 해리액, 염색약을 사용할 때 피부나 옷에 직접 닿지 않도록 주의해야 하고 실험 후 정해진 폐수 통에 모아 처리한다.

알아두면 좋아요!

생명과학 시간에 많이 일어나는 사고

1. 현미경 관련 사고

- 현미경 전원 장치를 연결하기 위해 멀티 콘센트를 사용할 경우, 전선이 발에 걸려 넘어 지거나 현미경이 실험대에서 떨어져 발을 다치거나 파손될 수 있다. 현미경은 실험대 안쪽으로 놓도록 지도하고, 전선이 바닥에 놓이는 경우 테이프 등을 사용하여 정리해 둔다.
- 현미경으로 관찰하며 광원 장치를 계속 켜둘 경우 광원 장치가 뜨거워져 화상을 입을 수 있으므로, 현미경 관찰을 하지 않을 때에는 광원 장치를 꺼 두도록 하고 사전 안전교육을 통해 광원 장치를 만지지 않도록 지도한다.
- 현미경 표본을 만들 때 받침 유리와 덮개 유리는 끝이 날카로우 손 베일 수 있다. 받침 유리나 덮개 유리를 잡을 때에는 가장자리를 조심스럽게 잡도록 하고 실험대 위에 페트리 접시 등을 두어 정해진 위치에 두고 사용하도록 하여 실험대에서 떨어뜨리거나 손을 잘못 짚어 베이지 않도록 한다.

2. 가열 관련 사고

- 핫플레이트나 알코올램프를 사용하여 가열할 때 가열기구가 뜨거워져 화상을 입을 수 있으므로 면장갑을 착용하여 화상을 입지 않도록 한다.
- 알코올램프를 사용할 때 바깥쪽 창문에서 바람이 불어 가까이에 있던 학생이 얼굴이나 머리 등에 화상을 입을 수 있다. 알코올램프를 사용할 경우 창문은 바람이 불지 않도록 복도 쪽 창문을 통해 환기를 하도록 하며 가까이 가지 않도록 주의해야 한다.

3. 기타 실험 관련 사고

- 검출 시약, 염색약, 페놀프탈레인 용액과 같은 지시약이나 수산화 나트륨 수용액 등 약품을 사용하는 경우 반드시 실험용 장갑을 착용하고 피부에 닿지 않도록 한다.
- 공변세포 관찰이나 우무 조각 자르기 등 안전 면도날을 사용할 때 미끄러져 손을 베이지 않도록 주의한다.

? 2015 개정 교육과정 중학교 화학

지난 2009 개정 교육과정과 영역은 동일하며, 핵심 개념과 실험도 비슷하지만 크로마토그래피와 기체 반응 법칙에 대한 실험이 추가되었다.

| 영역 | 핵심개념 |
|--------|-------------------------|
| 물질의 구조 | 물질의 구성 입자 |
| 물질의 성질 | 물리적 성질과 화학적 성질, 물질의 상태 |
| 물질의 변화 | 물질의 상태 변화, 화학반응, 에너지 출입 |

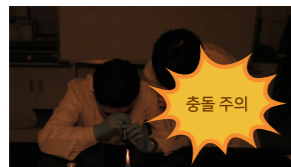
? 물질의 구조에 대한 탐구활동

■ 스펙트럼 관찰



<탐구활동 개괄>

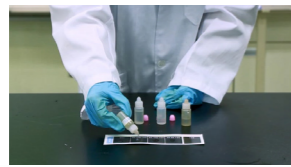
불꽃 반응을 분광기로 관찰하여, 스펙트럼을 확인해 본다.



<안전 가이드>

- 불꽃 반응을 가까이 보기 위해 학생들이 분광기를 눈에 대고 불꽃 근처에 가까이 가면서 사고가 날 수 있으므로 한 사람씩 볼 수 있도록 지도한다.

■ 양금 반응으로 이온 확인



<탐구활동 개괄>

이온을 확인하기 위해 다양한 시약을 이용하여 양금을 확인한다.



<안전 가이드>

- 스포이트를 이용해 장난을 치다 눈에 들어가거나 피부에 묻는 경우가 많으므로 안전장구를 착용하게 하고 장난을 치지 않도록 주의시킨다.
- 폐수 처리를 바르게 하고 폐수가 적게 나오게 하기 위해 small scale로 실험을 수행한다.

■ 원소의 불꽃 반응



<탐구활동 개괄>

증발 접시에 여러 시약과 에탄올을 넣어 가열하면서 불꽃색을 비교해 본다.



<안전 가이드>

- 불꽃 반응에 사용되는 수많은 시약이 옷이나 피부에 묻을 가능성이 있으므로 보호 장갑과 보안경, 실험복을 입고 실험한다.
- 가열용기(증발 접시)를 만져서 화상을 입을 가능성이 있으므로 반드시 면장갑을 착용하고 실험할 수 있도록 한다.
- 증발 접시가 엎어져서 화재가 발생할 수 있으므로, 젖은 걸레를 테이블에 비치해 둔다.
- 에탄올은 GHS/MSDS에 등록된 시약으로 눈에 들어갈 경우 실명 위험이 있으므로 주의시킨다.

? 물질의 성질에 대한 탐구활동

■ 사를의 법칙



<탐구활동 개괄>

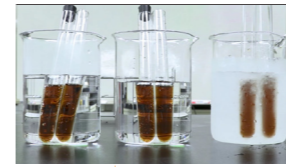
뜨거운 물에 찌그러진 탁구공을 넣거나 오줌싸개 인형을 관찰하면서 기체의 부피와 온도와의 관계를 알아본다.



<안전 가이드>

- 학생들에게 뜨거운 물을 나눠줄 때나, 학생들이 뜨거운 물을 부을 때 화상의 위험이 있으므로 면장갑을 끼고 주의할 수 있도록 지도한다.

■ 기체의 용해도 실험



<탐구활동 개괄>

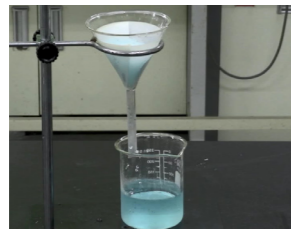
탄산음료에 포함된 이산화탄소의 용해도가 온도와 압력에 따라 어떻게 변하는지 확인해 본다.



<안전 가이드>

- 뜨거운 물을 옮기다가 화상을 입을 수 있으므로 면장갑을 착용한다.
- 탄산음료를 몰래 마시지 않도록 주의시킨다.

■ 혼합물의 분리



<탐구활동 개괄>

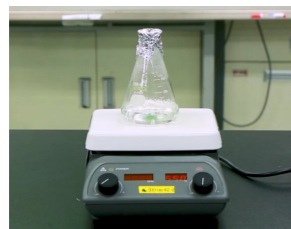
온도에 따라 용해도 차이가 큰 물질과 작은 물질이 혼합되어 있을 때 재결정을 이용하여 분리하는 실험과 섞이지 않는 액체 혼합물을 밀도차를 이용하여 분리해 본다.

<안전 가이드>

- 재결정 실험은 깔때기, 비커, 유리막대 등의 유리 기구를 사용하며, 밀도차를 이용한 분리 실험에서는 분별깔때기, 눈금 실린더, 비커 등의 유리 기구가 사용된다. 학생들의 부주의로 유리 기구를 치거나 바닥에 떨어뜨려 깨트리거나 다칠 수 있으므로 충분히 주의를 주도록 한다. 또한 유리 기구가 바닥으로 떨어지지 않도록 바구니에 넣어서 실험할 수 있도록 한다.
- 약품을 사용할 때 손이나 옷에 묻지 않도록 안전 장구를 착용하고 실험할 수 있도록 한다.
- 기체의 용해도 실험이나 재결정 실험 시 뜨거운 물을 사용할 때 면장갑을 착용하여 화상을 예방한다.

? 물질의 변화에 대한 탐구활동

■ 물의 상태 변화 관찰



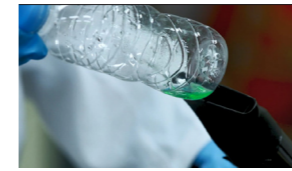
<탐구활동 개괄>

물의 상태 변화를 확인하기 위해 물을 끓이고 삼각플라스크 입구에 염화 코발트 종이를 대어 물임을 확인한다.

<안전 가이드>

- 가열을 오래하면 삼각 플라스크가 깨질 위험이 있으므로 반드시 가열이 가능한 삼각 플라스크(파이렉스 또는 석영으로 만든 유리 기구)인지 확인하여 제공한다.
- 물을 끓이면 수증기가 밖으로 빠져나오는데, 이때 수증기 온도가 높으므로 학생들이 손이나 얼굴을 가까이 대지 않도록 주의시킨다.
- 실험을 마치고 난 후 핫플레이트와 삼각 플라스크는 매우 뜨겁기 때문에 학생들이 화상을 입지 않도록 주의시키고, 실험을 마친 후 바로 뒷정리를 하지 않으며 면장갑을 끼도록 한다.

■ 물질의 상태 변화(기화) 관찰



<탐구활동 개괄>

페트병에 아세톤을 넣고 가열하면서 상태 변화를 확인한다.

<안전 가이드>

- 일반적으로 가열할 때 머리말리개를 사용하는데, 가열하면서 머리말리개의 입구 부분이나 페트병 부분이 가열되어 화상의 위험이 있다. 학생들에게 면장갑을 끼고 실험할 수 있도록 한다.

■ 물질의 상태 변화(승화) 관찰



<탐구활동 개괄>

드라이아이스를 이용한 물질의 승화를 확인한다.

<안전 가이드>

- 드라이아이스는 영하 80°C의 온도로 맨손으로 잡을 경우 동상을 입게 되므로, 내열 장갑을 반드시 착용하도록 한다.
- 드라이아이스를 페트병과 같은 밀폐된 도구에 보관할 경우 기체가 가득 차서 폭발할 위험이 있으므로 드라이아이스를 숨기거나 가지고 장난치지 않도록 주의한다.

■ 화학 반응의 열출입



<탐구활동 개괄>

철가루를 이용한 발열장치, 수산화 바륨 수화물이나 염화 암모늄을 이용한 냉각장치를 만들어 본다.

<안전 가이드>

- 흡열반응이나 발열반응의 온도가 높지 않기 때문에 화상이나 동상을 입을 가능성은 크지 않다.
- 질산 암모늄은 GHS/MSDS에 등록된 약품이므로 약품을 사용하기 전 GHS/MSDS의 응급대처 상황과 주의사항을 꼼꼼히 익힌다.
- 시약이 피부나 옷에 묻지 않도록 안전장구를 착용하고 실험할 수 있도록 한다. 밀봉하는 과정에서 시약이 묻을 수 있으므로 단단히 밀봉할 수 있도록 한다.

■ 질량 보존 법칙



<탐구활동 개괄>

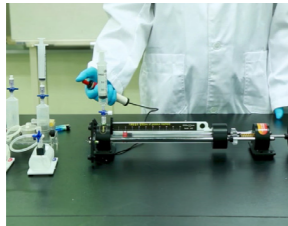
탄산 칼슘과 묽은 염산 등 두 개의 시약을 섞어 질량 변화를 확인해 본다.



<안전 가이드>

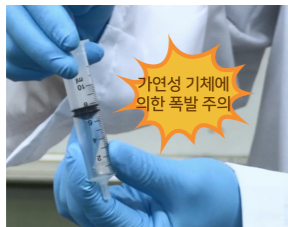
- 묽은 염산 등과 같은 시약을 사용하므로 시약이 피부나 옷에 묻지 않도록 안전장구를 착용하고 실험하며 마개를 꼭 잠글 수 있도록 한다.
- 실험 후 폐시약을 바르게 처리할 수 있도록 안내한다. 특히 기체가 발생하는 실험의 경우 반응 후 병 안에 유리병과 폐시약이 함께 남아 있으므로 장갑을 끼고 처리할 수 있도록 지도한다.
- 학생들이 시약을 바닥에 쏟았을 때는 키친타올이나 흡수포를 이용하여 흡수시키고, 폐기물로 처리할 수 있도록 안내한다.

■ 기체 반응 법칙



<탐구활동 개괄>

수소와 산소 기체를 모아 기체 반응 법칙을 확인해 본다.



<안전 가이드>

- 일반적으로 수소는 금속과 염산의 반응을 이용하여 모으고, 산소는 과산화 수소의 분해 반응을 이용해 모은다. 과산화 수소나 염산이 옷이나 피부에 묻지 않도록 반드시 안전장구를 착용하고 실험하여 기체를 모을 수 있도록 지도한다.
- 생성된 기체는 가연성이 있는 수소와 조연성이 있는 산소이므로, 근처에 화기가 없도록 주의하고 환기가 잘 되는 곳에서 만든다.
- 실험을 마친 후 폐시약을 구분하여 버리도록 지도한다.
- 수소나 산소 등의 기체는 필요한 양만큼만 만들도록 하여 폐시약을 최소화 한다.

알아두면 좋아요!



화학 시간에 많이 일어나는 사고

1. 시약 관련 사고

- 실험 과정에서 시약을 사용할 경우 항상 GHS/MSDS를 찾아보고 어떤 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 사고

- 대부분의 유리 기구와 관련된 사고는 깨지면서 발생한다. 깨진 파편이 튀었을 때, 깨지면서 안에 들어 있던 내용물이 튀었을 때, 깨지면서 신체가 베었을 때 등 실험에 들어가기 전 다양한 상황 대처법을 확인한다.
- 유리 기구는 옮기거나 또는 바닥에 두었을 때 굴러서 떨어져 깨지는 경우가 많으므로 이를 방지하기 위해서 테이블에 작은 바구니를 준비하여 사용하지 않을 때는 반드시 담아 두도록 한다.
- 부피를 측정하는 유리 기구는 가열하지 않는다. 가열할 수 있는 유리 기구는 파이렉스로 된 유리 기구로, 가열 실험을 하기 전 유리 기구의 성분을 반드시 확인할 필요가 있다.

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.
- 불꽃 반응 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 | 78 |
| 4-2 학교 화학물질의 보관과 관리 | 84 |
| 4-3 화학약품 특징과 관리법 | 90 |
| 4-4 폐수, 폐시약 관리 및 처리 | 96 |

❓ 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.

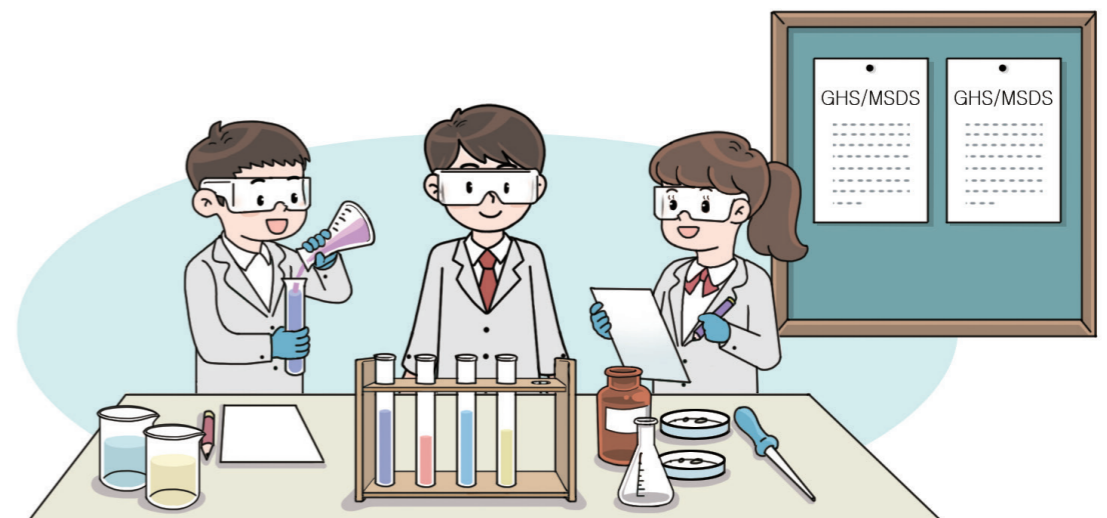
- ① 폭발성이나 인화성이 있는 물리적 위험성이 있는 화학약품
- ② 급성 독성 물질, 자극성 물질, 과민성 물질같은 건강 유해성이 있는 화학약품
- ③ 수생 환경 유해성 물질과 같은 환경 유해성이 있는 화학약품

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

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

❓ 화학물질을 보관하는 2가지 원칙

- ① 화학약품을 필요한 만큼만 구입
- ② 화학약품을 유형별, 성상별로 분리하여 보관

❓ 화학약품의 양을 최소로 유지하는 방법

- ① 실험 내용을 분석하고 필요한 약품의 품목과 양 파악
- ② 약품 대장을 확인하고 보유량 확인
- ③ 필요량에 비해 보유량이 부족한 경우 구입
 - 약품이 남지 않도록 필요한 최소량을 구입
 - 구입할 때 납품 업체에 GHS/MSDS 자료 요구
- ④ 약품 검수, GHS/MSDS 자료 인수·보관·비치
- ⑤ 구입한 약품을 약품 대장에 등재
- ⑥ 실험을 마친 후 남은 양을 확인하여 약품 대장의 보유량 새로 고침



❓ 화학약품 분리·보관 요령-화학약품 분류

1. 무기 화합물과 유기 화합물을 분리한다.
2. 무기산을 분리 보관한다.
 - * 학교에서 사용하는 산(Acid)들은 아세트산을 제외하고 대부분 무기산임
3. 인화성 액체는 밀폐형 시약장의 무기 화합물과 분리된 칸에 보관한다.
4. 위험성이 크거나 유해한 증기가 발생하는 약품은 배기형, 또는 밀폐형 시약장에 보관한다.
5. 냄새, 증기가 발생하지 않는 비교적 안전한 화학 약품을 일반 시약장에 보관한다.
 - * 일반 시약장을 잘 활용하면 밀폐 시약장을 보다 효율적으로 사용할 수 있음

Q&A

Q. 비교적 안전한 약품은 일반 시약장에 보관해도 되나요?

A. 일반 시약장이란 약품 병이 떨어지는 것을 막는 낙하 방지 가드가 설치된 일반 기구장 형태의 수납장을 말하는 것으로, 일반 시약장에도 잠금 장치는 반드시 필요하다. 일반 시약장에는 염화 나트륨, 황산 구리 등의 염류, 포도당, 녹말 등의 고체 유기 화합물처럼 냄새, 증기가 발생하지 않는 비교적 안전한 약품을 보관할 수 있다.

Q. 약품대장을 꼭 써야 하나요?

A. 화학물질관리법 제 26조에 따르면 “유해화학물질 취급시설을 설치·운영하는 자(가동중단 또는 휴업 중인 자를 포함한다)는 주 1회 이상 해당 유해화학물질의 취급시설 및 장비 등에 대하여 환경부령으로 정하는 바에 따라 정기적으로 점검을 실시하고 그 결과를 5년간 기록·비치하여야 한다.” 라고 되어 있다. 반드시 약품대장을 기록해야 한다.



? 2015 개정 교육과정에서 많이 사용하는 화학약품

2015 개정 교육과정에서 과학 교과서에 제시된 여러 시약 중 대표적으로 많이 사용되는 시약들이다. 아래 시약 중 초록색으로 표시한 시약은 제시된 농도 이상일 때, 유해물질로 분류되므로 정기적으로 점검이 필요하다.

유해물질은 화학물질정보시스템(<https://ncis.nier.go.kr/mttr/mttrList.do>)에서 확인할 수 있다.

| | | | | |
|---------------------|-------------------|----------------|------------------------|-------------------|
| 과산화 수소 (6% 이상) | 수산화 바륨 | 염화 구리 | 질산 암모늄 (33% 이상) | 황산 아연 (25% 이상) |
| 구리판 | 아세트산 | 탄산칼슘 | 질산 나트륨 (98% 이상) | 황산 (10% 이상) |
| 글리세린 | 이산화망가니즈 | 염화 스트론튬 | 질산 스트론튬 | 황산 구리(II) |
| 수산화 나트륨 (5% 이상) | 아이오딘화 칼륨 | 염화 나트륨 | 질산은 수용액 (25% 이상 질산) | 황산 나트륨 |
| 수산화 칼륨 | 염화 칼슘 | 염화 암모늄 | 질산 리튬 | BTB 용액 |
| 녹말 | 염화 칼륨 | 염화 코발트(II) | 질석 | 페놀프탈레인 용액 |
| 붕산 | 염화 리튬 | 요소 | 철 가루 | 포도당 |
| 마그네슘 리본 | 암모니아수 (10% 이상) | 질산 (10% 이상) | 숯 가루 | 아연판 |
| 산화 칼슘 | 에탄올 | 질산 구리 | 탄산나트륨 | 메틸렌블루 |
| 수산화 나트륨 (98% 이상) | 염산(10% 이상) | 질산 칼륨(98% 이상) | 총 48 가지 시약 | |



여기에 제시된 것보다
과하게 많은 시약이 있다면
시약장을 정리해 보세요!
시약도 유효기간이 있습니다.
대체로 2년이에요.

화학약품 관리 요령

- 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 폐기한다.
- ④ 화학약품 용기는 밀폐하여 보관하고, 약품명, 제조일, 제조사, 구입일, 개봉일 등을 기록한 라벨을 부착한다.(구입 당시 부착되어 있는 라벨 내용과 중복될 때는 구입일, 개봉일만 기재 가능)
- ⑤ 약품 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 인화성 액체는 가급적 가연성 물질 전용 약품장에 보관한다.
- ⑧ 실험대, 실험대 선반, 과학실험실 바닥 등 시약장이 아닌 곳에 화학 약품을 방치하지 않는다.
- ⑨ 화학약품은 직사광선을 피해 서늘한 곳에서 다루고, 특히 가연성 물질을 취급할 때는 열원이나 화기가 가까이 있지 않도록 주의한다.
- ⑩ 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 잠금장치가 되어 있어야 한다. 이중 잠금장치는 시약장 자체에 이중으로 잠금장치가 만들어진 경우도 있으며, 그렇지 않을 경우 시약장이 준비실 안에 있고, 준비실 자체에 잠금장치가 있다면 이중 잠금장치에 해당한다.
- ③ 화기와 열원으로부터 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, 유해한 증기가 발생하는 약품은 밀폐 또는 배기형 시약장에 보관한다.
- ⑨ 증기가 발생하지 않는 안전한 약품을 일반 시약장에 보관하여 밀폐 또는 배기형 시약장의 공간 활용도를 높인다.

? 일반 시약장에 보관 가능한 약품



구리판, 아연판, 알루미늄판, 염화 칼륨, 산화 칼슘, 염화 리튬, 염화 칼슘, 염화 구리, 염화 나트륨, 황산 아연, 염화 암모늄, 염화 스트론튬, 질산 암모늄, 황산 구리(II), 황산 나트륨, 숯가루 코발트(II), 질산 구리, 질산 스트론튬, 요소, 포도당, 질석, 붕산, 녹말

? 3칸 밀폐형 시약장 물질 보관법



| | |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|
| 무기 화합물 | 수산화나트륨, 수산화 칼륨, 수산화바륨, 과산화수소, 아이오딘화 칼륨, 암모니아수, 질산은 수용액, 철 가루, 마그네슘 리본 |
| 유기 화합물 | BTB 용액, 글리세린, 페놀프탈레인용액, 아세트산, 에탄올, 메틸렌블루 |
| 무기산 | 염산, 황산, 질산 |

? 6칸 밀폐형 시약장 물질 보관법



| | | | |
|--------|----------------------|------------|----------------------------------------------|
| 염기 | 수산화나트륨, 수산화바륨, 암모니아수 | 금속 | 마그네슘 리본, 철 가루 |
| 무기 화합물 | | 가연성 유기 화합물 | 페놀프탈레인 BTB 용액, 메틸렌블루, 글리세린, 에탄올, 페놀프탈레인 용액 등 |
| 무기산 | | | |

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(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(NaOH), 수산화 칼륨(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.
(세척병을 사용하여 ①번 과정에서 사용한 약포지에 묻어 남아 있는 옥살산을 씻어 1L 부피 플라스크에 넣어준다.)
- ③ 1L 부피 플라스크 표시선 부근까지 증류수를 넣은 후 세척병을 사용하여 1L 표시선에 일치 되도록 맞추어 준다.
- ④ 1L 부피 플라스크의 뚜껑을 닫거나 파라 필름(Para film)으로 밀봉 후 라벨을 붙여 준다.

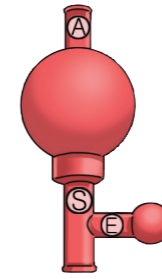
■ 액체 용질의 수용액 제조하기

실험준비물 : 피펫, 피펫 휠러, 부피 플라스크, 진한 염산, 증류수, 세척병

1M - 염산(HCl) 수용액 1L 만들기(액체 시약)

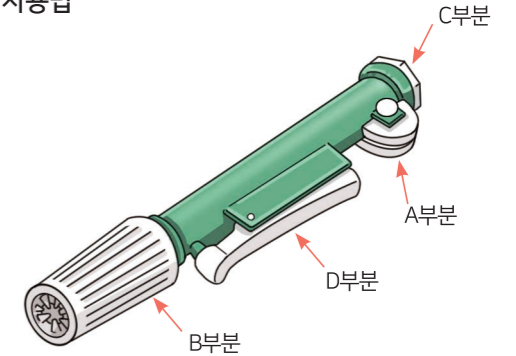
- ① 약 36% 염산 수용액의 몰농도를 계산한다.(약 36%의 진한염산은 약 12M 농도이다. 뚜껑을 열자마자 흰 연기의 유독성 기체가 발생하니 방진마스크, 보안경, 실험복, 내산성 앞치마 등의 개인보호장구를 반드시 착용하고 실험을 진행해야 한다.)
- ② 1L 부피 플라스크에 적당량의 증류수를 부어주고, 진한염산 83.33mL를 피펫을 사용하여 담아준다.(씻기병을 사용하여 ②번 과정에서 사용한 피펫에 묻어 남아 있는 염산 수용액을 2~3회 씻어 1L 부피 플라스크에 넣어 준다.)
- ③ 1L 부피 플라스크 표시선 부근까지 증류수를 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 (흡판, 스포이드류 등과 같은 플라스틱 일회용 실험기구)

❓ 과학실험실 폐수의 분리 및 처리 절차

안전한 폐수 처리 및 관리를 위해 학교는 새학년도가 시작되기 전에 학교 단위의 '학교과학 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"> • 폐수 수집 용기 준비 • 폐수 분별 • 혼합금지물질 확인 • 폐시약 및 지정 폐기물은 별도 처리 | <ul style="list-style-type: none"> • 위험 및 경고 표시하여 분리 보관 • 격리 및 잠금, 외부 차단 • 밀봉 보관 | <ul style="list-style-type: none"> • 폐기물 수집 및 운반요령 주의 • 교육청 신고 및 폐수 처리업체 위탁 처리 |

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 「산업안전관리기준」과 「폐기물관리법」에 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

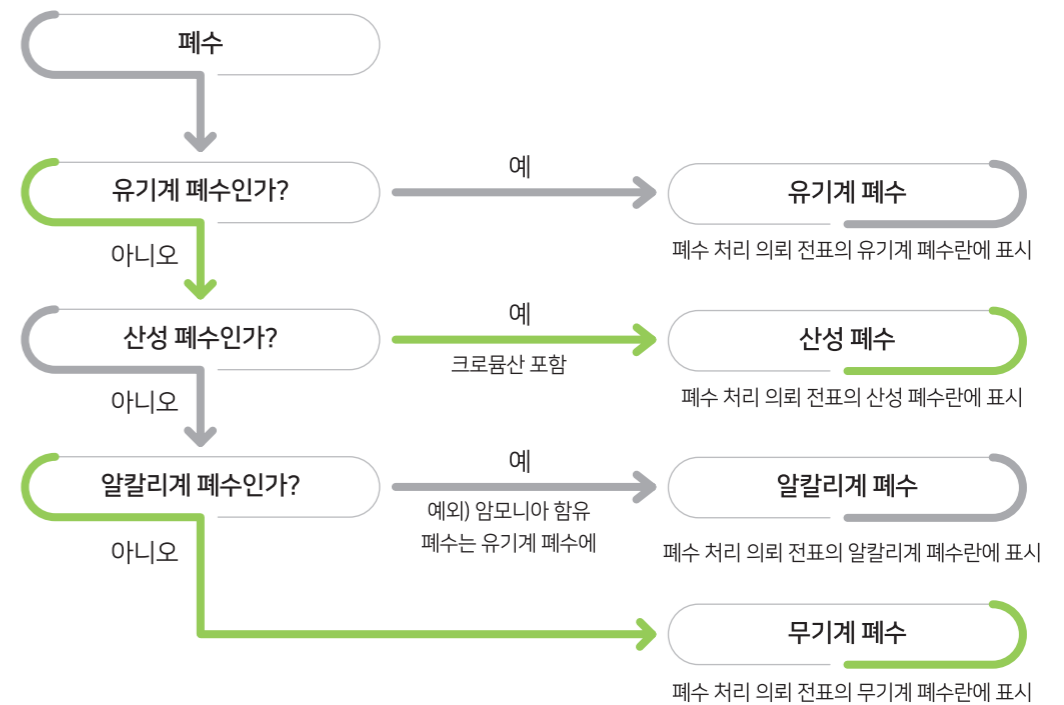


폐수통 권장 활용

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.

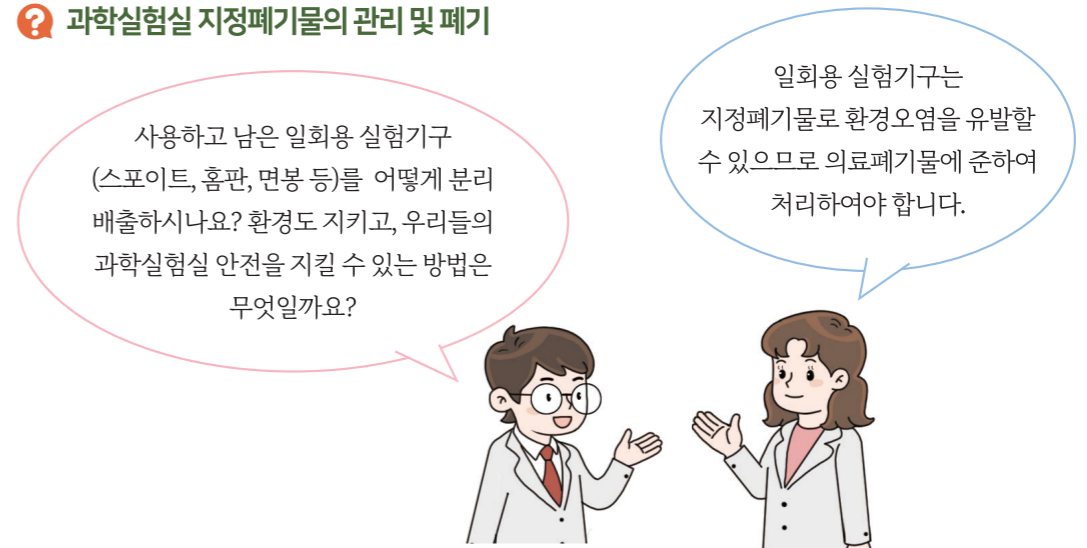
<수집 용기의 보관>



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"> 건조하고 통풍이 잘 되는 그늘 및 서늘한 곳에 열원과 격리하여 밀폐 보관 제일수은 염은 용기에 알루미늄 호일 사용을 금지 상온에서 약간 휘발성을 띄므로 주의 빛에 민감하며 황색침전을 생성하여 분해될 수 있으므로 주의 빛에 민감하여 나무나 종이와 접촉 금지 |

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"> • 폐산(액체 상태의 폐기물로서 pH 2.0 이하인 것으로 한정) • 폐알칼리(액체 상태의 폐기물로서 pH 12.5 이상인 것으로 한정) |
| 유해 물질 함유 폐기물 | <ul style="list-style-type: none"> • 분진 • 폐내화물 및 재벌구이 전에 유약을 바른 도자기 조각 • 소각재 • 안정화 또는 고형화 고화 처리물 • 폐촉매 • 폐흡착제 및 폐흡수제(광물유, 동물유, 식물유(폐식용유) 포함) |
| 폐유기용제 | <ul style="list-style-type: none"> • 할로젠족(환경부령으로 정하는 물질 또는 이를 함유한 물질) • 그 밖의 폐유기용제 |
| 폐페인트 및 페레커 | <ul style="list-style-type: none"> • 페인트 및 래커와 유기용제가 혼합된 것 • 페인트 보관용기에 남아 있는 페인트를 제거하기 위해 유기용제와 혼합된 것도 포함 • 폐페인트 용기 |
| 폐유 | 기름 성분을 5% 이상 함유한 것 포함 |
| 폐석면 | <ul style="list-style-type: none"> • 건조고형물의 함량을 기준으로 하며 석면이 1% 이상 함유된 제품과 설비 • 슬레이트 등 고형화된 석면제품 등의 연마함 · 절단함 · 가공 공정에서 발생된 부스러기 포함 |
| 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"/> | |
| | ⑳ 폐수·폐시약 및 수은 함유 폐제품, 포름알데히드 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"/> | |
| | 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.

다.정화 또는 제거방법

유출물질은 모래,점토,기타 흡착물질로 흡수시킬 것.

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 - 중학교

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