

실험방법

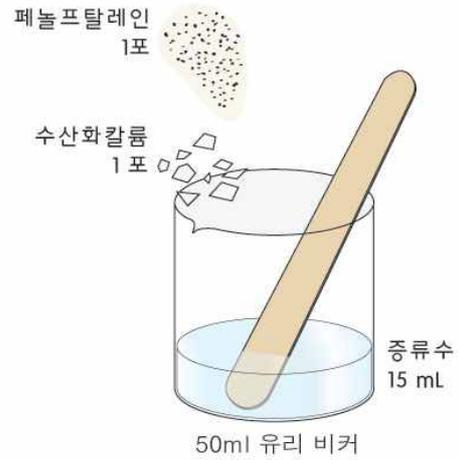
[Kastle-Meyer 시약 만들기] 조별 활동

1. 유리 비커에 증류수 15 mL와 수산화칼륨 1포를 넣고 나무스틱으로 저어 녹입니다.

- ✓ 수산화칼륨이 증류수에 용해되는 반응은 발열반응입니다.
- ✓ 보호 장갑을 착용합니다. (피부접촉주의!!)

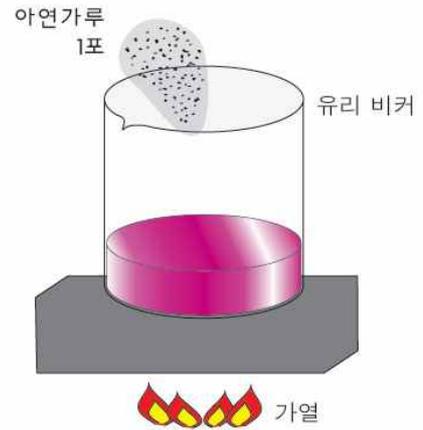
2. 이 유리 비커에 페놀프탈레인 1포를 넣고 나무스틱으로 저어 녹입니다.

- ✓ 페놀프탈레인 시약은 무슨 색인가요?
- ✓ 페놀프탈레인 시약을 유리 비커에 넣으면 용액의 색은 어떻게 변하나요?



3. 이 유리 비커에 아연 가루 1포를 넣고 가열 도구로 가열합니다.

- ✓ 면장갑을 착용하고 화재 및 화상에 주의합니다.
- ✓ 가열 시 수소기체가 발생합니다. (환기 주의!!)
- 가열 시에는 환기장치를 작동시키고, 가열 후에는 창을 열어 환기합니다.



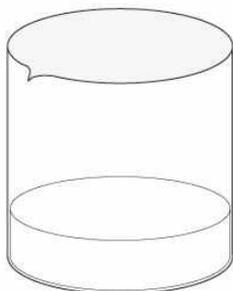
4. 용액의 붉은색이 사라지면 3분간 더 가열한 후 가열을 멈춥니다.

- ✓ 약 7~10분 정도 가열하면 용액이 회색(아연 가루의 색)으로 변합니다.
- ✓ 총 가열시간 : 약 10~13분

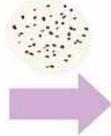
5. 완성된 용액을 가만히 두어 식히면 아연가루는 바닥으로 가라앉고 투명한 용액을 관찰할 수 있습니다. 이 투명한 용액이 Kastle-Meyer 시약이며, 다른 용기에 담아 사용하거나 스포이트를 이용하여 투명 용액만 사용합니다.

★ 각 과정에 알맞는 용액의 색을 칠하세요.

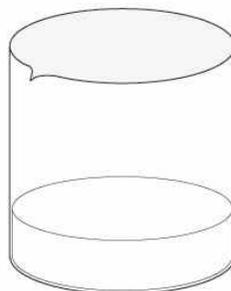
[과정 1] 증류수 + 수산화칼륨



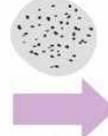
페놀프탈레인



[과정 2] 수산화칼륨 수용액 + 페놀프탈레인



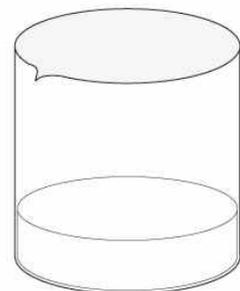
아연 가루



가열 10분 후



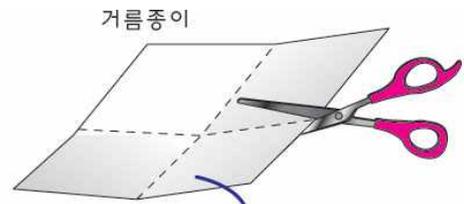
[과정 4] 페놀프탈레인을 넣은 수산화칼륨 수용액 + 아연 가루 + 《가열》



[Kastle-Meyer 시약의 성질 알아보기] 🧑 개인 활동

6. 거름종이를 그림과 같이 접었다가 펼친 다음 접힌 선을 따라 가위로 잘라 4조각을 만듭니다.

✓ 거름종이 (10cm X 10cm)를 4명이 나누어 사용합니다.

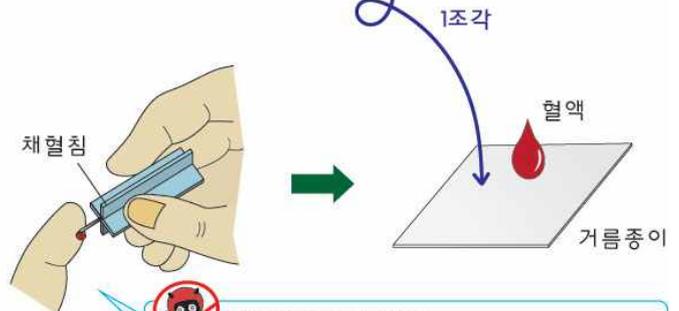


7. 채혈침을 이용하여 손가락 끝에서 혈액을 채혈하여 거름종이에 묻힙니다.

✓ 친구의 채혈침과 섞이지 않도록 주의합니다.

✓ 부득이한 경우, 헤모글로빈 용액으로 대체 가능합니다.

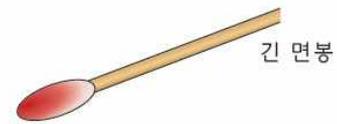
이때, 헤모글로빈 용액의 번호가 노출되지 않도록 주의합니다.



잠깐!! 손에는 세균이 많아요!
채혈침을 사용하기 전과 후, 알코올 솜으로 채혈 부위를 꼭 소독하세요!

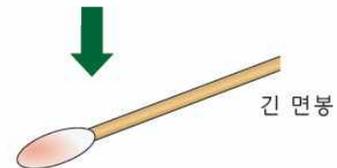
8. 긴 면봉 1개에 증류수를 적신 후, 거름종이에 묻은 혈액을 문질러 채취합니다.

✓ 혈액이 너무 많이 묻은 경우 거품이 발생하여 반응결과 (색변화)를 확인하기 어렵습니다. 붉은색이 묻어나온정도만 문지릅니다.



9. 혈액이 채취된 긴 면봉에 에탄올을 2~3방울 떨어뜨린 다음, Kastle-Meyer 시약을 2~3방울 떨어뜨립니다.

✓ Kastle-Meyer 시약을 사용할 때는 스포이트를 이용합니다.



5~10초 후



10. 약 5~10초간 기다린 다음, 과산화수소수를 위의 긴 면봉에 1~2방울 떨어뜨린 후 색의 변화를 관찰합니다.

Kastle-Meyer 시약은 혈액과 반응하면 색에서 색으로 변합니다.

[CSI 과학수사대 카드 준비하기] 🧑 개인 활동

11. [CSI 과학수사대] 카드에 날짜와 실험장소, 이름을 씁니다. 카드 속에는 범죄 현장이 그려져 있습니다.

12. 범죄 현장 속 증거 **1** **2** **3** 의 표시된 부분에 각각 접착 펠트지를 붙입니다.



CSI 과학수사대 카드 속 범죄 현장

13. 1번, 2번, 3번 용액을 증거 번호에 맞추어 접착 펠트지에 각각 2~3방울 떨어뜨리고 적당히 말립니다.

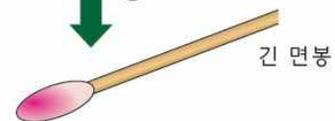
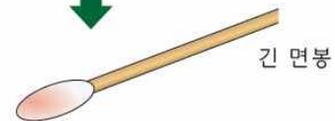


[범죄 현장에서 혈흔을 찾아라 !] **개별 활동**

범죄 현장 속 각 증거 **1 2 3** 은 현장에서 발견한 혈흔으로 의심되는 붉은 자국들입니다. 이 중 혈흔은 과연 어떤 것일까요? 모든 증거물을 연구소로 보내기에는 시간이 부족합니다. 현장요원인 여러분이 즉석에서 확인가능한 혈흔감식법인 **Kastle-Meyer**검사를 실시합니다.

14. 긴 면봉 1개에 증류수를 적신 후, 증거 1번의 붉은 자국을 문질러 채취합니다.

✓ 긴 면봉에 붉은색이 묻어나올 때까지 접착 펠트지를 문지릅니다.



15. 샘플이 채취된 긴 면봉에 에탄올을 2~3방울 떨어뜨린 다음, Kastle-Meyer 시약을 2~3방울 떨어뜨립니다.

16. 약 5~10초간 기다린 다음, 과산화수소수를 위의 긴 면봉에 1~2방울 떨어뜨린 후 색의 변화를 관찰합니다.

✓ 샘플을 채취한 긴 면봉이 서로 바뀌지 않도록 주의합니다.

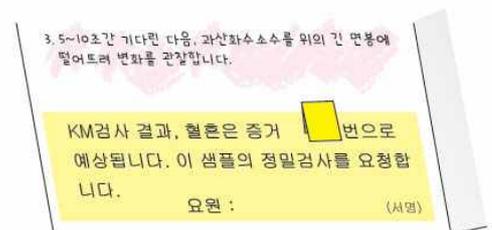
17. 증거 2번과 증거 3번도 같은 방법으로 검사를 시행하고 색의 변화를 관찰하여 오른쪽 표에 기록합니다.

증거 번호	1	2	3
색의 변화	○	○	○

18. 혈흔이 의심되는 증거물을 연구소로 보내는 요청서를 작성합니다.

19. 선생님과 함께 정답이 무엇인지 맞춰봅니다.

✓ 실험 결과가 정답과 다르게 나온 요원들은 그 이유가 무엇인지 생각해봅니다.



CSI 과학수사대 카드 왼쪽 하단부

20. [명예요원증]에 이름과 코드네임을 써서 완성합니다.



명예요원증

실험시 주의사항

1. 가열 시 화재 및 화상에 주의하고, 반드시 면장갑을 끼고 실험합니다.
2. Kastle-Meyer 시약을 만들기 위해 가열하는 과정에서는 반드시 환기장치를 작동시킵니다. (환기 주의!!)
3. 혈흔을 감식할 때 시약을 반드시 순서대로 긴 면봉에 떨어뜨립니다.
4. 샘플을 채취한 긴 면봉이 서로 바뀌지 않도록 주의합니다.

확인학습

1. 범죄 현장에서 증거가 될 수 있는 것을 생각해 보고 3개 이상 쓰세요.

2. 혈흔을 채취한 긴 면봉에 에탄올을 떨어뜨리는 이유는 무엇일까요?

3. 혈액이 붉게 보이는 이유는 무엇일까요?

4. 다음 문장의 빈 칸에 들어갈 알맞은 단어를 각각 넣으세요.

헤모글로빈 속의 는(은) 과산화수소가 물과 산소로 분해되는 반응을 빠르게 하는 촉매 역할을 합니다. 이때 발생하는 산소에 의해 무색의 Kastle-Meyer 시약이 산화되어 붉은색으로 변합니다.

5. 다음 문장이 옳으면 O, 틀리면 X 표시하세요.

1. Kastle-Meyer 검사 결과, 붉은색으로 변하는 물질은 100 % 혈흔입니다. ()
2. Kastle-Meyer 검사는 사람의 혈흔(혈액)인지 아닌지를 확인 할 수 없습니다. ()
3. Kastle-Meyer 검사는 시간이 오래 걸려서 범죄 현장에서 잘 사용되지 않습니다. ()

원리학습

* 혈흔 : 혈액의 흔적 (피가 묻은 자국)

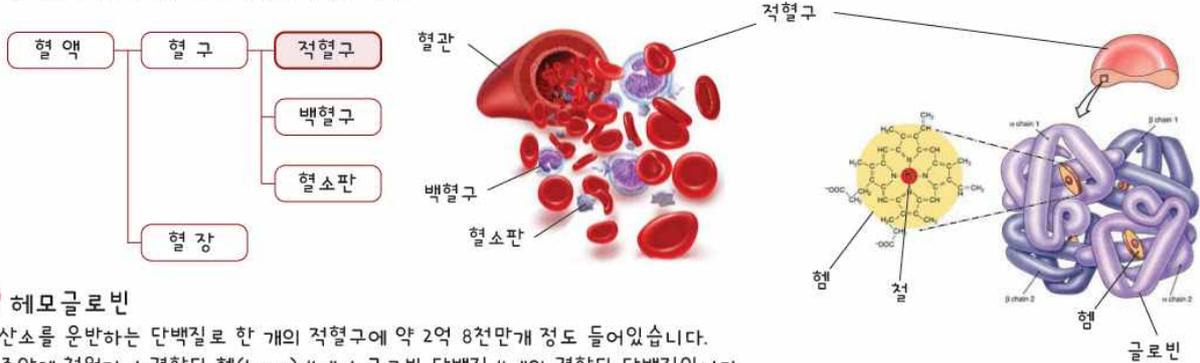
CSI와 같은 과학수사물에서 가장 흔하게 볼 수 있는 장면은 바로***혈흔 감식**입니다. 일반적으로 범인은 자신의 범행 사실을 숨기기 위해 흔적을 지우기 때문에 범행 현장에서 붉은 자국이 발견되면 그것이 혈흔인지 아닌지를 감식하는 것이 필수적이며, 그것이 혈흔으로 판명되면 사건에 결정적인 증거가 됩니다. 즉각적인 반응으로 수사에 도움을 주는 대표적인 혈흔 감식법은 **루미놀 검사**와 **Kastle-Meyer 검사(KM 검사)**입니다.

[CSI 과학수사대] 명예 요원 여러분, 범죄현장에서 혈흔을 찾아냈습니까?

- 혈흔이 묻은 긴 면봉에 에탄올을 떨어뜨리면 적혈구의 세포막이 터지면서 헤모글로빈이 밖으로 드러납니다.
- 여기에 Kastle-Meyer 시약과 과산화수소를 차례로 떨어뜨리면 헤모글로빈 속의 헴(heme)이 촉매가 되어 과산화수소를 물과 산소로 빠르게 분해시킵니다. 이때 발생하는 산소에 의해 무색의 Kastle-Meyer 시약이 산화되어 붉은색으로 변하게 되는 것이지요. 이런 이유로 Kastle-Meyer 검사결과 붉은색으로 변하는 붉은 자국은 혈흔으로 의심하게 됩니다.

💡 적혈구와 헤모글로빈(hemoglobin)

혈액은 크게 아래와 같이 구성되어 있습니다.



● 헤모글로빈

산소를 운반하는 단백질로 한 개의 적혈구에 약 2억 8천만개 정도 들어있습니다. 중앙에 철원자가 결합된 헴(heme) 4개가 글로빈 단백질 4개와 결합된 단백질입니다. 헴 속의 철과 산소가 결합하면 붉게 보이기 때문에 혈색소라고도 불리며 이 때문에 혈액이 붉게 보입니다.

혈흔으로 의심되는 물질 중에서 혈흔을 정확히 찾아낸 여러분을 오늘부터 CSI 과학수사대 명예 요원으로 임명합니다.

느낀점

■ 교사용 실험 자료실 ■

실험 제목	CSI 과학수사대 ◦ Kastle-Meyer(KM) 검사 ◦		실험 원리	법의학, 산화-환원반응, 촉매반응, 혈액	
실험 시간	40분	실험 분야	생명과학, 화학 법의학	실험 방법	4인 1조, 조별실험
세트구성물	헤모글로빈, 대조군(빨간 물감, 붉은 잉크), 접착 펠트지, 아연 가루, 페놀프탈레인, 수산화칼륨, 에탄올, 과산화수소수, 긴 면봉, 나무스틱, 스포이트, 채혈침, 알코올 솜, 거름종이, CSI 과학수사대 도안				
교사준비물	가열 도구(알코올램프 또는 핫플레이트), 유리 비커(50mL), 증류수(정수기 물 대체 가능)		학생준비물	면장갑, 필기도구	
실험 결과	학생 1인당 과학수사대 카드와 명예요원증을 각각 1개씩 가지고 갑니다.				
실험팁	<p>TIP 1. 수업 전에 아래의 [필수활동]을 반드시 수행한 후, 수업에 들어갑니다.</p> <p>TIP 2. Kastle-Meyer(KM) 시약을 만드는 과정에서 수소기체가 발생합니다. 반드시 환기장치를 작동시킨 다음 가열하며, 가열이 종료된 뒤에는 창문을 열어 환기합니다.</p> <p>TIP 3. 완성된 KM 시약은 4 °C 냉장 보관합니다.</p> <p>TIP 4. 사용하고 남은 KM시약은 폐액통에 버립니다.</p>				

필수활동

★ 교사활동 ★

** 반드시 수업 시작 전에 수행합니다.

< 용액 1, 2, 3 만들기 >

- 헤모글로빈이 든 병에 증류수 10 mL를 넣고 뚜껑을 닫고 흔듭니다.
*** 상온의 물을 사용합니다. (고온의 경우, 단백질이 변성됩니다.)
헤모글로빈은 물에 잘 녹지 않습니다. 여러번 흔들어 최대한 녹입니다.
- 헤모글로빈과 대조군 용액(붉은 물감, 붉은 잉크)가 든 병에 1, 2, 3을 적습니다.
*** 헤모글로빈 용액이 든 병의 숫자를 기억하세요!

★★ 수업시간 전(1~2시간 전)에 즉석에서 만들어 사용할 것을 권장합니다.
부득이한 경우, 헤모글로빈 용액은 반드시 4 °C 냉장보관합니다.

저학년 권장 사항

★ 교사활동 ★

* 유치원 이하의 경우, 선생님께서 수업 전에 Kastle-Meyer 시약을 만들기를 권장합니다.
Kastle-Meyer 시약은 4 °C 냉장보관시 2~3주 정도 사용가능합니다.

Tip 1. 시약을 보관할 때는 아연가루를 조금 넣어줍니다. (산화 방지)

Tip 2. 시약을 보관/사용하기 편리한 스포이트 병은 옵션에서 구매 가능합니다.

* 저학년의 경우, Kastle-Meyer 시약을 만드는 과정은 시범실험으로 수행할 수 있습니다.
- 이 경우, 100 mL 유리 비커에 3개 조 분량을 한번에 넣어 실험합니다.
약 15분 정도 가열하면 색이 사라지며, 그 뒤 5분 정도 더 가열합니다.
(가열에 소요되는 총 시간은 약 20분입니다.)

* 행사, 이벤트성 실험의 경우에는 [CSI 과학수사대 카드 준비하기]를 선생님께서 미리 준비할 수 있습니다.

** 위의 권장사항은 조작능력이 미숙한 학생들이 실험을 수행하는데 있어서 위험요소를 줄여줄 뿐만 아니라
수업시간을 단축하는 효과가 있습니다.

실험방법

Kastle-Meyer 시약은 피(혈액)과 반응하면 색에서 색으로 변합니다.

확인학습

1. 범죠헌장에서 증거가 될 수 있는 것을 생각해 보고 3개 이상 쓰세요.

지문, 섬유질, 신발 자국, 혈액, 정액, 타액(침), 치흔(이빨 자국) 등등

2. 혈흔을 채취한 긴 면봉에 에탄올을 떨어뜨리는 이유는 무엇일까요?

Kastle-Meyer 검사는 적혈구 속이 헤모글로빈(정확히는 헴)과 반응하는 것인데, 적혈구의 세포막이 있으면 반응할 수 없습니다. 그래서 적혈구의 세포막을 터뜨리기 위해 에탄올을 떨어뜨립니다.

3. 혈액이 붉게 보이는 이유는 무엇일까요?

혈액 중 적혈구에는 헤모글로빈이 있습니다. 헤모글로빈의 헴 속의 철과 산소가 결합하면 붉게 보입니다.

4. 다음 문장의 빈 칸에 들어갈 알맞은 단어들을 각각 넣으세요.

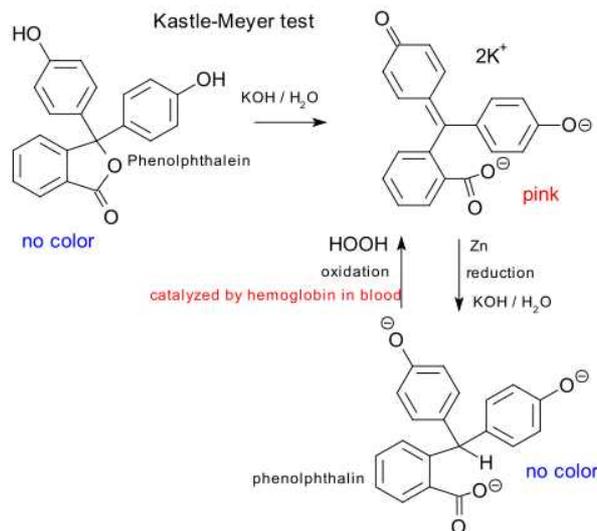
헤모글로빈 속의 는(은) 과산화수소가 물과 산소로 분해되는 반응을 빠르게하는 촉매역할을 합니다. 이때 발생하는 산소에 의해 무색의 Kastle-Meyer 시약이 산화되어 붉은색으로 변합니다.

5. 다음 문장이 옳으면 O, 틀리면 X 표시하세요.

1. Kastle-Meyer 검사 결과, 붉은색으로 변하는 물질은 100 % 혈흔입니다. (X)
2. Kastle-Meyer 검사는 사람의 혈흔(혈액)인지 아닌지를 확인 할 수 없습니다. (O)
3. Kastle-Meyer 검사는 시간이 오래 걸려서 범죠헌장에서 잘 사용되지 않습니다. (X)

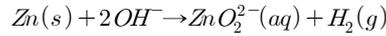
Kastle-Meyer test

혈흔 검사에 쓰이는 Kastle-Meyer test는 산화-환원 반응을 기초로 한 것이다. Kastle-Meyer test는 헤모글로빈을 촉매로 과산화수소가 분해될 때 발생하는 산소가 페놀프탈레인을 산화하는데 관여하면서 발색되는 반응이다.



KM 시약을 제조할 때, 강한 염기인 KOH와 페놀프탈레인이 반응하면 페놀프탈레인이 염기에서 나타내는 색인 분홍색을 띄게 된다. 가열한 후의 용액의 색이 무색이 되는 이유는 아연 가루를 넣고 가열하면 수소 기체가 발생하면서 페

놀프탈레인이 환원되어 무색으로 변하는 것이다. 수소기체가 발생하는 반응식은 다음과 같다.



혈흔이 묻은 면봉의 색이 분홍색으로 바로 바뀌는 이유는 헤모글로빈 속의 철이 과산화수소를 분해시켜 산소가 발생하는데 그 산소가 KM 시약 속의 페놀프탈레인을 산화시켜 분홍색을 띠게 하기 때문이다. 반응식은 다음과 같다.



사실 이 시험을 통해 분홍색이 바로 나타난다 할지라도 그것이 혈액이라고 바로 단정 지을 수는 없다. 어떤 물질들이 과산화수소를 분해시켜주는 효소를 가지고 있다면 혈흔이 아닌 어떤 물질이라도 이런 반응을 일으킬 수 있기 때문이다.

산화-환원 반응 [oxidation-reduction or redox reaction]

산화-환원 반응(oxidation-reduction or redox reaction)은 전자 전달 반응으로 간주할 수 있다. 산화 반응은 전자를 잃는 반쪽 반응을 말한다. 원래 '산화'라는 용어는 원소가 산소와의 결합을 나타내기 위해 사용하였으나 현재는 산소를 포함하지 않는 반응까지 포함하는 더 넓은 의미를 가진다. 전자를 얻는 반쪽 반응을 환원 반응이라 한다. 산화 반쪽 반응에서는 전자가 생성물 쪽으로, 환원 반쪽 반응에서는 전자가 반응물 쪽으로 옮겨진다. 즉, 산화는 전자를 잃고 환원은 전자를 얻는다. 이 두 반응은 항상 같이 일어난다. 전자를 받아들여 산화시키는 것을 산화제라 하고, 산소에 전자를 제공하여 산소를 환원 시키는 것을 환원제라 한다. 산화-환원 반응에서 산화의 정도는 환원의 정도와 같아야 한다. 바꾸어 말하면, 환원제에 의해 잃은 전자의 수는 산화제에 의해 얻은 전자의 수와 같아야 한다.

산화-환원 반응에서 전자의 이동을 추적하기 위하여, 반응물과 생성물의 산화수를 배열하는 것이 편리하다. 어떤 원자의 산화수(oxidation number)는 전자들이 완전히 이동되었다고 가정했을 때, 어떤 분자 혹은 이온 결합 화합물 속에 있는 어떤 원자가 가지고 있는 전하의 수이다. 산화수는 곧 이동된 전자의 수를 나타낸다. 이런 방법은 원소들이 산화되었는지 환원되었는지를 금방 알 수 있게 해준다. 산화수가 증가하는 원소는 그 반응에서 산화된 것이다. 반대로 산화수가 감소하면 환원이 되었다는 것을 알 수 있다

법의학 [Forensic Medicine]

범죄와 관련된 죽음을 조사하는 의학적 중심에 법의학(法醫學, forensic medicine)이 있다. 법의학은 의학(醫學, medicine)과 법에 관련된 분야를 담당하는 의학의 특수 분야를 말한다. 사망의 원인, 장애, 손상 및 질병을 조사하는 일을 한다.

(1) 법의병리학

병사(病死) 이외의 모든 죽음, 즉 외상, 질식, 이상 온도 및 기압에 의한 장애, 학대아, 천대아, 정신이상, 성범죄 등에 의한 외인사와 평소 건강하게 보이던 사람이 갑자기 예기치 않게 사망하는 경우, 즉 그 사망이 어떤 질병 또는 신체 내부의 이상에 기인하는 소위 내인성 돌연사인지 또는 그 사인을 알 수 없는 사례인지를 알기 위하여 검안(檢案, postmortem inspection) 또는 부검(剖檢, autopsy)을 실시하여 사망의 종류, 사인, 사후 경과시간, 치사 방법, 사용 흉기 및 사용 독물 등을 규명하는 학문을 말한다.

(2) 법의혈청학

혈액, 타액, 정액, 질액, 모발, 치아 및 골격 등 인체의 분비물 또는 조직을 재료로 한 혈액검사를 중심으로 혈청형(血清型, serovar), 백혈구형, 타액형, 지문 분류, 모발 분류 및 인류학적 검사 등을 실시하여 개인을 식별함으로써 범인색출, 친생자감정 등에 기여하는 학문을 말한다.

(3) 임상법의학

의료사고가 일어난 경우에 질병 또는 손상과 사인과의 관계, 의료행위와 사인과의 관계를 분석하여 의료행위의 과실 유무를 판단하는 학문이다.

(4) 법의독물학

혈액과 같은 인체에서 얻은 시료로 독극물을 검출하여 사망 원인 등을 조사하는 데 이용되는 학문이다.

(5) 법치의학

치흔 감정이나 치아로 개인을 식별하여 사망자의 신원을 파악하는 등에 사용되는 학문이다.

(6) 법인류학

백골을 검사하여 개인을 식별하거나 사망의 원인을 알아내는 학문이다.

(7) 감식학

지문 검사나 탄도 검사와 같이 범죄수사에서 증거를 확보하는 데 이용되는 학문이다.