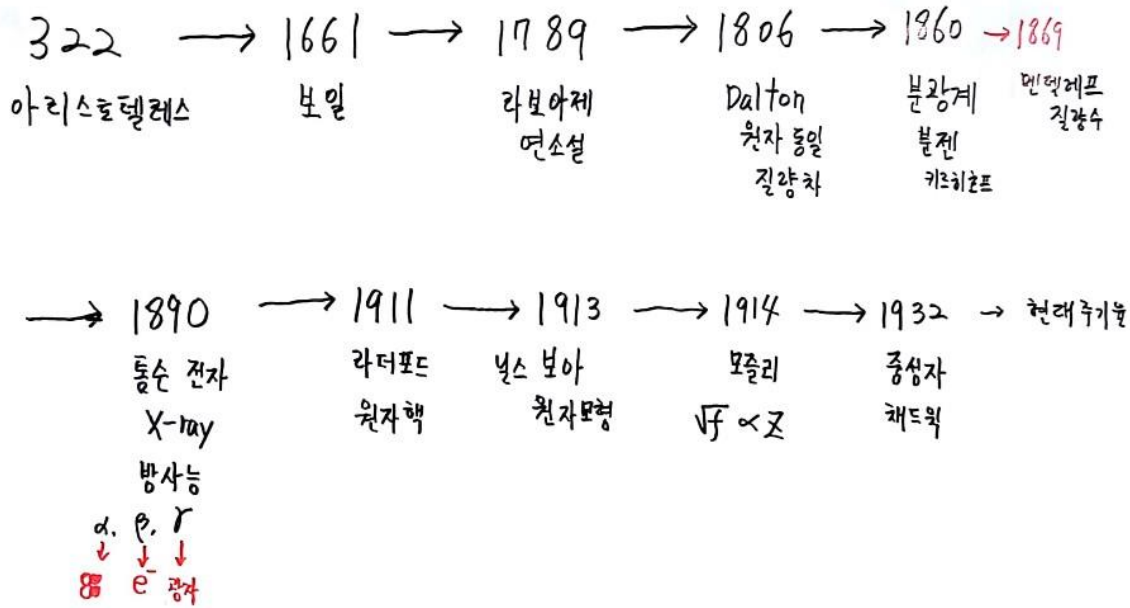


제 35차 과학리딩 원소 주기율표

B.C.



BC 332년 아리스토텔레스 4원소설 이 세상은 흙, 물, 불, 공기로 구성되어 있다.

이 개념이 2000년 동안 우리 뇌리를 떠나지 않고 있다. 오늘은 그것을 뽑아 내야 한다.

1661년 로버트 보일: 아마도 물질은 무수히 많은 아주 작은 입자로 구성되었을지도 모른다.

인류 역사에 획을 그은 생각이었다.

1789년 라부아제: 연소설 주장, 물체가 연소할 때 산소와 결합한다.

그리고 연소 전 후의 물질의 질량을 측정하여 질량보존의 법칙을 발견했다.

라부아제는 프랑스 혁명 때 단두대에서 죽었다.

과학자들은 "라부아제 머리를 자르는데는 1분이 걸리지 않았지만 그의 머리를 만드는 데는 100년도 더 걸릴 것이다"라고 애석해 했다. 프랑스 대혁명의 가장 큰 손실은 라부아제를 잃은 것이다.

1806년 달톤: 원자설 주장. 처음으로 화학 반응을 정량적으로 카운트하기 시작했다.

화학 반응에는 기본 알갱이 들이 정수 단위로 결합한다 것을 발견하고, 원자는 모두 동일하고 원자의 차이는 질량차이라고 주장했다. 가장 작은 수소를 기준으로 상대적 질량을 측정했다.

1860년 분광기 발명(분젠, 키리호프): 빛의 스펙트럼을 분석하는 기계.

프리즘과 불꽃 반응을 결합했다고 보면 된다. 대부분의 망원경에는 스펙트럼 분석기가 붙어 있다.

공학은 한마디로 말하면 스펙트럼 분석이다.

1869년 멘델레예프가 질량수를 기준으로 60여 가지의 원소 주기율표를 발표

당시는 원자핵이라는 개념도 없었고, 전자도 발견되기 전이었다.

질량은 수소를 1로 두고 그에 비례하여 무거운 원소들의 상대적 질량을 결정했다.

1890년대 뢰트겐이 X선 발견, 베케렐이 방사선 발견, 톰슨이 전자 발견

방사선은 알파(α)선, 베타(β)선, 감마(γ)선이 있다.

알파선은 헬륨(He) 원자핵이며, 베타선은 전자(e), 감마선은 광자(photon)이다.

1911년 러드포드가 원자 중심에 단단한 코아(원자핵)가 있다는 것을 발견

1913년 닐스 보어가 원자핵을 중심으로 전자가 돌고 있다는 태양계와 같은 원자 모형을 발표.

1914년 모즐리는 양 전자를 뿜 양성자로 이루어진 원자핵 주위를 음전기를 뿜 전자가 돌고 있으며

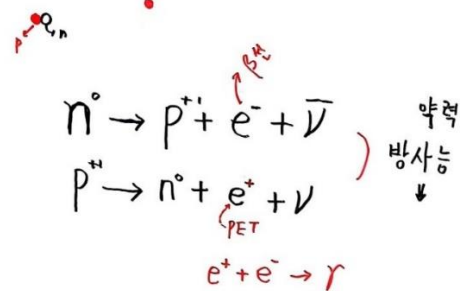
주파수와 원자핵의 전기량이 비례관계가 있음을 발견. 모즐리는 터키의 가리폴리 전투에서 사망했다.

1932년 채드윅이 중성자를 발견함으로써 원소를 이루는 모든 물질이 모두 발견 됨.

현대의 주기율표는 양자 수를 기준으로 되어 있다.

원소, 원자, 분자

동위원소, 이온



원자, 원소, 동위원소, 이온, 분자의 개념을 정확히 알아야 한다.

물질을 구성하는 기본 단위는 **원자**이며, 한 종류의 원자로만 구성된 순 물질을 **원소**라 한다

우주에는 수소 원자 밖에 없다. 나머지는 기타 등등이다.

원자는 전기를 띠지 않는다. 이온은 전자를 잃어버리거나 획득한 원자이다.

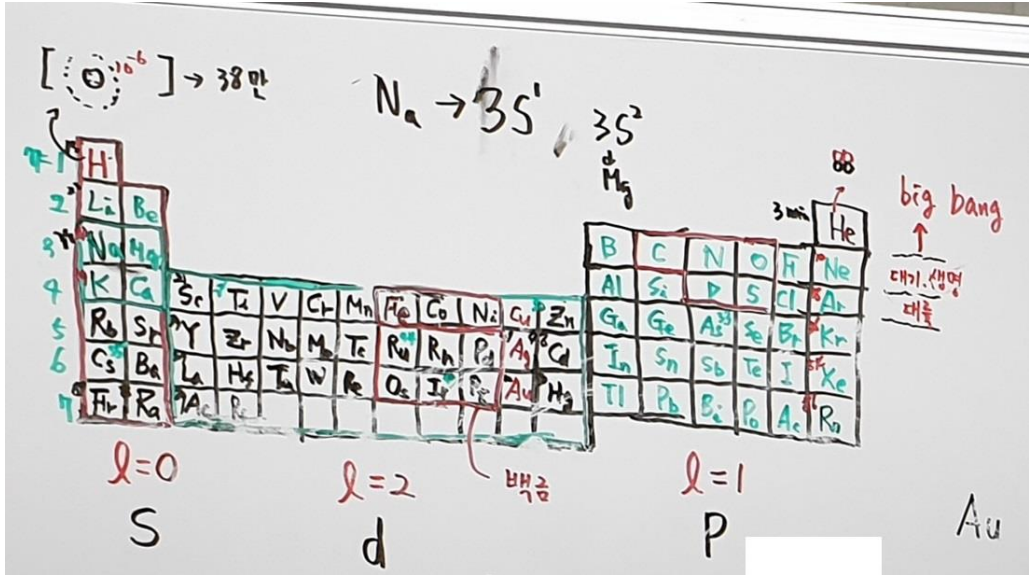
세포 속에는 이온 형태로만 존재한다. 세포는 전기적 작용이다. 공리와 같은 것이다.

동위원소는 중성자 이야기이다. 양성자보다 중성자의 개수가 많거나 적은 것이 동위원소이다.

수소 원자는 양성자 하나 전자 하나 인데, 양성자 1개, 중성자 1개 전자 1개인 원소는 수소의 동위원소이다.

중수소라고 부른다.

주기율표는 양성자 개수를 기준으로 나열하였다. 양성자 수가 바뀌어야 원소가 바뀐다.



주기율표를 그릴 때 3개의 블록(block)으로 나눈다. S 블록, P블록, D블록이다.
S블록은 2층이고, D블록은 4층이며, P블록은 6층이다.

S블록에는 2개 가구, D블록에는 10개 가구가 그리고 P 블록은 6개 가구가 있다.
S블록의 주소는 L=0, D블록의 주소는 L=2, P블록의 주소는 L=1이다.
원소 주기율표는 수 시스템이다. 이것 이외 다른 것은 없다.

1860년대 이후 분광학이 꽃을 피었다. 천문학은 분광학이다.
우리가 별에서 얻을 수 있는 것은 빛 밖에 없다. 그 빛으로 모든 것을 알아냈다.
지구 속은 몰라도 별 속은 안다. 분광학 덕분이다.

쿼샤는 지구에서 10억 광년 떨어져 있다. 쿼샤에서 빛이 오면서 수 천 개의 갤럭시를 통과한다.
쿼샤에서 온 빛에는 빛이 지나온 History가 지문처럼 찍혀 있다. 수백 개의 선이 빛 속에 담겨 있다.
천문학은 스펙트럼학이다.

100년 동안 학자들이 모든 물질을 태워 그 빛을 분석했다.
그 각각의 스펙트럼에 sharp, principle, diffuse, fundamental이라는 이름을 붙였다.

주기율표는 H로 시작해서 H로 끝난다. 나머지는 H가 타고 남은 재이다. 수소만 알면 다 안다.

H와 He는 빅뱅 때 탄생했다.

양성자는 빅뱅 후 10^{-6} 초 후에 나타났다. 사실 주기율표는 빅뱅 이후 10^{-6} 초에 시작됐다.

그리고 전자가 처음 양성자에 갇히어 수소 원자가 탄생하게 된 것은 빅뱅 이후 38만년 때이다.

전자는 우주에 많았다. 그러나 고온으로 인해 38만년 동안 양성자와 전자는 플라스마 형태로 섞여 있었다.

빅뱅 후 38만년이 경과하고 난 후 우주의 온도가 3000K로 내려가자, 전자의 움직임이 둔화되었고

그래서 양자에 포획되어 수소 원자가 탄생한다.

헬륨 알파 입자는 양성자 2개와 중성자 2개가 결합한 것이다.

빅뱅 후 3분 후에 알파 입자가 만들어 진다. 우주의 대 공사는 그것으로 끝났다.

38만년 때에 우주에 일어난 사건 90%가 끝났다.

수소 원자가 5억년의 절대 고독을 견딘 후 빅뱅 후 3-5억년이 지나 별이 탄생한다.

갈럭시보다 별이 먼저 생긴다.

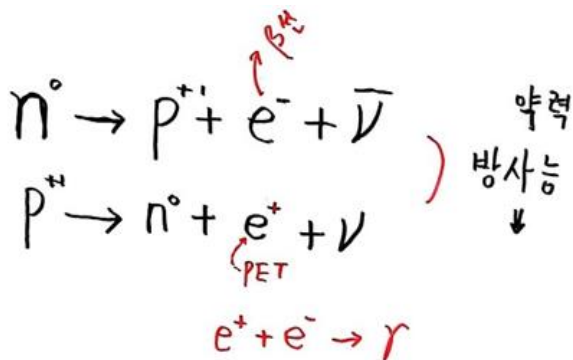
별은 온도가 1000만도가 넘는다. 압력이 높아지고 온도가 올라 가면 수소 원자에서 전자와 양성자가 분리되어 자유 전자와 양성자가 섞여 있는 플라스마 상태가 된다. 모든 별은 플라스마이다. 우주 초기 환경으로 돌아 갔다.

양성자와 양성자는 처음에는 쿨롱 포스에 의해 서로 밀어 낸다. 가까워지면 질수록 밀어내는 힘은 더 커 진다.

온도가 1억도를 넘어가면 양성자의 이동이 더 빨라진다. 두 양성자 사이의 거리가 원자핵 크기인 1페르미 미터 ($10^{-15}m$) 이하가 되면 핵력이 작용하여 서로 끌어 당긴다. 핵 융합이 일어난다.

수소가 핵 융합이 일어나 헬륨으로 바뀐다.

주기율표 번호는 양성자 개수이다.



중성자와 양성자가 서로 변환된다. 베타붕괴라고 한다. 방사능이다.

중성자가 변하여 양성자가 되면 원소가 바뀐다. 반대도 가능하다.

양성자가 중성자로 바뀔 때에는 반물질인 양전자 (e^+)가 나온다. PET에 쓰인다.

물질은 에너지가 높으면 불안하여 붕괴된다. 중성자가 양성자보다 무겁다.

중성자는 원자핵 바깥에서는 수명이 15분 밖에 안 된다.

중성자는 물질 속에만 있고 바깥에는 없다. 전자는 번개처럼 바깥에 있을 수 있다.

방사능을 우주의 4가지 힘 중 하나인 약한 상호작용이라 한다..

우주의 4가지 힘은 중력, 강한 상호작용, 약한 상호작용, 전자기 상호작용이다

별의 80%가 주 계열성인데 주 계열성이란 별의 핵(코아)에서 수소가 핵융합 하는 별을 의미한다.

별 속 핵 융합을 통해서 C, N, O 등의 원소가 만들어 진다. 주기율표 2층의 원소들이 만들어 진다.

생명에 필요한 원소들이 다 만들어 진다. 주기율표 2층에서 생물학이 끝난다.

화학 작용
 $A + B \rightarrow \text{결합}$

0. **number**

1. 지구가 만든 원소 없다
 Big bang H, He
 항성: C, O, N. 주양자수
 행성: S, Au, ...

2. 지구는 원소를 결합했다
 이온결합: 광물
 공유결합: 분자
 금속결합: 금속
 수소결합: 생명

3. C, H, O \rightarrow 생물
 S, O \rightarrow 광물
 C, H, O + Na, Mg, K, Ca
 N, P, S

자기...
 m_l, m_s
 $\frac{h}{2}, -\frac{h}{2}$
 양자수
 spin up, spin down

$\int \psi^* \psi dz = \text{확률}$
 Δ
 H

대방 $h\nu$
 $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{CH}_2\text{O}$
 $\text{Si} + \text{O} \rightarrow \text{SiO}_2$ (SiO₄)⁻⁴ 대륙 맨틀 1500 광물

왜 우리가 주기율표를 공부해야 하는가?

0. 주기율표는 물질 시스템이라기 보다는 수(NUMBER) 시스템이다.

이 계열의 사상사적 원조는 피티고라스 이다.

이 곳을 지배하는 것은 정수의 세계이다. 완벽한 이데아의 세계이다.

주기율표에서는 이름보다 중요한 것이 번호이다. Key가 되는 것이 L이다. 우주를 갖고 노는 체스게임이다.

수학의 세계 중에 하나가 물질로 나타난 것이 우리의 세계로 본다.

그러나 태그마크는 물리학자들 중 처음으로 이것을 뒤집었다. 반대일 수 있다는 것이다.

무수하게 많은 우주가 실제로 존재한다고 본다.

우주에 아날로그는 없다. 디지털뿐이다. 아날로그는 인간 감각의 한계일 뿐이다
이것이 원자론의 핵심이다.

1. 지구가 만든 원소는 없다.

92개 원소 중 단 하나도 지구에서 만들어지지 않았다.

이것이 결정적 지식이다. 결정적 지식은 반드시 2-3번째 질문을 불러 온다.

그러면 지구는 도대체 무엇을 한 것인가?

2. 지구는 원소를 결합했다. 어떻게 결합하는가? 결합의 이름을 알면 된다. 이름을 알면 다 알게 된다.

1)이온결합으로 만들어진 존재를 광물이라 한다. (예: NaCl)

2)공유결합으로 만들어진 존재를 분자라고 한다.

(예: DNA, 32억개 염기로 이루어진 우주에서 가장 긴 분자이다)

3)금속결합으로 만들어진 존재가 금속(예, Cu, Ag, Au)이다.

금속의 특징은 최 외각 전자가 주로 1개이다. 그 전자가 나와서 자유전자가 된다.

금속은 자유전자의 바다이다. 금속의 원자핵은 자유전자 바다에 있는 섬이다.

바다 속 전자가 이동한다. 그래서 열 전도가 높다. 바다 속의 섬들이 뚝뚝 떠다닌다.

돌은 깨어지고 금속은 휘어진다.

금 1g으로 3000m의 실(wire)을 만들 수 있다. 반도체가 성장한 결정적 이유이다..

금속의 또 다른 특징은 두드리면 얇아지는 것이다.

금을 두들겨 얇게 펴서 0.1μm의 박편을 만들 수도 있다.

4)수소결합: 생명

생명은 공유결합과 수소결합으로 이루어져 있다.

지구는 결혼 식장이다.

화성과 금성은 광물은 만들었으나 생물은 만들지 못했다.

3. ①C, H, O가 결합하면 생물이 된다.

$C+O \rightarrow CO_2$, $H+O \rightarrow H_2O$, $6CO_2+6H_2O \rightarrow 6CH_2O$

CO₂는 대기를 만들고, H₂O는 대양을 만들었다.

지구의 역사는 CO₂가 대기, 대양, 대륙을 순환하는 역사이다.

CO₂와 H₂O가 태양 빛으로 CH₂O를 만들어 생명체의 몸을 만들었다.

② Si, O가 결합하면 광물이 된다.

$Si+O \rightarrow SiO_2$ 는 맨틀을 만들고, $(SiO_4)^{-4}$ 는 대륙을 만들었다.

실리콘과 산소가 결합해서 1500종의 광물을 만들었다.

③ C, H, O 와 Na, MG, K, Ca의 결합을 생명이라 한다. 부차적으로 N, P, S가 들어간다.

그래서 생명은 가볍다. 생명의 특징은 곧잘 사라진다. 암석은 나이가 아무리 어려도 1000만년이 넘는다

추가로 생명에 꼭 필요한 원소가 철(Fe)이다. Fe, Co, Ni는 강자성체이다.

-루비듐(Rb), 스트론튬(Sr), 세슘(Cs), 바륨(Ba)은 불꽃이고 방사능이다. 생명에 위험하다.

-테크네튬(Tc)는 최초의 인공원소이다.

-탈륨(Tl)은 독극물이다.

-폴로늄(Po)은 퀴리 부인의 조국 폴란드를 기려 부친 이름이다.

-라돈(Rn) 가스가 폐암의 원인의 10%나 된다. 화강암에서 나온다. 아파트 1층에 있는 사람들은 겨울철에 가끔 환기를 해야 한다. 라돈 가스가 실내 공기에 축적되면 위험해 진다.

-란타넘계열에는 57번부터 71번까지 15개 원소가 들어간다. 15개를 화학적으로 한 식구로 보면 된다. 희토류(rare earth element)들이다. 란타넘(La)부터 유로퓸(Eu)까지를 LREE(light rare earth element), 가돌리늄(Gd)부터 루테튬(Lu)까지를 HREE(heavy rare earth element)라고 한다.

-중국이 생산을 거의 독점하면서 문제가 되는 것은 중 희토류(HREE)이다. HREE는 화강암에서 나온다. 채굴하기가 어렵다. 중국 남부 지역에서 생산이 많이 된다.

비가 많이 오고 온도가 높아서 화강암이 풍화가 많이 된다. 화강암이 가루가 되므로 채집하기가 쉽다.

-희토류의 2가지 큰 특징은 빛을 내고 자석이 되는 것이다. 핸드폰에 많이 쓰인다.

주기율표 중 22번(Ti), 33번(As), 44번(Ru), 55번(Cs), 66번(Dy), 77번(Ir), 88번(Ra)은 외워 두어야 한다.

심을 박아 두는 것과 같다. 헛갈리지 않는다. 주기율표 118개 원소 중 92개는 꼭 기억해야 한다.

원소 이름보다 훨씬 중요한 것이 번호이다.

백금족(Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt) 6개는 같이 암기해야 한다. 백금과 성질이 거의 같다.

원소 번호가 높으면 양자 수가 많아서 자연적으로 붕괴된다.

서로 밀어내는 쿨롱 포스가 핵력보다 커서 일어나는 현상이다.

원소마다 반감기가 다르다. 이 반감기를 활용해서 암석의 나이를 측정한다.

나이를 측정하는 기계가 SHRIMP이다.

우라늄(²³⁵U)이 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 스트론튬(Sr)로 붕괴된다.

루비듐, 스트론튬, 세슘, 바륨은 불꽃이고 방사능이다. 생명에 위험하다.

ψ (wave function)
 n, l, m_l, m_s (quantum numbers)
 n : 주양자수 (principal quantum number)
 l : 각운동량 양자수 (orbital angular momentum quantum number)
 m_l : 자기각운동량 양자수 (magnetic quantum number)
 m_s : 스핀 양자수 (spin quantum number)
 $l = 0, 1, 2, 3, \dots, n-1$
 $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$
 $m_s = \pm \frac{1}{2}$
 ψ_n (wave function)
 $H\psi_n = E_n\psi_n$ (Schrödinger equation)
 $n = 1, 2, 3, \dots$
 $e^{ikx} = \cos kx + i \sin kx$
 $\vec{p} \rightarrow -i\hbar \nabla = -i\hbar \frac{d}{dx}$
 $\hat{H} = T + V = \frac{1}{2}mv^2 + V = \frac{p^2}{2m} + V$
 $(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V)\psi = E\psi$
 $\nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E - V)\psi = 0$ (파동방정식)
 $V \approx 0$ (자유입자)
 $\psi = ce^{i(kx - \omega t)}$ (파동함수)

s - sharp for $L=0$, p- principal for $L=1$, d- diffuse for $L=2$, f- fundamental for $L=3$
 L: angular momentum

양자역학이라는 나무의 과일이 주기율표이다.

양자 역학은 어렵지도 신비하지도 않다. 양자역학은 우리의 사고체계와 다른 세계이다.

양자역학에 나오는 spin은 이해 되는 것이 아니다. 자연이 그렇게 주어진 것이다.

그런데 그것을 자꾸 이해하려고 하니까 안 된다.

$$H\psi_n = E_n\psi_n$$

H는 미분 오퍼레이터이다.

주기율표 만드는 데는 n 이 무엇 인지만 알면 된다.

n 은 1, 2, 3, 4,.....이다. 이 n 의 세계를 풀어 놓은 것이 주기율표이다.

n 은 에너지 레벨이다. 아파트 층수이다. 우리의 우주는 7층으로 되어 있다.

아파트의 층 수를 결정해 주는 것이 n 이다. 층은 항상 정수이다.

그것을 덩어리져 있다고 하고 덩어리들을 quantum이라고 한다. 디지털이다.

1, 2, 3 등 정수이다. 아날로그는 없다. 그런데 정수는 7개이다.

L만 알면 다 안다. n 이 결정되면 L은 따라서 결정된다. L은 자유가 없다.

$L=0, 1, 2, 3, \dots, n-1$

$m_l=0, 1, 2, 3, \dots, \pm L$

주기율표는 n, l, m_l 을 나열한 것이다. 이것을 양자역학이라고 한다.

에너지가 discrete되어 있는 것을 양자라고 하고, 그 양자의 힘을 다루는 것을 양자역학이라 한다.

파동함수는 3개의 정수로서 완벽하게 묘사된다. 파동함수의 모든 정보는 3개의 정수에 들어 있다.

Ψ_{n,l,m_l} 로 표시 된다..

n 은 주 양자 수(principle quantum number), l 은 궤도(방위)양자 수(angular momentum quantum number),

m_l 은 자기(magnetic) 양자 수이다. 이 3가지 양자 수(quantum number)가 주기율표 각각의 칸에 배당되어 있다.

완벽한 정수 시스템이다. 그래서 이데아이다. 이데아가 물질로 나타난 것이다. 그것이 우리가 살고 있는 우주이다.

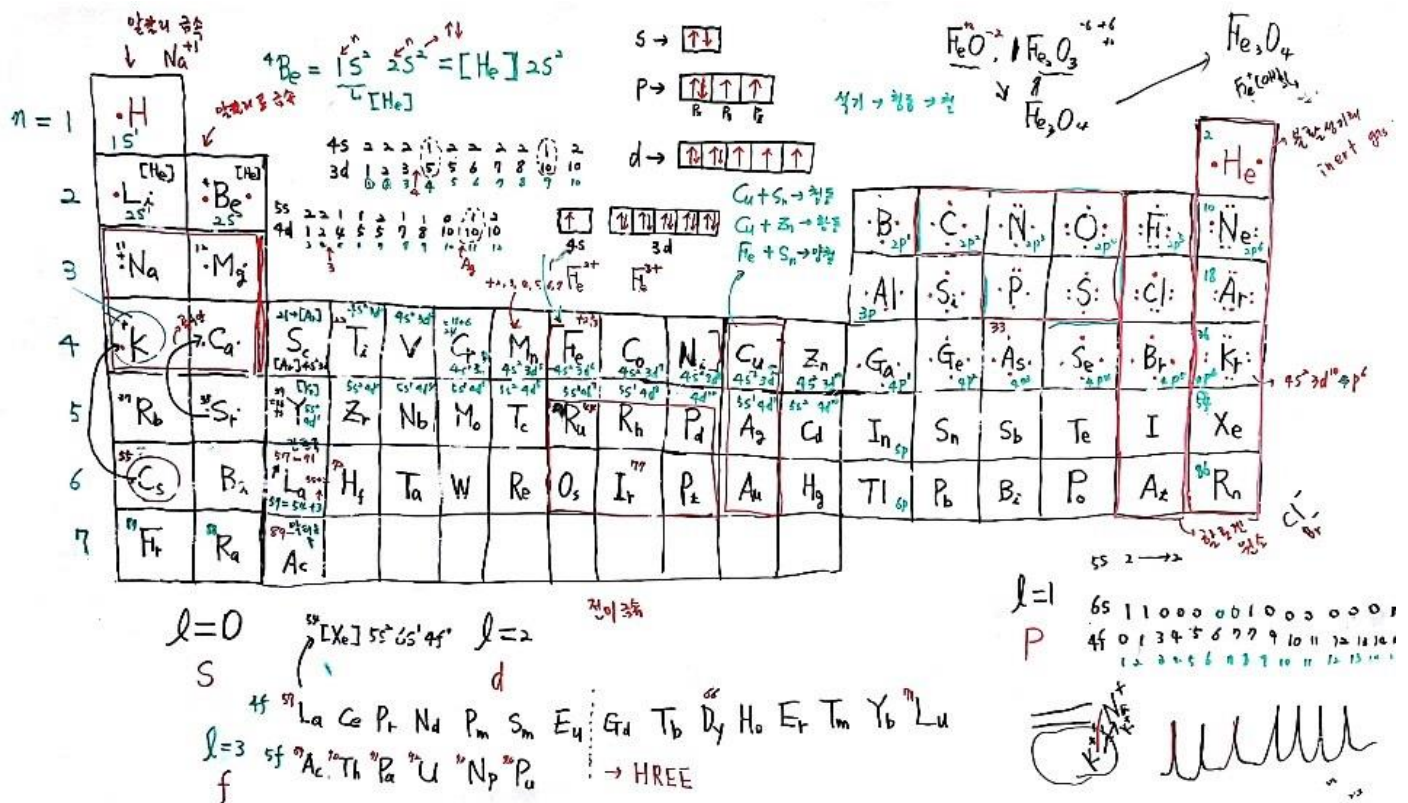
주소가 하나 더 있다. 슈뢰딩거 방정식에서는 나오지 않는다. 스핀이다. m_s 이다. 우주에서 주어지는 값이다.

$\frac{h}{2}$ 와 $-\frac{h}{2}$ 2가지 값만 있다. 최종적으로 Ψ_{n,l,m_l,m_s} 로 표시된다. 이 4가지 정수의 집합이 주기율표 칸 하나이다.

수소 원자에 대한 슈뢰딩거 방정식을 풀었더니 주기율표가 나왔다.

s - sharp for $L=0$, p- principal for $L=1$, d- diffuse for $L=2$, f- fundamental for $L=3$

L : angular momentum



전자가 $n=1$ 으로 떨어지는 것을 자외선이라 하고, $n=2$ 로 떨어지는 것을 가시광선, $n=3$ 로 떨어지는 것을 적외선이라 한다..

각 층별 전자가 들어가는 개수는 $2n^2$ 이다.

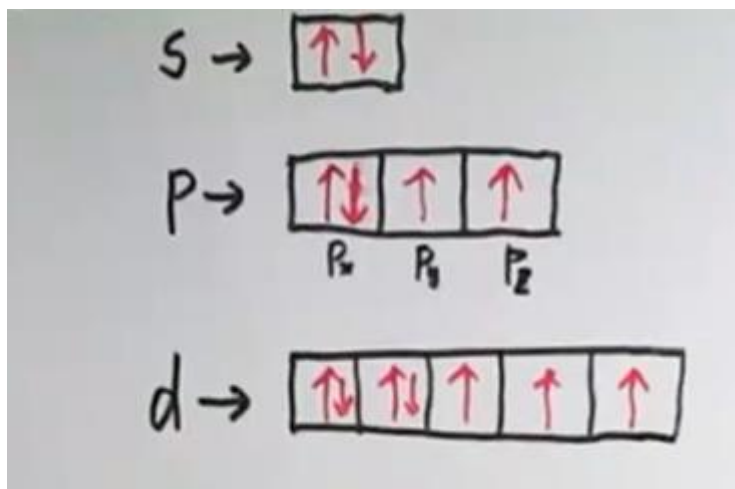
따라서 $n=1$ 이면 2 개, $n=2$ 면 8 개, $n=3$ 이면 18 개가 들어갈 수 있다.

최 외각 전자만이 결합에 관여한다. 모든 화학 작용은 최 외각 전자에서 일어난다.

아연(亞鉛)은 second 납이란 뜻이다. 납과 아연이 비슷하게 보인다.

팔이 4 개인 탄소와 규소가 덩어리가 큰 지구 맨틀을 만들고 생물의 몸체를 만들었다.

팔이 4 개라는 원리로 모두 설명이 가능하다.



S 궤도는 방이 1 개이며 2 개의 전자가 들어 갈 수 있다..

P 궤도는 방이 3 개이며 6 개의 전자가 들어 갈 수 있다.

D 궤도는 방이 5 개이며, 10 개의 전자가 들어갈 수 있다.

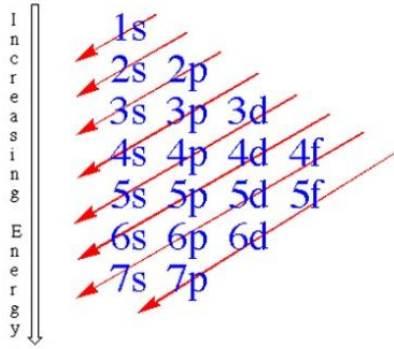
F 궤도는 방이 7 개이며, 14 개의 전자가 들어 갈 수 있다.

방에 전자를 넣는 순서는 각 방에 우선 하나씩 넣은 후, 남는 전자가 있으면 다시 앞에서부터 추가로 하나씩 넣는다. 훈트의 법칙이다.

학자들은 주기적으로 성격이 비슷한 원소들이 배열되는 것을 경험적으로 알았다
후에 양자 역학이 그것을 명쾌하게 설명했다.

카드늄(Cd)은 일본에서 발병한 이타이 이타이 병의 원인이었다. 맹독성 금속이다.

전자가 들어가는 에너지 준위 순서이다.



바닥 상태 원자의 전자들은 전자 배치 원리 (aufbau principle) 또는 마델룽규칙(Madelung rule)에 따라 $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < 5f < 6d < 7p < 8s < 5g$ 의 순으로 배치된다.

Fe 의 경우 전자가 4s 궤도에 2 개, 3d 궤도에 6 개의 전자가 들어간다. 3d 에는 5 개의 방이 있는데 그 중 4 개의 방에 전자 1 개만 들어 있다. 혼자 있는 전자가 많을수록 자기를 잘 띈다. 강자성 금속이라 한다.

그리고 이온이 될 때에는 4s 에 있는 전자 2 개를 먼저 버리고 Fe^{+2} 가 된다.

다음에 3d 에 있는 전자 중 첫 번째 방에 있는 전자 하나를 내 보내면 Fe^{+3} 이 된다.

FeO 에서는 철이 Fe^{+2} 이고, Fe_2O_3 에서는 Fe^{+3} 이다. FeO 와 Fe_2O_3 를 합하면 Fe_3O_4 가 된다.

구리의 경우는 4s 궤도에 2 개, 3d 궤도에 10 개의 전자가 있다.

3d 궤도에는 전자가 가득 찬 상태이므로 전자가 빠져 나오지 않는다.

이럴 경우 4s 궤도의 전자 1 개가 쉽게 빠져 나온다. 구리가 전기를 잘 통하는 이유이다.

구리, 은, 금은 산소와 잘 반응하지 않는다. 그래서 우리 선조들이 구리 노다지를 캘 수 있었다.

$Cu + Sn \rightarrow$ 청동

$Cu + Zn \rightarrow$ 황동

$Fe + Sn \rightarrow$ 양철

인류 문화가 석기시대 \rightarrow 청동기시대 \rightarrow 철기시대로 발전했다.

팔라듐(Pd: 5s:0, 4d: 10)는 자기 부피의 900 배 수소를 머금는다. 수소 자동차에 쓰인다. 백금과 비슷하다.

구리보다도 은이 전기를 잘 통한다. 한 때는 금보다 은이 더 비쌌다. 그래서 은행이 생겼다.

Cu, Ag, Au 는 메탈 중의 메탈이다.

d 궤도에 10 개의 전자가 모두 채워져 있으므로, s 궤도 전자 1 개가 쉽게 빠져 나온다

주기율표는 양성자 1 개와 전자 1 개를 차례로 넣는 게임이다. 수소 하나씩을 넣는 것이다.

완벽한 이데아 이다. 자연은 수(number)이다.

화학 작용은 원자 A와 원자 B가 결합하거나 분해하는 과정이다.

우리가 죽는 것도 화학이다. 그러나 원자는 변하지 않는다.

수소 원자의 이온화 에너지가 13.6MeV이다. 10 만도가 넘는다.

전자하나 꼬집어내는 데도 그 만큼 큰 에너지가 필요하다.

지구는 원자를 바꿀 수 없다.

<원소가 만들어 지는 장소>

1)빅뱅: 수소, 헬륨

2)적색거성: 탄소, 산소, 질소

3)초 신성: 황, 금 등 무거운 원소

생명은 효소를 이용하여 낮은 온도에서도 화학 작용을 일으킨다.

희토류는 $L=3$ 이다. L 이 3이면 f(fundamental)이다. f는 4부터 있다. 란탄족은 4f, 악티늄 족은 5f이다.

f 궤도는 방이 7개이다. 그러므로 전자가 14개가 들어 간다.

과학자들은 5개의 triad(3개의 세트)를 경험적으로 알고 있었다.

독일 화학자 되베라이너(Johann Wolfgang Döbereiner, 1780~1849)는 1828년에 화학적 성질이 비슷한 3가지 원소의 묶음을 찾아내고는 이들을 '3개조(triad)'라 불렀는데, 이들의 예는 아래와 같다.

- 염소(Cl), 브로민(Br), 아이오딘(I); • 리튬(Li), 소듐(Na), 포타슘(K)
- 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba); • 인(P), 비소(As), 안티모니(Sb)
- 황(S), 셀레늄(Se), 텔루륨(Te)

그는 각 3개조에서, 가운데 원소의 원자량이 다른 두 원소의 원자량 평균과 거의 정확하게 같음을 발견하였다.

이 다섯 개 세트를 가지고 조각을 맞추기 시작 했었다. 양성자와 전자 개념도 없이 시작했었다.

그러다 분광학이 나오면서 인류의 혁명을 가져 왔다. 분광학을 통해서 우주까지 이해하게 되었다.

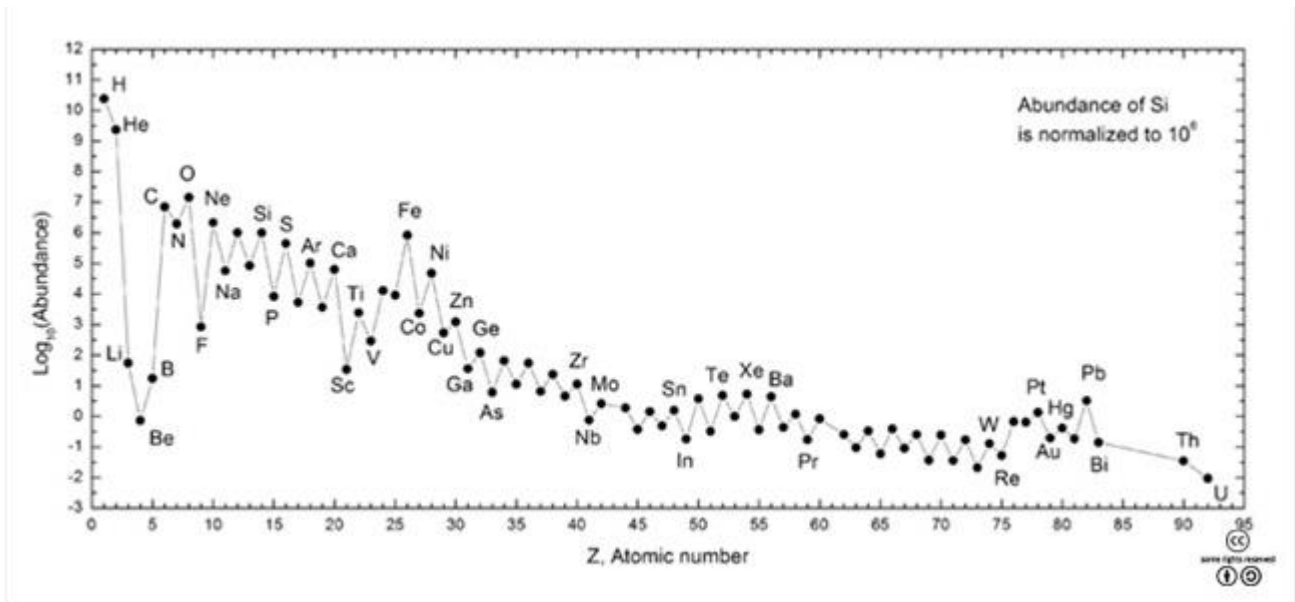
분광학의 스펙트럼이 수학적으로 어떻게 풀리는가를 처음으로 문을 연 사람이 닐스 보어이다.

그리고 양자 혁명이 시작되었다. 우리는 우주로 가기 시작했다. 그 출발점이 주기율표이다.

주기율표가 스펙트럼과 링크되면서 폭발해버렸다. 그러면서 지구 상에 있는 모든 것이 만들어 졌다.

생명의 첫 번째 특징은 가볍다.

우주 전체 원소의 비율을 보자



우주의 원소는 짝수 번호 원소가 홀수 번호 보다 10배는 더 많다.

수소가 가장 많고 다음이 헬륨이다. 탄소, 산소, 마그네슘, 칼슘 그리고 철도 많다.

우주에서 베릴륨(Be)이 가장 적다.

생명이 출현하려면 수 많은 시행착오를 거쳐야 한다. 시행착오를 많이 하려면 구성요소가 많아야 한다. 생명은 무작위적 추출이다. 그러려면 기본적으로 같은 것이 많아야 한다.

주변에 풍부한 물질로 시험할 수 밖에 없다.

생명이 가벼운 수소, 탄소, 산소로 이루어져 있는 것은 그러한 물질들이 우주에 많았기 때문이다..

생명은 C, O와 Na, Mg, K, Ca이 결혼한 것이다. 그리고 Fe가 추가 되었다.

Fe, Co, Cu, Zn이 같은 종류이다. 철 대신 구리도 산소를 이동할 수 있다.

무거운 물질은 붕괴한다.

우라늄이 붕괴하면 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 스트론튬(Sr)이 된다.

수소를 포함한 1족을 알칼리라 한다. 알칼리는 양젖물이다. 식물의 재이다.

금속은 타지 않는다. 식물 속 K도 타지 않아 재 속에 남는다. K는 알칼리 성분이다.

사람 인체 1 kg당 칼륨(K)이 2g이 있다.

나트륨-칼륨 펌프가 전기 펄스를 일으켜 동물의 생각과 움직임을 만든다.

초기 바다 속 세포의 안쪽에는 칼륨이 많았고 바깥에는 나트륨이 많았다.

생명은 칼륨과 나트륨의 균형을 유지해야 한다

안락사 시킬 때 칼륨 주사를 놓는다. 곧 심장이 정지한다.

바다에 있을 때는 나트륨을 구하기 쉬웠다.

그러나 데본기 양서류가 바다에서 육지로 올라온 후 육지에는 나트륨이 부족했다.
그래서 나트륨 욕망에 사로 잡혔다.
사람은 아직도 나트륨 섭취 욕망이 강하여 짜게 먹는다. 그것이 고혈압을 유발한다.
칼륨을 섭취하면 콩팥이 나트륨을 많이 배출한다.
일본에서는 칼륨 1일 권장량을 2g에서 3.5g으로 늘렸다. 고혈압 방지를 위해서다.

방사능 중에서 특히 세슘(Cs)이 위험하다. 세슘은 칼륨과 같은 족이다. 즉 최 외각 전자 수가 같다.
칼륨은 인체의 모든 세포에 다 쓰인다. 세슘이 인체에 들어가면 칼륨처럼 모든 세포에 다 들어 간다.
그곳에서 방사능을 일으키면 다양한 암을 유발시킨다.

스트론튬(Sr)은 칼슘과 같은 족이다. 칼슘은 인체의 뼈에 많다.
스트론튬이 인체에 들어가면 골수암을 유발한다.

주기율표에 답이 있다.

백금족(Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt)도 기억해 두어야 한다.

주기율표 중 22번(Ti), 33번(As), 44번(Ru), 55번(Cs), 66번(Dy), 77번(Ir), 88번(Ra)은 외워 두어야 한다.
심을 박아 두는 것과 같다. 헛갈리지 않는다. 02:28

주기율표의 구성과 원소의 분류*, **

알칼리 금속(1H 제외)

알칼리 토금속

← s-블록 →

d-블록, 전이 금속+

→ ←

p-블록

→

비활성 기체

할로겐

칼코겐

닉토겐

화폐금속

휘발성 금속

족→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
주기↓																		

원소기호의 색: 금속, 검정색; 비금속, 붉은색; 준금속, 녹색,
: 셀 배경색: 기체 액체 고체
백금족 금속

1	1H																	2He
2	7Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	11Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	19K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	37Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	55Cs	Ba	.	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	87Fr	Ra	..	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

· 란타넘족++

57La
Ce
Pr
Nd
Pm
Sm
Eu
Gd
Tb
Dy
Ho
Er
Tm
Yb
71Lu
← f-블록

.. 악티늄족++

89Ac
Th
Pa
U
Np
Pu
Am
Cm
Bk
Cf
Es
Fm
Md
No
103Lr
← f-블록

위 도표에서 맨 오른쪽에 있는 18족 원소들을 불활성 기체(inert gas)라고 한다.

전자가 모두 채워진 상태로 다른 원소들과 거의 반응하지 않는다.

다음 F가 있는 17족 원소는 할로젠원소라 한다. 전자 하나를 뺏어오는 성질이 있어 F^{-1} , Cl^{-1} 이 된다.

수소가 있는 1족은 알칼리 금속이라고 한다. 알칼리 금속은 전자를 하나 버리고 싶어 한다.

나트륨이 전자를 하나 버리면 Na^{+1} 이 된다.

수소도 금속이다. 400만 기압의 압력이 가해지면 수소가 금속이 된다.

목성에는 4000km가 되는 기체상태 수소 밑에 높은 압력으로 금속 수소가 있다.

베릴륨(Be)이 있는 2족은 알칼리 토금속(alkaline earth metal) 이라 한다.

알칼리 토금속은 전자를 2개를 주고 싶어 한다. 마그네슘이 전자 2개를 잃으면 Mg^{+2} 가 된다.

d블록(3족-12족)을 전이금속(transition metal)이라 한다.

반면 s블록(1족-2족)과 p블록(13족-18족)을 전형(典型)원소라고 한다.

원소번호57번-71번을 란타넘족이라 하고, 89번부터는 악티늄 족이다.

무거운 원소는 양성자 수가 많아 내부에서 양성자끼리 밀어 내는 힘이 커진다.

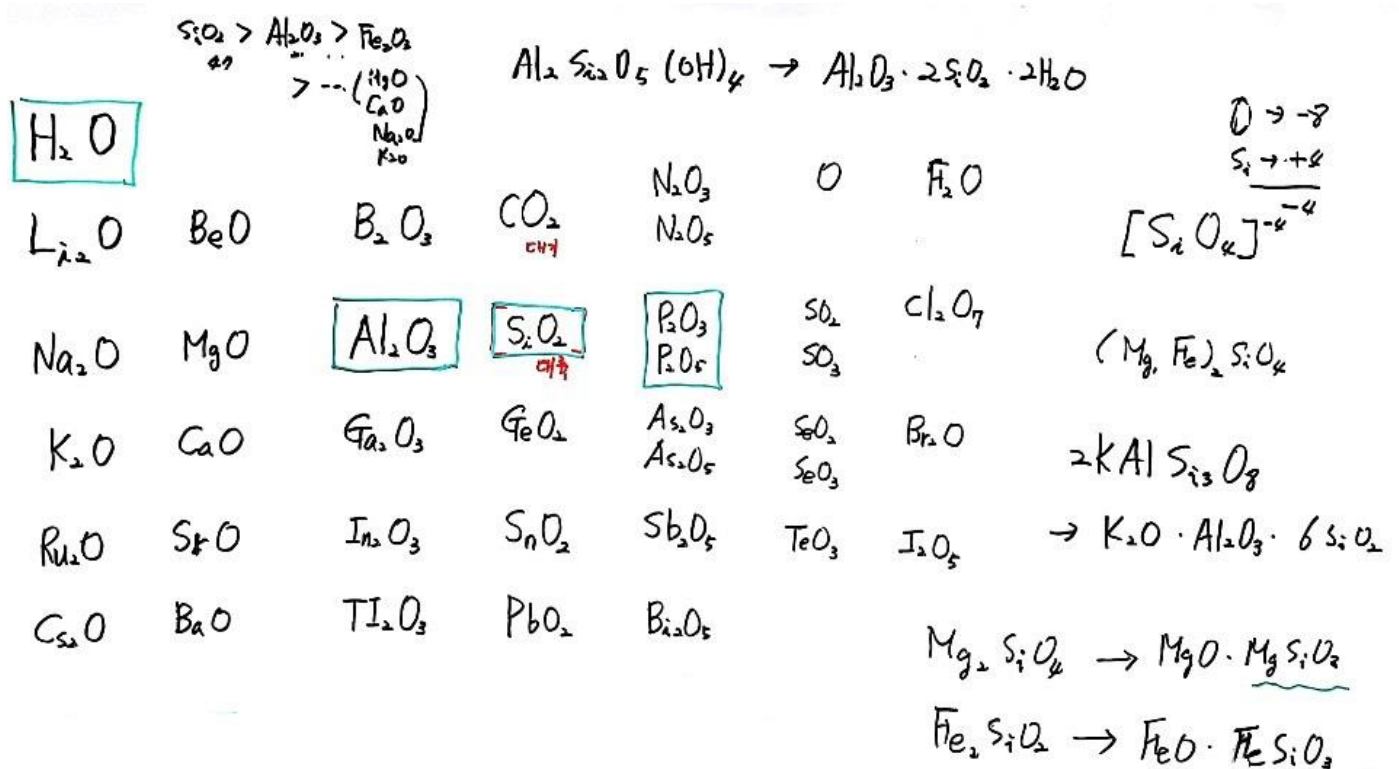
밀어 내는 힘이 당기는 핵력을 초과하면 분열하게 된다. 조금만 틈새가 생겨도 내분을 일으킨다. 핵분열이 일어

각 원소마다 고유의 반감기가 있다. 그것으로 암석의 나이를 측정한다.

광물 이야기의 50%는 산소 이야기이다.

공기 속에는 21%의 산소가 있지만, 지구 전체 산소의 0.0000001% 밖에 되지 않는다.

산소가 전자 2개를 획득하면 O^{-2} 가 된다.



Al₂O₃는 매우 중요한 물질이다. 지구 상에 녹슨 철만큼 많다. 다이아몬드 대용으로 쓴다. 매우 단단하다.

금성은 98%가 CO₂이고 화성도 90%가 넘는다. 지구도 초기에는 이산화탄소가 20% 정도였다.

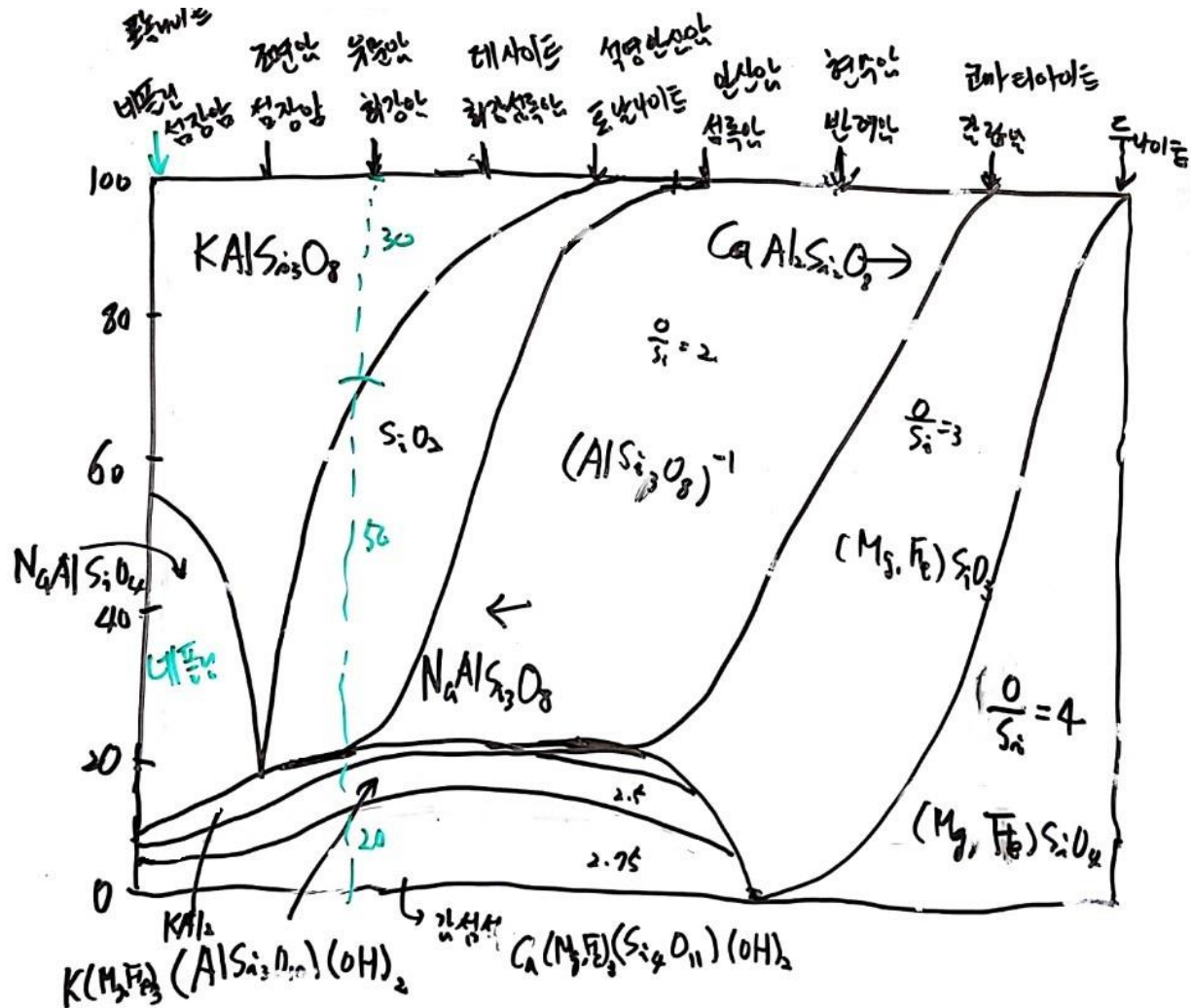
온실효과, 빙하시대 모두 이산화탄소와 관련이 있다.

SiO₂가 지구의 맨틀 층을 만들었다. 유리, 수정, 오팔도 SiO₂이다.

SnO₂가 청동기 시대를 열었다. 불로 SnO₂를 녹여서 합금을 만든다.

황 화합물은 SO₂와 SO₃가 있다. 황의 전자가수가 바뀐다.

Mn은 +2, +3, +4, +5, +6, +7까지 있다. 그래서 광합성 할 때 oxygen evolving complex에서 망간을 쓴다.



화성암 조성 도표이다.

실리콘과 산소의 비율이 중요하다.

O/Si 값이 4, 3, 2.75, 2.5, 2 모두 5종류가 있다.

감람석, 휘석, 각섬석, 운모(흑운모, 백운모), 장석, 석영이 된다.

달 표면에는 6km 두께의 회장석이 있다.

공부의 요체는 숫자에 민감해야 한다. 훈련해야 한다. 숫자의 패턴을 훈련해야 한다.
 인간이 한 순간에 알 수 있는 숫자는 1,2,3,4 밖에 안 된다. 5,6,7,8까지 알려면 훈련해야 한다.
 브레인은 숫자에 민감하지 못하다. 그래서 숫자는 반드시 훈련해야 한다.
 훈련해야 할 숫자가 많은 것이 아니다. 1에서 9까지 하면 된다.
 숫자가 장악되고 나면 조각그림 맞추기이다.

김대중, 노무현 대통령은 대학을 나오지 않았지만 탁월한 숫자 감각을 갖고 계셨다.
 경제를 이야기하면서 숫자 없이 할 수 없다. 과학도 숫자 없이 할 수 없다.

Mg_2SiO_4 를 분해하면 MgO 와 $MgSiO_3$ 가 된다.
 암석학의 비밀은 인수 분해 된다는 것이다. 인수분해의 핵심은 정수이다.
 모두 정수로 인수분해 된다. SiO_2 와 Al_2O_3 그리고 H_2O 가 핵심이다.

$2KAlSi_3O_8 \rightarrow K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
 고령토: $Al_2Si_2O_5(OH)_4 \rightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

화성암에는 심성암과 분출암이 있다. 표에서 위에 있는 것이 분출암이고 아래에 있는 것이 심성암이다.
 화강암의 조성은 K 장석 30%, 석영 50%, 그리고 운모와 각섬석을 합해서 20%이다.
 $SiO_2 > Al_2O_3 > Fe_2O_3 > MgO, CaO, Na_2O, K_2O$

지각의 구성 성분

O > Si > Al > Fe > Na, Mg, K, Ca

47%	28	8	5	11
-----	----	---	---	----

지구의 6대 원소

Fe, O, Si, Al, Mg, Ca

기본 플랫폼(주기율표)를 암기하고 암석학에 들어 가면, 대륙지각이 보이고 북한산 인수봉이 어떻게 형성되었는지 이해하게 된다. 바위가 풍화된 것이 토양이고, 토양이 장악되면 식물의 진화를 공부하게 된다.
 이어서 동물 진화를 공부하고 다음에 광물과 생명체의 공진화를 배운다.
 이번 3달간의 과학리딩에 집중하면 여러분의 과학 수준을 한 단계 올릴 수 있다.
 수고 하셨습니다.