

01

원소의 분류와 주기율

- 현대의 주기율표가 만들어지기까지의 과정을 설명할 수 있다.
- 원소의 주기적 성질을 설명하고, 다양한 방식으로 주기율표를 표현할 수 있다.

생각 열기

대형 마트에 가면 많은 식료품과 생활용품이 용도나 종류별로 분류되어 진열되고, 진열된 위치는 표지판에 표시되어 있다.

🕒 물건을 용도나 종류별로 분류하는 까닭은 무엇일까?



1 주기율표

우리 주변의 물질을 이루고 있는 원소들을 체계적으로 분류하여 물리적, 화학적 성질의 규칙성을 알아내는 것은 물질세계를 이해하는 데 중요하다. 원소를 배열하였을 때 비슷한 성질의 원소들이 주기적으로 나타나는 것을 **주기율**이라고 하며, 주기율에 따라 원소들을 배열한 표를 **주기율표**라고 한다.

18세기 초만 해도 발견된 원소가 20여 가지에 불과하였다. 이후 더 많은 원소들이 발견되었고, 원소들의 성질과 원자량을 구체적으로 알게 되면서 여러 과학자들이 원소를 분류하려고 시도하였다. 1828년 뢰베라이너(Döbereiner, J. W., 1780~1849)는 화학적 성질이 비슷한 원소를 3개씩 묶어 세 쌍 원소로 분류하였고, 1864년 뉴랜즈(Newlands, J., 1837~1898)는 원자량이 증가하는 순서로 원소들을 배열하면 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타난다는 것을 발견하였다.

원자량

Li 7.0

Na 23.0 $\Rightarrow \frac{7.0 + 39.0}{2} = 23.0$

K 39.0

H								He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	

그림 II-32 뢰베라이너의 세 쌍 원소 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K)의 쌍은 화학적 성질이 비슷하며, 가운데 원소의 원자량이 위아래 원소들의 원자량의 평균값과 비슷하다.

도	레	미	파	솔	라	시
H	Li	Be	B	C	N	O
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe
Co/Ni	Cu	Zn	Y	In	As	Se
Br	Rb	Sr	Ce/La	Zr	—	—

그림 II-33 뉴랜즈의 옥타브설 원소들을 원자량의 순서로 배열하면 음계의 옥타브처럼 여덟 번째 원소마다 성질이 비슷한 원소가 나타난다.

현재 우리가 사용하는 주기율표는 멘델레예프의 주기율표를 모즐리가 새롭게 구성한 것을 바탕으로 만들어졌다. 현대의 주기율표가 만들어진 과정을 알아보자.

과정

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I	H 1							
II	Li 7	Be 9.4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
III	Na 23	Mg 24	Al 27.3	Si 28	P 31	S 32	Cl 35.5	
IV	K 39	Ca 40	? 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56 Co 58.9 Ni 58.7
V	Cu 63	Zn 65.2	? 68	? 72	As 75	Se 78	Br 80	
VI	Rb 85	Sr 87	Yt 88	Zr 90	Nb 94	Mo 96	? 100	Ru 104.2 Rh 104.4 Pd 106
VII	Ag 108	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 125	I 127	
VIII	Cs 133	Ba 137	Di 138	Ce 140				

◀ 멘델레예프의 주기율표

1869년 멘델레예프는 당시에 알려진 63종의 원소들을 원자량이 증가하는 순서로 배열하면 성질이 비슷한 원소들이 주기적으로 나타나는 것을 발견하여 주기율표를 만들었다. 멘델레예프가 만든 주기율표에는 빈자리가 있었다.



족	0	1 a b	2 a b	3 a b	4 a b	5 a b	6 a b	7 a b	8
	H 1								
He 2		Li 3	Be 4	B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	
Ne 10		Na 11	Mg 12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	
Ar 18		K 19 Cu 29	Ca 20 Zn 30	Sc 21 Ga 31	Ti 22 Ge 32	V 23 As 33	Cr 24 Se 34	Mn 25 Br 35	Fe 26, Co 27, Ni 28
Kr 36		Rb 37 Ag 47	Sr 38 Cd 48	Y 39 In 49	Zr 40 Sn 50	Nb 41 Sb 51	Mo 42 Te 52	— I 53	Ru 44, Rh 45, Pd 46
Xe 54		Cs 55 Au 79	Ba 56	57~71*	Lu 72	Ta 73	W 74	—	Os 76, Ir 77, Pt 78

◀ 모즐리의 주기율표

1913년 모즐리는 원소들을 원자량이 아닌 원자 번호 순서로 배열하면서 멘델레예프가 만든 주기율표의 문제점을 해결할 수 있었다.



현대의 주기율표

정리

- 1 멘델레예프가 만든 주기율표의 특징을 조사해 보자.
- 2 멘델레예프가 주기율표에 빈자리로 남겨 두고 성질을 예측한 원소들은 이후에 실제로 발견되었는데, 이것이 어떤 의미가 있는지 토의해 보자.
- 3 멘델레예프의 주기율표에서 발생한 문제점이 무엇인지 조사하고, 멘델레예프 이후 모즐리의 주기율표와 현대의 주기율표가 만들어지는 과정을 조사해 보자.

〈출처〉 Scerri, 『The periodic table- its story and its significance』, 2007.
Moseley, 『The high frequency spectra of the elements』, 1913.

멘델레예프가 주기율표에서 빈자리로 남겨 둔 원소들은 이후에 실제로 발견되었다. 예를 들어 멘델레예프가 에카-알루미늄이라고 이름을 붙인 원소는 현대의 주기율표에서 갈륨(Ga)이다. 또한 표 II-3과 같이 멘델레예프가 자신의 주기율표에 따라 예측한 이 원소의 성질은 현재의 측정값과 매우 비슷하다. 이는 주기율표에서 원소의 위치에 따라 원소의 성질을 잘 예측할 수 있음을 보여 준다.

표 II-3 갈륨(Ga)에 대한 멘델레예프의 예측과 실제 측정값

성질	에카-알루미늄(Ea)	갈륨(Ga)
원자량	68	69.9
밀도(g/cm ³)	5.9	5.94
녹는점(°C)	낮음	29.78
산화물	Ea ₂ O ₃ (산과 알칼리에 모두 녹음)	Ga ₂ O ₃ (산과 알칼리에 모두 녹음)
염화물	Ea ₂ Cl ₆ (휘발성)	Ga ₂ Cl ₆ (휘발성)



그림 II-34 멘델레예프

(Mendeleev, D. I., 1834 ~1907) 러시아의 과학자. 당시 잘못 알려져 있었던 일부 원소의 원자량을 바로잡아 주기율표에서의 위치를 수정하였을 뿐만 아니라 아직 발견되지 않은 원소들의 성질을 거의 정확히 예측하였다. 원소 사이의 관계를 밝혀 화학의 기초를 세웠다.

그런데 멘델레예프의 주기율표에 없던 원소인 아르곤(Ar)이 발견되면서 문제가 발생하였다. 원자량 순서로 배열하면 아르곤은 칼륨(K) 다음에 위치하는데, 비활성 기체인 아르곤은 다른 원소들과 화학적 성질이 크게 달랐기 때문에 주기율표로 그 성질을 설명하기 어려웠다. 이러한 문제점을 개선하여 현재와 비슷한 주기율표를 완성한 것은 모즐리였다. 모즐리는 원소들을 원자량 순서가 아닌 원자 번호 순서로 배열하여 문제를 해결하였다.

자료실

모즐리는 주기율표를 어떻게 만들었을까?

영국의 물리학자인 모즐리는 원자에 전자 빔을 발사할 때 발생하는 X선의 파장과 원자핵 속의 양성자수, 즉 원자 번호 사이의 관계를 발견하였다. 모즐리는 원소의 화학적 성질을 결정하는 것은 원자량이 아닌 원자 번호(양성자수)라는 것을 밝혀내어 주기율표에서 원소들의 위치를 바로잡았다. 멘델레예프의 기준으로는, 코발트(Co)의 원자량이 니켈(Ni)보다 크기 때문에 원래는 니켈, 코발트 순서로 배치되어야 하지만 멘델레예프는 주기적 성질을 설명하려고 예외적으로 코발트를 니켈 앞에 배치하였다. 그러나 모즐리의 기준으로는 이러한 문제점 없이 코발트가 니켈 앞에 배치된다. 모즐리는 자신의 실험 결과를 바탕으로 하여 43, 61, 75번 원소를 제외한 주기율표를 만들었다.



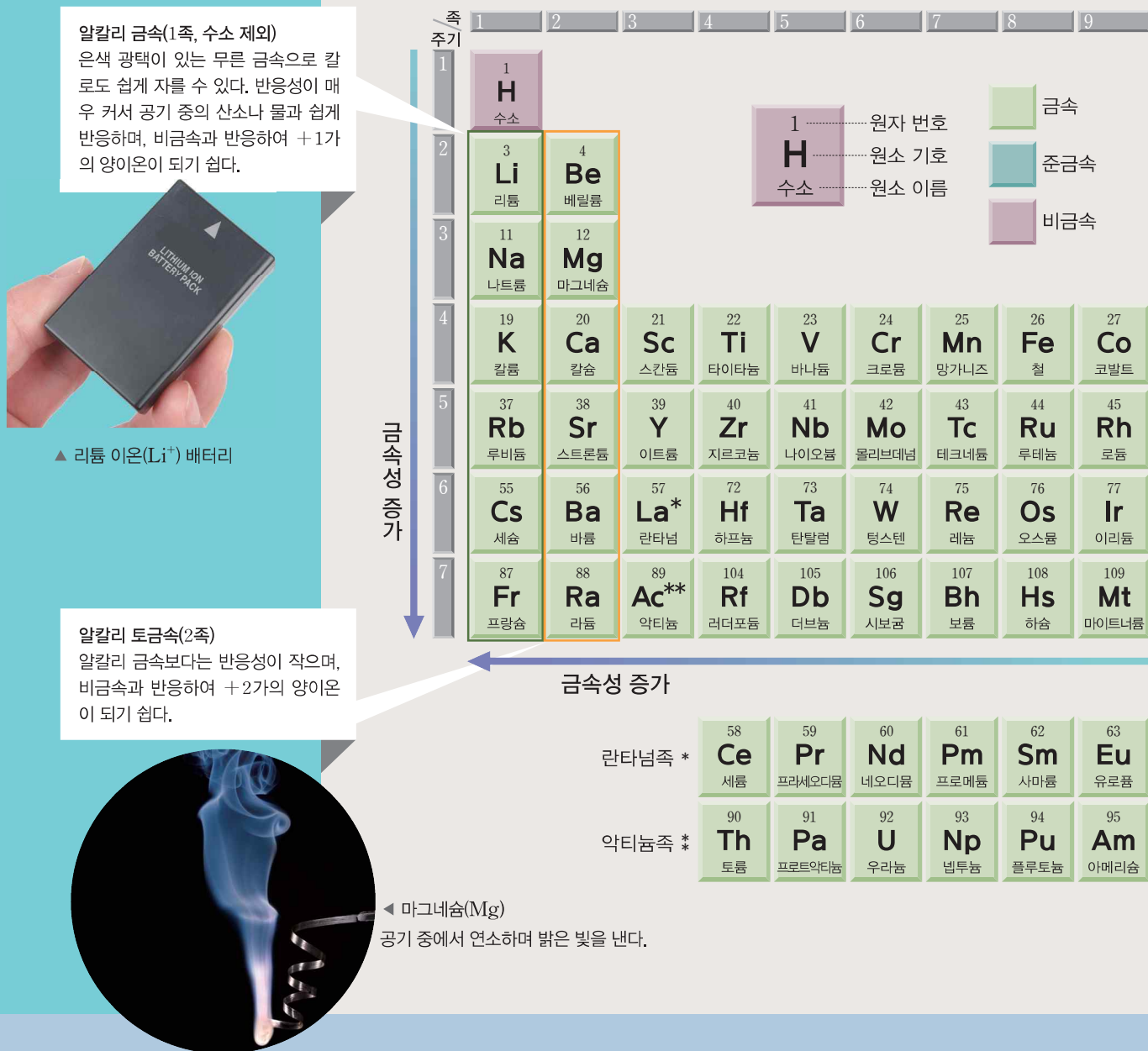
그림 II-35 모즐리(Moseley, H. G. J., 1887 ~1915)

현대의 주기율표

오늘날 사용되는 주기율표는 멘델레예프의 주기율표와 달리 18개의 족이 있다. 원자 번호 92번 우라늄(U) 다음의 원소들은 자연에는 존재하지 않고 인공적으로 합성된 것이다.

현대의 주기율표에서는 원소를 원자 번호 순서로 나열하면서 화학적 성질이 비슷한 원소가 같은 세로줄에 오도록 배치한다. 주기율표의 가로줄을 주기라고 하며, 1주기부터 7주기까지 있다. 세로줄은 족이라고 하며, 1족에서 18족까지 있다. 주기율표에서 1족과 2족에 해당하는 원소들은 원자가 전자 수가 각각 1개, 2개이고, 13족~17족의 원소들은 원자가 전자 수가 각각 3개~7개이다. 원자가 전자 수가 같은 원소는 화학적 성질이 비슷하므로 같은 족 원소들은 화학적 성질이 비슷하다.

그림 II-36 현대의 주기율표



주기율표의 원소들은 금속 원소, 비금속 원소, 준금속 원소로 분류할 수 있다. 금속 원소는 상온에서 액체인 수은(Hg)을 제외하면 모두 고체이고 대부분 은색 광택이 있으며 열과 전기 전도성이 크다. 또한 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다. 비금속 원소는 상온에서 대부분 기체와 고체 상태이고 열과 전기 전도성이 작으며 전자를 얻어서 음이온이 되기 쉽다. 준금속 원소는 금속과 비금속의 중간 성질을 나타내거나 양쪽의 성질을 모두 나타낸다.

☞ 란타넘족과 악티늄족

란타넘족은 57번 란타넘부터 71번 루테튬까지, 악티늄족은 89번 악티늄부터 103번 로렌슘까지의 각각 15개 원소들을 이룬다.

비금속성 증가

10

11

12

13

14

15

16

17

18

2

He

헬륨

10

Ne

네온

18

Ar

아르곤

36

Kr

크립톤

54

Xe

제논

86

Rn

라돈

118

Og

오가네손

비금속성 증가

5

B

붕소

6

C

탄소

7

N

질소

8

O

산소

9

F

플루오린

13

Al

알루미늄

14

Si

규소

15

P

인

16

S

황

17

Cl

염소

28

Ni

니켈

29

Cu

구리

30

Zn

아연

31

Ga

갈륨

32

Ge

저마늄

33

As

비소

34

Se

셀레늄

35

Br

브로민

46

Pd

팔라듐

47

Ag

은

48

Cd

카드뮴

49

In

인듐

50

Sn

주석

51

Sb

안티모니

52

Te

텔루륨

53

I

아이오딘

78

Pt

백금

79

Au

금

80

Hg

수은

81

Tl

탈륨

82

Pb

납

83

Bi

비스무트

84

Po

폴로늄

85

At

아스타틴

110

Ds

다름슈타튬

111

Rg

뢴트게늄

112

Cn

코페르니슘

113

Nh

니호늄

114

Fl

플레로븀

115

Mc

모스코븀

116

Lv

리버모륨

117

Ts

테네신

64

Gd

가돌리늄

65

Tb

터븀

66

Dy

디스프로슘

67

Ho

홀름

68

Er

어븀

69

Tm

툴륨

70

Yb

이트븀

71

Lu

루테튬

96

Cm

퀴륨

97

Bk

버클륨

98

Cf

캘리포늄

99

Es

아인슈타이늄

100

Fm

페르뮴

101

Md

멘델레븀

102

No

노벨륨

103

Lr

로렌슘

〈출처〉 국제 순수 및 응용 화학 연맹(IUPAC), 2017.

헬륨(He) 풍선 ▶

비활성 기체(18족)

상온에서 모두 기체 상태이며, 화학적으로 안정하여 다른 원소들과 거의 반응하지 않는다.



▲ 네온(Ne) 사인

할로젠 원소(17족)

반응성이 크며, 금속과 반응하여 -1가의 음이온이 되기 쉽다.



▲ 염소(Cl₂)

▲ 브로민(Br₂)

주기율표는 각 원소의 특징이나 용도를 한눈에 알 수 있도록 그림으로 나타낼 수도 있고 입체로 만들 수도 있다. 모듈별로 주기율표를 다양하게 표현해 보자.



▲ 원소의 용도를 그림으로 표현한 주기율표



▲ 입체로 표현한 주기율표

정리

[도움말] 다른 모듈의 주기율표를 평가할 때는 주기율표의 내용을 이해하기 쉬운지, 친숙한 형태로 표현되었는지, 독창적으로 표현되었는지 등을 평가할 수 있다.

① 다양한 주기율표를 더 찾아보고, 주기율표의 장단점을 비교해 보자.

② 모듈별로 만든 주기율표를 발표하고, 다른 모듈의 주기율표를 평가해 보자.

➔ **더 알아보기** 주기율표에서 원소의 위치와 특성을 쉽고 재미있게 표현할 수 있는 노래를 만들어 보자.

그동안 많은 종류의 주기율표가 제안되었는데, 란타넘족과 악티늄족의 원소들을 따로 배치하지 않고 모든 원소를 원자 번호 순서로 배열하여 32개 족으로 만들거나, 원형, 삼각형, 나선형으로 원소를 배열한 주기율표도 있다. 이처럼 주기율표는 목적에 따라 다양한 형태로 만들 수 있다. 우리가 사용하는 현대의 주기율표는 ‘국제 순수 및 응용 화학 연맹(IUPAC)’에서 채택한 것이다.

평가하기

- 1 멘델레예프의 주기율표와 현대의 주기율표는 원소를 나열하는 기준에 어떤 차이가 있는지 설명해 보자.
- 2 알칼리 금속 원소들의 화학적 성질이 비슷한 까닭을 설명해 보자.