

이름: _____ 학번: _____ 학과: _____

- 시험시간: 3:00 PM - 5:00 PM
- 휴대전화는 끌 것
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음
- 답은 반드시 각 문제에 주어진 네모 안에 적을 것. 네모의 크기와 답의 길이는 상관관계가 없음
- 답의 단위가 주어졌을 경우 반드시 단위에 맞추어 답을 적을 것
- 각 문항에서 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임. 빈 공간의 크기와 풀이의 길이는 상관관계가 없음.
- 실험에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음.
- 문제수: 7
- Page 수: 4
- 만점: 182점

1. (6+5+8+10+10+8+5+5+10+10=77점) 경북대학교 화학과 1학년생인 김경화는 금속산화물과 이산화탄소의 반응에 대하여 알아보기 위해, BaO(s)와 CaO(s)의 혼합물 5.14 g을 30 °C, 750.0 torr 상태의 이산화탄소 기체가 담겨있는 1.50 L 플라스크에 넣었다. 반응이 완결된 후에 보니 플라스크 안에 BaO(s)와 CaO(s)는 모두 없어지고 BaCO₃(s)와 CaCO₃(s)가 생성되었다. 그리고 이산화탄소 기체는 남아 있었는데 이산화탄소 기체의 압력은 230.0 torr 였다. BaO(s)와 CaO(s)의 혼합물에서 각각의 질량은 얼마이고, 생성물인 BaCO₃(s)와 CaCO₃(s)의 혼합물에서 각각의 상대적인 몰(mol) % 는 얼마인가? 다음의 순서로 물음에 답하시오. 반응 전후에 온도의 변화는 없었다.

(a) 다음 화합물의 이름(한글 또는 영어) 또는 분자식을 을 쓰시오.

화합물	이름 또는 분자식
BaO	산화바륨(Barium Oxide)
CaCO ₃	탄산칼슘(Calcium Carbonate)
이산화탄소	CO ₂

(b) 다음 화합물에서 각 원자의 산화수를 쓰시오.

화합물	원자	산화수
BaO	Ba	+2
	O	-2
CaCO ₃	Ca	+2
	C	+4
	O	-2

(c) BaO의 구성 성분인 Ba에는 ¹³⁷Ba와 ¹³⁸Ba 두 가지 동위원소가 있다고 하자. 두 동위원소의 핵에 있는 양성자의 개수와 중성자의 개수는 각각 얼마인가?

동위원소	양성자의 개수	중성자의 개수
¹³⁷ Ba	56	81
¹³⁸ Ba	56	82

(d) ¹³⁷Ba의 질량은 136.91 amu 이고 ¹³⁸Ba의 질량은 137.91 amu 이다. 각 동위원소의 자연존재비(%)는 얼마인가? (두 동위원소의 자연존재비의 합은 100 %가 되어야 함)

¹³⁷Ba의 자연존재비를 x %라고 하면 ¹³⁸Ba의 자연존재비는 (100-x) % 이다. 따라서 주기율표로부터

$$137.34 \text{ amu} = 136.91 \text{ amu} \times \frac{x}{100} + 137.91 \text{ amu} \times \frac{100-x}{100}$$

$$13734 = 13791 - x$$

$$x = 57$$

동위원소	자연존재비
¹³⁷ Ba	57 %
¹³⁸ Ba	43 %

(실제로 Ba에는 ¹³⁰Ba, ¹³²Ba, ¹³⁴Ba, ¹³⁵Ba, ¹³⁶Ba, ¹³⁷Ba, ¹³⁸Ba의 일곱 가지 동위원소가 있고 그 중에서 가장 많이 존재하는 것은 ¹³⁸Ba 이다. (c)와 (d) 문항은 출제를 위한 가상의 조건이다.)

(e) 반응 전에 플라스크에 있었던 이산화탄소의 몰 수와 반응 후에 남아있었던 이산화탄소의 몰 수는 얼마인가?

반응 전:

$$P = 750.0 \text{ torr} = 750.0 \text{ torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ torr}} = \frac{75.00}{76.00} \text{ atm}$$

$$T = 30^\circ\text{C} = 30 + 273 (\text{K}) = 303 \text{ K}$$

$$V = 1.50 \text{ L}$$

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{\frac{75.00}{76.00} \text{ atm} \times 1.50 \text{ L}}{0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \times 303 \text{ K}} = 5.95 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

반응 후:

같은 온도, 같은 부피에서 기체의 압력은 기체의 몰 수에 비례하므로

$$n = \frac{230.0 \text{ torr}}{750.0 \text{ torr}} \times 5.95 \times 10^{-2} \text{ mol} = 1.82 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

반응 전	5.95 x 10 ⁻² mol
반응 후	1.82 x 10 ⁻² mol

(f) 플라스크 안에서는 두 가지 종류의 화학반응이 일어났다. 두 반응의 균형 잡힌 화학반응식과 각 반응의 한계시약과 과잉시약을 쓰시오.

화학반응식(물질의 상태도 정확히 표시)	한계시약	과잉시약
BaO(s) + CO ₂ (g) → BaCO ₃ (s)	BaO	CO ₂
CaO(s) + CO ₂ (g) → CaCO ₃ (s)	CaO	CO ₂

(g) 반응물인 BaO(s)와 CaO(s)는 합하여 모두 몇 몰이었는가?

BaO(s)와 CO₂(g)는 1:1로 반응하여 BaCO₃(s) 1을 만들고
CaO(s)와 CO₂(g)는 1:1로 반응하여 CaCO₃(s) 1을 만든다.
따라서 BaO(s)와 CaO(s)는 합하여 과잉시약인 CO₂(g)가 소비된 만큼이었다.

$$\text{소비된 CO}_2(\text{g}) \text{의 몰 수} = 5.95 \times 10^{-2} \text{ mol} - 1.82 \times 10^{-2} \text{ mol} = 4.13 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

BaO(s) + CaO(s) 의 몰 수	4.13 x 10 ⁻² mol
-----------------------	-----------------------------

(h) BaO의 물질량은 153.34 g/mol 이다. CaO의 물질량은 얼마인가?

$$\begin{aligned} \text{CaO의 물질량} &= \text{Ca의 물질량} + \text{O의 물질량} \\ &= 40.08 \text{ g/mol} + 15.9994 \text{ g/mol} \\ &= 56.08 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

56.08 g/mol

(i) 처음에 있었던 BaO(s)와 CaO(s)의 혼합물에서 각각의 질량은 얼마인가?

BaO(s)의 질량을 x g 이라고 하면 CaO(s)의 질량은 (5.14-x) g 이다.
BaO(s) + CaO(s) 의 몰 수가 4.13×10^{-2} mol 이므로

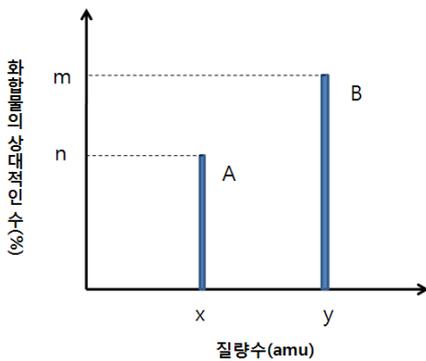
$$\begin{aligned} \frac{x \text{ g}}{153.34 \text{ g/mol}} + \frac{(5.14-x) \text{ g}}{56.08 \text{ g/mol}} &= 4.13 \times 10^{-2} \text{ mol} \\ \left(\frac{1}{153.34} - \frac{1}{56.08}\right)x &= 4.13 \times 10^{-2} - \frac{5.14}{56.08} \\ -0.01131x &= -0.0504 \\ x &= 4.46 \end{aligned}$$

따라서

$$\begin{aligned} \text{BaO(s)의 질량} &= 4.46 \text{ g} \\ \text{CaO(s)의 질량} &= 5.14 \text{ g} - 4.46 \text{ g} = 0.68 \text{ g} \end{aligned}$$

BaO(s)	4.46 g
CaO(s)	0.68 g

(j) 질량분석실험을 하면 혼합물을 구성하는 각 화합물의 질량수와 상대적인 수를 알 수 있다. 생성물인 BaCO₃(s)와 CaCO₃(s)의 혼합물을 조금 취하여 질량분석실험을 하였더니 다음과 같은 결과가 얻어졌다.



A, B는 각각 어떤 화합물이고 n, m은 얼마인가? (n+m=100)

BaO(s) 하나당 BaCO₃(s) 하나가 생성되고
CaO(s) 하나당 CaCO₃(s) 하나가 생성되므로

생성된 BaCO₃(s)와 CaCO₃(s)의 몰 수는 각각 처음에 있었던 BaO(s)와 CaO(s)의 몰 수와 같다.

$$\begin{aligned} \text{BaO(s)의 몰 수} &= \frac{4.46 \text{ g}}{153.34 \text{ g/mol}} = 2.91 \times 10^{-2} \text{ mol} \\ \text{BaO(s)와 CaO(s)의 혼합물에서 BaO(g)의 상대적인 몰 \%} \\ &= \frac{2.91 \times 10^{-2} \text{ mol}}{4.13 \times 10^{-2} \text{ mol}} \times 100 = 70.5 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BaO(s)와 CaO(s)의 혼합물에서 CaO(g)의 상대적인 몰 \%} \\ &= 100 \% - 70.5 \% = 29.5 \% \end{aligned}$$

따라서 BaCO₃(s)와 CaCO₃(s)의 혼합물에서 BaCO₃(s)와 CaCO₃(s)의 상대적인 몰 %는 각각 70.5 %, 29.5 % 이다.

BaCO₃의 질량수가 CaCO₃의 질량수 보다 크므로 A는 CaCO₃, B는 BaCO₃ 이다.

A	CaCO ₃	n	29.5 %
B	BaCO ₃	m	70.5 %

2. (10점) 다이아몬드의 측정단위는 캐럿(carat)이며, 1 carat = 0.200 g 이다. 다이아몬드의 밀도는 $3.51 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 이다. 5.0 carat 다이아몬드의 부피는 몇 cm³ 인가?

$$\begin{aligned} \text{밀도} &= (3.51 \times 10^3 \text{ kg}) / \text{m}^3 = 3.51 \times 10^3 (1000 \text{ g}) / (100 \text{ cm})^3 = 3.51 \text{ g/cm}^3 \\ 5.0 \text{ carat} &= 1.0 \text{ g} \\ \text{부피} &= \text{질량} / \text{밀도} = 1.0 \text{ g} / (3.51 \text{ g/cm}^3) = 0.28 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

0.28 cm ³

3. (12점) 다음의 원자번호를 갖는 원자들이 이온을 형성할 때 가장 생성되기 쉬운 이온은 어떤 것인지 예측하시오.

원자번호	이온식	원자번호	이온식	원자번호	이온식
13	Al ³⁺	56	Ba ²⁺	87	Fr ⁺
34	Se ²⁻	7	N ³⁻	35	Br ⁻

4. (15+5=20점) 아스피린(C, H, O로만 이루어진 화합물) 1.00 g을 대기 중에 태운 후, 2.20 g의 CO₂ 기체와 0.400 g의 H₂O 기체를 얻었다. 아스피린의 물질량은 170 ~ 190 g/mol 이다. 살리실산 1 mol과 무수아세트산(C₄H₆O₃) 1 mol을 반응시키면 1 mol의 아스피린과 1 mol의 아세트산(C₂H₄O₂)을 얻는다. 이 정보를 이용하여 살리실산의 분자식을 결정하시오.

(a) 아스피린의 분자식을 결정하시오.

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{에서 C의 질량백분율} &= \frac{12.0112}{12.0112 + 2 \times 15.9994} \times 100(\%) = 27.292\% \\ \text{CO}_2 \text{에서 C의 질량} &= 2.20 \text{ g} \times 0.27295 = 0.600 \text{ g} \\ \text{H}_2\text{O} \text{에서 H의 질량백분율} &= \frac{2 \times 1.00797}{2 \times 1.00797 + 15.9994} \times 100(\%) = 11.1901\% \\ \text{H}_2\text{O} \text{에서 H의 질량} &= 0.400 \text{ g} \times 0.111901 = 0.0448 \text{ g} \\ \text{아스피린에서 C의 질량} &= 0.600 \text{ g} \\ \text{아스피린에서 H의 질량} &= 0.0448 \text{ g} \\ \text{아스피린의 질량} &= 1.00 \text{ g} \\ \text{아스피린에서 C의 질량백분율} &= 60.0 \% \\ \text{아스피린에서 H의 질량백분율} &= 4.48 \% \\ \text{아스피린에서 O의 질량백분율} &= 100 - 60.0 - 4.48 = 35.5 \% \\ \text{아스피린 100 g에 있는 C의 질량} &= 60.0 \text{ g} \end{aligned}$$

아스피린 100 g에 있는 H의 질량 = 4.48 g

아스피린 100 g에 있는 O의 질량 = 35.5 g

아스피린 100 g에 있는 C의 몰수 = $\frac{60.0g}{12.0112g/mol} = 5.00 \text{ mol}$

아스피린 100 g에 있는 H의 몰수 = $\frac{4.48g}{1.00797g/mol} = 4.44 \text{ mol}$

아스피린 100 g에 있는 O의 몰수 = $\frac{35.5g}{15.9994g/mol} = 2.22 \text{ mol}$

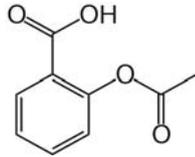
아스피린에서 C:H:O = 5.00:4.44:2.22 \approx 9:8:4

따라서 아스피린의 실험식은 $C_9H_8O_4$

실험식 $C_9H_8O_4$ 에 대한 몰질량은 대략 $9(12)+8(1)+4(16) = 180 \text{ g/mol}$ 이다.

이는 170 ~ 190g/mol 범위 안에 있다.

따라서 아스피린의 분자식은 $C_9H_8O_4$ 이다.

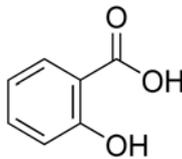


$C_9H_8O_4$

(b) 살리실산의 분자식을 결정하시오.

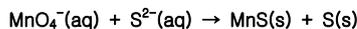
살리실산 + $C_4H_6O_3$ (무수아세트산) \rightarrow $C_9H_8O_4$ (아스피린) + $C_2H_4O_2$ (아세트산)

질량보존의 법칙으로부터 살리실산의 분자식은 $C_7H_6O_3$ 임을 알 수 있다.



$C_7H_6O_3$

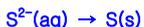
5. (15점) 염기성 용액에서 일어나는 다음 산화-환원 반응의 균형을 맞추시오.



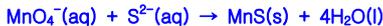
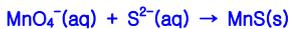
산화 반쪽 반응: $S^{2-}(aq) \rightarrow S(s)$

환원 반쪽 반응: $MnO_4^-(aq) \rightarrow MnS(s)$

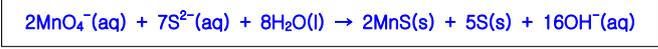
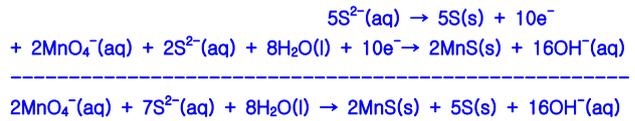
산화 반쪽 반응:



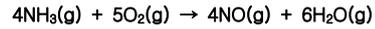
환원 반쪽 반응:



(1) $\times 5$ + (2) $\times 2 \Rightarrow$

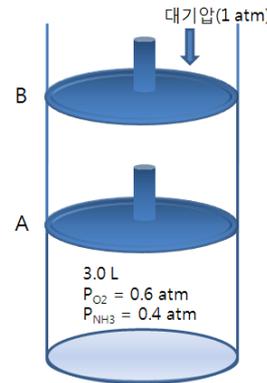


6. (18점) 질산을 공업적으로 만드는 방법인 Oswald 과정의 첫 단계는 암모니아를 일산화질소로 산화시키는 것이다.



이 반응을 다음과 같은 용기(피스톤의 위치 A)에 $NH_3(g)$ 와 $O_2(g)$ 를 넣고 반응시켰다. 이 때 용기 안에서 $NH_3(g)$ 의 부분압은 0.4 atm 이고 $O_2(g)$ 의 부분압은 0.6 atm 이었다. 위 반응이 완결된 후에 각 기체의 부분압과 용기의 부피(기체가 들어있는 부분의 부피)를 구하시오.

- 피스톤은 대기압(1 atm)이 누르고 있고 자유롭게 움직일 수 있다.
- 반응 전에 용기의 부피는 3.0 L 이었다.
- 온도는 측정하지 않아 모르지만, 반응 전후에 온도의 변화는 없었다.
- 반응이 완결 된 후 피스톤의 위치는 B로 바뀌는데 B는 A보다 위 또는 아래에 위치할 수 있다.



일정 온도, 일정 부피에서 기체의 몰 수는 압력에 비례하므로 처음에 $NH_3(g)$ 와 $O_2(g)$ 의 존재비는 4:6

따라서 $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$ 반응에서 $NH_3(g)$ 가 한계사약 반응 종결 후 각 기체의 존재비는



처음에 $NH_3(g)$ 와 $O_2(g)$ 의 몰 수의 합을 10k mol 이라고 하면

$$P_{A,total} = 1 \text{ atm} = (10k)RT/3.0L \text{ 이다.}$$

반응종결 후에 기체들의 몰 수의 합은 11k mol 이 되므로

$$P_{B,total} = 1 \text{ atm} = (11k)RT/V_B \text{ 이다.}$$

$$\text{따라서 } V_B = 3.3 \text{ L}$$

각 기체의 부분압은 몰 수에 비례하므로

$$V_{NH_3} = 0 \text{ atm}$$

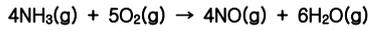
$$V_{O_2} = 1 \text{ atm} \times 1/11 = 0.09 \text{ atm}$$

$$V_{NO} = 1 \text{ atm} \times 4/11 = 0.36 \text{ atm}$$

$$V_{H_2O} = 1 \text{ atm} \times 6/11 = 0.55 \text{ atm}$$

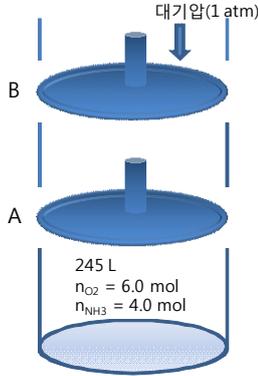
전체부피	기체	부분압 (atm)	기체	부분압 (atm)
3.3 L	NH_3	0 atm	NO	0.36 atm
	O_2	0.09 atm	H_2O	0.55 atm

7. (10+10+10=30점) 문제 6의 반응



을 아래 그림과 같이 245 L 용기에 4.0 mol 의 $\text{NH}_3(\text{g})$ 와 6.0 mol 의 $\text{O}_2(\text{g})$ 를 넣고 반응시켰다. 반응이 완결된 후 내부에너지의 변화량(ΔE)을 구하시오.

- 피스톤은 대기압(1 atm)이 누르고 있고 자유롭게 움직일 수 있다.
- 용기는 단열재로서 외부로부터 열의 출입이 없고 용기의 열용량은 10.0 $\text{kJ}/^\circ\text{C}$ 이다.
- 반응이 완결 된 후 피스톤의 위치는 B로 바뀌는데 B는 A보다 위 또는 아래에 위치할 수 있다.
- 반응 전에 용기의 온도는 25 $^\circ\text{C}$ 이었다.



(a) 문제의 조건에서 반응열(ΔH_r)을 구하시오.

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= 4\Delta H_{f,\text{NO}(\text{g})} + 6\Delta H_{f,\text{H}_2\text{O}(\text{g})} - 4\Delta H_{f,\text{NH}_3(\text{g})} - 5\Delta H_{f,\text{O}_2(\text{g})} \\ &= 4(90) + 6(-242) - 4(-46) - 5(0) \text{ [kJ]} \\ &= -908 \text{ kJ} \end{aligned}$$

-908 kJ

(b) 반응이 완결된 후 용기의 부피를 구하시오.

$\Delta H_r = -908 \text{ kJ}$ 이므로 발열반응이고 이 열은 용기의 온도를 올리는데 쓰였다. 용기의 열용량이 10.0 $\text{kJ}/^\circ\text{C}$ 이므로

$$\begin{aligned} Q &= 908 \text{ kJ} = C \times \Delta T \\ \Delta T &= 908 \text{ kJ} / (10.0 \text{ kJ}/^\circ\text{C}) = 90.8 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

따라서 용기의 최종 온도는 $25 \text{ }^\circ\text{C} + 90.8 \text{ }^\circ\text{C} = 116 \text{ }^\circ\text{C} = 389 \text{ K}$

NH_3 가 한계 시약이므로 반응 완결 후

$$\text{NH}_3 = 0 \text{ mol}$$

$$\text{O}_2 = 1.0 \text{ mol}$$

$$\text{NO} = 4.0 \text{ mol}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 6.0 \text{ mol 존재}$$

반응이 완결된 후 용기 안에 있는 기체 전체 몰 수 = 11.0 mol

$$\begin{aligned} V &= \frac{nRT}{P} = \frac{11.0 \text{ mol} \times (0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{K} \cdot \text{mol}) \times 389 \text{ K}}{1 \text{ atm}} \\ &= 351 \text{ L} \end{aligned}$$

351 L

(c) 내부에너지의 변화량(ΔE)을 구하시오. ($\text{L} \cdot \text{atm} = 101 \text{ J}$)

$$\begin{aligned} \Delta E &= q + w \\ &= q - P\Delta V \\ &= -908 \text{ kJ} - 1 \text{ atm} \times (351 \text{ L} - 245 \text{ L}) \\ &= -908 \text{ kJ} - 106 \text{ L} \cdot \text{atm} \\ &= -908 \text{ kJ} - 10.7 \text{ kJ} \\ &= -919 \text{ kJ} \end{aligned}$$

-919 kJ

- 1 atm=760 mmHg=760 torr=1.01325 x 10⁵ Pa = 1.01325 x 10⁵ N/m²
- R (기체상수) = 0.0821 L•atm/(mol•K) = 8.314 J/(mol•K)
- 표준생성엔탈피

TABLE 6.2
Standard Enthalpies of Formation for Several Compounds at 25°C

Compound	ΔH_f° (kJ/mol)
NH ₃ (g)	-46
NO ₂ (g)	34
H ₂ O(l)	-286
Al ₂ O ₃ (s)	-1676
Fe ₂ O ₃ (s)	-826
CO ₂ (g)	-394
CH ₃ OH(l)	-239
C ₈ H ₁₈ (l)	-269

NO(g)	90
H ₂ O(g)	-242

- 주기율표

PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS

INERT GASES

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	INERT GASES		
1 H 1.00797														1 H 1.00797	2 He 4.0026		
3 Li 6.939	4 Be 9.0122										5 B 10.811	6 C 12.0112	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.183	
11 Na 22.9898	12 Mg 24.312										13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948	
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.909	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.905	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.4	47 Ag 107.870	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.904	54 Xe 131.30
55 Cs 132.905	56 Ba 137.34	*57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.980	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	†89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 ? (271)	111 ? (272)	112 ? (277)						

Numbers in parenthesis are mass numbers of most stable or most common isotope.

Atomic weights corrected to conform to the 1963 values of the Commission on Atomic Weights.

The group designations used here are the former Chemical Abstract Service numbers.

* Lanthanide Series

58 Ce 140.12	59 Pr 140.907	60 Nd 144.24	61 Pm (147)	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.924	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
--------------------	---------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	--------------------

† Actinide Series

90 Th 232.038	91 Pa (231)	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (256)	103 Lr (257)
---------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------