

이름: _____ 학번: _____

- 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 별지에 있음.
- 문제수: 12
- Page 수: 4
- 만점: 367점

1. (10 x 4 = 40점) Li과 Na를 비교하여 보자.

(a) Li과 Na의 전자배치를 쓰시오.

Li	Na
$1s^2 2s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

(b) Salter's rule을 이용하여 Li과 Na의 원자가 전자(valence electron)가 느끼는 유효핵전하(Z_{eff} , effective nuclear charge)를 계산하시오.(Li만 계산할 것)

Li:
2s에 있는 전자가 가지는 가리막기 상수, $S = 0.85 \times 2 = 1.7$
 $Z_{eff} = Z - S = 3 - 1.7 = 1.3$

Na:
3s에 있는 전자가 가지는 가리막기 상수, $S = 0.85 \times 8 + 1.00 \times 2 = 8.8$
 $Z_{eff} = Z - S = 11 - 8.8 = 2.2$

Li	Na
<u>1.3</u>	2.2

(c) 일전자 원자에서 주양자수 n인 오비탈의 에너지 준위는

$$E_n = -2.178 \times 10^{-18} J \left(\frac{Z_{eff}}{n} \right)^2$$

로 주어진다. 위 식과 (b)의 결과를 이용하여 Li과 Na의 이온화 에너지를 계산하시오.(kJ/mol 단위, Na만 계산할 것)(Hint: Na의 계산값과 실험값은 꽤 차이가 남)

Li:
 $E_{2s} = -2.178 \times 10^{-18} J \left(\frac{Z_{eff}}{n} \right)^2 = -2.178 \times 10^{-18} J \left(\frac{1.3}{2} \right)^2$
 $= -2.178 \times 10^{-18} J \left(\frac{1.3}{2} \right)^2 \times (6.022 \times 10^{23} / \text{mol})$
 $= -5.54 \times 10^5 J / \text{mol}$
 $= -554 kJ / \text{mol}$
 $I = E_{\infty} - E_{2s} = 0 - (-554 kJ / \text{mol}) = 554 kJ / \text{mol}$

Na:
 $E_{3s} = -2.178 \times 10^{-18} J \left(\frac{Z_{eff}}{n} \right)^2 = -2.178 \times 10^{-18} J \left(\frac{2.2}{3} \right)^2$
 $= -2.178 \times 10^{-18} J \left(\frac{2.2}{3} \right)^2 \times (6.022 \times 10^{23} / \text{mol})$
 $= -7.05 \times 10^5 J / \text{mol}$
 $= -705 kJ / \text{mol}$
 $I = E_{\infty} - E_{3s} = 0 - (-705 kJ / \text{mol}) = 705 kJ / \text{mol}$

	Li	Na
계산값	554 kJ/mol	<u>705</u> kJ/mol
실험값	520 kJ/mol	496 kJ/mol

(d) Na에서 실험값과 계산값이 차이나 나는 이유에 대하여 추론하여 설명하시오.

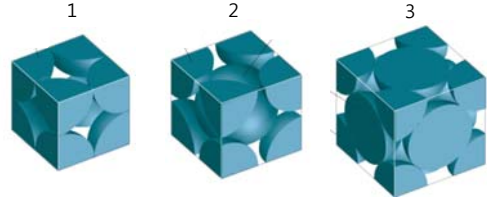
Na에서 3s 오비탈에 있는 전자에 대한 2s와 2p 오비탈에 있는 전자의 가리움 효과는 slater's rule 에 나와 있는 가리막기 상수 보다 클 것이다.

2. (10 x 5 = 50점) 알칼리금속들은 체심입방격자의 결정구조를 가진다.

(a) 다음 표는 2주기에서 6주기 사이에 있는 알칼리금속들의 원자 반경을 크기 순서로 나타낸 것이다. 각각 어느 원자에 해당하는 것인지 쓰시오.

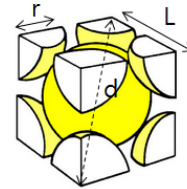
반경(A)	2.60	2.35	2.20	1.80	1.45
원자	Cs	Rb	K	Na	Li

(b) 다음 1, 2, 3 중 체심입방격자 구조는 어느 것인가?



2

(c) 체심입방격자의 쌓임 효율(packing efficiency)을 계산하시오,



구의 반지름을 r, 단위세포 한 변의 길이를 L 이라 하자.
정육면체의 대각선의 길이를 d 라고 하면 $d = 4r$.
 $(4r)^2 = 3L^2$

$$L = \frac{4}{\sqrt{3}} r$$

단위세포 안에 있는 구의 개수 = $8 \times (1/8) + 1 = 2$

$$\text{쌓임 효율} = \frac{2 \times \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right)}{L^3} = \frac{2 \times \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right)}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}} r \right)^3} = \frac{\frac{8}{3} \pi}{\frac{64}{3 \sqrt{3}}} = 0.68 = 68\%$$

68 %

(d) 어떤 알칼리금속 원자의 반경을 r, 평균원자질량을 m이라고 하면 이 금속의 밀도는 r과 m의 함수로 어떻게 표현되는지 유도하시오.

밀도 =

$$\frac{\text{단위세포 질량}}{\text{단위세포 부피}} = \frac{2m}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}} r \right)^3} = \frac{3\sqrt{3}}{32} \left(\frac{m}{r^3} \right) = 0.162 \left(\frac{m}{r^3} \right)$$

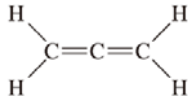
$$\frac{3\sqrt{3}}{32} \left(\frac{m}{r^3} \right) = 0.162 \left(\frac{m}{r^3} \right)$$

(e) Li의 밀도는 몇 g/cm³ 인가?

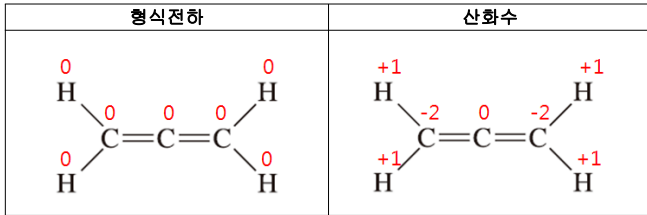
$$\begin{aligned} \frac{\text{단위세포 질량}}{\text{단위세포 부피}} &= \frac{2m}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}} r \right)^3} = \frac{3\sqrt{3}}{32} \left(\frac{m}{r^3} \right) = \frac{3\sqrt{3}}{32} \frac{6.939 \text{ amu}}{(1.45 \text{ \AA})^3} \\ &= \frac{3\sqrt{3}}{32} \frac{6.939 \times \frac{g}{6.022 \times 10^{23}}}{(1.45 \times 10^{-8} \text{ cm})^3} = \frac{3\sqrt{3} \times 6.939}{32 \times (1.45 \times 10^{-8})^3 \times (6.022 \times 10^{23})} \text{ g/cm}^3 \\ &= 0.614 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

0.614 g/cm³

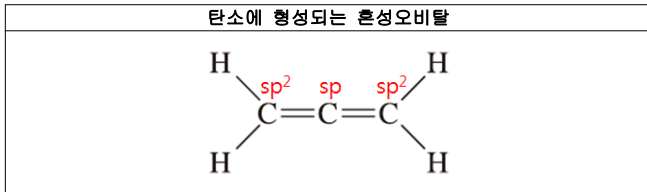
3. (10 + 5 + 15 + 15 + 5 = 50점) 다음은 알렌(Allene)의 Lewis 구조이다.



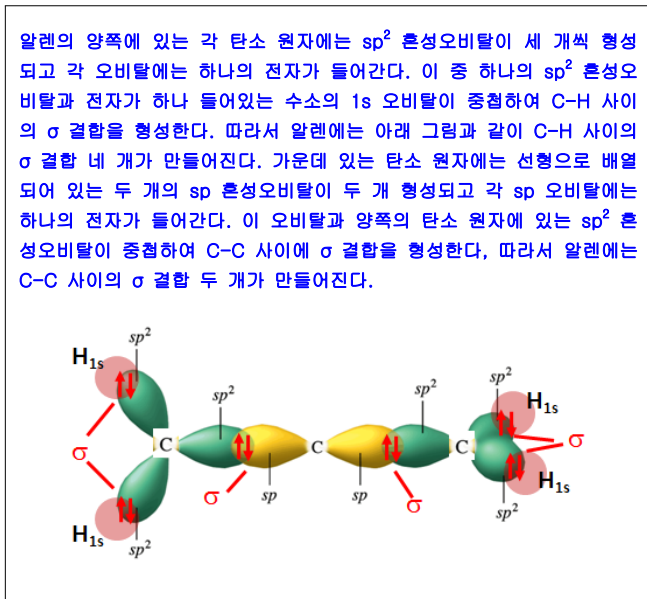
(a) 다음 그림의 각 원자 위쪽에 그 원자의 형식전하와 산화수를 적으시오.



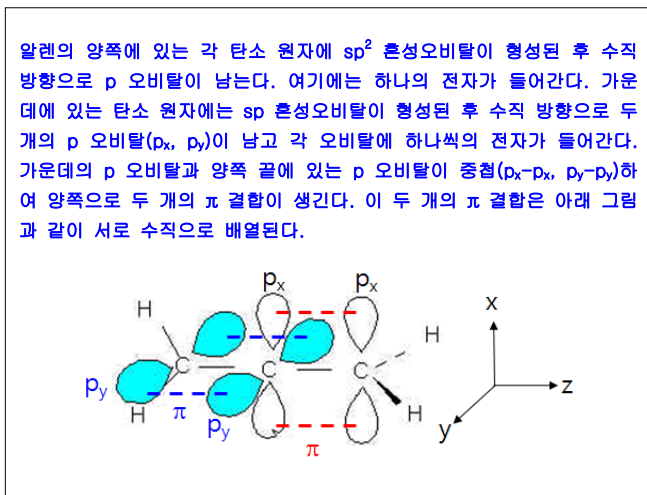
(b) 알렌의 화학결합을 원자가결합이론(Valence Bond Theory)으로 설명하고 자 한다. 다음 그림의 각 탄소 원자 위쪽에 그 탄소 원자에 형성되는 혼성오비탈의 이름 적으시오.



(c) 알렌에 있는 모든 σ 결합에 대하여 원자가결합이론(Valence Bond Theory)으로 설명하시오.



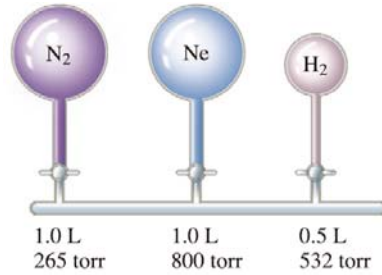
(d) 알렌에 있는 모든 π 결합에 대하여 원자가결합이론(Valence Bond Theory)으로 설명하시오.



(e) 알렌은 평면 분자인가 아닌가?

평면 분자가 아님

4. (15점) 아래 그림과 같이 세 개의 동근 용기에 각각 N_2 , Ne, H_2 기체가 담겨 있고 마개가 닫혀 있다. 온도가 일정하게 유지된다고 가정한다면, 그림의 모든 마개가 열릴 때 이 시스템의 전체 압력은 얼마가 되겠는가? (동근 용기를 연결하는 모세관의 부피는 무시한다.)



마개가 열리면 전체 부피는 2.5 L가 된다. 이 때 각 기체의 부분 압력은 보일의 법칙에 따라

$$N_2 \text{의 부분 압력} = 265 \text{ torr} \times \frac{1.0L}{2.5L} = 106 \text{ torr}$$

$$Ne \text{의 부분 압력} = 800 \text{ torr} \times \frac{1.0L}{2.5L} = 320 \text{ torr}$$

$$H_2 \text{의 부분 압력} = 532 \text{ torr} \times \frac{0.5L}{2.5L} = 106 \text{ torr}$$

$$\text{따라서 전체 압력} = 106 \text{ torr} + 320 \text{ torr} + 106 \text{ torr} = 532 \text{ torr}$$

532 torr

5. (10점) 다음은 중합체인 폴리스타이렌과 폴리염화비닐의 구조이다. 각각은 무엇을 첨가중합반응시켜서 얻은 것인지 그 구조식을 그리시오,

	폴리스타이렌	폴리염화비닐
구조		
출발 물질의 구조식		

6. (4 x 6 = 24점) 다음의 행위가 대상에 어떤 영향을 미치는지 '증가', '감소', '영향 없음' 중 하나를 골라 쓰시오.

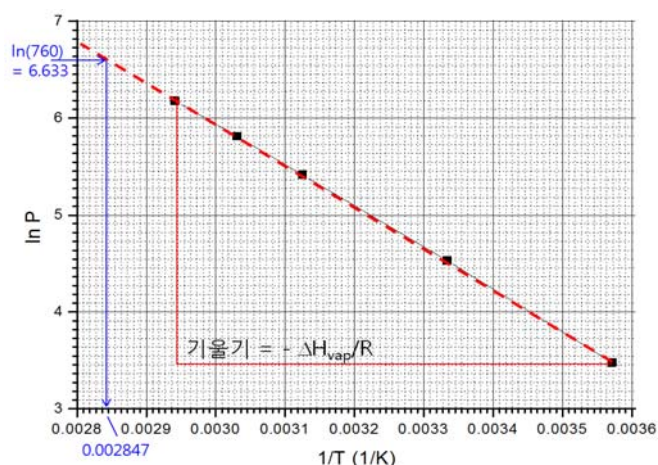
행위	대상	영향
일정량의 물의 표면적을 증가시킬 때	증기 압력	영향 없음
온도를 높일 때	증기 압력	증가
대기압이 높아질수록	물의 끓는점	증가
대기압이 높아질수록	물의 어는점	감소
일정온도에서 분자량이 커질수록	기체의 평균운동에너지	영향 없음
일정온도에서 분자량이 커질수록	기체의 분출 속도	감소

7. (10 + 15 + 20 = 45점) 다음 표는 온도에 따른 C_6F_6 의 증기 압력을 나타낸 것이다. 이를 이용하여 C_6F_6 의 증발열(ΔH_{vap})과 정상끓는점을 구하려고 한다.

온도(K)	증기 압력(torr)	1/T (1/K)	ln P
280.0	32.42	0.003571	3.479
300.0	92.74	0.003333	4.530
320.0	225.1	0.003125	5.417
330.0	334.4	0.003030	5.812
340.0	482.9	0.002941	6.180

(a) 증발열(ΔH_{vap})과 정상끓는점을 구하는 과정에서 온도와 증기 압력을 어떤 형식의 값으로 바꾸어야 하는지 결정하고(맨 위 칸에 표시) 그 값을 위 표에 계산하여 넣으시오.

(b) 증발열(ΔH_{vap})과 정상끓는점을 구하는 과정에서 (a)의 결과를 이용하여 아래 그래프를 완성하시오.(x 축 y 축은 어떤 것인지 네모에 적을 것)



(c) (b)의 그래프를 이용하여 C_6F_6 의 증발열(ΔH_{vap})과 정상끓는점을 구하시오.

Clausius-Clapeyron 식($\ln P = -\frac{\Delta H_{vap}}{RT} + C$)

lnP를 y 축, 1/T를 x 축으로 하여 (x, y) 값을 그래프에 찍으면 직선이 나온다. 직선의

$$\text{기울기} = -\frac{\Delta H_{vap}}{R} = -\frac{3.479 - 6.180}{0.003571(1/T) - 0.002941(1/T)} = -4290 \text{ K}$$

$$\Delta H_{vap} = 4290 \text{ K} \times R = 4290 \text{ K} \times 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K} = 35700 \text{ J/mol}$$

$$= 35.7 \text{ kJ/mol}$$

정상끓는점은 증기 압력이 760 torr가 되는 온도이다. $\ln(760) = 6.633$ 이므로 그래프의 직선에서 lnP 값이 6.633 이되는 1/온도 값은 0.00285 정도임을 알 수 있다. 따라서

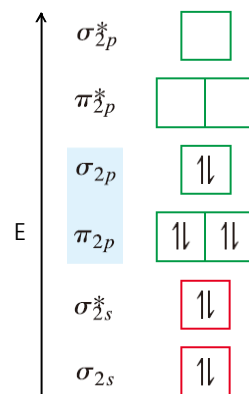
$$\text{정상끓는점} = 1/0.00285 (1/K) = 351 \text{ K}$$

증발열(ΔH_{vap})	정상끓는점
35.7 kJ/mol	351 K

8. (24점) 고체 상태의 다음 물질에서 작용하는 가장 중요한 분자간 힘을 쓰고 끓는점이 높은 것부터 순서대로 1, 2, 3, 4 로 표시하시오,

물질	분자간 힘	끓는점
Ar	분산력	4
HF	수소 결합	1
CH ₄	분산력	3
CO	쌍극자-쌍극자 힘	2

9. (12 + 9 + 9 + 15 + 5 = 50점) 다음은 어떤 2주기 원자(X)로 이루어진 동핵이원자분자(X_2)의 분자오비탈과 에너지 준위 그리고 오비탈에 전자가 들어 있는 모습이다.



(a) 분자 X_2 에 대하여 다음 표의 빈 칸을 채우시오.

결합차수	극성 (극성, 무극성 ?)	자기적 성질 (반자기성, 상자기성?)	분자식
3	무극성	반자기성	N ₂

(b) 이온 X_2^+ 에 대하여 다음 표의 빈 칸을 채우시오.

결합차수	극성 (극성, 무극성 ?)	자기적 성질 (반자기성, 상자기성?)
2.5	무극성	상자기성

(c) 이온 X_2^- 에 대하여 다음 표의 빈 칸을 채우시오.

결합차수	극성 (극성, 무극성 ?)	자기적 성질 (반자기성, 상자기성?)
2.5	무극성	상자기성

(d) σ_{2p} 오비탈과 σ_{2s}^* 오비탈의 모양을 그리시오.(위상도 표시)

오비탈	그림
σ_{2p}	 (위상을 반대로 표시해도 됨)
σ_{2s}^*	 (위상을 반대로 표시해도 됨)

(e) 원자가결합이론으로 X_2 분자를 설명할 때, X 에 형성되는 혼성오비탈은?

sp

10. (15점) 기체분자운동론은 다음과 같이 말하고 있다. “분자의 평균운동에너지는 절대온도에 비례한다.” -33°C 에서 기체인 분자가 있다. 이 분자의 평균제곱근속도(root mean square velocity, rms)가 -33°C 에서의 속도보다 두 배가 되는 온도는 얼마인가?

$$T_1 = -33^{\circ}\text{C} = 273 + (-33) = 240 \text{ K}$$

평균운동에너지

$$(KE)_{avg} = \frac{1}{2} m \overline{v^2} \propto T \text{ (k: 비례 상수)}$$

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}} \propto \sqrt{T}$$

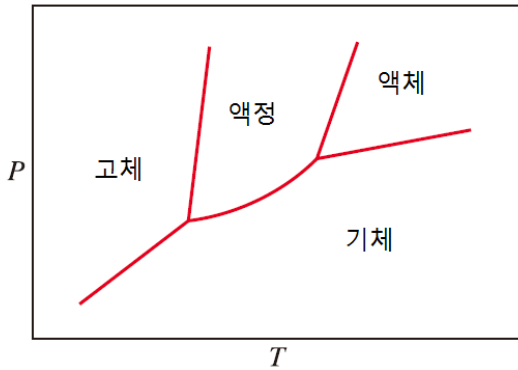
$$v_{rms,T1} = \sqrt{\overline{v^2}} = k \sqrt{T_1} \text{ (k: 비례상수)}$$

$$v_{rms,T2} = 2 \times v_{rms,T1} = k \sqrt{T_2} = 2 \times k \sqrt{T_1} = k \sqrt{4T_1}$$

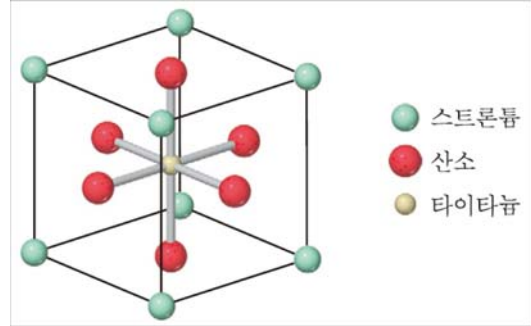
$$T_2 = 4T_1 = 4 \times 240 \text{ K} = 960 \text{ K} = 687^{\circ}\text{C}$$

687 °C

11. (15점) 특별한 액정 물질은 아래 그림과 같은 상그림을 가진다. 비액정 물질에 대한 상그림을 유추해 보고, 각 구역에서 나타나는 상을 네모 안에 쓰시오.



12. (5 + 5 + 10 + 9 = 29점) Tausonite는 Sr(스트론튬), O(산소), Ti(타이타늄)으로 이루어진 광물(이온화합물)이다. 아래 그림에 Tausonite의 단위세포(입방)와 단위세포에서 각 이온의 위치를 나타내었다. 입방단위세포에서 Sr은 꼭지점에, 산소는 각 면의 중앙에, Ti는 입방체의 중앙에 위치한다. (Sr: 양이온, O: 음이온, Ti: 양이온)



(a) 이 광물의 실험식은 무엇인가?

SrO_3Ti

(b) Sr 배위수는 얼마인가? (양이온의 배위수는 양이온과 가장 근접한 음이온의 개수를 말한다.)

12

(c) Ti 배위수와 배위구조는? (양이온의 배위수는 양이온과 가장 근접한 음이온의 개수를 말한다. 이 때 양이온의 배위구조는 가장 근접한 음이온으로 만들어지는 기하학적 모양이다.)

이온	배위수	배위구조
Ti	6	정팔면체

(d) 다음 각 이온의 산화수는?(a)의 실험식과 주기율표 참조)

이온	산화수
Sr	+2
O	-2
Ti	+4

* 한 학기 동안 수고했습니다. 성적은 홈페이지에 공고될 것이니 참고하기 바랍니다.

- N_A (Avogadro의 수) = 6.022×10^{23} /mol
- Slater's rule에 따른 가려막기 상수(screening constant)
[1s] [2s,2p] [3s,3p] [3d] [4s,4p] [4d] [4f] [5s, 5p] [5d]

그룹	같은 그룹에 있는 다른 전자	주양자수=n, 부양자수<n 인 그룹의 전자	주양자수= n-1 인 그룹의 전자	주양자수< n-1 인 그룹의 전자
[1s]	0.3	N/A	N/A	N/A
[ns,np]	0.35	N/A	0.85	1
[nd] or [nf]	0.35	1	1	1

- Clausius–Clapeyron 식: $\ln P = -\frac{\Delta H_{vap}}{RT} + C$ (C: 상수)
- R(기체 상수) = $0.08206 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K} = 8.314 \text{ J}/\text{mol}\cdot\text{K}$

PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS

PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS																		INERT GASES	
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA					
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)
---------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------