คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบกลางภาค ประจำการศึกษาที่ 2 **ปีการศึกษา 2549**

วันอาทิตย์ที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2549 **เวลา : 09.00-12.00 น.**

วิชา : 237- 321 : Chemical Metallurgy **ห้อง : A400, R300**

คำสั่ง

1. ทำทุกข้อในพื้นที่ที่เว้นให้
2. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้
3. อนุญาตให้นำ Short note ขนาดกระดาษ A4 จำนวน 2 แผ่น เข้าห้องสอบได้ (เฉพาะที่เป็นลายมือเขียน)
4. มีเอกสารข้อมูลให้ 9 แผ่น

ชื่อ_____รหัส_____

ข้อ	คะแนน
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
รวม	

รศ.ดร.พิษณุ บุญนวล
ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ_____รหัส_____

1. อธิบายหรือตอนสั้นๆ พอเข้าใจ

1.1 Zone refining (3 คะแนน)

1.2 เขียนสมการการ Roasting แร่กาลีนา (PbS) (2 คะแนน)

1.3 Sintering กับ Sinter-roasting ต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

1.4 ในกระบวนการ Steel making หรือ Refinery นั้นมีเตาถลุง (Furnace) ชนิดใดบ้าง (3 คะแนน)

1.5 ความหมายของ Heat of formation (2 คะแนน)

1.6 Gross calorific value แตกต่างจาก Net calorific value อย่างไร (2 คะแนน)

ชื่อ_____รหัส_____

2. จงอธิบายโซนต่างๆ ของเตาเผาปูนขาวแบบเตาตั้ง (Shaft furnace) มาโดยละเอียดพร้อมวาดรูปประกอบ (10 คะแนน)

ชื่อ_____รหัส_____

3. จาก Free energy diagram ที่ให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 จงแสดงให้เห็นว่า เราสามารถใช้โลหะอลูมิเนียมไปเป็น Reducing agent สำหรับถลุงแร่โครไมต์ (Cr_2O_3) ได้ (5 คะแนน)

3.2 ในการถลุงเหล็ก FeO ด้วยแกส CO นั้นต้องคุมให้อุณหภูมิในเตาเป็นเท่าใด (2 คะแนน)

3.3 ทำไมจึงไม่สามารถใช้กระบวนการ Pyrometallurgy ในการถลุงแร่ TiO_2 ได้ (2 คะแนน)

3.4 การแคลซายหินปูนเพื่อผลิตปูนขาวโดยการเผาหินปูนในที่โล่ง (Open air) ต้องใช้อุณหภูมิอย่างต่ำเท่าใด (2 คะแนน)

และถ้าเผาในเตาที่มี Partial pressure ของ CO_2 เท่ากับ 1 atm ต้องใช้อุณหภูมิอย่างต่ำเท่าใด (2 คะแนน)

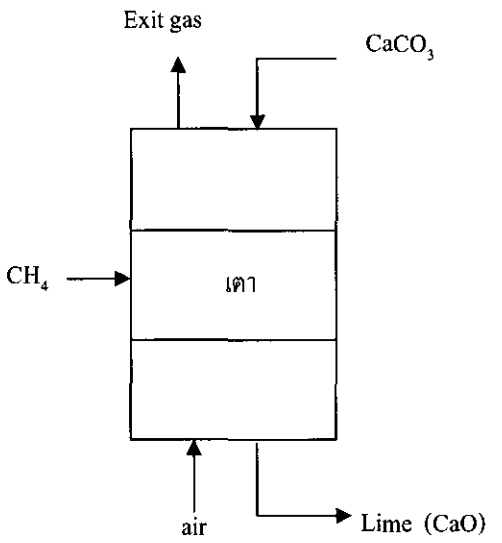
ชื่อ_____รหัส_____

4. กระบวนการย่างแร่ (Roasting) แร่ ZnS ด้วยเตาแบบ Fluidized bed เป็นอย่างไร จงอธิบาย พร้อมเขียนรูปประกอบ และให้ข้อมูล และตอบคำถามเพิ่มเติมต่อไปนี้
   4.1 สมการเคมี
   4.2 ทำไมต้องมีการ Bed cooling และทำอย่างไร

(12 คะแนน)

ชื่อ_____รหัส_____

5. ในโรงงานผลิตปูนขาวแห่งหนึ่งใช้เตาแบบเตาตั้ง และใช้แกสมีเทนเป็นเชื้อเพลิง จงคำนวณ Heat and Mass balance และประเมิน Heat loss ทางอื่นๆ นอกจากที่ไปกับ Products และ Exit gas โดยคำนวณโดยใช้พื้นฐานต่อกิโลกรัมของปูนขาวที่ผลิต และถ้าค่าความร้อน (Heating value) ของ CH_4 เป็น 191.76 Kcal/mole จงคำนวณ Thermal efficiency ของเตา (25 คะแนน)



ข้อมูล :

ก. แกสมีเทน (CH_4) เข้าเตาที่ 25°C และอัตราการใช้ 0.4 mol ต่อปูนขาว 1 mol

ข. อากาศแห้งเข้าเตาที่อุณหภูมิ 25°C และใช้อากาศเกิน (Excess Oxygen) 10%

ค. หินปูนเข้าเตาที่อุณหภูมิ 25°C

ง. ปูนขาวออกจากเตาที่อุณหภูมิ 150°C

จ. Exit gas ออกจากเตาที่ 200°C

สมการเคมีที่เกี่ยวข้อง

$CaCO_3$ (s) = CaO (s) + CO_2 (g)

CH_4 (g) + $2O_2$ (g) = CO_2 (g) + $2H_2O$ (g)

ข้อแนะนำ : 1) ค่าบางค่าของ Lime (CaO) ไม่มีในกราฟจึงต้องคำนวณจากค่า Cp

2) การประเมิน Thermal efficiency จะต้องคำนวณ Theoretical heat requirement ของ calcination reaction ก่อน (Heat of reaction)

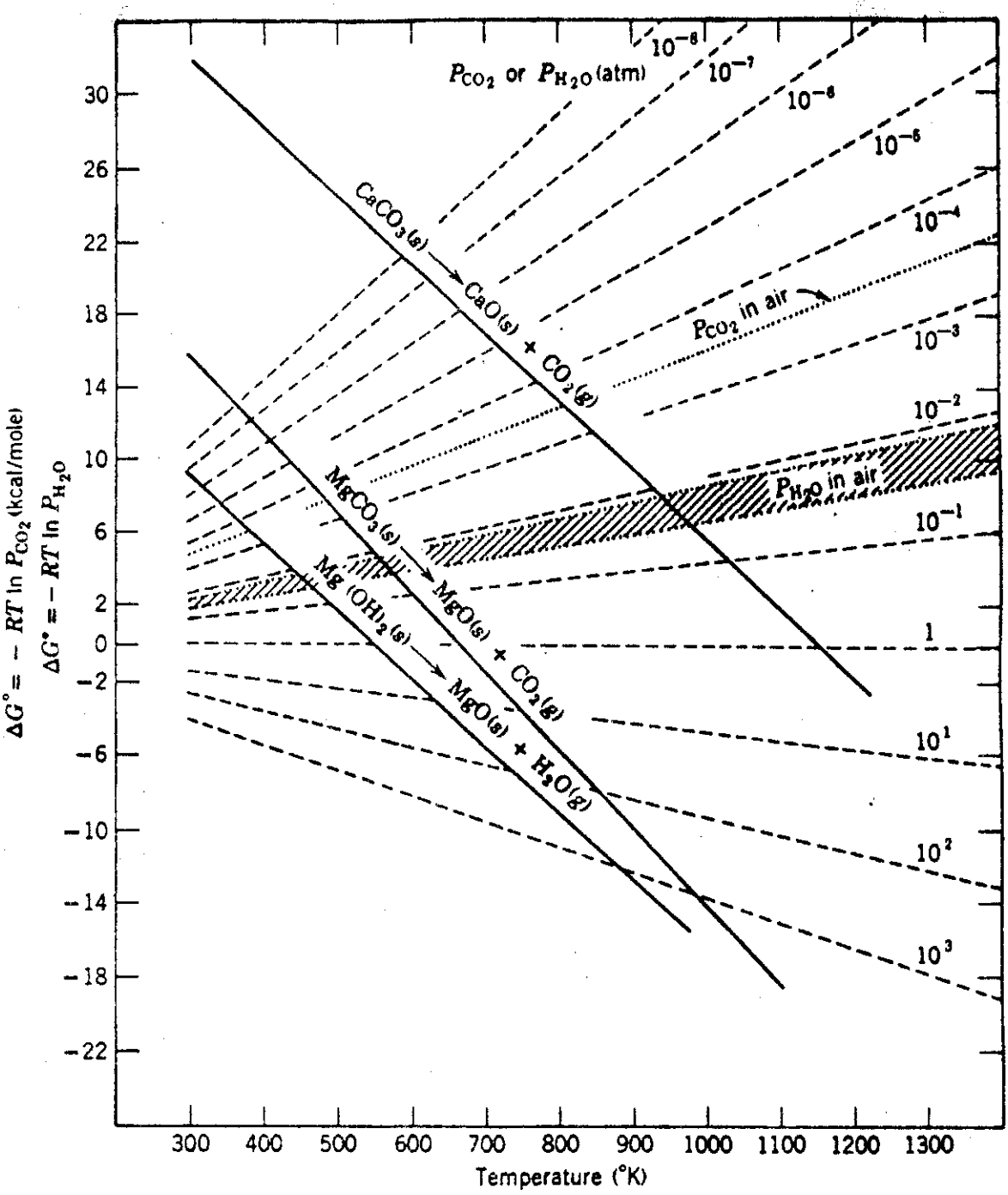
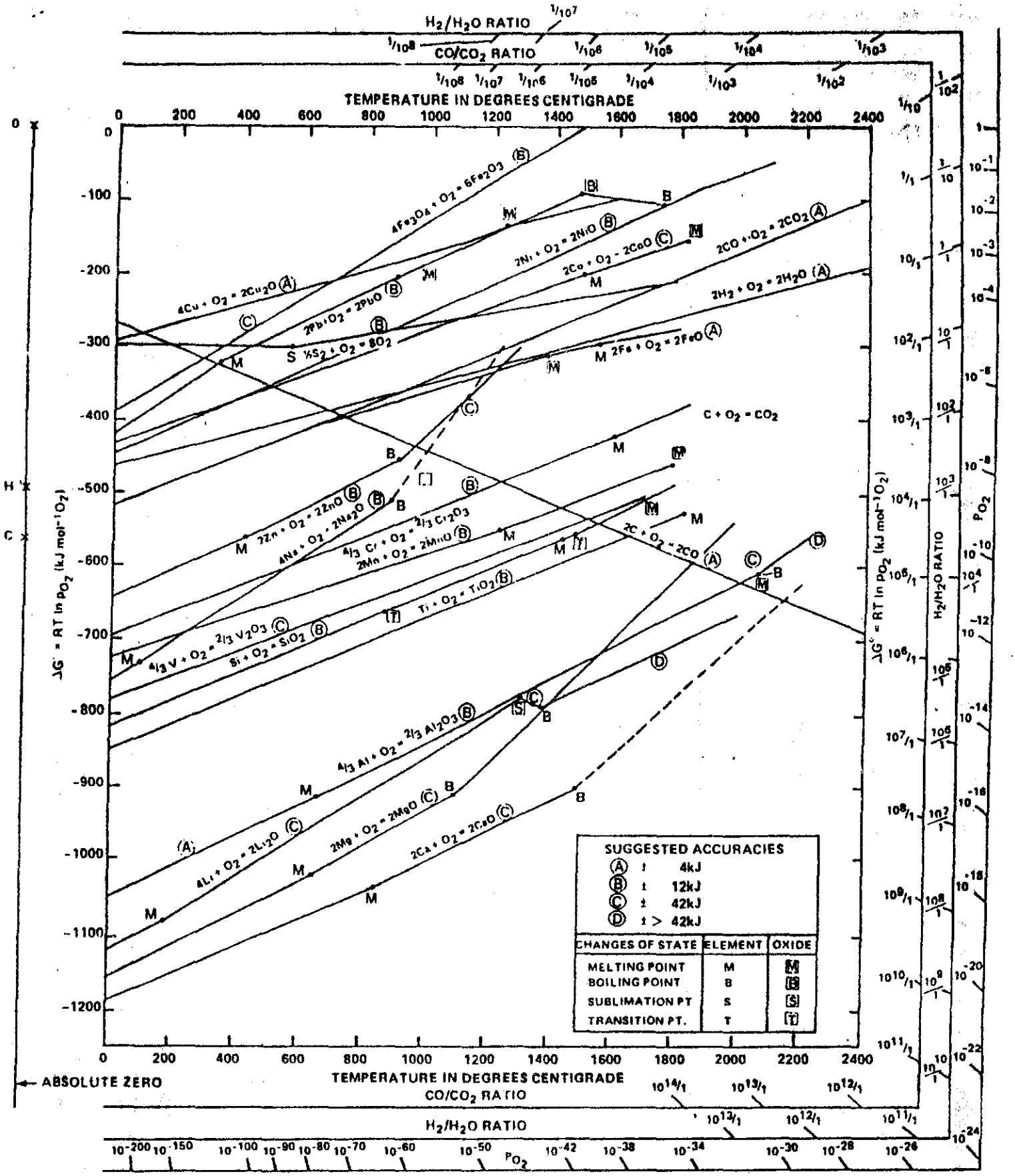


Fig. 9.22. Standard free energy of reaction as a function of temperature. The dashed lines are the equilibrium gas pressure above the oxide and carbonate (hydroxide).

12



The standard free energies of formation of metal oxides as a function of temperature (Richardson and Jeffes) *(Copyright Iron and Steel Inst.)*

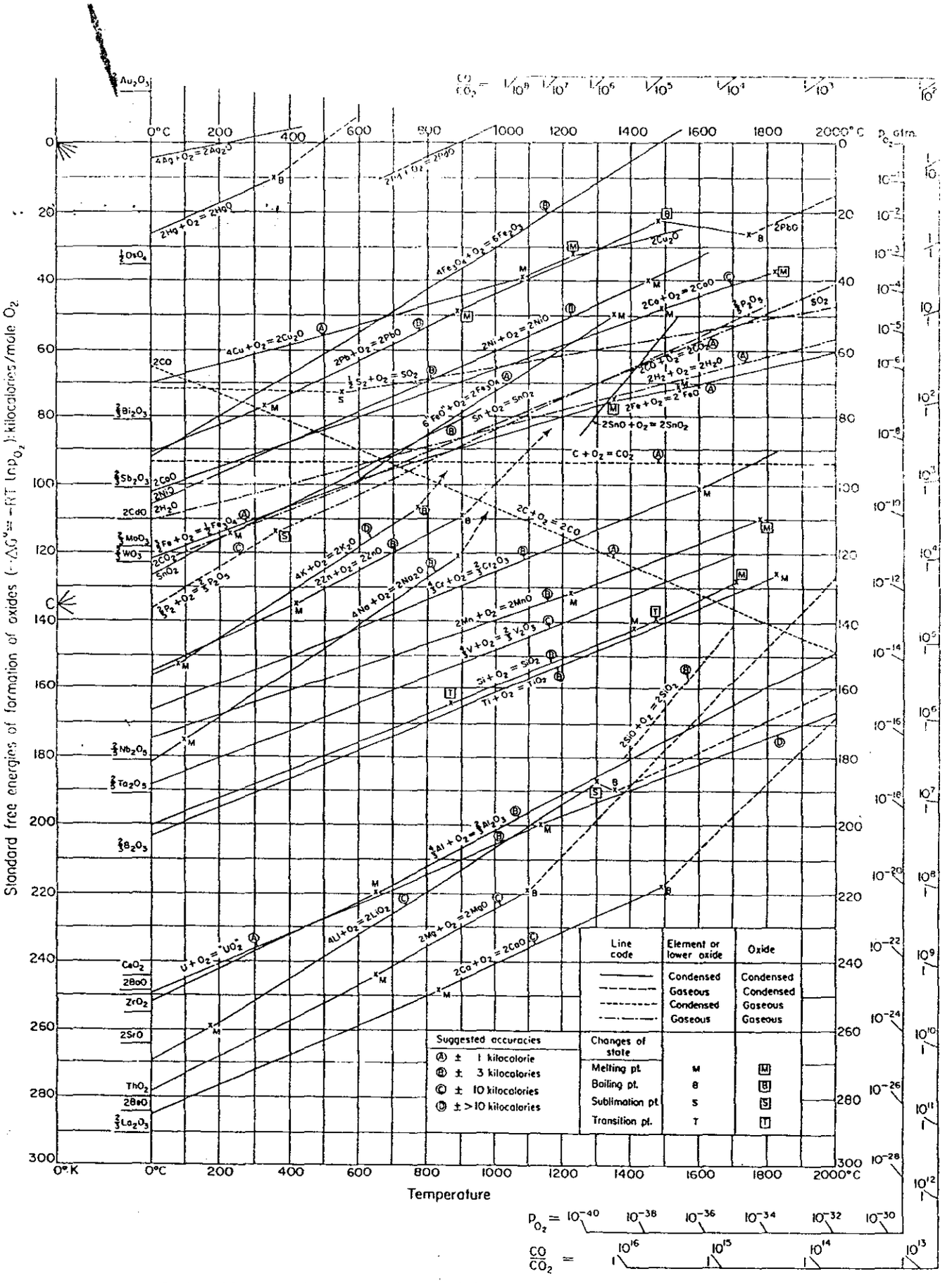


FIG. 42. The standard free energies of formation of oxides, the standard states being the pure condensed phases and gases at 1 atm pressure. Grids for p_{O_2} and CO/CO_2 values are indicated by scales round the right margin and radiate from foci marked on the temperature axis. Where values are not known accurately or where inclusion would lead to confusion the oxide is indicated by its formula at the approximate value of ΔG° at 0°C. (Based on diagrams by Ellingham [27] and Richardson and Jeffes[233]).

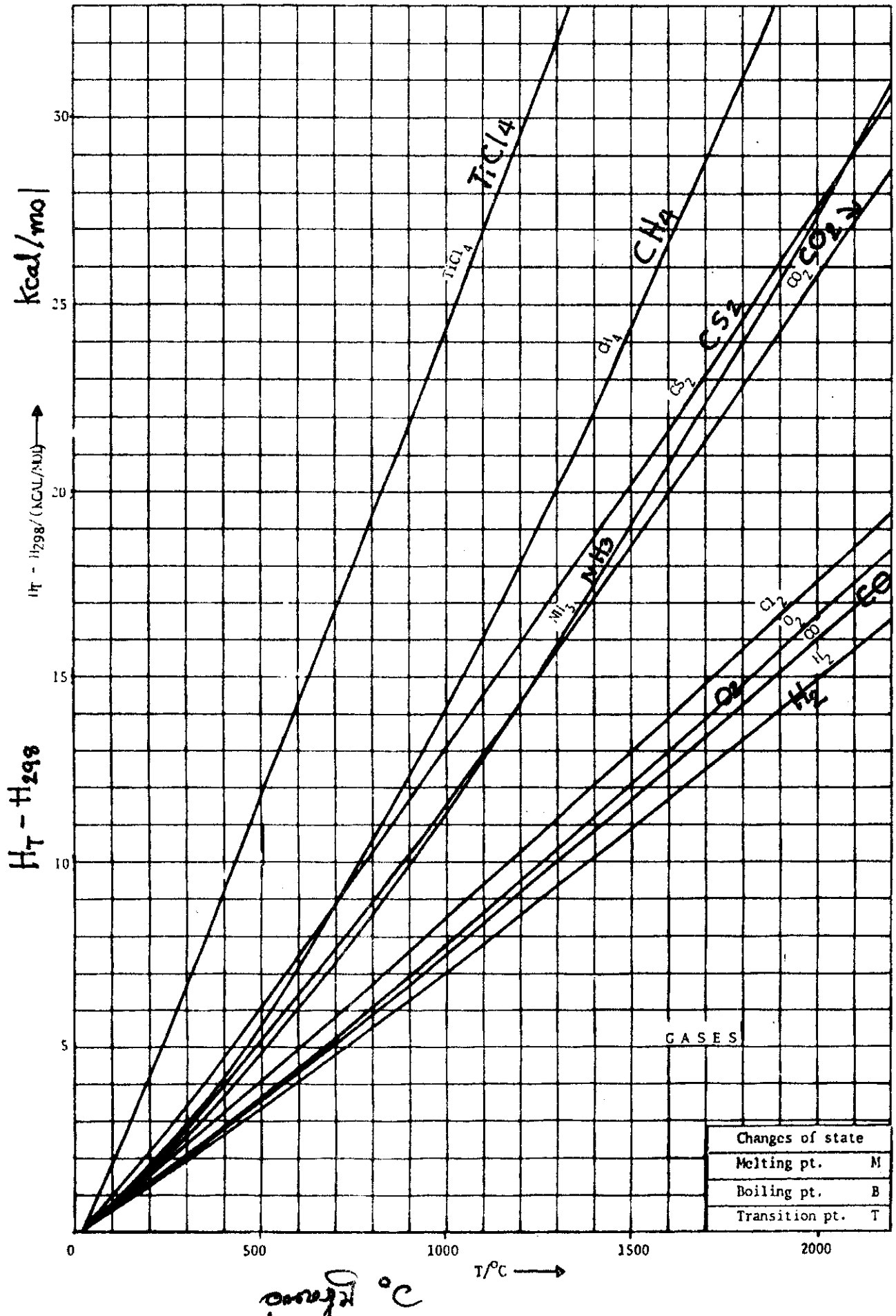
Part I - Heats of formation at 298K and molecular weights of many compounds*

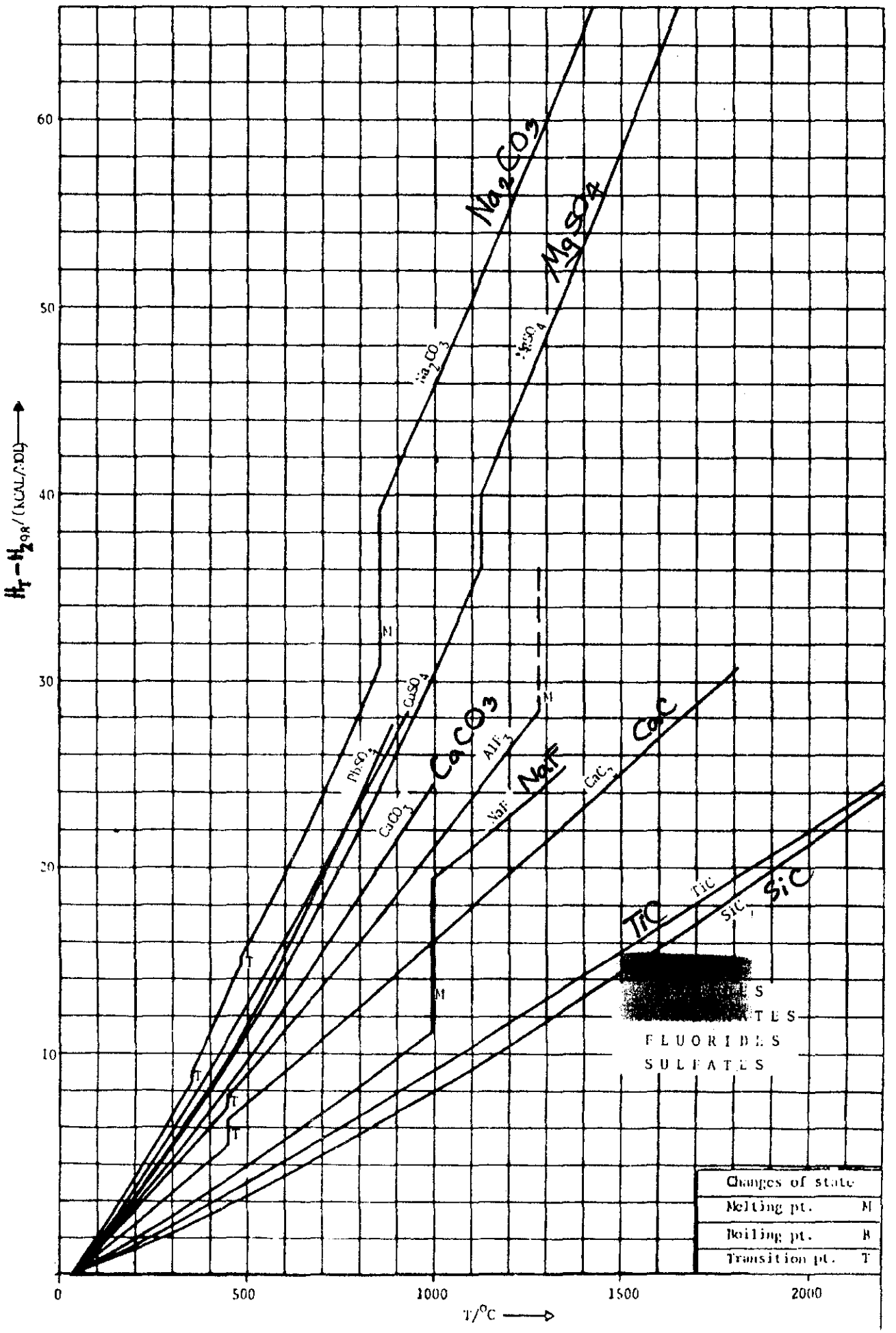
Substance	Mole weight	$-\Delta H^\circ_{298}$ kcal/ mole	Accuracy ±kcal	
Ag(s)	107.9	0		
AgCl(s)	143.3	30.3	0.2	
Ag_2O(s)	231.7	7.3	0.1	
Ag_2S(s)	247.8	7.6	0.2	
Al(s)	27.0	0		
AlF(g)	46.0	61.0	2.0	
AlF_3(s)	84.0	356.0	1.0	
AlCl(g)	62.4	11.6	0.8	
$AlCl_3$(s)	133.3	168.6	0.5	
Al_2O_3(s)	102.0	400.0	1.5	
AlN(s)	41.0	76.5	1.0	
Al_4C_3(s)	144.0	51.5	2.0	
Andalusite	162.1	1.3†	0.5	†Al_2SiO_5
Kyanite	162.1	1.9†	0.5	from oxides.
Sillimanite	162.1	0.6†	0.5	
Mullite	426.0	−7.0‡	0.5	‡$Al_6Si_2O_{13}$ from oxides.
As(s)	74.9	0		
As_2O_3(s)	197.8	156.6	1.0	
As_2O_5(s)	229.8	218.5	1.5	
As_2S_3(s)	246.0	30.0	3.0	
As_2S_5(s)	310.1	35.0	3.0	
B(s)	10.8	0		
BN(s)	24.8	60.5	0.8	
Ba(s)	137.3	0		
$BaCl_2$(s)	208.2	205.4	0.6	
BaO(s)	153.3	139.0	2.0	
BaO_2(s)	169.3	152.5	3.0	
$BaSO_4$(s)	233.4	350.2	5.0	
$BaCO_3$(s)	197.3	290.0	7.5	
C(graphite)	12.0	0		
C(diamond)	12.0	−0.454	0.03	
C(coke etc.)	12.0	−3.0	1.5	
CH_4(g)	16.0	17.89	0.1	
CCl_4(l)	153.8	33.3	0.5	
CCl_4(g)	153.8	25.5	0.4	
$COCl_2$(g)	98.9	53.3	1.5	
CO(g)	28.0	26.40	0.03	
CO_2(g)	44.0	94.05	0.01	
CS_2(l)	76.1	−21.0	1.0	
CS_2(g)	76.1	−27.7	1.0	
COS(g)	60.1	33.9	1.0	
Ca(s)	40.1	0		
CaF_2(s)	78.1	292.0	3.5	
$CaCl_2$(s)	111.0	191.4	1.0	
CaO(s)	56.1	151.6	0.4	
CaS(s)	72.1	110.0	2.5	
$CaSO_4$(s)	136.1	342.4	3.5	

Substance	Mole weight	$-\Delta H^\circ_{298}$ kcal/ mole	Accuracy ±kcal	
Ca_3P_2(s)	182.2	120.0	6.0	
CaC_2(s)	64.1	14.1	2.0	
$CaCO_3$(s)	100.1	288.4	0.7	
CaSi(s)	68.2	36.0	2.0	
$CaSi_2$(s)	96.3	36.0	3.0	
Ca_2Si(s)	108.3	50.0	3.0	
$CaSiO_3$(s)	116.2	21.5*	0.3	
Ca_2SiO_4(s)	172.3	30.2*	1.5	*From
Ca_3SiO_5(s)	228.3	27.0*	1.5	oxides
$CaAl_2$(s)	94.0	54.0	3.0	
$CaAl_2O_4$(s)	158.0	3.7*	0.4	*From
$Ca_3Al_2O_6$(s)	270.2	1.6*	0.4	oxides.
Cd(s)	112.4	0		
$CdCl_2$(s)	183.3	93.0	0.5	
CdO(s)	128.4	61.1	0.7	
CdS(s)	144.5	34.5	0.5	
$CdSO_4$(s)	208.5	221.4	1.0	
Ce(s)	140.1	0		
CeO_2(s)	172.1	260.2	2.5	
Co(s)	58.9	0		
$CoCl_2$(s)	129.8	77.8	4.0	
CoO(s)	74.9	57.1	0.5	
CoS(s)	91.0	21.1	1.0	
Co_3S_4(s)	305.0	75.0	3.0	
CoS_2(s)	123.1	33.5	4.0	
$CoSO_4$(s)	155.0	207.5	6.0	
Cr(s)	52.0	0		
$CrCl_2$(s)	122.9	97.0	3.5	
$CrCl_3$(s)	158.4	132.0	5.0	
Cr_2O_3(s)	152.0	270.0	2.5	
CrO_3(s)	100.0	138.5	2.5	
Cr_4C(s)	220.0	16.4	1.5	
Cr_7C_3(s)	400.0	42.5	2.5	
Cr_3C_2(s)	180.0	21.0	2.0	
Cu(s)	63.5	0		
CuCl(s)	99.0	32.2	0.7	
$CuCl_2$(s)	134.4	49.2	2.5	
Cu_2O(s)	143.1	40.0	0.7	
CuO(s)	79.5	37.1	0.8	
Cu_2S(s)	159.1	19.6	0.4	
CuS(s)	95.6	12.1	0.5	
$CuSO_4$(s)	159.6	184.0	2.5	
Fe	55.8	0		
$FeCl_2$(s)	126.8	[redacted]	0.2	
$FeCl_3$(s)	162	[redacted]		
FeO(s)	71.9	63.2§	0.3	§$Fe_{0.95}O$
Fe_3O_4(s)	231.6	266.9	1.0	

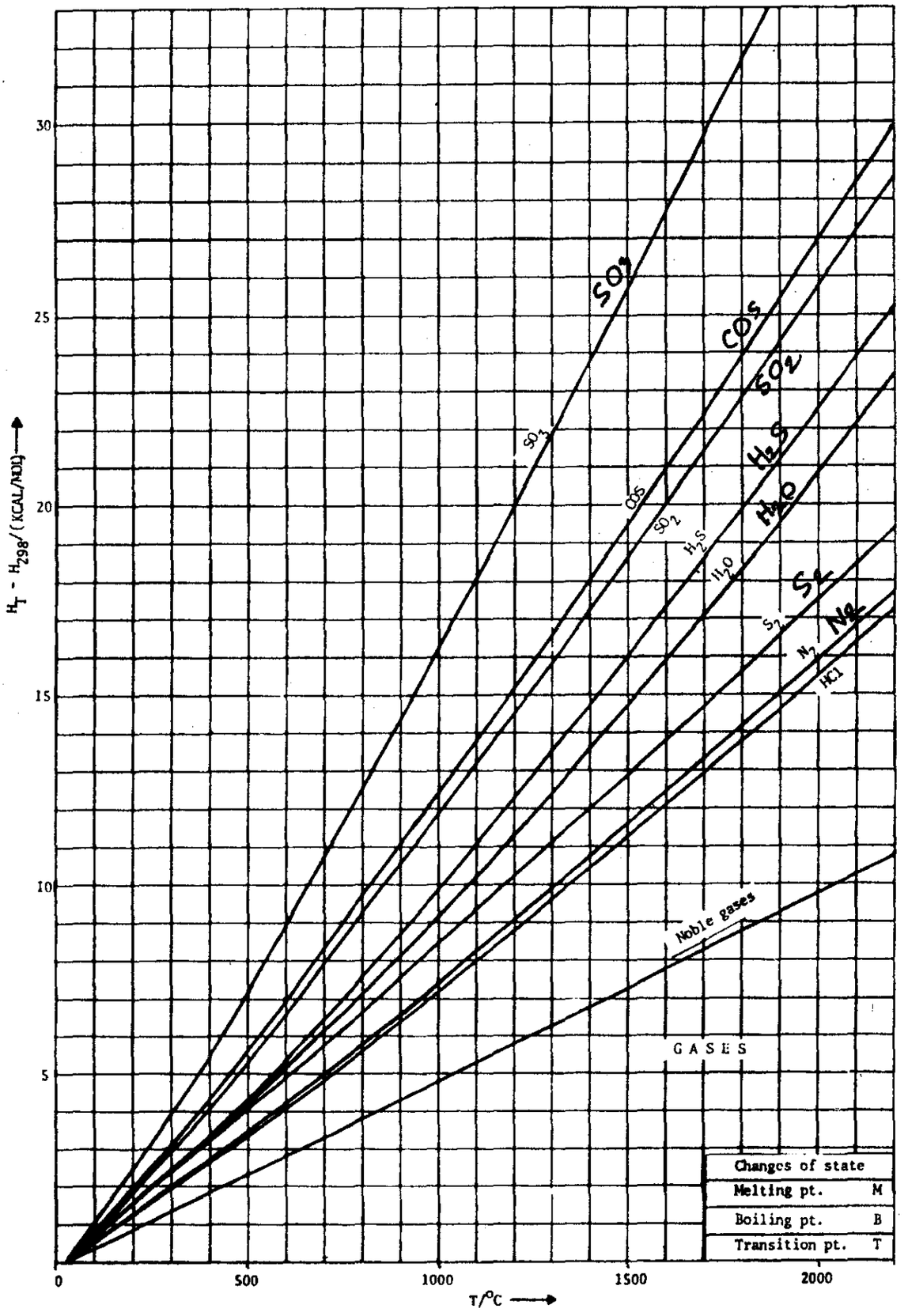
*Reproduced from Principles of Extractive Metallurgy by T. Rosenqvist.

Substance	Mole weight	$-\Delta H^\circ_{298}$ kcal/ mole	Accuracy ±kcal	
Fe_2O_3(s)	159.7	196.3	0.8	
FeS(s)	87.9	22.8	0.3	
FeS_2(s)	120.0	42.4	1.5	
$FeSO_4$(s)	151.9	220.5	6.0	
Fe_4N(s)	237.4	2.6	2.0	
Fe_2N(s)	125.7	0.9	2.0	
Fe_3P(s)	198.5	39.0	2.0	
Fe_3C(s)	179.6	−5.4	1.5	
$FeCO_3$(s)	115.9	178.7	3.0	
FeSi(s)	83.9	19.2	1.5	
Fe_2SiO_4(s)	203.8	2.6‖	2.5	‖From 0.1 Fe + 2 $Fe_{0.95}O$ + SiO_2.
$FeCr_2O_4$(s)	223.9	1.3*	2.5	
H_2(g)	2.016	0		*From oxides.
HF(g)	20.0	64.8	0.5	
HCl(g)	36.5	22.0	0.1	
H_2O(g)	18.0	57.80	0.01	
H_2O(l)	18.0	68.32	0.01	
H_2S(g)	34.1	4.9	0.1	
Hg(l)	200.6	0		
HgCl(s)	236.0	31.5	0.3	
$HgCl_2$(s)	271.5	55.0	1.5	
HgO(s, red)	216.6	21.7	0.2	
HgS(s, red)	232.7	13.9	1.5	
K(s)	39.1	0		
KF(s)	58.1	134.5	1.0	
KCl(s)	74.6	104.2	0.2	
K_2O(s)	94.2	86.4	2.0	
KOH(s)	56.1	101.8	0.5	
K_2SO_4(s)	174.3	342.6	1.0	
K_2CO_3(s)	138.2	188.55	1.5	
K_2SiO_3(s)	154.3	62.5*	7.0	*From oxides.
Mg(s)	24.3	0		
$MgCl_2$(s)	95.2	153.4	0.2	
MgO(s)	40.3	143.7	0.2	
MgS(s)	56.4	83.0	2.0	
$MgSO_4$(s)	120.4	305.5	5.0	
Mg_2C_3(s)	84.7	−19.0	8.0	
MgC_2(s)	48.3	−21.0	5.0	
$MgCO_3$(s)	84.3	262.0	3.0	
Mg_2Si(s)	76.7	19.0	1.0	
Mg_2SiO_4(s)	140.7	15.1*	1.0	*From oxides.
$MgSiO_3$(s)	100.4	8.7*	0.7	
Mn(s)	54.9	0		
$MnCl_2$(s)	125.8	115.2	0.5	
MnO(s)	70.9	92.0	0.5	
Mn_3O_4(s)	228.8	331.4	1.0	
Mn_2O_3(s)	157.9	228.7	1.2	
MnO_2(s)	86.9	124.3	0.5	
Mn_2O_7(s)	221.9	174.1	2.5	
MnS(s)	87.0	49.0	0.5	
MnS_2(s)	119.1	49.5	2.5	
$MnSO_4$(s)	151.0	254.2	1.0	
Mn_3C(s)	176.8	3.6	3.0	
$MnCO_3$(s)	115.0	213.9	1.2	
$MnSiO_3$(s)	131.0	5.9*	0.4	*From oxides.
Mn_2SiO_4(s)	202.0	11.8*	0.7	
Mo(s)	95.9	0		
MoO_2(s)	127.9	140.0	0.9	
MoO_3(s)	143.9	178.2	0.5	
Mo_2S_3(s)	288.1	92.5	4.0	
MoS_2(s)	160.1	60.4	3.0	
Mo_2N(s)	205.9	16.6	0.5	
Mo_2C(s)	203.9	−4.2	5.0	
N_2(g)	28.0	0		
NH_3(g)	17.0	11.0	0.2	
N_2O(g)	44.0	−19.6	0.4	
NO(g)	30.0	−21.6	0.4	
NO_2(g)	46.0	−8.0	0.2	
Na(s)	23.0	0		
NaF(s)	42.0	137.3	1.0	
NaCl(s)	58.5	98.6	0.2	
Na_2O(s)	62.0	100.7	1.2	
NaOH(s)	40.0	102.3	1.2	
Na_2S(s)	78.1	92.4	2.0	
Na_2SO_4(s)	142.1	333.5	2.0	
Na_2CO_3(s)	106.0	271.6	2.5	
Na_2SiO_3(s)	122.1	55.5*	3.5	*From oxides.
$Na_2Si_2O_5$(s, α)	182.2	60.5*	3.5	
Nb(s)	92.9	0		
NbO(s)	108.9	98.5	2.0	
NbO_2(s)	124.9	190.4	1.5	
Nb_2O_5(s)	265.8	455.0	2.0	
NbC(s)	104.9	33.7	1.5	
Ni(s)	58.7	0		
NiCl(g)	129.6	−55.0	9.0	
$NiCl_2$(s)	129.6	73.0	0.5	
NiO(s)	74.7	57.5	0.5	
Ni_3S_2(s)	240.3	47.5	2.5	
NiS(s)	90.8	22.2	1.4	
NiS_2(s)	122.8	34.0	4.0	
$NiSO_4$(s)	154.8	212.5	5.0	
Ni_3C(s)	188.1	−9.0	1.5	
$NiCO_3$(s)	118.7	162.7	3.0	
$Ni(CO)_4$(g)	170.8	36.4¶	1.0	¶From Ni + 4CO.
P(s, white)	31.0	0		
P(s, red)	31.0	4.4	0.4	
PCl_3(g)	137.3	66.4	1.0	
PCl_3(l)	137.3	74.3	0.8	
PCl_5(g)	208.2	87.3	3.0	
PCl_5(s)	208.2	106.0	3.0	
P_2O_5(s)	141.9	356.6	2.5	
Pb(s)	207.2	0		
$PbCl_2$(s)	278.1	85.8	0.5	
PbO(s, red)	223.2	52.4	0.2	
Pb_3O_4(s)	685.6	175.6	4.0	
PbO_2(s)	239.2	66.1	1.0	
PbS(s)	239.3	22.5	0.5	
$PbSO_4$(s)	303.3	219.5	0.8	
$PbCO_3$(s)	267.2	167.3	2.5	
Pb_2SiO_4(s)	506.5	7.0*	3.5	*From oxides.
$PbSiO_3$(s)	283.3	2.5*	2.0	


$H_T - H_{298}$
kcal/mol
$H_T - H_{298}$ (KCAL/MOL)
30
25
20
15
10
5
0
500
1000
1500
2000
T/°C
$TiCl_4$
CH_4
CS_2
CO_2
NH_3
Cl_2
O_2
CO
H_2
GASES
Changes of state
Melting pt. M
Boiling pt. B
Transition pt. T


$H_T - H_{298}$ / (KCAL/MOL)
T/°C
0
500
1000
1500
2000
10
20
30
40
50
60
Na_2CO_3
$MgSO_4$
$CaCO_3$
NaF
CaC
TiC
SiC
M
T
S
T E S
FLUORIDES
SULFATES
Changes of state
Melting pt. M
Boiling pt. B
Transition pt. T

Part II - Enthalpy Increments Above 298K*



*The sources for the data in this part are as follows: Kelley, K.K.: Bureau of Mines Bulletin, 584, 1960. Wicks, C.E. and Block, F.E.: Bureau of Mines Bulletin, 605, 1963. JANAF Thermochemical Tables, 265-68. Reproduced from Principles of Extractive Metallurgy by T. [illegible]qvist.

APPENDIX 3

<> Solid, () Liquid, [] Gas.

Element or compound	Heat of formation $-\Delta H_{298}^{\circ}$, kcal mole^{-1}
⟨H_2O⟩	68·32
(H_2O)	57·80
[H_2O]	0
⟨Mn⟩	
⟨Na⟩	0
⟨NaCl⟩	98·6
⟨Na_2O⟩	100·7
⟨Ni⟩	0
[O_2]	0
⟨Pb⟩	0
⟨PbO⟩	52·4
⟨Si⟩	0
⟨Ti⟩	0
⟨Tl⟩	0
⟨V⟩	0
⟨Zn⟩	0
⟨$ZnCl_2$⟩	99·5

Heat capacities
$C_p = a + b7 + c7^{-2}$, cal deg^{-1}

Element or compound	a
⟨Al⟩	4·41
(Al)	7·00
⟨Al_2O_3⟩	27·38
⟨Au⟩	5·66
(Au)	7·00
⟨C⟩	4·10
[CO]	6·79
[CO_2]	10·55
⟨Ca⟩	5·31

⟨⟩ Solid, ( ) Liquid, [ ] Gas.

Element or compound	Heat of formation $-\Delta H_{298}$ kcal mole^{-1}	Entropy of formation S_{298} cal deg^{-1} mole^{-1}	Transformation or fusion: Reaction	°C	L_t or L_f kcal mole^{-1}
⟨H_2O⟩			S→L	0	1·436
(H_2O)	68·32	16·75			
[H_2O]	57·80	45·1			
⟨Mn⟩	0	7·6	$S_\alpha \rightarrow S_\beta$	720	0·48
			$S_\beta \rightarrow S_\gamma$	1,100	0·55
			$S_\gamma \rightarrow S_\delta$	1,136	0·43
⟨Na⟩	0	12·3	S→L	97·8	0·63
⟨NaCl⟩	98·6	17·4			
⟨Na_2O⟩	100·7	17·0			
⟨Ni⟩	0	7·12	S→L	1,455	4·22
[O_2]	0	49·02			
⟨Pb⟩	0	15·5	S→L	327	1·15
⟨PbO⟩	52·4	16·2			
⟨Si⟩	0	4·5	S→L	1,420	12·1
⟨Ti⟩	0	7·3	$S_\alpha \rightarrow S_\beta$	882	0·83
			$S_\beta \rightarrow L$	1,660	4·5
⟨Tl⟩	0	15·4	$S_\alpha \rightarrow S_\alpha$	234	0·09
			$S_\beta \rightarrow L$	304	1·03
⟨V⟩	0	7·0	S→L	1,860	4·5
⟨Zn⟩	0	9·95	S→L	419·5	1·74
⟨$ZnCl_2$⟩	99·5	25·9			

Heat capacities

$C_p = a + bT + cT^{-2}$, cal deg^{-1} mole^{-1}

Element or compound	a	b × 10^3	c × 10^{-5}	Temperature range, °K
⟨Al⟩	4·44	2·96	–	298–932
(Al)	7·00	–	–	932–1,273
⟨Al_2O_3⟩	27·35	3·08	−8·20	298–1,800
⟨Au⟩	5·66	1·24	–	298–1,336
(Au)	7·00	–	–	1,336–1,600
⟨C⟩	4·10	1·02	−2·10	298–2,300
[CO]	6·79	0·98	−0·11	298–2,500
[CO_2]	10·55	2·16	−2·04	298–2,500
⟨Ca⟩	5·31	3·33	–	273–713

Element or compound	a	b × 10^3	c × 10^{-5}	Temperature range, °K
⟨Ca⟩$_\beta$	1·50	7·74	2·5	713–1,123
(Ca)	7·4	–	–	1,123–1,220
⟨CaO⟩	11·86	1·08	−1·66	298–1,177
⟨Cr⟩	5·84	2·36	−0·88	298–2,123
(Cr)	9·40	–	–	2,123–
⟨Cr_2O_3⟩	28·53	2·20	−3·74	350–1,800
⟨Cu⟩	5·41	1·50	–	298–1,356
(Cu)	7·50	–	–	1,356–1,600
⟨Cu_2O⟩	14·90	5·70	–	298–1,200
⟨Fe⟩$_{\alpha,\ mag.}$	4·18	5·92	–	273–1,033
⟨Fe⟩$_{\alpha,\ non\text{-}mag.}$	9·0	–	–	1,033–1,183
⟨Fe⟩$_\gamma$	1·84	4·66	–	1,183–1,674
⟨Fe⟩$_\delta$	10·5	–	–	1,674–1,812
(Fe)	10·0	–	–	1,812–1,873
⟨FeO⟩	11·66	2·00	−0·67	298–1,651
(FeO)	16·30	–	–	1,651–1,800
⟨Fe_3O_4⟩$_\alpha$	21·88	48·2	–	298–900
⟨Fe_3O_4⟩$_\beta$	48·0	–	–	900–1,800
[H_2]	6·52	0·78	0·12	298–3,000
[H_2O]	7·17	2·56	0·08	298–2,500
⟨Mn⟩$_\alpha$	5·16	3·81	–	298–993
⟨Mn⟩$_\beta$	8·33	0·66	–	993–1,373
⟨Mn⟩$_\gamma$	10·70	–	–	1,373–1,410
⟨Mn⟩$_\delta$	11·30	–	–	1,410–1,517
[N_2]	6·66	1·02	–	298–2,500
[NH_3]	7·11	6·00	−0·37	298–1,800
[O_2]	7·16	1·00	−0·40	298–3,000
⟨Pb⟩	5·63	2·33	–	298–600
⟨Ti⟩$_\alpha$	5·28	2·4	–	298–1,155
⟨Ti⟩$_\beta$	6·91	–	–	1,155–1933
(Ti)	8·00	–	–	1,933–
⟨Tl⟩$_\alpha$	5·26	3·40	–	298–505
⟨Tl⟩$_\beta$	7·30	–	–	505–577
(Tl)	7·50	–	–	577–800
⟨Zn⟩	5·35	2·40	–	298–693
(Zn)	7·50	–	–	693–1,200
[Zn]	4·97	–	–	298–1,200