คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบกลางภาค ประจำการศึกษาที่ 2 **ปีการศึกษา 2555**

วันเสาร์ที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2555 **เวลา : 9.00 – 12.00 น.**

วิชา : 237 – 321 Chemical Metallurgy **ห้อง : R200**

คำสั่ง

1. ทำทุกข้อในที่ว่างที่เว้นไว้ให้
2. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้
3. อนุญาตให้นำเอกสารและตำราเรียนทุกชนิดเข้าห้องสอบได้

ทุจริตในการสอบโทษขั้นต่ำ คือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

ชื่อ_________________________รหัส__________

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	33	
2	6	
3	5	
4	8	
5	12	
6	15	
7	10	
8	6	
9	30	
รวม	125	

รศ.ดร.พิษณุ บุญนวล
ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ______________________ รหัส______________

1. อธิบายสั้นๆ พอได้ใจความอาจต้องวาดรูปประกอบหรือยกตัวอย่างเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย

1.1 Heat of formation (3 คะแนน)

1.2 Gross calorific value แตกต่างจาก Net calorific value อย่างไร (3 คะแนน)

1.3 Zone refining (3 คะแนน)

1.4 Burden หรือ Charges ที่ป้อนเตา Blast furnace ประกอบด้วย อะไรบ้าง **(3 คะแนน)**

1.5 Reduction of metal **(3 คะแนน)**

1.6 Endothermic reaction ต่างกับ Exothermic reaction อย่างไร **(3 คะแนน)**

1.7 แฟคเตอร์การเปลี่ยนหน่วยจาก KJ เป็น Kcal **(3 คะแนน)**

ชื่อ________________________รหัส______________

1.8 Gassifier คืออะไร มีชนิดใดบ้าง วัสดุเชื้อเพลิงที่ใช้ได้มีอะไรบ้าง จงอธิบาย **(6 คะแนน)**

1.9 จงศึกษาจาก Free energy diagram ของ Calcination แล้วตอบคำถาม **(6คะแนน)**

ก. ถ้า Partial pressure ของไอน้ำ (H_2O) เท่ากับ 10 atm จะต้อง Calcine แร่ $Mg(OH)_2$ ที่อุณหภูมิอย่างต่ำเท่าไร

ข. Partial pressure ของ CO_2 ในอากาศมีค่าเท่าใด

ค. Equilibrium partial pressure ของ CO_2 ในการเผาหินปูนเพื่อผลิตปูนขาวที่อุณหภูมิ 1000 K เป็นเท่าใด

2. กระบวนการผลิตเหล็กกล้านั้นสามารถแยกเรียกตามธรรมชาติของตะกรัน (Slag) และอิฐทำเตาได้เป็น Acid process และ Basic process
จงอธิบายให้เห็นถึงความแตกต่างของทั้งสองกระบวนการพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ

(6 คะแนน)

ชื่อ________________________รหัส______________

3. จงคำนวณ Retention time ของวัสดุในเตาเผาปูนซีเมนต์ แบบเตา Rotary kiln จากข้อมูลเตาดังนี้ ความยาว 60 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร ความเอียงของเตา 3 เมตร ต่อ 100 เมตร และความเร็วรอบ 2 rpm **(5 คะแนน)**

4. จงอธิบายพร้อมวาดรูปประกอบแสดงให้เข้าใจถึง Kinetic of lime making โดยใช้หลัก Shrinking core model โดยให้เขียนสมการเคมีประกอบด้วย **(8 คะแนน)**

ชื่อ____________________________**รหัส**_________________

5. จงเสนอแบบระบบการเผาปูนขาวด้วยเตาหมุน (Rotary kiln) ที่มีประสิทธิภาพทางความร้อนและประสิทธิภาพทางจลนศาสตร์ (Kinetic) ที่ดีมาก (อธิบายพร้อมเขียนรูปประกอบให้ชัดเจนทั้งในแง่ของ Heat and mass transfer และ Kinetics ด้วย) **(12 คะแนน)**

ชื่อ_________________________รหัส_______________

6. จงอธิบายถึงความแตกต่างของกระบวนการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตา Bessemer convertor, Basic Oxygen furnace (BOF) และเตา Indirect electric arc furnace (EAF) เขียนรูปประกอบด้วย (15 คะแนน)

ชื่อ________________________รหัส______________

7. จงคำนวณ Heat of reaction ของปฏิกิริยาต่อไปนี้ (10 คะแนน)

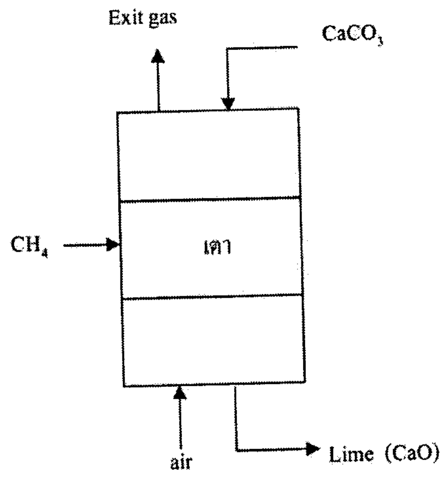
7.1 $FeO + CO = Fe + CO_2$

7.2 $CH_4 + 2O_2 = 2H_2O + CO_2$

8. จงอธิบายและเขียนสมการและไดอะแกรมให้เข้าใจได้ว่า ทำไมจึงสามารถใช้โลหะอะลูมิเนียมเป็น Reducing agent สำหรับถลุงแร่มังกานีส (MnO) ได้ (6 คะแนน)

ชื่อ____________________________รหัส______________

9. 9.1จงคำนวณ Heat and mass balance ในการผลิตปูนขาวด้วยเตาตั้งที่มีทั้ง Stone preheater และ air preheater โดยใช้แกสมีเทนเป็นเชื้อเพลิงตามรูป



9.2 และจากที่ค่าความร้อนของมีเทนเป็น 191.76 Kcal/mole จงคำนวณ Heating or Thermal efficiency ของเตา

<u>ข้อมูล</u>

ก. ใช้มีเทน 0.5 mole ต่อปูนขาว (CaO) ที่ผลิตได้ 1 mole

ข. มีเทน หินปูน และอากาศแห้งเข้าเตาที่อุณหภูมิ 25 °C

ค. ปูนขาวออกจากเตาที่ 200 °C

ง. Exit gas ออกจากเตาที่ 200 °C

จ. Thermo data

1. Standard Heat of formation $\Delta H_{f,298}$ (Kcal/mole)

$CaCO_3$	- 288.4
CaO	- 151.9
CO_2	- 94.05

2. Atomic weight

Element	H	O	Ca	Fe	N	S	C
Atomic wt	1	16	40	56	14	32	12

(30 คะแนน)

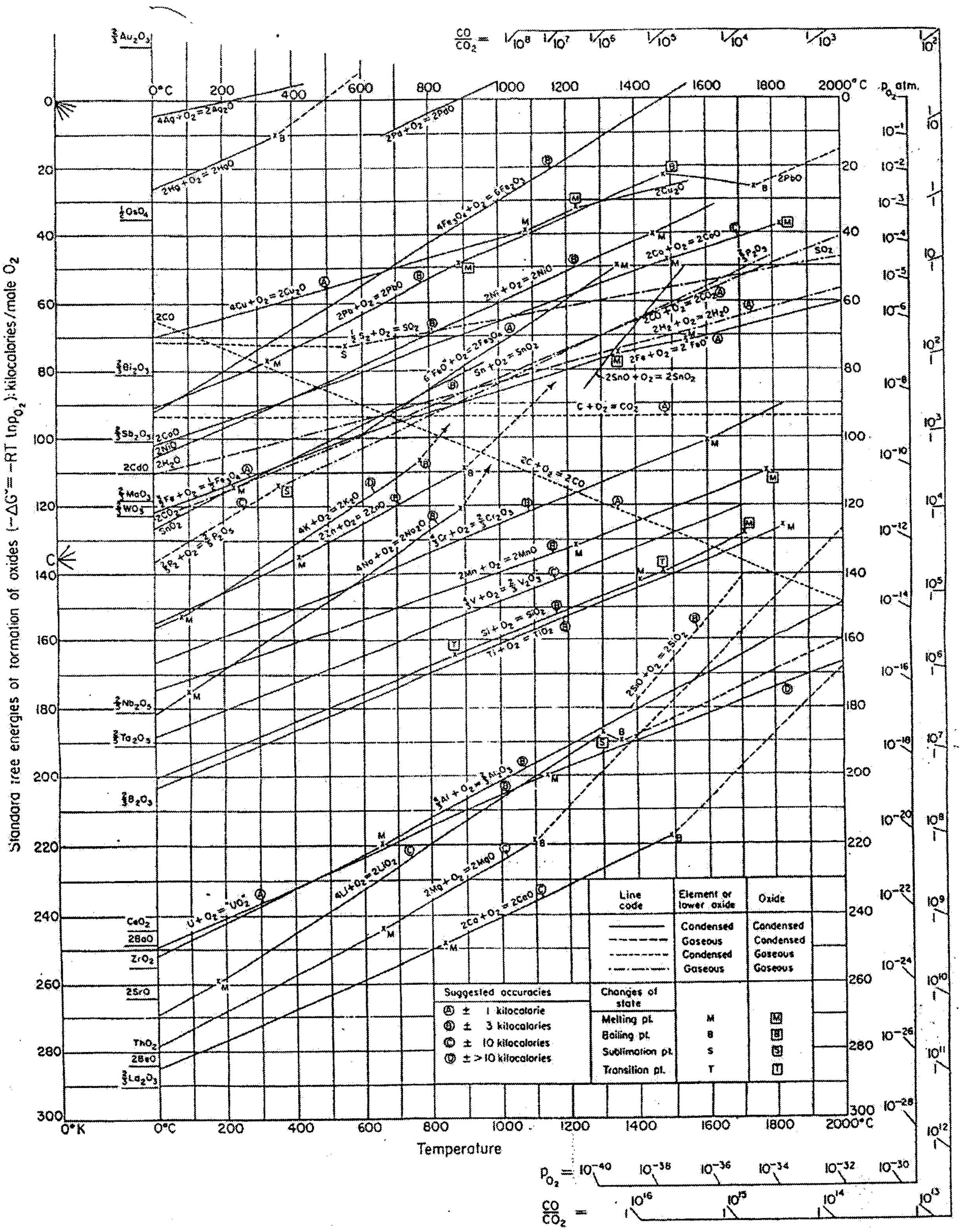


FIG. 42. The standard free energies of formation of oxides, the standard states being the pure condensed phases and gases at 1 atm pressure. Grids for p_{O_2} and CO/CO_2 values are indicated by scales round the right margin and radiate from foci marked on the temperature axis. Where values are not known 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 [illegible] and Richardson and Jeffes [illegible]).

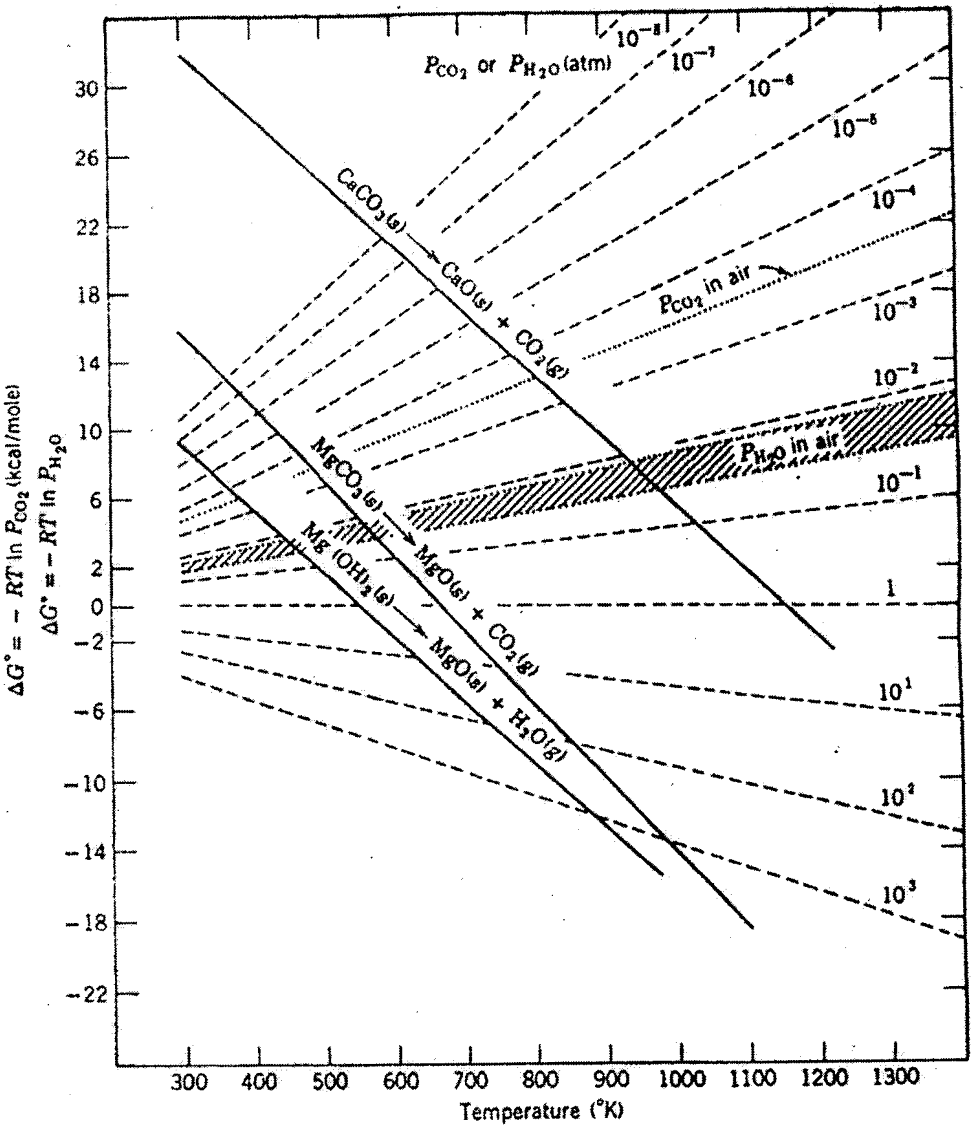


Fig. 9.22. Standard free energy of reaction as a function of temperature. The dashed lines are the equilibrium gas pressure above the oxide and carbonate (hydroxide).

Problems in Applied Thermodynamics by C. Bodsworth & A.S. Appleton Longmans 1965.

APPENDIX 2

Table of Constants and Useful Conversion Factors

Constants

Avogadro's number	N	$= 6{\cdot}02\times10^{23}$ mole^{-1}
Boltzmann's constant	k	$= 1{\cdot}38\times10^{-23}$ joule deg^{-1}
Electronic charge	e	$= 1{\cdot}60\times10^{-19}$ coulomb
Gas constant	$R = Nk$	$= 8{\cdot}314$ joule deg^{-1} mole^{-1}
		$= 1{\cdot}987$ cal deg^{-1} mole^{-1}
Faraday's constant	$F = Ne$	$= 96{,}494$ coulomb g-equiv^{-1}
		$= 23{,}066$ cal volt^{-1} g-equiv^{-1}
Gravitational constant	g	$= 980{\cdot}7$ cm sec^{-2}

Conversion Factors

1 atmosphere	$= 1{,}033{\cdot}2$ g cm^{-2}
	$= 14{\cdot}7$ lb in^{-2}
1 calorie	$= 4{\cdot}184$ joule
	$= 4{\cdot}184\times10^{7}$ erg
	$= 0{\cdot}00397$ B.Th.U
	$= 41{\cdot}293$ cc-atm
1 coulomb	$= 2{\cdot}78\times10^{-4}$ ampere-hr
1 electron-volt	$= 1{\cdot}60\times10^{-19}$ joule
1 electron-volt molecule^{-1}	$= 23{\cdot}05$ kcal mole^{-1}
1 gram-molecular volume	$= 22{\cdot}4$ litre at N.T.P.
1 cubic foot	$= 28{\cdot}3$ litre
1 pound	$= 453{\cdot}6$ g
1 mile	$= 1{\cdot}609$ kilometre
60 m.p.h.	$= 88$ ft sec^{-1}
$\log_e$ (ln)	$= 2{\cdot}303 \log_{10}$
$R \log_e$ (ln)	$4{\cdot}575 \log_{10}$

APPENDIX 3

Thermochemical Data

Heats of formation, transformation and fusion, and standard entropies

⟨ ⟩ 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}
⟨Ag⟩	0	10·2			
(Ag)	30·3	23·0			
⟨Al⟩	0	6·77	S→L	659	2·5
$\langle Al_2O_3\rangle$	400·0	12·2			
⟨Au⟩	0	11·32	S→L	1,063	3·05
⟨C⟩	0	1·361			
$[CH_4]$	17·89	44·5			
[CO]	26·40	47·3			
$[CO_2]$	94·05	51·1			
⟨Ca⟩	0	9·95	$S_\alpha \to S_\beta$	440	0·24
			$S_\beta \to L$	850	2·1
⟨CaO⟩	151·5	9·5			
⟨Cd⟩	0	12·3	S→L	321	1·53
[Cl]	0	53·3			
⟨Co⟩	0	7·18	S→L	1,495	3·75
⟨Cr⟩	0	5·68	S→L	1,850	4·6
$\langle Cr_2O_3\rangle$	270·0	19·4			
⟨Cu⟩	0	7·97	S→L	1,083	3·1
$\langle Cu_2O\rangle$	40·0	22·45			
⟨Fe⟩	0	6·49	$S_\alpha \to S_\alpha$ mag. → non-mag.	760	0·66
			$S_\alpha \to S_\gamma$ non-mag.	910	0·22
			$S_\gamma \to S_\delta$	1,404	0·21
			$S_\delta \to L$	1,539	3·7
			S→L	1,378	7·4
⟨FeO⟩	63·2	14·05			
$\langle Fe_3O_4\rangle$	266·9	36·2			
$[H_2]$	0	31.2			
[HCl]	22·0	44·65			

⟨ ⟩ 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	$S_\alpha \to S_\beta$	720	0·48
			$S_\beta \to S_\gamma$	1,100	0·55
			$S_\gamma \to S_\delta$	1,136	0·43
			S→L		
⟨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	$S_\alpha \to S_\beta$	882	0·83
			$S_\beta \to L$	1,660	4·5
⟨Tl⟩	0	15·4	$S_\alpha \to S_\beta$	234	0·09
			$S_\beta \to L$	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			

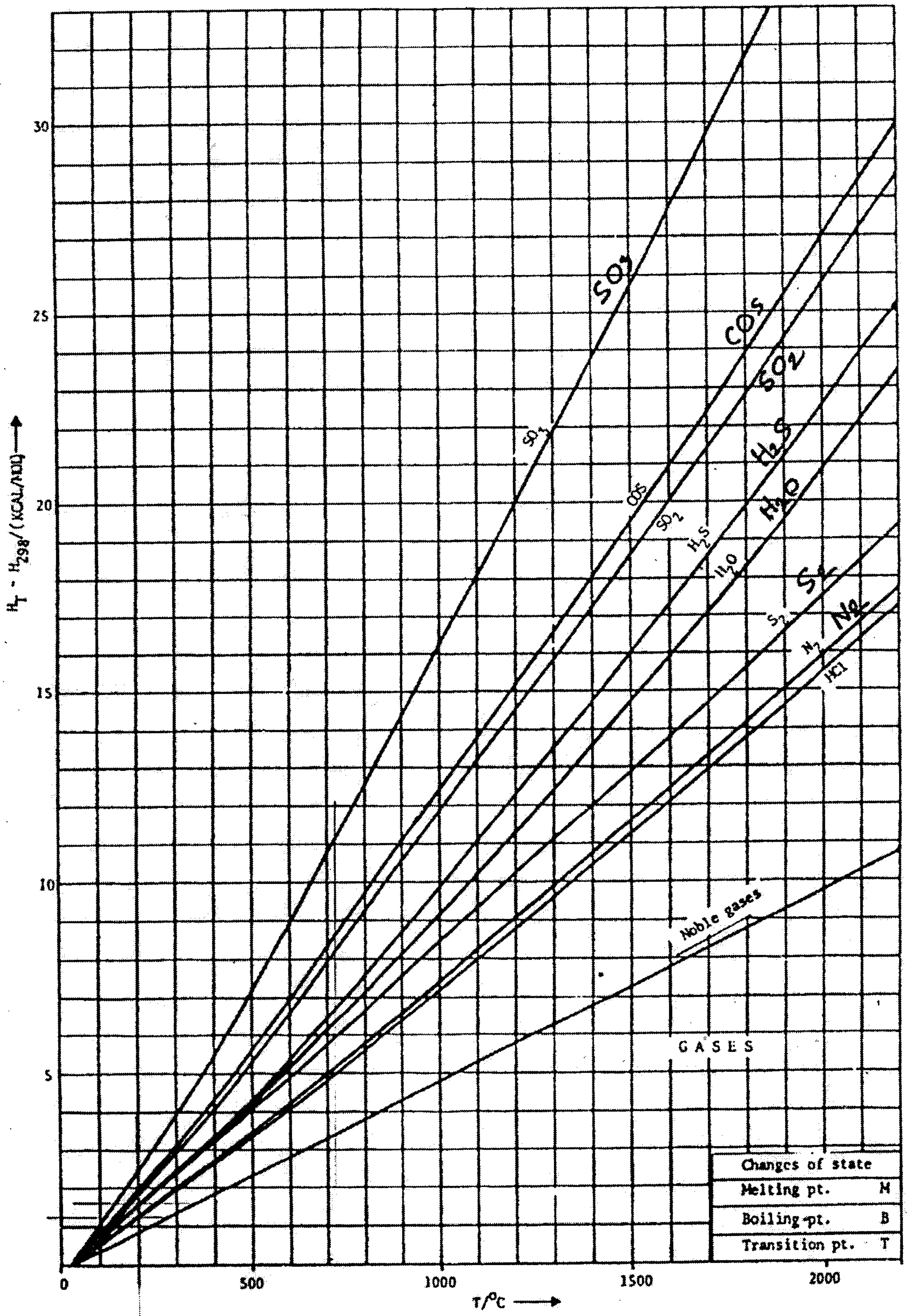
Heat capacities

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

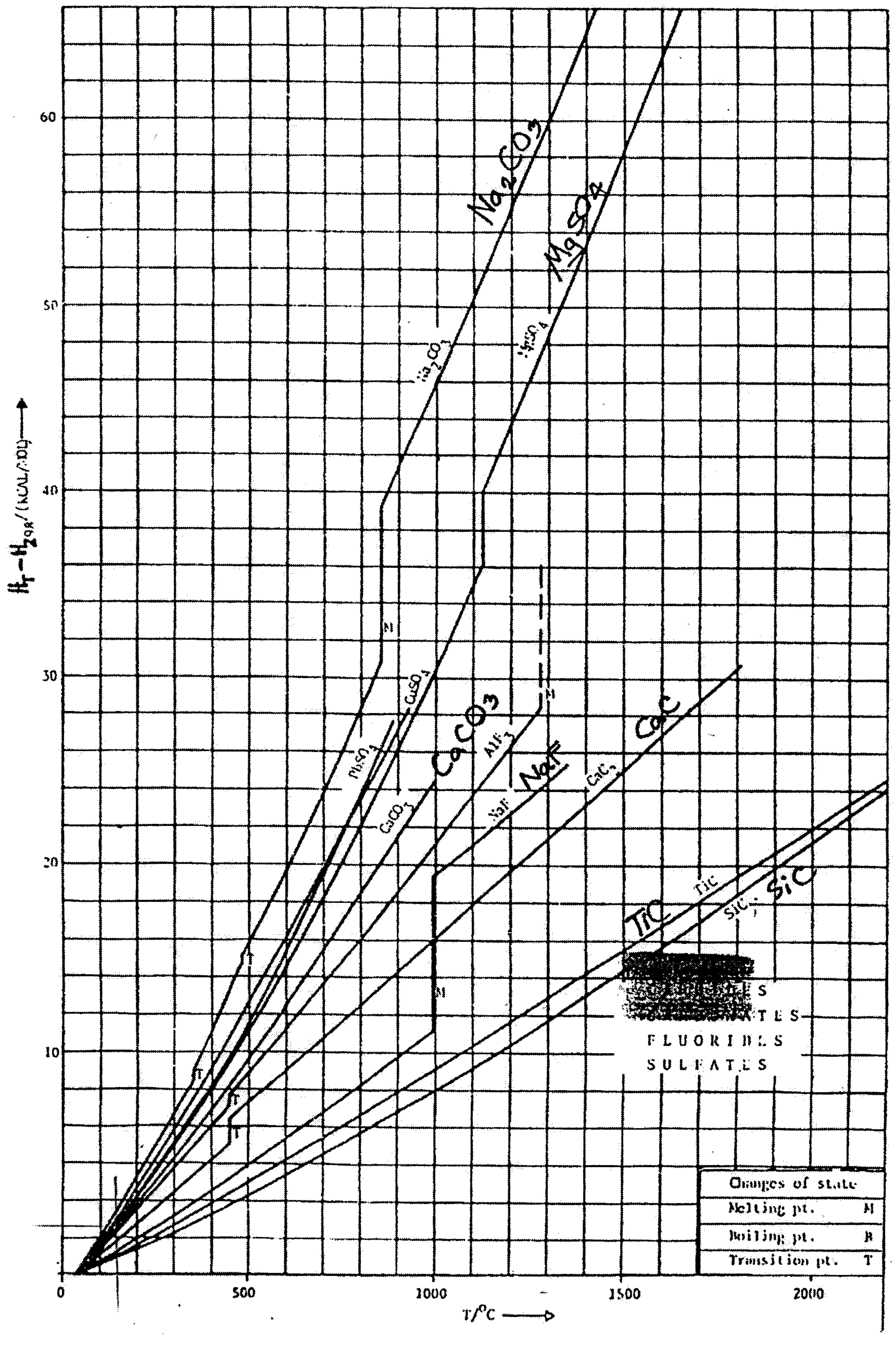
Element or compound	a	b × 10^3	c × 10^{-5}	Temperature range, °K
⟨Al⟩	4·94	2·96	–	298–932
(Al)	7·00	–	–	932–1,273
⟨Al_2O_3⟩	27·38	3·08	−8·20	298–1,800
⟨Au⟩	5·66	1·24	–	298–1,336
(Au)	7·00	–	–	1,336–1,600
⟨C⟩	4·10	1·02	−2·10	298–2,300
[CO]	6·79	0·98	−0·11	298–2,500

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

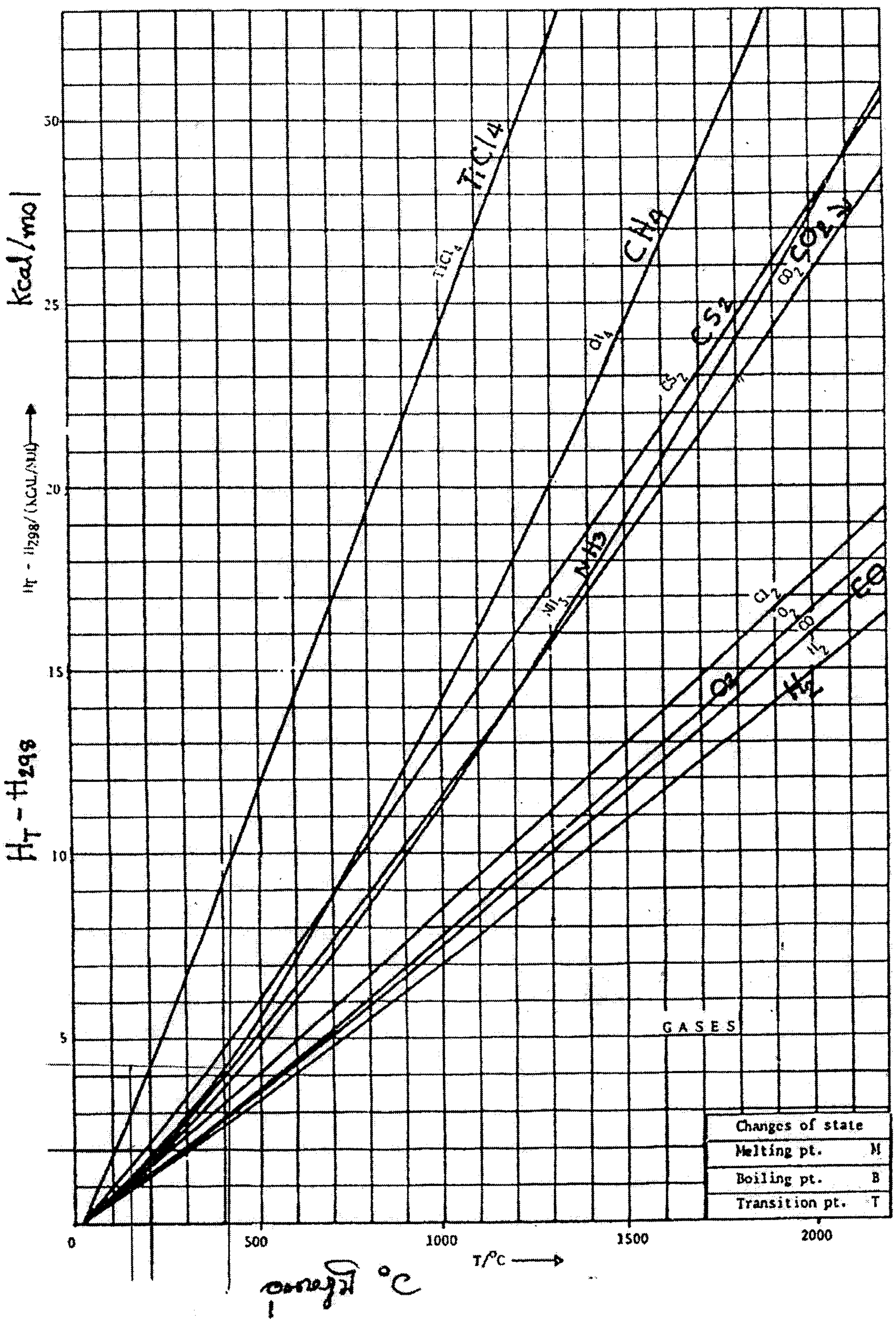
Part II - Enthalpy Increments Above 298K*



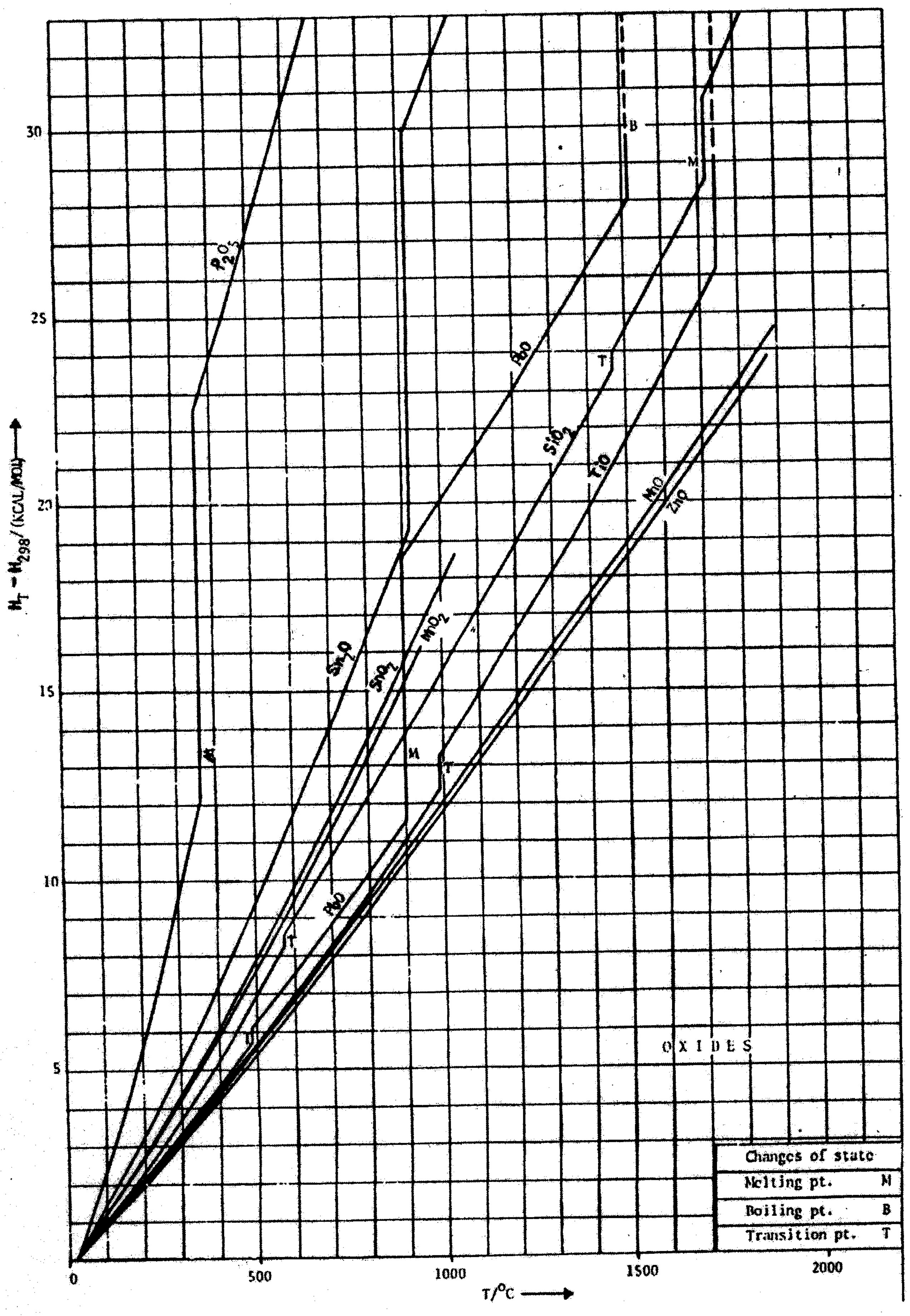
*The sources for the data in this part are as follows: Kelley, K.K.: Bureau of Mines Bulletin, 584, 1960. Wicks, C.E. and Block, F.E.: Bureau of Mines Bulletin, 605, 1963. JANAF Thermochemical Tables, 1965-68. Reproduced from Principles of Extractive Metallurgy by



$H_T - H_{298}$ / (kcal/mol)
60
50
40
30
20
10
0
500
1000
1500
2000
T/°C
Na_2CO_3
$MgSO_4$
$CaSO_4$
$PbSO_4$
$CaCO_3$
AlF_3
NaF
CaC_2
TiC
SiC
M
N
T
[redacted]
FLUORIDES
SULFATES
Changes of state
Melting pt. M
Boiling pt. B
Transition pt. T



Kcal/mol
H_T - H_298
H_T - H_298/(KCAL/MOL) →
30
25
20
15
10
5
0
500
1000
1500
2000
T/°C →
อุณหภูมิ °C
TiCl4
CH4
CS2
CO2
NH3
Cl2
O2
CO
H2
GASES
Changes of state
Melting pt. M
Boiling pt. B
Transition pt. T



$H_T - H_{298}$/ (KCAL/MOL)
30
25
20
15
10
5
0
500
1000
1500
2000
T/°C
P_2O_5
PbO
SiO_2
TiO
MnO
ZnO
Sn_2O
SnO_2
MnO_2
PbO
M
B
T
OXIDES
Changes of state
Melting pt. M
Boiling pt. B
Transition pt. T