คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบกลางภาค ประจำการศึกษาที่ 2 **ปีการศึกษา 2553**

วันศุกร์ที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2553 **เวลา : 9.00 – 12.00 น.**

วิชา : 237 – 321 Chemical Metallurgy **ห้อง : A400**

คำสั่ง

1. ทำทุกข้อในที่ว่างที่เว้นไว้ให้
2. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้
3. อนุญาตให้นำ Short Note ขนาดกระดาษ A4 จำนวน 2 แผ่น เข้าห้องสอบได้

ทุจริตในการสอบโทษขั้นต่ำ คือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

ชื่อ_____ _____รหัส_____

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	16	
2	6	
3	8	
4	15	
5	6	
6	8	
7	25	
รวม	84	

รศ.ดร.พิษณุ บุญนวล

ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ_____รหัส_____

1. อธิบายสั้นๆ พอได้ใจความ อาจต้องวาดรูปประกอบหรือยกตัวอย่างเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย

1.1 Blast furnace (3 คะแนน)

1.2 Electric arc furnace (3 คะแนน)

1.3 Heat of formation (3 คะแนน)

1.4 นิยามของ Molar specific heat (Cp) (3 คะแนน)

ชื่อ_____ _____รหัส_____

1.5 Burden หรือ Charges ที่ป้อนเตา Blast furnace ประกอบด้วย อะไรบ้าง **(2 คะแนน)**

1.6 Specific capacity ของเตาเผาปูนขาว **(2 คะแนน)**

ชื่อ_____รหัส_____

2. จงคำนวณ Heat of reaction ของปฏิกิริยา การเผาปูนขาว โดยใช้ Hess's law **(6 คะแนน)**

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

(ใช้ข้อมูลที่ให้มาในข้อ7)

3. กระบวนการผลิตเหล็กกล้านั้นสามารถแยกเรียกตามธรรมชาติของตะกรัน (Slag) และอิฐทำเตาได้เป็น

   a) Acid process

   b) Basic process

   จงอธิบายให้เห็นถึงความแตกต่างของทั้งสองกระบวนการพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ

   (8 คะแนน)

ชื่อ_____ _____รหัส_____

4. ในการออกแบบเตาเผาปูนขาวแบบเตานอน (Rotary kiln) ที่ท่านเรียนมานั้น เราสามารถปรับปรุงรูปแบบของเตา และระบบประกอบต่างๆ เพื่อให้มีกำลังผลิตสูงขึ้น และมีประสิทธิภาพทางความร้อน (Heat efficiency) สูงได้อย่างไรบ้าง จงอธิบายโดยละเอียดพร้อมวาดรูปประกอบและแสดงตัวเลขที่เกี่ยวข้อง **(15 คะแนน)**

ชื่อ_____รหัส_____

5. จงคำนวณ Retention time ของวัสดุในเตาเผาปูนซีเมนต์ แบบเตา Rotary kiln จากข้อมูลเตาดังนี้ ความยาว 60 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร ความเอียงของเตา 3 เมตร ต่อ 100 เมตร และความเร็วรอบ 2 rpm (1 เมตร = 3.28 ฟุต) **(6 คะแนน)**

6. จากกราฟที่ให้ จงตอบคำถาม

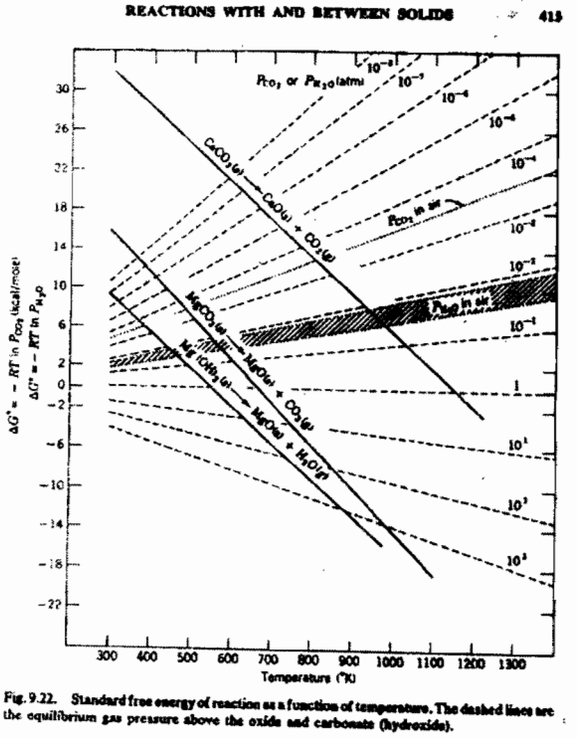


Fig. 9.22. Standard free energy of reaction as a function of temperature. The dashed lines are the equilibrium gas pressure above the oxide and carbonate (hydroxide).

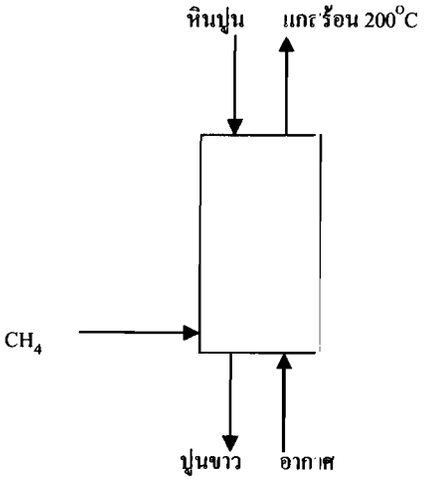
6.1 ต้องการผลิตปูนขาว(CaQ) ที่บรรยากาศ Open air ต้องใช้อุณหภูมิอย่างต่ำเท่าไร (แสดงวิธีทำในกราฟด้วย) _____

6.2 ในการผลิต MgO จากแร่ MgCO3 ในเตาที่มี Patial pressune ของ [H_2o] 10^2 atm ต้องใช้อุณหภูมิอย่างต่ำเท่าไร _____

(8 คะแนน)

ชื่อ_____ _____รหัส_____

7. ในการผลิตปูนขาวจากหินปูนตามปฏิกิริยา และรูป จงคำนวณ Mass and heat balance ในเตาแบบ Shaft furnace (ให้คำนวณโดยใช้ฐาน (Basis) ของการผลิตปูนขาว 1 mole) **(25 คะแนน)**



Reaction : $CaCO_3 = CaO + CO_2$

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

อุณหภูมิ

หินปูน เข้าเตา 25 °C

อากาศ เข้าเตา 25 °C

CH_4 เข้าเตา 25 °C

ปูนขาว ออกจากเตา 100 °C

แกสร้อน ออกจากเตา 200 °C

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

ใช้แกสมีเทน 0.4 mole ต่อ การผลิตปูนขาว 1 mo e

ข้อมูล

ธาตุ	Ca	C	O	H	N	S	Fe
น้ำหนักอะตอม	40	12	16	1	14	32	56

Standard heat of formation (Kcal /mole)

Compound	CH_4	CO_2	H_2O	$CaCO_3$	CaO
Standard heat of formation	-17.88	-94.05	-57.80	-288.4	-151.9

สำหรับข้อมูล Heat Capacity ให้ดูจากกราฟที่ท้ายข้อสอบ

APPENDIX 2

Table of Constants and Useful Conversion Factors

Constants

Avogadro's number	N	$= 6{\cdot}02 \times 10^{23}$ mole^{-1}
Boltzmann's constant	k	$= 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ joule deg^{-1}
Electronic charge	e	$= 1{\cdot}60 \times 10^{-19}$ 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 caloric	$= 4{\cdot}184$ joule
	$= 4{\cdot}184 \times 10^{7}$ erg
	$= 0{\cdot}00397$ B.Th.U
	$= 41{\cdot}293$ cc-atm
1 coulomb	$= 2{\cdot}78 \times 10^{-4}$ ampere-hr
1 electron-volt	$= 1{\cdot}60 \times 10^{-19}$ 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(l)⟩	30·3	23·0			
⟨Al⟩	0	6·77	S→L	659	2·5
⟨Al_2O_3⟩	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	$S_\alpha \rightarrow S_\beta$	440	0·24
			$S_\beta \rightarrow L$	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
⟨Cr_2O_3⟩	270·0	19·4			
⟨Cu⟩	0	7·97	S→L	1,083	3·1
⟨Cu_2O⟩	40·0	22·45			
⟨Fe⟩	0	6·49	$S_\alpha \rightarrow S_\alpha$ mag. non-mag.	760	0·66
			$S_\alpha \rightarrow S_\gamma$ non-mag.	910	0·22
			$S_\gamma \rightarrow S_\alpha$ non-mag.	1,404	0·21
			$S_\alpha \rightarrow L$	1,539	3·7
⟨FeO⟩	63·2	14·05	S→L	1,378	7·4
⟨Fe_3O_4⟩	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}
$\langle H_2O \rangle$			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			
$\langle Na_2O \rangle$	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
$\langle ZnCl_2 \rangle$	99·5	25·9			

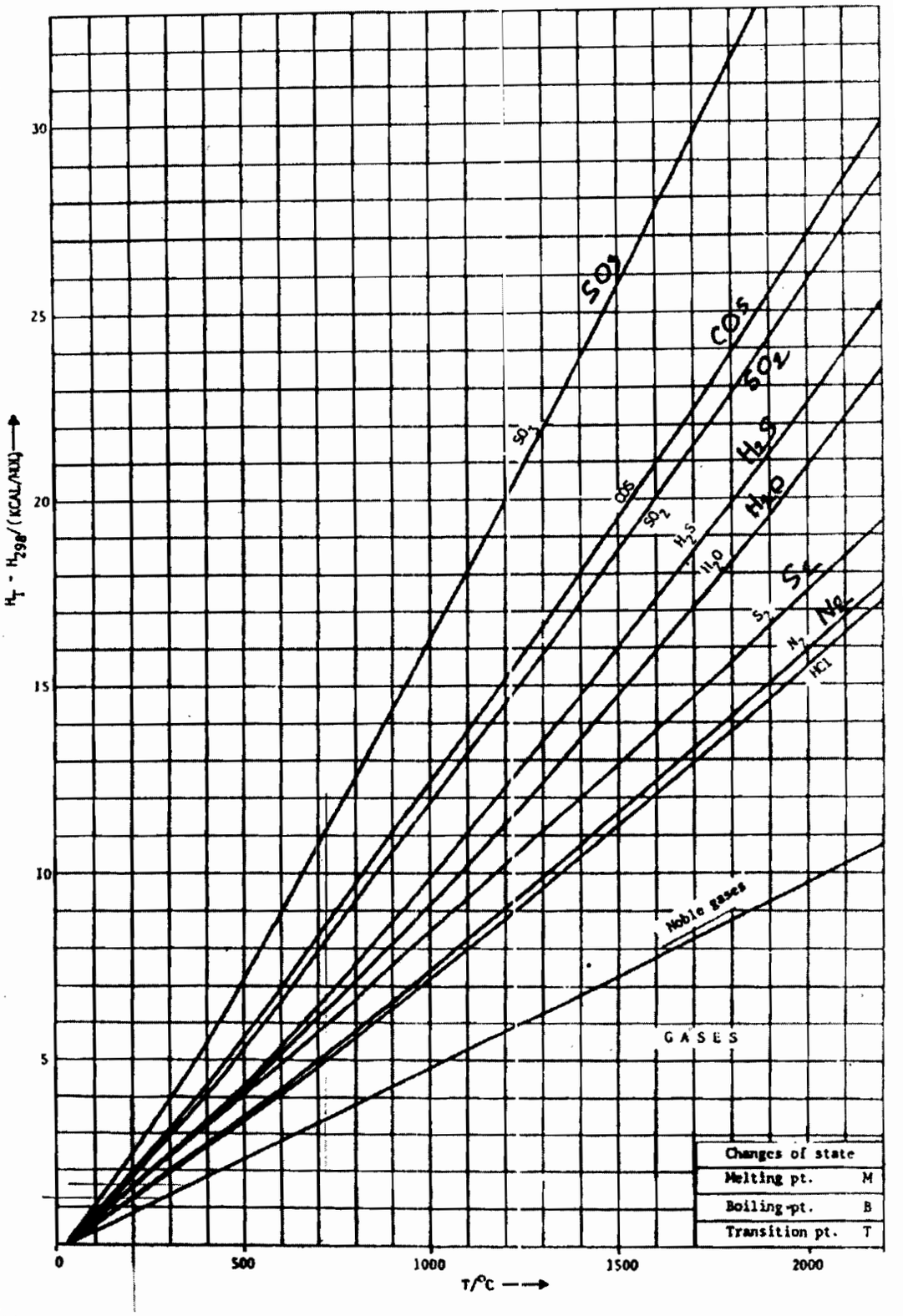
Heat capacities

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

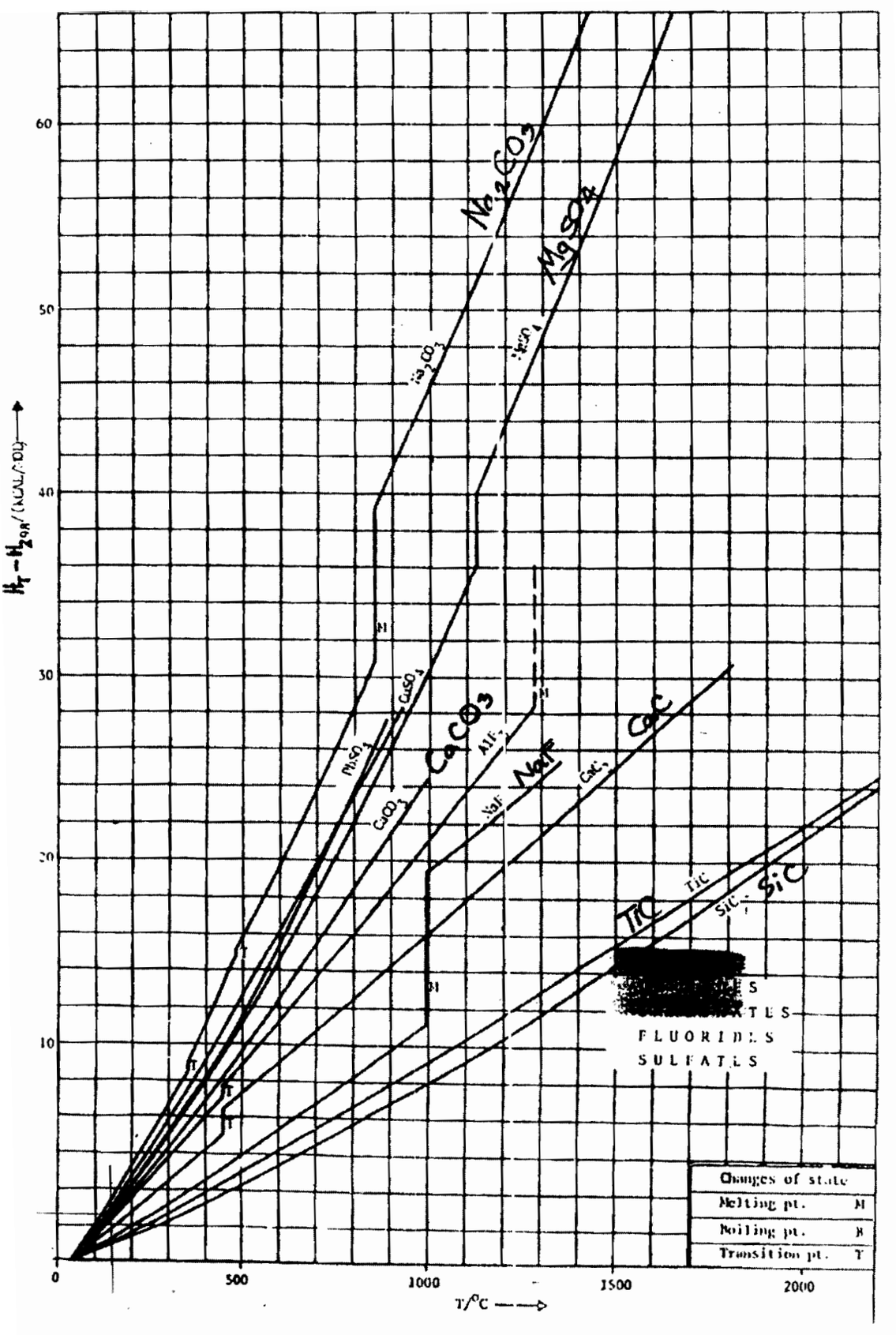
Element or compound	a	$b \times 10^3$	$c \times 10^{-5}$	Temperature range, °K
〈Al〉	4·94	2·96	–	298–932
(Al)	7·00	–	–	932–1,273
$\langle Al_2O_3 \rangle$	27·38	3·08	−8·20	298–1,800
〈Au〉	5·66	1·24	–	298–1,336
(Au)	7·00	–	–	1,336–1,600
〈C〉	4·10	1·02	−2·10	298–2,300
[CO]	6·79	0·98	−0·11	298–2,500

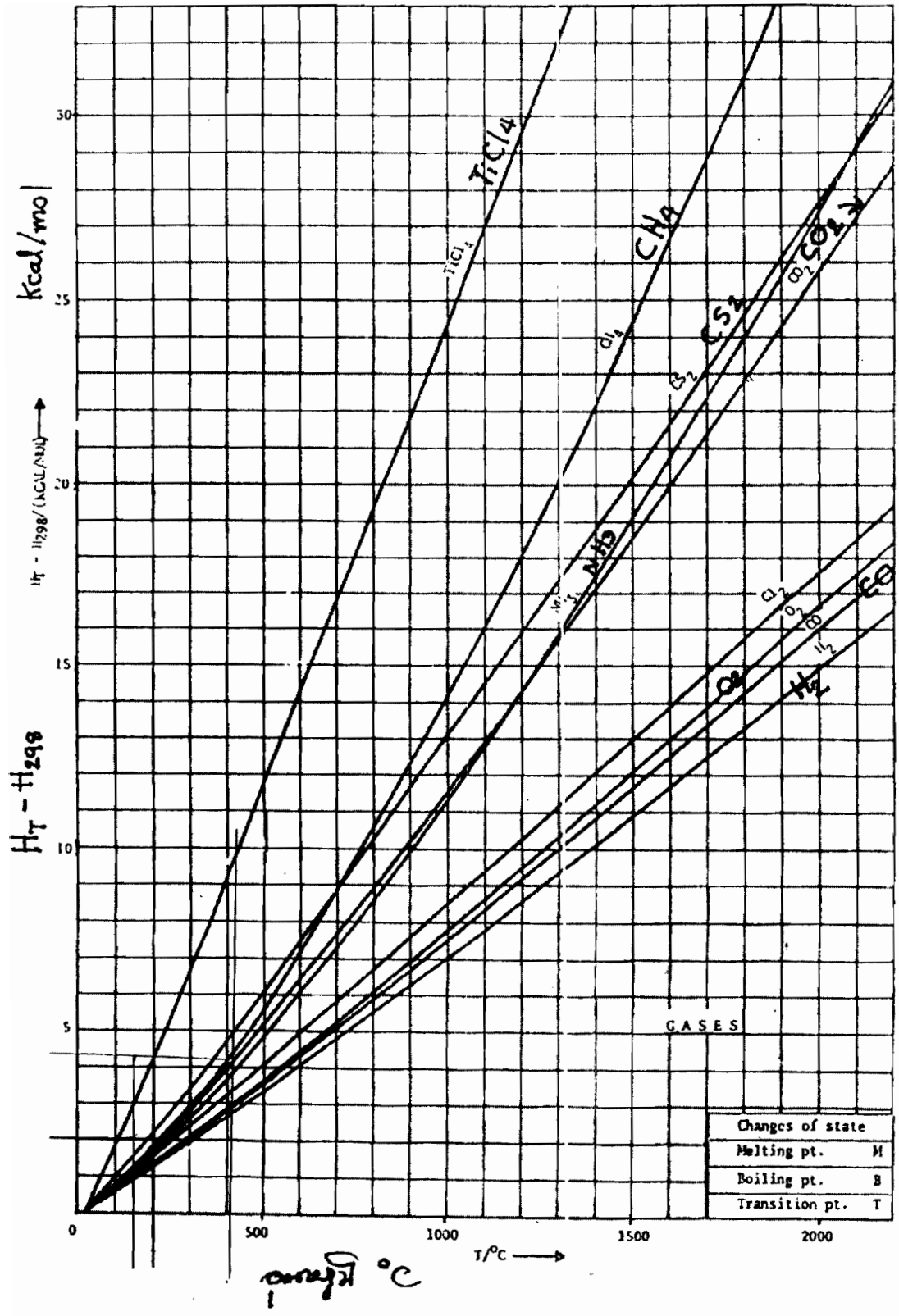
Element or compound	a	$b \times 10^3$	$c \times 10^{-5}$	Temperature range, °K
$\langle Ca \rangle_\beta$	1·50	7·74	2·5	713–1,123
(Ca)	7·4	–	–	1,123–1,220
〈CaO〉	11·86	1·08	−1·66	298–1,177
〈Cr〉	5·84	2·36	−0·88	298–2,123
(Cr)	9·40	–	–	2,123–2,333
$\langle Cr_2O_3 \rangle$	28·53	2·20	−3·74	350–1,800
〈Cu〉	5·41	1·50	–	298–1,356
(Cu)	7·50	–	–	1,356–1,600
$\langle Cu_2O \rangle$	14·90	5·70	–	298–1,200
$\langle Fe \rangle_{\alpha,\ mag.}$	4·18	5·92	–	273–1,033
$\langle Fe \rangle_{\alpha,\ non\text{-}mag.}$	9·0	–	–	1,033–1,183
$\langle Fe \rangle_\gamma$	1·84	4·66	–	1,183–1,674
$\langle Fe \rangle_\delta$	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
$\langle Fe_3O_4 \rangle_\alpha$	21·88	48·2	–	298–900
$\langle Fe_3O_4 \rangle_\beta$	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
$\langle Mn \rangle_\alpha$	5·16	3·81	–	298–993
$\langle Mn \rangle_\beta$	8·33	0·66	–	993–1,373
$\langle Mn \rangle_\gamma$	10·70	–	–	1,373–1,410
$\langle Mn \rangle_\delta$	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
$\langle Ti \rangle_\alpha$	5·28	2·4	–	298–1,155
$\langle Ti \rangle_\beta$	6·91	–	–	1,155–1933
(Ti)	8·00	–	–	1,933–2,273
$\langle Tl \rangle_\alpha$	5·26	3·40	–	298–505
$\langle Tl \rangle_\beta$	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)
T/°C
0
500
1000
1500
2000
10
20
30
40
50
60
Na_2CO_3
$MgSO_4$
$CaCO_3$
CaC
TiC
SiC
NaF
$CaSO_4$
$MnSO_4$
AlF_3
$CaCl_2$
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 ⟶
$TiCl_4$
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