คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบกลางภาค ประจำการศึกษาที่ 2 **ปีการศึกษา 2551**

วันศุกร์ที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2551 **เวลา : 9.00 – 12.00 น.**

วิชา : 237 – 321 Chemical Metallurgy **ห้อง : R300**

คำสั่ง

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

ทุจริตในการสอบโทษขั้นต่ำ คือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

ชื่อ_____รหัส_____

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	31	
2	6	
3	9	
4	8	
5	6	
6	15	
7	6	
8	25	
รวม	106	

รศ.ดร.พิษณุ บุญนวล

ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ_____รหัส_____

1. อธิบายสั้นๆ พอได้ใจความอาจต้องวาดรูปประกอบหรือยกตัวอย่างเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย

1.1 Pyrometallurgy (2 คะแนน)

1.2 Hydrometallurgy (2 คะแนน)

1.3 Heat of formation (3 คะแนน)

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

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

1.6 Zone refining (3 คะแนน)

ชื่อ_____รหัส_____

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

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

1.9 EAF **(3 คะแนน)**

1.10 BOF **(3 คะแนน)**

1.11 Agglomeration **(2 คะแนน)**

1.12 Roasting **(3 คะแนน)**

ชื่อ_____รหัส_____

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

$CaCO_3(s)$ = CaO(s) + CO2(g)

3. จงอธิบาย 3 วิธีหลักๆ ในกระบวนการทำโลหะให้บริสุทธิ์ (Refining) **(9 คะแนน)**

ชื่อ_____รหัส_____

4. กระบวนการผลิตเหล็กกล้านั้นสามารถแยกเรียกตามธรรมชาติของตะกรัน (Slag) และอิฐทำเตาได้เป็น

   a) Acid process

   b) Basic process

   จงอธิบายให้เห็นถึงความแตกต่างของทั้งสองกระบวนการพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ **(8 คะแนน)**

5. จงคำนวณ Retention time ของวัสดุในเตาเผาปูนซีเมนต์ แบบเตา Rotary kiln จากข้อมูลเตาดังนี้ ความยาว 180 ฟุต เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ฟุต ความเอียงของเตา 3 ฟุต ต่อ 100 ฟุต และความเร็วรอบ 2 rpm **(6 คะแนน)**

ชื่อ_____รหัส_____

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

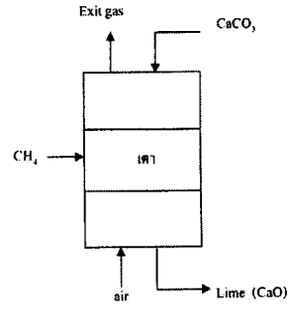
ชื่อ_____รหัส_____

7. จากกราฟที่ให้ จงตอบคำถาม **(6 คะแนน)**

   ก. การผลิต MgO จากแร่ $Mg(OH)_2$ โดยเผาในที่โล่ง (Open air) ต้องเผาที่อุณหภูมิอย่างต่ำเท่าใด_____

   ข. ถ้า Partial pressure ของ CO_2 ในเตาเผาปูนขาว (CaO) เท่ากับ 10^{-1} atm จะต้องเผาปูนขาวที่อุณหภูมิต่ำเท่าใด_____

8. ในโรงงานผลิตปูนขาวแห่งหนึ่งใช้เตาแบบเตาตั้ง และใช้แก๊สมีเทนเป็นเชื้อเพลง จงคำนวณ Heat and mass balance และประเมิน Heat loss ทางอื่นๆ นอกจากที่ไปกับ Products และ Exit gas โดยคำนวณโดยใช้พื้นฐานต่อ**กิโลกรัมของปูนขาวที่ผลิต** และถ้าค่าความร้อน (Heating value) ของ CH_4 เป็น 191.76 Kcal/mole จงคำนวณ Thermal efficiency ของเตา **(25 คะแนน)**



ข้อมูล:

ก. แก๊สมีแทน (CH_4) เข้าเตาที่ 25°C และอัตราการใช้แก๊สมีเทนปริมาณ 0.4 mole ต่อปูนขาวที่ผลิตได้ 1 mole

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

ค. หินปูน ($CaCO_3$) ขาวเข้าเตาที่อุณหภูมิ 25°C

ง. ปูนขาว (Lime) ออกจากเตาที่อุณหภูมิ 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)

ชื่อ_____รหัส_____

ข้อมูลที่อาจต้องใช้

1. Standard Heat of formation $\triangle H_f$, 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

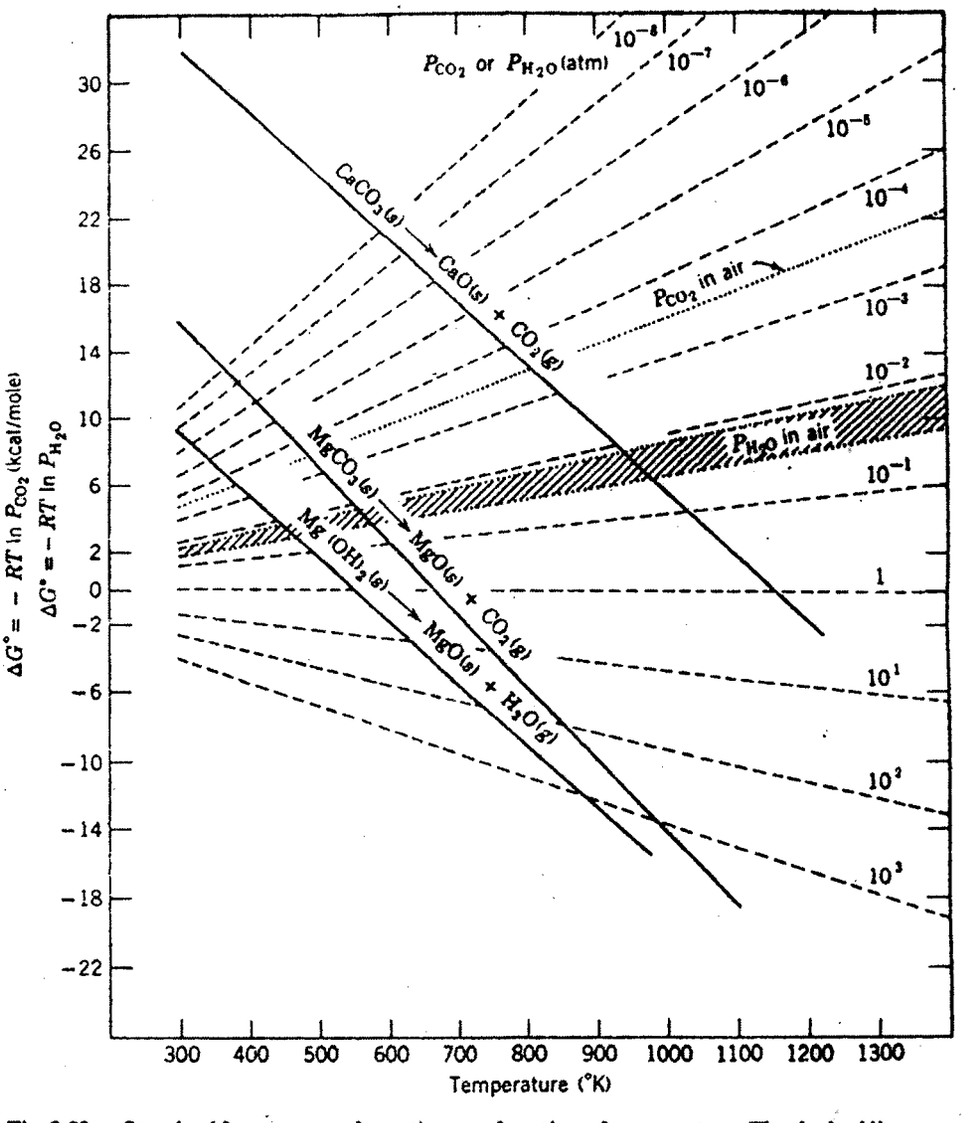


Fig. 9.22. Standard free energy of reaction as a function of temperature. The dashed lines are the equilibrium gas pressure above the oxide and carbonate (hydroxide).

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

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
⟨Ca(l)⟩	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	$S_\alpha \rightarrow S_\alpha$	760	0·66
			mag. non-mag.		
			$S_\alpha \rightarrow S_\gamma$	910	0·22
			non-mag.		
			$S_\gamma \rightarrow S_\delta$	1,404	0·21
			$S_\delta \rightarrow L$	1,539	3·7
			S→L	1,378	3·4
⟨FeO⟩	63·2	14·05			
⟨Fe_3O_4⟩	266·9	36·2			
[H_2]	0	31·2			
[illegible]	22·0	[illegible]			

〈〉 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			

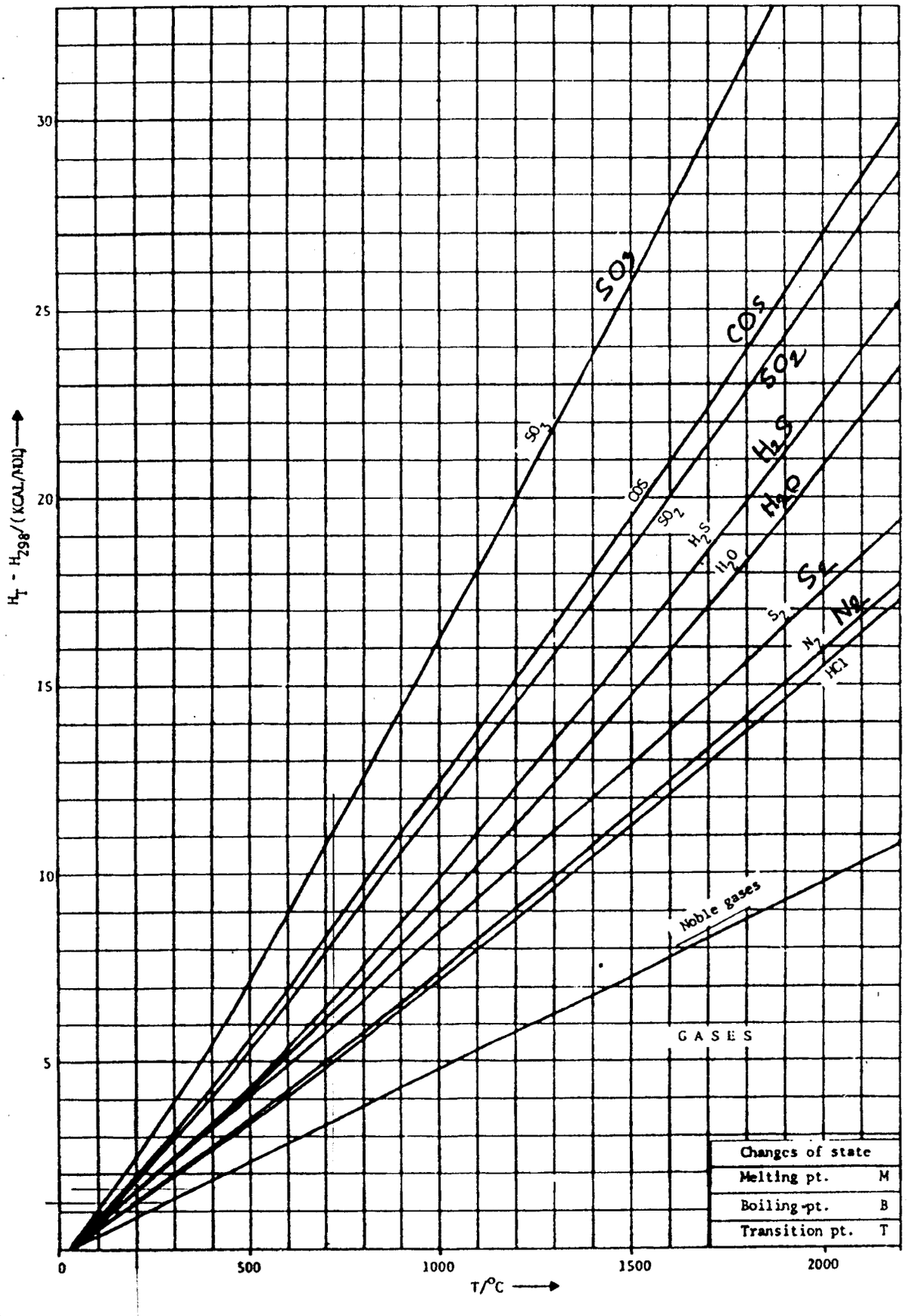
Heat capacities

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

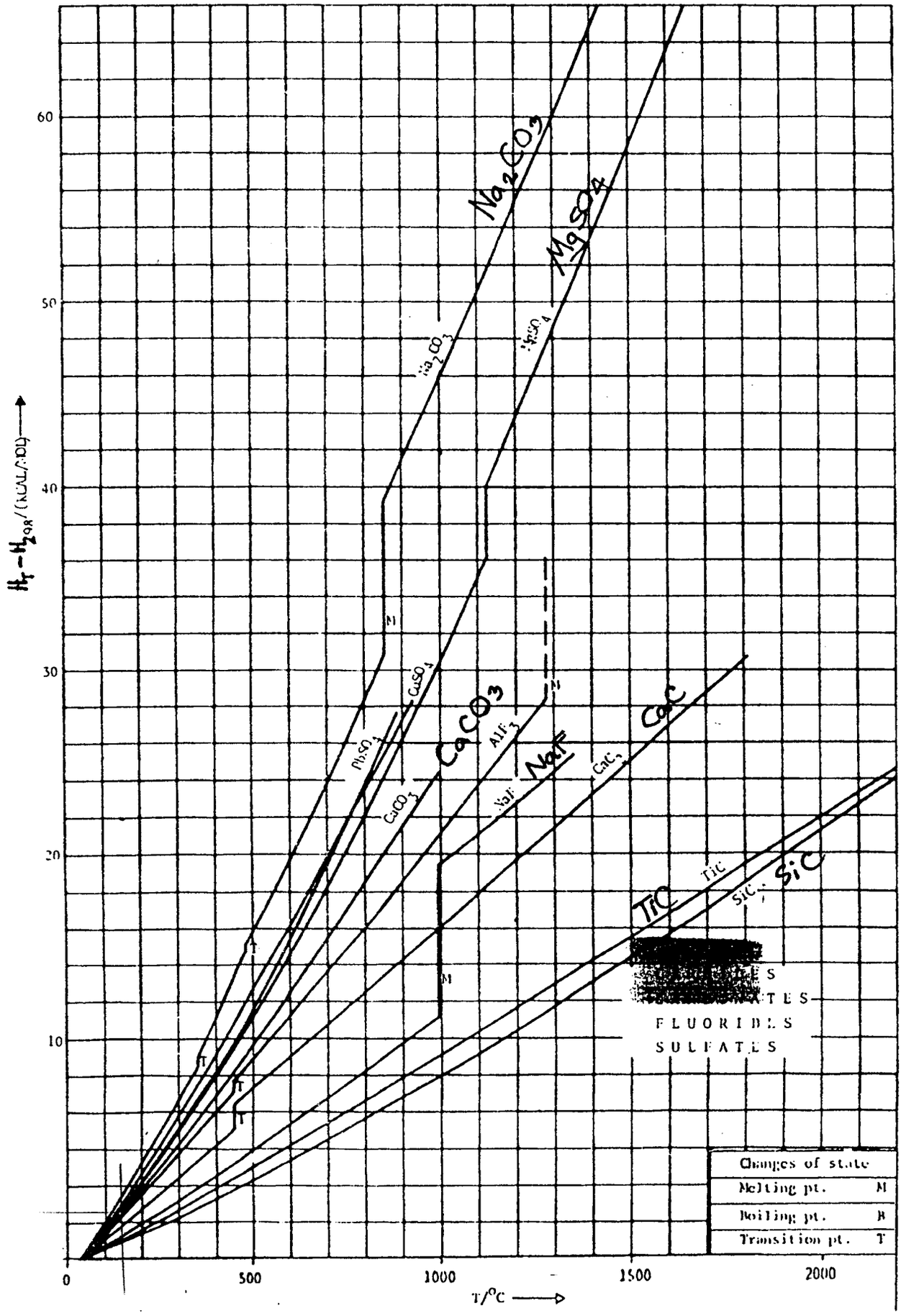
Element or compound	a	b × 10^3	c × 10^{-5}	Temperature range, °K
〈Al〉	4·94	2·96	–	298–932
(Al)	7·00	–	–	932–1,273
〈Al_2O_3〉	27·38	3·08	−8·20	298–1,800
〈Au〉	5·66	1·24	–	298–1,336
(Au)	7·00	–	–	1,336–1,600
〈C〉	4·10	1·02	−2·10	298–2,300
[CO]	6·79	0·98	−0·11	298–2,500
[CO_2]	10·55	2·16	−2·04	298–2,500
〈Ca〉$_\alpha$	5·31	3·33	–	273–713

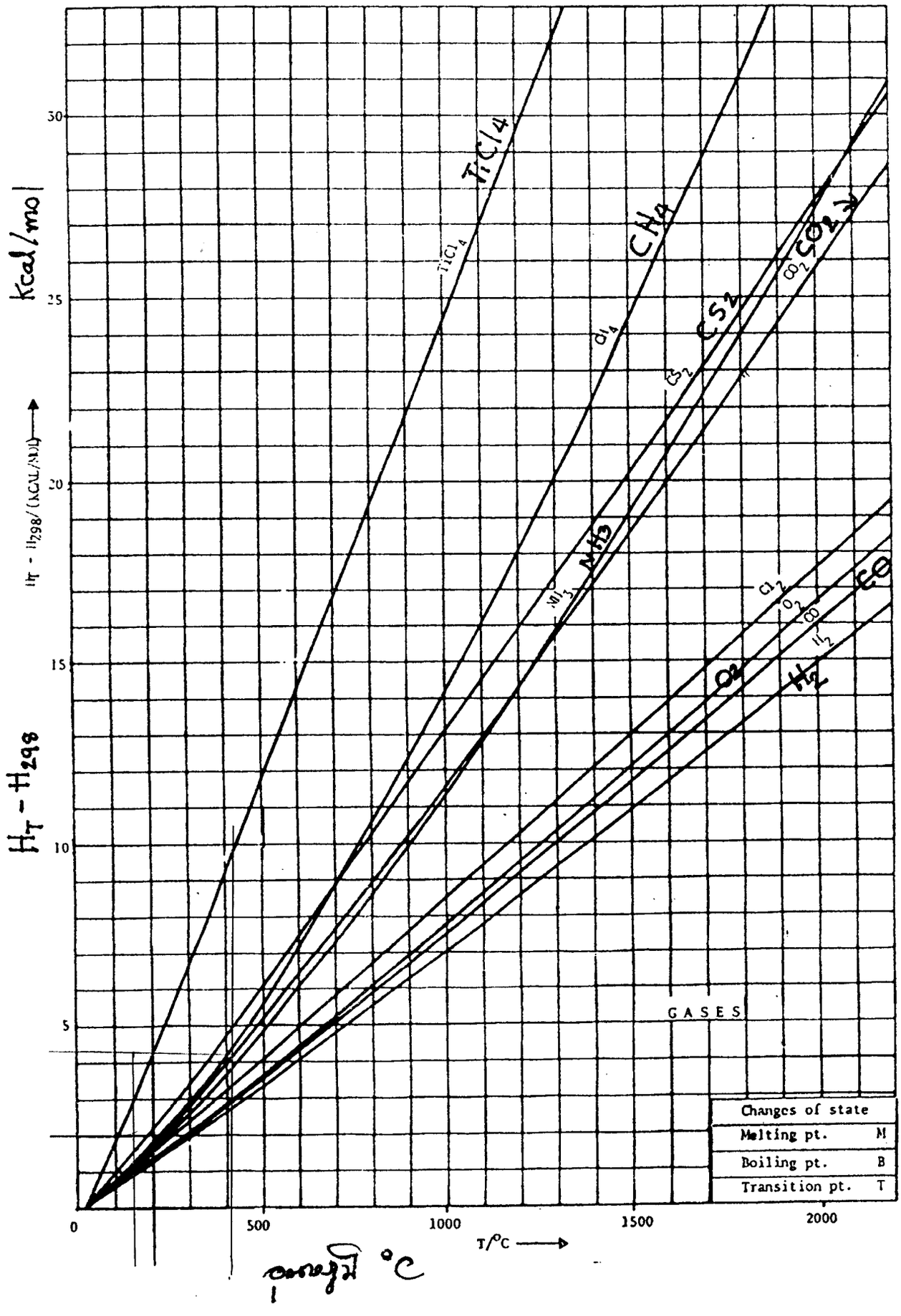
Element or compound	a	b × 10^3	c × 10^{-5}	Temperature range, °K
〈Ca〉$_\beta$	1·50	7·74	2·5	713–1,123
(Ca)	7·4	–	–	1,123–1,220
〈CaO〉	11·86	1·08	−1·66	298–1,177
〈Cr〉	5·84	2·36	−0·88	298–2,123
(Cr)	9·40		–	2,123–
〈Cr_2O_3〉	28·53	2·20	−3·74	350–1,800
〈Cu〉	5·41	1·50	–	298–1,356
(Cu)	7·50	–	–	1,356–1,600
〈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

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


$H_T - H_{298}$ / (KJ/MOL)
T/°C
0
500
1000
1500
2000
10
20
30
40
50
60
Na_2CO_3
$MgSO_4$
$CaSO_4$
$CaCO_3$
AlF_3
NaF
CaC
TiC
SiC
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 ⟶
°C तापमान
$TiCl_4$
CH_4
CO_2
CS_2
NH_3
Cl_2
O_2
CO
H_2
GASES
Changes of state
Melting pt. M
Boiling pt. B
Transition pt. T