คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบกลางภาค ประจำการศึกษาที่ 2 **ปีการศึกษา 2550**

วันศุกร์ที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2550 **เวลา : 9.00 – 12.00 น.**

วิชา : 237 – 321 Chemical Metallurgy **ห้อง : A 200**

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	36	
2	10	
3	6	
4	14	
5	10	
6	10	
7	25	
รวม	111	

รศ.ดร.พิษณุ บุญนวล
ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ_____รหัส_____ ____

1. อธิบายหรือตอบสั้นๆ พอเข้าใจ

1.1 Zone refining (3 คะแนน)

1.2 Pyrometallurgy (1 คะแนน)

1.3 Hydrometallurgy (1 คะแนน)

1.4 Calcination พร้อมทั้งยกตัวอย่างอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง (2 คะแนน)

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

1.6 ความหมายของ Heat of formation (2 คะแนน)

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

1.8 เตา BOF (2 คะแนน)

1.9 จงอธิบายเรื่องการทำโลหะให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี Liquidation ยกตัวอย่างให้ดูด้วย (5 คะแนน)

1.10 Roasting of sulfides (15 คะแนน)

2. จงอธิบายโซนต่างๆ ของเตาเผาปูนขาวแบบเตาตั้ง (Shaft furnace) มาโดยละเอียด พร้อมวาดรูปประกอบ (10 คะแนน)

3. อธิบายข้อเหมือนและข้อแตกต่างของการผลิตเหล็กกล้าแบบ L-D Process และ Kaldo Process (6 คะแนน)

4. ก. การแคลซายหินปูนเพื่อผลิตปูนขาวโดยการเผาหินปูนในที่โล่ง (Open air) ต้องใช้อุณหภูมิอย่างต่ำเท่าใด (2 คะแนน)

ข. ถ้าเผาในเตาที่มี Partial pressure ของ CO_2 เท่ากับ 1 atm ต้องใช้อุณภูมิอย่างต่ำเท่าใด (2 คะแนน)

ค. โรงงานแห่งหนึ่งผลิตปูนขชาวด้วยเตาอนใช้ถ่านหินจากอินโดนิเซียที่มีค่าความร้อน 5000 kcal/kg ราคา 3000 บาท/ เมตริกตัน จากการเก็บข้อมูลพบว่าในการผลิตปันขาว 1 เมตริกตันต้องใช้ถ่านหิน 0.5 เมตริกตัน จงคำนวณ (ดูข้อมูลที่แนบมา)

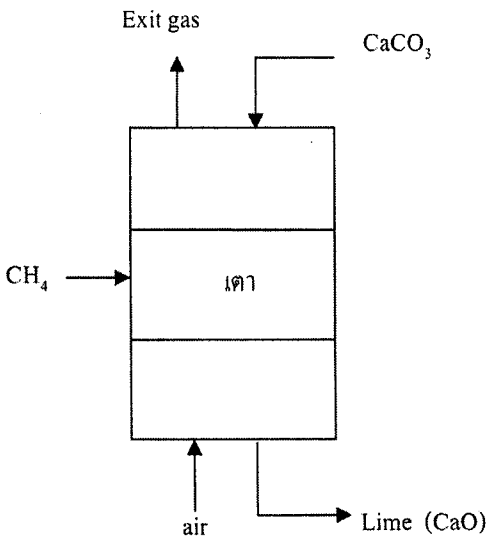
1) ต้นทุนถ่านหินต่อตันปูนขาว
2) Heat efficiency ของกระบวนการ

(10 คะแนน)

5. จงอธิบายพร้อมวาดรูปประกอบเรื่องการปรับปรุงเพื่อเพิ่ม Heat efficiency ของเตาเผาปูนขาวแบบ Rotary kiln (10 คะแนน)

6. จงอธิบายและวาดรูปประกอบในเรื่อง Kinetic ของการเผาปูนขาว (Calcinatic n of limestone) (10 คะแนน)

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



ข้อมูล:

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

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

ค. หินปูนขาวเตาที่อุณหภูมิ 25°C

ง. ปูนขาวออกจากเตาที่อุณหภูมิมิ 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 calcinations reaction ก่อน (Heat of reaction)

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

APPENDIX 2

Table of Constants and Useful Conversion Factors

by C. Bodsworth & A.S. Appleton Longmans 1965.

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
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)	$= 2{\cdot}303 \log_{10}$
$R \log_e$ (in)	$4{\cdot}575 \log_{10}$

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			
⟨AgCl⟩	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			
⟨Cu⟩	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. non-mag.	910	0·22
			$S \rightarrow S_\alpha$	1,404	0·21
			$S_\gamma \rightarrow L$	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			

⟨⟩ 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		–	2,123–2,180
⟨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	–	–	1,933–2,000
⟨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

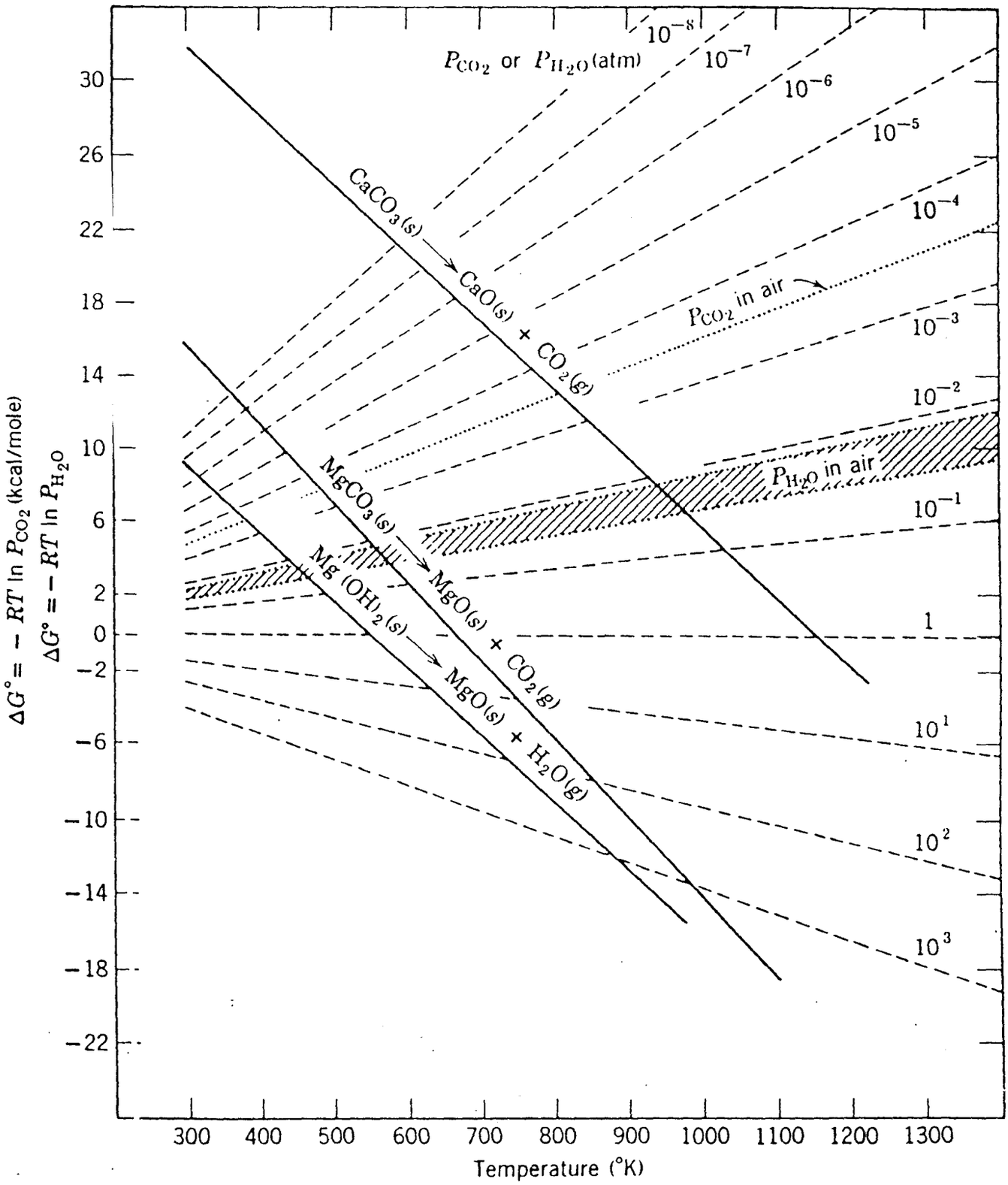
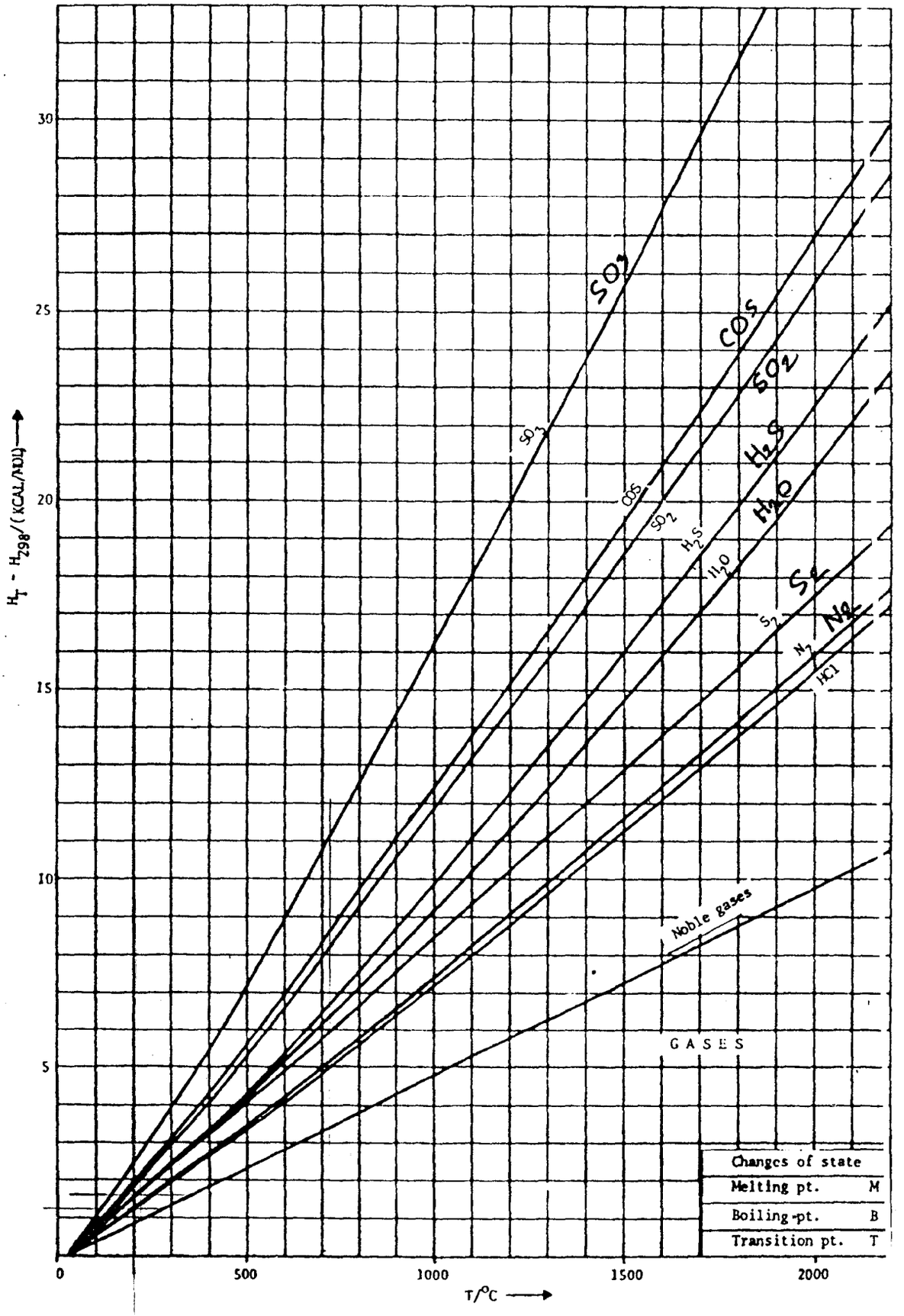
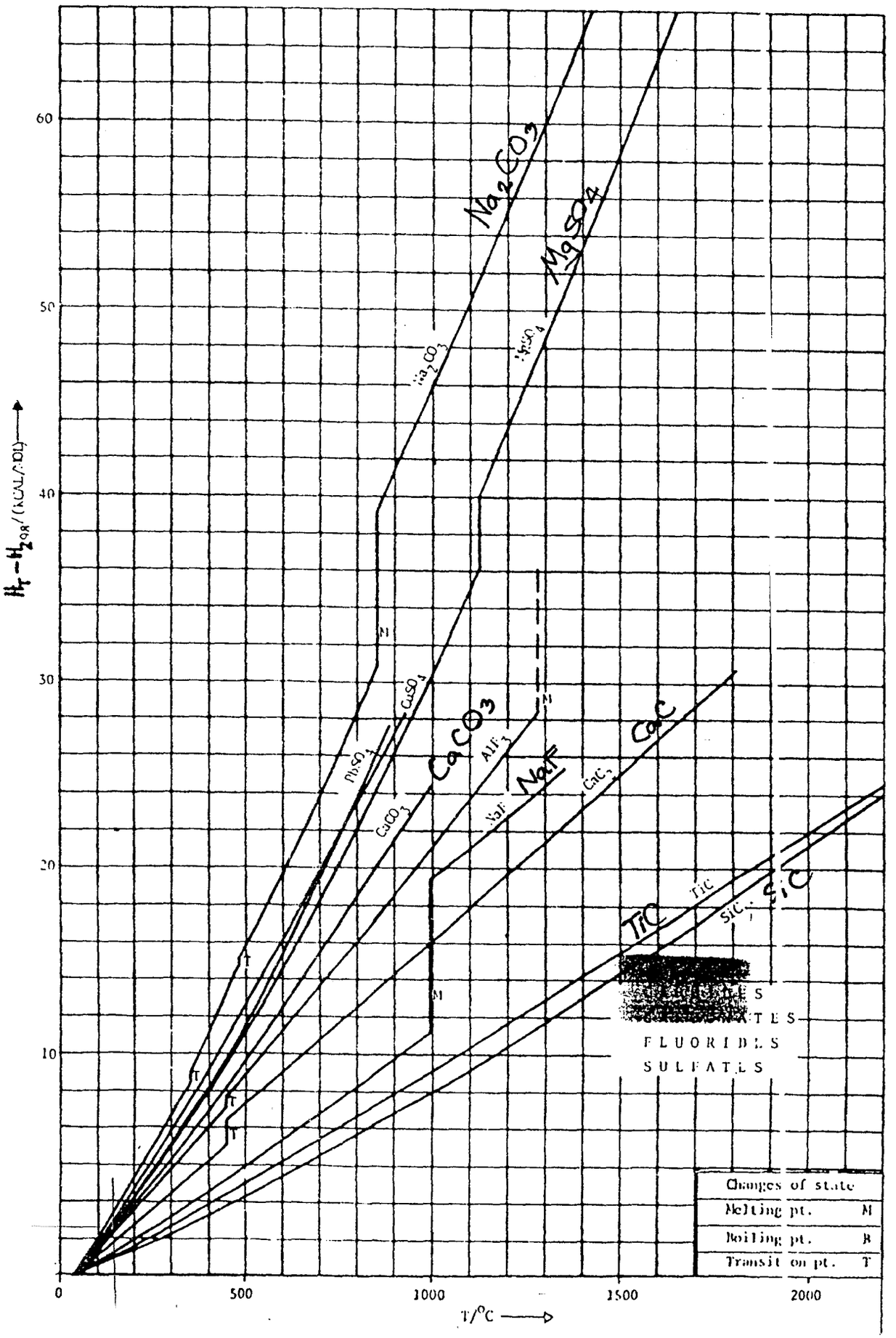


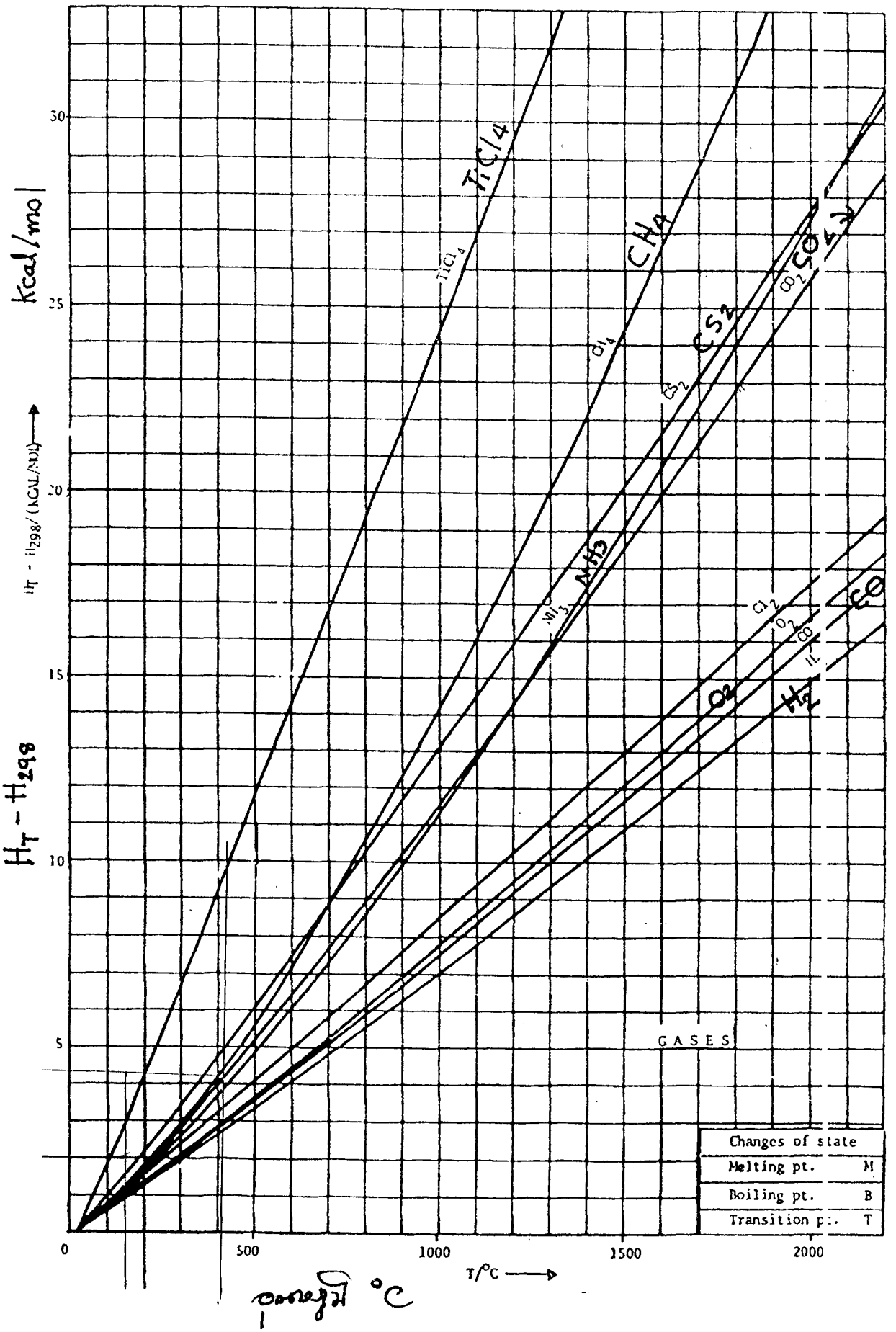
Fig. 9.22. Standard free energy of reaction as a function of temperature. The dashed lines are the equilibrium gas pressure above the oxide and carbonate (hydroxide).

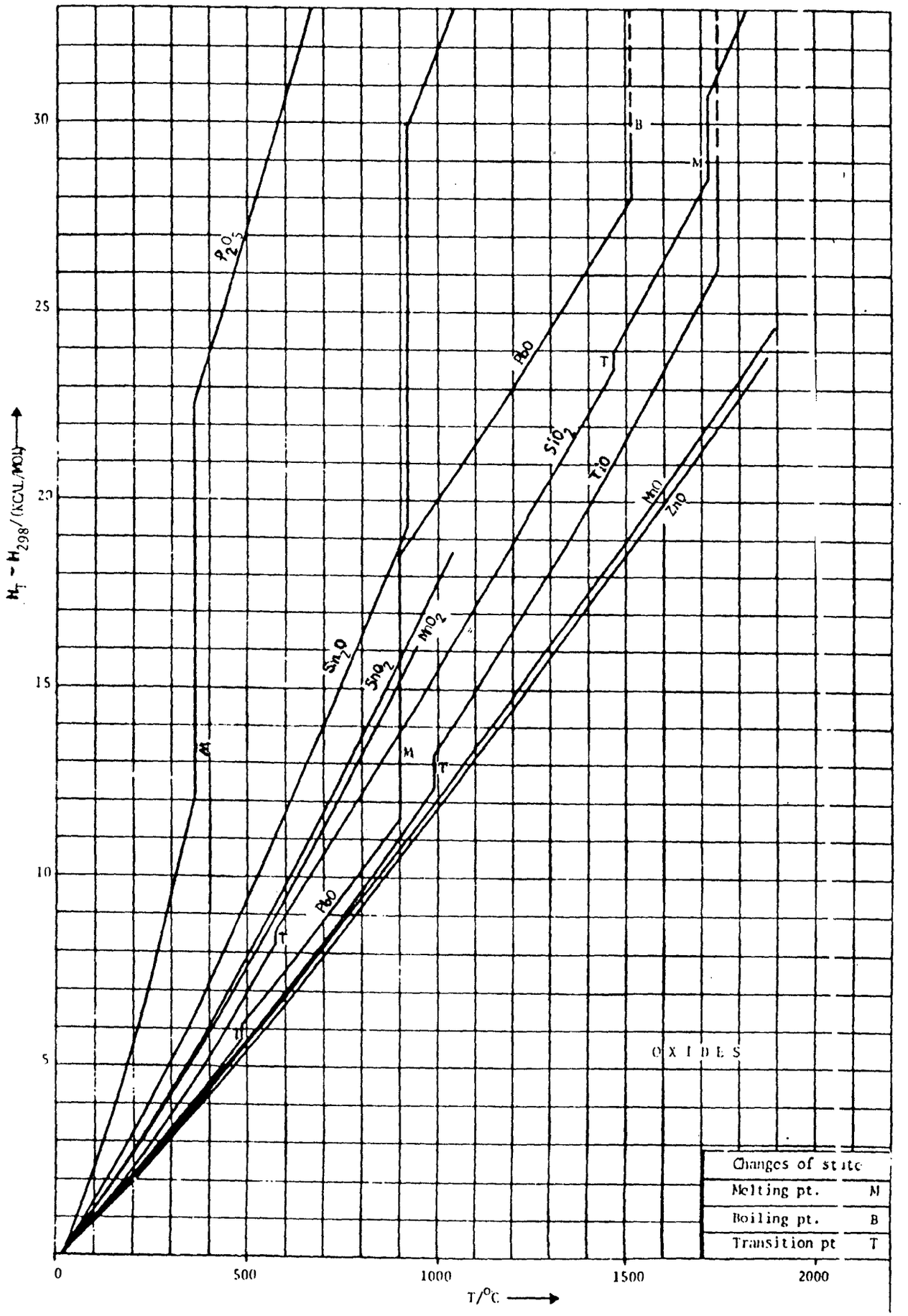
Part II - Enthalpy Increments Above 298K*



*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
$MgSO_4$
$CaCO_3$
NaF
CaC
TiC
SiC
Na_2CO_3
$MgSO_4$
$CaSO_4$
$MnSO_4$
$CaCO_3$
AlF_3
NaF
CaC_2
TiC
SiC
M
T
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
SO_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
5
10
15
20
25
30
P_2O_5
PbO
SiO_2
TiO
MnO
ZnO
Sn_2O
SnO_2
MnO_2
PbO
B
M
T
OXIDES
Changes of state
Melting pt. M
Boiling pt. B
Transition pt T

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบกลางภาค ประจำการศึกษาที่ 2 **ปีการศึกษา 2550**

วันศุกร์ที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2550 **เวลา : 9.00 – 12.00 น.**

วิชา : 237 – 321 Chemical Metallurgy **ห้อง : A 200,A202**

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	36	
2	10	
3	6	
4	14	
5	10	
6	10	
7	25	
รวม	111	

รศ.ดร.พิษณุ บุญนวล
ผู้ออกข้อสอบ