

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2002/2003

Februari 2003

**IEK 101/3 - PENGHITUNGAN PROSES KIMIA**

Masa : 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUABELAS (12) mukasurat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA (5) daripada ENAM (6) soalan. Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Apakah ketumpatan gas propana ( $C_3H_8$ ) dalam kg per meter padu pada 200 kPa dan  $40^\circ C$ ? Apakah graviti tentu bagi propana? (30 markah)
- (b) Satu tangki keluli digunakan untuk menyimpan  $CO_2$  pada 290K. Tangki tersebut mempunyai isipadu  $10.4m^3$  dan anda hendak menyimpan 460kg  $CO_2$  di dalamnya. Apakah tekanan yang akan dikenakan oleh  $CO_2$ ? Guna carta kebolehmampatan teritlak untuk mendapatkan jawapan anda. (30 markah)
- (c) Satu sampel gas asli yang diambil pada 3500 kPa mutlak dan  $120^\circ C$  diasingkan menggunakan teknik kromatografi pada keadaan standard. Daripada perhitungan, didapati komponen gas tersebut dalam gram adalah seperti berikut:

Komponen	g
Metana ( $CH_4$ )	100
Etana ( $C_2H_6$ )	240
Propana ( $C_3H_8$ )	150
Nitrogen ( $N_2$ )	50
	----
Jumlah	540
	----

Apakah ketumpatan asal sampel gas tersebut berdasarkan kaedah pseudokritik?

(40 markah)

2. (a) Penuhkan jadual berikut bagi air:

Suhu ( $^\circ C$ )	Tekanan (kPa)	$v$ ( $kg/m^3$ )	$x$ (kualiti)	Penerangan Fasa
250		0.0300		
120			1.0	
300	700			

(40 markah)

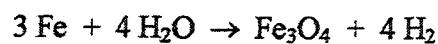
- (b) Satu bekas tegar yang tertutup mengandungi campuran cecair H<sub>2</sub>O 1.78 kg dan 0.22 wap H<sub>2</sub>O pada tekanan mutlak 700 kPa. Bekas ini dipanaskan sehingga mencapai tekanan 8 MPa. Tentukan sifat khas dibawah bagi H<sub>2</sub>O pada keadaan akhir dan lakarkan proses ini merujuk kepada garisan tepu.

- a. Suhu
- b. Entalpi
- c. Tenaga dalaman

(35 markah)

- (c) Satu injap tertebat digunakan untuk mendikitkan (*throttle*) stim daripada 8 MPa dan 500°C kepada 6MPa. Tentukan suhu akhir stim tersebut.

3. (a) Menurut tindak balas berikut:



- (i) Hitungkan berat besi dan berat stim dikehendaki dan berat Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> terbentuk untuk menghasilkan 100 kg hidrogen;
- (ii) Apakah isipadu hidrogen akan menempati pada keadaan standard (STP) ?  
Isipadu suatu gas pada STP ialah 22.414 L/g-mol.

(50 markah)

- (b) Kirakan haba tindak balas kimia untuk tindak balas berikut:

- (i)  $\text{HCl(g)} + \text{NH}_3\text{(g)} = \text{NH}_4\text{Cl(s)}$
- (ii)  $\text{CaC}_2\text{(s)} + 2 \text{ H}_2\text{O(l)} = \text{Ca(OH)}_2\text{(s)} + \text{C}_2\text{H}_2\text{(g)}$
- (iii)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)} + \text{CH}_3\text{COOH(l)} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OOCCH}_3\text{(l)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
- (iv)  $2 \text{ FeS}_2\text{(s)} + 5.5 \text{ O}_2\text{(g)} = \text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)} + 4 \text{ SO}_2\text{(g)}$

Diberi:  $\text{HCl(g)}$ ,  $\Delta H_f = -22,063 \text{ cal}$ ;  $\text{NH}_3(\text{g})$ ,  $\Delta H_f = -11,040 \text{ cal}$   
 $\text{NH}_4\text{Cl(s)}$ ,  $\Delta H_f = -75,380 \text{ cal}$ ;  $\text{CaC}_2(\text{s})$ ,  $\Delta H_f = -15,000 \text{ cal}$   
 $\text{Ca(OH)}_2(\text{s})$ ,  $\Delta H_f = -235,800 \text{ cal}$ ;  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ ,  $\Delta H_f = +54,194 \text{ cal}$   
 $\text{H}_2\text{O(l)}$ ,  $\Delta H_f = -68,317.4 \text{ cal}$ ;  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)}$ ,  $\Delta H_c = -326,700 \text{ cal}$   
 $\text{CH}_3\text{COOH(l)}$ ,  $\Delta H_c = -208,340 \text{ cal}$ ;  $\text{FeS}_2(\text{s})$ ,  $\Delta H_f = -42,520 \text{ cal}$   
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OOCCH}_3(\text{l})$ ,  $\Delta H_c = -538,760 \text{ cal}$ ;  
 $\text{SO}_2(\text{g})$ ,  $\Delta H_f = -70,960 \text{ cal}$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ ,  $\Delta H_f = -196,500 \text{ cal}$

(50 markah)

4. Suatu gas pengeluar daripada arang kok mempunyai komposisi berikut mengikut isipadu:

CO	28.0 %
CO <sub>2</sub>	4.0 %
<u>N<sub>2</sub></u>	<u>68.0 %</u>
	100.0 %

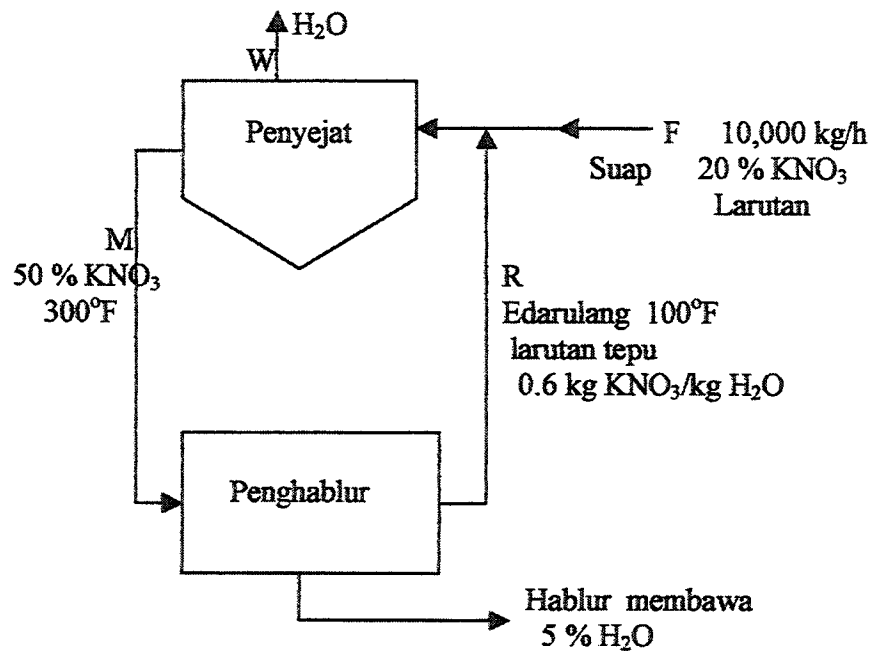
Campuran gas ini akan dibakar dengan oksigen daripada udara yang dibekalkan 30 % kelebihan. Jika proses pembakaran adalah 95 % sempurna, hitungkan berat dan komposisi dalam % isipadu gas-gas yang meninggalkan kamar pembakaran bagi setiap 100 kg gas pengeluar yang dibakar.

(100 markah)

5. (a) Dalam menyediakan satu larutan 60 % asid nitrik, satu larutan asid sisa cair yang mengandungi 29 %  $\text{HNO}_3$  akan dicampurkan dengan satu larutan asid nitrik dibeli yang mengandungi 97 %  $\text{HNO}_3$ . Berapa kg asid nitrik harus dibeli untuk setiap 100 kg asid cair diguna ?

(30 markah)

- (b) Gambarajah berikut merupakan satu operasi yang melibatkan satu penyejat dan satu penghablur. Data operasi adalah seperti ditunjukkan. Kirakan arus edarulang R dalam unit kg/h.



(70 markah)

6. Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dibakar dengan 100 % kelebihan udara. Proses pembakaran tersebut adalah 80 % sempurna. Gas-gas memasuki reaktor pada  $400^\circ\text{C}$  dan keluar pada  $500^\circ\text{C}$ . Kirakan haba, dalam kcal, yang terlibat per kg-mol  $\text{SO}_2$  dibakar.



(100 markah)

# CONVERSION FACTORS AND CONSTANTS OF NATURE

To convert from	To	Multiply by†
acre	ft <sup>2</sup>	43,560*
	m <sup>2</sup>	4046.85
atm	N/m <sup>2</sup>	1.01325 × 10 <sup>5</sup>
	lb <sub>f</sub> /in. <sup>2</sup>	14.696
Avogadro number	particles/g mol	6.022169 × 10 <sup>23</sup>
	ft <sup>3</sup>	5.6146
	gal (U.S.)	42*
barrel (petroleum)	m <sup>3</sup>	0.15899
	N/m <sup>2</sup>	1 × 10 <sup>5</sup>
bar	lb <sub>f</sub> /in. <sup>2</sup>	14.504
	J/K	1.380622 × 10 <sup>-23</sup>
Boltzmann constant	cal <sub>IT</sub>	251.996
	ft-lb <sub>f</sub>	778.17
Btu	J	1055.06
	kWh	2.9307 × 10 <sup>-4</sup>
Btu/lb	cal <sub>IT</sub> /g	0.55556
Btu/lb-°F	cal <sub>IT</sub> /g-°C	1*
Btu/ft <sup>2</sup> -h	W/m <sup>2</sup>	3.1546
Btu/ft <sup>2</sup> -h-°F	W/m <sup>2</sup> -°C	5.6783
	kcal/m <sup>2</sup> -h-K	4.882
Btu-ft/ft <sup>2</sup> -h-°F	W-m/m <sup>2</sup> -°C	1.73073
	kcal/m-h-K	1.488
	cal <sub>IT</sub>	Btu
cal <sub>IT</sub>	ft-lb <sub>f</sub>	3.0873
	J	4.1868*
cal	J	4.184*
cm	in.	0.39370
	ft	0.0328084
cm <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	3.531467 × 10 <sup>-3</sup>
	gal (U.S.)	2.64172 × 10 <sup>-4</sup>
cP (centipoise)	kg/m-s	1 × 10 <sup>-3</sup>
	lb/l-h	2.4191
cSt (centistoke)	lb/ft-s	6.7197 × 10 <sup>-4</sup>
	m <sup>2</sup> /s	1 × 10 <sup>-6</sup>
faraday	C/g mol	9.648670 × 10 <sup>4</sup>
ft	m	0.3048*
ft-lb <sub>f</sub>	Btu	1.2851 × 10 <sup>-3</sup>
	cal <sub>IT</sub>	0.32383
ft-lb <sub>f</sub> /s	J	1.35582
	Btu/h	4.6262
ft <sup>2</sup> /h	hp	1.81818 × 10 <sup>-3</sup>
	m <sup>2</sup> /s	2.581 × 10 <sup>-5</sup>
ft <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /s	0.2581
	cm <sup>3</sup>	2.8316839 × 10 <sup>4</sup>
ft <sup>3</sup> -atm	gal (U.S.)	7.48052
	L	28.31684
ft <sup>3</sup> /s	Btu	2.71948
	cal <sub>IT</sub>	685.29
gal (U.S.)	J	2.8692 × 10 <sup>3</sup>
	gal (U.S.)/min	448.83
gravitational constant	ft <sup>3</sup>	0.13368
	in. <sup>3</sup>	231*
gravity acceleration, standard	N-m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>	6.673 × 10 <sup>-11</sup>
	m/s <sup>2</sup>	9.80665*
h	min	60*
	s	3600*
hp	Btu/h	2544.43
	kW	0.74624
hp/1000 gal	kW/m <sup>3</sup>	0.197
in.	cm	2.54*
in. <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	16.3871
J	erg	1 × 10 <sup>7</sup>
	ft-lb <sub>f</sub>	0.73756
kg	lb	2.20462
	Btu	3412.1
kWh	m <sup>2</sup>	1 × 10 <sup>-3</sup>
L	kg	0.45359237*
lb	kg/m <sup>3</sup>	16.018
	g/cm <sup>3</sup>	0.016018
lb/ft <sup>3</sup>	N/m <sup>2</sup>	6.89473 × 10 <sup>3</sup>
	kg mol/m <sup>2</sup> -s	1.3562 × 10 <sup>-3</sup>
lb <sub>f</sub> /in. <sup>2</sup>	g mol/cm <sup>2</sup> -s	1.3562 × 10 <sup>-4</sup>
	m/s	2.997925 × 10 <sup>8</sup>
light, speed of	ft	3.280840
m	in.	39.3701
	ft <sup>3</sup>	35.3147
m <sup>3</sup>	gal (U.S.)	264.17
	dyn	1 × 10 <sup>5</sup>
N	lb <sub>f</sub>	0.22481
	lb <sub>f</sub> /in. <sup>2</sup>	1.4498 × 10 <sup>-4</sup>
N/m <sup>2</sup>	J-s	6.626196 × 10 <sup>-34</sup>
Planck constant	percent alcohol by volume	0.5
proof (U.S.)	kg	1016
ton (long)	lb	2240*
ton (short)	lb	2000*
ton (metric)	kg	1000*
yd	lb	2204.6
	ft	3*
	m	0.9144*

† Values that end in an asterisk are exact, by definition.

# Appendix B

## ATOMIC WEIGHTS AND NUMBERS

**TABLE B.1 Relative Atomic Weights, 1965 (Based on the Atomic Mass of  $^{12}\text{C} = 12$ )**  
The values for atomic weights given in the table apply to elements as they exist in nature, without artificial alteration of their isotopic composition, and, further, to natural mixtures that do not include isotopes of radiogenic origin.

Name	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Name	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight
Actinium	Ac	89	—	Mercury	Hg	80	200.59
Aluminum	Al	13	26.9815	Molybdenum	Mo	42	95.94
Americium	Am	95	—	Neodymium	Nd	60	144.24
Antimony	Sb	51	121.75	Neon	Ne	10	20.183
Argon	Ar	18	39.948	Neptunium	Np	93	—
Arsenic	As	33	74.9216	Nickel	Ni	28	58.71
Astatine	At	85	—	Niobium	Nb	41	92.906
Barium	Ba	56	137.34	Nitrogen	N	7	14.0067
Berkelium	Bk	97	—	Nobelium	No	102	—
Beryllium	Be	4	9.0122	Osmium	Os	75	190.2
Bismuth	Bi	83	208.980	Oxygen	O	8	15.9994
Boron	B	5	10.811	Palladium	Pd	46	106.4
Bromine	Br	35	79.904	Phosphorus	P	15	30.9738
Cadmium	Cd	48	112.40	Platinum	Pt	78	195.09
Caesium	Cs	55	132.905	Plutonium	Pu	94	—
Calcium	Ca	20	40.08	Polonium	Po	84	—
Californium	Cf	98	—	Potassium	K	19	39.102
Carbon	C	6	12.01115	Praseodym	Pr	59	140.907
Cerium	Ce	58	140.12	Promethium	Pm	61	—
Chlorine	Cl	17	35.453 <sup>b</sup>	Protactinium	Pa	91	—
Chromium	Cr	24	51.996 <sup>b</sup>	Radium	Ra	88	—
Cobalt	Co	27	58.9332	Radon	Rn	86	—
Copper	Cu	29	63.546 <sup>b</sup>	Rhenium	Re	75	186.2
Curium	Cm	96	—	Rhodium	Rh	45	102.905
Dysprosium	Dy	66	162.50	Rubidium	Rb	37	84.57
Einsteinium	Es	99	—	Ruthenium	Ru	44	101.07
Erbium	Er	68	167.26	Samarium	Sm	62	150.35
Europium	Eu	63	151.96	Scandium	Sc	21	44.956
Fermium	Fm	100	—	Selenium	Se	34	78.96
Flourine	F	9	18.9984	Silicon	Si	14	28.086
Francium	Fr	87	—	Silver	Ag	47	107.868
Gadolinium	Gd	64	157.25	Sodium	Na	11	22.9898
Gallium	Ga	31	69.72	Strontium	Sr	38	87.62
Germanium	Ge	32	72.59	Sulfur	S	16	32.064
Gold	Au	79	196.967	Tantalum	Ta	73	180.948
Hafnium	Hf	72	178.49	Technetium	Tc	43	—
Helium	He	2	4.0026	Tellurium	Te	52	127.60
Holmium	Ho	67	164.930	Terbium	Tb	65	158.924
Hydrogen	H	1	1.00797	Thallium	Tl	81	204.37
Indium	In	49	114.82	Thorium	Th	90	232.038
Iodine	I	53	126.9044	Thulium	Tm	59	168.934
Iridium	Ir	77	192.2	Tin	Sn	50	118.69
Iron	Fe	26	55.847	Titanium	Ti	22	47.90
Krypton	Kr	36	83.80	Tungsten	W	74	183.85
Lanthanum	La	57	138.91	Uranium	U	92	238.03
Lawrencium	Lr	103	—	Vanadium	V	23	50.942
Lead	Pb	82	207.19	Xenon	Xe	54	131.30
Lithium	Li	3	6.939	Ytterbium	Yb	70	173.04
Lutetium	Lu	71	174.97	Yttrium	Y	39	88.905
Magnesium	Mg	12	24.312	Zinc	Zn	30	65.37
Manganese	Mn	25	54.9380	Zirconium	Zr	40	91.22
Mendelevium	Md	101	—				

TABLE  
MEAN MOLAL HEAT CAPACITIES OF GASES BETWEEN 25 AND  
 $t^{\circ}\text{C}$  ( $p = 0$ )  
g-cal/(g-mole)( $K^{\circ}$ )

$t$	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	Air	O <sub>2</sub>	NO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	HCl	Cl <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	SO <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
25	6.894	6.961	6.965	6.972	7.017	7.134	8.024	8.884	6.96	8.12	8.55	9.54	10.45	12.11	12.63
100	6.924	6.972	6.983	6.996	7.083	7.144	8.084	9.251	6.97	8.24	8.98	9.85	11.35	12.84	13.76
200	6.957	6.996	7.017	7.021	7.181	7.224	8.177	9.701	6.98	8.37	9.62	10.25	12.53	13.74	15.27
300	6.970	7.036	7.070	7.073	7.293	7.252	8.215	10.108	7.00	8.48	10.29	10.62	13.65	14.54	16.72
400	6.982	7.089	7.136	7.152	7.406	7.301	8.409	10.462	7.02	8.55	10.97	10.94	14.67	15.22	18.11
500	6.995	7.159	7.210	7.225	7.515	7.389	8.539	10.776	7.06	8.61	11.65	11.22	15.60	15.82	19.39
600	7.011	7.229	7.289	7.299	7.616	7.470	8.678	11.053	7.10	8.66	12.27	11.45	16.45	16.33	20.58
700	7.032	7.298	7.365	7.374	7.706	7.549	8.816	11.303	7.15	8.70	12.90	11.66	17.22	16.77	21.68
800	7.060	7.369	7.443	7.447	7.792	7.630	8.963	11.53	7.21	8.73	13.48	11.84	17.95	17.17	22.72
900	7.076	7.443	7.521	7.520	7.874	7.708	9.109	11.74	7.27	8.77	14.04	12.01	18.63	17.52	23.69
1000	7.128	7.507	7.587	7.593	7.941	7.773	9.246	11.92	7.33	8.80	14.56	12.15	19.23	17.86	24.56
1100	7.169	7.574	7.653	7.660	8.009	7.839	9.389	12.10	7.39	8.82	15.04	12.28	19.81	18.17	25.40
1200	7.209	7.635	7.714	7.719	8.068	7.898	9.524	12.25	7.45	8.94	15.49	12.39	20.33	18.44	26.15
1300	7.252	7.692	7.772	7.778	8.123	7.952	9.66	12.39							
1400	7.288	7.738	7.818	7.824	8.166	7.994	9.77	12.50							
1500	7.326	7.786	7.866	7.873	8.203	8.039	9.89	12.69							
1600	7.386	7.844	7.922	7.929	8.269	8.092	9.95	12.75							
1700	7.421	7.879	7.958	7.965	8.305	8.124	10.13	12.70							
1800	7.467	7.924	8.001	8.010	8.349	8.164	10.24	12.94							
1900	7.505	7.957	8.033	8.043	8.383	8.192	10.34	13.01							
2000	7.548	7.994	8.069	8.081	8.423	8.225	10.43	13.10							
2100	7.588	8.028	8.101	8.115	8.460	8.255	10.52	13.17							
2200	7.624	8.054	8.127	8.144	8.491	8.277	10.61	13.24							



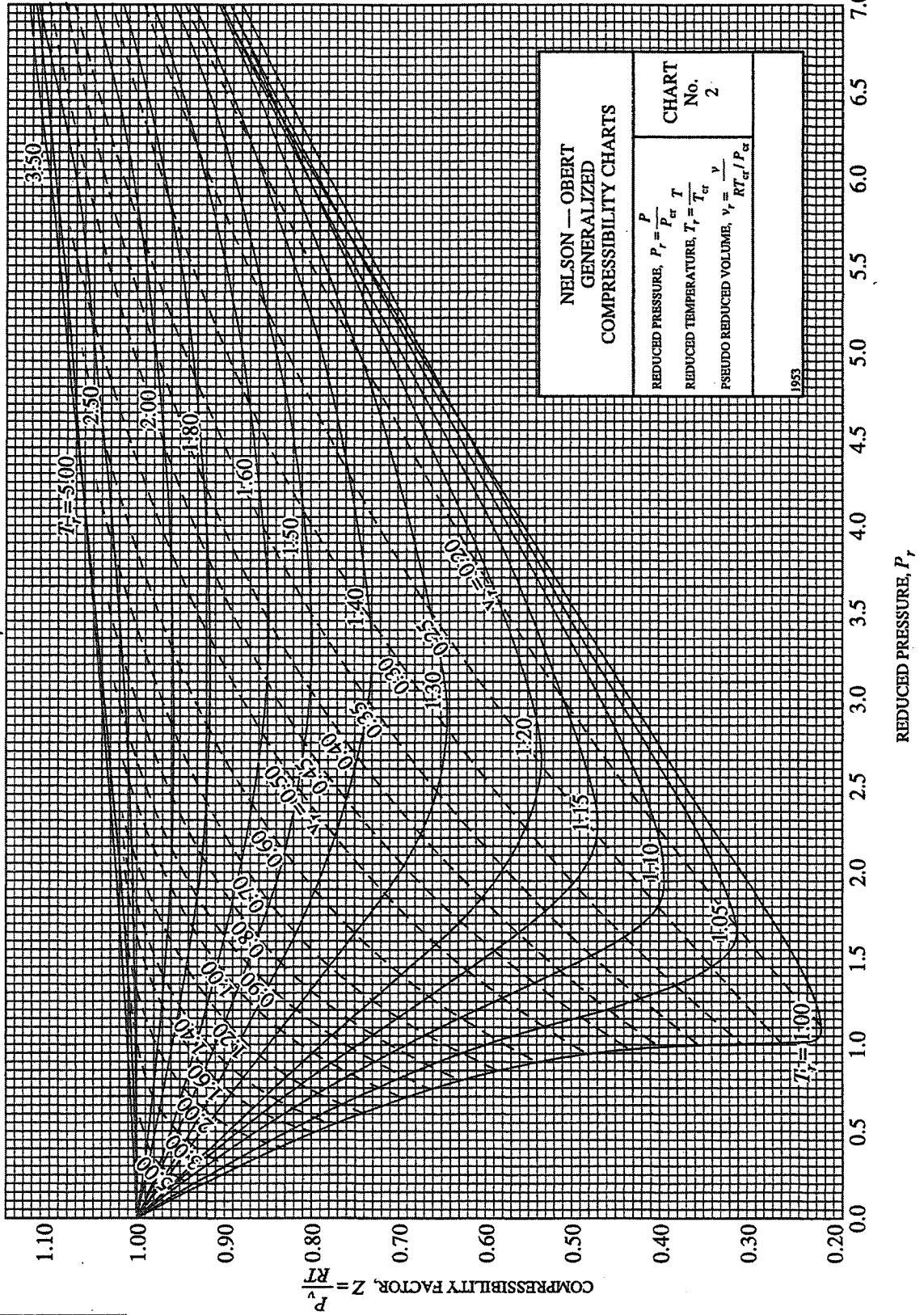
**Keadaan Standard Biasa bagi Gas Unggul**

Sistem	$T$	$p$	$\hat{V}$
SI	273.15K	101.325 kPa	22.415 m <sup>3</sup> /kg mol
Universal scientific	0.0°C	760 mm Hg	22.415 liters/g mol
Natural gas industry	60.0°C	14.696 psia (15.0°C)	379.4 ft <sup>3</sup> /lb mol (101.325 kPa)
American engineering	32°F	1 atm	359.05 ft <sup>3</sup> /lb mol

**FIGURE A-30b**

Nelson-Ober generalized compressibility chart—intermediate pressures. (Used with permission of Dr. Edward E. Obert, University of Wisconsin.)

(b)  $0 < P_r < 7$



...11/-

Z

**FIGURE A-30c**  
 Nelson-Ober generalized compressibility chart—high pressures. (Used with permission of Dr. Edward E. Ober, University of Wisconsin.)

(c)  $0 < P_r < 40$

