

Kertas A3

Bulan Semb

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2005/2006

November 2005

**EKC 212 – Aliran Bendalir Kejuruteraan Kimia**

Masa : 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM muka surat yang bercetak dan LAPAN muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

**Arahan:** Jawab **TUJUH (7)** soalan. Jawab **SEMUA (5)** soalan dari Bahagian A.  
Jawab mana-mana **DUA (2)** soalan dari Bahagian B.

Pelajar hendaklah menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia.

Bahagian A : Jawab SEMUA soalan.

1. Satu campuran gas mempunyai 20 g O<sub>2</sub>, 2 g SO<sub>2</sub> dan 3 g SO<sub>3</sub>. Kirakan :

- [a] Nisbah berat setiap komponen
- [b] Nisbah mol setiap komponen

[6 markah]

2. [a] Beri definisi bagi Kepala Sedutan Positif Bersih (NPSH) untuk pam empar. Bagaimana "NPSH" mempengaruhi kecekapan pam tersebut?

[3 markah]

- [b] Apakah "gelincir" (slip) di dalam pam gear dan bagaimana ia mempengaruhi kecekapan isipadu bagi pam?

[3 markah]

- [c] Sebuah pam sedang mengepam 50 gal min<sup>-1</sup> air dari tekanan 30 psig ke tekanan 100 psig. Perubahan dongakan dan halaju boleh diabaikan. Motor yang memacu pam membekal 2.80 kuasa kuda (hp). Apakah kecekapan bagi pam tersebut?

[3 markah]

- [d] Udara mengalir secara adiabatik melalui suatu salur. Pada suatu titik rujukan (titik 1), halajunya ialah 240 ms<sup>-1</sup>, dengan T<sub>1</sub> = 320 K dan P<sub>1</sub> = 170 kPa. Tentukan T<sub>o</sub>, nombor Mach (M<sub>a</sub>) dan P<sub>o</sub>.

$$C_p = 1005 \text{ m}^2/(\text{s}^2\text{K})$$

[6 markah]

3. [a] Apakah bendalir Newtonian?

[b] Satu bendalir Newtonian (CCl<sub>4</sub>) mengalir di antara 2 plat selari (satu bergerak dan satu lagi statik) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S. 3. Kira:

- [i] Kelikatan mutlak,  $\mu$
- [ii] Kelikatan kinematik,  $\nu$
- [iii] Tegasan ricih,  $\tau$
- [iv] Daya ricih yang diperlukan.
- [v] Halaju plat yang bergerak.

...3/-

Diberi:

Jarak antara plat,  $h = 0.5 \text{ mm}$

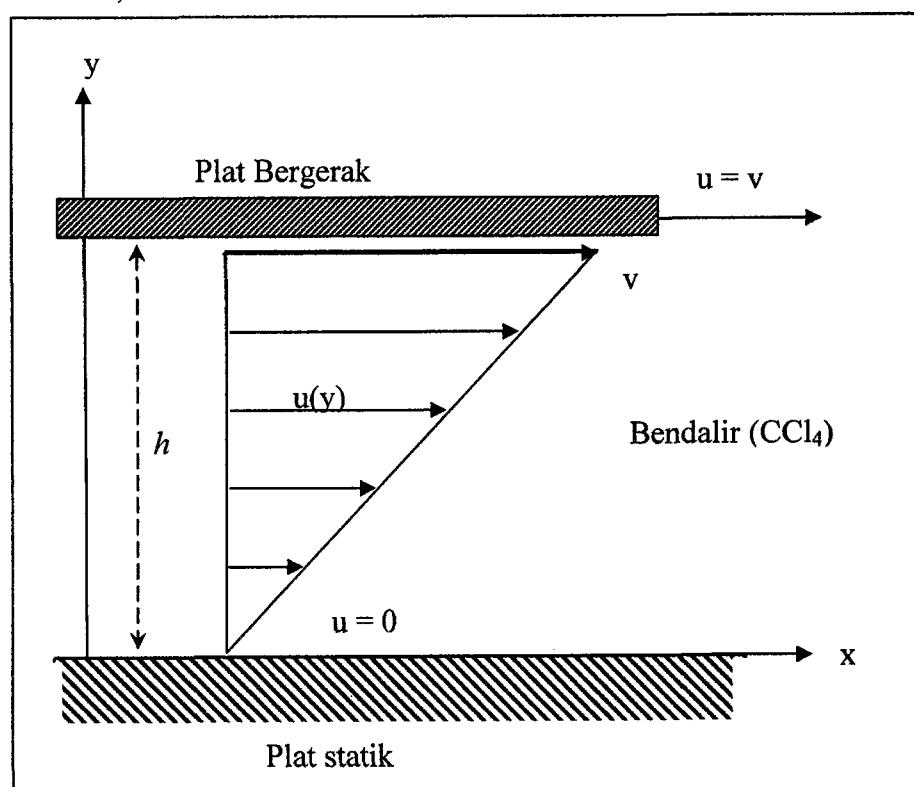
Luas plat,  $A = 1.6 \text{ m}^2$

Ketumpatan  $\text{CCl}_4$ ,  $\rho = 1590 \text{ kg/m}^3$

Kadar terikan,  $du/dy = 5000 \text{ s}^{-1}$

Suhu,  $T = 20^\circ\text{C}$

Tekanan,  $P = 1 \text{ atm}$



Rajah S.3

[10 markah]

4. Sebuah tangki udara mampat mempunyai isipadu  $0.84 \text{ kaki}^3$ . Apabila tangki dipenuhi dengan udara pada tekanan  $50 \text{ psig}$ , tentukan ketumpatan udara dalam unit B.G dan berat udara dalam unit ENG.

Diberi suhu  $70^\circ\text{F}$  dan tekanan atmosfera adalah  $14.7 \text{ psi}$  (mutlak).

[4 markah]

5. Satu bendalir Newtonian mempunyai kelikatan  $0.38 \text{ N.s/m}^2$  dan graviti tentu  $0.91$  mengalir melalui paip bergarispusat  $25 \text{ mm}$  dengan halaju  $2.6 \text{ m/s}$ . Kirakan nombor Reynoldsnya menggunakan unit S.I dan B.G.

[5 markah]

...4/-

Bahagian B : Jawab mana-mana DUA soalan.

6. [a] Sebuah tangki bergarispusat 1.2 m dengan ketinggian 2 m diisi dengan lateks sedalam 1.2 m, mempunyai kelikatan 1000 cP dan ketumpatan  $800 \text{ kg m}^{-3}$ . Tangki tersebut tidak bersekat. Satu kipas berbilah tiga yang bergarispusat 360 mm telah dipasang di dalam tangki pada ketinggian 360 mm dari bawah. Nisbah pic ialah 1:1 (pic adalah sama dengan garispusat). Motor yang digunakan mempunyai kuasa sebanyak 8 kW.

- [i] Adakah motor tersebut berkeupayaan untuk menggerakkan pengaduk pada kelajuan 800 putaran per minit?

[4 markah]

- [ii] Apakah kelajuan maksima bagi pengaduk tangki yang boleh dijalankan sekiranya lateks diganti dengan cecair yang berkelikatan 100 cP dengan ketumpatan yang sama?

[4 markah]

- [iii] Berapakah kuasa yang perlu untuk operasi pencampuran sekiranya kipas bergarispusat 360 mm berputar pada 15 putaran per saat digunakan, dan sekiranya empat sesekat dipasang dengan setiap satu sesekat berukuran 120 mm lebar?

[4 markah]

- [iv] Kipas digantikan dengan turbin bebilah enam yang bergarispusat 400 mm. Cecair yang akan diaduk ialah pseudoplastik yang berkelikatan 1500 cP pada kecerunan halaju  $10 \text{ s}^{-1}$ . Pada kelajuan berapakah turbin itu sepatutnya berputar untuk menghasilkan  $1 \text{ kWm}^{-3}$  cecair?

Untuk cecair ini, diberi:  $n' = 0.75$  dan  $\rho = 950 \text{ kg m}^{-3}$ .

[8 markah]

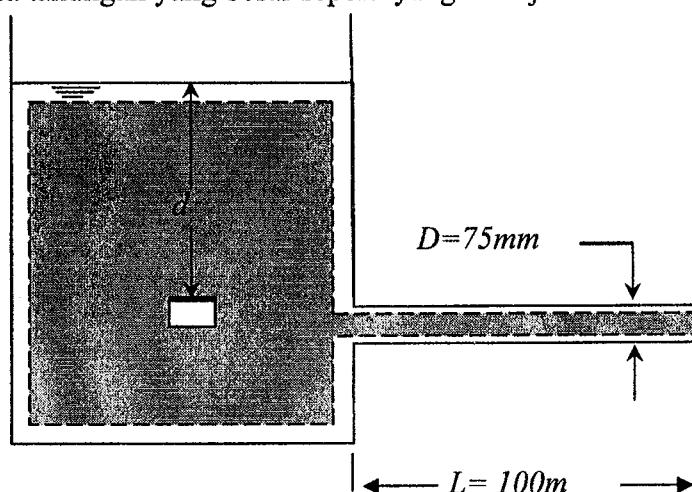
- [b]. Satu meter venturi yang bergarispusat dalaman 75 mm dan garispusat kerongkongan 25 mm digunakan untuk mengukur kadar aliran udara melalui paip. Tekanan pada salur masuk dan kerongkongan masing-masing ialah 250 mm dan 150 mm raksa. Tentukan kadar aliran isipadu udara dalam unit  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ .

Andaikan keadaan adalah adiabatik ( $\gamma = 1.4$ ). Ketumpatan udara pada salur masuk ialah  $1.6 \text{ kgm}^{-3}$  dan tekanan barometer ialah 760 mm raksa.

[10 markah]

...5/-

7. [a] Satu paip mengufuk licin mempunyai kepanjangan 100 m disambungkan kepada takungan yang besar seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S. 7.



Rajah S. 7

Tentukan kedalaman,  $d$  yang mesti dikekalkan di dalam takungan untuk menghasilkan kadar aliran isipadu air sebanyak  $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Diberi:

Garispusat dalaman paip licin adalah 75 mm. Masukan ke paip adalah berpinggir-segiempat (square edged) dan air diluahkan ke atmosfera.

[20 markah]

- [b] Satu zarah jatuh di bawah daya graviti di dalam suatu bendalir. Terbit dan tunjukkan bahawa halaju terminalnya,  $U_t$  adalah :

$$U_t = \frac{d^2 g (\rho_s - \rho_f)}{18 \mu_f}$$

di mana:       $d$  = garispusat zarah  
 $\rho_s$  = ketumpatan zarah  
 $\rho_f$  = ketumpatan bendalir  
 $\mu_f$  = kelikatan bendalir

[5 markah]

- [c] Satu zarah jatuh di dalam air di bawah daya graviti bagi jarak 20 mm. Kirakan:

- [i] Masa yang diambil  
 [ii] Halaju pada ketika itu

Diberi :  $\rho_f = 1000 \text{ kg/m}^3$   
 $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu_f = 1.2 \text{ mNs/m}^2$

[5 markah]

...6/-

8. [a] Senaraikan empat jenis proses pembendaliran

[4 markah]

- [b] Udara pada  $37.8^{\circ}\text{C}$  dan 101.3 kPa mengalir melewati sebuah sfera yang mempunyai garispusat 42 mm pada halaju 23 m/s. Apakah pekali hela  $C_D$  dan daya ke atas sfera tersebut?

[6 markah]

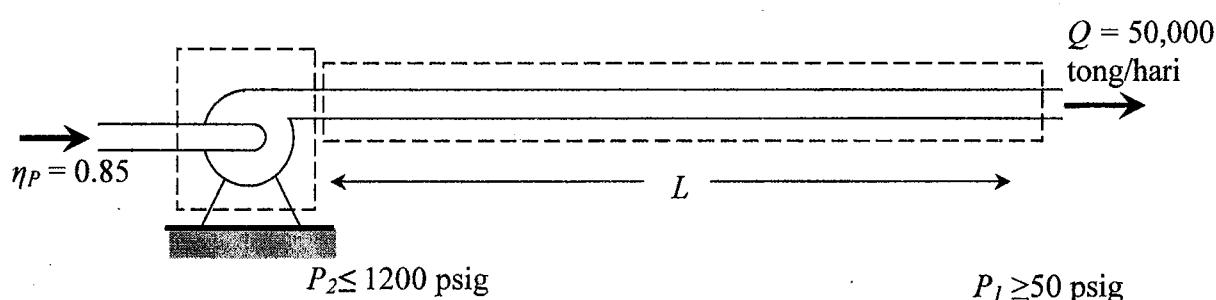
- [c] Minyak mentah mengalir di dalam talian paip searas di Loji Penapisan Miri dengan kadar 50,000 tong setiap hari (1 tong = 42 gelen) Garispusat dalam paip adalah 48 inci dan kekasarannya bersamaan dengan besi galvani. Tekanan maksima yang dibenarkan adalah 1200 psig, manakala tekanan minima yang diperlukan adalah 50 psig untuk mengekalkan gas terlarut dalam minyak mentah dalam bentuk cecair.

- [i] Bagi keadaan tersebut, kirakan jarak maksima antara stesen-stesen pam ( $L$ ).
- [ii] Jika kecekapan pam adalah 85%, kirakan kuasa yang perlu dibekalkan kepada pam.

Diberi: SG minyak mentah = 0.93,

Kelikatan minyak mentah,  $\mu = 3.5 \times 10^{-4} \text{ lb}_f\text{s/ft}^2$

Gambarajah skema proses tersebut ditunjukkan dalam Rajah S. 8.



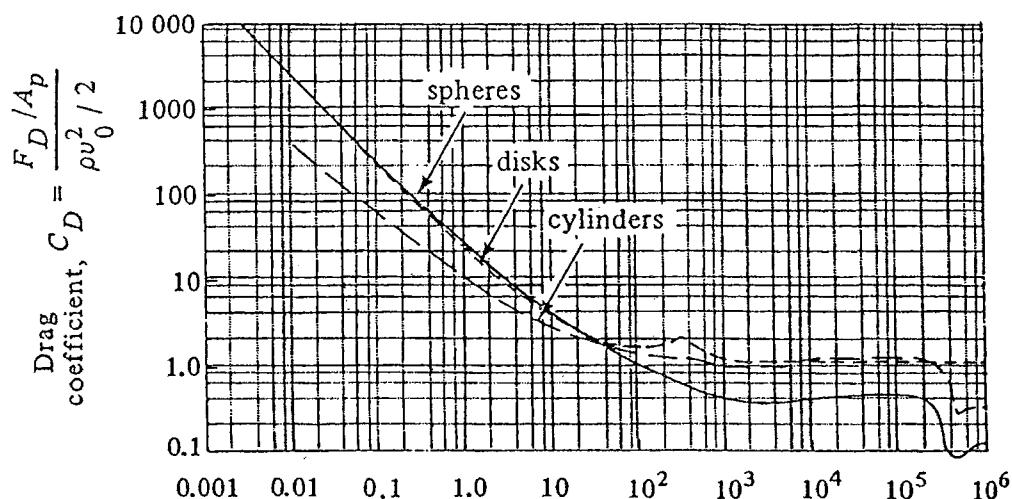
Rajah S.8

[20 markah]

Lampiran

## Common Engineering Conversion Factors

Length	Volume
1 ft = 12 in = 0.3048 m, 1 yard = 3 ft 1 mi = 5280 ft = 1609.344 m 1 nautical mile (nmi) = 6076 ft	1 ft <sup>3</sup> = 0.028317 m <sup>3</sup> = 7.481 gal. 1 bbl = 42 U.S. gal 1 U.S. gal = 231 in <sup>3</sup> = 3.7853 L = 4 qt = 0.833 Imp. gal. 1 L = 0.001 m <sup>3</sup> = 0.035315 ft <sup>3</sup> = 0.2642 U.S. gal
Mass	Density
1 slug = 32.174 lb <sub>m</sub> = 14.594 kg 1 lb <sub>m</sub> = 0.4536 kg = 7000 grains	1 slug/ft <sup>3</sup> = 515.38 kg/m <sup>3</sup> , 1 g/cm <sup>3</sup> = 1000 kg/m <sup>3</sup> 1 lb <sub>m</sub> /ft <sup>3</sup> = 16.0185 kg/m <sup>3</sup> , 1 lb <sub>m</sub> /in <sup>3</sup> = 27.68 g/cm <sup>3</sup>
Acceleration & Area	Velocity
1 ft/s <sup>2</sup> = 0.3048 m/s <sup>2</sup> 1 ft <sup>2</sup> = 0.092903 m <sup>2</sup>	1 ft/s = 0.3048 m/s, 1 knot = 1 nmi/h = 1.6878 ft/s 1 mi/h = 1.4666666 ft/s (fps) = 0.44704 m/s
Mass Flow & Mass Flux	Volume Flow
1 slug/s = 14.594 kg/s. 1 lb <sub>m</sub> /s = 0.4536 kg/s 1 kg/m <sup>2</sup> -s = 0.2046 lb <sub>m</sub> /ft <sup>2</sup> -s = 0.00636 slug/ft <sup>2</sup> -s	1 gal/min = 0.002228 ft <sup>3</sup> /s = 0.06309 L/s 1 million gal/day = 1.5472 ft <sup>3</sup> /s = 0.04381 m <sup>3</sup> /s
Pressure	Force and Surface Tension
1 lb <sub>f</sub> /ft <sup>2</sup> = 47.88 Pa, 1 torr = 1 mm Hg 1 psi = 144 psf, 1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa 1 atm = 2116.2 psf = 14.696 psi = 101,325 Pa = 29.9 in. Hg = 33.9 ft H <sub>2</sub> O	1 lb <sub>f</sub> = 4.448222 N = 16 oz, 1 dyne = 1 g-cm/s <sup>2</sup> = 10 <sup>-5</sup> N 1 kg <sub>f</sub> = 2.2046 lb <sub>f</sub> = 9.80665 N 1 U.S. (short) ton = 2000 lb <sub>f</sub> , 1 N = 0.2248 lb <sub>f</sub> 1 N/m = 0.0685 lb <sub>f</sub> /ft
Power	Energy and Specific Energy
1 hp = 550 (ft-lb <sub>f</sub> )/s = 745.7 W 1 (ft-lb <sub>f</sub> )/s = 1.3558 W 1 Watt = 3.4123 Btu/h = 0.00134 hp	1 ft-lb <sub>f</sub> = 1.35582 J, 1 hp-h = 2544.5 Btu 1 Btu = 252 cal = 1055.056 J = 778.17 ft-lb <sub>f</sub> 1 cal = 4.1855 J, 1 ft-lb <sub>f</sub> /lb <sub>m</sub> = 2.9890 J/kg
Specific Weight	Heat Flux
1 lb <sub>f</sub> /ft <sup>3</sup> = 157.09 N/m <sup>3</sup>	1 W/m <sup>2</sup> = 0.3171 Btu/(h-ft <sup>2</sup> )
Viscosity	Kinematic Viscosity
1 slug/(ft-s) = 47.88 kg/(m-s) = 478.8 poise (p) 1 p = 1 g/(cm-s) = 0.002088 slug/(ft-s)	1 ft <sup>2</sup> /h = 2.506 · 10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s, 1 ft <sup>2</sup> /s = 0.092903 m <sup>2</sup> /s 1 stoke (st) = 1 cm <sup>2</sup> /s = 0.0001 m <sup>2</sup> /s = 0.001076 ft <sup>2</sup> /s
Temperature Scale Readings	
°F = (9/5)°C + 32	°C = (5/9)(°F - 32)
°R = °F + 459.69	°K = °C + 273.16
Specific Heat or Gas Constant*	Thermal Conductivity*
1 (ft-lb <sub>f</sub> )/(slug-°R) = 0.16723 (N-m) (kg-K) 1 Btu/(lb-°R) = 4186.8 J/(kg-K)	1 cal/(s-cm-°C) = 242 Btu/(h-ft-°R) 1 Btu/(h-ft-°R) = 1.7307 W/(m-K)
• Note that the intervals in absolute (Kelvin) and °C are equal. Also, 1 °R = 1 °F.	
Latent heat: 1 J/kg = 4.2995 × 10 <sup>-4</sup> Btu/lb <sub>m</sub> = 10.76 lb <sub>f</sub> -ft/slug = 0.3345 lb <sub>f</sub> -ft/lb <sub>m</sub> , 1 Btu/lb <sub>m</sub> = 2325.9 J/kg.	
Heat transfer coefficient: 1 Btu/(h-ft <sup>2</sup> -°F) = 5.6782 W/(m <sup>2</sup> - °C).	
Heat generation rate: 1 W/m <sup>3</sup> = 0.09665 Btu/(h-ft <sup>3</sup> )	
Heat transfer per unit length: 1 W/m = 1.0403 Btu/(h-ft)	
Mass transfer coefficient: 1 m/s = 11.811 ft/h, 1 lbmol/(h-ft <sup>2</sup> ) = .0013562 kg/mol/(s-m <sup>2</sup> )	



$$\text{Reynolds number, } N_{\text{Re}} = \frac{D_p v_0 \rho}{\mu}$$

*Drag coefficients for flow past immersed spheres, long cylinders, and disks. (Reprinted with permission from C. E. Lapple and C. B. Shepherd, Ind. Eng. Chem., 32, 606 (1940). Copyright by the American Chemical Society.)*

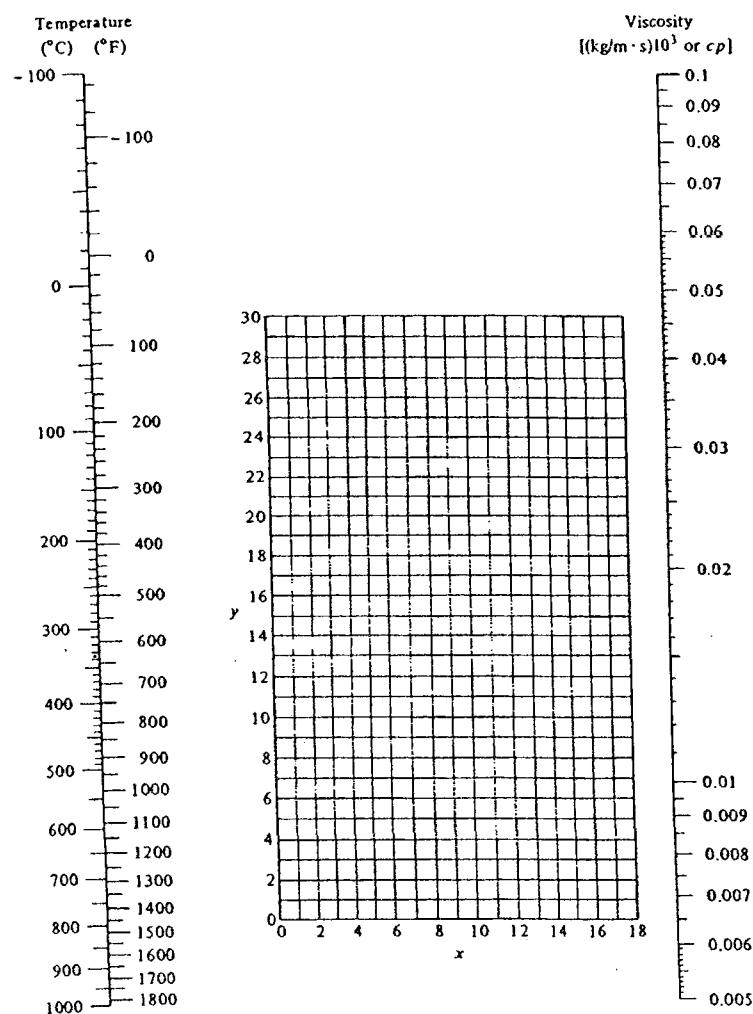
#### Minor Loss Coefficients for Pipe Entrances (Data from [12].)

Entrance Type	Minor Loss Coefficient, $K^a$
Reentrant	0.78
Square-edged	0.5
Rounded	$K = \begin{cases} 0.28 & r/D = 0.02 \\ 0.15 & r/D = 0.06 \\ 0.04 & r/D \geq 0.15 \end{cases}$

<sup>a</sup> Based on  $h_{l_m} = K(\bar{V}^2/2)$ , where  $\bar{V}$  is the mean velocity in the pipe.

## Viscosities of Gases

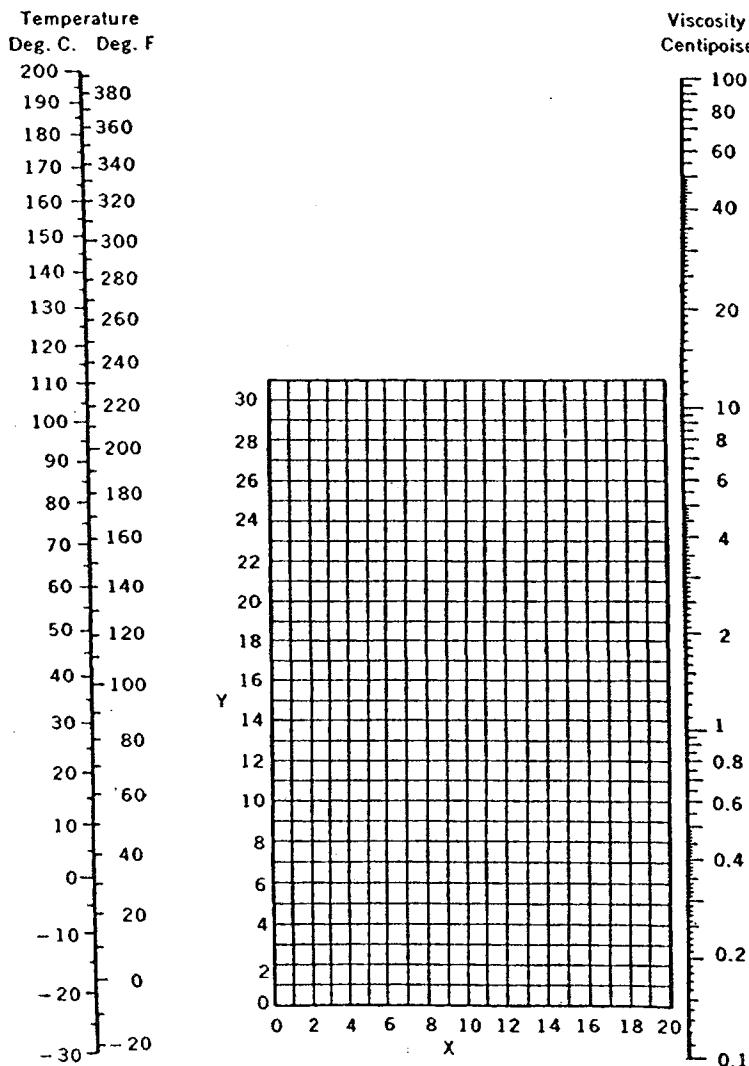
No.	Gas	X	Y	No.	Gas	X	Y
1	Acetic acid	7.7	14.3	29	Freon-113	11.3	14.0
2	Acetone	8.9	13.0	30	Helium	10.9	20.5
3	Acetylene	9.8	14.9	31	Hexane	8.6	11.8
4	Air	11.0	20.0	32	Hydrogen	11.2	12.4
5	Ammonia	8.4	16.0	33	$3\text{H}_2 + \text{N}_2$	11.2	17.2
6	Argon	10.5	22.4	34	Hydrogen bromide	8.8	20.9
7	Benzene	8.5	13.2	35	Hydrogen chloride	8.8	18.7
8	Bromine	8.9	19.2	36	Hydrogen cyanide	9.8	14.9
9	Butene	9.2	13.7	37	Hydrogen iodide	9.0	21.3
10	Butylene	8.9	13.0	38	Hydrogen sulfide	8.6	18.0
11	Carbon dioxide	9.5	18.7	39	Iodine	9.0	18.4
12	Carbon disulfide	8.0	16.0	40	Mercury	5.3	22.9
13	Carbon monoxide	11.0	20.0	41	Methane	9.9	15.5
14	Chlorine	9.0	18.4	42	Methyl alcohol	8.5	15.6
15	Chloroform	8.9	15.7	43	Nitric oxide	10.9	20.5
16	Cyanogen	9.2	15.2	44	Nitrogen	10.6	20.0
17	Cyclohexane	9.2	12.0	45	Nitrosyl chloride	8.0	17.6
18	Ethane	9.1	14.5	46	Nitrous oxide	8.8	19.0
19	Ethyl acetate	8.5	13.2	47	Oxygen	11.0	21.3
20	Ethyl alcohol	9.2	14.2	48	Pentane	7.0	12.8
21	Ethyl chloride	8.5	15.6	49	Propane	9.7	12.9
22	Ethyl ether	8.9	13.0	50	Propyl alcohol	8.4	13.4
23	Ethylene	9.5	15.1	51	Propylene	9.0	13.8
24	Fluorine	7.3	23.8	52	Sulfur dioxide	9.6	17.0
25	Freon-11	10.6	15.1	53	Toluene	8.6	12.4
26	Freon-12	11.1	16.0	54	2,3,3-Trimethylbutane	9.5	10.5
27	Freon-21	10.8	15.3	55	Water	8.0	16.0
28	Freon-22	10.1	17.0	56	Xenon	9.3	23.0



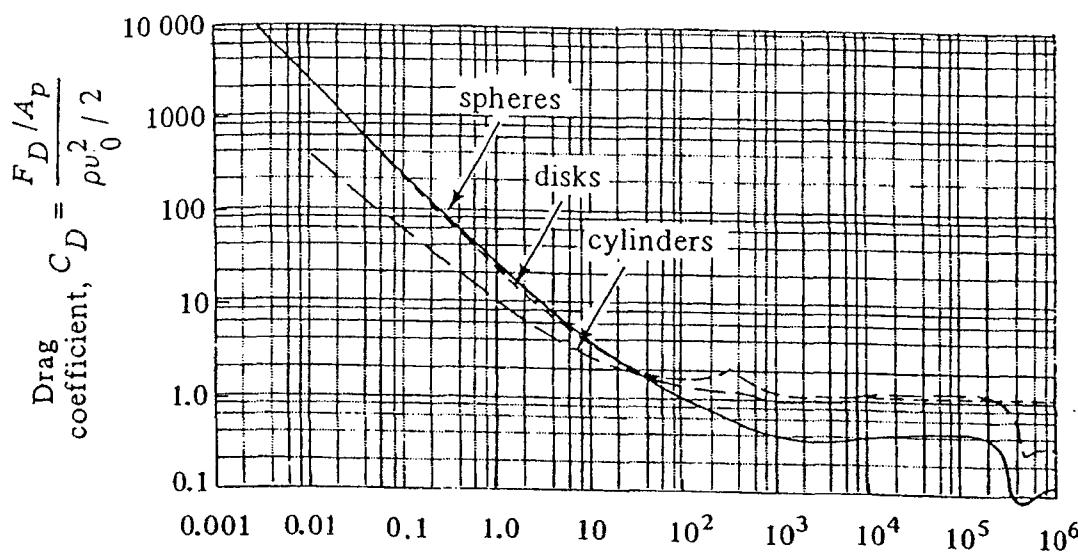
Viscosities of gases at 101.325 kPa (1 atm abs). (From R. H. Perry and C. H. Chilton, Chemical Engineers' Handbook, 5th ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1973. With permission.)

No.	Liquid	X	Y	No.	Liquid	X	Y
1	Acetaldehyde	15.2	4.8	22	Butyl acetate	12.3	11.0
2	Acetic acid, 100%	12.1	14.2	23	Butyl alcohol	8.6	17.2
3	Acetic acid, 70%	9.5	17.0	24	Butyric acid	12.1	15.3
4	Acetic anhydride	12.7	12.8	25	Carbon dioxide	11.6	0.3
5	Acetone, 100%	14.5	7.2	26	Carbon disulfide	16.1	7.5
6	Acetone, 35%	7.9	15.0	27	Carbon tetrachloride	12.7	13.1
7	Allyl alcohol	10.2	14.3	28	Chlorobenzene	12.3	12.4
8	Ammonia, 100%	12.6	2.0	29	Chloroform	14.4	10.2
9	Ammonia, 26%	10.1	13.9	30	Chlorosulfonic acid	11.2	18.1
10	Amyl acetate	11.8	12.5	31	<i>o</i> -Chlorotoluene	13.0	13.3
11	Amyl alcohol	7.5	18.4	32	<i>m</i> -Chlorotoluene	13.3	12.5
12	Aniline	8.1	18.7	33	<i>p</i> -Chlorotoluene	13.3	12.5
13	Anisole	12.3	13.5	34	<i>m</i> -Cresol	2.5	20.8
14	Arsenic trichloride	13.9	14.5	35	Cyclohexanol	2.9	24.3
15	Benzene	12.5	10.9	36	Dibromoethane	12.7	15.8
16	Bimethyl oxalate	12.3	15.8	37	Dichloroethane	13.2	12.2
17	Biphenyl	12.0	18.3	38	Dichloromethane	14.6	8.9
18	Brine, $\text{CaCl}_2$ , 25%	6.6	15.9	39	Diethyl oxalate	11.0	16.4
19	Brine, $\text{NaCl}$ , 25%	10.2	16.6	40	Dipropyl oxalate	10.3	17.7
20	Bromine	14.2	13.2	41	Ethyl acetate	13.7	9.1
21	Bromotoluene	20.0	15.9	42	Ethyl alcohol, 100 %	10.5	13.8

(Continued)



Viscosities of liquids at 1 atm. For coordinates, see table on previous page.

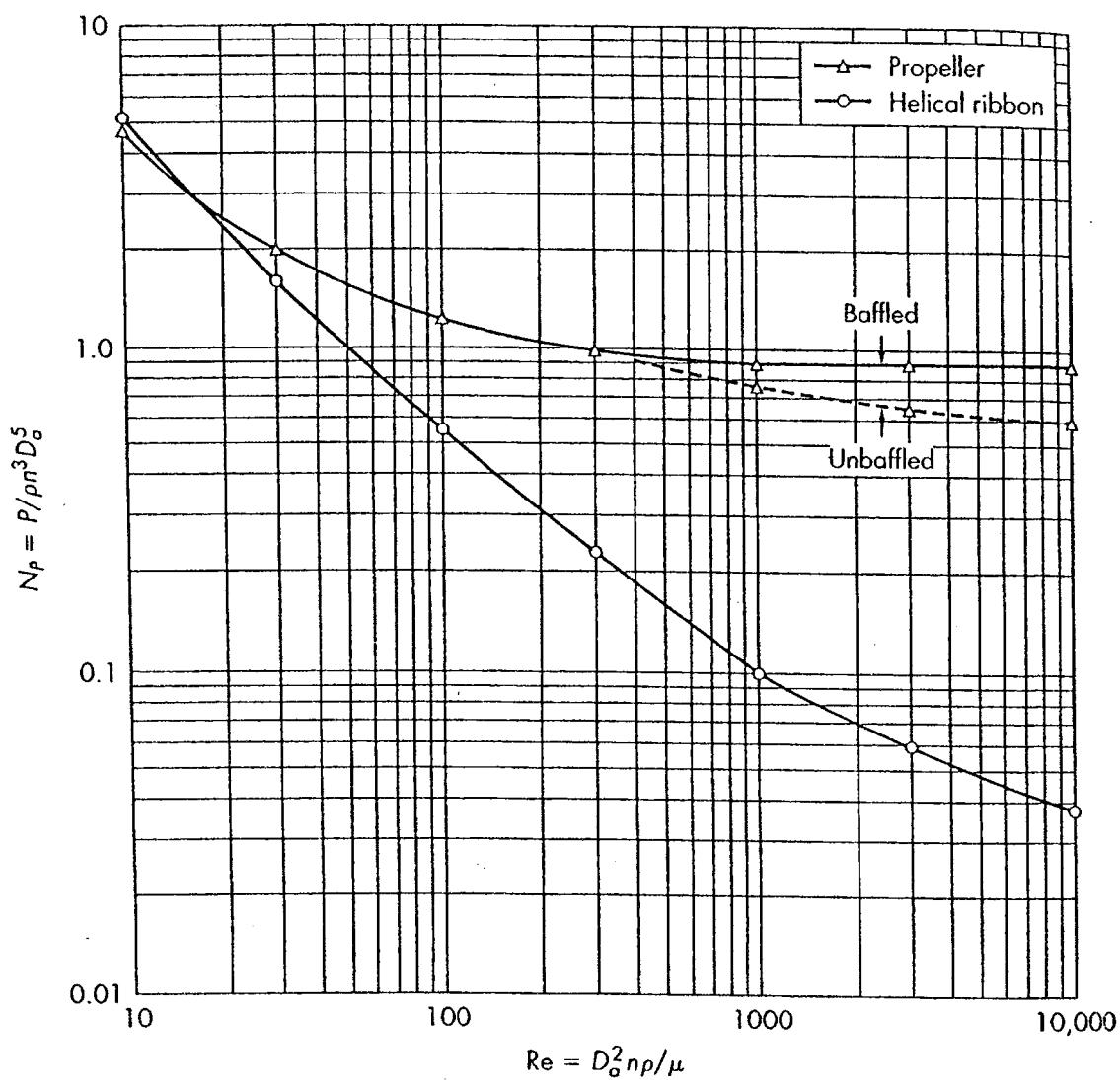


$$\text{Reynolds number, } N_{Re} = \frac{D_p v_0 \rho}{\mu}$$

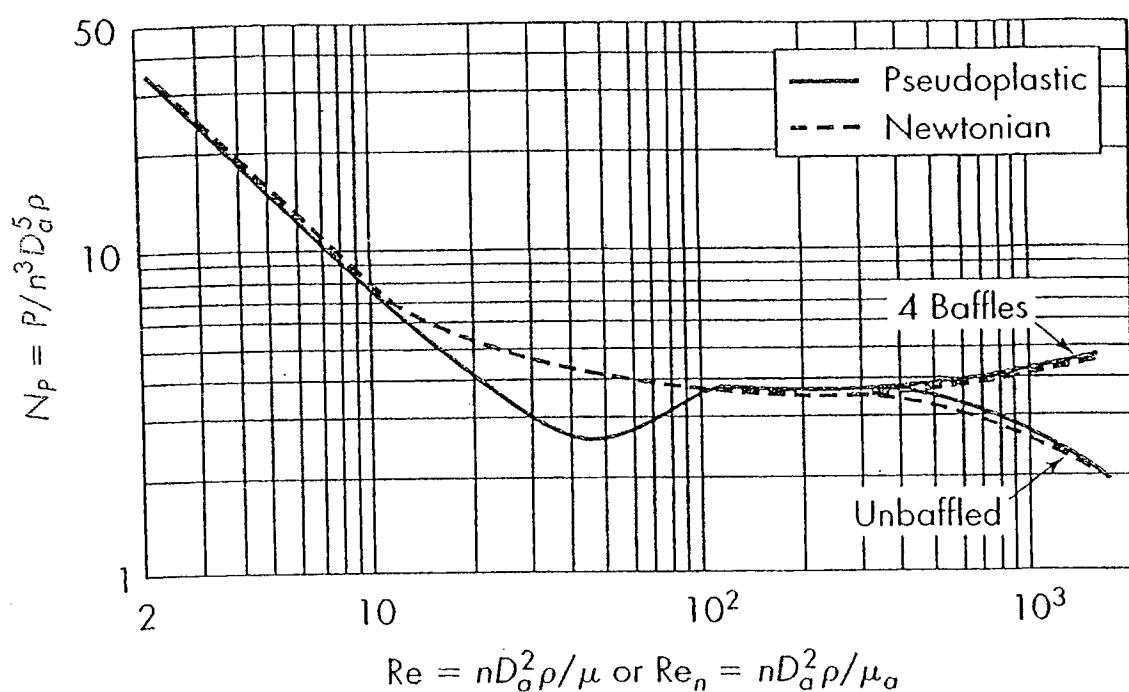
*Drag coefficients for flow past immersed spheres, long cylinders, and disks. (Reprinted with permission from C. E. Lapple and C. B. Shepherd, Ind. Eng. Chem., 32, 606 (1940). Copyright by the American Chemical Society.)*

#### Physical Properties of Air at 101.325 kPa (1 Atm Abs), SI Units

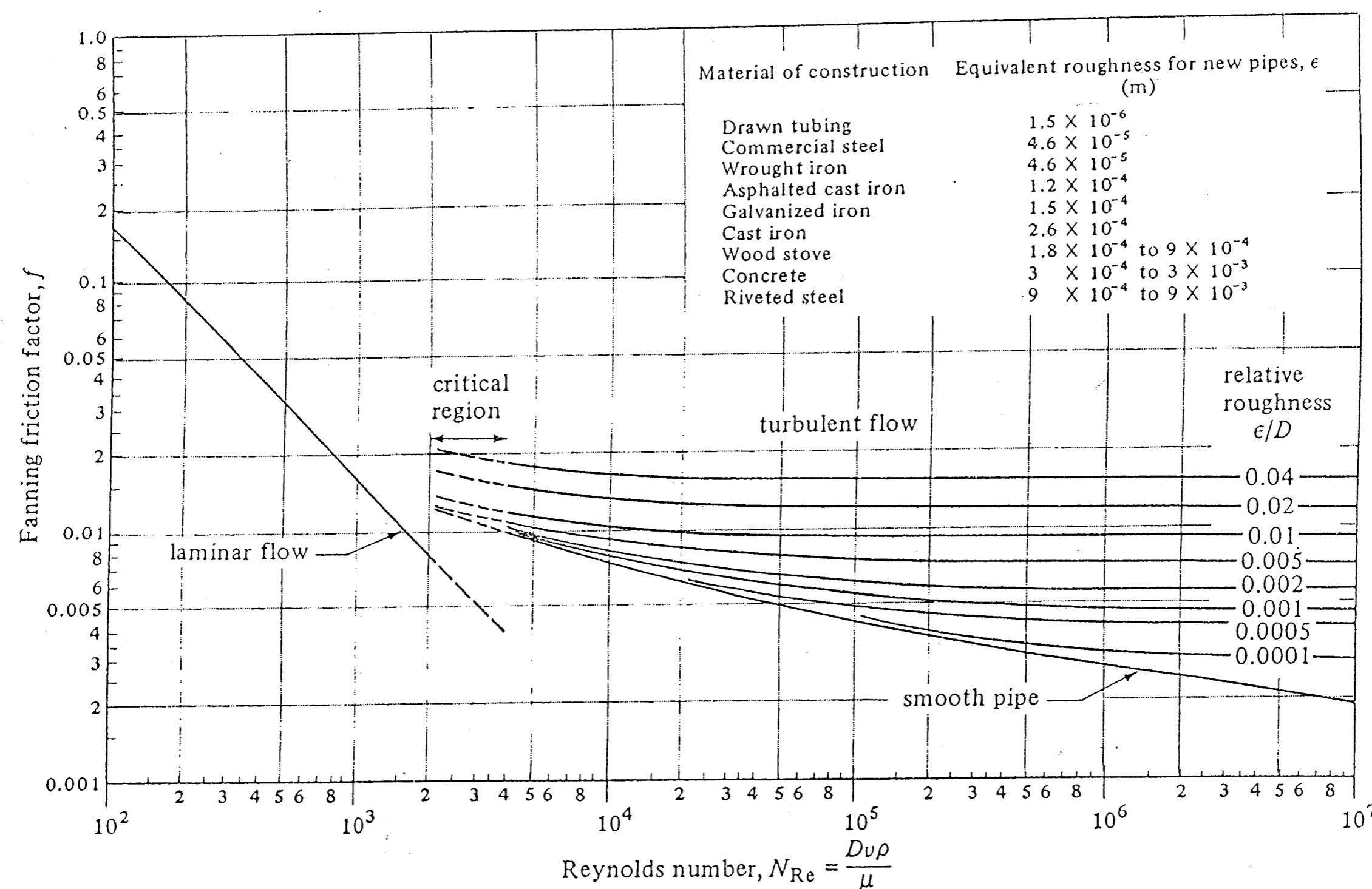
$T$ (°C)	$T$ (K)	$\rho$ (kg/m³)	$c_p$ (kJ/kg · K)	$\mu \times 10^5$ (Pa · s, or $kg/m \cdot s$ )	$k$ (W/m · K)	$N_p$	$\beta \times 10^3$ (1/K)	$g\beta\rho^2/\mu^2$ (1/K · m³)
-17.8	255.4	1.379	1.0048	1.62	0.02250	0.720	3.92	$2.79 \times 10^8$
0	273.2	1.293	1.0048	1.72	0.02423	0.715	3.65	$2.04 \times 10^8$
10.0	283.2	1.246	1.0048	1.78	0.02492	0.713	3.53	$1.72 \times 10^8$
37.8	311.0	1.137	1.0048	1.90	0.02700	0.705	3.22	$1.12 \times 10^8$
65.6	338.8	1.043	1.0090	2.03	0.02925	0.702	2.95	$0.775 \times 10^8$
93.3	366.5	0.964	1.0090	2.15	0.03115	0.694	2.74	$0.534 \times 10^8$
121.1	394.3	0.895	1.0132	2.27	0.03323	0.692	2.54	$0.386 \times 10^8$
148.9	422.1	0.838	1.0174	2.37	0.03531	0.689	2.38	$0.289 \times 10^8$
176.7	449.9	0.785	1.0216	2.50	0.03721	0.687	2.21	$0.214 \times 10^8$
204.4	477.6	0.740	1.0258	2.60	0.03894	0.686	2.09	$0.168 \times 10^8$
232.2	505.4	0.700	1.0300	2.71	0.04084	0.684	1.98	$0.130 \times 10^8$
260.0	533.2	0.662	1.0341	2.80	0.04258	0.680	1.87	$0.104 \times 10^8$



Power number  $N_p$  versus Reynolds number  $Re$  for marine propellers (pitch = 1.5:1) and helical ribbons.



Power correlation for a six-blade turbine in pseudoplastic liquids.



Friction factors for fluids inside pipes. [Based on L. F. Moody, Trans. A.S.M.E., 66, 671, (1944); Mech. Eng. 69, 1005 (1947). With permission.]