

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1997/98

Februari 1998

EKC 112 : Aliran Bendalir Kejuruteraan Kimia

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON :

Sila pastikan soalan peperiksaan ini mengandungi **LIMA (5)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** lampiran sebelum memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan.

Jawab mana-mana **EMPAT (4)** soalan.

1. [a] Dengan menggunakan analisis dimensi, semak kekonsistenan dimensi bagi persamaan empirik ini bagi pemalar pemindahan haba.

$$h_i = 0.023 G^{0.8} k^{0.67} C_p^{0.33} D^{-0.2} \mu^{-0.47}$$

di mana:

h_i	= pemalar pemindahan haba
G	= halaju jisim
k	= pekali keberkondukan haba
C_p	= haba tentu
D	= garispusat
μ	= kelikatan mutlak

Nota: Unit bagi h_i ialah W/m^2K manakala unit bagi k ialah $W/m K$.

(10 markah)

- [b] Suhu bagi atmosfera bumi jatuh sebanyak $3^\circ C$ bagi setiap 1000 m ketinggian di atas permukaan bumi. Seandainya suhu udara di permukaan bumi ialah $30^\circ C$ dan tekanannya ialah 760 mmHg, kirakan ketinggian pada tekanan 380 mmHg. Andaikan udara bersifat gas unggul.

(15 markah)

2. [a] Air di pam dari dasar sebuah tangki ke dasar sebuah tangki lain. Aras air di tangki yang kedua adalah 50 m di atas aras air ditangki yang pertama. Panjang paip di antara 2 tangki tersebut ialah 200 m dengan garispusat 0.1 m. Di sepanjang paip tersebut terdapat 2 "gate valve (wide open)", 2 "standard tees" dan 4 "elbows (90°)". Kadar aliran ialah $0.0252 m^3/s$. Kecekapan keseluruhan pam dan motor adalah 70%. Seandainya nilai tenaga ialah 20 sen bagi setiap kilowatt-jam, apakah perbelanjaan (cost) untuk mengepam air tersebut bagi setiap jam.

Diberi :

Parameter kekasaran, $e = 0.05 \text{ mm}$

$\mu = 1.129 \times 10^{-3} \text{ kg/m-s}$

(15 markah)

- [b] Dua takungan disambungkan dengan 3 batang paip secara selari. Garispusat paip-paip tersebut ialah d , $2d$ dan $3d$ dan kesemuanya mempunyai panjang yang sama iaitu L . Dengan membuat andaian bahawa f adalah sama bagi kesemua paip, apakah kadar luahan (discharge) bagi paip terbesar seandainya kadar luahan bagi paip terkecil ialah $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$

(10 markah)

3. [a] 10,000 kg/j toluena pada 114°C dan 1.1 atm mutlak di pam dari sebuah pengulang didih (reboiler) bagi sebuah menara penyulingan tanpa penyejukan toluena sebelum ia memasuki pam. Seandainya kehilangan tenaga geseran di antara pengulang didih dan pam ialah 7 kN/m^2 dan ketumpatan toluena ialah 866 kg/m^3 , pada paras berapakah di atas pam bagi bendalir di dalam pengulang didih mesti ada untuk memberikan "Net Positive Suction Head, NPSH" sebanyak 2.5 m.

(13 markah)

- [b] Di dalam bahagian (a), seandainya pam mengepam toluena setinggi 10 m, tekanan pada unit kedua adalah 1 atm dan kehilangan tenaga geseran di sepanjang paip adalah 35 kN/m^2 , halaju di dalam pam ialah 3 m/s , dan kecekapan keseluruhan ialah 70%, kira kuasa yang diperlukan oleh pam.

(12 markah)

4. [a] Terbitkan persamaan di bawah bagi bendalir yang mengalir melepasi meter venturi:

$$G = \frac{C_D \rho A_1 A_2}{\sqrt{A_1^2 - A_2^2}} \sqrt{2gh_v}$$

di mana :

- G = halaju jisim
 A_1 = keluasan bahagian kerongkongan (throat)
 A_2 = keluasan bahagian penumpuan (convergence)
 C_D = koefisien nyahcas
 ρ = ketumpatan bendalir
 h_v = kejatuhan tekanan di bahagian penumpuan.

(15 markah)

- [b] Kadar aliran air di dalam paip bergarispusat 150 mm diukur dengan meter venturi dengan garispusat kerongkongan 50 mm. Apabila kejatuhan tekanan di bahagian penumpuan ialah 121 mm air dan kadar aliran jisim ialah 3 kg/s, apakah koeffisien nyahcas (C_D) bagi bahagian penumpuan venturi meter ini pada kadar aliran jisim tersebut.

(10 markah)

5. [a] 2 biji sfera yang pada mulanya tidak bergerak, jatuh ke dalam air. Pada awalnya kedua-dua sfera tersebut berada pada aras horizontal yang sama dan mereka mempunyai laju terminal yang sama. Berapakah jarak diantara mereka secara vertikal apabila kedua-duanya telahpun mencapai 99% halaju terminal masing-masing. Andaikan Hukum Stoke adalah sah dan semak andaian ini.

	Ketumpatan (kg/m^3)	Kelikatan mNs/m^2	Garispusat (μm)
Sfera 1	1500	–	40
Sfera 2	5000	–	–
Air	1000	1	–

(18 markah)

- [b] Bagi sfera (1), kira masa yang diambil apabila cepatannya telah mengurang sehingga 10% dari kecepatan awalnya.

(7 markah)

6. Gas klorin dipindahkan dengan menggunakan paip keluli horizontal 1-in Schedule 40. Gas memasuki paip pada tekanan 5 atm mutlak dan suhu 150°C dan halaju 30 m/s.

- [a] Apakah nilai $N_{\text{ma, b}}$ pada panjang maksimum paip (L_{max}).
- [b] Kira panjang maksimum paip tersebut.
- [c] Kira nilai tekanan dan suhu pendiaman gas tersebut pada penghujung paip tersebut.

Nota:

- N_{ma} = Nombor Mach
a = stesen di mana gas memasuki paip
b = stesen di mana gas keluar dari paip.

Diberi, bagi klorin:

- γ = 1.36
MW = 70.91
 ρ = 12.25 kg/m³
e = 0.00015ft
d = 2.5 cm

(25 markah)

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha a \bar{V}_a^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{p_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha b V_b^2}{2g_c} + hf$$

$$\frac{U}{U_{\max}} = 1 - \left(\frac{r}{rw} \right)^2$$

$$\bar{V} = \frac{\Delta P_s g_c D^2}{32 \Delta L \mu}$$

$$f_F = \frac{16}{N_{Re}}$$

$$f_D = \frac{64}{Re}$$

$$r_H = \frac{S}{L_p}$$

$$hf = \left(4f_F \frac{L}{D} + K_c + K_e + kf \right) \frac{\bar{V}^2}{2g_c}$$

$$K_e = \left(1 - \frac{S_a}{S_b} \right)^2$$

$$K_c = 0.4 \left(1 - \frac{S_b}{S_a} \right)$$

$$\frac{M}{2RT} [P_a^2 - P_b^2] - \frac{G^2}{g_c} \ln \frac{\rho_a}{\rho_b} = \frac{G^2 f \Delta L}{2g_c r_H}$$

$$C_D = \frac{24}{N_{Re,p}} \text{ Stoke's Law}$$

$$N_{Re,p} = \frac{G_o D_p}{\mu}$$

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 \bar{V}_o \mu (1-\epsilon)^2}{g_c \phi_s^2 D_p^2 \epsilon^3} + \frac{1.75 \rho \bar{V}^2 (1-\epsilon)}{g_c \phi_s D_p \epsilon} \text{ Ergun eqn.}$$

$$U_t = \sqrt{\frac{2g(\rho_p - \rho)m}{A_p \rho_p C_D \rho}} \left. \vphantom{U_t} \right\} \text{ at low } N_{Re}$$

$$C_D = \frac{24}{N_{Re,p}}$$

$$h_{fs} = \frac{2 \tau_w}{\rho r_w} \Delta L = \frac{\Delta p_s}{\rho} = 4f \frac{\Delta L \bar{V}^2}{D 2g_c}$$

$$f = \frac{\Delta p_s g_c D}{2 \Delta L \rho \bar{V}^2}$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi D_p^2$$

$$m = \frac{1}{6} \pi D_p^3 \rho_p \text{ for sphere}$$

$$U_t = \frac{g D_p^2 (\rho_p - \rho)}{18 \mu} \text{ Stoke Law for sphere}$$

$$U_t = 1.75 \sqrt{\frac{g D_p (\rho_p - \rho)}{\rho}} \left. \vphantom{U_t} \right\} \text{ for } 1000 < N_{Re,p} < 200,000$$

$$C_D = 0.44$$

$$N_{Re} = \frac{D_p U_t \rho}{\mu}$$

$$K = D_p \left[\frac{g \rho (\rho_p - \rho)}{\mu^2} \right]^{1/3}$$

$$a = \sqrt{\frac{g_c \gamma P}{\rho}} = \sqrt{\frac{g_c \gamma T R}{M}}$$

$$N_{Ma}^2 = \frac{\rho u^2}{g_c \gamma P} = \frac{u^2}{g_c \gamma T R / M}$$

$$\frac{\bar{f} L_{max}}{r_H} = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{1}{N_{ma,a}^2} - 1 - \frac{\gamma + 1}{2} \ln \frac{2 \{ 1 + [(\gamma - 1) / 2] N_{Ma,a}^2 \}}{N_{Ma,a}^2 (\gamma + 1)} \right)$$

$$y = \frac{br}{a} + \frac{v}{a} - \frac{b}{a^2} + \left(\frac{b}{a^2} - \frac{v}{a} \right) e^{-ar}$$

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 ³ = 0.028317 m ³ = 7.481 gal, 1 bbl = 42 U.S. gal 1 U.S. gal = 231 in ³ = 3.7853 L = 4 qt = 0.833 imp. gal 1 L = 0.001 m ³ = 0.035315 ft ³ = 0.2642 U.S. gal.
Mass	Density
1 slug = 32.174 lb _m = 14.594 kg 1 lb _m = 0.4536 kg = 7000 grains	1 slug/ft ³ = 515.38 kg/m ³ , 1 g/cm ³ = 1000 kg/m ³ 1 lb _m /ft ³ = 16.0185 kg/m ³ , 1 lb _m /in ³ = 27.68 g/cm ³
Acceleration & Area	Velocity
1 ft/s ² = 0.3048 m/s ² 1 ft ² = 0.092903 m ²	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 _m /s = 0.4536 kg/s 1 kg/m ² -s = 0.2046 lb _m /ft ² -s = 0.00636 slug/ft ² -s	1 gal/min = 0.002228 ft ³ /s = 0.06309 L/s 1 million gal/day = 1.5472 ft ³ /s = 0.04381 m ³ /s
Pressure	Force and Surface Tension
1 lb _f /ft ² = 47.88 Pa, 1 torr = 1 mm Hg 1 psi = 144 psf, 1 bar = 10 ⁵ Pa 1 atm = 2116.2 psf = 14.696 psi = 101,325 Pa = 29.9 in. Hg = 33.9 ft H ₂ O	1 lb _f = 4.448222 N = 16 oz., 1 dyne = 1 g-cm/s ² = 10 ⁻⁵ N 1 kg _f = 2.2046 lb _f = 9.80665 N 1 U.S. (short) ton = 2000 lb _f , 1 N = 0.2248 lb _f 1 N/m = 0.0685 lb _f /ft
Power	Energy and Specific Energy
1 hp = 550 (ft-lb _f)/s = 745.7 W 1 (ft-lb _f)/s = 1.3558 W 1 Watt = 3.4123 Btu/h = 0.00134 hp	1 ft-lb _f = 1.35582 J, 1 hp-h = 2544.5 Btu 1 Btu = 252 cal = 1055.056 J = 778.17 ft-lb _f 1 cal = 4.1855 J, 1 ft-lb _f /lb _m = 2.9890 J/kg
Specific Weight	Heat Flux
1 lb _f /ft ³ = 157.09 N/m ³	1 W/m ² = 0.3171 Btu/(h-ft ²)
Viscosity	Kinematic Viscosity
1 slug/(ft-s) = 47.88 kg/(m-s) = 478.8 poise (p) 1 p = 1 g/(cm-s) = 0.1 kg/(m-s) = 0.002088 slug/(ft-s)	1 ft ² /h = 2.506 · 10 ⁻⁵ m ² /s, 1 ft ² /s = 0.092903 m ² /s 1 stoke (st) = 1 cm ² /s = 0.0001 m ² /s = 0.001076 ft ² /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 _f)/(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)
<p>* Note that the intervals in absolute (Kelvin) and °C are equal. Also, 1 °R = 1 °F. Latent heat: 1 J/kg = 4.2995x10⁻⁴ Btu/lb_m = 10.76 lb_f-ft/slug = 0.3345 lb_f-ft/lb_m, 1 Btu/lb_m = 2325.9 J/kg. Heat transfer coefficient: 1 Btu/(h-ft²-°F) = 5.6782 W/(m²-°C). Heat generation rate: 1 W/m³ = 0.09665 Btu/(h-ft³). 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-ft²) = .0013562 kgmol/(s-m²).</p>	

$$g_c \equiv 32.174 \text{ lb} - \text{ft} / \text{s}^2 - \text{lb}_f$$

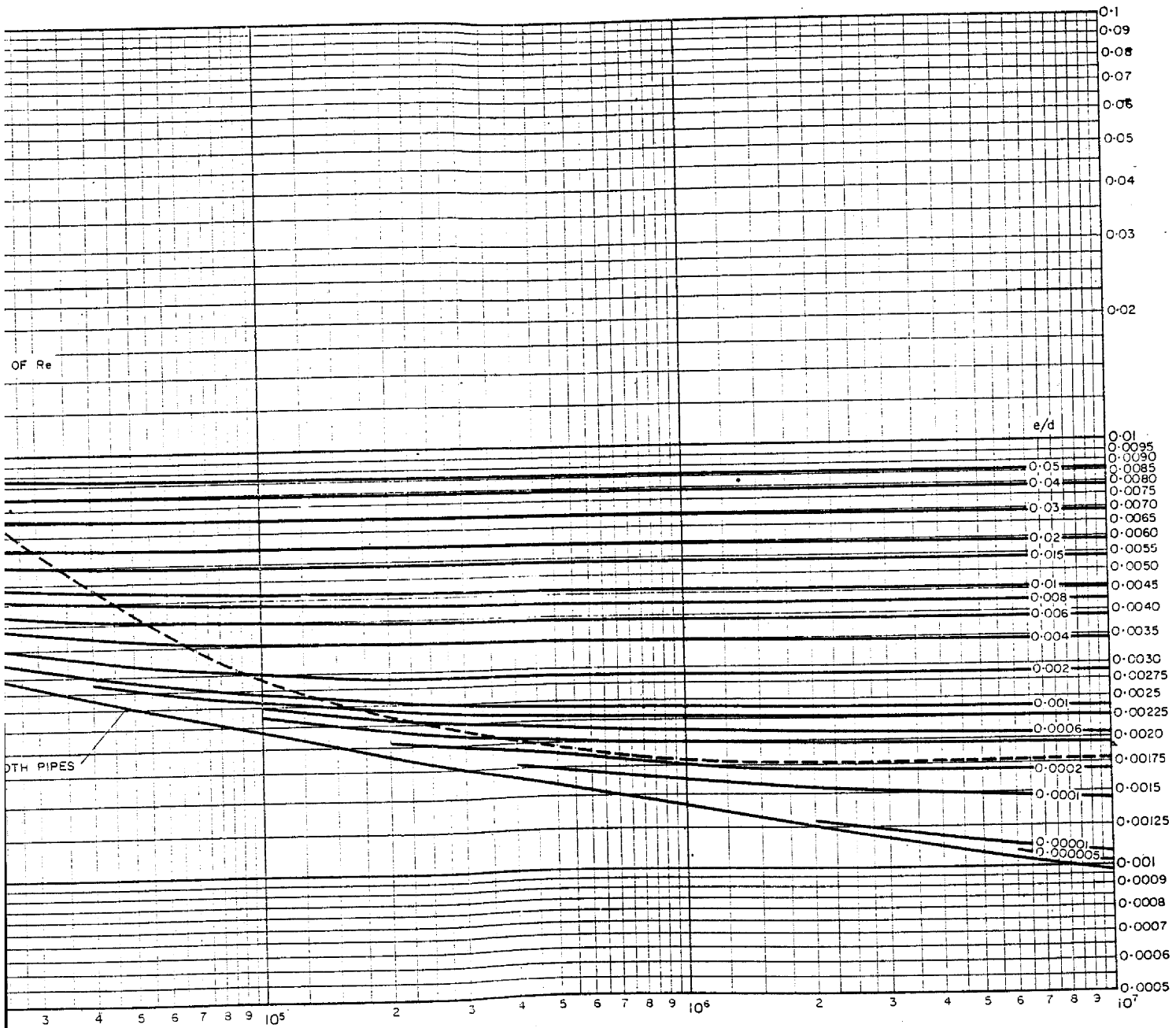
$$g_c \equiv 1 \frac{\text{kgm}}{\text{Ns}^2}$$

$$1 \text{ hp} \equiv 550 \text{ ft} - \text{lb}_f / \text{s}$$

$$1 \text{ Btu} / \text{lb} - ^\circ \text{F} \equiv 1 \text{ cal}_{\text{IT}} / \text{g} - ^\circ \text{C}$$

Loss coefficients for standard threaded pipe fittings

Fitting	K_f
Globe valve, wide open	10.0
Angle valve, wide open	5.0
Gate valve	
Wide open	0.2
Half open	5.6
Return bend	2.2
Tee	1.8
Elbow	
90°	0.9
45°	0.4



$Re = \frac{ud\rho}{\mu}$
 Friction chart ϕ versus Re .

$(f/2)$

$$\frac{R}{\rho u^2} = \phi = \frac{f}{2}$$

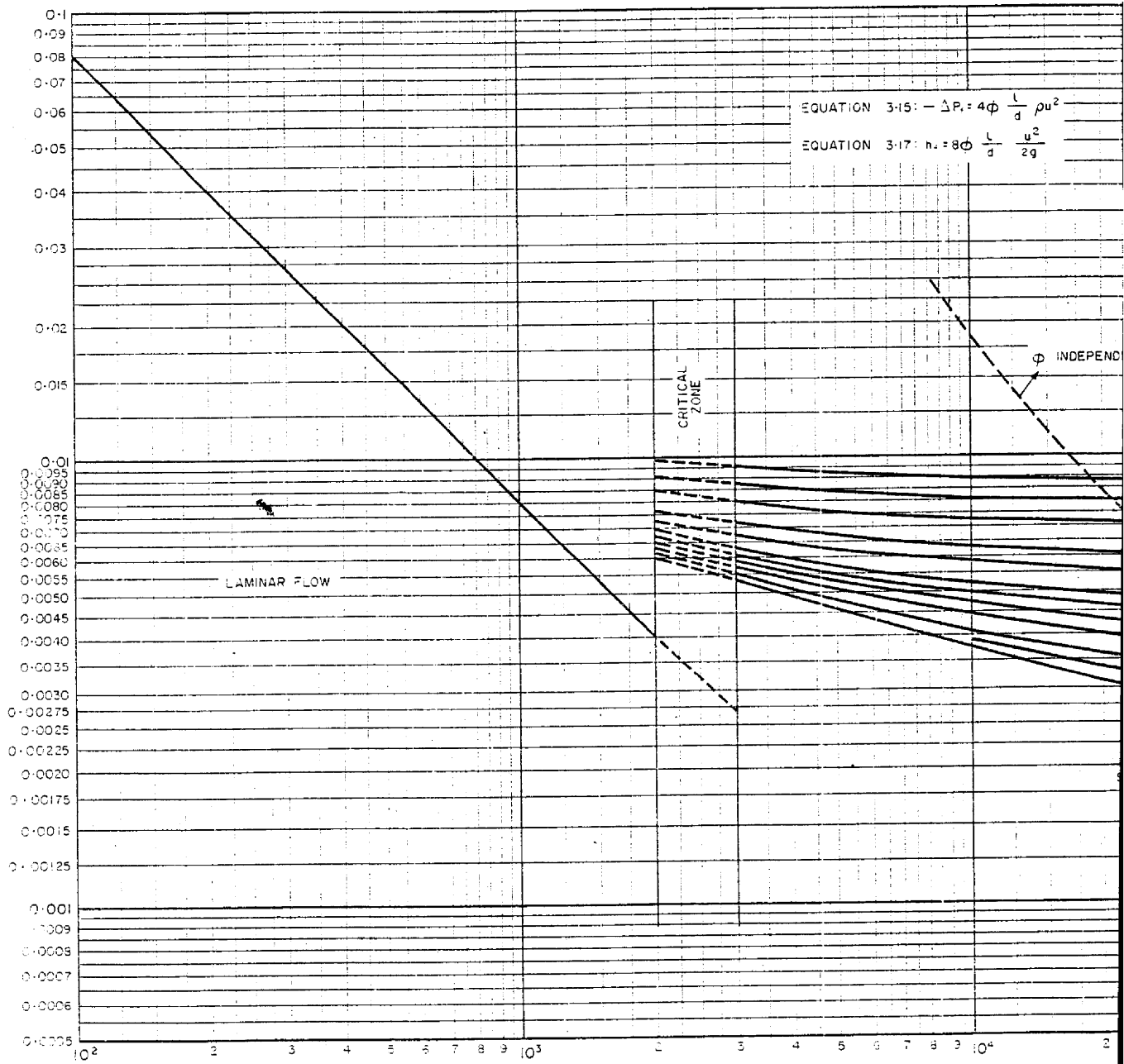


FIG. 3.7. P