

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2004/2005

Mac 2005

IEK 205 – Teknologi Kawalan Pencemaran Udara

Masa: 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA BELAS (12) muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

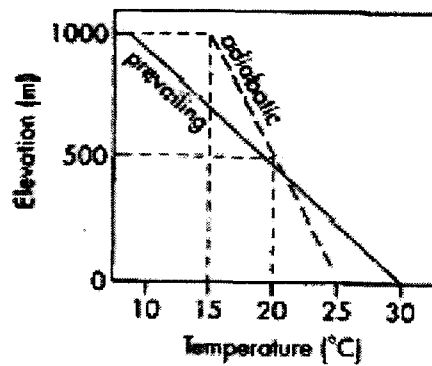
Jawan **EMPAT (4)** soalan. Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Suatu alat ukur PM₁₀ dijalankan selama 23.5 jam pada kadar aliran 49 ka³/min (ft³/min). Berat awal kertas turas ialah 0.1399g dan berat akhir selepas dikeringkan ialah 0.1409g. Kira kandungan PM₁₀ dalam unit µg/m³.
(Lihat Lampiran 6)
(20 markah)
- (b) Bacaan karbon monoksida di suatu kawasan ialah 18 ppm (berdasarkan ukuran selama 8 jam). Tulis bacaan tersebut dalam peratusan menurut isipadu dan juga menurut mg/m³ pada keadaan tekanan 1 atm dan suhu 25°C.
(Lihat Lampiran 6)
(20 markah)
- (c) Tulis nota ringkas mengenai perkara berikut:-
- (i) Songsangan sinaran
 - (ii) Ketinggian percampuran
 - (iii) ppm
 - (iv) Garis pusat aerodinamik
- (60 markah)

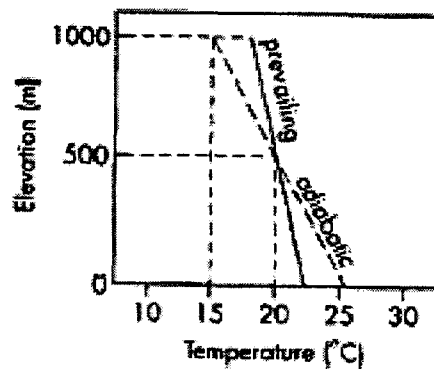
2. (a) Terdapat 60 pelanggan di dalam sebuah restoran yang isipadunya ialah 600 m^3 . Separuh dari pelanggan adalah perokok dan masing-masing menghisap 2 batang rokok sejam. Setiap rokok mengeluarkan kira-kira 1.50 mg formaldehid (HCHO). Formaldehid akan bertukar kepada karbon dioksida dengan pemalar kadar tindak balas $K = 0.50/\text{jam}$. Udara bersih masuk ke dalam pejabat tersebut pada kadar $1000 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan udara yang tercemar dengan asap rokok keluar pada kadar yang sama juga.
- (i) Tentukan kepekatan dalam unit mg/m^3 untuk keadaan mantap bagi formaldehid dalam udara dengan anggapan berlakunya percampuran lengkap (complete mixing).
- (ii) Jika had awal radang mata bagi formaldehid ialah 0.05 ppm pada suhu 25°C dan 1 atm , maka beri komen anda tentang keadaan di dalam restoran itu berkaitan had tersebut.
- (50 markah)
- (b) Bincangkan mengenai pendekatan-pendekatan umum untuk mengurangkan pencemaran udara.
- (50 markah)
3. (a) Bincang mengenai perkara berikut:-
- (i) Kadar susut adiabatik
- (ii) Sumber pencemaran habuk atau debu di atmosfera (atmospheric dust)
- (40 markah)
- (b) Kira garis pusat aerodinamik suatu zarah yang garis pusat stoke ialah 2 mikrometer dan ketumpatan $2.7 \text{ g}/\text{cm}^3$.
- (10 markah)
- (c) Terbitkan persamaan halaju tamatan suatu partikel, yang mendak dalam udara menurut hukum Stoke pada keadaan pekali hela bersamaan $24/Re_p$
- (25 markah)
- ...4/-

- (d) Terbitkan suatu persamaan untuk kecekapan siklon bagi aliran blok η_b dan kemudian gunakannya untuk menulis persamaan kecekapan aliran bercampur, η_m
(25 markah)
4. (a) Mengapa tajuk 'dinamik zarah' penting untuk kajian mengenai peralatan pengurangan pencemar zarah (particulate) dalam udara.
(10 markah)
- (b) Tulis nota ringkas mengenai:-
(i) pemendak graviti
(ii) ESP (Electrostatic Precipitator)
(20 markah)
- (c) Benzena perlu diserap dari campuran benzena-udara dengan menggunakan minyak hidrokarbon tidak meruap. Salur masuk gas ke menara padatan mengandungi 2% benzena menurut isipadu dan salur keluar gas pula 0.01%. Operasi dijalankan pada tekanan atmosfera dan jumlah aliran salur masuk gas ialah 0.2 kg/s. Jika minyak pelarut memasuki menara tanpa benzena, kira aliran minyak minimum untuk tugas penyerapan dan kira juga komposisi minyak di salur keluar cecair.
Sistem ini boleh dianggap unggul. Tekanan wap benzena pada suhu purata dalam menara ialah 13.33 kN/m². Berat molekul udara, benzena dan minyak masing-masing ialah 29, 78 dan 250 kg/kmol.
(50 markah)
- (d) Dengan bantuan suatu rajah bergraf, terangkan proses pengiraan aliran minyak minimum seperti di dalam soalan 4 (c) dan aliran minyak sebenar. Rajah itu mestilah terdapat padanya lengkung keseimbangan, garisan operasi minimum dan garisan operasi sebenar bagi tugas penyerapan gas dalam suatu menara padatan.
(20 markah)

5. (a) Untuk RAJAH 4A dan 4B berikut, apakah yang akan berlaku terhadap asap yang dilepaskan melalui cerobong, tinggi 500 m. Asap keluar dari cerobong pada suhu 20°C. Beri penjelasan anda melalui pengiraan dan lakaran yang sesuai.



RAJAH 4A. Keadaan sekitaran superadiabatik



RAJAH 4B. Keadaan sekitaran subadiabatik

(40 markah)

...6/-

- (b) Sebuah kilang mempunyai cerobong 170m tinggi dan kenaikan plum 70m. Kilang ini mengeluarkan SO₂ pada kadar 1000 g/s. Anggarkan kepekatan aras bumi SO₂ daripada punca ini pada jarak 5 km bawah angin (*downwind*) apabila kelajuan angin 3 m/s dan kelas kestabilan atmosfera ialah C.

(30 markah)

- (c) Dikatakan kepekatan yang dikira di lokasi dalam soalan bahagian (b) tadi adalah tiga kali ganda yang dibenarkan. Pihak kilang mencadangkan memasang cerobong yang lebih tinggi.

Kira tinggi cerobong supaya kepekatan di lokasi tersebut akan hanya tinggal separuh dari kes tadi. Katakan kenaikan plum masih sama.

(30 markah)

Untuk soalan 5(b) dan 5(c), maklumat berikut boleh membantu anda.

Persamaan kepekatan plum yang mempunyai imej-cermin:

$$c = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp - 0.5 \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \left[\exp - 0.5 \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 + \exp - 0.5 \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right]$$

$$\frac{cu}{Q} = \frac{1}{\pi \sigma_y \sigma_z} \exp - 0.5 \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \text{ untuk } z=0, y=0$$

Lihat juga Lampiran 3, Lampiran 4 dan Lampiran 5.

LAMPIRAN 1

CONVERSION FACTORS*

Length:

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m} = 12 \text{ in.} = \text{mile}/5280 = \text{nautical mile}/6076 \\ = \text{km}/3281$$

$$1 \text{ m} = 3.281 \text{ ft} = 39.37 \text{ in.} = \text{km}/1000 = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} \\ = 10^6 \text{ microns} = 10^6 \mu\text{m} = 10^9 \text{ nm} = 10^{10} \text{ \AA}$$

Mass:

$$1 \text{ lbm} = 0.45359 \text{ kg} = \text{short ton}/2000 = \text{long ton}/2240 = 16 \text{ oz (av.)} \\ = 14.58 \text{ oz (troy)} = \text{metric ton (tonne)}/2204.63 = 7000 \text{ grains} \\ = \text{slug}/32.2$$

$$1 \text{ kg} = 2.2046 \text{ lbm} = 1000 \text{ g} = (\text{metric ton or tonne or Mg})/1000$$

Force:

$$1 \text{ lbf} = 4.4482 \text{ N} = 32.2 \text{ lbm} \cdot \text{ft}/\text{s}^2 = 32.2 \text{ poundal} = 0.4536 \text{ kgf}$$

$$1 \text{ N} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = 10^5 \text{ dyne} = \text{kgf}/9.81 = 0.2248 \text{ lbf}$$

Volume:

$$1 \text{ ft}^3 = 0.02831 \text{ m}^3 = 28.31 \text{ liters} = 7.48 \text{ U.S. gallons} \\ = 6.23 \text{ Imperial gallons} = \text{acre-ft}/43\,560$$

$$1 \text{ U.S. gallon} = 231 \text{ in.}^3 = \text{barrel (petroleum)}/42 = 4 \text{ U.S. quarts} \\ = 8 \text{ U.S. pints} = 3.785 \text{ liters} = 0.003785 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ liters} = 35.29 \text{ ft}^3$$

Energy:

$$1 \text{ Btu} = 1055 \text{ J} = 1.055 \text{ kw} \cdot \text{s} = 2.93 \times 10^{-4} \text{ kwh} = 252 \text{ cal} \\ = 777.97 \text{ ft} \cdot \text{lbf} = 3.93 \times 10^{-4} \text{ hp} \cdot \text{h}$$

$$1 \text{ J} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{W} \cdot \text{s} = \text{volt} \cdot \text{coulomb} = 9.48 \times 10^{-4} \text{ Btu} \\ = 0.239 \text{ cal} = 10^7 \text{ erg} = 6.24 \times 10^{18} \text{ electron volts}$$

*These values are mostly rounded. There are several definitions for some of these quantities, e.g., the Btu and the calorie; these definitions differ from each other by up to 0.2 percent. For the most accurate values see the *ASTM Metric Practice Guide*, ASTM Pub. E 380-93, Philadelphia, 1993.

LAMPIRAN 2**Power:**

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ ft} \cdot \text{lb}/\text{s} = 33\,000 \text{ ft} \cdot \text{lb}/\text{min} = 2545 \text{ Btu}/\text{h} = 0.746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ W} = \text{J}/\text{s} = \text{N} \cdot \text{m}/\text{s} = \text{volt} \cdot \text{ampere} = 1.34 \times 10^{-3} \text{ hp} = 0.239 \text{ cal}/\text{s}$$

$$= 9.49 \times 10^{-4} \text{ Btu}/\text{s}$$

Pressure:

$$1 \text{ atm} = 101.3 \text{ kPa} = 1.013 \text{ bar} = 14.696 \text{ lbf}/\text{in.}^2 = 33.89 \text{ ft of water}$$

$$= 29.92 \text{ inches of mercury} = 1.033 \text{ kgf}/\text{cm}^2 = 10.33 \text{ m of water}$$

$$= 760 \text{ mm of mercury} = 760 \text{ torr}$$

$$1 \text{ psi} = \text{atm}/14.696 = 6.89 \text{ kPa} = 0.0689 \text{ bar} = 27.7 \text{ in. H}_2\text{O} = 51.7 \text{ torr}$$

$$1 \text{ Pa} = \text{N}/\text{m}^2 = \text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}^2 = 10^{-5} \text{ bar} = 1.450 \times 10^{-4} \text{ lbf}/\text{in.}^2$$

$$= 0.0075 \text{ torr} = 0.0040 \text{ in. H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.987 \text{ atm} = 14.5 \text{ psia}$$

Psia, psig:

Psia means pounds per square inch, absolute. Psig means pounds per square inch, gauge, i.e., above or below the local atmospheric pressure.

Viscosity:

$$1 \text{ cp} = 0.01 \text{ poise} = 0.01 \text{ g}/\text{cm} \cdot \text{s} = 0.001 \text{ kg}/\text{m} \cdot \text{s} = 0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$= 6.72 \times 10^{-4} \text{ lbm}/\text{ft} \cdot \text{s} = 2.42 \text{ lbm}/\text{ft} \cdot \text{h} = 2.09 \times 10^{-5} \text{ lbf} \cdot \text{s}/\text{ft}^2$$

$$= 0.01 \text{ dyne} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$$

Kinematic viscosity:

$$1 \text{ cs} = 0.01 \text{ stoke} = 0.01 \text{ cm}^2/\text{s} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ cp}/(\text{g}/\text{cm}^3)$$

$$= 1.08 \times 10^{-5} \text{ ft}^2/\text{s} = \text{cp}/(62.4 \text{ lbm}/\text{ft}^3)$$

Temperature:

$$\text{K} = ^\circ\text{C} + 273.15 = ^\circ\text{R}/1.8 \approx ^\circ\text{C} + 273 \quad ^\circ\text{C} = (^\circ\text{F} - 32)/1.8$$

$$^\circ\text{R} = ^\circ\text{F} + 459.67 = 1.8 \text{ K} \approx ^\circ\text{F} + 460 \quad ^\circ\text{F} = 1.8^\circ\text{C} + 32$$

Concentration (ppm):

In the air pollution literature and in this book, ppm applied to a gas always means parts per million by volume or by mol. These are identical for an ideal gas, and practically identical for most gases of air pollution interest at 1 atm pressure. Ppm applied to a liquid or solid means parts per million by mass.

For perfect gases at 1 atm and 25°C, 1 ppm = (40.87 · molecular weight) $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Common Units and Values for Problems and Examples:

See inside back cover.

LAMPIRAN 3Table 7.7 Wind Profile Exponent p , for Rough Terrain^a

Stability Class	Description	Exponent p
A	Very unstable	0.15
B	Moderately unstable	0.15
C	Slightly unstable	0.20
D	Neutral	0.25
E	Slightly stable	0.40
F	Stable	0.60

^a For smooth terrain, multiply p by 0.6; see Table 7.8 for further descriptions of the stability classifications used here (Peterson, 1978).

Section 7.11 The Point-Source Gaussian Plume Model 411

Table 7.8 Atmospheric Stability Classifications

Surface wind speed ^a (m/s)	Day solar insolation			Night cloudiness ^e	
	Strong ^b	Moderate ^c	Slight ^d	Cloudy ($\geq 4/8$)	Clear ($\leq 3/8$)
< 2	A	A-B ^f	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

^aSurface wind speed is measured at 10 m above the ground.

^bCorresponds to a clear summer day with sun higher than 60° above the horizon.

^cCorresponds to a summer day with a few broken clouds, or a clear day with sun 35-60° above the horizon.

^dCorresponds to a fall afternoon, or a cloudy summer day, or clear summer day with the sun 15-35° above the horizon.

^eCloudiness is defined as the fraction of sky covered by clouds.

^fFor A-B, B-C, or C-D conditions, average the values obtained for each.

Note: A, Very unstable; B, moderately unstable; C, slightly unstable; D, neutral; E, slightly stable; F, stable. Regardless of windspeed, class D should be assumed for overcast conditions, day or night.

Source: Turner (1970).

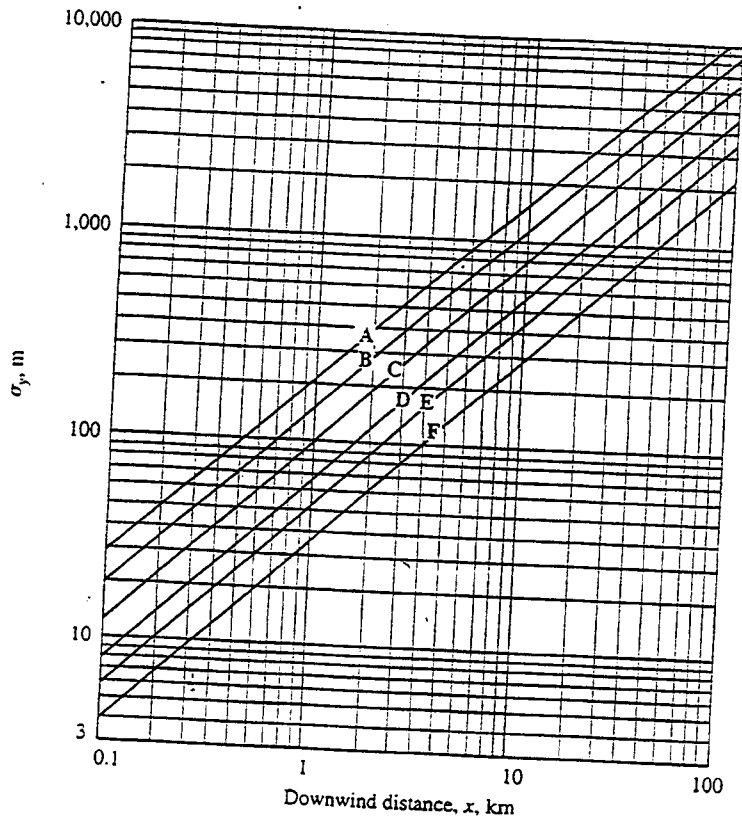


FIGURE 6.7
Horizontal dispersion coefficient σ_y as a function of downwind distance from the source for various stability categories. See Problem 6.16. (From Turner [7].)

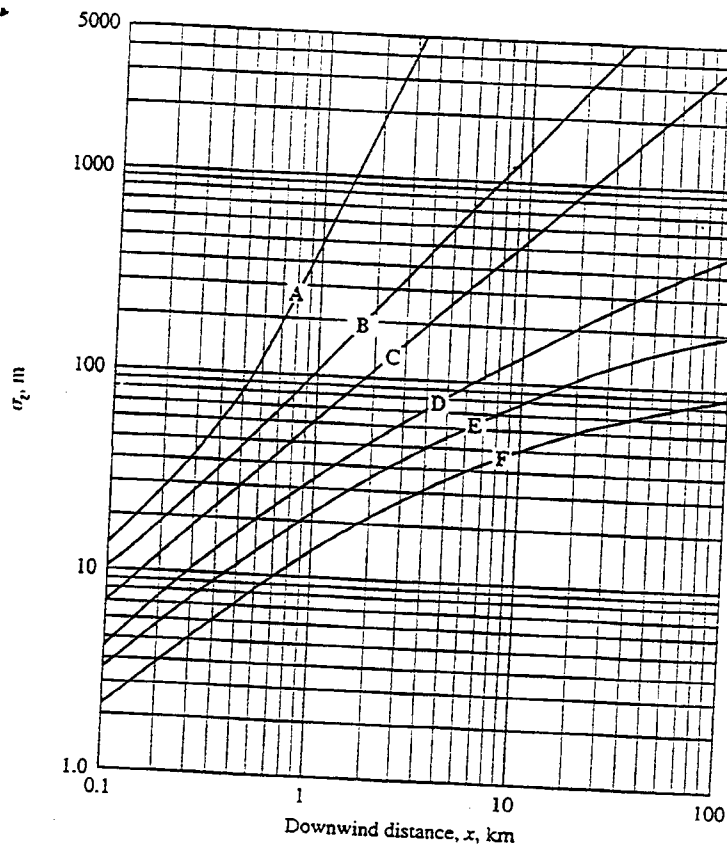


FIGURE 6.8
Vertical dispersion coefficient σ_z as a function of downwind distance from the source for various stability categories. See Problem 6.16. (From Turner [7].)

LAMPIRAN 5

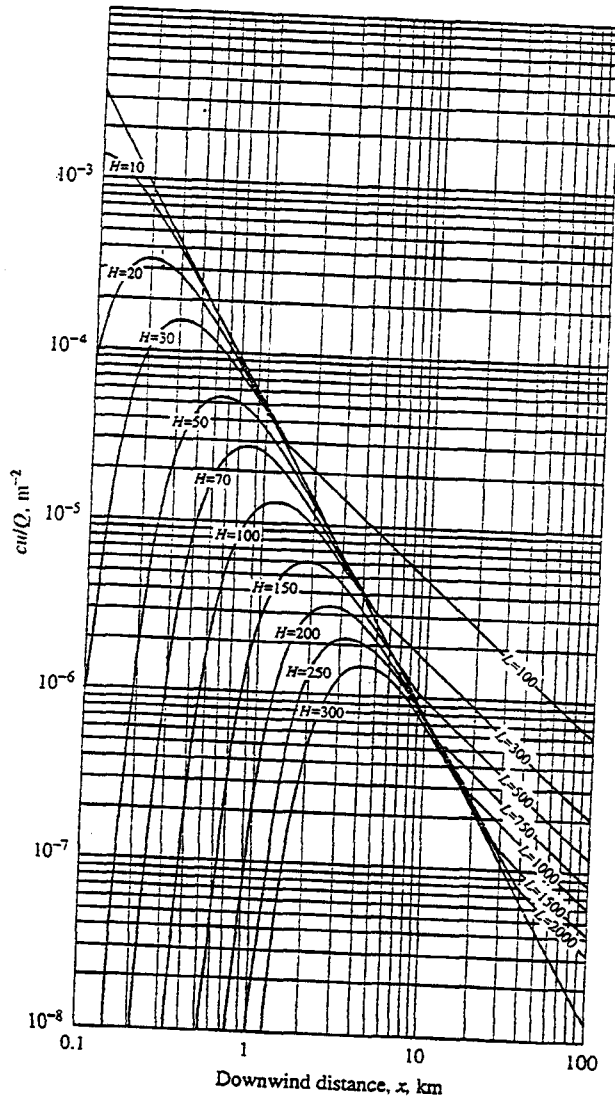


FIGURE 6.9
 Ground-level c_u/Q , directly under the plume centerline, as a function of downwind distance from the source and effective stack height, H , in meters, for C stability only. (From Turner [7].) Here L is the atmospheric mixing height, also in meters.

LAMPIRAN 6

Maklumat tambahan

- (1) Hukum gas unggul, $PV = nRT$

P = tekanan mutlak, atm

V = isipadu, m^3

n = bilangan mol gas

R = pemalar gas unggul = $0.082056 \text{ L.atm. K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

T = suhu mutlak, K

$K = ^\circ\text{C} + 273.15$

- (2) Berat atom C = 12
 O = 18
 H = 1

$$(3) \quad \text{mg/m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{Berat molekul}}{22.414} \times \frac{273.15\text{K}}{\text{T(K)}} \times \frac{\text{P (atm)}}{1 \text{ atm}}$$

$$(4) \quad \text{Re}_p = \frac{U_p d_p \rho_f}{\mu_f} \quad (\text{No Reynolds Partikel})$$