
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2003/2004

Feb / Mac 2004

JNK 401/3– ENJIN PEMBAKARAN DALAM

Masa : 3 jam

ARAHAN KEPADA CALON :

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEPULUH (10)** mukasurat dan **TUJUH (7)** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Sila jawab **LIMA (5)** soalan sahaja.

Calon boleh menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Jika calon ingin menjawab dalam Bahasa Inggeris sekurang-kurangnya **SATU (1)** soalan perlu dijawab dalam Bahasa Malaysia.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

Serahkan **KESELURUHAN** soalan dan jawapan kertas peperiksaan ini kepada Ketua Pengawas di akhir sidang peperiksaan. Pelajar yang gagal berbuat demikian akan diambil tindakan disiplin.

KETUA PENGAWAS : Sila pungut :

- (a) **KESELURUHAN** kertas soalan ini (tanpa diceraikan mana-mana muka surat) dan mana-mana kertas soalan peperiksaan ini yang berlebihan untuk dikembalikan kepada Bahagian Peperiksaan, Jabatan Pendaftar, USM.

Peringatan :

1. Sila pastikan bahawa anda telah menulis angka giliran dengan betul.

- S1. [a] Enjin disel mempunyai pelbagai rekabentuk kebuk pembakaran. Lakarkan jenis-jenis kebuk pembakaran dan terangkan dengan ringkas penggunaannya.

Diesel engines have several combustion chamber designs. Sketch the various types of combustion chambers and explain briefly their application.

(40 markah)

- [b] A sebuah enjin disel 4 lejang mempunyai data berikut:

Kuasa indicated:	12.9 kW/m³
Muatan	3 litre
Silinder	single
Kecekapan isipadu	80%
Keadaan udara masukan	1.013 bar, 15°C

Sebuah penghembus dipasang untuk supercharging. Kecekapan isentropi adalah 75% dan nisbah tekanan 1.7. Isipadu cas daripada penghembus adalah sam dengan isipadu tersapu.

Tentukan tambahan kuasa brek yang terhasil. Kecekapan mekanik adalah 80%.

A 4 stroke diesel engine has the following data:

<i>Indicated power:</i>	<i>12.9 kW/m³</i>
<i>Capacity</i>	<i>3 litre</i>
<i>Cylinder</i>	<i>single</i>
<i>Volumetric efficiency</i>	<i>80%</i>
<i>Air inlet condition</i>	<i>1.013 bar, 15°C</i>
<i>Engine speed</i>	<i>3500 rev/min</i>

A blower is to be fitted in an engine for supercharging. The isentropic efficiency is 75% and works with a pressure ratio of 1.7. The volume charge from the blower is the same as the swept volume.

Calculate the increase in the brake power to be expected from the engine. Take all mechanical efficiencies to be 80%.

(60 markah)

...3/-

- S2. [a] Lakarkan gambarajah kadar haba lepasan yang menunjukkan ciri pembakaran bagi enjin disel. Terangkan berdasarkan lakaran tersebut tahap-tahap proses pembakaran yang berlaku.

Sketch the heat release rate diagram showing the combustion characteristics for a diesel engine. Based on the diagram explain the stages of the combustion.

(50 markah)

- [b] Sebuah trak disel dihidupkan pada keadaan sejuk. Andaikan data berikut :

Tekanan manifold masukan P_i	1 atm
Suhu manifold masukan	255K
Exponen politropik	1.13
Laju	100rev/min
Garispusat dalam = lejang	120mm
No Cetane.	45

Gunakan persamaan berikut untuk membuat sebuah graf τ_{id} (in degrees) sebagai fungsi nisbah mampatan $r_c = 12-20$. Jika lengah pencucuhan mesti kurang daripada 20° CA bagi menghidupkan enjin, apakah nisbah mampatan?

A diesel truck engine is to be started when cold. Assume the following data :

<i>Intake manifold pressure P_i</i>	<i>1 atm</i>
<i>Intake manifold temp</i>	<i>255K</i>
<i>Polytropic exponent</i>	<i>1.13</i>
<i>Speed</i>	<i>100rev/min</i>
<i>Bore = stroke</i>	<i>120mm</i>
<i>Cetane no.</i>	<i>45</i>

Use the following equation to develop a graph of τ_{id} (in degrees) as a function of compression ratio $r_c = 12-20$. If the ignition delay must be less than 20° CA for satisfactory starting, what compression ratio is required?

$$\tau_{id}(CA) = (0.36 + 0.22\bar{S}p) \exp \left(E_A \left(\frac{1}{RT} - \frac{1}{17190} \right) \left(\frac{21.2}{P-12.4} \right)^{0.63} \right)$$

$$T_{TC} = T_i r_c^{n-1}$$

$$P_{TC} = P_i r_c^n$$

(50 markah)

...4/-

- S3. [a] Terangkan pembentukan NO_x dalam enjin pembakaran dalam dan kesannya daripada pembolehubah enjin.

Explain the formation of NO_x and the its effect from the engine variables.

(40 markah)

- [b] Sebuah petrol menggunakan pada purata 120 gram/k minyak petrol per kilometer. Purata pencemaran sebelum katalis adalah seperti berikut:

NO _x (NO ₂)	1.5 grams/km
HC	2 grams/km
CO	20 grams/km.

Enjin tersebut beroperasi pada keadaan nisbah udara-bahanapi stoikiometer. Tentukan purata konsentrasi dalam ppm NO_x, HC (sebagai ppm C) dan CO didalam ekzos enjin.

Jika katalis tiga digunakan, apakah pencemaran selepas enjin dalam gram/km. Rujuk Rajah S3[b].

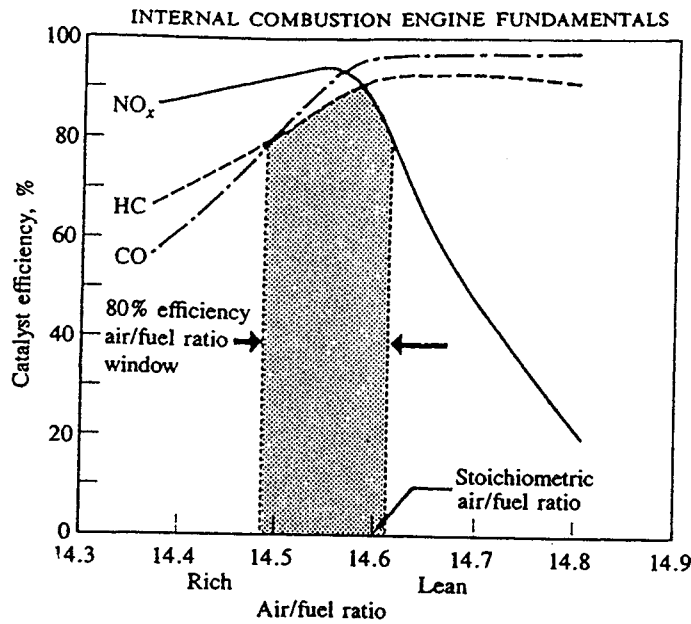
A spark ignition engine uses on average 120 gms of petrol oil per kilometer. The average emissions from the engine before the catalyst are as follows:

NO _x (NO ₂)	1.5 grams/km
HC	2 grams/km
CO	20 grams/km.

The engine operates with stoichiometric air-fuel ratio. Find the average concentrations in ppm (part per million) of NO_x, HC (as ppm of C) and CO in the engine exhaust.

If a three way catalyst is used what are the emissions after the catalyst in terms of gram/km. Refer to Figure Q3[b].

...5/-



Rajah S3[b]
Figure Q3[b]

(60 markah)

S4. [a] Bezakan antara entalpi pembentukan dan entalpi pembakaran.

Differentiate between enthalpy of formation and enthalpy of combustion.

(20 markah)

[b] Bahanapi diesel $C_{12}H_{26}$ pada 298K dibakar secara aliran mantap di dalam kebuk pembakaran dengan 20% udara lebihan yang masuk pada 298K. Hasil-hasil pembakaran keluar pada 500K. Dengan mengandaikan pembakaran adalah sempurna, tentukan kadar alir jisim bahanapi diesel yang diperlukan bagi membekalkan haba pada kadar 3000 kJ/s. Data-data berikut boleh digunakan :

Diesel fuel $C_{12}H_{26}$ at 298K is burned in a steady flow combustion chamber with 20% excess air that also enters at 298K. The products leave the combustion chamber at 500K. Assuming combustion is complete, determine the required mass flow rate of the diesel fuel to supply heat at a rate of 3000 kJ/s. The following data may be used :

...6/-

Jadual S4[b]
Table Q4[b]

	h_f° (kJ/kmol)	\bar{h}_{298} (kJ/kmol)	\bar{h}_{500} (kJ/kmol)
C ₁₂ H ₂₆	-291010	-	-
O ₂	0	8682	14770
N ₂	0	8669	14581
H ₂ O _(g)	-241820	9904	16828
CO ₂	-393520	9364	17678

(60 markah)

- [c] Sejenis bahanapi dibakar secara sempurna dengan amaun udara stoikiometri dan kemudiannya dengan amaun oksigen stoikiometri. Kes manakah akan menghasilkan suhu nyalaan adiabatik yang lebih tinggi? [Pembayang : tidak perlu sebarang pengiraan].

A fuel is completely burned first with the stoichiometric amount of air and then with the stoichiometric amount of pure oxygen. For which case will the adiabatic flame temperature be higher ?

[Hint : no calculation required].

(20 markah)

- S5. [a] Lukiskan dengan kemas tiga jenis kebuk pembakaran enjin cucuhan bunga api. Terangkan kesan-kesan gelora ke atas nyalaan ketika pembakaran di dalam enjin cucuhan bunga api.

Neatly draw three types of combustion chambers of spark ignition engine. Explain the effects of turbulence on the flame during combustion in a spark ignition engine.

(50 markah)

- [b] Sebuah enjin cucuhan bunga api dua lejang pada kelajuan 3000 ppm menyedut masuk 0.1 gram campuran udara-bahanapi ketika lejang masukan. Cucuhan bunga api terjadi pada 22°BTDC dan nyalaan bergelora tersebar secara sfera dan membakar campuran udara-bahanapi dalam tempoh pembakaran 35° sudut engkol. Pada TDC, tekanan dan suhu campuran udara-bahanapi tak terbakar ialah 22.3 bar dan 1005K masing-masing. Halaju nyalaan gelora boleh dikira dengan menggunakan persamaan di bawah :

...7/-

$$S_T = (1 + 0.002N) \left\{ 0.26 \left(\frac{T_U}{298} \right)^{2.18} (P_U)^{-0.16} \right\}$$

iaitu N ialah halaju enjin dalam ppm, T_U dan P_U ialah suhu dan tekanan campuran udara-bahanapi tak terbakar pada TDC. Pemalar gas bagi campuran udara-bahanapi tak terbakar pada TDC ialah 287 J/kgK. Kirakan luas permukaan nyalaan apabila sampai ke TDC. [Pembayang : gunakan fungsi Wiebe bagi mengira pecahan jisim terbakar].

$$x_b = 1 - \exp \left[-a \left(\frac{\theta - \theta}{\Delta\theta} \right)^{m+1} \right] a = 5, m = 2$$

$$S_T = \frac{dm_b / dt}{\Delta_f p_u}$$

A two-stroke spark ignition engine running at 3000 rev/min takes 0.1 gram of air-fuel mixture during the induction stroke. Spark occurs at 22° BTDC and a turbulent flame spreads spherically which consumes the entire air-fuel mixture in 35° crank angle. At TDC, the pressure and temperature of unburned air-fuel mixture are 22.3 bar and 1005K respectively. The turbulent flame speed can be calculated using the following equation:

$$S_T = (1 + 0.002N) \left\{ 0.26 \left(\frac{T_U}{298} \right)^{2.18} (P_U)^{-0.16} \right\}$$

N is engine speed in rpm, T_U and P_U are temperature and pressure at TDC. The gas constant of unburned air-fuel mixture at TDC is 287 J/kgK. Calculate the surface area of the flame when it reaches TDC. [Hint : use Wiebe function to calculate the mass fraction burned].

$$x_b = 1 - \exp \left[-a \left(\frac{\theta - \theta}{\Delta\theta} \right)^{m+1} \right] a = 5, m = 2$$

$$S_T = \frac{dm_b / dt}{\Delta_f p_u}$$

(50 markah)

...8/-

S6. [a] Sebuah enjin petrol empat-lejang V6 3 liter menghasilkan keluaran maksimum 100 kW pada 5500 ppm dan tork maksimum 236 Nm pada 3000 ppm. Penggunaan bahanapi tentu minima ialah 0.090 kg/MJ pada 3000 ppm dan kadar alir udara ialah 0.068 m³/s. Nisbah mampatan ialah 8.9 : 1 dan kecekapan mekanik ialah 90 peratus. Enjin berkenaan diuji pada keadaan persekitaran 20°C dan 1 bar. Ambil nilai kalori bahanapi 44 MJ/kg. Kirakan

- (i) kuasa keluaran pada 3000 ppm dan tork keluaran pada 5500 ppm.
- (ii) tekanan berkesan min brek dan tekanan berkesan min tertunjuk pada 3000 ppm dan 5500 ppm.

- (iii) kecekapan isipadu pada 3000 ppm.
- (iv) nisbah udara-bahanapi pada 3000 ppm.

A four-stroke 3 litre V6 spark ignition petrol engine has a maximum output of 100 kW at 5500 rpm and maximum torque of 236 Nm at 3000 rev/min. The minimum specific fuel consumption is 0.090 kg/MJ at 3000 rev/min and the air flow rate is 0.068 m³/s. The compression ratio is 8.9 : 1 and the mechanical efficiency is 90 percent. The engine was tested under ambient conditions of 20°C and 1 bar. Take the calorific value of the fuel to be 44 MJ/kg. Calculate

- (i) *the power output at 3000 rev/min and the torque output at 5500 rev/min.*
- (ii) *the brake mean effective pressure (bme_p) and the indicated mean effective pressure (ime_p) at 3000 rev/min and 5500 rev/min.*
- (iii) *volumetric efficiency at 3000 rev/min.*
- (iv) *air-fuel ratio at 3000 rev/min.*

(75 markah)

[b] Enjin-enjin pembakaran dalam mempunyai nilai halaju ombok min dan tekanan berkesan min brek yang hampir sama. Mengapa ?

Internal combustion engines have almost the same values of mean piston speed and brake mean effective pressure. Why ?

(25 markah)

S7. [a] Data-data berikut ialah bagi sebuah enjin petrol empat lejang :

Isipadu tersapu	:	855 cc
Halaju enjin	:	5400 ppm
Kecekapan isipadu	:	70%
Nisbah udara-bahanapi	:	13:1
Halaju udara pada kerongkongan	:	105 m/s
Pekali luahan pada kerongkongan	:	0.85

...9/-

Pekali luahan jet petrol	:	0.66
Graviti tentu petrol	:	0.75
Tekanan dan suhu atmosfera	:	1.013 bar dan 15°C

- (i) Kirakan garispusat kerongkongan.
- (ii) Jika pada keadaan yang dinyatakan di atas, paras petrol adalah 6.5 sm di bawah paras kerongkongan, kirakan garispusat orifis jet petrol.

$$\dot{m}_a = \frac{C_{D_r} A_r p_o}{\sqrt{RT_o}} \left(\frac{p_r}{p_o}\right)^{1/\gamma} \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{p_r}{p_o}\right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \right\}^{1/2}$$

$$\dot{m}_f = C_{D_o} A_o (2\rho_f \Delta P_f)^{1/2}$$

$$\Delta P_f = \Delta P_a - \rho_f g h$$

$$v_r = \sqrt{\left[2T_o c_{p_o} \left\{ 1 - \left(\frac{p_r}{p_o}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right\} \right]}, \quad c_{p_o} = 1.005 \text{ kJ/kgK}$$

The following data refer to a four-stroke spark ignition engine :

Swept volume	:	855 cc
Engine speed	:	5400 rev/min
Volumetric efficiency	:	70%
Air-fuel ratio	:	13:1
Air velocity at throat	:	105 m/s
Discharge coefficient at throat	:	0.85
Discharge coefficient at jet orifice	:	0.66
Specific gravity of fuel	:	0.75
Atmospheric pressure and temperature	:	1.013 bar and 15°C

- (i) Calculate the diameter of the throat.
- (ii) If for the above case, the fuel level is 6.5 cm below the throat, calculate the diameter of the fuel jet orifice.

$$\dot{m}_a = \frac{C_{D_r} A_r p_o}{\sqrt{RT_o}} \left(\frac{p_r}{p_o}\right)^{1/\gamma} \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{p_r}{p_o}\right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \right\}^{1/2}$$

$$\dot{m}_f = C_{D_o} A_o (2\rho_f \Delta P_f)^{1/2}$$

...10/-

$$\Delta P_f = \Delta P_a - \rho_f g h$$

$$v_T = \sqrt{\left[2T_o c_{p_o} \left\{ 1 - \left(\frac{P_T}{P_o} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right\} \right]}, c_{p_o} = 1.005 \text{ kJ/kgK}$$

(75 markah)

[b] Berikan penjelasan ringkas berkenaan dengan fenomena-fenomena berikut :

- (i) Karburetor perlu membekalkan campuran kaya ketika julat kuasa.
- (ii) Aliran bahanapi di dalam karburetor adalah lebih besar dari yang dijangkakan.

Explain briefly the following phenomena:

- (i) *Carburetor should provide a rich mixture during power range.*
- (ii) *The fuel flow in the carburetor is larger than expected.*

(25 markah)

-000000000-