
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2012/2013 Academic Session

June 2013

EBP 307/2 – Polymer Rheology *[Reologi Polimer]*

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please ensure that this examination paper contains ELEVEN printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEBELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of SIX questions. THREE questions in PART A and THREE questions in PART B.

[Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan. TIGA soalan di BAHAGIAN A dan TIGA soalan di BAHAGIAN B.]

Instruction: Answer **FOUR** questions. Answer **TWO** questions from PART A and **TWO** questions from PART B. If a candidate answers more than four questions only the first four questions answered in the answer script would be examined.

*[Arahan: Jawab **EMPAT** soalan. Jawab **DUA** soalan dari BAHAGIAN A dan **DUA** soalan dari BAHAGIAN B. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]*

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] Define the followings:
- (i) Rheology
 - (ii) Deformation

Takrifkan yang berikut:

- (i) Reologi
- (ii) Ubah bentuk

(10 marks/markah)

- [b] Describe the 2 common explanations for pseudoplastic behavior.

Huraikan 2 penjelasan yang biasa bagi kelakuan 'pseudoplastic'.

(20 marks/markah)

- [c] Using the power law, $\tau = m\dot{\gamma}^n$ on the following data, determine m and n . Consider only 2 decimal points throughout your calculations.

Dengan menggunakan hukum kuasa $\tau = m\dot{\gamma}^n$ terhadap data berikut, tentukan m dan n . Pertimbangkan dua titik perpuluhan dalam pengiraan anda.

τ (Nm ⁻²)	$\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)
36.5	415
43.4	748
47.1	929
53.6	1360
56.6	1630
61.6	2110
65.3	2360
69.5	2710
74.8	3400

(30 marks/markah)

...3/-

- [d] Construct the expressions for shear rate at wall for a Newtonian fluid flow through a pipe (Figure 1). State your assumptions.

Dapatkan ungkapan bagi kadar ricih pada dinding untuk bendalir Newtonian yang mengalir melalui paip (Rajah 1). Nyatakan anggapan anda.

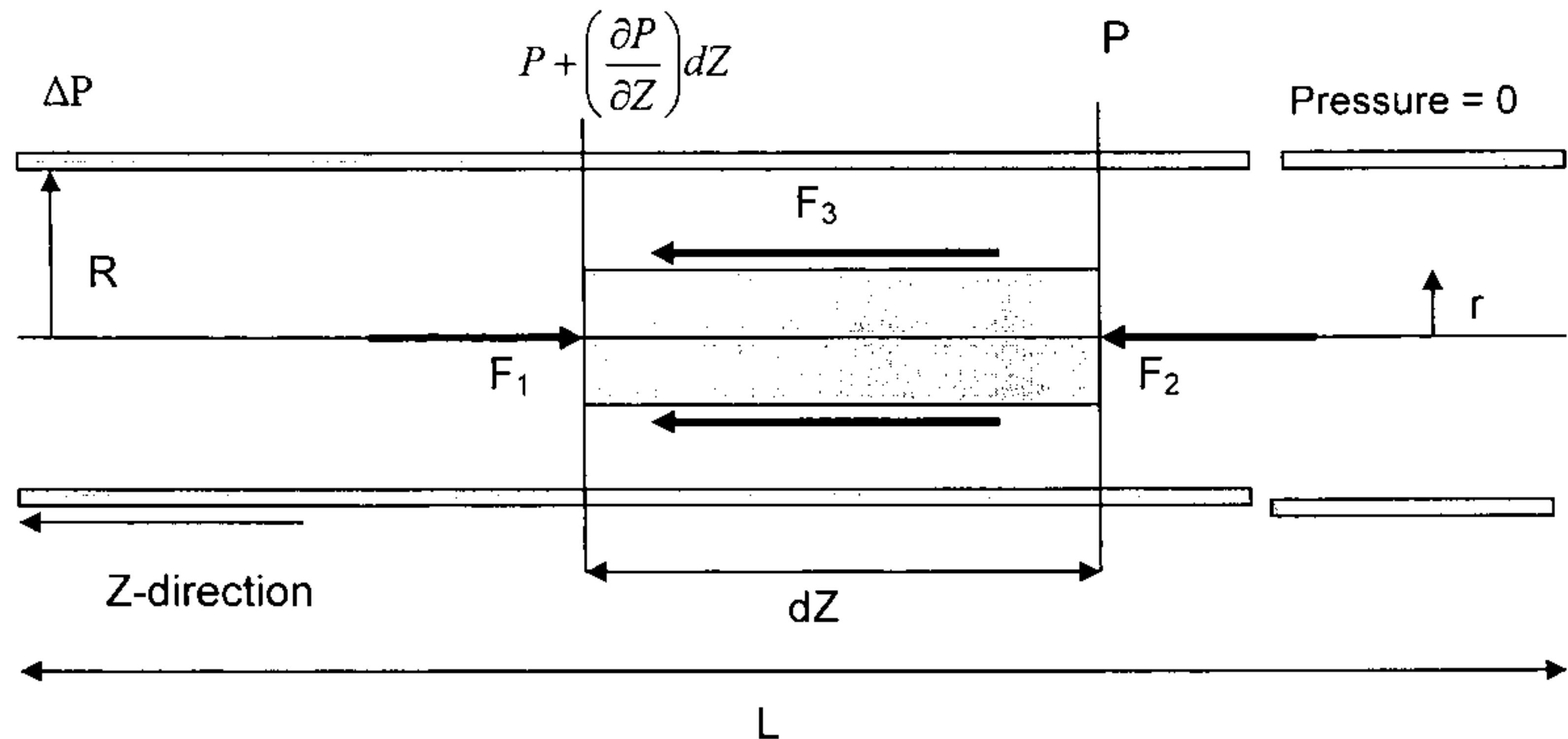


Figure 1 - Balances of forces on a fluid element moving along with the flow in a pipe.
Rajah 1 - Imbangan daya yang bertindak ke atas unsur yang bergerak bersama aliran di dalam paip.

(40 marks/markah)

2. [a] Define the followings:
- (i) Non-Newtonian fluids
 - (ii) Time-independent fluids

Takrifkan yang berikut:

- (i) *Bendalir tak Newtonian*
- (ii) *Bendalir tak berdasarkan masa*

(10 marks/markah)

- [b] Figure 2 shows apparent viscosity – shear stress relationship for polypropylene (PP) at various temperatures.

Rajah 2 mempamerkan perhubungan kelikatan ketara – tegasan ricih bagi polipropilena pada suhu berbeza.

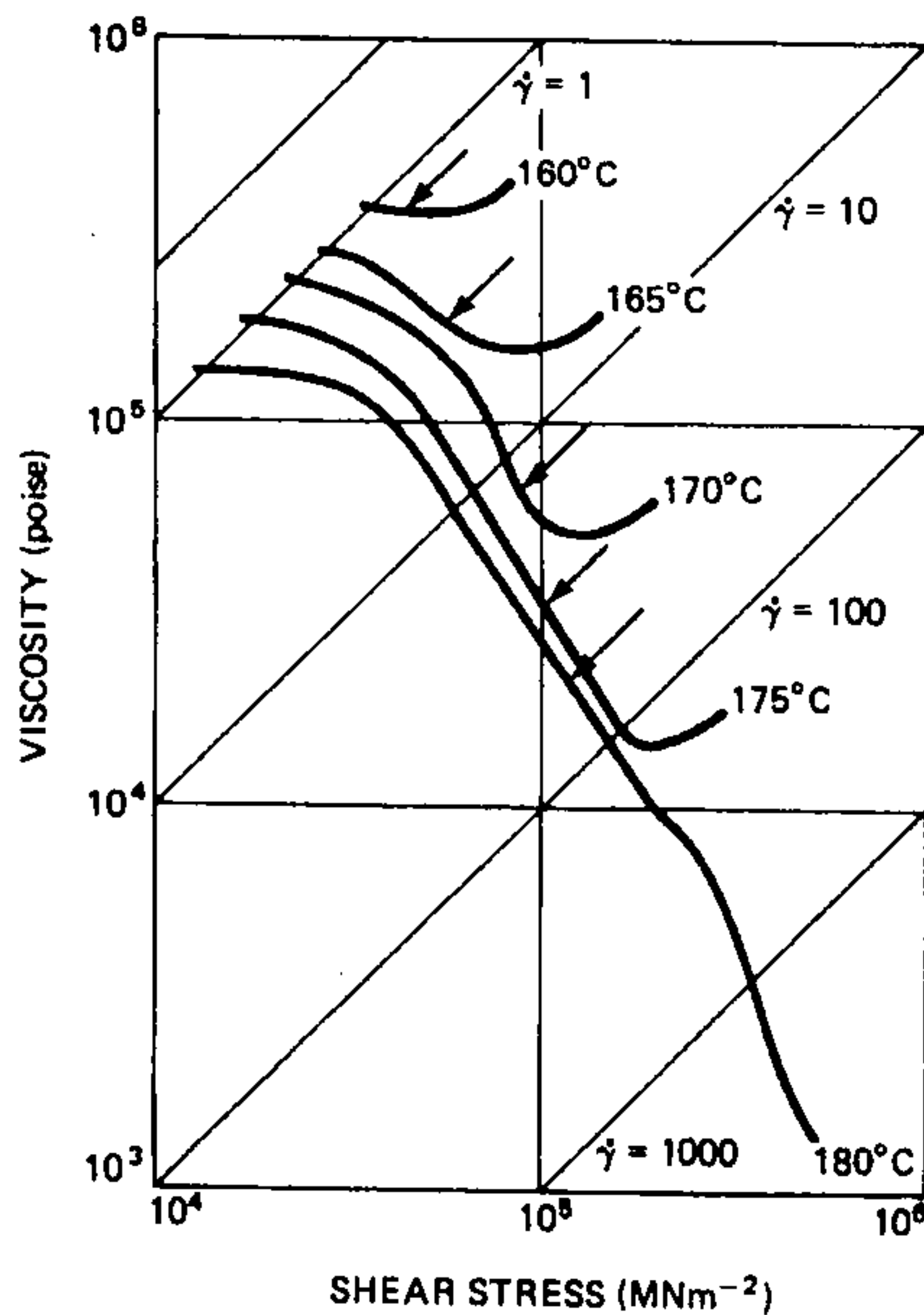


Figure 2 - Apparent viscosity-shear stress relationship for polypropylene at various temperatures

Rajah 2 - Perhubungan kelikatan ketara-tegasan ricih bagi polipropilena pada suhu berbeza

Briefly explain the flow behavior of PP at different temperatures with increasing shear stress. What accounts for the upward sweep of the curves observed for PP at temperatures lower than 180°C?

Secara ringkas terangkan sifat aliran bagi PP pada suhu berbeza dengan peningkatan tegasan ricih. Apakah yang menerangkan perubahan menaik lengkungan bagi PP pada suhu-suhu yang lebih rendah daripada 180°C?

(20 marks/markah)

[c] Write a short note on the Carreau Model.

Tuliskan nota ringkas tentang model Carreau.

(20 marks/markah)

- [d] Construct the expressions for shear rate at wall for a power-law fluid flow through between 2 wide parallel plates (Figure 3). State your assumptions.

Dapatkan ungkapan bagi kadar ricih pada dinding untuk bendalir hukum kuasa yang mengalir di antara 2 plat yang lebar (Rajah 3). Nyatakan anggapan anda.

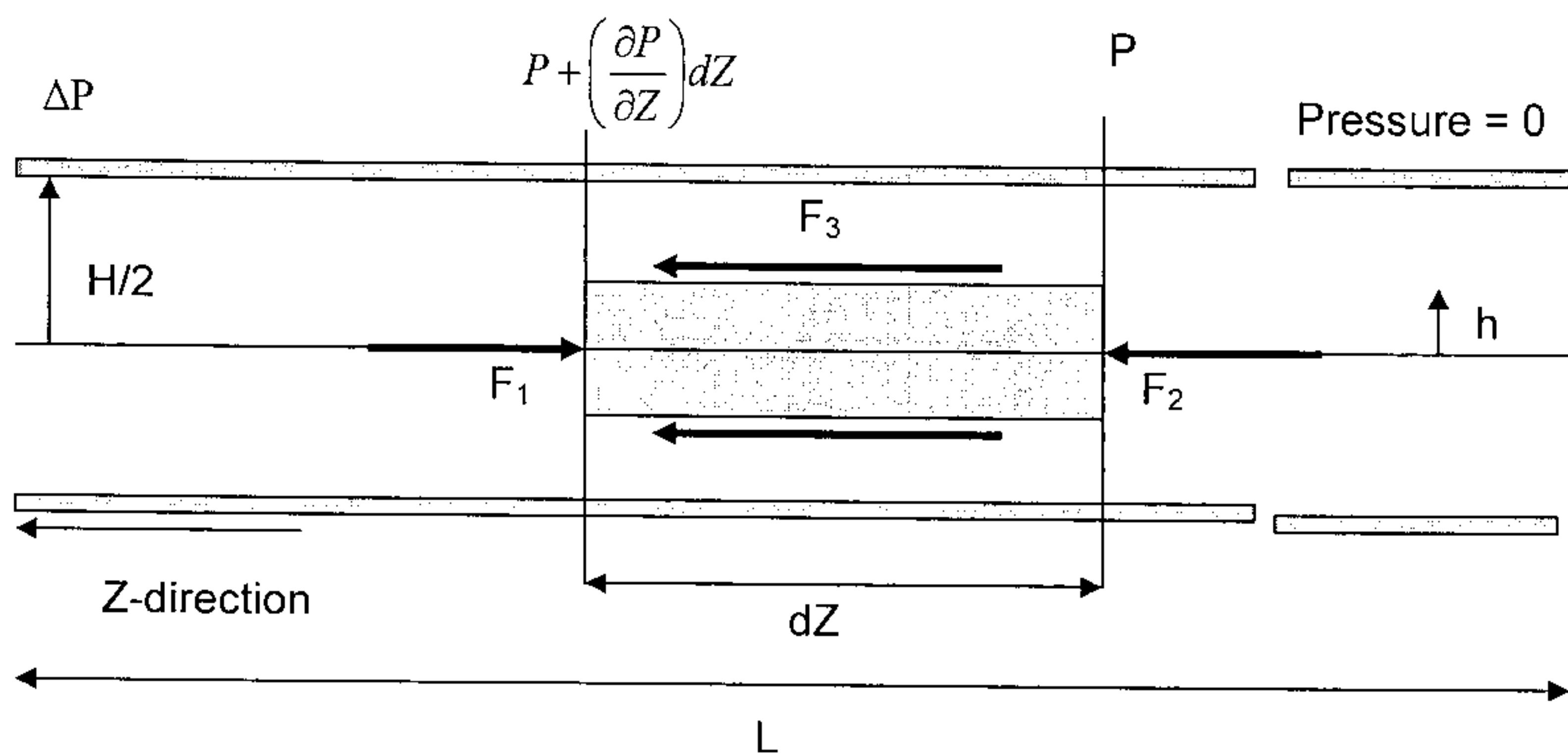


Figure 3 - Balances of forces on a fluid element moving along with the flow through between 2 wide parallel plates

Rajah 3 - Imbangan daya yang bertindak ke atas unsur yang bergerak bersama aliran di antara 2 plat yang lebar

(50 marks/markah)

3. [a] Define the followings:
- (i) Time-dependent fluids
 - (ii) Elasticoviscous fluids

Takrifkan yang berikut:

- (i) *Bendalir bersandarkan masa*
- (ii) *Bendalir 'elasticoviscous'*

(10 marks/markah)

- [b] The flow properties of polymer melts could not be determined at very high shear rates. Why?

Sifat-sifat aliran bagi leburan polimer tidak dapat ditentukan pada kadar ricih yang tinggi. Kenapa?

(20 marks/markah)

- [c] 'Polymer fluids display three characteristic regions of flow properties over a wide range of shear rates (Figure 4)'. Briefly describe this statement.

'Bendalir polimer mempamerkan tiga ciri kawasan bagi sifat-sifat aliran pada julat tegasan ricih yang besar (Rajah 4)'. Secara ringkas jelaskan kenyataan ini.

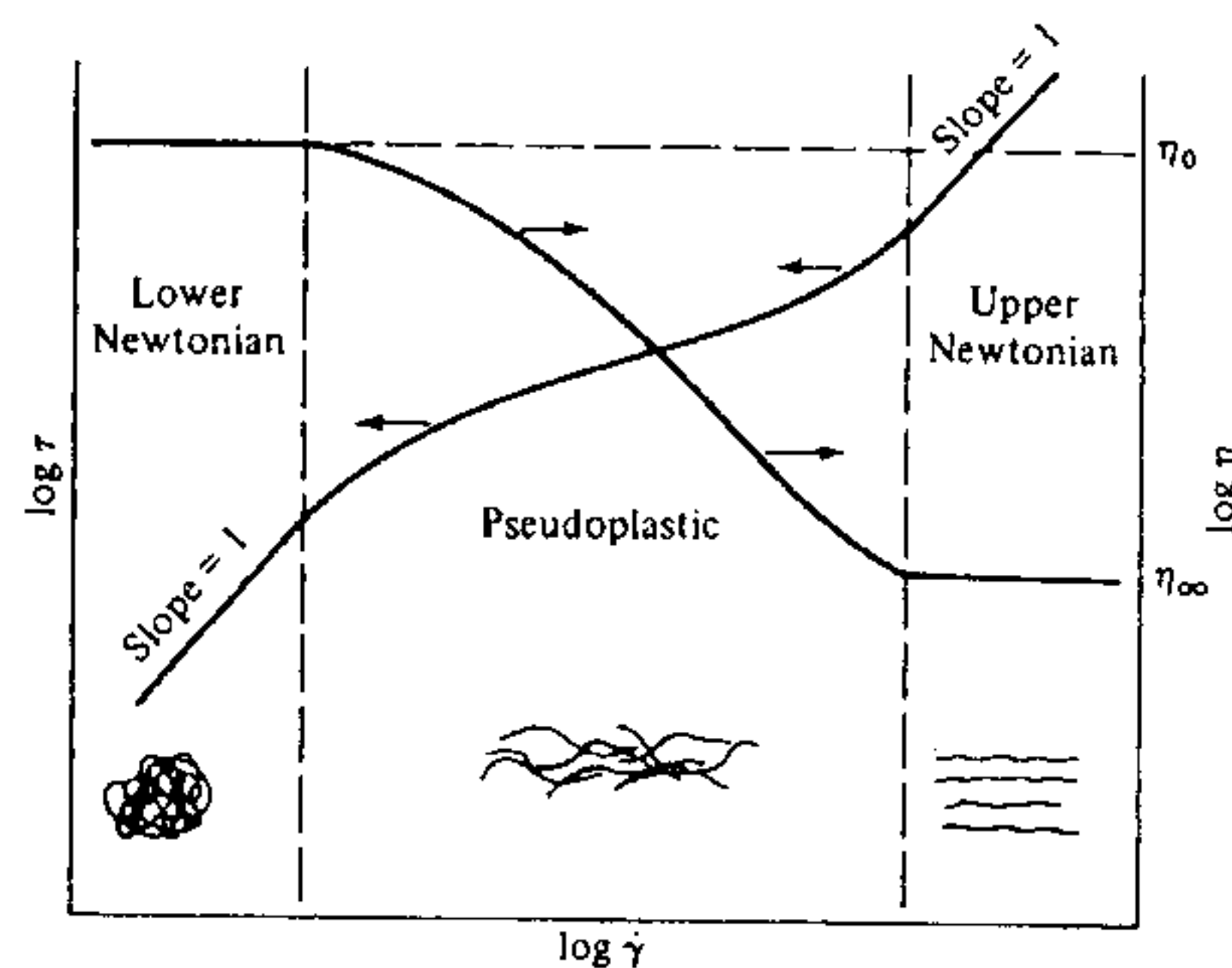


Figure 4 - Generalized flow properties for polymer fluids
Rajah 4 - Sifat-sifat aliran teritlak bagi bendalir polimer

(40 marks/markah)

...8/-

- [d] The average fluid velocity as a function of radial position for a power-law fluid flow through a pipe is given as:

Purata halaju bendalir sebagai fungsi posisi jejari bagi bendalir hukum kuasa mengalir melalui paip diberi sebagai:

$$\frac{v_z}{v_0} = 1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{\frac{n+1}{n}}$$

Calculate and sketch the velocity profiles for $n = 0.5$, $n = 1$, and $n = 1.5$.

Kira dan lakar profi halaju bagi $n = 0.5$, $n = 1$, dan $n = 1.5$.

(30 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

4. [a] Explain the differences between constant shear stress capillary rheometer and constant shear rate capillary rheometer. Use suitable diagrams if necessary.
- State one (1) additional feature that is required for each capillary rheometer in order to complete their function in studying polymer melt rheological behavior.

Terangkan perbezaan antara reometer kapilari tegasan ricih malar dan reometer kapilari kadar ricih malar. Gunakan gambarajah yang sesuai jika perlu.

Nyatakan satu (1) ciri tambahan yang perlu untuk setiap jenis reometer kapilari bagi melengkapkan fungsi mereka dalam mengkaji sifat reologi leburan polimer.

(50 marks/markah)

- [b] There are many defects related to the processing and fabrication of polymer product in an extrusion process such as melt fracture. With an aid of a suitable diagram, give an overview on how melt fractures evolve during extrusion process and what could be the possible causes of their occurrence.

Terdapat banyak kecacatan yang berkaitan dengan pemprosesan dan fabrikasi produk polimer dalam proses pengekstrudan seperti rekahan leburan. Berbantuan rajah yang sesuai, berikan satu gambaran keseluruhan tentang bagaimana rekahan leburan berlaku dalam proses pengekstrudan dan apakah penyebab-penyebab yang mungkin terhadap kejadian tersebut.

(50 marks/markah)

5. [a] Imagine you have graduated and are employed as a Polymer Engineer in a polystyrene drinking cup plant. Due to the limitations of your processing equipment, you normally have to heat the polymer to 160°C where the viscosity is only 150 Pa-s. Today, the new batch of polystyrene has a molecular weight of 95,000 instead of the normal molecular weight of 80,000 g/mol. Assuming that the melt is Newtonian, the T_g is 100°C and the WLF coefficients are $c_1 = 17.44$ and $c_2 = 51.6$, calculate the change in processing temperature which will keep the viscosity at 150 Pa-s and enable the new polystyrene to be processed as before.

Andaikan anda telah berijazah dan bekerja sebagai Jurutera Polimer di sebuah kilang cawan minuman polistirena. Disebabkan kekangan peralatan pemprosesan, kamu biasanya perlu memanaskan polimer ke suhu 160°C di mana kelikatan hanyalah 150 Pa-s. Hari ini, kelompok baru polistirena yang mempunyai berat molekul 95,000 berbanding berat molekul biasa 80,000 g/mol. Andaikan leburan bersifat Newtonian, T_g ialah 100°C dan pekali WLF adalah $c_1 = 17.44$ dan $c_2 = 51.6$, kirakan perubahan suhu pemprosesan yang akan mengekalkan kelikatan pada 150 Pa-s dan membolehkan polistirena yang baru diproses seperti sebelumnya.

(50 marks/markah)

- [b] Extrudate swell is one type of typical viscoelastic phenomenon that occurs during extrusion process. Elaborate on the reason and implications of its occurrence toward processing procedure. Suggest techniques that can be used to obtain reasonable results from the measurement of extrudate swell.

Pembengkakan ekstrudat merupakan satu fenomena kelikatkenyalan yang lazimnya berlaku dalam proses pengekstrudan. Huraikan sebab dan implikasi terjadinya fenomena tersebut terhadap prosedur pemprosesan. Cadangkan teknik-teknik yang boleh digunakan untuk mendapatkan keputusan yang baik daripada pengukuran pembengkakan ekstrudat.

(50 marks/markah)

6. [a] With the help of suitable diagrams, explain what is Superposition Technique and what is the use of this technique in polymer rheological study?

Dengan bantuan gambarajah bersesuaian, terangkan apakah itu Teknik Superposisi dan apakah kegunaannya dalam kajian reologi polimer?

(40 marks/markah)

- [b] Calculate the rheological parameters (i.e. shear stress, shear rate and viscosity) if MFI result give a value of 30 g/10min. The MFI test was conducted at 230°C using a standard 2.16 kg load.

Given:

Piston diameter	= 2 cm
Polymer melt density	= 0.75 g/cm ³
Die diameter	= 2 mm
L/D ratio of the die	= 4

Kirakan parameter-parameter reologi (iaitu tegasan ricih, kadar ricih dan kelikatan) sekiranya keputusan ujian MFI memberikan nilai 30 g/10min. Ujian MFI tersebut dilaksanakan pada suhu 230°C menggunakan suatu beban piawai seberat 2.16 kg.

Diberikan:

<i>Diameter piston</i>	<i>= 2 cm</i>
<i>Ketumpatan leburan polimer</i>	<i>= 0.75 g/cm³</i>
<i>Diameter dai</i>	<i>= 2 mm</i>
<i>Nisbah L/D dai</i>	<i>= 4</i>

(60 marks/markah)