

SULIT

UNIVERSITI MALAYSIA PERLIS

Peperiksaan Akhir Semester Pertama
Sidang Akademik 2025/2026

Januari - Februari 2026

KMJ20004 – Materials Structure & Properties
[Struktur & Sifat-sifat Bahan]

Masa : 3 jam

Please make sure that this question paper has **ELEVEN (11)** printed pages including this front page before you start the examination.

*[Sila pastikan kertas soalan ini mengandungi **SEBELAS (11)** muka surat yang bercetak termasuk muka hadapan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

This question paper has **SIX (6)** questions. Answer all **FOUR (4)** questions in **PART A** and **any ONE (1)** question only in **PART B**. Each question contributes 20 marks.

*[Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab semua **EMPAT (4)** soalan dalam **BAHAGIAN A** dan **mana-mana SATU (1)** soalan sahaja dalam **BAHAGIAN B**. Markah bagi tiap-tiap soalan adalah 20 markah.]*

PART A:
[BAHAGIAN A:]

Question 1
[Soalan 1]

- (a) In a Brinell hardness test, a steel ball indenter with a diameter of 10 mm is pressed into a metal surface using a load of 3000 kgf. The resulting indentation has a diameter of 4.2 mm. Calculate the Brinell Hardness Number (BHN).

[Dalam ujian kekerasan Brinell, sebiji bola keluli berdiameter 10 mm ditekan ke atas permukaan logam menggunakan beban 3000 kgf. Lekukan yang terhasil mempunyai diameter 4.2 mm. Hitungkan Nombor Kekerasan Brinell (BHN).]

(5 Marks/ Markah)

- (b) A cylindrical specimen with a diameter of 12 mm and a gauge length of 50 mm is subjected to a tensile test. The maximum load recorded before fracture is 18 kN. Calculate the ultimate tensile strength (UTS) of the material.

[Sebuah spesimen silinder berdiameter 12 mm dan panjang tolok 50 mm diuji dalam ujian tegangan. Beban maksimum sebelum putus ialah 18 kN. Hitungkan kekuatan tegangan muktamad (UTS) bahan tersebut.]

(5 Marks/ Markah)

- (c) Explain the effects of grain size on the mechanical properties of metallic materials. Provide **TWO (2)** advantages and **ONE (1)** limitation of fine-grained structures.

*[Terangkan kesan saiz butiran terhadap sifat mekanikal bahan logam. Berikan **DUA (2)** kelebihan dan **SATU (1)** kekurangan struktur berbutir halus.]*

(5 Marks/ Markah)

- (d) Compare the slip and twinning deformation mechanisms in crystalline materials and explain how each mechanism influences material ductility.

[Bandingkan mekanisme ubah bentuk gelinciran dan kembar dalam bahan berhablur dan terangkan bagaimana setiap mekanisme mempengaruhi kemuluran bahan.]

(5 Marks/ Markah)

....3/-

SULIT

Question 2*[Soalan 2]*

- (a) Evaluate how the electronic band structure influences the electrical conductivity of metals, semiconductors and insulators. Provide a labelled diagram to support your explanation.

[Nilaikan bagaimana struktur jalur elektron mempengaruhi kekonduksian elektrik logam, semikonduktor dan penebat. Sertakan satu gambar rajah berlabel untuk menyokong penjelasan anda.]

(6 Marks/ Markah)

- (b) Assess the impact of temperature variation on the conductivity of intrinsic and extrinsic semiconductors. Justify why their behaviors differ.

[Nilai kesan perubahan suhu terhadap kekonduksian semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik. Jelaskan mengapa kelakuan kedua-duanya adalah berbeza.]

(4 Marks/ Markah)

- (c) A 4.0 mm diameter germanium rod with a length of 50 mm is tested for electrical performance. A constant current of 0.35 A flows axially. A potential difference of 18 V is measured between two probes separated by 30 mm.

[Satu rod germanium berdiameter 4.0 mm dan panjang 50 mm diuji untuk prestasi elektrik. Arus malar 0.35 A mengalir secara paksi. Satu beza keupayaan 18 V diukur antara dua kuar yang dipisahkan sejauh 30 mm.]

- (i) Using the measurement data, calculate the electrical conductivity of the germanium rod, showing all necessary steps.

[Menggunakan data ukuran tersebut, hitungkan kekonduksian elektrik rod germanium itu dengan menunjukkan semua langkah pengiraan yang perlu.]

(6 Marks/ Markah)

- (ii) Based on the value obtained in (i), determine the total resistance across the full 50 mm length and critically comment on whether the value is suitable for semiconductor device applications.

[Berdasarkan nilai yang diperolehi dalam (i), tentukan rintangan keseluruhan sepanjang 50 mm dan berikan komen kritikal sama ada nilai tersebut sesuai untuk aplikasi peranti semikonduktor.]

(4 Marks/ Markah)

....4/-

SULIT

Question 3*[Soalan 3]*

- (a) Figure 1 shows a 0.30 m long SiO_2 (quartz) tube is heated from 20°C to 850°C . Calculate the increase in length due to heating. (Given: Linear coefficient of thermal expansion, α , $\text{SiO}_2 = 0.55 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)

[Rajah 1 menunjukkan sebuah tiub SiO_2 (kuarza) dengan panjang 0.30 m yang dipanaskan daripada 20°C kepada 850°C . Hitungkan pertambahan panjang akibat pemanasan tersebut. (Diberikan: Pekali pengembangan terma linear, α , $\text{SiO}_2 = 0.55 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)]

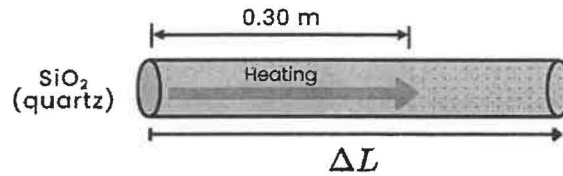


Figure 1: SiO_2 (quartz) tube.

[Rajah 1: Tiub SiO_2 (kuarza).]

(5 Marks/ Markah)

- (b) A 1.8 cm thick acrylic panel is used as partition between a cold storage room maintained at 5°C and the surrounding area at 30°C . Calculate the amount of heat (Q), that is transferred through the acrylic per cm^2 each second. (Given: Thermal conductivity of acrylic, $k = 0.0005 \text{ cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}$)

[Satu panel akrilik setebal 1.8 cm digunakan sebagai penghadang antara bilik penyimpanan sejuk yang dikekalkan pada 5°C dan kawasan sekeliling pada 30°C . Kirakan jumlah haba (Q), yang dipindahkan melalui akrilik bagi setiap cm^2 setiap saat. (Diberikan: Kekonduksian terma akrilik, $k = 0.0005 \text{ cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}$)]

(5 Marks/ Markah)

- (c) For a small magnetic-control mechanism, a solenoid design is proposed. The prototype uses a conductor carrying 1.76 mA of current and contains 10 coil turns distributed evenly over 0.5 cm length. Estimate the magnetic field produced within the solenoid (express in SI units). Next, to improve its performance, the coil is redesigned to have 20 turns without altering its length. Assess the effect of this adjustment on the magnetic field produced.

[Untuk satu mekanisme kawalan magnet yang bersaiz kecil, satu reka bentuk solenoid telah dicadangkan. Prototaip tersebut menggunakan konduktor yang membawa arus 1.76 mA dan mempunyai 10 lilitan gegelung yang diedarkan secara sekata sepanjang 0.5 cm. Anggarkan medan magnet yang terhasil di dalam solenoid (nyatakan dalam unit SI). Seterusnya, bagi meningkatkan prestasinya, gegelung tersebut diubah suai kepada 20 lilitan tanpa mengubah panjangnya. Taksir kesan pelarasan ini terhadap medan magnet yang dihasilkan.]

(10 Marks/ Markah)

....5/-

SULIT

Question 4*[Soalan 4]*

- (a) Thermal properties describe how materials respond to changes in temperature, including how they store, conduct and expand with heat. Among these, thermal conductivity is especially important because it indicates how efficiently a material can transfer heat through itself.

[Sifat terma menerangkan bagaimana sesuatu bahan bertindak balas terhadap perubahan suhu, termasuk cara ia menyimpan, mengalir dan mengembang apabila menerima haba. Antara sifat tersebut, kekonduksian terma adalah sangat penting kerana ia menunjukkan kecekapan sesuatu bahan dalam memindahkan haba melalui struktur bahan itu sendiri.]

- (i) In a well-organized table, differentiate the thermal conductivity of metals, ceramics and polymers. Provide **ONE (1)** example and **ONE (1)** application for each material.

*[Dalam satu jadual yang teratur, bezakan kekonduksian terma bagi logam, seramik dan polimer. Berikan **SATU (1)** contoh dan **SATU (1)** aplikasi bagi setiap bahan tersebut.]*

(6 Marks/ Markah)

- (ii) As ceramics are susceptible to thermal shock, identify **FOUR (4)** factors that affect thermal shock in ceramic components.

*[Memandangkan bahan seramik mudah mengalami kejutan terma, kenal pasti **EMPAT (4)** faktor-faktor yang mempengaruhi kejutan terma dalam komponen seramik.]*

(4 Marks/ Markah)

- (b) Hysteresis loop is a loop traced by magnetization in a ferromagnetic or ferrimagnetic material as the magnetic field is cycled.

[Gelung hysteresis ialah sebuah gelung yang terbentuk oleh pemagnetan dalam bahan feromagnet atau ferimagnet apabila medan magnet diulang secara kitaran.]

- (i) Illustrate a typical hysteresis loop, complete with labelling the saturation, remanence, coercivity, magnetizing force and flux density.

[Ilustrasikan satu gelung hysteresis yang tipikal, lengkap dengan label untuk ketepuan, kebakian, kepaksaan, daya pemagnetan dan ketumpatan fluks.]

(5 Marks/ Markah)

- (ii) Then, construct a diagram of the effect of temperature (low, high and moderate) on another hysteresis loop.

[Seterusnya, bina satu gambar rajah yang menunjukkan kesan suhu (rendah, sederhana dan tinggi) terhadap satu lagi gelung hysteresis yang lain.]

(5 Marks/ Markah)

....6/-

SULIT

PART B:**[BAHAGIAN B:]****Question 5****[Soalan 5]**

- (a) Figure 2 shows stress–strain curves for four different engineering materials. Analyze how the dominant deformation mechanisms in each material influence its elastic modulus and overall mechanical behavior. Explain why materials with ionic bonds often exhibit higher stiffness than those with metallic bonds.

[Rajah 2 menunjukkan lengkung tegasan–terikan bagi empat bahan kejuruteraan yang berbeza. Analisis bagaimana mekanisme ubah bentuk dominan dalam setiap bahan mempengaruhi modulus elastik dan sifat mekanikal keseluruhannya. Jelaskan mengapa bahan yang mempunyai ikatan ionik sering menunjukkan kekakuan yang lebih tinggi berbanding bahan yang mempunyai ikatan logam.]

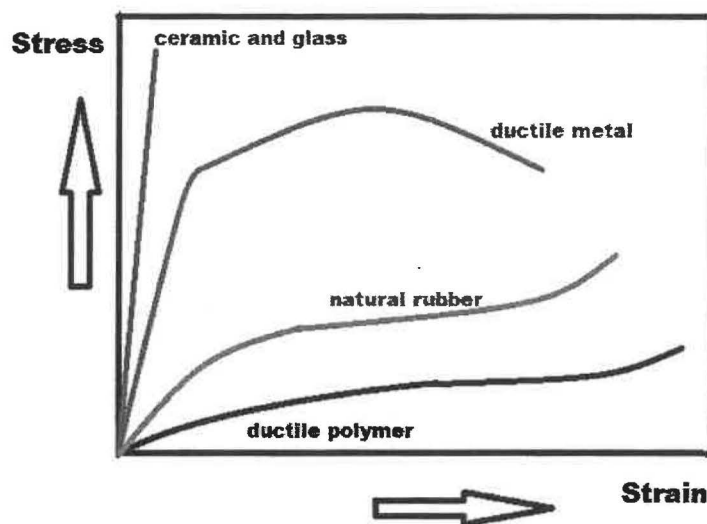


Figure 2: Stress–strain curves of four different samples.
[Rajah 2: Lengkung tegasan-terikan bagi empat sampel yang berbeza.]

(5 Marks/ Markah)

- (b) Explain how the arrangement of atoms in a body-centered cubic (BCC) crystal structure contributes to its typically higher yield strength compared to face-centered cubic (FCC) structures at low temperatures.

[Jelaskan bagaimana susunan atom dalam struktur kristal kubus berpusatkan jasad (BCC) menyumbang kepada kekuatan alah yang lebih tinggi berbanding dengan struktur muka berpusatkan jasad (FCC) pada suhu rendah.]

(5 Marks/ Markah)

....7/-

SULIT

- (c) A pair of nickel-based turbine blade materials are tested in a creep rig at 900°C under the same constant stress of 150 MPa. Material A has a fine-grained microstructure, while Material B has a coarse-grained microstructure. Evaluate which material would exhibit better creep resistance, and sketch simple creep curves to support your explanation.

[Sepasang bahan bilah turbin berasaskan nikel diuji dalam radas rayapan pada suhu 900°C di bawah tegasan malar yang sama iaitu 150 MPa. Bahan A mempunyai mikrostruktur berbutir halus, manakala Bahan B mempunyai mikrostruktur berbutir kasar. Nilai bahan manakah yang akan menunjukkan tahan rayap yang lebih baik, dan lakarkan lengkung rayapan ringkas untuk menyokong penjelasan anda.]

(5 Marks/ Markah)

- (d) An engineer increases the number of dislocations in a metal through cold working. Estimate how this change will affect the yield strength and the shape of the stress-strain curve, and explain why.

[Seorang jurutera meningkatkan bilangan dislokasi dalam logam melalui kerja sejuk. Anggarkan bagaimana perubahan ini akan mempengaruhi kekuatan alah dan bentuk lengkung tegasan-terikan, serta jelaskan mengapa.]

(5 Marks/ Markah)

....8/-

SULIT

Question 6*[Soalan 6]*

- (a) Under visible light, metals always appear to be opaque and reflective.
[Di bawah cahaya yang boleh dilihat, logam sentiasa kelihatan legap dan memantulkan cahaya.]
- (i) Conclude the reasons for this phenomenon.
[Buat kesimpulan tentang punca-punca berlakunya fenomena ini.]
(5 Marks/ Markah)
- (ii) However, under certain electromagnetic radiation, metal can be transparent. Analyze **TWO (2)** types of electromagnetic radiation that can lead to transparency in metal.
[Namun, di bawah sinaran elektromagnet tertentu, logam boleh menjadi lutsinar. Analisis DUA (2) jenis sinaran elektromagnet yang boleh membawa kepada ketelusan dalam logam.]
(5 Marks/ Markah)
- (b) An X-ray diffractometer recorder chart for an element that has either the BCC, or the FCC crystal structure showed diffraction peaks at the following 2θ angles: 41.069° , 47.782° , 69.879° and 84.396° . (Given the wavelength of the radiation, $\lambda = 0.15405$ nm)
- [Carta perakam meter belauan sinar X untuk unsur yang mempunyai sama ada struktur kristal BCC, atau FCC menunjukkan puncak pembelauan pada sudut 2θ berikut: 41.069° , 47.782° , 69.879° dan 84.396° . (Diberikan panjang gelombang sinaran tersebut, $\lambda = 0.15405$ nm)]*
- (i) Determine the crystal structure of the element.
[Tentukan struktur kristal unsur ini.]
(5 Marks/ Markah)
- (ii) Determine the lattice constant and decide from the appendices the element with the nearest value.
[Tentukan pemalar kekisi dan putuskan daripada lampiran unsur yang mempunyai nilai paling hampir.]
(5 Marks/ Markah)

....9/-

SULIT

Appendix 1
[Lampiran 1]

Conductivity,
[Kekonduksian,] $\sigma = \frac{\ell}{RA}$

Resistance,
[Rintangan] $R = \frac{V}{I}$

Magnetic field strength,
[Kekuatan medan magnet,] $H = \frac{NI}{l}$

Fourier's law of heat conduction,
[Pengaliran haba hukum Fourier,] $\frac{Q}{A} = k \frac{\Delta T}{\Delta x}$

Linear thermal expansion,
[Pengembangan terma linear,] $\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha_l \Delta T$

Brinell Hardness Number,
[Nombor Kekerasan Brinell,] $BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

Ultimate Tensile Strength,
[Kekuatan Tegangan Muktamad,] $UTS = \frac{F}{A}$

Hooke's Law,
[Hukum Hooke,] $\sigma = E\varepsilon$

Thermal stress,
[Tegasan terma,] $\sigma = E\alpha\Delta T$

Bandgap energy,
[Tenaga sela jalur,] $E_g = \frac{hc}{\lambda}$

Lattice constant,
[Pemalar kekisi,] $a = \frac{\lambda}{2} \sqrt{\frac{h^2 + k^2 + l^2}{\sin^2 \theta_1}}$

....10/-

SULIT

Appendix 2
[Lampiran 2]

Table 1: Properties of selected elements.
[Jadual 1: Sifat-sifat unsur-unsur terpilih.]

Element [Unsur]	Symbol [Simbol]	Melting point [Titik lebur]	Density, 10^3 kg/m^3 [Ketumpatan, 10^3 kg/m^3]	Atomic radius, nm [Jejari atom, nm]	Crystal structure (20°C) [Struktur kristal (20°C)]	Lattice constants 20°C , nm [Pemalar kekisi 20°C , nm]	
						a	c
Aluminum	Al	660	2.70	0.143	FCC	0.40496	
Antimony	Sb	630	6.70	0.138	Rhombohedral	0.45067	
Arsenic	As	817	5.72	0.125	Rhombohedral [‡]	0.4131	
Barium	Ba	714	3.5	0.217	BCC [‡]	0.5019	
Beryllium	Be	1278	1.85	0.113	HCP [‡]	0.22856	0.35832
Boron	B	2030	2.34	0.097	Orthorhombic		
Bromine	Br	-7.2	3.12	0.119	Orthorhombic		
Cadmium	Cd	321	8.65	0.148	HCP [‡]	0.29788	0.561667
Calcium	Ca	846	1.55	0.197	FCC [‡]	0.5582	
Carbon (graphite)	C	3550	2.25	0.077	Hexagonal	0.24612	0.67078
Cesium	Cs	28.7	1.87	0.190	BCC		
Chlorine	Cl	-101	1.9	0.099	Tetragonal		
Chromium	Cr	1875	7.19	0.128	BCC [‡]	0.28846	
Cobalt	Co	1498	8.85	0.125	HCP [‡]	0.2506	0.4069
Copper	Cu	1083	8.96	0.128	FCC	0.36147	
Fluorine	F	-220	1.3	0.071			
Gallium	Ga	29.8	5.91	0.135	Orthorhombic		
Germanium	Ge	937	5.32	0.139	Diamond cubic	0.56576	
Gold	Au	1063	19.3	0.144	FCC	0.40788	
Helium	He	-270	HCP		
Hydrogen	H	-259	...	0.046	Hexagonal		
Indium	In	157	7.31	0.162	FC tetragonal	0.45979	0.49467
Iodine	I	114	4.94	0.136	Orthorhombic		
Iridium	Ir	2454	22.4	0.135	FCC	0.38389	
Iron	Fe	1536	7.87	0.124	BCC [‡]	0.28664	
Lead	Pb	327	11.34	0.175	FCC	0.49502	
Lithium	Li	180	0.53	0.157	BCC	0.35092	

....11/-

SULIT

Appendix 3
[Lampiran 3]

Table 2: Properties of selected elements.
[Jadual 2: Sifat-sifat unsur-unsur terpilih.]

Element [Unsur]	Symbol [Simbol]	Melting point [Titik lebur]	Density, 10^3 kg/m^3 [Ketumpatan, 10^3 kg/m^3]	Atomic radius, nm [Jejari atom, nm]	Crystal structure (20°C) [Struktur kristal (20°C)]	Lattice constants 20°C, nm [Pemalar kekisi 20°C, nm]	
						a	c
Magnesium	Mg	650	1.74	0.160	HCP	0.32094	0.52105
Manganese	Mn	1245	7.43	0.118	Cubic [†]	0.89139	
Mercury	Hg	-38.4	14.19	0.155	Rhombohedral		
Molybdenum	Mo	2610	10.2	0.140	BCC	0.31468	
Neon	Ne	-284.7	1.45	0.160	FCC		
Nickel	Ni	1453	8.9	0.125	FCC	0.35236	
Niobium	Nb	2415	8.6	0.143	BCC	0.33007	
Nitrogen	N	-240	1.03	0.071	Hexagonal [†]		
Osmium	Os	2700	22.57	0.135	HCP	0.27353	0.43191
Oxygen	O	-218	1.43	0.060	Cubic [†]		
Palladium	Pd	1552	12.0	0.137	FCC	0.38907	
Phosphorus (white)	P	44.2	1.83	0.110	Cubic [†]		
Platinum	Pt	1769	21.4	0.139	FCC	0.39239	
Potassium	K	63.9	0.86	0.238	BCC	0.5344	
Rhenium	Re	3180	21.0	0.138	HCP	0.27609	0.44583
Rhodium	Rh	1966	12.4	0.134	FCC	0.38044	
Ruthenium	Ru	2500	12.2	0.125	HCP	0.27038	0.42816
Scandium	Sc	1539	2.99	0.160	FCC	0.4541	
Silicon	Si	1410	2.34	0.117	Diamond cubic	0.54282	
Silver	Ag	961	10.5	0.144	FCC	0.40856	
Sodium	Na	97.8	0.97	0.192	BCC	0.42906	
Strontium	Sr	76.8	2.60	0.215	FCC [†]	0.6087	
Sulfur (yellow)	S	119	2.07	0.104	Orthorhombic		
Tantalum	Ta	2996	16.6	0.143	BCC	0.33026	
Tin	Sn	232	7.30	0.158	Tetragonal [†]	0.58311	0.31817
Titanium	Ti	1668	4.51	0.147	HCP [†]	0.29504	0.46833
Tungsten	W	3410	19.3	0.141	BCC	0.31648	
Uranium	U	1132	19.0	0.138	Orthorhombic [†]	0.2858	0.4955
Vanadium	V	1900	6.1	0.136	BCC	0.3039	
Zinc	Zn	419.5	7.13	0.137	HCP	0.26649	0.49470
Zirconium	Zr	1852	6.49	0.160	HCP [†]	0.32312	0.51477

-oooOooo-