

**Data**

Speed of light in free space,  $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$   
 Permeability of free space,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$   
 Permittivity of free space,  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$   
 Elementary charge,  $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$   
 Planck constant,  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$   
 Unified atomic mass constant,  $u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$   
 Rest mass of electron,  $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$   
 Rest mass of proton,  $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$   
 Molar gas constant,  $= 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$   
 Avogadro constant,  $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
 Gravitational constant,  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$   
 Acceleration of free fall,  $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$

**Section A: Objectives. [20 marks]***[Bahagian A: Soalan-soalan objektif]***Instruction: Answer all 20 objective questions in this Section.***[Arahan: Jawab kesemua 20 soalan objektif dalam Bahagian ini.]*

1. How fast must a spacecraft travel relative to the earth for each day on the spacecraft to correspond to 2 day on the earth?  
*[Apakah kelajuan suatu kapal angkasa relatif kepada bumi supaya setiap hari dalam kapal angkasa setara dengan dua hari di bumi?]*

A.  $\sqrt{3}/2c$     B.  $\sqrt{2}/3c$     C.  $2/\sqrt{3}c$     D.  $1/\sqrt{3}c$     E.  $c$
  
2. Which of the following statement is true?  
*[Yang manakah kenyataan-kenyataan berikut adalah benar?]*

A. It is possible for the electron beam in a television picture tube to move across the screen at a speed faster than the speed of light. This does not contradict special relativity.  
*[Adalah mungkin bagi bim elektron dalam tiub televisyen untuk bergerak merentasi skrin dengan laju yang lebih cepat daripada laju cahaya. Ini tidak bercanggah dengan kerelatifan khas.]*

...3/-

- 3 -

- B. It is possible for the electron beam in a television picture tube to move across the screen at a speed faster than the speed of light despite this contradicts special relativity.  
*[Adalah mungkin bagi bim elektron dalam tiub televisyen untuk bergerak merentasi skrin dengan laju yang lebih cepat daripada laju cahaya walaupun ini bercanggah dengan kerelatifan khas.]*
- C. It is NOT possible for the electron beam in a television picture tube to move across the screen at a speed faster than the speed of light because this contradicts special relativity.  
*[Adalah TIDAK mungkin bagi bim elektron dalam tiub televisyen untuk bergerak merentasi skrin dengan laju yang lebih cepat daripada laju cahaya kerana ini bercanggah dengan kerelatifan khas.]*
- D. It is NOT possible for the electron beam in a television picture tube to move across the screen at a speed faster than the speed of light despite this does not contradict special relativity.  
*[Adalah TIDAK mungkin bagi bim elektron dalam tiub televisyen untuk bergerak merentasi skrin dengan laju yang lebih cepat daripada laju cahaya walaupun ini tidak bercanggah dengan kerelatifan khas.]*
- E. None of A, B, C, D  
*[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A,B,C,D]*
3. A massless neutrino is measured to have a relativistic energy of 1 MeV. What is the order of magnitude of its momentum, in SI unit?  
*[Tenaga kerelatifan suatu neutrino yang berjisim sifar diukurkan dan bernilai 1 MeV. Apakah tertib magnitud momentumnya dalam unit SI?]*
- A. -19                      B. -20                      C. -21                      D. -22                      E. -23
4. Which of the following statements is (are) true?  
*[Yang manakah kenyataan-kenyataan berikut adalah benar?]*
- I. Heisenberg uncertainty principle is closely related to the particle attribute of things.  
*[Prinsip ketidakpastian Heisenberg adalah berkait rapat dengan tabii zarah jasad.]*

...4/-

- 4 -

II. Heisenberg uncertainty principle is closely related to the wave-particle duality of things.  
*[Prinsip ketidakpastian Heisenberg adalah berkait rapat dengan dualiti gelombang-zarah jasad.]*

III. The ultimate accuracy of a simultaneous measurement on the position and linear momentum of a microscopic particle moving in one-dimension is constrained by the Heisenberg uncertainty principle.  
*[Kejituan muktamat ukuran serentak ke atas kedudukan dan momentum linear bagi zarah mikroskopik yang bergerak dalam satu dimensi adalah dikekang oleh prinsip ketidakpastian Heisenberg .]*

IV. The ultimate accuracy of a simultaneous measurement on the  $x$ -coordinate and  $y$ -coordinate of a microscopic particle moving in two-dimension is constrained by the Heisenberg uncertainty principle.  
*[Kejituan muktamat ukuran serentak ke atas koordinat- $x$  dan koordinat- $y$  bagi zarah mikroskopik yang bergerak dalam dua dimensi adalah dikekang oleh prinsip ketidakpastian Heisenberg .]*

- A. I, III, IV
- B. II, III
- C. II, IV
- D. I, II, IV
- E. None of A, B, C, D

*[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A,B,C,D]*

5. Which of the following statements is (are) true regarding the spectrum of hydrogen atom, according to the Bohr model?

*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai spektrum atom hidrogen menurut model Bohr?]*

I. The spectral line of the shortest wavelength in the Lyman series in the emission spectrum of a hydrogen atom is more energetic than the spectral line of the shortest wavelength in the Balmer series.

*[Garis spektrum yang berjarak gelombang paling pendek dalam siri Lyman dalam spektrum pancaran suatu atom hidrogen adalah lebih bertenaga daripada garis spektrum yang berjarak gelombang paling pendek dalam siri Balmer.]*

...5/-

- II. The spectral line of the longest wavelength in the Lyman series in the emission spectrum of a hydrogen atom is more energetic than the spectral line of the shortest wavelength in the Balmer series.  
*[Garis spektrum yang berjarak gelombang paling panjang dalam siri Lyman dalam spektrum pancaran suatu atom hidrogen adalah lebih bertenaga daripada garis spektrum yang berjarak gelombang paling pendek dalam siri Balmer.]*
- III. The spectral line of the shortest wavelength in the Lyman series in the emission spectrum of a hydrogen atom is more energetic than the spectral line of the longest wavelength in the Balmer series.  
*[Garis spektrum yang berjarak gelombang paling pendek dalam siri Lyman dalam spektrum pancaran suatu atom hidrogen adalah lebih bertenaga daripada garis spektrum yang berjarak gelombang paling panjang dalam siri Balmer.]*
- IV. The spectral line of the longest wavelength in the Lyman series in the emission spectrum of a hydrogen atom is more energetic than the spectral line of the longest wavelength in the Balmer series.  
*[Garis spektrum yang berjarak gelombang paling panjang dalam siri Lyman dalam spektrum pancaran suatu atom hidrogen adalah lebih bertenaga daripada garis spektrum yang berjarak gelombang paling panjang dalam siri Balmer.]*
- A. I, II, III, IV  
 B. I, II, III  
 C. II, IV  
 D. III, IV  
 E. None of A, B, C, D  
*[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A,B,C,D]*
6. Which of the following statements is (are) true regarding the kinetic energy of an object?  
*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai tenaga kinetik suatu objek?]*
- I. The upper limit of the kinetic energy of an object is infinity.  
*[Limit atas tenaga kinetik suatu objek adalah infinit.]*
- II. The lower limit of the kinetic energy of an object is negative infinity.  
*[Limit bawah tenaga kinetik suatu objek adalah infiniti negatif.]*

- 6 -

III. The kinetic energy of an object is equal to the increase in its relativistic mass times  $c^2$ .  
*[Tenaga kinetik suatu objek adalah bersamaan dengan pertambahan dalam jisim kerelatifannya darab  $c^2$ .]*

IV. The decrease in the kinetic energy of an object is equal to the decrease in its relativistic mass times  $c^2$ .  
*[Pengurangan dalam tenaga kinetik suatu objek adalah bersamaan dengan pengurangan dalam jisim kerelatifannya darab  $c^2$ .]*

A. I, II, III

B. II, IV

C. I, II, III, IV

D. I, III, IV

E. None of A, B, C, D

*[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C, D]*

7. Which of the following statements is (are) true regarding a blackbody?  
*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai suatu jasad hitam?]*

I. A perfect blackbody does not radiate electromagnetic radiation.  
*[Jasad hitam sempurna tidak memancarkan pancaran elektromagnet.]*

II. A perfect blackbody radiates the whole spectrum of electromagnetic radiation.  
*[Jasad hitam sempurna tidak memancarkan pancaran elektromagnet.]*

III. An approximate blackbody does not radiate electromagnetic radiation.  
*[Jasad hitam hampiran tidak memancarkan pancaran elektromagnet.]*

IV. An approximate blackbody radiates electromagnetic radiation.  
*[Jasad hitam hampiran memancarkan pancaran elektromagnet.]*

A. I, III

B. II, IV

C. I, IV

D. II, III

E. None of A, B, C, D

*[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C, D]*

...7/-

8. The unit of Compton shift is that of:  
*[Unit bagi anjakan Compton adalah sama dengan unit bagi: ]*
- A. energy *[tenaga]*
  - B. time *[masa]*
  - C. momentum *[momentum]*
  - D. length *[panjang]*
  - E. frequency *[frekuensi]*
9. In the Planck theory of blackbody radiation,  
*[Dalam teori Planck untuk pancaran jasad hitam,]*
- I. The smallest amount of energy carried by a single mode of oscillation in the electromagnetic radiation is proportional to the frequency of that mode.  
*[Jumlah tenaga yang paling kecil yang terbawa oleh suatu mod ayunan tertentu dalam pancaran elektromagnetik adalah berkadar terus dengan frekuensi mod tersebut.]*
  - II. The smallest amount of energy carried by a single mode of oscillation of non-zero frequency in the electromagnetic radiation is non-zero.  
*[Jumlah tenaga yang paling kecil yang terbawa oleh suatu mod ayunan bukan sifar tertentu dalam pancaran elektromagnetik adalah bukan sifar.]*
  - III. The smallest amount of energy carried by a single mode of oscillation in the electromagnetic radiation is proportional to the amplitude squared of the electromagnetic field of that mode.  
*[Jumlah tenaga yang paling kecil yang terbawa oleh suatu mod ayunan tertentu dalam pancaran elektromagnetik adalah berkadar terus dengan kuasadua amplitud medan elektromagnetik mod tersebut.]*
  - IV. The smallest amount of energy carried by a single mode of oscillation in the electromagnetic radiation is zero.  
*[Jumlah tenaga yang paling kecil yang terbawa oleh suatu mod ayunan tertentu dalam pancaran elektromagnetik adalah sifar.]*
- A. II, III
  - B. I, II
  - C. I,II, III
  - D. I, III,IV
  - E. None of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

10. The light intensity incident on a metallic surface produces photoelectrons which could be stopped by a stopping potential of  $V_s$ . If the wavelength is halved, a stopping potential of  $V'$  is required to stop the photoelectrons. Which statement in the following correctly relates  $V_s$  to  $V'$  ?
- [Keamatan cahaya yang menuju suatu permukaan logam menghasilkan fotoelektron yang dapat diberhentikan dengan keupayaan penghenti  $V_s$ . Jika jarak gelombang disetengahkan, keupayaan penghenti  $V'$  diperlukan untuk memberhentikan fotoelektron yang terhasil. Kenyataan berikut yang manakah dengan betulnya menghubungkan  $V_s$  dengan  $V'$  ?]*
- A.  $V' > 2V_s$
  - B.  $V' < 2V_s$
  - C.  $V' = 2V_s$
  - D.  $V' < V_s$
  - E.  $V'$  could be larger or smaller than  $V_s$   
**[ $V'$  mungkin lebih besar atau kecil daripada  $V_s$ ]**
11. Which of the following statements is (are) true about photon?
- [Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai foton?]*
- I. It is mandatory for photon in vacuum to travel at the speed of light  $c$ .  
*[Adalah mandatori bagi foton dalam vakum untuk bergerak dengan laju cahaya  $c$ .]*
  - II. Photon does not gravitate since it has no mass.  
*[Foton tidak menggraviti kerana ia tidak berjisim.]*
  - III. Photon gravitates since it has energy.  
*[Foton menggraviti kerana ia mempunyai tenaga.]*
  - IV. Photon interacts with atoms.  
*[Foton berinteraksi dengan atom-atom.]*
- A. II, IV
  - B. I, II
  - C. I, III, IV
  - D. III, IV
  - E. None of A, B, C, D  
*[Jawapan tiada dalam A,B,C,D]*

12. Which of the following statements is (are) true about the nature of X-ray?  
*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai tabii sinar X?]*
- I. X-ray is made up of neutral particles of non-zero mass.  
*[Sinar-X adalah terdiri daripada zarah-zarah bercas yang berjisim bukan sifar.]*
  - II. X-ray is made up of charged particles.  
*[Sinar-X adalah terdiri daripada zarah-zarah bercas.]*
  - III. X-ray can be produced by bombarding metal targets with electron at the energy of  $\sim eV$ .  
*[Sinar-X boleh dihasilkan dengan menghentam sasaran logam dengan elektron bertenaga  $\sim eV$ .]*
  - IV. A proton-antiproton pair will annihilates into a pair of X-ray photons.  
*[Pasangan proton-antiproton akan saling membinasa kepada pasangan foton sinar-X.]*
- A. II, III
  - B. I, IV
  - C. I, III
  - D. II, IV
  - E. None of A, B, C, D  
*[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*
13. Which of the following statements is (are) true regarding the energies of a hydrogen atom according to the Bohr model?  
*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai tenaga atom hidrogen menurut model Bohr?]*
- I. The total mechanical energy of a hydrogen atom is negative.  
*[Jumlah tenaga mekanik suatu atom hidrogen adalah negatif.]*
  - II. The kinetic energy of an electron in a hydrogen atom is negative.  
*[Tenaga kinetik bagi suatu elektron dalam atom hidrogen adalah negatif.]*
  - III. The potential energy of a hydrogen atom is negative.  
*[Tenaga keupayaan bagi suatu atom hidrogen adalah negatif.]*
  - IV. The total mechanical energy of an ionized hydrogen atom is 0.  
*[Jumlah tenaga mekanik bagi suatu atom hidrogen terionkan adalah sifar.]*



- A. I, II, IV  
B. II, IV  
C. I, III, IV  
D. I, III  
E. None of A, B, C, D  
*[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*
14. Which of the following statements is (are) true regarding photoelectric effect?  
*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai kesan fotoelektrik?]*
- I. In a photoelectric effect experiment, the intensity of photoelectron detected will keep increasing when the incident wavelength keep decreasing, while other parameters are fixed.  
*[Dalam eksperimen kesan fotoelektrik, keamatan fotoelektron yang diukur akan terus meningkat bila jarak gelombang tuju terus berkurang, dengan parameter-parameter lain ditetapkan.]*
- II. Photoelectric effect can be explained in terms of classical electromagnetic theories.  
*[Kesan fotoelektrik boleh diterangkan dengan teori elektromagnetik klasik.]*
- III. The cutoff frequency in a photoelectric effect experiment is a measure of the maximal kinetic of the photoelectron.  
*[Frekuensi penggal dalam eksperimen fotoelektrik merupakan suatu ukuran bagi tenaga kinetik maksimum fotoelektron.]*
- IV. The stopping potential in a photoelectric effect experiment is a measure of the work function of the target material.  
*[Keupayaan penghenti dalam eksperimen fotoelektrik merupakan suatu ukuran bagi fungsi kerja bahan sasaran.]*
- A. I only  
B. I, II, III, IV  
C. I, II  
D. III, IV  
E. None of A, B, C, D  
*[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

15. Which of the following statements is (are) true?  
*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]*
- I. Gamma rays will undergo spontaneous electron-positron pair production in vacuum.  
*[Sinar gamma boleh menjalani penghasilan pasangan elektron-positron secara spontan dalam vakum.]*
- II. The probability of a photon to undergo a Compton scattering with the free electron in a metallic target generally drops when the photon energy increases beyond  $\sim$  MeV.  
*[Kebarangkalian suatu foton menjalani serakan Compton dengan elektron bebas dalam suatu sasaran logam secara amnya akan berkurangan jika energy foton bertambah melebihi MeV.]*
- III. The larger the atomic number of the target material, the larger the probability of an incident X-ray photon to undergo Compton scattering in that target.  
*[Lebih besar nombor atom bahan sasaran, lebih besar kebarangkalian suatu foton sinar X tuju menjalani serakan Compton dalam sasaran tersebut.]*
- IV. The larger the atomic number of the target material, the larger the probability of an incident gamma-ray photon of energy  $>2m_e c^2$  to undergo electron-positron pair-production in that sample.  
*[Lebih besar nombor atom bahan sasaran, lebih besar kebarangkalian suatu foton sinar gamma tuju bertenaga  $>2m_e c^2$  menjalani penghasilan pasangan elektron-positron dalam sasaran tersebut.]*
- A. II, III  
B. I, IV  
C. I, III  
D. II, IV  
E. None of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A,B,C,D]*

16. A relativistic electron has a de Broglie wavelength of  $\lambda$ . Find its total relativistic energy.  
*[Jarak gelombang de Broglie suatu elektron kerelatifan ialah  $\lambda$ . Hitungkan jumlah tenaga kerelatifannya.]*
- A.  $c\sqrt{\frac{\lambda^2}{h^2} + m_e^2 c^2}$   
 B.  $c\sqrt{\frac{h^2}{\lambda^2} + m_e^2 c^2}$   
 C.  $\sqrt{\frac{h^2}{\lambda^2} + m_e^2 c^2}$   
 D.  $\frac{hc}{\lambda} + m_e c^2$   
 E. None of the above  
*[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*
17. Consider the photoelectric effect experiment. According to classical electromagnetic theory,  
*[Pertimbangkan eksperimen kesan fotoelektrik. Menurut teori elektromagnetik klasik,]*
- I. the photoelectron is expected to be ejected from the atom immediately.  
*[fotoelektron dijangka akan ditendang keluar dari atom dengan serta-merta.]*
- II. some time interval is required for the atom to absorb enough energy from the electromagnetic radiation before the photoelectron can be ejected from the atom.  
*[suatu selang masa adalah diperlukan untuk atom menyerap cukup tenaga daripada pancaran elektromagnetik sebelum fotoelektron dapat ditendang keluar dari atom.]*
- III. the atom will never absorb any electromagnetic energy from the incident light.  
*[atom tidak akan menyerap apa-apa tenaga elektromagnetik daripada pancaran cahaya tuju.]*
- IV. the atom will absorb the electromagnetic energy from the incident light at a rate proportional to the intensity of the incident light.  
*[atom akan menyerap tenaga elektromagnetik daripada cahaya tuju pada kadar yang berkadar dengan keamatan cahaya tuju.]*

- A. II, IV
  - B. I, IV
  - C. III only
  - D. I, II, IV
  - E. None of A, B, C, D
- [Jawapan tiada dalam A,B,C,D]*

18. Which of the following statements is (are) true?  
*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]*

- I.  $\lambda_e = h/m_e c$  characterises the length scale of the Compton effect between the incident photon and free electron in a sample target.  
*[ $\lambda_e = h/m_e c$  mencirikan skala panjang kesan Compton di antara foton tuju dan elektron bebas dalam suatu sampel sasaran.]*
- II. The velocity of electron in the ground state of hydrogen atom  $\sim a c$ , where  $a$  is the fine structure constant,  $a = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c}$ .  
*[Halaju elektron dalam keadaan dasar atom hidrogen adalah  $\sim a c$ , di mana  $a$  pemalar struktur halus,  $a = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c}$ .]*
- III. Planck's constant gives a measure of the scale at which quantum effects are observed.  
*[Pemalar Planck merupakan ukuran bagi skala di mana kesan kuantum dicerap.]*
- IV. The energy scale characterizing pair creation of proton-antiproton is  $\sim$  MeV.  
*[Skala tenaga yang mencirikan penghasilan pasangan proton-antiproton ialah  $\sim$  MeV]*

- A. I, III
- B. I, II, III
- C. II, III
- D. I, II, III, V
- E. None of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

19. Which of the following statements is (are) true regarding Bohr's hydrogen model?  
*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai model hidrogen Bohr?]*
- I. The kinetic energy of the electron in the higher orbits is much larger than  $m_e c^2$ .  
*[Tenaga kinetik elektron dalam orbit tinggi adalah jauh lebih besar daripada  $m_e c^2$ .]*
  - II. The kinetic energy of the electron in the lower orbits is much less than  $m_e c^2$ .  
*[Tenaga kinetik elektron dalam orbit rendah adalah jauh lebih kecil daripada  $m_e c^2$ .]*
  - III. The emission line spectrum of hydrogen atom is well explained by the Bohr model.  
*[Spektrum garisan pancaran atom hidrogen dapat dijelaskan oleh model Bohr.]*
  - IV. The absorption line spectrum of hydrogen atom is well explained by the Bohr model.  
*[Spektrum garisan serapan atom hidrogen dapat dijelaskan oleh model Bohr.]*
- A. I, II
  - B. I, III, IV
  - C. II, III, IV
  - D. III, IV
  - E. None of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*
20. Which of the following statements is (are) true regarding the duality of an electron?  
*[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai dualiti suatu elektron?]*
- I. Electron behaves like wave in a Young double-slit experiment.  
*[Elektron berlagak seperti gelombang dalam suatu eksperimen dwi-celah Young.]*
  - II. Electron behaves like particle in the TV cathode-ray tube.  
*[Elektron berlagak seperti zarah dalam tiub sinar katod TV.]*

- III. Electron behaves like wave in the Compton scattering effect experiment.  
*[Elektron berlagak seperti gelombang dalam eksperimen kesan Compton.]*
- IV. Electron behaves like particle in the photoelectric effect experiment.  
*[Elektron berlagak seperti zarah dalam eksperimen kesan fotoelektrik.]*
- A. I, II  
B. I, III, IV  
C. I, II, IV  
D. III, IV  
E. None of A, B, C, D  
*[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

**Section B: Structural questions.**

*[Bahagian B: Soalan-soalan struktur.]*

**Instruction: Answer ALL questions. Each question carries 10 marks.**

*[Arahan: Jawab semua soalan. Setiap soalan membawa 10 markah.]*

1. An observer in rocket *A* finds that rockets *C* and *B* are approaching him from opposite direction at speeds of  $0.9c$  and  $0.8c$ , respectively. Determine the speed of rocket *C* as measured by *B* using Galilean approach and special relativity approach. Please state clearly all the symbols used in your working.  
*[Seorang pemerhati di dalam roket A mendapati bahawa roket-roket C dan B sedang menuju kepadanya dari arah yang bertentangan dengan laju masing-masing  $0.9c$  dan  $0.8c$ . Tentukan laju roket C seperti yang diukur oleh B dengan menggunakan pendekatan Galileo dan pendekatan teori kerelatifan khas. Sila nyatakan dengan jelas simbol-simbol yang digunakan dalam kerja anda.]*  
[10 marks (markah)]
2. A certain metal has a threshold wavelength of 600 nm. Find the stopping potentials when the metal is irradiated with:  
*[Suatu logam tertentu mempunyai jarak gelombang ambang 600 nm. Cari keupayaan penghenti apabila logam itu disinari dengan]*
- (a) monochromatic light of wavelength 400 nm,  
*[cahaya monokromatik yang berjarak gelombang 400 nm]*  
[4 marks (markah)]

...16/-  
[ZCT 104]

- (b) light having twice the frequency of that in (a), and  
*[cahaya yang berfrekuensi dua kali ganda daripada cahaya dalam (a), dan]*  
[4 marks (markah)]
- (c) light having three times the intensity of that in (a).  
*[cahaya yang berkeamatan tiga kali ganda daripada cahaya dalam (a).]*  
[2 marks (markah)]
3. X-ray photons of wavelength 0.0248 nm are incident on a target and the Compton scattered photons are observed at  $90^\circ$ .  
*[Foton-foton X-ray yang berjarak gelombang 0.0248 nm ditujukan ke atas satu sasaran dan foton-foton yang mengalami serakan Compton dapat diperhatikan pada sudut  $90^\circ$ .]*
- (a) What is the wavelength of the scattered photons?  
*[Apakah jarak gelombang bagi foton-foton yang terserak?]*  
[2 marks (markah)]
- (b) What is the momentum of the incident and the scattered photons?  
*[Apakah momentum bagi foton tuju dan foton yang terserak?]*  
[4 marks (markah)]
- (c) What is the momentum (magnitude and direction) of the scattered electrons?  
*[Apakah momentum (magnitud dan arah) bagi elektron-elektron yang terserak?]*  
[4 marks (markah)]
4. Suppose that the momentum of a certain particle can be measured to an accuracy of 0.1%. Determine the minimum uncertainty in the position of the particle if the particle is  
*[Andaikan bahawa momentum suatu zarah tertentu dapat diukur dengan kejituan 0.1%. Tentukan ketakpastian minimum bagi kedudukan zarah jika zarah itu ialah]*
- (a) a 46 gm golf ball moving with speed of  $2 \text{ m s}^{-1}$ , and  
*[sebiiji bola golf yang berjisim 46 gm bergerak dengan laju  $2 \text{ m s}^{-1}$ , dan]*  
[5 marks (markah)]
- (b) an electron moving with a speed of  $2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .  
*[suatu elektron yang bergerak dengan laju  $2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ]*  
[5 marks (markah)]
- ...17/-  
[ZCT 104]

5. (a) If the Rydberg constant is  $1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ , determine the longest and the shortest wavelengths of the Paschen series for hydrogen?  
*[Jika pemalar Rydberg ialah  $1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ , tentukan jarak gelombang yang paling panjang dan paling pendek dalam siri Paschen hidrogen?]*  
[5 marks (markah)]
- (b) Find the value of initial energy state,  $n_i$  in the series that gives rise to the line in the hydrogen spectrum at  $4861 \text{ \AA}$  (angstrom)? Given that the final energy state,  $n_f$  in this series transitions is  $n_f = 2$ .  
*[Cari nilai keadaan tenaga awal,  $n_i$  yang peralihannya mengakibatkan garis pada  $4861 \text{ \AA}$  (angstrom) di dalam spectrum hidrogen? Diberi bahawa keadaan tenaga akhir,  $n_f$  bagi peralihan ini ialah  $n_f = 2$ .]*  
[5 marks (markah)]
6. (a)  $K^0$ , an unstable, neutral meson, is produced in high energy accelerators. It will decay into a pair of oppositely charged pions via  $K^0 \rightarrow \pi^- \pi^+$ . The rest masses of the charged pions,  $\pi^-, \pi^+$  are  $139.6 \text{ MeV}/c^2$ . In an experiment, the momentum of the charged pions is measured to be  $206.0 \text{ MeV}/c$ , calculate the mass of  $K^0$ . Assume  $K^0$  is at rest before the decay. Express your answer in terms of  $\text{MeV}/c^2$ .  
[5 marks (markah)]
- (b) Explain with sufficient clarity why it is not possible for a microscopic particle of rest mass  $M$  to decay into a photon with the same energy,  $Mc^2$ .  
*[Terangkan dengan jelasnya mengapa adalah tidak mungkin bagi suatu zarah mikroskopik berjisim rehat  $M$  mereput menjadi suatu foton yang tanaganya  $Mc^2$ .]*  
[5 marks (markah)]
7. A photon of energy  $E$  is scattered by a particle of rest energy  $E_0$ . Find the maximum kinetic energy of the recoiling particle in terms of  $E$  and  $E_0$ .  
*[Suatu foton bertenaga  $E$  diserakkan oleh suatu zarah yang bertenaga rehat  $E_0$ . Dapatkan tenaga kinetik maksimum zarah yang tersentak itu dalam sebutan  $E_0$  dan  $E$ .]*  
[10 marks (markah)]
8. By what percentage will a nonrelativistic calculation of the de Broglie wavelength of an electron with kinetic energy  $100 \text{ keV}$  be in error?  
*[Apakah peratusan ralat suatu pengiraan tak-kerelatifan jarak gelombang de Broglie bagi elektron bertenaga kinetik  $100 \text{ keV}$ ?]*  
[10 marks (markah)]