

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Final Exam  
Academic Session 2004/2005  
March 2005

**ZCT 104E/3 - Physics IV (Modern Physics)**  
*[Fizik IV (Fizik Moden)]*

Duration: 3 hours  
*[Masa: 3 jam]*

Please check that the examination paper consists of **15** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi 15 muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instruction:** Answer all questions. Please answer the objective questions from Part A in the objective answer sheet provided. Answer both structured questions from Part B. Please submit the objective answer sheet and the answers to the structured questions separately.

Students are allowed to answer all questions in Bahasa Malaysia or in English.

*[Arahan: Jawab SEMUA soalan. Sila jawab soalan-soalan objektif daripada bahagian A dalam kertas jawapan objektif yang dibekalkan. Jawab kedua-dua soalan struktur daripada Bahagian B. Hantar kertas jawapan objektif dan jawapan kepada soalan struktur berasingan.]*

*[Pelajar dibenarkan untuk menjawab samada dalam bahasa Malaysia atau bahasa Inggeris.]*

**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,  $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$

**Part A: Objective**

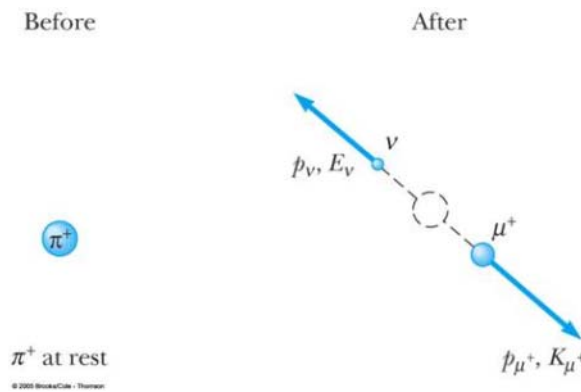
**Instruction: Answer all 40 objective questions in this Part.**

[Bahagian A: Objektif.]

[Arahan: Jawab kesemua 40 soalan objektif dalam Bahagian ini. ]

**Question 1 - 3** are based on the decay of a  $\pi$  meson into a muon and a massless neutrino shown in the figure below. The mass of the muon is known to be  $m_\mu = 106 \text{ MeV}/c^2$ , and the kinetic energy of the muon is measured to be  $K_\mu = 4.6 \text{ MeV}$ .  $p_\mu$  denotes the momentum of the muon.

[Soalan 1-3 adalah berdasarkan pereputan satu meson  $\pi$  kepada satu muon dan satu neutrino tanpa jisim, sepertimana ditunjukkan dalam gambarajah di bawah. Diketahui jisim muon ialah  $m_\mu = 106 \text{ MeV}/c^2$ , dan tenaga kinetik muon yang terukur ialah  $K_\mu = 46 \text{ MeV}$ .  $p_\mu$  menandakan momentum muon.]



1. How is the momentum of the muon,  $p_\mu$  related to the kinetic energy of the muon?  $E_\mu$  denotes the total relativistic energy of muon.

[Bagaimanakah momentum muon  $p_\mu$  dikaitkan dengan tenaga kinetik muon?  $E_\mu$  menandakan tenaga keretatifan muon]

- A.  $p_\mu c = \sqrt{(K_\mu + m_\mu c^2)^2 - m_\mu^2 c^4}$       B.  $p_\mu = \sqrt{(K_\mu + m_\mu c^2)^2 - m_\mu^2 c^4}$   
 C.  $p_\mu = \sqrt{2m_\mu K_\mu}$       D.  $p_\mu c = \sqrt{(E_\mu^2 + m_\mu c^2)^2}$   
 E. Non of A, B, C, D [Jawapan tiada dalam A, B, C, D]

2. What is the rest energy of the  $\pi$  meson?

[Apakah tenaga rehat meson  $\pi$  ?]

- A.  $K_\mu + m_\mu c^2$       B.  $(K_\mu + m_\mu c^2) + \sqrt{(K_\mu^2 + 2K_\mu m_\mu c^2)}$   
 C.  $K_\mu$       D.  $m_\mu c^2$   
 E. Non of A, B, C, D [Jawapan tiada dalam A, B, C, D]

3. What is the kinetic energy of the neutrino?

[Apakah tenaga kinetik neutrino?]

- A.  $\sqrt{(K_\mu + m_\mu c^2)^2 - m_\mu^2 c^4}$       B.  $(K_\mu + m_\mu c^2) + \sqrt{(K_\mu^2 + 2K_\mu m_\mu c^2)}$   
 C.  $K_\mu$       D.  $m_\mu c^2$   
 E. Non of A, B, C, D [Jawapan tiada dalam A, B, C, D]

4. Which of the following statement(s) is (are) true? [Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]

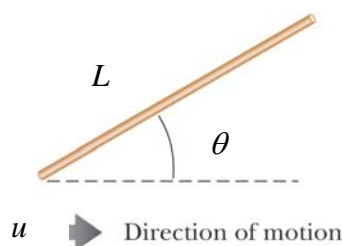
- I** All inertial frames are equivalent [Semua rangka inersia adalah setara]
- II** If light obeys Galilean transformation, light waves would appear stationary in an inertial frame that moves with the same speed with that of the light. [Jika cahaya mematuhi transformasi Galilean, gelombang cahaya akan kelihatan pegun dalam satu rangka inersia yang kelajuannya sama dengan kelajuan cahaya]
- III** In an inertial frame moving approximately with the speed of light, light waves would appear stationary according to the postulates of special theory of relativity [Dalam satu rangka inersia yang bergerak dengan kelajuan hampir dengan kelajuan cahaya, gelombang cahaya akan kelihatan pegun mengikut postulat teori kerelatifan khas.]
- IV** It is experimentally verified that electromagnetic waves propagate through a medium called Ether [Telah disahkan secara eksperimen bahawa gelombang elektromagnetik merambat melalui satu jenis medium digelar Ether.]

- A. II,III      B. I, II,III      C. II, III, IV      D. I, II**  
**E. Non of A, B, C, D [Jawapan tiada dalam A, B, C, D]**

5. A moving rod is observed to have a length of  $L$  and to be orientated at an angle of  $\theta = 45^\circ$  with respect to the direction of motion, as shown in the figure below. The rod has a speed of  $u = \frac{c}{\sqrt{2}}$ .

[Suatu rod bergerak diperhatikan mempunyai panjang  $L$  dan diorientasikan pada suatu sudut  $\theta = 45^\circ$  merujuk kepada arah gerakannya sepertimana ditunjukkan dalam gambarajah di bawah.

Kelajuan rod ialah  $u = \frac{c}{\sqrt{2}}$ .]



What is the tangent of the angle in the proper frame (in terms of  $\tan \theta$ )?

[Apakah tangen sudutnya (dinyatakan dalam sebutan  $\tan \theta$ ) dalam rangka 'proper']

- A.  $\tan \theta$       B.  $\frac{\tan \theta}{\sqrt{2}}$       C.  $\sqrt{2} \tan \theta$       D.  $2 \tan \theta$**   
**E. Non of A, B, C, D [Jawapan tiada dalam A, B, C, D]**

6. What measurement(s) do two observers in relative motion always agree on?

[Apakah ukuran(-ukuran) yang sentiasa disetujui oleh dua orang pemerhati yang berada dalam pergerakan relatif]

- I** The speed of light  $c$  in vacuum [Laju cahaya  $c$  dalam vakum]
- II** The speed  $v$  of their relative motion [Laju relatif  $v$  di antara mereka ]

III The momentum of an object [*Momentum suatu objek*]

IV The rest mass of an object [*Jisim rehat suatu objek*]

A. II, III

B. I, II, IV

C. II, III, IV

D. I, II

E. Non of A, B, C, D [*Jawapan tiada dalam A, B, C, D*]

7. Given  $\{x, t\}$ ,  $\{x', t'\}$  are two sets of coordinates used by two reference frames which are moving with a constant relative velocity, which statement(s) correctly describe(s) the transformation between them?

[*Diberi  $\{x, t\}$ ,  $\{x', t'\}$  merupakan dua set koordinat yang digunakan oleh dua rangka rujukan yang bergerak dengan halaju relatif mantap, kenyataan yang manakah memerihalkan transformasi di antara dua set koordinat tersebut dengan betul?*]

I  $\{x, t\}$  is related to  $\{x', t'\}$  by Galilean transformation at  $u \ll c$

[ *$\{x, t\}$  dikaitkan dengan  $\{x', t'\}$  oleh transformasi Galilean pada  $u \ll c$* ]

II  $\{x, t\}$  is related to  $\{x', t'\}$  by Galilean transformation at  $u \rightarrow c$

[ *$\{x, t\}$  dikaitkan dengan  $\{x', t'\}$  oleh transformasi Galilean pada  $u \rightarrow c$* ]

III  $\{x, t\}$  is related to  $\{x', t'\}$  by Lorentz transformation at  $u \ll c$

[ *$\{x, t\}$  dikaitkan dengan  $\{x', t'\}$  oleh transformasi Lorentz pada  $u \ll c$* ]

IV  $\{x, t\}$  is related to  $\{x', t'\}$  by Lorentz transformation at  $u \rightarrow c$

[ *$\{x, t\}$  dikaitkan dengan  $\{x', t'\}$  oleh transformasi Lorentz pada  $u \rightarrow c$* ]

A. I, II

B. I, III, IV

C. II, III, IV

D. I, IV Only

E. Non of A, B, C, D [*Jawapan tiada dalam A, B, C, D*]

8. What is the upper limit of the speed of an electron?

[*Apakah limit atas bagi laju suatu elektron?*]

A.  $m_e c$

B.  $c$

C. 0

D. Infinity

E. Non of A, B, C, D [*Jawapan tiada dalam A, B, C, D*]

9. The units of the Planck constant  $h$  are those of:

[*Unit bagi pemalar Planck  $h$  adalah sama dengan unit bagi ...*]

A. energy

B. power

C. momentum

D. angular momentum

E. frequency

10. Rank following electromagnetic radiations according to the energies of their photons, from least to greatest.

[*Menyusun sinaran elektromagnetik berikut mengikut tenaga foton mereka, daripada yang paling lemah kepada yang paling besar*]

1. blue light

2. yellow light

3. x-rays

4. radio waves

A. 1, 2, 3, 4

B. 4, 2, 1, 3

C. 4, 1, 2, 3

D. 3, 2, 1, 4

E. 3, 1, 2, 4

- 11.** In a photoelectric effect experiment the stopping potential is:  
*[Dalam eksperimen kesan fotoelektrik keupayaan penghenti adalah]*
- A.** the energy required to remove an electron from the sample  
*[tenaga yang diperlukan untuk menyingkirkan satu elektron daripada sampel]*
  - B.** the kinetic energy of the most energetic electron ejected  
*[tenaga kinetik bagi elektron terlenting yang paling bertenaga]*
  - C.** the potential energy of the most energetic electron ejected  
*[tenaga keupayaan bagi elektron terlenting yang paling bertenaga]*
  - D.** the photon energy *[tenaga foton]*
  - E.** the electric potential that causes the electron current to vanish  
*[keupayaan elektrik yang menyebabkan arus elektron hilang]*
- 12.** In a photoelectric effect experiment no electrons are ejected if the frequency of the incident light is less than  $A/h$ , where  $h$  is the Planck constant and  $A$  is:  
*[Dalam eksperimen kesan fotoelektrik tiada elektron akan terlenting jika frekuensi cahaya tuju adalah kurang daripada  $A/h$ , di mana  $h$  ialah pemalar Planck dan  $A$  ialah:]*
- A.** the maximum energy needed to eject the least energetic electron  
*[tenaga maksimum yang diperlukan untuk melentingkan elektron yang paling kurang bertenaga]*
  - B.** the minimum energy needed to eject the least energetic electron  
*[tenaga minimum yang diperlukan untuk melentingkan elektron yang paling kurang bertenaga]*
  - C.** the maximum energy needed to eject the most energetic electron  
*[tenaga maksimum yang diperlukan untuk melentingkan elektron yang paling bertenaga]*
  - D.** the minimum energy needed to eject the most energetic electron  
*[tenaga minimum yang diperlukan untuk melentingkan elektron yang paling bertenaga]*
  - E.** the intensity of the incident light *[keamatan cahaya tuju]*
- 13.** Consider the following: *[Pertimbangkan yang berikut]*
- I.** A photoelectric process in which some emitted electrons have kinetic energy greater than  $hf$ , where  $f$  is the frequency of the incident light.  
*[Satu proses fotoelektrik di mana sebahagian elektron terlenting mempunyai tenaga kinetik yang lebih besar daripada  $hf$ , di mana  $f$  ialah frekuensi cahaya tuju]*
  - II.** A photoelectric process in which all emitted electrons have energy less than  $hf$ .  
*[Satu proses fotoelektrik di mana kesemua elektron terlenting mempunyai tenaga kurang daripada  $hf$ ]*
  - III.** Compton scattering from stationary electrons for which the emitted light has a frequency that is greater than that of the incident light.

*[Penyerakan Compton daripada elektron-elektron rehat yang mana cahaya tertenting mempunyai frekuensi yang lebih besar daripada frekuensi cahaya tuju]*

**IV.** Compton scattering from stationary electrons for which the emitted light has a frequency that is less than that of the incident light.

*[Penyerakan Compton daripada elektron-elektron rehat yang mana cahaya tertenting mempunyai frekuensi yang lebih kecil daripada frekuensi cahaya tuju]*

The only possible processe(s) is (are) *[Proses(-proses) yang mungkin ialah]:*

**A. I**                      **B. III**                      **C. I and III**                      **D. I and IV**                      **E. II and IV**

**14.** In Compton scattering from stationary electrons the largest change in wavelength that can occur is:

*[Dalam penyerakan Compton daripada elektron-elektron rehat, perubahan paling besar yang mungkin dalam jarak gelombang adalah]*

**A.**  $2.43 \times 10^{-15}$  m                      **B.**  $2.43 \times 10^{-12}$  m                      **C.**  $4.9 \times 10^{-12}$  m  
**D.** dependent on the frequency of the incident light *[bergantung kepada frekuensi cahaya tuju]*  
**E.** dependent on the work function *[bergantung kepada fungsi kerja]*

**15.** Of the following, Compton scattering from electrons is most easily observed for:

*[Daripada yang berikut, penyerakan Compton daripada elektron-elektron adalah paling mudah dicerap dalam]*

**A.** microwaves                      **B.** infrared light                      **C.** visible light  
**D.** ultraviolet light                      **E.** x rays

**16.** In Compton scattering from stationary particles the maximum change in wavelength can be made larger by using:

*[Dalam penyerakan Compton daripada zarah-zarah rehat, perubahan maksimum dalam jarak gelombang boleh dijadikan lebih besar dengan menggunakan]*

**A.** higher frequency radiation *[sinaran yang berfrekuensi lebih tinggi]*  
**B.** lower frequency radiation *[sinaran yang berfrekuensi lebih rendah]*  
**C.** more massive particles *[zarah yang berjirim lebih besar]*  
**D.** less massive particles *[zarah yang berjirim lebih kecil]*  
**E.** particles with greater charge *[zarah yang casnya lebih besar]*

**17.** Evidence for the wave nature of matter is: *[Bukti untuk sifat gelombang bagi jasad ialah]*

**A.** Electron diffraction experiments of Davisson and Germer  
*[eksperimen belauan elektron oleh Davisson dan Germer]*  
**B.** Photoelectric effect *[kesan fotoelektrik]*  
**C.** Young's double slit experiment *[eksperimen dwi-celah Young]*  
**D.** the Compton effect *[kesan Compton]*  
**E.** Frank-Hertz experiment *[eksperimen Frank-Hertz]*



**A.** use light of a longer wavelength.

*[menggunakan cahaya yang berjarak gelombang lebih panjang]*

**B.** use light of a shorter wavelength.

*[menggunakan cahaya yang berjarak gelombang lebih pendek]*

**C.** use light of the same wavelength but increase its intensity.

*[menggunakan cahaya yang berjarak gelombang sama tapi menambahkan keamatannya]*

**D.** use light of the same wavelength but decrease its intensity.

*[menggunakan cahaya yang berjarak gelombang sama tapi mengurangkan keamatannya]*

**E.** Non of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

22. Protons are being accelerated in a particle accelerator at sub-relativistic energies. When the energy of the protons is doubled, their de Broglie wavelength will

*[Proton dipecutkan dalam satu pemecut zarah pada tenaga sub-kerelatifan. Bila tenaga proton digandaduaikan, jarak gelombang de Broglienya akan]*

**A.** increase by a factor of 2. *[bertambah dengan satu factor 2]*

**B.** decrease by a factor of 2. *[berkurang dengan satu factor 2]*

**C.** increase by a factor of  $\sqrt{2}$ . *[bertambah dengan satu factor  $\sqrt{2}$ ]*

**D.** decrease by a factor of  $\sqrt{2}$ . *[berkurang dengan satu factor  $\sqrt{2}$ ]*

**E.** Non of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

23. A proton and an electron are both accelerated to the same final speed. If  $\lambda_p$  is the de Broglie wavelength of the proton and  $\lambda_e$  is the de Broglie wavelength of the electron, then

*[Kedua-dua proton dan elektron dipecutkan kepada laju akhir yang sama. Jika  $\lambda_p$  ialah jarak gelombang de Broglie proton dan  $\lambda_e$  ialah jarak gelombang de Broglie elektron maka]*

**A.**  $\lambda_p > \lambda_e$ .

**B.**  $\lambda_p = \lambda_e$ .

**C.**  $\lambda_p < \lambda_e$ .

**D.** Not enough data to answer this question. *[tak cukup data untuk menjawab soalan ini]*

**E.** Non of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

24. If the position of an electron is measured very precisely there is an uncertainty in measuring its  
*[Jika kedudukan suatu elektron diukur dengan sangat tepat maka akan wujud ketidakpastian dalam pengukuran ...nya]*

**A.** rest mass.

**B.** momentum.

**C.** potential energy.

**D.** charge.

**E.** Non of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

25. Which of the following statement(s) is (are) true? *[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]*

**I** A zero value for the Planck's constant would mean that the laws of classical physics would apply to quantum physics.

*[Jika pemalar Planck bernilai sifar ini bermakna hukum-hukum fizik klasik akan teraplikasikan dalam fizik kuantum]*



**II** In quantum tunneling, electrons and other quantum particles can tunnel through a region of space that would be forbidden to them if they were classical particles.  
*[Dalam penerowongan kuantum, elektron dan zarah-zarah kuantum lain boleh menerowongi satu rantau yang terlarang bagi mereka yang merupakan zarah-zarah klasikal.]*

**III** A large value for the Planck's constant would mean that the laws of classical physics would apply to quantum physics.  
*[Jika pemalar Planck bernilai besar ini bermakna hukum-hukum fizik klasik akan teraplikasikan dalam fizik kuantum]*

**A. III**                    **B. II, III**                    **C. I**                    **D. I, II**  
**E.** Non of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

26. A major advantage of an electron microscope over a visible light microscope is that the electron microscope

*[Manfaat yang major bagi satu mikroskop elektron berbanding dengan mikroskop cahaya nampak ialah bahawa mikroskop elektron]*

- A.** has much greater magnification. *[memberikan pembesaran yang lebih tinggi]*
- B.** operates with much lower intensity. *[beroperasi pada keamatan yang lebih rendah]*
- C.** can penetrate opaque samples. *[boleh menembusi sampel legap]*
- D.** can have much better resolution. *[memberikan leraian yang lebih baik]*
- E.** requires no lenses for its operation. *[tidak memerlukan kanta-kanta dalam operasinya]*

27. An important observation that led Bohr to formulate his model of the hydrogen atom was the fact that

*[Salah satu pencerapan yang merangsangkan Bohr memformulasikan model atom hidrogennya ialah fakta bahawa]*

- A.** a low density gas emitted a series of sharp spectral lines.  
*[gas berketumpatan rendah memancarkan pinggir-pinggir spectrum yang tajam]*
- B.** neutrons formed a diffraction pattern when scattered from a nickel crystal.  
*[neutron membentuk corak belauan bila diserakkan daripada hablur nickel]*
- C.** electrons were found to have a wave nature.  
*[elektron didapati mempunyai sifat gelombang]*
- D.** the peak of the blackbody radiation moved to shorter wavelengths as the temperature was increased.  
*[puncak jasad hitam bergerak menghampiri jarak gelombang yang lebih pendek bila suhu bertambah]*
- E.** the emission of light by an atom does not appear to conserve energy.  
*[pancanran cahaya oleh atom tidak mengabadikan tenaga]*

28. The particle nature of light is best illustrated by which of the following?

*[Sifat zarah cahaya adalah paling baik diilustrasikan oleh yang mana berikut?]*

- A.** The scattering of alpha particles from gold foil. *[Serakan zarah alfa daripada foil emas]*

- B.** The fact that hot objects emit electromagnetic radiation.  
*[Fakta bahawa objek panas memancarkan pancaran elektromagnetik]*
- C.** The diffraction pattern observed when a beam of electrons is scattered by a crystal  
*[Corak belauan yang dicerap bila satu bim elektron diserakkan oleh satu hablur]*
- D.** The fact that a rainbow consists of a continuous spectrum of colors  
*[Fakta bahawa pelangi mengandungi satu spektrum warna yang selanjar]*
- E.** The ejection of electrons from a metal surface illuminated by light.  
*[Pelentingan elektron daripada permukaan logam yang disinari cahaya]*

29. A wave function is given by  
*[Satu fungsi gelombang diberikan oleh]*

$$\begin{aligned} \Psi(x) &= 0 && \text{for } x < 0 \\ \Psi(x) &= Ax && \text{for } 0 \leq x \leq L \\ \Psi(x) &= 0 && \text{for } x > L \end{aligned}$$

The product of the normalization constant  $A$  and the quantity  $L^{3/2}$  is equal to:  
*[Hasildarab pemalar normalisasi  $A$  dengan kuantiti  $L^{3/2}$  bersamaan dengan]*

- A.**  $\sqrt{12}$     **B.**  $\sqrt{15}$     **C.**  $\sqrt{20}$     **D.**  $\sqrt{24}$     **E.**  $\sqrt{3}$

30. If a wave function  $\psi$  for a particle moving along the  $x$  axis is "normalized" then:  
*[Jika satu fungsi gelombang  $\psi$  untuk satu zarah yang bergerak sepanjang paksi  $x$  adalah ternormalisasikan, maka]*

- A.**  $\int |\psi|^2 dt = 1$     **B.**  $\int |\psi|^2 dx = 1$     **C.**  $\partial\psi/\partial x = 1$     **D.**  $\partial\psi/\partial t = 1$   
**E.**  $|\psi|^2 = 1$

31. The energy of an electron in a hydrogen atom that is about to get ionised is  
*[Tenaga elektron dalam atom hidrogen yang hampir-hampir diionkan adalah]*

- A.** -13.6 eV    **B.** -3.4 eV    **C.** -10.2 eV  
**D.** -1.0 eV    **E.** 0 eV

32. According to the Bohr model of hydrogen atom, the energy  $E_n$  of a hydrogen atom of a state with quantum number  $n$  is proportional to:

*[Mengikut model hidrogen Bohr tenaga  $E_n$  suatu atom hidrogen pada keadaan dengan nombor kuantum  $n$  adalah berkadar dengan ]*

- A.**  $n$     **B.**  $n^2$     **C.**  $1/n$     **D.**  $1/n^2$

**E.** Non of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

33. The series limit for the Balmer series represents a transition  $m \rightarrow n$ , where  $(m, n)$  is  
*[Limit siri bagi siri Balmer mewakili satu peralihan  $m \rightarrow n$ , di mana  $(m, n)$  ialah]*
- A. (2,1)            B. (3,2)            C. ( $\infty$ ,0)            D. ( $\infty$ ,1)            E. ( $\infty$ ,2)
34. The location of a particle is measured and specified as being exactly at  $x = 0$ , with *zero* uncertainty in the  $x$  direction. How does this affect the uncertainty of its velocity component in the  $y$  direction?  
*[Lokasi suatu zarah adalah diukur dan dispesifikasikan sebagai tepat-tapat pada  $x = 0$  dengan ketidakpastian sifar dalam arah  $x$ . Bagaimanakah keadaan ini mempengaruhi ketidakpastian komponen halajunya dalam arah  $y$ ?]*
- A. It does not affect it. *[Keadaan ini tidak mempengaruhinya]*  
 B. It makes it infinite. *[Keadaan ini menjadikannya infinit]*  
 C. It makes it zero. *[Keadaan ini menjadikannya sifar]*  
 D. It makes it negative *[Keadaan ini menjadikannya negatif]*  
 E. Non of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*
35. The Balmer series of hydrogen is important because it:  
*[Siri Balmer bagi hidrogen adalah penting kerana ia]*
- A. is the only one for which the Bohr theory can be used  
*[merupakan satu-satunya siri yang dapat diaplikasikan oleh teori Bohr]*
- B. is the only series which occurs for hydrogen  
*[merupakan satu-satunya siri yang berlaku dalam hidrogen]*
- C. is in the visible region  
*[berada dalam rantau nampak]*
- D. involves the lowest possible quantum number  $n$   
*[melibatkan nombor kuantum yang terendah mungkin]*
- E. involves the highest possible quantum number  $n$   
*[melibatkan nombor kuantum yang tertinggi mungkin]*
36. The quantization of energy,  $E = nhf$ , is not important for an ordinary pendulum because:  
*[Pengkuantuman tenaga,  $E = nhf$ , adalah tidak penting bagi suatu bandul kerana]*
- A. the formula applies only to mass-spring oscillators  
*[formular hanya teraplikasikan ke atas pengayun jisim-spring]*
- B. the allowed energy levels are too closely spaced  
*[selang paras tenaga diizinkan adalah terlalu padat]*
- C. the allowed energy levels are too widely spaced  
*[selang paras tenaga diizinkan adalah terlalu lebar]*
- D. the formula applies only to atoms  
*[formular hanya teraplikasikan ke atas atom]*

E. the value of  $h$  for a pendulum is too large  
*[nilai  $h$  bagi bandul terlalu besar]*

37. A hydrogen atom is in its ground state. Incident on the atom are many photons each having an energy of 5 eV. The result is that  
*[Suatu atom hidrogen berada dalam keadaan buminya. Foton-foton bertenaga 5 eV setiap satu ditujukan pada atom itu. Hasilnya ialah]*

A. the atom is excited to a higher allowed state  
*[atom teruja kepada keadaan dizinkan yang lebih tinggi]*

B. the atom is ionized  
*[atom diionkan]*

C. the photons pass by the atom without interaction  
*[foton merentasi atom tanpa berinteraksi]*

D. the photons are ionised  
*[foton diionkan]*

E. the atom is de-excited to a lower quantum state  
*[atom ternyah-uja kepada keadaan dizinkan yang lebih rendah]*

38. A hydrogen atom makes a transition from the  $n = 3$  level to the  $n = 2$  level. It then makes a transition from the  $n = 2$  level to the  $n = 1$  level. Which transition results in emission of the longest-wavelength photon?  
*[Satu atom hidrogen melakukan peralihan dari paras  $n=3$  ke paras  $n=2$ . Kemudiannya ia melakukan satu peralihan dari paras  $n=2$  ke paras  $n=1$ . Peralihan yang manakan menghasilkan pancaran foton berjarak gelombang paling panjang? ]*

A. the first transition *[peralihan pertama]*

B. the second transition *[peralihan kedua]*

C. neither, because the wavelengths are the same for both transitions.  
*[bukan A ataupun B kerana jarak gelombang kedua-dua kes adalah sama]*

D. one cannot determine the answer because data provided is not sufficient.  
*[jawapan tidak boleh ditentukan kerana data yang diberikan tak cukup]*

E. Non of A, B, C, D *[Jawapan tiada dalam A, B, C, D]*

39. An electron and a proton are accelerated to a common relativistic energy (i.e.  $E \gg m_e c^2, m_p c^2$ ), where  $m_e$  and  $m_p$  denote the masses of the electron and proton respectively. Determine the ratio of the de Broglie wavelength of the electron to that of the proton.

*[Satu elektron dan proton dipecutkan kepada satu tenaga kerelatifan  $E$  yang sama, (iaitu  $E \gg m_e c^2, m_p c^2$ ), di mana  $m_e$  dan  $m_p$  menandakan jisim elektron dan proton masing-masing. Tentukan nisbah jarak gelombang de Broglie elektron kepada proton.]*

(A)  $\frac{m_p}{m_e}$       (B)  $\sqrt{\frac{m_p}{m_e}}$       (C)  $\sqrt{\frac{m_e}{m_p}}$       (D)  $\frac{m_p}{m_e}$       (E) 1

40. How is the empirical Ryberg constant,  $R_H$ , be related to the other constants of nature in the Bohr model of hydrogen atom?

[Bagaimanakah pemalar empirikal Ryberg  $R_H$  dikaitkan kepada pemalar-pemalar alam yang lain mengikut model Bohr atom hidrogen?]

$$\text{A. } R_H = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^2 c} \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \quad \text{B. } R_H = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^3 c} \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2$$

$$\text{C. } R_H = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^3 c} \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right) \quad \text{D. } R_H = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^3 c^3} \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2$$

(E) Non of A, B, C, D [Jawapan tiada dalam A, B, C, D]

### Part B: Structured Questions [60 marks]

**Instruction: Answer both questions 1 and 2 in this Part.**

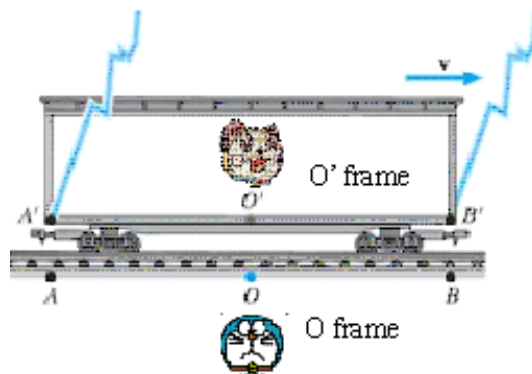
[Bahagian B: Soalan Struktur. 60 markah]

[Arahan: Jawab kedua-dua soalan 1 dan 2 dalam Bahagian ini. ]

- 1(a) Consider the Gedanken experiment of a moving train (the  $O'$  frame) passing by an observer called Doraemon on the ground (the  $O$  frame) with a speed of  $v$ , see figure below. The length of the train, as measured by Doraemon, is  $L$ . Another observer, Doraemiyon is seen by Doraemon to sit at the middle of the train,  $L/2$ , when Doraemiyon passes by Doraemon at time  $t=0$ . At that instance, two lightning bolts strike points A and B at the edges of the train such that both events appear to occur simultaneously according to Doraemon. What is the time lag between the lights from event A and event B arriving at Doraemiyon,  $t_A - t_B$ , as seen by Doraemon, where both  $t$ 's are measured in Doraemon's frame. Express your answer in terms of  $v$ ,  $L$ , and the speed of light  $c$ . [Hint: Do you think you should apply time-dilation or length contraction formulae here?]

[Pertimbangkan eksperimen Gedanken di mana satu tren (rangka  $O'$ ) bergerak melepasi seorang pemerhati Doraemon yang berada di atas bumi (rangka  $O$ ) dengan laju  $v$ , rujuk gambarajah di bawah. Panjang tren sebagaimana yang diukur oleh Doraemon ialah  $L$ . Seorang lagi pemerhati, Doraemiyon diperhatikan oleh Doraemon sebagai duduk di tengah-tengah tren,  $L/2$ , bila Doraemiyon bergerak melepasi Doraemon pada masa  $t = 0$ . Pada ketika itu, dua petir menyambar titik-titik A dan B pada pinggir tren sedemikian rupa supaya kedua-dua peristiwa itu kelihatan berlaku secara serentak kepada Doraemon. Apakah masa susulan di antara cahaya dari peristiwa A dan peristiwa B yang sampai kepada Doraemiyon,  $t_A - t_B$ , mengikut Doraemon? Kedua-dua masa  $t_A$ ,  $t_B$  adalah diukur dalam rangka Doraemon. Nyatakan jawapan anda dalam sebutan  $v$ ,  $L$  dan laju cahaya  $c$ . [Hint: Adakah anda perlu mengaplikasikan formular-formular pendilatan-masa dan susutan panjang?]

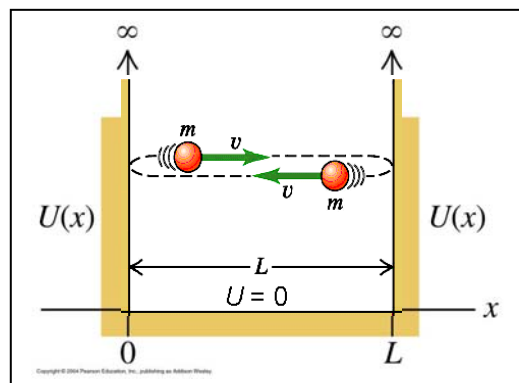
[10 marks]



- 1(b) When a photoelectric surface is illuminated with light of wavelength 437 nm, the stopping potential is 1.67 V.  
*[Bila satu permukaan fotoelektrik disinari cahaya berjarak gelombang 437 nm, keupayaan penghenti ialah]*
- [5 + 5 marks]**
- (i) What is the work function of the metal in eV?  
*[Apakah fungsi kerja logam tersebut dalam unit eV?]*
- (ii) What is the maximum speed of the ejected electrons?  
*[Apakah laju maksimum elektron terlenting?]*
- 1(c) An electron has a speed of  $0.95c$ . What is the magnitude of its momentum? **[5 marks]**  
*[Suatu elektron berlaju  $0.95c$ . Apakah magnitud momentumnya?]*
- 1(d) A 29.0 pm photon is Compton scattered by a stationary electron. What is the maximum energy loss of the photon?  
*[Satu foton 29.0 pm diserak Compton oleh satu elektron pegun. Apakah kehilangan tenaga foton yang maksimum?]*
- [5 marks]**

- 2(a) Consider a quantum particle trapped in an infinite quantum well (with width  $L$ ) given by  
*[Pertimbangkan satu zarah kuantum yang terperangkap dalam satu telaga kuantum infinit (dengan lebar  $L$ ) yang diberikan oleh]*

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x \leq 0, x \geq L \\ 0, & 0 < x < L \end{cases}$$



The behaviour of a particle inside the infinite well [i.e. the region where  $U(x) = 0$  for  $0 < x < L$ ] is governed by the 1-D time-independent Schrodinger equation  $\frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} = -B^2 \psi(x)$ , where

$$B^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}. \quad E \text{ is the energy of the particle.}$$

[Kelakuan zarah dalam telaga infinit (iaitu dalam rantau  $U(x) = 0$  for  $0 < x < L$ ) diperintah oleh persamaan merdeka-masa Schrodinger 1-D  $\frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} = -B^2 \psi(x)$ , di mana  $B^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}$ .  $E$  ialah tenaga zarah.]

- (i) Show that  $\psi(x) = A \sin Bx + C \cos Bx$  is a solution to the Schrodinger equation for the particle inside the well, where  $A, C$  are some constants.

[Tunjukkan bahawa  $\psi(x) = A \sin Bx + C \cos Bx$  merupakan penyelesaian kepada persamaan Schrodinger untuk zarah dalam telaga, di mana  $A$  dan  $C$  adalah pemalar.]

[5 marks]

- (ii) Determine the values of  $C$  and  $B$  by applying boundary conditions that must be fulfilled by the Schrodinger equation governing the particle.

[Tentukan nilai-nilai  $C$  dan  $B$  dengan mengaplikasikan syarat-syarat sempadan yang mesti dipenuhi oleh persamaan Schrodinger yang memerintah zarah itu.]

[4 + 6 marks]

- (iii) Hence show that the energy of the particle in the infinite well is quantized.

[Seterusnya tunjukkan bahawa tenaga zarah dalam telaga infinit adalah terkuantumkan]

[5 marks]

- 2(b) What is the kinetic energy of an electron at the ground state of the hydrogen atom, given that the ground state energy of the hydrogen atom is  $-13.6$  eV? Give your answer in unit of eV.

[Apakah tenaga kinetik elektron pada keadaan bumi atom hidrogen? Diberitahu tenaga bumi atom hidrogen ialah  $-13.6$  eV. Berikan jawapan anda dalam unit eV.]

[10 marks]