

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Final Exam
Academic Session 2005/2006

April 2006

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 xx pages of printed material before you begin the examination.

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

Instruction:

Answer ALL questions in Section A and Section B.

Please answer the objective questions from Section A in the objective answer sheet provided. 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 dalam Bahagian A dan Bahagian B.

Sila jawab soalan-soalan objektif daripada bahagian A dalam kertas jawapan objektif yang dibekalkan. Sila serahkan kertas jawapan objektif dan jawapan kepada soalan-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, $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$

Section A: Objectives. [40 marks]

[Bahagian A: Soalan-soalan objektif]

Instruction: Answer all 40 objective questions in this Section.

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

1. While standing beside a railroad track, we are startled by a boxcar traveling past us at half the speed of light. A passenger standing at the rear of the boxcar fires a laser pulse toward the front of the boxcar. The pulse is absorbed at the front of the box car. While standing beside the track we measure the speed of the pulse through the open side door. The measured value of the speed of the pulse is _____ its speed measured by the rider.

[Kita berdiri di tepi suatu landasan keretapi. Suatu gerabak bergerak melepasi kita dengan halaju separuh halaju cahaya. Seorang penumpang yang berdiri di bahagian belakang gerabak menembak suatu denyutan laser ke arah bahagian hadapan gerabak. Denyutan tersebut diserap pada bahagian hadapan gerabak. Ketika berdiri di tepi landasan kita mengukur laju denyutan laser tersebut menerusi pintu tepi yang terbuka. Nilai bagi laju denyutan laser yang kita ukur adalah _____ laju yang diukur oleh penumpang.]

- A. greater than *[lebih besar daripada]*
- B. equal to *[sama dengan]*
- C. less than *[kurang daripada]*
- D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS:B, My own questions

2. Referring to question No.1 above, our measurement of the distance between emission and absorption of the laser pulse is _____ the distance between emission and absorption measured by the rider.

[Merujuk kepada soalan 1 di atas, ukuran yang kita lakukan ke atas jarak di antara pemancaran dan penyerapan denyutan laser adalah _____ jarak di antara pemancaran dan penyerapan yang diukur oleh penumpang tersebut.]

- A. greater than *[lebih besar daripada]*
- B. equal to *[sama dengan]*
- C. less than *[kurang daripada]*
- D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS:A, My own questions

3. Given two events, A and B, of which the space and time coordinate are respectively designated by (x_A, t_A) and (x_B, t_B) . If we define the space-time interval squared as $s^2 = (c\Delta t)^2 - (\Delta x)^2$, which of the following statements are (is) true?

[Diberikan dua kejadian, A dan B, yang koordinat-koordinat ruang dan masa masing-masing diberi oleh (x_A, t_A) dan (x_B, t_B) . Jika kita takrifkan kuasadua selang ruang-masa sebagai $s^2 = (c\Delta t)^2 - (\Delta x)^2$, yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

- I. Both events may be causally related if the space-time interval squared between them is space-like.
[Kedua-dua kejadian mungkin berkait secara sebab-akibat jika kuasadua selang ruang-masa antara mereka adalah bak ruangan.]
- II. Both events must not be causally related if the space-time interval squared between them is space-like.
[Kedua-dua kejadian mesti tak berkait secara sebab-akibat jika kuasadua selang ruang-masa antara mereka adalah bak ruangan.]
- III. Both events may be causally related if the space-time interval squared between them is time-like.
[Kedua-dua kejadian mungkin berkait secara sebab-akibat jika kuasadua selang ruang-masa antara mereka adalah bak masa.]
- IV. Both events must be causally related if the space-time interval squared between them is time-like.
[Kedua-dua kejadian mesti berkait secara sebab-akibat jika kuasadua selang ruang-masa antara mereka adalah bak ruangan.]

SESSI 05/06/FINAL EXAM

- A. I, II
- B. II, III
- C. II, III, IV
- D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: B

4. Say Azmi is travelling in a mini bus moving with a constant speed v (with respect to Earth) and Baba is sitting in Pelita Nasi Kandar restaurant. Using his own wristwatch, Baba finds that his heart beats at a rate of M_B times per min. When Azmi measures the heartbeat rate of Baba in the mini bus frame, he found that Baba's heart is beating at a rate of M_A times a min. What is the relation between the two reading, M_A and M_B ?

[Katakan Azmi berada di dalam sebuah bas mini yang bergerak dengan laju malar v (merujuk kepada Bumi) manakala Baba sedang duduk di dalam restoran Nasi Kandar Pelita. Dengan menggunakan jam tangannya, Baba mendapati jantungnya berdenyut pada kadar M_B kali per minit. Semasa Azmi mengukur kadar denyutan Baba di dalam rangka bus mini, dia mendapati jantung Baba berdenyut pada kadar M_A kali seminit. Apakah hubungan antara kedua-dua bacaan M_A dan M_B ?

- A. $M_A > M_B$
- B. $M_A < M_B$
- C. $M_A = M_B$
- D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: B

5. Consider a football, kicked lightly by David Beckham, is moving in a straight line with a constant speed. Say in frame O , the momentum of the football is P . In a frame O' moving with a relative constant speed v with respect to O , the momentum of the football is P' . Which of the following statements are (is) true regarding P and P' ? The Lorentz factor is defined as $\gamma = [1-(v/c)^2]^{-1/2}$.

[Pertimbangkan sebiji bola sepak yang ditendang secara lembut oleh David Beckham dan bergerak dalam satu garis lurus dengan laju mantap. Katakan dalam rangka O , momentum bola sepak ialah P . Di dalam rangka O' yang bergerak dengan laju relatif mantap v merujuk kepada O , momentum bola sepak tersebut ialah P' . Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai P dan P' ? Faktor Lorentz adalah ditakrifkan sebagai $\gamma = [1-(v/c)^2]^{-1/2}$.]

- I. Since momentum is not an invariant quantity, the numerical values of P and P' are not the same.
[Oleh sebab momentum bukan kuantiti tak varian, nilai numerik P adalah tidak sama dengan nilai numerik P' .]
 - II. Since momentum is an invariant quantity, the numerical values of P and P' are the same.
[Oleh sebab momentum adalah suatu kuantiti tak varian, nilai numerik P adalah sama dengan nilai numerik P' .]
 - III. P and P' are related by $P=P' / \gamma$ [P dan P' adalah dikaitkan oleh $P=P' / \gamma$]
 - IV. P and P' are related by $P=\gamma P'$ [P dan P' adalah dikaitkan oleh $P=\gamma P'$]
- A. I, III
 - B. II, IV
 - C. I ONLY
 - D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: C [Neither III or IV is true.]

6. Which of the following statements is (are) true regarding the linear momentum of an object? (v denotes the speed of the object).
[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai momentum linear suatu objek? (v menandai laju objek)]

SESSI 05/06/FINAL EXAM

- I. The relativistic momentum and the classical momentum of an object have the same numerical value when $v \ll c$
[Kedua-dua momentum kerelatifan dan momentum klasik suatu objek mempunyai nilai numerik yang sama bila $v \ll c$.]
- II. The relativistic momentum and the classical momentum of an object has the same numerical value when v is close to c
[Kedua-dua momentum kerelatifan dan momentum klasik suatu objek mempunyai nilai numerik yang sama bila v mendekati c .]
- III. The ratio of relativistic momentum to classical momentum of an object approaches infinity when v approaches c
[Nisbah momentum kerelatifan kepada momentum klasik suatu objek menokok ke infiniti bila v menokok ke c .]
- IV. The ratio of relativistic momentum to classical momentum of an object approaches 0 when v is tiny compared to c .
[Nisbah momentum kerelatifan kepada momentum klasik suatu objek menokok ke sifar bila v adalah kecil berbanding dengan c .]
- A. I , III, IV
B. II, IV
C. I , III
D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: C

7. 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. In classical mechanics *per se*, the kinetic energy of an object can increase without limit.
[Dengan hanya mempertimbangkan mekanik klasik, tenaga kinetik suatu objek boleh bertambah tanpa limit.]
- II. In special relativity, the kinetic energy of an object can increase without limit.
[Dalam kerelatifan, tenaga kinetik suatu objek boleh bertambah tanpa limit.]
- III. In special relativity, the kinetic energy of an object cannot increase without limit.
[Dalam kerelatifan, tenaga kinetik suatu objek tidak boleh bertambah tanpa limit.]
- IV. A proton accelerated by a potential difference of 1 keV is non-relativistic.
[Suatu proton yang dipecutkan oleh beza keupayaan 1 keV adalah tak kerelatifan]
- A. I , III, IV
B. III, IV
C. I , II, IV
D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: C

8. The relativistic kinetic energy of an object, in general, is
[Tenaga kinetik kerelatifan suatu objek, secara amnya, adalah]
- A. greater than that defined by the classical mechanics by a factor of γ
[lebih besar daripada yang ditakrifkan oleh mekanik klasik sebanyak suatu factor γ]
- B. less than that defined by the classical mechanics by a factor of γ
[lebih kecil daripada yang ditakrifkan oleh mekanik klasik sebanyak suatu factor γ]

SESSI 05/06/FINAL EXAM

- C. always equal to that defined by classical mechanics
[sama dengan yang ditakrifkan oleh mekanik klasik]
- D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: D

9. Captain Jirk reports to headquarters that he left the planet Senesca 1.88×10^4 seconds earlier. Headquarters sends back the message: "Was that spaceship proper time?" It will be the spaceship proper time if it was *[Kapitan Jirk melapor kepada pusat kawalan bahawa dia telah meninggalkan planet Senesca sejak 1.88×10^4 saat yang lalu. Pusat kawalan hantar balik mesej: "Adakah masa yang dilaporkan itu masa wajar kapal angkasa?" Ia adalah masa wajar kapal angkasa jika ianya]*
- A. measured by one clock fixed at one spot on Senesca.
[diukur oleh suatu jam yang dipasangkan pada suatu titik di atas Senesca.]
 - B. measured by one clock fixed at one spot on the spaceship.
[diukur oleh suatu jam yang dipasangkan pada suatu titik di dalam kapal angkasa.]
 - C. measured by a clock on Senesca at departure and by a clock on the spaceship when reporting.
[diukur oleh suatu jam di atas Senesca semasa bertolak dan diukur oleh satu lagi jam yang dipasangkan di dalam kapal angkasa semasa melakukan laporan.]
 - D. measured by a clock on the spaceship when departing and by a clock on Senesca when reporting.
[diukur oleh suatu jam di dalam kapal angkasa semasa bertolak dan diukur oleh satu lagi jam di atas Senesca semasa melakukan laporan.]

(ANS: B, Q31, Chap 39, Serway test bank)

10. Which of the following statements is (are) true regarding the speed of light?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai laju cahaya?]

- I. The speed of light in free space (i.e. vacuum) is a fundamental constant.
[Laju cahaya di dalam ruang bebas (iaitu vakuum) adalah suatu pemalar asas.]
 - II. The speed of light in free space (i.e. vacuum) is the same when measured in different frame of reference.
[Laju cahaya di dalam ruang bebas (iaitu vakuum) adalah sama jika diukur di dalam rangka rujukan yang berlainan.]
 - III. The speed of light is the same when measured in different medium.
[Laju cahaya adalah sama bila diukur di dalam medium yang berlainan.]
 - IV. The speed of light is the not same when measured in different medium.
[Laju cahaya adalah tidak sama jika diukur di dalam medium yang berlainan.]
- A. I, II, III
 - B. I, II
 - C. I, II, IV
 - D. (None of A, B, C)

ANS: C

11. When two particles collide relativistically, *[Bila dua zarah berlanggar secara kerelatifan,]*

- I. the total energy is conserved. *[jumlah tenaga adalah terabadikan.]*
 - II. the total momentum is conserved. *[jumlah momentum adalah terabadikan.]*
 - III. the total kinetic energy is conserved. *[jumlah tenaga kinetik adalah terabadikan.]*
- A. I, II, III
 - B. II, III

SESSI 05/06/FINAL EXAM

C. I, II

D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: C

12. Which of the following statements is (are) true regarding the decay of a pion (initially at rest) into a neutrino (assumed massless) and a muon: $\pi \rightarrow \nu + \mu$.

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai reputan suatu pion (dalam keadaan rehat pada mulanya) kepada suatu neutrino (dianggap tanpa jisim) dan suatu muon: $\pi \rightarrow \nu + \mu$?]

- I. The decay is possible only if the mass of pion is larger than the mass of muon.
[Reputan adalah mungkin hanya jika jisim pion adalah lebih besar daripada jisim muon.]
- II. The momentum of neutrino and the momentum of muon have the same magnitude.
[Momentum neutrino dan momentum muon mempunyai magnitud yang sama.]
- III. The kinetic energy of neutrino is the same as that of the muon.
[Tenaga kinetik neutrino adalah sama dengan tenaga kinetik muon.]
- IV. The decay is possible only if the mass of pion is equal to the mass of muon.
[Reputan adalah mungkin hanya jika jisim pion adalah sama dengan jisim muon.]

A. I, III

B. II, III, IV

C. I, II

D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: C

13. Which of the following statements is (are) true regarding Lorentz transformation?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai transformasi Lorentz?]

- I. It relates the spatial and temporal coordinate $\{x, t\}$ in one frame to that measured in another frame $\{x', t'\}$.
[Ia mengaitkan koordinat-koordinat ruang dan masa $\{x, t\}$ dalam satu rangka dengan $\{x', t'\}$ yang diukur dalam rangka lain.]
- II. It relates the velocity of an object u_x measured in one frame to that measured in another frame u_x' .
[Ia mengaitkan halaju suatu objek u_x yang diukur dalam satu rangka dengan u_x' yang diukur dalam rangka lain.]
- III. It predicts length contraction. [Ia meramalkan pengecutan panjang.]
- IV. It predicts time dilation. [Ia meramalkan pendilatan masa.]

A. I, III

B. I, II, III, IV

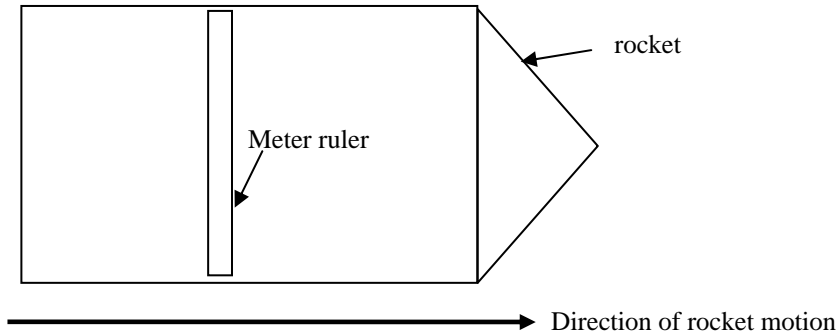
C. II, III, IV

D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: B

14. Consider a meter ruler carried in a rocket moving in a direction perpendicular to the length of the ruler, see figure below.

[Pertimbangkan suatu pembaris meter yang dibawa oleh suatu roket yang bergerak dalam arah yang berserenjang dengan panjang pembaris, rujuk gambarajah.]

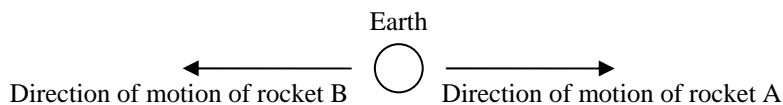


- I. The length of the ruler is 1 m when measured by an observer in the rocket frame.
[Panjang pembaris adalah 1 m bila diukur oleh seorang pemerhati di dalam rangka roket.]
 - II. The length of the ruler is less than 1 m when measured by an observer in the rocket frame.
[Panjang pembaris adalah kurang daripada 1 m bila diukur oleh seorang pemerhati di dalam rangka roket.]
 - III. The length of the ruler is less than 1 m when measured by an observer in the lab frame.
[Panjang pembaris adalah kurang daripada 1 m bila diukur oleh seorang pemerhati di dalam rangka makmal.]
 - IV. The length of the ruler is 1 m when measured by an observer in the lab frame.
[Panjang pembaris adalah 1 m bila diukur oleh seorang pemerhati di dalam rangka makmal.]
- A. I, III
 - B. II, III
 - C. II, IV
 - D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: D (I, IV are true. IV is true because the ruler's length is perpendicular to the direction of motion.)

15. Consider two rockets moving in opposite directions away from Earth. See figure below. Rocket A is moving away from Earth at a speed of $0.5c$ while rocket B with a speed of $0.51c$. Which of the following statements is (are) true?

[Pertimbangkan dua roket yang bergerak dalam dua arah bertentangan, masing-masing menjauhi Bumi. Rujuk gambarajah. Roket A bergerak menjauhi Bumi dengan laju $0.5c$ manakala roket B dengan laju $0.51c$. Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]



- I. The magnitude of the relative velocity of rocket A with respect to rocket B is less than $1.01c$.
[Magnitud halaju relatif roket A merujuk kepada roket B adalah kurang daripada $1.01c$.]
 - II. The magnitude of the relative velocity of rocket A with respect to rocket B is less than c .
[Magnitud halaju relatif roket A merujuk kepada roket B adalah kurang daripada c .]
 - III. The magnitude of the relative velocity of rocket A with respect to rocket B is equal to c .
[Magnitud halaju relatif roket A merujuk kepada roket B adalah sama dengan c .]
 - IV. The magnitude of the relative velocity of rocket A with respect to rocket B is equal to $1.01c$.
[Magnitud halaju relatif roket A merujuk kepada roket B adalah sama dengan $1.01c$.]
- A. I, II
 - B. I, III
 - C. II, IV

SESSI 05/06/FINAL EXAM

D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: A

16. Which of the following statements is (are) true regarding waves?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai gelombang?]

- I. Wave pulse can be formed by superpositioning many waves with different wavelengths and frequencies.
[Denyutan gelombang dapat dibentuk dengan mengsuperposisikan gelombang-gelombang yang berjarak gelombang dan berfrekuensi yang berlainan.]
 - II. A 1-D wave with sharp wavelength and frequency can be completely localised.
[Lokasi suatu gelombang 1-D dengan jarak gelombang dan frekuensi tajam boleh ditentukan sepenuhnya.]
 - III. A 1-D wave packet is relatively more 'localised' than a 1-D wave with sharp wavelength and frequency.
[Lokasi suatu bungkusan gelombang 1-D adalah lebih tentu secara relatif berbanding dengan gelombang 1-D berjarak gelombang dan berfrekuensi tajam.]
 - IV. In general, the velocity of an envelope of a group wave is less than that of the phase wave.
[Secara amnya, halaju sampul bagi gelombang kumpulan adalah lebih kecil berbanding dengan halaju gelombang fasanya.]
- A. I, II
 - B. I, III, IV
 - C. II, IV
 - D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: B

17. Which of the following statements is (are) true regarding waves and particles?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai gelombang dan zarah?]

- I. Waves interfere but matter does not. [Gelombang berinterferens manakala zarah tidak.]
 - II. Waves interfere, so does matter [Gelombang berinterferens, begitu juga bagi zarah.]
 - III. Classically, the energy carried by the EM waves is continuous.
[Secara klasik, tenaga yang dibawa oleh gelombang EM adalah selanjar.]
 - IV. Classically, the energy carried by the EM waves is discrete.
[Secara klasik, tenaga yang dibawa oleh gelombang EM adalah diskrit.]
- A. I, III
 - B. I, IV
 - C. II, IV
 - D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: A (I, III)

18. Which of the following statements is (are) true regarding black body radiation?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai sinaran jasad hitam?]

- I. The spectrum distribution of black bodies is universal and depends only on temperature.
[Taburan spektrum jasad hitam adalah universal dan bergantung semata-mata pada suhu.]
- II. The deviation of any real surface from the behaviour of an ideal black body is parametrised by the emissivity parameter, e .
[Sisihan mana-mana permukaan benar daripada kelakuan jasad hitam yang ideal adalah diparameterkan oleh parameter emissiviti, e .]
- III. A black body in thermal equilibrium absorbs and emit radiation at the same rate.

SESSI 05/06/FINAL EXAM

[Suatu jasad hitam yang berada dalam keseimbangan terma menyerap dan memancarkan sinaran pada kadar yang sama.]

- IV. A black body in thermal equilibrium only emit radiation but not absorbing any.
[Suatu jasad hitam yang berada dalam keseimbangan terma hanya memancarkan sinaran tapi tidak menyerap apa-apa sinaran.]
- A. I, II, III
B. I, II, IV
C. II, III
D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: A (I, II, III)

19. Which of the following statements is (are) true regarding the Rayleigh-Jeans law of black body radiation?
[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai hukum sinaran jasad hitam Rayleigh-Jeans?]

- I. It predicts that the intensity of radiation shoots to infinity when wavelength approaches zero.
[Ia meramalkan bahawa keamatan sinaran menembak ke infiniti jika jarak gelombang menokok ke sifar.]
- II. It assumes that the black body radiates electromagnetic waves at all wavelength.
[Ia menganggap bahawa jasad hitam memancarkan gelombang elektromagnet pada semua jarak gelombang.]
- III. It assumes that the average energy of each wavelength in a black body is proportional to the frequency.
[Ia menganggap bahawa tenaga min bagi setiap jarak gelombang dalam jasad hitam adalah berkadar dengan frekuensi.]
- IV. It assumes that the average energy of each wavelength in a black body is proportional to the temperature.
[Ia menganggap bahawa tenaga min bagi setiap jarak gelombang dalam jasad hitam adalah berkadar dengan suhu.]
- A. I, II, III
B. I, II, IV
C. I ONLY
D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: B (I, II, IV)

20. Which of the following statements is (are) the assumption(s) made by Planck in deriving his theory of black body radiation?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah anggapan yang dibuat oleh Planck semasa menerbitkan teori sinaran jasad hitamnya?]

- I. That the oscillator of the black body only absorbs and emits radiation with energy of discrete values.
[Bahawa pengayun di dalam jasad hitam hanya menyerap dan memancarkan sinaran dengan tenaga bernilai diskrit.]
- II. That the average energy per standing wave in the Planck oscillator, $\langle \varepsilon \rangle$ is not only temperature dependent but also frequency dependent.
[Bahawa tenaga min untuk setiap gelombang pegun dalam pengayun Planck, $\langle \varepsilon \rangle$, bukan sahaja bergantung kepada suhu malah juga bergantung kepada frekuensi.]
- III. That black body radiation is not electromagnetic in nature.
[Bahawa tabii sinaran jasad hitam adalah bukan elektromagnetik.]
- IV. That the black body only radiates at the long wavelength region but not in the ultraviolet limit.

SESSI 05/06/FINAL EXAM

[Bahawa jasad hitam hanya memancar dalam rantau jarak gelombang panjang tapi tidak memancar dalam limit ultraungu.]

- A. I, II, III
- B. I, II, IV
- C. II ONLY
- D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: D (I, II)

21. Which of the following statements are (is) true

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

- I. $hc \approx 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$ (Planck constant \times speed of light)
- II. $m_e \approx 0.5 \text{ eV}/c^2$ (electron's mass)
- III. $m_{\text{proton}} \approx 938 \text{ MeV}/c^2$ (Proton's mass)
- IV. $a_0 \approx 0.53 \text{ \AA}$ (Bohr's radius)

- A. I, II, IV
- B. I, III, IV
- C. I, II, III, IV
- D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: B (I, III, IV)

22. Which of the following statements are (is) true regarding photoelectric effect?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai kesan fotoelektrik?]

- I. The maximum photoelectron energy is directly proportional to the frequency of the incident light.
[Tenaga kinetik maksimum fotoelektron adalah berkadar terus dengan frekuensi cahaya tuju.]
- II. The maximum photoelectron energy is a linear function of the frequency of the incident light.
[Tenaga kinetik maksimum fotoelektron adalah suatu fungsi linear frekuensi cahaya tuju.]
- III. The maximum photoelectron energy depends on the material from which the photoelectron emits.
[Tenaga kinetik maksimum fotoelektron bersandar pada jenis bahan daripada mana fotoelektron dipancarkan.]
- IV. The maximum photoelectron energy depends on the intensity of the incident radiation.
[Tenaga kinetik maksimum fotoelektron bersandar pada keamatan sinaran tuju.]

- A. II, III, IV
- B. II, III
- C. I, II, III
- D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: B (II, III) (Beiser, Chap 2, Ex. 3)

23. Which of the following statements are (is) true regarding light and electron?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai cahaya dan elektron?]

- I. The wave aspect of light was discovered earlier than its particle aspect. (T)
[Aspek gelombang bagi cahaya ditemui lebih awal daripada aspek zarahnya.]
- II. The wave aspect of electron was discovered earlier than its particle aspect. (F)
[Aspek gelombang bagi elektron ditemui lebih awal daripada aspek zarahnya.]

SESSI 05/06/FINAL EXAM

III. The particle aspect of light was discovered earlier than its wave aspect. (F)
[Aspek zarah bagi cahaya ditemui lebih awal daripada aspek gelombangnya.]

IV. The particle aspect of electron was discovered earlier than its wave aspect. (T)
[Aspek zarah bagi elektron ditemui lebih awal daripada aspek gelombangnya.]

A. I, IV

B. II, III

C. I, II

D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: A (I, IV, Beiser, Chap 2, Ex. 4)

24. Which of the following statements are (is) true?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

I. It is impossible for a photon to give up all of its energy to a free electron.

[Adalah tidak mungkin bagi suatu foton memberikan kesemua tenaganya kepada suatu elektron bebas.]

II. It is impossible for a photon to give up all of its momentum to a free electron.

[Adalah tidak mungkin bagi suatu foton memberikan kesemua momentumnya kepada suatu elektron bebas.]

III. It is impossible for a photon to give up all of its energy to an atom.

[Adalah tidak mungkin bagi suatu foton memberikan kesemua tenaganya kepada suatu atom.]

IV. It is impossible for a photon to give up all of its momentum to an atom.

[Adalah tidak mungkin bagi suatu foton memberikan kesemua momentumnya kepada suatu atom.]

A. I, IV

B. III, IV

C. I, II

D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: C (I, II, Beiser, Chap 2, Ex. 19)

25. Which of the following are (is) true regarding the photoelectric effect?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai kesan fotoelektrik?]

I. The existence of a cutoff frequency in the photoelectric effect favours a particle theory for light rather than a wave theory.

[Kewujudan frekuensi ambang dalam kesan fotoelektrik menyebelahi teori zarah bagi cahaya berbanding dengan teori gelombang.]

II. The existence of a cutoff frequency in the photoelectric effect favours a wave theory for light rather than a particle theory.

[Kewujudan frekuensi ambang dalam kesan fotoelektrik menyebelahi teori gelombang bagi cahaya berbanding dengan teori zarah.]

III. The almost immediate emission of a photoelectron in the photoelectric effect favours a particle theory for light rather than a wave theory.

[Pancaran fotoelektron yang lebih kurang serentak menyebelahi teori zarah bagi cahaya berbanding dengan teori gelombang.]

IV. The almost immediate emission of a photoelectron in the photoelectric effect favours a wave theory for light rather than a particle theory.

[Pancaran fotoelektron yang lebih kurang serentak menyebelahi teori gelombang bagi cahaya berbanding dengan teori zarah.]

- A. I, III
- B. I, IV
- C. II, IV
- D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: A (I, III, Serway, Moses and Moyer, Chap 3, Question. 7)

26. Which of the following are (is) true regarding X-rays?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai sinaran-X?]

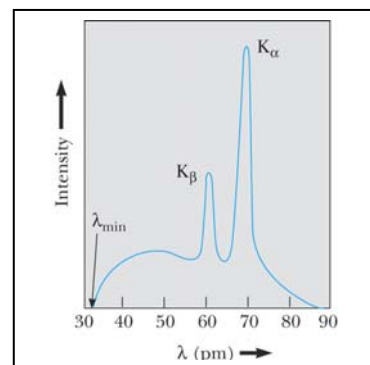
- I. X-rays might be reasonably be called 'the inverse photoelectric effect'.
[Adalah munasabah untuk sinaran-X dikenali sebagai 'kesan fotoelektrik songsangan']
 - II. In X-rays production, part or all of the energy of a photon is converted into the kinetic energy of a fast moving electron.
[Dalam penghasilan sinaran-X, sebahagian atau keseluruhan tenaga suatu foton ditukarkan kepada tenaga kinetik elektron yang pantas bergerak.]
 - III. In X-rays production, part or all of the energy of a fast moving electron is converted into a photon.
[Dalam penghasilan sinaran-X, sebahagian atau keseluruhan tenaga kinetik suatu elektron yang pantas bergerak ditukarkan kepada suatu foton.]
 - IV. The penetrative character of X-rays through matter is partly due to its short wavelength.
[Salah satu sebab bagi ciri penembusan sinaran-X melalui jirim adalah kerana jarak gelombangnya yang pendek.]
- A. I, III
 - B. I, II, IV
 - C. II, IV
 - D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: D (I, III, IV, Beiser, Chap 2.5, pg. 68)

27. The figure below shows the x-ray spectrum of a metal target from a x-ray tube. Which of the following statements are (is) true?

[Gambarajah berikut memaparkan spektrum sinaran-X daripada sasaran logam suatu tiub sinaran-X. Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

- I. The broad continuous spectrum is well explained by classical electromagnetic theory.
[Spektrum selanjur yang lebar adalah diterangkan dengan baiknya oleh teori electromagnet klasik.]
- II. The existence of λ_{\min} in the spectrum shows proof of the photon theory.
[Kewujudan λ_{\min} dalam spektrum menunjukkan bukti bagi teori foton.]
- III. λ_{\min} is found to be independent of target composition.
[Didapati λ_{\min} adalah merdeka daripada komposisi sasaran.]
- IV. λ_{\min} depends only on the tube voltage.
[Didapati λ_{\min} hanya bergantung kepada voltan tiub.]



- A. I, III, IV
- B. I, II, III, IV
- C. II, IV
- D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: B (I, II, III, IV, Serway, Moses and Moyer, Chap 3, pg. 88)

SESSI 05/06/FINAL EXAM

28. Consider a Compton scattering experiment in which the incident radiation with various wavelength λ is aimed at a block of graphite target. The scattered radiation are observed and their Compton shifts are measured at an angle of $\theta = 90^\circ$. Which of the following are (is) true?

[Pertimbangkan suatu eksperimen serakan Compton. Sinaran tuju dengan berbagai-bagai jarak gelombang λ dikenakan ke atas sasaran blok grafit. Sinaran terserak dicerap dan anjakan Compton mereka diukur pada sudut $\theta = 90^\circ$. Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

I. Regardless of the incident radiation wavelength used, the same Compton shift, $\Delta\lambda$, is observed.

[Anjakan Compton yang sama, $\Delta\lambda$, akan didapati tidak kisah apa nilai λ yang digunakan.]

II. The fractional change in wavelength, $\Delta\lambda/\lambda$, is the same for different λ .

[Nisbah perubahan dalam jarak gelombang, $\Delta\lambda/\lambda$, adalah sama untuk semua nilai λ .]

III. Compared with the energy of a X-ray photon, the binding energy of an electron to the graphite atom in the target is negligible.

[Berbanding dengan tenaga foton sinaran-X, tenaga ikatan elektron kepada atom grafit di dalam sasaran adalah terabaikan.]

A. I, III

B. II, III

C. I, II, III

D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: A (I, III, Serway, Moses and Moyer, Chap 3, Example 3.8)

29. Which of the following statements are (is) true regarding Compton scattering?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai serakan Compton?]

I. The Compton effect could not be accounted for by classical theories. (T)

[Kesan Compton tidak boleh diterangkan oleh teori-teori klasik.]

II. The Compton effect could not be accounted for if not treated relativistically. (T)

[Kesan Compton tidak boleh diterangkan jika tidak dirawat secara kerelatifan.]

III. The Compton effect could still be accounted for if not treated relativistically. (F)

[Kesan Compton boleh diterangkan walaupun tidak dirawat secara kerelatifan.]

A. I, III

B. I ONLY

C. I, II

D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: C (My own question)

30. Consider a photon with initial wavelength λ being scattered off by a particle with mass m . The Compton shift $\Delta\lambda$ of the radiation at a given angle

[Pertimbangkan suatu foton berjarak gelombang awal λ diserakkan oleh suatu zarah dengan jisim m . Anjakan Compton $\Delta\lambda$ sinaran tersebut pada suatu sudut tertentu]

A. would be smaller for a larger m ,
[adalah lebih kecil bagi nilai m yang lebih besar]

B. would be larger for a larger m .
[adalah lebih besar bagi nilai m yang lebih besar]

C. would remain unchanged for a larger m .
[tidak akan berubah walaupun bagi nilai m yang lebih besar.]

SESSI 05/06/FINAL EXAM

D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: A (My own question)

31. Radiation interacts with matter chiefly through photoelectric effect, Compton scattering and pair production. The relative importance of the interactions shift from _____ to _____ to _____ when energy of the photon increases.

[Sinaran berinteraksi dengan jirim terutamanya melalui kesan-kesan fotoelektrik, serakan Compton dan penghasilan pasangan. Kepentingan relatif interaksi-interaksi tersebut berubah dari _____ ke _____ ke _____ bila tenaga foton bertambah.]

- A. Compton scattering, Photoelectric effect, Pair production
- B. Pair production, Compton scattering, Photoelectric effect
- C. Pair production, Photoelectric effect, Compton scattering
- D. Photoelectric effect, Compton scattering, Pair production

ANS: D (My own question)

32. Heisenberg's uncertainty principle [Prinsip ketidakpastian Heisenberg]

- I. is seldom important on macroscopic level
[jarang menjadi mustahak pada tahap makroskopik.]
- II. is frequently very important on the microscopic level.
[sering menjadi mustahak pada tahap mikroskopik.]
- III. implies that one can simultaneously measure the position and momentum of a particle with zero uncertainties.
[mengimplikasikan bahawa seseorang dapat mengukur secara serentak kedudukan dan momentum sesuatu zarah dengan sifar ketidakpastian.]
- IV. implies that one cannot simultaneously measure the position and momentum of a particle with any certainty.
[mengimplikasikan bahawa seseorang tidak dapat mengukur kedudukan dan momentum sesuatu zarah dengan apa jua kepastian.]

- A. I, II, III
- B. I, II, IV
- C. I, II
- D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: C (Taylor et al., Chap. 6, pg. 191)

33. Which of the following is (are) true according to Heisenberg's time-energy uncertainty relation $\Delta E \Delta t \geq \hbar / 2$?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar mengenai hubungan ketidakpastian masa-tenaga Heisenberg $\Delta E \Delta t \geq \hbar / 2$?]

- I. For a quantum particle that exists for a short period of Δt , the particle must have a large uncertainty ΔE in its energy.
[Bagi suatu zarah kuantum yang wujud untuk suatu selang masa Δt yang singkat, zarah tersebut mesti mempunyai ketidakpastian tenaga ΔE yang besar.]
- II. For a quantum particle that has a large uncertainty of ΔE in its energy, it must exist only for a short period of Δt
[Bagi suatu zarah kuantum yang mempunyai ketidakpastian tenaga ΔE yang besar, ia mesti hanya wujud untuk suatu selang masa Δt yang singkat.]

SESSI 05/06/FINAL EXAM

III. If a quantum particle has a definite energy, then $\Delta E = 0$, and Δt must be infinite.

[Jika suatu zarah kuantum mempunyai tenaga yang pasti, maka $\Delta E = 0$ dan Δt mestilah menjadi infinit.]

IV. If a quantum particle does not remain in the same state forever, Δt is finite and ΔE cannot be zero.

[Jika suatu zarah kuantum tidak berkekalkan pada keadaan yang sama untuk selama-lamanya, maka Δt adalah finit, dan ΔE tidak boleh jadi sifar.]

A. I, II, III

B. II, III, IV

C. I, II, III, IV

D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: C (Taylor et al., Chap. 6, pg. 193)

34. Consider a quantum particle confined in an infinite potential well of width L . Its states are characterised by the non-zero quantum integer n . Which of the following statements is (are) true?

[Pertimbangkan suatu zarah kuantum yang terkongkong di dalam telaga segiempat infinit selebar L . Keadaannya adalah dicirikan oleh nombor kuantum integer bukan sifar n . Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

I. The allowed energies of the particle are discrete
[Tenaga yang diizinkan zarah itu adalah diskrit.]

II. There allowed energy levels are farther and farther apart as the quantum number n increases.
[Paras tenaga yang diizinkan menjadi makin terpisah bila nombor kuantum n makin menambah.]

III. The energy level of the particle's state E_n increases without limit as $n \rightarrow \infty$.
[Paras tenaga zarah, E_n , menambah tanpa batas bila $n \rightarrow \infty$.]

IV. The number of nodes of the wave function of the particle increases with n .
[Bilangan nod fungsi gelombang zarah bertambah bila n bertambah.]

A. I, II, IV

B. I, III, IV

C. II, III, IV

D. (None of A, B, C) *[Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]*

ANS: D (All are true, Taylor et al., Chap. 6, pg. 210, 211)

35. Consider the Bohr's model of hydrogen-like atom. Its states are characterised by the non-zero quantum integer n . Which of the following statements is (are) true?

[Pertimbangkan atom bak hidrogen model Bohr. Keadaannya adalah dicirikan oleh nombor kuantum integer bukan sifar n . Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

I. The allowed energies of the electron in the atom are discrete at low values of n
[Paras tenaga yang diizinkan bagi elektron dalam atom adalah diskrit bagi nilai n yang kecil.]

II. The allowed energies of the electron in the atom becomes quasi continuous at large values of n .
[Paras tenaga yang diizinkan bagi elektron dalam atom menjadi kuasi-selanjat untuk nilai n yang besar.]

III. The allowed energy levels are farther and farther apart as the quantum number n increases.
[Paras tenaga yang diizinkan menjadi makin terpisah bila nombor kuantum n makin menambah.]

IV. The energy level, E_n , increases without limit as $n \rightarrow \infty$.
[Paras tenaga, E_n , menambah tanpa batas bila $n \rightarrow \infty$.]

SESSI 05/06/FINAL EXAM

- A. I, II, III
- B. I, II, IV
- C. I, II
- D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: C (Only I, II is true. My own question)

36. Consider the Bohr's model of hydrogen-like atom. Its states are characterised by the non-zero quantum integer n . Which of the following statements is (are) true?

[Pertimbangkan atom bak hidrogen model Bohr. Keadaannya adalah dicirikan oleh nombor kuantum integer bukan sifar n . Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

- I. The larger the value of n the larger the electron's velocity becomes.
[Halaju elektron menjadi makin besar bila nilai n majadi makin besar.]
 - II. The electron's linear momentum has only allowed values of multiples of $h/2\pi$.
[Linear momentum elektron hanya mengambil nilai-nilai diizinkan yang merupakan gandaan $h/2\pi$.]
 - III. The orbit of the electron becomes larger for a larger value of n .
[Orbit elektron menjadi makin besar bila nilai n majadi makin besar.]
 - IV. The electron breaks away from the hydrogen's attractive potential when n approaches infinity.
[Elektron terputus daripada keupayaan tarikan hidrogen bila n menokok ke infiniti.]
- A. I, II
 - B. III, IV
 - C. II, III, IV
 - D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: B (For I, $v_n = \frac{ke^2}{nh}$, hence I is false. Taylor et al., pg 152, 153. My own question)

37. Consider the Bohr's model of hydrogen-like atom. Its states are characterised by the non-zero quantum integer n . Which of the following statements is (are) true?

[Pertimbangkan atom bak hidrogen model Bohr. Keadaannya adalah dicirikan oleh nombor kuantum integer bukan sifar n . Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

- I. The ground state energy is -13.6 eV. [Tenaga buminya ialah -13.6 eV.]
 - II. The ground state energy is 13.6 eV. [Tenaga buminya ialah 13.6 eV]
 - III. The ground state energy is 0. [Tenaga buminya ialah 0]
 - IV. The difference in the energy level between state n and $n+1$ becomes infinity when $n \rightarrow \infty$.
[Perbezaan tenaga di antara paras n dan $n+1$ menjadi infiniti bila $n \rightarrow \infty$.]
- A. I, IV
 - B. III, IV
 - C. II, IV
 - D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: D (Only I is true.)

38. Consider Balmer's formula $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ ($n > n'$, both integers), where R_H is the Rydberg constant. In

Bohr's model, the theoretical value of R_H is given by the expression

[Pertimbangkan formula Balmer $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, ($n > n'$, kedua-duanya integer), dengan R_H pemalar

Rydberg. Dalam model Bohr, nilai teori R_H adalah diberikan oleh]

- A. $13.6 \text{ eV}/(hc)$
- B. $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{a_0 hc}$ (a_0 is the Bohr's radius)

SESSI 05/06/FINAL EXAM

C. $\frac{me^4}{4\pi\epsilon_0^2 ch^3}$

D. (None of A, B, C) [Jawapan tidak terdapat dalam pilihan-pilihan A, B, C]

ANS: A (Taylor et al, Chap 5.7, Eq. 5.26)

39. A particle in an infinite square well with length L is known to be in the ground state. The spatial coordinate of the particle in the infinite square well is constrained by $0 \leq x \leq L$. The probability to find the particle is highest in interval of _____.

[Diketahui suatu zarah di dalam telaga segiempat infinit berada dalam keadaan bumi. Koordinat ruangan zarah dalam telaga segiempat infinit adalah dikongkong oleh $0 \leq x \leq L$. Kebarangkalian untuk menemui zarah tersebut adalah tertinggi di dalam selang_____.]

A. $L/2 \pm 0.001L$

B. $L/4 \pm 0.001L$

C. $L/8 \pm 0.001L$

D. $L/16 \pm 0.001L$

ANS: A (my own question)

40. Which of the following statements is true?

[Yang manakah kenyataan(-kenyataan) berikut adalah benar?]

I. A quantum particle initially confined in an infinite square well cannot possibly escape from the well when excited (T)

[Suatu zarah kuantum yang pada asalnya terkongkong di dalam telaga segiempat infinit tidak mungkin terlepas daripada telaga bila diujarkan.]

II. A quantum particle initially confined in an infinite square well can possibly escape from the well when excited (F)

[Suatu zarah kuantum yang pada asalnya terkongkong di dalam telaga segiempat infinit mungkin terlepas daripada telaga bila diujarkan.]

III. A quantum particle initially confined in an finite square well cannot possibly escape from the well when excited (F)

[Suatu zarah kuantum yang pada asalnya terkongkong di dalam telaga segiempat finit tidak mungkin terlepas daripada telaga bila diujarkan.]

IV. A quantum particle initially confined in an finite square well can possibly escape from the well when excited (T)

[Suatu zarah kuantum yang pada asalnya terkongkong di dalam telaga segiempat finit mungkin terlepas daripada telaga bila diujarkan.]

A. II, IV

B. II, III

C. I, III

D. I, IV

ANS: D (my own question)

Section B: Structural Questions. [60 marks]

[Bahagian B: Soalan-soalan Struktur]

Instruction: Answer ALL THREE (3) questions in this Section. Each question carries 20 marks.

[Arahan: Jawab KESEMUA TIGA (3) soalan dalam Bahagian ini. Setiap soalan membawa 20 markah].

1. [20 marks]

Consider a completely inelastic head-on collision between two balls (with rest mass m_0 each) moving toward the other at a common velocity v with respect to a given frame S . Assuming that the resultant mass is at rest after the collision (with a value of M), find the following quantities. Express your answers in terms of c , m_0 and γ where $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2}$.

[Pertimbangkan satu perlanggaran tak kenyal penuh antara dua bola (masing-masing berjisim m_0) yang bergerak mengarah ke satu sama lain dengan halaju v merujuk kepada satu rangka S . Anggapkan bahawa jisim terhasil selepas perlanggaran berkeadaan rehat (dan bernilai M) dalam rangka S , hitungkan kuantiti-kuantiti berikut. Nyatakan jawapan anda dalam sebutan-sebutan c , m_0 dan γ , dengan $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2}$.]

- I. What is the total rest energy of the system before collision in S ?
[Apakah jumlah tenaga rehat sistem tersebut sebelum perlanggaran dalam rangka S ?]
[2 marks]
- II. What is the total relativistic energy of the system before collision in S ?
[Apakah jumlah tenaga kerelatifan sistem tersebut sebelum perlanggaran dalam rangka S ?]
[2 marks]
- III. Express the resultant rest mass M in terms of c , m_0 and γ .
[Nyatakan jisim rehat M dalam sebutan c , m_0 dan γ .]
[3 marks]
- IV. What is the magnitude of the change of the kinetic energy in S ?
[Apakah magnitud perubahan tenaga kinetik sistem tersebut dalam rangka S ?]
[3 marks]

b) Now consider the same inelastic collision process in an inertial frame S' such that one of the mass remains at rest while the other mass collides with it head-on. Let K and K' be the total kinetic energy of the system before and after the collision in frame S' . Find the following quantities. Express your answers in terms of c , m_0 , γ , K and K' .

[Sekarang pertimbangkan proses perlanggaran yang sama di dalam satu rangka inersia S' yang mana salah satu daripada jisim berada pada keadaan rehat manakala yang satu lagi melanggarnya secara muka lawan muka. Biar K dan K' masing-masing mewakili tenaga kinetik sistem tersebut sebelum dan selepas perlanggaran di dalam rangka S' . Hitungkan kuantiti-kuantiti berikut. Nyatakan jawapan anda dalam sebutan-sebutan c , m_0 , γ , K dan K' .]

- I. What is the total relativistic energy of the system, before the collision in S' ?
[Apakah jumlah tenaga kerelatifan sistem tersebut sebelum perlanggaran dalam rangka S' ?]
[2 marks]
- II. What is the total relativistic energy of the system after the collision in S' ?
[Apakah jumlah tenaga kerelatifan sistem tersebut selepas perlanggaran dalam rangka S' ?]
[2 marks]
- III. What is the magnitude of the change of the kinetic energy in S' ?
[Apakah magnitud perubahan tenaga kinetik dalam rangka S' ?]
[3 marks]
- IV. Does the magnitude of the change of the kinetic energy frame-dependent?
[Adakah magnitud perubahan tenaga kinetik bersandar pada rangka?]

Solution

a)

I. In frame S, total rest energy of the system before collision = $2m_0c^2$

[2 marks]

II. In frame S, total relativistic energy of the system before collision = $2\gamma m_0c^2$

[2 marks]

III. Due to conservation of energy, total energy before collision = total energy after collision:
 $2\gamma m_0c^2 = Mc^2$. Therefore, $M = 2\gamma m_0$.

[3 marks]

IV. In frame S, the magnitude of change in total rest energy of the system after collision = The magnitude of change in kinetic energy of the system = $Mc^2 - 2m_0c^2 = (M - 2m_0)c^2 = 2m_0c^2(\gamma - 1)$.

[3 marks]

b)

I. In frame S', total energy of the system before collision = $2m_0c^2 + K$

[2 marks]

II. In frame S', total energy of the system after collision = $Mc^2 + K' = 2\gamma m_0c^2 + K'$.

[2 marks]

III. Due to conservation of total energy, $2m_0c^2 + K = 2\gamma m_0c^2 + K'$, hence the magnitude of the change of the kinetic energy of the system = $|K' - K| = |2m_0c^2 - 2\gamma m_0c^2| = 2(\gamma - 1)m_0c^2$.

[3 marks]

V. No. The change of the kinetic energy in both frame are the same and equals $2(\gamma - 1)m_0c^2$.

[3 marks]

2. [20 marks]

a) A positron collides head on with an electron and both are annihilated. Each particle had a kinetic energy of 1.00 MeV. Find the wavelength of the resulting photons. Express your answer in unit of pm.
[Suatu positron berlanggar muka sama muka dengan suatu elektron, dan kedua-dua zarah memusnah-habis. Kedua-dua zarah masing-masing bertenaga kinetik 1.00 MeV. Hitungkan jarak gelombang foton yang terhasil. Nyatakan jawapan anda dalam unit pm.]

[5 marks]

b) How much energy must a photon have if it is to have the momentum of a proton with kinetic energy 10 MeV?

[Apakah tenaga suatu foton yang momentumnya sama dengan momentum suatu proton yang bertenaga kinetik 10 MeV?]

[5 marks]

c) What is the value of electron's Compton wavelength, λ_c ? Expressed your answer in terms of pm.
[Apakah nilai jarak gelombang Compton bagi elektron? Nyatakan jawapan anda dalam sebutan pm.]

[4 marks]

d) Find the wavelength of an x-ray photon which can impart a maximum energy of 50 keV to an electron.
[Hint: You may need to consider the corresponding recoil angle of the scattered photon for a maximum transfer of its energy to the recoil electron.]
[Hitungkan jarak gelombang suatu foton sinaran-X yang dapat memberikan tenaga maksimum bernilai 50 keV kepada suatu elektron.]

[Petunjuk: Anda mungkin perlu mempertimbangkan sudut sentakan foton terserak bagi perpindahan tenaganya secara maksimum kepada elektron yang tersentak.]

[6 marks]

Solution

- a) Total energy of the positron + electron before annihilation
 = rest energies of the electron-positron pair + their kinetic energy
 $E = E_+ + E_- = 2m_e c^2 + K_+ + K_- = 2m_e c^2 + 2K = 2(0.51 \text{ MeV} + 1.00 \text{ MeV}) = 2(1.51 \text{ MeV})$

Total energy of the photon pair after annihilation =

$$2E_\gamma = 2 \frac{hc}{\lambda} = 2 \left(\frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\lambda} \right) = 2 \left(\frac{1.24 \times 10^{-3} \text{ MeV} \cdot 10^{-9} \text{ m}}{\lambda} \right)$$

Equate both equations above, the wavelength of each photon will be

$$\lambda = \frac{hc}{m_e c^2 + K} = \frac{1.24 \times 10^{-3} \text{ MeV} \times 10^{-9} \text{ m}}{1.511 \text{ MeV}} = 0.82 \text{ pm}.$$

(Beiser Chap 2, Ex. 39, pg. 91)

[5 marks]

- b) A proton with this kinetic energy is nonrelativistic, and its momentum is given by $p^2 = 2m_p K$. The energy of a photon with this momentum is

$$pc = \sqrt{2m_p c^2 K} = \sqrt{2(938 \text{ MeV})(10 \text{ MeV})} = 137 \text{ MeV} \approx 140 \text{ MeV}.$$

(Beiser Chap 2, Ex. 26, pg. 90)

[5 marks]

$$c) \lambda_e = \frac{h}{m_e c} = \frac{hc}{m_e c^2} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{0.51 \text{ MeV}} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{0.51 \text{ MeV}} = 2.43 \text{ pm}$$

[4 marks]

- d) Let the incident wavelength be λ and the scattered wavelength of the photon be λ' . A maximal change in the wavelength corresponds to maximum energy transfer to the electron. This happens when $\phi = 180^\circ$. Hence, $\Delta\lambda_{\text{max}} = \lambda_e [1 - \cos(180^\circ)] = 2\lambda_e$; where λ_e is the Compton wavelength of the electron. $\Rightarrow \lambda'_{\text{max}} = \Delta\lambda_{\text{max}} + \lambda = 2\lambda_e + \lambda$.

The maximal change in the photon's energy = maximal kinetic energy transferred to the electron, i.e.

$$K_{\text{max}} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'_{\text{max}}} = hc \left(\frac{\lambda'_{\text{max}} - \lambda}{\lambda \lambda'_{\text{max}}} \right) = hc \left(\frac{\Delta\lambda_{\text{max}}}{\lambda(\lambda + \Delta\lambda_{\text{max}})} \right) = hc \left(\frac{2\lambda_e}{\lambda(\lambda + 2\lambda_e)} \right).$$

Rearranging, we get a quadratic equation for λ :

$$\lambda(\lambda + 2\lambda_e) = \left(\frac{2\lambda_e hc}{K_{\text{max}}} \right) = \left(\frac{2 \times 2.43 \text{ pm} \times 1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{50 \text{ keV}} \right) = 120.5 \text{ pm}^2$$

$$\Rightarrow \lambda^2 + 2\lambda_e \lambda - 120.5 \text{ pm}^2 = 0$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{-2\lambda_e \pm \sqrt{(2\lambda_e)^2 + 4(120.5 \text{ pm}^2)}}{2} = -2.43 \text{ pm} \pm \sqrt{(2.43 \text{ pm})^2 + (120.5 \text{ pm}^2)} = +8.81 \text{ pm}$$

(Beiser Chap 2, Ex. 32, pg. 90)

[6 marks]

3. [20 marks]

- a) How much energy is required to remove an electron in the $n=2$ state from a hydrogen atom?
 [Apakah tenaga yang diperlukan untuk membebaskan suatu elektron dalam keadaan $n = 2$ daripada atom hidrogen?]

[5 marks]

- b) Find the quantum number that characterises the Earth's orbit around the sun. The Earth's mass is 6.0×10^{24} kg, its orbital radius is 1.5×10^{11} m, and its orbital speed is 3.0×10^4 m/s.
[Hint: Assume that the angular momentum of the Earth about the Sun is quantised in a manner similar to Bohr's hydrogen-like atom.]

[Hitungkan nombor kuantum yang mencirikan orbit Bumi mengelilingi Matahari. Diberikan jisim bumi 6.0×10^{24} kg, radius orbitnya 1.5×10^{11} m, dan laju orbitnya 3.0×10^4 m/s.]

[Petunjuk: Anggap bahawa momentum sudut Bumi sekitar Matahari adalah dikuantumkan mengikut cara seperti dalam atom bak hidrogen Bohr.]

[5 marks]

- c) In terms of ground state energy E_0 , h and n , what is the frequency of the photon emitted by a hydrogen atom, ν , in going from the level $n + 1$ to the level n ?
[Dalam sebutan tenaga bumi E_0 , h dan n , nyatakan frekuensi foton, ν , yang dipancarkan oleh suatu atom hidrogen yang beralih dari paras $n+1$ ke paras n .]

[7 marks]

- d) What is value of the frequency of the photon in (c) above in the limit $n \rightarrow \infty$.
[Apakah nilai frekuensi bagi foton dalam (c) di atas dalam limit $n \rightarrow \infty$.]

[3 marks]

Solution**3.**

- a) The $n = 2$ energy is $E_2 = E_0/2^2 = E_0/4 = -13.6 \text{ eV} / 4 = -3.40 \text{ eV}$, so an energy of 3.40 eV is needed.
(Beiser, Chap 4, Ex. 22, pg. 158)

[5 marks]

- b) With the mass, orbital speed and orbital radius of the Earth known, the Earth's orbital angular momentum is known, and the quantum number that would characterise the Earth's orbit about the Sun would be the angular momentum divided by \hbar

$$n = \frac{L}{\hbar} = \frac{mvr}{\hbar} = \frac{(6.0 \times 10^{24} \text{ kg})(3.0 \times 10^4 \text{ m/s})(1.5 \times 10^{11} \text{ m})}{(1.055 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})} = 2.6 \times 10^{74}$$

(Beiser, Chap 4, Ex. 11, pg. 158)

[5 marks]

- c) The frequency ν of the photon emitted in going from $n+1$ level to the level n is given by

$$\nu = \frac{E_{n+1} - E_n}{h} = \frac{1}{h} \left(\frac{E_0}{(n+1)^2} - \frac{E_0}{n^2} \right) = \frac{E_0}{h} \left(\frac{n^2 - (n+1)^2}{n^2(n+1)^2} \right) = -\frac{2E_0}{h} \left(\frac{n + \frac{1}{2}}{n^2(n+1)^2} \right)$$

(Beiser, Chap 4, Ex. 29, pg. 159)

[7 marks]

- e) In the limit $n \rightarrow \infty$, the frequency $\nu \rightarrow 0$

[3 marks]