

大學入學考試中心
指定科目考試 研究用試卷

物理考科

— 作答注意事項 —

考試時間：80 分鐘

作答方式：

- 選擇題用 2B 鉛筆在「答案卡」上作答，修正時應以橡皮擦拭，切勿使用修正液。
- 非選擇題請在「答案卷」各題指定區域內作答，務必使用筆尖較粗之黑色墨水的筆書寫，且不得使用鉛筆。更正時，可以使用修正液（帶）。

物理常數

計算時如需要可利用下列數值：

重力加速度量值 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

電子質量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

普朗克常數 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

基本電量 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

光在真空中的速度 $= 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$

祝考試順利

本試卷之著作權屬於
財團法人大學入學考試中心基金會

第壹部分：選擇題（佔 80 分）

一、單選題（60 分）

說明：第1題至第20題，每題選出一個最適當的選項，標示在答案卡之「選擇題答案區」。每題答對得3分，答錯或劃記多於一個選項者倒扣3/4分，倒扣到本大題之實得分數為零為止。未作答者，不給分亦不扣分。

1. 下列關於光學在日常生活中應用的敘述，何者正確？
(A) 光纖是利用光的全反射以傳遞光訊號
(B) 人眼經由平面鏡看到的是物體的正立實像
(C) 一般顯微鏡中所看到的是實物的放大正立實像
(D) 豎立於道路轉角處的大型凹面鏡可增大用路人視野
(E) 醫生診療時所使用的內視鏡並未利用到全反射原理
2. 將一枚硬幣置於深度為 30cm 的空杯底部，分別於杯中加入不同高度的水，並由杯子上方同一位置向下觀測，則水高為下列何者時，人眼所看到的水中硬幣位置，與人眼的垂直距離最短？
(A) 水高 10cm (B) 水高 15cm (C) 水高 20cm
(D) 水高 25cm (E) 此垂直距離由明視距離決定，與水高無關

3. 在時間 $t = 0$ 時，一條拉緊的繩上有兩個波形完全相同的繩波，以波速 v 分別向左與向右行進，如圖 1 所示。若 $v = 8 \text{ m/s}$ ，則在 $t = 1$ 秒時，繩的形狀為下列何者？

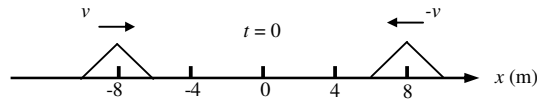
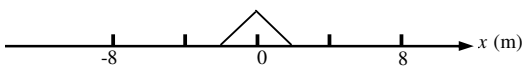
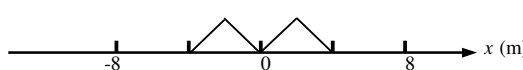
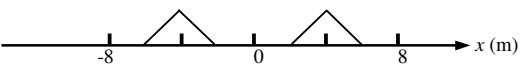
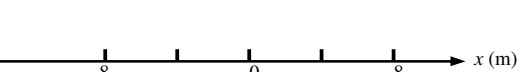
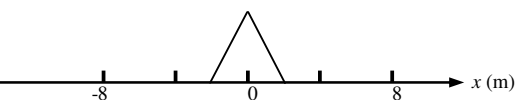


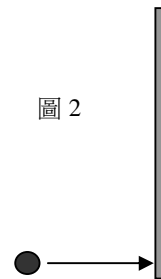
圖 1

- (A)  (B) 
- (C)  (D) 
- (E) 

4. 如圖 2 所示的俯視圖，一均勻木棒靜置於光滑水平桌面上。若木棒的尾端被向右運動的一顆鋼珠撞擊，則鋼珠與木棒分開後，木棒會以下列何種方式運動？

- (A) 木棒不會轉動，但其質心以等速度移動
(B) 木棒的質心不動，但木棒繞其質心以等角速度轉動
(C) 木棒以等角速度繞其質心轉動，其質心以等速度移動
(D) 木棒以等角速度繞其質心轉動，其質心以等加速度移動
(E) 木棒以等角加速度繞其質心轉動，其質心以等加速度移動

圖 2



5. 一粒小石頭在地表附近被鉛直上拋後，若只受到重力作用，則在它抵地前，下列哪一個物理量恆維持不變？
(A) 小石頭的速度 (B) 小石頭的動能 (C) 小石頭的位能
(D) 小石頭的力學能 (E) 重力給予小石頭的功率

6. 考慮一個帶正電的實心金屬導體球，如圖3所示。當電荷分布穩定不變時，甲(球外)、乙(球表)、丙(球內)三個點的電位大小關係為何？

- (A) 甲 > 乙 > 丙 (B) 丙 > 乙 > 甲 (C) 丙 = 乙 > 甲
(D) 甲 > 乙 = 丙 (E) 甲 = 乙 > 丙

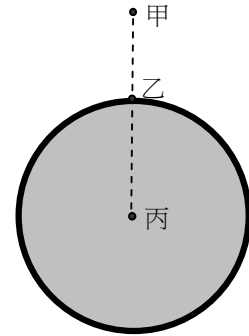


圖 3

7. 甲、乙和丙為三個完全相同的燈泡，此種燈泡的電阻可隨通過之電流而變，而有如圖4所示之非線性電壓-電流關係。考慮圖5和圖6的兩個獨立電路，下列兩電路上三燈泡之電阻值，何者正確？

- (A) 甲 $9.0\ \Omega$ ，乙 $5.0\ \Omega$ ，丙 $3.5\ \Omega$
(B) 甲 $9.0\ \Omega$ ，乙 $5.0\ \Omega$ ，丙 $5.0\ \Omega$
(C) 甲 $8.5\ \Omega$ ，乙 $4.5\ \Omega$ ，丙 $3.0\ \Omega$
(D) 甲 $8.0\ \Omega$ ，乙 $4.0\ \Omega$ ，丙 $4.0\ \Omega$
(E) 甲 $8.0\ \Omega$ ，乙 $5.0\ \Omega$ ，丙 $5.0\ \Omega$

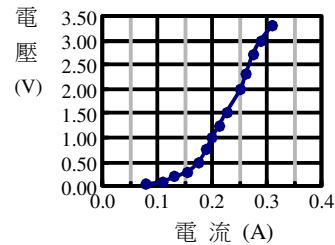


圖 4

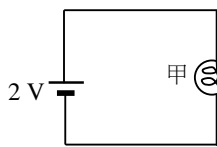


圖 5

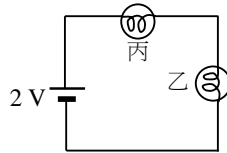


圖 6

8. 當材料或元件尺寸微小化到奈米等級時，會產生極為有趣的物理現象，並可發展出具突破性的產業應用。下列與「奈米科技」相關的敘述，何者正確？

- (A) 蓮葉因葉面具有奈米結構，較易吸附汙物或塵粒
(B) 將塊材製成奈米顆粒，有助於其產生氧化還原等化學反應
(C) 奈米顆粒與塊材都是由相同原子所組成，故其顏色必相同
(D) 任何材料奈米化之後，生物體皆無法吸收，對生物體沒有毒害作用
(E) 可見光的波長較奈米為短，故光學顯微鏡可用以觀察奈米尺度的顆粒

9. 下列有關「光子」的敘述，何者正確？

- (A) 光子的能量與其動量平方成正比
(B) 光子不具有波動性
(C) 不同能量的光子在真空中有不同的速率
(D) 同一頻率的光子有相同的能量
(E) 雷射的發光功率與其每秒內所發出的光子數目平方成正比

10. 如圖7所示，一重量為 W 、邊長為 $2b$ 的均勻立方體靜置於水平桌面上。已知當沿著其左側面中心點的法線方向，向右施加一量值為 F 的水平力時，此立方體不移動，也不轉動。若以質心 O 為參考點，並取能使立方體繞 O 作逆時針方向轉動的力矩為正，則桌面摩擦力與正向支撐力施加於此立方體的合力矩為何？

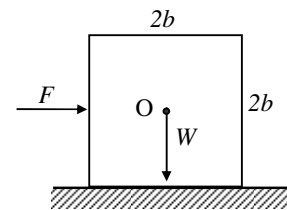


圖 7

- (A) $-Fb$ (B) $-Wb$ (C) 0
(D) Wb (E) Fb

11. 當波長為 λ 的光，通過寬度為 a 的單狹縫產生繞射時，第一暗紋出現的方向與光入射方向的夾角 θ 滿足 $\sin \theta = \lambda/a$ 的條件，這與用望遠鏡觀測遠方兩個光點時，有可能無法分辨出個別光點的成像，其道理相似。下列有關使用望遠鏡觀測兩光點的敘述，何者正確？
- (A) 望遠鏡物鏡的孔徑大小與兩光點的影像能否清楚分辨無關
 (B) 望遠鏡到兩光點連線的垂直距離相當於繞射現象中的狹縫寬度
 (C) 兩光點的間距相當於繞射現象中的狹縫寬度
 (D) 兩光點對望遠鏡物鏡所形成的張角大小僅與兩光點的間距有關
 (E) 在相同條件下，兩個紫色光點較兩個紅色光點容易分辨

12. 在一項實驗中，電荷為 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 的粒子，垂直射入量值為 1.0T 的均勻磁場中，留下如圖 8 所示的圓形軌跡。若此粒子的質量與射入磁場的速率均為未知的物理量，則由此實驗，可以決定下列有關此粒子的哪一個物理量？

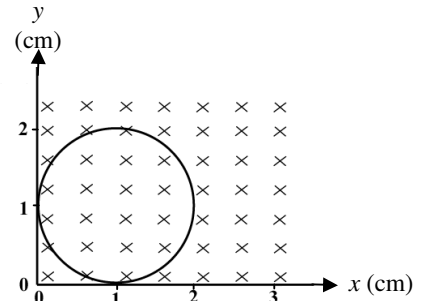


圖 8

- (A) 動能為 $8.0 \times 10^{-23} \text{J}$
 (B) 質量為 $9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$
 (C) 運動速率為 $3.0 \times 10^6 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 (D) 動量為 $1.6 \times 10^{-21} \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 (E) 電荷與質量的比值為 $3.5 \times 10^{11} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$

13. 如圖 9 所示，一支密度均勻的筷子，尖端朝下鉛直的豎立在光滑水平桌面上的 O 點，若筷子從靜止開始自由地倒向下方，則筷子最後靜止在桌面上的位置，最可能為下列何者？

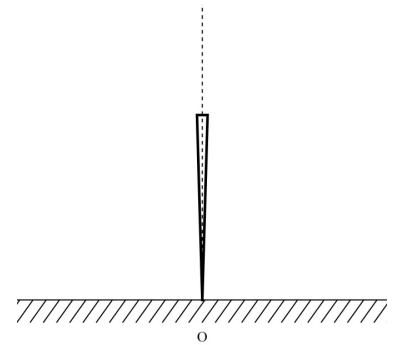
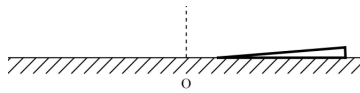
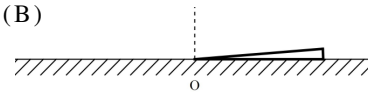
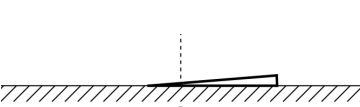
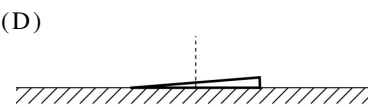
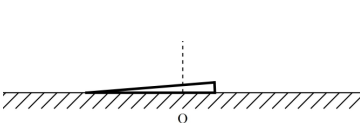


圖 9

- (A)  (B) 
 (C)  (D) 
 (E) 

14. 當向前的速度取為正值時，一公車的速度 v 隨時間 t 的變化如圖 10 所示；在乙點時公車的速度最快。若小明在公車內的同一位置上，全身相對於車子維持靜止不動，則下列敘述何者正確？

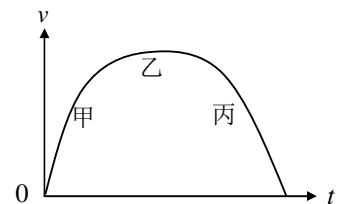


圖 10

- (A) 在甲點時，小明受到的合力向後
 (B) 在甲點時，小明受到的合力向前
 (C) 在乙點時，小明受到的合力向後
 (D) 在乙點時，小明受到的合力向前
 (E) 在丙點時，小明受到的合力向前

15. 如圖 11 所示，甲、乙兩恆星構成一個孤立的雙星系統，其質心 O 靜止不動。在彼此重力作用下，甲、乙分別以半徑 R 與 r 繞著質心 O 做圓周運動。若 $R:r=2:1$ ，則在以 O 為原點的參考系中，下列哪一物理量，甲對乙的比值為 1:1？

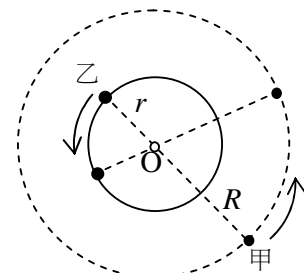


圖 11

- (A) 質量 (B) 週期 (C) 速率
 (D) 動能 (E) 角動量

16. 一個圓形導體線圈，以等速度 v 通過一垂直於線圈平面的均勻磁場，如圖 12 所示。在時刻 $t=0$ 時，線圈的右端恰到達磁場區的左方邊緣；在時刻 t_1 時，線圈的左端恰進入磁場區。若磁場區的寬度大於線圈的直徑，則線圈從開始接近至完全進入磁場區，其感應電流 I 對時間 t 的關係圖，最接近下列何者？

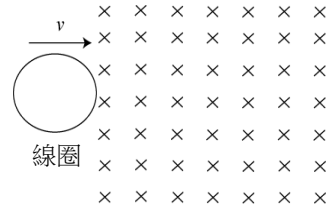
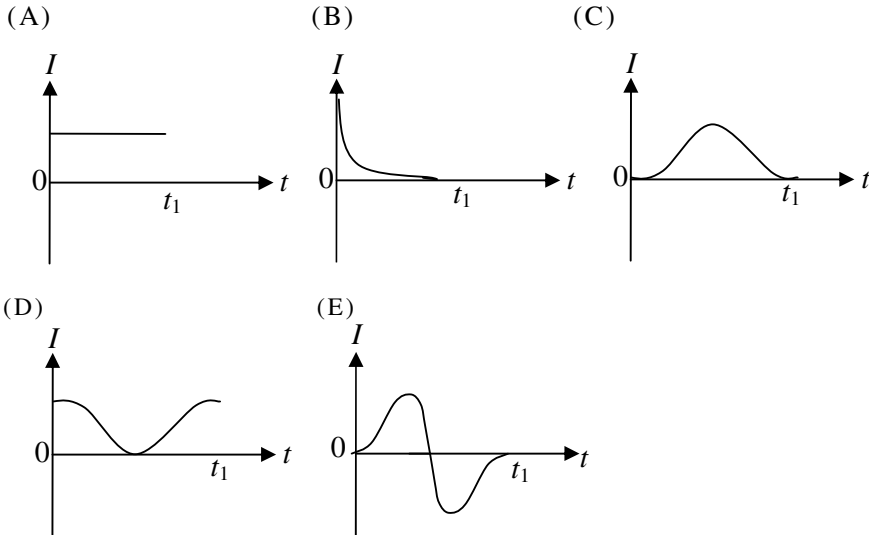


圖 12



17. 如圖 13 所示，一密閉且裝滿水的長方形水箱，固定於一輛向右作等加速度運動的車上，車的加速度 a 與速度同向。在時間 $t=0$ 時，有一軟木小球由箱底 A 點被釋放，開始上升，小球相對於箱底的初速度為零。在時間 $t=t_1 > 0$ 時，小車與前方的牆壁碰撞後立即停止，則在 $0 \leq t \leq t_1$ 期間，軟木小球相對於箱子的運動軌跡最可能為下列何者？

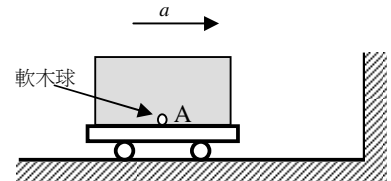
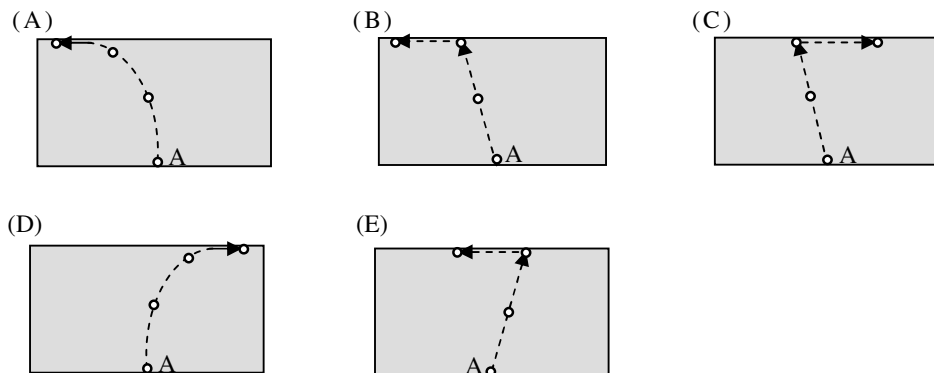


圖 13



18. 一搬運工人操作如圖 14 所示的滑輪組，欲使一載物的均勻平台以等速上升。設動滑輪的質量可以忽略，平台質量為 20kg ，長度為 2.00 公尺，重物及工人的質量皆為 80kg 。若工人站在距平台右端 0.40 公尺處，則重物的重心應擺在距離平台右端多遠的位置，才能使平台在等速上升時保持水平？

- (A) 1.00 m (B) 1.05 m (C) 1.10 m
(D) 1.15 m (E) 1.20 m

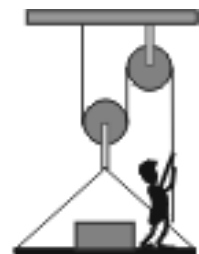


圖 14

19. 一汽車電瓶正、負兩極上連接的外電路為斷路時，其電位差為 24V。現將外電路上的冷氣機和車燈與此電瓶連接，如圖 15 所示。當关掉冷氣機不用時，通過車燈的電流為 12A；但當啟動冷氣機時，通過車燈的電流降低為 10A，車燈變暗。已知電瓶內部的電阻恆為 0.16Ω ，不隨電流而變，則當冷氣機運轉時，流經冷氣機分路的電流，約為下列何者？

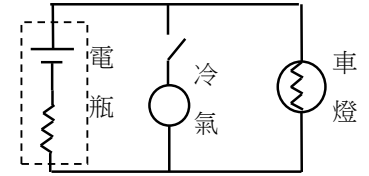


圖 15

- (A) 50A (B) 25A (C) 20A
(D) 15A (E) 10A

20. 圖 16 為一理想交流電路，其電流、電壓與電阻之間的關係，以及電功率的計算，均與直流電路相同。甲乙兩個理想變壓器以一傳輸線路連接，其中甲為升壓變壓器，原線圈與副線圈之線圈數比為 1:100；乙為降壓變壓器，原線圈與副線圈之線圈數比為 100:1。傳輸線路中的電阻可由兩個 50Ω 電阻器來代表。若圖 16 中家庭電器 R_L 為一電壓 110V、耗電功率 700W 的電暖器，則傳輸線路中所損耗的電功率為何？

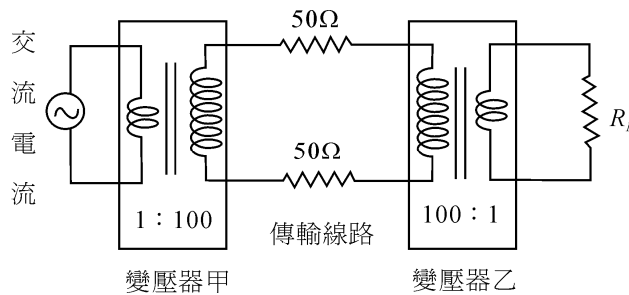


圖 16

- (A) 0.64W (B) 0.06W (C) 0.41W (D) 0.04W (E) 6.41W

二、多選題（20 分）

說明：第21至第24題，每題各有5個選項，其中至少有一個是正確的。選出正確選項，標示在答案卡之「選擇題答案區」。每題5分，各選項獨立計分，每答對一個選項，可得1分，每答錯一個選項，倒扣1分，完全答對得5分，整題未作答者，不給分亦不扣分。在備答選項以外之區域劃記，一律倒扣1分。倒扣到本大題之實得分數為零為止。

21. 一條被拉緊成直線的長繩，其線密度(即每單位繩長的質量)為 $2.0 \times 10^{-1} \text{ kg/m}$ 。若在此繩上有一繩波，以 $u = 5.0 \text{ m/s}$ 的波速，沿 x 軸向右傳播，在某一時刻時，繩波的形狀如圖 17 的粗黑實線所示。若繩子受到的重力可以忽略，則下列敘述何者正確？
- (A) 此繩波沿 x 方向傳遞的力學能只有動能
 (B) 圖 17 中實線三角形的波形，移動到虛線三角形的位置需時 3.0 s
 (C) 當波動通過繩上一點時，該點沿 y 方向的速率大於 1.0 m/s
 (D) 此繩波的總動能為 0.16 J
 (E) 當波動通過繩上一點時，每秒沿 x 方向傳遞的動能為 0.080 J

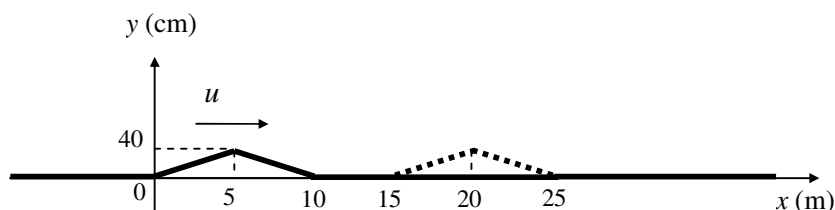


圖 17

22. 如圖 18 所示，一快鍋的鍋蓋上有一洩氣閥，其頂部的出口截面積為 8.0 mm^2 ；當鍋內蒸氣壓力達 $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 時，洩氣閥即可自動打開，使鍋內蒸氣洩出到外面大氣中。圖 19 為水的蒸汽壓(縱軸)與沸點(橫軸)的關係圖。當外面大氣壓力為 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 時，加熱於此快鍋內的水，並另以 0.12 kg 的物體緊密壓住洩氣閥頂部出口。若鍋蓋與鍋子相接部分完全密閉，則下列敘述，何者正確？($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ，重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

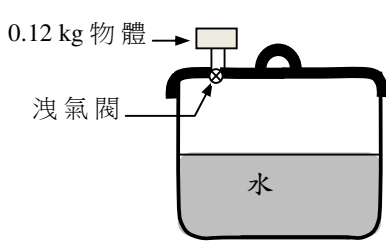


圖 18

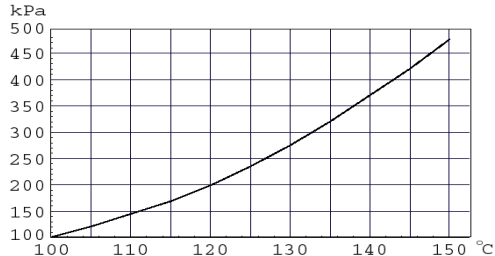


圖 19

- (A) 洩氣閥可當作一種安全裝置，以免快鍋在使用時因壓力太大而意外爆炸
 (B) 若洩氣閥的功能正常，且無物體壓在洩氣閥出口，則快鍋內水的沸點約為 110°C
 (C) 若要推開洩氣閥出口上的物體，則鍋內的水蒸氣壓力必須比外面大氣壓力至少高出 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
 (D) 當有物體壓在洩氣閥出口上時，鍋內水蒸氣的壓力最大可達外面大氣壓力的 3 倍
 (E) 當有物體壓在洩氣閥頂部出口時，鍋內水的沸點約為 127°C
23. 圖 20 為康卜吞效應的實驗裝置圖，圖中 θ 為 X 光的散射角，入射 X 光的波長為 $7.0 \times 10^{-11} \text{ m}$ 。已知散射角為 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 時，散射 X 光的強度與其波長的實驗數據如圖 21，則下列敘述何者正確？
- (A) 圖 21 的左峰主要是由發生彈性碰撞的光子所造成
 (B) 圖 21 的實驗結果顯現了電子能階的量子化現象
 (C) 圖 21 的右峰是 X 光與石墨原子的外層電子發生碰撞所造成
 (D) 光子能量與其波長成反比，故散射光子的波長愈大代表其能量愈接近入射光子
 (E) 以 γ 射線取代 X 光，仍會有康卜吞效應

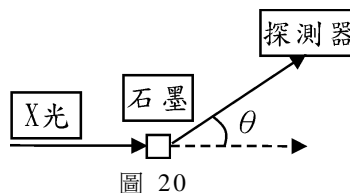


圖 20

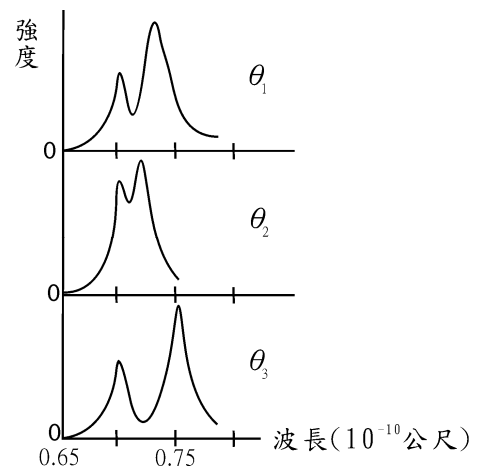


圖 21

24. 一質量為 m 的質點，沿水平的直線路徑以速度 v 做運動時，在時間 t 內緊急停下。若在此期間內，質點的位移為 x ，平均加速度為 \bar{a} ，則下列有關質點在減速停下期間的敘述，哪些 **不論** 質點停下的過程為何，恆為正確？
- (A) 質點在此期間的平均速度為 $\frac{1}{2}v$
 (B) 質點在此期間的位移 x 等於 $vt + \frac{1}{2}\bar{a}t^2$
 (C) 質點在此期間的平均加速度 \bar{a} 等於 $-v^2/(2x)$
 (D) 在質點停下期間，作用於質點的外力，其衝量等於 $-2mx/t$
 (E) 在質點停下期間，外力對質點作功的平均功率為 $-mv^2/(2t)$

第貳部分：非選擇題（佔 20 分）

說明：本大題共有二題，作答都要用 0.5 mm 或 0.7 mm 之黑色墨水的筆書寫。各題需在「答案卷」上所標示題號（一、二）之區域內，並標明子題題號（1、2、3...）。作答時不必抄題，但必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分。每題配分標於題末。

- 一、為了將質量 $m=3.0\text{ g}$ 的鋼釘打入固定不動的木塊中，某人持質量 $M=0.60\text{ kg}$ 的鐵鎚，以 $v = 0.50\text{ m/s}$ 的速度敲擊鋼釘一次，發現鋼釘進入木塊的深度 $d=0.30\text{ cm}$ 。已知木塊對鋼釘的阻力與鋼釘的長度方向平行，且阻力大小與鋼釘進入木塊的深度 x 成正比，即 $F = -kx$ 。若鐵鎚敲擊鋼釘可視為完全非彈性碰撞，且在鋼釘停下前，鐵鎚與鋼釘不分離，重力可以忽略，試回答以下問題：
1. 在鋼釘進入木塊停下的過程，木塊阻力 F 對鋼釘所做的功 W 為何？（4 分）
 2. 若用鐵鎚以同一速度 v 敲擊鋼釘共 4 次，則鋼釘進入木塊中的總深度 D 為何？（4 分）
 3. 求比例常數 k 。（2 分）
- 二、圖 22 為二維空間碰撞實驗的示意圖，小明重複多次實驗後在水平白紙上獲得的記錄，如圖 23 所示：入射球（簡稱球 1）及被撞球（簡稱球 2）在碰撞處靜止時球心的投影分別為 O_1 及 O_2 ，而 Q_1 及 Q_2 分別為球 1 與球 2 的平均落點，其縱向及橫向平均位移則以線段 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 表示。已知二球半徑相等，且球 1 沿水平方向碰撞球 2。
1. 由哪些實驗結果及物理定律可判斷出球 1 較球 2 的質量小？（4 分）
 2. 小明疏忽了一項實驗步驟，以致無法得到碰撞前後兩球的總動量相等的關係式，試補充說明此實驗步驟。（3 分）
 3. 有哪些方法可判定發生碰撞時兩球的質心是在同一水平面？（3 分）

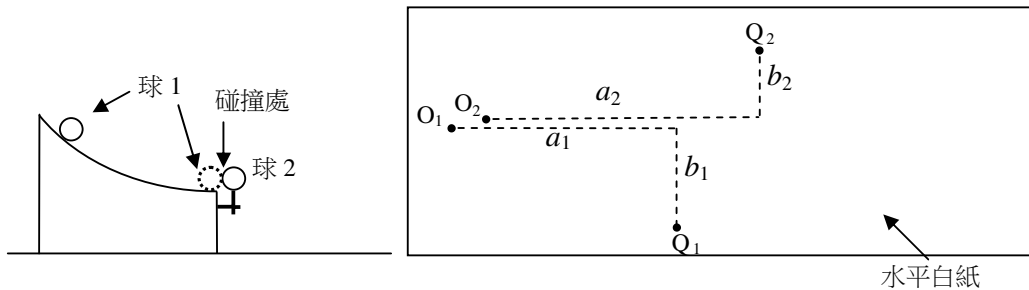


圖 22

圖 23

大學入學考試中心
物理考科 研究用試卷

選擇題參考答案

題號	答案
1	A
2	D
3	E
4	C
5	D
6	C
7	E
8	B
9	D
10	C
11	E
12	D
13	E
14	B
15	B
16	C
17	E
18	D
19	B
20	C
21	BDE
22	AE
23	ACE
24	E

非選擇題參考解法

一、

第 1 小題

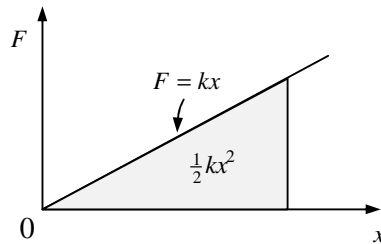
因鐵鎚敲擊鋼釘為完全非彈性碰撞，故在敲擊後，鐵鎚與鋼釘成為一體，由碰撞前後總動量相等，得碰撞後速度為 $u = Mv/(m+M)$ ，而動能為 $K = \frac{1}{2}(m+M)u^2 = \frac{1}{2}Mv^2[M/(m+M)]$

依據功-能定理，阻力 F 對鋼釘所做的功為

$$W = -K = -\frac{1}{2}Mv^2[M/(m+M)] = -\frac{1}{2}(0.60 \times 0.25)(0.60/0.603) = -0.075\text{J}$$

第 2 小題

因鋼釘在木塊中所受的阻力和其進入的深度成正比，其線性關係圖線如下圖所示。若鋼釘進入木塊中的深度為 x ，則阻力對鐵釘所作的功 W ，其大小等於關係圖線下套色直角三角形的面積 $\frac{1}{2}kx^2$ 。



鐵鎚敲擊鋼釘 4 次後，若鋼釘進入木塊的總深度為 D ，則木塊阻力對鋼釘所做的功為 $W(D) = -\frac{1}{2}kD^2$

因每敲擊 1 次的動能變化量為 $K = \frac{1}{2}(m+M)u^2 = \frac{1}{2}Mv^2[M/(m+M)]$ ，故敲擊 4 次的動能變化量為 $4K$ ，因依據功-能定理， K 須等於 $W(d) = -\frac{1}{2}kd^2$ ，故 $W(D) = -\frac{1}{2}kD^2 = 4K = 4(-\frac{1}{2}kd^2)$ ，即 $D = 2d = 0.60\text{ cm}$ 。

第 3 小題

第一次敲擊時，阻力 F 對鋼釘所做的功為 $W(d) = -\frac{1}{2}kd^2$ ，由前 A 題知 $W(d) = -K = -0.075\text{J}$ ，故 $k = 0.15/(0.30 \times 10^{-2})^2 = 1.7 \times 10^4\text{ N/m}$

二、

第 1 小題

碰撞時兩球質心若位於同一高度，則兩球鉛直方向的初速為零，其落地時間相同，而因水平方向為等速度運動，故知水平位移正比於水平速度分量。由水平橫向分量的總動量須守恆，可得 $m_1 b_1 = m_2 b_2$ ，而因球 1 較球 2 的橫向位移分量為大，即 $b_1 > b_2$ ，故可推知 $m_1 < m_2$ 。

第 2 小題

小明疏忽的步驟為「不放置球 2，多次實驗量測球 1 的平均落點 p_1 」。由 $\overline{m_1 a_1 p_1} = m_1 a_1 + m_2 a_2$ 可驗證碰撞前後兩球縱向的總動量相等，若未量 p_1 ，只量水平縱向位移 a_1 與 a_2 ，則無法驗證縱向總動量是否相等。

第 3 小題

例如直接量測兩球球心(質心)位置距離紙面的高度，或確保球兩球要同時觸地。