

財團法人大學入學考試中心基金會
110學年度指定科目考試試題

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；更正時，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。
- 非選擇題用筆尖較粗之黑色墨水的筆在「答案卷」上作答；更正時，可以使用修正液（帶）。
- 未依規定劃記答案卡，致機器掃描無法辨識答案；或未使用黑色墨水的筆書寫答案卷，致評閱人員無法辨識機器掃描後之答案者，恐將影響成績並損及權益。
- 答案卷每人一張，不得要求增補。

第壹部分：選擇題（占 80 分）

一、單選題（占 60 分）

說明：第1題至第20題，每題有5個選項，其中只有一個是正確或最適當的選項，請劃記在答案卡之「選擇題答案區」。各題答對者，得3分；答錯、未作答或劃記多於一個選項者，該題以零分計算。

- 關於目前所觀測到的宇宙，下列敘述或推論何者正確？
(A) 宇宙越遠處星體的遠離速率越慢
(B) 某星系發出的光譜線有紅移現象，代表該星系正在靠近觀測者
(C) 宇宙微波背景輻射自誕生至今，其溫度一直都是低於 5 K
(D) 越近處的宇宙現象顯示的是宇宙演化越早期的樣貌
(E) 宇宙微波背景輻射是目前已觀測到的所有電磁波訊號中，最古老的訊號
- 假設在水波槽中，與水波波速可能有關係的物理量為重力加速度 g 、水的密度 ρ 與水深 D 。若僅以上述三個物理量的因次來判斷波速 v ，則下列何者正確？
(A) v 正比於 gD (B) v 正比於 ρgD (C) v 正比於 $\sqrt{gD}$
(D) v 正比於 $g\sqrt{\rho D}$ (E) v 正比於 $\frac{1}{\sqrt{gD}}$

第 3-4 題為題組

假設棒球的旋轉與空氣阻力可被忽略，回答第 3-4 題有關棒球的問題。

- 某職棒投手先以固定力將靜止的棒球沿直線帶動約 1.5 m 的長度後，投出 144 km/h 的快速直球。已知棒球的質量約為 150 g，則該投手施於球的固定力量值約為何？
(A) 80 N (B) 100 N (C) 110 N
(D) 120 N (E) 130 N
- 棒球抵達本壘板上方時，在離地 1.0 m 的高度，被打擊者以與水平面夾角為 θ ($\cos\theta = \frac{3}{5}$) 的仰角、量值為 126 km/h 的速度反向擊出，該球在被擊出後 5.0 s 恰好飛越全壘打牆的上空，試問球飛越全壘打牆瞬間，離地高度為多少 m？（假設棒球場地地面為水平，取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）
(A) 4 (B) 8 (C) 10 (D) 12 (E) 16
- 甲、乙兩計時器原來置於地球表面計時，甲計時器以在鉛垂面作小角度左右擺動的單擺週期，作為計時基準；乙計時器利用彈簧讓重物在光滑水平面上振動，以其週期作為計時基準。現將兩計時器移至另一星球表面，該星球表面的重力加速度量值為地球表面的 4 倍，則下列有關甲計時器擺動週期 $T_{\text{甲}}$ 和乙計時器振動週期 $T_{\text{乙}}$ 的敘述何者正確？（忽略空氣阻力）
(A) $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$ 均變為原來的4倍
(B) $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$ 均變為原來的1/2
(C) $T_{\text{甲}}$ 變為原來的2倍， $T_{\text{乙}}$ 不變
(D) $T_{\text{甲}}$ 變為原來的1/2， $T_{\text{乙}}$ 不變
(E) $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$ 均不變

6. 圖 1 為起重機示意圖，起重機臂 PO 和水平線的夾角為 60° ，且可繞 O 點自由轉動，其質量為 200 kg 且分布均勻，鋼索 PS 段和水平線的夾角為 30° ， PSO 位於垂直面。起重機臂右端懸掛一質量為 160 kg 的重物，若此時處於平衡狀態，且整條鋼索質量可忽略不計，則鋼索上的張力是多少牛頓？

(取重力加速度 $g = 10\text{ m/s}^2$)

- (A) 1600 (B) 2600 (C) 3200
(D) 3600 (E) 5200

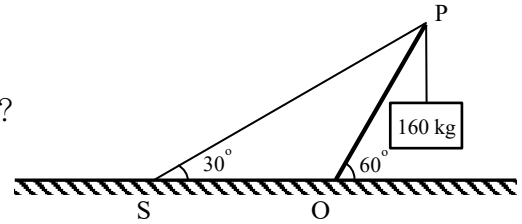


圖 1

7. 有兩顆大小相同的小球，各以長度為 L 、質量可忽略不計的擺繩掛在天花板同一點，左邊小球的質量為 $2m$ ，右邊小球的質量為 $3m$ 。某生拉起兩小球至高度分別為 h_L 和 h_R ，將小球由靜止釋放，讓小球擺向中間，使兩小球恰在最低點時發生正向彈性碰撞，如圖 2 所示。碰撞後，若左邊的小球擺回到最高點的高度仍然為 h_L ，則 $h_L : h_R$ 為何？

- (A) 9 : 4
(B) 3 : 2
(C) 1 : 1
(D) 2 : 3
(E) 4 : 9

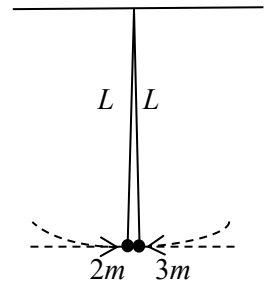


圖 2

8. 在聲速為 350 m/s 的環境中，進行音叉與氣柱的共鳴實驗。從零開始，逐漸增加氣柱長度，並將測得共鳴時的氣柱長度，依時間的先後順序編號為 1、2、3、4，四次測得之共鳴氣柱長度對編號作圖，如圖 3 所示。實驗所用的音叉頻率，最接近多少 Hz ？

- (A) 350
(B) 525
(C) 700
(D) 1050
(E) 2000

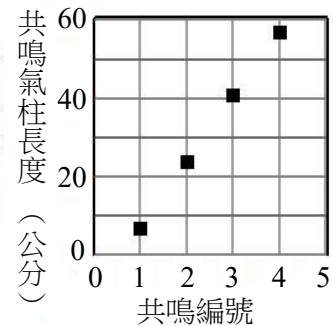


圖 3

9. 圖 4 為電流天平的構造示意圖。當 U 型電路上的電流值為 I_1 、螺線管所載電流值為 I_2 、天平左端所掛的小重物質質量為 m 時，天平恰成平衡。若將電流 I_1 變成 $-4I_2$ ，同時 I_2 變成 $-I_1/2$ (負號表示電流方向與原來的方向相反)，則此時可使天平平衡的小重物質質量應為何？(忽略地磁造成的影響， g 為重力加速度， L 為 U 型電路寬度， B 為螺線管所產生的磁場)

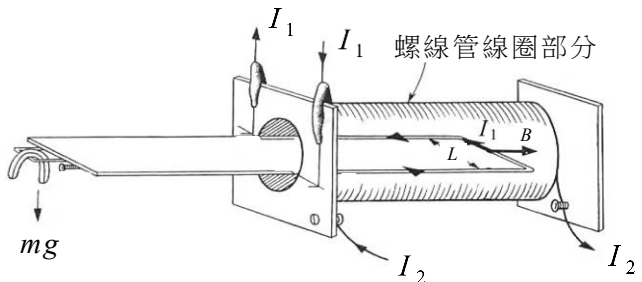


圖 4

- (A) m (B) $2m$
(C) $4m$ (D) $8m$
(E) 天平無法達到平衡

10. 氣泡室是裝滿液態氫的特殊容器，其內部具有均勻磁場。當帶電粒子穿過氣泡室時，沿著粒子軌跡會產生小氣泡，是一種能用來追蹤粒子動向的工具。圖 5 是不同的帶電粒子由左至右垂直射入氣泡室所產生的軌跡（磁場垂直進入紙面），分別以 1、2、3 編號標示，而帶電粒子因與氣泡室內的液態氫作用而損失能量，軌跡呈螺旋形，其中粒子 1、2 進行逆時針旋轉、粒子 3 則為順時針旋轉。下列敘述何者正確？（以 $|mv/q|_i$ 表示編號 i 的粒子其動量除以電量的量值）

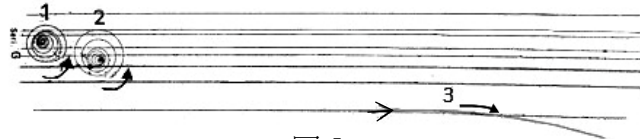


圖 5

- (A) 編號 1、2、3 的粒子均帶正電，且 $|mv/q|_3 > |mv/q|_2 > |mv/q|_1$
 (B) 編號 1、2、3 的粒子均帶負電，且 $|mv/q|_1 > |mv/q|_2 > |mv/q|_3$
 (C) 編號 1、2 的粒子均帶正電，編號 3 的粒子帶負電，且 $|mv/q|_1 > |mv/q|_2 > |mv/q|_3$
 (D) 編號 1、2 的粒子均帶正電，編號 3 的粒子帶負電，且 $|mv/q|_3 > |mv/q|_2 > |mv/q|_1$
 (E) 編號 1、2 的粒子均帶負電，編號 3 的粒子帶正電，且 $|mv/q|_3 > |mv/q|_2 > |mv/q|_1$
11. 科學家常用 X-射線繞射來測知晶體結構，若將波長為 λ 的 X-射線改用電子束取代，並進行相同晶體的繞射實驗，以測得相同的繞射圖樣，則電子的能量為何？（ h 為普朗克常數， m 為電子質量）

- (A) $\frac{h^2}{2m^2\lambda^2}$ (B) $\frac{h}{2m\lambda}$ (C) $\frac{h^2}{m\lambda}$ (D) $\frac{h^2}{m\lambda^2}$ (E) $\frac{h^2}{2m\lambda^2}$

12. 某一 LED 燈組，其光強度對波長的關係如圖 6 所示，黃—紅光範圍的光強度比藍光範圍的光強度大很多。某生以此光源照射某一金屬，進行光電效應實驗，發現皆可產生光電子，如圖 7 所示。設可變直流電源的電位為 V （集電極電位相對於發射極電位）、量測到的光電流為 I ，則下列何者為該實驗所測得的 $I-V$ 關係圖？

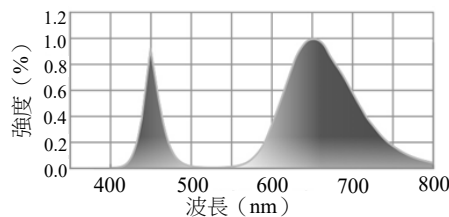


圖 6

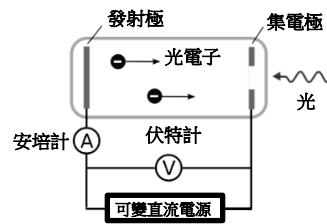


圖 7

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

13. 兩個點光源 S_1 、 S_2 間的距離為 24 cm，使用焦距為 9 cm 的薄透鏡 L ，垂直放置於兩點光源 S_1 、 S_2 的連線上並調整位置，如圖 8 所示，使兩個點光源成像於同一位置，則兩點光源到透鏡的距離比為何？

- (A) 3:4 (B) 3:8 (C) 2:3
(D) 1:2 (E) 1:3

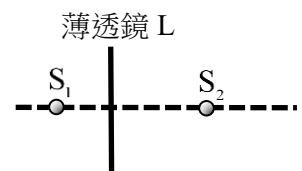


圖 8

第 14-15 題為題組

地震預警是利用地震在地球內部傳播的 P 波與 S 波的速度差，透過偵測首先到達的 P 波來判斷地震規模，在振動強烈的 S 波到達前的時間內發出預警，以利後續應變。回答第 14-15 題。

14. 2021 年 2 月 7 日發生芮氏規模 6.1 的地震，許多民眾手機收到多次國家級警報。該地震震源在臺灣東部外海，深度約為 112 km。宜蘭市地震監測站（距震源直線距離約為 141 km）測得地動加速度對時間的關係，如圖 9 所示，圖中第 0 秒為地震起始時間。

若宜蘭市預警系統可在 P 波抵達後的 7 秒內就完成判斷並發出預警至各縣市，則對於距震源直線距離約 215 km 之苗栗市，可提供的應變時間約為幾秒？（假設 P 波與 S 波的波速固定，且都由震源直線傳播到地表上的各地點。）

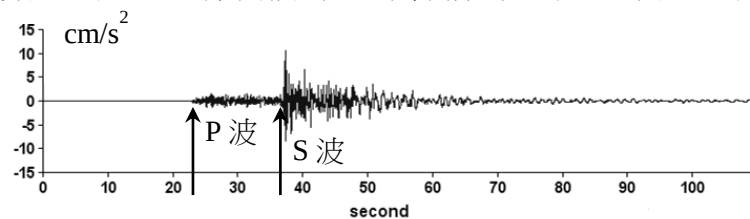
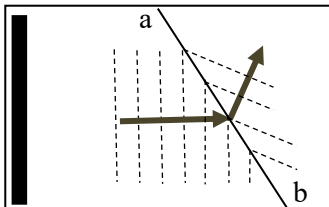


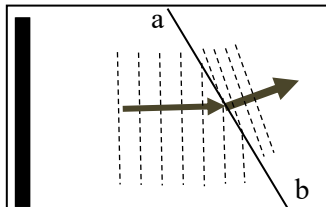
圖 9

- (A) 7 (B) 14 (C) 26 (D) 33 (E) 37
15. 當地震表面波在稍後到達某地區時，假設固定於地面的物體僅作水平方向的簡諧運動，其振幅為 0.20 cm，週期為 0.40 s，最大加速度量值為 $a \text{ m/s}^2$ 。若固定於地面的水平書架上的書本不會因地震而滑動，則書本與書架板間的靜摩擦係數不能小於 μ 。以下各組 (a, μ) 數值，何者正確？（取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）
- (A) (0.25, 0.050) (B) (0.50, 0.050) (C) (0.50, 0.10)
(D) (1.0, 0.10) (E) (1.5, 0.15)
16. 由許多個處於基態的氫原子所組成的系統，吸收一束單一頻率的光後各自躍遷到主量子數為 n 的激發態，當這些處於激發態的氫原子回到基態時，可以測量到六條不同波長的光譜線，試問 n 為何？
- (A) 7 (B) 6 (C) 5 (D) 4 (E) 3
17. 在水波槽實驗中，水波槽被分為左邊的深水區和右邊的淺水區，兩區以線段 ab 為分界線，左端黑色長棒產生直線波向右傳遞，虛線表示其波前，箭頭表示波的行進方向，下列各圖何者正確？

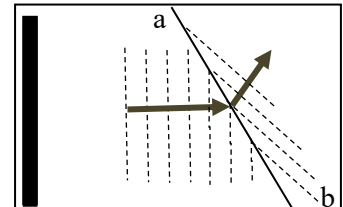
(A)



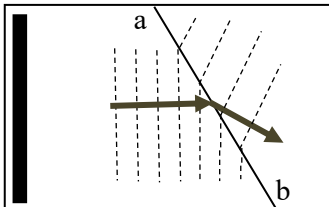
(B)



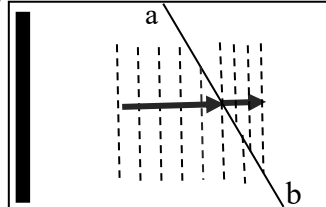
(C)



(D)



(E)



18. 臺東的臺灣國際熱氣球嘉年華是很受歡迎的休旅活動。要讓熱氣球升空，必須加熱氣球裡的空氣，使氣球體積變大，以增加空氣浮力（物體所受的空氣浮力等於物體在空氣中所排開同體積空氣的重量）。

有一熱氣球乘載四人後的總質量為 $6.0 \times 10^2 \text{ kg}$ （不含球內空氣）。當加熱其內空氣，使其體積膨脹至 $3.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ ，即可升空，此時空氣浮力等於熱氣球載人後的總重量（含球內的空氣），則熱氣球內的空氣溫度是多少 $^{\circ}\text{C}$ ？（設當時外界氣溫為 22°C ，空氣密度為 1.2 kg/m^3 ，氣球內、外的空氣都視為理想氣體，且加熱時球外空氣的溫度、壓力不變。）

(A) 81 (B) 72 (C) 57 (D) 42 (E) 22

19. 在核電廠發生重大核安事故後，附近可檢測出放射性元素銫-137，銫-137自發衰變時，核子數減少至原來數目一半所需時間（半衰期）約為 30 年。已知每 1 公克銫-137的放射性活度約為 $3.2 \times 10^{12} \text{ Bq}$ （Bq 為放射性活度的單位，1 Bq = 每秒發生一次衰變；活度亦稱活性）；食品中放射性銫檢驗的容許量標準值為 100 Bq/kg 。

假設一尾 100 kg 的大型海魚在 15 年前體內放射性物質只有 2.0×10^{-8} 公克的放射性銫-137，現今對其殘留的銫-137 進行檢驗，若銫-137 在這期間未被代謝出體外，則其每公斤的放射性活度為食品檢驗容許量之標準值的幾倍？

(A) 0.045 (B) 0.32 (C) 4.5 (D) 32 (E) 450

20. 悠遊卡系統利用電磁感應原理來辨識與傳遞資訊（即無線射頻辨識技術－RFID）。讀卡機產生變動磁場，讓悠遊卡內部迴路產生應電流，使內部晶片得以發送訊號，讀卡機就能讀取卡內的晶片資料（如圖 10）。悠遊卡迴路中的應電動勢 ε 和其每

匝線圈中之磁通量時間變化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 的關係為

$\varepsilon = -QN \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ，其中 N 為匝數， Q 為悠遊卡迴路的訊

號加強係數。若悠遊卡迴路的矩形線圈尺寸為 $8.00 \text{ cm} \times 5.00 \text{ cm}$ 、 $N = 4$ 、 $Q = 40.0$ ，讀卡機產生的磁場垂直穿過悠遊卡線圈平面，且線圈中磁場的時間

變化率 $\frac{\Delta B}{\Delta t} = B_0 \times 2\pi f \sin(2\pi ft)$ ， $B_0 = 5.00 \times 10^{-8} \text{ T}$ ，頻

率 $f = 13.56 \text{ MHz}$ ，則悠遊卡迴路線圈應電動勢的最大值約為何？

(A) 0.680 V (B) 1.20 V (C) 2.73 V (D) 3.64 V (E) 4.52 V

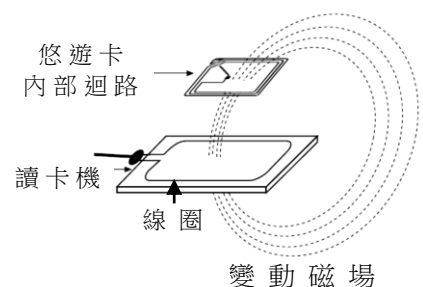


圖 10

二、多選題（占 20 分）

說明：第21題至第24題，每題有5個選項，其中至少有一個是正確的選項，請將正確選項劃記在答案卡之「選擇題答案區」。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得5分；答錯1個選項者，得3分；答錯2個選項者，得1分；答錯多於2個選項或所有選項均未作答者，該題以零分計算。

21. 一個檢流計 G 的內部電阻為 $1.0 \text{ k}\Omega$ ，需要 $10 \text{ }\mu\text{A}$ 的電流，才能使其獲得最大讀數（即滿刻度偏轉）。一個安培計由該檢流計及一個並聯的電阻 R_1 所構成，如圖 11 所示，當通過安培計的電流為 10 A 時，會使檢流計讀數滿刻度。另以相同的檢流計及一個串聯的電阻 R_2 構成一個伏特計，如圖 12 所示，當伏特計兩端的電壓為 10 V 時，會使檢流計讀數滿刻度。下列敘述哪些正確？

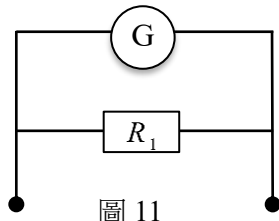


圖 11

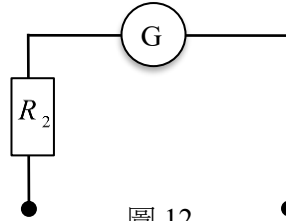


圖 12

- (A) 檢流計得到滿刻度偏轉時，跨接於檢流計的電位差值為 1.0 mV
 (B) R_1 約為 $1.0 \text{ m}\Omega$ (C) R_1 約為 $10 \text{ m}\Omega$
 (D) R_2 約為 $1.0 \text{ M}\Omega$ (E) R_2 約為 $1.0 \text{ k}\Omega$
22. 質量為 m 的汽車在與水平面夾角為 θ 的斜面跑道作半徑為 R 的圓周運動，其面對車頭直視時的示意圖如圖 13 所示。設重力加速度的量值為 g ，下列敘述哪些正確？
- (A) 若夾角 $\theta=0$ ，無摩擦力則無法作圓周運動
 (B) 需摩擦力克服沿斜面的下滑力 $mg \sin \theta$ 才可作圓周運動
 (C) 無摩擦力也可作圓周運動，此時斜面跑道對車的正向力為 $mg \cos \theta$
 (D) 無摩擦力也可作圓周運動，此時速率 $v = \sqrt{Rg \tan \theta}$
 (E) 沿斜面向下的摩擦力可增加作圓周運動的向心力
23. 在「狹縫干涉和繞射」的實驗中，雙狹縫至屏幕的距離為 2.00 m 。先以一未知波長的雷射光垂直入射一個狹縫間距為 $100 \mu\text{m}$ 的雙狹縫做干涉實驗，測得屏幕上干涉圖樣之中央亮帶的中央線與第二暗紋的距離為 1.95 cm ，接著利用單狹縫的繞射現象以測量單狹縫的縫寬時，僅將雙狹縫片改為單狹縫片而其餘實驗參數不變，測得單狹縫繞射圖樣之中央亮帶的中央線與第二暗紋的距離為 13.0 cm ，則下列敘述哪些正確？
- (A) 雙狹縫干涉圖樣之中央亮帶的中央線到第三暗紋的距離為 2.60 cm
 (B) 雙狹縫干涉圖樣之中央亮帶寬度為 1.30 cm
 (C) 單狹縫繞射圖樣之中央亮帶寬度為 13.0 cm
 (D) 雷射光的波長為 450 nm
 (E) 單狹縫的縫寬為 $20.0 \mu\text{m}$
24. 在科學博覽會中，有一學生站在塑膠凳上，以手指接觸相對地面電壓為 27 萬伏特、半徑為 15 cm 的金屬球時，導致頭髮直豎，引發觀眾驚呼。已知金屬球表面的電場大於 $3.0 \times 10^6 \text{ V/m}$ 時，即會造成空氣游離而放電。下列敘述哪些正確？（庫侖常數 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ）
- (A) 學生手指接觸高電壓金屬球後，頭髮因帶同性電荷而互斥所以直豎
 (B) 將懸掛在質輕細繩下的不帶電金屬小球移近高電壓金屬球時，金屬小球會立即被排斥開
 (C) 電壓固定為 27 萬伏特時，金屬球的半徑必須不小於 9.0 cm ，才不至於發生放電現象
 (D) 高電壓金屬球在該生接觸它之前的電量約為 $3.0 \times 10^{-4} \text{ C}$
 (E) 高電壓金屬球上電荷透過接地之導體，在 5.0 ms 內全部轉移到地面期間之平均電流約為 0.90 mA

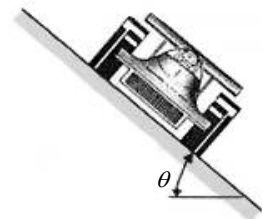


圖 13

第貳部分：非選擇題（占 20 分）

說明：本部分共有二大題，答案必須寫在「答案卷」上，並於題號欄標明大題號（一、二）與子題號（1、2、……），若因字跡潦草、未標示題號、標錯題號等原因，致評閱人員無法清楚辨識，該部分不予計分。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。作答使用筆尖較粗之黑色墨水的筆書寫，且不得使用鉛筆。每一子題配分標於題末。

- 一、在『金屬的比熱』實驗單元中，有相同質量的兩個純金屬塊 A 和 B，其上的標籤都已脫落在旁，標籤一：比熱 $0.39 \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$ ，標籤二：比熱 $0.15 \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$ ，因而進行實驗探討，以測定金屬塊的比熱，並貼上正確標籤。已知水的比熱為 $4.2 \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$ 、量熱器質量為 600 g 。經多次實驗平均後，得到的數據取兩位有效數字節錄如表 1 與表 2。表 1 為熱水加到盛有冷水的量熱器過程中所得到的實驗數據。表 2 為將金屬塊 A 投入盛有冷水的量熱器過程中所得到的實驗數據。冷水的初始溫度為冷水加入量熱器內達到熱平衡後的溫度。

表 1

	質量 (g)	初始溫度 ($^\circ\text{C}$)	熱平衡溫度 ($^\circ\text{C}$)
熱水	200	100	65
冷水	100	15	65

表 2

	質量 (g)	初始溫度 ($^\circ\text{C}$)	熱平衡溫度 ($^\circ\text{C}$)
冷水	100	19	24
金屬塊 A	100	100	24

1. 進行表1的測量時，先將冷水加入量熱器達到熱平衡後再加入熱水，而不是直接將熱水加入量熱器，說明此實驗步驟的目的為何？（2分）
2. 實驗時，金屬塊的體積相對於量熱器中水的體積有哪些限制？簡單說明理由。（2分）
3. 根據實驗數據，計算金屬塊A的比熱（至兩位有效數字）。（3分）
4. 若另以電熱板對金屬塊B直接加熱，進行比熱測量實驗，實驗時以 0.50 A 的電流、 12 V 的電壓對金屬塊B加熱 2.0 分鐘，測得的實驗數據如表3，試判定金屬塊B的比熱，並計算電熱板提供的熱量被金屬塊B吸收的百分比。（3分）

表 3

	質量 (g)	初始溫度 ($^\circ\text{C}$)	最終溫度 ($^\circ\text{C}$)
金屬塊 B	100	22	58

- 二、調速器可用來控制馬達的轉速，其結構如圖 14 所示、圓筒狀的外殼固定不動，中心轉軸隨馬達旋轉，軸上兩側各有一質量可忽略的短棒，其上端與中心轉軸連接，下端各有一個質量為 1.0 kg 的擺錘，兩短棒與中心轉軸恆在同一平面，且此平面隨中心轉軸旋轉時，短棒可以自由張開或合攏，當張角為 45° 時，擺錘恰可觸及外殼；當轉速夠大時擺錘會貼著外殼，對外殼施力，以傳達馬達轉速過大的訊息。已知外殼的內半徑為 0.40 m ，重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

1. 當擺錘恰可觸及外殼而不對外殼施力時，計算此時中心轉軸的角速度。（4分）
2. 當中心轉軸以角速度 6 rad/s 旋轉時，計算任一擺錘對外殼施加的正向力量值。（3分）
3. 若擺錘和外殼間的動摩擦係數 $\mu = 0.25$ ，當中心轉軸的角速度維持 6 rad/s 時，計算任一擺錘因摩擦而損耗的功率。（3分）

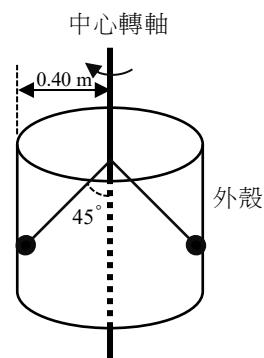


圖 14