



110指考最前線-物理科

總分

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

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，請畫記在答案卡之「選擇題答案區」。各題答對者，得 3 分；答錯、未作答或畫記多於一個選項者，該題以零分計算。

- () 1. 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。
- () 2. 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 $\rho g D$ (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

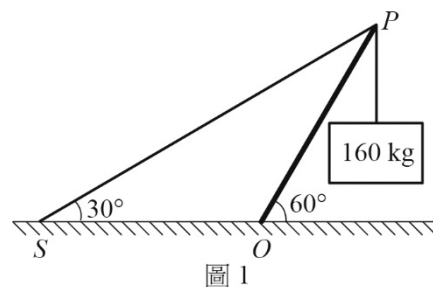
假設棒球的旋轉與空氣阻力可被忽略，回答第 3-4 題有關棒球的問題。

- () 3. 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。
- () 4. 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。

- () 5. 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）

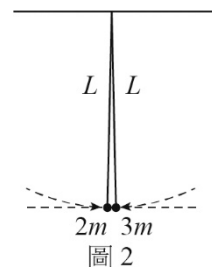
(A) $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$ 均變為原來的 4 倍
 (B) $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$ 均變為原來的 1/2
 (C) $T_{\text{甲}}$ 變為原來的 2 倍， $T_{\text{乙}}$ 不變
 (D) $T_{\text{甲}}$ 變為原來的 1/2， $T_{\text{乙}}$ 不變
 (E) $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$ 均不變。

- () 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 N？（取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）



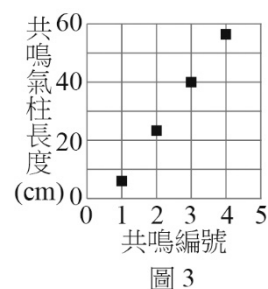
(A) 1600 (B) 2600 (C) 3200
 (D) 3600 (E) 5200。

- () 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？



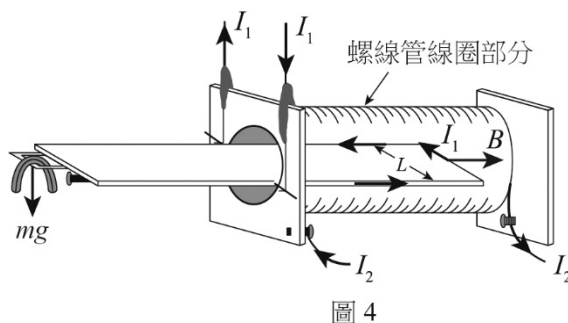
(A) 9 : 4 (B) 3 : 2 (C) 1 : 1
 (D) 2 : 3 (E) 4 : 9。

- () 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。

- () 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）



(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）

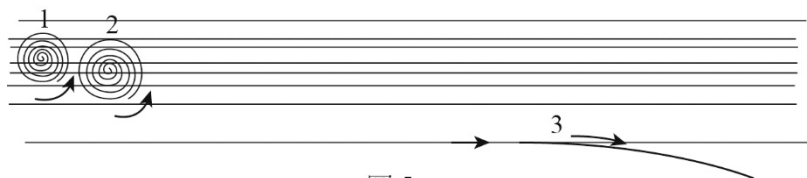


圖 5

- (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？

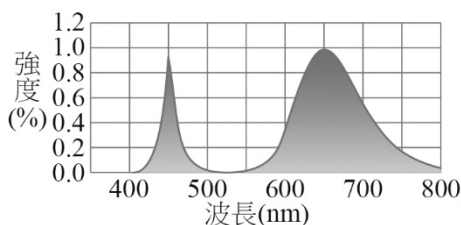


圖 6

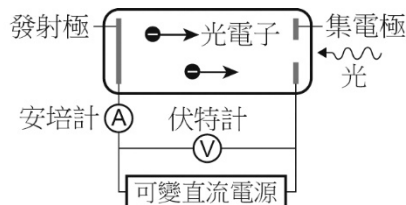
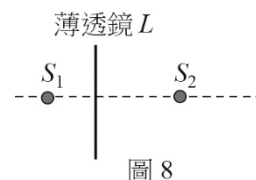


圖 7

- (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？



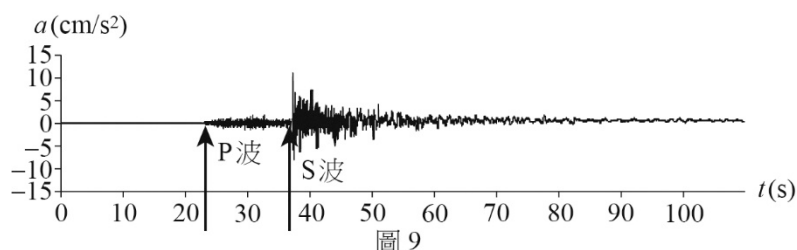
(A) 3 : 4 (B) 3 : 8 (C) 2 : 3 (D) 1 : 2 (E) 1 : 3。

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 s 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。）



(A) 7 (B) 14 (C) 26 (D) 33 (E) 37。

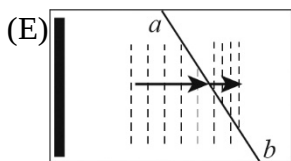
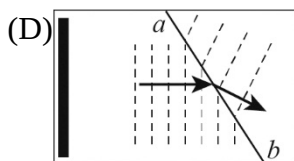
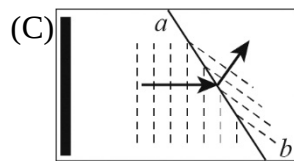
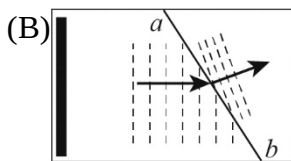
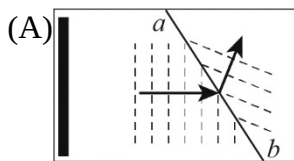
- () 15. 當地震表面波在稍後到達某地區時，假設固定於地面的物體僅作水平方向的簡諧運動，其振幅為 0.20 cm，週期為 0.40 s，最大加速度量值為 $a \text{ m/s}^2$ 。若固定於地面的水平書架上的書本不會因地震而滑動，則書本與書架板間的靜摩擦係數不能小於 μ 。以下各組 (a, μ) 數值，何者正確？（取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）

(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？



- ()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 g 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 年前體內的放射性物質只有 $2.0 \times 10^{-8} \text{ g}$ 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）。悠遊卡迴路中的感應電動勢 ε 和其每匝線圈中之磁通量時間變化率 $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 的

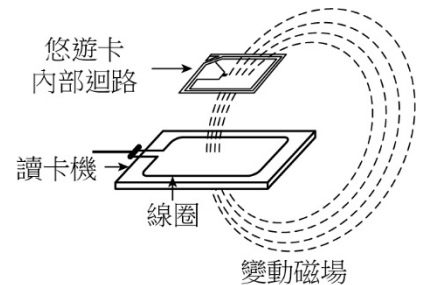


圖 10

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。

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，請將正確選項畫記在答案卡之「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 $10 \mu\text{A}$ 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？

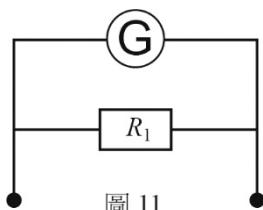


圖 11

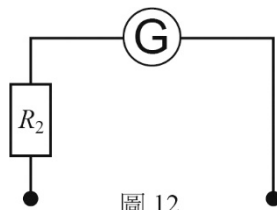


圖 12

- (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？

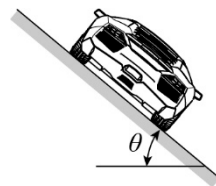


圖 13

- (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 。

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 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

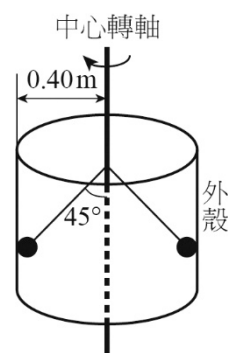


圖 14

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）

試題大剖析

臺中二中／餘軒

答案

第壹部分：選擇題

一、單選題

1. E 2. C 3. A 4. E 5. D 6. B 7. A 8. D 9. B 10. D
11. E 12. A 13. E 14. C 15. B 16. D 17. B 18. A 19. C 20. C

二、多選題

21. BD 22. ADE 23. BCE 24. ACE

第貳部分：非選擇題

- 一、1. 見解析 2. 見解析 3. $0.39 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ 4. 75%
二、1. 5 rad/s 2. 4.4 N 3. 2.64 W

解析

第壹部分：選擇題

一、單選題

1. 出處：基礎物理(一)全 9-1 宇宙的認識及哈伯定律 (99 課綱)

答案：E

解析：(A)×：由 $v = H_0 d$ 知，愈遠處星體的遠離速率愈快。

(B)×：光譜線紅移即視波長大於實際波長，代表該星系遠離觀察者。

(C)×：宇宙誕生時由極高溫逐漸降至今日 3 K 。

(D)×：愈近處的宇宙現象顯示宇宙演化愈近期的樣貌。

2. 出處：選修物理 I(全) 1-3 物理量的因次 (108 課綱)

基礎物理(二)B 上 5-3 物理量的因次 (99 課綱)

答案：C

解析： $[v] = \text{LT}^{-1}$ ， $[g] = \text{LT}^{-2}$ ， $[\rho] = \text{ML}^{-3}$ ， $[D] = \text{L}$ ，

令 $[v] = [g]^x [\rho]^y [D]^z$ ，則 $\text{LT}^{-1} = (\text{LT}^{-2})^x (\text{ML}^{-3})^y \text{L}^z = \text{L}^{x-3y+z} \text{T}^{-2x} \text{M}^y$ ，

$$\begin{cases} x-3y+z=1 \\ -2x=-1 \\ y=0 \end{cases} \Rightarrow x=\frac{1}{2}, y=0, z=\frac{1}{2},$$

得 $[v] = [g]^{\frac{1}{2}} [\rho]^0 [D]^{\frac{1}{2}} = [g]^{\frac{1}{2}} [D]^{\frac{1}{2}}$ ，即 $v \propto \sqrt{gD}$ 。

3. 出處：選修物理 I(全) 4-3 牛頓第二運動定律 (108 課綱)

基礎物理(二)B 上 4-2 牛頓第二運動定律 (99 課綱)

答案：A

解析： $v = 144 \text{ km/h} = 40 \text{ m/s}$ ，投手施於棒球固定力量，故棒球作等加速運動，

$$\text{由 } v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \text{ 得 } 40^2 = 0^2 + 2a \times 1.5 \Rightarrow a = \frac{1600}{3} (\text{m/s}^2),$$

$$F = ma = \frac{150}{1000} \times \frac{1600}{3} = 80 (\text{N})。$$

4. 出處：選修物理 I(全)3-4 斜向拋射（108 課綱）
基礎物理(二)B 上 2-3 拋體運動（99 課綱）

解析： $v_0 = 126 \text{ km/h} = 35 \text{ m/s}$ ，

$$y = v_0 \sin \theta \times t - \frac{1}{2}gt^2 + 1 = 35 \times \frac{4}{5} \times 5 - \frac{1}{2} \times 10 \times 5^2 + 1 = 140 - 125 + 1 = 16 (\text{m})。$$

5. 出處：選修物理 I(全)5-2 簡諧運動（108 課綱）
基礎物理(二)B 上 5-2 簡諧運動（99 課綱）

答案：D

解析：單擺擺動週期 $T_{\text{甲}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ ， g 值變為 4 倍，週期變為 $\frac{1}{2}$ 倍，

彈簧振盪週期 $T_{\text{乙}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ， g 值不影響週期。

6. 出處：選修物理 II(全)3-2 靜力平衡（108 課綱）
基礎物理(二)B 上 3-3 靜力平衡（99 課綱）

答案：B

解析：如圖(a)所示，重物靜力平衡，故張力 T_1 量值等於重量 mg ， $T_1 = mg = 1600 (\text{N})$ 。

如圖(b)所示，起重機臂受張力 T_1 、 T_2 與重力 Mg ，地面施予起重機鉛直作用力 F_y 與水平作用力 F_x 達靜力平衡。

$\angle SPO = 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$ ，令 $\overline{OP}$ 長 ℓ ，以 O 為支點，由合力矩 $\Sigma \vec{\tau} = 0$ ，

$$T_2 \sin 30^\circ \times \ell = Mg \times \frac{\ell}{2} \cos 60^\circ + T_1 \ell \cos 60^\circ \Rightarrow \frac{1}{2}T_2 = \frac{1}{4} \times 2000 + \frac{1}{2} \times 1600 \Rightarrow T_2 = 2600 (\text{N})。$$

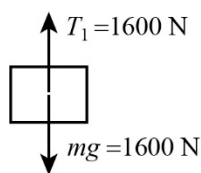


圖 (a)

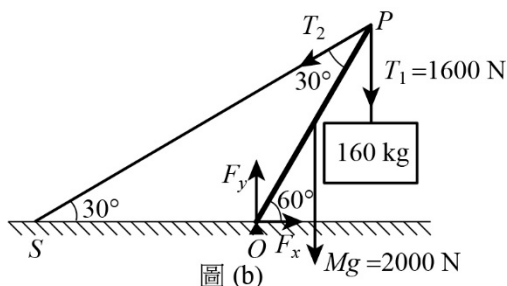


圖 (b)

7. 出處：選修物理 II(全)3-3 碰撞（108 課綱）
基礎物理(二)B 下 9-2 一維空間的碰撞（99 課綱）

答案：A

解析：兩球對撞前瞬間，由力學能守恆可得，

$$\text{左邊小球速率：} 2m \times g \times h_L = \frac{1}{2} \times 2m \times v_{2m}^2 \Rightarrow v_{2m} = \sqrt{2gh_L}，$$

同理可得，右邊小球速率 $v_{3m} = \sqrt{2gh_R}$ ，

兩小球發生正向彈性碰撞，由 $v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \bar{v}_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \bar{v}_2$ 可得，

$$-\sqrt{2gh_L} = \frac{2m - 3m}{2m + 3m} \sqrt{2gh_L} + \frac{2 \times 3m}{2m + 3m} (-\sqrt{2gh_R})$$

$$\Rightarrow -\sqrt{h_L} = -\frac{1}{5}\sqrt{h_L} - \frac{6}{5}\sqrt{h_R} \Rightarrow 2\sqrt{h_L} = 3\sqrt{h_R} \Rightarrow h_L : h_R = 9 : 4。$$

8. 出處：選修物理 III(全)2-2 基音與泛音（108 課綱）

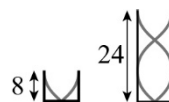
選修物理(上) 3-2 聲波的共鳴（99 課綱）

答案：D

解析：空氣柱長約為 8、24、40、56 cm，為一端開口一端閉口的空氣柱，

$$\text{如圖，} 24 - 8 = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 32 \text{ (cm)}, v = f\lambda \Rightarrow 350 = f \times \frac{32}{100} \Rightarrow f = 1093.75 \text{ (Hz)},$$

故頻率最接近選項中 1050(Hz)。



9. 出處：選修物理 IV(全)實驗 2 電流天平（108 課綱）

選修物理(下)實驗 8 電流天平（99 課綱）

答案：B

解析：電流天平等臂，故平衡時，

$$mg = F_B \Rightarrow mg = I_1 L B \Rightarrow mg = I_1 L \times \mu_0 n I_2 \Rightarrow m \propto I_1 I_2，$$

$$I_1 \text{ 變成 } -4I_1, I_2 \text{ 變成 } -\frac{1}{2}I_2, \text{ 故此時小重物質量應為 } 2m。$$

10. 出處：選修物理 IV(全)2-4 帶電質點在磁場中的運動（108 課綱）

選修物理(下)8-4 帶電質點在磁場中的運動（99 課綱）

答案：D

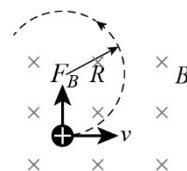
解析：如圖，帶正電的粒子進入磁場（垂直進入紙面）中會逆時針旋轉。

故編號 1、2 的粒子帶正電，編號 3 的粒子帶負電。

令旋轉半徑為 R ，粒子速率為 v ，

$$\text{由 } F_B = F_c \Rightarrow qvB = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB}，$$

得 $|mv/q|$ 愈大時，半徑 R 愈大，故由圖可得 $|mv/q|_3 > |mv/q|_2 > |mv/q|_1。$



11. 出處：選修物理 V(全)2-5 物質波（108 課綱）

選修物理(下)10-5 物質波（99 課綱）

答案：E

$$\text{解析：電子物質波波長 } \lambda = \frac{h}{p}, \text{ 電子動能 } K = \frac{p^2}{2m} = \frac{(h/\lambda)^2}{2m} = \frac{h^2}{2m\lambda^2}。$$

12. 出處：選修物理 V(全)2-4 光電效應（108 課綱）

選修物理(下)10-3 量子論的發展（99 課綱）

答案：A

解析：光電方程式 $E_{\text{光子}} = W_{\text{功函數}} + K_{\text{光電子}} \Rightarrow hf = W + eV_s$ ，光強度正比於光子數，光子數正比於光

電子數。入射同一金屬，故功函數 W 為定值，且反向電壓抵抗光電子形成通路，故反向電壓阻止電流產生。

又光子波長長、能量低，所產生的光電子動能低，所需阻止電流產生的反向電壓量值低。
由圖 6 可知，低能量光子數量多高能量光子，故反向電壓量值逐漸增大時，第一波下降電流幅度較大，第二波下降電流幅度較小，故選(A)。

13. 出處：選修物理 III(全)3-3 透鏡的原理及應用 (108 課綱)

選修物理(上)4-5 薄透鏡成像 (99 課綱)

答案：E

解析：成像於同一位置，故一為實像，一為虛像，即透鏡為凸透鏡，

$$\begin{cases} \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \\ \frac{1}{24-p} + \frac{1}{-q} = \frac{1}{f} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{9} \\ \frac{1}{24-p} - \frac{1}{q} = \frac{1}{9} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{24-p} - \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{p}\right) = \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{1}{24-p} + \frac{1}{p} = \frac{2}{9}$$

$$\Rightarrow p(24-p) = 108 \Rightarrow p^2 - 24p + 108 = 0 \Rightarrow (p-6)(p-18) = 0 \Rightarrow p = 6 \text{ or } 18$$

$\Rightarrow$ 故兩點光源到透鏡的距離比為 6 : 18 = 1 : 3。

14. 出處：選修物理 I(全)2-1 運動學簡介 (108 課綱)

基礎物理(二)B 上 2-2 位移、速度與加速度 (99 課綱)

答案：C

解析：P 波於地震開始後約 22 秒抵達宜蘭市，S 波於地震開始後約 36 秒抵達宜蘭市，

$$\text{故 P 波波速 } v_p = \frac{141}{22} \approx 6.4 \text{ (km/s)}, \text{ S 波波速 } v_s = \frac{141}{36} \approx 3.9 \text{ (km/s)},$$

$$\text{苗栗市距震源 215 km, 故震動強烈的 S 波抵達苗栗市約需時 } t = \frac{215}{3.9} \approx 55 \text{ (s)},$$

又 P 波抵達宜蘭市需 7 秒判斷，故苗栗市可應變時間為 $55 - (22 + 7) = 26 \text{ (s)}$ 。

15. 出處：選修物理 II(全)3-1 生活中常見的力 (108 課綱)

基礎物理(二)B 上 4-4 摩擦力 (99 課綱)

答案：B

$$\text{解析：最大加速度 } a = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4\pi^2 \times 0.2}{0.4^2} = 5\pi^2 \text{ (cm/s}^2\text{)} \approx 0.5 \text{ (m/s}^2\text{)},$$

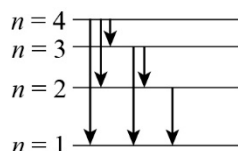
$$f < f_{s,\max} \Rightarrow ma < \mu mg \Rightarrow a < \mu g \Rightarrow 0.5 < \mu \times 10 \Rightarrow \mu > 0.05。$$

16. 出處：選修物理 V(全)3-2 波耳氫原子模型 (108 課綱)

選修物理(下)10-4 原子結構 (99 課綱)

答案：D

解析：如圖，主量子數 4 可測得六條不同波長的光譜線。



17. 出處：選修物理 III(全)1-3 波的反射與透射 (108 課綱)

選修物理(上)2-8 水波的反射與折射 (99 課綱)

答案：B

解析：深水區水波波速快，波長長，又水波在界面處波前須連續，而相鄰兩波前距離為波長，故選(B)。

18. 出處：選修物理 II(全)4-1 理想氣體狀態方程式（108 課綱）

選修物理(上)1-6 理想氣體方程式（99 課綱）

答案：A

解析：氣球內壓力恆與外界相同，

由 $PM_0 = DRT$ （ M_0 為一莫耳質量， D 為密度），

$$\text{可得 } DT = \text{定值}, \text{ 即 } 1.2 \times (273 + 22) = D'(273 + t) \Rightarrow D' = \frac{1.2 \times 295}{273 + t},$$

$$\text{恰可升空時, } B = m_{\text{人}}g + m_{\text{air}}g \Rightarrow DVg = m_{\text{人}}g + m_{\text{air}}g$$

$$\Rightarrow 1.2 \times 3 \times 10^3 = 600 + m_{\text{air}} \Rightarrow m_{\text{air}} = 3000 \text{ (kg)},$$

$$m_{\text{air}} = D'V \Rightarrow 3000 = \frac{1.2 \times 295}{273 + t} \times 3 \times 10^3 \Rightarrow t = 81 (^{\circ}\text{C}).$$

19. 出處：選修物理 V(全)3-3 原子核（108 課綱）

選修物理(下)10-6 原子核（99 課綱）

答案：C

解析：半衰期 $T = 30$ 年，故經過 15 年後，銻-137 約有 $2.0 \times 10^{-8} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{15}{30}} = \sqrt{2} \times 10^{-8} \text{ (g)}$ ，

$$\text{放射性活性為 } \sqrt{2} \times 10^{-8} \times 3.2 \times 10^{12} \approx 1.414 \times 3.2 \times 10^4 \approx 4.5 \times 10^4 \text{ (Bq)},$$

100kg 的大型魚放射性活度容許值為 $100 \times 100 = 10^4 \text{ (Bq)}$ ，

此大型魚放射性活度為標準值的 $4.5 \times 10^4 \div 10^4 = 4.5$ (倍)。

20. 出處：選修物理 IV(全)3-1 法拉第定律（108 課綱）

選修物理(下)9-2 法拉第電磁感應定律與冷次定律（99 課綱）

答案：C

$$\begin{aligned} \text{解析：磁通量 } \phi &= B \cdot A, \text{ 感應電動勢 } \varepsilon = -QN \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -QN \frac{\Delta(B \cdot A)}{\Delta t} = -QN \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot A \\ &= -QNAB_0 \times 2\pi f \sin(2\pi ft), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{故最大感應電動勢 } \varepsilon_{\max} &= QNAB_0 \times 2\pi f \\ &= 40 \times 4 \times (0.08 \times 0.05) \times 5.00 \times 10^{-8} \times 2\pi \times 13.56 \times 10^6 \\ &\approx 2.73 \text{ (V)}. \end{aligned}$$

二、多選題

21. 出處：選修物理 V(全)實驗 1 歐姆定律與電路（108 課綱）

選修物理(下)實驗 7 歐姆定律與惠司同電橋（99 課綱）

答案：BD

解析： $V_G = I_1 R_G = (10 \times 10^{-6}) \times 10^3 = 0.01 \text{ (V)} = 10 \text{ (mV)}$ ，

檢流計與電阻 R_1 並聯，故電壓相同，

$$V_G = V_1 \Rightarrow 10 \times 10^{-6} \times 1000 = (10 - 10 \times 10^{-6}) R_1$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{10^{-3}}{1 - 10^{-6}} \approx 10^{-3} \text{ (}\Omega\text{)} = 1.0 \text{ (m}\Omega\text{)}.$$

檢流計兩端電壓 $V_G = 10 \times 10^{-6} \times 1000 = 10^{-2} \text{ (V)}$,

電阻 R_2 兩端電壓 $V_2 = 10 - 10^{-2} \text{ (V)}$,

檢流計與電阻 R_2 串聯，故電流相同，

$$I_G = I_2 \Rightarrow 10 \times 10^{-6} = \frac{10 - 10^{-2}}{R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{10(1 - 0.001)}{10^{-5}} \approx 10^6 \text{ (}\Omega\text{)} = 1 \text{ (M}\Omega\text{)} .$$

22. 出處：選修物理 I(全) 5-1 等速圓周運動 (108 課綱)
基礎物理(二)B 上 5-1 等速圓周運動 (99 課綱)

答案：ADE

解析：(A)若夾角 $\theta = 0$ ，則無正向力水平分量可提供向心力，故若無摩擦力則無法作圓周運動。
(B)鉛直方向合力需為零，水平方向的合力提供圓周運動所需向心力，正向力水平分量即可提供向心力，與摩擦力、下滑力無關。

$$(C) N \cos \theta = mg \Rightarrow N = \frac{mg}{\cos \theta} .$$

$$(D) N \sin \theta = F_c \Rightarrow \frac{mg}{\cos \theta} \sin \theta = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{gR \tan \theta} .$$

(E)若摩擦力 f 沿斜面向下，則向心力 $= N \sin \theta + f \cos \theta$ ，故沿斜面向下摩擦力可增加向心力。

23. 出處：選修物理 III(全)實驗 5 干涉與繞射 (108 課綱)
選修物理(上)實驗 5 干涉與繞射 (99 課綱)

答案：BCE

$$\text{解析：(A) } \frac{3}{2} \Delta y_{\text{雙}} = 1.95 \Rightarrow \Delta y_{\text{雙}} = 1.30 \text{ (cm)} \Rightarrow \frac{5}{2} \Delta y_{\text{雙}} = \frac{5}{2} \times 1.30 = 3.25 \text{ (cm)} .$$

$$(B) \Delta y_{\text{雙}} = 1.30 \text{ (cm)} .$$

$$(C) \text{單狹縫中央亮帶寬度為 } 2\Delta y_{\text{單}} = 1.30 \text{ (cm)} .$$

$$(D) \text{雙狹縫 } \Delta y_{\text{雙}} = \frac{r\lambda}{d} \Rightarrow 1.3 \times 10^{-2} = \frac{2\lambda}{100 \times 10^{-6}} \Rightarrow \lambda = 6.5 \times 10^{-7} \text{ (m)} = 650 \text{ (nm)} .$$

$$(E) \text{單狹縫 } \Delta y_{\text{單}} = \frac{r\lambda}{b} \Rightarrow 6.5 \times 10^{-2} = \frac{2 \times 650 \times 10^{-9}}{b} \Rightarrow b = 2 \times 10^{-5} \text{ (m)} = 20.0 \text{ (}\mu\text{m)} .$$

24. 出處：選修物理 IV(全)1-3 電位能與電位 (108 課綱)
選修物理(上)6-4 電位能與電位 (99 課綱)

答案：ACE

解析：(A)同性電荷相斥。

(B)不帶電金屬小球移近高電壓金屬球時，小球接近高電壓金屬球的一側，會與高電壓金屬球的電性相反，故小球會被高電壓金屬球吸引。

$$(C) \text{電壓 } V = \frac{kQ}{R_{\min}} \Rightarrow Q = \frac{VR_{\min}}{k} , \text{ 電場 } E = \frac{kQ}{R_{\min}^2} = \frac{k}{R_{\min}^2} \times \frac{VR_{\min}}{k} = \frac{V}{R_{\min}} \\ \Rightarrow R_{\min} = \frac{V}{E} = \frac{27 \times 10^4}{3 \times 10^6} = 9 \times 10^{-2} \text{ (m)} = 9 \text{ (cm)} .$$

$$(D) V = \frac{kQ}{R} \Rightarrow Q = \frac{VR}{k} = \frac{27 \times 10^4 \times 0.15}{9 \times 10^9} = 4.5 \times 10^{-6} (C)。$$

$$(E) \text{電流 } I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{4.5 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-3}} = 9 \times 10^{-4} (A) = 0.9 (mA)。$$

第貳部分：非選擇題

一、1. 出處：選修物理(上)實驗 1 金屬的比熱 (99 課綱)

解析：令量熱器質量 M 、比熱 s ，冷水與熱水質量分別為 m_1 、 m_2 ，溫度分別為 t_1 、 t_2 ，平衡溫度為 T ，則熱平衡時：

能量若無耗損：

$$H_{\text{吸}} = H_{\text{放}} \Rightarrow H_{\text{杯}} + H_{\text{冷}} = H_{\text{熱}} \Rightarrow Ms(T - t_1) + m_1 s_{\text{水}} \times (t - t_1) = m_2 s_{\text{水}} (t_2 - T)$$

$$\Rightarrow s = \frac{m_2}{M} s_{\text{水}} \frac{t_2 - T}{T - t_1} - \frac{m_1}{M} s_{\text{水}} \cdots \textcircled{1}。$$

實驗需盡可能在無熱能耗散環境量測，才能減少誤差。當最後平衡溫度愈接近室溫，愈能減少熱能耗散。冷水初溫需略低於室溫，平衡後溫差與加入熱水高出室溫差儘量相等，則冷水自實驗室獲得微小熱量與熱水失去微小熱量到實驗室，約可相互抵消。

2. 出處：選修物理(上)實驗 1 金屬的比熱 (99 課綱)

解析：金屬塊需完全沒入冷水中，故冷水體積需大於金屬塊。由上題方程式①，將熱水改為金屬塊，可得：金屬塊體積所對應的質量與冷水質量不宜相差過大，以減少誤差。且沒入水中可減少金屬塊因熱輻射而損失的熱量。

3. 出處：選修物理(上)1-2 熱量、熱容量與比熱 (99 課綱)

解析：【表 1】 $H_{\text{吸}} = H_{\text{放}} \Rightarrow H_{\text{杯}} + H_{\text{冷}} = H_{\text{熱}}$

$$\Rightarrow 600 \times s_{\text{杯}} \times (65 - 15) + 100 \times 4.2 \times (65 - 15) = 200 \times 4.2 \times (100 - 65) \Rightarrow s_{\text{杯}} = 0.28 (J/g^{\circ}C)。$$

【表 2】 $H_{\text{吸}} = H_{\text{放}} \Rightarrow H_{\text{杯}} + H_{\text{冷}} = H_A$

$$\Rightarrow 600 \times 0.28 \times (24 - 19) + 100 \times 4.2 \times (24 - 19) = 100 \times s_A \times (100 - 24) \Rightarrow s_A \approx 0.39 (J/g^{\circ}C)。$$

4. 出處：選修物理(上)1-2 熱量、熱容量與比熱 (99 課綱)

解析：由上題可知 $s_B \approx 0.15 (J/g^{\circ}C)$ ，

電熱板提供熱能 $IVt = 0.5 \times 12 \times (2 \times 60) = 720 (J)$ ，

令電熱板被金屬塊 B 吸熱百分比為 P ，

則 $720P = 100 \times 0.15 \times (58 - 22) \Rightarrow P = 0.75 = 75\%$ 。

二、1. 出處：選修物理 II(全)1-4 角動量與力矩 (108 課綱)

基礎物理(二)B 下 6-4 力矩與角動量 (99 課綱)

$$\text{解析：} \begin{cases} T \cos \theta = mg \\ T \sin \theta = F_c \end{cases} \Rightarrow mg \tan \theta = F_c \Rightarrow mg \tan \theta = m\omega^2 r$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g \tan \theta}{r}} = \sqrt{\frac{10 \tan 45^{\circ}}{0.4}} = 5 (\text{rad/s})。$$

2. 出處：選修物理 II(全)3-2 靜力平衡與應用 (108 課綱)

基礎物理(二)B 上 3-3 靜力平衡 (99 課綱)

解析： $\begin{cases} T \cos \theta = mg \\ T \sin \theta + N = F_c \end{cases} \Rightarrow mg \tan \theta + N = m\omega^2 r$

$$\Rightarrow N = m\omega^2 r - mg \tan \theta = 1 \times 6^2 \times 0.4 - 1 \times 10 \tan 45^\circ = 4.4(\text{N})。$$

3. 出處：選修物理 II(全)2-2 功率（108 課綱）
基礎物理(二)B 下 8-4 功率（99 課綱）

解析： $v = r\omega = 0.4 \times 6 = 2.4(\text{rad/s})$ ，

$$f_k = \mu_k N = 0.25 \times 4.4 = 1.1(\text{N})，$$

$$\text{耗損的功率 } P = f_k v = 1.1 \times 2.4 = 2.64(\text{W})。$$