

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？
  - 宇宙越遠處星體的遠離速率越慢
  - 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
  - 宇宙微波背景輻射自誕生至今，其溫度一直都是低於 5 K
  - 越近處的宇宙現象顯示的是宇宙演化越早期的樣貌
  - 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  $\rho$  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？
  - $v$  正比於  $gD$
  - $v$  正比於  $\rho gD$
  - $v$  正比於  $\sqrt{gD}$
  - $v$  正比於  $g\sqrt{\rho D}$
  - $v$  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？
  - 80 N
  - 100 N
  - 110 N
  - 120 N
  - 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  $\theta$  ( $\cos\theta = \frac{3}{5}$ ) 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  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）
  - 4
  - 8
  - 10
  - 12
  - 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）
  - $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$  均變為原來的 4 倍
  - $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$  均變為原來的 1/2
  - $T_{\text{甲}}$  變為原來的 2 倍， $T_{\text{乙}}$  不變
  - $T_{\text{甲}}$  變為原來的 1/2， $T_{\text{乙}}$  不變
  - $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$  均不變



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）

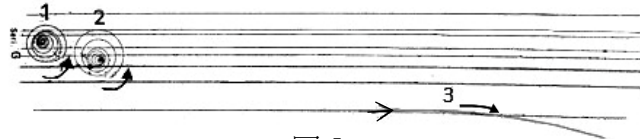


圖 5

- (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  $\lambda$  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？

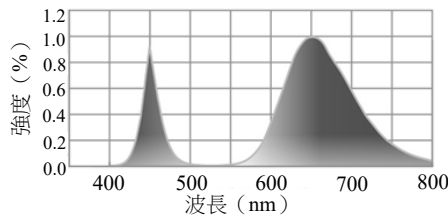


圖 6

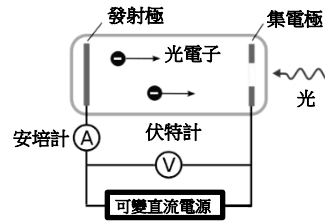


圖 7

- (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

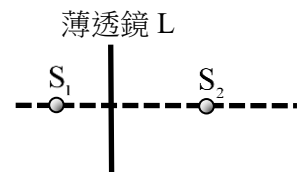


圖 8

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。）

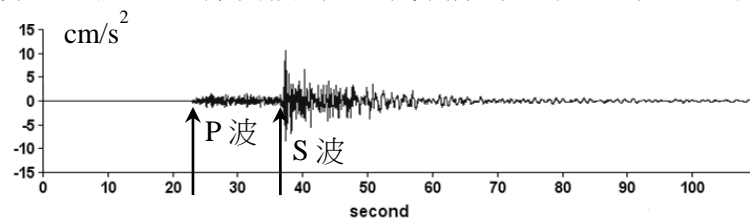
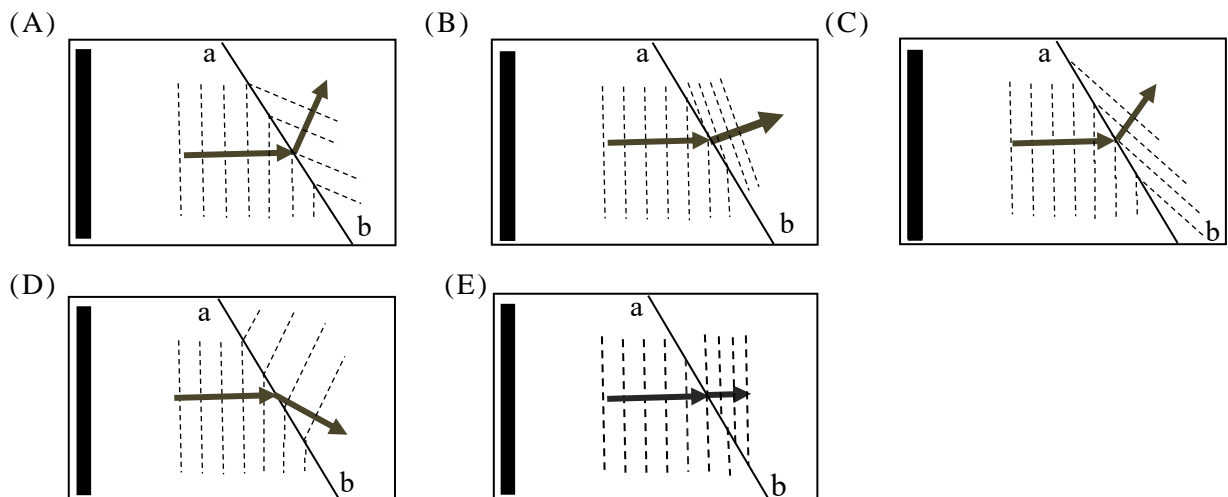


圖 9

- (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  $\mu$ 。以下各組  $(a, \mu)$  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  $22^{\circ}\text{C}$ ，空氣密度為  $1.2 \text{ kg/m}^3$ ，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， $1 \text{ Bq} =$  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  $100 \text{ Bq/kg}$ 。

假設一尾  $100 \text{ kg}$  的大型海魚在 15 年前體內放射性物質只有  $2.0 \times 10^{-8}$  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  $\varepsilon$  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

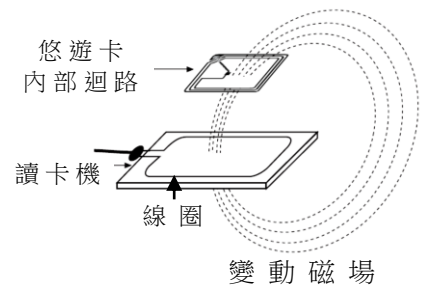


圖 10

## 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  $10 \mu\text{A}$  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  $10 \text{ A}$  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  $10 \text{ V}$  時，會使檢流計讀數滿刻度。下列敘述哪些正確？

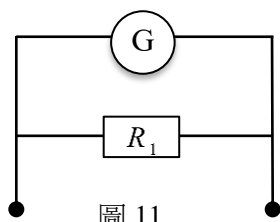


圖 11

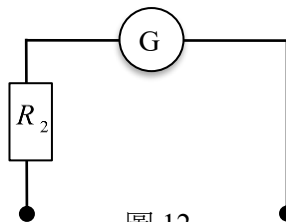


圖 12

- (A) 檢流計得到滿刻度偏轉時，跨接於檢流計的電位差值為  $1.0 \text{ mV}$   
 (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  $\theta$  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  $2.00 \text{ m}$ 。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  $1.95 \text{ cm}$ ，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  $13.0 \text{ cm}$ ，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  $2.60 \text{ cm}$   
 (B) 雙狹縫干涉圖樣之中央亮帶寬度為  $1.30 \text{ cm}$   
 (C) 單狹縫繞射圖樣之中央亮帶寬度為  $13.0 \text{ cm}$   
 (D) 雷射光的波長為  $450 \text{ nm}$   
 (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  $15 \text{ cm}$  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  $9.0 \text{ cm}$ ，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  $5.0 \text{ ms}$  內全部轉移到地面期間之平均電流約為  $0.90 \text{ mA}$

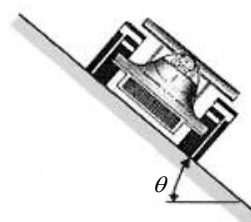


圖 13



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  $0.39 \text{ J}/(\text{g}^\circ\text{C})$ ，標籤二：比熱  $0.15 \text{ J}/(\text{g}^\circ\text{C})$ ，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  $4.2 \text{ J}/(\text{g}^\circ\text{C})$ 、量熱器質量為  $600 \text{ g}$ 。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

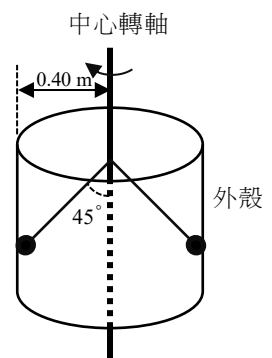
	質量 (g)	初始溫度 ( $^\circ\text{C}$ )	熱平衡溫度 ( $^\circ\text{C}$ )
冷水	100	19	24
金屬塊 A	100	100	24

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  $0.50 \text{ A}$  的電流、 $12 \text{ V}$  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  $1.0 \text{ kg}$  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  $45^\circ$  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  $0.40 \text{ m}$ ，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  $6 \text{ rad/s}$  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  $6 \text{ rad/s}$  時，計算任一擺錘因摩擦而損耗的功率。（3 分）