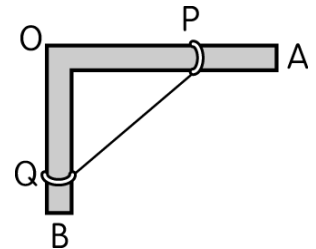


110 年度全國科學班聯合學科資格考物理科試題卷

【注意】1.選擇題部分請將答案劃在答案卡上 2.填充題及計算題部分請將答案寫在答案卷上

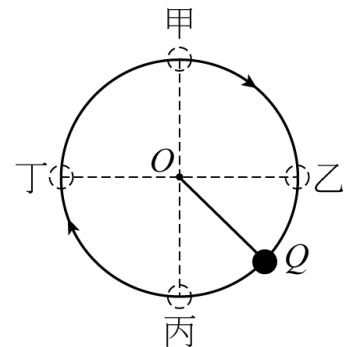
一、多選題：（每題 4 分，共計 40 分，依指考方式倒扣；答錯 1 個選項得 2.4 分，答錯 2 個選項得 0.8 分，答錯 3 個選項或以上或該題未作答則以零分計算。）

1. 如圖所示，固定的直角桿架 AOB，AO 水平放置、表面粗糙，OB 垂直向下、表面光滑，AO 與 OB 分別套上質量均為  $m$  的小圓環 P 與 Q，兩環以一根不可伸長的細繩相連成平衡，此時 AO 桿對 P 的正向力為  $N$ ，摩擦力為  $f$ ，繩拉力為  $T$ 。今將 P 環向右移動一小段距離，當兩環再次成平衡時，正向力  $N$ 、摩擦力  $f$ 、繩拉力  $T$  會如何改變？



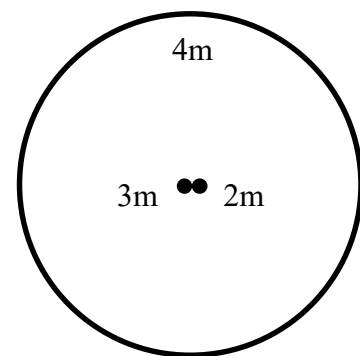
- (A)  $N$  不變， $T$  不變 (B)  $f$  變大， $T$  變大 (C)  $N$  變大， $T$  變大  
(D)  $N$  不變， $f$  變大 (E)  $T$  不變， $f$  變大

2. 如圖所示，以輕繩繫住的小球，繞一水平軸在一鉛直面上作順時針圓周運動， $O$  點為其圓心。相對  $O$  點而言，若忽略空氣阻力，則下列敘述哪些正確？



- (A) 繩上的張力對小球不作功  
(B) 繩上的張力不影響小球的角動量  
(C) 繩上的張力不影響小球的動量  
(D) 小球在乙、丁兩處的角動量方向相反  
(E) 小球角動量隨時間改變率的大小，在乙點時比在丙點時為大。

3. 如圖所示，在水平光滑桌面有一圓環半徑為  $R$ ，質量為  $4m$ ，環心兩側分別有體積不計的重物  $3m$ 、 $2m$ ，假設圓環及重物原先皆靜止於桌面，今環心發生爆炸，使二重物向左右二側分離且  $3m$  的速度為  $V$ （相對於桌面），重物碰圓環後即黏上圓環不脫落，假設過程中不涉及轉動，



求當兩重物皆黏上圓環後，圓環移動多少距離？ (A)  $\frac{1}{9}R$  (B)  $\frac{2}{9}R$

爆炸到停止共花多少時間？ (C)  $\frac{7R}{9V}$  (D)  $\frac{8R}{9V}$  (E)  $\frac{11R}{9V}$

4. 若繩駐波上各質點的橫向位移  $y$  與時間  $t$  之關係可表示為： $y = y_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right) \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ ，則下列敘述何者正確？

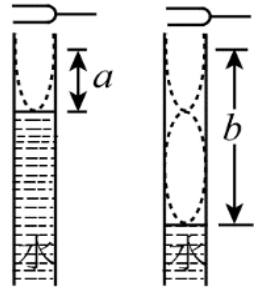
- (A)  $t=0$  時，各質點動能為 0  
(B)  $t = \frac{T}{4}$  時，繩呈一直線，此時繩不具能量  
(C)  $t=0$  與  $t=T$  時之波形相同  
(D) 波腹的位置與原點相距  $\lambda$  的整數倍  
(E) 此波之波長為  $\lambda$ 、週期為  $T$

5. 一絕熱良好的容器內，以絕熱良好的隔板隔成體積分別為  $3V$  及  $2V$  的甲、乙兩室。甲室裝入溫度  $270\text{ K}$  的理想氣體氦 ( ${}^4\text{He}$ )，乙室裝入溫度  $600\text{ K}$  的理想氣體氖 ( ${}^{20}\text{Ne}$ )，若裝入兩室氣體的總質量相等，則下列敘述何者為正確？

- (A) 甲、乙兩室中，氣體壓力比為  $1:1$   
(B) 甲、乙兩室中，氣體方均根速率比為  $3:2$   
(C) 甲、乙兩室中，單位時間內撞擊單位面積的氣體分子數比為  $2:3$   
(D) 甲、乙兩室中，氣體總動能比為  $9:20$   
(E) 若抽走隔板，則容器內混合氣體的平衡溫度為  $52^\circ\text{C}$ 。

6. 關於「共鳴空氣柱」實驗，實驗裝置如圖所示，則下列敘述何者正確？

- (A) 音叉應置於玻璃管管口上方，稍微碰觸管口。  
 (B) 判斷空氣柱是否產生共鳴的方法，是觀察水面是否產生劇烈振盪。  
 (C) 共鳴時管口附近的空氣分子其位移振幅最大，  
 而管中水面處的空氣分子其位移振幅最小。  
 (D) 對於同一頻率的音叉，測得的共鳴點位置與實驗室的溫度有關。  
 (E) 以不同頻率  $f$  之音叉作實驗，得其不同的  $(b-a)$  值對頻率  $f$  之關係圖為一斜直線。



7. X 同學在自主學習的課程中，想設計一個實驗。想利用加熱氫原子氣體及氦離子( $\text{He}^+$ )當作光源，作狹縫干涉實驗。假設氫原子光譜由  $n=2$  躍遷至  $n=1$  來曼系  $L_\alpha$  中每個光子的能量為  $E$ ，以波耳氫原子模型來計算，且以無窮遠處為零位面，試問下列何者正確？

- (A) 氫原子的游離能為  $\frac{4}{3}E$   
 (B) 氫原子基態的電子位能為  $\frac{8}{3}E$   
 (C) 氫原子第一激發態的電子動能為  $\frac{1}{3}E$   
 (D) 氦離子( $\text{He}^+$ )基態的電子動能為  $\frac{8}{3}E$   
 (E) 氦離子( $\text{He}^+$ )第一激發態的總能為  $\frac{4}{3}E$

8. 某人為了練習跑步，從甲地跑到乙地四次，所費時間分別為 25.01、24.23、24.50、25.31 秒 (平均值 24.7625、標準差 0.487673 秒)。練完後，他再利用「GPS 測量」APP，測得甲乙兩地的距離為 120.43、121.32、120.28、119.42 公尺 (平均值 120.3625、標準差 0.778133 公尺)。接著，他利用科學的方式著手計算他的平均速率，

令他所費的時間為  $\bar{t} \pm \Delta t$ 、甲乙距離為  $\bar{l} \pm \Delta l$ ，以下有關他的計算過程，哪些正確？

- (A) 他所費的時間  $\bar{t} \pm \Delta t$  為  $24.76 \pm 0.49$  秒  
 (B) 他所費的時間  $\bar{t} \pm \Delta t$  為  $24.77 \pm 0.25$  秒  
 (C) 甲乙兩地的距離  $\bar{l} \pm \Delta l$  為  $120.36 \pm 0.39$  公尺  
 (D) 平均速率的不確定度之計算方式為  $\frac{\bar{l}}{\bar{t}} \times \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{\bar{l}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{\bar{t}}\right)^2}$   
 (E) 承(D)，若計算結果 0.051547，則平均速率記作  $4.86 \pm 0.06$  公尺/秒

9. 於某電場中使一電子自 A 點緩慢移至 B 點須有外力 (即非庫侖力) 作功 80 電子伏特，則下列哪些正確？

- (A) A 點之電位比 B 點為低  
 (B) 若 B 點電位為 -10 伏特，則 A 點電位為 -70 伏特  
 (C) 電子於 A 點時系統之電力位能較電子於 B 點時為低  
 (D) 電場方向為 B 指向 A  
 (E) 使質子自 B 點移動至 A 點，電力對質子作功為 -80 eV

10. 原靜止在均勻磁場  $B$  中的碳原子核  $^{12}_6\text{C}$ ，忽然分裂成氦原子核與另一未知原子核 X，即  $^{12}_6\text{C} \rightarrow ^4_2\text{He} + X$ 。

已知  $e$  為基本電荷、碳原子核質量為  $m$ ，分裂後的氦原子核，以半徑  $R$  垂直於磁場方向作等速率圓周運動，則下列敘述哪些正確？

(A) X 為 Be(鈹)原子核

(B) X 所作圓周運動半徑為  $2R$

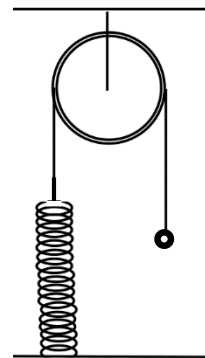
(C) 氦原子核與 X 在磁場中的旋轉週期比為 1:2

(D) 分裂時，X 獲得的動能為  $\frac{6e^2 B^2 R^2}{m}$

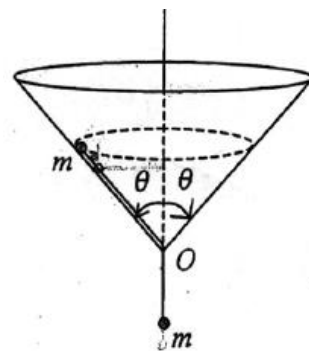
(E) 分裂時，共有  $\frac{9e^2 B^2 R^2}{m}$  能量轉變成動能

## 二、填充題：(每題 4 分，共計 40 分)

1. 有一重物可視為質量為  $m$  的質點，以質量不計且長度不變的細線連接一彈性常數為  $k$  的彈簧（彈簧質量可近似於零），今將細線繞過一質量為  $m$  半徑為  $R$  的定滑輪，如圖所示，滑輪的轉動慣量為  $\frac{1}{2}mR^2$ ，則將重物拉下一小段距離後釋放，若滑輪與細線之間不打滑，則重物將和滑輪一起作簡諧運動，求重物作簡諧運動的週期為何？



2. 如圖，一固定不動的倒立空心圓錐，其中心軸沿鉛直方向，張角為  $2\theta$ ，內部為光滑表面。有一條質量可忽略、長度不變的細繩，穿過位於錐尖  $O$  的小洞，與兩個質量均為  $m$  的質點連接。已知重力加速度為  $g$ 。若上端的質點在圓錐內部的表面，以角速度  $\omega$  作水平的圓周運動，但鉛直懸吊於細繩下端的質點靜止不動，則圓的半徑為何？

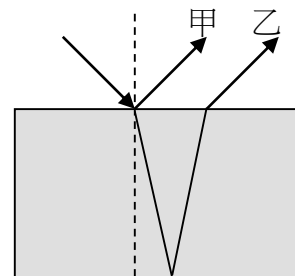


3. 如圖，A、B 兩木塊用短鉤相連，放在水平面上，A、B 兩木塊的質量分別是  $M_A = 1.0 \text{ kg}$  和  $M_B = 2.0 \text{ kg}$ ，它們與水平地面間的動摩擦係數均為  $\mu = 0.10$ 。在  $t = 0$  時開始以向右的水平定力  $F = 6.0 \text{ N}$  拉木塊 B，過一段時間後短鉤脫開，保持  $F$  不變，到  $t = 5.0 \text{ s}$  時，A、B 兩木塊相距的距離比脫鉤時增加了  $s = 13.0 \text{ m}$ ，木塊 A 早已停住，求此時木塊 B 的速度為若干 (m/s)？ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



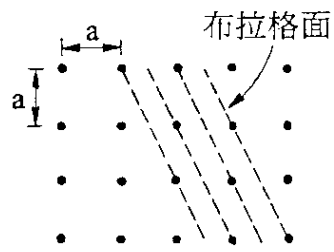
4. 某生將一高度為  $H$ 、底面積為  $A$ 、密度為  $0.8\rho$  之均質圓柱形木塊投入密度為  $\rho$  的水中後，見木塊鉛直靜止漂浮於水中。之後開始施鉛直向下之力於木塊頂面，緩慢地將木塊完全壓入水中，經一段時間後發現木塊頂面距離水面  $0.5H$ 。假設下壓過程中水面高度不變。重力加速度以  $g$  表示，試求此過程某生施力作功至少為何？

5. 如右圖所示，波長  $630 \text{ nm}$  的橙色光由空氣入射至厚度為  $30 \text{ cm}$ 、折射率為  $1.5$ ，且置於空氣中之平行玻璃磚。因甲、乙光波的重疊而產生干涉現象，若溫度升高  $1^\circ\text{C}$ ，則觀察到同一位置的干涉條紋由黑色轉為橙色再轉為黑色，假設光近乎垂直入射玻璃磚，試求此玻璃磚之線膨脹係數為若干 ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )？  
(已知玻璃的線膨脹係數介於  $4.0 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \sim 9.0 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ )

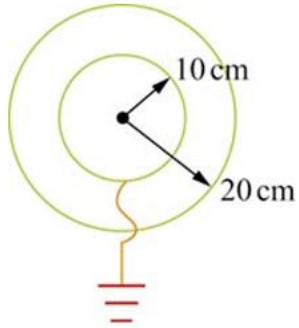


6. 某單晶物質之立方體結構晶格，原子間距為  $a$ ，下圖為此單晶物質在某一平面的原子排列，若用波長為  $\lambda$  的

X-ray 射入，在圖中的布拉格面造成第一級繞射極大的繞射角為  $\theta$ ，則  $\sin\theta$  為何？(答案以  $a$ 、 $\lambda$  表示之)

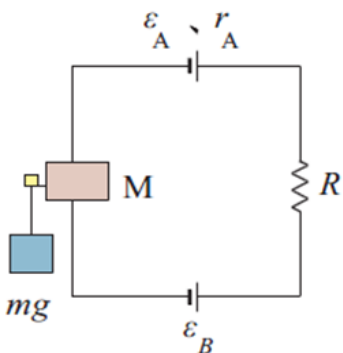


7. 如圖所示，半徑 10 公分的金屬球置於半徑 20 公分的薄金屬空心球殼內，兩球同心，內球靠一根長導線經過外球殼的開孔接地(即導線未碰觸外球殼)，若外球殼帶電量  $Q = +2.0 \times 10^{-8}$  庫倫，無窮遠處與地球電位均為 0，則外球殼的電位為若干伏特？

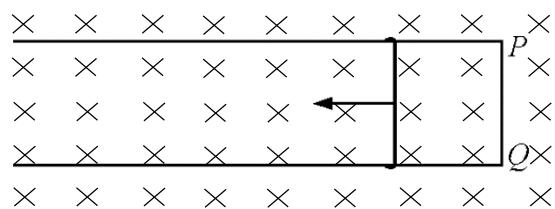


【第 8、9 題為題組】如圖所示，電池 B 為理想電池， $\epsilon_B = 12$  伏特；電池 A 為充電中蓄電池，內電阻  $r_A = 2$  歐姆，兩端電位差  $V_A = 4$  伏特；電阻  $R = 12$  歐姆，而電動機 M 內電阻為 1 歐姆，兩端電位差為 2 伏特，試求：

8. 蓄電池中單位時間內所獲得化學能為若干焦耳？  
 9. 若電動機 M 正在等速提起質量 1 公斤的物體，重力加速度  $g = 10$  公尺/秒<sup>2</sup>，則此電動機在幾秒內可將物體提高 1 公尺？



10. 如圖所示，兩根平行金屬導軌固定在水平桌面上，每根導軌每公尺的電阻為  $r_0 = 0.10 \Omega/m$ ，導軌的端點 P、Q 用電阻可忽略的導線相連，兩導軌間的垂直距離  $L = 0.20$  m。有隨時間變化的均勻磁場垂直於桌面，已知磁場強度  $B$  與時間  $t$  的關係為  $B = kt$ ，比例常數  $k = 0.020$  T/s。一電阻不計的金屬桿可在導軌上無摩擦地滑動，在滑動過程中保持與導軌垂直。在  $t = 0$  s 時刻，金屬桿緊靠在 P、Q 端，在外力作用下，金屬桿以恆定的加速度從靜止開始向導軌的另一端滑動，求在  $t = 6$  s 時金屬桿所受的磁力為若干 N？

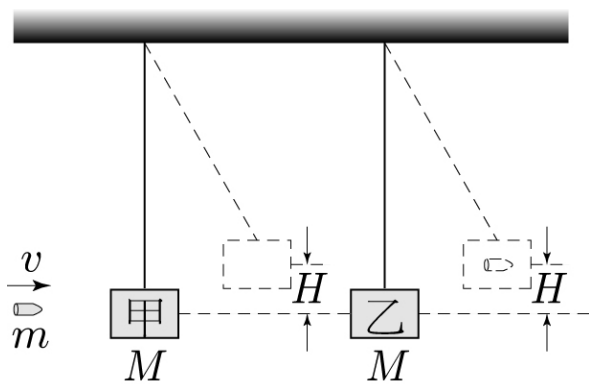


三、計算與手寫題:(共計 20 分)

1. 甲乙兩木塊質量均為  $M$ ，以繩懸掛如下圖，繩的質量可忽略。  
 今有一質量為  $m$  之子彈 ( $m$  遠小於  $M$ )，以速度  $v$  沿水平方向射向木塊，先穿透甲木塊  
 (且假設穿過甲木塊後子彈高度變化可忽略)，再射入乙木塊而嵌入其中。  
 設甲乙兩木塊上升之高度均為  $H$ 。

請使用“ $m$  遠小於  $M$ ”的近似關係，求出下列各小題：

- (1) 子彈射出甲木塊時之速度為  $v$  的幾倍？(2分)
  - (2) 子彈穿過甲木塊的過程，所消耗的能量為  $mv^2$  的幾倍？(3分)
  - (3) 子彈穿過乙木塊的過程，所消耗的能量為  $mv^2$  的幾倍？(3分)
- 以上均需列出物理方程式，計算求解才給分。

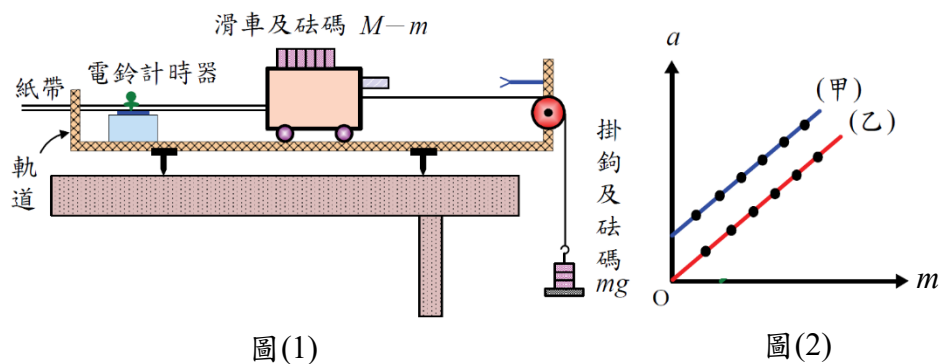


2. 甲與乙兩生用同一套實驗裝置先後做『牛頓第二運動定律』實驗，實驗裝置如下圖(1)所示。  
 在實驗過程中，依次把滑車上的砝碼移到掛鉤上，其中掛鉤及掛鉤上的砝碼質量共為  $m$ ，  
 系統的加速度為  $a$ 。在系統的總質量  $M$  保持一定的情形下，兩生依其實驗數據繪成  $a$  與  $m$  的關係  
 如下圖(2) (僅為示意圖，未按照正確比例畫出) 所示，請回答下列問題：

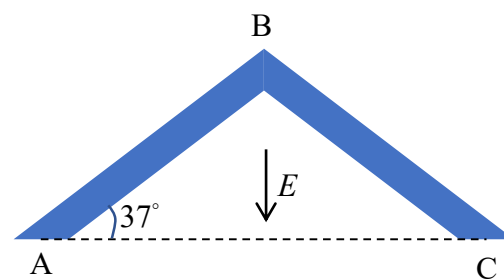
- (1) 甲生所得實驗之直線未通過原點，其可能原因為何？需提出解釋 (1分)
- (2) 若滑車與軌道間的動摩擦係數為  $\mu_k$ ，甲與乙兩生做實驗時，軌道的傾斜度各為  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ，

且重力加速度量值為  $g$ ，請計算出圖(2)中(甲)直線之斜率為何？(2分)

- (3) 承第2題，請計算出圖(2)中(乙)直線之斜率為何？(2分)
- (4) 承第2題，請比較(甲)和(乙)兩直線斜率的大小。(2分)



3. 如圖所示，一個 V 型玻璃管倒置於鉛直平面內，並處於鉛直向下的均勻電場  $E = 10^3 \text{ N/C}$  中。一個帶電量為  $-2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ，質量為  $10^{-4} \text{ kg}$  的小球在玻璃管內移動，從 A 點由靜止開始運動，已知管長  $\overline{AB} = \overline{BC} = 2 \text{ m}$ ，小球與管壁之動摩擦係數  $\mu = 0.5$ ，且管頂 B 處為光滑之圓弧， $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，假設管徑遠小於管長，小球可近似為質點且小球在直線區域管內皆接觸管壁運動不跳躍，求：



- (1) 小球第一次運動到 B 點的速率為何？ (2 分)  
 (2) 小球自開始運動到最終靜止，所經過路徑的總長度為何？（由於管徑遠小於管長，因此不計算管頂 B 處之圓弧路徑距離） (3 分)

試題結束