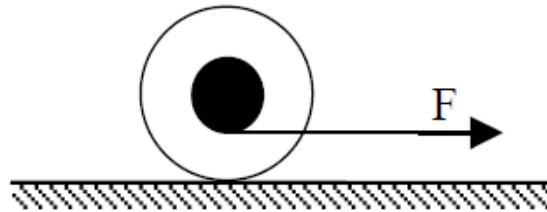


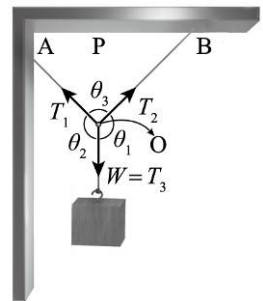
## 103 年度全國科學班試辦聯合物理科資格考

一、多重選擇題(每題 4 分，共 40 分，每題所有選項均答對者，得 4 分；答錯 1 個選項者，得 2.4 分；答錯 2 個選項者，得 0.8 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。)

- 在高塔上由一號球開始，按編號每秒釋放一個小球，球到達地面作完全非彈性碰撞，若塔高為 180 公尺，當 10 號球釋放瞬間，下列敘述哪些正確？( $g=10\text{cm/s}^2$ )
  - 3 號球之速率為 70 公尺/秒
  - 4 號與 5 號球間距離為 45 公尺
  - 下落中的球，球間距離成等差級數。
  - 6 號與 7 號球間距離為 35 公尺
  - 共有 4 個球到達地面
- 有一溜溜球靜止放在水平桌面，當施一水平外力  $F$  作用於內軸邊緣時，如圖所示，則溜溜球以何種方式運動？
  - 若桌面光滑，則溜溜球向右移動且逆時鐘方向旋轉
  - 若桌面光滑，則溜溜球向左移動且逆時鐘方向旋轉
  - 若桌面光滑，則溜溜球向右移動且不旋轉
  - 若溜溜球在桌面上作與桌面無相對滑動的純滾動，則溜溜球向右移動且順時鐘方向旋轉
  - 若溜溜球在桌面上作與桌面無相對滑動的純滾動，則溜溜球向右移動且逆時鐘方向旋轉



- 如右圖所示的裝置中， $\overline{AO}$ 、 $\overline{BO}$ 、 $\overline{CO}$  三段輕繩上的張力分別為  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ ，當懸點 B 向 P 點稍微移動一小段距離 ( $\angle AOB$  仍大於  $90^\circ$ )，下列敘述哪些正確？(A)  $T_1$  變小 (B)  $T_2$  變小 (C)  $T_3$  變小 (D)  $T_1$  和  $T_2$  的合力變小 (E)  $T_1$  和  $T_2$  的合力變大。



- $\pi$  介子質量為電子的 273 倍，由兩個夸克構成，而夸克之間的相互作用相當複雜。研究介子可通過用高能電子與之碰撞來進行。由於碰撞過程難於分析，為掌握其主要內涵，人們發展了一種簡化了的「分粒子」模型。其主要內容為：電子只和介子的某部分（比如其中一個夸克）作彈性碰撞。碰撞後的夸克再經過介子內的相互作用把能量和動量傳給整個介子。

該物理現象可用下面的簡化模型來描述：一個質量為  $M$  及速度為  $v_0$  的電子，與介子的一個質量為  $m_1$  的夸克作彈性碰撞，介子裡另一個夸克的質量為  $m_2$  ( $m_1 \neq m_2$ )，夸克間以一無質量的彈簧相連。碰撞前夸克處於靜止狀態，彈簧處於自然長度  $L$ ，所有運動都是一維的，並忽略一切相對論效應。下列敘述何者為依此模型可推得的結果？

(A) 電子與夸克碰撞後，電子速度方向與其原運動方向相反

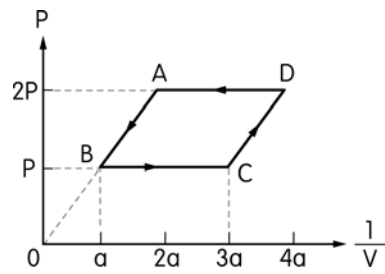
(B) 第 1 次碰撞後瞬間， $m_1$  夸克的速度  $v_1 = \frac{M - m_1}{M + m_1} v_0$

(C) 當兩夸克最接近時， $m_1$ 、 $m_2$  的動能不相同

(D) 彈簧若有形變，其彈力位能最大值為  $\frac{Mm_2}{2(m_1 + m_2)} v_0^2$

(E) 在介子中能量轉換的過程中， $m_1$  減少的動能必定等於  $m_2$  增加的動能

5. 如圖所示為密閉容器內容積可伸縮之定量單原子理想氣體的  $P-\frac{1}{V}$  關係圖，ABCD 為平行四邊形，AB 的延長線通過原點，該氣體由狀態 A 經圖示的過程再回到狀態 A，則下列敘述哪些正確？ (A) 狀態 A 到狀態 B 的過程中，溫度下降 (B) 狀態 B 到狀態 C 的過程中，分子平均動能減小 (C) 狀態 C 到狀態 D 的過程中，溫度不變 (D) 狀態 C 與狀態 D 之體積比為 4:3 (E) 狀態 D 的分子平均動能為狀態 A 的一半。



6. 如下圖 1 所示，在 x 軸與 y 軸上與座標原點相距 a 的四個點放置四個靜止點電荷，下圖 2 為 xz 平面圖，於 z 軸上選取測量點 P，距座標原點亦為 a。則 (A) P 點的電場，其平行於 xy 平面方向的分量大小為  $\frac{kq}{a^2}$  (B) P 點的電場，垂直於 xy 平面方向的分量大小為  $\frac{kq}{a^2}$  (C) P 點的電位為  $\frac{kq}{a}$  (D) 將一點電荷 Q 置於 P 點受電力為零 (E) 承(D)，將 Q 等速移至無窮遠處作功為零

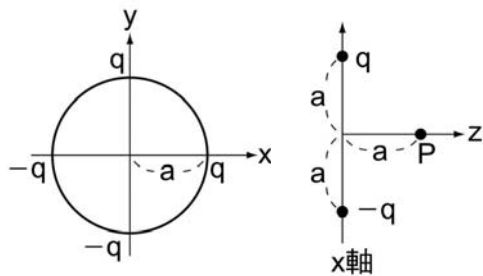
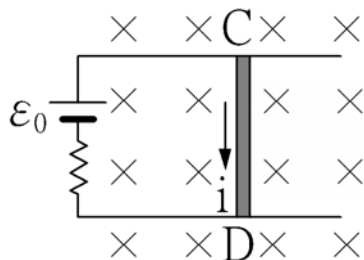


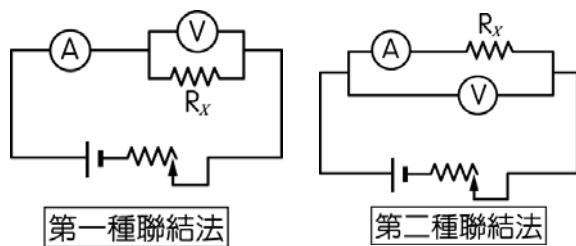
圖 1

圖 2

7. 下列哪幾種情形，線圈上才會產生應電動勢？ (A) 線圈面和磁場方向平行，磁場突然增加 (B) 線圈面和磁場方向垂直，磁場突然增加 (C) 線圈面和均勻磁場垂直，而線圈面積慢慢增大 (D) 線圈面和磁場垂直，線圈開始旋轉，轉軸與磁場平行 (E) 線圈面和磁場垂直，線圈開始旋轉，轉軸與磁場垂直
8. 下圖為水平放置的導電軌道，軌道的平面與均勻磁場垂直，電池的電動勢為  $\epsilon_0$ ，電阻器的電阻為 R (除電阻器之外，迴路其他部分視為零電阻)，導線 CD 的質量為 m，長度為 L，忽略摩擦力，將導線 CD 自靜止釋放，則導線 CD (A) 將向右移動 (B) 其速率漸大而加速度漸小 (C) 其上的感應電流由 C 點流向 D 點 (D) 其最大速率為  $\frac{\epsilon_0}{LB}$  (E) 其最大加速度為  $\frac{\epsilon_0 LB}{R}$ 。



9. 如圖所示，「歐姆定律」實驗中，用第一種和第二種聯結法量出的電阻值分別為  $R_1$  和  $R_2$ ，電阻的準確值為  $R_x$ ，下列敘述何者正確？ (A) 第一種聯結法，Ⓐ 讀數等於流經  $R_x$  的電流值 (B) 第二種聯結法，Ⓥ 讀數大於  $R_x$  兩端的電位差 (C)  $R_1 < R_x < R_2$  (D) 在第一種聯結法中， $R_x = \frac{\text{伏特計讀數}}{\text{安培計讀數}}$  (E) 若  $R_x$  電阻值接近伏特計之內阻值，用第一種聯結法測量得到的誤差，比第二種聯結法小。



10. 設一質量為  $m$  的電子其速度遠小於光速，它的動能與一光子的能量相等且均為  $E$ ，若電子的物質波波長為  $\lambda$ ，則：

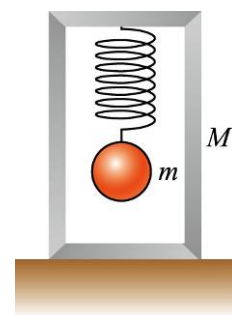
(A) 光子的波長可表為  $\frac{hc}{E}$  (B) 光子的動量可表為  $\frac{h^2}{2mc\lambda^2}$  (C) 兩者具有相等的動量 (D) 電子與光子的波長比為

$c\left(\frac{2m}{E}\right)^{\frac{1}{2}}$  (E) 電子的物質波波長小於光子的波長。

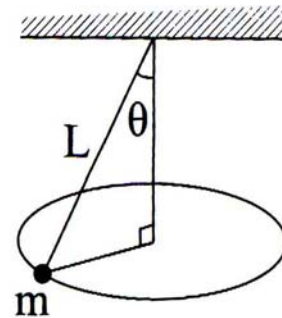
二、填充題(每題 3 分，共 45 分)

1. 火車等速行駛在直線鐵道上，車輪與鐵軌接縫處產生週期性撞擊，發出規律聲音。車上乘客測得第一次撞擊與第 13 次撞擊聲的時間間隔為 10 秒鐘。在另一平行軌道上有一列慢車，當此乘客經過慢車車尾時，慢車正由靜止開始，朝此乘客車行方向做等加速度運動，在接下來 10 秒內此乘客剛好超過 12 節慢車車廂。已知每段鐵軌長度為 25 公尺，每節慢車車廂長度為 20 公尺，則此慢車的加速度為\_\_\_\_\_公尺/秒<sup>2</sup>。

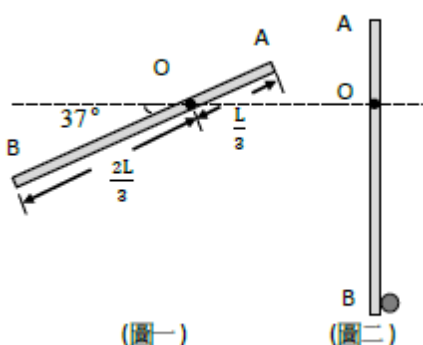
2. 如圖所示，質量為  $M$  的框架放在水平地面上，一輕質彈簧上端固定在框架上，下端掛一個質量為  $m$  的小球，小球上下振動時，框架始終沒有跳起，當框架對地面的正向力為零的瞬間，小球加速度的大小為\_\_\_\_\_。(令重力加速度為  $g$ )



3. 一繩長為  $L$ ，擺錘質量為  $m$ ，錐角為  $\theta$  之錐動擺如圖所示，則擺錘繞轉一週，擺繩張力作用在擺錘上之衝量為\_\_\_\_\_。

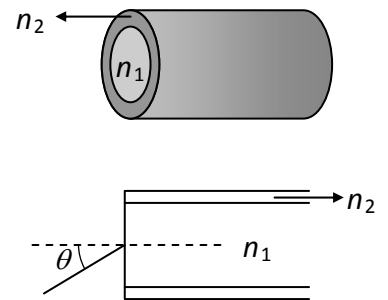


4. 有一長為  $L$ ，質量為  $6m$  的細長桿  $AB$ ，距桿上端  $A$  點  $\frac{L}{3}$  處的  $O$  點以釘子固定，使細桿能繞著  $O$  點在鉛直面上轉動。將細桿抬高至與水平方向夾  $37^\circ$  角的位置，然後由靜止釋放，如圖一所示。細桿受到重力作用擺至垂直位置時，細桿下端  $B$  點與一質量為  $m$  的靜止質點發生完全非彈性碰撞，如圖二所示。忽略摩擦力，碰撞過程時間極短，試問在碰撞發生後， $B$  點可以上升的最大高度為若干？ \_\_\_\_\_(細長桿  $AB$  相對於  $O$  的轉動慣量為  $\frac{2}{3}mL^2$ )



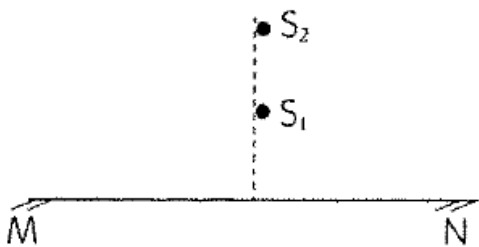
5. 假設某雙星系統中兩顆恆星圍繞它們的質心分別作等速圓周運動，已知週期均為  $T$ ，兩顆恆星之間的距離為  $r$ ，試推算這個雙星系統的總質量為若干？（萬有引力常數為  $G$ ）\_\_\_\_\_

6. 光纖通訊是利用光在光纖管內全反射的原理。右圖為光在光纖管內傳播的示意圖。光纖管核心的折射率為  $n_1$ ，表層物質的折射率為  $n_2$ 。如果光由空氣（折射率為 1）射入光纖管核心，入射角為  $\theta$ ，則  $\sin\theta$  必須小於\_\_\_\_\_，入射光才能在光纖管的核  
心內傳播。（答案以  $n_1$ 、 $n_2$  表示， $n_1 > n_2$ ）

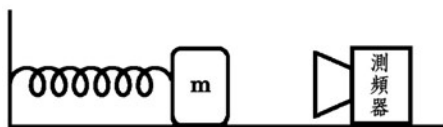


7. 用金屬 A 製成一半徑  $R$  的圓盤，用金屬 B 製成一長度  $L$  的軌道。在  $10^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$  之間，A、B 的線膨脹係數分別為  $\alpha_A$ 、 $\alpha_B$ 。當溫度為  $10^\circ\text{C}$  時，圓盤由軌道一端滾至另一端時，圓盤轉動的圈數為  $x$ ；當溫度為  $30^\circ\text{C}$  時，圓盤由軌道一端滾至另一端時，圓盤轉動的圈數為  $y$ ，則  $x/y$  為\_\_\_\_\_。

8. 如圖所示， $S_1$  和  $S_2$  是湖面上兩同相的理想水波源， $MN$  是足夠長的湖岸， $S_1$  和  $S_2$  的連線距離為  $33\text{m}$ ，此時湖岸上恰可找出最多 11 處節點的位置。使  $S_2$  固定不動而上下移動  $S_1$ ，使湖岸節點的位置數量  $n \leq 6$ ，則  $S_1$  需移動之位移至少為\_\_\_\_\_公尺以上。（請註明往上或往下）。



9. 如下圖所示，一質量為  $m$  的揚聲器，固定在一力常數為  $k$  的理想彈簧一端，彈簧另一端固定在牆上，使揚聲器在光滑平面上作簡諧運動，振幅為  $A$ ，並發出頻率  $f$  的單頻聲波。一靜止的測頻器置於揚聲器右方同一水平面上，測頻器測得之聲波的最大頻率與最小頻率之比為  $\frac{4}{3}$ ，則當時聲波速率多大？\_\_\_\_\_（揚聲器簡諧運動之頻率小於  $f$  且速率小於聲速）

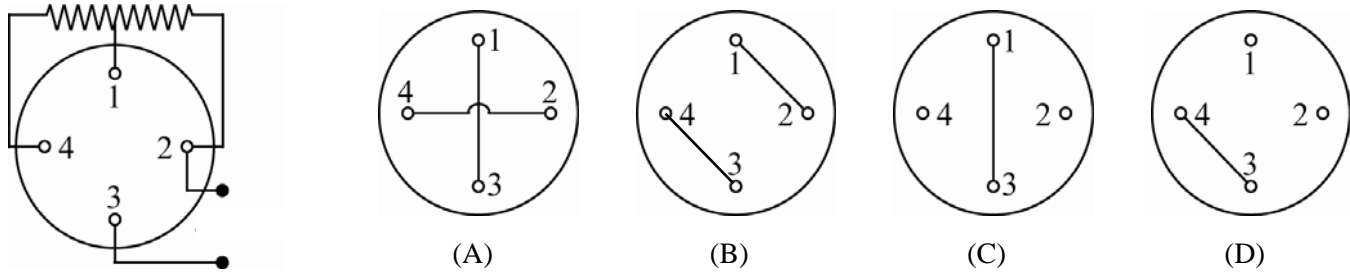


10. 如下有一支閉管右端開口，假設閉口端為固定端，開口端為自由端，當此閉管發出某一個泛音時，管中的氣體呈現下圖的疏密分布，則試問此閉管所發出的聲音為第幾泛音？\_\_\_\_\_

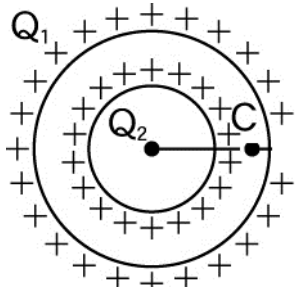


11. 一物體與一屏相距 100 厘米，如在其間某處置一凸透鏡，恰可成一實像於屏上，像長為  $h_1$  厘米。又如將凸透鏡向屏移動 50 厘米，又可成像於屏上，像長變為  $h_2$  厘米，則  $\frac{h_1}{h_2} =$  \_\_\_\_\_。

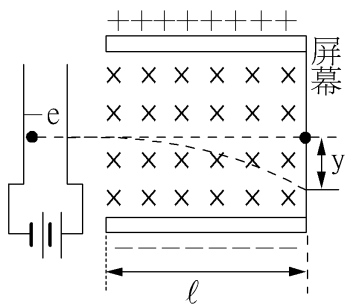
12. 下圖為某電熨斗的電路圖，接點 1 位於均勻電阻線的中點，使用時轉動旋鈕改變內部接線，可加熱到不同的溫度。當內部接線分別如下圖 A-D 時，其發熱功率的比 A:B:C:D 為 \_\_\_\_\_。



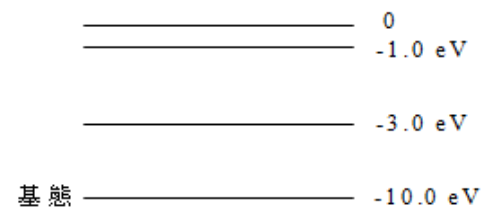
13. 如下圖兩同心金屬球殼半徑分別為  $R_1$  與  $R_2$  均帶正電荷，電量為  $Q_1$  與  $Q_2$ ，C 點距球心  $r$  ( $R_2 < r < R_1$ )，求 C 點之電位 \_\_\_\_\_。



14. 這是 J. J. 湯姆森用來測出電子的荷質比的另一種方法：如下圖所示，電子經電位差加速後進入速度選擇器內，當電場與磁場強度分別為  $E$  與  $B$  時，電子不偏向；若除去電場時，電子撞及屏幕之側位移為  $y$ ，平行電板長為  $l$ ，則電子的荷質比為 \_\_\_\_\_。

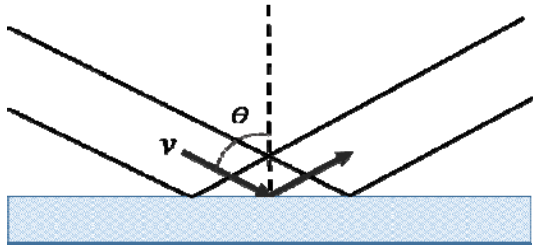


15. 某原子最低的幾個能階如圖所示。科學家發現該原子被 7.5 eV 的電子激發後，其電子躍遷回基態，其能量沒有轉化為光子輻射出來，而是將能量完全轉移給另一個位於第二激發態的電子使其游離。則此游離電子的動能為 \_\_\_\_\_ eV。

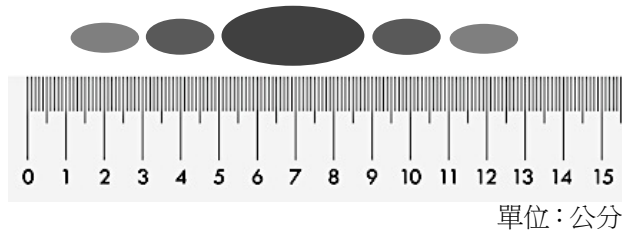


三、計算證明題(每題 5 分，共 15 分)

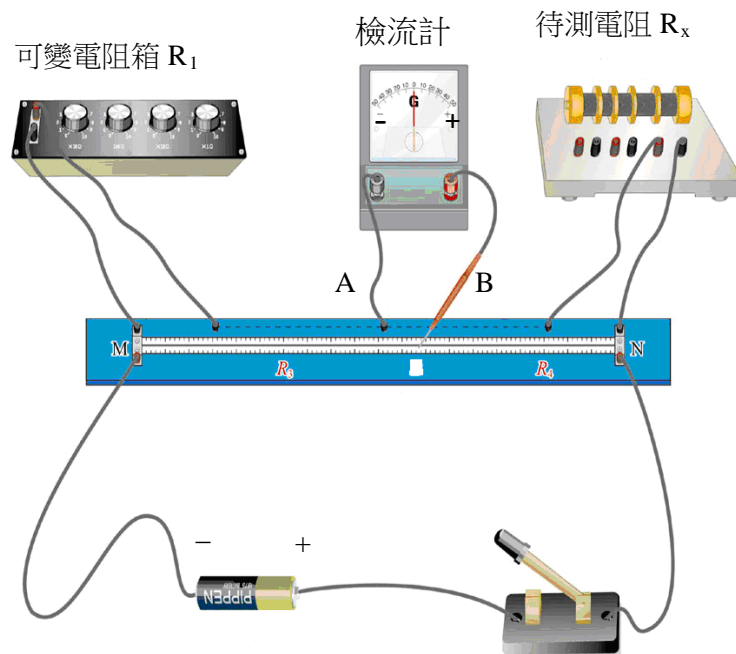
1. 如圖，一截面積固定之水柱以速率  $v$  噴出分子質量為  $m$  的水分子，水分子皆以入射角  $\theta$  撞擊一牆壁，反彈之後的速率也是  $v$ ，反射角也是  $\theta$ ，若水柱單位體積內所含的水分子數為  $n$ ，試證此牆壁所受水柱之壓力為  $2nmv^2 \cos^2 \theta$  (5 分)



2. 小明在作「光的干涉與繞射」實驗時，一時興起，拔了一根頭髮拿雷射射過頭髮，發現屏幕上出現如下圖之圖案。試問：
- (1). 由圖案可分析出此為單狹縫繞射圖形還是雙狹縫干涉圖形？(為什麼請說明) (2 分)
  - (2). 若雷射的波長為  $620 \text{ nm}$ ，頭髮到屏幕的距離為  $50 \text{ cm}$ ，則頭髮的寬度為多少  $\text{mm}$ ？(3 分)



3. 利用測量待測電阻  $R_x$ ，裝置如下圖。 (1)若關閉開關成通路後，發現不論檢流計的接頭 B 位於何處，檢流計的讀數均為零，可能的原因為何？(2 分)
- (2)若關閉開關成通路後，不論接頭 B 在金屬線上任何位置，檢流計的指針均向左偏轉到底，可能的原因為何？該如何調整？(3 分)



試題結束