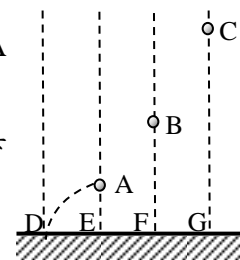


108 年度全國科學班聯合學科資格考物理科試題卷

注意: 1. **選擇題**請將答案畫在**答案卡**上 2. **填充題與計算題**請將答案寫在**答案卷**上

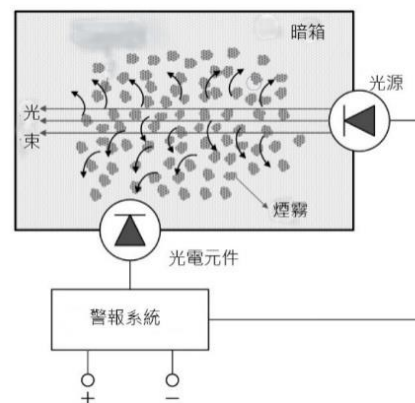
一、**多選題**:(每題 4 分, 共計 40 分。依指考方式倒扣; 答錯 1 個選項得 2.4 分; 答錯 2 個選項得 0.8 分; 答錯 3 個選項或以上或該題未作答則以零分計算)

1. 如圖所示, A、B、C 三個小球在離水平地面不同高度處, 同時以相同速度向左水平拋出, 已知 A 球落到地面 D 點, 水平地面上另有 E、F、G 等點, 且 $\overline{DE} = \overline{EF} = \overline{FG}$, 空氣阻力可忽略不計, 每隔相等的時間間隔三個小球依次碰到地面。則關於這三個小球的敘述下列哪些正確?

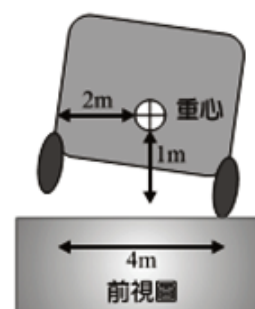


- (A) 三個小球著地角度相同 (B) B、C 兩球同樣落在 D 點
 (C) B 球落在 E、F 之間, C 球落在 F、G 之間 (D) 三個小球離地面高度比 $\overline{AE} : \overline{BF} : \overline{CG} = 1 : 4 : 9$
 (E) 三個小球著地速度量值比 $v_A : v_B : v_C = 1 : 3 : 5$

2. 如圖, 某人設計一光電煙霧偵測器。光源與光電管分置於偵測器暗箱互相垂直的兩面上, 當煙霧進入暗箱時, 光束進入光電管, 產生光電流; 當電流大於等於 $30\mu\text{A}$ 時, 即啟動警報系統。已知光電管使用的金屬板功函數為 2.3 電子伏特, 射向光電管的光子中有 5% 可激發出電子, 普朗克常數 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 則下列敘述正確的有哪些?
 (A) 使用的入射光的波長可以是 600 nm (B) 使用的入射光的頻率可以是 $6 \times 10^{14} \text{ Hz}$
 (C) 有煙霧時光束可進入光電管是一種折射現象 (D) 若光源可使光電管產生光電效應, 則光源強度愈強, 此偵測器的靈敏度愈高 (E) 警報系統啟動時, 每秒射向光電管的光子數至少應為 3.75×10^{15} 個。



3. 如右圖所示為質量 2000 公斤的客運巴士, 巴士左右輪距為 4.0 公尺, 重心在輪距中心且距地面高度為 1.0 公尺, 當巴士以時速 72 公里/小時高速等速率轉彎, 發現有一側的輪胎正要離地舉腳的危險狀況, 則下列敘述何者正確?(重力加速度 $g = 10.0 \text{ m/s}^2$)



- (A) 此時巴士轉彎的中心在圖中的左側
 (B) 若輪胎在此過程與地面不滑動, 則輪胎與地之靜摩擦係數必為 2
 (C) 若輪胎在此過程與地面不滑動, 則輪胎與地之靜摩擦係數可為 3
 (D) 巴士轉彎的曲率半徑為 20 公尺
 (E) 巴士轉彎的曲率半徑為 10 公尺

4. 在「金屬的比熱」實驗中, 其實驗步驟如下:

① 將量熱器置於電子秤上, 測量其質量 m_0 。取下外蓋, 在量熱器內筒中注入約 1/4 滿的冷水後, 將外蓋蓋回, 測量其質量 m_1 與熱平衡水溫 t_1 。

② 以金屬杯盛裝飲水機的沸水, 並測量其溫度為 t_h 。將沸水快速倒入量熱器的內筒, 直至水量約 3/5 滿時, 立即蓋上外蓋。緩緩以攪拌器攪拌, 測量熱平衡溫度 t 與量熱器總質量 m_2 。

③ 求出量熱器熱容量 C 。

④ 將冷水倒入量熱器內約 1/4 杯，蓋上外蓋，測量此時量熱器的總質量 M_0 ，記錄冷水與量熱器達熱平衡時的溫度 T_0 。

⑤ 測量金屬待測物的質量 M_X ，將金屬待測物用線綁住後丟入熱水中，靜置一段時間使其與熱水達熱平衡，記錄熱水溫度 T_h 。

⑥ 將待測物由熱水中取出後迅速丟入量熱器內，蓋緊量熱器外蓋，持續用攪拌器攪拌，紀錄其最高的穩定溫度 T 。

⑦ 求出金屬試樣的比熱 s 。

(A) 若過程沒有熱量散失，則可求得量熱器熱容量 $C = \frac{(m_2 - m_1) \times 1 \times (t_h - t)}{(t - t_1)}$

(B) 若過程有熱量散失卻當成絕熱計算，則計算出的熱容量值會比正確值小。

(C) 若過程沒有熱量散失，金屬試樣比熱 $s = \frac{[(M_0 - m_0) \times 1 + C] \times (T - T_0)}{M_X \times (T_h - T)}$

(D) 若過程有熱量散失卻當成絕熱計算，且熱容量 C 以正確值代入，則計算出的金屬試樣比熱會比正確值小。

(E) 在步驟⑥中，若攪拌過度會對系統做功，則會使得測到的金屬試樣比熱會比正確值大。

5. 一弦的兩端固定在 196 N 的張力下，其線密度為 $1.0 \times 10^{-2} \text{ kg/m}$ ，能產生駐波之共振的連續三個頻率為 350 Hz、420 Hz 與 490 Hz，則下列敘述哪些正確？

(A) 基音頻率為 70 Hz

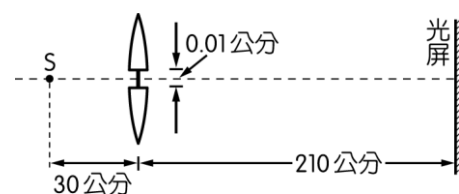
(B) 共振頻率為 490 Hz 時，共有 7 個節點

(C) 共振頻率為 420 Hz 時，共有 7 個節點

(D) 弦長為 1.0 m

(E) 共振頻率為 350 Hz 時，相鄰兩節點距離為 0.20 m。

6. 如圖所示，焦距為 20 公分之凸透鏡自主軸分成兩半後相距 0.01 公分，其間以不透光之物體遮住。在透鏡前 30 公分處的主軸上置一點光源 S (光波波長為 6000 埃)，距透鏡 210 公分處之光屏上所成的干涉條紋中，則下列敘述中，哪些正確？



(A) 光源對透鏡所成的實像和透鏡的距離為 60 公分

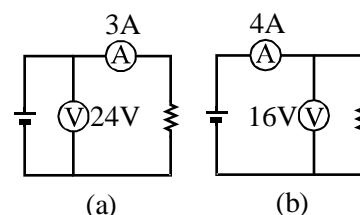
(B) 光源對透鏡所形成的兩實像相距 0.02 公分

(C) 相鄰兩暗線間距為 0.3 公分

(D) 光屏上第一暗線距中央軸線的距離為 0.3 公分

(E) 若透鏡與光屏的距離改為 280 公分，則第一暗線距中央軸線的距離為 0.22 公分

7. 拿一個理想電池 (無內電阻) 以及安培計 (A) 與伏特計 (V)，欲測量一個電阻值 R 的大小，若分別將安培計 (A) 與伏特計 (V) 接成如圖(a)和(b)：如接成圖(a)，(V) 的讀數為 24 伏特，而 (A) 的讀數為 3 安培；如接成圖(b)，(V) 的讀數為 16 伏特，而 (A) 的讀數為 4 安培，則下列何者正確？



(A) 待測電阻 R 的大小為 8 歐姆

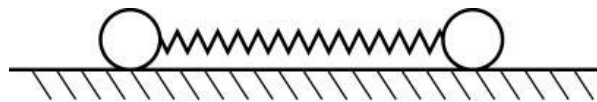
(B) 待測電阻 R 的大小為 6 歐姆

(C) 伏特計 (V) 的內電阻大小為 12 歐姆

(D) 伏特計 (V) 的內電阻大小為 16 歐姆

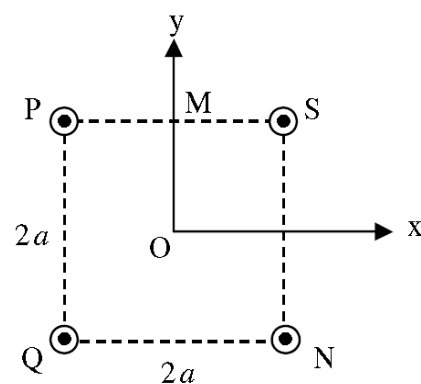
(E) 安培計 (A) 的內電阻大小為 2 歐姆。

8. 在光滑水平絕緣平面上，放置一長為 ℓ 的彈簧，兩端各連接相同小球，兩球原為靜止，如右圖所示。今使二小球突然帶相同電量，因斥力作用可使彈簧彈開。設第一次兩小球之帶電量均為 $+q_1$ ，最大伸長量為 $\frac{\ell}{2}$ ；第二次兩球的帶電量皆為 $+q_2$ ，可使彈簧最大伸長量為 $\frac{\ell}{4}$ ，則下列敘述何者正確？



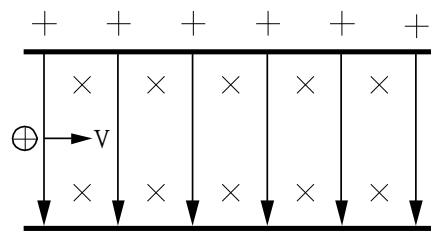
- (A) $q_1 : q_2 = 2\sqrt{3} : \sqrt{5}$
- (B) 彈簧達到最大伸長量時，兩次電力之比為 5 : 3
- (C) 彈簧達到最大伸長量時，兩次電位能之比為 2 : 1
- (D) 兩次最大彈力位能比為 4 : 1
- (E) 兩次最大彈力位能之比為 2 : 1。

9. 如圖所示，有四條垂直紙面且互相平行的長直導線，它們與紙面的交點分別為 P、Q、N 及 S，緊鄰兩條導線的間距為 $2a$ ，圖中正方形中心 O 點為參考坐標 x - y 的原點，都在紙面上，M 為 PS 連線的中點。已知四條長直導線上的電流大小都為 I ，電流的方向也都是射出紙面，下列哪些正確？(μ_0 為已知)



- (A) O 點的磁場等於零
- (B) M 點的磁場指向 $+x$ 方向
- (C) M 點的磁場的大小等於 $\frac{5}{4} \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \right)$
- (D) 與紙面交點為 S 的導線所受到磁作用力的方向為由 O 指向 S
- (E) 在紙面上距離 O 點為 r ($r \gg a$) 的任一點，其磁場的大小約為 $\frac{2\mu_0 I}{\pi r}$ 。

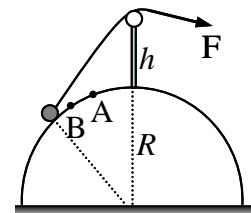
10. 速率選擇器的構造為一區域內有互相垂直、大小固定的電場與磁場，帶電粒子射入此區域後，受到相反的電力與磁力。帶電粒子所受的電力為定值，但所受磁力因速率而變。若速率太大，則磁力太大，帶電粒子上偏；若速率太小，則磁力太小，帶電粒子下偏。僅特定速率的帶電粒子可筆直通過此區域。故可篩選出特定速率的帶電粒子，則下列敘述何者正確？



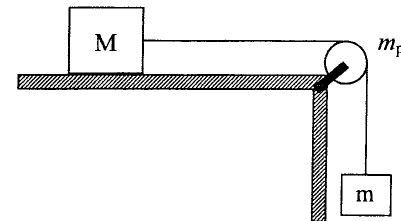
- (A) 若帶電粒子同時垂直電場與磁場射入速率選擇器，僅速率為 $\frac{E}{B}$ 的粒子可筆直通過
- (B) 承(A)選項，無法筆直通過此區域的帶電粒子軌跡為拋物線
- (C) 承(A)選項，無法筆直通過此區域的帶電粒子軌跡為圓
- (D) 承(A)選項，若某正電粒子可筆直通過此區域，則同速率的帶負電質點絕對無法通過
- (E) 射入時若未同時垂直電場與磁場方向，則無論速率如何均無法筆直通過。

二、填充題：(每題 4 分，共計 40 分)

1. 如圖所示，一顆半徑為 R 的光滑半球固定在地面上，球面上放有一顆體積可忽略的小球，將小球以細繩繫住並跨過高度為 h 的定滑輪後，施力 F 拉住使其維持靜止不動。若光滑半球施予小球的正向力量值為 N 、拉力量值為 F 、小球重量為 W ，試比較將小球平衡在較高位置 A (正向力 N_A 、拉力 F_A) 與較低位置 B (正向力 N_B 、拉力 F_B)，則 F_A 與 F_B 及 N_A 與 N_B 之大小關係為何？_____ (用 $>$ 、 $<$ 、 $=$ 表示)

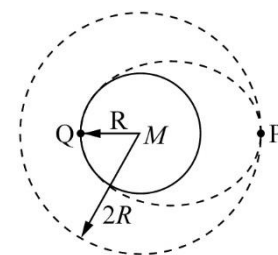


2. 如右圖所示，一質量 M 的金屬塊放置在光滑的桌面上，並用一條很輕的細繩連接另一質量為 m 的砝碼，此細繩繞經一質量 m_p 、半徑 R 的滑輪上(滑輪繞其中心軸的轉動慣量為 $km_p R^2$)。若滑輪轉動時，繩子不打滑，即作純滾動時，物體以等加速度移動，求物體運動時加速度量值_____。(已知重力加速度 g)



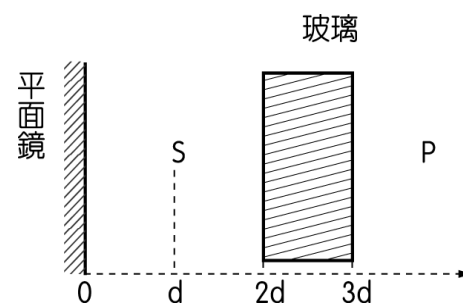
3. 某定量的單原子理想氣體，初始狀態為體積 V_0 ，壓力 P_0 。設此氣體經壓力 P 與體積 V 成正比的準靜態熱力過程，若過程最後氣體分子的方均根速率 v_{rms} 為初始狀態的 3 倍，求此過程吸熱為若干？_____ (以 P_0 、 V_0 表示之)

4. 太空船繞質量為 M ，半徑為 R 的地球作軌道半徑為 $2R$ 之等速圓周運動，已知萬有引力常數為 G ，若太空船要返回地面，可在軌道上 P 點，將速率減至原軌道速率的 n 倍，使其沿著橢圓軌道降落在地表的 Q 點，而地心為該橢圓的一個焦點，且地球與橢圓軌道在 Q 點相切。請問 n 為何？_____

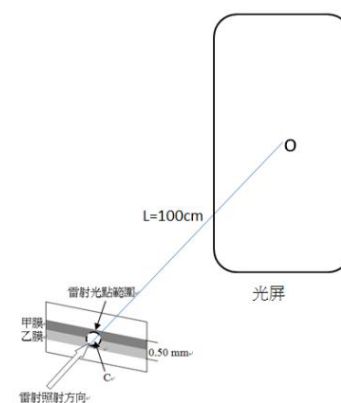


5. 水面上兩同相點波源相距 15cm，今以兩波源連線中心為圓心，畫一個半徑 15cm 的圓，圓周上共有 12 個節點，則水波波長(λ)的範圍為何？_____

6. 物體 S 位置如圖所示，左方為平面鏡，觀察者位於 P 處，看向折射率 1.5，厚度 d 的玻璃磚，所見 S 之像，可能會在哪些位置？_____

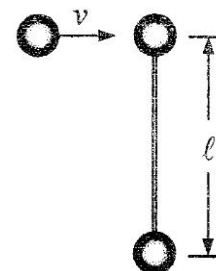


7. 間距 $d=0.1\text{mm}$ 的雙狹縫玻璃片，雷射射光只能通過狹縫形成干涉圖樣在光屏上，中央亮帶的中點為 O。現將兩狹縫上分別鍍有甲乙兩種均勻薄膜，寬度都是 0.25mm ，厚度都是 $2.7\ \mu\text{m}$ ；波長 432nm 的雷射光束對雙狹縫照射，甲膜的折射率 1.52，乙膜的折射率 1.60；在距離雙狹縫 100cm 的光屏上形成的干涉圖樣，中央亮紋與 O 點距離為何？_____

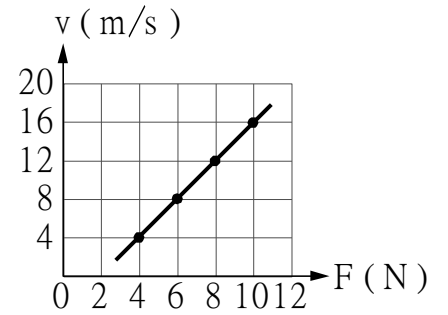
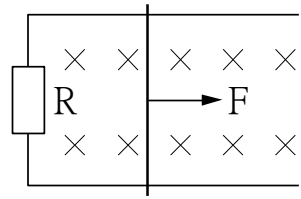


8. 一個孤立不受任何束縛且靜止的 He^+ 其第一激發態與基態的能量差為 ΔE ，若從第一激發態躍遷到基態時會發射出光子，則此光子的波長為何？(普朗克常數為 h 、光速 c 、 He^+ 的質量為 m) _____。

9. 如圖所示。在光滑的水平桌面上，置有一長度為 ℓ ，且質量可忽略的細桿。其兩端各固結有一質量皆為 m 的質點，另一質量亦為 m 的質點沿垂直於細桿的方向入射，以速度 v 撞擊一端的質點。若該入射的質點和被撞擊的質點，在碰撞後合而為一，則當碰撞後的瞬間相對於桌面而言，細桿下方質點的速度為何？_____。



10. 水平放置的平行金屬導軌間距為 $l=0.5\text{m}$ ，一端以導線與電阻 $R=0.5\Omega$ 連接，導軌上跨接一質量為 $m=0.5\text{kg}$ 的金屬棒，導軌與金屬棒的電阻可忽略，均勻磁場 B 鉛直向下。以水平定力 F 拉金屬棒，棒最終將以等速度 v 運動， v 與 F 的關係如右圖所示。 $g=10\text{m/s}^2$ 。則導軌與金屬棒間的摩擦係數為_____。

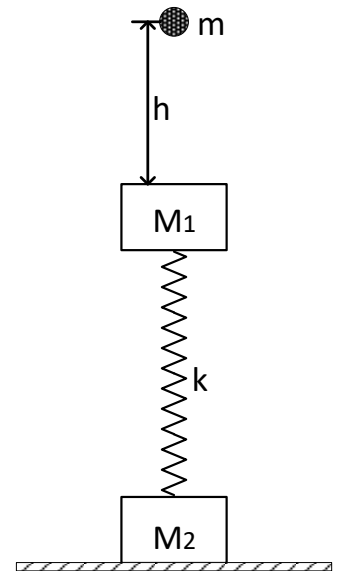


三、計算題：(共計 20 分)

1. 質量為 M_1 和 M_2 的兩物體由一彈性係數為 k 的輕彈簧相連，鉛直放在水平桌面上。另有一

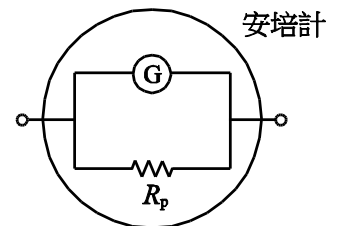
質量為 m 的物體從高於 M_1 為 h 的地方靜止自由落下，與 M_1 發生完全非彈性碰撞並黏合在一起，若空氣阻力忽略且重力加速度為 g ，試問：

- (1) m 與 M_1 合體瞬間速率為何？ (1 分)
- (2) M_2 離開地面瞬間彈簧形變量為何？ (1 分)
- (3) h 至少為若干，才可使彈簧反彈後 M_2 離開桌面(用 M_1 、 M_2 、 m 、 g 、 k 回答此小題) (5 分)

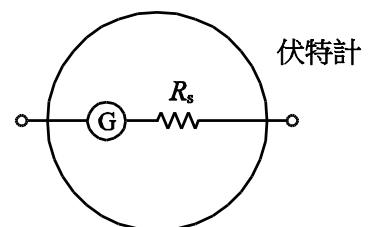


2. 實驗室所用檢流計的原理，是當電流通過線圈時，磁場施一個與電流成正比的力矩，而使線圈轉動，直到磁場力矩與彈簧的恢復力矩平衡為止。線圈轉動角度 $\theta \propto$ 恢復力矩 $\tau \propto$ 電流 I 。已知檢流計的電阻為 1000Ω ，流過 $50\mu\text{A}$ 的電流會造成滿刻度偏轉，即最大電流為 $50\mu\text{A}$ 。

(1) 若想擴大可測量的電流範圍，可將檢流計並聯一個低電阻 R_p ，即成為安培計。試問：安培計的最大電流為 5mA ，則應並聯的低電阻 R_p 為若干？ (3 分)

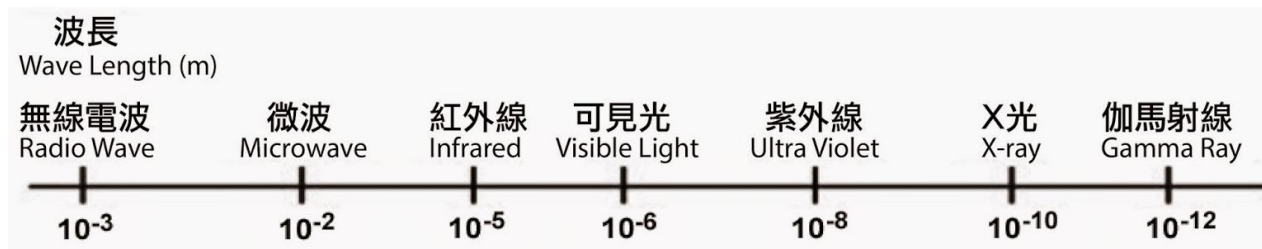


(2) 若擴大可測量的電壓範圍，可將檢流計串聯一高電阻 R_s ，即成為伏特計。試問：伏特計的最大電壓為 1V ，則應串聯的高電阻 R_s 為若干？ (3 分)



3. 1951 年，物理學家在微觀系統中發現了「正子電子對(positronium)」，正子電子對是由一個電子與一個正子繞著它們的質量中心旋轉形成的穩定系統。已知正子、電子的質量均為 m ，電量大小均為 e ，普朗克常數為 h ，庫倫常數為 k 。則：

- (1) 請利用波耳模型的假設推論此「正子電子對」基態時的半徑為何？ (3 分)
- (2) 承(1)，試求由激發態回到基態的光譜中，光子的最低頻率為何？ (3 分)
- (3) 當能量不足以形成穩定系統時，正子與電子會相互碰撞後湮滅形成光子，此為低能量的電子對湮滅。由於動量守恆與能量守恆，湮滅後不會單獨產生一個光子，最常見的狀況是產生兩個光子。請估計湮滅後產生的光子大約為何種電磁波段？(須有估計過程，質量 $m=9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ 、光速 $c=3 \times 10^8\text{m/s}$ 、普朗克常數 $h=6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$) (1 分)



試題結束