

初選筆試 物理科答案

☆ 試題說明：

1. 共計 14 題計算題，依規定於指定頁面作答。例如：第一題作答於第 1 頁、第二題作答於第 2 頁，依序至第十四題第 14 頁。
2. 各題均需標明各小題題號並附加計算過程，否則不予計分。
3. 本份試題 3 張共 6 面，總分 120 分。

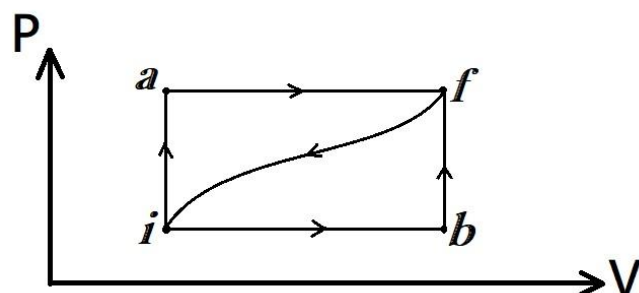
一、 設一密閉容器體積為 2.00 升，內裝有氫氣壓力為 2.00 大氣壓，若設此時氫分子的方均根速率為 2.00×10^3 公尺/秒，則請問：

- (1) 此氫氣的總動能為_____焦耳 (2 分)
- (2) 此時氫氣溫度約為_____°C (2 分)
- (3) 氫氣的分子密度為_____分子/立方公尺。(2 分)

答案：(1) 約 6.1×10^2 (2) 約 47°C (3) 約 4.5×10^{25}

二、 如圖，一系統從狀態 i 沿路徑 iaf 變至狀態 f，並已知熱能 $Q_1 = +100$ 卡，功 $W_1 = +40$ 卡；若沿路徑 ibf，則熱能 $Q_2 = +72$ 卡，請問：

- (1) 沿路徑 ibf 的功 W_2 為何？(2 分)
- (2) 若沿曲線返回，路徑 fi 的功為 $W_3 = -26$ 卡，則請問此路徑的熱能 Q_3 為何？(2 分)



- (3) 假設 i 狀態的內能 $U_i = +20$ 卡，且 b 狀態的內能 $U_b = +44$ 卡，過程 ib 的 Q_{ib} 為何？過程 bf 的 Q_{bf} 為何？(4 分)

答案：(1) 12cal (2) - 86cal (3) 36cal ; 36cal

三、如圖，有一長度為 L 的均勻細桿，質量為 m ，令其下端與粗糙地面接觸，並與鉛垂線夾角 θ 時靜止釋放，且知在釋放瞬間細桿與地面之間沒有相對滑動。請回答以下問題：(重力加速度值為 g)

(1)已知轉動慣量的定義為

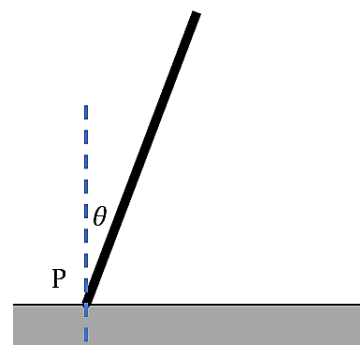
$$\int r^2 dm$$

請求出該細桿以圖中P點為轉軸(垂直紙面)時的轉動慣量。(3分)

(2)由平行軸定理求出以細桿質心為轉軸(垂直紙面)時的轉動慣量。(2分)

(3)求釋放瞬間細桿與地面間的摩擦力量值。(5分)

答案: (1) $I_P = \frac{1}{3}mL^2$; (2) $I_C = \frac{1}{12}mL^2$; (3) $f = \frac{3}{4}mg\sin\theta\cos\theta$



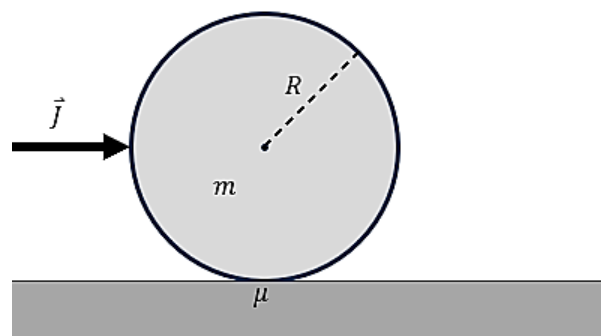
四、有一質量均勻的剛體球質量為 m 半徑為 R ，靜置於粗糙桌面上，在某一瞬間受一水平且過質心的衝量 $\vec{J}$ 而開始運動，若球與桌面的動摩擦係數為 μ ，且重力加速度值為 g 。請回答以下問題：(已知轉軸過球體質心的轉動慣量為 $I = \frac{2}{5}mR^2$)

(1)該球由開始運動至純滾動過程，球底點對桌面的相對位移量值為何？(3分)

(2)該球由開始運動至純滾動過程，質心位移量值為何？(3分)

(3)桌面對球的摩擦力作功為何？請簡要說明摩擦力與位移內積是與第(1)還是(2)的答案做乘積的理由(4分)

答案: (1) $S = \frac{1}{7} \frac{J^2}{m^2 \mu g}$; (2) $\Delta x_C = \frac{12}{49} \frac{J^2}{m^2 \mu g}$; (3) $W_f = -\frac{1}{7} \frac{J^2}{m}$



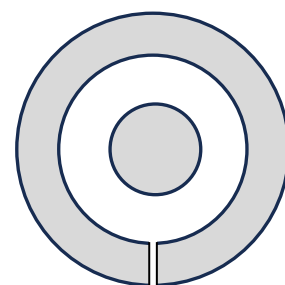
五、有一半徑為 R 之金屬球，其帶電量為 $-Q$ ，被一帶電量為 $+2Q$ 的中空金屬球殼所包圍，且兩者同心彼此絕緣，已知球殼內外半徑分別為 $2R$ 及 $3R$ ，而球殼上有一極小孔洞沿徑向貫穿其中。今有一帶電量 $-q$ 的測試電荷自距離金屬球殼極遠處，由靜止開始受電力作用往球殼方向運動，恰可穿過孔洞。設無窮遠處為零位面，且孔洞的存在並不影響球殼上的電荷分布。求：

(1)金屬球表面電位為何？(2分)

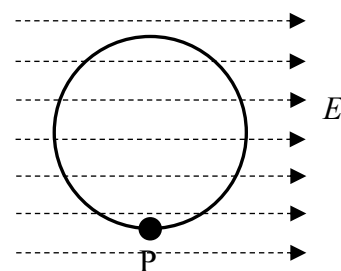
(2)當測試電荷恰抵達球殼表面時，其動能為何？(3分)

(3)測試電荷在運動過程中與球心之最近距離為何？(3分)

答案: (1) $-\frac{kQ}{6R}$ (2) $\frac{kQq}{3R}$ (3) $\frac{6}{5}R$



六、如圖，一半徑為 r 的絕緣光滑圓環固定在鉛直平面上，環上套有一質量為 m 且帶正電的可移動珠子，圓環所在處有水平向右、量值為 E 的均勻電場，已知珠子所受靜電力與重力的大小相等，且重力加速度量值為 g ，求：



(1) 此珠子所帶電量為何？(2 分)

(2) 若珠子位於環上最低點位置 P 點時速度量值為 $\sqrt{gr}$ 、方向向右，

則當此珠子由 P 點沿圓環移動到與環心同高處時，圓環給予珠子的正向力量值為何？(3 分)

(3) 若珠子由 P 點出發可以完整環繞圓環運動，則珠子在 P 點時的動能至少應為何？(3 分)

答案：(1) $\frac{mg}{E}$ (2) $2mg$ (3) $mgr(\sqrt{2} + 1)$

七、根據研究指出，當駕駛人發現前方有障礙需要緊急煞車時，從察覺到實際煞車，這之間的時間並非瞬間完成。原因為看到障礙物開始，到腦部處理這個資訊，再到腳踩下煞車的過程，會有一段反應時間。停車距離不僅取決於駕駛人的反應時間，還與車速、車輛狀態及道路條件有關。如表中所示為某縣市警察局對於汽車車速與停車距離的數據分析，若汽車煞車時的加速度均相同，請回答下列各題：

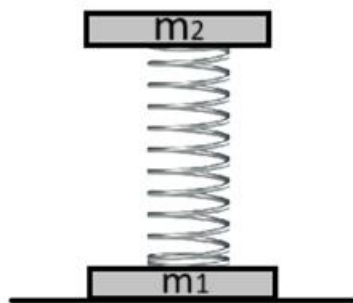
車速(公尺/秒)	停車距離(公尺)
10.0	14.1
16.7	31.6
20.0	42.6

(1) 試問反應時間約為何？(4 分)

(2) 若有駕駛者以車速 100 公里/時在道路上行駛，突然發現道路前方有障礙物而緊急踩煞車，則汽車所需的安全停車距離約為何？(3 分)

答案：(1) 約 0.7 秒 (2) 約 74 公尺

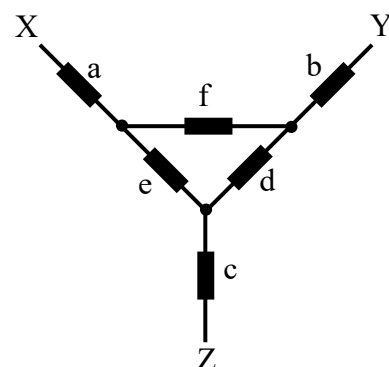
- 八、質量各為 m_1 和 m_2 的兩木板固定在一彈力常數為 k 的彈簧兩端，並放在水平桌面上，如圖所示。彈簧的質量可忽略，重力加速度為 g ，且 $m_2 < m_1$ ：



- (1) 試問對上面的木板 m_2 必須下壓多大的外力 F ，以便在外力 F 撤去時，使上面木板 m_2 上彈時，恰可將下面的木板 m_1 提離桌面？(5 分)
- (2) 承(1)，當木板 m_2 在上下振盪的過程中，其速度最大值為何？(5 分)

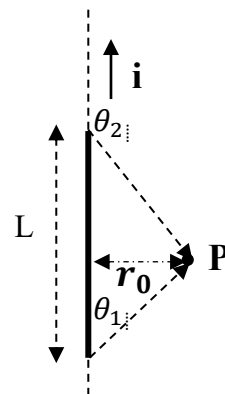
答案：(1) $(m_1 + m_2)g$ (2) $\frac{(m_1 + m_2)g}{\sqrt{m_2 k}}$

- 九、若將電阻值分別為 1Ω 、 2Ω 、 3Ω 、 4Ω 、 5Ω 、 6Ω 的六個電阻連接成如圖所示的電路。若已測得等效電阻 R_{XY} 、 R_{YZ} 、 R_{ZX} 分別為 $7\frac{3}{13}\Omega$ 、 $10\frac{1}{13}\Omega$ 、 $6\frac{9}{13}\Omega$ ，試求下圖中 $a \sim f$ 六個電阻各自代表的電阻值為何？(5 分)

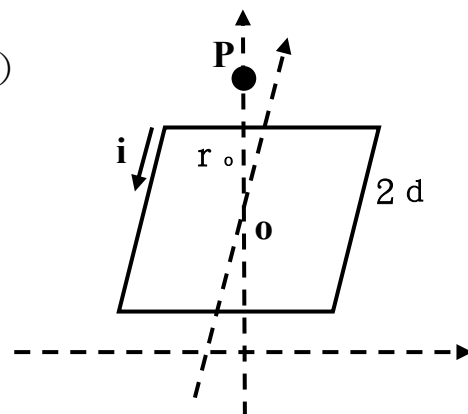


答案： $R_a = 1\Omega$ 、 $R_b = 3\Omega$ 、 $R_c = 4\Omega$ 、 $R_d = 5\Omega$ 、 $R_e = 2\Omega$ 、 $R_f = 6\Omega$

- 十、(1) 如下圖所示，長度為 L 的長直導線中通有電流為 i 。今在導線旁垂直相距 r_0 有一處 P 點，其離導線下端與上端至 P 點的位置向量與電流方向各夾 θ_1 、 θ_2 角 ($\theta_1 < \theta_2$)，試問此處 P 點磁場感應強度 B 為何？(提示：真空中的磁導率 μ_0 表示； $\theta_1 < \theta_2$ ；5 分)

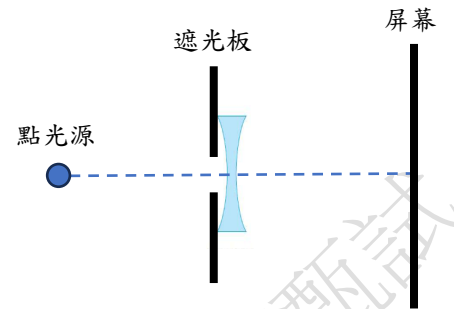


- (2) 若今有一載流的正方形線圈，其邊長為 $2d$ 、通過電流為 i ，如下圖所示。試問軸線上距正方形中心 O 點上方 r_0 處的磁場強度為何？(請以 μ_0 、 r_0 、 d 、 i 表示之；5 分)

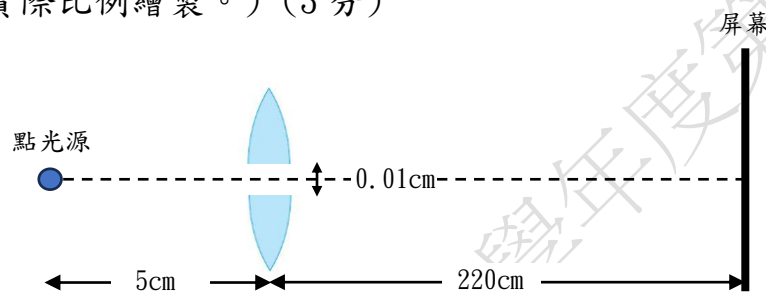


答案：(1) $B = \frac{\mu_0 L}{4\pi r_0} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$ (2) $\frac{2\mu_0 i d^2}{\pi(r_0^2 + d^2)\sqrt{r_0^2 + 2d^2}}$

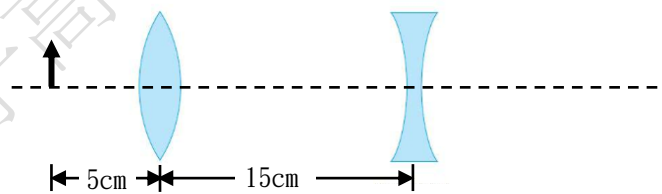
- 十一、(1)如圖所示，一遮光板緊靠薄透鏡，板中間有直徑為 1.0cm 的圓孔，透鏡主軸通過圓孔中心。一點光源置於鏡前 10.0cm 的主軸上，在透鏡後方 10.0cm 處的屏幕上形成一直徑 3.0cm 的亮圓，則凹透鏡的焦距為若干 cm ? (設透鏡厚度極薄可忽略) (3 分)



- (2)將一凸透鏡從中間分割成兩半，用此透鏡所成的兩點光源實像，可作為干涉實驗產生兩同相光源的一種方法。若透鏡焦距 4 公分，一點光源距透鏡 5 公分，兩半透鏡相距 0.01cm ，若屏幕與透鏡距離 220 公分，則干涉條紋間距為若干 cm ? (已知光的波長 $5000\text{\AA}$ ，設透鏡厚度極薄可忽略，示意圖未按照實際比例繪製。) (3 分)

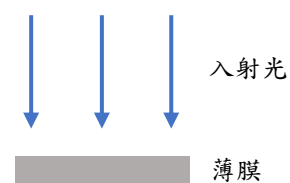


- (3)將焦距 4cm 的凸透鏡與焦距 10cm 的凹透鏡形成相距 15cm 的透鏡組。今在凸透鏡左方 5cm 處的主軸上放置一物體，其射出的光線經透鏡組折射後形成的像位於凹透鏡的左方或右方? 與凹透鏡距離若干 cm ? 像的高度為物的幾倍? (3 分)

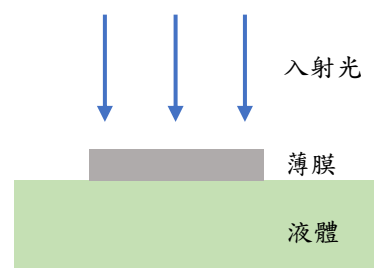


答案：(1) -10 或 10 cm (2) 0.2cm (3) 右方， 10cm ， 8 倍

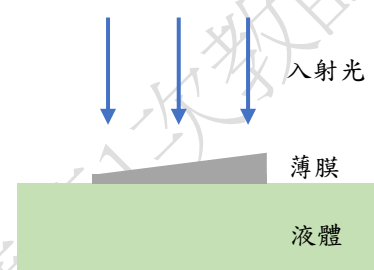
- 十二、(1)如圖，將一束在波長 $450\sim 650\text{nm}$ 範圍內具有均勻強度的光，向下垂直照射到一水平放置的透明薄膜上。薄膜的折射率為 1.33 ，厚度為 500 nm ，寬度為 3cm ，並懸浮在空氣中。對位於薄膜正上方的觀察者來說，經由薄膜反射後具有最大強度的光，其在真空中的波長應為若干 nm ? (四捨五入至個位數) (3 分)



(2)承(1)，若使薄膜漂浮於折射率 2 的透明液體上，則經薄膜反射後具有最大強度的光，其在真空中的波長應為若干 nm？(四捨五入至個位數) (3 分)



(3)承(2)，若對薄膜頂部進行精密的切削，使其截面成為左端高度 100nm，右端高度 500nm 的梯形，並改以真空中波長為 400nm 的光束沿鉛直方向照射薄膜，觀察者將觀測到幾條亮紋？(3 分)



答案：(1) 532 nm (2) 650~666nm 或 443~450nm (3) 3 條

十三、兩半徑甚小的絕緣球以輕彈簧相連，已知彈簧的力常數為 k 、兩球質量分別為 M 、 $m(< M)$ ，且大球帶電量為 Q ，而小球不帶電。今將兩球放置在光滑水平面上，並將彈簧由原長壓縮 R 後靜止釋放。試回答下列問題：

(1)請由質心座標系推導出兩球振動週期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{mM}{k(m+M)}}$ 。(3 分)

(2)已知普朗克常數為 $\hbar$ ，若大球因振動而沿水平面輻射出「一個」光子，則此振動系統的振幅變化量為何？(4 分)

(3)承(2)，已知真空光速為 c ，則兩球質心在水平面上的速率為何？(3 分)

答案：(1)略 (2) $-\frac{\hbar}{2\pi R} \sqrt{\frac{m+M}{kmM}}$ (3) $\frac{\hbar}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{mM(m+M)}}$

十四、考慮在波耳氫原子模型中，增加外加磁場的影響。假定氫原子處在均勻磁場 B 中，且磁場方向與電子繞轉原子核的角速度同向。已知庫倫常數 k 、電子質量 m 、電子電量 e ，不計自旋的影響且模型滿足角動量量子化 $L = n\hbar$ (n 為主量子數)，試回答下列問題：

(1)電子的軌道半徑公式 $R_n = ?$ (5 分)

(2)已知無外加磁場時，電子的軌道半徑為 r_n ，若將外加磁場調為弱磁場，則此磁場對軌道半徑造成改變 $(R_n - r_n)$ 的一階修正項為何？(5 分)

$$\text{※} \sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \frac{1}{16}x^3 + \dots$$

答案：(1) $\frac{mke}{2Bn\hbar} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{4B}{m^2k^2e^3M}} (n\hbar)^3 \right]$ (2) $-\frac{B\hbar^5}{mke^5} n^5$