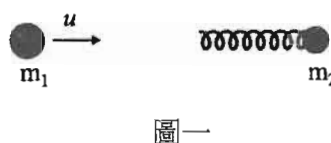


普通物理試題

分四部分共 7 大題 (20 格填充題)。答案請務必清楚寫在試卷紙上，並請標明格號，不必說明計算過程，但可附上。試題隨卷繳回。

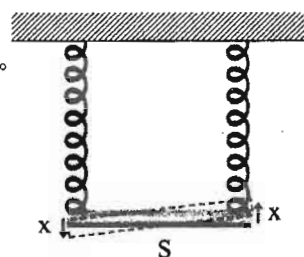
A. 力學 (共 20 分)

1. (見圖一) 一質量為 m_1 的鋼珠以速度 u 入射一連接彈簧之靜止鋼珠，其質量 m_2 。彈簧不計質量，彈性係數為 k 。此過程的總碰撞時間 (從 m_1 開始接觸到離開彈簧時間) 為 (1)。在碰撞之後， m_1 的速度為 (2) 和 m_2 的速度為 (3)。(每格 4 分)



圖一

2. 現在考慮一均勻鐵棒長度為 S ，質量 M 。利用兩個彈性係數為 k 之彈簧連接其兩端懸掛，待系統平衡時，鐵棒呈水平，如圖二。一開始時，小心將鐵棒右側端點抬高 x 公分，將左側端點拉低 x 公分。假設 $x \ll S$ 。當 $t = 0$ 時將其釋放。求此運動週期為 (4)，且鐵棒與水平的夾角與時間的關係為 (5)。(均勻細長棒繞其質心之轉動慣量為 $\frac{1}{12}MS^2$ 。每格 4 分)



圖二

B. 波動與熱 (共 30 分)

3. 一不均勻繩子的長度為 L ，一端固定於牆壁上，所施張力為 T 。若其線密度隨位置的關係為 $\mu(x) = \mu_0 \left(1 + b \frac{x}{L}\right)$ ，其中 $b > 0$ (令 $x = 0$ 為自由端， $x = L$ 為固定端)。若從自由端製造一正弦波，波傳到牆壁所需時間為 (6)，且可以觀察到波長變為原來的 (7) 倍。(積分公式 $\int \sqrt{1+ax} dx = \frac{2}{3a} \sqrt{(1+ax)^3} + c$ 。每格 4 分)

4. 考慮一莫耳單原子理想氣體。已知熱力學系統對外作的功為 壓力-體積 曲線下面積。當氣體溫度 T 維持恆定，其體積從 V 變為 $2V$ ，其所做的功為 (8)。若為絕熱過程，無外界熱庫可作熱交換，則對外做功必須由內能提供 (理想氣體的內能即為總動能)，因此勢必造成溫度的改變。請問當溫度為 T 時，氣體體積由 V 變為 $V+\Delta V$ 的過程中，令 $\Delta V \ll V$ ，則溫度改變量 ΔT 為 (9)。(氣體常數為 R ，積分公式 $\int x^{-1} = \ln|x| + c$ 。每格 4 分)

5. 原子吸收光子時會受光子的動量影響，而改變原子的動量。原子氣體的都卜勒雷射冷卻技術即是利用此效應，使原子速度下降造成冷卻效果。根據量子理論，原子的外層能階只能吸收特定頻率附近的光子，並於一定時間後，透過自發輻射從激發態回到基態。自發輻射過程為四面八方的機率一致，因此造成平均動量變化為 0，故原子的淨動量變化主要來

自雷射光帶有的動量。假定雷射光頻率為 f ，原子能階差為 ΔE ，原子速率為 v ，光速為 c 。假設 $v \ll c$ 。

若雷射光的前進方向與原子前進方向一致，則原子看見光子的頻率為 (10) (2分)；若雷射光與原子前進方向反向，則原子看見光子的頻率為 (11) (2分)。

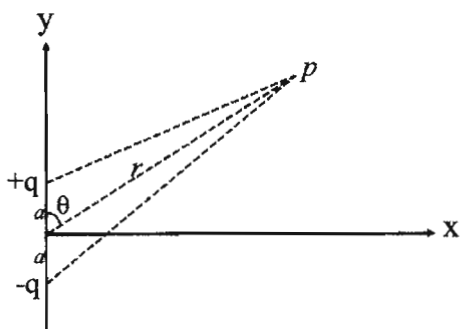
由於冷卻的目的在於使原子減速，意即使原子吸收反向的光子。因此對速率為 v 的原子減速，必須調整雷射頻率為 (12) (3分)。在此頻率的雷射照射下，與雷射光同向運動的原子吸收光子機率會 (13) (填變高、變低、或不變。2分。)

鈉原子每吸收一次光子 (波長 600 nm) 隨後釋出回到基態為一個循環，估計在室溫 (300K) 時，欲使一與雷射光反向運動的鈉原子的速率降至 0，需要重複此循環幾次？ (14) (5分。注意此計算僅為估計，實作上當原子速率降低時雷射頻率亦需要調整，但仍在此波段附近。答案請以個位數乘以數量級形式即可，如 298 寫為 3×10^2 。 $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ， $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ，鈉原子質量 $3.85 \times 10^{-26} \text{ kg}$ 。)

C · 電磁學 (共 30 分)

6. (a) 二個點電荷 $+q, -q$ ，相距 $2a$ ， p 點與二點電荷中心相距 r ， r 與垂直座標 y 軸夾角 θ ，如圖三所示。求二點電荷於 p 點所產生的電位為何？ (15) (10分)

(b) 當 $a \ll r$ ，構成電雙極 (dipole, \vec{P})。 \vec{P} 的大小為 $2aq$ ， \vec{P} 的方向是由負電荷到正電荷。如果 p 點位於在水平座標 x 軸上 (亦即 p 點座標為 $(r, 0)$)。求電雙極於 p 點所產生的電場 (16) (10分) 以及電位為何？ (17) (10分)



圖三

D · 近代物理 (共 20 分)

7. 在波耳 (Bohr) 的氫原子模型中，假定軌道上電子的角動量是量子化且可表示為 $L=n\hbar$ (n 為主量子數)。在此模型架構之下，電子在核間受庫倫力作用，繞圓形軌道，並且電子的角動量是量子化。由此模型，氫原子的游離能為 13.6 eV ，基態軌道半徑為 0.53 \AA 。試問：

- 一氫原子，輻射出一能量為 1.89 eV 的光子，按照波耳的氫原子模型，輻射此光子時，氫原子的躍遷之初態的主量子數 n (18) (5分) 以及末態的主量子數 n (19) (5分) 分別為多少？
- 接續上題，在躍遷過程中，氫原子的軌道半徑的改變量為多少？ (20) \AA (10分)