

一、以往質量與電流的國際標準皆基於人造設施，並以作用力為校準依據。例如質量是以與公斤原器的作用力為校準依據，電流則是以兩平行導線之間的作用力為校準依據。今年5月，國際標準單位有了新約定，不再以人造設施作為基準，而是以訂定自然常數值，做為作為校準依據。質量的校準依據為普朗克常數 h ，國際標準值定為： $h=6.626\ 070\ 15\times 10^{-34}\ \text{kg m}^2\text{s}^{-1}$ 。電量的校準依據為基本電量 e （質子或電子電量的量值），國際標準值定為： $e=1.602\ 176\ 634\times 10^{-19}\ \text{C}$ 。人們依據自然常數來校定質量或電量的方法並非唯一，各有巧妙。

(1) 假設有一組科學家設計精密實驗，用以測量原子速度 v ，並欲以自由原子輻

射 X 光子的過程，求取普朗克常數 h 與該原子質量 M 之間的比例 $\frac{h}{M}$ ，作

為質量基準。已知：該原子固定靜止時，輻射 X 光的波長為 λ_x ；光子動量

p 與能量 E 以及光速 c 之間的關係為 $p=\frac{E}{c}$ ；實驗與數據皆為真空環境。導

出 $\frac{h}{M}$ 與 v 、 λ_x 、 c 的關係。(10 分)

(2) 1 安培·秒 是多少基本電量(2 有效位數)? (2 分)

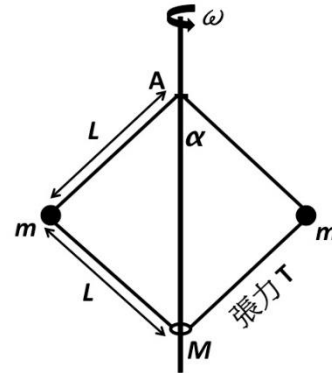
二、(1) 對於在一條張緊繩子上的繩波運動，已知繩子的張力(T)和線密度(μ)會影響其波速。試藉由此兩物理性質的因次分析，來推論繩波的波速。(5 分)

(2) 考慮一小振幅的繩波，試利用牛頓力學推導出(A)中的波速。(7 分)

三、有一體積為 V 的密閉容器裝有個數為 N 、原子半徑為 a 的單原子氣體。試估計其氣體原子運動的平均自由路徑長度(r)。(12 分)

註：平均自由路徑長度乃指氣體原子在兩次碰撞之間所走的平均距離。

四、如圖一所示，有一系統包括兩個質量為 m 的小球，四根質量可忽略、長度均為 L 的細桿，一個質量為 M 的小環。其中二細桿的一端固定在鉛直長桿上的 A 點，另一端連接質量為 m 的小球；另外二根細桿連接質量為 M 的小環與質量 m 的小球，小環緊貼著長桿，而且可在長桿上自由滑動。假設長桿以角速度 ω 繞其中心軸旋轉，此時造成細桿與鉛直長桿有一夾角 α 。各個連接點均無摩擦力，試求：



圖一

(1) $\cos\alpha = ?$ (6 分)

(2) 連接小環與小球的細桿上張力 T 的大小。(6 分)

五、有一屏幕 A 位於 x 坐標軸的原點，B 為物體，C 為焦距值為 f 的凸透鏡，位於物體與屏幕之間，屏幕 A、物體 B、凸透鏡 C 在一直線上。

(1) 若 B 坐標為 b ($b > 0$)，如果一定可以找到一個適當的坐標點放置凸透鏡 C，使得物體清晰地成像在屏幕 A 上，則坐標 b 與焦距 f 的關係為何？(3 分)

(2) 如圖二，若物體 B 坐標為 $4f$ ，將凸透鏡 C 放在適當的位置，並將 C 固定下來，使物體清晰的成像在屏幕上。之後，B 以初速 v 向遠離 C 的方向以等速前進，為了要維持屏幕上的成像清晰，則屏幕 A 必須往 C 的方向移動，試問，屏幕移動的初速大小為何？(3 分)

(3) 承(2)，當物體 B 移至與凸透鏡相距 $6f$ 處時，屏幕 A 的速度大小為何？(3 分)

圖二

(4) 承(2)，當物體 B 移至與凸透鏡相距無限遠處時，屏幕 A 的速度大小為何？(3 分)

