

等別(級)：薦任

類科(別)：原子能

科目：原子物理

考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

電子靜質量 $m_0 = 9.10938215 \times 10^{-31} \text{ kg}$

電子電量 $e = 1.602176487 \times 10^{-19} \text{ C}$

正電子質量 = 電子質量 m_0

真空光速 $c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

普朗克常數 $h = 6.62606896 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

真空介電係數 $\epsilon_0 = 8.854187817 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$

$\pi = 3.141592654$

電子伏特 $\text{eV} = 1.602176487 \times 10^{-19} \text{ J}$

一、(一)請解釋為何電子脫離金屬表面需克服束縛能並敘述光電效應。(10 分)

(二)當以紫外光照射鈉金屬表面時，發現欲使一個束縛電子脫離鈉金屬表面，入射光子頻率至少為 5.6×10^{14} 赫茲 (Hz)。試計算，當以頻率為 6.2×10^{14} 赫茲的紫外光照射鈉金屬表面時，光電子動能的可能值範圍。(15 分)

二、(一)假設一單電子原子系統的原子核質量為 M ，原子序為 Z 。依據玻爾的原子模型，考慮原子核的有限質量效應，推導此單電子原子系統的能量量子化公式：

$$E_n = -\frac{Z^2}{n^2} \frac{\mu e^4}{8\epsilon_0^2 h^2}$$

其中 E_n 為主量子數為 n 之能量量子態的能量， $\mu = m_0 M / (m_0 + M)$ 為約化質量。(10 分)

(二)自然狀態的氫元素有三種同位素，即氫原子 (^1H)，重氫原子 (氘、 ^2H)，及超重氫原子 (氚、 ^3H)。其中，氫原子核為一個質子 (proton)，重氫原子核為一個質子加上一個中子 (neutron)，超重氫原子核為一個質子加上二個中子。實驗得知氫原子與氘原子的 H_α 線光波長分別為 6561.01 埃 (Å) 與 6562.80 埃，試計算氫原子與氘原子的質量比，已知質子質量為 1836 倍電子質量。(15 分) (H_α 線係指單電子原子系統從主量子數為 3 的能階躍遷至主量子數為 2 的能階時的輻射光)

三、考慮一邊長為 $L=1$ 奈米 (nm) 的三維正立體方盒，假設此方盒的盒壁為完全無法穿透 (位能障礙無限大)。如果我們把 15 個電子置入此盒子，完全忽略電子彼此之間的交互作用，則當此系統處於能量基態時 (所有較低能階皆為填滿)，具有最大能量的電子能量為何 (10 分)？此系統的基態能量又為何 (15 分)？

四、每一個 ^{235}U 原子經由核分裂可釋放 200 百萬電子伏特 (MeV) 的能量。有一核子反應爐，其運作是以 ^{235}U 為原料的核分裂反應，發電功率為 500 百萬瓦特 (MW)，其運作熱效率為 20%。試計算此核子反應爐運作一年，需儲備多少質量之 ^{235}U ？(25 分) (一莫耳 (mole) 約為 6.02214×10^{23} 個。)