

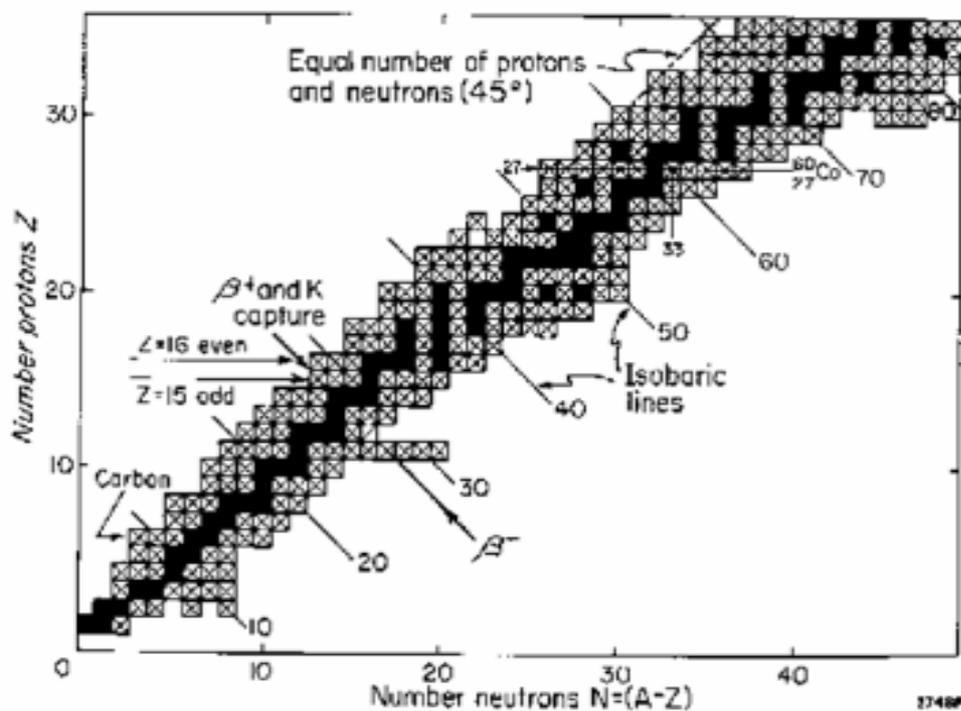
第三章 原子(電子與原子核)

3-1 元素

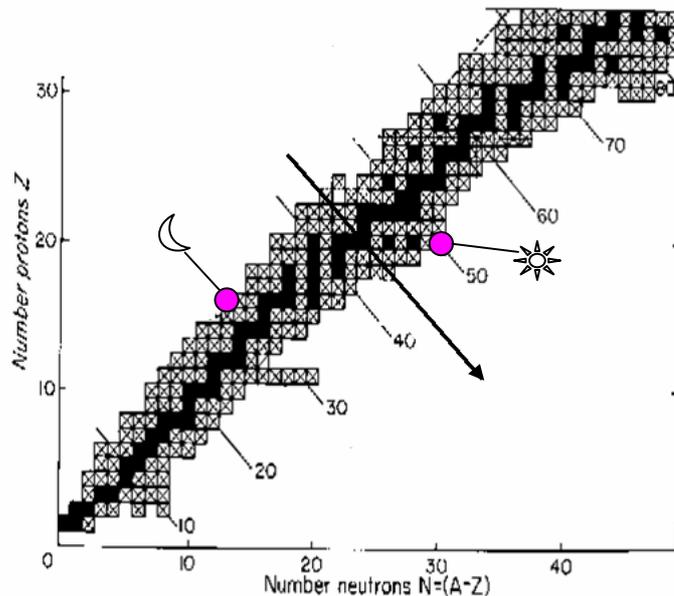
- 任何的物質都是由不同元素(element)所組合而成。將物質切割成至最小的一塊有個性(獨特的物理和化學特性)的物質，稱原子(atom)。而原子包括位於中心的原子核(帶正電)和包裹在外層的電子(帶負電)。

1. () atom的原意為?(A)一個圓球 (B)不能再分割 (C)聚集一團 (D)電子圍繞

- 原子是由電子(electron)與原子核(nuclear)所組成，原子核位於原子的中央，僅佔據整顆原子的一小小部份體積，外層有電子繞轉的軌道(電子軌域)。
- 原子不帶電，原子核帶正電，核外的電子帶負電，這二者的電性相反，但電量大小相同，所以造成中性(即電量=0)的原子。
- 地球的自然界有 103 個元素，每個元素有不同個數的同位素，有些是穩定的，有些是不穩定的。103 個元素中約有 300 個穩定的原子核。將穩定原子核的中子數與質子數畫圖分析，可發現穩定的原子核集中在某一曲線附近。(■為穩定原子核，⊗表不穩定之原子核。)



2. () 天然放射性氯(Cl)有 ^{35}Cl 及 ^{37}Cl 二種，已知原子量=35.5 amu，請問 ^{35}Cl 的天然豐度=? (A)25% (B)43% (C)57% (D)75%
3. () 有關 n/p 值的敘述，何者有誤? (A)穩定的 ^{16}O ，其 n/p=1 (B)穩定元素中，當元素之質量數 $Z > 60$ ，則 n/p > 1 (C)低質量數的核種 (如： $A < 40$)，若 n/p < 1，可能發生 beta decay (D)阿伐粒子的 n/p=2
4. () 請問重氫 ^2H ，其 n/p=? (A)1 (B)2 (C)3 (D) ∞
5. () 碳(C, 原子序=6)的穩定核為 ^{12}C ，請預測 ^{14}C 做何種 decay? (A)阿伐衰變 (B) β^+ decay 或 EC (C) β^- decay (D)核融合

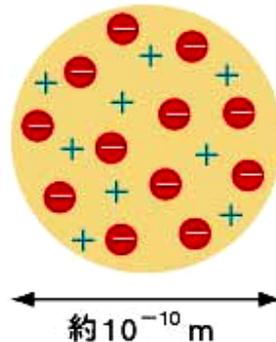


6. () 參考上圖，請預測「太陽」處之核種，最可能的 decay 方式? (A) α decay (B) β^- decay (C) β^+ 或 EC decay (D)fission
7. () 參考上圖，請預測「月亮」處之核種，最可能的 decay 方式? (A) α decay (B) β^- decay (C) β^+ 或 EC decay (D)fission
8. () 參考上圖，箭號「 \rightarrow 」經過 6 個核種，請問這 6 個核種是? (A)isotopes (B)isotones (C)isobars (D)isomers

3-2 原子模型

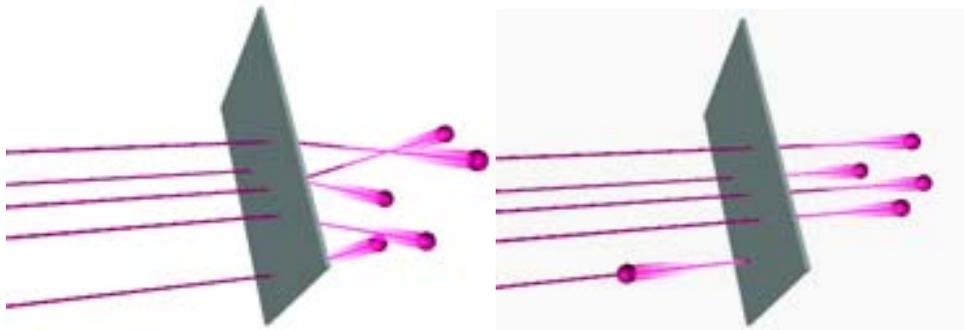
- 電子是 J. J. Thomson 發現的，所以早期大家公認他對原子的認知，可能是最接近真實的原子。
- J. J. Thomson 的原子模型：葡萄布丁模型。請問「布丁」是：_____

J. J. トムソンの原子模型



圖片來自：<http://www2.kutl.kyushu-u.ac.jp/seminar/MicroWorld/Part2/P24>

9. () J. J. Thomson 的「葡萄乾布丁模型」中，葡萄乾是指？(A)帶正電的物質 (B)電子 (C)不帶電的物質 (D)無形的電子軌道
- 拉賽福的原子模型：有「核」的模型。請敘述拉賽福如何推論他的原子模型？



左圖：原實驗預期

右圖：拉賽福實際實驗發現

圖片來自：http://www.unifr.ch/physics/P2K/periodic_table/nucleus_evidence.html

1910 年拉賽福在英國 Manchester 大學用 α 粒子衝擊一片薄的金箔，他發現大部分 α 粒子都穿過金箔，但卻有八千分之一會回跳。他比喻如用 15 吋的巨砲射擊一張薄紙，但炮彈卻被彈跳了回來。由此簡單的觀察，他認為原子的質量必須集中於很小且帶正電荷的原子核上，而電子則位於遠離原子核的位置。雖然這種類似太陽系行星系統的原子模型在近年來屢經修改，但是在今天一般人對於原子的觀念仍以類似太陽系為主。

10. () 拉賽福的原子模型是？(A)電子帶負電 (B)有核的原子 (C)原子是不能再切割 (D)原子核內帶正電的是質子
11. () 拉塞福用金屬薄膜做阿伐粒子散射試驗發現了什麼？(A)大部分阿伐粒子會改變他們進行的方向 (B)大部分阿伐粒子的散射角度超過 90° (C)推算出有原子核 (D)原子核和電子的大小差不多

3-3 電子

- 一個中性的原子(一般我們講原子即表示為中性；若為帶電的原子，則稱為離子)，其電子數目=原子核內的質子數目=原子序= Z 。
- 1 個原子有 Z 個電子；0.5 mole 個原子有 $0.5 \text{ mole} \times Z$ 個電子。
- ✓ 0.5 莫耳的 ^{12}C 原子，(1)共有 _____ ^{12}C 原子；(2)共有 _____ 電子。
- $1 \text{ amu} = \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} \text{ g} = \frac{1}{1 \text{ mole}} \text{ g}$ ；換言之即 1 莫耳 $\times 1 \text{ amu} = 1$ 克， $6.02 \times 10^{23} \times 1 \text{ amu} = 1 \text{ g}$
- ^1H 原子約為 1 amu ；1 個 ^{12}C 原子約為 12 amu ；1 個 ^{60}Co 原子約為 60 amu ；1 個 ^{137}Cs 原子約為 137 amu ；1 個 ^{238}U 原子約為 238 amu 。這主要的原因是元素符號左上角的數字，代表中子+質子的數量，而 1 個中子的質量 \cong 1 個質子的質量 $\cong 1 \text{ amu}$ ，且原子的質量幾乎集中在原子核，電子的質量可忽略。
- 1 個 ^{12}C 原子約為 12 amu ，因為 $6.02 \times 10^{23} \times 12 \text{ amu} = 12 \text{ g}$ ，即 1 莫耳的 ^{12}C 原子質量=12 克

1 個原子	質量
^4He	
^{12}C	
^{60}Co	
^{137}Cs	
^{238}U	

1 莫耳原子	質量
^4He	
^{12}C	
^{60}Co	
^{137}Cs	
^{238}U	

- ✓ 0.5 克 ^{12}C 原子，(1)共有 _____ $^{12}_6\text{C}$ 原子；(2)共有 _____ 電子。
- ✓ 0.5 克 $^{60}_{27}\text{Co}$ 原子，(1)共有 _____ $^{60}_{27}\text{Co}$ 原子；(2)共有 _____ 電子。
- ✓ 0.5 克 $^{238}_{92}\text{U}$ 原子，(1)共有 _____ $^{238}_{92}\text{U}$ 原子；(2)共有 _____ 電子。
- ✓ 0.5 克的水，(1)共有 _____ 個 H_2O 分子；(2)共有 _____ 氫原子；
(3)共有 _____ 電子；(4)共有 _____ 質子；
(5)共有 _____ 中子。

12. () 請問下列何者有誤? (A)1 莫耳的中子與 1 莫耳的質子，其數目相同 (B) 若發生電子捕獲蛻變，此原子隨後會有特性輻射產生 (C)微中子質量比中子小 (D)微中子質量和電子差不多
13. () 請問一個 ^{14}C (原子序=6)原子，其質量大約是多少 a. m. u.? (A)6 (B)8 (C)12 (D)14
14. () 一個阿伐粒子的質量相當多少能量? (A)0.511 MeV (B)3724 MeV (C)931 keV (D)931 MeV
15. () 關於 amu，何者為真? (A)是電量的單位 (B)是 atomic mass unit 的縮寫 (C) 一個 ^{12}C 原子的質量定義等於 1 amu (D)1 amu= 3.7×10^{10} Bq
16. () 請問 1 amu =? (A) $\frac{1}{6.02\times 10^{23}}$ kg (B) $\frac{1}{6.02\times 10^{23}}\times 10^3$ kg
(C) $\frac{1}{6.02\times 10^{23}}\times 10^{-3}$ kg (D) $\frac{1}{6.02\times 10^{23}}\times 10^7$ kg
17. () 已知 N 為亞佛加厥常數，Z 為原子序數，A 為原子量，則「每公克」物質的「原子數」為：(A) N/A (B) NZ/A (C)1000 N/A (D)1000 NZ/A
18. () 已知 N 為亞佛加厥常數，Z 為原子序數，A 為原子量，則「每公斤」物質的「電子數」為：(A) N/A (B) NZ/A (C)1000 N/A (D)1000 NZ/A
19. () 1 mole 的 CO_2 (C 的原子序=6，原子量=12；O 原子序=8，原子量=16)，的總共有多少個「碳」原子? (A) 6.02×10^{23} (B) $6.02\times 10^{23}\times 2$ (C) $6.02\times 10^{23}\times 3$ (D) $6.02\times 10^{23}\times 10$
20. () 0.5 mole 的 CO_2 分子(C 的 Z=6，A=12；O 的 Z=8，A=16)，共有幾個電子? (A) $22\times 3.01\times 10^{23}$ (B) $22\times 6.02\times 10^{23}$ (C) $44\times 3.01\times 10^{23}$ (D) $44\times 3.01\times 10^{24}$

21. () 請問質量 1 克的 $^{226}_{88}\text{Ra}$ ，有多少個 $^{226}_{88}\text{Ra}$ 原子？(A) $\frac{1}{226} \times 6.02 \times 10^{23}$ (B) $\frac{1}{88} \times 6.02 \times 10^{23}$ (C) $88 \times 6.02 \times 10^{23}$ (D) $226 \times 6.02 \times 10^{23}$

22. () 下列物質中，每克質量的電子數目以何者為最大？ (A) 氫 (B) 碳 (C) 鋁 (D) 鉛

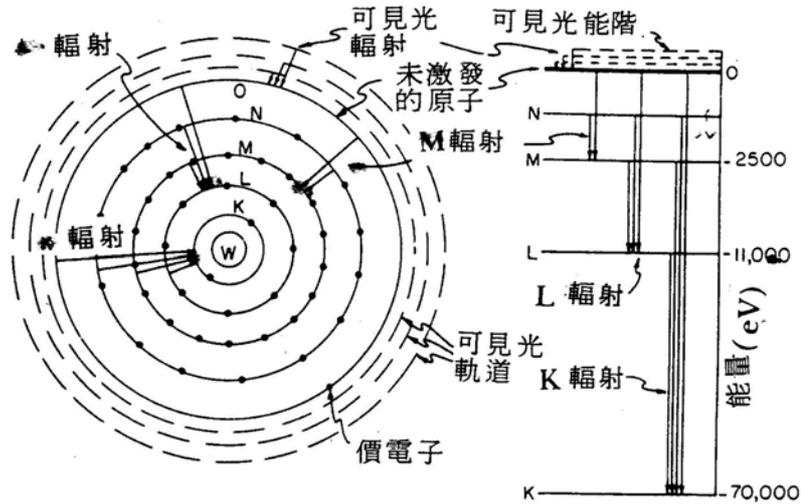
- 電子雲或電子軌域：電子繞行原子核的路徑，可稱為電子雲或電子軌域。最內層之電子，因距離最近，所受電磁力也最大，因此其束縛能(binding energy)也最大。一般我們將束縛越大的電子表示成負的越大能階，束縛小的電子表示成負的小能階。

23. () 原子的電子軌域，由內而外，第四層稱為？(A)J (B)M (C)N (D)Z 層

- 不同原子的化學反應，主要是決定於最外層的電子，因為最外層電子在整個原子的最外圍，最容易也最快與其它原子的最外層電子接觸到。我們的身體器官並不能區分同位素
- 光電作用，光子最容易與 K 層的電作用；電子捕獲反應，原子核最容易將 K 層電子捕捉進原子核。
- 特性輻射：內層的電子軌域若未填滿(即有電洞)，則外層的電子會由外層跳渡至內層的電洞，並釋放出特性輻射。
- 鎢(W, tungsten)原子其 K 層電子的能階(束縛能)為 -70 keV，L 層的能階(束縛

能)為-11 keV，M層的能階(束縛能)為-2.5 keV，N層的能階(束縛能)為-0.5 keV。每層填入的電子有其數量的限制，最多 $=2n^2$ 。

● 鎢的原子(電子)結構與原子能譜



● 請問鎢原子的 $K_{\alpha} =$ _____、 $K_{\beta} =$ _____、 $K_{\gamma} =$ _____
 $L_{\alpha} =$ _____、 $L_{\beta} =$ _____、 $M_{\alpha} =$ _____

24. () 有一穩定的原子，其K與L層電子均填滿軌域，M層有8個電子，請問它是何原子? (A) ^{18}O (B) ^{18}F (C) $_{10}\text{Ne}$ (D) $_{18}\text{Ar}$
25. () 鉛的K、L、M層的電子束縛能分別為88keV、15keV、3keV，假如有一95keV的電子撞擊鉛原子，則不會產生何種能量的特性輻射線? (A)85keV (B)80keV (C)73keV (D)12keV
26. () 就X光譜中的特性輻射，鎢靶釋出的 K_{α} 能量、 K_{β} 能量、 L_{α} 能量、 M_{β} 能量，何者最大? (A) K_{α} 能量 (B) K_{β} 能量 (C) L_{α} 能量 (D) M_{β} 能量
27. () 穩定 $^{16}_8\text{O}$ 原子的L層有幾個「電洞」? (A)0 (B)1 (C)2 (D)4

3-4 原子核

- 原子核內有中子(neutron)和質子(proton)。原子核內的「子」，稱為核子；中子是核子，質子也是核子。核子和核子間有「核力」，是種「強力」。
- 物理的世界裡共有四種力：強力、弱力、電磁力、萬有引力。(1)在小的距離內，約原子核大小，任二核子間有「強力」；(2)弱力不討論；(3)任二俱電量的物體間有「電磁力」；(4)任二俱質量的物體間有「萬有引力」。
- 質子數目相同的原子，其化學或生物反應相同或極相似，所以將「質子數目相同的原子」稱為元素。而當不同的原子，其差別是(1)質子數目相同，但(2)中子數不同，我們稱之為同位素。
- 不同的原子核表示： A_ZX ，其中 X 是元素符號，A 是原子量，Z 是原子序。因為週期表上，元素的排序，是依質子數排列，即原子核內質子數是 20 個者，原子順序為第 20 號；原子核內質子數是 41 個者，原子順序為第 41 號。所以 Z 是原子序，同樣也指出該原子的原子核內有多少個質子。
- 相同的 A 稱為 isobars，相同的 Z 稱為 isotopes，相同的中子稱為 isotones。那何謂 isomers?
- 週期表(periodic table)：以下需「背記」。

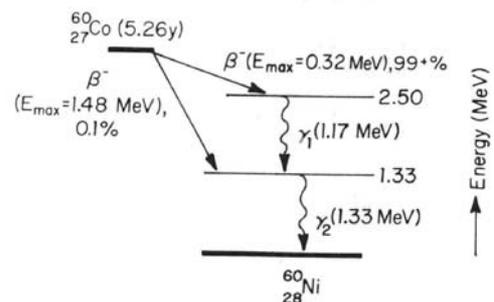
1A	2A	B 族				3A	4A	5A	6A	7A	8A
----	----	-----	--	--	--	----	----	----	----	----	----

${}^1_1\text{H}$ 氫											${}^4_2\text{He}$ 氦
${}^3_3\text{Li}$ 鋰	${}^4_4\text{Be}$ 鈹					${}^5_5\text{B}$ 硼	${}^{12}_6\text{C}$ 碳	${}^{14}_7\text{N}$ 氮	${}^{16}_8\text{O}$ 氧	${}^9_9\text{F}$ 氟	${}^{10}_{10}\text{Ne}$ 氖
${}^{11}_{11}\text{Na}$ 鈉	${}^{12}_{12}\text{Mg}$ 鎂					${}^{13}_{13}\text{Al}$ 鋁	${}^{14}_{14}\text{Si}$ 矽	${}^{15}_{15}\text{P}$ 磷	${}^{16}_{16}\text{S}$ 硫	${}^{17}_{17}\text{Cl}$ 氯	${}^{18}_{18}\text{Ar}$ 氬
${}^{19}_{19}\text{K}$ 鉀	${}^{20}_{20}\text{Ca}$ 鈣	...	${}^{27}_{27}\text{Co}$ 鈷		Ge 鍮				
	Sr 銻	...	${}^{42}_{42}\text{Mo}$ 鉬	${}^{43}_{43}\text{Tc}$ 鎝	...					I 碘	
Cs 銻	Ba 鋇	鐳系	${}^{74}_{74}\text{W}$ 鎢	Au 金	...		${}^{82}_{82}\text{Pb}$ 鉛				Rn 氡
	${}^{88}_{88}\text{Ra}$ 鐳	錒系									

鐳系					Gd						
錒系		Th 釷		${}^{92}_{92}\text{U}$ 鈾			...	Cf 鈷			

28. () 關於核力，何者錯誤？ (A)將質子與中子視為同類粒子 (B)為短程力
(C)是強力 (D)中子與中子間的核力=0
29. () 關於同一個碳原子核內，質子與中子之間，何者錯誤？ (A)存在著強力
(B)存在萬有引力 (C)存在電磁力 (D)存在核力
30. () 元素符號不同，但質量數相同的核種稱為 (A)isomer (B)isotope
(C)isobar (D)isotone
31. () ^{131}I 與 ^{129}I ，二者是？ (A)Isotones (B)Isobars (C)Isomers (D)Isotopes
32. () 關於異構物(isomer)的躍遷，何者為真？ (A)會放出 α 粒子(B)會放出 β^-
粒子 (C)會放出微中子 (D)會放出 γ 輻射
33. () isomeric transition 後，子原子核的質子數(Z)及質量數(A)的變化：
(A)Z+1，A 不變(B)Z-1，A 不變(C)Z-1，A+1(D)Z 不變，A 不變
34. () 鈷-59 與鎳-60 之關係為何？(A)isotopes (B)isobars (C)isotones
(D)isomers
35. () 關於鎢，何者有誤？(A)英文 tungsten (B)元素符號 Wu (C)原子序 74 (D)
熔點約 3400°C

36. () 右圖是？ (A)核衰變能階 (B)原子衰
變能階 (C)核融合變化能階 (D)原
子制動輻射能階



37. () 請問 1mCi 的 ^{60}Co ，每秒鐘共釋出多少
的 gamma 能量？ (A) 4.6×10^7 keV (B) 9.3×10^7 keV (C) 4.6×10^7 MeV (D) 9.3×10^7
MeV

3-5 核子之結合能

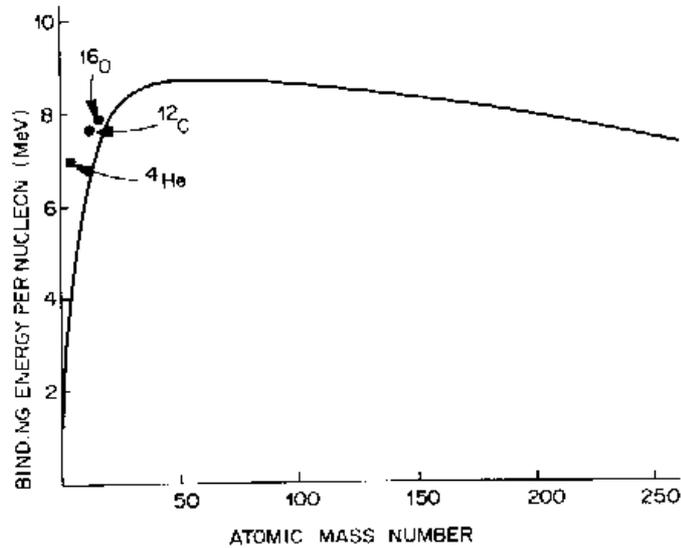


FIGURE 3.3. Average energy per nucleon as a function of atomic mass number.

38. () 已知一個中子質量=1.0087 amu，質子質量=1.0073 amu，電子質量=0.00055 amu； ${}^{24}_{11}\text{Na}$ 原子質量(原子量)=23.991 amu，請計算 ${}^{24}_{11}\text{Na}$ 每個平均核子的結合能(binding energy)? (A)5.1 MeV (B)6.1 MeV (C)7.1 MeV (D)8.1 MeV

39. () 已知一個中子質量= m_n amu，質子質量= m_p amu；某原子核質量=A amu，原子序=Z，請計算此原子的總結合能(MeV)? (A) $[Zm_p+(A-Z)m_n-A]\times 931.5$ (B)

$$[Zm_n + (A-Z)m_p - A] \times 931.5 \quad (C) \quad [Zm_p + (A-Z)m_n - A] \times 931.5 - 1.02 \quad (D)$$
$$[Zm_p + (A-Z)m_n - A] \times 931.5 \div Z$$

40. () 以下何者質量最大？ (A) 一個 ^{14}C ($Z=6$) 原子核 (B) 6 個質子 + 8 個中子
(C) 8 個質子 + 6 個中子 (D) 10000 個電子