

# 2023 年第二十屆國際國中科學奧林匹亞競賽

## -- 選擇題試題(上)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

**Periodic Table of the Elements**

The periodic table includes the following elements and their atomic numbers:

- Row 1: H (1), He (2)
- Row 2: Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9), Ne (10)
- Row 3: Na (11), Mg (12), Al (13), Si (14), P (15), S (16), Cl (17), Ar (18)
- Row 4: K (19), Ca (20), Sc (21), Ti (22), V (23), Cr (24), Mn (25), Fe (26), Co (27), Ni (28), Cu (29), Zn (30), Ga (31), Ge (32), As (33), Se (34), Br (35), Kr (36)
- Row 5: Rb (37), Sr (38), Y (39), Zr (40), Nb (41), Mo (42), Tc (43), Ru (44), Rh (45), Pd (46), Ag (47), Cd (48), In (49), Sn (50), Sb (51), Te (52), I (53), Xe (54)
- Row 6: Cs (55), Ba (56), La-Lanthanides (57-71), Hf (72), Ta (73), W (74), Re (75), Os (76), Ir (77), Pt (78), Au (79), Hg (80), Tl (81), Pb (82), Bi (83), Po (84), At (85), Rn (86)
- Row 7: Fr (87), Ra (88), Ac-Actinides (89-103), Rf (104), Db (105), Sg (106), Bh (107), Hs (108), Mt (109), Ds (110), Rg (111), Cn (112), Nh (113), Fl (114), Uup (115), Lv (116), Uus (117), Uuo (118)
- Row 8: La (57), Ce (58), Pr (59), Nd (60), Pm (61), Sm (62), Eu (63), Gd (64), Tb (65), Dy (66), Ho (67), Er (68), Tm (69), Yb (70), Lu (71)
- Row 9: Ac (89), Th (90), Pa (91), U (92), Np (93), Pu (94), Am (95), Cm (96), Bk (97), Cf (98), Es (99), Fm (100), Md (101), No (102), Lr (103)

©2014 Todd Helmenstein  
sciencenotes.org

### Constants

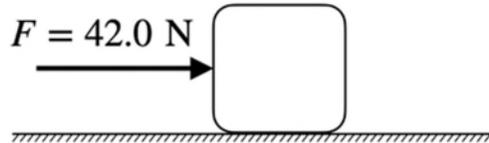
|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| acceleration due to gravity (g) | $9.80 \text{ m s}^{-2}$   |
| gas constant (R)                | $8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$<br>$0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ |
| $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$    | $273.15 \text{ K}$  |
| Faraday constant (F)            | $96,500 \text{ C mol}^{-1}$   |

## Formulas

|                           |                      |                                |                   |
|---------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------|
| area of a circle          | $A = \pi r^2$        | heat                           | $Q = mc\Delta T$  |
| circumference of a circle | $C = 2\pi r$         | Ohm's law                      | $V = IR$          |
|                           |                      | gravitational potential energy | $E_p = mgh$       |
| density                   | $\rho = \frac{m}{V}$ | power                          | $P = \frac{E}{t}$ |
| pressure                  | $p = \frac{F}{A}$    |                                |                   |

1. 一個重量為 100 N 的盒子靜止在水平的表面上。 盒子與地板間的動摩擦係數和靜摩擦係數分別為  $\mu_k = 0.400$  和  $\mu_s = 0.500$ 。 如圖所示，如果有  $F = 42.0$  N 的力將盒子向右推，則摩擦力作用在盒子上的的大小和方向是多少？

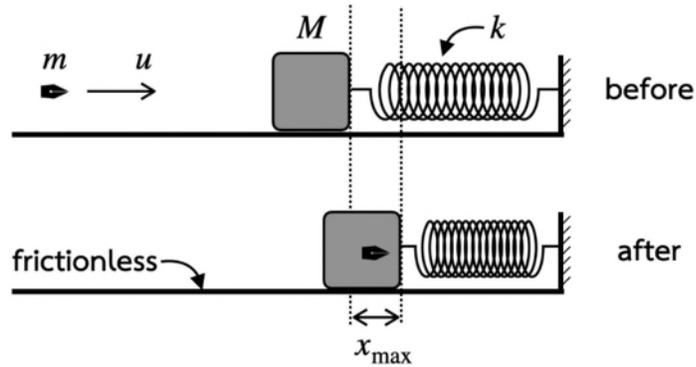
- A. 40.0 N 向左
- B. 42.0 N 向左
- C. 50.0 N 向左
- D. 50.0 N 向右



2. 假設下列物體都作直線等加速度運動，何者的加速度量值最大？

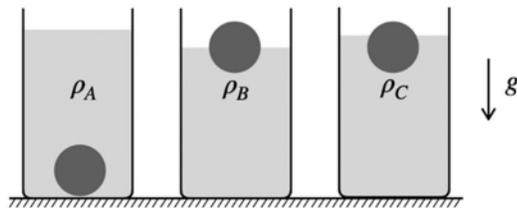
- A. 車輛在 4 秒內從靜止加速到 100 公里/小時。
- B. 接近地球表面在自由落體過程中的一塊岩石。
- C. 車輛在 60.0 km/h 的速率下在 3.20 秒內完全停止。
- D. 車輛花費 6.50 秒，從靜止行駛了 250 公尺的距離。

3. 質量為  $m$  的子彈射入質量為  $M$  的靜止木塊中。此木塊放置在無摩擦(frictionless)的地板上，並連接到彈簧常數為  $k$  的無質量彈簧。子彈在撞擊時會嵌入木塊中。隨後(after)，組合質量將彈簧壓縮至最大位移  $X_{max}$ ，如圖所示。用  $m$ 、 $M$ 、 $k$  和  $X_{max}$  表示子彈的初速  $u$ 。



- A.  $\frac{x_{\max}}{m} \sqrt{k(m+M)}$
- B.  $\frac{(m+M)}{m} x_{\max} \sqrt{k}$
- C.  $x_{\max} \sqrt{\frac{k}{m}}$
- D.  $x_{\max} \sqrt{\frac{k}{m+M}}$

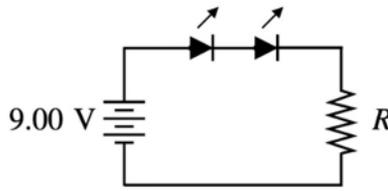
4. 當球體放入密度為  $\rho_A$  的液體中時，球體會下沉並排出體積  $V_A$  的液體，如圖示。同一個球體，當放置在密度為  $\rho_B$  的液體中時會上浮，其有一半的體積，出現在液體的表面上。當相同的球體放置在密度為  $\rho_C$  的液體中時，仍會上浮。求密度  $\rho_C$  的液體對球體施加的浮力的大小。



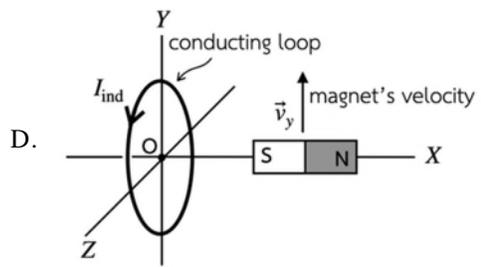
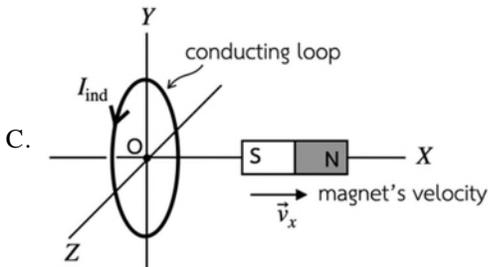
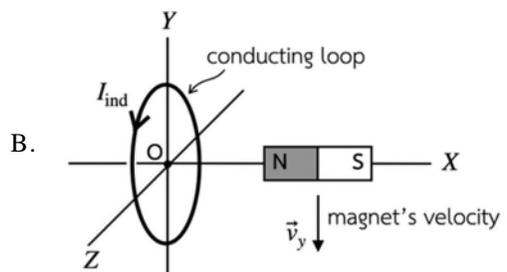
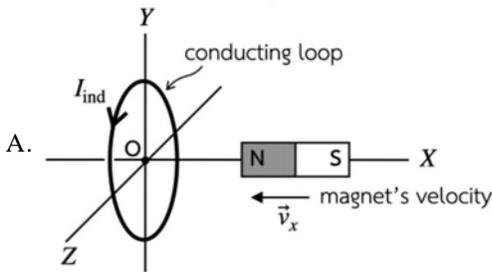
- A.  $\rho_C V_A g$
- B.  $(1/2) \rho_A V_A g$
- C.  $(1/2) \rho_B V_A g$
- D. 資訊不足

5. 兩個相同的 LED 依電路圖連接。每個 LED 需要 10.0 mA 的電流和 1.20 V 的電位差才能正常運作。計算此電路在上述工作條件下的電阻器 R 的阻值為何？

- A. 330  $\Omega$
- B. 390  $\Omega$
- C. 660  $\Omega$
- D. 780  $\Omega$



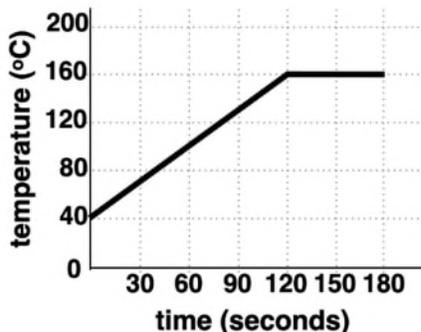
6. 選出導電迴路(conducting loop)中感應電流  $I_{ind}$  方向顯示不正確的圖。圖中導電迴路都在  $y-z$  平面且電流由正  $x$  軸看去為逆時針方向。磁鐵的速度(magnet's velocity)亦顯示在圖中。



7. 長方形水池寬 4.30 米，深 5.00 米，注滿水至池頂。 如圖所示，4.30 公尺的邊對齊東(East)西(West)向。 泳池位於赤道附近，中午太陽光的方向(sunlight direction)直射頭頂。 已知水的折射率  $n$  為 1.33，池底大約什麼時間會開始完全被陰影遮蔽？

- A. 下午 3:00pm
- B. 下午 3:30pm
- C. 下午 4:00pm
- D. 下午 4:30pm

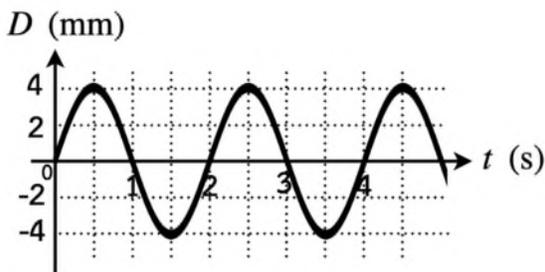
8. 一個隔熱容器裝有 200 克固體熱塑性塑膠。以 400 J/s 的速率穩定向熱塑性塑膠提供熱量 180 s。測量並隨時(time)記錄熱塑性塑膠的溫度(temperature)，結果如下圖所示。考慮下列敘述,哪些正確？



- I. 此熱塑性塑膠的比熱為 2.00 kJ/(kg·K)。
- II. 此熱塑性塑膠的熔點為 160 °C。
- III. 120 秒後，容器中的熱塑性塑膠僅有液態。
- IV. 此熱塑性塑膠的熔化潛熱為 12.0 kJ/kg。

- A. 僅 I 和 II
- B. 僅 II 和 III
- C. I, II 和 IV
- D. I, II 和 III

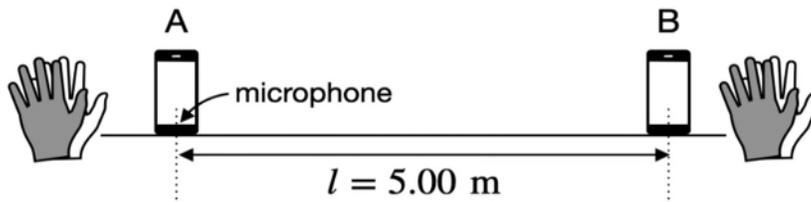
9. 下圖顯示以 5.0 cm/s 的速度，沿+x 方向行進的波，在  $x = 0.0\text{cm}$  處的介質位移(D)對時間(t)的函數。求該波的波長為何？



- A. 2.0 cm
- B. 5.0 cm
- C. 8.0 cm
- D. 10 cm

10. 智慧型手機可作聲學秒錶。測量麥克風(microphone)接收的兩個連續聲音事件間的時間間隔：當第一個聲音脈衝到達麥克風時開始計時，並在偵測到第二個聲音脈衝時停止計時。

在測量空氣中聲速 ( $v = 340 \text{ m/s}$ ) 的實驗中，將兩台處於聲學秒錶模式的智慧型手機放置在一起，麥克風的間距為  $l = 5.00 \text{ m}$ ，如下圖所示。在測量過程中，一名學生在手機 A 的麥克風旁拍手，幾秒鐘後，另一名學生在手機 B 的麥克風旁拍手。每次拍手都會觸發兩部手機，但由於聲音傳送所需的時間不同，造成拍手聲音的觸發時間不同。下列何者可能是正確的手機 A 和手機 B 讀數？



- A. 手機 A: 0.0147 s, 手機 B: 0.0147 s
- B. 手機 A: 2.0147 s, 手機 B: 2.0000 s
- C. 手機 A: 3.1000 s, 手機 B: 3.1294 s
- D. 手機 A: 2.1294 s, 手機 B: 2.1000 s

11. 使用表中的數據以回答問題。

| 指示劑 | 25°C 下指示劑的 $K_A$ 值   | 顏色變化<br>(酸型到鹼型) |
|-----|----------------------|-----------------|
| 溴酚藍 | $1.4 \times 10^{-4}$ | 黃 → 藍           |
| 溴酚綠 | $2.1 \times 10^{-5}$ | 黃 → 藍           |

當酸型與鹼型的比例大於 25:1 時，溴酚藍和溴甲酚綠的顏色均呈現黃色，當鹼型與酸型的比例大於 5:1 時，則顏色變成藍色。兩個指示劑於 25:1 和 5:1 對應比例之間的 pH 值呈綠色。如果溴甲酚綠溶液呈現綠色，在此 pH 值下的溴酚藍溶液呈現何種顏色？

- A. 藍
- B. 綠
- C. 黃 或 綠
- D. 綠 或 藍

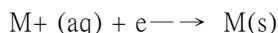
12. 在標準狀態下，觀察現象如下：

- i. 金屬 M 溶於  $H_2SO_4(aq)$  中，但不溶於  $HCl(aq)$  中。
- ii. 金屬 M 可取代  $Ag^+(aq)$ ，但無法取代  $Sn^{4+}(aq)$ 。

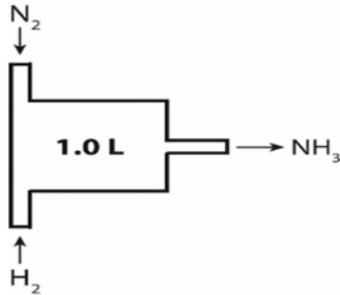
已知

|  |               |                                     |  |
|--|---------------|-------------------------------------|--|
| $2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$                    | $\rightarrow$ | $\text{H}_2$                        | $E^\circ_{\text{還原}} = 0.00 \text{ V}$ |
| $\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^-$                 | $\rightarrow$ | $\text{Sn}^{2+}$                    | $E^\circ_{\text{還原}} = 0.13 \text{ V}$ |
| $\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ | $\rightarrow$ | $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | $E^\circ_{\text{還原}} = 0.20 \text{ V}$ |
| $\text{Ag}^+ + \text{e}^-$                     | $\rightarrow$ | $\text{Ag}$                         | $E^\circ_{\text{還原}} = 0.80 \text{ V}$ |

估計此半反應的 $E^\circ_{\text{還原}}$ ：

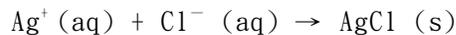


- A.  $V < E_0$
- B.  $V < E_0 < 0.13 \text{ V}$
- C.  $0.13 \text{ V} < E_0 < 0.20 \text{ V}$
- D.  $0.20 \text{ V} < E_0 < 0.80 \text{ V}$
13. 金屬銀樣品 0.5 克由兩種不同的來源獲得。來源一具有兩類穩定的同位素， $^{107}\text{Ag}$  (106.91 g/mol) and  $^{109}\text{Ag}$  (108.90 g/mol)，其同位素豐度各別為 51.84%和 48.16%。來源二亦含  $^{107}\text{Ag}$  (106.91 g/mol) and  $^{109}\text{Ag}$  (108.90 g/mol)之同位素，其豐度各別為 44.80%和 55.20%。如果金屬銀樣品中同位素比 ( $^{107}\text{Ag}$ :  $^{109}\text{Ag}$ ) 為 1:1，試計算此金屬銀樣品中來源二的質量百分比。
- A. 12%
- B. 26%
- C. 32%
- D. 51%
14. 假設反應器初始於真空，依據下述條件下再通入  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2$ ，其中  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2$ 的流速各別固定在 2.0g/min 和 0.43g/min。反應器中一旦累積到 8.4 克  $\text{N}_2$ ，氨就便會被選擇性地以恆定速率由反應器中移除，藉此維持反應器中的化學平衡。若於此溫度下的反應平衡常數  $K_c$  為 3.0，於達到平衡後的任一個時間點下，有多少克的氨氣存在於反應器中？（涉及的反應式為  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ ）



- A. 4.8 g
- B. 8.4 g
- C. 10 g
- D. 14g

15. 學生配製 1.0 M 的  $\text{PtCl}_4 \cdot 5\text{NH}_3$  溶液。此生首先測試了此溶液的電導率，其導電性能相當於 4.0 M 的離子溶液電導率。學生以銀離子溶液 1.5 M 滴定 10.00 cm<sup>3</sup> 1.0 M  $\text{PtCl}_4 \cdot 5\text{NH}_3$  溶液，共使用 20.00 cm<sup>3</sup> 1.5 M  $\text{Ag}^+$  達到終點。進行此滴定實驗是用來決定溶液中的  $\text{Cl}^-$  的含量。



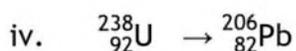
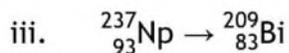
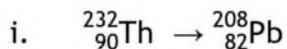
所配製的  $\text{PtCl}_4 \cdot 5\text{NH}_3$  溶液中，哪些是可能存在的物質？

- A.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{3+} (\text{aq}) + 3\text{Cl}^- (\text{aq})$
- B.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4] (\text{aq}) + 3\text{NH}_3 (\text{aq})$
- C.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5]^{4+} (\text{aq}) + 4\text{Cl}^- (\text{aq})$
- D.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^{2+} (\text{aq}) + 2\text{Cl}^- (\text{aq}) + \text{NH}_3 (\text{aq})$

16. 元素 X 位於周期表的第三週期。元素 X 的游離能數據大小依次如下：IE1 = 1012 kJ/mol, IE2 = 1907 kJ/mol, IE3 = 2914 kJ/mol, IE4 = 4964 kJ/mol, IE5 = 6274 kJ/mol, IE6 = 21268 kJ/mol, and IE7 = 25431 kJ/mol。下列何者正確？

- A. 該元素的氯化物可能具有  $\text{XCl}_6$  的分子式。
- B. 該元素 X 其中一個氧化物的化學式可能是  $\text{X}_4\text{O}_{10}$ 。
- C. 元素 X 的任何氧化物的水溶液會使紅色石蕊試紙變成藍色。
- D. 基態原子的電子組態中只具有一個未成對電子。

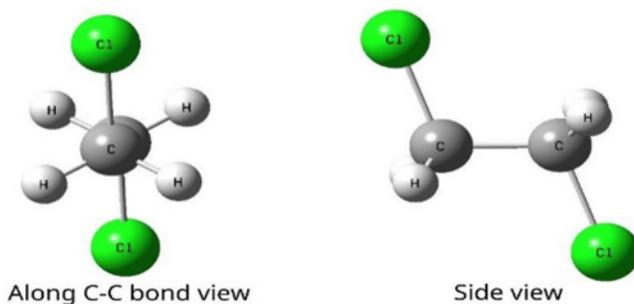
17. 假設在以下的自然放射性衰變鏈中，僅有  $\alpha$  ( ${}^4_2\text{He}$ 核)與  $\beta^-$  ( $e^-$  電子)粒子會被釋放出來：



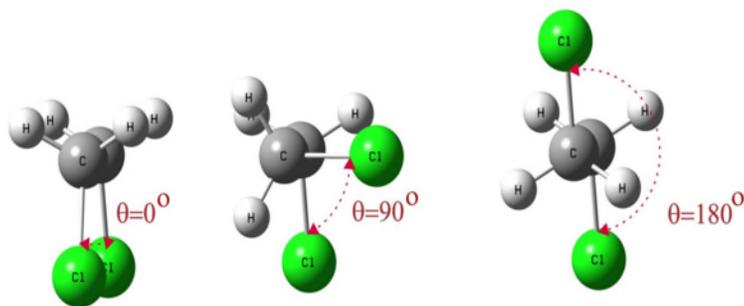
以下何者選項釋放出最少的  $\alpha$  及最多的  $\beta^-$  粒子 (beta 衰變:  $n \rightarrow p^+ + e^-$ )

- A. i and ii  
 B. iii and iv  
 C. i and iv  
 D. ii and iii

18. 1,2-二氯乙烷，又稱乙烯二氯乙烷 (EDC)，是製造聚氯乙烯 (PVC) 所需的氯乙烯之前驅物，其結構如下所示。



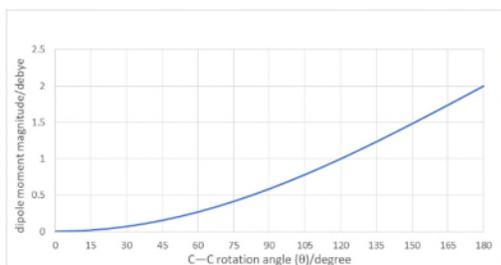
在 EDC 中，碳-碳 (C—C) 鍵可近乎自由旋轉。可將其想像為一個  $\text{CH}_2\text{Cl}$  基團固定不動，另一個  $\text{CH}_2\text{Cl}$  基團繞著 C—C 軸旋轉。下圖顯示分子結構隨著 C—C 旋轉角度 ( $\theta$ ) 的變化 (沿 C—C 鍵軸的角度觀察)。



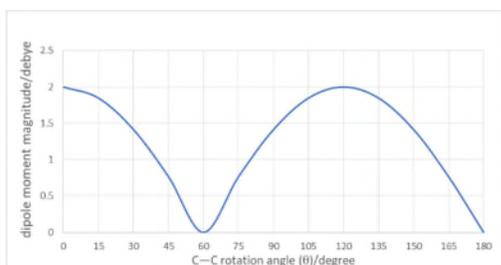
偶極矩是衡量分子極性程度的定量測量。分子的偶極矩可以從鍵極性之向量加總計算得出。

何者為偶極矩大小與 C—C 旋轉角度 ( $\theta$ ) 函數之間的正确圖形？

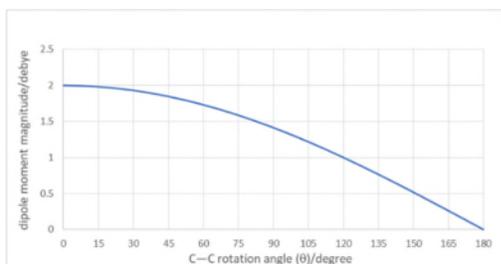
A.



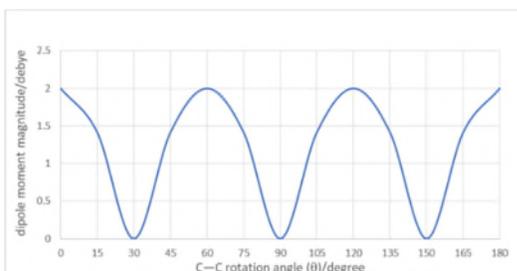
B.



C.



D.



【待 續】