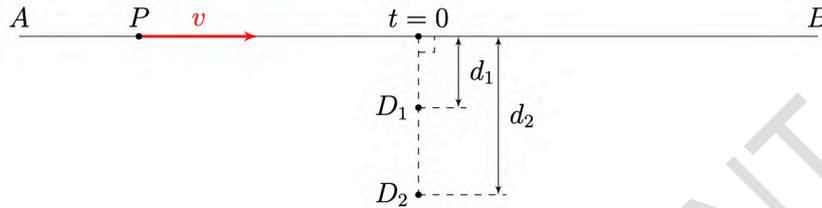
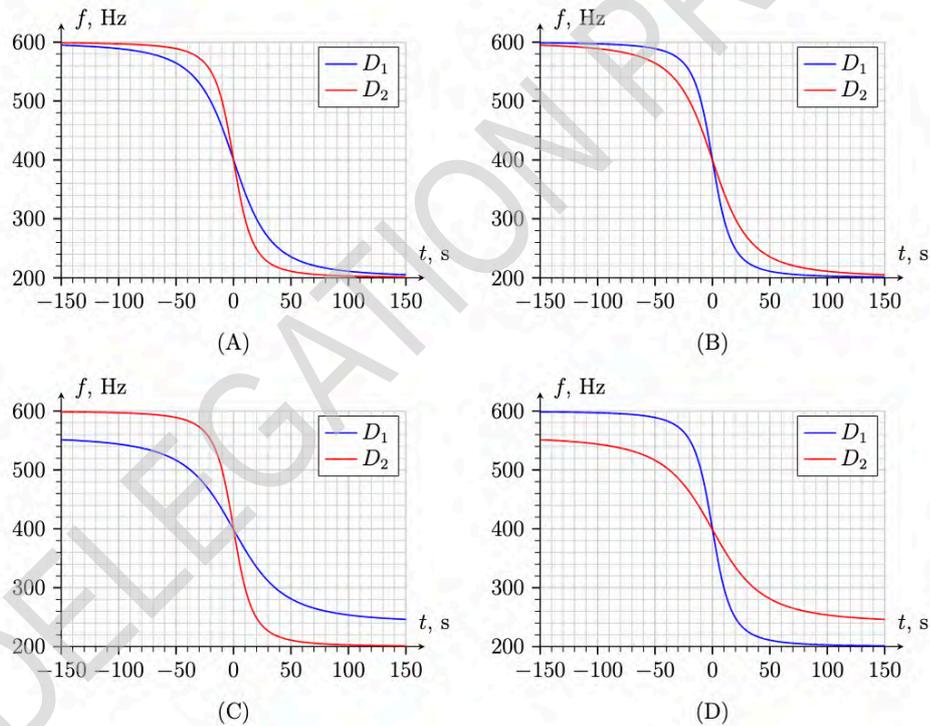


P.1 在飛行測試中，飛機 P 沿直線 AB 以等速度 $v < c$ 運動，其中 c 為聲速。飛行過程中，飛機以固定的頻率發出聲音訊號。測試期間，由兩個偵測器 D_1 和 D_2 測量聲音頻率。這兩個偵測器分別位於直線 AB 的垂直方向上，與直線 AB 的距離分別為 d_1 和 $d_2 > d_1$ (見圖)。



選擇正確的頻率 f 隨時間 t 變化關係圖。飛機與偵測器距離最短的時刻被視為時間原點 $t = 0$ 。藍色曲線對應偵測器 D_1 ，紅色曲線對應偵測器 D_2 。



- A. 圖 (A)
- B. 圖 (B)
- C. 圖 (C)
- D. 圖 (D)

- P.2** 指尖陀螺是一種有趣的旋轉玩具。陀螺中心有一個軸承，周圍呈放射狀排列著幾個帶有配重的葉片。在提供的影片中，可以觀察到陀螺一開始快速旋轉。該影片是用智慧型手機相機以每秒 30 幀的畫面拍攝的。影片中當 $t = 48$ 秒時，陀螺的旋轉週期 T 是多少？觀看影片並選擇最接近的答案。



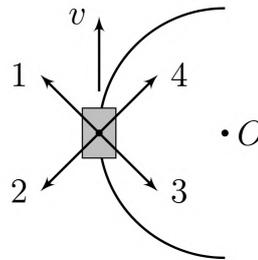
影片

- A. $T \approx 0.033$ s;
 B. $T \approx 0.1$ s;
 C. $T \approx 0.2$ s;
 D. $T \approx 0.4$ s.

- P.3** 在裝滿水的魚缸有一隻蝸牛附著的鉛直壁上。蝸牛的身體與玻璃之間沒有空氣；蝸牛與玻璃間乾接觸面的面積為 S ，已知蝸牛的體積為 V 。蝸牛的重心位於水面下深度 h 。水的密度為 ρ_0 ，自由落體加速度為 g ，大氣壓力為 p_0 。忽略接觸面上的靜水壓力變化。求水對蝸牛施加的總力。

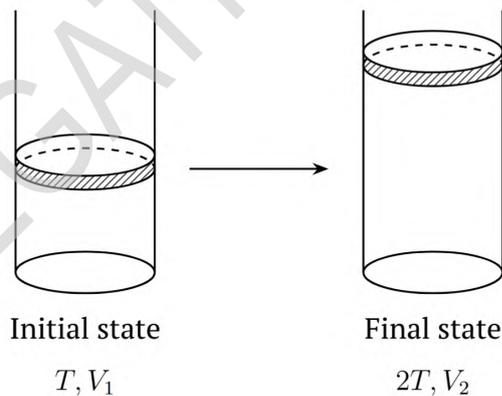
- A. $F = \rho_0 g V$;
 B. $F = \rho_0 g V - \rho_0 g h S$;
 C. $F = \sqrt{(\rho_0 g V)^2 + (\rho_0 g h S)^2 + (p_0 S)^2}$;
 D. $F = \sqrt{(\rho_0 g V)^2 + ((\rho_0 g h + p_0) S)^2}$.

- P.4** 一輛汽車沿著半徑為 R 的圓弧順時針移動。汽車沿著圓弧運動過程中速率逐漸增加。在汽車密封的車廂內，一個氦氣球用一條輕質、不可伸長的繩子綁在地板上。當靜止時，氣球不會接觸地板或天花板。求運動時氣球相對於其靜止狀態可能會往哪個方向傾斜（見圖）：



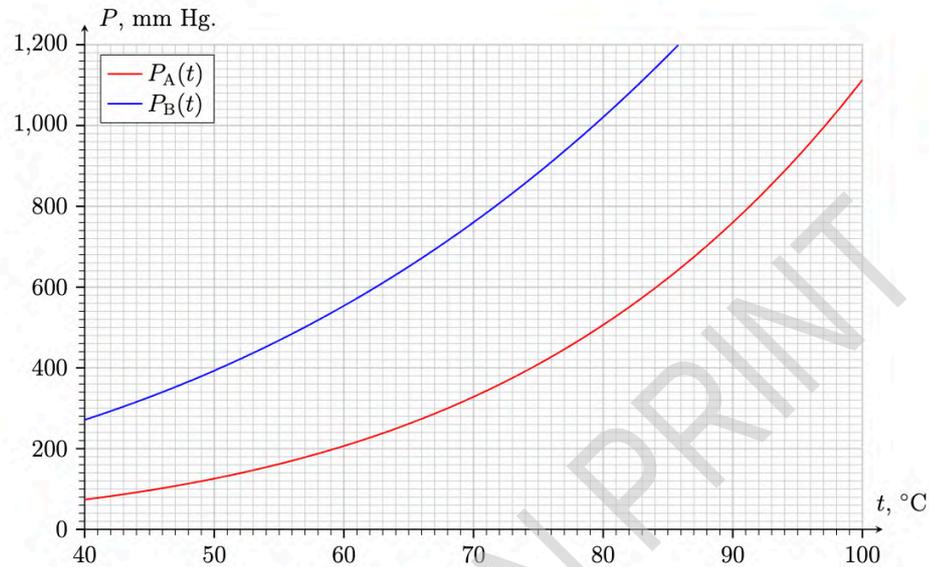
- A. 方向 1;
B. 方向 2;
C. 方向 3;
D. 方向 4。

- P.5** 在一個圓柱形容器中，活塞可自由移動，容器內裝有二氧化碳。當氣體的絕對溫度加倍時，一半初始的二氧化碳分子會分解成一氧化碳 (CO) 和氧氣。假設活塞緩慢移動且無摩擦，求氣體體積增加了多少倍。所有氣體均可視為理想氣體。



- A. 1.5 倍;
B. 2.5 倍;
C. 3 倍;
D. 4 倍。

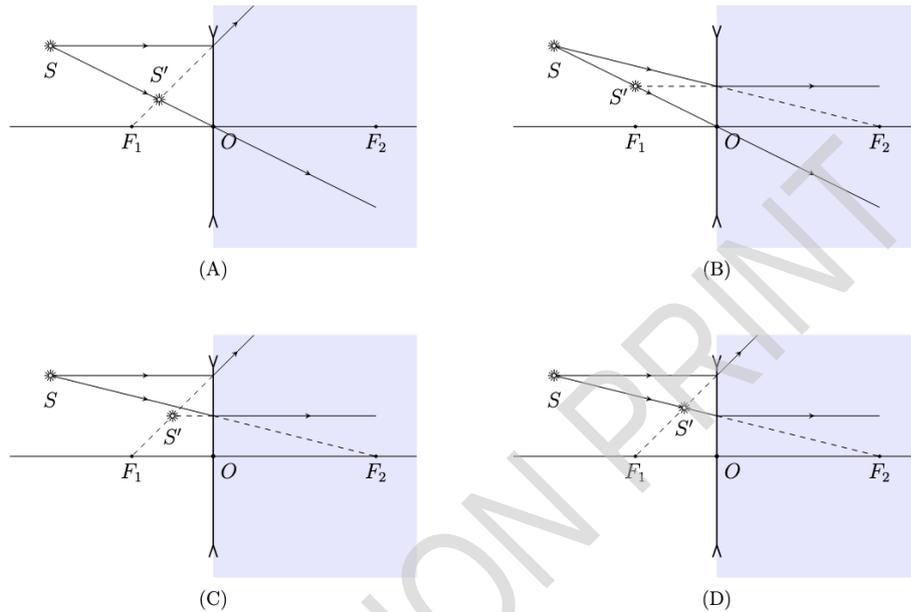
P.6 下圖顯示了兩種互不相溶液體 A 和 B 之飽和蒸汽壓隨溫度變化的曲線圖。



沸騰是指液體飽和蒸氣壓等於外部壓力時所發生的現象。如果兩種液體置於同一容器中，加熱時將從它們的介面開始沸騰。已知空氣壓力為 760 mmHg，求混合物的沸點。忽略靜流體壓力。

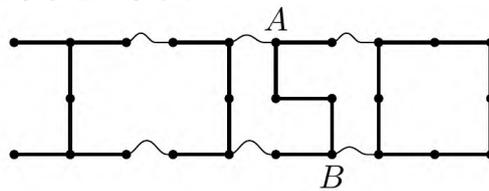
- A. 60 °C;
- B. 70 °C;
- C. 80 °C;
- D. 90 °C

P.7 一個薄發散透鏡位於兩種折射率不同的介質 (n_1 和 n_2 ，其中 $n_1 \neq n_2$) 的邊界上。由於折射率不同，此透鏡的前和後的焦距不相等。圖 A-D 顯示了點光源 S 的幾種可能的成像方式。請選擇正確的成像方式。



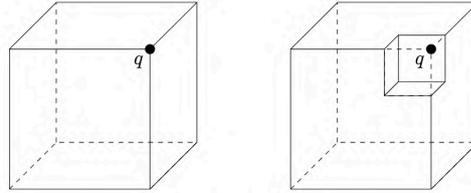
- A. 圖 (A)
- B. 圖 (B)
- C. 圖 (C)
- D. 圖 (D)

P.8 求圖中所示金屬絲網在接點 A 和 B 之間的電阻。在兩個接點間之金屬絲的電阻為 R 。連接字母 I、J、S、O 之間的導線電阻均為零。



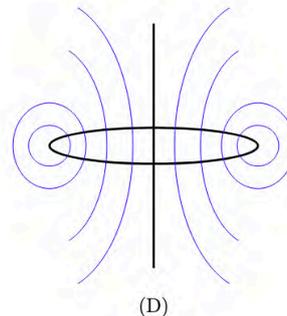
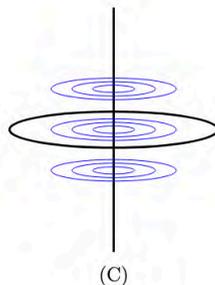
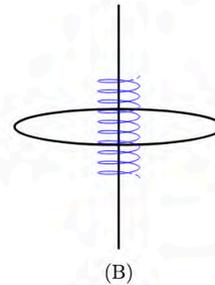
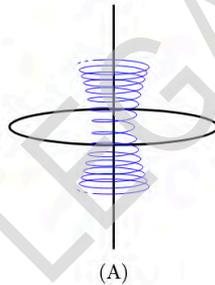
- A. $3R$
- B. $\frac{15}{17}R$
- C. $\frac{17}{15}R$
- D. $\frac{15}{11}R$

- P.9** 一個正點電荷 q 被固定在邊長為 a 、體電荷密度 $\rho > 0$ 之均勻帶電立方體的頂點。此時電荷自靜止釋放，它在無窮遠處的速率為 v_1 。重複實驗，但從原始立方體上移除一個邊長為 $a/3$ 的小立方體，此小立方體位於此電荷所在的頂點附近（見圖）。如果從相同位置自靜止釋放此電荷，那麼它在無窮遠處的速度 v_2 為何？



- A. $v_2 = \frac{8}{9}v_1$;
 B. $v_2 = \sqrt{\frac{2}{3}}v_1$;
 C. $v_2 = \frac{2\sqrt{2}}{3}v_1$;
 D. $v_2 = \frac{2}{3}v_1$.

- P.10** 一條無限長的直導線垂直穿過圓環中心。直導線中有電流 $I_1 \geq 0$ ，圓環中有電流 $I_2 \geq 0$ 。請選擇在下圖中所示的磁力線（藍色線條），哪一個是不可能發生的。



- A. Fig. (A)
 B. Fig. (B)
 C. Fig. (C)
 D. Fig. (D)

C.1 辛烷值是引擎燃料性能的指標，它表示燃料的抗爆性。辛烷值是基於一個標度，其中 2,2,4-三甲基戊烷（異辛烷）為 100（爆震最小），庚烷為 0（爆震最大）。1921 年，湯瑪斯·米奇利發現添加四乙基鉛（ $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ，TEL）可以提高辛烷值。目前，大多數國家已逐步停止使用它，主要原因是會阻礙觸媒轉換器，並導致空氣中鉛含量升高。空氣中鉛原子的最大允許濃度（MPC）為 $0.01 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。1.0 升的辛烷值 93 汽油約含 0.8 克 TEL。假設燃燒 0.5 公升上述燃料會產生 6.0 m^3 的氣態產物。在相同條件下測量所有氣體的體積。估算氣態產物中鉛原子濃度超過空氣中鉛最大允許濃度（MPC）是的幾倍。

- A. 8500
- B. 4300
- C. 6600
- D. 3300

C.2 在相同條件下（ $P = 1 \text{ atm}$ ），求下列化合物沸點由低到高的排列。

- 1) hydrogen chloride HCl (T_1)
- 2) methane CH_4 (T_2)
- 3) water H_2O (T_3)
- 4) heavy water D_2O (T_4)

- A. $T_2 < T_1 < T_3 < T_4$
- B. $T_2 < T_1 < T_4 < T_3$
- C. $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$
- D. $T_2 < T_3 < T_4 < T_1$

- C.3 A 和 B 是氣態雙原子分子形式的元素。在標準溫度和壓力下，反應 $A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB(g)$ 的能量變化可以用下圖所示的位能曲線（圖 1）表示。求在相同條件下 AB 分解為 A_2 和 B_2 的莫耳焓變化量 ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

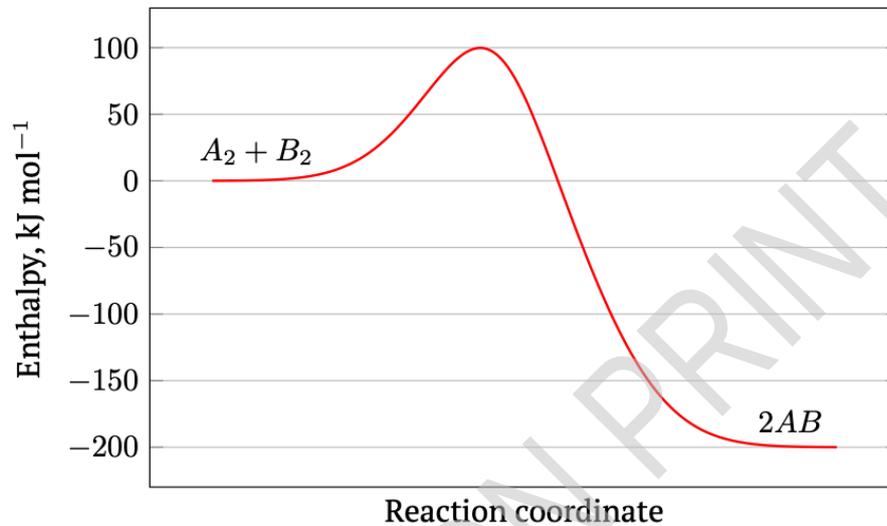


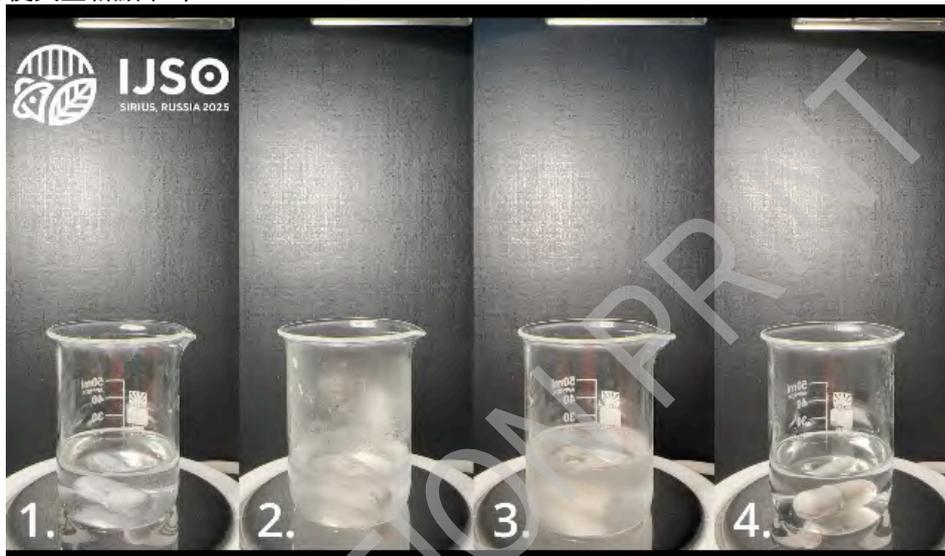
圖 1. 位能圖

- A. -100
B. +100
C. -200
D. +200

- C.4 將下列酸的第一解離常數 (K_{a1}) 由大到小排列。
1) fluorosulfonic acid (HSO_3F)
2) chlorosulfonic acid (HSO_3Cl)
3) methanesulfonic acid (HSO_3CH_3)
4) sulfurous acid (H_2SO_3)

- A. 1, 2, 3, 4
B. 3, 4, 1, 2
C. 4, 1, 3, 2
D. 4, 3, 1, 2

- C.5** 一學生透過觀察四種電解質（各 0.05 mol）在相同條件下完全溶解於蒸餾水時的變化，定性地估計它們的莫耳溶解焓。以下影片展示了四個實驗結果。在 298 K 時，物質 1、2、3 和 4 莫耳溶解焓值 (molar enthalpy of solution values) 由低到高排列時，正確順序為何？（觀看影片時，您可以使用滑桿。點擊並拖曳滑桿上的控制鈕即可快轉或倒退，或者使用遊標點擊影片中的某個點即可跳到對應部分，如果控制按鈕被隱藏，請將遊標移至影片上方使其重新顯示。)



影片 1.

- A. 4, 2, 3, 1
 B. 4, 2, 1, 3
 C. 3, 1, 2, 4
 D. 1, 3, 2, 4

- C.6** 碘化鉀與硫酸銅 (II) 的氧化還原反應可用來測定溶液中銅的濃度，此反應會產生碘化亞銅沉澱 ($K_{sp} = 1.27 \cdot 10^{-12}$)，過量的碘離子會溶解沉澱，形成可溶性錯合物，例如 $[\text{CuI}_2]^-$ ，以下反應： $\text{Cu}^+_{(aq)} + 2\text{I}^-_{(aq)} \rightleftharpoons [\text{CuI}_2]^-_{(aq)}$ 的平衡常數 (K_{stab}) 為 $5.75 \cdot 10^8$ ，計算完全溶解 0.95g 碘化亞銅所需的最小溶液體積（以 L 為單位），溶液中含有重量百分比為 20% 的碘化鉀 ($\rho = 1.166\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)。忽略歧化反應。假設碘化亞銅化合物只以 CuI 和 $[\text{CuI}_2]^-$ 的形式存在，不生成其他化合物。

- A. 4.88
 B. 5.67
 C. 6.40
 D. 6.83

C.7 電極間的電位差是由其表面發生的各種化學反應所產生的。因此，電極電位的大小受反應物濃度和溫度的影響。對於氯化亞鐵溶液中的鐵電極，其電位差可由能斯特方程式決定：

$$E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}(T) = E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0(T) + \frac{RT}{2F} \ln[\text{Fe}^{2+}],$$

其中 $E^0(T)$ 隨著溫度升高而升高。

架設下列電池：溫度為 298 K，將鐵電極分別置於盛有 1 M 氯化亞鐵溶液的燒杯中，並連接至電流計（圖 2）。用兩端塞有棉塞的玻璃管連接兩個燒杯，玻璃管內裝有 2 M KCl 溶液。隨後，用加熱板將盛有電極 1 的燒杯溫度升高至 318 K。電解池在此模式下運作 4 小時後，取出電極，乾燥並稱重。請選擇正確描述實驗觀察結果的選項。

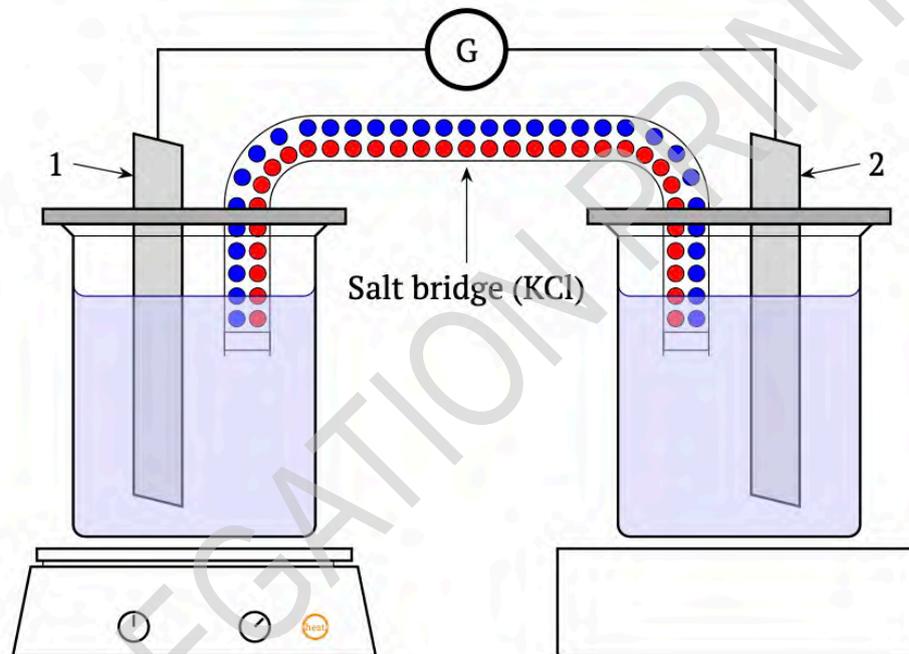


圖 2. 伏打電池

- A. 電極 1 的質量上升，電極 2 的質量下降
- B. 電極 1 的質量下降，電極 2 的質量上升
- C. 兩個電極的質量均上升
- D. 兩個電極的質量均下降

- C.8 一位學生欲測定酸的解離常數 K_a 來鑑定一元酸 HA，利用滲透現象，這種現象廣泛存在於自然界，特別是在生物系統中，並可用范特霍夫定律描述： $\Pi = CRT$ ，其中 Π 是滲透壓 (Pa)； C 是溶質的莫耳濃度 ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$)。在實驗中，將 100 mL 蒸餾水注入直徑為 1 cm 的 U 形管 (圖 3) 的左臂，U 形管的兩臂之間用僅透水膜隔開，同時，將 100 mL 0.001 M 的 HA 溶液加入右臂，達到平衡後，右臂中的液面比左臂高 26 cm，實驗在 25°C 下進行，假設溶液的密度等於水的密度，求未知酸的解離常數 K_a 。

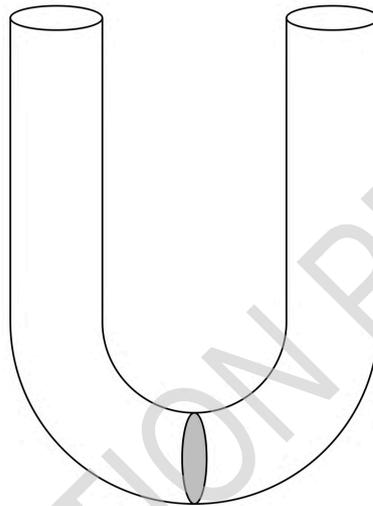


圖 3：帶有薄膜的空 U 型管。

- A. $6.76 \cdot 10^{-5}$
B. $1.90 \cdot 10^{-5}$
C. $7.59 \cdot 10^{-7}$
D. $4.37 \cdot 10^{-6}$

C.9 一位學生使用自製 pH 計，對某個一元酸溶液與未知濃度的氫氧化鉀溶液進行了電位滴定，繪製了以下圖表：校正曲線（圖 4）和滴定曲線（圖 5），計算達到當量點後溶液的 pH 值。

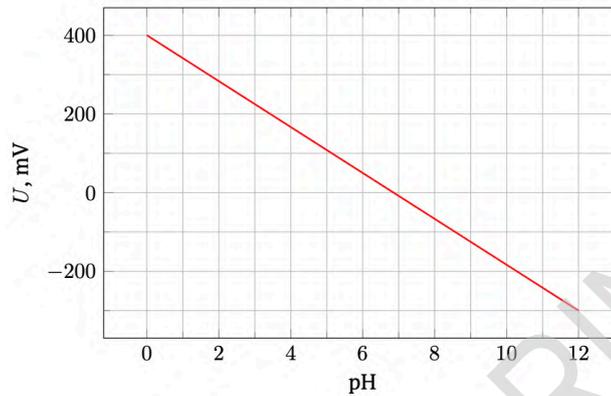


圖 4：校正曲線

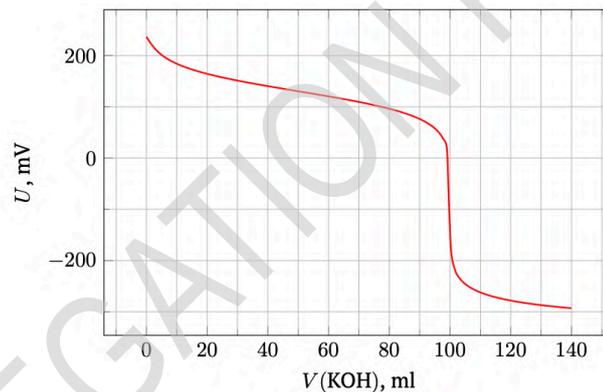


圖 5：滴定曲線

- A. 8.7
B. 7.0
C. 12.0
D. 4.8

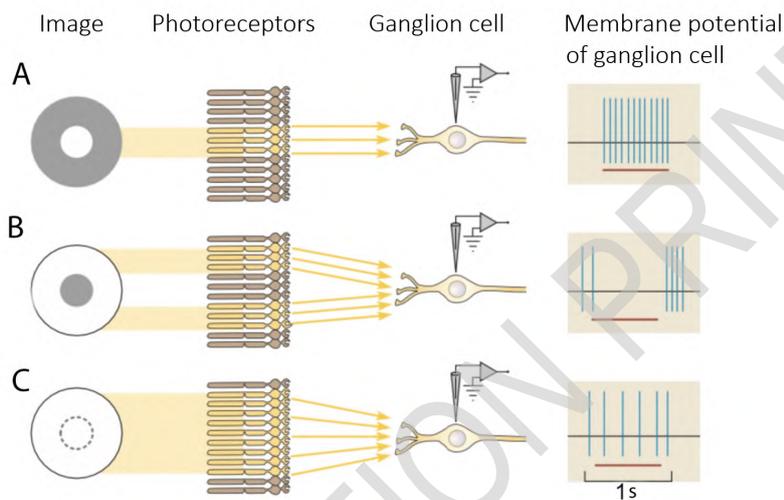
C.10

在下列核反應圖中，選擇缺少的費米子之正確順序（費米子的符號：e—電子，p—質子，n—中子）。

- 1) $^{40}\text{K} + \dots \rightarrow ^{40}\text{Ar}$
- 2) $^7\text{Li} + \dots \rightarrow 2^4\text{He}$
- 3) $^{14}\text{N} + ^4\text{He} \rightarrow ^{17}\text{O} + \dots$
- 4) $^6\text{Li} + \dots \rightarrow ^3\text{H} + ^4\text{He}$

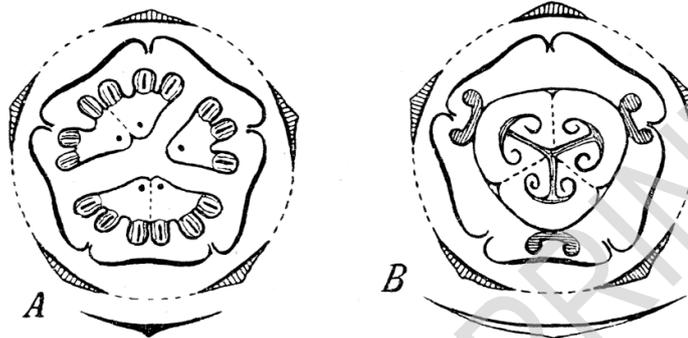
- A. e, p, n, p
B. p, n, p, n
C. e, p, p, n
D. e, e, p, n

- B.1** 人類的視網膜由多種特化細胞所組成。感光細胞 (photoreceptor cell) (如視桿細胞和視錐細胞) 產生“輸入訊號”，將光訊號轉化為神經衝動；而神經節細胞 (ganglion cell) 在視網膜處理視覺訊息後，產生“輸出訊號”。感受區由一群感光細胞組成，它們將訊息傳遞給單一的神經節細胞。根據所提供的圖示，哪個因素最能解釋情況 (A)、(B) 和 (C) 中，神經節細胞反應的差異？



- A. 與感受區內是否有視錐細胞及視桿細胞有關
- B. 感受區的中心區域和周圍區域，對光照產生相反的反應
- C. 神經節細胞軸突中，具有不同的傳導速度
- D. 長時間的刺激導致了興奮閾值升高

- B.2** 噴瓜 (*Ecballium elaterium*) 的性別是由單一基因決定，該基因存有三種等位基因 (alleles) 形式： a^D 、 a^+ 和 a^d 。其中 a^D 等位基因對另二個等位基因具有顯性，並會促成雄株植物的發育。 a^+ 等位基因對 a^d 等位基因具有顯性，會促成雌雄同株植物的發育，使植物既能開雄花也能開雌花。 a^d 等位基因對其他二個等位基因都是隱性，它會促成雌株植物的發育。



噴瓜的雄花 (A) 和雌花 (B) 之示意圖

下列何種基因型的噴瓜不會存在於自然界中？

- A. $a^D a^D$
 B. $a^+ a^+$
 C. $a^D a^d$
 D. $a^+ a^d$

B.3 根據共生起源理論 (theory of symbiogenesis) ，高等植物和藻類的色素體 (plastids) 起源於原核生物祖先。圖 1 為各種藻類的演化樹圖，圖中的四種生物分別以字母 A-D 標記。圖 2 不按順序地顯示了這四種生物。請將這四種生物與演化樹圖上的字母對應生物進行正確的配對。

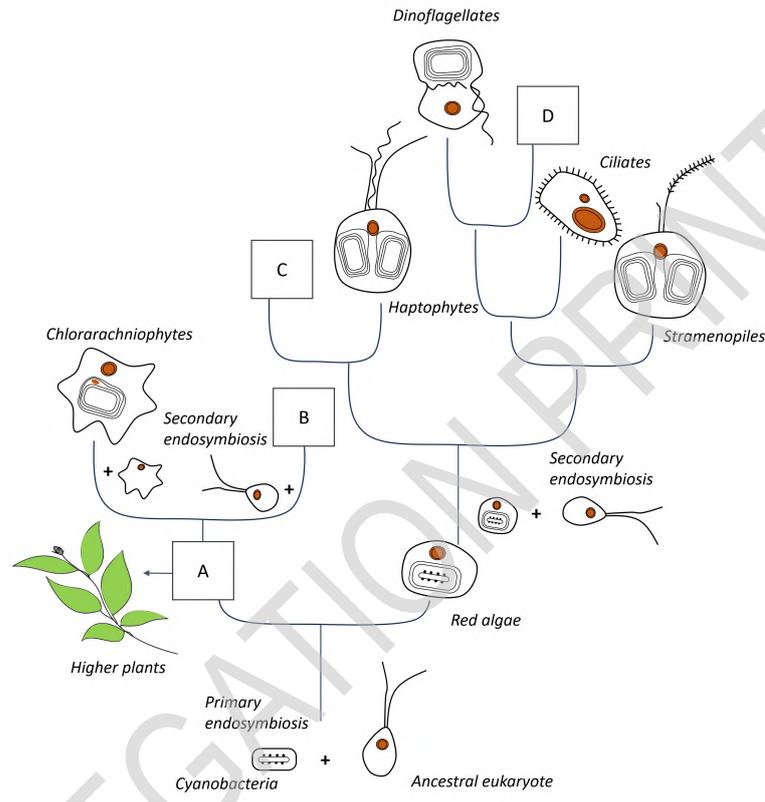


圖 1

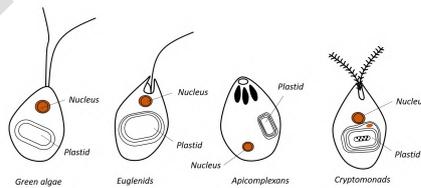
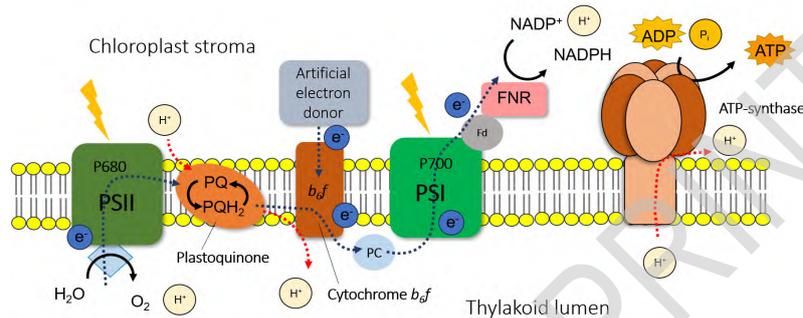


圖 2

- A. (A) 頂複門生物 Apicomplexans ; (B) 眼蟲 Euglenids ; (C) 綠藻 Green algae ; (D) 隱藻 Cryptomonads
 B. (A) 綠藻 ; (B) 隱藻 ; (C) 頂複門生物 ; (D) 眼蟲
 C. (A) 綠藻 ; (B) 眼蟲 ; (C) 隱藻 ; (D) 頂複門生物
 D. (A) 眼蟲 ; (B) 隱藻 ; (C) 頂複門生物 ; (D) 綠藻

- B.4** 葉綠體的電子傳遞鏈 (ETC) 利用光能產生質子梯度，隨後用於 ATP 合成。細胞色素 b_6f 複合體 (cytochrome b_6f complex) 在這過程中扮演關鍵角色。ETC 中的電子載體之一的質體醌 (PQ) 可扮演「質子幫浦」的作用，因為當它接受電子時，會從葉綠體基質 (stroma) 中接收質子 (H^+)；而當它將電子傳遞給細胞色素 b_6f 複合體時，則會將這些質子釋放到類囊體腔 (thylakoid lumen) 中。



想像一下，在一項使用分離的類囊體之實驗中，在實驗系統沒有接受光照前，光系統 II 和質體醌的功能首先被加以「阻斷」。然後，在培養基中添加了一種還原態的人工電子供體，該供體能將電子不經過質體醌，而直接傳遞給細胞色素 b_6f 複合體，隨後該實驗系統才進行光照。

根據上圖，在此條件下，下列哪些事件會顯著減少？

- A. 電子由細胞色素 b_6f 複合體傳遞至光系統 I (PS I)
- B. 葉綠素的吸光
- C. ATP 的合成
- D. $NADP^+$ 還原為 $NADPH$

- B.5** 在一個炎熱、晴朗的日子裡，葉片會很旺盛的進行光合作用。讓我們思考一下，二氧化碳分子 (CO_2) 從氣孔擴散至葉片內部，再到葉綠體的過程，以及氧氣分子 (O_2) 從葉綠體擴散到氣孔的過程。擴散作用主要是發生在細胞間隙中。試問二氧化碳吸收和氧氣釋放的這兩個過程中，哪一個進行得較慢？為什麼？

- A. CO_2 的吸收會較慢，因為 CO_2 的分子量 (44 g/mol) 較 O_2 (32 g/mol) 的為大。
- B. O_2 的釋放會較慢，因為葉片中的氧濃度高，產生的滲透壓會阻礙氧氣的逸出。
- C. CO_2 的吸收會較慢，因為其向內移動會受到氧分子同時逆流的阻礙，而在活躍的光合作用條件下，這種逆流作用會更加強烈。
- D. 這兩個過程的速率相同，因為兩種氣體都通過相同的空氣通道運動，並遵循相同的擴散定律。

- B.6** 為了研究大腦皮質神經元對小鼠運動的影響，研究人員將一種含有光驅動陽離子通道基因的病毒注射到小鼠的運動皮質。注射後，研究人員植入了一條用於刺激的光纖。小鼠被放置在實驗場地中，並用攝影機記錄其運動情況。實驗開始時，小鼠可以在場地內自由活動，之後打開光纖中的光源。實驗結果如影片-1。
- 除了實驗組小鼠外，研究人員還使用了對照組小鼠——該小鼠被注射了一種不含光驅動陽離子通道基因的病毒。對照組的實驗結果如影片-2。請觀看這兩個影片並回答以下問題。



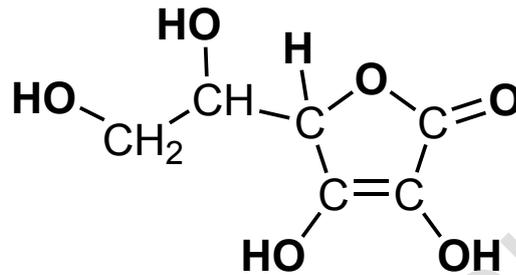
研究人員可以提出哪些假設，來解釋所得到的實驗結果？

- A. 刺激運動皮質的神經元，會啟動探索行為
- B. 被研究的這群神經元是抑制性的，它們透過突觸末端與抑制運動活動的神經元相連。
- C. 被研究的這組神經元是興奮性的，它們透過突觸末梢與抑制運動活動的神經元連結
- D. 在缺乏光驅動陽離子通道的情況下，運動皮質的神經元會對光有反應

- B.7** 科學家在小鼠大腦中發現了一種新的細胞群。他們進行了以下實驗：他們在小鼠體內注射了核苷酸的類似物-A。兩小時後，注射了第二種核苷酸的類似物-B。在新發現的細胞群中，他們發現 300 個細胞僅被類似物-A 所標記，而 100 個細胞會同時被兩種類似物所標記。
- 根據此實驗數據，判斷該細胞群的 DNA 合成期（S 期）之時間長度。

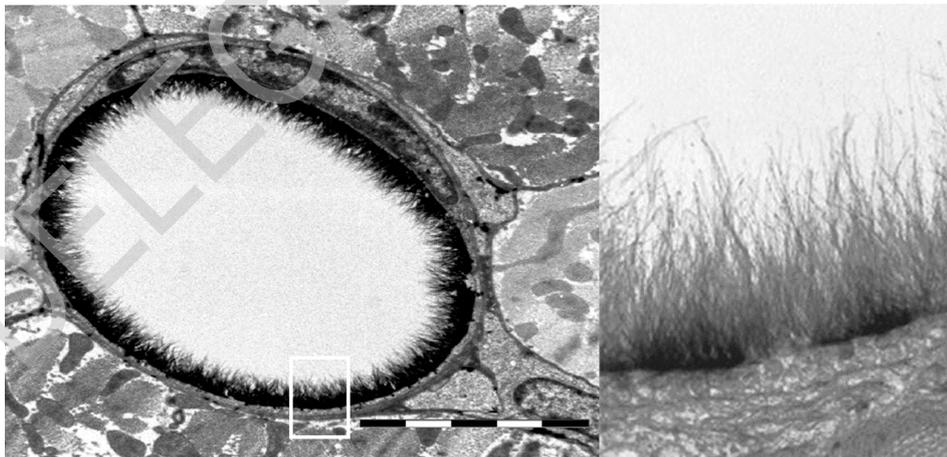
- A. 640 分鐘
- B. 160 分鐘
- C. 16 分鐘
- D. 480 分鐘

- B.8** 下圖為某物質的分子式，該物質無法在人體內合成，但卻是一些重要酵素反應所需的輔因子 (cofactor)。然而，許多他種哺乳動物能夠合成這種化合物。試問牠們是利用下列何者作為生成該物質的直接前驅物呢：



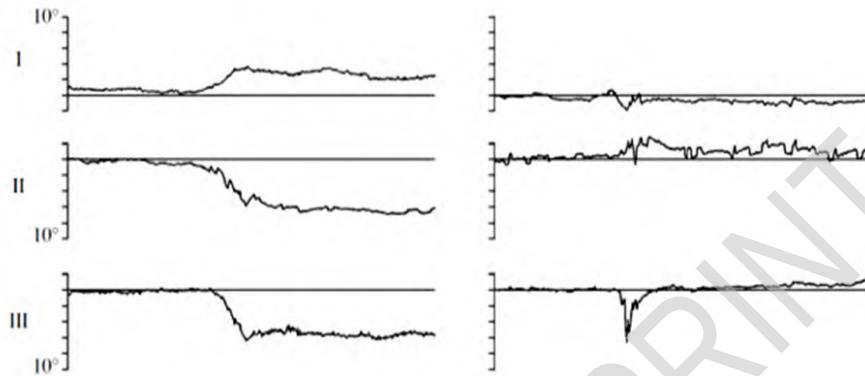
- A. 核苷酸
 B. 胺基酸
 C. 脂質
 D. 單醣

- B.9** 圖示為利用穿透式電子顯微鏡 (TEM) 獲得的微血管截面影像及其放大圖。比例尺為 2 微米 (2 micrometers)。影像顯示，微血管內壁覆蓋著長絲狀結構，其長度為構成微血管內壁細胞厚度的數倍。試問這些絲狀結構很可能為下列何者：



- A. 細胞外多醣 (extracellular polysaccharides)
 B. 基底層 (basal lamina)
 C. 膠原蛋白纖維 (collagen fiber)
 D. 細胞內的微管 (intracellular microtubules)

B.10 因國際太空站上的太空人常會遇到視覺聚焦的困難，為研究他們對頭部傾斜的反應，故利用視覺分析儀進行了如下實驗：



記錄太空人在地球（左圖）和太空中（右圖）向右肩傾斜頭部時的眼球運動。橫座標為時間（毫秒），縱座標為眼球旋轉角度（度數）。

I - 眼球垂直位移（「上-下」軸）；

II - 眼球水平位移（「左-右」軸）；

III - 眼球繞自身軸線的旋轉（「順時針/逆時針」軸）。

分析實驗數據，並回答下列哪一個敘述是正確的：

- A. 在失重狀態下，半規管的感受器停止運作
- B. 當頭部向右傾斜時，眼睛會逆時針旋轉
- C. 控制眼球運動的神經元位於脊髓
- D. 在失重狀態下，太空人在不移動頭部的情況下，僅憑眼睛追蹤物體會遇到困難