

理論題考試規則

1. 你**不可以**攜帶任何個人物品進入試場，除了水壺、個人所需要的醫藥用品或被認可的個人醫療設備。
2. 你必須坐在指定的位置，並且必須始終確保攝影機/監考人員能夠清楚地看到你。
3. 檢查大會提供的文具（筆、計算機、計算紙、草稿紙）。
4. 在“START”的訊號出現之前**不可以**開始作答。
5. 在考試期間，你**不可以**離開考場，除非有緊急狀況並在監考人員的陪同之下。
6. 如果你需要去上廁所，請舉起你的手。
7. **不可以**干擾其他競賽者，若需要協助請舉手並且等待指導委員來協助。
8. **不可以**討論試題。你必須留在你的位置上，直到考試結束，即使你已經完成作答。
9. 考試時間終了的時候，你將會聽到“STOP”的訊號，在這個訊號之後就不能在答案卷上書寫任何東西。
10. 將試題卷、答案卷及文具（筆、計算機和計算紙）整齊的放在你的桌面上。所有的頁面（包含題目卷和草稿紙）都要繳回
11. 在全部的答案卷收齊之前**不可**離開試場，監考人員會給你一個訊號後才可以離開。

理論題考試說明

1. 在“START”的訊號之後，你會有 3 個小時的時間來作答。
2. 請確認你的試卷及答案卷上的學生編號是否跟大會提供給你的學生編號一樣。
3. 答案卷包含封面共有 18 頁。如果你發現有任何缺頁，舉起你的手。
4. 仔細閱讀試題，在答案對應的方框內寫出正確答案，只有答卷才會被計分。在你寫下答案之前，你可以使用所提供的計算紙，以防在答案卷上寫錯。
5. 各題的配分標示在題目上。
6. 總共有 12 題，在“START”的訊號之後，檢查你是否有完整的試題 (13 頁，page 6- page 18)，如果你發現有任何缺頁，舉起你的手。
7. 第 4 頁提供了作答的有用資訊 (原子量、常數和公式)。
8. 一定要寫出你的計算過程，如果你沒有寫出計算過程，該題目就沒有分數。
9. 在你最後的答案要寫下合適的有效數字。

Theory



G0-3

TWN-All (Chinese Taipei)

List of Constants

- Avogadro' s constant $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Electronic charge $e = 1.602 \times 10^{-19} C$
- Molar gas constant $R = 8.314 \frac{J}{\text{mol } K}$
- Molar gas constant $R = 0.0821 \frac{L \text{ atm}}{\text{mol } K}$
- Molar gas constant $R = 1.982 \frac{\text{cal}}{\text{mol } K}$
- Planck' s constant $h = 6.626 \times 10^{-34} J s$
- Speed of light (in vacuum) $c = 2.998 \times 10^8 \frac{m}{s}$
- 1 atomic mass unit $1u = 931.5 \frac{MeV}{c^2}$
- Specific heat of water $= 4.2 \frac{kJ}{(kg)(K)}$
- 1 Dalton $= 1.661 \times 10^{-27} kg$
- $1 eV = 1.602 \times 10^{-19} J$
- $1 \text{ bar} = 10^5 Pa = 10^5 N m^{-2} = 1 \text{ atm}$
- $1 A^0 = 10^{-10} m$
- Acceleration due to gravity $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$
- 1 Litre $= 10^3 cm^3 = 10^{-3} m^3$
- Density of water $= 1000 \frac{kg}{m^3}$
- Mechanical equivalent of heat $= 4.186 \frac{J}{cal}$
- 1 atmosphere $= 101325 P$

أولمبياد العلوم الدولي للناشئين الثامن عشر
18th International Junior Science Olympiad
دولة الإمارات العربية المتحدة - دبي

TWN-All (Chinese Taipei)

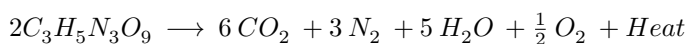
Group																		III	IV	V	VI	VII	VIII
I	II											1 H hydrogen 1							2 He helium 4				
3 Li lithium 7 4 Be beryllium 9		Key atomic number atomic symbol name relative atomic mass																5 B boron 11 6 C carbon 12 7 N nitrogen 14 8 O oxygen 16 9 F fluorine 19 10 Ne neon 20					
11 Na sodium 23 12 Mg magnesium 24												13 Al aluminium 27 14 Si silicon 28 15 P phosphorus 31 16 S sulfur 32 17 Cl chlorine 35.5 18 Ar argon 40	19 K potassium 39 20 Ca calcium 40 21 Sc scandium 45 22 Ti titanium 48 23 V vanadium 51 24 Cr chromium 52 25 Mn manganese 55 26 Fe iron 56 27 Co cobalt 59 28 Ni nickel 59 29 Cu copper 64 30 Zn zinc 65	31 Ga gallium 70 32 Ge germanium 73 33 As arsenic 75 34 Se selenium 79 35 Br bromine 80 36 Kr krypton 84									
37 Rb rubidium 85	38 Sr strontium 88	39 Y yttrium 89	40 Zr zirconium 91	41 Nb niobium 93	42 Mo molybdenum 96	43 Tc technetium —	44 Ru ruthenium 101	45 Rh rhodium 103	46 Pd palladium 106	47 Ag silver 108	48 Cd cadmium 112	49 In indium 115	50 Sn tin 119	51 Sb antimony 122	52 Te tellurium 128	53 I iodine 127	54 Xe xenon 131						
55 Cs caesium 133	56 Ba barium 137	57–71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178	73 Ta tantalum 181	74 W tungsten 184	75 Re rhenium 186	76 Os osmium 190	77 Ir iridium 192	78 Pt platinum 195	79 Au gold 197	80 Hg mercury 201	81 Tl thallium 204	82 Pb lead 207	83 Bi bismuth 209	84 Po polonium —	85 At astatine —	86 Rn radon —						
87 Fr francium —	88 Ra radium —	89–103 actinoids	104 Rf rutherfordium —	105 Db dubnium —	106 Sg seaborgium —	107 Bh bohrium —	108 Hs hassium —	109 Mt meitnerium —	110 Ds darmstadtium —	111 Rg roentgenium —	112 Cn copernicium —	114 Fl flerovium —	116 Lv livermorium —										
lanthanoids		57 La lanthanum 139	58 Ce cerium 140	59 Pr praseodymium 141	60 Nd neodymium 144	61 Pm promethium —	62 Sm samarium 150	63 Eu europium 152	64 Gd gadolinium 157	65 Tb terbium 159	66 Dy dysprosium 163	67 Ho holmium 165	68 Er erbium 167	69 Tm thulium 169	70 Yb ytterbium 173	71 Lu lutetium 175							
actinoids		89 Ac actinium —	90 Th thorium 232	91 Pa protactinium 231	92 U uranium 238	93 Np neptunium —	94 Pu plutonium —	95 Am americium —	96 Cm curium —	97 Bk berkelium —	98 Cf californium —	99 Es einsteinium —	100 Fm fermium —	101 Md mendelevium —	102 No nobelium —	103 Lr lawrencium —							

子彈和大砲 (5 分)

在開始答題之前，請閱讀信封中的一般說明

A 部分：現代的子彈 (2.5 分)

硝化甘油是現代子彈的重要成分之一。此材料的自燃可寫為



2 莫耳硝化甘油反應放熱 (Heat) 為 666 kJ。

單發子彈的彈藥筒中裝填 11.35 克的硝化甘油。發射出的子彈質量為 100.0 克。

A.1	求硝化甘油的分子量。	(0.5pt)
A.2	求單發子彈的彈藥筒中硝化甘油的莫耳數。	(0.5pt)
A.3	單發子彈的彈藥筒中硝化甘油燃燒放出的能量（以數值加上 SI 單位表之）	(0.5pt)
A.4	假設燃燒放出的全部能量都用來提供子彈動能，計算子彈出鎗口的最大可能的初速度（以數值加上 SI 單位表之）。	(1.0pt)

B 部分：傳統大砲（2.5 分）

有一個內直徑 (inner diameter) 為 15.0 cm、長度為 5.0 m 的傳統加農砲砲管，在砲管中填充火藥（硝棉）至其長度的 20%，並在硝棉上放置一個與砲管相同直徑的砲彈。

(砲管的內壁無摩擦)

當火藥點燃時，所有的硝棉立即燃燒並產生壓力為 1000 標準大氣壓的氣體。當砲彈恰離開砲管前，氣體溫度（單位為 K）下降到火藥點燃時溫度的三分之一。（假設可視為理想氣體）

(忽略砲管外的大氣壓力)

B.1	寫出公式以求出砲彈恰離開砲管前的壓力（最終壓力 P_2 ，以初始壓力 P_1 、初始體積 V_1 、初始溫度 T_1 、最終體積 V_2 和最終溫度 T_2 表之）。	(0.5pt)
------------	---	---------

B.2	計算砲彈離開砲管時所承受的壓力（以數值加上 SI 單位表之）。 (用三位有效數字，即小數點後兩位數，表示答案)	(1.5pt)
------------	--	---------

B.3	計算砲彈離開砲管時所受的力（以數值加上 SI 單位表之）。 (用三位有效數字，即小數點後兩位數，表示答案)	(0.5pt)
------------	--	---------

沙地越野車和阿布拉遊船 (5 分)

在開始答題之前，請閱讀信封中的一般說明

A 部分：沙地越野車 (3.0 分)

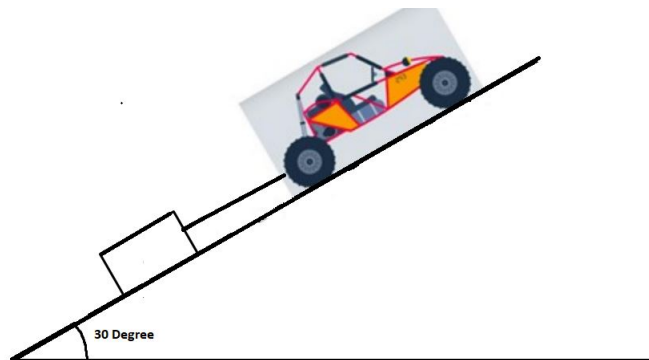
沙地越野車（如圖 1 所示）是一種在沙漠中運輸的車輛。考慮一輛沙地越野車以 72.0 公里/小時的等速行駛，爬上一座沙丘，沙丘為傾斜角為 30° 的斜面。沙地越野車在沙丘上向上拖動一個質量為 200 公斤的箱子。沙地對箱子運動的阻力是沙子施加在箱子上的正向力的 0.15 倍。



圖 1：斜坡上的沙地越野車

A.1 在下圖箱子上畫力圖，顯示作用在箱子上所有的力 (向量)。

(1.0pt)



Theory

Q2-2

TWN-All (Chinese Taipei)

- | | | |
|------------|--|---------|
| A.2 | 計算抵抗箱子沿斜面向上運動的總力（數值須加上適當的單位）。 | (0.5pt) |
| A.3 | 計算沙地越野車施加在箱子以維持向上運動的最小功率（數值須加上 SI 單位）。 | (0.5pt) |
| A.4 | 如果箱子在向上運動的過程中突然脫離，計算作用在箱子的 (減) 加速度。（數值須加上 SI 單位） | (0.5pt) |
| A.5 | 箱子脫離沙地越野車後，在靜止之前箱子會移動多遠（數值須加上 SI 單位）？ | (0.5pt) |

B 部分：阿布拉遊船（2.0 分）

杜拜市穿越小河的傳統交通方式是乘坐阿布拉船（如圖 2 所示）。阿布拉船是往來老杜拜和新杜拜的最便宜的交通方式之一。



圖 2：漂浮在水上的阿布拉船。

船長約 6 m，座位安排由兩條平行的長凳組成，位於將船縱向分開的垂直平面兩側。船的質心位於正好穿過長凳中心的垂直線上。乘客面向小溪坐在長椅的兩側。

當乘客就座時可視其為一個群體，此群體的質心在甲板上方 0.4 m 的高度。在最大酬載情況下，水位在甲板下 0.5 m 處，浮力作用在水位以下 0.1 m 處，船的質心位於甲板以下 1.4 m 處。空船的質量為 1000 公斤，而每位乘客的平均質量為 65 公斤。

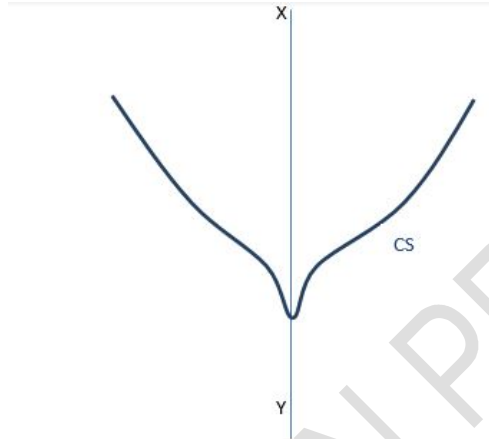
假設浮力作用點沒有顯著變化。

Theory

Q2-4

TWN-All (Chinese Taipei)

- B.1** 沿 XY 線繪製船體重心位置、船體浮心位置、乘客群體質心位置、甲板水平面相對於吃水線的示意圖，標出距離（不需要依尺寸）。CS 代表下圖中船隻的垂直橫截面。 (0.5pt)



- B.2** 在船隻不傾覆的條件下，計算可容納的最大乘客人數。 (1.5pt)

在開始做這個問題之前，請你閱讀單獨信封中的一般說明，並在所有數質後寫出所需的正確單位。

椰棗是生長在椰棗樹上的熱帶水果。椰棗的起源可以追溯到公元前 5320 年。椰棗含有豐富的營養物質，如碳水化合物、蛋白質、纖維、礦物質、酶和維生素，因此成為阿聯酋和其他中東和北非國家人民的基本主食。大棗被廣泛用於阿聯酋的菜餚中。大棗的天然含糖量很高。

葡萄糖（分子式 $C_{12}H_{22}O_{11}$ ）是一種雙糖，在酸性催化劑的作用下，以一階動力學方式在過量的水中發生水解，並遵守速率規律，生成兩種異構單糖的混合物：葡萄糖（ $C_6H_{12}O_6$ ）和果糖（ $C_6H_{12}O_6$ ）。

這些碳水化合物的溶液具有光學活性，可以旋轉平面偏光的平面。蔗糖是右旋的（順時針旋轉，+），而葡萄糖和果糖的混合物是左旋性的（逆時針旋轉，-）。

$$\ln \frac{[C]_0}{[C]_t} = kt$$

其中， C_0 = 初始濃度 C_t 是在時間的 t 下的濃度 k 是速率常數

蔗糖的水解速率是通過在反應過程中，每隔固定時間測量平面偏光的旋轉角度來確定，旋轉角度是用偏振儀測定的。

反應需要一定的最低能量，以便將反應物轉化為產物。反應的最低能量被稱為活化能，它是利用測量不同溫度下的反應速率來測定的。

利用 Arrhenius 方程: $\ln(k) = \ln A - E/RT$

其中，

k = 速率常數 A = 常數（與溫度無關） E = 活化能 R = 氣體常數 T = 絕對溫度

注意， $\ln x = (2.303 \log x)$

一位學生將 20cm^3 1M HCl 的加入到 20cm^3 20% 的蔗糖溶液中，並將混合溶液轉移到長度 20cm 的旋光儀試管中，並記錄 303K 和 311K 時的旋轉角度如下。

溫度 (K)	時間 (s)。	旋轉的角度 (°)
303	0	+12.5
303	600	-3.0
311	0	+12.5
311	600	-8.0

使用旋轉角作為濃度的衡量標準，並將旋轉角和濃度之間的關係視為線性。

在水解結束時，發現旋轉角為 -15.5° 。

3.1 使用上述資料，以：

(2.0pt)

1. 計算速率常數們 (rate constants, k)
2. 求出水解的活化能。單位為, kJ/mol

阿聯酋擁有巨大的石油和天然氣儲量，大部分石油儲量位於阿布達比。扎庫姆油田是中東地區的第三大油田。阿聯酋擁有世界上最大的石油煉製工業之一。自然形成的石油是具有不同分子量複雜的碳氫化合物混合物。在石油工業中，複雜的高分子量有機分子被分解成更需要的低分子量化合物。這個過程中使用了一種催化劑，稱為催化裂化。石油的裂解速度主要取決於所用催化劑的溫度。具有微孔的鋁矽酸鹽礦物 (也被稱為沸石)，通常被用來催化石油的裂解，裂解發生在礦物的微小孔隙中。

催化劑藉由降低反應的活化能來增加反應的速度。在 27°C 時，沸石催化劑將石油裂解的活化能從 66 kJ/mol 降低到 60 kJ/mol 。

3.2 在 27°C 時，反應速率因催化劑提高了多少倍？

(1.0pt)

對一種綠色礦物 A 進行分析，發現它由 9.72% 重量的碳、38.85% 重量的氧、剩餘量由過渡金屬的 2^{+} 離子組成。

(A) 不溶於水，但在稀釋的中溶解，產生藍綠色的溶液。當 H_2S 氣體通過此溶液時，會得到黑色的沉澱物 (B)。

(B) 溶於稀釋的 HNO_3 ，得到藍色溶液 C、黃色固體和無色氣體。當水溶液 NaOH 添加到該溶液 (C) 中時，會得到一個藍色的沉澱物 (D)，它在氨水溶液中溶解會得到一個深藍色的溶液。

3.3 寫出 (A)、(B)、(C) 和 (D)。寫出 (A)、(B)、(C) 和 (D) 所涉及的正確的平衡化學方程式。(你不必寫出 D 與氨的方程式) (2.0pt)

在開始做這個問題之前，請你閱讀單獨信封中的一般說明，並在所有數質後寫出需要的正確單位。

(在做答時，氣體於 STP 時的莫耳體積為 22.4L/mol)。

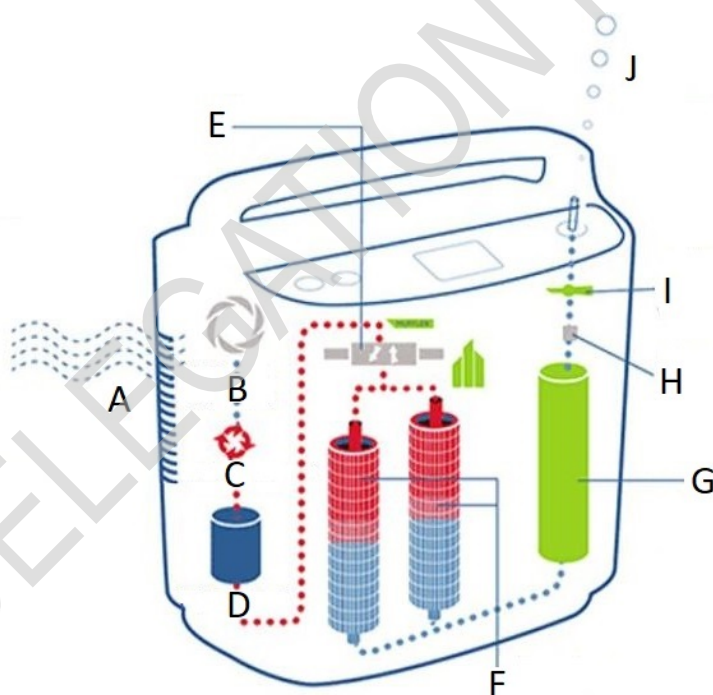
在以下所有問題中，除非另有說明，否則假定在 STP 條件下。

新型 COVID-19 大流行病在生活的各個方面帶來了特殊的挑戰。冠狀病毒屬於引起嚴重急性呼吸系統綜合症 (SARS)、中東呼吸系統綜合症 (MERS) 和其他相關疾病的病毒家族。

冠狀病毒-19 是一種空氣傳播的疾病，它通過在空氣中懸浮相當長時間的傳染性氣溶膠來傳播。

阿拉伯聯合酋長國 (UAE) 採取了空前的預防措施，包括全面消毒、強制接種疫苗和其他安全措施來遏制其傳播。

血液中的氧飽和度或 SpO_2 可用來衡量血液攜帶的氧氣量佔其全部容量的百分比。理想情況下，體內的氧氣水平應該是 95 及以上。然而，在 COVID-19 中，由於該疾病有時會導致肺部纖維化和呼吸問題，氧氣水平下降。在這種情況下要進行氧氣治療。氧氣濃縮器是一種可提供不同氧氣含量的機器。該機器通過在沸石上的吸附作用將氮氣和氧氣分離，它從大氣中獲取氧氣，並將純氧作為其輸出。



A：進氣口；B：馬達和壓縮機；C：熱交換器；D：儲壓槽；E：四向電磁閥；F：分子篩床；G：產物儲存槽；H：壓力調節器；I：流量計調節閥；J：純氧出口。

- 4.1 如果空氣中含有 21% 的氧氣。機器每天應吸多少體積的空氣，才能提供每天 4 次、以 1L/min 的速度供應 15 分鐘氧氣？ (0.5pt)

其他類型的製氧機是利用電力使酸性水解離並產生氧氣。

- 4.2** 為了獲得每天 4 次、以 1L/min 的速度供應 15 分鐘，每天應該在機器中倒入多少體積的水（以 mL 計）？（假設完全電解） (0.5pt)

一個住在海邊的病人，需要通過鼻導管以 5 L/min 的速度持續供應純氧。他剛剛得到一個容量為 340 L 的新氧氣瓶，裡面裝有壓力為 13700 kPa 的純氧。假設溫度始終保持不變，並忽略呼出的二氧化碳的壓力。

- 4.3** 多少天後，他需要更換他的氧氣瓶？ (0.5pt)

疫苗需要儲存在乾冰中。乾冰是固體二氧化碳，有一份乾冰在 30 攝氏度和 1 個大氣壓下完全昇華時，具有 2840 升體積。

- 4.4** 如果要從含量為 80% 的石灰石 (CaCO_3) 中獲得這份乾冰，需要多少質量的石灰石？這些氣態分子的總動能（單位：kJ）是多少？（忽略分子的振動和轉動的能量貢獻）假設氣體的行為是理想的 ($K.E. = \frac{3}{2}nRT$) (1.5pt)

- 4.5** 在 30°C 和 1 大氣壓下，1 莫耳的葡萄糖完全燃燒需要多少體積的氧氣（以升 L 計）？需要的氧氣質量是多少？ (1.0pt)

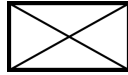
一定體積的氧氣通過一個小孔流出的時間是 1 小時。

- 4.6** 請計算，在沒有氧氣的情況下，相同體積的二氧化碳和氯氣分別從同一個孔中流出所需的時間，以秒 (s) 為單位。
$$\sqrt{\frac{M_B}{M_A}} = \frac{\text{Rate of effusion of gas A}}{\text{Rate of effusion of gas B}}$$

M 是氣體的莫耳質量 (1.0pt)

一般說明：

1. 只有標記或書寫於答案紙上的答案，才會被評分。
2. 在空格中標記答案時，請以下方範例的方式進行打叉 (X)。



在你開始回答題目之前，請也先閱讀隨附在另外信封中的一般說明。

Q.5. 椰棗樹 (6.75 分)

在阿拉伯半島上常可見到椰棗樹 (*Phoenix dactylifera* L.)。其果實被稱為椰棗 (dates)，全球都有人在食用。

圖 5.1 為椰棗果實的縱切示意圖。表 5.1 則條列椰棗果實的各個部位。

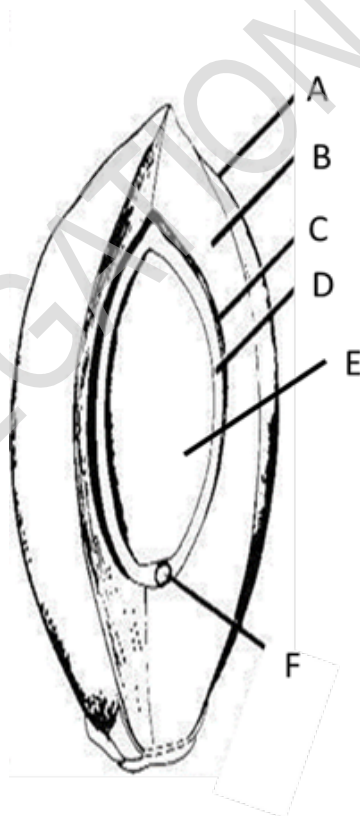


圖 5.1. 椰棗果實及其種子的縱切示意圖

編號	部位名稱
1	種皮 (Testa)
2	內果皮 (Endocarp)
3	外果皮 (Epicarp)
4	中果皮 (Mesocarp)
5	胚 (Embryo)
6	胚乳 (Endosperm)

表 5.1

5.1. 請將表 5.1 的部位名稱與圖 5.1 的英文字母代號進行配對

A.5.1 請在下表每一縱行的一個適當空格中打叉 (X)，以將表 5.1 的部位名稱 (1-6) 與圖 5.1 的英文字母代號 (A-E) 進行配對。例如 F 部位為胚，故在第 5 行的最底下空格中打 X。

	部位名稱					
字母代號	1	2	3	4	5	6
A						
B						
C						
D						
E						
F					X	

5.2. 在表 5.1 的各個部位 (1-6) 中，何者的形成完全是源生自雌性親本株 (female parent)，而沒有 雄性親本株的貢獻呢？

A.5.2 若表 5.1. 中的部位形成是完全源生自雌性親本株，請在 Yes 空格中打叉 (X)；若不是 (0.25pt) 完全源生自雌性親本株，則請在 No 空格中打叉 (X)。

部位	Yes	No
1		
2		
3		
4		
5		
6		

5.3. 在椰棗果實的成熟發育過程中，其內部澱粉與糖分含量的變化情形如下列圖 5.2 所示。

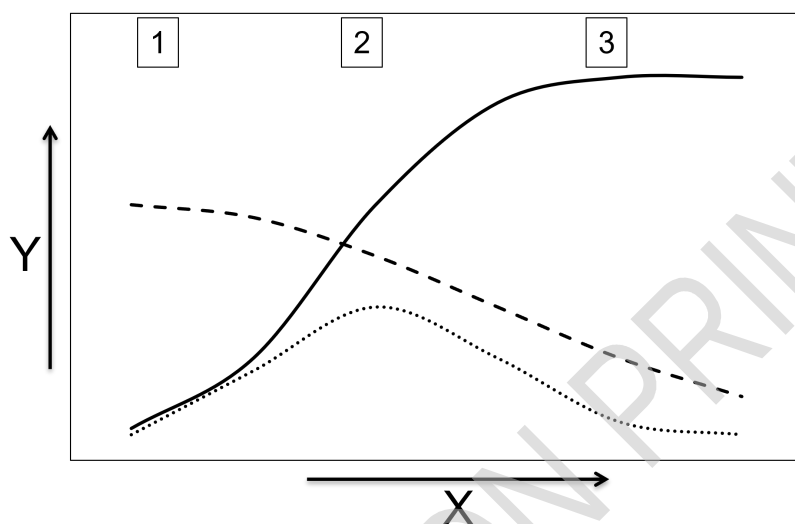


圖 5.2

X	果實成熟發育的天數
Y	含量百分比 (%)
	總糖量
	澱粉含量
	蔗糖含量
1, 2 和 3	果實成熟發育的不同階段

蔗糖是在葉片生成，再被轉運至果實中。在果實中，蔗糖會被 A 酵素 (酶) 分解成葡萄糖與果糖。在發育的果實中，糖分也可來自 B 酵素 (酶) 對澱粉的分解。總糖量則指單糖和雙糖的總合量。

根據以上說明，下列有 3 個相關敘述：

敘述 1：B 酵素的活性對於果實發育在第 2 階段的總糖量增加是有貢獻的。

敘述 2：A 酵素在第 1 階段的活性，高於其在第 2 階段的活性。

敘述 3：A 酵素與 B 酵素兩者在第 2 到第 3 階段之間的活性表現，高於其在第 1 階段的活性表現。

根據對圖 5.2 的分析結果，請判斷上列 3 個相關敘述是否正確。

A.5.3 針對上列 3 個相關敘述的正確與否，請在下表 Yes 或 No 的下方空格中打叉 (X)。若敘述正確，在 Yes 下方空格打叉 (X)；若敘述不正確，在 No 空格下方打叉 (X)。(1.0pt)

敘述編號	Yes	No
1		
2		
3		

5.4. 蔗糖轉化酶 (Invertase) 可將蔗糖 (一種雙糖) 分解成葡萄糖與果糖 (兩者均為單糖)。分析蔗糖轉化酶活性的方法之一，是採用所謂的「葡萄糖氧化酶-過氧化酶呈色法」。在該分析方法中，蔗糖分解產生的葡萄糖會被進一步生成可吸收 562 奈米波長 (A562) 的末端產物。圖 5.3. 即是以「葡萄糖氧化酶-過氧化酶呈色法」對不同濃度葡萄糖進行反應所做出的標準圖 (standard plot)。

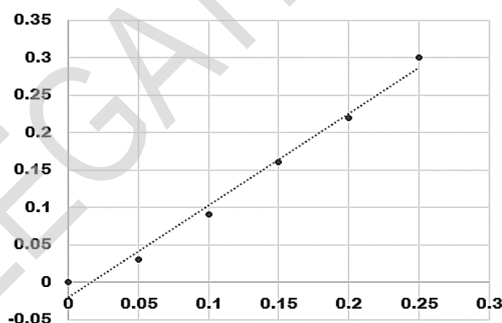


圖 5.3. X 軸 = 葡萄糖濃度 (毫克/毫升; mg/ml); Y 軸 = A562

蔗糖轉化酶的活性可用酵素活性單位 (U) 來表示。1 活性單位 (1 U) 的蔗糖轉化酶，是指在 30℃ 下作用 1 分鐘可以產生 1 微莫耳 (mmol) 葡萄糖的酵素量。

在某次分析蔗糖轉化酶活性的實驗中，反應管內被加入下列 3 種成分：

- 0.6 毫升 (ml) 的緩衝溶液 (buffer)
- 0.2 毫升 (ml) 濃度為 400 毫莫耳/每升 (mM) 的蔗糖溶液
- 0.2 毫升 (ml) 的蔗糖轉化酶原液 (stock solution)
 - 該反應管被置於 30℃ 下作用 30 分鐘，之後立刻加熱停止反應。
 - 該反應管內所產生的葡萄糖量，隨後以「葡萄糖氧化酶-過氧化酶呈色法」進行分析。
 - 該分析測得的 A562 數值為 0.1。

請根據上述資料 (含標準圖)，回答下列問題：

Theory



Q5-6

TWN-All (Chinese Taipei)

請計算反應管內共加入多少蔗糖量，並以微莫耳 (mmoles) 為單位加以表示。

A.5.4.1 蔗糖量 =

(0.5pt)

根據所測得的 A562 數值，請計算出反應管內最終產生的葡萄糖濃度 (毫克/毫升；mg/ml) 為何？

A.5.4.2 葡萄糖濃度 (毫克/毫升；mg/ml) =

(0.25pt)

請計算出反應管內最終產生多少葡萄糖量？並以微莫耳 (mmoles) 為單位進行表示。(葡萄糖的分子量 = 180) 答案要取到小數以下第 3 位數。

假若你不曾回答第 5.4.2 題，請用葡萄糖濃度為 0.4 毫克/毫升 (mg/ml)，來計算回答第 5.4.3 題。

A.5.4.3 葡萄糖量 =

(0.75pt)

請計算實驗所使用的蔗糖轉化酶原液 (stock solution) 中，每毫升 (ml) 會含有多少蔗糖轉化酶的活性？答案要取到小數以下第 3 位數。假若你不曾回答第 5.4.3 題，請用葡萄糖量為 0.973 微莫耳 (mmole) 來計算回答第 5.4.4 題。

A.5.4.4 蔗糖轉化酶的活性 =

(1.5pt)

5.5. 有一研究人員取 1 公斤 (kg) 的去種子 (de-seeded) 椰棗果實來進行蔗糖轉化酶的純化實驗。這些果實在加入適當的緩衝溶夜後進行研磨，並用 4 層紗布過濾後得到粗萃液 (crude extract)。這些粗萃液隨後以一系列蛋白質純化步驟繼續進行分離，以便能提昇樣品中蔗糖轉化酶的純度。整個純化過程著重在儘可能去除不相干的蛋白質，並能保留蔗糖轉化酶的活性。

這些純化的系列步驟包括 (i) 利用硫酸銨進行蛋白質的沉澱分離，(ii) 進行吸附管柱的層析分離，和 (iii) 進行陰離子交換管柱的層析分離。每一純化步驟後的樣品，都會被進行蔗糖轉化酶活性 (U) 及蛋白質含量 (毫克；mg) 的測量。另外，為了要評估純化步驟的效率，也可利用上述測量得到的數據來計算各個純化步驟後，樣品的蔗糖轉化酶比活性 (specific activity) 及蔗糖轉化酶的百分比回收率 (% recovery)。

若一純化步驟能自樣品中去除大量的不相干蛋白質，又只會損失最少量的目標酵素 (蔗糖轉化酶)，即可被視為是一有效率的純化步驟。

- 樣品的蔗糖轉化酶比活性 (specific activity) 是指樣品中每毫克蛋白質所含有的蔗糖轉化酶活性 (U/mg)。
- 百分比回收率 (% recovery) 則是指每一純化步驟後，所得樣品的蔗糖轉化酶活性 (U)，除以粗萃液的蔗糖轉化酶活性 (U)，再乘上 100%。

表 5.2 記錄在從椰棗果實萃取純化蔗糖轉化酶的實驗中，各步驟樣品其蔗糖轉化酶活性 (U) 與總蛋白質量的數據。

請計算在萃取純化過程中，第 1 到第 4 步驟所得樣品的「蔗糖轉化酶比活性 (specific activity of invertase)」，及第 2 到第 4 步驟所得樣品的「蔗糖轉化酶百分比回收率 (% recovery of invertase)」，並將你的答案 (取到小數以下第 3 位數) 填寫於下方的表 5.2 中：

A.5.5.1

(1.0pt)

表 5.2					
步驟 編號	純化 步驟	蔗糖轉化酶 活性 (U)	總 蛋白質量 (mg)	蔗糖轉化酶 的比活性	蔗糖轉化酶 的百分比回收率
1	粗萃液	13,773	13,746		
2	硫酸銨 沉澱	12,469	8,234		
3	吸附管柱 層析	11,487	836		
4	陰離子交換 管柱層析	11,156	567		

根據表 5.2 的資料，請回答下列問題：

A.5.5.2 請判斷純化步驟 2-4 中，何者純化蔗糖轉化酶的效率最高？請在該步驟欄位的下方空格中打叉 (X)。(0.5pt)

步驟	2	3	4

在純化步驟 2-4 中，也都有蔗糖轉化酶的活性損失。

A.5.5.3 請判斷純化步驟 2-4 中，哪一步驟的蔗糖轉化酶活性損失最多？請在該步驟欄位的下方空格中打叉 (X)。(0.5pt)

步驟	2	3	4

Q.6. 理論 II –鳥族群 (3.25 points)

一個族群的定義為一群同一物種的體生活在相同的地區，可相互交配，並產生有繁殖能力的後代。族群可藉由基因庫來描述其基因組成，其中包括族群成員所有形式的等位基因。假如族群中的某一基因只存在一種等位基因，可稱該等位基因在基因庫中呈現固化。假如某特定基因在族群中具有兩個或以上的等位基因，則個體將可能為同型合子或異型合子。

族群中不同等位基因出現的頻率，可利用成員中具有該等位基因的數量來表示。例如，某族群中某基因具有 1000 個等位基因的複本，如其中某一等位基因出現 100 次，則該等位基因的頻率為 0.1。

假如某一等位基因沒有進行演化，則該等位基因的頻率，在不同世代間維持固定頻率，此時，該族群處於平衡狀態，被定義為哈溫平衡。哈溫平衡可以利用下方公式求出 $p^2 + 2pq + q^2 = 1$,

其中 p 和 q 代表一個基因的兩個等位基因的頻率。

科學家研究某一森林區域中，一個具有 10,000 個個體的鳥族群。其親代族群具有紅或白色的嘴喙。當具有紅色與白色嘴喙交配所產生的後代，其子代會具有粉紅色的嘴喙，假如具有粉紅色嘴喙的鳥隨機交配，其子代會具有紅、白、粉紅嘴喙的比例為 1: 1: 2。嘴喙顏色由等位基因 B^R and B^W 所調控。

下列為有關等位基因 B^R and B^W 關係的描述，如果是正確的，在正確欄位打“X”，如果是錯誤的，在錯誤欄位打“X”。

A.6.1

(0.25pt)

序號	關係	正確	錯誤
1.	共顯性		
2.	不完全顯性		
3.	超顯性		
4.	顯隱性		

針對上述 10,000 隻鳥的族群進行 DNA 檢測，以判別其基因型，觀察結果整理如表 6.1:

表現型	基因型	鳥的數目
紅嘴喙	$B^R B^R$	6400
粉紅嘴喙	$B^R B^W$	3200
白嘴喙	$B^W B^W$	400

表 6.1

B^R and B^W 的等位基因頻率為何??

A.6.2 B^R 的頻率 =

(0.5pt)

B^W 的頻率 =

所有的親代鳥均被標記，六個月後，科學家重新觀察該族群，發現 5,000 隻新的幼鳥 (第一代)，第一代的觀察結果如表 6.2:

表現型	基因型	鳥的數目
紅嘴喙	$B^R B^R$	3200
粉紅嘴喙	$B^R B^W$	1600
白嘴喙	$B^W B^W$	200

表 6.2

根據表 6.1 及表 6.2 的觀察結果進行比較，得出下列論述:

論述 1: 這兩個等位基因 B^R B^W 的頻率在親代與第一代間相同。

論述 2: 親代族群中發生隨機交配。

論述 3: 該族群並無演化。

上述 1-3 的論述是否正確?

A.6.3 對應以上論述，在正確或錯誤的相對欄位打"X"。

(0.5pt)

論述	正確	錯誤
1		
2		
3		

1,000 隻第一代的幼鳥在具有繁殖能力 (可以產生配子) 前，被移至某一島嶼。1,000 隻幼鳥中，336 隻為紅嘴喙，504 隻為粉紅嘴喙，160 隻為白嘴喙。移到小島後，發現白嘴喙鳥不具有生殖能力，此族群隨機交配後生

出了 100 隻幼鳥。

試估算這些幼鳥中具有紅嘴喙 (i) 或粉紅嘴喙 (ii) 的數量

A.6.4 6.4.1. 紅嘴喙 (i) =

(1.5pt)

6.4.2. 粉紅嘴喙 (ii) =

下列哪些條件對於一個族群要形成哈溫平衡是必需的？

A.6.5 若是必需條件，在是的欄位中打"X": 若不是必需條件，在不是的欄位中打"X"。

(0.5pt)

序號	條件	是	不是
1.	發生突變		
2.	沒有基因流動 (沒有遺傳物質 由一個族群轉移到另一個族群)		
3.	隨機交配		
4.	自然選擇		
5.	小型的族群		