

# 2021 年第十八屆國際國中科學奧林匹亞競賽

## --理論題試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

時間：3 小時

分數：30 分

### 一般資訊

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

Group																																			
I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII																		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <b>Key</b>                      atomic number                      atomic symbol                      name                      relative atomic mass                 </div>											1 H hydrogen 1																								
											3 Li lithium 7		4 Be beryllium 9		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 -									
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							
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 -							

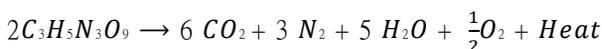
## QUESTION 1

### 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。此材料的自然可寫為



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)

**QUESTION 2****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

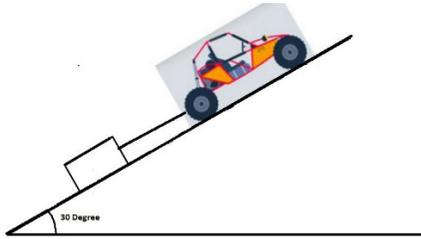
**A 部分：沙地越野車（3.0 分）**

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 $30^\circ$  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)



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上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）

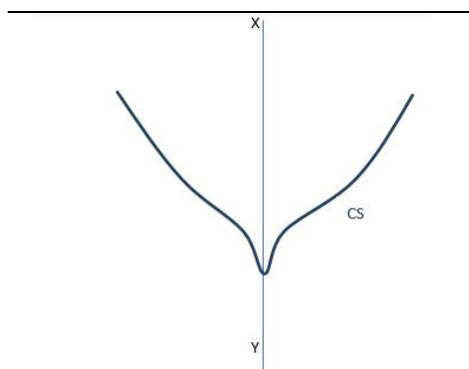
杜拜市穿越小河的傳統交通方式是乘坐阿布拉船（如圖2 所示）。阿布拉船是往來老杜拜和新杜拜的最便宜的交通方式之一。



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。

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)

### **QUESTION 3**

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 $C_{12}H_{22}O_{11}$ ）是一種雙醣，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，生成兩種異構單醣的混合物：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<sup>3</sup> 1M HCl 的加入到 20cm<sup>3</sup> 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-15.50。

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)

#### **QUESTION4**

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。

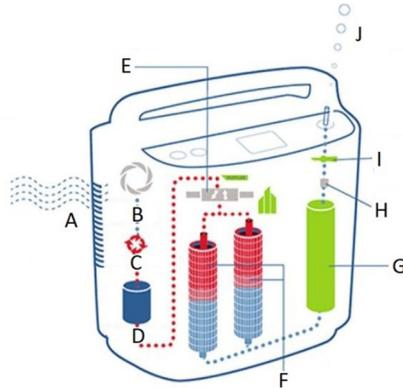
新型COVID-19 大流行病在生活的各個方面帶來了特殊的挑戰。冠狀病毒屬於引起嚴重急性呼吸系統綜合症 (SARS)、中東呼吸系統綜合症 (MERS) 和其他相關疾病的病毒家族。

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？

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)

## QUESTION5

### 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。

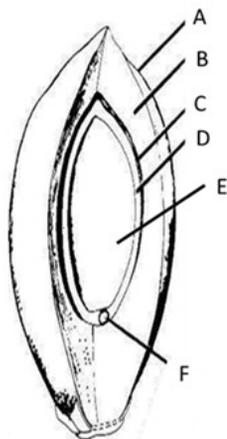


圖5.1. 椰棗果實及其種子的縱切示意圖

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。(0.5pt)

字母代號	部位名稱					
	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。

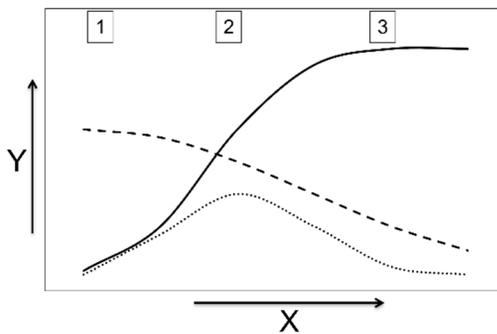


圖 5.2

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含量。

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)。

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)。

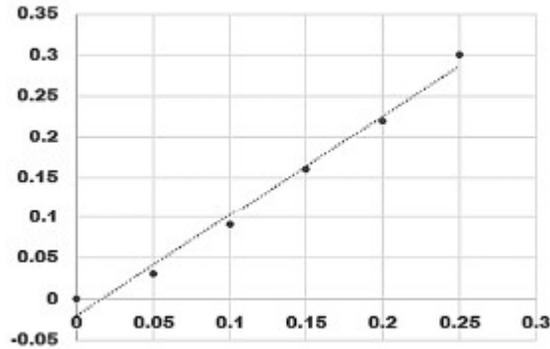


圖 5.3. X 軸= 葡萄糖濃度(毫克/毫升; mg/ml); Y 軸= A562

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°C下作用1 分鐘可以產生1 微莫耳( $\mu\text{mol}$ ) 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：

- i. 0.6 毫升(ml) 的緩衝溶液(buffer)
- ii. 0.2 毫升(ml) 濃度為400 毫莫耳/每升(mM) 的蔗糖溶液
- iii. 0.2 毫升(ml) 的蔗糖轉化酶原液(stock solution)
  - 該反應管被置於30 °C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：

請計算反應管內共加入多少蔗糖量，並以微莫耳( $\mu\text{moles}$ ) 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( $\mu\text{moles}$ ) 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。

假若你不會回答第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。假若你不會回答第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液後進行研磨，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最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)

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	83 6		
4	陰離子交換 管柱層析	11,156	56 7		

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)。

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。

步驟	2	3	4

**QUESTION6**

**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??

(0.5pt)

A.6.2  $B^R$  的頻率=

$B^W$  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		