



Points: 30

Time: 3 Hours

Science for Sustainable Food and Agriculture

理論題測驗 試題

December 5, 2023

你可以翻到接下來的兩頁
只能閱讀「考試規則」和「考試說明」

考試規則

1. 你不可以攜帶任何個人物品進入試場，除了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。
3. 在“START”的訊號出現之前不可以開始作答。
4. 在考試期間，你不可以離開試場，除非是要上廁所或有緊急狀況並在指導委員/工作人員/監考人員的陪同之下。如果你需要在這些情況下離開試場，請舉起桌子上提供的「扇子」。在考試的最後10分鐘內，不允許去洗手間。



提供的「扇子」

5. 不可以干擾其他競賽者，若需要協助請舉「扇子」並且等待指導委員來協助。
6. 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。
7. 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。將試題卷及文具(筆、鉛筆、橡皮擦、計算機和扇子)整齊的放在你的桌面上。答案卷要放在最上面，不要放入信封中。
8. 在監考人員收齊全部的考卷並給予離開的訊號之前，不可離開試場。
9. 如果你不遵守考試規則，只會給予一次警告。在警告後，任何不遵守規則或指導委員指示的行為將導致取消資格，並在理論題測驗中獲得零分。

你可以翻到下一頁查看考試說明

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. 請檢查大會提供的文具物品（筆、鉛筆、橡皮擦、計算機和扇子）。只能使用大會提供的筆和鉛筆。
3. 不提供額外的草稿紙。你可以使用題目卷及其背面作為草稿紙。
4. 請檢查答案卷的封面，確認上面有你正確的學生代碼。不可以翻到答案卷的下一頁。如果你沒有答案卷或學生代碼錯誤，請舉起「扇子」。
5. 只有答案卷上的答案會被評分。請仔細閱讀每個題目，並將答案寫在答案卷相對應的方框中。寫在其他地方的答案將不會被評分。
6. 如果你要更改答案，請完全擦掉你的第一個答案，然後填上你的新答案。任何模糊不清的答案都會被視為錯誤。
7. 請始終寫出你的計算過程。如果你沒有寫出計算過程，該題目將不會獲得分數。
8. 你應該以適當的小數位數寫下最後的答案。
9. 在“START”的訊號之後，檢查你是否有完整的試題，如發果你現有任何缺頁，請舉起「扇子」。
 - 總共有17題:物理8題、化學3題、生物6題。
 - 試題總共有29 頁，包括封面和說明頁面。
 - 答案卷總共有23 頁，包括封面和說明頁面。
10. 下一頁提供了作答的有用資訊。

在“START訊號”之前，請勿翻到下一頁。

第一部分：物理

榴槤採摘

榴槤因其獨特的味道、外觀和美妙的氣味而被稱為泰國水果之王，可以長到30多米高。從如此高的高度採摘帶刺且沉重的榴槤果需要仔細計劃。圖P-1展示樹上的榴槤果。



圖 P-1樹上的榴槤果

本題用物理學探索榴槤採摘過程。

每題都請清楚列出解決問題時使用的所有方程式，並在答案卡的指定空間中標明計算結果。

如有需要重力加速度，請用 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$

所有數字答案必須包含三位有效數字。

P1. [0.5 pt] 質量 $m_d = 4.00 \text{ kg}$ 的榴槤果從離地高度 $h = 12.0 \text{ m}$ 的枝條上掉落。不考慮空氣阻力，計算榴槤果落地瞬間的速率。

P2.[1.0 pt] 若衝擊時間為 $\Delta t_i = 2.00 \times 10^{-2} \text{ s}$ ，且榴槤碰撞後不反彈，求榴槤果撞擊地面時施加於榴槤果的平均衝擊力。（衝擊時間是指從榴槤果表面接觸地面到榴槤果靜止的時間。）

P3. [1.5 pt] 為防止榴槤果受損，專業採摘者會使用麻袋在其落地前將其接住。考慮與問題 P1 相同的榴槤果，其質量為 m_d ，從相同的高度 h 掉落。現在，榴槤採摘者使用麻袋在離地面 $h_p = 1.50 \text{ m}$ 的高度接住榴槤果，如圖 P-2 所示。假設採摘者對麻袋施加固定的力，使榴槤果恰在接觸地面前停下來。

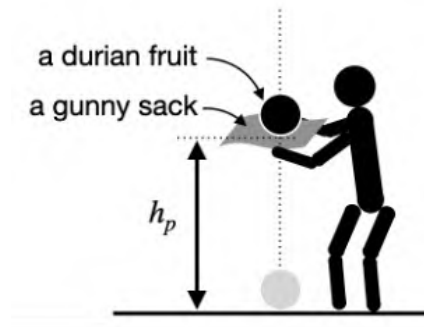


圖 P-2：使用麻袋(a gunny sack)接住榴槤果(a durian fruit)

- 計算在接住過程中榴槤果的加速度。
- 計算採摘者接住榴槤果所用的力的量值。

P4. [1.0 pt] 題 P3 中的方法，仍存榴槿果掉落時靠近採摘者頭手的風險，且耗費過多體力反覆降低身體和彎曲膝蓋。更安全有效的方法是採摘者握住麻袋的一個邊緣並擺動它以接住落果。當榴槿果最初接觸麻袋時，採摘者調整落果的方向，使其落在自己的兩腿之間並在落地前停下來，如圖 P-3 (a)所示。

為了簡化問題，忽略速度如何改變方向以及力如何透過麻袋施加到榴槿果上，且假設榴槿果是質點，如下考慮問題。接住的過程從A點開始，到B點結束，軌跡呈直線，如圖P-3(b)所示。在 A 點，榴槿果的速度 v 與在距離地面 $h_p = 1.50 \text{ m}$ 處下落的榴槿果的速率一致，如問題 P3 所示，但方向不同。榴槿採摘者在整個軌跡上對榴槿果施加固定的力，使榴槿果完全停在B點。

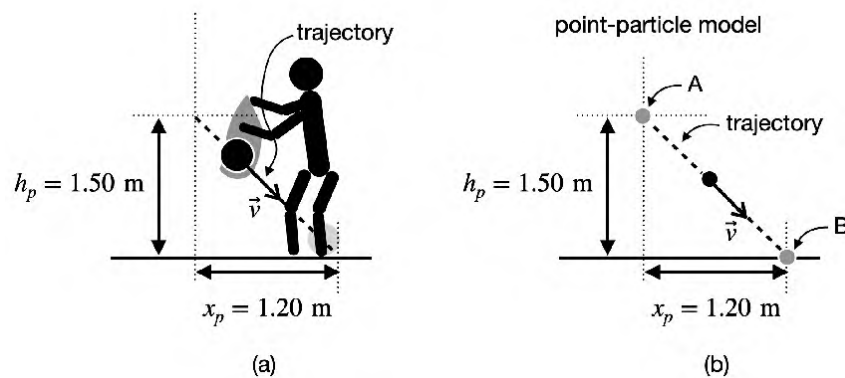


圖 P-3 : (a)題P4 中榴槿果的軌跡(trajecotory)(b)質點模型(point-particle model)簡化問題圖

(a) 計算此接住期間榴槿果的加速度量值。

(b) 計算此接住過程中施加在榴槿果上的淨力 (F_{net}) 的量值。

P5. [2.0 pt]

(a) 在如圖 P-4 所示，答案卷上給定的座標中，題 P4 榴槤果的軌跡上，畫力圖。力圖必須標示榴槤果上的重力 $m_d \mathbf{g}$ 、淨力 $\mathbf{F}_{\text{net}}$ 以及榴槤採摘者透過麻袋施加的力 $\mathbf{F}_{\text{picker}}$ 。

(b) 計算力 $\mathbf{F}_{\text{picker}}$ 的大小量值及 $\mathbf{F}_{\text{picker}}$ 與 Y 軸之間的角度 Φ (用度表示)。

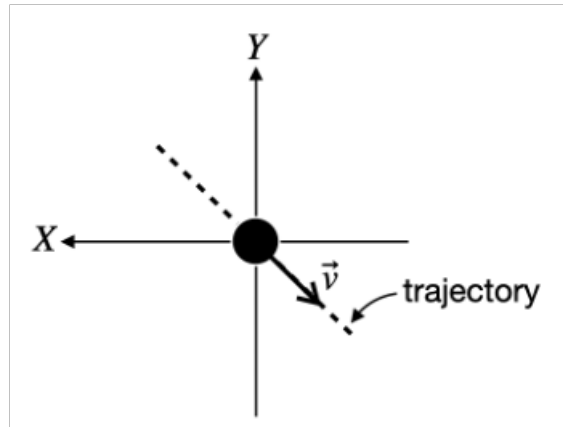
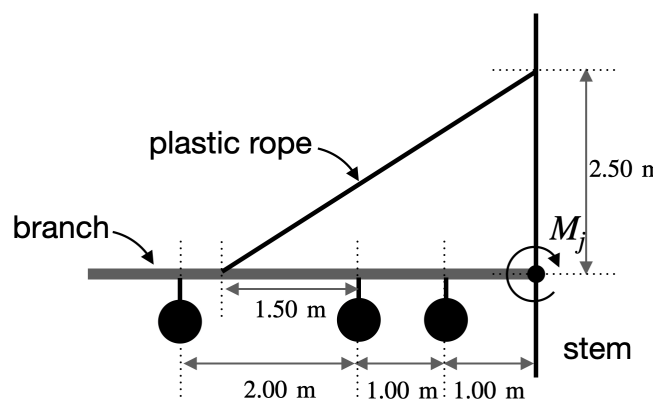


圖 P-4：題P5 的座標 軌跡(trajecotory)

P6. [2.0 pt] 一個樹枝(branch)上常會發現多個榴槤果。農民必須使用塑膠繩(plastic rope)支撐細樹枝，防止其因榴槤果的重量而斷裂。為了簡化問題，假設長度為 $L = 5.00 \text{ m}$ 的樹枝的均勻質量為 $m_b = 6.00 \text{ kg}$ ，圖 P5 中所有榴槤的質量，每一個均相同，皆為 $m_d = 4.00 \text{ kg}$ 。樹枝與樹幹(stem)間的連接處提供 $M_j = 150 \text{ N}\cdot\text{m}$ 的順時針方向力矩，如圖P-5 所示。計算塑膠繩的張力。



圖P-5：題 P6 中榴槤果在單一樹枝上的配置。

許多泰南果園在傾斜地形上種植榴槤和其他熱帶水果。掉落的榴槤可能會滾下山坡並造成潛在危險，因此行走於這些果園時必須小心。

P7. [1.0 pt] 假設問題P1中榴槤果在撞擊前的動能有0.001%轉換為聲能，在撞擊過程中均勻輻射。計算與果落地點距離 $r = 10.0 \text{ m}$ 時，撞擊聲的音量響度（以分貝為單位，dB）。考慮撞擊聲向各個方向均勻輻射。

附加資訊：音量響度 β 是其強度 $I = P/A$ 的對數度量，此處 P 為功率 A 為面積。音量響度的定義為

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \left(\frac{I}{I_0} \right),$$

其中 $I_0 = 1.00 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$

P8. [1.0 pt] 如問題 P7 所述，若撞擊音量響度達到60 dB - 在果園環境中很容易被注意到的程度時，求該點與撞擊點的距離。

第二部分：化學

泰國的自然資源豐富，素有「世界廚房」之稱。多種重要農產品，包括稻米、木薯、甘蔗、棕櫚油、天然橡膠、多種蔬菜及熱帶水果，生產量位居全球前十位。

問題 C-1 「果中皇后」-山竹

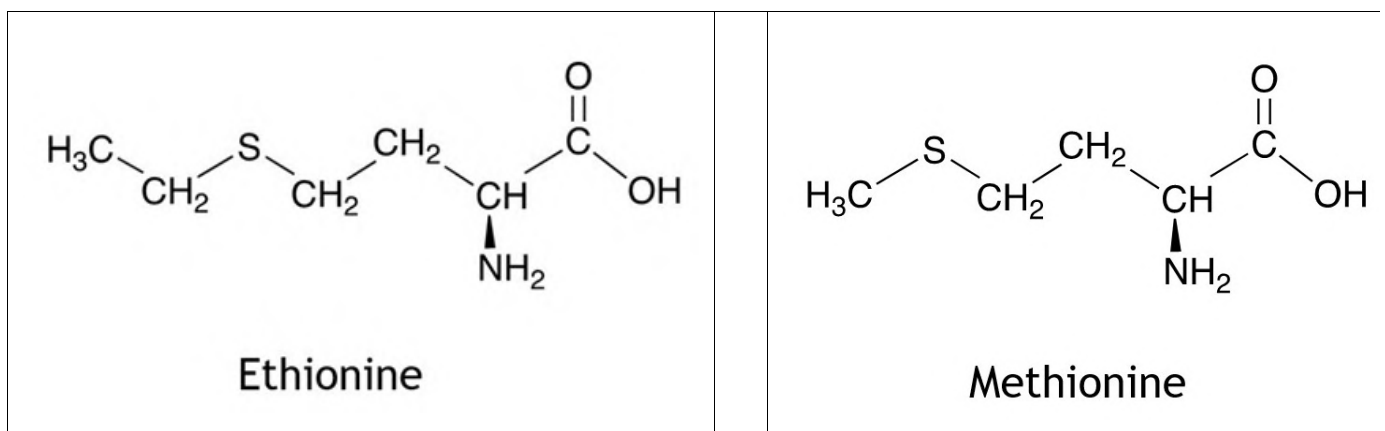
山竹是一種味道微酸甜的熱帶水果，在泰國被譽為「果中皇后」，在東南亞地區用於治療皮膚感染和傷口的傳統藥物。其果皮有高含量的山竹素（黃酮類化合物），具有廣泛的生物活性和藥理特性，如抗癌、抗菌、消炎、抗氧化和活化心血管等，同時具有抗老化、祛痘等療效，常被使用於化妝品和護膚品中。



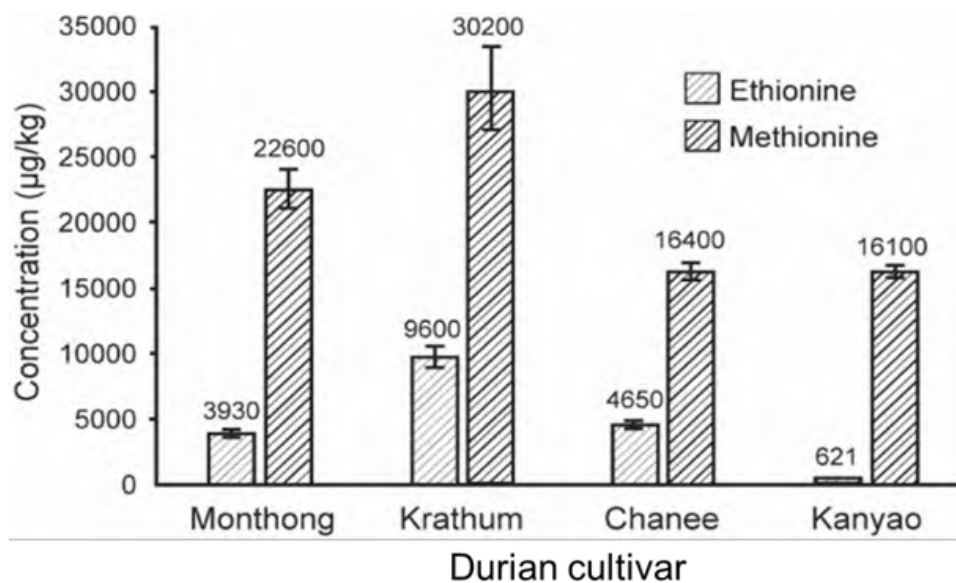
Mangosteen "Queen of fruit"

C-1.1) (2.5分) 山竹素分子含有三種元素的原子，山竹素的蒸氣密度是氮氣的14.65倍。重量為1.000 克的純山竹素在過量氧氣中燃燒，僅生成水和二氧化碳。水被收集在吸收器中，該吸收器的重量變化為 0.570 g。另將二氧化碳單獨收集在內有 2.00 M、100.00 cm³ 氫氧化鈉溶液(NaOH)的吸收器。取25.00 cm³ 的該溶液、加入5 滴甲基橙做為指示劑（pH 變色範圍3.2-4.4），並使用 2.00 M 鹽酸溶液(HCl) 進行滴定，共消耗 25.00 cm³ 體積的HCl 溶液完成滴定。相同體積的該溶液、使用酚酞作為指示劑（pH 變色範圍 8.3-10.0），需要2.00 M 鹽酸溶液 (HCl) 17.70 cm³ 溶液完成滴定。推導出山竹素的分子式。(H₂CO₃; $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 4.8 \times 10^{-11}$)

Question C-2 泰國是世界上最大的榴槿(Durian) 出口國之一，年產量約 70 萬噸。榴槿由於含有不同的植物化學物質 (包括有機硫化合物、酯類和醇類)，其香氣、味道和質地會因品種(cultivar)而異。榴槿獨特的刺激性氣味源自於二乙基二硫醚($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SSCH}_2\text{CH}_3$) 等的有機硫化合物。乙硫醇($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$)被認為是榴槿產生其他揮發性有機硫化合物的重要前驅物。透過複雜的生物合成途徑，乙硫醇可由乙硫氨酸(Ethionine)或甲硫氨酸(Methionine)產生。假設乙硫氨酸或甲硫氨酸，以1:1的摩爾比例轉化成乙硫醇。



下圖顯示了泰國最著名的四種不同榴槿品種中含乙硫氨酸(ethionine)與甲硫氨酸(methionine)濃度：金枕頭(Montong)、金紐 (Krathum)、青尼 (Chanee) 和乾堯 (Kanyao)。





Points: 30

Time: 3 Hours

C-2.1) (2pt) 乙硫醇可以與過氧化氫反應生成二乙基二硫醚(diethyl disulfide)和水。

在 160.00°C 和 0.5000 atm ($1\text{ atm} = 1.013 \times 10^5\text{ Pa}$)下，100 克的金枕頭(Montong) 木漿和過氧化氫反應。由乙硫氨酸路徑所生產的二乙基二硫醚有多少公升？

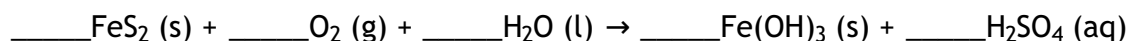
寫出可平衡的化學方程式，並以正確的有效數字作答。假設二乙基二硫醚在此條件下視為理想氣體。

C-2.2) (1.5pt) 如果在 $160.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 0.5000 atm 條件下，由 100.0 g 金紐 (Krathum) 木漿中檢測到 $5.00 \times 10^{-4}\text{ L}$ 的二乙基二硫醚氣體。此木漿中的硫轉化到二乙基二硫醚的百分率為何？

你要用正確的有效數字作答，並寫出詳細的計算過程。假設二乙基二硫是金紐 (Krathum) 木漿中唯一測到的有機硫化合物氣體，且在此條件下視為理想氣體。

Question C-3 在泰國南部，土壤酸化被認為是農業的一個嚴重問題。這是由於洪水導致沼澤土壤在水乾後變成酸性。20世紀70年代初，已故國王普密蓬·阿薩德 (Bhumibol Adulyadej) 陛下訪問該地區，他發起了“Klang-Din project”來解決問題。利用反覆乾燥並濕潤土地來加速土壤中的化學反應，將土壤的酸度提到最高，然後控制地下水位防止硫酸釋放，施加石灰原料、以水沖洗等技術對土壤進行脫酸，然後種植特定的農作物。國王陛下的技術把荒地變成了耕地。

C-3.1) (1pt) 黃鐵礦 (Pyrite)是土壤中發現到的二硫化鐵礦物，含有雙硫離子 (S_2^{2-})。它與氧氣反應，並透過以下反應導致土壤酸化：



以填空方式完成方程式並寫出平衡過程的方法。

C-3.2) (1.8pt) 1 kg 的土壤中含有 2.4 g 黃鐵礦，並將此黃鐵礦透過完全氧化處理後得到含有硫酸的溶液 5.0 L。該溶液的 pH 值為何？pH 只與硫酸有關。並假設硫酸並無與土壤中的其他成分發生反應，例如 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。（ H_2SO_4 第一個質子完全解離， K_{a2} of $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1.0 \times 10^{-2}$ ）



Points: 30

Time: 3 Hours

C-3.3) (0.7pt) 碳酸鈣(CaCO_3)是一種常用於中和土壤酸度的石灰原料。依據C-3.2 情況下，中和此溶液所需要碳酸鈣(CaCO_3)的最小重量為何？（將答案四捨五入到小數點後兩位）

C-3.4) (0.5pt) 碳酸鈣 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 的晶格能為 2804 kJ/mol 。鈣離子的水合能(ΔH_{hydr} of $\text{Ca}^{2+}(\text{g})$) 為 -1579 kJ/mol ，碳酸根的水合能(ΔH_{hydr} of $\text{CO}_3^{2-}(\text{g})$) 為 -1389 kJ/mol 。使用這些數據來計算碳酸鈣的溶解熱(kJ/mol)，並寫出你的計算方法。

分別以 (s) , (l) , (g) 和 (aq) 來表示固態、液態、氣態和水溶液。

第三部分：生物學

永續農業對於人類的長期生存至關重要。提供蛋白質、碳水化合物、脂肪、維生素和礦物質的均衡飲食對於細胞的生長和體內各個系統的功能是必要的。

B1. (1.8pt) 腳氣病是一種由硫胺素缺乏而非細菌感染引起的疾病。硫胺素（維生素 B1）存在於糙米中。常食用白米可能會導致腳氣病。

為了證明這一點，一位科學家進行了實驗，用糙米或白米餵養健康和患病的雞，並監測牠們健康狀況的變化。假設實驗中沒有雞死亡。細菌感染、硫胺素缺乏以及從缺乏中恢復都發生在實驗的時間範圍內。

表B1顯示了所使用的實驗條件。根據引起腳氣病的病因，結果可能會有所不同。假設真正致病的原因未知，請根據病因是細菌感染還是硫胺素缺乏來預測實驗結果。從可能的結果中進行選擇，在空格中寫下對應的字母 (A–F)，可能的實驗結果可能被選擇超過一次。

可能的實驗結果（雞）

- A、兩隻健康
- B、兩隻生病
- C、三隻健康
- D、三隻生病
- E、四隻健康
- F、四隻生病

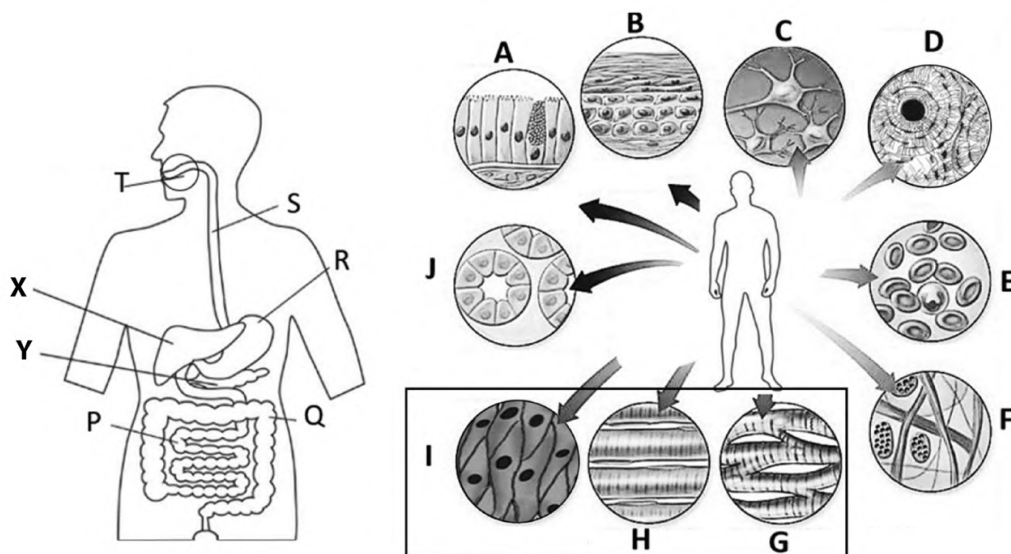
表B1(0.3pt for each answer)

I: 實驗	II: 實驗中的食物 (穀物)	III: 實驗中的雞隻	預期結果 (A-F), 取決於腳氣病的原因	
			IV: 細菌感染	V: 硫胺素缺乏
1	糙米	1患病及2健康		
2	白米	4健康		
3	糙米	2健康		

B2. (1.9pt) 消化是一個複雜的過程，發生在多個器官中並涉及不同類型的組織。在涉及器官 (P–T) 和組織圖像 (A–J) 的問題中，在對應字母下方的空格中打「X」。在詢問組織名稱的問題中，從技術術語 (TT) 清單中進行選擇，並在答案卷表格中寫下相應的數字 (1–12)。

技術術語 (TT) 清單

1. 鱗狀複層上皮	2. 單層立方上皮	3. 單層柱狀上皮
4. 平滑肌	5. 骨骼肌	6. 心肌
7. 密質骨	8. 血液	9. 鬆散結締組織
10. 神經	11. 軟骨	12. 鬆質骨



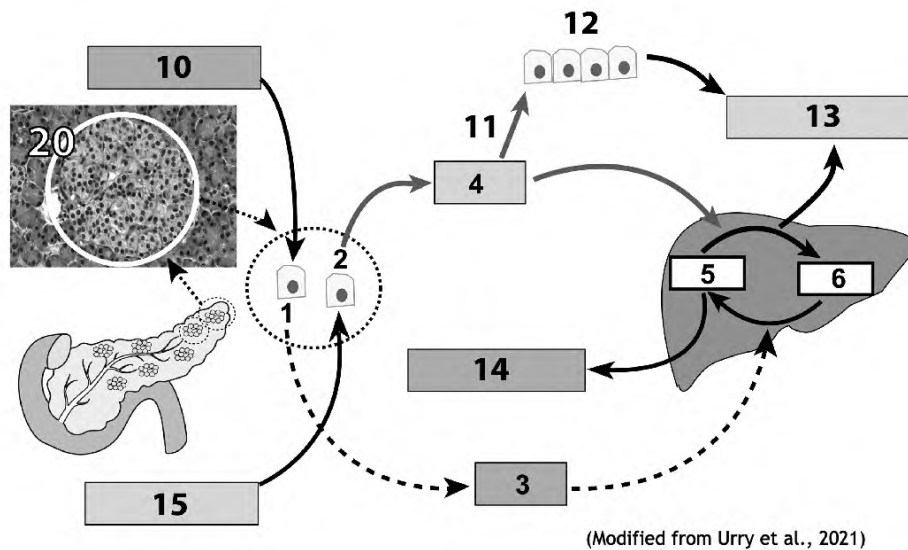
(Modified from: <https://www.stem.org.uk/resources/elibrary/resource/36133/digestive-system>
<https://www.teacharesources.com/product/animal-tissues/>)

X = 肝; Y = 胰

G, H and I 是各種肌肉組織

	答案														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	P	Q	R	S	T
1. 當學生吃蛋白質時，第一個酵素消化發生在哪個器官(P-T)? (0.2pt)															
2. 哪一種組織（TT）主要覆蓋在R器官的內表面? (0.3pt)															
3. 哪一張圖像（A-J）顯示了該鱗狀複層上皮的形態? (0.2pt)															
4. 在哪一個器官 (P-T) 蛋白質被完全消化? (0.2pt)															
5. 身體內養分透過哪種組織(TT)運輸到其他細胞? (0.3pt)															
6. 哪一張圖 (A-J) 顯示控制顎運動的肌肉組織? (0.2pt)															
7. 哪種肌肉組織 (TT) 控制器官P的運動? (0.3pt)															
8. 哪一張圖 (A-J) 顯示器官R的肌肉組織形態? (0.2pt)															

B3. (1.4pt) 碳水化合物是動物的主要能量來源。進食後，血糖值立即急遽上升。然而，如果身體缺乏食物，血糖水平就會降低。下面的示意圖代表了血糖控制機制。在對應字母下方的空格中打「X」來回答相關問題。



10 = 低血糖

11 = 刺激從血液中攝取糖分

12 = 組織細胞

13 = 降低血糖

14 = 升高血糖

15=高血糖

選擇答案

A. 鮑氏囊	E. 升糖素	I. Alpha細胞	M. 半乳糖
B. 格拉夫卵泡	F. 胰島素	J. Beta細胞	N. 葡萄糖
C. 蘭氏小島	G. 胰多肽	K. Delta細胞	O. 甘油酯
D. 肝細胞	H. 生長抑素	L. Gamma細胞	P. 肝醣

問題		pt	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	標號20白色圓圈所包圍結構的名稱	0.2																
2	細胞 1 (產生激素 3) 的名稱	0.2																
3	激素 3 的名稱	0.2																
4	數字6表示什麼？	0.2																
5	細胞 2 (產生激素 4) 的名稱	0.2																
6	激素 4 的名稱	0.2																
7	數字5表示什麼？	0.2																

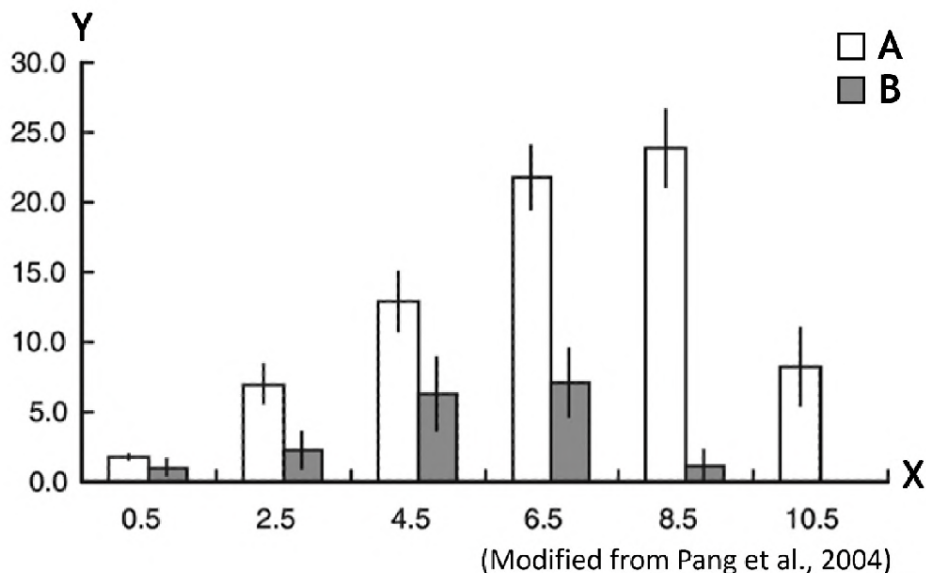
B4. (1.3pt) 植株基因型A和B具有不同的耐澇水準。為了研究它們的根部解剖結構對澇漬的反應，將它們種植在盆中——有孔排水（控制）或無孔（澇漬處理）——並裝滿水。3週後，摘取根並透過每2公分切割一次進行橫切，從根尖5毫米開始到根-莖交界處。

下圖顯示了澇漬處理植物距根尖不同距離處的通氣組織佔根橫截面

積的百分比。表 B4 顯示了距根尖 4.5 公分處每種基因型和狀況的

照片。使用圖中的數據，透過在表 B4 中對應的方塊中打「X」來

選擇正確的答案，以獲得正確的基因型和處理條件。



A = 基因型 A

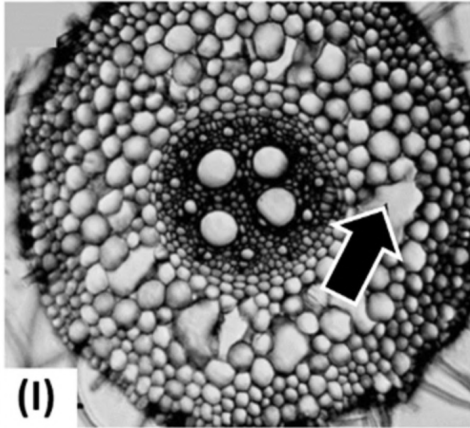
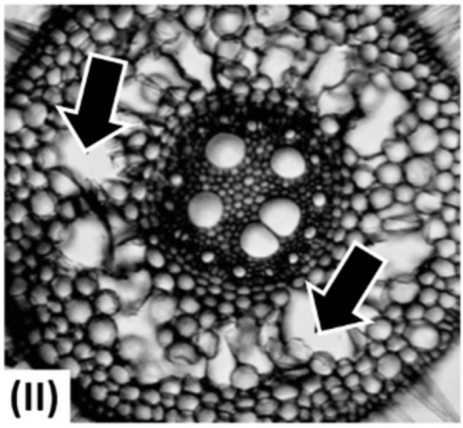
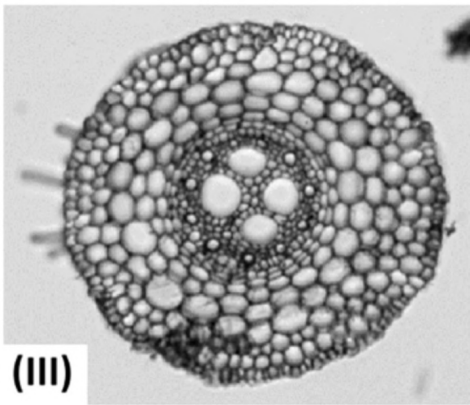
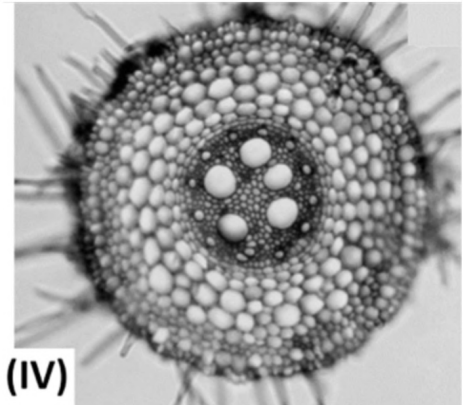
B = 基因型 B

X = 根尖的距離 (cm)

Y = 通氣組織佔根部橫斷面的百分比 (%)

(數據為平均值±標準誤差，樣本數 = 5)

表B4

P \ Q	Q		Q	
	☐ A	☐ B	☐ A	☐ B
☐ 1	 (I)	 (II)		
☐ 2				
☐ 1	 (III)	 (IV)		
☐ 2				

註1：箭頭表示通氣組織區域的空氣空間。

註2：相同的基因型顯示在同一列中，相同的條件（澇漬處理或排水良好）顯示在同一行。

P = 處理條件

Q = 基因型

1 = 澇漬處理

2 = 排水良好

B5 (1.8pt) 比較生物化學是利用不同生物體 DNA 序列相似性來研究演化關係。表B5A顯示了發酵碳水化合物並產生乳酸作為主要產物的5種不同乳酸菌(LAB)菌株的鹼基差異百分比。

根據表 B5A 和提供的演化樹圖(Evolutionary tree)，在樹上每個 LAB 菌株的正確位置對應的方塊中畫「X」。然後，回答表 B5B 中的問題，在正確選項中劃「X」。

表 B5A

	Alpha	Beta	Delta	Gamma	Theta
Alpha					
Beta	17				
Delta	17	9			
Gamma	15	11	12		
Theta	19	25	20	21	

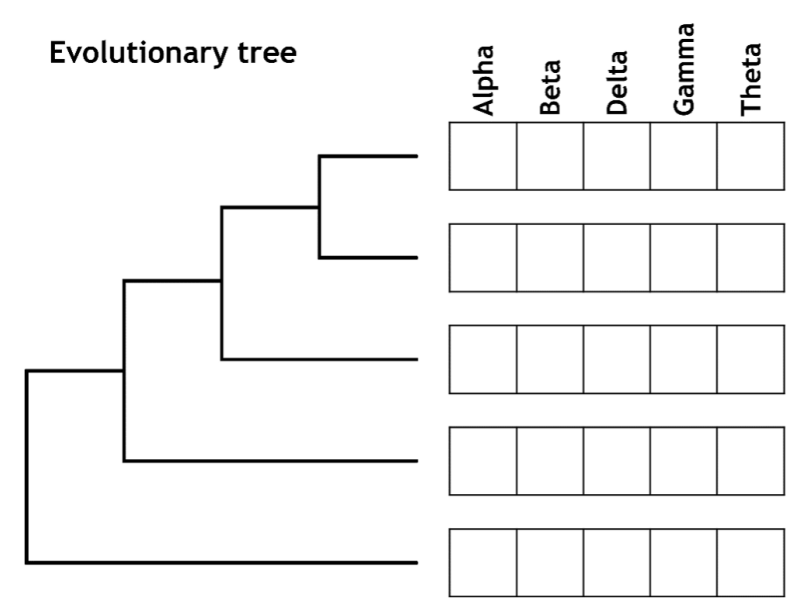
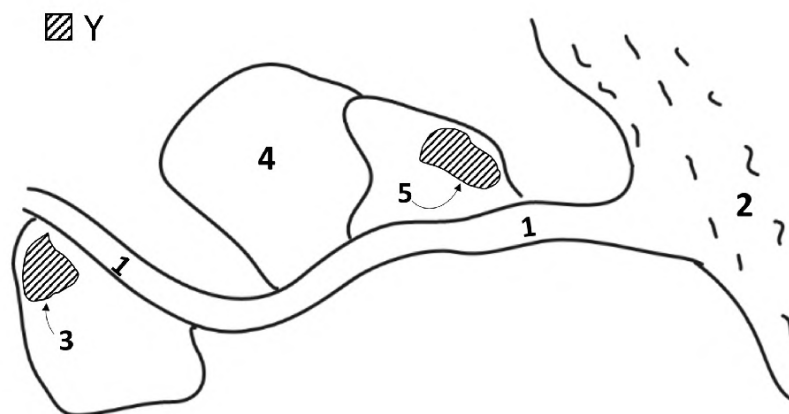


Table B5B

問題		Answer				
		Alpha	Beta	Delta	Gamma	Theta
1	哪對 LAB 菌株關係最不密切？ (0.4pt)					
2	哪對 LAB 菌株最可能擁有最近共同祖先？ (0.4pt)					

B6. (1.8pt) 磷 (P) 是生態系中重要的大量營養素。然而，它不能以氣態形式存在，並且該元素不溶於水。磷循環的一部分是緩慢的，發生在岩石和沈積物中。較快的部分透過食物攝取和排泄在生物體內轉移。這些在生態系統之間建立了重要的運輸連結。考慮以下情景。



P = 池塘

1 = 河流

2 = 泰國灣

3 = Jam的池塘

4 = Som的種植園

5 = Nook的池塘

30 年前，農民 Som 在海岸附近開設了一個設有安全圍欄的香蕉種植園。這塊土地營養豐富。近十年來，土壤品質不斷惡化。養分濃度，尤其是磷濃度，有下降。因此，Som 大幅增加了氮肥和磷肥的使用。

表中的每個敘述，首先，先決定根據情景中的信息判斷是否會導致這發生，選擇是或否，在相關的空格中打“X”。然後，如果是，選擇這可能造成 Som 問題的原因還是她的活動造成的影響。如果否，讓這個原因或影響的空格保持空白。

敘述	Is it likely? 是否可能發生		Potential cause or effect? 潛在的原因或影響	
	是	否	Cause原因	Effect影響
1. 附近森林中的野生動物偷獵導致當地大象數量減少。				
2. Jam的池塘可能出現優養化。				
3. 當地海鳥數量的減少導致土壤中可用的磷含量減少。				
4. 長期聖嬰現象導致多年乾旱加劇。				
5. 附近河流的魚死可能是由有毒化學物質造成的。				
6. Nook池塘的魚可能因缺氧死亡				