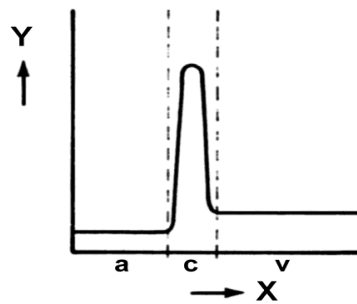


2017 年第十四屆國際國中科學奧林匹亞 競賽—選擇題試題 (1)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

血液流速

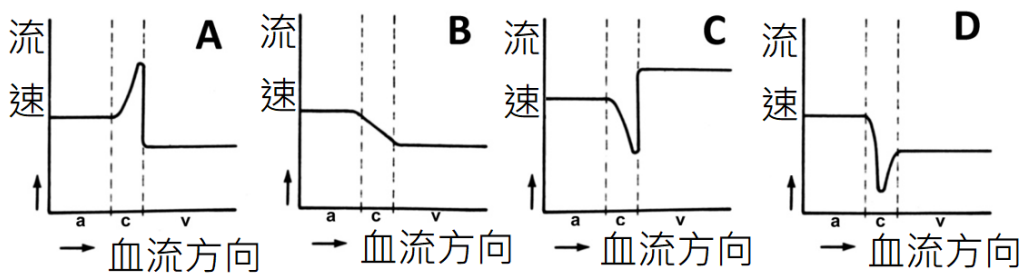
人類上臂的肌肉中，血液流經動脈、微血管及靜脈。附圖為這些血管的橫切面總面積，(a)為動脈，(c)為其後的微血管及(v)為回流的靜脈。



X=血液流動方向

Y=橫切面總面積

1. 下列哪一張圖能正確呈現血液流經小動脈、微血管及靜脈時的流速？



發酵作用及呼吸商數(RQ)

弗洛里斯研究酵母菌如何轉化葡萄糖，葡萄糖可經由有氧呼吸及無氧呼吸進行轉化，其反應式為：



弗洛里斯使用 0.50 mol 的葡萄糖及一些酵母菌，藉由測定質量的減少，他可以得出 CO₂ 的生成量。

當所有的葡萄糖全被轉化後，其生成 CO₂ 所造成的質量減少為 79.2 公克(=1.8 mol CO₂)，弗洛里斯假設溶液中無 CO₂ 的存留，現在弗洛里斯可計算轉化過程中的呼吸商數。

呼吸商數的定義為

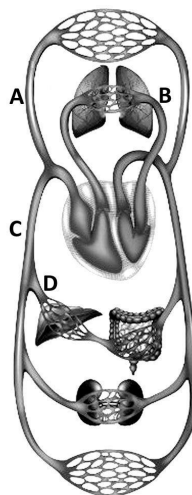
$$RQ = \frac{\text{CO}_2\text{的莫耳數(生成)}}{\text{O}_2\text{的莫耳數(耗用)}}$$

2. 下列何者為正確的呼吸商數？

- A RQ = 0.67
- B RQ = 1.2
- C RQ = 1.5
- D RQ = 1.8

血液中的葡萄糖濃度

附圖為哺乳類的血液循環示意圖，
A、B、C 和 D 為四個不同的部位。

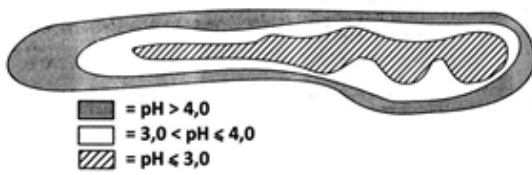


3. 哪一部位的葡萄糖濃度最低？

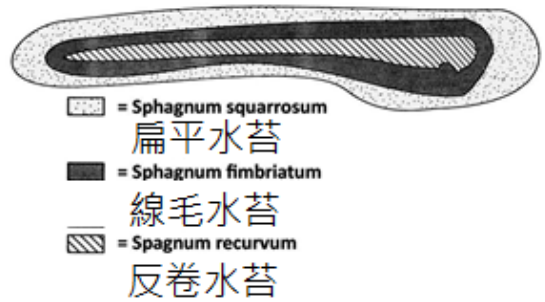
水苔屬

水苔屬各物種的分佈會受到 pH 值的影響，而不會受到其他非生物因素的影響。

在一段長時間氣候穩定的條件下，湯姆研究一個被鹹淡水所包圍的小島上，三種水苔的分佈，其結果如下。



pH 的分佈圖



水苔的分佈圖

得出的三個結論為

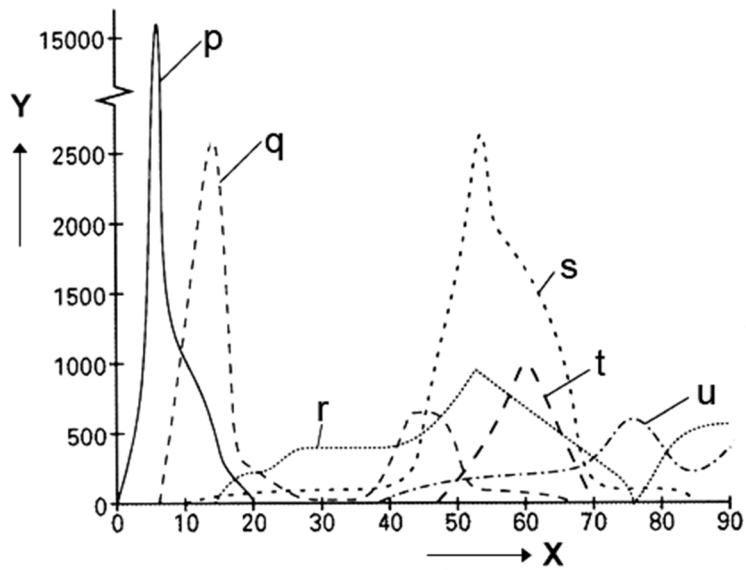
- I. 於 $pH > 4.0$ 的環境中，唯一能存活的只有扁平水苔(*Sphagnum squarrosum*)。
- II. 在反卷水苔(*Sphagnum recurvum*)及線毛水苔(*Sphagnum fimbriatum*)之間，存在着競爭的關係。
- III. 反卷水苔(*Sphagnum recurvum*)及扁平水苔(*Sphagnum squarrosum*)有重疊的棲地。

4. 哪些為正確的結論？

- A. 只有 II
- B. 只有 I 和 III
- C. 只有 II 和 III
- D. II 和 III

乾草浸液

瑪莉在燒杯中將水和乾草煮沸，在沒有蓋子的情況下靜置數天，此段時間在燒杯中找到異營性細菌，十天後加入數滴取自水溝的水後，並蓋上蓋子。取自水溝的水中，只含有異營性的單細胞生物，但不含任何細菌或真菌。瑪莉在加入這些水後的三個月內，定時測量燒杯中不同物種的數量，共找到(p-u) 六種物種。下圖為取自燒杯內的一毫升水中，各物種的個體數。



X = 時間 (天數); Y = 每毫升(mL)中個體的數量

根據圖中的結果，瑪莉得出二項推論。

I. 會分裂的細菌數目，最終會降到零。

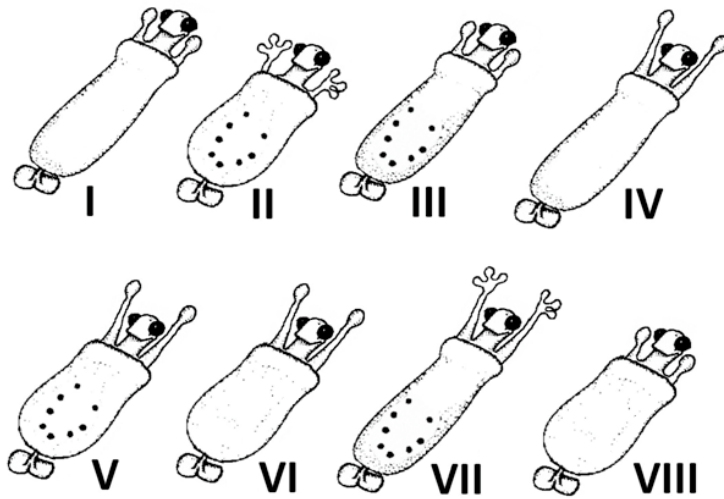
II. 包括細菌在內的所有異營性單細胞生物，在自然的穩定平衡中，最終全都會達到生長的最高峰。

5. 哪項為正確的推論？

- A. 僅有 I 正確
- B. 僅有 II 正確
- C. I 和 II 都正確
- D. I 和 II 都不正確

卡卡獸(Caminalcules)的鑑定

DNA 在現代生物學物種的分類上扮演重要角色，以往這只能藉由外部特徵進行鑑定。下圖是由約瑟夫·卡明所發明的虛擬生物卡卡獸，用以教導學生辨認物種並用以建立演化樹狀圖。



上圖中八種卡卡獸，可採用下列四項特徵中的其中三項進行分類，長手臂、長身軀、腹部的黑色斑點、具有手指。

6. 下列四項特徵中，何者無需採用？

- A. 長手臂
- B. 長身軀
- C. 腹部的黑色斑點
- D. 具有手指

水分流失

在一項前期實驗中，於不同的條件下，監測一組受試者每日水分流失的情況。有三個水的散失過程被監測：經由皮膚散失(不是指流汗)，經由肺呼吸，和形成尿液。

下表按隨機順序顯示結果。

	水分每日平均流失量，毫升/天		
	於 20 °C 溫和運動	於 30 °C 溫和運動	於 20 °C 劇 烈運動
過程 I	350	250	650
過程 II	50	50	50
過程 III	1400	1300	600

7. 哪些過程對應肺呼吸和形成尿液？

	肺呼吸	形成尿液
A	過程 I	過程 II
B	過程 I	過程 III
C	過程 II	過程 III
D	過程 III	過程 I

溫度敏感等位基因

有些蠅類具有溫度敏感的等位基因。受精卵只有在低於某一特定溫度下才能發育，參閱下表。

基因型	發育所需的溫度
EE	< 18 °C
Ee	< 20 °C
ee	< 28 °C

有兩隻果蠅，它們的基因型都是 Ee，交配後，讓它們的受精卵 (F1) 在 19 °C 下發育。F1 果蠅再隨機交配後，其生產的卵也讓它們在 19 °C 下發育。

8. 在 F1 隨機交配後生產的卵中，有多少比率不會發育？

- A 1/9
- B 2/9
- C 4/9
- D 6/9

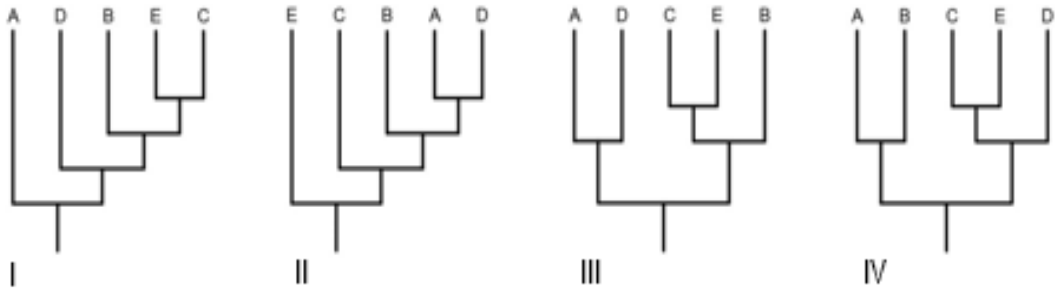
DNA 與演化的關係

在某城市中，有幾個人(A-E)感染了退伍軍人症(Legionnaires' disease)。重要的是，必須確定有多少來源導致這次疫情，以及這些來源是什麼，才能防止疾病蔓延。病原體的 DNA 已被提取，並確定了七種基因中的等位基因，可鑑定來源的數量。然後，對於每對患者，我們計算出這七種基因的等位基因的頻率差異，此稱為病人的病原體之間的"距離"。如果兩個患者的病原體七種基因之等位基因是全部相同，那麼距離是 0，而如果病原體在這七種基因上的等位基因都不同，則距離是 7。病人 A-E 的所有配對距離，列於下表"距離矩陣"中。

距離矩陣					
病人 A	病人 B	病人 C	病人 D	病人 E	
	5	5	1	4	病人 A
		2	5	2	病人 B
			6	1	病人 C
				6	病人 D
					病人 E

表中的資料可以用來做一個樹狀圖(樹狀結構圖)以描述病人 A - E 的病原體關係。

9. 下列選項中的樹狀圖，何者對應距離矩陣(distance matrix)？



- A I
- B II
- C III
- D IV

軍團菌(Legionella)

軍團菌(導致退伍軍人症的細菌)的品系可以藉由基因 flaA 的等位基因來鑑定。這個基因編碼的蛋白質是細菌鞭毛的一部分。

軍團菌 flaA 基因的某個等位基因的 DNA 編碼股(coding strand)(模板股(template strand)的互補股),第 670 到 700 的鹼基序列顯示如下。第 197 到 199 的鹼基序列為起始密碼(start codon)。

	670-----700	
5'	T T T C A G T A T C G G C A G C A C A A A G C T T C T T C T	3'

10. 參考下列遺傳密碼表，上述 DNA 片段解碼後，正確的蛋白質胺基酸序列為何？

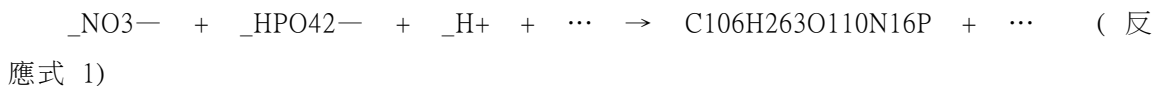
遺傳密碼表(standard genetic code)									
第一個鹼基 (5'-端)	第二個鹼基								第三個鹼基 (3'-端)
	U		C		A		G		
U	UUU	Phe (F)	UCU	Ser (S)	UAU	Tyr (Y)	UGU	Cys (C)	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu (L)	UCA		UAA	Stop	UGA	Stop	A
	UUG		UCG		UAG	Stop	UGG	Trp (W)	G
C	CUU		CCU	Pro (P)	CAU	His (H)	CGU	Arg (R)	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	Gln (Q)	CGA		A
	CUG		CCG		CAG	CGG	G		
A	AUU	Ile (I)	ACU	Thr (T)	AAU	Asn (N)	AGU	Ser (S)	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	Lys (K)	AGA	Arg (R)	A
	AUG	Met (M)	ACG		AAG	AGG	G		
G	GUU	Val (V)	GCU	Ala (A)	GAU	Asp (D)	GGU	Gly (G)	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	Glu (E)	GGA		A
	GUG		GCG		GAG	GGG	G		

- A Phe - Ser - Ile - Gly - Ser - Thr - Lys - Ala - Ser - Ser
 B Phe - Gln - Tyr - Trp - Gln - His - Lys - Ser - Phe - Phe
 C Ser - Val - Ser - Ala - Ala - Gln - Lys - Leu - Leu
 D Lys - Ser - Stop

藻類的光合作用

地表的水可以含有各種有機和無機物質。在許多地表水中，大部分有機物質是由光合作用形成的。藻類等浮游植物是有機物的主要生產者。在這種有機物質中，碳、氮、磷原子通常以下列比例發生： $C:N:P = 106:16:1$ 。在藻類光合作用中產生的有機物質可用化學式 $C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P$ 表示。

下列未完成的反應式可總結浮游植物的光合作用：



在這個反應式中，缺少一些係數和分子。

11. 在反應式 1 中，缺少哪些分子？

	左邊	右邊
A	CO ₂	H ₂ O and O ₂
B	CO ₂ and H ₂ O	O ₂
C	CO ₂ and O ₂	H ₂ O
D	O ₂	CO ₂ and H ₂ O

12. 當反應式 1 平衡時，H⁺ 的係數應該是多少？

- A 3
- B 16
- C 17
- D 18

綠色化學

綠色化學是在化學和化工領域上，發展可永續的生產製程。

綠色化學中的兩個重要概念是原子經濟和 E-因子。這些概念的公式如下：

$$\text{原子經濟} = \frac{\text{想要產物之質量}}{\text{起始物之質量}} \times 100\%$$

以及

$$\text{E-因子} = \frac{\text{起始物之質量} - \text{得到產物之質量}}{\text{得到產物之質量}}$$

13. 下面的句子中，I 和 II 要填寫哪些字？

一個綠色的製程要有 I 原子經濟和 II E-因子。

	I	II
A	高	高
B	高	低
C	低	高
D	低	低

氧氣的測量

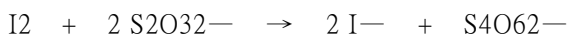
溶解於水中之氧氣 (O₂) 對於水下生命非常重要。被污染之地表水中的氧氣濃度可能會降低到危險的程度。因此，水中氧氣濃度需要定期測量。

溶解氧氣的濃度可以用滴定來判斷。從地表水取 10.00 mL 的樣品，用酸性碘化鉀溶液處理，可進行下列反應：



需加入過量的酸性碘化鉀以確保所有的氧氣均反應。

接下來，用 0.0100 M 硫代硫酸鈉 (Na₂S₂O₃) 溶液滴定碘分子。反應如下：



此滴定用澱粉做指示劑。

一位學生做了這個實驗。當加入最後一滴硫代硫酸鈉溶液時，溶液變為無色。儘管如此，計算出的溶解氧氣之濃度還是高於預期。

14. 下列那個錯誤可能導致這個結果？

- I. 用蒸餾水沖洗滴定管後，立即加入硫代硫酸鈉溶液到滴定管中。
 - II. 在開始滴定时，滴定管下方的旋轉閥下面充滿空氣，而不是硫代硫酸鈉溶液。
- A 只有 I
 - B 只有 II
 - C I 和 II 兩者皆可能
 - D I 和 II 兩者皆不可能

上述實驗中，溶解氧氣濃度 (以 mg/L 表示) 之數值相當於 $K \times V_{\text{thio}}$

其中 V_{thio} 是滴定所使用的硫代硫酸鈉溶液的體積，單位為 mL。

15. 則 K 的值為何？

- A 4.00
- B 8.00
- C 16.0
- D 32.0

尿液肥料

在荷蘭的露天搖滾節日，參加者的尿液被收集起來並做成肥料。首先要將尿液中的尿素轉化成銨鹽。然後調整溶液的 pH 值，並加入氯化鎂溶液，得到稱為「鳥糞石」的不溶性化合物。鳥糞石的化學式為 $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ 。以這種方式回收磷酸鹽，有助於減緩天然磷源的消耗，並可獲得有用的肥料。

溶液的 pH 非常重要，因為磷酸和銨之解離平衡都和 pH 值有關。圖 1 為 H_3PO_4 、 $H_2PO_4^-$ 、 HPO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} 含量百分比和 pH 值的關係圖。圖 2 則為 NH_4^+ 和 NH_3 含量百分比和 pH 值的關係圖。

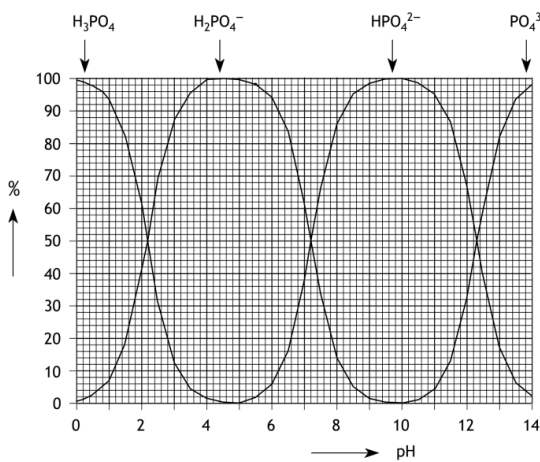


圖 1

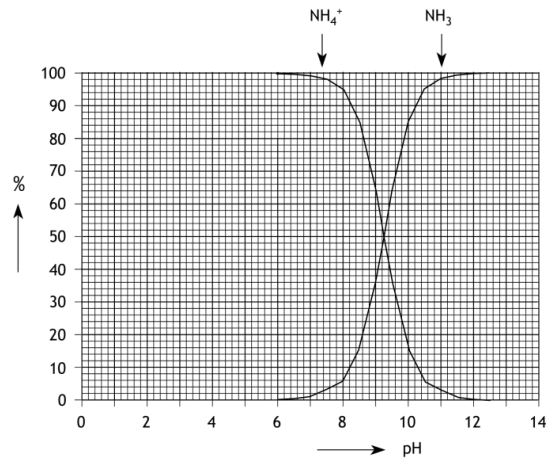


圖 2

形成鳥糞石的反應在 pH 值約 8 下進行。

反應式顯示溶液中存在的主要物種。

16. 下列那個反應式描述 $pH = 8$ 時，鳥糞石的形成？

- A $Mg^{2+} + NH_3 + 7 H_2O + PO_4^{3-} \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O + OH^-$
- B $Mg^{2+} + NH_4^+ + PO_4^{3-} + 6 H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$
- C $Mg^{2+} + NH_3 + HPO_4^{2-} + 6 H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$
- D $Mg^{2+} + NH_4^+ + HPO_4^{2-} + 5 H_2O + OH^- \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$

【待續】