

# 第十四屆國際國中科學奧林匹亞競賽



## Water and sustainability

### 選擇題試題

2017 年 12 月 5 日

仔細閱讀 “考試規則” 及 “考試說明”



Radboud Universiteit



Hogeschool



van Arnhem en Nijmegen

slo

## 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及設備。
2. 你必須坐在指定的位置。
3. 檢查大會提供的文具（筆、計算機和計算紙）。
4. 在“START”的訊號之前不可以作答。
5. 在考試期間，你不可以離開考場，除非有緊急狀況並在指導委員/工作人員/監考人員的陪同之下。
6. 如果你需要去洗手間，請舉手。
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. 不可以對試題本身提出問題或討論。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. 考試時間終了將會有“STOP”的訊號，在這個訊號之後就不能在答案卷上書寫。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，在全部的答案卷收齊之前不可離開試場。

## 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. 只可使用大會所提供的筆和鉛筆。
3. 確認答案卷上有你的姓名、編號、國家並在答案卷上簽名。如果你沒有答案卷，請舉手。
4. 仔細閱讀每一個問題，在答案卷上其中一個大寫字母上打叉以選擇正確答案(如下所示)。每一題只有一個正確答案。

例如：(A)是你的答案。

1	<del>A</del>	B	C	D
---	--------------	---	---	---

5. 如果你要更改答案，必須將第一次的答案先圈起來，然後再在正確的字母上打叉(如下所示)，每題只能更改一次正確答案。

例如：(A) 是你原來的答案，而(D)是你最後的答案。

1	<del>A</del>	B	C	<del>D</del>
---	--------------	---	---	--------------

6. 只有答案卷會評分。在你把答案寫在答案卷之前，可以使用所提供的計算紙。
7. 評分規則

正確答案：+ 1 分  
錯誤答案：- 0.25 分  
沒答案：0 分

8. 總共有 30 題，在“START”的訊號之後，檢查考卷的頁數是否完整(試題共有 19 頁，從 page 5 – page 23)，如果你發現有任何缺頁，舉起你的手。
9. 在第 4 頁提供了作答所需的資訊(原子量、常數和公式)。

## 一般資訊

週期表的前 20 個元素及標準原子量							
<b>H</b> 1.008							<b>He</b> 4.003
<b>Li</b> 6.941	<b>Be</b> 9.012	<b>B</b> 10.81	<b>C</b> 12.01	<b>N</b> 14.01	<b>O</b> 16.00	<b>F</b> 19.00	<b>Ne</b> 20.18
<b>Na</b> 22.99	<b>Mg</b> 24.31	<b>Al</b> 26.98	<b>Si</b> 28.09	<b>P</b> 30.97	<b>S</b> 32.06	<b>Cl</b> 35.45	<b>Ar</b> 39.95
<b>K</b> 39.10	<b>Ca</b> 40.08						

### 常數

重力加速度:

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

氣體常數:

$$R = 8.3145 \text{ J/(mol K)}$$

### 公式

圓面積:

$$A = \pi r^2$$

圓周長:

$$C = 2\pi r$$

體積:

$$V = Ah$$

密度:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

壓力:

$$p = \frac{F}{A}$$

熱:

$$Q = mc\Delta T$$

功率:

$$P = \frac{E}{t}$$

重力位能:

$$E_p = mgh$$

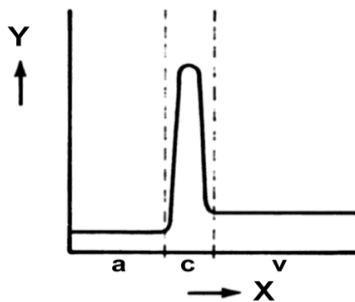
歐姆定律:

$$V = IR$$

# 生物試題

## 血液流速

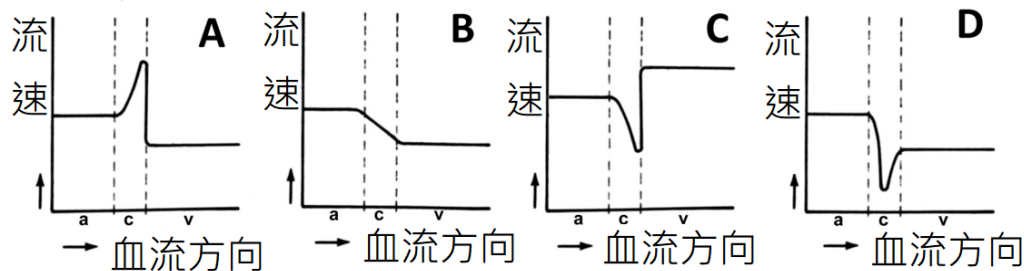
人類上臂的肌肉中，血液流經動脈、微血管及靜脈。附圖為這些血管的橫切面總面積，(a)為動脈，(c)為其後的微血管及(v)為回流的靜脈。



X=血液流動方向

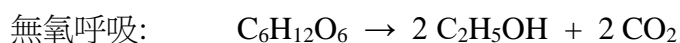
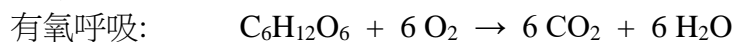
Y=橫切面總面積

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  $\text{CO}_2$  的生成量。

當所有的葡萄糖全被轉化後，其生成  $\text{CO}_2$  所造成的質量減少為 79.2 公克(=1.8 mol  $\text{CO}_2$ )，弗洛里斯假設溶液中無  $\text{CO}_2$  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

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

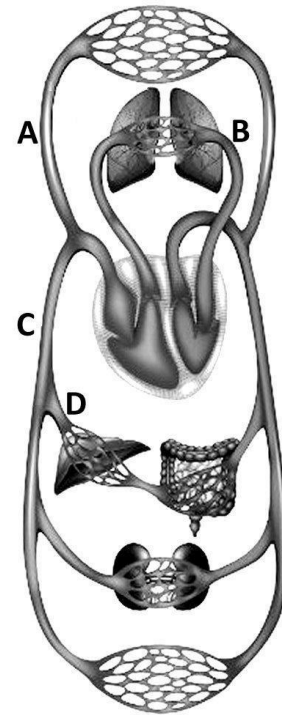
2. 下列何者為正確的呼吸商數？

- 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。

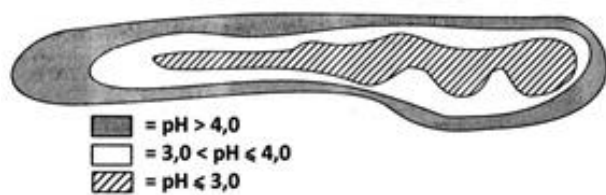
3. 哪一部位的葡萄糖濃度最低？



### 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

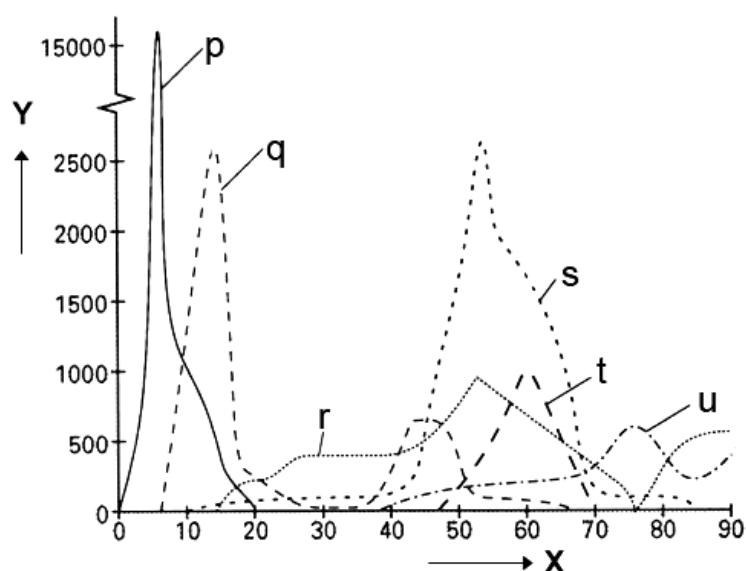
- I. 於 pH > 4.0 的環境中，唯一能存活的只有扁平水苔(*Sphagnum squarrosum*)。
- II. 在反卷水苔(*Sphagnum recurvum*)及線毛水苔(*Sphagnum fimbriatum*)之間，存在着競爭的關係。
- III. 反卷水苔(*Sphagnum recurvum*)及扁平水苔(*Sphagnum squarrosum*)有重疊的棲地。

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. I、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。



$X = \text{時間(天數)}$ ;  $Y = \text{每毫升(mL)中個體的數量}$

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。

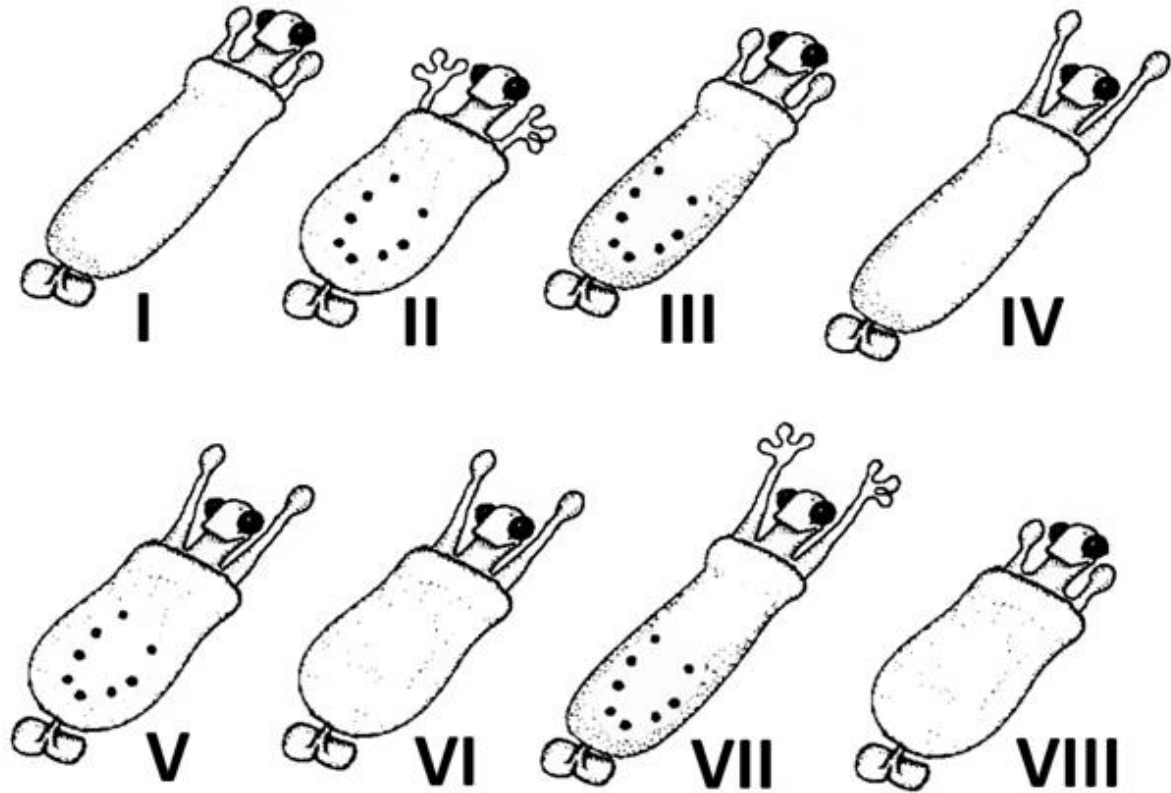
5. 哪項為正確的推論？

- 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

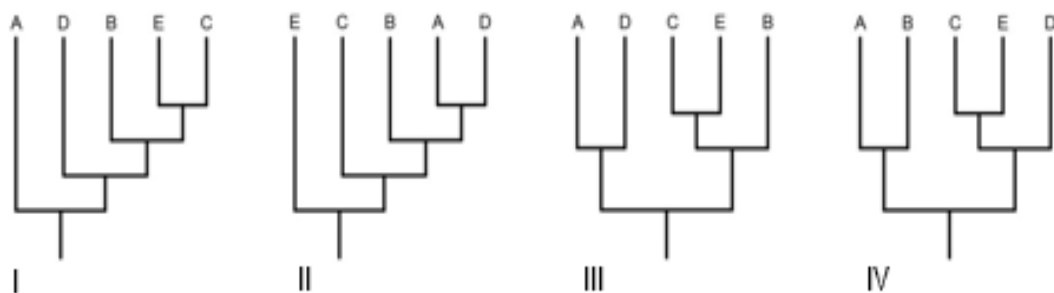
## DNA 與演化的關係

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	
<b>5'</b>	<b>TTTCAGTATCGGCAGCACAAAGCTTCTTCT</b>	<b>3'</b>

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	

- 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

## 化學試題

### 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	$CO_2$	$H_2O$ and $O_2$
B	$CO_2$ and $H_2O$	$O_2$
C	$CO_2$ and $O_2$	$H_2O$
D	$O_2$	$CO_2$ and $H_2O$

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？

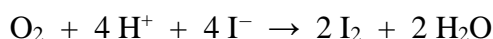
一個綠色的製程要有 **I** 原子經濟和 **II** E-因子。

	I	II
A	高	高
B	高	低
C	低	高
D	低	低

## 氧氣的測量

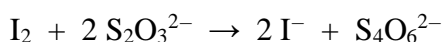
溶解於水中之氧氣 ( $O_2$ ) 對於水下生命非常重要。被污染之地表水中的氧氣濃度可能會降低到危險的程度。因此，水中氧氣濃度需要定期測量。

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 ( $Na_2S_2O_3$ ) 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  $K \times V_{thio}$

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  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。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  $\text{H}_3\text{PO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 、 $\text{HPO}_4^{2-}$  和  $\text{PO}_4^{3-}$  含量百分比和 pH 值的關係圖。圖 2 則為  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{NH}_3$  含量百分比和 pH 值的關係圖。

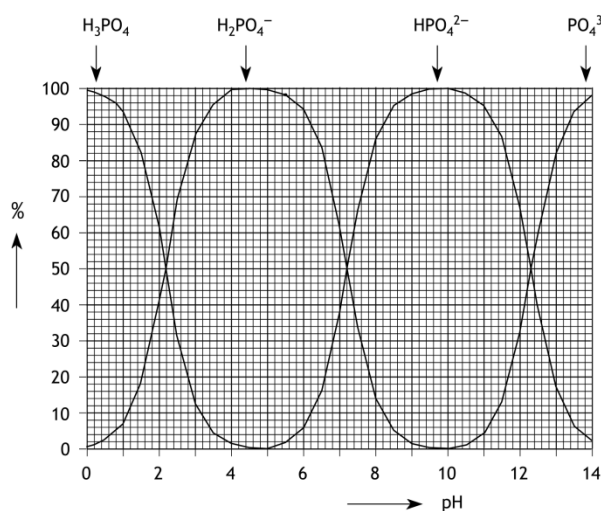


圖 1

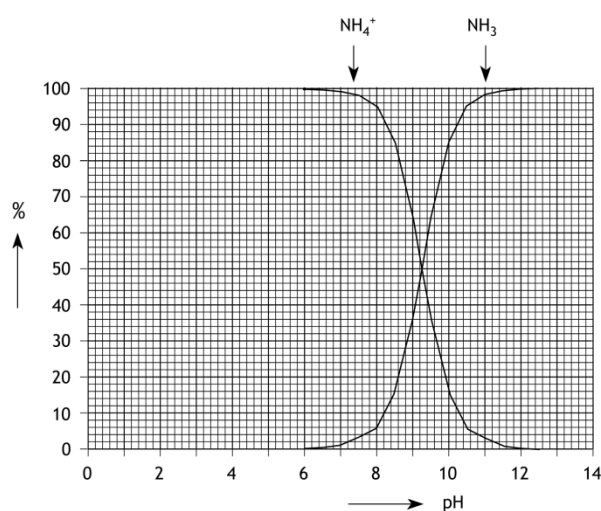


圖 2

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  $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_3 + 7 \text{H}_2\text{O} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{OH}^-$
- B  $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{PO}_4^{3-} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- C  $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_3 + \text{HPO}_4^{2-} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- D  $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 5 \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^- \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$



## 氫氣燃料電池

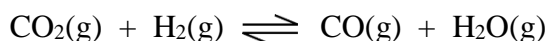
氫氣被認為是未來的燃料，因為不會排放二氧化碳。氫氣可以用在燃料電池中。

17. 當氫氣燃料電池在使用時，正、負電極各自發生何反應？

正極	負極
A $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
B $\text{H}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}^+$	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^-$
C $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
D $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^-$	$\text{H}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}^+$

## 消除二氧化碳

二氧化碳是一種溫室氣體。在燃燒化石燃料的過程中，產生大量的二氧化碳。為了防止它進入大氣中，可以使用所謂的「水煤氣轉換反應」將其去除。在此反應中，二氧化碳與氫氣反應生成一氧化碳和水：



$\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的生成熱如下：

$\text{CO}_2(\text{g})$ :  $-394 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{CO}(\text{g})$ :  $-111 \text{ kJ/mol}$  and  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ :  $-242 \text{ kJ/mol}$ .

18. 正向反應的反應熱( $\Delta_r H$ )是多少？這反應是吸熱還是放熱？

$\Delta_r H$	吸熱/放熱
A $-41 \text{ kJ/mol}$	吸熱
B $-41 \text{ kJ/mol}$	放熱
C $+41 \text{ kJ/mol}$	吸熱
D $+41 \text{ kJ/mol}$	放熱

使用水煤氣轉換反應來防止二氧化碳進入大氣中，主要缺點為生成劇毒的一氧化碳氣體。一氧化碳可用加入額外的氫氣轉化成甲醇。一氧化碳和氫氣形成甲醇為一平衡反應：



19. 下列那些條件有利於在平衡反應中形成甲醇？

I. 高壓      II. 高溫

- A 只有 I
- B 只有 II
- C I 和 II 兩者皆可
- D I 和 II 兩者皆不可

## 肥料

荷蘭地表水的品質受農業肥料使用的影響非常大。許多肥料含有氮元素(N)，為了盡量減少地表水的氮負荷，減少肥料用量非常重要。

現有三種含氮的肥料如下：

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ （硫酸銨）、 $\text{CaCN}_2$ （氰氨化鈣）、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ （尿素）。

20. 這些氮肥中，那一個的含氮之重量百分比最高？

- A. 硫酸銨
- B. 氰氨化鈣
- C. 尿素
- D. 三者含氮之重量百分比一樣。

## 物理試題

### 太陽能淋浴

利用太陽能可讓你在露營時進行溫水浴，如圖一所示的太陽能露營沐浴包，內含 15 kg、且溫度為 $18^{\circ}\text{C}$ 的水。在晴天時，水可以吸收太陽能的功率為 $200\text{ W}$ 。

21. 陽光照射下，包內的水需多少時間才能達到  $35^{\circ}\text{C}$  的溫度？(已知：水的比熱  $c = 4.2 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg K})$ 。)

- A 0.4 小時
- B 0.8 小時
- C 1.5 小時
- D 3.0 小時



圖 1：太陽能露營沐浴包

### 液體和蒸氣

在一定壓力下，將 1 升液體加熱沸騰汽化為 1000 升蒸氣。考慮下面的敘述：

- I、蒸氣的密度是液體密度的  $1/1000$ 。
- II、氣相中分子之間的平均距離是液相中分子之間平均距離的 10 倍。

22. 下列敘述何者正確

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

## 液壓氣動懸吊

一些汽車的液壓氣動懸吊裝設有彈簧包。這種金屬彈簧包內充滿氮氣。充氣體的目的是透過活塞、機油和橡膠膜（參見圖 2）去承受1/4汽車的重量。橡膠膜的面積是  $200 \text{ cm}^2$ 。已知汽車的重量為  $16000 \text{ N}$ ，且整個系統是靜止的，在忽略油和活塞的重量，而且外部大氣壓力為  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，回答問題：

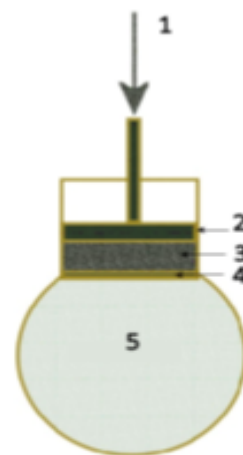


圖 2：彈簧包結構

1. 車重的 1/4
2. 活塞
3. 油
4. 橡膠膜
5. 氮氣

23. 在彈簧包內的氮氣壓力為何？

- A  $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
- B  $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
- C  $8.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
- D  $12.0 \times 10^5 \text{ Pa}$

## 加熱石蠟

每秒鐘有固定熱，施加在質量也是固定的固體石蠟（見圖 3）。

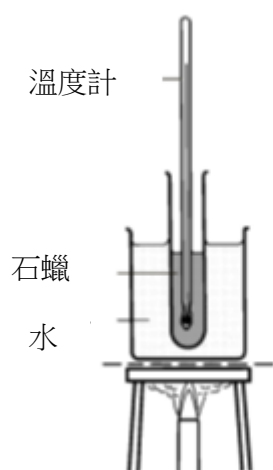


圖 3：實驗裝置示意圖

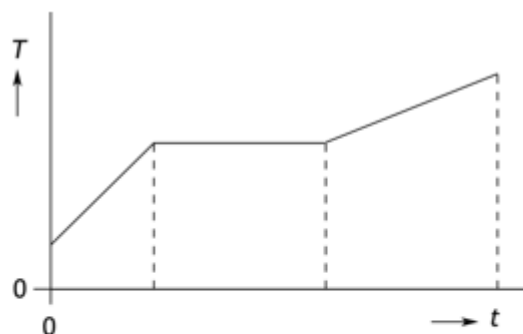


圖 4：溫度  $T$  對時間  $t$  作圖

圖 4 中的圖顯示了石蠟的溫度( $T$ )隨時間( $t$ )變化的關係圖。考慮以下兩個有關於石蠟溫度變化的敘述：

- I. 液體石蠟的比熱容小於固體石蠟的比熱容。
- II 在熔化期間，分子的位能增加。

24. 則下列何者敘述正確？

- A 僅有 I
- B 僅有 II
- C I 和 II 兩者皆是
- D I 和 II 兩者皆不是。

### 一條小船和一個瓶子在一條河流裡

在無風的天氣，有人向瓦爾河（Waal）丟了一個空的密封瓶子，瓶子開始向下游漂流。同時也在同一地點，一艘小船艇駛向上游。10 分鐘後，船快速轉向並以相同的動力向下游行駛。又過了一會兒，小船超過了瓶子。在超過的當時，瓶子和船處於距離初始相遇點的下游 3 公里處。

25. 在沒有風的日子裡，瓦爾河的流速有多快？

- A 3 km/h
- B 9 km/h
- C 12 km/h
- D 15 km/h

### 電路

在圖 5 所示的電路中，S 接點沿著可變電阻器 R 向 X 點滑動。

26. 通過電阻 P 和 Q 的電流如何改變？

- |   | 通過 P | 通過 Q |
|---|------|------|
| A | 增加   | 增加   |
| B | 增加   | 減少   |
| C | 減少   | 增加   |
| D | 減少   | 減少   |

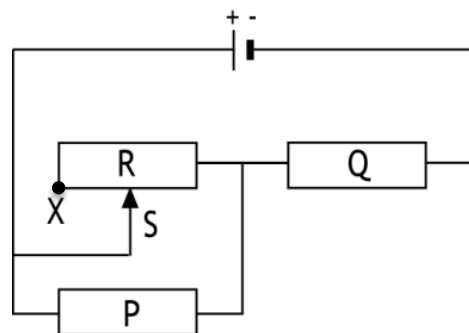


圖 5：電路示意圖

## 超級油輪

一艘超級油輪從北海經由一條河航行到鹿特丹港。

27. 當船舶從海裡航行到河裡時，對於吃水深度（即船舶在水面下的深度）的說法，下列何者正確的？
- A 油輪在河裡會有更深的吃水深度。
  - B 油輪將在河中有一個較淺的吃水深度。
  - C 吃水深度將保持不變。
  - D 吃水深度取決於空氣壓力。



圖 6：超級油輪

## 電力儲存

在美國加州將要安裝電能儲存系統來改進風力渦輪機的電力管理。當有能量剩餘時，風力渦輪機驅動飛輪。一圓柱形飛輪的直徑為 0.90 米，長度為 1.5 米，質量為 1350 千克，此飛輪的最大頻率是每分鐘 20000 轉。當存儲系統需要供電時，飛輪則會驅動發電機發電。已知質量為  $m$ ，半徑為  $R$  的圓柱，其轉動慣量  $I = (1/2)mR^2$ ，而其轉動能量等於  $E_{\text{rot}} = (1/2)I\omega^2$ ，其中角速度為  $\omega$  (rad / s)。

28. 考慮上述的數據與公式，此飛輪能夠儲存能量的上限為何？
- A  $7.6 \times 10^6 \text{ J}$
  - B  $1.5 \times 10^8 \text{ J}$
  - C  $3.0 \times 10^8 \text{ J}$
  - D  $1.2 \times 10^9 \text{ J}$

## 飛行起重機

飛行起重機被應用於火星探險家“好奇號”登陸火星。在著陸之前，四個噴氣口排出燃燒後的噴發氣體，可將起重機固定在一定高度的。如圖 7 所示，有四個噴氣口以傾斜的方式排列，圖中可以看到噴氣口 A 的氣體對起重機施加推力；其他噴氣口排出的氣體的推力大小與 A 相同，角度也相同。

比較 A 點的推力( $F_{thrust}$ )和整個系統的引力( $F_g$ )。

29. 則下列何者敘述正確？

- A  $F_{thrust} = F_g$
- B  $F_{thrust} = \frac{1}{4}F_g$
- C  $F_{thrust} < \frac{1}{4}F_g$
- D  $F_{thrust} > \frac{1}{4}F_g$

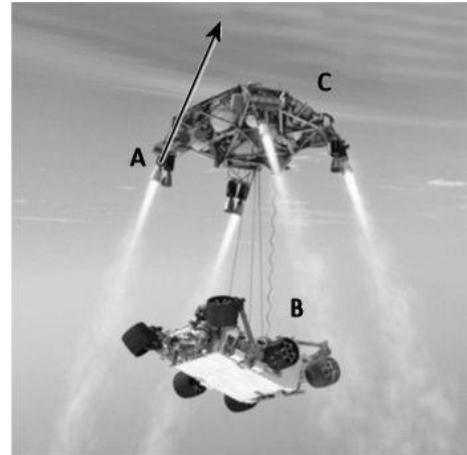


圖 7：好奇號登陸系統  
A = 四個噴氣孔之一  
B = 火星探險家“好奇號”  
C = 飛行起重機

## 水的特性

水有兩個特定性質；如下所述：

性質 1：相較於一般的物質，水的比熱是相對大的。

性質 2：與其他物質相比，水的密度在  $0^{\circ}\text{C}$  和  $4^{\circ}\text{C}$  之間變化的趨勢不同，如圖 8 所示。

考慮下述的陳述，

- I 水的性質 1，具有穩定地球的平均溫度的作用。
- II 當有一層薄冰在水面時，水的性質 2 會讓溫度為  $+4^{\circ}\text{C}$  的液態水將位於最底部。

30. 下列敘述何者正確？

- A 僅有 I
- B 僅有 II
- C I 和 II 兩者皆是
- D I 和 II 兩者皆不是。

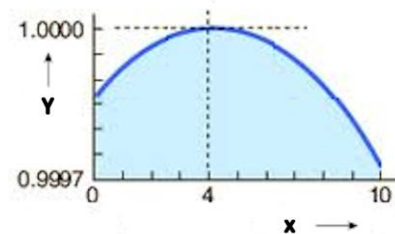


圖 8:  
Y 軸 = 水的密度 ( $\text{kg/dm}^3$ )  
X 軸 = 溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )