

2017 年第十四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

週期表的前 20 個元素及標準原子量							
H 1.008							He 4.003
Li 6.941	Be 9.012	B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16.00	F 19.00	Ne 20.18
Na 22.99	Mg 24.31	Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.06	Cl 35.45	Ar 39.95
K 39.10	Ca 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： $P = \frac{E}{t}$

重力功能： $E_p = mgh$

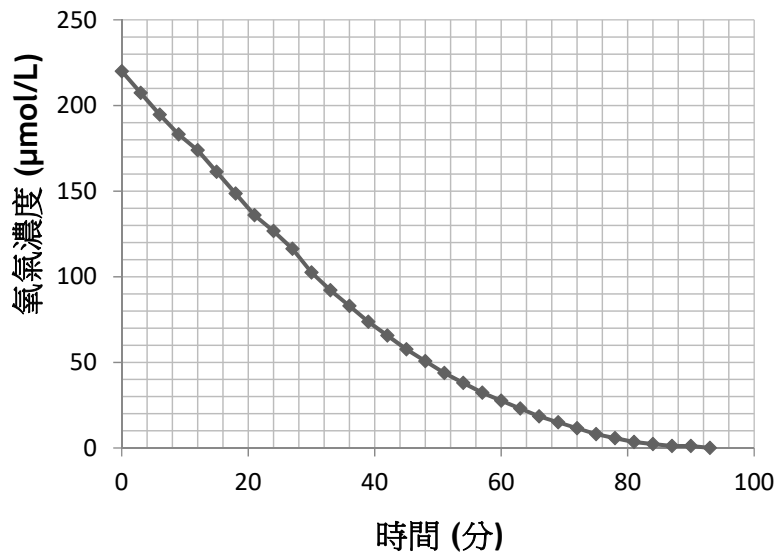
歐姆定律： $V = IR$

【生物試題】

沖積平原上的植物

生長在荷蘭大河沖積平原上的植物經常會被淹沒。被淹沒的植物可以從周圍的水中吸收氧氣(行有氧呼吸)，但由於氧氣在水中的擴散速度比空氣中慢 10^4 倍，因此可預期這些植物將受到缺氧的影響。

這個試驗是把植物放在一個充滿了水並封閉的箱子裡，然後測量箱子裡經充分攪動的氧氣濃度下降的情形。下圖顯示箱中的氧氣濃度隨著時間而下降。你的答案卷上也會有這張圖。



- (1.2 分)參考答案卷上的圖，已知盒子的容積是 1.2 升，試判定這個被沈浸的植物之最大呼吸(有氧呼吸)速率($\mu\text{ mol/min}$)(兩位有效數字)。必須在圖中繪出能表達出你是如何得出解答的。

如果箱子裡的植物被浸泡在淡水中，並給予明亮的燈光照射而不是被放在黑暗中，氧氣濃度不會隨著時間改變。這是由於水下光合作用的關係。

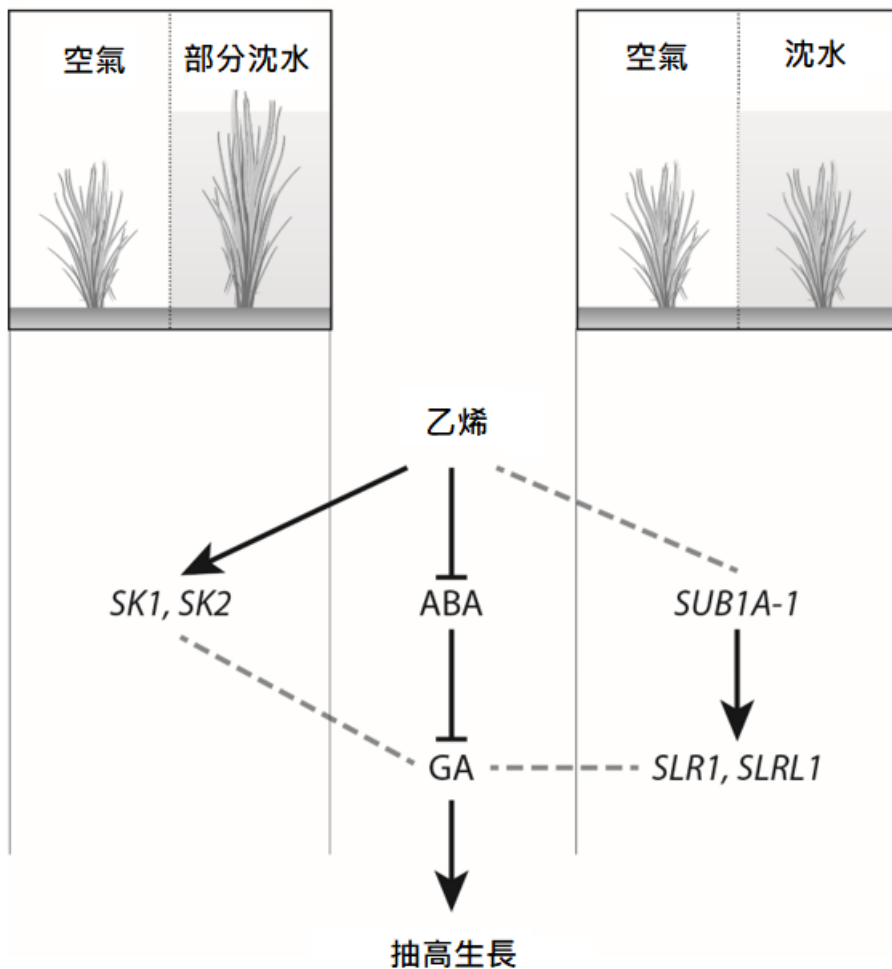
- (0.4 分)在整株植物的水下光合作用中，產生氧氣的速率是多少？

某些植物，例如水稻(*Oryza sativa*)，可以調整它們的生長速度以迅速適應淹水的環境。水稻有兩種策略，如附圖所示：

抽高生長直到有一部分高出水面("逃生策略");或者停止生長,保持能量和氧氣直到水位下降("靜止策略")。你的答案卷上也會有同樣的圖。

植物的生長受到植物激素的調控,吉貝素(GA)、離層酸(ABA)和乙烯(參見附圖)。乙烯是一種氣態激素,在水中擴散得很慢,但在空氣中卻是極易揮發的。*SK1* 和 *SK2*, *SUB1A-1* 和 *SLR1* 和 *SLRL1*, 這些基因負責植物生長的調控,已知在正常情況下若過度表現 *SLR1*, 會導致植株呈現矮小的表徵。

3. (1.2 分)下圖是這兩種策略的交互作用。在圖中三條虛線上,畫上符號來完成此圖,使用箭頭(→)表示促進,或垂直線(—)表示抑制。

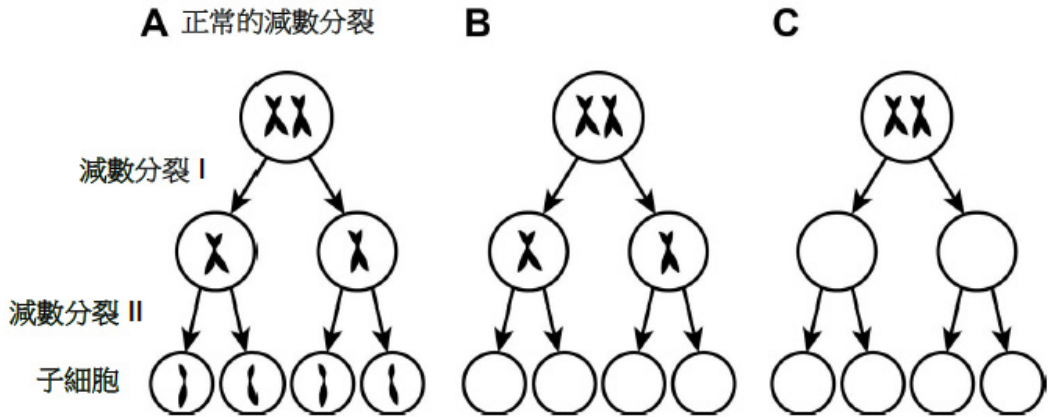


牡蠣

扁平牡蠣(*Ostrea edulis*)為荷蘭沿海的原生物種，常被採收食用。但其數量及採收量現正因受到原生生物波氏原蟲(*Bonamia ostreae*)的感染而減少。可行的解決方案之一，是改為養殖三倍體的牡蠣，牠的成長較快速，且較不易被感染。

三倍體的牡蠣，其細胞中具有三套染色體，可在實驗室中養成，但也可在自然環境中產生，其原因為錯誤的減數分裂，使得原先只應具有單套染色體的配子，變成了具有雙套染色體，當這些配子和其他正常的配子受精時，便會產生具有三倍體的牡蠣。

下方的 A 圖顯示正常的減數分裂，最終只保留了單套染色體。會導致三倍體產生的錯誤減數分裂，則有兩種基本的方式。



4. (1.2 分)已提供了 B 圖中減數分裂-I 的結果。試使用繪圖方式，畫出 B 圖及 C 圖中的染色體或染色分體，或讓細胞保持空白。

波氏原蟲(*Bonamia ostreae*)會進入扁平牡蠣的血球(免疫細胞)中，殺死血球，最終導致牡蠣死亡。波氏原蟲(*Bonamia ostreae*)在牡蠣體外，可持續存活但無法繁殖。

5. (0.8 分)請選用下列所提供的名詞，描述牡蠣和波氏原蟲(*Bonamia ostreae*)之間的相互關係中，各自所扮演的角色？

- I. 片利共生
- II. 內共生物
- III. 寄主
- IV. 寄生蟲
- V. 獵食者
- VI. 獵物

一位養牡蠣者，他的養殖場與海相連，他正為波氏原蟲(*B. ostreae*) 感染而煩惱。他想知道改為養殖三倍體牡蠣，能對採收帶來多大的改善。為探討此事，他建立了下述公式。

牡蠣族群數大小每天的變動為：

$$\frac{dN_O}{dt} = aN_O - bN_O - cN_ON_B$$

波氏原蟲(*B. ostreae*)族群大小每天的變動為：

$$\frac{dN_B}{dt} = pN_ON_B - qN_B$$

其中 N_O 為扁平牡蠣(*O. edulis*)的數目， N_B 為波氏原蟲(*B. ostreae*)的數目， t 為以天做單位的時間。字母 a , b , c , p 和 q 為參數，都是以天為單位(d^{-1})

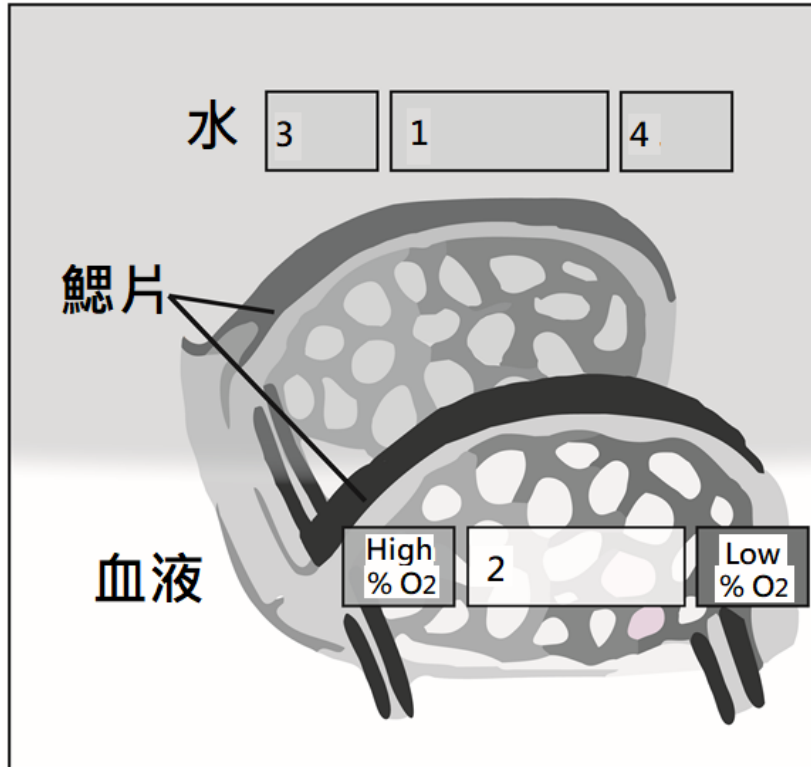
6. (0.8 分)參數 p 和 q 所代表意義為何？從下列描述中，選出正確的答案。
- I. 平牡蠣(*O.edulis*) 的出生率
 - II. 扁平牡蠣(*O.edulis*) 的遷入率
 - III. 扁平牡蠣(*O.edulis*) 的死亡率
 - IV. 波氏原蟲(*B. ostreae*)的出生率
 - V. 波氏原蟲(*B. ostreae*)的遷入率
 - VI. 波氏原蟲(*B. ostreae*)的死亡率
7. (1.2 分)根據所提供的資訊，比較二倍體和三倍體牡蠣， a , b 和 c 參數何者會有差異？在答案卷的表中填入“+”代表該項參數在三倍體較多，“-”代表該項參數在三倍體較少，“o”代表無差異或缺乏相關資訊。

魚的滲透作用

魚利用鰓進行氣體及離子的交換，亦即它們用鰓 "呼吸"。魚可利用對流機制，和主動導水到鰓的方式，以促進交換，鰓片上的上皮細胞可直接接觸到週遭環境的水。

8. (1.2 分)下圖為鰓片中微血管分佈的示意圖，請在答案卷上作答。
- 在部位-1：以水平箭號標示水流的方向。

- 在部位-2：以水平箭號標示血液流過微血管的方向。
- 在部位-3 和部位-4：標示水中的氧氣濃度，寫出 H 表示高% 的 O_2 ，用 L 表示低% 的 O_2



9. (0.8 分)假如淡水魚無法調節水的吸收及排出，會造成甚麼後果？用正確的選項完成下方句子，請在答案卷上的方框勾選正確的答案。

假如在河中游泳的淡水魚無法調節水的吸收，魚的細胞將會 (I)。替代的方法為：淡水魚藉由飲用 (II) 水，並藉由產生 (III) 量 (IV) 的尿液，來調節體內水分的含量。I, II, III 和 IV 的選項為：

- I “膨脹” 或 “收縮”
- II “大量” 或 “少量”
- III “大” 或 “小”
- IV “濃縮” 或 “稀釋”

厭氧銨氧化菌 (Anammox)

盤尼西林(penicillin)抗生素可阻止致病菌的感染，它可阻斷細胞壁的生化合成，更精確地說，它會抑制肽聚糖(peptidoglycan)的合成。目前普遍認定厭氧銨氧化菌的細胞壁並未含有任何肽聚糖，可是，當在一個混合培養厭氧銨氧化菌及其他細菌的生物反應器中，加入含有盤尼西林的培養液，會導致厭氧銨氧化菌的存活數量減少。厭氧銨氧化菌需依賴與它一起培養的細菌提供必需養分。

有三個可能的假設可用於解釋此項結果，

- I. 厭氧銨氧化菌的細胞壁(cell walls)上具有肽聚糖。
- II. 盤尼西林影響了其他被共同培養的細菌。
- III. 厭氧銨氧化菌的細胞膜(membrane)具有可被盤尼西林抑制或阻斷的構造。

10. (1.2 分)上述假設可分別設計實驗來證明。將假設(I—III)分別和實驗(A—C)配對。分別在各項假設均為真的情況下，選出正確的預期結果(1 或 2)? 在你的答案卷每個假設的後方圈選出一個字母及數字代號。

實驗設計：

- A. 將厭氧銨氧化菌培養在含有必需養分的培養液中，再加入盤尼西林。
預期結果 1：厭氧銨氧化菌可在培養液中生長。
預期結果 2. 厭氧銨氧化菌不能在培養液中生長。
- B. 偵測厭氧銨氧化菌的細胞壁是否具有肽聚糖。
預期結果 1：細胞壁具有肽聚糖，
預期結果 2. 細胞壁不具有肽聚糖。
- C. 利用帶有螢光的盤尼西林和顯微鏡觀察，其是否可粘附在細胞壁(cell walls)上。
預期結果 1：盤尼西林可粘附在細胞壁上。
預期結果 2. 盤尼西林不可粘附在細胞壁上。

【化學試題】

水與對抗退伍軍人菌

1999 年 3 月，在荷蘭 Bovenkarspel 村的花展上，有 200 多人感染到退伍軍人症。這些人吸入了被退伍軍人菌污染的噴泉噴灑的小水滴。整個事件有 30 多人死亡。

退伍軍人菌通常存在於大型機構的自來水系統中。

退伍軍人菌的活性以 cfu (菌落形成單位) 表示。低於 100 cfu/L 的水是安全的。大爆發的感染，如 Bovenkarspel 村事件引起很多人關注於對抗退伍軍人菌。我們在這裡討論三種方法。

加熱

可將自來水在 60 °C 以上加熱一段時間。細菌死亡的速度，通常使用 D 值來表示。D 值是在某固定溫度下殺死 90 % 的細菌所需的時間。細菌之死亡速率是指數函數。例如，60 °C 時，退伍軍人菌的 D 值是 5 分鐘。

11. (1.2 分) 計算 1200cfu/L 的水需要在 60°C 加熱多久才能達到安全標準。計算所需的最少時間，答案需用分鐘回答，並進位到小數點後第一位。

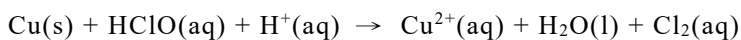
氯化

此方法將次氯酸 HClO 加到自來水中。次氯酸是弱酸， $K_a=4.0\times 10^{-8}$ 。使用這種方法時，水的 pH 值非常重要，因為 HClO 的抗菌作用比 ClO^- 好。所以 pH 必須能使 $[\text{HClO}] > [\text{ClO}^-]$ 。

12. (1.6 分) 計算要達到 $[\text{HClO}] > [\text{ClO}^-]$ 所需的 pH 值。並指出這是最大的還是最小的 pH 值。

這種方法的缺點是次氯酸亦可作為氧化劑並氧化銅製水管。

次氯酸與銅管的反應如下 (未平衡)：



此反應是氧化還原反應。

13. (1.2 分) 寫出平衡的氧化、還原半反應式及平衡的全反應式。

銅、銀離子化

比較新的對抗退伍軍人菌的方法是用所謂的銅-銀離子化。在這個過程中，可用電解方式產生銅離子 (Cu^{2+}) 和銀離子 (Ag^+) 在水系統中。銅、銀離子都從同一個電極產生。

14. (0.8 分) 在答案卷上有一個電解電池的圖。在這個圖中，圈出產生銅、銀離子的電極，

並用箭頭畫出電子在這個電解電池中流動的方向。

在細菌內，銀離子可以與蛋白質中的~S-H 基團反應。銀離子與~S-H 基團的可能反應是生成雙硫鍵~S-S~。此反應誘發蛋白質的變性和細菌的死亡。

由 Ag^+ 反應生成雙硫鍵的未平衡反應式如下：



15. (0.8 分)寫出平衡的反應式

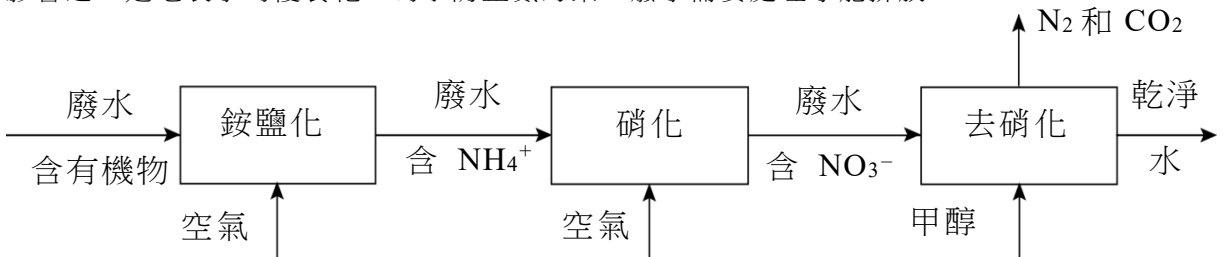
銀離子可以與同一條蛋白質鏈上的 ~S-H 基團或與不同條蛋白質鏈上的 ~S-H 基團發生反應。

在蛋白質中，有所謂的一級、二級、三級和四級結構。

16. (0.4 分)當銀離子與同一條蛋白質鏈上的~S-H 基團發生反應時，那一級的結構發生了變化？在答案卷上正確的方框內打勾。

廢水處理

過去幾十年來，農業、工業和家庭活動增加了環境中氮化合物的釋放。過量氮釋放的影響之一是地表水的優養化。為了防止氮污染，廢水需要處理才能排放。

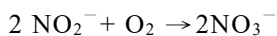
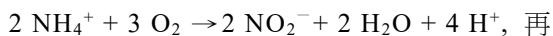


圖一、傳統廢水處理流程

銨鹽化是有機物被氧化的過程。含氮有機化合物轉化為銨鹽 (NH_4^+)。

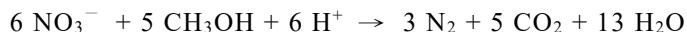
在硝化過程中，銨鹽被硝化菌先氧化成亞硝酸鹽 (NO_2^-) 再氧化為硝酸鹽 (NO_3^-)。

反應為：



去硝化作用是將硝酸鹽轉化為無害的氮氣 (N_2)。此反應需要甲醇作為還原劑，去硝化

反應也是利用微生物作用。反應為：



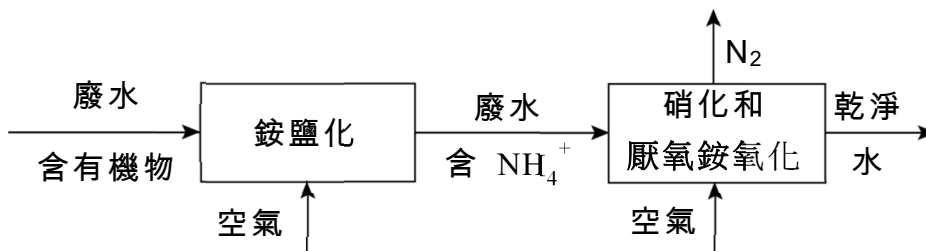
進行傳統廢水曝氣（將空氣打入水中）是廢水處理中最耗能的工作。平均而言，泵送 1kg 氧氣需要 3 度電（3kWh）。荷蘭電價為每度電 0.19 歐元。

17. (1.2 分) 計算奈梅亨市每年用傳統方法處理廢水中，進行硝化反應的曝氣成本（歐元）。

奈梅亨市有 175,000 名居民，每人每天產生 11.4 克（= 0.632 mol）銨鹽（銨鹽化後）。假設所有的氧氣都用於硝化反應。

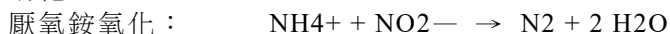
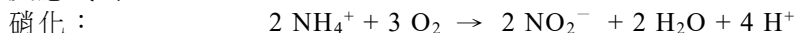
經營傳統廢水處理系統變得越來越不經濟，由於高能耗、溫室氣體排放和營運成本，不能滿足永續發展政策。

厭氧銨氧化工程是新式去氮的廢水處理系統。這個過程是由厭氧銨氧化(anammox) 細菌，將銨鹽和亞硝酸鹽轉化為氮氣。厭氧銨氧化細菌和硝化細菌（將銨鹽氧化成亞硝酸鹽）在同一個反應器內工作。厭氧銨氧化過程是個創新和可永續的系統，全世界越來越多的廢水處理開始採用此方法。



圖二、厭氧銨氧化廢水處理流程

反應式為：



與傳統廢水處理流程相比，使用厭氧銨氧化過程的耗氧量要小得多。

18. (1.6 分) 計算厭氧銨氧化工程中每莫耳銨鹽所需氧氣與傳統廢水處理法每莫耳銨鹽所需氧氣相比，氧氣減少的百分比，進位到百分比為整數。

在這個問題中提到的所有過程都是自然氮循環的一部分。這個循環開始於固氮(N_2)於有機物中。此循環的部分圖形在答案卷上，其中銨鹽化過程用 Amf 標示在箭頭上，固氮過程則用 Fix 標示在箭頭上。

19. (1.2 分)在答案卷上畫完成氮循環圖

- * 畫出並標示所有需要的箭頭。
- * 將 NO_2^- 和 NO_3^- 寫在正確的位置。
- * 循環應包括本問題中提到的所有過程，用下列縮寫標示。
厭氧銨氧化：Amx
去硝化：Den
硝化：Nit

【物理試題】

風能

風力發電渦輪機是將移動空氣的動能轉化為電能。空氣流動使渦輪機轉子的扇片轉動時，每秒所傳遞的動能可以由下式表示：

$$P = \frac{1}{2} A \rho v^3$$

參見圖 1，其中

- P 代表空氣流動經過面積 A 時的功率(單位為 W)
- A 是轉子轉動時，扇片所覆蓋的面積，此面積與風向垂直 (單位為 m^2)
- ρ 是空氣的密度(單位為 kg/m^3)
- v 是風的速率(單位為 m/s)

當在一特定狀況時風的速率為 $v = v_0$ ，會使得 $P = P_0$

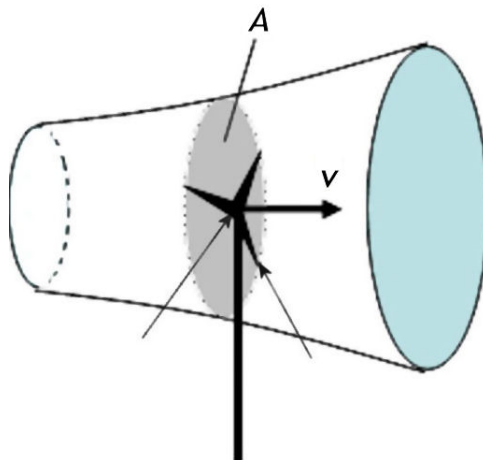


圖 1、風力發電渦輪機示意圖

20. (0.4 分)當風的速率為 $2v_0$ ，此時 P 為何？答案以 P_0 表示之。

在風力發電渦輪機中，只有一部分空氣的動能可以轉化為轉子的動能。根據 Betz 定理，這部分的轉換最大效率是 59%。

另一方面，將轉子動能轉化為電能的過程中，也存在著一定能量的損失。某一特定的風力發電機，轉子動能轉化為電能的轉換效率是 70%；當此特定的風力發電渦輪機轉子轉動時，扇片所覆蓋的面積是一直徑為 80 m 的圓面積。

已知空氣密度為 1.2kg/m^3 ；風速為 36km/h 。

21. (1.6 分)計算一台此特定風力發電渦輪機；可以產生的最大電功率，單位用 W 表示。

荷蘭政府計劃在海上建造一座人工近海水庫，參見圖 2。此計畫稱之為萊文斯計畫。封閉壩堤內的蓄水庫，其水位遠低於海面水位。風力發電渦輪機是沿著壩堤設置，並建造在壩堤上方。在風速夠高時，這些風力發電機可以將水從蓄水庫泵入海中。另一方面，在低風速時，可以讓海水通過壩底的水渦輪機進入水庫。水渦輪機驅動發電機發電而產生電能。圖 3 為人工蓄水庫發電操作模式的概述。



圖 2、人工近海蓄水庫

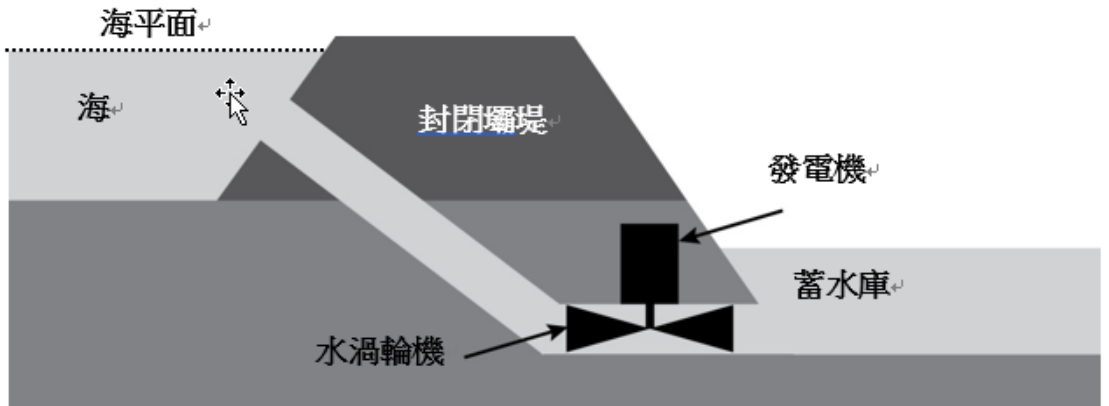


圖 3、人工蓄水庫操作模式概述

22. (1.2 分)計算蓄水庫的面積(以 m^2 表示之)。已知海水密度為 $1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

若有 75 個風力發電渦輪機將被放置在壩堤上，且每一個風力渦輪機的平均電功率為 5.0 MW。

23. (2.0 分)用全部的風力發電渦輪機將蓄水庫的水位從最高水位降到最低水位，需要多少小時？

現在，你可能想知道這樣的發電廠的目的是什麼。畢竟風力發電渦輪機產生的電能是可以直接輸送到電網。但是儘管可以輸送至電網和此計畫要花費大量的經費，這個電廠還是有很多倡導者。在答案卷上，有幾個論點。

24. (1.2 分)相較於在同一個地點僅設立風力發電機並將電力直接輸送到電網，考慮答案卷上的每一個論點，是否只單一支持建造新型態發電廠，若只單一支持，則勾選“YES”，若不是單一支持，則勾選“NO”。錯誤答案會被倒扣分數，若你不知道答案，而留下空白，就不會被倒扣分數。此題的最低得分是 0 分。

河流的緩衝空間

瓦爾河在奈梅亨附近急轉彎。在水位過高時，該位置成為瓶頸，使水難以排出。為了克服此問題，挖掘了一條與主要河道平行的行水旁道（見圖 1）。

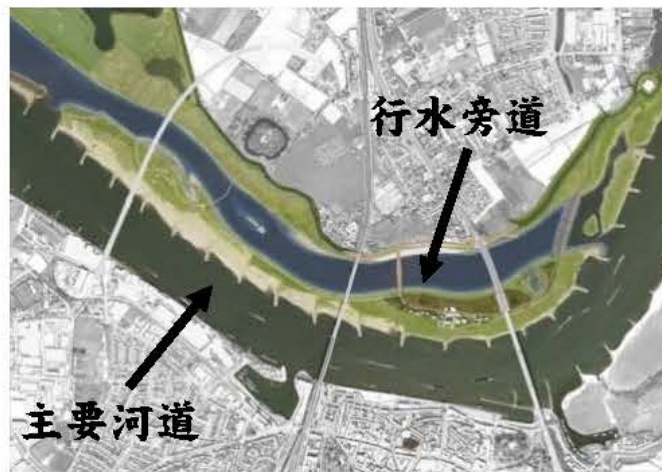


圖 1、行水旁道和主要河道空照圖

為了簡化問題，我們假設行水旁道是一個矩形的排水渠。 W 是以 m 為單位的排水管寬度， D 是以 m 為單位的水的深度（見圖 2）。在深度比寬度小得多的情況下，通過矩形排水口每秒流動的水量 Q ，由以下公式給出：

$$Q = \frac{A}{n} D^{2/3} S^{1/2} \quad (1)$$

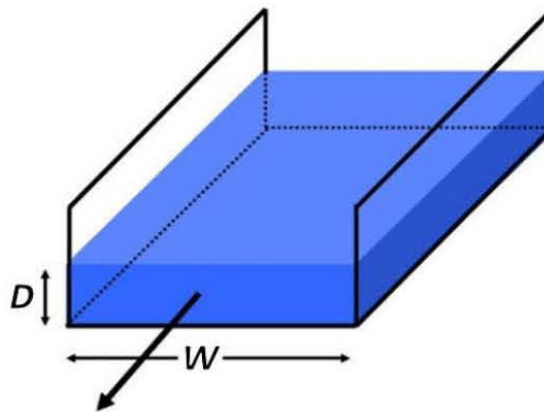


圖 2、排水的示意圖

其中

- Q 是每秒通過排水口的水量（以 m^3/s 為單位）；
- $A = W \times D$ ，排水口水流之截面積（以 m^2 為單位）；
- n 是水流阻力的參數
- S 是河流的梯度（以 m/m 為單位）。

25. (0.8 分)用公式(1)，導出 n 的單位。

奈梅亨行水旁道的條件是： $S = 0.50 \text{ m/km} = 5.0 \times 10^{-4} \text{ m/m}$ ， $W=200\text{m}$ 。

在剛建好時， n 的大小等於 0.018。當瓦爾河以最高水位接近奈梅亨時，

$$Q_{\text{瓦爾河}} = 1.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}。$$

26. (1.2 分)當瓦爾河水位達到最大值時，需要排出至少 10%的水到行水旁道，計算行水旁道的最小深度，以 m 表示。

經過一段時間後，行水旁道的底部略微升高；結果深度 D 值減少了大約 1%。此外由於植被的結果， n 的值從 0.018 變成 0.022。當瓦爾河水位達到最高時，此時的行水旁道已不能夠再容納 10%的水。

27. (1.6 分)計算新的行水旁道排水能力，以瓦爾河河水百分比表示之。