

酸雨

環境工程師很重視酸雨議題。酸雨會降低湖和河流的pH酸鹼值造成魚類死亡、會腐蝕樹和植物的葉片造成養分流失、也會風化建築物和歷史遺跡的石塊。但是為什麼酸雨在某處造成的問題比在其他地方大呢？

為了回答這個問題，先討論雨如何變成酸性。二氧化碳為 CO_2 在空氣中自然形成的氣體。當 CO_2 溶入雨滴時，產生弱酸碳酸 H_2CO_3 ，使雨自然呈現弱酸性。常見雨的酸鹼性為pH酸鹼值等於5到6，一般而言不會造成任何問題。但是當石油燃燒時會釋放二氧化硫 SO_2 氣體到空氣中，而二氧化硫溶入雨滴時形成硫酸 H_2SO_4 ，使雨的酸鹼性變酸，pH等於4。圖1說明美國一般一年中雨的pH酸鹼值分布情況。注意最酸的雨發生於人口眾多和工業發達的順風區域。

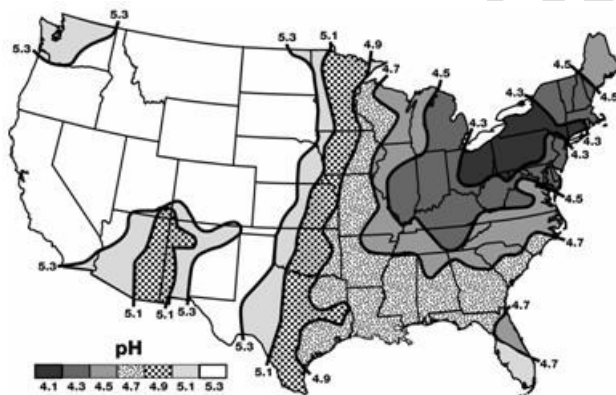


圖 1：美國下雨一般的pH酸鹼值。

酸雨對有些區域特別造成傷害。因為有些區域中的水抵抗pH酸鹼值變化的情況比其他地方好。水抵抗pH酸鹼值變化的情況稱為緩衝。依據地表水的緩衝能力(buffering capacity)而不同，酸雨可能對某區域造成很大的傷害而同時卻不會影響其他區域。

你在本實驗的部分I中將會探討雨由於空氣中的 CO_2 而成酸性。在將 CO_2 經由吸管吹入水中時監控水的pH酸鹼值值變化情形。部分II則為研究不同水形式之酸雨的pH酸鹼值。pH酸鹼值記錄為加入數個水樣本中的稀硫酸狀況。

實驗目的

你在本實驗中將會

- 利用電腦和NXT測量pH酸鹼值。
- 探討蒸餾水中溶解二氧化碳對pH酸鹼值的影響。
- 探討不同水樣本中溶解稀硫酸對pH酸鹼值的影響。
- 學習為什麼酸雨對有些水體較易造成傷害。

實驗器材

電腦
LEGO NXT Brick
MINDSTORMS Edu NXT v2.0軟體
威尼爾NXT感應器轉接頭
威尼爾pH酸鹼值感應器
NXT導線
鐵架和固定夾
100 mL燒杯
護目鏡
暫時pH酸鹼值感應器儲存溶液

吸管
蒸餾水
滴瓶內裝稀 H_2SO_4
硬水
軟水
緩衝溶液
裝滿蒸餾水的洗瓶
廢棄物杯
紙巾

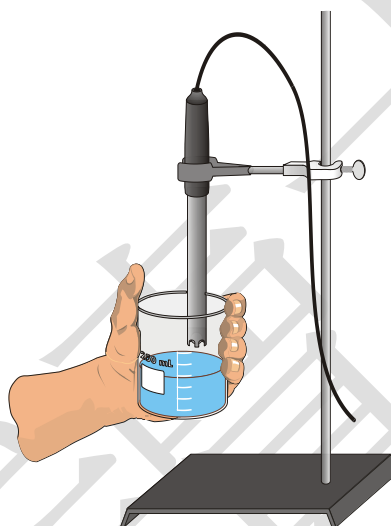


圖 2

實驗步驟

部分I CO₂和蒸餾水

1. 領取時請戴上護目鏡！注意：實驗部分II使用的硫酸是強酸。強酸會損傷皮膚、眼睛和衣物！
2. 準備NXT以進行數據擷取。
 - a. 連接pH酸鹼值感應器和威尼爾NXT感應器轉接頭。
 - b. 藉由LEGO NXT接線將轉接頭連接到NXT埠1。
 - c. 確認NXT連接到電腦(USB或藍芽)，並已開啟。
3. 開啟NXT 2.0數據記錄[Data logging]。
4. 按下新增實驗[Start New Experiment]旁的開始[Go]按鈕。
5. 實驗設定。
 - a. 在實驗設定視窗[Experiment Configuration Window]中按下埠1左方的拉下選單，以選取威尼爾pH酸鹼值。(注意所選取方塊會從灰色變成綠色。)
 - b. 將持續時間[Duration]調整成100秒。

- c. 按下確認[OK]按鈕。
6. 從「暫時儲存溶液中[Temporary Storage Solution]」提起pH酸鹼值感應器置於一旁。以填滿蒸餾水的洗瓶充分清洗pH酸鹼值感應器，如教師示範。再將感應器放在鐵架上。
7. 以自來水清洗100 mL燒杯並用紙巾擦乾。注意：本實驗中所有玻璃器皿皆須清洗乾淨！
8. 利用乾淨燒杯量取50 mL蒸餾水。將pH酸鹼值感應器放入蒸餾水中，稍微搖晃水使水通過感應器。小心不要損壞感應上的玻璃球！
9. 按下下載[Download]和執行[Run]按鈕以進行數據擷取。電腦獲得初始pH酸鹼值後，開始由吸管吹入蒸餾水，持續100秒。吹入期間可以吸氣，但是吹入水中的氣流盡量維持穩定。
10. 數據組分析。
 - a. 按下分析工具按鈕[Analysis Tools]，選取段落分析[Section Analysis]。
 - b. 拖曳灰色條的左右兩邊使其寬度與整個圖視窗相同。
 - c. 在數據表中記錄pH酸鹼值的最小值和最大值。

部份II 酸雨對地表水的影響

酸雨和蒸餾水

11. 按下電腦螢幕左上方，切換到NXT程式[Switch to NXT Programming]按鈕。
12. 準備程式以進行pH酸鹼值數據擷取。
 - a. 按下新增實驗[Start New Experiment]旁的開始[Go]按鈕。
 - b. 將感應器[Sensor]調色盤中的威尼爾感應器方塊[Vernier Sensor Block]拖曳到程式區域。
 - c. 在電腦螢幕左下方設定面板中的感應器[Sensor]拉下選單內選取pH酸鹼值。
 - d. 應該可以在設定面板上看見即時感應器讀數。如果感應器讀數呈現灰色且不改變，表示NXT與電腦的訊息不通。按下NXT控制器左上角的NXT視窗[NXT Window]按鈕。如果NXT不呈現已連接[Connected]狀態，可能需要確認電源和連接是否妥當，然後再從出現的選單中選取你的NXT。一旦出現可使用[Available]，即可選取連接[Connect]。
13. 清洗並擦乾100 mL燒杯。量取另一份50 mL蒸餾水。
14. 準備pH酸鹼值感應器以備用。
 - a. 以蒸餾水充分沖洗感應器。
 - b. 將pH酸鹼值感應器放入內含蒸餾水的燒杯中，稍微搖晃燒杯使水通過感應器。
 - c. 注意數位顯示螢幕上的pH酸鹼值讀數。當讀數穩定後在數據表上記錄pH酸鹼值。

實驗 2

15. 現在可以開始加入 H_2SO_4 溶液。小心：硫酸會造成燒傷。配戴護目鏡。避免吸入蒸氣。避免接觸皮膚和衣物。
 - a. 將1滴 H_2SO_4 溶液加入蒸餾水中。
 - b. 搖晃燒杯確定溶液均勻混合。
 - c. 當pH酸鹼值讀數穩定後在數據表上記錄該值。
16. 重複數次步驟15中的第二個流程，探討當加入1、2和3滴時pH酸鹼值的變化情形。

酸雨和硬水

17. 將 H_2SO_4 加入硬水中。
 - a. 以蒸餾水充分沖洗感應器。
 - b. 清洗和擦乾100 mL燒杯。
 - c. 以100 mL 燒杯量取50 mL「硬水[Hard Water]」，將pH酸鹼值感應器放入該水中並稍微搖晃燒杯使水通過感應器。
 - d. 當pH酸鹼值讀數穩定後在數據表上記錄該值。
 - e. 重複步驟15-16執行相同樣本。

酸雨和軟水

18. 將 H_2SO_4 加入軟水中。

使用「軟水[Soft Water]」重複步驟17。
19. H_2SO_4 和緩衝溶液。

使用「緩衝溶液[Buffer Solution]」重複步驟17。
20. 當完成後，以蒸餾水充分清洗pH酸鹼值感應器，再將感應器放回「暫時儲存溶液[Temporary Storage Solution]」中。

數據和觀察結果

部分I CO₂和蒸餾水

表1 將CO ₂ 吹入水中		
pH酸鹼值最大值	pH酸鹼值最小值	ΔpH

部分II H₂SO₄ 和蒸餾水

表2				
滴數	蒸餾水	硬水	軟水	緩衝溶液
0				
1				
2				
3				
ΔpH				

數據處理

1. 計算每個試驗的pH酸鹼值變化(ΔpH)，以pH酸鹼值最大值減去pH酸鹼值最小值。
2. 比較部分II的ΔpH值。請問哪一個試驗的pH酸鹼值變化最大？哪一個試驗的pH酸鹼值變化最小？
3. 美國中西部的硬水稱為「自然緩衝溶液」。請根據本實驗結果說明其意義。
4. 請問中西部的硬水為什麼具有緩衝能力？
5. 很多水中生物只能在小範圍的pH酸鹼值內生存。請問酸雨威脅中西部還是新英格蘭的水中生物較多？說明之。

實驗 2

6. 中西部俄亥俄河邊有很多燃煤發電廠，但是新英格蘭產生的空氣污染對水中生物造成的損害比中西部的要大。相似的情況也發生在歐洲，歐洲因德國高度工業發展產生的空氣污染對斯堪第那維亞水中生物造成的損害比德國的大。請依照本實驗結果說明這些情況。

延伸問題

1. 請以與測試硬水和軟水相同的方式來測試海水。並比較結果。
2. 請到圖書館讀取更多資料，研究酸雨對河流和湖泊的影響。