

導電度計

(型號：CON-BTA)



導電度計可以在野外或在實驗室中用於測量溶液的導電率或溶液中的總離子濃度。它是最容易的溶液樣本環境測試之一。雖然它不能告訴你正在測量的是什麼離子，但它能快速地測定所有離子的總濃度。它能進行非常多樣的測試或實驗來測定溶解的離子總數量或含鹽量的變化：

- 讓學生從本質上瞭解水溶液中物質的離子和分子狀態的區別。包括：弱酸和弱鹼的強度的區別，或每個單位離子物質分解出來的離子的數量。
- 確定水溶液中導電率和離子濃度之間的直接關係。也能測定未知樣本的濃度。
- 由二氧化碳的重碳酸鹽離子的減少來測定水生植物光合作用所引起的導電率的變化。
- 定點監測河流或湖水中的總溶解固體的數量 (TDS)。
- 利用由離子的生成或消耗導致導電率變化來監測化學反應的速度。
- 測定離子透過膜，如：透析管的速度。
- 在有水生動植物生長的魚缸中監測導電率的變化或總溶解固體的數量。這些變化是由光合作用或呼吸作用引起的。

用導電度計擷取數據

這個感應器用於以下平台擷取數據：

- 作為一個單獨的設備或與電腦一起使用的威尼爾 LabQuest™¹
- 帶電腦的威尼爾 LabPro^{®2}、TI 圖形計算機 或 Palm[®] OS 手提電腦
- 威尼爾 Go!Link
- 威尼爾 EasyLink[®]
- 威尼爾 SensorDAQ™
- 威尼爾 CBL 2™

以下是使用導電度計的一般操作流程：

1. 把導電度計連接到平台上。
2. 啟動數據擷取軟體³。
3. 軟體將識別導電度計並啟動預設的數據擷取設置。現在你可以擷取數據了。

¹ 中文名稱：實驗分析採集器。

² 中文名稱：實驗採集器。

³ 如果你是配合 ULI 或 SBI 使用 Logger Pro 2，導電率感測器是不能自動識別的。在探頭與感測器檔夾中打開一個導電率感測器的實驗檔。

數據擷取軟體

此感應器可以與一個平台以及以下的數據擷取軟體一起使用。

- **Logger Pro 3** 這個電腦程式可配合 LabQuest、LabPro 或Go!Link使用。
- **Logger Pro 2** 這個電腦程式可配合 ULI 或 Serial Box Interface 使用。
- **Logger Lite** 這個電腦程式可配合 LabQuest、LabPro 或Go!Link使用。
- **LabQuest App** 這個程式是當單獨使用 LabQuest 時配合使用的。
- **EasyData App** 這個 TI-83+ 和 TI-84+ 計算機應用可配合 CBL 2、LabPro 和威尼爾 EasyLink 一起使用。我們建議使用 2.0 或更新的版本。
- **DataMate 程式** 採用 DataMate 配合 LabPro 或 CBL 2 與以下計算機使用：TI-73、TI-83、TI-86、TI-89 和 Voyage 200。在 LabPro 和 CBL 2 的使用說明書中可看到將程式轉移到計算機的指示。
- **Data Pro** 這個程式可配合 LabPro 和一個 Palm OS 的手提電腦使用。
- **LabVIEW** LabVIEW™ 軟體是由國家儀器銷售的圖形程式語言。它可以與 SensorDAQ 平台和一些其他的威尼爾平台一同使用。

注意：此產品只合適教育使用，不合適工業、醫療、研究、或商業上應用。

用導電度計進行測量

- 用蒸餾水沖洗感應器頂部。也可以：如果你擔心水滴會稀釋或污染待測溶液，就僅僅只對電極進行乾燥處理。
- 把感應器頂部插入待測樣本溶液中。**注意：**確認電極已完全浸沒在液體中。
- 輕輕地用感應器攪拌，等待電腦、計算機、或 Palm 等設備螢幕上的讀數穩定下來。此步驟不需超過 5 到 10 秒的時間。
- 在下次測量前要用蒸餾水沖洗感應器的頂部的電極。
- 如果你處於低於 15 °C 或高於 30 °C 的溫度中取讀數，則要較長的時間等待溫度補償功能來調整和提供出穩定的導電率的讀數來。
- **注意：**不要把電極放入如：重油、甘油、乙醇等粘性的有機溶液中。也不要將電極放入如：戊烷或己烷等丙酮或無極的溶劑中。

存放和維護導電度計

- 當感應器使用結束後，很簡單地用蒸餾水進行沖洗，並用紙巾或實驗室用布進行乾燥處理就可以存放了。

- 如果感應器表面有污垢，把它在有柔性清潔劑的水中浸 15 分鐘。然後把它在稀釋的酸溶液 (最好是 0.1 摩爾鹽酸或 0.5 摩爾醋酸) 中浸 15 分鐘。然後用蒸餾水沖洗。**注意：**要避免擦壞感應器電極的內部表面。

這個感應器已配備支援自動識別的電路。當使用 LabQuest、LabPro、Go!Link、SensorDAQ、EasyLink 或 CBL 2 時，數據擷取軟體會識別感應器，然後用已定義的參數來設置配合識認的感應器的實驗。

規格

導電度計的範圍：

- 低： 0 到 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0 到 100 mg/L TDS)
- 中： 0 到 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0 到 1000 mg/L TDS)
- 高： 0 到 20,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0 到 10,000 mg/L TDS)

13-bit解析度 (SensorDAQ)：

- 低： 0.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0.025 mg/L TDS)
- 中： 0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0.25 mg/L TDS)
- 高： 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2.5 mg/L TDS)

12-bit解析度 (LabQuest、LabPro、Go! Link、ULI II、Serial Box)：

- 低： 0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0.05 mg/L TDS)
- 中： 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0.5 mg/L TDS)
- 高： 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (5 mg/L TDS)

10-bit解析度 (CBL 2)：

- 低： 0.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0.2 mg/L TDS)
- 中： 4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2.0 mg/L TDS)
- 高： 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (20 mg/L TDS)

準確度： 每個範圍最高讀數的 $\pm 1\%$

反應時間： 5 秒內98%，15 秒內100%

溫度補償： 5 到 35 $^{\circ}\text{C}$ 內自動補償

溫度範圍： 0 到 80 $^{\circ}\text{C}$

單元常數： 1.0 mm^{-1}

描述： 滲入模式、ABS 身體、平行碳 (石墨) 電極

尺寸： 直徑 12 mm、長 150 mm

導電度計的工作原理

感應器通過電極之間的電流來測量溶液導電的能力。在溶液中，電流通過離子來傳輸。所以，溶液離子濃度越高導電能力就越強。

感應器實際上是在測量**導電係數**，其定義為：電阻的倒數。電阻單位為歐姆，導電係數國際標準單位就為 **siemens**。由於 **siemens** 是非常大的單位，所以水樣本一般用 μS 為單位。感應器測量的是導電係數，但我們通常對溶液的導電率更感興趣。導電率 C 可用以下公式獲得：

$$C = G \cdot k_c$$

這裏 G 是導電係數， k_c 是測試瓶常數。 k_c 為：

$$k_c = d / A$$

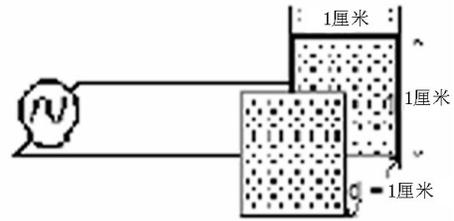
這裏 d 是電極之間的距離， A 是電極的表面積。如右圖： $k_c = d / A = 1.0 \text{ 公分} / 1.0 \text{ 公分}^2 = 1.0 \text{ 公分}^{-1}$ 。導電率就是導電係數與 k_c 的乘積。因為此感應器的 k_c 為 1.0 公分^{-1} ，所以導電率與導電係數在數值上是相同的。溶液的導電係數為 $1000 \mu\text{S}$ 的話，則導電率 C ：

$$C = G \cdot k_c = (1000 \mu\text{S}) \times (1.0 \text{ 公分}^{-1}) = 1000 \mu\text{S/公分}$$

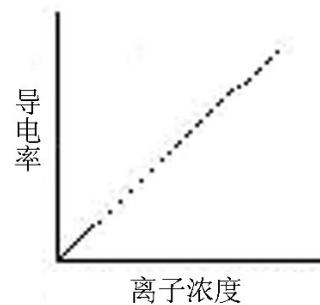
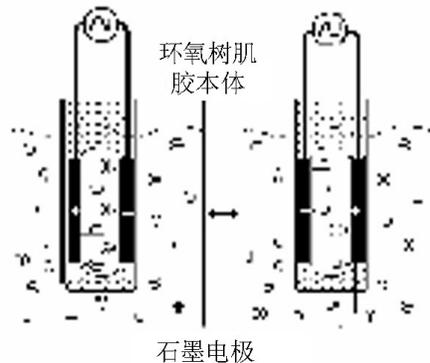
感應器的兩個電極之間加上電勢差，所得的電流與溶液的導電率成正比，這個電流轉換為電壓。

此外，附加交流電流，為阻止離子完全地移向兩極。如右圖：在交流電的每個週期中，隨著電極極性的轉換，離子流動方向也跟隨著改變。這對防止感應器的電極發生電解和極化現象非常重要。所以測量導電率的溶液也不會搞亂。也大量減少還原氧化產品在相對無活動力的石墨電極上形成。

一個最常見的導電度計用途是測量一個水樣品中的總溶解固體的濃度或 **TDS**。這是可能的因為溶液的導電率和濃度之間存在直接的關係，如圖所示。這關係一直保持到非常高的離子濃度。



图二



我需要校正導電度計嗎？

你在課堂上使用導電度計時不必要對感應器進行校正。在出廠前我們已經它進行了設置。你只要使用已經存儲於數據擷取程式的恰當的刻度就可以了。

如果你在進行水質分析，你可以進行校正工作使讀數更精確。只需提供兩個已知標準，就可以容易地使用軟體校正導電度計。校正單位可以是 μS 、TDS 的 mg/l 、氯化鈉的 mg/l 、或含鹽分 (ppt)。

- 選擇感應器範圍：低 = 0 到 200 μS 、中 = 0 到 2000 μS 、和高 = 0 到 20,000 μS 。注意：如果你對使用哪個設置不確定，你可以先載入預存的1個或多個刻度來大致地對溶液進行測量來得到大概的範圍。
- **零校正刻度點**：不在液體或溶液中（如：在空氣中）就可以完成此工作。螢幕上將顯示一個很小的電壓讀數。把這個值看作0 μS 或 0 mg/L。
- **標準溶液校正刻度點**：把感應器放進標準溶液中（已知濃度），如你的感應器所提供的附件NaCl標準。請確認電極完全浸沒在溶液中。等待顯示出穩定的讀數。輸入值（如：1000 μS ，491 mg/L氯化鈉）。後面對有關標準溶液有更詳細地描述。要得到更好的效果，使用2點校正法時採用的 2 個標準需包含實驗測試的導電率或濃度範圍。例如，如果你想測量 600 mg/L至 1000 mg/L(TDS) 範圍的導電率，你應該考慮使用一個 500 mg/L的標準溶液為一個校正刻度點和一個1000 mg/L的標準溶液為另一個校正刻度點。

保存以及替換氯化鈉標準溶液

如果要進行校正工作，則需要精確的標準溶液。如果小心不被濕或髒的感應器污染，則隨帶的1000 μS 的標準溶液可以使用很長的時間。用它來進行中範圍的校正較好。我們也出售3種範圍的標準溶液：

低 (150 μS /公分)： CON-LST
 中 (1413 μS /公分)： CON-MST
 高 (12880 μS /公分)： CON-HST

使用固體氯化鈉 (NaCl) 或氯化鉀 (KCl) 自己準備標準溶液：

- 把如表格中所示的放進有精確容積的容器中。這個標準可以用表中所顯示的 mg/l 氯化鈉（第一欄）、mg/l TDS（第二欄）或 $\mu\text{S}/\text{cm}$ （第三欄）用來校正。

表一

加入以下分量的氯化鈉做1l的溶液	相對第一欄氯化鈉濃度的TDS和導電率數值	
	總溶解固體 (TDS)	導電率 ($\mu\text{S}/\text{公分}$)
0.0474克(47.4 mg/L)	50mg/L TDS	100 $\mu\text{S}/\text{cm}$
0.491克(491mg/L)	500mg/L TDS	1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
1.005克(1005mg/L)	1000mg/L TDS	2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
5.566克(5566mg/L)	5000mg/L TDS	10,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

- 注意：低濃度的標準溶液可以由高濃度的溶液稀釋而得。如：你有1000 mg/L的溶液，想稀釋成200mg/L。很簡單，取 100 mL的1000 mg/L溶液，加入水變成 500 mL溶液就可以了（加400mL之水）。新的溶液濃度為：1000 mg/L X (100 mL/ 500 mL) = 200 mg/L。

自動溫度補償

在溫度介於 5 到 35 °C 之間時，感應器就會自動進行溫度補償。感應器自動使用的是 25 °C 的導電率讀數，這就是說：在 15 °C 和 25 °C 時對同一溶液，感應器將給出相同的導電率讀數。這就意味著：你可以先在實驗室校正感應器，然後到如湖或河流較冷（或熱）的水中使用校正存儲過的刻度來讀取資料。如果沒有溫度補償技術，你會發現即使離子濃度沒有變化，導電率的讀數也會隨溫度的變化而變化。

與其他感應器同時使用

注意：如果其他感應器與導電度計放進同一溶液中（如：魚缸或燒杯），而又同時連接到同一數據擷取器（如：LabPro），導電度計則會對其他感應器產生影響。產生這一現象的原因是：導電度計會在溶液中產生一個輸出訊號，而此訊號可能會影響到其他感應器。

下列感應器與導電度計不能同時連接同一數據擷取器且放進同一溶液中：

- 溶解氧感應器
- pH 感應器
- 直接接觸的溫度感應器

如果你確實希望與上述感應器同時使用，有下列方法供選擇：

- 要同時得到導電率和溶解氧或導電率和 pH 值的讀數，你可以把感應器分別連接 2 個不同的數據擷取器。
- 不銹鋼溫度感應器使可以與導電度計同時使用的。
- 如果你把 2 個感應器連接在同一數據擷取器上，就要使用它們各自的刻度。先把一個感應器放進水中讀取資料，然後移開它接上另一個感應器讀數據。

在河流和湖水中取樣

最好的方法是：在岸上取水表面下的作為樣本。在自由流動的河流中，水通常已經充分地混合，所以以此方法採集到資料非常接近整個河流。如果在流動狀況不好的河流或湖水中取樣，水沒有充分混合，所以，如有可能一定要在不同的深度進行取樣。我們不建議你把整個感應器都浸在水中。電極不是按照抵高壓力來設計的。在採集現場如果在採集時馬上讀取資料，溶解的固體數量或導電率讀數不會發生大的變化，所以是一種較好的方法。但是，要確認對樣本要蓋上蓋子避免蒸發。由於感應器有溫度補償機制，所以你可以在實驗室校正刻度。就是說：即使帶取樣的水與校正溫度不同，感應器也能正確地讀取資料。

在海水或有河流入海口取樣：鹽度

鹽度是溶解在水中所有非碳酸化的鹽的總量，通常用千分之幾來表示（1 ppt = 1000 mg/L）。不同於氯化物（Cl⁻）濃度，你可以想到：含鹽度是對鹽總的濃度的測量，含

有 Na^+ 和 Cl^- 離子。在海水中還有其他少量的離子（如： K^+ ， Mg^{2+} ， SO_4^{2-} ），但 NaCl 離子占到海水所有離子總數的91%。含鹽度是一個非常重要的測量指標，它也幾乎是一個常數：35 ppt (35,000 mg/L)，河流入海口的鹽度在 1 到 10 ppt 之間。導電度計的鹽度測量範圍為：0到13 ppt。海水的鹽度為：35 ppt，所以在測量海水鹽度前要對其進行稀釋。我們建議把海水樣本稀釋到原來的1/4，然後把測量出的數值乘4得到最終數值。入海的河流的鹽度通常在 0 到 10 ppt 之間，正好在感應器的採集範圍內。因為導電度計沒有存儲鹽度的刻度，所以你可以使用鹽度為 5-ppt 和 10-ppt 標準溶液來進行 2 點法的校正。在校正完成後記錄下斜率和截距。在以後的實驗中，只要載入此刻度就可以了。

準備 2 份標準溶液對鹽度進行校正：

低 (5 ppt 鹽度)：

- 把 4.60 克氯化鈉加在足夠多水中製成 1 l 溶液。

高 (10 ppt 鹽度)：

- 把 9.20 克氯化鈉加在足夠多水中製成 1 l 溶液。

有關導電率的其他資訊

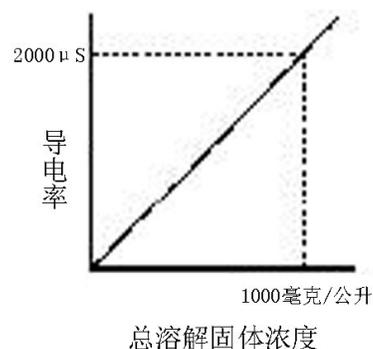
導電度計是易用及用途廣泛的水質測量設備。有時，它還用於環境的監測設備，監測河流或湖水中離子濃度的變化。鹽 (Na^+ , Cl^-)、酸 (H^+)、鹼 (OH^-)、硬水 (Ca^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-})、可溶性氣體 (CO_2 , NO_2 , SO_2) 進入水中就會引起導電率的變化。然而，導電度計不會告訴你，導電率具體是由哪種離子引起變化的。它只是給出了溶解固體的數量。要瞭解詳細情況還要繼續進行測試 (如：用 pH 感應器測 H^+ 、硬水的滴定測 Ca^{2+} 、比色測 NO_3^-)。

國家和地方政府通常會對飲用水中的溶解固體的數量提出限制。在各個地方政府之間，此限制標準可能不同，但通常要小於1100 mg/L。導電度計能迅速而精確地對此進行測量。

對於某種離子或鹽來說，因為在導電率和濃度之間存在線性關係，所以導電度計也能測量離子濃度，如右圖。觀察此圖：導電率和濃度之間是 2:1 的比率關係。

即使總溶解固體經常根據 2:1 的比率定義，我們應該理解 500 mg/l 的總溶解固體 (TDS) 讀數在不同樣品中可以有不同的意義，如樣品中主要是氯化鈉與另一個主要含硬水離子如鈣 (Ca^{2+}) 和碳酸根 (HCO_3^-) 的樣品就有分別。導電率和氯化鈉濃度之間的關係大約是 2:1 的比率並且是一個相當好的線性關係。表二顯示了一些對應導電率數值 ($\mu\text{S}/\text{釐米}$)、濃度 (mg/L 的氯化鈉)、和濃度 (mg/L 的總溶解固體)。

導電度計可以提供學生化合物的離子和分子特徵的重要線索。非離子分子化合物如甲醇提供接近於零的導電率讀數。注意：得到零導電率讀數的溶液是非常罕見的。即使在非常純淨的蒸餾水裏，離子可以是從水的解體所產生的 H^+ 和 OH^- 離子或從二氧化碳的溶解所產生 HCO_3^- 離子。水溶離子化合物將得到很大的導電率數值，它



的大小取決於如離子半徑、離子電荷、以及離子的流動性等各因素。離子分子化合物如弱酸的導電率讀數可用來鑒定這些酸的相對強度。在相同的濃度下，強酸如鹽酸的水溶液將得到比弱酸如乙酸溶液更高的導電率數值。

表 二

氯化鈉濃度 (mg/L)	總溶解固體 (TDS) (mg/L)	導電率 (μ S/公分)
1.0	1.1	2.2
5.0	5.4	10.8
10	10.7	21.4
20	21.4	42.7
50	52.5	105
100	105	210
150	158	315
200	208	415
500	510	1020
1000	995	1990
1500	1465	2930
2000	1930	3860
5000	4482	8963
10250	9000	18000

保固

威尼爾公司承諾所有產品沒有設計上的缺陷和製造上的瑕疵。自出售日起，在正常使用下免費保固五年，人為損壞除外，正常消耗品（如 pH 緩衝液、離子電極校正液等）除外。

注意：鑑於維護台灣消費者之權利，台灣總代理廣天國際有限公司僅維護出具貼有廣天國際有限公司保固貼紙之產品，才享有上述之服務。

製造商

威尼爾軟體與技術公司 (Vernier Software & Technology)
 13979 S.W. Millikan Way Beaverton, Oregon 97005-2886 USA
 電話：888-837-6437
 傳真：503-277-2440

台灣總代理

廣天國際有限公司
 地址：台北市信義區基隆路二段115號7樓之3
 電話：02-23822027
 傳真：02-23820206
 郵編：110

電郵：support@calculator.com.tw

網站：www.vernier.com.tw



MEASURE. ANALYZE. LEARN.™

