威尼爾光學溶氧感應器
(型號：ODO-BTA)

威尼爾光學溶氧感應器用於測量野外或實驗室內取得水樣本的溶氧濃度。威尼爾光學溶氧感應器為利用冷光的光學氧氣感應器。此技術降低校正感應器的需求，因為其不消耗氧氣所以也不需攪動

此感應器可執行不同測試或實驗以求得溶氧量的變化，其為水生環境品質的主要指標之一。感應器主體防水，最深可以深入水中 1.6 m，繩子末端為含有 microSD 卡的小盒子，此含有 microSD 卡的小盒子並不防水。威尼爾光學溶氧感應器可執行以下動作：

- 監控含有不同植物和動物種類水族館的溶氧濃度。
- 測量由水生植物光合作用和呼吸作用所造成的溶氧濃度變化。
- 測量河流或湖泊的溶氧濃度，供以衡量該水體承受不同種類植物和動物生命的能力。

以威尼爾光學溶氧感應器擷取數據

此感應器可搭配以下平台來擷取數據。

- 單獨使用威尼爾 LabQuest® 2 或舊型 LabQuest，或搭配電腦使用
- 威尼爾 LabQuest Mini 搭配電腦使用
- 威尼爾 LabPro® 搭配電腦或 TI 圖形計算計使用
- 威尼爾 SensorDAQ®
- CBL 2™
- TI-Nspire™實驗室底座

數據擷取軟體

此感應器可搭配不同平台和以下數據擷取軟體使用

- Logger Pro 3 此電腦軟體搭配 LabQuest 2、LabQuest、LabQuest Mini、或 LabPro 使用。需要 3.8.6.1 以上版本。
- Logger Lite 此電腦軟體搭配 LabQuest 2、LabQuest、LabQuest Mini 或 LabPro 使用。
- LabQuest App 此電腦軟體搭配單獨使用的 LabQuest 2 或 LabQuest。需要 1.7 以上版本，LabQuest 2 則需要 2.1 以上版本。
- TI-Nspire™使用 DataQuest™軟體 此 TI-Nspire 使用的計算機應用程式可搭配 TI-Nspire 實驗室底座使用。
- EasyData 應用程式 此由 TI-83 Plus 和 TI-83 Plus 使用的計算機應用程式可搭配 CBL 2 和 LabPro 使用。我們建議 2.4 以上版本，下載後傳送至計算機
- DataMate 程式 DataMate 搭配軟體 LabPro 或 CBL 2，和計算機 TI-73, TI-83、TI-84、TI-86、TI-89 和 Voyage 200 使用。如需傳送 DataMate 至計算機的步驟說明，請參見 LabPro 和 CBL 2 指南手冊。

- LabVIEW™ 國際儀器 LabVIEW™軟體是由國家儀器(National Instruments)販售

的圖形程式語言。可搭配 SensorDAQ 使用，也可以配合威尼爾其他多種平台使用。

以下是使用威尼爾光學溶氧感應器的一般使用步驟。
1. 連接威尼爾光學溶氧感應器和平台。
2. 啟動數據擷取軟體。
3. 軟體隨即辨識光學溶氧感應器，並載入預設數據擷取設定。準備就緒，可以執行數據擷取。

進行測量

以蒸餾水沖洗光學溶氧感應器尖端並輕輕拍乾。將感應器放入要測試的樣本中。重要訊息：確認光學溶氧感應器尖端附近的金屬點已浸入樣本，如此一來溫度補償才能運作正常。如果讀取的溫度讀數低於 15°C 或高於 30°C，則需要更長時間才能完成溫度補償調整動作，以提供穩定讀數。
光學溶氧感應器設計為可以長時間沉浸在水環境中。感應器本體和導線具有防水功能，但是內有 microSD 卡的小盒子並不防水。如果感應器密封破裂，水則會進入感應器內造成損害。
重要訊息：此感應器應只使用於水溶液。不要將感應器放置在黏滯性的有機液體中，例如：重油、丙三醇(甘油)、乙二醇和酒精。也不要將其放置在丙酮或非極化溶劑中，例如：戊烷或己烷。

此感應器配備電路支援自動辨識功能。當搭配 LabQuest 2、LabQuest、LabQuest Mini、LabPro、SensorDAQ、TI-Nspire™實驗室底座或 CBL 2™使用時，數據擷取軟體會辨識感應器並利用預定義參數來設定實驗，讓實驗適合已辨識感應器。

注意：威尼爾產品設計為教育使用。我們的產品並非設計於也不建議使用於任何工業、醫學或商業流程。例如：任何形式的維生系統、病人診斷、製造流程控制或工業測試。

單位選取 (mg/L 或 %)

每公升所含有毫克數 (mg/L)
溶氧濃度的單位 mg/L 為絕對測量值單位，表示每公升水中所含有的毫克氧。水中氧的溶解度取決於壓力、鹽度和溫度。
水體在不同溫度和壓力之下可以承載的最大能力列於表 1，其中假設可以忽略鹽度。

在標準大氣壓之下，飽和溶解氧的水在 0°C 可以承載的氧氣為 14.57 mg/L，而在 25°C 則為 8.36 mg/L。兩者皆為 100%飽和的情況，但是冷水比高溫的水能負載更多的氧氣。

飽和百分比 (%)
溶氧濃度的單位 % 為相對測量值單位，表示水可以承載最大量氧氣的百分比。飽和百分比如以下公式描述：

$$\%\text{飽和} = \left(\frac{\text{實際溶氧值(mg/L)}}{\text{飽和溶氧值(mg/L)}} \right) \times 100$$

在標準大氣壓和 25°C 之下，100% 飽和表示有 8.36 mg/L 的氧氣溶解在水中。如果相同水樣本的濃度為 4.18 mg/L，則此水樣本在該溫度下含有氧氣最大承載量的一半，因此只有 50% 飽和。

光學校正步驟

使用光學溶氧感應器時不需要重新執行校正。感應器出廠時即已設定儲存校正。如果您認為光學溶氧感應器需要執行校正時，請利用飽和溶氧值來完成單點校正。注意：此校正方法不同於其他威尼爾感應器的一般兩點校正。

調節器移至 mg/L 或 % 位置。如需更多測量單位訊息，請參見[選取單位]段落。連結光學感應器和平台，並啟動數據擷取軟體。

使用電腦執行光學溶氧感應器校正

1. 在[實驗]選單中選取[校正]。
2. 勾選標示[單點校正]的核取方塊。按下[立即校正]按鈕。
3. 將蒸餾水加入儲存瓶中，直至海綿頂部為止。感應器插入瓶中。感應器尖端不應碰觸到水或海綿。讓感應器在此位置維持 60 秒不移動。
4. 當所顯示電壓讀數穩定時，輸入正確的飽和溶氧值。如果測量單位是 mg/L，利用目前大氣壓力和空氣溫度值來查看表 1 並輸入 mg/L 值。如果不知道目前氣壓值，利用表 2 估算您所在位置高度的氣壓。如需這些值的更多訊息，請參見[高度和大氣壓力]段落。如果測量值單位為 %，則輸入 100。
5. 按下[保留]後再按下[完成] 。

使用 LabQuest App 執行光學溶氧感應器校正

1. 在[感應器]選單中選取[校正]。
2. 勾選標示[單點校正]的核取方塊。按下[立即校正]按鈕。
3. 將蒸餾水加入儲存瓶中，直至海綿頂部為止。感應器插入瓶中。感應器尖端不應碰觸到水或海綿。讓感應器在此位置維持 60 秒不移動。
4. 當所顯示電壓讀數穩定時，輸入正確的飽和溶氧值。如果測量單位是 mg/L，利用目前大氣壓力和空氣溫度值來查看表 1 並輸入 mg/L 值。如果不知道目前氣壓值，利用表 2 估算您所在位置高度的氣壓。如需這些值的更多訊息，請參見[高度和大氣壓力]段落。如果測量值單位為 %，則輸入 100。
5. 按下[保留]後再按下[完成] 。

儲存和維護

當完成使用光學溶氧感應器後，以蒸餾水沖洗乾淨並以紙巾或實驗室擦拭紙拍乾。將感應器插回含有濕潤海綿的儲存瓶中。

感應器尖端為可替換的旋轉帽，稱為光學溶氧感應器帽。該帽的出廠損壞保固期間是從購買日起算十二(12)個月；您可能使用該儀器超過保固期間。如果有任何回應遲緩的情況發生，應該替換旋轉帽(訂購編號：ODO-CAP)。為了延長旋轉帽的使用壽命，請不要將其曝曬在太陽光下過長時間。

自動溫度補償

威尼爾光學溶氧感應器為利用內建熱敏電阻自動執行溫度補償。此熱敏電阻的溫度輸出自動補償穿透旋轉帽的氧氣擴散率變化和水中溶氧度，可減少不同溫度時的重新校正需求。

例如：含飽和氧的水樣本溶氧濃度以 % 表示時不論在甚麼溫度都是 100，因為是完全飽和狀態。但是以 mg/L 表示的溶氧濃度會依照溫度不同而異，因為水中溶解的氧量隨溫度而變。例如：即使 15ºC 和 30ºC 水樣本的 % 飽和值都是 100，但是 15ºC 水溶解 10.15 mg/L 氧氣而 30ºC 水溶解 7.67 mg/L。

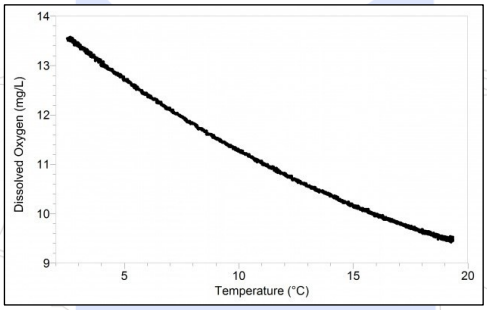

圖 1 飽和溶解氧 vs.溫度數據

大氣壓力補償

威尼爾光學溶氧感應器利用內建氣壓計自動執行壓力補償。此氣壓計的壓力輸出自動補償穿透旋轉帽的氧氣擴散率變化和水中溶氧度，可減少不同壓力或高度時的重新校正需求。

高度與大氣壓力

求得區域大氣壓力時使用“真實” 大氣壓力，而非與海平面進行校正的氣壓計讀數。“站氣壓”為您所在位置或站點的真實氣壓，也是教室內水銀氣壓計的讀數。“海平面氣壓”為站氣壓調整為等價於海平面後的氣壓值。機場和電視台經常報告的是海平面氣壓，不是站氣壓，其通常是氣象預報時忽略高度變數的方程式結果。

以下公式為計算區域大氣壓力近似值，其中 BP 為大氣壓力，單位 mmHg：

$$\textit{真實 BP} = [\text{已校正 } BP] - [2.5 \times (\textit{區域海平面以上高度(ft)})/100]$$

如果沒有氣壓計讀取大氣壓力，可以依照表 2 估計您所在高度(英呎) 的大氣壓力值。該值為根據海平面大氣壓力值 760 mmHg 所計算而得。

海水或潮汐河口取樣

(只在鹽度高於 1000 mg/L 時才需要執行)

含飽和氧的水在不同鹽度值時的溶氧濃度 DO(鹽)可利用以下公式進行計算。

$$DO(鹽) = DO - (k \times S)$$

- *DO(鹽)* 為鹽水溶液的溶氧濃度(單位是 mg/L)。
- *DO* 為含飽和氧的蒸餾水由表 1 所求得的溶氧濃度。
- *S* 為鹽度值(單位是 ppt)。鹽度值可經由威尼爾氯離子感應器、導電度計或鹽度感應器求得，參見*威尼爾實驗水品質*手冊。
- *k* 為常數。*k* 值取決於樣本溫度，可根據表 3 求得。

範例

使用光學溶氧感應器偵測鹽度 35.0 的海水，求得溫度 23°C 和氣壓 750 mmHg 時的飽和溶氧校正值。

先找出表 1 中的溶氧值(DO = 8.55 mg/L)。然後得到表 3 中在 23°C 時的 *k* 值(k = 0.04662)。將這些值和鹽度值代入上個方程式中。

$$DO(鹽) = DO - (k \times S) = 8.55 - (0.04662 \times 35.0) = 8.55 - 1.63 = 6.92 \text{ mg/L}$$

執行飽和溶氧校正點(含飽和水的空氣)時使用值 6.92 mg/L。光學溶氧感應器隨即校正完成，可提供鹽度 35.0 ppt 鹽水樣本的正確溶氧讀數。

重要訊息：大部分溶氧測試並不需要執行鹽度補償。

規格

範圍：	
mg/L	0 至 20 mg/L
%	0 至 100%
誤差：	
mg/L	± 0.2 mg/L，小於 10 mg/L 時 ± 0.4 mg/L，大於 10 mg/L 時
%	± 2%
重新設定校正後的誤差	
mg/L	± 0.1 mg/L，小於 10 mg/L 時 ± 0.2 mg/L，大於 10 mg/L 時
%	± 1%
解析度：	
13-bit (SensorDAQ)	0.003 mg/L
12-bit (LabPro、LabQuest、LabQuest 2、TI-Nspire 實驗室底座、LabQuest Mini)	0.006 mg/L
10-bit (CBL 2)	0.025 mg/L
回應時間	40 秒內得到 90%的讀數
溫度補償	0 至 50°C 自動執行
氣壓補償	228 mmHg 至 1519 mmHg 自動執行
鹽度補償	手動執行，說明校正
樣本流速最小值	不需要
已儲存校正值 (mg/L)	
斜率	4.444
截距	–0.4444
已儲存校正值 (%)	
斜率	22.222
截距	–2.2222

光學溶氧感應器替換旋轉帽

訂購編號：ODO-CAP

光學溶氧替換旋轉帽可替換威尼爾光學溶氧感應器上的感應帽。此旋轉帽出廠損壞保固期間為自購買日算起十二(12)個月；您可能使用該儀器超過保固期間。如果有任何回應遲緩的情況發生，可能應該替換旋轉帽。

此旋轉帽出廠前即完成校正，每個旋轉帽在製作流程中皆指定一個獨立校正編號。替換旋轉帽的校正編號儲存在插入感應器盒子內的 microSD 卡中。**注意：**每組旋轉帽和 microSD 卡是互相搭配的。

替換和校正重新設定步驟

1. 恢復出廠預設設定：
   a. 連接光學溶氧感應器和數據擷取平台，開啟數據擷取程式。
   b. 在[實驗]選單(Logger *Pro*)或[感應器]選單(LabQuest App)中選取[校正]。
   c. 選取[儲存校正] (Logger *Pro*)或[儲存] (LabQuest App)。
   d. 按下或按點[感應器出廠預設值]。
   e. 按下[完成]或按點[OK]。

2. 替換旋轉帽：
   a. 移除光學溶氧感應器和數據擷取平台的連結。
   b. 旋出 microSD 卡蓋上的螺絲，取出 microSD 卡(參見圖 2)。
   c. 插入新 microSD 卡，放回並鎖緊蓋子。
   d. 旋出光學溶氧感應器上的舊旋轉帽，旋入新的旋轉帽。

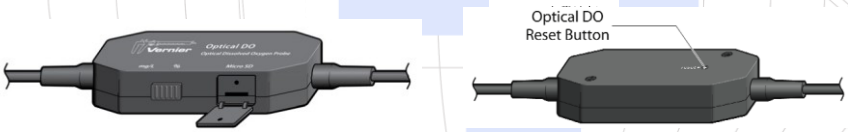

圖 2 microSD 卡和重新設定按鈕位置

3. 重新設定校正：
   a. 調節器調整至 %。
   b. 連接光學溶氧感應器和數據擷取平台，開啟數據擷取程式。
   c. 將蒸餾水加入儲存瓶中，直至海綿頂部為止。
   d. 感應器插入瓶中。感應器尖端不應碰觸到水或海綿。讓感應器在此位置維持至少 60 秒不移動。
   e. 利用小紙夾按下重新設定按鈕三秒鐘。重新設定按鈕位於含有 microSD 卡盒子的底部(參見圖 2)。
   f. 放開按鈕。讀數會降至幾乎 0%。
   g. 等待讀數變化至 100%，最多等待 60 秒鐘。
   h. 當讀數達到 100% 後，再等待另外 30 秒鐘以完成重新設定流程。注意：這個等待時間很重要，感應器需要時間進行內部儲存重新設定訊息。
   i. 感應器即準備就緒，可以使用。

光學溶氧感應器金屬保護套

訂購編號：ODO-GRD

將此選用設備接到威尼爾光學溶氧感應器，以保護旋轉帽，並在進入溶液時可幫助下沉。

金屬保護套幫助保護感應器避免野外測量時受到損害。如果感應器上密封條有任何破損，液體可能會進入感應器造成儀器損害。

光學溶氧感應器使用金屬保護套時，不要拉著導線旋轉感應器，不然會傷害使用者和使導線受到強大拉力。產品保固不包含這些狀況造成的損害。

威尼爾光學溶氧感應器運作原理

威尼爾光學溶氧感應器遵循當氧氣通過旋轉帽時的發光物質可逆發光抑制原理。旋轉帽鍍一層螢光化合物，外有膜層保護。LED 發出的藍光穿透至旋轉帽並激發發光物質。

氧分子和激發態的發光物質碰撞後，造成能量從發光物質傳送至氧分子。螢光釋放時放射紅光。感光二極體測量藍光傳送出到紅光放射出的時間間距。愈多的氧氣，紅光放射出的時間就愈短。

測量該時間間距並與氧氣濃度進行校正。藍光閃爍之間有紅色 LED 光照射入感應器，作為幫助確認每次測量的參考。此過程由斯特恩-沃爾莫(Stern-Volmer)方程式描述

$$\tau 0 / \tau = 1 + KSV\,[DO]$$

其中 $\tau 0$ 和 τ 各為螢光在缺乏和具有氧氣時的生命期，[DO] 為溶氧濃度，以及是斯特恩-沃爾莫(Stern-Volmer)方程式中的抑制常數。

斯特恩-沃爾莫(Stern-Volmer)常數(*KSV*)直接取決於氧氣的擴散速率常數(即氧溶解度)和發光物質激發態的自然生命期。生命期測量比強度測量較具有優勢，因為生命期通常不會因由損失化合物造成的過程而受影響，如漂白或光解。

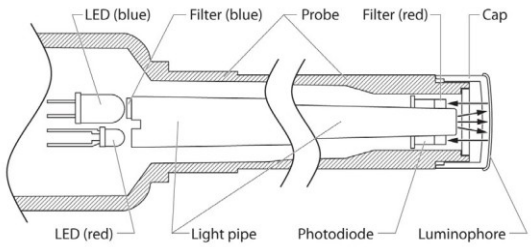

圖 3 光學溶氧感應器內部圖

溶氧的背景資料

溶氧是水體的維生物質。不同水生生物生存於不同溶氧量。鱒魚需要較高溶氧量，河流內的魚類(如鯉魚和鯰魚)則只須低氧濃度即可。具有高溶氧量的水通常視為可以承載不同種類水生生物的健康環境。

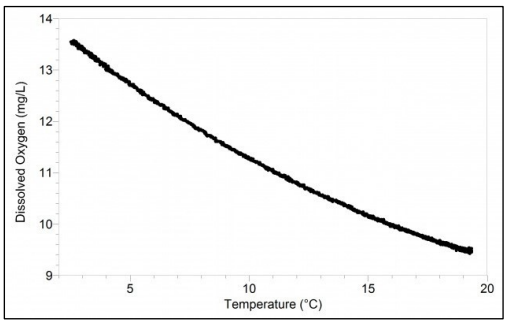

圖 4 飽和溶氧量 vs.*溫度圖，760 mmHg*

有很多因素會影響水體的溶氧量。擾動所形成湖泊水波或快速流動河流皆會大量增加暴露在大氣中的水量而形成高溶氧量。水溫也是另一個會影響溶氧量的因素；和其他氣體情況相同，溫水中的飽和溶氧量低於冷水，如圖 4 所示。

光合作用循環對水生環境溶氧量也有很大影響。水生植物和會行光合作用的微生物，因日照時間的光合作用產生氧氣：

$$CO2 + H2O \rightarrow CxHyOz + O2$$

光合作用在下午期間進行，使溶氧量增加。太陽下山後光合作用減慢，但是植物和動物持續進行呼吸作用。晚上到清晨期間的呼吸作用則會減低溶氧量：

$$CxHyOz + O2 \rightarrow CO2 + H2O$$

河流中不同種類的植物和動物量多寡會影響光合作用-呼吸作用循環的發生。

人為造成的有機廢棄物量，如紙漿廠、食物處理工廠和廢水處理廠，也會降低河流和湖泊中的溶氧量。這些廢棄物消耗氧氣，其消耗速率甚至有時候會快於因擾動或光合作用所增加的溶氧量。因此，利用溶氧感應器偵測河流溶氧濃度和生物氧需求對決定水生生態系統的健康和穩定是很重要的。

表 1 含飽和氧氣蒸餾水(在不同溫度和壓力值時)的溶氧量 (mg/L)

	770 mm	**760 mm**	**750 mm**	**740 mm**	**730 mm**	**720 mm**	**710 mm**	**700 mm**
0°C	14.76	14.57	14.38	14.19	13.99	13.80	13.61	13.42
1°C	14.38	14.19	14.00	13.82	13.63	13.44	13.26	13.07
2°C	14.01	13.82	13.64	13.46	13.28	13.10	12.92	12.73
3°C	13.65	13.47	13.29	13.12	12.94	12.76	12.59	12.41
4°C	13.31	13.13	12.96	12.79	12.61	12.44	12.27	12.10
5°C	12.97	12.81	12.64	12.47	12.30	12.13	11.96	11.80
6°C	12.66	12.49	12.33	12.16	12.00	11.83	11.67	11.51
7°C	12.35	12.19	12.03	11.87	11.71	11.55	11.39	11.23
8°C	12.05	11.90	11.74	11.58	11.43	11.27	11.11	10.96
9°C	11.77	11.62	11.46	11.31	11.16	11.01	10.85	10.70
10°C	11.50	11.35	11.20	11.05	10.90	10.75	10.60	10.45
11°C	11.24	11.09	10.94	10.80	10.65	10.51	10.36	10.21
12°C	10.98	10.84	10.70	10.56	10.41	10.27	10.13	9.99
13°C	10.74	10.60	10.46	10.32	10.18	10.04	9.90	9.77
14°C	10.51	10.37	10.24	10.10	9.96	9.83	9.69	9.55
15°C	10.29	10.15	10.02	9.88	9.75	9.62	9.48	9.35
16°C	10.07	9.94	9.81	9.68	9.55	9.42	9.29	9.15
17°C	9.86	9.74	9.61	9.48	9.35	9.22	9.10	8.97
18°C	9.67	9.54	9.41	9.29	9.16	9.04	8.91	8.79
19°C	9.47	9.35	9.23	9.11	8.98	8.86	8.74	8.61
20°C	9.29	9.17	9.05	8.93	8.81	8.69	8.57	8.45
21°C	9.11	9.00	8.88	8.76	8.64	8.52	8.40	8.28
22°C	8.94	8.83	8.71	8.59	8.48	8.36	8.25	8.13
23°C	8.78	8.66	8.55	8.44	8.32	8.21	8.09	7.98
24°C	8.62	8.51	8.40	8.28	8.17	8.06	7.95	7.84
25°C	8.47	8.36	8.25	8.14	8.03	7.92	7.81	7.70
26°C	8.32	8.21	8.10	7.99	7.89	7.78	7.67	7.56
27°C	8.17	8.07	7.96	7.86	7.75	7.64	7.54	7.43
28°C	8.04	7.93	7.83	7.72	7.62	7.51	7.41	7.30
29°C	7.90	7.80	7.69	7.59	7.49	7.39	7.28	7.18
30°C	7.77	7.67	7.57	7.47	7.36	7.26	7.16	7.06
31°C	7.64	7.54	7.44	7.34	7.24	7.14	7.04	6.94
32°C	7.51	7.42	7.32	7.22	7.12	7.03	6.93	6.83
33°C	7.39	7.29	7.20	7.10	7.01	6.91	6.81	6.72
34°C	7.27	7.17	7.08	6.98	6.89	6.80	6.70	6.61

35°C	7.15	7.05	6.96	6.87	6.78	6.68	6.59	6.50

表 1 (續) 含飽和氧氣蒸餾水(在不同溫度和壓力值時)的溶氧量 (mg/L)

	690 mm	680 mm	670 mm	660 mm	650 mm	600 mm	550 mm	500 mm
0°C	13.23	13.04	12.84	12.65	12.46	11.53	10.57	9.62
1°C	12.88	12.70	12.51	12.32	12.14	11.21	10.27	9.34
2°C	12.55	12.37	12.19	12.01	11.82	10.90	9.98	9.08
3°C	12.23	12.05	11.88	11.70	11.52	10.60	9.71	8.84
4°C	11.92	11.75	11.58	11.40	11.23	10.32	9.46	8.60
5°C	11.63	11.46	11.29	11.12	10.95	10.06	9.21	8.38
6°C	11.34	11.18	11.01	10.85	10.68	9.81	8.98	8.17
7°C	11.07	10.91	10.75	10.59	10.42	9.56	8.76	7.97
8°C	10.80	10.65	10.49	10.33	10.18	9.33	8.54	7.78
9°C	10.55	10.39	10.24	10.09	9.94	9.11	8.34	7.59
10°C	10.30	10.15	10.00	9.86	9.71	8.90	8.15	7.41
11°C	10.07	9.92	9.78	9.63	9.48	8.70	7.96	7.24
12°C	9.84	9.70	9.56	9.41	9.27	8.50	7.78	7.08
13°C	9.63	9.49	9.35	9.21	9.07	8.32	7.61	6.92
14°C	9.42	9.28	9.14	9.01	8.87	8.14	7.44	6.77
15°C	9.22	9.08	8.95	8.82	8.68	7.96	7.28	6.62
16°C	9.02	8.89	8.76	8.63	8.50	7.80	7.13	6.48
17°C	8.84	8.71	8.58	8.45	8.33	7.63	6.98	6.34
18°C	8.66	8.54	8.41	8.28	8.16	7.48	6.84	6.21
19°C	8.49	8.37	8.24	8.12	8.00	7.33	6.70	6.08
20°C	8.33	8.20	8.08	7.96	7.84	7.18	6.56	5.96
21°C	8.17	8.05	7.93	7.81	7.69	7.04	6.43	5.84
22°C	8.01	7.90	7.78	7.67	7.55	6.90	6.31	5.72
23°C	7.87	7.75	7.64	7.52	7.41	6.77	6.18	5.61
24°C	7.72	7.61	7.50	7.39	7.28	6.64	6.06	5.50
25°C	7.59	7.48	7.37	7.26	7.15	6.51	5.95	5.39
26°C	7.45	7.35	7.24	7.13	7.02	6.39	5.83	5.29
27°C	7.33	7.22	7.11	7.01	6.90	6.27	5.72	5.19
28°C	7.20	7.10	6.99	6.89	6.78	6.15	5.61	5.09
29°C	7.08	6.98	6.87	6.77	6.67	6.04	5.51	4.99
30°C	6.96	6.86	6.76	6.66	6.56	5.95	5.42	4.91
31°C	6.85	6.75	6.65	6.55	6.45	5.85	5.34	4.83
32°C	6.73	6.63	6.54	6.44	6.34	5.76	5.25	4.75
33°C	6.62	6.53	6.43	6.33	6.24	5.67	5.17	4.67
34°C	6.51	6.42	6.32	6.23	6.13	5.58	5.08	4.59
35°C	6.40	6.31	6.22	6.13	6.03	5.49	5.00	4.52

表 2 不同高度的氣壓近似值

高度 (呎)	氣壓 (mmHg)	高度 (呎)	氣壓 (mmHg)	高度 (呎)	氣壓 (mmHg)	高度 (呎)	氣壓 (mmHg)
0	760	2000	708	4000	659	6000	609
250	753	2250	702	4250	653	7000	586
500	746	2500	695	4500	647	8000	564
750	739	2750	689	4750	641	9000	543
1000	733	3000	683	5000	635	10000	522
1250	727	3250	677	5250	629	15000	429
1500	720	3500	671	5500	624	20000	349
1750	714	3750	665	5750	618	25000	282

表 3 鹽度校正常數值

溫度 (°C)	常數 *k*	溫度(°C)	常數 *k*	溫度(°C)	常數 *k*	溫度(°C)	常數 *k*
1	0.08796	8	0.06916	15	0.05602	22	0.04754
2	0.08485	9	0.06697	16	0.05456	23	0.04662
3	0.08184	10	0.06478	17	0.05328	24	0.04580
4	0.07911	11	0.06286	18	0.05201	25	0.04498
5	0.07646	12	0.06104	19	0.05073	26	0.04425
6	0.07391	13	0.05931	20	0.04964	27	0.04361
7	0.07135	14	0.05757	21	0.04854	28	0.04296

保固

此產品具有從運送到客戶手中開始算起的五年威尼爾保固，保證此產品材料和出廠缺失。此保固不包含人為損壞或不當使用所造成的損傷。感應器旋轉帽子含有一年保固。

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：100
電郵：support@calculator.com.tw
網站：www.vernier.com.tw