

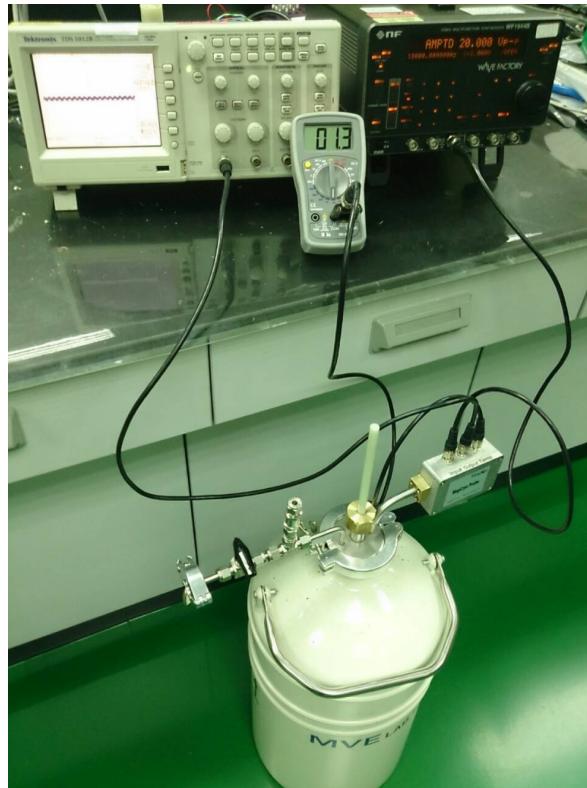


變溫交流磁導計

MagCryo

操作與維修手冊

201401



磁量生技股份有限公司 (MagQu Co., Ltd.)

新北市 231 新店區 中正路 538 巷 12 號 3 樓

網址: <http://www.magqu.com>

信箱: info@magqu.com 電話: 866-2-86671897 傳真: 866-2-86671809

目 錄

安全性須知	2
環境注意事項	3
第一章 測量原理及應用	4
第一節 磁相變	4
第二節 交流磁化率	5
第二章 變溫交流磁導計 MagCryo 介紹	6
第一節 幫浦接頭	6
第二節 樣品管	7
第三節 集線盒	7
第四節 線圈組	8
第三章 操作程序	9
附錄 A 教學範例（磁相變觀測）	10
附錄 B 規格表	13
附錄 C 產品及附件總覽	14
附錄 D 警告圖示說明	15
附錄 E 簡單故障排除方法及注意事項	16
附錄 F 溫度計加熱平衡電阻-溫度關係	17

安全性須知

請檢視下列的安全警告以避免傷害，並預防對此產品或任何相關產品的損害。
為避免潛在的危險，請僅依照指示使用此產品。

避免火災或人身傷害

使用適當的電源線。請只使用本產品所指定以及該國使用認可的電源線。

正確的連接與中斷連接。在連接電腦之前，請確認電腦是否開啟，並在電腦開啟後，打開本機台之電源開關；中斷與電腦間的連接時，請先中斷軟體並作移除之動作，始能將機台關機。

觀察所有的端子功率。為了避免火災或是電擊的危險，請注意產品上的功率及標記。在與產品連接之前，請先參閱產品手冊以便進一步了解有關功率的資訊。

請勿在蓋子為蓋上之前即進行操作。如果蓋子取下請勿操作本產品。

懷疑有故障時，請勿操作。若您懷疑此產品已遭損壞，請讓合格的維修人員進行檢查。

避免電路外露。當有電流通過時，請勿觸碰外露的連接器及元件
請勿在潮濕的狀態下操作。

請勿在易燃易爆的空氣中操作。

請維持產品表面的清潔與乾燥。

保持空氣的流通。請參考手冊的安裝說明以了解有關如何安裝產品使其具有良好通風的詳細資訊。



警告。警告聲明中可能導致受傷或喪命的情況操作。



小心。小心聲明中指明了可導致損壞此產品或其他物品的情況或操作。

環境注意事項

本節提供此產品對環境所造成的影响之相關資訊。

產品報廢處裡

回收儀器或元件時，請參閱下列指引：

設備回收：本設備的生產作業需要自然資源之回收與利用。本設備在產品報廢階段若未正確處理，可能會產生對環境或人類健康有害的物質。為了避免此類物質釋放到環境，並減少使用自然資源，建議您透過適當的系統回收此產品，以確保大部分的材料均適當地回收再利用。



第一章 測量原理及應用

第一節 磁相變

磁性物質在不同溫度下，會表現出不同的磁性狀態。例如，在高溫時，熱能足以破壞磁性材料中磁偶極間的作用力，但單獨的磁偶極仍存在，在外加磁場下仍可表現出磁化率特性，此時稱此磁性狀態為順磁性(Paramagnetism)。而當溫度逐漸降低時，熱能效應減少，材料中磁偶極間的作用相對變強。當低於某特定溫度時，材料內的磁偶極間會形成長程的作用，此作用例如是兩相鄰磁偶極的磁性方向是相同的，這時磁性材料會表現出很強的磁性，我們稱之為鐵磁性(Ferromagnetism)，而這個轉變溫度，稱之為居理溫度(Curie temperature, T_c)。上述長程作用如果是兩相鄰磁偶極的磁性方向是相反的，我們稱之為反鐵磁性(Anti-ferromagnetism)，而這個轉變溫度，稱之為尼爾溫度(Neel temperature, T_N)。

由於在不同溫度的磁性狀態不同，磁性材料所表現出的交流磁化率也會有明顯的差異。例如，對順磁-鐵磁相變而言，磁性材料在順磁態的交流磁化率相對於在鐵磁態時要低了很多；並且在順磁態時的交流磁化率振幅倒數($1/|\chi_{ac}|$)隨溫度(T)的變化可以用Curie-Weiss law來描述：

$$\frac{1}{|\chi_{ac}|} \propto \frac{1}{T - T_c}$$

第二節 交流磁化率

磁性材料在外加交流磁場 \mathbf{H} 下，其總磁偶極 \mathbf{M} 的方向可隨著此交流磁場，作週期性變化，如圖1(a)所示，此即交流磁化率的物理源由。每一瞬間，磁性物質之磁偶極方向不一定與外加交流磁場同方向。若我們將外加磁場 \mathbf{H} 及總磁偶極 \mathbf{M} 隨時間的變化作圖，可得到圖1：

(a)



(b)

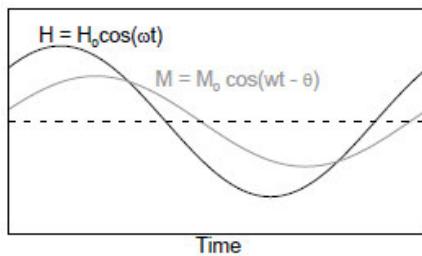


圖 1. 磁性材料在外加交流磁場 H 下總磁偶極 M 隨時間的變化。

圖1(a)中外加磁場 \mathbf{H} 可以用 $H_0 \cos(\omega t)$ 來表示，而總磁偶極 \mathbf{M} 可用 $M_0 \cos(\omega t - \theta)$ 來表示，如圖1(b)所示，其中 θ 是總磁偶極相對於外加磁場的相位差。

而磁性交流磁化率的數學形式為

$$\chi_{ac} = M/H_0 = (M_0/H_0) \cos(\omega t - \theta)$$

若我們只量測交流磁化率的振幅，就是 M_0/H_0 。

本套組中，藉由外加的函數產生器，產生一個交流電壓，以使螺線圈中有交流電流流動，進而在螺線圈內產生交流磁場。將待測磁性物質置於此螺線管內，因受到交流磁場的作用，該磁性物質會被引發產生交流磁導率之訊號。再經由法拉地線圈，將此交流磁導率訊號轉換成交流電壓訊號，最後再外接示波器顯示。

在第二章中，將對於本儀器各項重要部份作一一介紹。

第二章 變溫交流磁導計 MagCryo 介紹

裝置架構如圖2所示：

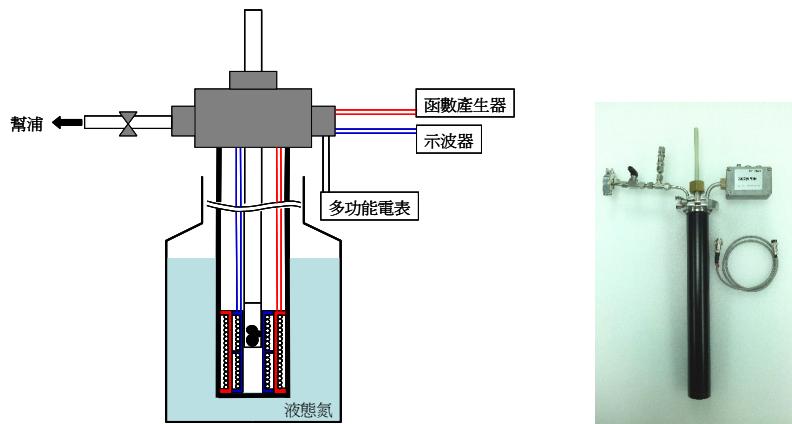


圖 2. 變溫磁相變觀測實驗架構(左)及磁性低溫量測模組(右)。

主要分為內部線圈、集線盒、樣品管及幫浦接頭。

第一節 幫浦接頭

幫浦接頭管路如圖 3 所示。

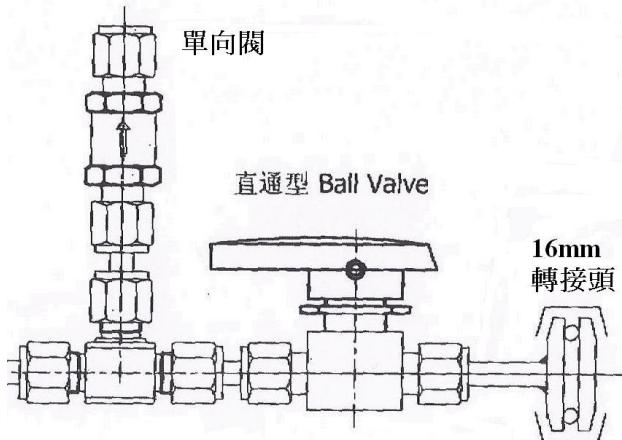


圖 3. 幫浦接頭管路示意圖

其中接頭處為 $\Phi 16\text{mm}$ 的轉接頭，一般機械幫浦為 $\Phi 24\text{mm}$ ，固於此仍需再外加一個 24 轉 16 之轉接頭。直通型球閥為其開關，單向閥為緊急處置之洩壓閥，平時不會啟動。

第二節 樣品管

樣品管的示意圖如圖 4 所示。

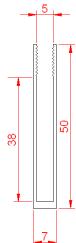


圖 4. 樣品槽示意圖(單位為 mm)

其中可接受之樣品大小為直徑 5mm，長度為 20mm，總體積在 $125 \pi \text{ mm}^3$ 以下。

第三節 集線盒

集線盒的接孔如圖 5.



圖 5. 集線盒接頭分部

Input 接頭是接往訊號源(函數產生器)，Output 接頭是接往輸出端(示波器)，Temp 接頭則是接往電錶的電阻計，測量電阻值而得到一個對應的樣品溫度，Heater 接頭則是接往電流源以供給能量加熱樣品。

第四節 線圈組

本儀器利用函數產生器提供一個交流電源給激發線圈，再由梯度式法拉第線圈量取磁性材料（待測樣品）的總磁偶極。激發線圈、梯度式法拉第線圈、與磁性材料的相對如圖6所示。由梯度式法拉地線圈所感測到的磁訊號，是由示波器上來觀測。

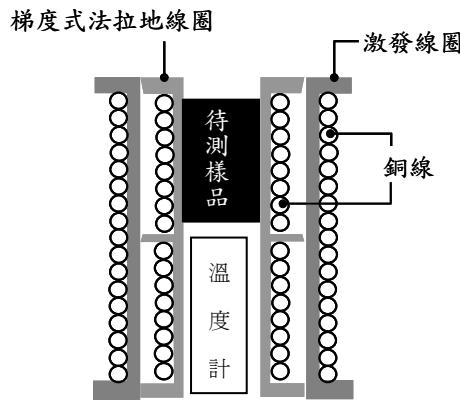


圖 6. 激發線圈、梯度式法拉地線圈、及樣品之相對位置。

圖6中的線圈組與樣品試放在一個腔體中，將該腔體致真空後，在將此腔體直接置入液態氮中，以緩慢降低樣品溫度。為了紀錄溫度，我們在線圈組中安置了一支溫度計。就由使用多功能電表量測該溫度計的電阻，可隨時量測樣品溫度。因此，在樣品加溫的過程中，我們可以從示波器上記錄樣品的交流磁化率振幅，並從溫度計電阻紀錄樣品溫度。如此，可量測到磁性材料交流磁化率振幅隨溫度的變化。

第三章 操作程序

本產品不需連接至電腦。操作步驟如下：

1. 將樣品置入樣品管後，緩緩垂直放入 probe 中(注意：不夠垂直將導致樣品管扯到加熱器)。
2. 將幫浦接上 probe(注意：不鏽鋼擋板需先拆下)並開啟幫浦抽至整個管件壓力在 0.1 個大氣壓之下(注意：先開啟幫浦再轉開球閥，抽完時先轉關球閥再關掉幫浦)後，再將幫浦拆開(注意：請將不鏽鋼擋板再接上)。
3. 將接線盒上之 input 端接上函數產生器，output 端上示波器，temp 端接上多功能電表，heater 端接上電源供應器(選接)，再將整支 probe 放入有液氮的杜爾瓶中降溫，如下示意圖：

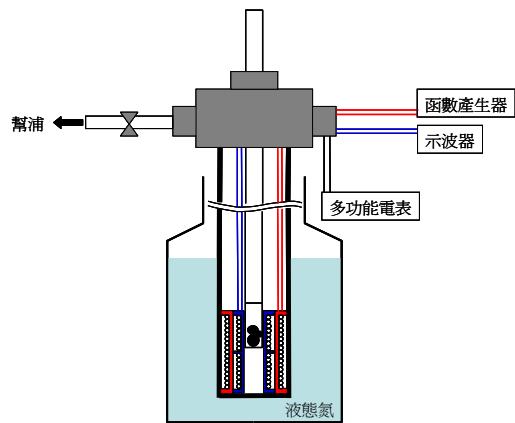


圖 3. 變溫磁相變觀測實驗架構。

4. 將函數產生器設定在交流正弦波輸出，輸出電壓在 1-10 伏特之間，輸出頻率在 1000 - 30000 Hz 之間，多功能電表轉至電阻檔，測量範圍在 10-120 歐姆區段，此時可由示波器測得磁訊號，當樣品溫度經過居禮溫度時，磁訊號會有顯著的改變。若有接上電源供應器，也可待系統溫度平衡後，再以加熱的方式做升溫實驗，此時需將電源供應器調至電流源，給予的電流需在 0-1 安培之間，不同的電流大小會使系統有不同的平衡溫度，可待溫度平衡後緩緩提高電流大小(注意：不可在常溫中加熱)。
5. 實驗完成後，將 probe 移出液氮中回溫至常溫後，才可以拿出或置換樣品(注意：未回溫即破壞管件真空將導致管件結冰，並造成線路短/斷路)。

附錄 A 教學範例 (磁相變觀測 - Magnetic transition)

一、目的

在學理方面，讓學生學習到磁性材料在降溫過程中，由順磁態轉變成鐵磁態的物理現象。

在實驗技術方面，讓學生學習真空技術、低溫技術、及交流磁訊號量測技術。

二、理論

A. 磁相變

磁性物質在不同溫度下，會表現出不同的磁性狀態。例如，在高溫時，熱能足以破壞磁性材料中磁偶極間的作用力，但單獨的磁偶極仍存在，在外加磁場下仍可表現出磁化率特性，此時稱此磁性狀態為順磁性(Paramagnetism)。而當溫度逐漸降低時，熱能效應減少，材料中磁偶極間的作用相對變強。當低於某特定溫度時，材料內的磁偶極間會形成長程的作用，此作用例如是兩相鄰磁偶極的磁性方向是相同的，這時磁性材料會表現出很強的磁性，我們稱之為鐵磁性(Ferromagnetism)，而這個轉變溫度，稱之為居理溫度(Curie temperature, T_c)。上述長程作用如果是兩相鄰磁偶極的磁性方向是相反的，我們稱之為反鐵磁性(Anti-ferromagnetism)，而這個轉變溫度，稱之為尼爾溫度(Neel temperature, T_N)。

由於在不同溫度的磁性狀態不同，磁性材料所表現出的交流磁化率也會有明顯的差異。例如，對順磁-鐵磁相變而言，磁性材料在順磁態的交流磁化率相對於在鐵磁態時要低了很多；並且在順磁態時的交流磁化率振幅倒數($1/|\chi_{ac}|$)隨溫度(T)的變化可以用Curie-Weiss law來描述：

$$\frac{1}{|\chi_{ac}|} \propto \frac{1}{T - T_c}$$

本實驗以量測鈸錳氧的交流磁化率振幅隨溫度的變化為例，讓學生深入了解磁相變現象，並量出相變溫度。

B. 交流磁化率

磁性材料在外加交流磁場 H 下，其總磁偶極 M 的方向可隨著此交流磁場，作週期性變化，如圖1(a)所示，此即交流磁化率的物理源由。每一瞬間，磁性物質之磁偶極方向不一定與外加交流磁場同方向。若我們將

外加磁場H及總磁偶極M隨時間的變化作圖，可得到圖1：

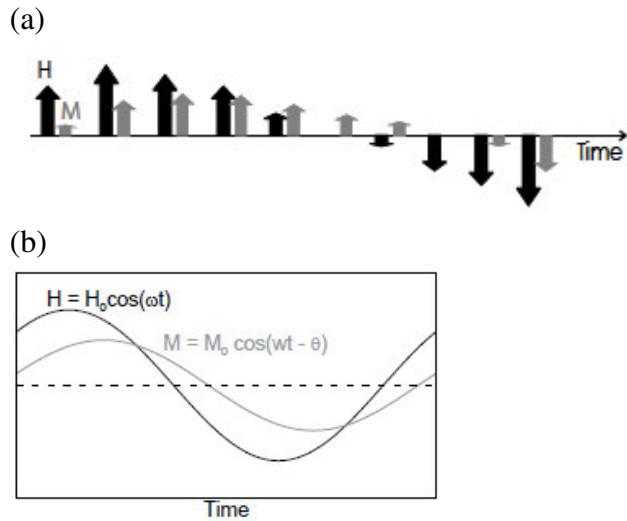


圖 1. 磁性材料在外加交流磁場 H 下總磁偶極 M 隨時間的變化。

圖1(a)中外加磁場H可以用 $H_0\cos(\omega t)$ 來表示，而總磁偶極M可用 $M_0\cos(\omega t - \theta)$ 來表示，如圖1(b)所示，其中 θ 是總磁偶極相對於外加磁場的相位差。而磁性交流磁化率的數學形式為

$$\chi_{ac} = M/H_0 = (M_0/H_0)\cos(\omega t - \theta)$$

若我們只量測交流磁化率的振幅，就是 M_0/H_0 。

三、方法

本實驗利用函數產生器提供一個交流電源給激發線圈，再由梯度式法拉第線圈量取磁性材料（待測樣品）的總磁偶極。激發線圈、梯度式法拉第線圈、與磁性材料的相對如圖2所示。由梯度式法拉地線圈所感測到的磁訊號，是由示波器上來觀測。

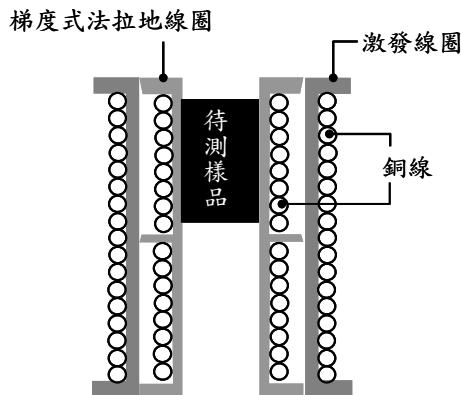


圖 2. 激發線圈、梯度式法拉地線圈、及樣品之相對位置。

圖2中的線圈組與樣品試放在一個腔體中，將該腔體致真空後，在將此腔體直接置入液態氮中，以緩慢降低樣品溫度。為了紀錄溫度，我們在線圈組中安置了一支溫度計。就由使用多功能電表量測該溫度計的電阻，可隨時量測樣品溫度。因此，在樣品加溫的過程中，我們可以從示波器上記錄樣品的交流磁化率振幅，並從溫度計電阻紀錄樣品溫度。如此，可量測到磁性材料交流磁化率振幅隨溫度的變化。

四、設備與裝置

本實驗使用的儀器與樣品有：函數產生器、示波器、多功能電表、磁性低溫量測模組、杜爾瓶、機械幫浦、磁性樣品、液態氮、BNC接線3條。

裝置架構如圖3所示：

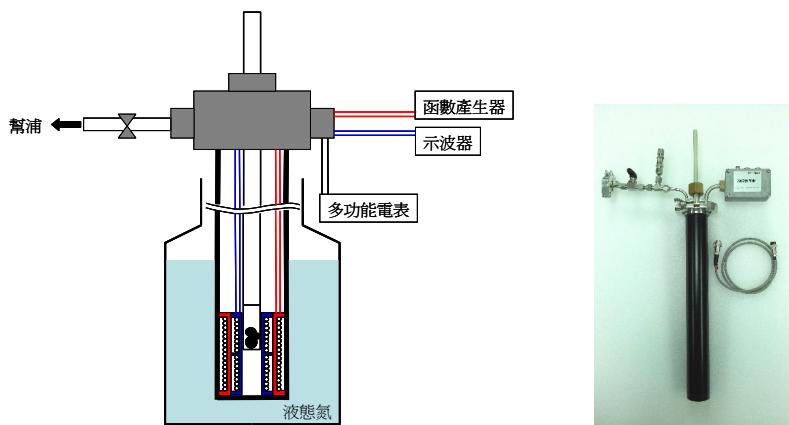


圖 3. 變溫磁相變觀測實驗架構(左)及磁性低溫量測模組(右)。

五、結果範例

圖4為量測鑭鈦錳(LSMO)氧塊材在不同溫度下的交流磁化率振幅倒數，可明顯的觀測到順磁-鐵磁相變。該實驗下的外加交流磁場頻率是2600 Hz。

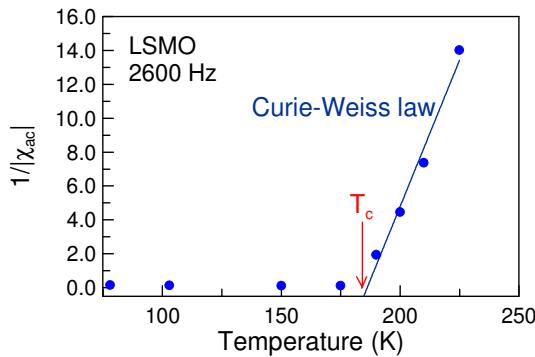


圖 4. 鑭鈦錳氧塊材交流磁化率振幅倒數隨溫度的變化。

B 規格表

輸入電壓：AC 0-10 V

輸入頻率：1000 - 30000 Hz

樣品大小：直徑 4mm 以下，長 15mm 以下

量測範圍：10-20emu/cm³

工作溫度：100-300K

加熱功率：10W 以下

C 產品及附件總覽

MagCryo Probe 產品及附件總覽

品名	數量
MagCryo Probe	1
BNC 線	4
操作與維修手冊	1

D 警告圖示說明



正面朝上



小心易碎



保持乾燥



遠離磁場

E 簡單故障排除方法及注意事項

1. 回溫時出現噪音：

此為管件在低溫時失去真空狀態所產生現象。注意是否是管件置於液氮中過久(管件自然失去真空狀態時間約為 72 小時)，若否，則可在回溫後接上幫浦及壓力表抽氣，並在接縫處塗上純酒精，若壓力表顯示壓力突然變大，則代表該接縫處已有破損，可用三秒膠或真空膠補平。

2. 接上幫浦抽氣時無法抽至 0.1 個大氣壓：

此為管件在常溫中失去真空狀態所產生現象，可以上述方法找到破損點。

3. 樣品管取出時有水珠附著：

此為管件未回至室溫即破壞管件真空所產生現象，將樣品管取出後請將管件放至乾燥防塵箱內 3-5 天。若時常發生此操作失誤將導致第 5 點現象發生。

4. 樣品管取出時有燒焦樣：

此為加熱絲過度加熱所產生現象。注意不可於常溫中使用加熱系統，於低溫中也不可超過 1 安培。發生此操作失誤容易導致第 5 點現象發生。

5. 接上函數產生器/示波器/電錶/電源供應器時，該儀器無法工作或顯示為 0 或超出範圍：

管件線路可能損壞，請立即與原廠連絡。

F 溫度計加熱平衡電阻-溫度關係

電阻 (歐姆)	溫度 (凱式)
21.213	78.046
23.953	88.601
27.370	101.300
30.800	113.640
34.160	125.960
37.490	137.570
40.820	149.100
44.150	160.420
47.470	171.610
50.730	182.450
54.000	193.110
57.260	204.200
60.530	214.630
63.780	225.040
67.000	235.600
70.220	245.850
73.430	255.710
76.630	265.460
79.790	276.300
82.960	286.170