

# 奧斯特與電磁學

## 優游於科學與文學的浪漫騎士

他是個詩人、  
文學家與教育家。  
一八二一年，  
他無意中發現了通電的導線  
會使一旁的磁針產生偏轉，  
這是科學史上非常著名的  
「電流磁效應」，  
他因此被稱為「電磁學之父」，  
磁場強度也以他的姓氏為單位。  
普世的物理課上都祇記載他的發現，  
但忽略了他對文學的喜好。

張文亮

### 北歐的島國

一七七七年八月十二日，奧斯特（Hans Christian Oersted）生於丹麥朗吉蘭島上的小鎮陸勒久賓，他的父親是個藥劑師。

朗吉蘭島是丹麥四百多個島嶼之一，島上有許多的山毛榉樹與適合種植小麥的良田。丹麥雖然早期是海盜之鄉，但是政治、議會和宗教自由落實得很早，十八世紀中葉，丹麥就實施農地放領政策，讓農民擁有自己耕作的土地。因此，許多百姓散布到各島嶼去拓荒土地，建立城鎮。

### 克難的學校

但是土地拓荒，並不相當於教育普及。奧斯特小時候，朗吉蘭島上並沒有學校，島民必須將孩子送到首都哥本哈根，才能受到較好的教育，奧斯特的父親決定與鎮民自立學校，教育自己的下一代。

奧斯特在小學時，教數學的是鎮上的裁縫，裁縫只知道加法與減法，幸好有一個測量工程師來到鎮上，鎮民想盡辦法把他留下來，學生終於可以學到乘法、除法與三角幾何。裁縫的太太教寫字與德文，鎮長教法文，麵包師傅教美術與勞作，奧斯特的父親教自然科學與化學，並且經常邀請哥本哈根的老師前來短期任教。請不到老師時，鎮裡熱心教育的家長就買課本來研讀，然後再給孩子上課。

這些鎮民都非常貧窮，而且非專業教育者，卻培養出科學大師奧斯特。奧斯特後來寫道：「教室裡充滿了快樂與友善的氣氛，學生們知道教育機會獲得不易，都盡力學習。」在這種情況下，奧斯特完成中、小學學業。一七九三年，他前往哥本哈根念大學預科，半年後參加考試，並以優異的成績進入哥本哈根大學的藥學系，當時尚無物理系與化學系。

### 科學與文學因人而近

奧斯特的興趣廣泛，除了藥學系的課程外，也修習物理、化學、文學與哲學的課程，他將這些當成主修之外的興趣課程，沒想到後來他在藥學上了無貢獻，在物理與化學上卻大放異采。一七九六年，他參



加科學競賽，以〈羊膜液體的論述〉獲得首獎，該文被評為兼具文學之美與科學之精確。

隔年，他參加文學競賽，又以〈詩與散文的局限〉獲得首獎，並在藥劑師檢定考試中名列前茅。他的傑出成就，對家鄉克難學校裡的鄉親父老與學弟妹們，是很大的鼓舞。在愉快氣氛中學習成長的學生，也許在中、小學階段成績不一定突出，但是到了高等教育，因為讀書精神旺盛，成績反而出類拔萃。這種教育上有趣的轉折，使奧斯特在學術界擁有炫人的成就時，沒有繼續追求名利，反而去做個推動全國科學教育的工作者。

### 形而上的探索

大學畢業後，奧斯特沒有立刻去當藥劑師，他繼續念博士學位，並且擔任學校文學雜誌的編輯，這時他認識了第一個終生好友俄侖希拉蓋（Adam



年輕時的奧斯特

Appleryard, R. (1930) *Hans Christian Oersted : Pioneers of Electrical Communication*, p.142, Macmillan and Co., London.

Gottlob Oehlenschläger, 1779-1850)。俄侖希拉蓋是十九世紀丹麥浪漫文學與戲劇的代表，被稱為「北歐詩王」。

一七九九年，奧斯特以〈自然形而上學的知識架構〉一篇論文獲得博士學位，他以康德（Immanuel Kant, 1724-1804）的哲學理論為基礎，論述人對自然科學的認識是建立在自然律的發現，而且科學家發現自然律不只是依靠實驗，更有賴於人的內在對自然事物的認知。

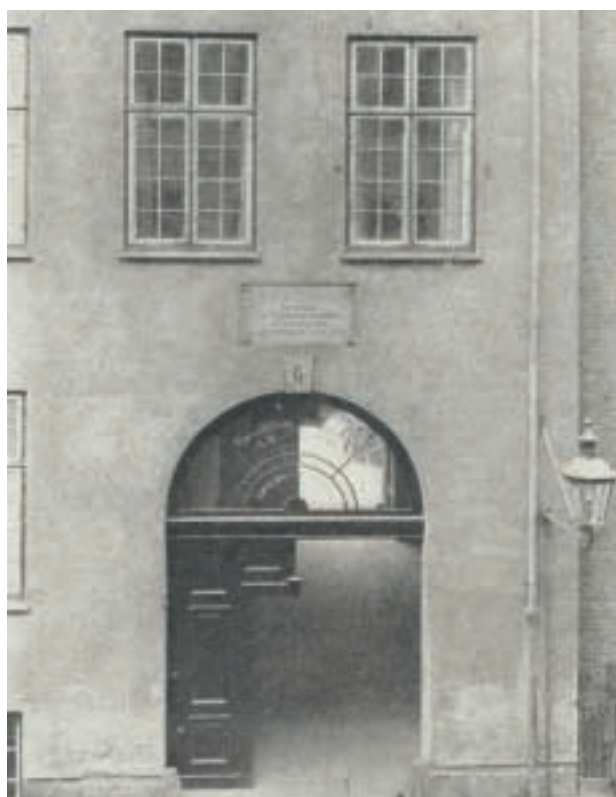
### 藥店的答案

這篇博士論文的哲學成分多於物理學，以致奧斯特在畢業後，申請大學的物理教職，都鎊羽而歸。幸好藥劑學系的緬西教授出國旅行，他在哥本哈根大學附近開了一家藥店，奧斯特就暫代緬西教授的職缺，兼當藥店的管家。管理藥店之餘，奧斯特讀了伏特（Alessandro Volta, 1745-1827）的研究報告，他開始對電學產生興趣。

一八一一年，緬西教授旅遊歸來，對於奧斯特的的工作甚感滿意，就為奧斯特向政府申請三年的「旅遊獎學金」，可以前往德國與法國遊學。奧斯特在旅遊期間，認識了他第二個好朋友芮特（Johann Wilhelm Ritter, 1776-1810）。

### 免費的協助

芮特是德國的物理學家，第一流的實驗者，他在一八一一年就首創銅金屬表面電鍍他種金屬的方法，被後世稱為「電鍍工業之父」。一八一一年，芮特又發現「紫外光」，一八一二年，他製造



奧斯特在哥本哈根的家

Appleryard, R. (1930) *Hans Christian Oersted : Pioneers of Electrical Communication*, p.149, Macmillan and Co., London.

出第一個「乾電池」，一八三年，製造出第一個「蓄電池」。

這麼傑出的科學家由於個性內向，不善表達，字跡潦草，研究手稿難以閱讀，以致在研究發表上屢遭退稿。芮特為了科學實驗，已經傾其家產，他在德國找不到工作，流浪到法國。他聽說法國將舉行一個國際科學競賽，獎金三千法郎，但是芮特不懂法文。

奧斯特在遊學期間認識芮特，他知道情況後，就以兩年的時間，與芮特一起做電學實驗。他將芮特的德文實驗報告，全部譯成優美的法文，並且畫上精確的實驗設計圖。有幾個月之久，他們每天由上午九點工作到晚上十點。

### 友誼的可貴

幫助別人總是同時得著幫助，奧斯特過去受康德哲學的影響，比較缺乏嚴謹的科學實驗訓練，芮特等於是奧斯特實驗科學的啟蒙者。在奧斯特的幫助下，芮特終於獲得法國科學競賽的首獎，在頒獎典禮上，芮特提到奧斯特的協助，並要將部分的獎金分給奧斯特。當時奧斯特已回到丹麥，他回函道：「朋友相助是不用金錢計價的。」

一八三年，哥本哈根大學開始設有物理教授一職，奧斯特趕回學校申請，依然落空。他在歐洲遊學三年，沒有去拜訪著名的學府與教授，反而去幫忙一個貧窮潦倒的科學家，對他申請教職有負面的影響。這時，丹麥的軍事單位以為電學與未來海軍作戰的尖端武器製造有關，所以請他去軍事學院教電學。那是一個很奇特的教學場所，奧斯特一進教室，看到裡面的學生都是海軍將官，而且年紀都比他大。



奧斯特建立的學校

Appleryard, R. (1930) Hans Christian Oersted : Pioneers of Electrical Communication, p.150, Macmillan and Co., London.

### 不合理的要求

丹麥需要更多的鐵來鑄造大炮，軍事學院首先要求奧斯特講解利用電力來偵測礦場與開採鐵礦的方法。奧斯特的個性溫和，沒有立刻斷論這是對電學的謬解。他像個好老師，從基本電學講起，並且常在課堂上示範電學實驗。當他做實驗時，要求學生就近觀看，或幫助他一起進行，他認為學生不是科學實驗的觀眾，而是「參與和見證者」。

一八三年底，哥本哈根大學一場火災，燒燬了學校部分的建築物，其中包括物理實驗室，

原聘的物理學教授以無法進行實驗教學自動離職。奧斯特知道後，第三度申請物理教職。這回校方是有條件地通過，要求奧斯特籌款自建物理實驗室與自備所需用的實驗儀器。很少人申請教職會遇到如此不合理的條件，奧斯特卻接受了，他到處演講，鼓勵有錢人資助物理實驗室，但是反應冷淡。他非常地著急，甚至著手寫一本給貴婦人讀的物理學——《給女士的物理書》。

### 壓抑的感性

不久，他改變主意，他發現「大部分人買書，不是先看書的內容，而是先看作者的名字，作者的名氣



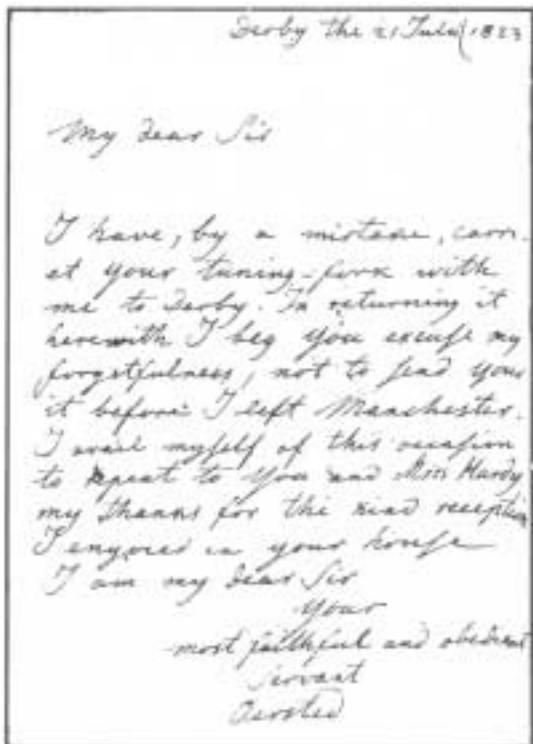
奧斯特的磁針

Appleryard, R. (1930) Hans Christian Oersted : Pioneers of Electrical Communication, p.151, Macmillan and Co., London.

幾乎決定了書的銷路。」當時奧斯特在文學界與科學界都還沒有名氣，但是他忍不住地繼續寫下去，因為「若單為科學成果寫研究報告，就愈寫愈不帶勁；科學發現的樂趣，深深地觸動我的心靈，忍不住激動，我就以文學的方式寫下去」。將科學研究報告，寫成詩詞文學，在主流的科學界裡是少有的事，奧斯特一生都在這種掙扎中，以致於他的研究成果常是登在自己印刷的小冊裡。

一八 六年，奧斯特終於籌到重建物理實驗室的經費，依照約定，他回到哥本哈根大學，擔任物理學教授。這時，他開始有系統地研究電學與化學變化的關係，奧斯特認為大自然的現象看似複雜，但是在本質上是有相同之處的，所以在電、磁、聲、光、熱與化學變化之間，一定可以找出一些共通的關係。他首先實驗電池中液體酸鹼值的變化，發現伏特電池在通電時，酸鹼值是有些變化，但是難以用電流的量去換算酸鹼值的改變。他寫道：「如果可以找到這個關係，就能將化學的變化，用物理的方法表示。」

## 電擊下的線索



奧斯特的文稿

Appleyard, R. (1930) Hans Christian Oersted: Pioneers of Electrical Communication, p.172, Macmillan and Co., London.

一八 八年，奧斯特開始研究電與磁之間的關係，當時有個海軍將領對他說：「有次在海上航行時，船被雷電擊到，結果船上的鐵器都變得有磁性。怎麼會這樣呢？」奧斯特想這可能是電、磁之間的某種效應所致，但進行幾次實驗都沒有成功。他自掏腰包登報，徵求外界給他一些能證明電、磁相關的實驗或研究，也沒有任何讀者回應。

奧斯特改而研究「水的受壓性」，他證明水是難以壓縮的液體。一八 九年，他出版《機械物理學》。哥本哈根大學的教職及教科書的出版，祇給奧斯特帶來短暫的歡娛，他的電學實驗一直停滯在起初的階段，毫無突破，他開始懷疑自己過去所相信的「物理現象之間有些共通的法則」不過是自己的幻想。其後三年，是奧斯特最沮喪的日子，他既然不能說服自己，又如何能說服學生呢？一八一 年，芮特的病逝，對他又是一個沈重的打擊。

## 理性與愛情

一八一三年，奧斯特向學校請長假一年，他到德國、比利時、法國旅遊。研究科學的人雖多，像芮特般的知音卻是難尋。芮特深識奧斯特，他臨終前寫信給奧斯特：「我們是將科學藝術化的人，而你是藝術化到無法落入現有的任一個框框裡。」

這個框不住的男人，一八一四年回到丹麥，在墨耳小島上的教堂聚會，當年五月十七日，他與教堂牧師的女兒貝荏（Inger Birgitte Ballum）結婚。後來奧斯特在科學界享有盛名時，有人問他成功的祕訣，他沒有提到電磁學的研究，他寫道：「在我的家裡，我是一個快樂的男人，我愛我的妻子與孩子，他們也以更多的愛回報我。」奧斯特有三個兒子和四個女兒。

## 文學的愛好者

婚後，奧斯特決定不再壓抑對文學寫作的悸動，他成立「丹麥皇家科學與文學會」，為中、小學的教師提供具有文學之美的科學教材。他也為不斷更新的科學名詞，創造丹麥文的新字，並定期發表文學性的科學文章。奧斯特發表了不少的文學作品，刊登在《哲



學雜誌》、《愛丁堡評論》等一流的文學刊物上。

## 哥本哈根的冬夜

寫詩之外，奧斯特仍然繼續他的電學實驗，他每個月會對外示範一次他最新的實驗。

一八一九年的一個冬夜，奧斯特在哥本哈根大學物理實驗室裡又展示一個新實驗，那一個晚上很冷，來看他做實驗的有六個人，沒有一個是哥本哈根大學的學生。一個是丹麥皇家法庭的大法官，幫助操作伏特電池，一個是海軍引水協會的主席，當實驗助手，一個是自然科學的學者，一個是歷史教授，一個是醫生，一個是化學家。那一夜，這六人看到了科學史上非常著名的電磁學的第一個實驗——通電導線對磁針偏轉的影響。

那一夜的重頭戲，本來是通電金屬在高溫下的發光現象，實驗完成後，奧斯特又臨時起意（另有一說是奧斯特事先已做過該實驗），他將磁針放在導線旁邊，請助手將導線接上電池後，看電流對磁針有否影響。忽然他發現磁針偏轉45度，奧斯特不敢相信自己的眼睛所見，又再重複幾次，磁針又都再偏轉，觀看的人也嘖嘖稱奇。在過去，眾人都認為電與磁是兩回事，但是夜已深了，大家就散去。

## 電磁學的產生

這幾個人不知道他們看到了大自然深藏千年的奧秘。實驗後大法官又繼續審理案件，引水協會的主席又繼續領船，奧斯特卻繼續重複那個實



奧斯特與他著名的實驗

<http://chem.ch.huji.ac.il/~eugenik/history/oersted.htm>

驗，並將那夜實驗的過程與結果寫成一篇四頁的短文〈電流對磁針影響之實驗〉，登在一八二二年七月廿一日的《哲學年刊》上。

這一篇短文沒有任何數學式子，沒有對磁針轉動的原因做任何說明，沒有列出一堆實驗數據，卻像火焰般

的焚燒出去，電磁學從此躍上人類科學、文明的舞台。這篇研究將奧斯特送上當時歐洲科學界的巔峰位置，他獲得許多的科學獎、演講邀約與科學機構的榮譽會員身分，丹麥國王也封他為爵士。

## 鋁元素的發現

一八二二年，奧斯特發表另外兩篇重要的研究成果，由黏土裡分離出元素鋁，以及配製氧化鋁的方法。他是發現元素態鋁的第一人，這也為他澄清，他的重要研究不是來自「偶然」發現的。

雖然不少好批評者譏笑奧斯特的研究，都是實驗意外撿來的。但是奧斯特從不答辯，他也不像一些科學家在言語上咄咄逼人，以凸顯自己的看法，或是喜好誇大研究成果，將科學界當成權力變相的追逐所。他最常對學生講的一句話：「物理之美是和諧地架構在自然律與邏輯法則上。」文學的氣質使他對人特別關心，科學的素養使他對物質的思考更透澈。



成名時的奧斯特

<http://chem.ch.huji.ac.il/~eugenik/history/oersted.htm>

## 光學怪傑

一八二二年至一八二三年，奧斯特巡迴歐洲演講，他在各處受到熱烈的歡迎。一八二三年六月，他在英國愛丁堡時，認識了他的第三個好朋友，光學物理學家布魯斯特爵士（Sir David Brewster, 1781-1868）。

布魯斯特是全世界第一部三度空間攝影機的製造者，他是個傑出的光學物理學家，自製雙軸晶體研究旋光現象，至今物理課本上的旋光角仍稱為「布魯斯特角」。除了科學研究外，他同時是蘇格蘭教會的牧師，又是個畫家與教育家，他先後擔任聖安得烈大學、愛丁堡大學的校長，又是個傳記文學家，被後世公認是經典的牛頓傳記就是布魯斯特所寫的。奧斯特橫跨科學、文學兩領域，與布魯斯特一拍即合，奧斯特幫他主編的《愛丁堡百科全書》撰寫數篇文章。

## 全國科學教育改革的推手

回到丹麥後，奧斯特對教育愈來愈有心。一八二四年，他成立「自然科學教材推廣協會」，五年後，改名為「推動自然科學協會」。這個協會的主要任務有將科學研究的成果文學化；將科學研究的成果撰寫成中、小學教材；以科學觀點為社會大眾答覆問題；鼓勵大學教授到高中，以一對一的方式，帶高中生從事科學研究，協會提供所需的研究經費等四項。「推動



他的肖像印製在丹麥鈔票上

<http://chem.ch.huji.ac.il/~eugenik/history/oersted.htm>

自然科學協會」後來成了丹麥科學發展的基石，至今仍非常的活躍，培養了許多傑出的科學人才，甚至將科學教育深植於丹麥的文化裡。

為了培養科學人才，一八二九年，奧斯特以所有積蓄成立了「哥本哈根綜合技術學院」，後來改名為「丹麥技術大學」。一八四六年，丹麥經濟大蕭條，許多銀行關門，奧斯特到各地演講籌錢，販賣他的研究手稿與書籍，甚至販售他的著作《美的哲學》，就是為了讓科學教育能夠在丹麥持續推動下去，陪他四處募款的就是老友布魯斯特。

## 喜愛文學培養文才

他在文壇上不太有名氣，但是無損於他一生對文學的喜愛，他在晚年時認識了一個前來哥本哈根的窮小伙子，他發現這個年輕人是未來發揚光大丹麥文學的天才。他聘這位年輕人到家中，擔任他最小女兒瑪悌菈（Matilda）的家教，奧斯特沒有看錯人，這位年輕人就是世界文壇的巨星安徒生（Hans Christian Anderson, 1805-1875），「安徒生童話」舉世聞名，童話的女主角經常就是馬悌菈。

奧斯特的晚年，仍愛教育與文學，他最後祇開一門課「物理之美」。有天夜裡，他寫文章到深夜，染上感冒，不幸於一八五一年三月九日病逝。安徒生在追悼奧斯特的文中寫道：

「你的心思快如閃電，你的思維疾如風火，  
為科學的領域，帶來無可量測的光與熱。  
你的教導帶著啟示，指出真理的寶庫，  
給那謙卑、尋找真理之美的人，  
因著你的指示，  
找到那條通往造物主的道路。」

張文亮  
台灣大學生物環境系統工程系



安息之所

<http://chem.ch.huji.ac.il/~eugenik/history/oersted.htm>