

歐姆生平

一七八九年三月十六日，歐姆（Georg Simon Ohm）生於德國南部巴伐利亞的埃爾蘭根。歐姆來自一個製鎖的世家，當時歐洲的鎖匠業是世代相傳，長期下來大多有親戚關係，形成一種緊密的結合。



十七世紀時，法國發生宗教迫害，許多基督徒逃亡到信仰較為自由的巴伐利亞。這些移民中有許多鎖匠，整批移往埃爾蘭根，所以這城又稱為「基督徒的埃爾蘭根」。

父親的期待

鎖匠家的孩子不一定喜歡製鎖，歐姆的父親根據家族的傳統，在十四歲時就去當學徒，學了十年才成為製鎖師傅，爾後又花了十年巡迴各處，為人打鎖。在製鎖之餘，他有空就閱讀數學，不懂之處，就到海德堡城請教當地的數學教授藍道夫，他也是埃爾蘭根人。歐姆的父親後來成為埃爾蘭根最傑出的鎖匠之一，但是他沒有要求他的兒子繼承家業，而是要求孩子們去學數學。後來歐姆成了電學學者，他的弟弟馬丁·歐姆則成了柏林軍事大學的數學教授。

歐姆從小就對父親熱愛數學的緣由感到好奇，父親說：「製鎖是一門精確的技藝，但是最精確的學問是數學。」歐姆唸中學時，他的父親就帶他到海德堡去見藍道夫博士。藍道夫不僅是個數學家，也是個傑出的教育學者。歐姆後來寫道：「藍道夫教授與學生交談時，對學生有一種深切的專注，這種專注，鼓勵學生繼續說下去。」藍道夫與歐姆交談後，轉而對歐姆的父親說：「你的孩子非常特別，應該鼓勵他去念大學。」

教數學的熱情

一八〇五年，歐姆進入埃爾蘭根大學的哲學系，專攻數學與物理。一八〇六年，巴伐利亞對抗不斷入侵的法國拿破崙勢力，興起仇法浪潮，連帶地使埃爾蘭根的製鎖生意大受打擊。在巴伐利亞人的心中，住在埃爾蘭根的都是法國人。同年九月，歐姆付不出學費，只好休學。歐姆到學校附近的一家書店當店員，書店的老闆瓦涉非常欣賞歐姆推銷數學書籍的熱忱，認為他去當數學老師可能會更適合，就推薦他去瑞士的戈斯塔特教會學校擔任數學老師。

該校校長吉漢德是個牧師，與歐姆面談後，決定短期試用，後來吉漢德寫信給瓦涉：「當我第一次看到這位身材瘦小又略顯衰弱的年輕人，真擔心他不如你的推薦。但是，當他一上起課，從他對數學的熱愛與學生對他的反應，證明你看對了人。」歐姆在戈斯塔特教了三年半，並利用假期到法國與埃爾蘭根繼續學習數學。一八一一年年底，他以〈數學分析光線中不同顏色的區間與機制〉論文，獲得埃爾蘭根大學的博士學位。

被拒絕的士兵

歐姆取得博士學位時，巴伐利亞正與法國交戰，歐姆一時找不到數學教職，只好在學校兼課。一八一二年十二月，他在巴伐利亞北部的班伯格覓得一所小學校的教職。一八一三年，巴伐利亞與法國戰爭激烈，許多年輕人被徵調從軍，歐姆也被徵召，卻在報到後被刷下來，主要是他有法國的血統。歐姆失業回到埃爾蘭根，才發現這個人口不到九千人的小鎮，竟有三萬多名軍人駐紮。埃爾蘭根人移民巴伐利亞已一百五十多年了，竟然還被當作外族人看待。一八一四年，法國戰敗，拿破崙被流放厄爾巴島。一八一五年，巴伐利亞加入德意志邦聯，並在奧地利舉行的維也納會議裡，取得法國不少的領土。一八一五年二月，拿破崙偷渡回巴黎，歐洲聯軍在滑鐵盧之役徹底殲滅拿破崙的兵力。自此，德國逐漸成為歐洲的強權。

數學之路不孤單

當勝利的鐘聲響遍歐洲大地時，歐姆仍然被困在埃爾蘭根，以兼數學家教維生。一八一七年，歐姆出版第一本數學書《底線》，並將此書獻給鼓勵他從事數學的父親。這是一本冷門的書，除了圖書館採購幾本外，乏人問津。沒想到德意志邦聯的國王威廉三世(1770-1840)在逛皇家圖書館時，無意中看到此書，讀後大為讚賞。德國有如此優秀的數學家，他竟然不知道。當年秋天，國王的一道諭令使歐姆當上科隆大學數學與物理教授，並給他充分的經費聘請研究助理、採購圖書與儀器。一夕之間，歐姆的工作環境大為改善，他有更多的學術自由空間，從事他所喜愛的數學與物理研究，使他逐漸進入電磁學領域。

電學發展

如果近代的科學史是一首交響樂，電磁學的發展無疑是交響樂的高潮之一。在西元前六〇〇年，希臘的哲學家泰利斯（Thales, 約 624-546 B.C.）就提出琥珀摩擦以後會吸引輕小的物體，後來 electricity（電）的字源就是來自琥珀的希臘文 electron。過了二千年，電的研究才被英國醫生吉爾伯特（1544-1603）再度提起。他發現除了琥珀之外，許多物質如硫磺、玻璃、鑽石、獸皮等摩擦也會生電，而且產生相吸或相斥的現象，吉爾伯特首先提出電性有負電與正電兩種，同電性相斥，異電性相吸。吉爾伯特被後世稱為「電學之父」。法國物理學家庫倫（1736-1806）以實驗證明正、負電荷之間的作用力與電荷的量成正比，與距離的平方成反比，這又稱為「庫倫定律」，電荷的單位也稱為「庫倫」。庫倫定律與牛頓的萬有引力定律相似，不同之處在電的作用力與物質的電荷有關，與物質的質量無關。義大利學者伏特（1745-1827）在一八〇〇年將銅片與鋅片以吸滿鹽水的毛氈相隔，他發現銅與鋅的電位差，產生了電荷移動，這是人類歷史上的第一個「電池」。電池產生的電荷量就稱為電位勢能，又稱為電位、或電壓，電壓的單位也稱為「伏特」。

電流間的作用力

一八二〇年，丹麥物理學家奧斯特（1777-1851）發表一個震動科學界的研究成果，他發現通電的導

線竟然可以影響磁針的偏轉，傳統的牛頓力學都是縱向的影響，奧斯特發現電對磁針的影響在側向，這是首度證明有側向力存在。

法國的數學家安培（1775-1836）隨之發表電流對磁針不僅有作用力，電流與電流之間也存在相互作用力。後世將奧斯特發現的電磁流效應稱為「電磁學第一定律」，安培發現的電流相互作用力稱為「電磁學第二定律」。

傅立葉的啟發

安培以數學家的身分去研究電磁學現象，並以實驗去證實，給擅長數學的歐姆很大的鼓勵。安培之外，另一個影響歐姆的是法國數學家傅立葉（1768-1830）。傅立葉以數學的觀點研究熱傳導，他在一八〇七年出版《熱的數學理論》。並提出在物理中熱傳導的速率與物體兩端的溫度差成正比，後來稱為「傅立葉定律」，是熱移動最重要的理論。歐姆讀了傅立葉理論後認為，若將電位差類比為溫度差，也許電流的傳導與電位差有關。

歐姆定律的起源

歐姆注重實驗，他寫道：「精確的實驗，不僅是研究科學的方法，也是探索真理的見證」。他首先製作出能夠準確測定磁針偏轉的扭秤，如同奧斯特的實驗，他將磁針放在通電的導線上，由磁針的偏轉角度測得電流的大小。

歐姆為了準確測定電位變化，又製作了鉍-銅電壓計，將電壓計的兩端接於不同溫度的液體中，用液體溫度的變化測定電位。他以九種不同的金屬當導線，實驗進行了六年，才確定金屬有其電阻性，而且電阻隨導線長度的增長而增大，隨導線斷面積的增加而減少。

哲學與科學的歧見

歐姆發表了研究成果後，不僅沒有獲得掌聲，反而引來強烈的反對，反對的原因不是歐姆的電學實驗有問題，而是當時黑格爾（1770-1831）的哲學理論盛行。當時的德國知識分子將黑格爾的理論視為無上權威，這個權威的哲學觀將自然事物視為抽象思考的對象，而非反覆驗證的物質。根據黑格爾的哲學觀，電學的實驗根本不具達到真正認知的價值。黑格爾的「唯心論」固然重新解釋了哲學架構，但顯然無法詮釋電的行為。黑格爾的理論既然無法涵蓋電學，其奉行者就強烈地批判歐姆的電阻理論，造成歐姆極大的難處。

找不到正式舞台的教授

在強烈的反對中，歐姆被迫暫時離開科隆大學，前往柏林繼續研究電學。一八二六年，歐姆再以傅立葉理論計算電流在導線移動時產生的熱量，他發表論文後，所獲得的回應是科隆大學給他減薪百分之五十。他立刻向學校申覆，希望重任原職，但是學校沒有回音。

一八二七年五月，歐姆在柏林發表《通電電路的數學研究》，這是後來電學上應用最廣的「歐姆定律」的出處。同年九月，學校給他的回覆是，除非他用黑格爾理論批判自己研究結果的荒謬，否則就要解聘了。歐

姆沒有想到他的電阻研究，給他帶來這麼多的阻力。他申請各大學教職的信函，全部石沉大海，只好在柏林的中等學校當數學代課老師。

當了六年的代課老師，歐姆才在紐倫堡理工學院找到大學教職，他本來以為是教授職位，到了學校才知是兼任教授。為了生活，歐姆只好接受，任職八年。他大半時間幾乎都在貧窮邊緣過生活，以致終生未娶。電阻為金屬導線帶來光與熱，長期的磨難也為歐姆的生命帶來一種特質。這種特質表現在教育上，日後成為許多學生的福氣。

電學的知音

一八四一年，是歐姆戲劇性的另一個轉折。名滿科學界的法拉第（1791-1867）也在實驗中發現金屬導線的電阻特性，並且發現十六年前歐姆已經發表類似的結果。法拉第大力地向科學界推薦這位沒沒無聞的科學家，同年，英國倫敦皇家學會把最高榮譽的獎章頒給歐姆。一八四二年，歐姆成為皇家學會的會員，從此，就有一堆獎章與榮譽會員的頭銜落在他身上。一八四五年，他被巴伐利亞科學院選為終身榮譽會員。一八四九年，他終於獲得教授的證書，擔任慕尼黑大學的物理學教授。

他鼓勵學生研讀電學，認為電學未來會成為物理的重要學門，因為「在電的測定上能測得非常精確。」他認為能夠量測得愈準確的學門，就愈有探測與發展的空間。

數學與聲音的傳遞

歐姆繼續研究電阻，提出電阻的微觀理論，他認為電阻的產生是電流在傳導時與導線金屬分子的碰撞所形成，所以電阻是了解物質基本結構的一個切入點。此外，歐姆研究音樂的傳遞原理，他以數學推導提出「音樂是空氣粒子的振動，傳遞至人耳膜所產生的影響」。他也研究水的電阻性，提出「水的電阻與水中化學離子的濃度有關，離子濃度愈高，電阻愈小，但是兩者並未呈直線遞減的關係。這表示水中離子的導電性與固體不同。」他的科學研究愈來愈受到國內外的肯定，一八五二年他被選為慕尼黑大學物理學系系主任。

一八五四年七月六日，歐姆微感不適，但他仍照上課時間走進教室，講了不久，心臟病發作，倒在講台上，那的確是一個一生熱心教育者最佳的謝幕。他在晚年時寫道：「單純自然法則的發現，只向那單單尋找真理的人啓示。」

歐姆定律

歐姆定律(Ohm's law)：在同一導體中，電流與電壓成正比，與電阻成反比。由德國物理學家格奧爾格·歐姆 (G. Ohm)於 1827年提出。

$$\frac{V}{R} = I$$

其中 V 為電壓, R 為電阻, I 為電流。

歐姆定律還可以表示成

$$\boldsymbol{j} = \sigma \boldsymbol{E}$$

其中 $\mathbf{j}$ 是電流密度， σ 是電導率， $\mathbf{E}$ 是電場強度。
然而，部分導體並不符合此定律，如二極體。

歐姆定律的解說

歐姆定律涉及三重電量

- (1) 電壓，用 E 代表，單位是伏特 (VOLTS)。
- (2) 電流，用 I 代表，單位是安培 (AMPERES)。
- (3) 電阻，用 R 代表，單位是歐姆 (OHMS)。

定律是說電壓等於電流乘以電阻 ($E = I R$)

水力系統可籍用來作解說，電壓有如水壓，電流量有水流量，而電阻恰似水力系統中水管內部粗糙的程。水力系統中幫浦提供水壓，同樣地，在電力系統中，電池提供電壓，水流量同電流量，而水力系統中的阻力，諸如水管的粗糙程度或管徑的突然變換和電力系統中電流在電線或電阻器內所遭到阻力是相似的，對於一道固定的水流，水管愈粗糙，則水流流過管道愈不容易，因此需要大水壓才行，同理，對於一股固定電流，若電子阻力愈大，則電壓需加大，而對於一段固定水壓，若水管阻力愈大，水流則緩慢，因水不易流動，同理，對於一固定電壓，電子阻力愈大，電流則變低。

應用

應用歐姆定律至功率 (POWER)

有關功率的一個定理是直接導自歐姆定律，若某一特定量的能源被供給到一能源接收器，至少有部份能量會被吸收，然後或者消失或者被儲存待用，因此，可用的能量將比原先釋出的少。以電性而言，此能量即所謂功率，用瓦特作為衡量的單位從歐姆定理來看，若一定電流通過某定點阻力時，將會有部份電壓在此點失掉，被電阻所失掉，被電阻所吸收掉的能量或功率等於電流量乘以失掉的電壓，換句話說即 $P = I E$ 。個系統的電流量，所以一個系統所需要的功率等於總流量乘以總電壓。

這個功率的概念若是應用在水力系統，很清楚地可看出流經粗水管的水流比平滑水管的水流需要更多能量來驅動。

歐姆定律與 CATV 系統

為了應用定律至 CATV 的領域，我們需要先有下列二觀察

1. 每一電子或電力設備需要某一特定量的功率 $P = I E$ 才能工，因此，針對一固定電壓來設計，此一設備需取足夠的電流以獲取必要的功率。
2. 所有電導體〔電線和電纜線〕有一特定但微小的直流〔DC〕電阻，單位用歐姆 / 英尺表示，此一直流電阻和導體的直徑成反比。

因此，自觀察第 2 點和歐姆定理可知，帶著電流的電線，每一英尺會有極少電壓消失，當電流增加，每英尺流失的電壓也跟著增加，明顯地，若電線很長，則流失的電壓總量非常可觀。

電力公司對於這種問題，特別是發生在當發電廠和電力站之間的距離很長時，解決方法是採用非常高的電

壓。根據觀察第 1 點，大量功率〔POWER〕藉由低電流量仍能被傳送，原因是它使得自總廠至電力站之間的電壓流失變小。

在設計 CATV 設備，製造廠家利用相同的原理，早先，所有 CATV 產品皆設計成採用 30 伏特的電壓，目前產品則設計成 60 或 90 伏特。既然單一電源供應器只能提供有限電力，利用 90 伏特的電源供應器能驅動更多設備，因電壓流失〔亦即電力流失〕比較小〔因流經電纜線的電流量較小之故〕。

明顯地，所產生的結果是整個系統所需的電源供應器減少電力消耗量減少，並且有較佳的支線 / 幹線比率。這樣一來，整個系統的成本大大減少，有點要注意，由於雙向系統需要較強的電力〔POWER〕所以利用 60 伏特的電源供應器是必要的。