

諾貝爾化學獎的啟思



王瓊蘭 / 新店高中

前言

日本人已連續三年榮獲諾貝爾化學獎，讓人不得不注目。尤其在台灣一陣哈日與強調科技的旋風下，卻未激起大眾心湖一絲漣漪，不是挺奇怪的嗎？

也許因為它是世界最高的榮譽，對於一般莘莘學子而言，太可望而不可及了，再加上其獲獎的理論，同學們未必看得懂。本文期以簡單的說明，激發同學們的興趣與鬥志。

所謂「舜何人也，禹何人也，有為者亦若是」，去年的獲獎者田中耕一，在日本原是一位默默無名的學者，存在於東方標榜著高學歷的文憑觀裏，真的是異類奇葩。難怪得獎的消息傳到日本時，其首相聽到後，立刻發出「晴天霹靂之歎」！。

更振奮人心的是他的身分，不過是島津製作所的一名分析專員而已，因為工作上的需要，小兵立大功的，發明了「軟雷射高分子質量分析法」，推翻了沒大錢沒辦法作大研究的迷思，並開啟了跨領域研究的契機，我認為他真正的成功，在於原創性的思考以及執著的態度。

姑且不論日本是否能於 50 年內，把諾貝爾獎獲得者的人數如誇口所產增加到 30 名，至少希望台灣在 50 年內除了李遠哲先生外，還會再出現一位或數位本土的諾貝爾化學獎閃亮新星！

茲以高中生所具備的基礎知識加以類推，從創新科技中發現異曲同工之妙。在實驗過程中，對於美麗的錯誤，能夠發揮鍥而不捨的求真精神與不畏失敗的奮戰勇氣，仔細的檢查結果，才能導致關鍵性的成功。

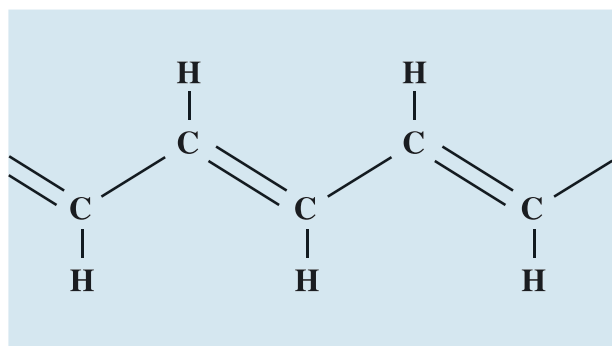
2000年諾貝爾化學獎 導電性塑膠的製作

【石墨、碳六十、聚乙炔半導體電膜、導體鹽類、奈米碳管、碳氫化物為導電材料的優點】

石墨 非金屬中能導電較佳的物質是石墨，而與其具有相同結構的小分子（如苯、萘和蔥……等），其碳原子皆為 sp^2 的混成結構，但是卻不能導電。原因是小分子之間為凡得瓦力，沒有共軛的雙鍵可以聯繫跳躍的電子。因此，若將石墨研磨成很小的微粒時，則不能導電，但是卻具有很好的潤滑作用。

碳六十 足球型表面的共軛雙鍵電子，僅能在六邊形共振，無法跳躍至另一分子，因此為絕緣體。但是若能外加自由電子，迫使其跳躍溝通，並延伸傳遞，即可導電。例如在碳六十中摻雜了鉀原子後，即顯示出導電性；摻雜了銫原子後，更顯示出超導電性。

聚乙炔半導體電膜 2000年諾貝爾化學獎得主之一，日本本土學者白川英樹（Hideki Shirakawa）先生在一次實驗中，不慎將聚乙炔的



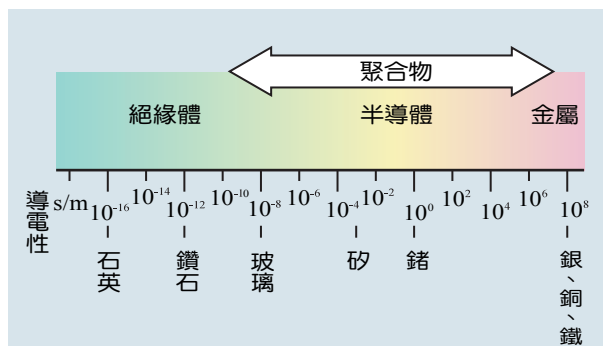
▲圖一 反式聚乙炔

觸媒濃度加多了一千倍而意外的獲得一種質輕美麗的銀白色半導體膜，此為反式聚乙炔；而在另一個溫度下，則得到另一種紅銅般色彩的半導體膜，為順式聚乙炔。如此戲劇性的發展，使得塑膠由絕緣體搖身一變，成為半導體。

導體鹽類 將 IA 族的 Na（給予電子的 n 型摻雜）或 VIIA 族的 I（搶奪電子的 p 型摻雜）加入線型半導體的聚乙炔，成鹽類型態，可使共軛雙鍵中的電子流動成導體。

奈米碳管（carbon nanotube） 奈米碳管自 1991 年被飯島成男（Sumio Iijima）發現以來，已逐漸成為先進科學研究與工商業的新焦點課題之一。主要是由一層或多層的石墨層捲曲而成，在管中間部分都是由六環碳所排列而成，但在末端或轉折處則有五環碳或七環碳的結構，每一個碳原子皆為 sp^2 鍵結，隨著直徑及石墨層捲曲的方向（或稱螺旋性，spiralilty）之不同而有非常明顯的導電性的差異（其導電性的變化範圍可由導體變化至半導體）。

碳氫化物為導電材料的優點 從元素的觀點分析，氫的原子序 1，碳原子序 6，比半導體元素矽、鎢為輕，比導體金屬更輕得多，而碳豐富的鍵結軌域，有 sp^3 單鍵、 sp^2 雙鍵、 sp 參鍵…等，靈活的搭配，不飽和共軛結構，作為傳遞電流的材料，再摻雜些特殊元素或充填材料後，可製造成超導體、光電、電子元件、生化醫學、能源材



▲圖二 物質的導電性

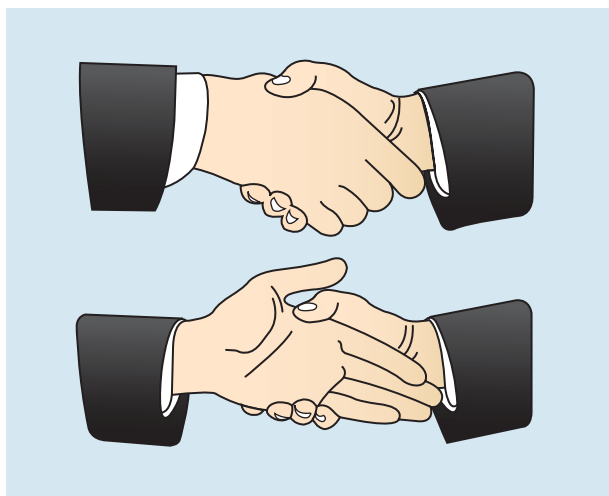
料、磁奈米管或人造鑽石等，達到輕、薄、短、巧，無限延伸的目的。

2001年諾貝爾化學獎 有機合成光學異構體

【極化光、對掌性異構物、Ru-BINAP 催化劑、美白聖品左旋 C、右旋 E】

極化光 觀賞立體電影時，都需要佩戴一副眼鏡，才看得出立體效果，若是將兩片鏡片拆下後重疊在一起，則一片漆黑，再加以旋轉，則逐漸變亮，互相垂直時，達到最亮，此即為極化光的現象。自然界的有機分子當中，有些會使極化光偏左，稱為左旋分子（levorotatory），有些會使極化光偏右，稱為右旋分子（dextrorotatory）；例如 D-葡萄糖為右旋分子（所以我們戲稱葡萄「柚」，取其諧音，方便記憶）。左、右旋是運用旋光儀測定出來的，為物質的一種物理性質，如同熔點、沸點、密度及溶解度一樣，不能隨便臆測。而人體有些地方需要左旋分子、有些地方需要右旋分子，不過通常只擇其一，無法兩者並用。

對掌性異構物 光學異構體合成反應，好比媽媽生了一對雙胞胎的嬰兒般，一般人是無法由外觀分辨出不同來的，除非幸運仔細得像法國化學家巴斯德，可由觀察酒石酸晶體，而用鑷子分別夾出如左、右手掌般的不同鏡像物（enantiomers）（又名對映異構物）。



▲圖三 不對稱性的光學異構體合成反應中的催化劑好比正確的握手方式

Ru-BINAP 催化劑 2001年諾貝爾化學獎得主之一，名古屋大學的野依良治（Ryoji Noyori）教授製造出 BINAP 催化劑，直接如神般的張開火眼金睛，挑選出人工合成，左、右對掌異構化合物中的一個，而丟掉沒有用、甚至有毒害的另一雙胞親兄弟。這種「不對稱性的光學異構體合成反應」，為模仿自然界生物體內的化學工廠，只選擇一種異構體來生產，不再同時生成兩種各佔一半的對掌異構物了，如此不但節省了原料，並且在分離製作的過程中，直接了當的抓住並孕育出人們所需要的新生兒，例如加在口香糖或牙膏裏有香味的薄荷腦、治病的有效藥物以及天然生物體中的維生素和胺基酸…等。不知道創物者的用心為何？或是孕育中的另一鏡像物是何時消失的？在生命的分子中，鏡像物只有一種存在於體內，難道是創物者也只慣用一手嗎？如此貼近生活與生命的研究，除了讓大家享受到商品化的健康食品、保養品及藥品外，並且更可引導著科學家繼續追溯到生命起源的謎團。

美白聖品：左旋 C 右旋 E 維他命 C 依結構可分為左旋及右旋兩種，但只有左旋維他命 C（Lascorbic acid）是唯一可以被人體吸收利用的

形式，它不穩定易被氧化，又為水溶性的化合物，70%到80%經腸胃吸收後，只有7%到達皮膚，因而無法以口服美白的效果。所以科學家利用微脂粒（microliposome）技術，製造出穩定的外用保養品，將維他命 C 包在微脂囊中，防止其因接觸到空氣而氧化，故可長期保有其活性。當塗敷到皮膚上時，能快速地達到有效的濃度，因而成為美白除皺的新寵。另有維他命 E 族包括 α -、 β -、 γ -和 δ -生育酚（tocophenol），其中右旋- α -生育酚是唯一自然界存在的立體異構物，其生物學測定效力最大，被推崇為抗衰老的一種天然抗氧化劑，為脂溶性。它可以清除體內活潑的自由基而防止其進行破壞性的生化反應，甚至對抗細胞癌變，遇到還原力更強的維他命 C 時，則能得到一個電子而再生，所以亦可作為美白聖品。

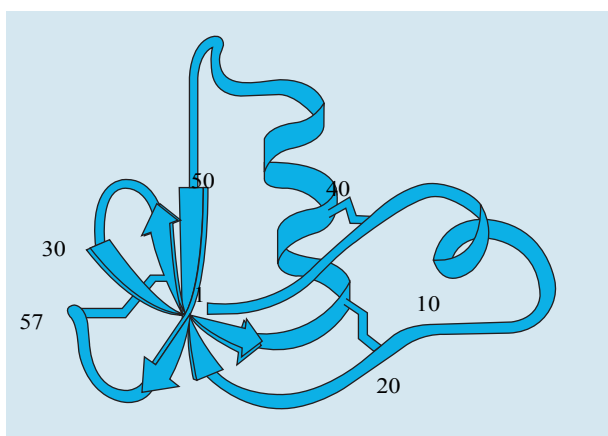
2002年諾貝爾化學獎 蛋白質解析法

【軟鐳射脫附法、電灑游離法、NMR 核磁共振、一滴血檢驗】

軟雷射脫附法 2002年諾貝爾化學獎得主之一，日本島津製作所的分析專家田中耕一（Koichi Tanaka）為日本東北大學工學院電機工程系畢業，因為工作需要，必須在短時間內研發出測量蛋白質等高分子的分子量儀器，於是孜孜不倦的實驗，在一次歪打正著的錯誤實驗中，發現將蛋白質、鈷粉與甘油混合，以雷射轟擊，即可溫和地使其游離，而不會使蛋白質分解，並進而測量出其分子量。如此大膽的作為，純粹是基於商業化的考量，管牠是黑貓、白貓，只要是會抓老鼠的貓，就是好貓。在原以為是雜訊而實驗即將宣告失敗終結的疑惑下，鏗而不捨的繼續研究，終於跳脫了桎梏，打破成規，而捷足先登，獲得了蛋白質質量分析法空前突破性的勝利。「真是盡信書不如無書」，一個可能被視作誤差而捨棄的信號，在沒有化學理論的支持下，竟然



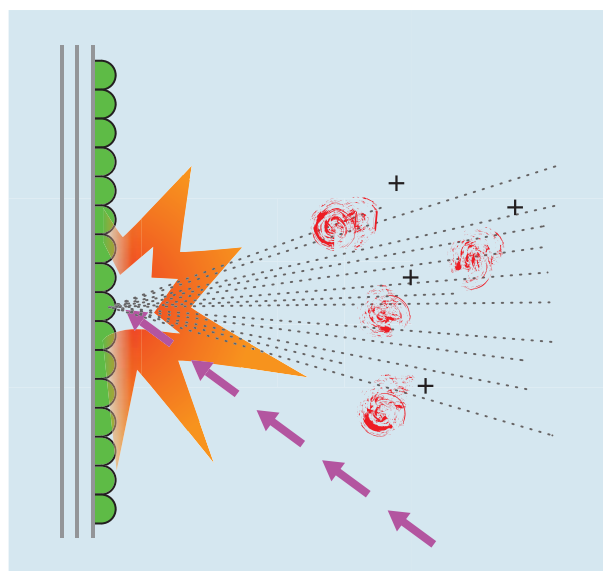
成功的做對了。若是墨守成規，陷入知識的藩籬，又哪能跨越領域、開闢出海闊天空的分析新境界呢？而既是創新，又怎會有現成的答案等著被人引用呢？儘管學界於諾貝爾獎頒獎前夕杯葛主辦單位，認為給錯人了，並指稱應該頒贈給德國法蘭克福大學米歇爾·卡拉斯博士與明斯特大學蘭茲·析連康普博士，原因是他們的研究成果超越田中耕一先生，並且將現今運用極廣的雷射脫附技術之一「基質輔助雷射脫附游離法（Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization 簡稱為 MALDI）」加以普及化。但不容否認的，是他們比田中耕一先生的研究發表晚了兩個月。因此，不論是田中耕一先生本人謙虛的肺腑之言，還是日本首相的驚人之語，我想，「重視原創性才是諾貝爾獎頒獎的最高原則吧！先生不愧為最先展示可以運用雷射技術於分析高分子質量上的第一人」。我由衷地佩服田中耕一先生敢於突破的獨到見解與作為，也許是當局者迷、旁觀者清，能不受制於既有的知識，而從不同的角度來進行實驗，讓自我的思慮走在科學尖端的人是令人激賞，並值得效法的。



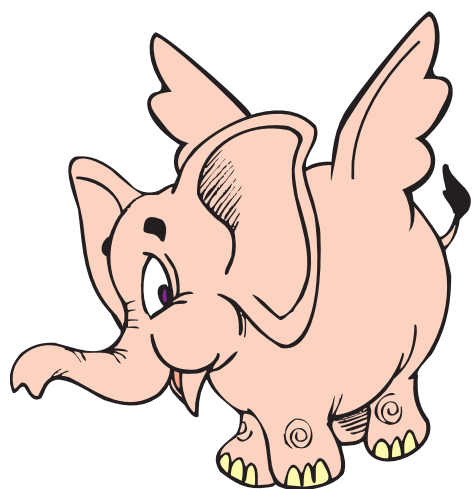
▲圖四 蛋白質的組成為由胺基酸的長鏈，像是毛線球般地，摺疊和彎曲成一團，其直徑大約為一百埃。（1 埃 = $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ）

電灑游離法 共同榮獲 2002 年諾貝爾化學獎的另一美國籍約翰·費恩（John B. Fenn）博士運用「電灑游離法」（ESI, electrospray ionization），將欲測物質溶解成液態狀，噴灑極化形成離子後，令其飛舞於真空中，沿途蒸發掉溶劑而裸露出離子，待它們奔向質譜儀（mass spectrometer）時，帶電荷越高且質量越輕者，越快抵達目的地。然後依其先後順序，測量其飛行時間（TOF, time of flight），即可計算出離子的質量。此為另一不同的分析法，有別於前者，但各有千秋，適用於不同的狀況。

NMR 核磁共振 瑞士理工學院的庫爾特·維舍里赫（Kurt Wüthrich）教授，由於在核磁共振方面的研究而和前二者共同獲獎。科學家在 1945 年發現在磁場中的原子核，好像一個微小的無線電發射機般，質子本身具有自旋角動量的核磁矩，會吸收一定頻率的電磁波，這就是核磁共振現象，由此呈現出的超精細光譜，可以據以分析判定出不同原子結構的分子型態。例如： ^1H 、 ^{13}C 、 ^{19}F ...等原子核，其中用得最廣的為小分子化合物中 ^1H 原子周圍的核磁共振分析。難能可貴



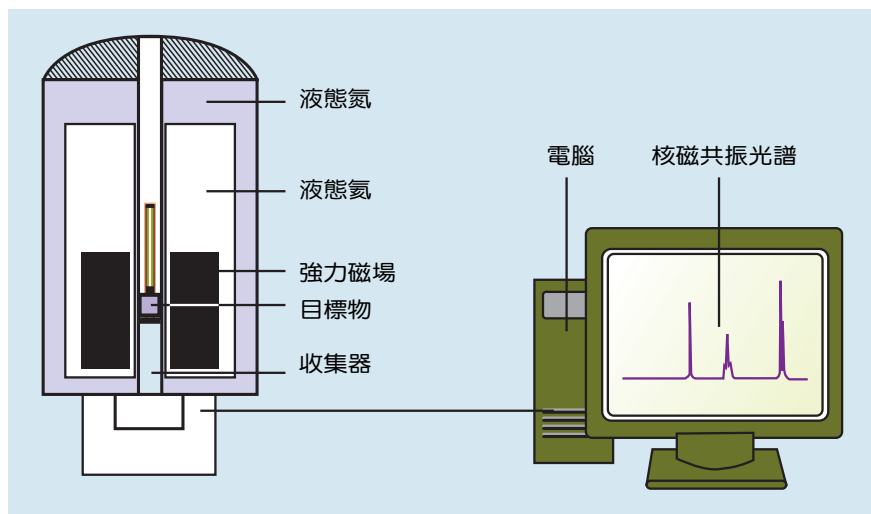
▲圖五 蛋白質電灑游離法
Mass spectrometry: Of course, proteins can fly!



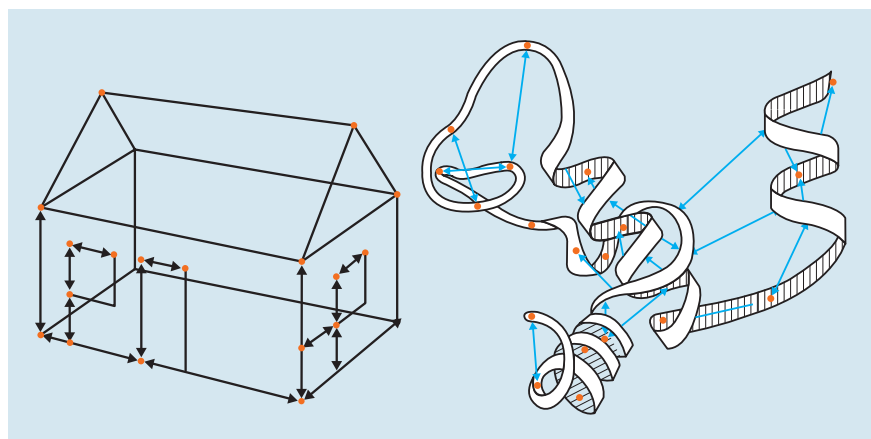
▲圖六 誠如約翰·費恩博士所形容的「蛋白質分子像極了小飛象，終於展翅飛翔了」
(as John Fenn himself said, to give "wings to molecular elephants".)

的是，庫爾特·維舍里赫教授發展了一個將 NMR 運用到生化大分子的系統化方法，將訊號與正確的氫核配對，此法稱為循序指認法 (sequential assignment)，連續測定所有相鄰的兩個質子之間的距離和方位，數據經計算機處理後，再運用數學的幾何結構方法，描繪出該分子的三維空間結構。

一滴血檢驗 利用 X 光結晶學、電子繞射或中子繞射、配合著「蛋白質解析法」的質譜分析以及「核磁共振」等方法，在結構的決定上，可互補地測出分子的容貌，它其為新藥的開發和早期疾病的診斷打開了一扇大門。據報導，目前田中耕一先生正在分析研究生物體蛋白質周圍附著的醣鏈 (saccharide chain) 結構，也許將來真的只



◀圖七 將試樣放置在一個超導磁場中，內層用液態氮，外層用液態氮冷卻；施加電磁波於試樣上，試樣會吸收特定頻率的電磁波，由此呈現出的類比訊號，即可分析判定出試樣分子的原子結構型態來，這就是 NMR 光譜。



◀圖八 循序指認法的原理，可以用測量描繪房屋的結構圖形來比喻，我們首先選擇一幢房子中的所有轉角作為測量的對象，然後將所有相鄰轉角間的距離和方位，全部分析紀錄下，然後即可據此推畫出房屋的立體結構來。同理，蛋白質分子的三度空間結構也可以如此分析出來。

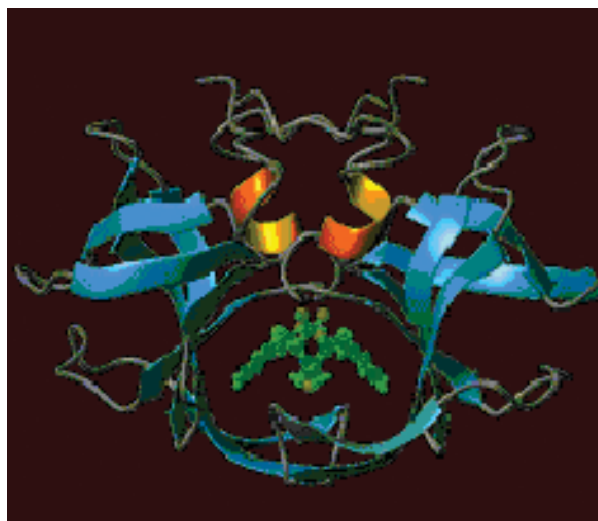


▲圖九 Mass spectrometry，其優點為對於“活”蛋白質的分析，可以用在早期瘧疾的診斷上，亦可診斷出乳癌以及前列腺癌等。

要一滴血便能做健康檢查，診斷出癌細胞而達到早期預防治療的目的。而以簡單的多羥基（—OH 基）觀點，不難理解，醣鏈和甘油皆可在不傷及蛋白質分子的情況下，提供一個軟而舒適的基底，讓蛋白質分子輕鬆的游離！

後記

由諾貝爾化學獎的得獎人，我們不難發現，學習過程及態度的重要性，在高中、大學先打好基礎，再跳脫領域的學習與研究，也許更能發揮出想像力與創造力來。社會需要各種不同的人彼此合作，才能發展出多樣化的社會。誠如田中耕一先生所說的：「由於父母早逝，成為醫生或許是最佳的選擇，但是天不從人願，我既未考上醫學院，也不具備成為醫生的能力，因此只能以其他方式貢獻所學。」諾貝爾獎著重啟發性、創始性、多樣性的研究，總之，「行行出狀元」，年輕學子們不妨先朝著多樣化去發展，在校時多接受廣而博的通識教育。須知，「知識本身是沒有



▲圖十 NMR 用在製藥工業上，可鑑定出蛋白質的結構，造成新藥研發的革新。圖中顯示出愛滋病毒的官能基被一個分子（中間綠色的部分）封鎖住。

界線的」，只是為了方便教與學，才加以分類。現在幾乎所有的學科都出現了交叉融合的趨勢，只要肯認真踏實的學習，打好知識的基礎，將來必能可出類拔萃，有一番作為。

值得大家瀏覽的諾貝爾官方網站有一個十分有趣的教育網頁，網址是 <http://www.nobel.se/chemistry/educational>，有免費生動的科學遊戲軟體可以玩唷！

參考資料

1. <http://www.nobel.se/chemistry/laureates/2000/public.html>
2. <http://www.nobel.se/chemistry/laureates/2001/public.html>
3. <http://www.nobel.se/chemistry/laureates/2002/public.html>
4. 牛頓雜誌 第 235 期 牛頓出版公司 2003 年 3 月號

諾貝爾獎簡介

諾貝爾獎是以瑞典著名化學家、硝化甘油炸藥發明人阿爾弗雷德·貝恩哈德·諾貝爾(1833-1896)的部分遺產作為基金創立的。諾貝爾獎獎品包括金質獎章、證書和獎金支票。

諾貝爾出生於瑞典的斯德哥爾摩，一生致力於炸藥的研究，在硝化甘油的研究方面取得了重大成就。他不僅從事理論研究，而且進行工業實踐，一生共獲得技術發明專利 355 項，並在歐美等五大洲 20 個國家開設了約 10 家公司和工廠，累積了鉅額財富。

1896 年 12 月 10 日諾貝爾在義大利逝世，逝世前一年，他留下了遺囑，遺囑中他寫明將部分遺產（920 萬美元）作為基金，以其孳息分設物理、化學、生理或醫學、文學及和平 5 種獎金，授予世界各國在這些領域對人類有重大貢獻的學者。據此，1900 年 6 月瑞典政府批准了設置諾貝爾基金會，並於次年諾貝爾逝世 5 周年紀念日，即 1901 年 12 月 10 日首次頒發諾貝爾獎。自此以後，除因戰時中斷外，每年的這一天分別在瑞典首都斯德哥爾摩和挪威首都奧斯陸舉行隆重授獎儀式。

1968 年瑞典中央銀行於建行 300 周年時，提供資金增設諾貝爾經濟獎（稱為“瑞典中央銀行紀念阿爾弗雷德·伯恩德·諾貝爾經濟科學獎金”，亦稱“紀念諾貝爾經濟學獎”），並於 1969 年開始與其他 5 項獎同時頒發。諾貝爾經濟學獎的評選原則是授予在經濟科學研究領域有重大貢獻的人，並優先獎勵那些早期做出重大貢獻者。

1990 年諾貝爾的一位重侄孫克勞斯－諾貝爾又提出增設諾貝爾地球獎，授予傑出的環境研究成就者。該獎於 1991 年 6 月 5 日世界環境日首次頒發。諾貝爾獎的獎金金額視基金會的收入而定，約從 11000 英鎊（31000 美元）到 30000 英鎊（72000 美元）。由於通貨膨脹，獎金的金額

逐年有所提高，最初約為 3 萬多美元，60 年代為 7.5 萬美元；80 年代達 22 萬多美元。金質獎章約重半鎊，內含黃金 23 K，獎章直徑約為 6.5 釐米，正面是諾貝爾的浮雕像。不同獎項的獎章背面圖樣不同，每份獲獎證書的設計也各具風采。頒獎儀式隆重而簡樸，每年出席的人數限於 1500 人至 1800 人之間，其中男士要穿燕尾服或其民族服裝，女士要穿端莊的晚禮服，儀式中所用的白花和黃花必須從聖莫雷空運來，這表示對知識的尊重。

根據諾貝爾遺囑，獲獎人不受任何國籍、民族、意識形態和宗教的影響，評選的唯一標準是成就的大小。遵照諾貝爾遺囑，物理獎和化學獎由瑞典皇家科學院評定，生理或醫學獎由瑞典皇家卡羅林醫學院評定，文學獎由瑞典文學院評定，和平獎由挪威議會選出，經濟獎委託瑞典皇家科學院評定。每個授獎單位設有一個由 5 人組成的諾貝爾委員會，負責評選工作，該委員會三年一屆。其評選過程為：

——每年 9 月至次年 1 月 31 日接受各項諾貝爾獎推薦的候選人。通常每年推薦的候選人有 1000~2000 人。

——具有推薦候選人資格的有：先前的諾貝爾獎獲得者、諾貝爾獎評委會委員、特別指定的大學教授、諾貝爾獎評委會特邀教授、作家協會主席（文學獎）、國際性會議和組織（和平獎）。

——不得毛遂自薦。

——瑞典挪威政府無權干涉諾貝爾獎的評選工作，不能表示支援或反對被推薦之候選人。

——2 月 1 日起，各項諾貝爾獎評委會對推薦的候選人進行篩選、審定，過程嚴加保密。

——10 月中旬，公佈各項諾貝爾獎獲獎者名單。

——12 月 10 日是諾貝爾逝世紀念日，這天在斯德哥爾摩和奧斯陸分別隆重舉行諾貝爾獎頒發儀式，瑞典國王出席並授獎。



1990-2002 年諾貝爾化學獎獲獎者名單

1990	E.J. 科裏 (Elias James Corey 1928~美國人) 創建了一種獨特的有機合成理論——逆合成分析理論
1991	R.R. 恩斯特 (Richard R. Ernst 1933~瑞士人) 發明了傅立葉轉換核磁共振光譜分析法和二維核磁共振技術
1992	R.A. 馬庫斯 (Rudolph A. Marcus 1923~美國人) 對溶液中的電子轉移反應理論做了貢獻
1993	K.B. 穆利斯 (Kary B. Mullis 1944~美國人) 發明“聚合酶鏈式反應”法
	M. 史密斯 (Michael Smith 1932~2000 加拿大人) 開創“寡聚核苷酸基定點誘變”法
1994	G.A. 歐拉 (George A. Olah 1927~匈牙利裔美國人) 在碳氫化合物 (即烴類) 研究領域做出了傑出貢獻
1995	P.克魯岑 (Paul Crutzen 1933~荷蘭人)、M. 莫利納 (Mario Molina 1943~美國人) F.S. 羅蘭 (F. Sherwood Rowland 1927~美國人) 闡述了對臭氧層產生影響的化學機理，證明了人造化學物質對臭氧層構成破壞作用
1996	R.F.斯莫利 (Richard E. Smalley 1943~美國人)、H.W.克羅托 (Harold Walter Kroto 1939~英國人) R.E.柯爾 (Robert F. Curl 1933~美國人) 發現了碳元素的新形式——富勒氏球 (也稱布基球) C ₆₀
1997	P.B.博耶 (Paul Delos Boyer 1918~美國人)、J.E.沃克爾 (John Ernest Walker 1941~英國人) 闡明了腺苷三磷酸 (ATP) 合成的酵素作用機制
	J.C.斯科 (Jens Christian Skou 1918~丹麥人) 發現人體細胞內負責儲藏轉移能量的離子傳輸酶——鈉離子、鉀離子—腺苷三磷酸酶
1998	W.科恩 (Walter Kohn 1923~奧地利裔美國人) 提出密度泛函理論
	J.波普 (John A. Pople 1925~美國人) 發展了量子化學研究中所使用的計算方法
1999	艾哈邁德-澤維爾 (Ahmed H. Zewail 1946~埃及裔美國人) 將毫微微秒 (10 ⁻¹⁵ 秒即飛秒) 光譜學應用於化學反應的轉變狀態研究
2000	A.J.黑格 (Alan J. Heeger 1936~美國人)、A.G.麥克迪爾米德 (Alan G. MacDiarmid 1937~美國人) 白川英樹 (Hideki Shirakawa 1936~日本人) 因發現能夠導電的塑膠 (導電塑膠)
2001	威廉·諾爾斯 (William S. Knowls 1917~美國人)、野依良治 (Ryoji Noyori 1938~日本人) 在“對掌性催化氫化反應”領域取得成就
	巴里·夏普萊斯 (K. Barry Sharpless 1941~美國人) 在“對掌性催化氧化反應”領域取得成就。
2002	約翰·費恩 (John B. Fenn 1917~美國人)、田中耕一 (Koichi Tanaka 1959~日本人) 庫爾特·維舍里赫 (Kurt Wüthrich 1938~瑞士人) 分析鑑定“活”蛋白質巨型分子的結構。

參考資料

<http://www.nobel.se/chemistry/laureates/index.html>