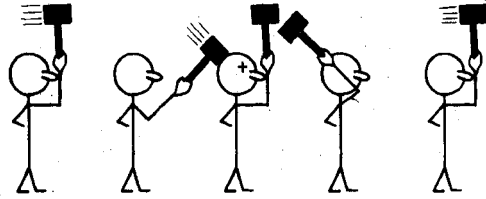


一九七三年



孟 琪

諾貝爾物理獎得主簡介

風水年年轉，一九七三年的諾貝爾物理獎又頒給了三位固態物理的研究者。從前得獎者的研究不是原子核理論就是基本粒子，一時各地精英趨之若鶩，論文多得如恆河沙數。但這二門從炮燭趨於平淡，現正等著大天才和大機器的出現來創造另一突破。在突破之前，風平浪靜，較平庸的「天才」沒得魚撈了，便爭相搞起較容易混的固態物理。諾貝爾獎是種氣象儀，顯示世界上的物理舞台風起雲湧時，起的是什麼風，湧的是怎樣的雲。一九七〇年頒給法國的尼爾（Neel）以酬勞他在鐵磁性理論和實驗上的貢獻；一九七二年則給了Bardeen, Cooper, Schrieffer, 表彰他們的BCS理論成功地解釋和預測超導體的各種現象。而這次得獎者的研究工作則是發現了固體內的 tunneling 現象。這三位今年的上帝的寵民是 Esaki, Giaever, Josephson, 現就分別介紹如下。

Esaki在一九五八年做了一些實驗想證實：絕緣體在高電壓下的 breakdown（高電流的產生）行為乃是固體中能帶的 tunneling 所致，而這種 tunneling 所產生的電流也可在二極體中發現。這種實驗從前有人做過，但不甚成功。Esaki認為縮小二極體接合面的寬度，將可將 tunneling 的效應顯示出來。便製造了一些雜質離子濃度很高的鍺晶體，使得接合面寬度小至一五〇度Å，看到了意料中的反向 tunneling 電流—二極體的電壓反接。將接合面寬度再縮小到100Å時，二極體的I-V圖上就有了一些奇怪的現象。起初，正向電壓增加時電流正常地跟着增加，但電壓再高，電流增加到一個值後便降下去了。此後電流不再隨電壓而變，直到電壓再高到某個值，電流再隨之而增又隨之而降。值得稀奇的地方是Esaki發現了二極體的負電阻行為（電流隨電壓增加而減少），具有這種特殊的I-V關係的二極體稱 tunnel diode

。可用來做振盪器和高速計算機的Switch（可達 50×10^{-12} 秒）。在固態物理中，Esaki的這項工作也提供了研究高雜質離子濃度物質的能帶結構和聲子（Phonon，固體內攜帶熱能的量子）在固體內的行為一項有利的工具。應用價值不可限量，甚為斯德哥爾摩那班人激賞！

Esaki 是日本的第三位諾貝爾物理獎得主。前二位Yukawa和Tomonaga都是搞理論的，獨Esaki以實驗起家。對日本人而言，他們很可以誇言他們的青年早就可以在自己國家內的實驗室—甚至私人企業公司的實驗室做出世界上第一流的實驗，因Esaki實驗是在他服務於Sony時做出來的。現在IBM服務。

Giaever在一九六〇年做了一道三明治——二片鋁中間夾著一片很薄的鋁氧化物，成功地測得有 tunneling Current 流過鋁氧化物那片絕緣體。當時的BCS理論認為超導體內存有一能量間隙於基態和第一受激態間，超導體內的電子絕不可擁有此能量間隙所對應的能量。Giaever決心測出這能量間隙，雖然當時已有入與紅外線射向超導體薄膜再研究紅外線被吸收的情形證實它了。但Giaever以為當二片夾著絕緣體的金屬有一個或二個都變為超導體時，tunneling Current 隨電壓變化的關係一定和超導體的能階密度的變化和能量間隙有關。於是用鋁和鉛夾著一片很薄的鋁氧化物作實驗，他發現當其中一片金屬變成超導體時（逐漸冷卻）原來線性的I-V圖變成極端非線性，另一片金屬也變成超導體時，負電阻的行為就出現了。理論很成地被證實！這實驗同時開創了聲子光譜學研究的新領域。

Giaever 實驗是在通用電氣公司的研究中心做的，只用了一套用來蒸鍍金屬薄膜的真空系統，安培計、伏特計和一些簡單的冷卻裝備和液態氮。

挪威人，畢業時得的是機械系的學士，當過兵，做過挪威專利局的檢驗員，在一九五五年才轉來通用公司。

與 Esaki 相同，他做出實驗出來時還不是個博士，二人的博士都是在大學畢業後十幾年才得到的。畢竟是英雄定江山而不是博士定江山！

Josephson 成名更早，在他 22 歲做劍橋大學的研究生時就寫出了使他得諾貝爾獎的論文。當時他正在研究超導性的邊界效應，讀到一篇由芝加哥大學幾位理論家解釋為何 Giaever 發現的 tunneling 現象會和超導體內的能隙密度有關的論文。這篇論文中提到當 barrier（指那片薄絕緣體）二端電壓為零時二邊的超導體波函數相位差不太一樣。Josephson 注意到這點的重要性，並將自己計算的結果給他的老師 Anderson 看，互相討論了許多意見。於是在一九六二的論文裏（刊於 Physics Letter）指出當 barrier 二旁電壓為零時將有 Supercurrent 藉由 tunnel 效應通過 barrier，大小正比於波函數相位差的 Sine 值，這就是 dc Josephson effect。當電壓不為零時，將有一交流來回於 barrier 間，基本頻率是 $2eV/h$ ；電壓值在毫伏時，頻率值將落於高微波區域。這是 ac Josephson effect。

Anderson 一直對這種想法很有興趣，回到諾貝爾實驗室後辛苦了幾個月做出由錫和鉛夾著錫氧化物的「三明治」測到了 dc Josephson effect。另外有人發現 Josephson Oscillation 可和微波相混，使得「三明治」的 I-V 圖產生階梯狀變化，也有人測得由接合面發出來的輻射波。於是 Josephson 的預言就完全被證實了。他所發現的效應可用來測一些如 e/h ， e/m 等基本常數，可偵測電磁波，可作為落於微波和紅外線間的高週波的產生器，甚至有人想用具 Josephson effect 的「三明治」來取代電子計算機中的電晶體。現任劍橋大學物理系的講師（reader），被公認為現代最有前途的理論物理學家。

本次的 12 萬美金的獎金由 Esaki 和 Giaever 平分一半，另一半由 Josephson 獨得。從此社會對之將肅然起敬，奉為時代的發言人，可以有權對政府的興革提出意見，可以寫書對世上每一事件發抒權威性的看法，可以擁有大量的就業機會——從大學校長到實驗室主任，豈不赫哉！然而科學界追求的是真理，即使是權威的理論也將時常受到嚴厲

的批判，古來多少名重一時的理論在時間和真理的雙輪下消去？三人此後的成就便在於是否尚能保持追求真理的赤子之心和豐富的想像力（此二者常因權、名、利薰心而消滅），否則此次的諾貝爾獎就是他們事業的頂峯。May God Bless Them！

一個大物理學家必定是個好的老師或是好的討論會主持人，常能給後學者不少終生難忘的啓示和鼓勵。在柏林大學的物理系，每週四有個特別的學生討論會。愛因斯坦、普朗克和馮勞（Von Laue）每次必到，注意天才學生，聽聽他們的意見，並解決其中的矛盾。一個學生日後回憶著：「我開始談在劍橋卡文迪什實驗室作的一些放射性研究工作而引起的若干困難，一個講師起來用冗長的說明來提供可能的解答，然而我無法了解。愛因斯坦說了：「聰明，但不實在」。然後他重述這個問題，作了簡明的解釋，於是大家都滿意了。」

研究生也有討論會，光學大師赫茲伯格（Herzberg）回憶著：「我剛完成數學博士論文，是這個小組唯一的數學家。每個學生在發言時都有教授幫他準備講稿，我跟從了愛因斯坦。我常去找他，陪他在附近散步，討論我的講稿，這些討論令我終生難忘。他對許多物理書上寫的常有不同的意見，也常問些相關的主要原則的深邃問題。」

大物理學家可恃的是卓越的推理能力和專注的工夫而非物理知識的大量累積，他隨時可以轉入陌生的部門，做出超越的研究。俄國的物理家周夫（Joffe）回憶他去柏林拜訪愛因斯坦向他說明自己最近對晶體的電力性質的研究心得：「二個小時內，我把所有的要點都說完了，愛因斯坦便把這理論變為己有，開始思索、討論。進晚餐時，我們並沒有停止討論和對問題的思索。他的妻子不時地給他指示，什麼時候應用刀叉，什麼時候該把東西放進口裏，因他一點都不在意。」飯後討論仍未停止。午夜之後，周夫最後一班回去的火車也快開了，他緊張地建議下次再談，但愛因斯坦沒聽進去。周夫又說：「到了午夜二時，討論才結束，問題解決，疑點澄清。愛因斯坦的物理世界的圖案無形中又拼對了一片。我和許多科學家都無法做如此長久的思想討論，但是那對愛因斯坦却是家常便飯。」