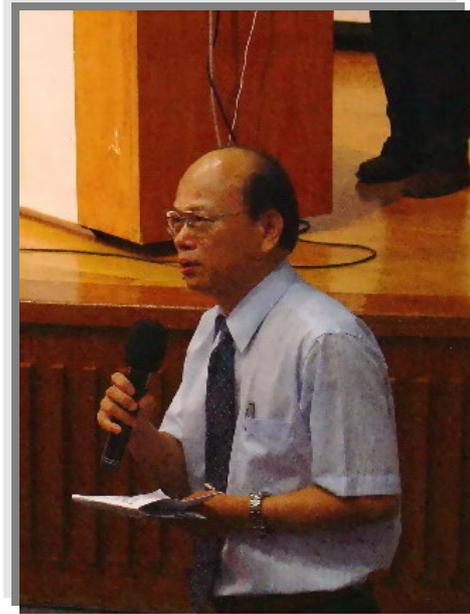


第十二場 『奈米仿生物質』(2007年05月27日)

國立高雄應用科技大學機械工程系 沈瑞文 紀錄整理

主持人：祥景精機股份有限公司 黃政修 總經理

陳博士目前任職於中央研究院應用科學中心，擔任副研究員，也同時受聘為台大化學系的助理教授，他在生物科學與化學工程方面有很好的成就，所以我們今天很榮幸邀請他來做這次的演講。現在科技的進步，我們每一位學子與社會大眾，對於一些科技元素與對科技的追求，在這個演講中我們可以學習到未來的導向，



這是週日閱讀科學大所能提供給社會大眾的一種回饋，也希望大家以後能夠多多參與。

我首先為陳博士做個簡單的介紹，陳博士再一九九零年畢業於台灣大學，一九九八年取得加州大學爾灣分校的碩博士學位，他的專長是在奈米材料與生物材料，於爾灣大學博士畢業後，他進入了柏克萊分校，擔任博士後研究員。二零零一年開始，返國服務於台灣的學界與業界。

因此，今天我們能夠邀請到他，聆聽他精闢的演講，相信大家都

能學習領悟到奈米方面的應用。在沈同學對陳博士短暫的訪談裡，讓人感到這同時也是相當實際的一段談話，陳博士曾說：『最好的科技還是要能夠轉換為民生的應用科技，這樣的科技才是成功且值得關注的事。』那麼現在開始，讓我們用掌聲來鼓勵，歡迎陳博士來為我們進行演講，謝謝各位。

**主講人：中央研究院 應用科學研究中心 陳培菱 副研究員**

謝謝主持人的介紹，各位先進、各位來賓、各位同學大家好，今天很高興也很榮幸能夠在這邊跟大家分享一下，還有跟大家介紹一下奈米仿生物質。在今天的演講裡面，我大概會稍微跟大家介紹，事實上生物界裡面有很多的奈米結構，它有很多的特殊效果，比如說像蝴蝶，有一些蝴蝶上具有奈米結構，造成表面上一些顏色的變化，那麼不只在生物體，在非生物體像是一些石頭上面，這是一顆蛋白石，它表面上的顏色也是因為表面的奈米結構所造成的。

事實上談到奈米，大家都會聯想到所謂的『蓮花效應』，蓮花效應也是因為表面的一些奈米結構所造成的，演講裡我也會提到所謂的壁虎效應，我們都知道壁虎可以到處的爬來爬去，為什麼可以造成他可以很自在的、甚至在屋簷上、在牆壁上可以隨便爬來爬去，這是石上是因為牠腳上有一些特殊的奈米結構。

那麼在跟大家介紹這些東西之前，我先跟大家介紹一下怎麼樣發

現這些東西，從科學的角度對這一些發現、了解、以致於應用做一些探討。事實上自從有史以來或者是沒有歷史之前，人類就很喜歡觀察事情，對不對？那麼從觀察裡就可以歸納總結出事物運行的一些道理，在以前所謂的中古時期、史前時代都有很多的人，天天也沒什麼事幹，整天就在那裡一直看，那看完東西以後他就會想，就我自己的認為在科學的發展裡，第一件事情最重要的就是要觀察，觀察萬事萬物，然後從這裡面想出一個道理，那這當然不是一般人做得到，每個人每天都在看，但是大概只有一些人會想得出來，給他一個很好的解釋。那麼在把它解釋以後，只要是一個合理的解釋，可以把看到的現象做一個合理的解釋、一個好的理論。真正合理的或是真正所謂的真理，它不只是可以解釋而已，它還可以預測，你可以用這一些理論來想像、來做出一些世上不存在的東西，但它事實上是可行的。

從自然界裡面，我們人類最常做的一件事情就是看，看什麼？看一些動物。比如說我們人類雖然是很高等的動物，但我們的能力是非常有限，我們跑沒有跑的比馬快，我們也不能飛；我們在水裡面可以游泳，可視沒有辦法跟魚一樣。那



我們當然也沒有辦法跟壁虎一樣在牆上爬來爬去，但是我們有一顆很大的頭腦，我們可以去看、可以去想，近代的科學就是架構在這些觀察上面，給它一個理論，然後運用這些理論，再作預測。當我們可以觀察，然後成功預測出來事物運行的一些道理的時候，我們就可以製造出我們想要的東西來，我舉一個很簡單的例子，人類長久以來的夢想，就是飛行。事實上從歷史裡面我們可以看到很多記載，很多人天天想要飛，對不對？那在動物裡，我們知道鳥類它可以飛，剛開始我們解釋他可以飛大概是因為它有翅膀，我們想說有翅膀的東西只要振動翅膀它就可以飛，在歷史上其實有很多類似的發明，長著翅膀，然後試著去拍，然後想要去飛，那當然摔死了很多人啦！因為可能對人的這些構造來講並不是一個很好的方法。

事實上經過很多的實驗，很多的證明，一直到大概再十九世紀初的時候，十七世紀到十八世紀，開始有人可以用熱汽球在飛行，那麼那個也不是真的飛，那個只是浮在天空上；到後來，有所謂滑翔翼的產生，滑翔翼的產生還是著眼在有一個跟老鷹一樣的翅膀，可是這一個是可以浮在空氣中，而在這個時候事實上已經有一些理論來說明流體的運動方式，一直要到二十世紀初期萊特兄弟，大家都知道，人類有史以來第一次能夠有動力的在天空上飛行，雖然只有短短的二十幾秒，但這是第一次。這個時候他所用到的東西已經跟原來想像的不一

樣了，有很大的一個距離，當初想像的是有一個翅膀，振動了翅膀就可以飛；可是在這邊呢？經過一些科學的實驗知道要飛呢！可能這個翅膀、這個翼，是要經過一些設計，那不只是要有滑翔翼的翅膀，你還需要有一個動力，才有辦法真正的飛起來。

所以，經過幾十年的演變，現在我們只要買、付得起錢，每個人都可以坐上飛機，然後在天上飛。從這邊開始，從人類觀察生物界『鳥在飛』的行為，經過幾千年來的演變，到最近，飛機真正的民也不過大概五六十年的歷史而已，每個人都可以坐在飛機上，在天空中遨遊，對不對？事實上人類的想像力、人類的創造力，並不僅止於此，從自然界裡面我們知道他的道理，設計出第一個原型機，到現在每個人都可以坐，我們運用了這一些在後面所學的道理，我們可以作出來的是一個前所未有的，大家都知道是太空梭，從這邊到那邊，這邊都是已知的，都是自然界有的，人類運用其中的道理，歸納出來，去做一些在自然界沒有的、不存在的，現在有辦法進出太空，對不對？也有辦法到月球去，甚至有一些探險火箭也可以到達火星，這樣的過程簡單講就是我剛剛講的從觀察裡面，然後去解釋它為什麼可以飛？解釋在科學上的意義就是給它一個理論，然後從理論裡面去推測、去了解它怎樣飛行的原理，再去創造出真正一個合用的，或是一個能力，是人類或是所有生命體沒有辦法的能力。

這是我們今天所要講的題目主要的一個意義，給大家一個看法，從自然界我們看到了一些東西，那我們試著去了解，了解以後是不是可以作出一些以前沒有的東西，而且是有很好的性質的一個東西。那我們今天要講的是奈米仿生物質，當然，講奈米仿生物質的第一點就是要講『奈米』，不曉得在座的各位知道奈米的可不可以舉一下手？應該不只這麼多人吧！？事實上在過去幾年，不只在台灣，在全球都有一個名詞，就是奈米、奈米科技，或是奈米科學。奈米之所以會產生，事實上若大家對奈米有印象的話，會知道這個奈米只是一個什麼？一個單位而已，那一般來講，一個『人』的單位是一個米，對不對？那奈米大概是十的負九次方，大概是十億分之一米。一般我們可以看到的人，就舉人來講，人是以米為單位，如果小一千倍是什麼？小一千倍大概是一些小的昆蟲，就是在厘米的，大概像跳蚤；那如果再小一千倍的話，大概就是我們的細胞，細胞大概在微米的一個尺度裡；那再更小個一千倍大概是所謂的 DNA，DNA 的直徑大概是在兩個奈米左右，在自然界裡面有很多這種各式各樣尺度的、不同尺度下的行為。

我們知道一般在奈米尺度裡面，一個細胞的單位，大小大概是微米左右，所以在細胞裡面的東西大概都是奈米等級的，我們知道幾年前在台灣有過一陣恐慌，就是 SARS，SARS 的病毒大概在一百奈米左右，更小的就是一些分子、一些 DNA 這些東西，那如果說要舉個

例子來講的話，它到底有多小呢？從公尺到奈米之間的變化呢，我們大概可以講說，如果我們有一隻象，就是一隻象跟一個 DNA 之間的差別，那這個大家也許不是很知道，我們講一個生活上比較常看到的，它的大小如果在奈米尺度裡面，想像一顆彈珠是奈米的話，整個地球就是一米，一公尺左右的尺度；那假設我們有一個 101 大樓，這個是我們實驗室做出來的，是一個奈米柱子，它雖然是一樣的，長的有點相像，可是它的尺度卻差了十億倍。

那麼要看到這些東西，我們知道在奈米尺度下既然他這麼小，我們要了解它的話要怎麼辦？我們首先要看的到，要怎麼樣去看呢？我剛剛講過，在科學的發展裡面，最主要的就是觀察，要觀察那一定要能看得到，要看得到才會知道，所以看到是一件很重要的事情，你可以觀察得到。我們一般眼睛可以看到的，我們說頭髮，頭髮大概是多長？多細？頭髮大概是在十到一百的微米左右，換奈米為單位的話大概在一萬到十萬個奈米，我們的眼睛大概可以很清楚的看到一根頭髮，但是頭髮上面如果有分叉呢？大概要看自己眼力好不好，有些人可以看到，有些人大概看不太到，納事實上頭髮裡面一些構成的東西，我們大概用眼睛沒有辦法看到，那沒有辦法看到，你怎麼知道它發生了什麼事？所以要藉助一些儀器，那這些儀器事實上科學家在做事的時候，用很多的方式來去觀察、觀察事物，就好像瞎子摸象，雖

然說瞎子摸象不同人摸到的是不一樣的，可是你如果有一個方法可以完整的把他摸出來的話，它就是一個面向，可以把它完整的記錄下來。最簡單的一個方法，看為小東西的方法，事實上用的是光學顯微鏡，這個大家都知道，這個東西已經發展。

這邊有一個很早的，伽利略發明的一個顯微鏡，大概在幾百年前就已經有了，那這個經過幾百年的演進，它的方式事實上現在在市面上都可以買得到，一兩千塊就可以買到一台顯微鏡放在家裡，那它主要就是用聚焦，用光學聚焦的方式把光聚焦到一個很小的點，然後在用反向回來，它可以把它放大，放大到你的眼睛裡面成像，那你就可以直接看到很小的一個東西。那它的解析度大概有多少呢？在光學裡面有所謂的光學解析度，那一般在可見光，可見光就是我們一般可以看到的波長，它的解析度大概在兩百奈米左右，它在以前的一些實驗裡面，看一些生物體的實驗中，它事實上是非常充分的，對不對？因為我們知道生物體的基本單位是什麼？就是細胞，那細胞的大小是在剛剛有說過的，大概是幾個微米，那當然用奈米級的顯微鏡去看微米的東西，這當然是很簡單的。但是你如果要知道細胞裡面一些作用的東西，或是一些胞器的話，很顯然光學顯微鏡的解析度並沒有那麼高。這邊是一個光學顯微鏡，我想大家在國小、在國中高中裡面可以有很多的實驗能讓大家去看，用一般的顯微鏡可以拿衣服來看，那這

個你如果要看細胞的話，看東西是需要看一個所謂的反差，我們一般可以看到東西主要的原理是什麼？是因為要嘛就是因為它反射，要嘛就是因為它光透過一些散射所以你看不到，所以你會看見一些陰影，然後由這些陰影你來判斷。所以在光學顯微鏡裡也是一樣的，一般來講看細胞，細胞並不是那麼好看，因為細胞通常比較透明又很小，所以當你在看的時候需要用一些特殊的技巧，比如說用染色的方式來去看；那當然你也可以用一些反射式的顯微鏡去看一些積體電路，像面板裏面，或是沒事的畫家裏有不要的電腦你可以把它打開來看，事實上裡面是有很多的一些線。

我們知道一般在講奈米科技，大家最常提到的就是一些半導體產業裡面的一些奈米製程，從以前我們講點二五、點一八、點一三，那些是什麼？那些就是微米；那到了現在，從九十奈米、六十五奈米，到四十五奈米的製程，主要就是講他的線寬、它的線可以畫多小，畫的越小的話就是在同樣的面積裡面你可以放越多的東西進去，這是在工業界裡很常用的一個技術。那用光學顯微鏡呢，事實上光學顯微鏡是怎樣？是把小的東西放大，對不對？而事實上光可以從小放大當然可以從大變小，那這個就是工業的作法，工業作法就是由大變小，把光聚焦到很小的一個地方，你可以看多小的東西你就可以寫多小的一個東西，用反過來的一個方式來寫出這個面板。

那這個是是一個簡單的光學顯微鏡，但妳你如果真的要作到真正奈米級的東西，光學顯微鏡的解析度顯然是不夠的，因為它的解析度大概是在幾百個，我剛剛講大概兩三百個奈米，那麼要用什麼東西才可以看到比兩百奈米更好的解析度呢？這就要用所謂的電子顯微鏡。那這是一牌電子顯微鏡，事實上電子顯微鏡它本身是一個很大的一個裝置，所以在以前他並不是那麼普遍，雖然說他從一九五零年的時候就已經，它的主要的原理跟光學顯微鏡的原理是一樣的，只是說光學顯微鏡是用光去聚焦，然後你看到很小的東西，那在電子顯微鏡裡面，在這邊是用電子，電子把它聚焦，它可以聚焦很小一點，那如果大家有學過的話，知道物質有所謂的物質波，跟他的能量有關係，電子顯微鏡就看它的能量是多少，越高能量它的物質波越短，可以有所謂原子級的解析度。

在這裡比如說一些圖像，這是電子顯微鏡的圖像，事實上由於過去這幾年來國家型的奈米計劃，所以基本上很多的大學都有這些電子顯微鏡，一般的學校都可以去買一台，那有了這個東西就很好，為什麼？一般來講科學家在做實驗的時候都有個目的性的，就是說你要作什麼，你才會去看什麼，可是這樣的話常常會限制住我們自己，像如果說我們現在每個家裏都可以有一台，像家裡有小朋友，可以買一台顯微鏡，那你就可以拿各式各樣的東西來看，你或許會發現一些新的

東西。就好像有一些業餘的天文觀測家，它常常到戶外用天文望遠鏡去看，它可能可以發現一些新的星體，那這些電子顯微鏡的普及，當然也可以造成另外一次的革命，你可以把不同的東西拿進去看，拿進去看以後你可以看到很高解析度的東西，事實上我等一下要講的東西都跟這個有關，都是要用電子顯微鏡來看。

那電子顯微鏡最高的解析度事實上很高，這邊看到的是矽，我們一般半導體用的材料，我們看到這規則性一點一點的東西事實上就是矽的原子。那有另外一個新的發展，新型的一種顯微鏡，就叫做原子力顯微鏡，這是一個很好玩的一個東西，這大概在八零年代末期發展出來的，這個跟瞎子摸象的原理是一模一樣的。你用一個探針在一個表面上掃來掃去，就好像你用一隻手，你可以把眼睛閉起來，然後記錄你的步伐，然後去摸一個牆壁，如果這個牆壁上面有圖案，如果你記錄你走路的步伐跟你手的凹凸的話，這樣走來走去上下摸來摸去，事實上妳可以把牆壁上的圖案摸的很仔細，摸出來然後化出來。事實上原子力顯微鏡就是這個道理，它就是用這一跟探針在表面上掃來掃去，然後可以接觸也可以不用接觸，當你接觸的時候，它會有一個訊號出來，那你就可以知道他表面的一些圖像。

事實上，電子顯微鏡雖然說他解析度很高，可是它有一個很不好的一個問題，就是她沒有辦法看不是真空的東西，因為電子這個東西

在一般的空氣裡面他沒有辦法穿透，所以必須要在真空裡面，可是有很多的東西放在真空裡面它就失真了，就好像細胞一樣，細胞不會存活在真空裡面，它的旁邊一定要有水，所以要看這些東西要藉由其他的武器，或是工具來看，原子力顯微鏡就是其中的一個例子。那你用這些原子力顯微鏡，其實像很多人看這些新的，像這是 DNA，我們味什麼知道他很細，除了說用電子顯微鏡來看，也可以用原子力顯微鏡一個一個”摸”出來，像這個是蛋白質，或是大腸桿菌，這個都可以用原子力顯微鏡來看。

我再介紹之前在簡單的講一個概念就是，我們講仿生，就是看生物體，那我們講奈米，為什麼我們講奈米仿生物質？為什麼事在奈米的情況下？為什麼事在奈米的尺度，事實上這一點都不奇怪，因為我們知道生物體的一個基本單位是什麼？是細胞，我們講仿生就是講生物體，對不對？那他今天既然它的基本單位是細胞，那很多的東西，很多的物質事實上都是靠細胞做出來的，對不對？那細胞的大小有多大？只有幾個微米，那它裡面的胞器呢？大概都是幾百個奈米，所以事實上我們可以把當成一個小型的工廠，它在不同的胞器裏可以製造不同的物質，那在這個胞器裡製造的東西當然很多的結構都是奈米的結構，所以很合理的，很多自然界存在的東西都是由小變大，有多層次的結構，就是因為它是從細胞裡面做出來的，所以他的基本單位一

定都在奈米等級。

這是細胞、這是組織，那這個是一個用原子力顯微鏡看出來，或說是用原子力顯微鏡摸出來，不同的顯微鏡它有不同的用途，原子力顯微鏡因為是用摸的，所以他看到的是什麼？他看到的是細胞的表面。那這邊是一個切片，電子顯微鏡的一個切片，電子顯微鏡的一個好處就是他解析度非常的高，但是他的一個壞處是電子沒有辦法穿透太厚的東西，所以你把一個細胞放在那邊，它就看不到了，所以你要把細胞固定起來，然後把裡面的水移掉放一些填充物，然後在把細胞用切片的方式去切他，切成幾十奈米的薄片，所以你看到的可能是中間的一個切片，所以你可以切很多片，然後一片一片的去比；那這個是一個光學的顯微鏡，光學顯微鏡它的一個好處就是說，它只要去染色，那它就可以看到細胞整個的一個形體，雖然他的解析度遠比電子顯微鏡跟原子力顯微鏡差很多，但是呢，在光學顯微鏡下面看到的是可以看到活細胞，它所有的一些功能，我們可以用染色的方式去看到每一個胞器它的作用。

所以這是一些我簡單的介紹，我們怎麼樣去觀察，怎麼樣去了解在奈米世界裡面，在生物體裡面的一些效應，那我們想奈米仿生物質大家第一個想到的，一般所看到的就是所謂的『蓮花效應』。這裡是一個蓮花，一個荷葉，這是剛取的一個照片，你看這些水模擬下雨，

水在這個蓮葉上面他是會有一滴一滴的對不對？水不會黏在上面，事實上蓮花效應解釋一件事情，就是所謂的出淤泥而不染，為什麼蓮花會出淤泥而不染？主要是因為表面有一些奈米結構，這是最近幾年才知道的，大家以前一直覺得蓮花出淤泥而不染是蓮花的一個特質，納最近的發現是因為，是因為什麼？是因為它表面上有一些奈米結構，表面水的接觸角很大，所以水在蓮花上面並不會變成攤平的東西，它會變成一顆水珠，那這些水珠很容易就在蓮花葉子上滾動，我們知道風一吹，蓮花葉子一擺，蓮花的水珠就很容易的在表面滾來滾去，就滾出去了，在滾出去的同時就把表面一些髒的東西，就把它移掉，那這就是蓮花效應的一個原理。

那跟大家稍微介紹一下比較科學的一個知識，就是所謂的表面接觸角，什麼是表面的接觸角呢？我們大家知道水，在開水龍頭的時候如果把水龍頭開的很小，它是不是會一滴一滴的跑出來？如果大家有興趣去做實驗的話，把它開的很小，讓他慢慢的跑出來，大家可以去量，你會發覺每一滴水大小大概是一樣的，為什麼？這是因為在自然界裡面，這個水滴它有所謂的表面張力，那你一直在加水的時候，這個表面張力會跟重力，有兩個力，一個是表面張力，一個是重力，當這兩個達到平衡的時候，它就會形成一個水滴跑出來，所以他是一個固定的形狀，這個是對水滴而言。

當這個水滴低到一個表面的時候，我們發覺這邊有三個力在互相的拉扯，一個是水跟表面的作用力，一個是空氣跟水的作用力，另一個是空氣跟表面的作用力，這三個力互相的拉扯。假設這三個力不平衡的話，就會往一邊跑，所以我們知道一個水滴在一個表面上會停在那裡，表示這三個力是很簡單的一個力平衡概念，這三個力互相平衡，從這三個力互相平衡的時候它就會決定一個角度，這個叫表面的接觸角。

那我們科學家在定義東西有兩種，一種是親水性的，像玻璃一樣，你把水滴上去它會攤平的；一個叫親油性的，把水放在上面它事實上是變成一顆水珠，所以在用科學的方式來定義的話，就是以九十度為一個界線，大於九十度的就叫疏水性的材料，小於九十度的就叫親水性的材料，那一般要量測這個我們用眼睛就可以大概估測，因為我們眼睛就知道他大概大於九十度或小於九十度，但是你如果真正要知道他幾度呢？通常就用一個很簡單的儀器，把水滴到材料上面，然後用照相機去照它，然後你可以用我們現在常有的 PhotoShop 的軟體去分析它的角度。事實上用這一些很簡單的技術在幾年前，差不多快十年了，一九九七年的時候有一群科學家，他們在做這個實驗的時候也很好奇，他們就去找不同的葉子，把不同的葉子拿來看，他們發覺，這個葉子表面的粗糙程度跟他的表面接觸角有一定的關係，表面越平

滑的她的接觸角越小，那表面越粗糙的她的接觸角越大，那在蓮花這種荷葉上面，他發覺這個接觸角大概一百六十度左右，我們知道一個球體它的角度是多少？一百八十度，一個球最大的接觸角是一百八十度，那最小的接觸角當然是零度，假設我們有一塊玻璃的話，上面有一滴水，那它事實上會攤平的，這也是解釋說，你假設有一滴水，我們這樣想好了，我們車子停在外面，那下雨的時候水滴會不會滾掉？水滴不會滾掉，他水滴就攤平了，所以如果下毛毛雨的時候，你會發覺下過毛毛雨或是下幾滴雨的時候，車子會變的很髒，為什麼？因為表面的灰塵就會聚集在那一點然後攤平，就剛好是那一點的大小，你們就會看到下過毛毛雨以後那個一點一點的痕跡。

可是在蓮花這種荷葉上面，他有這麼高的一個接觸角，所以這些東西在表面他是不會攤平，就會變成一顆水滴，事實上在我們一般家裡常用的不沾鍋就是類似的一種材料。他既然在表面上會形成一個水滴，他就可以很容易地因為外面有風，很容易的在表面滾動，當他滾動的時候就自然而然的把那些髒東西帶走，就不會留在這裡，他如果留下來蒸發掉的話，事實上水是有很多的灰塵，這也是因為表面張力的關係，這些髒東西通常會留在這些氣泡、這些水滴的表面，如果這水滴沒有滾掉而留在那邊的話，他就會造成表面變的很髒。

事實上這是觀察的一個結果，觀察的結果就只是觀察，那解釋

呢？他們是這樣解釋，那有沒有一個合理的解釋？到目前為止都只是一個現象，要一個合理的解釋，科學家就必須要用理論去模擬它，那事實上我在這邊不會講他的理論，我們講我們在我們自己的實驗室裡怎麼去模擬這樣一個狀態，我們用的一個方法就是用奈米的顆粒，奈米的顆粒很簡單，假設這是一個奈米的顆粒，假設啦！當然這裡很大，真正在做實驗的時候他是一個很小的奈米顆粒，我們用的材質就是保麗龍的一個材質，保麗龍的顆粒可以做到奈米等級，你如果把它放到水裡的時候，他會有一個現象，就是 he 會聚集在一起，假設你如果把這個東西再加一些材料，所謂的清潔劑的話，他會很整齊的在表面上做週期性的排列，類似這樣，有單層的也有雙層的，多層的也有，那你如果在這上面做一些手腳的話，事實上妳可以發覺，這表面都是同一種材料，但是你做一點手腳，用氧去燒她，那妳會發覺他表面的接觸角會有明顯的變化。

從這裡面我們學到一件東西，舉凡表面越粗糙的，當然他是有公式的，越粗糙的那它的接觸角就會越大，假設它是一個疏水性的材料；相反過來，



假設它是親水性的材料呢！他是越粗糙的它就越親水，那運用這個原理，我們在我們的實驗室做出一種材料，假設它表面沒有奈米結構，那當你充電壓的時候，他帶概是從這種狀態跑到這種狀態；那假設它表面有奈米結構的時候，那它會從很高的一個接觸角變到一個很低的接觸角。那你會問說這個東西有什麼用？這邊有一段影片大家可以看一下，這是一個實驗，你把它加電壓以後，他就會攤平，那這種材料可以幹什麼用？事實上這種材料在自然界是並不存在的，因為自然界沒有這種可以變化的一種材料，這是因為我們了解它背後的理論之後，設計出來的一種材料。

這種材料可以用來做蛋白質的陣列，或是基因晶片都可以，你把它一滴的蛋白質，一滴的蛋白質大概只有兩個釐米而已，一個小小的水滴，這個是有染過色的，你把它放在這個晶片，這晶片大概只有一公分而已，那在這一公分的大小上你放水滴上去，然後你加個電壓，他只要一秒鐘，然後它就會形成這些陣列；如果在下面做一些電極的時候呢？你就可以把不同的蛋白質放在上面，但是這可以幹什麼用？事實上我們一般去做健康檢查的時候，以前大概就是抽血、驗血，那現在因為技術比較進步了，大家就會檢查所謂的癌症因子，那癌症因子怎麼做？事實上就是用這些基因晶片來做，那一個好的蛋白質晶片它可以把已知的癌症因子抗體放在上面，放越多在上面的話，你可以一

次就做越多，那當然這個好處就是說他可以不同的東西在上面，在一公分、或是剛剛講的，為什麼用一滴水呢？一滴水事實上就跟我們一滴血的大小差不多，意思就是說，假設你一滴血滴上去以後，如果用這種解析度的話，他可以同時測試一萬種蛋白質，或是說致癌因子，當然到目前為止還沒有這麼多種已知的致癌蛋白質。

那這些是我們自己實驗室作的，類似用蓮花效應所伸展出來、衍生出來的一種材料，當然這是比較偏生醫的，一般大家比較常看到的是什麼？大家常看到的這是蓮花效應的一些應用，因為蓮花效應有什麼？有疏水性，所以有人把它做成雨傘，他的好處就是說這雨傘不會像我們一般的雨傘進到室內他還濕濕的，這種雨傘他在外面一樣是防水的，可是一旦收起來的時候、沒有雨的時候，收起來然後向下，他所有的雨水馬上就滾出來，所以你進出室內外就不會把你的地板弄髒，你只要把它收起來，把它朝下，他基本上就會在這邊很快的時間內把那些水都排掉了。

那另外一種呢！有人做奈米馬桶，當然這就是說變得很好，就不用清洗，這些東西就跟不沾鍋的原理是一樣的；那也有人把它拿來當一些奈米的塗料，這些塗料我們知道台灣有很多的空氣污染，那些空氣污染造成牆壁的外圍都變的很髒，其實只要是新的房子大概一年你就知道旁邊很髒，假設用這些奈米的塗料，那它是不是在下雨的時候

它自動就將你把牆上的東西乾淨？這是一個新的發展，那當然也有人把它做在衣服上面，一般來講淺色的褲子很容易沾上油脂，或是一些髒東西，如果加上這些奈米的塗料的話，事實上它就變得不沾，不沾的話它就不會髒，所以你就可以穿的比較久。

那這是所謂蓮花效應的一個應用與他的一些原理，稍微跟大家簡介，接下來我要跟大家介紹的，是所謂的壁虎效應，我們知道在台灣有很多各式各樣的壁虎跑來跑去的，我們知道它可以像我們以前講的說『飛簷走壁』，那各走壁就是所謂的壁虎功，可以垂直的在牆壁上爬來爬去，那大家會很好奇，到底是什麼原理，讓它可以吸附在上面？是不是？以前的人大家都想像它可能因為有些廣告，可能就是壁虎拿吸盤，大家都一直想像壁虎是不是腳上有吸盤把它吸上去？事實上最近的一些證明並不是吸盤，是另外有一個作用力。事實上這些東西並不是壁虎本身所特有的，而是在生物界裡常常發生的，我們之所以對壁虎那麼印象深刻，是因為壁虎很大隻，那因為大隻所以我們的感官就覺得他很重，所以它可以支撐她身體的重量垂直在牆壁上，所以我們覺得她很有趣、很好用，事實上你如果真的去看，在自然界裡面，在各種的尺度上，蜘蛛也好，像一些蒼蠅、蚊子也好，或是一些蟲類也好，如果仔細看，他們都可以黏在天花板上面，很容易的就黏在天花板上面，可是大家都不會去想這個問題，因為大家都覺得她很自

然，就是會停在上面。

事實上科學家去做了一個很深入的研究，他們去發掘事實上在這些生物體裡面，他的腳上都有一些腳毛，基本上怎麼樣去吸附他有很多的作用機制，比如說有一種作用機制叫做機械力，就是糾纏的力，那這種力早就被發現，也有相關產品，我們在一般所用的魔鬼氈，就是模擬這些機械力所做出來的，那當然有的是用黏液，黏液黏一黏你就覺得它會黏在上面，也有用毛細力，也有所謂的凡得瓦力的一個現象。那在這邊有一個很重要的一點就是說，當科學家把這些東西觀察出來，然後他去算他的數目跟他的質量，他有多重跟他腳毛有多少，發現事實上是有一定的關係，意思就是說這東西是存在生物界，而且是有他的理由，他為什麼是那麼小，基本上越大的動物，他如果可以吸附的話，他上面的腳毛越細，這主要是因為跟他作用力有關，因為這各作用力最近發現是一種所謂的凡得瓦力作用，這個凡得瓦力是一個近距離的接觸力，我等一下會介紹。

因為這樣的關係，東西越大必需要更多的這種附著力，所以他的腳毛會越細，單位面積上會有越多的這些附著點，事實上你如果從不同的尺度裡去看，這是一隻壁虎，大概是從反向過來看的，你看他的腳上，這是在別人已發表的文章裡大家可以看到，你如果用電子顯微鏡下去看，你看到這是他的腳，腳上有一些結構，結構裡面還有結構，

所以就是多層次的結構。那在不同尺度下到了最後，這結構大概是幾百奈米。那其實我們實驗室也有看類似的東西，這是一隻很可憐的壁虎，他被抓來時就是這個樣子，然後就把他抓到電子顯微鏡裡去看，你可以看到這是他的腳，然後再近一點看，他腳上的這個部份是有一些毛，你如果把這些毛再放大呢！他事實上是有層次的，這邊再放大你會看到這是有多層次的一個結構。他是由小到大，這很簡單，為什麼？因為我剛剛講過，這些東西都是由什麼產生？都是細胞產生的，那細胞本身就很小，對不對？雖然人也是細胞產生的，人也是由單一細胞分裂分裂，分裂成這麼大的一個生物體，所以他都會有一個很基礎的所謂奈米架構存在，不只在腳毛，等一下講的蜘蛛斯上面也是有同樣的、多層次的一些架構在。

事實上科學家就很喜歡做一些有的沒有的實驗，那他們就把這腳毛的其中一根腳毛拔下來，然後用這種量測力的一種實驗，事實上這種實驗呢！我們一般在巨觀裡面我們有所謂的拉力，你可以拿一條橡皮筋，對不對？然後拉兩邊，可以量力，用兩個拉秤我們就可以量他有多少作用力，然後去拉看看他什麼時候斷，那當然你也可以把一些，比如說黏膠，黏上去然後去拉她，看他什麼時候斷，你就知道它可以支撐多少力。

可是在這種奈米等級的東西呢！必須要有特殊的一些偵測器，這

是最近才做出來的一些偵測器，那用這些偵測器科學家發覺、發現，這些腳毛事實上它作用力滿強的，比預期的還強！當初的預期呢，大概有去估計過，你如果把壁虎的一隻腳直接放到測拉力的實驗裡，我們可以算出一個力，那個力大概是壁虎本身重量的四倍左右，所以說壁虎當然是可以很容易的支撐她身體的重量。但是呢！科學家發覺，如果把這個腳毛一根一根拉出來，他可以支撐的力，就是每一根腳毛支撐的力再乘上他有多少腳毛，會發覺這個是很大的一個力，比壁虎本身的重量多上幾千倍，那為甚麼會這樣？意思就是說，壁虎本身呢！他有很多的腳毛，那如果這些腳毛都有作用的話，他基本上可以承受一個人的力在上面，那為甚麼會這個樣子？主要是跟他的作用力有關。

很奇怪的一件事情，假設這個作用力有這麼強的話，那為什麼這個作用力，就我們一般人的觀念，假設一個黏膠好了，一個黏膠有這麼強的作用力的時候，黏上去時為什麼壁虎又很容易地可以跑來跑去？是不是？這是大家很疑惑的一個問題，如果是很強的黏膠，一般的觀念就是黏膠黏上去，你就很難拔，對不對？那如果說另外一個問題，就好比說我們有一般的膠布在貼，那那個隨意貼大家知道，隨意貼就是貼上去，然後拿起來、貼上去、拿起來，對不對？那我們用過隨意貼的人都知道，這貼幾次以後你沒辦法貼一千次、一萬次，沒有

辦法，那沒有辦法，假設壁虎跑一萬次就沒辦法黏的話，他最後就摔下來，是不是？所以這生物體一定有他的機制，為什麼壁虎它可以這樣這麼好，他又很黏，然後要跑的時候又不黏，然後他又可以重複多次的使用，這是多棒的一個材料！

科學家做了一個實驗，知道他可以有多少的力，事實上腳毛的運用在壁虎上，他大概只運用萬分之四的腳毛而已，這是有原因的，我等一下跟大家講為什麼。那麼有做了一個實驗室這麼說的，當你把他壓下去的時候，然後拉起來，跟壓下去、拉起來，你壓下去多少力？拉起來多少力？這是有關係的，事實上科學家發覺你如果垂直的壓，像下拉的話，他的拉力很強，可是你拉起來的時候如果有一個角度，往一個角度，拉三十度，他很容易的就可以起來。這事實上就解釋，這種力是一種很好玩的一個力，他的設計就是說，當你垂直壓下去的時候，就是壁虎在走的時候他都是向下用力，用力的時候他是會吸附，可是你要拔起來的時候他只要向旁邊拉三十度，這個力就不見了，很容易就脫附。這就解釋了為什麼它可以很容易的在上面跑來跑去。

那它是一個什麼力？有人說他是所謂的毛細力，但也有人說他是凡得瓦力，經過一連串的實驗證明，他事實上是一種凡得瓦作用力，那什麼是凡得瓦作用力呢？這邊是一個簡單的介紹，事實上他是一個

很近的、很近的一個作用力，什麼叫很近的作用力？就是要分子跟分子靠在一起的時候他才會有的力，那最簡單的一個例子，大家如果對化學有一點概念的話大家知道，我們用的石油、我們用的液態瓦斯，跟我們用的天然氣，事實上是同一類的化學物質，叫做烷類，甲烷跟乙烷基本上就是甲乙丙丁戊己庚辛，就是一二三四五六七的意思，就是有一個碳、兩個碳、三個碳、四個碳，那碳數越少的，他的沸點越低，就像我們一般用的甲烷乙烷就是所謂的天然瓦斯，他可以用瓦斯管就送到家裡，那丙烷跟丁烷呢？他稍微比較長一點，所以他沸點稍微高一點，所以你加壓以後他會變液態，所以它就變桶裝瓦斯。那一般我們用的油，就是家車用的汽油他是屬於比較長的，就是可能用己烷跟戊烷，就是五六七八左右，那它就變成液態的。那為什麼會造成這個差別？主要是因為凡得瓦作用力，當分子假設裡面只有兩個碳的話，他只有兩個這種互相的作用力；三個碳的話，他有三個；那越多碳的話，他這種作用力越強，凡得瓦力越強，所以就造成了天然瓦斯、液態瓦斯，跟我們一般石油之間沸點的差別。

這些是簡單的介紹什麼是凡得瓦力，那當科學家了解這種作用形式，這凡得瓦力事實上是什麼東西都存在的、什麼東西都有的，那既然這樣就不一定要用我們一般用的那個材料，就是生物體裡的角質材料，只要用一般的人造材料就可以做，只要他有奈米的結構，他就可

以做。所以呢！這邊在兩千零三年有人就用比較複雜的方式，用電子束的方式去寫出這一些一根一根的腳毛出來，那他們發覺他們可以支撐，大概小小一塊零點五公分的大小大概就可以支撐一個蜘蛛人，這部是真的蜘蛛人，這是一個玩具的蜘蛛人，大概是五十克左右。那我們自己實驗室用的是其他的方式，就是用一種所謂的奈米膜，奈米膜是一種濾紙，他表面有孔洞，你把這些孔洞灌一些鐵氟龍的材料以後，他會變成一根一根人造的奈米纖毛，那你如果仔細的去，用電子顯微鏡去看，他是很多很多根，這大概有幾百萬根在裡面，那再仔細看這每一根的大小大概是兩百到一百奈米左右，那你如果把它跟剛剛的實驗連在一起，就是做一個表面接觸角，他是一個這樣的狀態，就是我剛剛講的這個膜，可以看到這水放在上面，他實際上是怎樣？你可以看這兩個水珠在上面，這剛剛講表面接觸角很大就是這個樣子，那你如果去拿、去稍微動他一下，你看他是不是就可以很簡單的滑掉，這是什麼東西呢？

回歸到剛剛那個問題，剛剛我們事實上問了三個問題，是什麼樣的作用機制讓他那麼黏？那是凡得瓦作用力，是一個很近距離的力，他必須要很近，近到分子與分子之間的距離，所以說一般的時候他不黏，一直要當你很用力的時候、靠的很近的時候，他才會黏，那他這個力又有方向性，所以拉到三十度以後，他又會離開。那我們剛剛講，

那他為什麼它會一直保持這個黏度？主要是因為在這種表面，他有所謂的自潔淨、他是疏水的表面，所以它可以有自潔淨的功能，意思就是說他腳上的腳毛如果有經過水的話，自己會很容易乾淨。我們知道凡得瓦力是很近距離的作用力，只要中間有一點點灰塵，他基本上就不黏了，但是因為有他這種自潔淨的狀態，他就可以用的很久，壁虎可以一直用。

那壁虎為什麼只用萬分之四？主要是因為這種腳毛他有方向性，就是他必須要很近距離的接觸，一定要完全的接觸他才有，那我們知道，你不能只叫壁虎走一個方向，壁虎會隨便走，那你也不能說走的地方表面一定是平整，他可能是凹凸不平，所以表面一定會有非常多的構造，他朝不同的方向跑去，只有在接觸的那一點，只要有萬分之四接觸，他就可以足夠抓住那隻壁虎，這是在演化上它就必須要造這麼多腳毛來支撐他，因為它必須在各個方向都有，以防他不小心滑倒的時候，他隨便抓都可以抓到東西。

那用這種人造的奈米纖毛，事實上可以做成一個膠帶，這個是我們實驗室做的，你看在壓下去後，他就可以足夠支撐這隻，這隻是個可愛的 MoMo 熊，那你看做實驗的時候把這個放開你就可以看到，事實上他是可以支撐，這重量大概也是幾十克，所以只要有幾個釐米，那他就可以支撐這樣。在科學界裡面這樣的東西事實上用途是非

常廣的，因為我們知道在武俠小說裡面大家都知道，武功高的人都會攀岩走壁，對不對？那當然在軍事用途裡面，大家都希望每個軍人都可以這樣做，所以在國防工業裡面對這種研究題目是非常有興趣的，那在國外的史丹佛大學，他們運用、從這邊去 COPY 出來，去設計了一些腳毛，那麼這些腳毛比較大一點，腳毛的大小大概是在幾百個微米左右，比我剛剛講的那個大概大了一千倍。

雖然說大了一千倍，可以他們將它用在他們的實驗上就已經滿夠了，事實上真正要做壁虎你要去模仿，模仿什麼事？第一個，你要可以黏在上面；第二個，我們知道你要爬的時候，我剛剛講過凡得瓦力是近距離的接觸力，所以要把東西壓的很緊，那壓的很緊要有很多的關節，那他在設計人工的壁虎的時候，就要讓他能夠跟表面可以貼合的很緊，所以他設計很多關節，這個是比較偏機器的一個設計，這是他腳毛長的樣子，他比較大一點，你看他斜一邊，他是有方向性的，那這邊是從網站上 Download 下來的一個影片，這是他們做出來的機械壁虎，那這個腳大家可以看到，這壁虎就會向上爬，如果大家注意一點看，他會掉下來，在這邊的時候，有沒有？稍微彎個方向、稍微彎一點，他就掉下來了，為什麼？主要是因為它的腳毛做的這麼大，所以他有個方向性，生物體裡的腳毛雖然有方向性，可是他是四面八方的，所以要做的很小，四面八方所以他都是可以爬的，這個只能爬

一個方向，而且要在平的表面，目前做出來的這些壁虎，你看他爬的很玩對不對？他爬的方式就在模擬要怎麼很均勻的壓到表面上，所以他可以這樣黏上去；那這邊是另外一個除了壓克力板以外，這是白板，他也可以爬得上去。

事實上這不是一個通用的，真正通用的就是我剛剛講的，就是要怎樣？腳毛要很細，各個方向都有，你就不只一個方向，打仗的時候你不可能說叫你的敵人把它的牆壁都做的很平，你就爬的上去，對不對？這個是腳毛根表面接觸的時候他有一個方向，只有這個方向的接觸他才會有力、才會吸附的上去。

那我剛剛講過，這種東西不只在壁虎裡面有，事實上呢！在蜘蛛裡面也有，這是蜘蛛的一種，那蜘蛛的作用力就比較複雜了，蜘蛛跟壁虎稍微比較多樣，因為壁虎的種類有很多，我們自己在做實驗的時候我們發覺我們用的壁虎，是台灣種的壁虎，跟人家做實驗用的壁虎又不一樣，人家做的壁虎說腳上沒有吸盤，可是我們的壁虎拿起來一看，他腳上有吸盤，不太一樣。那事實上蜘蛛呢？蜘蛛他有不同的方式，有些蜘蛛他腳上會分泌東西，那他所用的機制就不只是只有這種用腳毛的接觸力，他也有可能是用分泌物跟表面的一些黏滯性。

那從蜘蛛我們當然就可以想像，這個就解決了為什麼會有所謂的蜘蛛人，我們已經知道用這種腳毛就可以讓蜘蛛人很隨意的，我們當

然也想說哪一天我們也能每個人都買一套，這種用人造壁虎腳毛做出來的蜘蛛裝，我們可以到處的爬。那當然蜘蛛人有另外一個很重要的一個東西是什麼？就是他的蜘蛛絲，對不對？他爬，他還會吐絲，他是用這些絲來怎樣？大家如果有看電影的話蜘蛛絲是用來幹什麼的？他在跑、在跳、在穿越不同的高樓大廈的時候，他是用這些蜘蛛絲去黏住，然後支撐住它身體的重量，他可以在不同的大樓之間跑來跑去。所以這個蜘蛛絲呢？他也是一個很好玩的東西，那我們這邊講蜘蛛絲我們在自然界裡面，蜘蛛有珠絲對不對？那蜘蛛絲是拿來做什麼的？蜘蛛當然是用它來捕捉獵物的。那這蜘蛛絲事實上是滿細的，大概跟頭髮一樣，我們看的到，但是裡面有更深層的結構，等一下會講。

那蜘蛛他的網子有多強？我們知道當你蜘蛛在捕捉獵物的時候，獵物通常是在飛的，對不對，所以獵物是以很高的速度朝蜘蛛絲撞上去，那當然蜘蛛絲的強度要強到獵物不會把網子弄破呀！對不對？所以蜘蛛絲有很好的韌性，那事實上科學家去做實驗、去發掘，發覺到什麼？蜘蛛絲的強度可以強到什麼地步？假設我們把蜘蛛絲的直徑做到跟鉛筆一樣粗的時候，他可以幹什麼？事實上它的強度是有辦法把一個飛行中的七四七噴射客機整個把他攔下來，而知蛛網都還不會破，所以他有這麼好的一個強度，那為什麼會有這麼好的一個

強度？那就是因為他有多層次的一些奈米結構。那我們知道，蜘蛛在分泌這些東西的時候就是要靠細胞來作用，就是靠一些內分泌系統來作用，那當然內分泌分泌出來的東西是什麼？很簡單！人類和動物也可以製造的大部分就是蛋白質，所以這蜘蛛絲就是一些蛋白質所構成的，那這些蛋白質它可以分成所謂的疏水跟親水的部份，那因為親水跟疏水的部份不一樣，一結合呢！蜘蛛絲會自己在奈米的尺度裡面會繞成一圈，然後繞成一圈以後他又會再多層次的再多繞很多圈，繞了很多圈以後事實上這是這樣子一條的蜘蛛絲，所以他等於是一個多層次的結構，所以你拉會有很多層，所以他韌度很強。

那這麼強的韌度他可以幹什麼？當然最主要的我們會講這些東西，就是因為他有所謂超人的表現，所以大部分的用途都還是在軍事上的用途，比如拿來做什麼？現在當然是都還沒做啦！因為他有一個極限，有一個限制，什麼限制？蜘蛛絲的產量很少，你要養很多蜘蛛，事實上要取一點的蜘蛛絲是很難的，要做成這樣的一件防彈背心的話，可能你要養成千上萬隻蜘蛛，然後再把它蜘蛛絲拿出來織成這樣，這是一個很不具有經濟價值的作法，那假設可以做出來的話，他可以做成防彈背心，那他當然可以做一個防砍的手套，就跟我們以前講的空手奪白刃一樣，就是用這個手套直接接住，不會去傷害到你。

那最近他們有一些產品想要上市的，就是像這種釣魚線，那他的

好處就是說除了韌度比較好以外，一般的釣魚線都是用人造纖維做的，人造纖維做有一個壞處，大家知道是什麼壞處？就是他是不環保的。那蜘蛛絲是怎麼做的？蛋白質，也就是胺基酸，對不對，那胺基酸事實上在自然界你把它丟在那邊，他自然就會被一些微生物吃掉，所以他是所謂的綠色材料。這一些生物界的材料如果說很便宜的話，你當然可以拿來做強度很高的塑膠袋呀！對不對？做一些類似碳纖維的一些材料，他主要的一個問題在哪裡？蜘蛛產的蜘蛛絲亮雖然很多，可是你真正一根一根把它弄出來的時候，他是很少的，那科學家就想到一個方式，什麼方式？用基因改造的方式，用基因改造的方式他把蜘蛛產蜘蛛絲蛋白的這段基因移植到羊的身上，羊的哪裡？羊的分泌系統，在產羊奶的時候，那他順便就產這些蛋白質，所以用這個的話，你只要養羊，然後再擠他羊奶，從羊奶裡面就有這些蛋白，那當然這是已經做出來了，但是離實際上真正的商業價值還有一段距離，因為除了把蛋白質弄出來以外，還有一個很重要的就是說，蜘蛛絲之所以會有那麼強的強度，是跟他的結網，就是從蛋白質變成蜘蛛絲的這個過程哩，噴出來成型的過程裡面，他有所謂的最好的晶體相形，目前還沒有辦法真正製造，雖然說有蜘蛛絲的蛋白，但是沒有辦法把蜘蛛蛋白變成蜘蛛絲，所以說現在還沒辦法用，當然假以時日，應該是還滿有用的。

那我們一般用的，比較大規模在用的是什麼，是蠶絲對不對？我們以中國來說從嫫祖開始，他們就已經知道要怎麼用蠶絲來織衣服、做紡織，那為什麼不用蠶絲？主要是因為跟蜘蛛絲比起來，蠶絲的韌度不夠，科學家做實驗過，這是一個蜘蛛絲，拉的越長，拉的線越高的話表示他的韌度越好，越不容易斷，那這個是一般的，從繭裡面拿出來的絲，所以最近科學家發覺，事實上這個絲的強度，蠶絲的強度跟蠶在吐絲的過程是有關的，科學家就閑閑也沒有事，就把蠶放在不同的速度的儀器上面去量，讓她吐絲的速度不一樣，他會由慢到快，一般蠶吐絲的時候他的頭會這樣移來移去、移來移去的在吐，那他們用科學機器去控制這個速度，他們發覺事實上在不同的速度下，蠶絲的韌性可以大幅的提高，這是蜘蛛絲，大家可以看到，大幅的提高，本來在這裡現在已經提高到這裡了。所以搞不好哪一天喔！把這些參數都抓對的時候，它可以跟蜘蛛絲一樣，那我們已經知道怎麼樣利用蠶絲，大規模的養殖蠶絲，那用類似的方法讓他可以織出跟蜘蛛絲一樣強度的，用它來做一種新的材料。

當然這是靠生物的是比較難的，在目前學界在發展的是另外一種材料叫做奈米碳管，那奈米碳管事實上他是一種用碳，也可以說是用碳纖維的一種，那他是一個奈米的結構，有單層的也有多層，最近已經有人可以把它織成線，你要真正可以用要先把這些做成絲，因為這

些奈米碳管很短，你要有辦法把它變的很長，然後可以變成線，那他就變成纖維，只要可以變成線的話，就很多的材料可以拿來用，他的韌度事實上是非常非常的高，比已知的鋼鐵都還高，那他的密度又很低，所以他很輕，那他可以拿來幹什麼？一個人類的想像就是說，剛剛我們講說我們可以自由的進出外太空，可是還是要藉助這些飛機呀！太空梭呀！但太空梭很貴呀！對不對？有沒有什麼方法，很簡單的方式把人送到太空去呢？至少把人造衛星送到太空去，最近有人提出來，就是用這種方式，我把它叫天梯啦！那是可以登天的一個梯子喔！那他事實上是一種電纜，原理很簡單，小朋友在玩常常比如說拿一條線，綁上一塊石頭，然後在那邊甩，對不對？那個石頭是不是會被甩的很直？就是線被甩的很直，對不對？那基本上呢！地球他本身就是一直在做自轉，那假設我們綁一條線，上面綁了一個重物，那他就很自然的把它甩在地球外面，這樣在跑，就好像我們在甩石頭一樣，他會跟著地球一起跑。

那這樣有什麼好處？假設我們這樣做的話，我們就於有一根線，我講天梯，我們有一個梯子，你只要這個線一直是到外太空去，大概才一兩百公里長而已嘛！那你在這上面就做一個梯子，就跟電梯一樣，這技術都已經有了，把這做一個電梯，然後用機械的方式就這樣爬上去。我們現在要發射人造衛星的一個困難的地方在哪裡？一個最

麻煩的地方在哪裡？最麻煩的地方在於，要把東西送到外太空的時候要有一個脫離速度，要脫離地球軌道的一個速度，那個速度必須從靜止的狀態加速到很高，我們看那個太空梭也好、火箭也好，前面幾截的火箭燃料都是用來擺脫地心引力的作法，那用這種方式就不用，因為你不需要一個所謂的起始速度，你就只要用機械的方式，就好像我們坐電梯一樣，把它拉上去就可以了，順著這個拉上去。那唯一的問題在哪裡？就是這個強度要非常非常的強，這個強度已知的材料並沒辦法做到，那現在講說這個奈米碳管就有可能，假設它可以大量生產的話，就可以做為這個用途。那當然，剛剛所謂的蜘蛛絲，他的強度也是這麼強，假設有辦法可以收集到這麼多蜘蛛絲的話，他當然可以做一個天梯。

好，那我們再換一個題目，就是講光子晶體，什麼是光子晶體？我剛剛在一開始有講到，在生物體裡面有一些結構，我們一般看到東西有顏色，為什麼會有顏色，主要是因為光線打在我們身上，反射出來讓我們看到，散射也好還是反射也好，我們看到那個光跑到我們眼睛裡面，對不對？那我們看到鏡子他是全部的光都反射出來，可是如果全部的光都被反射的話你會看到什麼光？就是白光，也就是太陽光嘛，對不對？在這邊因為有這些週期性的結構，在蝴蝶的翅膀上，或是這些各式各樣的石頭上面，他有大小一樣，週期性的結構，他就變

成好像光柵一樣，它會繞射，因為他這個結構跟光的波長大約相等，它會產生所謂的干涉的一個現象，所以他在某一個角度會有一個特別亮的一個反射，對於某一個特定的波長來說，所以說我們在某一個角度看會有一個特定的顏色。

那用這個可以幹什麼用？事實上我們實驗室做的，你把這些奈米的東西，我們用保麗龍球，保麗龍球是什麼顏色？白色的，為什麼是白色的？因為它會散射所有的光，所以所有的光散射以後他就變白色的，事實上妳如果買保麗龍球，你去看他結在一塊的時候，它一樣也是白色的。但是用奈米的科技讓這個球每一個都一樣大小，而且一定要這樣整齊規則的排列，排列整齊的話你去看他的顏色，怎樣？不一樣了，它的顏色會不一樣，但材料是一樣的，所以他的顏色並不是材料本身所發出來的，而是因為材料大小的關係所造成不同的散射，干涉性的散射影響，你看到的會有不同的顏色。

那在我們的實驗室裡面實際上是拿這個東西，你看這是一個球，這不是奈米的球，這大概是微米的球，它一個一個堆，它堆起來以後就跟這個一樣，它本來沒有顏色，堆起來之後就有顏色，然後乾了以後就變成一條一條的光子晶體，在微流體裡面。那他可以幹什麼？事實上妳可以想想看喔！這是一個很亮的一個東西，它的反射度很高，那我們直覺的一個想法，它既然反射度很高，它的反射度大概是百分

之五十左右，所以光打上去百分之五十只有一種光會跑到你的眼睛裡面，很直覺的想法，可以拿來幹什麼？可以把它拿來當一種顯示器，我們目前的顯示器他的作法是怎樣？目前的顯示器，像我們用的電腦也好，電視也好，舊的電視是靠電子束打到螢光板上，發出螢光，所以你可以看到他的亮點；新的液晶電視他是後面有背光板，後面有白光，然後用不同的濾鏡去把它打開關掉、打開關掉，你可以看到顏色的切換。

那這種呢？變成不需要光源，在自然光之下它會反射，直接反射出你要的光，那假設你可以控制這個，控制它的排列方式，你就可以做什麼？可以把它做成一本書，就是類似的電子報、電子書一樣，你把它放在比如說一張紙上面，那他就會反射各式各樣的顏色，而且是你要的顏色，所以他就等於是跟一般的書是一樣的，你照光下去它會反射出彩色的、各式各樣顏色的畫面，事實上妳只要用三種一般我們所說的三原色，紅光綠光跟藍光，用這三種顏色就可以有全彩的一個效果。

那除了這個以外呢！他最重要的一個用途是在哪裡？是在光通訊上面，光通訊有兩個要素，我們一般打電話以前靠的是微波，那現在都是靠光纖，那光纖要傳送有兩個要點，一個是要靠雷射，有光源、然後有光纖，光纖的好處就是他的頻寬比較寬，可以載比較多的東西

在裡面，所以容量比較大。那用這一些光子晶體的設計，它可以變的損耗比較低，然後它可以做成高強度的一些雷射，所以在光通訊裡面，目前看起來他在光通訊的用途裡還滿廣的。

那接下來講的是昆蟲的複眼，我們知道這是一個蜻蜓，蜻蜓假設你把它近近的一看，它是很多的小眼睛在上面，那他跟人類的眼睛有什麼不一樣，人類的眼睛就很簡單的，你可以用你的肌肉去拉這一塊晶體，然後這塊晶體拉的大小就可以去調焦距，那他成像在視網膜上面，我們的好處是我們可以看很高解析度的。那昆蟲不一樣，昆蟲有什麼不一樣呢？它上面每一個每一個小點，所謂的偵測器、一個眼睛、小眼，這個小眼這樣下來，那他可以在這邊成像，這個是一個是神經細胞。那人跟這種昆蟲的複眼比起來，有什麼好處跟什麼壞處？

人的好處就是解析度高，可是人看東西雖然解析度高，但一個壞處是什麼？他的反應時間慢，所以我們眼睛很容易騙她，怎麼變他？我們只要把東西閃夠快的話，比如說每秒二十四張，我們就會把它誤認為是連續的東西，對不對？那動物就沒有這麼笨了，為什麼？因為你想想看，這些昆蟲他的天敵是什麼？有一些東西要吃他，它並不要看清楚它長什麼樣子，它要的是反應的速度，而且是方向。人看的視力也很窄，大概只能看前方，有些昆蟲是可以三百六十度都可以看得到，像這些清停事實上都還可以看到自己的翅膀在飛的樣子，那為什

麼要這樣？因為你的天迪可能會從四面八方來攻擊你，而且以很高的速度來攻擊你，所以在演化的過程裡他的設計是怎樣？他的設計就是我要反應快！而且我要看的很廣，它才不會被吃掉，是不是？所以他的一個好處就是反應時間快，事實上它一秒鐘大概可以看到一兩百張到一兩千張，看是哪一種昆蟲，它都可以看的到。所以我們看到的是連續的東西，它看到的是一張一張的，那他的壞處就是他解晰度比較差。

一般來講，成像的原理是，人類有兩個眼睛，兩個眼睛看東西的話，它從兩個眼睛的差別可以判斷距離、大小、顏色，經過腦的一個訓練，它可以有這樣的效果。事實上人是一個很奇怪的一個動物，每一個動物都是有很特殊的地方，人在看東西的時候有時候是看那個形狀，你會有一個學習的過程，常常我們看書看的很快，並不是真的一個字、一個字去看，而是一塊、一塊去看他，一塊一塊去看他就是因為已經習慣了，可能說我們看一篇文章來講，我們會讀到前面就會猜到後面，就在腦子裡面會猜他後面要寫什麼，那你看到了就會看到什麼，事實上如果你仔細一看，裡面如果把字換掉，你還是會看到你想看的東西，而不是書上的東西，人的腦是會受過訓練的。

用這些東西，事實上從自然界裡面去學習的東西，有人就在日本做出來，它簡單用九個類似數位相機的偵測器，它照九張，用這九張

裡東西的距離差，它可以算出他的距離。以前在科學界裡面已經大概知道複眼的用途，以及他的功能，可是很難做的出來，那最近呢！因為它是三維的結構，我們知道一般做微奈米的製程都是二維的結構在做，三維的結構很難做，而且他又很複雜。那最近在柏克萊大學她們有做出用一些比較複雜的方法做出複眼的仿升結構出來，那他的用途在哪裡？最主要的用途就是做什麼？我們現在台灣大街小巷都有什麼？不是都有那個監視器嗎？監視器妳們看到她搖來搖去對不對？那現在用這種方式做的他就是一個一百八十度或三百六十度，一次就看完，一次就看清楚，就有全景的，那就不用轉來轉去了，是不是？這就是目前的一個發展。

好，那講了這麼多呢！最後就跟大家分享一下，事實上呢！跟大家討論這麼多有關生物的一些特性，有關生物一些從裡面了解的一些原理，最後做成一些很好的一些應用，那最主要的除了觀察、了解，然後我們提出理論以後，還要靠一個是什麼？想像力。這是大概一九五幾年出的一本小說，這個小說裡面他描寫的中文好像翻成『聯合縮小軍』，好像是，它是描寫說有一群人把它縮小，縮的很小了以後爬到血管裡面，然後在人的血管裡面作周遊列國，在人的血液裡面去循環、去看、去修復，人的一些比如說哪裡有疾病，那當然這種技術在目前為止，在科學界裡面是比如說，我們大家做個內視鏡，是可以看

到消化系統的內部看的很清楚，問題是怎樣？問題是他很大，對不對？在吞胃鏡的時候，在做大腸鏡的時候很痛苦，在目前因為有奈米科技的關係，所以已經可以把這個內視鏡把它做得這麼小，這個大概跟藥丸的大小一樣大，那裡面有一個照相機或是攝影機，那你吃進去的時候，它可以怎樣？它可以在你身體裡面紀錄。

那這個東西可以跟剛剛那個複眼合在一起，因為這樣我們看就只有看前面而已，假如說我們可以看三百六十度的話，把他吞進去看三百六十度的話，事實上它可以把你身體，至少在消化系統裡面的一些情況都可以很清楚的醫生講。那這邊的設計就是說裡面有偵測器，還有一些微波的通訊把她送到外面來，即時的就可以看得到。那當然這個還不是真的很完整。我們知道在生物界裡面，有一個很重要的東西，叫做病毒，在演化的過程裡面他是一個很簡單又很複雜的東西，它很簡單，這東西簡單到他只有一兩種蛋白質還有一個 DNA 或 RNA 在上面，可是呢！他本身不會複製，它必須要去入侵他的宿主，就是細胞，然後把他的 DNA 放到裡面去，在這過程裡面呢！它可以再複製自己，它效率非常高，因為他效率高所以大家都會一年得個一次流感，就是因為有這些病毒產生，那你得了之後，你的家人很可能得，這表示什麼？傳染率很高，對不對？那甚至是有科學家在想是不是可以用類似的方法達到剛剛想要做的事，就是用這些微小的生物去做一

些治療的工作，比如說我們有聽過基因的治療，那就是說讓她去認我們想要的細胞，例如我們有癌細胞，那我們就讓這病毒去認那個癌細胞，然後把這個基因或是藥放進去，讓她去殺死那個細胞。

我們知道我們現在治療上，就是一般我們所說的化療裡面最主要的一個問題，就是化療有很大的一個副作用，為什麼？他除了癌細胞殺死以外，它還會把一般的細胞也殺死，所以副作用非常大，那當然最近有所謂的標靶療法，事實上就是跟這個很像，它只會去認那些你不要的細胞，就是癌症細胞。那同樣的用同樣類似的病毒事實上有人在做，它把病毒挖空，然後把你要的藥放進去，讓他去認細胞，這種是以前做的基因療法，事實上科學家發覺這種療法有潛在的一個危險，它的危險在於什麼？在於病毒本身它會引發一連串的免疫反應，那病人可能就會死掉，為什麼這方面的研究被人喊暫停就是因為在第一次的臨床實驗的時候，造成了一個年輕人的死亡，就是用這種方法。那當然科學家在過去這幾年用奈米材料不斷的在演進，目前就是有辦法不要用這些病毒，然後在這裡面，它門把各式各樣的所謂元件，比如說我要認這個細胞，就把認細胞的元件放在奈米材料上，把藥放在奈米材料上面，最好他能夠讓你把你要的地方顯現出來，比如說現在有一些超音波的顯影，或是核磁共振的顯影，靠類似的一個作用把它顯影的效果增加。

當然最後我們還是希望所有東西都可以微小化，當然人是不可能被縮小到那麼小，至少我們是不是可以跟剛剛這一個在上一張我們講到的，把所有的東西都做在一個很微小，可能大概只有比一個釐米還小，我們吞起來都沒有感覺的，那他可以自由的用外在的電波去操控它要到哪裡就到哪裡，然後讓他自己來做治療，這是我們提供給大家一個參考，就是說可能這是未來的一個仿生科學的演進，一個發展的方向，最後在這邊謝謝大家，謝謝！



**主持人：祥景精機股份有限公司 黃政修 總經理**

我們非常感謝陳博士今天的精采演講，也非常感謝各位來賓參與本次的活動，現在是 Q & A 的時間，我們留給學生優先，美依個人一分鐘為限，然後我們有精美的紀念品送給發問的學生和貴賓，我們開始 Q & A 的時間，請各位多多發問，謝謝。

問：你好，我要問的是你剛剛講的壁虎牠腳的結構，那如果我們用水來做實驗它會有自潔的功能嗎？然後你還有講到他腳大約是三十度左右可以讓那個力量消失，實際上那凡得瓦力是怎樣？因為你只有說到他的腳毛有各個方向的排列，我們不曉得他排列是怎麼樣，那麼三

十度是產生什麼樣的效果，為什麼讓凡得瓦力有鬆開消失的情況？大概是這兩各問題，謝謝。

答：好，第一個問題，這問的很好，這問題就是說，事實上在壁虎的腳上那些腳毛的構成是一種角質，牠事實上是一種疏水的材料，那牠疏水的材料加上奈米的結構，牠本身就會有很高的接觸角，所以就會有自潔的功能，這就



是壁虎為什麼可以很容易的這些壁虎的腳毛去吸附東西，而且他一輩子都不會壞掉，可以週而復始的用，因為他有自潔的功能。

那第二個問題就是角度的問題，事實上凡得瓦力並不是一次就把它拿掉，我們這樣想好了，就是你九十度要一次把它全部拿掉的話，就是你要用很大的力，對不對？你需要所有的力，可是你如果彎個角度的話，事實上他一次只拿掉一點點、一點點這樣拿，那這樣的角度剛好就是在三十度左右，就是你剛好這樣一點點一點點拿掉的話，拿掉的力就不用那麼高，所以你不是一次把它全部拿起來。因為掉下來時是一次整個拉下來，所以它可以撐的很多，可是你要移開的時候是慢慢的移，一個一個的，那他事實上只要你稍微離開一點點，那個力

完全就不見了，所以他就是為什麼可以這麼快的就跑來跑去，牠只需要稍為離開一點點，所以你可以想像，我想這跟生物的演化，跟自然界的道理剛好都是很吻合的，你走路剛好也是這個樣子，所以我覺得那都是剛剛好的，牠剛好就是這樣走，所以他發展出來的大概就是這個角度。

問：我想問的是，奈米他是單位很小的一個東西，那他製造出來東西，像那些雨傘、衣物，那他在資源上是不是有辦法可以再作回收或再分解嗎？



答：基本上這個東西，奈米這種東西是一個單位，那我剛剛跟大家有講到就是說，生物體的基本單位是什麼？物質的基本單位是分子，學物理的說是原子，都無所謂，原子、分子他的大小是多少？奈米，原子大概就是次奈米，分子也大概是小於一個奈米，所以我們看到所有東西他的組成都是這麼大，你把它燒掉以後，牠也是這麼大，就是說一般如果是碳氫化合物的，也就是有機化合物，你把他燒掉以後，他會變成水跟二氧化碳，對不對？所以基本上，他再利用的方式跟一般的物質是一模一樣的，就是說你把那些材料跟一般的材料是一樣的，只是說他可能在表面上比較具有奈米的結構而已，那這些結構你把它

融在一起他就不見了，那可能要用化學的方法，或用物理的方法，再把這些結構做出來而已。所以他基本上還是一樣的材料，只是他表面有不一樣的結構，他並不是新的東西。

問：教授你好我想要請教一個問題，剛剛講這個奈米科技都是正面的，有沒有對我們人類負面的影響？謝謝！

答：當然，這當然也是有，就是說這個東西事實上是存在已久的，這並不是說他的負面影響，這是所有的東西都會有這樣的特性，那奈米科技當然也是這樣，我們第一個講的就是粉塵，粉塵以前在工廠製造時就會有的一些污染，那當然把很多的東西奈米化以後，他更小了，這方面的污染大概會更嚴重。

那另外一個就是他很小，所以他很容易的被細胞或是被身體吸收，那吸收以後如果說是一般已知的物質都還好，那如果是未知的，就是他本來不會被吸收而被吸收進去的東西，他可能對身體會造成一定的影響，那目前呢！在世界上也開始有一股聲音就是說要正視這方面的影響，一般看起來在細胞層次上的研究，這些奈米物質或多或少都是有毒的，那主要是以前當他是很大的時候，細胞看不到他，因為太大了，細胞跟他也不會接觸，可是在他變小了以後，它會跑到細胞裡面，那就可能會造成細胞的傷害。

那事實上最近發展了一些奈米材料，大家都一直在測試他的一些毒性，那發覺很多的奈米材料，基本上不是現在才有，以前也用過，比如說『金』，金以前有用過也，奈米的金以前有用過作一些治療，在做沙眼治療的時候以前也用過，這用了幾十年了，那這些東西最近有發現，以前的人用這些藥品的時候都不曉得，那累積了到二三十年以後突然發現這些藥品，因為金跟銀這些東西不是有機物，所以他在細胞裡面不會被代謝掉，他可能會累積，那在有一些狀況下，在一些報導裡面發現，大概二十年後會有一些晒光會在表面重新的出現，因為我們知道物質不滅，你沒有把他排出去他一定永遠都留在你的身體裡面，金至少是相對穩定的一個東西，那他的影響目前還不是很清楚，只是說你有一個未知的東西在你的身體可以存留二十年，想起來是滿恐怖的，可是假設這二十年都沒有事的話，那可能在另外一個二十年都不會有事，所以目前就是要再看。

這種跟人體有關的東西都要看很長的一段時間，可能要十年二十年的研究，所以有很多東西會被禁，並不是說他一定有毒性，而是因為它會在人體裡面殘留很久，那他的一些效果我們並不知道，就好像 DDT 一樣，DDT 在過去他是被禁止的，因為科學家發覺 DDT 這種東西它會存留在人體裡面很久，可是最近呢！又有一股聲音開始要用 DDT，為什麼？因為他去衡量，如果不用 DDT 的話，他殺蚊的效果

很差，他可能在人體停留二十年，可是你如果不把這些蚊子殺掉，對那些第三世界的國家來講，他所造成的大規模傳染，所造成的死亡率會比再人體裡存留二十年、三十年傷害更大！所以這可能是公共衛生政策上，做決策的人所必須要去做的一些事情，那科學家可以做的就是跟你講有哪一些可能的影響，那真正要看到這些影響都是要做十年二十年長期的研究才知道。

問：博士你好，我想請問一下目前有沒有仿生物質用來製造電腦CPU，用來取代矽晶材料的，目前研究的情況是如何？那就你所知是否可以分享一下？謝謝！

答：這個問題有很多的層次哦！仿生的當然大家都有在做，那因為CPU這個東西有很多各層次，第一個是材料的層次，材料的層次大概比較難一點啦！因為在目前半導體用的這個東西，經過二三十年的發展，這個比較難一點。可是再比



較高一層次就是說，我們這樣問好了，電腦可以做的，人腦很多都可以做，那人腦跟電腦事實上各有各的優點，對不對？有很多的科學家

事實上是想要從人腦或動物的一些行為裡面，去把他的行為模式理論做出來，看有沒有辦法用那種模式來做出新的電腦概念，就是一些比如說軟體的執行概念，比如說我們以前看到的一些所謂的人工智慧的東西，以前有大約聽過類似 Fuzzy 的那種概念，像我剛剛講的那個圖片的一個概念，事實上目前都發展的滿不錯的，單一單一拿出來講，比如說我們人眼睛對視覺辨識的能力，還有對聽覺的辨識能力，這個都有人在做，廣義來講這都是仿生的的一個部份。

問：陳教授你好，我很喜歡科技，其實我不是科技人，但我對今天的



主題有幾點看法，就是科技我想最主要還是對人類的極限能夠取代，那你今天有談了三項重要的主題就是仿生壁虎，還有蜘蛛，又提到基

因改造跟奈米，那最後你提到殺死癌細胞這個部分，那我的問題就是，他有沒有可能更簡單，譬如說人造複眼，你剛剛提到它可以製造像照相機這類的，他有沒有更簡單？就是製造成眼鏡，讓人類也可以三百六十度，有沒有可能？我希望工研院能夠有這樣的課題，他能夠更簡單，可以減少生活危機，然後提升生活上的便利，取代人類的極限，因為小小的動物它可以三百六十度，那人類這麼高明的動物怎麼

只能看到前方呢？是不是有點可惜？還有談到那個癌細胞，這個化療的部份，你剛剛提的不曉得進行到什麼程度了？如果他能夠辨識病毒細胞跟可用細胞，這個是人類非常大的貢獻，因為癌細胞隨時都存在的，如果發生癌症的人能夠有這樣子的智慧出來拯救的話，我覺得這是人類非常大的貢獻，也是科學能帶給人類最大超越極限的部份，那希望能得到一些解答，謝謝！

答：好，謝謝，事實上呢！就科學的發展來講，最近的演變我們就人類的歷史來看，最近這一百年，或是過去三十年是非常快速的，可是即使是這麼快速，很多東西都是需要時間的，時間是一個很重要的因素，因為要一個題目剛剛開始就出來，像我剛剛講的這些東西，剛開始丟出來的時候，事實上看到的人，看到的科學家都很侷限。事實上很多的事情，尤其像這種仿生的東西是很複雜的，需要各種各式各樣的人來做，比如說我剛剛講的壁虎，他可能需要有生物學家、數學家、物理學家、化學家，還有工程方面的人，可是你要把這些人聚集在一起去研究一個題目，本身就不是那麼容易的一件事情，因為每個人在每個人的專業領域裡面都有自己要做的一些事情，除非這些事情，就是那個題目的重要性已經必須大到集合所有人的力量來做。

那很多的東西都需要時間，尤其是跟人有關聯的，我們剛剛有談到一個問題就是，奈米東西的危害，那他有很多好處，也有很多的壞

處，你怎麼知道這些好處怎麼知道這些壞處？都是需要時間來證明，剛剛講的這些治療方式，比如說標靶治療，目前都是在實驗的階段，我們知道有關人體的實驗，就是這些治療，至少都要十年以上，你不可能說今天我做實驗，吃了這個藥，一個月有效、兩個月有效，他就是有效，並不見得喔！有時候他還會回來，有時候要看人體的實驗，就是癌症病患的治療，他常看的是三年的存活率、五年的存活率，所以你做完一批實驗，講的很殘酷的一點就是，可能等到這些人都不在了以後，你才有辦法有這些實驗結果。

要累積多少的資料，你才有辦法跟人家講一個完整的故事，所以有關人類疾病方面的治療非常非常的緩慢，不是在於發展的科學家或發展的技術上太過緩慢，而是在治療的過程所需要累積的這些知識，他就是要那麼久，尤其是我剛剛講的長期的這些金吃下去，他對人體的影響可能不是十年可以看到，也可能不是二十年，在以前可能沒有關係，在以前平均壽命可能只有五六十歲，對不對？我現在幫你做個治療，讓你延長壽命五年十年你就很高興了，可是人的壽命是慢慢地、慢慢地增加，一直到七十歲、八十歲，你可能四五十歲開始治病的時候就會開始考慮到這個治病的副作用，是不是會持續三十年、四十年？以前大概只要讓你維持十年，大概就很高興，可是隨著人類平均壽命的延長，這些問題都必須要考慮進去，所以在這方面是相對的

緩慢，那再過去的二十年中，事實上在生命科技裡面有很大的一些成果，很多的一些成果，只是這些成果要看到它真正在市場上，在醫療的用途上，可能真的要等到一段時間，主要都還是要看這一些成果他所帶來的真正的效用，五年的效用、十年的效用，那我覺得就是說這個真的是要有一點耐心來等這些成果。

