

## 科學筆記（一）

孫維新

聯合報 名人堂（2008.10.23）

### 仰觀蒼穹四百年

亙古以來，在靜靜的黑夜裡仰觀星空，就是一件令人著迷的事情。先民們長期觀測日月星辰的運行所累積的知識，逐漸形塑了早期的宇宙觀。這個宇宙觀隨著天文新知的發現不斷修正，但是在西元1609年，人們對宇宙的瞭解產生了革命性的改變！這個改變，來自於望遠鏡的發明。

玻璃透鏡的研製早在十四世紀中葉就已開始，到了十七世紀初期，組合不同的透鏡作出望遠鏡的知識在歐洲已經逐漸普及，相關記載第一次出現是在1608年9月，德裔的荷蘭眼鏡商漢斯·利柏黑（Hans Lipperhey）向當時荷蘭的執政者申請望遠鏡的專利，同時作了一些雙筒望遠鏡分送執政大公，以爭取這個無限商機。雖然最終這個申請仍被駁回，因為已經有太多人知道了製造的方法，但是這個新奇的「玩意兒」已經普遍流行。不過望遠鏡在當時只是王公貴族眼中的奇技淫巧，主要用途就是看隔壁，但是當這個製造技術傳到南歐，義大利天文學家伽利略（「伽」字正確的讀音為「ㄍㄚ」，請廣為宣傳）很快就在自己的實驗室中做出了改良版，將原先不過三倍的放大率改進為三十倍。第二年，也就是1609年，伽利略將他手製的望遠鏡轉向夜空，就是這個簡單的動作，開啓了現代天文觀測的先河，拓寬了我們的宇宙眼界，豐富了人類的知識寶庫，其貢獻不亞於兩千年前的蔡倫造紙。也就在這一年，天文學才真正成爲一門現代科學。

伽利略使用望遠鏡觀察太陽（錯誤示範，請勿模仿），看到了黑子的出現和消失，也從黑子的移動發現了太陽的自轉，知道太陽是一個變化中的天

體；他又觀察了月球，發現月表其實佈滿了火山口和隕石坑，和原先以為的光亮平滑完全不同；他將望遠鏡轉向木星，發現了木星的四大衛星，令他驚訝的是這四個衛星竟敢不繞著地球轉，而去繞著木星轉；而最令他感受震撼的，是當他將望遠鏡轉向銀河，發現原先薄霧一片的「牛奶路」，竟然化作萬千群星！這些望遠鏡筒中的畫面，在在都尖銳地挑戰了兩千年來希臘哲人一脈相傳的宇宙觀。

自此開始伽利略深信地球環繞太陽的「日心說」才是正確的，出書闡述，但結果卻是在宗教法庭上低頭認錯，承認他大力宣揚的理論其實是「異端邪說」，然後被護送返家，終其一生軟禁在家閉門思「過」。當他回到家中的那一刻，他抓過紙筆，寫下了幾個字：「但是地球確實在動！」，以表達心中最深沈的抗議。有人不能接受伽利略在法庭上的俯首認錯，認為他大節有虧，但是伽利略若不屈服於當時的「正統」學說，很可能就會重蹈同時期的布魯諾送上火刑架烈火焚身的命運。我們又有誰能夠評斷他的取捨？思想和知識超前同儕固然可喜，但所要付出的代價常常就是孤獨和悲涼！

從這個例子我們可以看出科學的一個原則，就是「容忍異見」，我們可以不同意某一個人的學說，但是絕對不能壓制他發表自己學說的權利，因為我們不知道何時何地科學又會開啓新的視野！

明年一整年中，全球一百二十多個國家會舉辦多項活動，回顧望遠鏡發明四百年來的重大貢獻，同時緬懷為科學信念獻身的諸多先賢，台灣在這場全球盛會中也不會缺席，我們誠摯地希望您能走出戶外，在各項活動中和其他人相遇於星空之下，重新認識我們廣漠而神秘的宇宙！

您一定能幫得上忙，至少，從今天開始，讓我們把「伽」（ㄍㄚ）字唸對吧！

聯合報 名人堂 （2008.12.7）

## 科學發現的喜悅與哀愁

因為開會的關係，我來到了義大利翡冷翠，這裡是歐洲文藝復興的搖籃，也是現代科學萌芽的苗圃。

周五晚間在「展望」系列中聽了王道還兄的精彩演講：「一文錢難倒英雄漢」，他以伽利略和達爾文為例，討論科學家的貧富狀況對他們處世態度的影響，也提到了伽利略在翡冷翠製造望遠鏡，獻給梅迪奇親王的故事。演講結束後我上了午夜的飛機，週六中午就抵達了翡冷翠。到了旅館放下行囊，馬不停蹄前往翡冷翠西邊的另一個城市——比薩。兩個多小時之後，我已經站在比薩斜塔前面，隔著草坪，欣賞也憑弔這個傳說中伽利略曾經做過物體落地實驗的地方。

傳說中，伽利略曾經爬上斜塔，從頂樓陽台上朝下丟東西。這個聽起來十分缺乏公德心的行為，其實是個劃時代的物理實驗，主要在彰顯一個事實：無論物體輕重，從同一高度落地的時間是一樣的。當時的人們直覺地認為重的東西像是石塊、鉛球掉得快，而輕的東西像是紙片、羽毛要飄飄盪盪好一陣子才落地。這是因為空氣浮力的關係，如果沒有了大氣，無論輕重，從同樣高度鬆手，都會同時著地。因為決定落地時間是「重力加速度」，而在地球表面，每個物體所感受到的重力加速度是一樣的。

花了十五歐元買了入塔的門票，一路盤旋而上，到了頂樓陽台俯身下望，遙想當年比薩城的市民群集塔下，仰望這位當時已頗有名氣的科學家，試圖藉著簡單的實驗，破除長久以來深植人心的迷思，這個畫面何等動人！不過遍查正史，卻從來沒有伽利略登上斜塔進行實驗的紀錄，唯一類似的記載來自伽利略忠心耿耿的學生維維安尼以小說形式撰寫的傳記。正史上記載伽利略是在實驗室中光滑的斜面上進行輕重物體下滑的實驗，物理意義一

樣，但是戲劇性就差多了。

其實不需要真的做實驗，只要在腦中思考就知道結果：試想我們手上有兩個球，一個十公斤的大球和一個五公斤的小球，假設真的是大球掉得快，小球掉得慢，那現在用一條線把兩球相連，手一鬆，一定是大球在下，拉著上方的小球往下掉，兩球互相牽制，大的快不了，小的慢不了，結果這個連著的兩球掉落的速度，應該慢於單獨的大球，但快於單獨的小球。此時我們逐漸將線縮短，到最後兩球結合，成爲一個十五公斤的更大的球，一個十五公斤的球怎麼會比十公斤的球掉得慢？矛盾出現了，因爲前提就是錯的！輕重不同的球不應該有不同的速度。

討論再多，不如一見。阿波羅十五號的太空人在沒有大氣的月球表面，左手拿著一隻羽毛，右手拿著一個榔頭，雙臂平伸，兩手一鬆，羽毛和榔頭同時墜地。太空人雀躍萬分，說：「畢竟伽利略先生是對的！」（當然，太空人在月球上無論做什麼，多半都在雀躍。）看到影片中的這一幕，課堂上的學生發出驚嘆，從此以後，他們的觀念在這一件事上再也不會有錯。

自然科學的突破，多半來自傑出心靈超越日常直覺的敏銳觀察，但有了突破之後，常常困難才開始。因爲要顛覆世人心中的定見，遠較爬上斜塔往下丟東西困難的多。但科學工作者與生俱來無可抗拒的使命有二，第一是發現「真相」，第二是將「真相」公諸於世，這是科學工作者最大的喜悅，但在一個「下士聞道，則大笑之」的年代，同時也會帶來最深沈的痛苦與無奈。不過轉念想想，凡事不都如此？我在蒼茫暮色中告別了斜塔，走向夜幕降臨的比薩市街。

聯合報 名人堂 （2009.1.2）

## 牛頓發現了萬有引力？

有三個人搭乘火車，在英國的原野上觀光，一個人是工程師，一個人是物理學家，一個人是數學家。經過一處鄉村，三個人看到窗外草地上站著一隻黑色的羊，一動也不動。工程師首先驚訝開口：「沒有想到英國的羊是黑色的！」物理學家說話了：「我必須要糾正你，你應該說，你所看到的這一隻羊是黑色的。」數學家說話了：「我必須要糾正你，你應該說，你所看到的這一隻羊，這一邊是黑色的！」

三個人裡面，數學家最嚴謹而周延，他的信念就是科學工作者所遵守的原則：只能就自己所觀察到的部分作出結論。雖然我們從來沒有看過一隻羊，一邊黑色，一邊白色。

我在課堂上會問同學：「在杳無人煙的深山裡，一棵大樹倒下，會不會發出聲音來？」多數同學舉手說會，但結果只會悵然發現，這根本不是一個「科學」問題！「杳無人煙」的前提已經告訴我們，沒有「觀察」或「實驗」的可能，但從伽利略以降，「親身觀察」和「動手實驗」已經成了科學發展的主流，所以即使以前倒下的一千棵樹都曾經發出巨響，但這不能保證第一千零一棵樹會產生同樣的現象。科學只能「歸納」，不能「演繹」，理論上可以提出無數可能，但最終還是要以實驗來作出結論。

自然界的客觀「事實」永遠存在，人們靠著長年努力，不斷提出「理論」來解釋這些「事實」。但是隨著科學發展，用來描述「事實」的「理論」常常需要汰舊換新，最明顯的例子，就是牛頓所提出的「萬有引力」。我在課堂上問：「牛頓是「發現」了萬有引力，還是「發明」了萬有引力？」百分之九十的學生會舉手說「發現」，另外百分之十的學生不見得知道正確答案，只是覺得老師的問題太過簡單，話裡一定有詐。

牛頓說，地球繞著太陽轉是因為兩者之間有「萬有引力」。但如果我們

移開了地球，剩下太陽光桿一個，那是否還有「萬有引力」？今天物理學家逐漸使用更周延的「時空曲率」來包容「萬有引力」的概念：太陽的存在，造成了它周遭「時空曲率」的改變，任何天體接近太陽，就只能沿著這個改變了的「時空曲率」運行，這也就是今天我們看到的行星軌道。的確，地球繞太陽一圈要三百六十五天，把地球移開，同樣位置換上一棵柳丁，繞太陽一圈也是要三百六十五天。「時空曲率」的改變，讓天體的運行在表象上看起來就是「有力」！

另一個更明顯的例子就是兩個人划船，分別從台灣和夏威夷前往南極，最後會在南極碰頭。兩個人在茫茫大海中，看不出地球表面的「曲率」，只會覺得兩船越來越近，自然會作出結論：兩船之間有「引力」相吸！其實只是因為他們所航行的表面不是平的。

但是理論的提出和篩選，也會讓「詭辯」出現。西元前四百五十年希臘哲學家季諾所提出的詭辯，告訴我們特洛伊戰爭中的英雄阿基里斯（就是布萊德彼特啦！），在賽跑中永遠無法追上一隻先他出發的海龜；這個詭辯的另一個版本，是「飛馳的箭永遠無法抵達終點。」因為一枝箭要射到紅心，需要先經過旅途的一半，然後還要經過剩下旅途的一半，還有一半的一半…，有無數個一半在前面等著，因此這枝箭永遠無法射到靶上！

科學的進展是讓我們對自然環境的瞭解更清楚，解釋更周延，但是思考太周延，就有可能失去了冒險犯難的樂趣。一個物理學家和一個數學家，看到長廊彼端站著一位風姿綽約的女子，物理學家想上前搭訕，數學家搖搖頭：「根據季諾的詭辯，我們永遠也到不了她站的位置。」物理學家說：「不要緊，只要夠近就好了！」

聯合報 名人堂 （2009.1.23）

## 猴子與香蕉

有一群猴子被關在一個籠子裡，籠子上方開了一個洞，洞中緩緩墜入一串香蕉，猴子看了就去抓，但香蕉通了電，抓了就觸電，電了幾次以後，這些猴子知道這串香蕉是有問題的，就不再去抓；這時有一半的猴子被移走，換上一半第二代的猴子，此時香蕉又在籠子上方出現，第二代的猴子看了要抓，第一代的猴子馬上過來拉住，拉了幾次以後，第二代的猴子知道這串香蕉是有問題的，也就不再去抓；這時將第一代曾經被電過的那一半猴子完全移走，換上一半第三代的猴子，香蕉再次出現，第三代的猴子要去抓，馬上就被第二代的猴子制止，雖然第二代的猴子從來沒有被電過，制止幾次以後，第三代的猴子對這串香蕉也就不再有任何興趣，實驗至此結束。

但實際的情況如何？這串香蕉只有在首次放入籠子時有電，後來每次再出現都只是一串可口香甜的香蕉，可以隨抓隨吃，但第二代和第三代的猴子卻無福消受。猴子之間這種拉扯勸阻的行為叫做什麼？就是「教育」！

第一代的猴子經由切膚之痛獲得了「經驗」，第二代猴子傳承了這個「經驗」，成了自己的「知識」，這個「知識」未經錘鍊測試，就傳給了第三代的猴子，也成為了它們的「知識」。但這些猴子卻不知道，原先曾經正確的「知識」，在時空改變之後，早就已經過時，人類社會亦然，「百王之無變，足以為道貫」講得只是大原則，累積「知識」固然重要，但是將自己所累積的知識內化成為實際的「經驗」更為關鍵，這個過程不單可以測試知識的真偽，同時也會讓我們在「動手做」的過程中獲得更多廣泛而紮實的經驗，這在科學發展的過程中尤其重要，胡適先生所講的「要在不疑處有疑」，此之謂也。

有一年暑假，麻省理工學院的瑪麗亞·茱柏教授接受邀請，來台灣擔

任「吳大猷科學營」的講座。瑪麗亞是NASA許多行星太空船上「雷射測距儀」的主要設計人，研究工作十分傑出，年紀輕輕就已經有一顆小行星以她為名。那幾天我開車帶著她來回台北溪頭，路上談了許多孩子的教育問題。她的大兒子在十一歲的時候開口向她要一台電腦，她說她沒有足夠的錢買電腦，但是孩子要是想買電腦零組件，她可以幫忙。她兒子就花了兩個禮拜，寫了一個企畫書給他媽媽，詳列所需的物件。瑪麗亞帶他到波士頓市中心的電腦雜貨店裡，按著企畫書買齊了東西，回家後她兒子把自己關在屋裡兩週，竟然拼出一部可用的電腦！我相信這個十一歲的孩子終其一生，不會對電腦任何軟體硬體產生畏懼，這就是「動手做」的好處。

老師說什麼就作什麼，這叫「好學生」；老師說什麼，學生作的遠超過老師說的，這叫「傑出的學生」！我們的社會上，「好學生」很多，但是真正引領社會前進的人，是「傑出的學生」。這些學生在成長的過程中不必然是明星學校名列前茅的人，可能是別人眼中頑劣不堪、無藥可救的駑馬（牛頓和愛因斯坦的童年可作參考）。我看過這樣的孩子，三天不打就上房揭瓦，從小到大成績不佳，除了驗血，從來沒拿過A，你叫他往東他偏往西，你叫他打狗他偏去罵雞，這種孩子只能用「昂貴大衣」來形容一真皮！但是一旦他對哪個領域產生了興趣，你就是打著他罵著他不讓他做，他仍然堅持到底、百死無悔，傑出的研究成果和改變社會的發現常常就是這樣來的。對這種學生，老師所需要作的，只是引起他的興趣而已。

我們想想，當初如果有一個不聽話的猴子，蔑視權威，衝撞體制，拼著挨打硬是要去抓香蕉，結果是什麼？說不定它會當上「國父」。

聯合報 名人堂 （2009.2.16）

## 上斷頭臺和下館子

法國大革命之後，平民百姓推翻了王室，建造了斷頭臺，挨個兒把王宮貴族送上臺去明正典刑，但是斷頭臺的品質不佳，常常刀會卡住落不下來，然而一個人只能行刑一次，所以碰上故障的囚犯原則上就可以倖免於死，除罪釋放。這天要砍三個人的腦袋，第一個人上臺之後，把腦袋放入刀口，劊子手一鬆繩子，刀卡住了，這個人站起身歡天喜地的跑了；第二個人上臺之後，故事重演，刀又卡住，第二個人也謝天謝地的去了；輪到第三個人上臺，劊子手正要叫他趴下，他一抬手：「且慢！我是一個學物理的，根據我仔細觀察前面兩個人的行刑過程，我終於發現這個機器問題出在哪兒了，來，讓我把它修好！」

這個人修好斷頭臺之後的下場如何，自不待言。但這個故事卻說明了一個科學工作者對「發現」應有的態度：不管真相的揭露對自己是利是不利，只要認為是「發現」，都應該攤在陽光之下和大家分享，供眾人檢驗，早上聞道的代價是晚上就死也不在乎。換言之，科學工作者最重要的中心信仰，不只是一要對人誠實，還要對自己誠實！

對人誠實並不難，咱們四周不都有親戚朋友校規法律整天看著？但是對自己誠實卻非得要立下原則，嚴格遵守才行。我服完兵役之後，回到台大物理系當了一年助教，當時一共有六位同事，坐我旁邊的是位學長，安靜少言，但自律甚嚴。有一天他帶了一個收錄音機到學校來，擺在桌上聽音樂，我注意到他用的是電池，沒有插電，我問他為什麼，他說：「這是我個人的娛樂，我不能用學校的電！」

這句話讓我深受震撼。即使他用學校的電，也沒有人會知道，即使有人知道，也沒有人會介意；但是，他會知道，他會介意。這種人走到哪裡都能

夠抬頭挺胸，因為他俯仰不愧於天地。君子不欺暗室，此之謂也。

我幼承庭訓，印象深刻的是家大人說過：「能管得住自己的人，才是偉大的人。」旨哉斯言！科學工作要求的是詳實地記錄數據，忠實地呈現結果，即使自己的發現否定了自己的想法，支持了對手的學說，也要能咬牙公布，恭喜對手，然後回家舔傷口。科學工作者要學著放下成見，敞開心胸，讓大自然告訴我們何者為真。有趣的是，我們常常被自己科學上的喜好左右而不自知，「隕石坑」的發現和認定就是一例。

天文工作者對隕石坑的喜愛超乎一般人的想像，只要看到接近圓形的地形地貌，就會驚呼：「哇，隕石坑！」，然後開始找證據來支持這個想法。有位參加過墾丁天文台觀測研習的陽光男孩，有天和我聯絡：「老師，我的碩士論文題目有了，我希望能證明南橫山中的嘉明湖是一個隕石坑！」我告訴他，這不叫論文題目，這叫一廂情願；已經認定了嘉明湖來自隕石撞擊，然後去找證據支持，違反了科學研究的法則，真正的題目應該是：「敞開心胸不具成見地去探討嘉明湖形成的原因。」他馬上醒悟，接下來的一兩年裡他的研究過程有驚喜也有失望，有一天他主動來參加墾丁研習班的討論會，作了簡潔明晰的報告，告訴大家根據他的研究結果，嘉明湖應該是冰斗遺跡，和隕石撞擊無關，徹底推翻了他原先的信念，但他報告的過程開朗活潑，充滿自信，我看了內心著實欣慰。

我們其實也可以作個簡單測驗，看自己的個性是否適合科學工作。下回您和三五好友下館子吃飯，酒足飯飽結帳會鈔的時候，要發現老闆少算了錢，能夠二話不說，馬上指出錯誤補上差額，您就已經具備了從事科學工作的基本條件了。您這種高尚的舉止，和那第三位走上斷頭臺的物理學家的行為本質上是一樣的，都是揭露真相然後付出代價，但是您的下場會好得多，不單是店主人鞠躬哈腰恭送出門，下回再來說不定真能少算一點。

聯合報 名人堂 （2009.3.8）

## 知識的謙卑—學得愈多，知道得愈少

有三個人死了以後上天堂，在天堂門口排隊，只見門開了一條縫，聖彼得探出頭來，說：「對不起，天堂人滿為患，現在只能再進來一個人。你們三位之中誰的職業最為古老，對人類的貢獻最久，就可以進入天堂。」第一個人連忙說：「那一定是我了，我是一個外科醫生，當年在伊甸園中到處亂跑的亞當和夏娃，夏娃是亞當的肋骨做的，這個過程一定要經過外科手術，所以我的職業最古老！」第二個人搶過來說：「不、不，我是一個園藝學家，當年讓亞當和夏娃流連其中的伊甸園，是我們園藝學家從宇宙最初的一團混亂中造出來的，所以我們才是最古老的行業！」第三個人冷冷地開口：「我的行業才是最古老的，我是一個宇宙學家，你們知不知道，當初宇宙的那一團混亂，是誰造成的？」

當年我們念大學的時候，宇宙學幾乎是笑話一則。講到宇宙的年齡，使用的描述是「一百億年加減五十億年」！雖然知道宇宙在膨脹，但是最後的命運為何，卻仍然莫衷一是，有人開玩笑：「持續膨脹作為正一，往回收縮作為負一，維持現狀作為零，經過多年研究，得到的答案是『零加減一』！」宇宙學的研究在早期能解決的疑惑不多，創造出來的混亂卻不少。但是不過時隔三十年，今天的宇宙學竟然脫胎換骨，已經發展成為一門精準的科學！

今天我們知道，宇宙的年齡大約是一百三十七億年，誤差不過百分之五！我們也知道，宇宙膨脹不但沒有減緩，反而在加速！更讓我們驚訝不已的，是宇宙中我們習以為常的「正常物質」，也就是萬千星星銀河，全部加在一起，不過只佔宇宙中所有「東西」的百分之四而已，其餘百分之九十六，是所謂「暗物質」和「暗能量」，我們只知道它們存在，至於它們

本質為何，卻仍然一知半解！但最終讓我們完全認輸的新觀念，是發現了我們的宇宙，不是唯一的一個宇宙，很可能和其他許多宇宙同時並存，大家都只不過是萬千宇宙中的一員而已！

這個「多重宇宙」的觀念，被天文學家戲稱為「極端哥白尼原則」。當年哥白尼撐起「日心說」的大纛，拼著一身剮，敢把皇帝拉下馬；他在「天體運行論」中把地球從宇宙中心的位置拉下，換上太陽；但是隔了不到四百年，美國天文學家沙普利發現，太陽不但不是宇宙的中心，它連銀河的中心都不是！我們的太陽，不過是這個碩大無朋的銀河系邊緣的一顆中間偏小的恆星，在這個銀河系兩三千億顆恆星中，簡直就是微不足道。美國天文學家哈柏繼續告訴我們，我們的銀河，不是宇宙的全部，不過只是宇宙中五百億到一千億個星系中的一員而已，我們在夜空下透過巨大望遠鏡所看到的許多小片雲氣，其實都是「別人的」巨大星系！

一言以蔽之，整個現代宇宙學發展的過程，就是不斷地提醒我們，我們在宇宙中沒有特殊地位，所有的只是「平凡」！話雖如此，但是我們在這個過程中，卻看到令人動容的一面：人類的形體雖然渺小，但是精神卻無遠弗屆！我們的肉身受限於地球環境，但是我們的思考卻可以遠及於宇宙初起的剎那！

這個進展過程，讓我想起一個電影畫面，一個小孩子在一間屋子中盡情探索，當他瞭解了這個屋子中百分之九十的環境時，他覺得甚為驕傲滿意，自己竟然掌握了這個「宇宙」百分之九十的知識！不料觸動機關，一扇門自動打開，跨步出去，是比原先屋子大上十倍的另一個陌生屋子，他才發覺，自己的知識瞬間從百分之九十掉落到百分之十！學得愈多，知道得愈少！

知識，讓我們感受喜悅，也讓我們學會謙卑。

聯合報 名人堂 （2009.3.28）

## 白象與男孩

一個英國觀光客在泰國見到了白象，驚嘆之餘，想買一頭帶回英國，但是白象是神聖象徵，不准出口，於是他賄賂了旅館小弟，在後巷中買到一頭白象。他欣喜若狂，把大象牽回旅館房間，塗上灰漆，成了一頭普通大象，第二天帶著大象順利離境，回到英國，牽回家中，洗掉灰漆，出現一頭白象，他高興萬分，但總覺得沒洗乾淨，再洗兩下，白漆也掉了，又出現了一頭灰象。

許多時候，我們常常會問自己：「到底哪一層才是真的？」

理未易明，大自然的神秘，就在於它無法被一眼看穿。牛頓到了晚年，當別人恭維他時，他說：「我只覺得我像一個在海邊嬉戲的孩子，偶而撿到一個光滑圓潤的鵝卵石，偶而發現一片漂亮的貝殼，但蘊含所有真理的大海在我面前，我卻對它一無所知！」

牛頓在大自然之前如此謙卑，是因為他知道偉大的科學工作者雖然作出了偉大的發現，但也常常會犯下偉大的錯誤。

托勒密從每天的生活經驗中，歸納出太陽繞著地球轉的「地心說」，主導了歐洲人的宇宙觀長達一千四百年，直到哥白尼提出了「日心說」，在日地關係上作出了重要貢獻，但他錯誤地使用了「圓形軌道」來描述行星的運行，因此無法準確預測行星位置；克卜勒鑽研火星數據，得出了「橢圓軌道」的重要結論，大幅改進了預測行星位置的準確性，但當別人問他太陽靠著何種力量維繫行星繞行時，克卜勒回答「磁力」！只因爲當時「磁力」剛被發現，因此所有不可知的現象一概歸咎於「磁力」；牛頓提出了「萬有引力」的概念，建構了太陽和行星之間的聯繫，但卻認爲空間是三維正交；愛因斯坦結合了空間和時間，提出了四維時空，但是卻因爲相信宇宙是穩定

不變的，在數學式中硬是加入了一個「宇宙常數」，以抵銷萬有引力的作用，希望讓宇宙維持「穩態」，不數年之後，哈柏發現了宇宙正在「均勻膨脹」，讓愛氏頓足嘆息……。

的確，科學工作者研究自然的歷史，就是一連串「認錯」的過程。後之視今，猶今之視昔。兩千年前，希臘人對夜空的描述，今天我們稱之為「神話」，那卻是當年他們的「科學」；我們又怎麼知道，今天我們的「科學」，不會變成明天的「神話」？

不單科學，世事皆然，在知識的道路上多邁幾步，回頭望向來時路，才知自己原先錯得多離譜。兩年前我到新疆探勘天文台址，在荒郊野外停車休息，山壁旁見一男孩正在放羊，和他聊天說話，覺得他聰明可愛。正說著話，有一隻羊順著山壁跑遠了，他不用去追，地上撿塊石頭綁在繩子末端，在頭上猛力迴旋，速度夠快時手腕一抖，石頭筆直射出，正打在那隻羊上方的山壁上，「啪」的一聲，把羊嚇了一跳，知道自己錯了，乖乖地掉頭歸隊。這種技巧和手勁，就像是武俠小說中描述的少年奇人！我佩服萬分，但是想想他的一生，也就是和這十幾隻羊為伍了，心下不禁悵然。回到台灣說給學生聽，告訴他們看看新疆男孩，想想自己，在台灣有這麼好的資源和環境，不好好利用真的太可惜了，講得泫然欲泣，聽者動容。第二年再訪新疆，和當地縣長同桌吃飯，感慨萬千地提到這個新疆男孩，沒想到縣長的反應是：「孫老師，你完全誤會了！再偏遠的地方，都有小學可以唸，他們就是不去！」原來當地的大人不希望小孩上學，留在家中是個勞動力；小孩也不希望上學，到了學校要寫作業要考試，考試考不好還要打手心，放羊沒有壓力，多快樂啊！縣長說：「你知道當地的大人是怎麼嚇唬他們的孩子嗎？（作兇狠狀）你要是不好好放羊，我就送你去上學！」

我心中只出現三個字：「挖哩ㄉㄟ！」理未易明，知識多一點，結論可能完全不一樣！

聯合報 名人堂 （2009.5.25）

## 日食—從變態到常態

有學生上物理課，舉手嗆聲：「老師，你教的不是真正的物理！」老師不解，學生說：「因為愛因斯坦說過，真正的物理是簡單的！」

愛氏認為簡單的東西，對一般人而言卻難以理解，所以才有以下這個小故事：宇宙初始是一片混亂，上帝看不下去了，就說：「讓牛頓出生吧！」，於是宇宙就在牛頓定律的規範下寧靜有序地運行；撒旦看不下去了，就說：「讓愛因斯坦出生吧！」，於是宇宙又恢復了混亂！

這個小故事是在1915年愛因斯坦提出廣義相對論之後不久，大家發覺無法瞭解他對宇宙時空超凡脫俗的思考之後出現的。真正讓愛氏的廣義相對論站穩腳跟，逐漸為世人所接受，是1919年那次關鍵的日全食。

廣義相對論的重點之一，是天體本身的質量，會改變它周遭的時空曲率，例如太陽周遭的時空就應該是彎曲的，來自遙遠恆星的光線，若是剛好經過太陽附近，就會沿著被扭曲的時空改變方向，好像火車沿著彎曲的鐵軌前進一樣，也就是說：「光線會轉彎」！轉了彎繼續前進的光線若是落向地球，而地球上的人們一向認為光線應該直線行走，就會發現這顆遙遠恆星的位置有了微小偏移！這個廣義相對論所預測的現象非常微弱，只能在太陽近旁發生，但是太陽光芒耀眼，因此唯一的驗證機會，只有等待日全食！

整整90年前，也就是西元1919年5月29日，英國深受敬重的天文學家愛丁頓爵士，帶著一支日食觀測隊遠征非洲西岸，就是為了要在太陽被月球遮擋的那幾分鐘之內，拍攝太陽近旁的恆星，看看有沒有廣義相對論所預測的位置偏移。當時一次大戰剛剛結束，兵燹過處，民不聊生，就在這個殘破世界的邊緣角落，愛丁頓爵士的望遠鏡和相機，記錄了宇宙時空的曲率的確因天體存在而改變的事實！

由此可知，日食不單只是偶一出現的天象奇觀，更可以幫助我們驗證宇宙規律，但是自有人類以來，日食這種天地驟暗的「變態」，不知道驚嚇了多少先民的心靈。只因爲太陽一直是我們能量的來源，時間的圭臬，突然從天空中消失，只留下一個鑲了一圈金邊的「黑洞」，是多麼令人驚恐惶悚的現象！時至今日，拜科學發展之賜，我們已經能夠準確地預測日食發生的時刻，而可以用歡欣鼓舞的心情，迎接這個「日一地一月」三者運行過程中必然會出現的「常態」，這個由「變態」到「常態」的過程，就是理性分析和邏輯思辯導致了知識增長最好的例證。今天的自然界中還是有許多現象讓我們迷惑驚訝，極有可能也就是因爲科學知識還沒有被人完整掌握，假以時日，當我們愈知愈多，許多「變態」也自然而然就會成爲「常態」了。

想看日食嗎？馬上就有！今年7月22日，在中國大陸長江流域將會出現本世紀最壯觀的日全食！在這次日食中，太陽完全消失的「全食」階段，不再是以前觀看日食的一兩分鐘，而將會長達五分半鐘！台灣雖然看不到「全食」，但是卻可以看到一次非常接近「全食」的「偏食」，這將會是一次難得的大眾科學體驗機會。有興趣欣賞天象奇觀的朋友，盍興乎來！只希望當我們大家在拿著太陽濾鏡仰首向天欣賞日食的時候，能夠深刻體會這個由「變態」演化到「常態」的過程，以及這個「常態」是如何地幫助過我們，發現了宇宙的真實結構！

聯合報 名人堂 （2009.6.22）

## 天長地久和活在當下

天文學是一門觀測的科學，上課的地方不應該在教室內，而應該在外頭的大自然中。當年回台教書，頭一門課就是「天文觀測」。一上課問學生「星空是如何運動的」、「四季星空是如何輪替的」、「恆星和行星是如何昇落的」，學生一臉茫然，老師一肚子無奈。好吧，說得再好聽，不如親眼一見，就吆喝了同學們晚上到學校門口的大草坪斜坡上觀察星空的運動，學生還怕無聊，弄了兩瓶酒，帶上幾盤滷菜，吃酒聊天之餘，偶而抬頭觀星。

隔了沒多久，學生興奮大叫：「老師，夜空果然會動嘍！」這不是因為喝酒的關係，這是因為夜空的運動本來就是宇宙規律的一環，也一直是我們生活的一部份，只是我們多數的時候感覺不到！星空總在那裡，是我們用都市的光害和大氣的污染把自己的眼給遮蔽了，看不見它。今月曾經照古人，古人體察日昇月恆，得出宇宙規律，寫入教科書中，我們今天卻只能從教科書中去認識星空，渾然不知只要我們跨出門外，走向山間水邊，就是滿天的星光燦爛！

我們多希望您能在「全球天文年」的呼籲之下，走出戶外，來到星空之下，以蒼天為帳，大地為床，享受宇宙星空帶給您的感動！不過我們在此要提供您一個不同的角度來認識星空：有些人感動於宇宙的天長地久，發願要好好地在當下，把握現在；但是從天文的角度來看，「當下」是什麼意思？「現在」又如何定義？

我們在大白天裡走到陽光底下，抬頭看到的太陽，其實是八分多鐘以前的太陽，因為離開太陽表面對著地球奔來的光，要走上八分多鐘才會到達，所以我們抬頭看到的太陽，不是「現在」的太陽，而是「以前」的太陽。如果太陽現在爆炸了，我們要到八分鐘以後才會知道，不過話說回來，那時候

即使知道了也已經沒什麼差別了！

夏夜星空中，牛郎挑著扁擔裡的一子一女，在銀河的這一邊望穿秋水，但那已經是17年前的牛郎星了，因為牛郎星距離我們17光年；在銀河的另一邊翹首企盼，期待在金風玉露中再次相會的織女，已經是25年前的織女星了；有趣的是，和牛郎及織女排成「夏季大三角」的天鵝尾巴一天津四，早已經是1,400年前的星星了。

1987年2月23日，一顆垂死恆星在我們銀河的近鄰大麥哲倫星系中爆炸，天文學家無比興奮，因為在這麼近的星系中出現如此明亮的超新星，是繼西元1604年克卜勒超新星之後的又一奇觀！但是實情如何？大麥哲倫星系距離我們16萬8千光年，這顆超新星爆炸的瞬間所放出的強光，走了16萬8千年才在1987年2月23日抵達了地球！課堂上的學生一聽就急了：「老師，那它現在怎麼樣了？」現在怎麼樣，就請您慢慢兒等，16萬8千年之後，您就知道它「現在」怎麼樣了！

「光速是有限的」的這個事實，讓我們在夜空中看到的點點星光，都是來自宇宙不同年代的時間記錄：看得愈遠，時間愈早！

人類的壽命相較於宇宙年歲，有如白駒過隙，曾不能以一瞬；人類生活的空間，也不過是地表以上薄薄數公里的一層，相較於整個地球，就好像把個籃球扔到水裡再撈起來，籃球表面所沾附的那一層水的厚度，大約也就是蘋果那層果皮的厚薄…。走筆至此，萬念俱息，世事紛擾，也不再縈懷於心，是誰說的：「回首向來蕭瑟處，歸去，也無風雨也無晴！」燈下想想，的確如此。

聯合報 名人堂 （2009.7.18）

## 一個均勻而完美的橢圓！

我們都看過夕陽西下的一輪紅日，也看過皓月東昇的中秋滿月，但到底太陽和月亮在天上看起來誰比較大？

課堂上問學生，有人說太陽大，有人說月亮大，但只要看看日食有幾種，就知道兩個答案都不對！

從地球上，日食有三種：全食、偏食，和環食。如果太陽比較大，怎麼會有「全食」？如果月亮比較大，怎麼會有「環食」？既有全食，又有環食，就表示「有的時候太陽大，有的時候月亮大！」何以致此？一言以蔽之，就是「橢圓」二字！

各位地球人，請好生珍惜我們生活的這個年代，因為我們正處在太陽系演化過程中一個絕無僅有的珍貴階段：太陽比月亮大四百倍，但卻剛好比月亮遠四百倍！大小的差異和距離的遠近彼此抵銷，使得太陽和月亮在天上看起來幾乎一樣大！然而月亮繞地球運行的軌道是「橢圓」，月亮公轉時離地球有近有遠，看起來就時大時小；同樣的，地球繞行太陽的軌道也是橢圓，因此太陽在天上也是有大有小，兩個同樣原理的現象相互為用，造就了太陽系變幻無窮的日食現象！

但是這個精華時期也不會久長，月亮正被地球越推越遠，總有一天，月亮會小到遮不住太陽，到了那時候，「日全食」這三個字就會從我們的字典中永遠消失了。然而地球是怎麼將月亮越推越遠的？靠得是「潮汐力」！月亮帶動地球上的海水運動，產生潮汐，隆起的海水對月亮有著額外的吸引力，使得月亮越走越快，結果進入更高的軌道，離我們越來越遠；不過月亮也沒閒著，它把隆起的海水往回拉，摩擦海床，使得地球越轉越慢！

走筆至此，抬頭看看窗外，歐洲草原如飛地掠向身後，我正在前往捷克首都布拉格的火車上，要回到克卜勒追隨丹麥天文學家第谷研究行星運動的

地點和年代。當時第谷擁有全世界最精確的行星軌道觀測數據，但卻做出了一個讓人今天看來啼笑皆非的結論，他在「日心說」和「地心說」之外別樹一幟：宣稱地球是宇宙的中心，太陽繞著地球轉，但是所有行星卻繞著太陽轉！

西元1600年，克卜勒來到了布拉格，擔任第谷的助手。第谷的脾氣驕恣跋扈，克卜勒的個性孤傲自閉，兩個人之間十個月的相處並不愉快，但是這段千古奇遇卻導致了行星運動學說上的最大發現！第谷死前將所有觀測數據交給克卜勒，希望他能善用這套數據寶藏，支持自己的奇怪理論，克卜勒倒是認真地研究了第谷的數據，但卻得出了完全不同的結論：所有的行星都繞著太陽轉，而且軌道是橢圓！

早年的希臘人深信天體軌道和諧完美、均勻對稱，所以除了「圓形」不作他想。克卜勒要顛覆世人的定見，引入「橢圓」的觀念是何其困難！這也是為什麼他會在書的扉頁寫上：「我相信行星軌道是一個均勻而完美的橢圓！」

2009年，除了是伽利略拿起望遠鏡仰觀蒼穹的四百週年，也是克卜勒發表橢圓定律的四百週年！更巧的是，七月二十二日的早晨，月亮會行經太陽前方，演出本世紀最壯觀的日全食！台灣也能看到精彩的日偏食。我們將在浙江天荒坪和杭州西湖的「平湖秋月」設置觀測點，對台灣直播日全食的精彩畫面，也將提供淘盡千古英雄的錢塘大潮景象和大家共享，希望我們的民眾，能夠出門看偏食，回屋看全食，不要錯過了這次太陽系千載難逢的天象奇觀！