

第壹章 科學簡史 A Brief History of Science

頭兩章我要先介紹自然科學的基本觀念。對那些有理工背景的人來說，是很簡單的。我希望擁有其他背景的人，也同樣看得懂、有幫助。在現代化的今天，每個人都必須對科學略知一二，尤其是有幸唸大學的人。受過教育的基督徒至少得懂一些基本概念，知道科學如何和基督信仰相關聯。

在寫這段歷史的時候，我承認會偏重物理和天文，這有兩個理由。第一，我是讀物理的，從小學四年級開始，我就偏愛天文學。第二，只要講到科學史，都會強調這兩個學科，因為它們是現代科學之本。

I 古代

古代的巴比倫人、埃及人、和中國人在至少西元前3000年就有天文學和數學的基本觀念，對天體運動都能相當準確的瞭解和預測。這可從他們的年曆和其他記載中看的出來。

在古希臘，亞里斯多德 (Aristotle, 西元前 350 年)、阿基米德 (Archimedes, 西元前250年) 是傑出思想家的代表。中國在同一時代，也有其相當的程度，他們已有生物、物理、化學和幾何的基本觀念。

亞里斯多德的物理學是古希臘人最高的科學成就，對後來的歐洲文化很有影響，我們會略略討論這個題目，也會特別注意其前提或假設對結論實在是大有影響。

亞里斯多德物理學的第一個假設是「作用力造成運動速度」。這假設來自日常經驗。若你看到一個東西在移動，你就會去尋找推動它的東西。東西不推它，它就停止不動。但似乎有少數例外，譬如說，拋物體能在空中飛，卻看不見有什麼東西在推它。但這還是可以想辦法來解釋，只要說空氣從拋物體的前面移開，再跑到後面去推它，就可以了。

第二個假設是「地球是宇宙的中心」，這就是「地球中心論」或「天動說」。這也來自我們所看到的東西。天空看起來是一個以地球為中心的球面，而且所有的東西都繞著地球跑。物體很自然的不是往地球走，就是背著地球走。

第三個假設是有關組成物質的成份。亞里斯多德的化學很簡單，他說地上的東西是由土、氣、火、水四樣元素組成的，用這個理論他們就能解釋當時觀察到的物質屬性和變化。

亞里斯多德說，天體（太陽、月球、行星、恆星）是由另外第五種元素「以太」(ether) 組成的，它跟地上物質不同的是，它是永遠不變的、是完美的。所以天上會變的東西，像流星、彗星、新星都在天空之下、在地球大氣層，而不是在恆星和行星中。以太的自然運動不是做往地球的直線運動，而是繞著地球做等速圓周運動，形狀是光滑的球形，因為球或圓是最完美的形狀。

亞里斯多德為他的理論體系提供了五種證據：

一、我們沒有地球在動的感覺。當我們走、跑、騎馬、坐車或船，我們有運動的感覺，但我們在地球上沒什麼感覺。

二、有甚麼作用力能夠推動地球？若說地球在動，得解釋為什麼在動，並找到推力。但誰能想像有那麼大的推力？

三、沒有風。當我們走路或跑步時感受到風，假如地球在運動就應該有風，但是卻沒有。

四、沒有看得出來的季節視差，天空完全看不出地球移動的跡象。比方說，如果地球每年繞太陽一圈而不是太陽繞地球走，那過了半年我們在空中的位置就改變了很多，天空的星星應該看起來稍微不同，事實上卻沒有。

五、人類是宇宙的中心。這不一定是說我們是宇宙中最高、最重要的部份。其實，東西都要往地球中心掉下來，所以中心是最低點，是垃圾繚積的地方。但看起來好像我們是擺在宇宙中心。

我們現在知道亞里斯多德的整個體系都是錯的，他的根據也是錯的，但我們不能笑他。假如我們活在他那個時代，我們會有不同的結論嗎？由於他所知道的和他觀念上的假設都頭頭是道，任何不同的想法就顯得不合理，所以直到將近兩千年之後，才有人提出另一種理論體系，來回應亞里斯多德的五種證據。

住在埃及亞里山大城的托勒密 (Ptolemy, 西元150年) 延伸了亞里斯多德的系統。他發明周轉圓圈 (epicycle) 的觀念，用很多層的周轉圓來解釋行星、月球、太陽的複雜運動。這些天體所呈現的運動不是等速圓周運動，而是有快有慢，甚至偶而往後退，亮度也有變化。Epicycles 是圓圈上的圓圈，像一組機器，使這些天體在天空運行。托勒密大概不是真以為天空中有這樣的機器，只是把天體的運動分析成這些圓圈，以便計算未來的運動。但是後來的人認為這些圓圈是真的，圓圈的材料是透明的。

II 中古時代

有千年之久，天文學和一般科學一樣，在歐洲都沒什麼進展。比較熱門又比較接近科學的研究是煉金術，但它是個錯誤的方向和迷信。人們只想把便宜的金屬變成金子，尋找治百病的藥使人長生不老，或找一種萬能溶劑用來溶化所有材料（但似乎沒有人想過這溶劑可以放在什麼容器裡！）。煉金術倒是還有點用處，就是累積了很多有關化學反應和特性的經驗和資料。

最大的進步在阿拉伯世界，阿拉伯數字和代數發展出來了，跟先前很不方便的羅馬數字比起來真是有很大的改進。他們也發明了「零」，為科學計算提供了不可或缺的數學觀念和方式。

在歐洲，多馬·亞奎納 (Thomas Aquinas, 1225-74年) 把亞里斯多德的哲學和天主教會的教義合併成一個新的思想體系，成為許多世紀以來天主教會的正式教義。天主教堅持每一個基督徒都要接受教會所有的教義，不但包括從聖經來的，也包括從傳統和亞里斯多德來的。若有人不同意其中任何一條，就可能遭到嚴厲的處罰或虐待，甚至處死。

III 天文學的革命

1500年，托勒密的 *epicycle* 系統，為了符合所觀測到的行星的位置，而把圓圈的數量增加到八十以上。據說有一個國王提議，若是創造的時候他在場，會建議天空的創造要簡單一點。住在波蘭的哥白尼 (Nicolas Copernicus, 1473-1543年) 研究了天文以後看出，若把 *epicycles* 系統改成以太陽為中心，那會使計算更簡單更準確。也就是說，太陽才是中心，地球是繞著太陽走的。他計算了從運動中的地球來看別的行星所在的位置，這跟亞里斯多德的教導，也就是天主教的教導，有很大的出入。哥白尼只敢說這是效率較高的計算方式，甚至等到他知道自己快死時才敢發表。但地球在走也是真的嗎？他的話好像暗示了他是這麼想，一個既簡單又準確的理論，應該是離真理不遠，但他沒辦法回應亞里斯多德的五種證據。

之後的幾十年，哥白尼的理論逐漸傳到歐洲學術界，引起很多不同意見。泰革 (Tycho Brahe, 1546-1601年) 因為一顆在 1572 年出現的超新星，開始對天文學感興趣。他用晚上不同時間的觀測，來證明那顆超新星比大氣層甚至比月亮還遠，所以是介於行星和恆星之間。他知道這否定了亞里斯多德和托勒密的理論。他想出一種以地球為中心的哥白尼式理論，想要把兩者加以合併。他維持以地球為中心，因為這好像很合理，也是教會的正式立場，他像哥白尼一樣說行星繞太陽走，但他說太陽和這整個系統都繞著地球走。他獲得了丹麥國王的允許和經費蓋了一座天文臺，準確觀測行星運動達二十年之久，特別注意火星。他的儀器比前人的儀器準確，他的目的是要驗證他的理論。在那幾年當中，他也看到一顆彗星，測出彗星在行星之間有非圓形的軌道，這又否定了亞里斯多德的理論。

泰革去世以前曾雇用一位助手克卜勒 (Johannes Kepler, 1571-1630年)，他把泰革的數據留下來，花了很多年來分析這些資料。他同意哥白尼的系統是真實的，也試著按這立場來分析泰革的資料，而逐漸發現著名的「行星的三個運動定律」：

- 以太陽為中心的橢圓形軌道
- 速度遵守等面積定律
- 軌道半徑和週期之間的關係

這有幾個革命性的觀念在其中，一個是接受哥白尼的系統，說太陽是中心，而地球是行星，像其他的行星一樣繞著太陽走。另外一個是軌道的形狀，哥白尼還是用 *epicycles*，但不管克卜勒怎麼調整他的 *epicycles*，還是差一點點，不符合泰革的數據。克卜勒對泰革的準確度很有信心，所以連很小的誤差也不能接受。最後終於放棄了圓圈，試圖用另一個簡單形狀—橢圓來計算，卻很興奮的發現，成功了！計算跟觀測完全符合。

克卜勒的系統既簡單又準確，所以大部分的人接受了哥白尼的系統，可惜克卜勒的定律只是憑經驗，沒有理論來解釋行星為什麼要這樣走。他不能回應亞里斯多德的五個證據，那依然是個問題。

伽利略 (Galileo, 1564-1642年) 開始解決這問題，他想出了「慣性」(inertia) 的觀念。這是說一個物體的正常狀態不一定是靜止不動，而是沿著直線做等速運動。我們平常看到的情形是，東西若沒推力就會停下來，那是因為有摩擦力，若摩擦力減少，物體就會需要比較長的時間來減速，直到停下來。伽利略推測，如果可

以完全除掉摩擦力，該物體就永遠停不下來。所以當我們看到一個東西在動，不用問有什麼力使它動，只有看到它的運動改變才要問為什麼。跟亞里斯多德不同，伽利略說作用力不造成速度，他說「作用力造成加速度」，這就回應了亞里斯多德的問題，「有什麼力能大到推動地球？」這是問錯了問題，因為沒有什麼推動地球的力。應該是說沒有什麼能使它停下來，所以它繼續地動。這也回應了亞里斯多德另一個證據，說沒看到地球運動所造成的風，因為地球和大氣層是一齊走動。

伽利略的第二個大貢獻是用望遠鏡觀看天空。1609年，從望遠鏡剛發明時，他就發現月球表面有山、撞擊坑和「海洋」，太陽有一直在改變的黑子。亞里斯多德說「天體是『以太』組成的，所以一定是完美、光滑、不變的球形」，但伽利略看到它們是不光滑的，而且會改變。他也觀察到木星的四大衛星，形成另一個中心！亞里斯多德說「所有東西都繞著地球走」。伽利略觀察金星的形狀和大小都不斷有變化，表示它繞著太陽走！亞里斯多德又錯了。最後，向任何方向看，尤其是叫作「銀河」的那條朦朧的光，他看到天空充滿了數不完的星星和星團，不可思議的多、浩瀚而遙遠！不只是幾千顆固定在一個球面內面的星星，而且是數不完的恆星在空中，一直散佈到遠方。這回應了亞里斯多德有關視差的證據。地球的運動沒造成看得見的恆星的變化，是因為它們的距離太遠，使得視差太小而無法測出。

到此只回應了亞里斯多德的前四個證據，剩下第五個，「人類是宇宙的中心」，這不是科學詞句，所以不會有科學答案。但伽利略還是沒有任何理論來解釋克卜勒的三個定律為什麼是真的、行星的軌道為什麼是橢圓形等。

牛頓 (Isaac Newton, 1642-1727年) 提供了所需要的理論，「萬有引力」、「三個運動定律」和微積分。他在 1665 到 1666 年醞釀發展他的理論（當時他 23 歲，各大學因嚴重傳染病而停課中），終於在 1687 年發表。

萬有引力是任何兩種物質之間的吸引力。地球的運動之所以往太陽轉彎，形成是繞著太陽的橢圓形軌道，那是因為太陽施了一個作用到地球上的力。而其他繞太陽的行星也是同樣的道理。地球吸引著月球、讓它繞著地球走；木星吸引著它的衛星。這理論既然成立，推翻亞里斯多德系統的革命就大功告成了。但我們必須注意，當回答這問題時，卻也引發另一個新的問題：「為什麼有萬有引力？」克卜勒描述了橢圓形軌道，但未提供解釋。牛頓描述萬有引力，用它來解釋橢圓形軌道，也未提供解釋。

伽利略和牛頓不只提出新理論，而且是用全新的方式來解釋自然界。以前的解釋都用邏輯、哲學和幾何學，牛頓的定律給我們一套數學式時空理論，把宇宙機械化了，其中的事件都是預定的。

十七世紀另一個重要事件是估計光速。1676年，Olaf Roemer 研究木星衛星運動的記錄，推算光線用了 22 分鐘來橫越地球軌道的直徑，這不是很準，但誤差不大。

生物學方面，1665 年英國科學家 Robert Hooke 出版了一本名為「微生物」(Micrographie) 的書，其中提到顯微鏡的使用及一些觀察。這本書出版後，引起了歐洲對微小東西(例如微生物)的研究。1676 年有荷蘭人 Anton Van Leuwenhoek，利用顯微鏡來觀察生物和細菌，他用玻璃組成顯微鏡，是一具只有針頭大小的放大鏡。顯微鏡的出現，開啟了微生物學的領域。

IV 十八世紀

第十八世紀沒有發生新的科學革命。很多人都知道也瞭解牛頓的理論，許多新的應用和計算方式也發展出來。哲學家 and 神學家覺得牛頓的定律解答了那麼多問題，好像不再需要神來做什麼了，因此許多人偏向無神論。

十八世紀末有一些很重要的發現。美國的富蘭克林 Benjamin Franklin 和歐洲的幾個人發現靜電。William Herschel 於 1781 年在英國發現天王星 (Uranus)，為太陽系增加一顆比土星還遠的新行星。

此外，天花疫苗的發明是醫學上的重大成就。當時歐洲有三分之一的小孩死於天花，也有很多人因得天花而失明。那時有位外科醫生 Edward Jenner 觀察到，農夫或擠奶女工會得一種由牛傳染給人的病，名叫「牛痘」，而得過這病的人不會得到天花。這現象使得 Jenner 想到，也許可以把牛痘種到人身上來預防天花，這想法在 1796 年得到驗證。1798 年他發表了他的理論，使得英國及歐洲人都非常興奮，到了 1801 年，英國共有 100,000 人因種牛痘為天花疫苗而得到免疫。

在這世紀中，歐洲人去很多地方探險，發現很多以前不知道的民族和動、植物。

V 十九世紀

很久以來天文學家都在想，為什麼火星和木星的軌道距離那麼遠，那空間裡好像應該有另一顆行星。他們花了很多時間去找，結果沒找到大行星，卻找出許多「小行星」(asteroids)。義大利人 Giuseppe Piazzi 在 1801 年 1 月 1 日，十九世紀的第一個晚上，發現第一顆小行星。

天文學家已經知道恆星離我們至少有好幾光年，從恆星傳過來的光線可是走了很多年才到的，但還沒能測出恆星的距離。1838 年，當儀器終於夠準確到能測出那麼小的夾角時，他們用視差測出最靠近的星球距離，不到二十光年。

天王星運動的觀測結果，和牛頓定律所預測的有些差距。兩位歐洲的著名數學家就用這偏離的數據推測出來：比天王星更遠的地方有另一顆行星，也估計出它的位置。結果 1846 年，在他們預測的位置發現海王星 (Neptune)，清楚地驗證了牛頓定律，表示這些定律真是萬有的。

科學家也繼續研究電和磁的現象，發現兩者習習相關。1865 年，Maxwell 發表他著名的 Maxwell's 電磁學方程組，其理論表示光是一種電磁波，所以要將光學跟電磁學予以合併。

化學家發現許多不同材料之間的反應規則，但沒有理論能解釋這些規則。元素的週期表提供了元素和化合物的觀念，並從其反應中觀測出準確的比例，導出「物質是由原子組成的」的觀念。

十九世紀末科學家發現，有時一些特殊的原子會射出帶電的粒子，於是推論原子是由帶正負電荷的粒子組成的。這就表示在希臘文的意思是「無法切開的」的「原子」，是錯誤的觀念，因為原子並非最小、又不能切開的粒子。

有了這些發現，就可以解釋「天為什麼是藍的」。這似乎是很簡單的事實，其實很不簡單，為了解釋，必須知道天是空氣所組成的，而空氣是由原子組成的，原子是由帶電的粒子組成的。也必須知道光是電磁波，不同顏色的光有不同的波長，還得知道光和原子之間有什麼相互作用。

熱力學的觀念和定律發展出來了，第一定律，「能量不滅」(conservation of energy)，是物理的最基本定律之一，應用到所有已知的現象。這定律說不能白吃午餐，因為能量無法創造的，只能從一種狀態轉換到另外一種。第二定律，「熵不減」(increase of entropy)，跟第一定律的適用範圍一樣廣泛，不只是沒什麼免費的東西，也無法避免浪費，宇宙中能用的能量一直在減少。任何物理系統的變化過程都使系統的混亂性漸增。

地質學的岩層研究逐漸發現，地表的年齡至少有 10,000,000 年，而不只是幾千年而已。

十九世紀，生物學有一革命性的新觀念得到大部分人的認同。1859 年，達爾文 (Darwin) 出版「物種起源」，介紹進化論和天擇的觀念來解釋生物的存在。這跟基督教的聖經立場有很大的差異。另外在遺傳學有兩個重要的突破：第一，奧地利的修士孟德爾 (Gregor Mendel, 1822-1884 年) 用豌豆作實驗，把不同種的豌豆（如花的顏色不同、種子的質地不一樣）相互交配、受粉，然後收集子代的結果，進行統計分析。1865 年，他發表了著名的孟德爾定理，或稱「遺傳學定律」：豌豆可以表現出兩種不同的性狀，一為顯性，另一為隱性，而這些性狀是由兩個遺傳單位來控制（今天我們稱這單位為基因）。不過孟德爾所發表的理論，到二十世紀初才被科學家接受，因為第一，孟德爾的發現遠超過當時科學家所能理解的，第二，其他人這時也發現突變的現象了。

在醫學方面有法國人巴斯德 (Pasteur) 創立的病原理論 (germ theory of disease) 及消毒法。當時的人一直認為細菌是生病的結果，但巴斯德偶然發現細菌是使酒變酸的原因（因為細菌與酒中的糖份作用），因為這個發現，他研究出高溫瞬間消毒法來消滅食物中的細菌，這方法至今仍用來消毒牛奶！但巴斯德的病原理論到 1876 年才得到証實。德國醫生 Koch 研究羊的某種疾病，分離出該病的細菌，再放到老鼠身上，結果老鼠得到同樣的病，這種細菌同時也在老鼠身上出現。這樣的檢驗方法，醫學界稱為 Koch 定理。另一項醫學成就，是英國醫生李斯特 (Joseph Lister) 在進行外科手術時，首先引用了消毒的技術。

光譜學的儀器和數據正在研究中。任何一種材料在燃燒或加熱的時候，都會

發光，就可以用「光譜儀」將光分成不同的波長。結果，各種化學元素和化合物都各有不同的光譜，這樣便可得知某一未知樣品的成份。有了實驗室觀測來的這些資料，就可以分析天體來的光線。雖然我們無法走到行星和星球那裡，卻還是能夠知道它們的化學成分。

在十九世紀末，科學家因為一些驚人的進步而志得意滿，覺得科學好像「大功告成」，只剩下幾個「小問題」還無法用當時所知的物理定律來解釋，但他們相信這些問題不久就會解決。這些問題是：

- Michelson-Morley 實驗，光速不會變
- 黑體輻射光譜 (blackbody radiation)
- 原子的結構、穩定性、線光譜
- 輻射性元素所發射的 α 、 β 、 γ 輻射線
- 光電效應，光和物質之間的相互作用

我們現在知道他們太過自信了。這些「小問題」在二十世紀全都導致革命性的新發現。1900 年以前所知道的物理定律如今叫做「古典物理」，二十世紀發現的定律叫做「近代物理」。現在沒有一個科學家敢預測科學工作有做完的一天。

VI 二十世紀

1905 年，「愛因斯坦」(Einstein) 在瑞士發表三篇文章：

「狹義相對論」(special relativity)：四度時空、能量－質量對換

「伯朗運動」(Brownian motion)：原子和分子

「光電效應」(photoelectric effect)：光的能量是量子化的

以上的每一篇都是物理學的歷史性突破。愛因斯坦的相對論是一個全新的時空觀念，改寫了運動和電磁定律。他對伯朗運動的分析，是最先顯示原子和分子存在的直接觀測方法。他對光電效應的解釋是量子物理的開始。這三篇文章是自從牛頓停課的那年之後，思潮上的最大進步。

1915 年，愛因斯坦發表「廣義相對論」(general relativity) 有不變的法則，時間－空間－物質之間的關係式，為萬有引力提供了新解釋。

1909 年，Ernest Rutherford 發現原子核，原子裡面的一個小物體，原子的質量幾乎都集中在它裡面，正電也都在這裡面。後來原子核的研究發現兩種新的力，弱力和強力。

量子物理學源自 1920 年代，成功地解釋了原子的結構及其所發射的光譜。它基於幾個基本觀念，包括「波粒雙重性」和「測不準原理」。自牛頓以來，物質被認為是一個簡單又準確的系統，但其實不然。

「電弱統一理論」源自 1960 年代，把電磁和弱力合併為單獨一個理論。這在把所有物理定律合併成單一理論的目標上，又是個里程碑。現在的物理學家正在尋找「統一場論」(Grand Unified Theory, GUT)，希望強力和萬有引力也能夠包括在其中。

高能物理是從研究輻射性元素所發射的輻射線和宇宙射線開始的，以後就叫作粒子加速器，發現很多新的粒子，當初令他們迷惑，但以後導致現在「夸克」(quark) 的理論，認為很多粒子是由夸克組成的。但按這理論，夸克是看不見的，不可能在那些包含它們的粒子外面分離出來觀測它們。從來沒有這種理論，這就引起了一些很有趣的哲學問題。有一些理論也牽涉到「多度空間」，認為在我們所看見的三度空間以外（或說四度，包括時間）可能還有很多度空間，甚至十度以上。這有什麼意義呢？這幾度空間真的存在嗎？我們所謂的「真的」是什麼意思呢？理論基礎是什麼？

1980 年代初，有人發明「掃描穿透顯微鏡」，這是第一次能夠直接看出個別的原子。

二十世紀末，看到「混沌理論」(chaos theory) 的發展，能夠處理很複雜而且以過去的方法都無法分析的問題，包括不可預測的系統和亂流。

1930 年，美國人 Clyde Tombaugh 在尋找多年後，就「根據預測」發現了冥王星 (Pluto)。這之前，有人因對海王星的運動有一點點偏差而預測出另外一顆行星，就像海王星是因為對天王星的預測偏差而來的。但冥王星太小，不造成任何干擾。天文學家發現，所謂的干擾其實只不過是很小的觀測誤差而已。

天文學家對宇宙的瞭解因為有了更大的望遠鏡和靈敏度更高的儀器而不斷進步，漸漸知道銀河系的結構及大小，是一個「星系」(galaxy)，一個扁扁圓圓，直徑約100,000光年的系統，太陽距離中心很遠，至少 25,000 光年。一光年是光線在一年的時間所走的距離，10,000,000,000,000 公里。

但這仍不是宇宙的端點。十九世紀觀察到「螺旋星雲」，它們的本質令人困惑，1925 年，有了 100 英吋的 (2.5m) 望遠鏡，終於證明螺旋星雲是銀河系之外別的星系，距離達到 100,000,000 光年以上，而且還是看不到宇宙的邊界。宇宙有多大？無限大嗎？

他們繼續觀察星系，在 1929 年發現它們在光譜上的紅位移，這是說它們的光譜很像實驗室裡面材料的光譜，但整個光譜往紅色的方向移過來。到現在所提出唯一合理的解釋是，星系背著我們走，這就拉長了它們光的波長，造成了紅位移。越遠的星系走得越快，這是所謂的「宇宙的膨脹」。

這表示宇宙不是永遠靜止不變的，而且有一個開始，或說起源。在 1940 和 1950 年代，這導出了「大爆炸論」(Big Bang)：宇宙起源於一個高溫高壓的爆炸，這樣就能夠解釋元素的由來和星球的形成與演化。

但在那時候，很多天文學家還無法接受這理論，原因之一是這理論有個很重要的預測，但當時儀器的靈敏度不夠高到可以從事這觀測。若大爆炸真發生過，從天空各方向都應該會收到「3K宇宙微波背景輻射」。1965 年，美國 Bell電話公司的兩個工程師，Arno Penzias 和 Robert Wilson，終於觀測到這輻射線，之後除

了極少數人，天文學家都認為這驗證了大爆炸論。

1990年，柯柏衛星 (Cosmic Background Explorer, COBE) 驗證了背景輻射具有非常準確的黑體輻射光譜，只有很高溫的爆炸才會有這種光譜。現在只剩下一個問題了，這背景輻射的均勻度高到一個地步，讓我們很難解釋怎麼會發展出如今很不均勻的物質分佈情況，有星系及星系團。1993 年繼續分析 COBE 的探測，顯出這輻射有一點點不均勻，或者叫做皺紋，問題就解決了。

對宇宙和星球來源的瞭解有了這樣的進步，就能估計太陽系的年齡約是 4,570,000,000 年，宇宙的年齡約是 13,700,000,000 年。要知道宇宙的年齡，需要知道星系的速度和距離，但不同測量方式有不同的結果，這問題還沒有解決。

二十世紀可以算是生物學和醫學的黃金時代。首先是遺傳學家摩根 (T.H. Morgan) 研究果蠅遺傳時，對基因的觀念及了解有重大突破。不過這可能得歸功於生物學家 Sutton，因為是他首先發現細胞中具有絲狀的染色體。到了 1929 年，Alexander Fleming 發現了抗生素盤尼西林 (penicillin)，但當時未被廣泛利用。直到二次大戰期間，許多受傷軍人因細菌感染而死亡，盤尼西林才被大量使用！

接下來幾十年則是遺傳學及分子生物學的時代了！1931 年美國科學家芭芭拉麥克林托克 (Barbara McClintock) 發表了震驚科學界的「跳躍基因理論」，她發現染色體上的基因並非完全靜止不動，有時也會跳到不同的位置上。她的理論發表後，當時的科學家認為是荒謬和無中生有，因此受到許多冷言諷刺。但是過了幾十年，她的理論終於被科學界証實和接受，1983 年她獲得了諾貝爾獎。

另一個重要發現是知道 DNA 分子（去氧核糖核酸）是細胞內的遺傳物質，這發現是由三位科學家 Avery, McLeod 及 McCarty 於 1944 年完成的。接著英國科學家 James Watson 和 Francis Crick（還有比較不出名的 Wilkins），於 1953 年因為發現 DNA 的三度空間結構獲得諾貝爾獎。這發現把遺傳學推進了 DNA 時代，很多生物學家都致力於研究人體染色體 DNA 的奧秘。1972 年，Paul Berg 因成功的做出第一個 DNA 重組實驗而獲得諾貝爾獎，這實驗奠定今日遺傳工程實驗的基礎。現在我們在醫學上所使用的 B 型肝炎疫苗及胰島素 (insulin) 等都是靠 DNA 重組技術完成的，甚至電影「侏羅紀公園」中恐龍的產生，也是用 DNA 重組技術完成的。

二十世紀有待完成的事，應是諾貝爾獎得主 Watson 發起的人類基因圖譜計劃 (Human Genome Project)，這計劃希望解開人類 23 對染色體的秘密，目的是根治人類所有的遺傳疾病及癌症，而圖譜已完成了大半，希望在廿一世紀可以應用在醫學治療上。

至今生物學家把達爾文和孟德爾的理論合併成比較新的生物起源的理論，叫做「新達爾文綜合論」 (neo-Darwinian synthesis) 。

科學家發現，這宇宙剛好適合生物的存在，這是很不可思議的一件事，他們開始討論「人類原理」 (anthropic principle)，想知道宇宙為什麼會這樣。也有人懷

疑是否有很多其他的宇宙。

因為很多科學家採取進化論的前提，使他們相信在宇宙中應該另有生物，所以他們開始尋找「外星智能者」(SETI, Search for Extra-Terrestrial Intelligence)，但到現在還沒找到。

二十世紀初，「科學」就是自然科學。但在二十世紀中也有「社會科學」的發展，包括心理學、社會學、人類學。

VII 結論

歸納科學的歷史

- 1 前提或假設對結論實在大有影響。
- 2 科學的進步就是把原來分開的定律合併成單一理論。

西方文明在十七世紀初的時候，認為人類被擺在上帝所指定的小小宇宙中心點，但到了二十一世紀初，科學界認為人類只不過是在一個測不盡又無意義的機械宇宙中的一種微不足道的意外副產品。