

宇宙的創生

— 遠古之初，誰傳道之

在中文裡，上下四方曰「宇」，古今往來曰「宙」，所以「宇宙」這個詞指的就是時間與空間的總合體...



圖說：藝術家所繪製的假想圖，描述目前有關宇宙創生的主要理論「大霹靂」學說...

現代宇宙學最重要的一個觀測結果，可說是「哈柏定律」。1929年，天文學家哈柏觀測遙遠的星系...

廣義相對論將「引力」看成是「時空」的扭曲，只要有質量或是能量，就可以將時空扭曲...

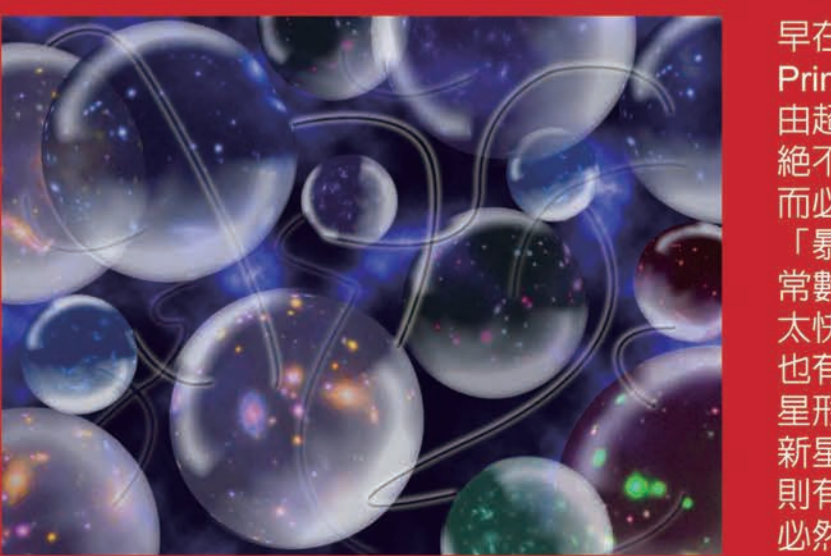
根據觀測，微波背景輻射的不均勻性非常低，在大尺度上仍然符合宇宙學原理的「均勻性」假設...

直到大爆炸經過將近4億年，第一顆恆星才誕生，開始發出光和熱，結束宇宙的黑暗時代...

以目前的科技進展，我們已經可以成功觀測到宇宙微波背景輻射。但是我們對於宇宙的演化仍然充滿很多疑團...

宇宙—偶然還是必然?

在一般的科學當中，我們總是能就某理論進行多次實驗測量，以驗證其真偽或求得誤差...



圖說：藝術家所繪製的假想圖，呈現出「多重宇宙」的概念，圖中每個球體都代表一個宇宙...

早在1961年，美國天文學家Robert Dicke 就提出了「人擇原則 (Anthropic Principle)」論點...

目前物理學家傾向於接受如哥白尼原理的陳述：「沒有觀測者是處於特別的位置」...

恆星與行星的形成

— 佈置生命的舞台



圖說：藝術家繪製的假想圖，呈現出與太陽系類似的行星系統的形成過程。

前幾年的話題電影「阿凡達」，描述另外一個地球上，人類與外星種族為了爭奪資源與生活環境造成的衝突...

一般人對宇宙的想像是一片廣渺無垠的荒蕪，其實宇宙中充滿了星際介質，這些星際介質當中，密度較高的部分就稱為分子雲...

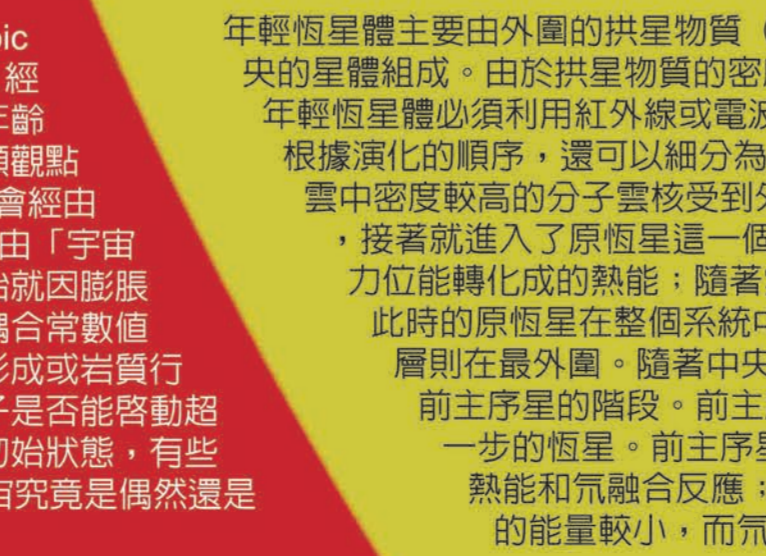
漸漸形成恆星系統內的行星與衛星，而拱星盤本身的密度也越來越精薄。在這四個過程當中，前兩個過程決定了恆星系統未來的物理狀態...

目前在夏威夷毛納希峰運轉的次毫米波陣列 (SMA) 正是這個領域研究恆星形成的最佳利器。本所研究人員不僅利用SMA研究年輕恆星體的物理性質...

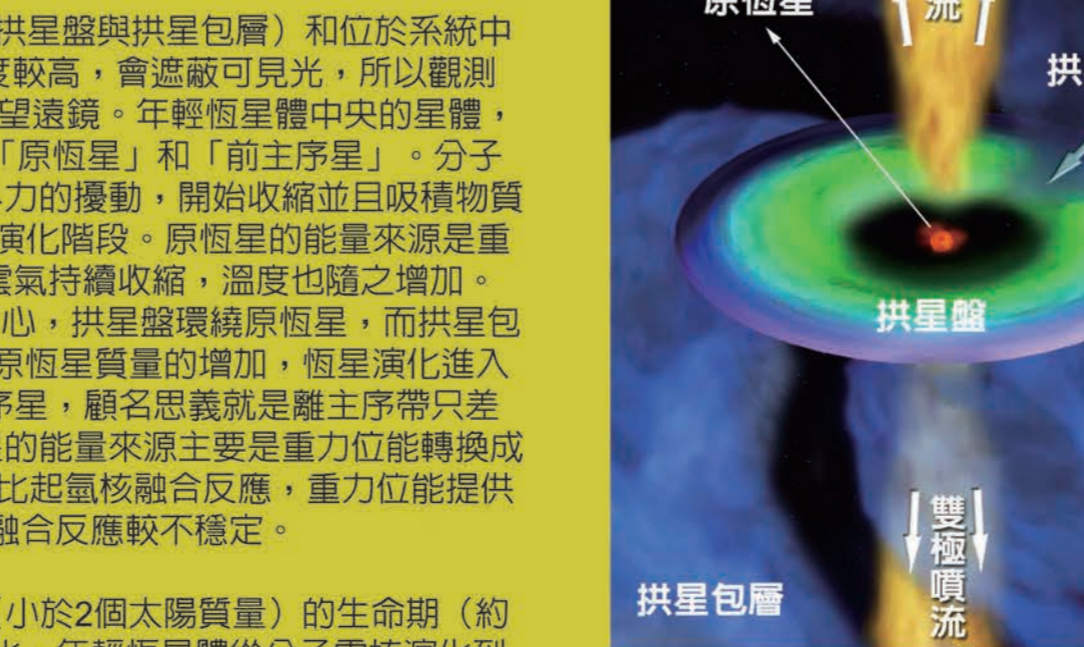
有別於米勒系統，其他假說採用不同的能量種類和來源。例如 Wächtershäuser 的「鐵硫世界」...

星星寶寶—年輕恆星體

年輕恆星體 (Young Stellar Object) 是恆星演化過程中早期階段的天體。一般恆星通常都是主序星...



與低質量恆星 (小於2個太陽質量) 的生命期 (約100億年) 相比，年輕恆星體從分子雲核演化到主序星所需的時間，是非常短的...



圖說：藝術家所繪製的假想圖，呈現出目前對恆星形成的主要看法與相關物理現象。

地球生命的起源

— 2011天文生物學再掀焦點話題

2011年3月太空生物學家Richard B. Hoover博士和他的團隊發表了一份驚人報告...

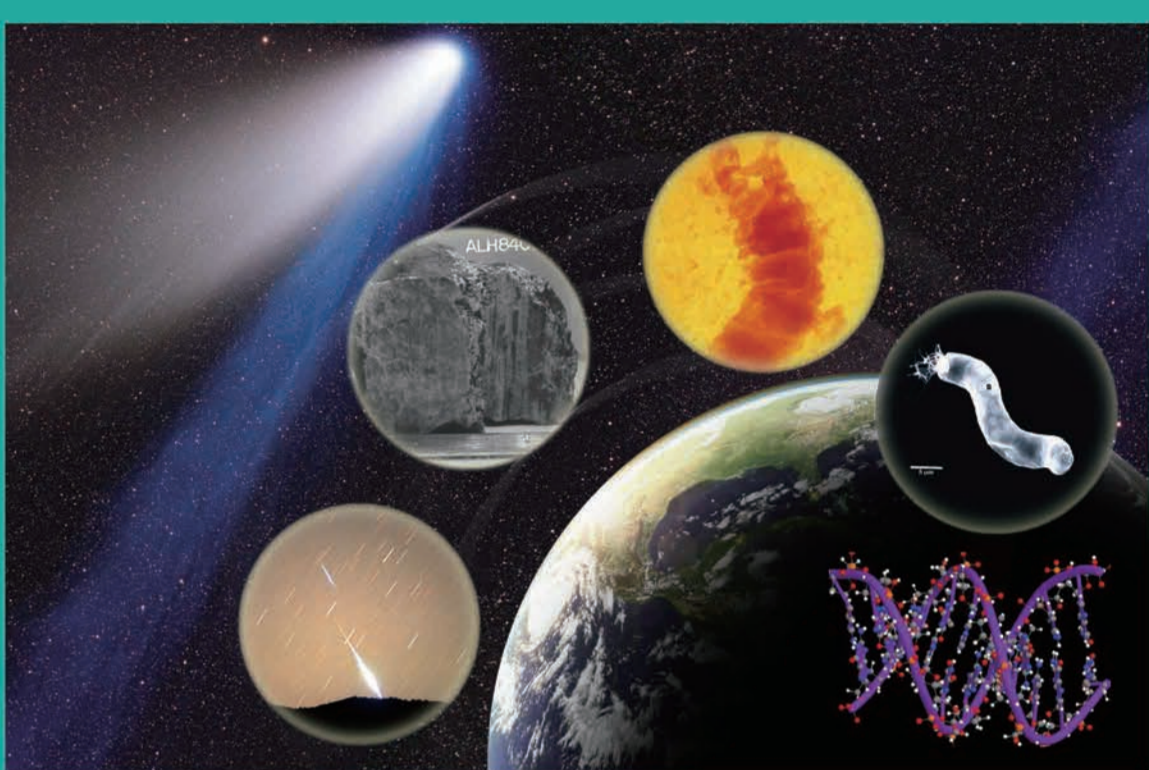
雖然發表演石內有外星生命這不是第一次，但過去所提供的證據經常產生爭議...

「最早的生命如何產生？」是很多人想問的問題，其實這也是科學研究裡最大的疑惑之一...

那麼，生命共同的特徵分子來源為何？建構生命的基本元素是有機分子，包括核糖核酸、蛋白質、醣類、脂質等等...

地球起源：有20世紀達爾文之稱的 Alexander Oparin (1924) 提出「生命自然發生」的理論...

非地球起源：然而上述各個假說模型疑點重重，生命共同的特徵分子來源為何？建構生命的基本元素是有機分子...



圖說：上圖是由7張小圖組成的合成影像，描述目前有關生命起源的兩大派說法—地球起源派與非地球起源派...

甚多。例如米勒實驗需要強烈還原的化學環境，若早期地球有部份氧氣或強氧化劑出現...

光譜的分析顯示，太空中很多天體和星際環境皆不乏有機物質，不論是在隕石、彗星或微隕石中都偵測得到有機物的蹤跡...

討論了有機物的來源問題，接下來就是研究這些有機物如何能在地球上轉變成可以自我複製或自我組織的系統...

從以上生命起源的假說和理論看來，雖然生命的形成仍是一謎，但是透過這些理論、假說和目前所有的實驗證據...

圖說：藝術家所繪製的假想圖，呈現出「多重宇宙」的概念，圖中每個球體都代表一個宇宙...

圖說：藝術家繪製的假想圖，呈現出與太陽系類似的行星系統的形成過程。

圖說：藝術家繪製的假想圖，呈現出目前對恆星形成的主要看法與相關物理現象。

圖說：藝術家繪製的假想圖，描述目前有關生命起源的兩大派說法—地球起源派與非地球起源派。

發行所：ASIAA 執行主編：陳啟祺 執行編輯：曾耀軍、蔣龍毅、顏吉瑛 美術編輯：蔡啟智 發行單位：中央研究院天文及天文物理研究所 地址：台北市羅斯福路四段一號天文數學館11樓 電話：(02)2366-5452 電子信箱：outreach@asiaa.sinica.edu.tw 朱信諤牽星「10617台北郵政23-14」號信箱 中央研究院天文所天文關係編輯小組收：或是 寄至電子信箱：outreach@asiaa.sinica.edu.tw

何謂宇宙？

宇宙是一切時間與空間，及所有存在於內的事物。太空與地球、人類、植物及動物都是宇宙的一部分，與夜空的星星、

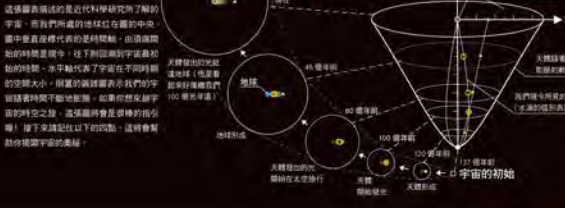
有宇宙，斯有元素

有人類，斯有科學

何謂科學？

科學是對解釋我們宇宙的一種方法。當你像科學家那樣思考「為什麼」的家下，你就踏出科學探究的第一步。科

如何使用這張圖



第一點 往宇宙深處看去便可看到宇宙的過去

當你望向深邃的宇宙深處，我們將會看到的是宇宙過去的樣子。舉例來說，我們若望到的是大爆炸後約38萬年的樣子，

第三點 太空中的距離

當我們望向深邃的宇宙深處時，事實上是在與這個大爆炸後發出的光波溝通。多麼遙遠的距離才能到我們的視線。

太陽系的生命

地球以外的宇宙中是否存在生命？雖然，讓我們太興奮了，太陽系中許多不同的行星都組成。

尋找第二顆地球

生命是存在於地球以外的地方嗎？由於科學家本身的生命存在於地球上，尋找其他行星上的生命是一項非常艱鉅的工作。

宇宙如何創生？

我們位在宇宙的中心嗎？

構成人類物質從何而來？

無數個的宇宙似乎曾經是一個小到看不見的小點。現代科學不斷嘗試探索宇宙的創生有沒可能是「從無到有」，

本宇宙與無數個位於於中心點，圍繞我們今日居住的宇宙。其實宇宙的時間遠大於我們所能，

由許多不同元素組成的人類，可以比喻為一個小宇宙。目前已知道這些元素自恆星生成，並且自古至今持續散播各地。

我們所知道的宇宙
輻射中的恆星
宇宙的組成中超過 70% 是一種名為「暗能量」的神秘力量，超過 20% 是名為「暗物質」的神秘物質，

網狀分布的星系
由大尺度結構追蹤暗物質
為何星系可以組織成如此結構？這個謎題的答案可以追溯到「暗物質」。

第一代恆星照亮了我們的宇宙
恆星與星系的誕生
我們目前已知星系是在 130 億年前誕生的，但我們還不知道第一代恆星是什麼樣子的。

宇宙放晴了！
電子與原子核的結合
宇宙誕生的 38 萬年時，大量的電子「穿」穿在極高的溫度中與原子核的碰撞。

宇宙最初三分鐘
物質的產生
宇宙誕生在極熱極密的狀態中，在最初三分鐘，極高溫度的宇宙中與中微子碰撞。

極高溫的火球！
大霹靂
宇宙在最初的時間無法估計火球的膨脹加劇成極高速度，極穩定，大小只有像籃球大小的火球。

從無到有
暴脹：早期宇宙的快速膨脹
宇宙在誕生的最初「幾」秒，宇宙的大小膨脹成千倍於十幾倍。

圖範圍之外還有東西嗎？
我們所知道的宇宙只是一部分，而我們不知道宇宙之外還有什麼。

以水滴狀的圖形表示
我們看得見的宇宙
這幅圖形顯示了我們所知道的宇宙，即由光波所照亮的部分。

天體以大於光速的速度
這讓我們感到驚訝
在宇宙的深處，天體可以以超過光速的速度移動，這並不違反物理定律。

兩條軌跡
宇宙誕生之前可能是什麼樣子的？
我們不知道宇宙誕生之前是什麼樣子的，這仍然是一個未解之謎。

宇宙誕生之前可能是什麼樣子的？
我們不知道宇宙誕生之前是什麼樣子的，這仍然是一個未解之謎。

宇宙誕生之前可能是什麼樣子的？
我們不知道宇宙誕生之前是什麼樣子的，這仍然是一個未解之謎。

宇宙誕生之前可能是什麼樣子的？
我們不知道宇宙誕生之前是什麼樣子的，這仍然是一個未解之謎。

約470億光年—目前可觀測到的宇宙半徑
我們目前所能觀察到的宇宙範圍有限，這是由於光速有限的原因。

中心軸
這是一條假想的軸線，用來描述宇宙的結構。

恆星的一生
從誕生到死亡，恆星經歷了漫長的旅程。

老年恆星是元素的工廠
在恆星的晚年，元素被合成並釋放出來。

成熟、穩定發光的恆星
核融合反應維持了恆星的壽命。

紛擾的幼年階段
恆星在出生時經歷了劇烈的擾動。

宇宙元素的回收與再利用
死亡的恆星將元素送回宇宙，供新一代恆星使用。

生命是由各種不同元素組成
地球生命的誕生與演化
生命的存在需要各種化學元素的組合。

佈置生命的舞臺
太陽系與地球的形
行星的排列和地球的環境為生命的出現提供了舞臺。

爆炸的恆星散出新形成的化學元素
超新星：宇宙的煉金術
超新星爆炸釋放了大量的化學元素到宇宙中。

悄悄將元素歸還宇宙的恆星
行星星雲：低質量恆星的剝離
行星星雲是低質量恆星在生命末期的產物。

老年恆星是元素的工廠
感傷中的紅巨星
紅巨星是恆星在晚年期的最後階段。

紛擾的幼年階段
變「出氣」的原恆星
原恆星在形成過程中經歷了劇烈的擾動。

宇宙元素的回收與再利用
分子雲：恆星誕生的地方
分子雲是恆星形成的原材料。

2011年「國家宇宙學年」... 2007年「國家第一宇宙學」... 2007年「國家第二宇宙學」...

## 【宇宙的創生】遂古之初 誰傳道之

在中文裡，上下四方曰「宇」，古今往來曰「宙」，所以「宇宙」這個詞指的就是時間與空間的總合體。以物理學的語言來說，就是「時空」的總稱。現代宇宙學是研究「宇宙如何創生」的學問，理論基礎奠基於愛因斯坦在將近一百年前發表的廣義相對論，但實質上的進展卻集中在近 20 年。20 年前我們只能大略猜測宇宙的年齡，今日，天文學家已經可以精確測量宇宙背景輻射在小尺度上的變化。在談到現代宇宙學的進展之前，我們必須先介紹宇宙學研究的兩個基本原理：「各向同性」和「均質性」，這兩個原理正是現代宇宙學的基本假設。「各向同性」是指無論從哪一個方向觀察，宇宙的性質不會因此而有所不同。而「均質性」是說：在大尺度的結構上，宇宙中物質的分佈必定是均勻的。這兩個假設就是所謂的「宇宙學原理」，基於這原理，我們才能夠利用廣義相對論研究我們的宇宙。



圖說：藝術家所繪製的假想圖，描述目前有關宇宙創生的主要理論「大霹靂」學說。背景圖片來源：「紅外移為 2.4 的星系 (©Project-horizon/ C pichon)」與「武仙座星系團(©Tony Hallas)」©中研院天文所

現代宇宙學最重要的一個觀測結果，可說是「哈柏定律」。1929 年，天文學家哈柏觀測遙遠的星系，他發現：星系離我們越遠，遠離我們的速度就越快。星系的速度與距離是線性關係，可以用「哈柏常數」來代表。哈柏發現這個現象之後，要進一步解釋哈柏定律，就得仰賴愛因斯坦的廣義相對論。

廣義相對論將「引力」看成是「時空」的扭曲，只要有質量或是能量，就可以將時空扭曲，當另一個物體在扭曲的時空中運動時，看起來受到引力的影響。但是，用來描述時空現象與質量的數學公式非常困難，要利用廣義相對論來研究現象之前，都必須經過化簡。例如：要應用廣義相對論來研究宇宙的時空性質，物理學家得用宇宙學原理來化簡數學公式。根據化簡之後的公式，研究結果發現：宇宙是不斷膨脹的！這一個理論上的推導，正好可以說明哈柏觀察到的現象。如果宇宙正在膨脹，而且星系之間的距離不斷加大，這正好可以推論出一個驚人的結論：在過去的某一個時間，星系的距離一定要靠得很近，而且宇宙曾經處於一個溫度極高、密度極大的狀態；這就是宇宙的創生！這一個描述宇宙創生的理論，就稱為「大霹靂理論」。

「大霹靂」意指：宇宙由一個高密度與高溫度的狀態誕生。當宇宙創生之後的一瞬間 ( $10^{-35}$ – $10^{-37}$  秒)，宇宙經歷過一次大暴脹，宇宙尺寸急速的膨脹，這一個暴脹讓我們的宇宙變成「正物質多於反物質」的世界。因為在宇宙創生之初，正物質的數量稍稍多於反物質，而暴脹放大了這個現象，所以我們的宇宙是以正物質為主的宇宙。這個時期的宇宙因為溫度太高，所有的物質都是以離子的方式存在。一直到宇宙創生 40 萬年後，溫度降到絕對溫度數千度時，電子和原子核才開始結合成原子。之後，宇宙輻射慢慢冷卻至絕對溫度約 3 度，這時期的輻射就是所謂的「宇宙微波背景輻射」。此時微波背景輻射在不同位置的強弱，就代表了宇宙中物質分布的情形。

根據觀測，微波背景輻射的不均勻性非常低，在大尺度上仍然符合宇宙學原理的「均勻性」假設。然而，在小尺度上，背景輻射有極微小的不均勻性，這正是今天宇宙大尺度結構的起源，因為宇宙創生時密度的微小變化，星系才能形成，太陽系才能存在。從這個時候開始，宇宙進入長達數億年的「黑暗時期」。此時期因為宇宙的溫度降低，原子形成，重力開始成為主宰宇宙演化的主要作用力，物質也開始經由重力慢慢地收攏、靠近。

直到大爆炸經過將近 4 億年，第一顆恆星才誕生，開始發出光和熱，結束宇宙的黑暗時代。從此之後，核融合反應成為宇宙中輻射的主要來源之一。經過 137 億年的漫長時光，宇宙終於演化出了星系和各種天體，包含太陽系和生命。

以目前的科技進展，我們已經可以成功觀測到宇宙微波背景輻射。但是我們對於宇宙的演化仍然充滿很多疑問。比方說：天文學家尚無法清楚明瞭宇宙黑暗時代究竟何時結束、第一個恆星何時誕生。人類目前的望遠鏡也仍無法真正觀測到星系形成之初的片段。對天文學家來說，宇宙的創生，仍然是一個需要探索的新領域。（編輯稿）

## 【恆星與行星的形成】佈置生命的舞台

前幾年的話題電影「阿凡達」，描述另外一個星球上，人類與外星種族為了爭奪資源與生活環境造成的衝突。電影雖然是虛構的科幻世界，卻也讓不少觀眾心神嚮往、目眩神迷。除了地球之外，還有沒有另一個世界？這一個「大哉問」一直是人類最感興趣的謎團，不僅哲學家和科學家們對此竭盡心力，連一般大眾也有相當的興趣。但是，這個問題一直等到 20 世紀，當天文物理學發展成熟後，我們才開始得以探究恆星和行星形成之謎。在現代天文學中，「恆星與行星形成」是最熱門的研究領域之一，與「宇宙起源」和「生命之始」並稱為「三大起源問題」，科學家們絞盡腦汁，集中資源，希望能夠解開恆星與行星系統誕生之謎。

一般人對宇宙的想像是一片廣渺無垠的荒蕪，其實宇宙中充滿了星際介質，這些星際介質當中，密度較高的部分就稱為分子雲，分子雲中密度更高的分子雲核，就是孕育恆星的地方。根據目前的研究，恆星形成可以分成幾個主要的階段。



圖說：藝術家繪製的假想圖，呈現出與太陽系類似的之行星系統的誕生過程。  
©Danasa NASA/ JPL-Caltech

第一個階段是吸積，分子雲中的氣體受到外界的擾動，以分子雲核為中心開始收縮，中心的質量逐漸累積，漸漸成為一個質量、密度明顯較大的中心。收縮的過程當中，整個系統也會開始旋轉；旋轉時，外圍的物質漸漸向密度較高的中心靠攏，這個過程就稱為吸積。藉由吸積，中心的質量越來越大，這個時候的整個系統大略可區分為三個部分，分別是最外圍的拱星包層，然後是更內層的拱星盤（Circumstellar disk）—拱星盤和拱星包層合起來稱為「拱星物質」，主要的成份是氫氣、重元素和塵埃；系統的最中心則是「原恆星」。分子雲中的氣體藉由拱星物質被吸積到原恆星表面，此時，這個系統就不再叫做「分子雲核」，而改稱「年輕恆星體」。

到了第二個階段，當原恆星的質量增加到相當於周圍拱星物質的質量大小時，原恆星的吸積便開始放慢。此時，為了保持角動量的守恆，分子雲中的物質只有非常小部分被吸積到原恆星上，大部分都以雙極噴流的形式向外噴發（詳細說明請參閱天聞 2010 冬季號）。當然，噴流在原恆星系統內的起源地點至今仍然成謎，目前我們只知道噴流與磁場有很強的關聯。

在第三個階段，原恆星周圍的拱星物質只剩下拱星盤，在這個旋轉拱星盤中，塵埃和氣體逐漸累積，成為微行星。到了最後的階段，原恆星演化成為前主序星，拱星盤中的物質漸漸形成恆星系統內的行星與衛星，而拱星盤本身的密度也越來越稀薄。在這四個過程當中，前面兩個過程決定了恆星系統未來的物理狀態，而後面兩個過程則是行星系統形成的重要環節。換句話說，天文學家是從觀測和理論兩個方向，藉由探討不同階段的物理、化學性質的變化，來研究恆星與行星系統的形成。

目前在夏威夷毛納基峰運轉的次毫米波陣列（SMA）正是這個領域研究恆星形成的最佳利

器。本所研究人員不僅利用 SMA 研究年輕恆星體的物理性質，也用 SMA 來研究原恆星的化學組成。除了 SMA 之外，本所研究人員也利用加法夏望遠鏡的廣域紅外線相機進行年輕恆星體的統計研究。而日本的昴望遠鏡，讓天文學家得以拍攝取得拱星盤的清晰影像。天文學家便利用理論模式配合觀測所得的影像，進一步研究形成中的行星如何在拱星物質中形成。

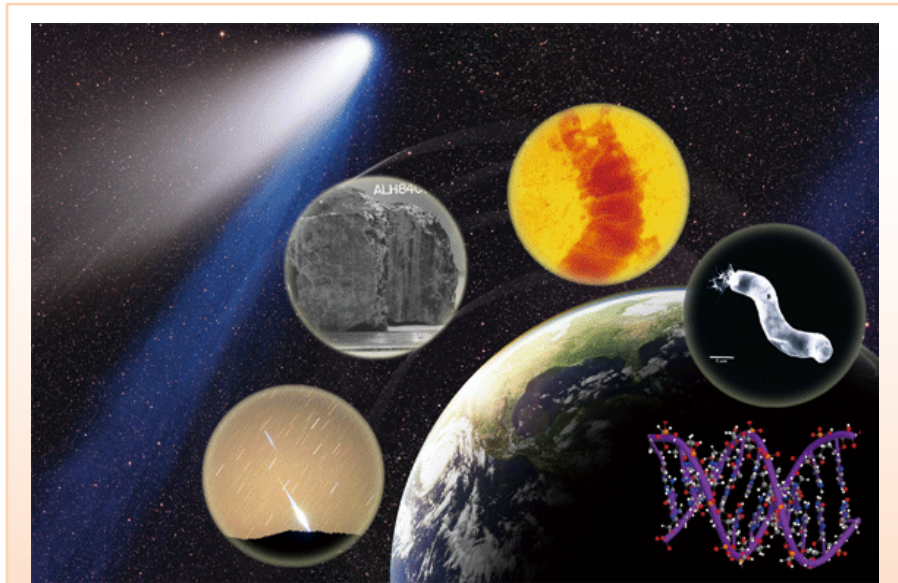
本所的另一個重點計畫「中美掩星計畫 (TAOS)」，則是希望研究太陽系外圍的小天體（如歐特雲或古柏帶），進一步解答行星系統在形成過程中的密度變化。這些位於太陽系邊緣的天體，都是恆星在形成過程中留下的產物。藉由比對 TAOS 所得的研究資料，配合不同波段天文望遠鏡對其他年輕恆星體的觀測，天文學家也許能夠解開行星系統創始之謎。

此外，近來正在智利沙漠興建的「阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列 (ALMA)」，可以說是人類歷史上空前的天文望遠鏡，這一座大型陣列能夠提供於無與倫比的觀測能力。不久的將來，臺灣的天文學家一定有機會站上世界舞台，與頂尖科學家並肩合作，解答——「另一個地球在哪？」——這個人類歷史上最大的疑問。（編輯稿）

## 【地球生命的起源】2011 天文生物學再掀焦點話題

2011 年 3 月太空生物學家 Richard B. Hoover 博士和他的團隊發表了一份驚人報告：「隕石 CI1 carbonaceous chondrites 內發現類似微生物的外星生命」。地球生命起源再度成為重要的話題。

雖然發表隕石內有外星生命這不是第一次，但過去所提供的證據經常產生爭議，例如：1996 年火星隕石 ALH84001 上找到生命痕跡的研究發表就極具爭議性。有鑒於這樣的前例，這次宇宙學雜誌 (Journal of Cosmology) 就邀請了一百位專家，並允許 5000 名以上的科學家來檢閱文章，以便確認 Hoover 博士團隊的發表結果，這是前所未有的嚴謹審查。發刊後，該雜誌也特別開闢網路空間讓其他人提出意見。如此大動作，無非是要確認這個發現是否真實可信。當然，若生命可以在其他星球形成，甚至運送至地球，那地球生命起源



圖說：上圖是由 7 張小圖組成的合成影像，描述目前有關生命起源的兩大派說法—地球起源派與非地球起源派。圖中背景分別是彗星 (圖片提供/本所王為豪) 及地球 (© blogdowallpaper.wordpress.com)；中央四張圓形小圖片由左至右分別為流星雨 (圖片提供/本所李昀岱)、火星隕石 ALH84001 (© NASA/ Johnson Space Center)、目前已知最早 (35 億年前) 的 60 微米長微生物化石 (© William Schopf in Nature, 2002)、2011 年 3 月在 CI1 隕石中發現類似微生物的外星生命遺跡 (© NASA/Richard B. Hoover in Journal of Cosmology, 2011)。右下方的圖片是可自我複製的遺傳物質 RNA (© blogspot.com)

源的想法則有必要大幅地修正。因此，藉這個機會，我們將地球生命起源的研究中，具代表性的幾個假說、理論或疑問，概略地介紹給同學們認識。

「最早的生命如何產生？」是很多人想問的問題，其實也是科學研究裡最大的疑惑之一。目前已知最早的生命可能出現在 35 到 38 億年前左右；換言之，從 46 億年前地球誕生後的約數億年之間，一定發生了什麼「事」，才得以讓生命在地球上產生、繁衍。要探知這些關鍵事件極為困難，最主要是發生年代久遠，佐證不易。但是科學家要如何探討這麼困難的問題呢？研究策略大致上是藉由生物化學和分子生物學來瞭解：首先歸納所有生命共有的特徵分子，再尋找早期地球環境化學中有沒有能讓這些特徵分子產生的條件；一旦特徵分子可以形成，再來探討這些分子如何產生自我組織和複製的能力，好進一步轉變成獨立自主的生命個體。

那麼，生命共同的特徵分子來源為何？建構生命的基本元素是有機分子，包括核糖核酸、蛋白質、醣類、脂質等等，這些就是所謂的共同特徵分子。於是乎最直接的問題便是「這些有機分子從哪來？地球自己產生？或是外來的？」、「什麼樣的早期地球環境化學才有能力產生這些有機分子呢？」，又「太空有哪些物體能供給地球這些分子呢？」。這些都是很簡單、直接的問題，卻是最重要的研究課題。目前這方面的研究大致可分為兩類：地球起源（Terrestrial origins）和非地球起源（Extraterrestrial origins）。

**地球起源：**有 20 世紀達爾文之稱的 Alexander Oparin（1924）提出「生命自然發生（Spontaneous generation of life）」的理論；假設早期地球化學屬於缺氧環境，透過陽光的激化，有機物即可自然產生，由此他提出生命的前驅是這類含有有機分子的「原始湯（Primeval Soup）」的說法。同時期的 J.B.S. Haldane 也提出早期地球海洋是「熱稀湯（Hot dilute Soup）」環境，適合有機分子形成的想法。這兩個假說都各有部份在 1953 年被米勒（Miller）和尤瑞（Urey）的「早期可能的地球環境化學模擬實驗」所證實。他們將甲烷、氫氣、氨氣、水等結合後，加熱或用閃電等物理處理，產生出簡單類似氨基酸的有機物；這個實驗也讓他們因此獲得諾貝爾獎。後人則藉由類似實驗，進一步利用其他化學物質特性產出更複雜關鍵的有機物，例如鳥糞嘌呤（Adenine）、以及兩種嘧啶（Uracil 和 Cytosine）等等生命遺傳物質的重要成份。

有別於米勒系統，其他假說採用不同的能量種類和來源。例如 Wächtershäuser' 的「鐵硫世界」根本不需要外部能量，藉由硫化鐵和黃鐵礦氧化還原的化學能轉換，就形成了簡單有機分子、或更複雜的聚合有機分子。Zachary Adam 提出的「放射性海灘假說（Radioactive beach hypothesis）」能量來源是放射性物質：放射性物質例如鈾受海潮作用濃縮在海灘上，這些聚集的放射性物質可以形成穩定核反應並提供能量形成有機分子。Karo Michaelian 的假說則是利用紫外線，在紫外線照射下的水溶液，藉由水循環時蒸散過程所產生的熵（Entropy）來獲得有機分子合成所需的能量。「黏土理論（Clay theory）」提出水溶液中矽結晶系統（黏土）可以逐漸產生複雜的有機物。「海底熱泉理論（Deep sea hydrothermal vent theory）」則認為氫和二氧化碳氧化還原所產生的化學能，或許可用來合成有機分子。另外 Gold 的「深熱生物圈理論（Deep hot biosphere theory）」，認為原始生命不一定要在地球表面形成，可以在地底下數公里處利用地殼釋出的甲烷作為化學能量來合成有機物。這些理論或假說是要說明「有機分子可在地球上自行形成」。

**非地球起源：**然而上述各個假說模型疑點甚多。例如米勒實驗需要強烈還原的化學環境，若早期地球有部份氧氣或強氧化劑出現，還原態的氣體是無法大量存留的，這樣的話，如何能夠合成並累積數量夠多的有機分子來作為生命形成的單元呢？這是「非地球起源」論者強調的重點之一。

光譜的分析顯示，太空中很多天體和星際環境皆不乏有機物質，不論是在隕石、彗星或微隕石中都偵測得到有機物的蹤跡。以微隕石（50-100 微米大小）為例，在太陽系「近期重大撞擊事件（Late heavy bombardment event）」前後，距今 42 億到 39 億年前左右約多出 100 倍。事實上微隕石所帶來的外來物質為一般隕石的 2000 倍。這些微隕石中（以在南極洲



的發現為例)大部份都是 Carbonaceous 類的微隕石，帶有大量的有機物可成為建構生命的重要原料，其中包括氨基酸和多環芳香族碳氫化合物 (Polycyclic aromatic hydrocarbons; PAHs)；這證實了從太空輸入地球有機物和有機物前驅物質的數量非常可觀。除了以上「直接運送有機物」的說法外，另外還有一個更大膽的推論是「生命原始湯的反應是在火星上先進行的」。該假說認為火星比起地球質量小，距離太陽遠，星球形成後先冷卻，所以應會比地球先合成有機物和生命；在火星受到類行星或彗星撞擊後，有些碎裂物被傳送到剛冷卻下來的地球，火星碎片中的有機物甚至生命體便留在地球上演進。至於火星本身則因為失去大部份的大氣層，無法再繼續維持生命的演化。不過這些起源的說法中都沒有真正談到「生命究竟是如何開始形成的」，截至目前都只是將有機物「是在地球境內產生」的條件，改放到其他星球或彗星上而已。但是「非地球起源」論點的最大特色是：「生命不是非得在地球形成不可，而且也不一定要在單一星球形成」。

討論了有機物的來源問題，接下來就是研究這些有機物如何能在地球上轉變成可以自我複製或自我組織的系統，進而演化成生命形態，這也是此類研究中最複雜、最不確定的部份。其中最被支持的理論是「基因優先的 RNA 世界 (The RNA World)」，參考各種特徵分子的特性後，普遍認為核糖核酸 (RNA) 應該最先出現形成 RNA 世界；因為 RNA 具備生命訊息，同時有複製和催化的多重能力，可以維持一個自我複製和組織的系統。之後等到蛋白質酵素出現，再取代掉 RNA 的簡單催化功能，進行更複雜的化學反應，直至生命形成。除此之外，也有其它重要說法主張「代謝系統優先世界」，認為是透過化學代謝途徑形成自動催化和組織的系統後，才產生 RNA 和 DNA 這些複製分子。因此目前這個階段的這類研究討論，主要可分成「基因優先 (Genes First)」和「代謝優先 (Metabolism First)」兩種學派。不過因為缺乏間接佐證的證據，所以兩方要得到證實都極為困難。

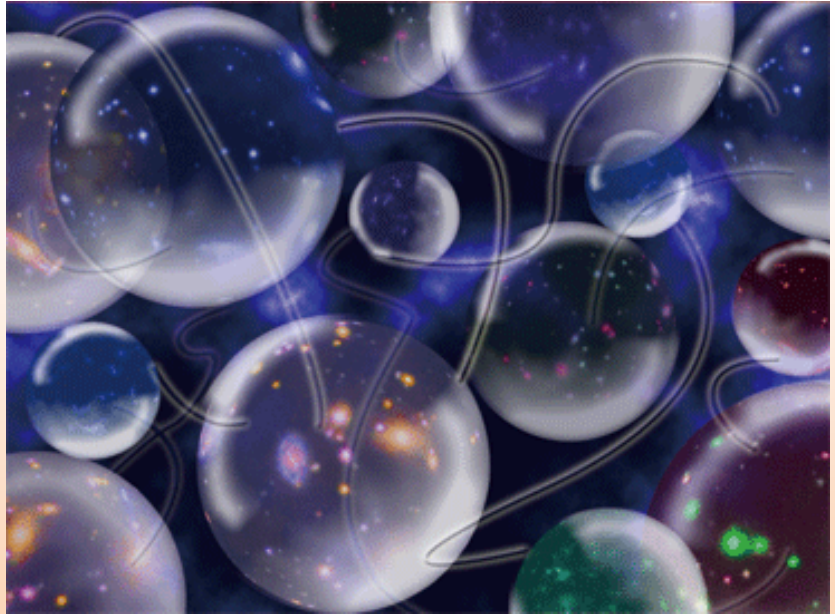
從以上生命起源的假說和理論看來，雖然生命的形成仍是一團謎，但是透過這些理論、假說和目前所有的實驗證據，提供了許多研究線索和方向。回到最近外星生命的發現報告，我們可以合理的推想，如果生命可以從別的星球產生，則產生生命的方式或許還會比現在已知的各種說法更加複雜，也可以留給同學們更多的想像空間，不是？

(本院生物多樣性中心 湯森林特稿)

## 【宇宙】偶然還是必然？

在一般的科學當中，我們總是能就某理論進行多次實驗測量，以驗證其真偽或求得誤差，例如物理學。但宇宙學是一門較獨特的學科：我們只能利用「觀測宇宙」的結果，來和宇宙學理論相佐證，無法對某一時空的宇宙參數進行多次的測量。但是，我們觀測到的宇宙參數（如宇宙年齡）都只是一組隨機的數字嗎？

早在 1961 年，美國天文學家 Robert Dicke 就提出了「人擇原則（Anthropic Principle）」論點：生命存在所需要的碳要在恆星內經由熱核反應形成，經由超新星爆炸散播，整個過程需要一百億年。所以我們能觀測到的宇宙年齡絕不可能小於此數，也就是說人類在觀測時已經不由自主地加入了因人類觀點而必需存在的「選擇效應」。舉例來說，宇宙的平坦度及總密度參數都會經由「暴脹增長倍數（Inflation



圖說：藝術家所繪製的假想圖，呈現出「多重宇宙」的概念，圖中每個球都代表一個宇宙，連結各宇宙間的管狀通道即為所謂的「蟲洞」。© 中研院天文所

e-folding)」做微調；宇宙的加速膨脹速率也由「宇宙常數」來微調。而這些微調皆不可能是任意值，否則宇宙有可能在一開始就因膨脹太快，導致連星系都無法成形。猶有甚者，物理學四大最基本作用力的耦合常數值也有甚多巧合。例如：重力及電磁力耦合常數的比例，深深影響恆星是否能形成超新星或石質行星的機會。此外，重力及弱作用力耦合常數的比例，也左右了微中子是否能啟動超新星爆炸機制的可能性。諸多巧合中，有些是由於我們還不了解宇宙的初始狀態，有些則有待「終極理論（Theory of everything）」來告訴我們所觀測到的宇宙究竟是偶然還是必然。

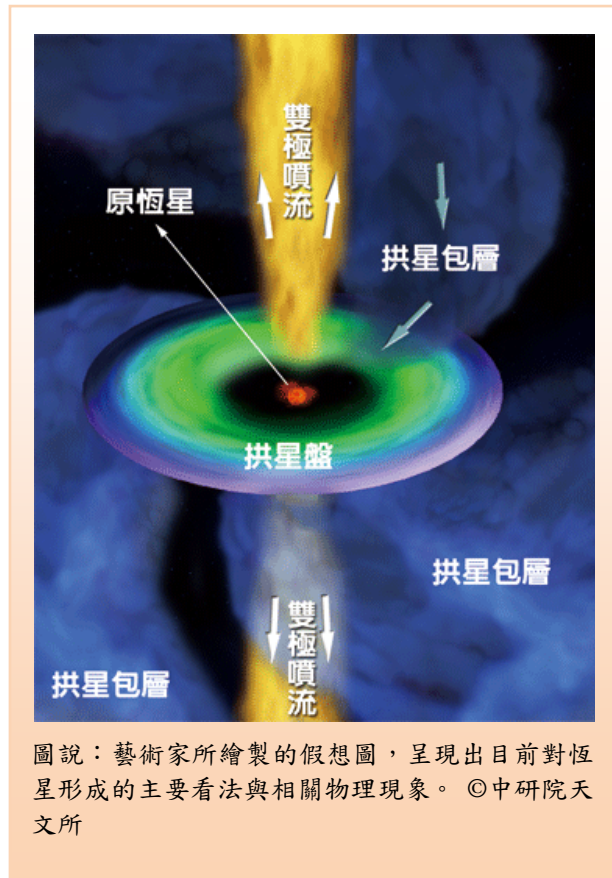
目前物理學家傾向於接受如哥白尼原理的陳述：「沒有觀測者是處於特別的位置」，於是便產生了「多重宇宙（Multiverse）」的論點：「我們可觀測到的宇宙只是許多宇宙之一，每個宇宙都有自己的、不同於其他宇宙的常數」。人類在科學進程中一直想辦法要把人的因素去除，但直到目前為止，仍在努力中，畢竟是「人」在嘗試了解這個宇宙。（編輯稿）

## 【星星寶寶】年輕恆星體

年輕恆星體（Young Stellar Object）是恆星演化過程中早期階段的天體。一般恆星通常都是主序星，恆星中心正進行著穩定的氫核融合反應；而年輕恆星體與主序星（參閱 2010 年冬季號「赫羅圖專欄」）最大的分別，就是年輕恆星體的中心尚未開始進行氫核融合反應。

年輕恆星體主要由外圍的拱星物質（拱星盤與拱星包層）和位於系統中央的星體組成。由於拱星物質的密度較高，會遮蔽可見光，所以觀測年輕恆星體必須利用紅外線或電波望遠鏡。年輕恆星體中央的星體，根據演化的順序，還可以細分為「原恆星」和「前主序星」。分子雲中密度較高的分子雲核受到外力的擾動，開始收縮並且吸積物質，接著就進入了原恆星這一個演化階段。原恆星的能量來源是重力位能轉化成的熱能；隨著雲氣持續收縮，溫度也隨之增加。此時的原恆星在整個系統中心，拱星盤環繞原恆星，而拱星包層則在最外圍。隨著中央原恆星質量的增加，恆星演化進入前主序星的階段。前主序星，顧名思義就是離主序帶只差一步的恆星。前主序星的能量來源主要是重力位能轉換成熱能和氦融合反應；比起氫核融合反應，重力位能提供的能量較小，而氦融合反應較不穩定。

與低質量恆星（小於 2 個太陽質量）的生命期（約 100 億年）相比，年輕恆星體從分子雲核演化到前主序星所需的時間，是非常短的。雖然目前天文學家尚無確切的定論，但是一致認為應該不會超過一千萬年。（編輯稿）



圖說：藝術家所繪製的假想圖，呈現出目前對恆星形成的主要看法與相關物理現象。©中研院天文所