

黑洞進食秀 p.40

腦海中的小劇場 p.48

馴狐記 p.54

sa.ylib.com

# SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

No.187  
2017年9月號

## 科學人

### 好奇心丈量太陽系

# 卡西尼號

繞行土星13年，成果豐碩。  
雖將於今年9月墜毀，  
但人類探索太空之旅，無終章。

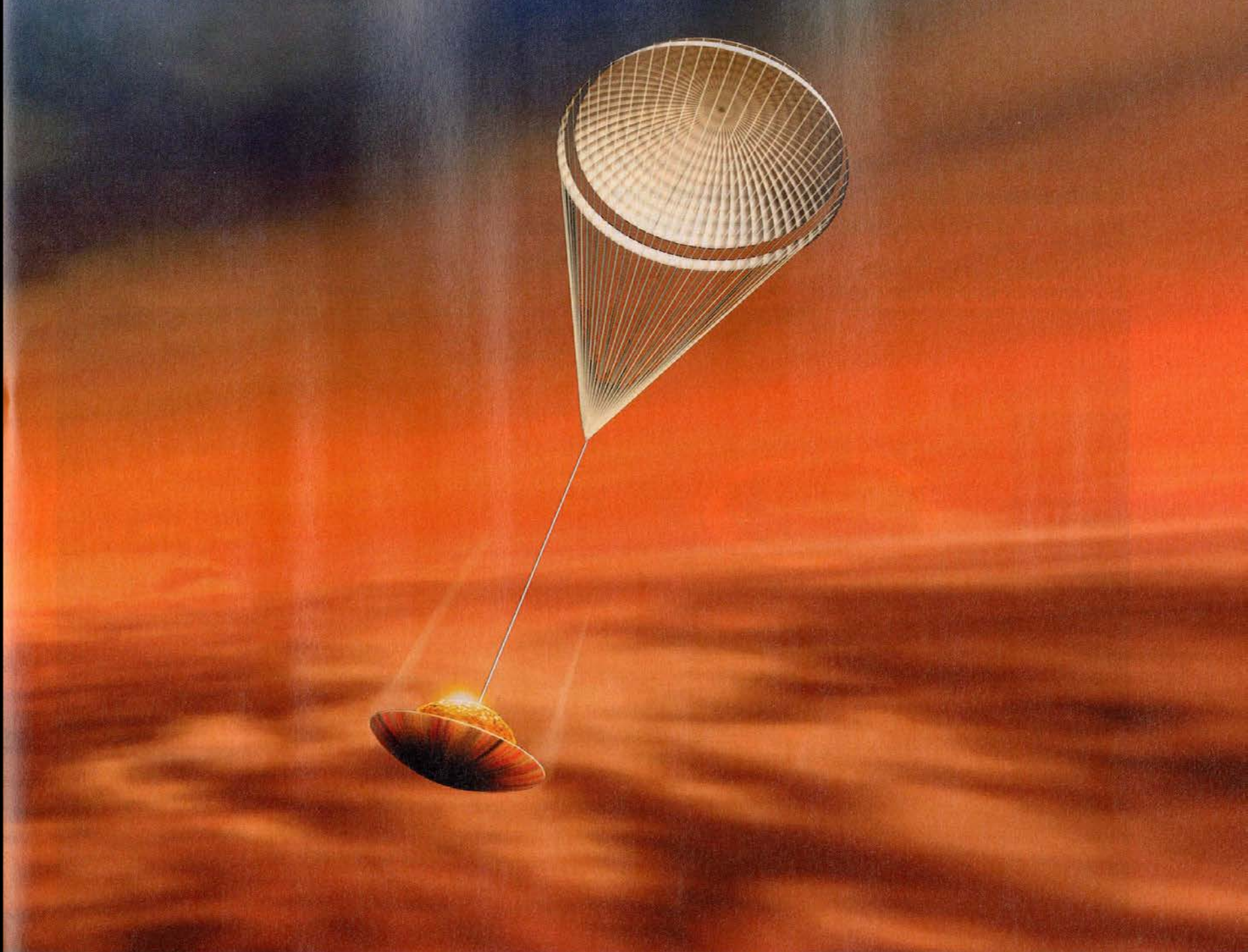


定價每份30元 / 全年70元

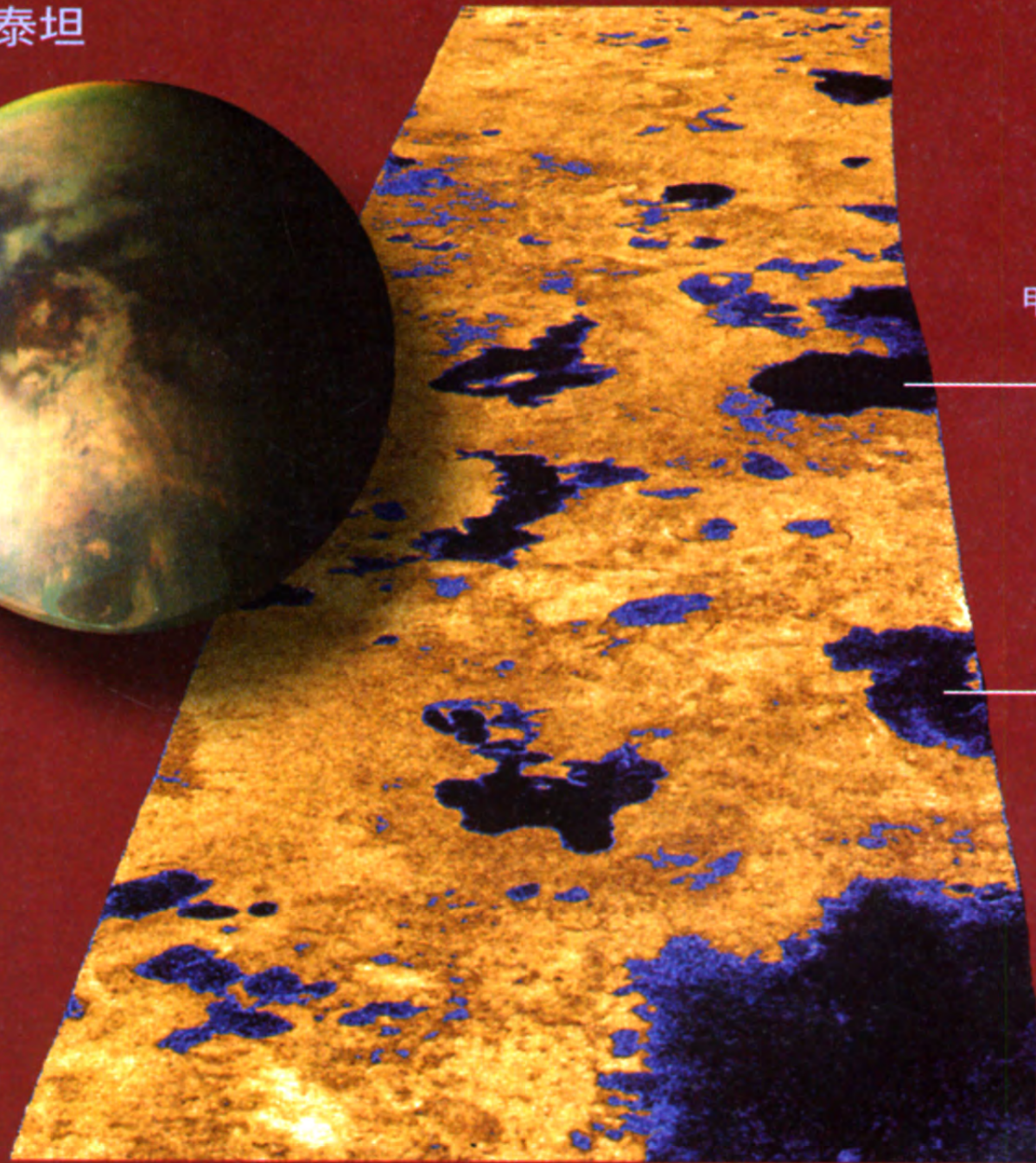
醫學新知  
液量手術新啓發  
P.88

《科學人》雜誌  
2017年09月號





泰坦



甲烷湖

140公里

# 甲烷謎霧

火星與泰坦上有生命嗎？




甲烷可能暗示了生命的存在，也可能是異常地質活動的象徵；但無論如何，在火星與泰坦的大氣中偵測到甲烷，是太陽系最引人入勝的謎團。

# 泰坦 和生命

越研究泰坦，就有越多  
神秘難解的謎題：大氣  
中的甲烷是怎麼回事？  
泰坦上真的有生命嗎？

撰文 葉永烜



這幅畫家假想圖中，惠  
更斯探測器正要通過泰  
坦大氣，降落在這顆土  
星最大衛星表面。

寫到這邊，便想起在1980年代初期，我為了推動卡西尼計畫，常常必須奔走巴黎的歐洲太空總署總部，有時候會覺得氣餒，那邊的一位秘書便鼓勵我說：「年輕人要多點雄心壯志。」這句話至今仍是言猶在耳，她說得很對，我們的世界有多壯闊，全在於我們有多大的企圖心和想像力。生命的起源和演化亦是如此。 SA

---

葉永烜 中央大學副校長，天文所暨太空所教授。



# SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

NO. 83  
2009年1月號

## 科學人

魔術如何欺騙  
你的腦? p.40



sa.ylib.com

卡西尼號大發現：

## 土星世界的極地噴泉

直徑僅500公里的土衛二正發生激烈的  
板塊運動，地底藏的是什麼？

蝙蝠展翼  
與回聲定位探秘 p.68

未來車必備：  
人性化防撞系統 p.82

惱人的偏頭痛  
有藥可治？ p.90

專訪美國國家科學院院長西塞朗  
科學家能為人類做什麼？ p.106



定價 新台幣220元 / 港幣45元

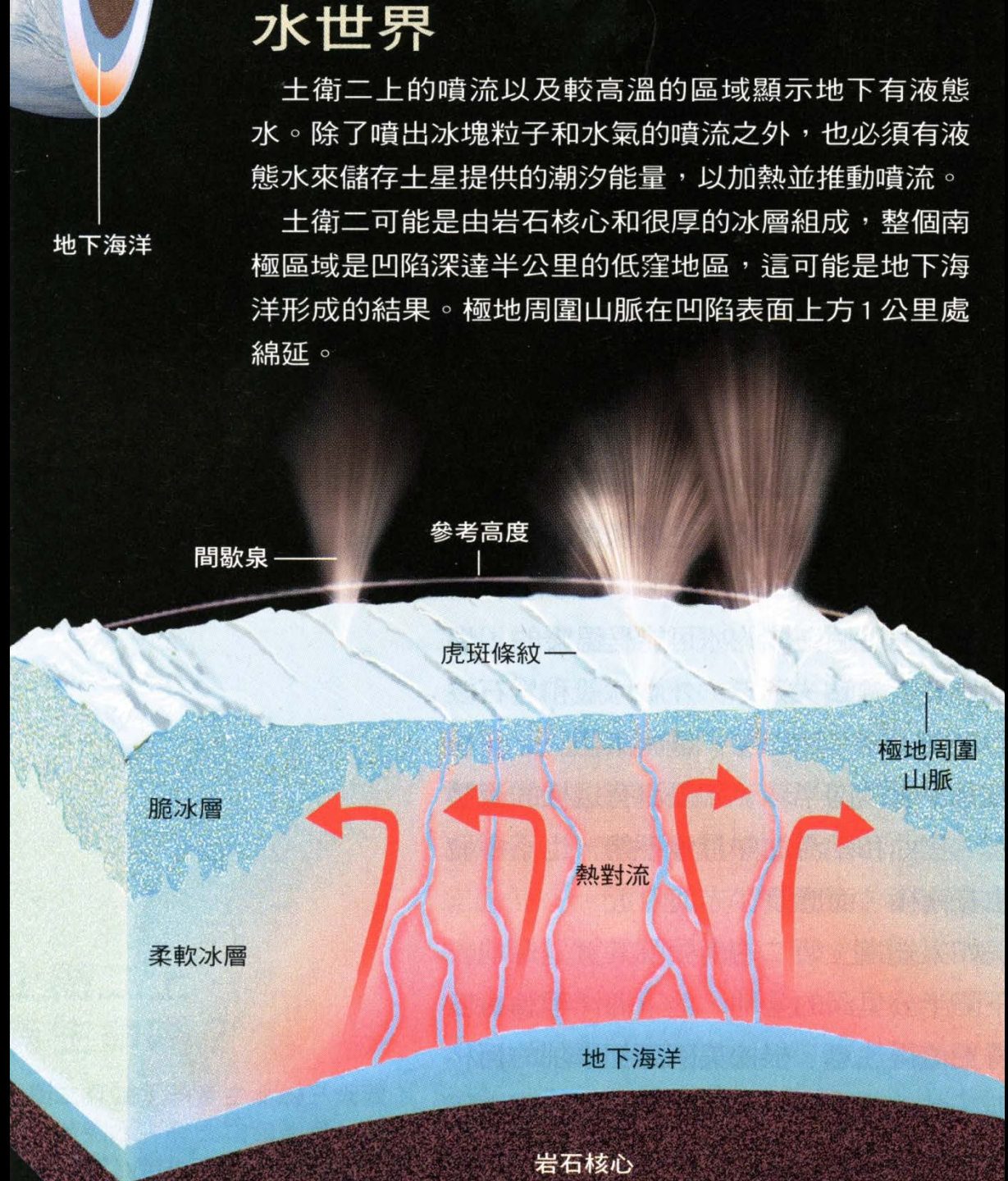


六度蟬聯雜誌出版金獎

# 水世界

土衛二上的噴流以及較高溫的區域顯示地下有液態水。除了噴出冰塊粒子和水氣的噴流之外，也必須有液態水來儲存土星提供的潮汐能量，以加熱並推動噴流。

土衛二可能是由岩石核心和很厚的冰層組成，整個南極區域是凹陷深達半公里的低窪地區，這可能是地下海洋形成的結果。極地周圍山脈在凹陷表面上方1公里處綿延。



地下海洋

間歇泉

參考高度

虎斑條紋

極地周圍  
山脈

脆冰層

熱對流

柔軟冰層

地下海洋

岩石核心



# 小行星 任務 關鍵 5秒



今年9月8日，美國NASA將發射太空船前往小行星貝努進行探測並採集樣本。這項創舉將歷時七年之久，可望解答從地球形成、生命誕生以至地球未來是否遭遇橫禍等諸多謎題。

撰文／勞瑞塔 (Dante S. Lauretta)  
翻譯／甘錫安

《科學人》雜誌  
2016年09月號

## 重點提要

■小行星是太陽系誕生初期留存至今的原始天體，可能解答行星誕生過程以及生命起源等人類困惑已久的問題。

■小行星蘊藏資源，同時也隱含危險。小行星含有金屬、水和有機化合物可供開採，但有少數可能撞擊地球。


■無論就科學、安全或經濟層面來說，取得小行星樣本並帶回地球分析，都是小行星研究的下一個疆域。



**勢在必行：**貝努大小適中、組成原始，未來還可能會撞擊地球，因此成為執行採樣任務的重點目標，說不定OSIRIS-REx之後還會發展出下一代的採樣任務。



《科學人》雜誌  
2016年09月號

The image shows the OSIRIS-REx spacecraft in orbit around an asteroid. The spacecraft is a complex of various instruments and antennas, with a large white spherical antenna at the front. It is positioned in the upper left quadrant of the frame, with its instruments pointed towards the asteroid's surface. The asteroid's surface is rugged and covered in rocks, illuminated by a bright light source from the left. The background is a dark, star-filled space.

歷史新頁：OSIRIS-REx太空船將在2019年嘗試從貝努含碳量相當高的表面取得樣本，這動作就像蜂鳥在花朵上盤旋、採蜜。這是人類有史以來最大膽的小行星採樣任務，也是美國第一次執行這類任務。

歷史新頁：OSIRIS-REx太空船將在2019年嘗試從貝努含碳量相當高的表面取得樣本，這動作就像蜂鳥在花朵上盤旋、採蜜。這是人類有史以來最大膽的小行星採樣任務，也是美國第一次執行這類任務。

《科學人》雜誌  
2016年09月號

# Giraffes could have evolved long necks to keep cool

Another explanation offered for one of animal kingdom's most distinctive features.

12 September 2017

 [Rights & Permissions](#)

Nature Sept. 12 Editorial





- **From nature.com**
- **DNA reveals that giraffes are four species — not one**
- 08 September 2016
- **Genome reveals why giraffes have long necks**
- 17 May 2016
- **Palaeontology: Extinct giraffe was a huge beast**
- 20 January 2016

# DNA reveals four giraffe species

*Finding could guide efforts to conserve the iconic animals.*

BY CHRIS WOOLSTON

One of the most iconic African animals has a secret. A genetic analysis suggests that the giraffe is not one species, but four — a finding that could alter how conservationists protect the animals.

Researchers previously split giraffes into several subspecies on the basis of their coat patterns and where they lived. Closer inspection of their genes, however, reveals that giraffes should actually be divided into four distinct lineages that don't interbreed in the wild, scientists reported on 8 September in *Current Biology*<sup>1</sup>. Previous genetic studies<sup>2</sup> have found discrete giraffe populations that rarely intermingled, but this is the first to detect species-level differences, says lead author Axel Janke, a geneticist at Goethe University in Frankfurt, Germany.

"It was an amazing finding," he says. He notes that giraffes are highly mobile, wide-ranging animals that would have many

chances to interbreed in the wild, if they were so inclined. "The million-dollar question is what kept them apart in the past," Janke speculates that rivers or other physical barriers kept populations separate long enough for new species to arise.

## RUMINATING ON RUMINANTS

The study tracked the distribution of 7 specific gene sequences — chosen to measure genetic diversity — in nuclear DNA from skin biopsies of 190 giraffes. It also analysed the animals' mitochondrial DNA. The sequences fell into four distinct patterns that strongly suggested separate species. Janke says that the four species are about as different from each other as the brown bear

(*Ursus arctos*) is from the polar bear (*Ursus maritimus*).

The researchers suggest replacing the current species name, *Giraffa camelopardalis*, with four new ones: the southern giraffe (*G. giraffa*), found throughout South Africa, Namibia and Botswana; the Masai giraffe (*G. tippelskirchi*) of Tanzania, Kenya and Zambia; the reticulated giraffe (*G. reticulata*) found in Kenya, Somalia and southern Ethiopia; and the northern giraffe (*G. camelopardalis*), found scattered through central and eastern Africa. The one remaining subspecies is the Nubian giraffe (*G. camelopardalis camelopardalis*) of Ethiopia and South Sudan.

"This study is pretty persuasive," says George Amato, a conservation biologist at the American Museum of Natural History in New York City, who has conducted extensive research on the genetics of African wildlife. "I applaud the science and what it adds to our understanding of African biogeography."

Janke says that the findings have implications for conservation: all of the giraffe species must be protected, with special attention paid to the northern and reticulated giraffes. Each of those species has fewer than 10,000 individuals. The overall number of giraffes has dropped from more than 140,000 in the late 1990s to fewer than 80,000 today, largely because of habitat loss and hunting, according to the Giraffe Conservation Foundation.

A reticulated giraffe at the Gladys Porter Zoo in Brownsville, Texas.

JOEL SARTORE/ANGUETTY



# Genome reveals why giraffes have long necks

Scientists spot mutations that could explain how giraffes became the world's tallest living mammals.

[Bethany Augliere](#)

Nature communications 2016 May

17 May 2016

 [Rights & Permissions](#)



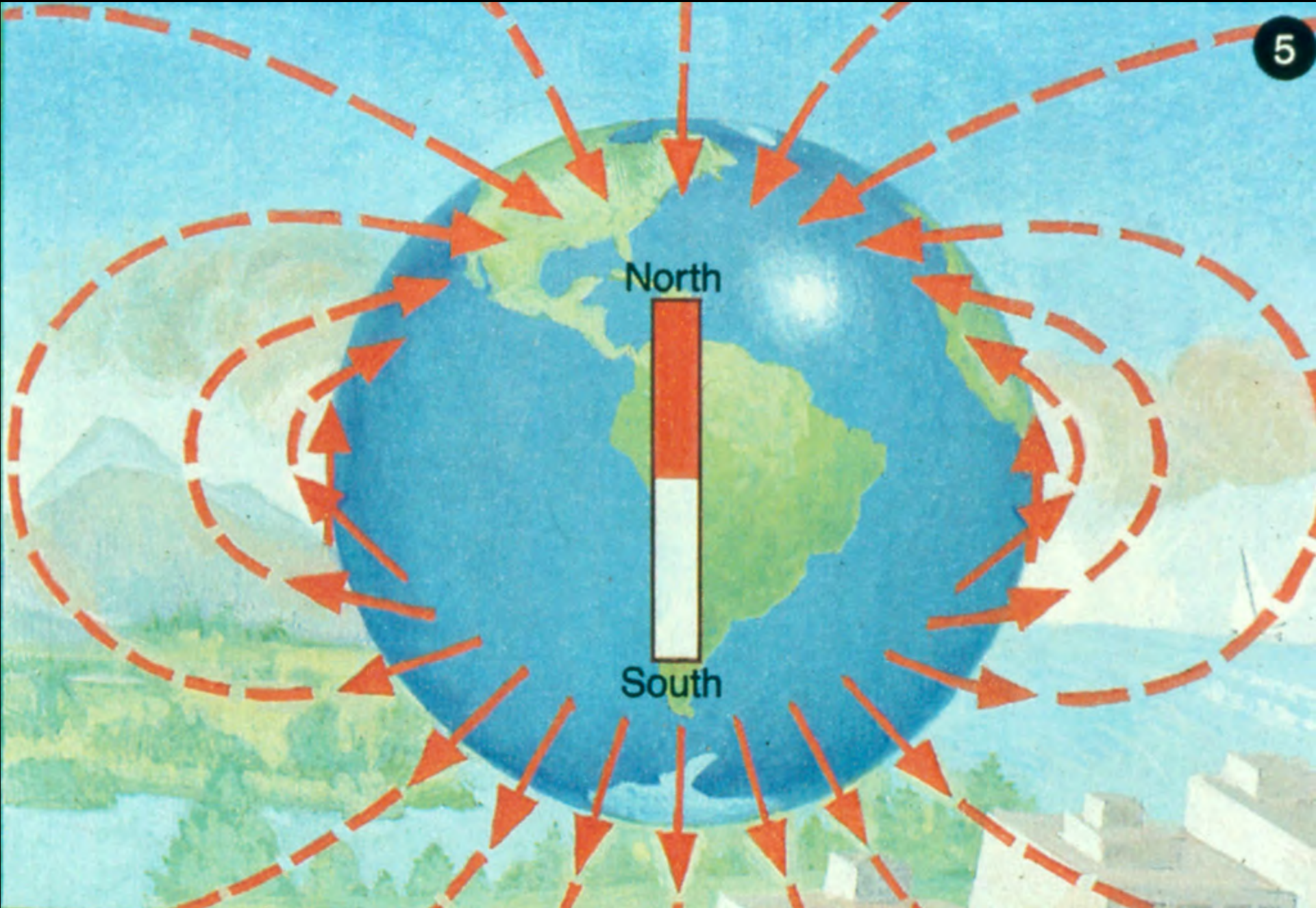




Sex pilus

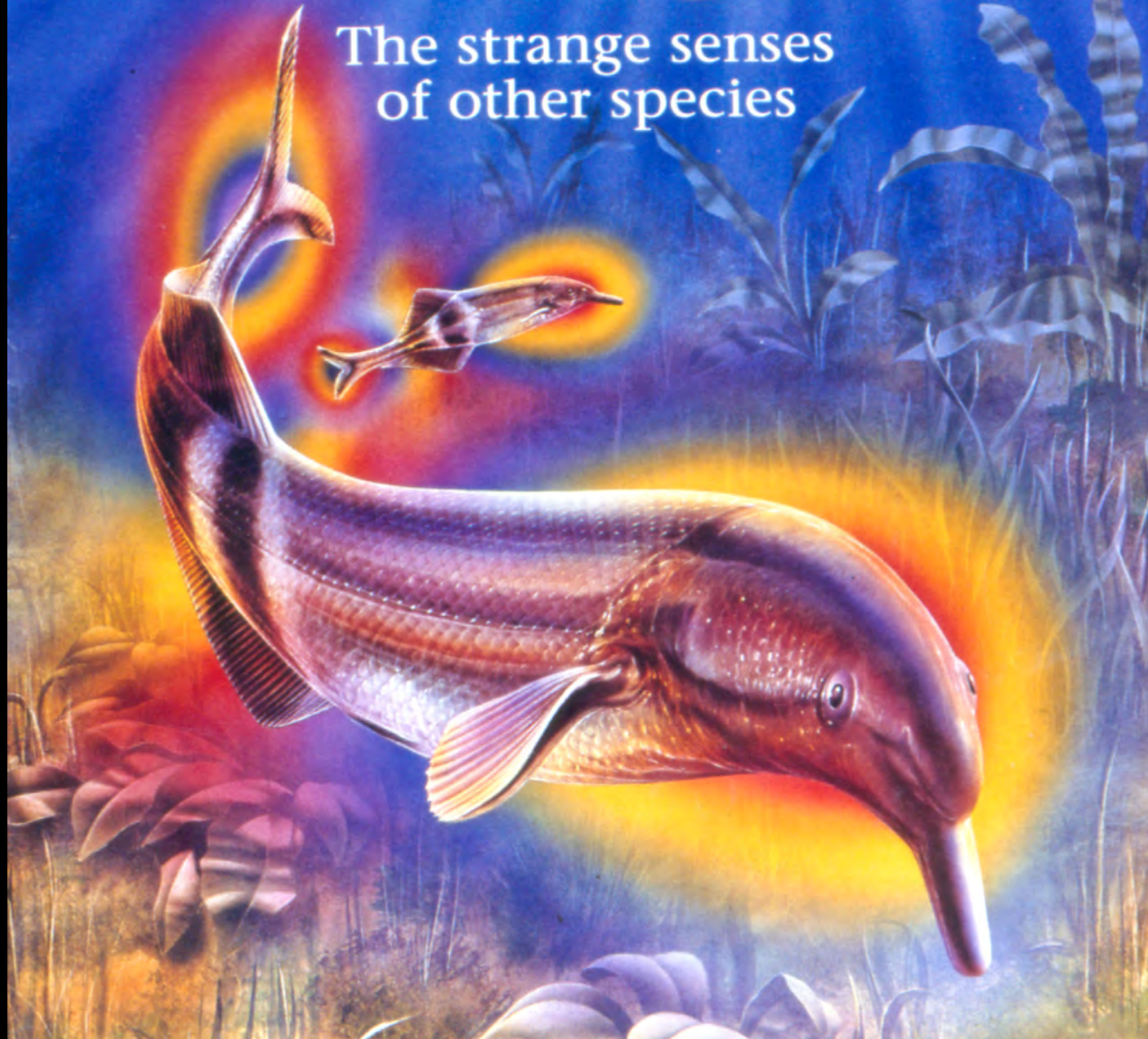
1  $\mu\text{m}$





# Animal Magnetism

The strange senses  
of other species







# 蜂之羅盤

蜜蜂外出採蜜，可以  
離巢12公里而不迷失方向，牠們的導航系統，  
比我們想像中還要細膩。

撰文／楊恩誠、江昭皚



# Magnetoreception in Honeybees

Chin-Yuan Hsu and Chia-Wei Li\*

Magnetoreception by honeybees (*Apis mellifera*) is demonstrated by such activities as comb building and homing orientation, which are affected by the geomagnetic field. In other magnetoreceptive species, iron oxide crystals in the form of magnetite have been shown to be necessary for primary detection of magnetic fields. Here it is shown that trophocytes, which are apparently the only iron granule-containing cells in honeybees, contain superparamagnetic magnetite. These cells are innervated by the nervous system, which suggests that trophocytes might be primarily responsible for magnetoreception. Electron microscopy also shows cytoskeletal attachments to the iron granule membrane.

---

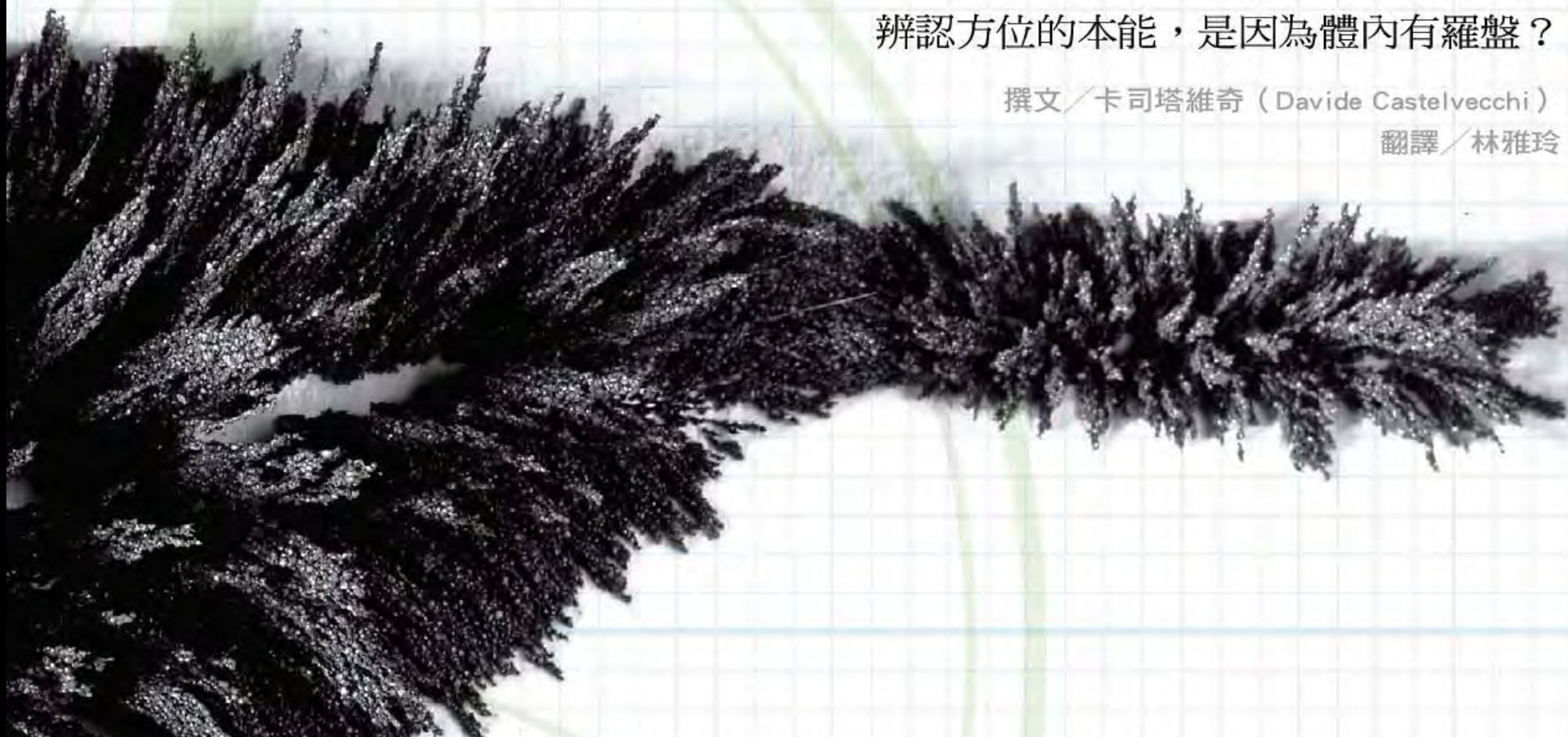
Science 1994

# 身體裡的指南針

鳥類遷徙、海龜洄游，許多動物有  
辨認方位的本能，是因為體內有羅盤？

撰文／卡司塔維奇 (Davide Castelvecchi)

翻譯／林雅玲



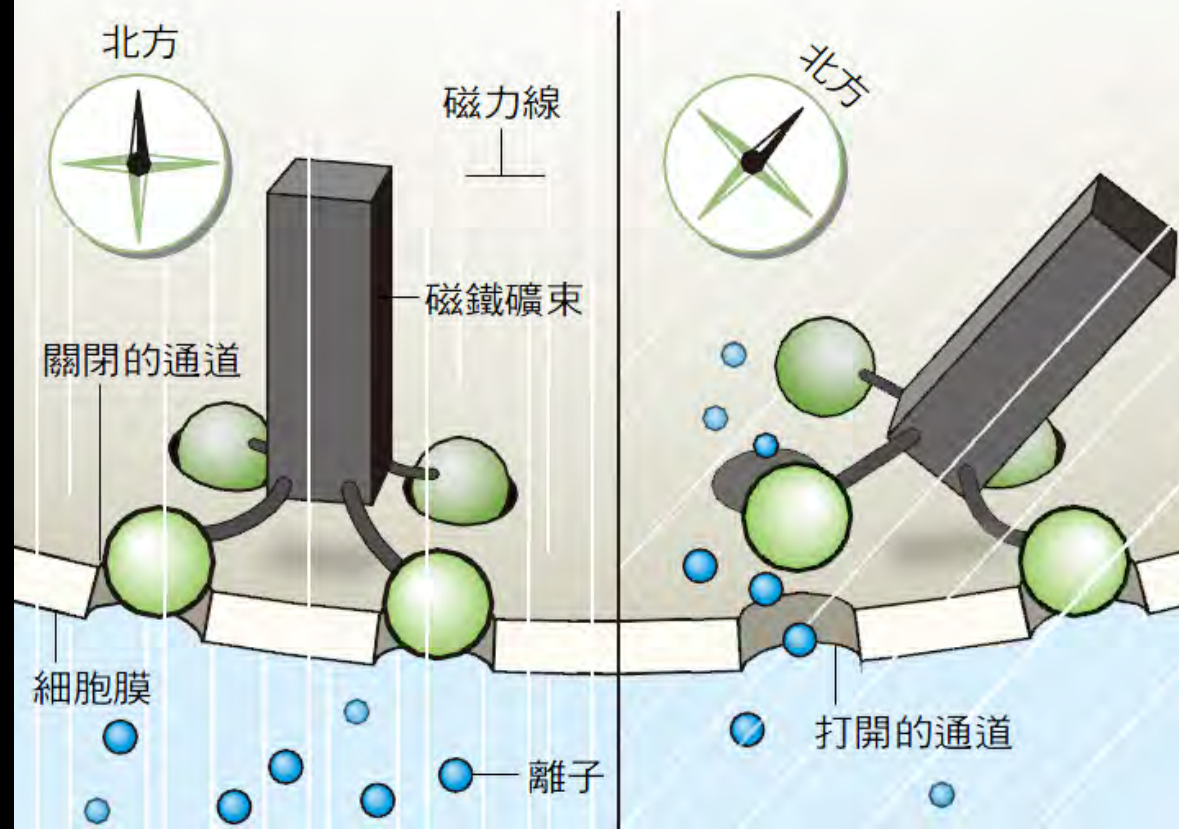
# 2007

年，貝格爾（Sabine Begall）花了無數個夜晚，在電腦前盯著牛吃草的照片，這大概是她生命中最長的六個月。她從「Google地球」下載牧場的衛星空照影像，標出每一隻牛，再接著看下一張影像。貝格爾是德國杜伊斯堡－埃森大學的動物學家，她和合作者後來發現，這些平凡的牛隻似乎朝向某個東西，而且似乎有點偏好把體軸沿著南北極軸排列。不過牠們並非朝向真正的北極（可以利用太陽來定位），相反的，牠們不知為何能夠朝向地磁北極，那位於加拿大北方，距離地理北極南方數百公里。

後續研究也進一步證實，牛這種大型動物對地球磁場有反應：當附近高壓電線的磁場壓過了相對微弱的地球磁場時，牛隻的定向排列行為就消失了。

# 魚的磁感

有些研究人員推測，動物的磁感大多類似虹鱒的鼻子。當地球磁場與魚頭的相對方位改變了，魚類感覺細胞裡的磁鐵礦（氧化鐵的一種）粒子束會開啟細胞膜上的通道（右圖），離子穿越細胞膜會引發神經訊號，而將地磁資訊傳到腦部。



# 鳥的磁眼

有些科學家認為視網膜裡的蛋白質「隱色素」是鳥類磁感的關鍵。眼睛裡某些細胞有一種化學反應，會根據地球磁場方向而改變反應速率，據此偵測出哪邊是北方。啟動化學反應的是一個光子撞擊隱色素分子，而把成對自旋的電子分開。這個反應最終可能使細胞傳送訊號到腦部，讓動物察覺磁場的方向。

**1** 穩定的隱色素裡，電子兩兩成對，它們的自旋軸（量子物理術語，相當於磁鐵棒的南北軸）呈現反向（這裡只畫出眾多電子中的兩個）。



**2** 當一個光子撞擊隱色素，會把電子對中的一個電子撞離原位。

# 海中磁航

海龜可以在茫茫大海中洄游而不迷失方向，  
龍蝦會在海底排隊  
朝同一方向行進，牠們的方向感從何而來？

撰文／嚴宏洋





Companion  
to the  
PBS® Series



# evolution

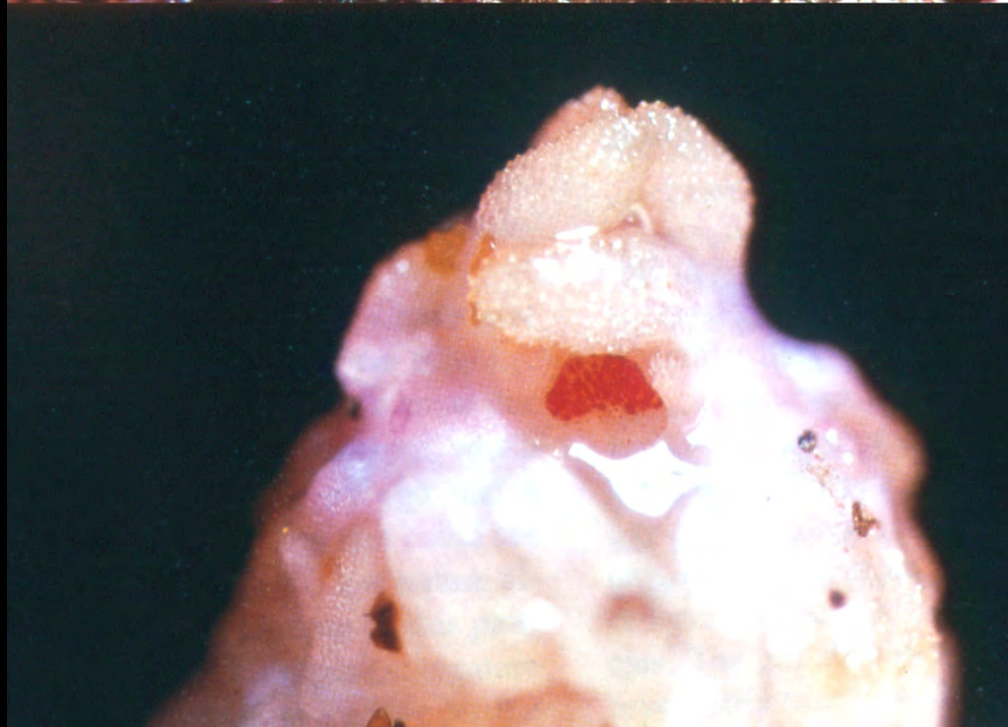
THE TRIUMPH OF AN IDEA



Introduction by  
Stephen Jay Gould

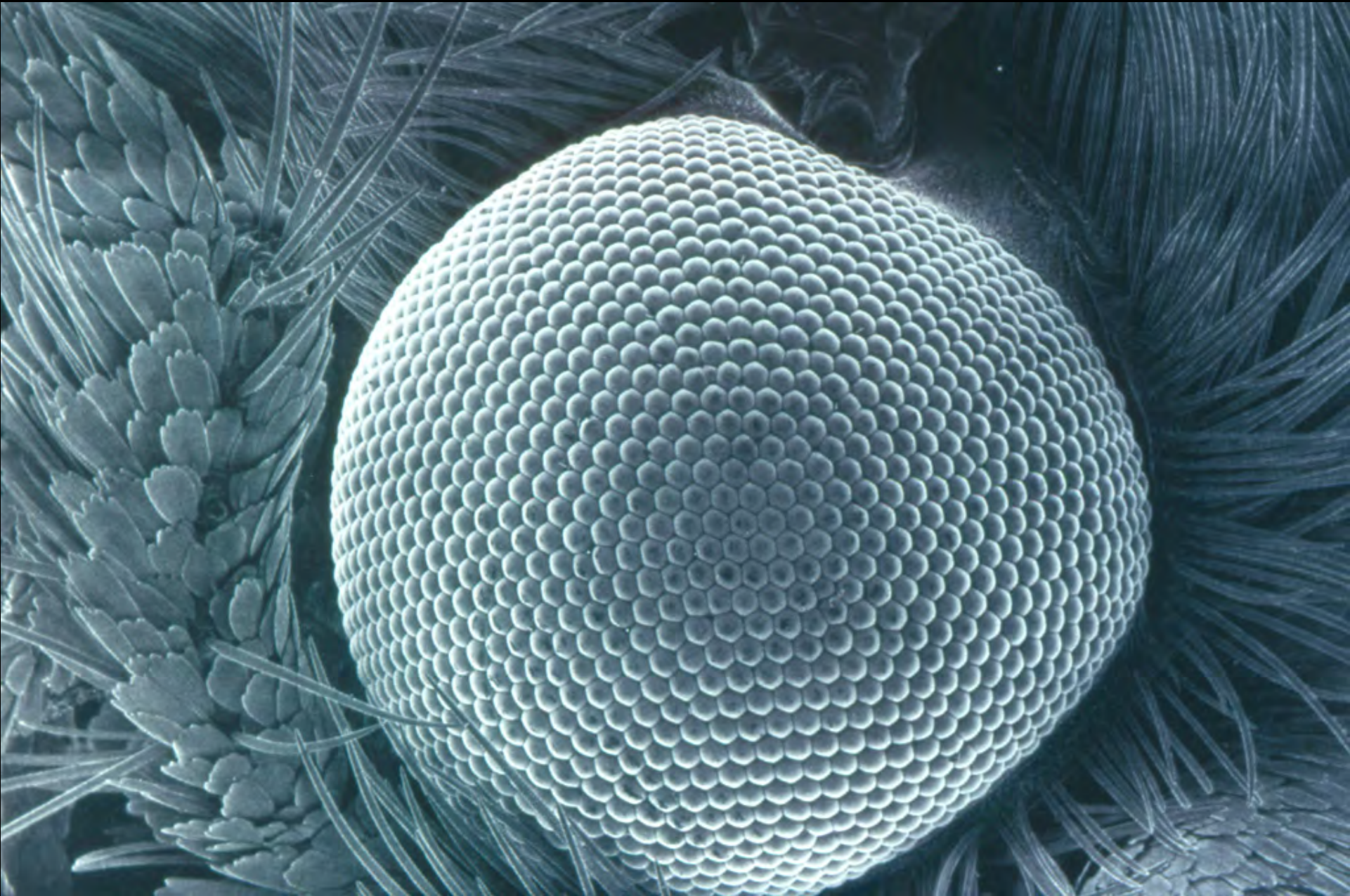
Carl Zimmer

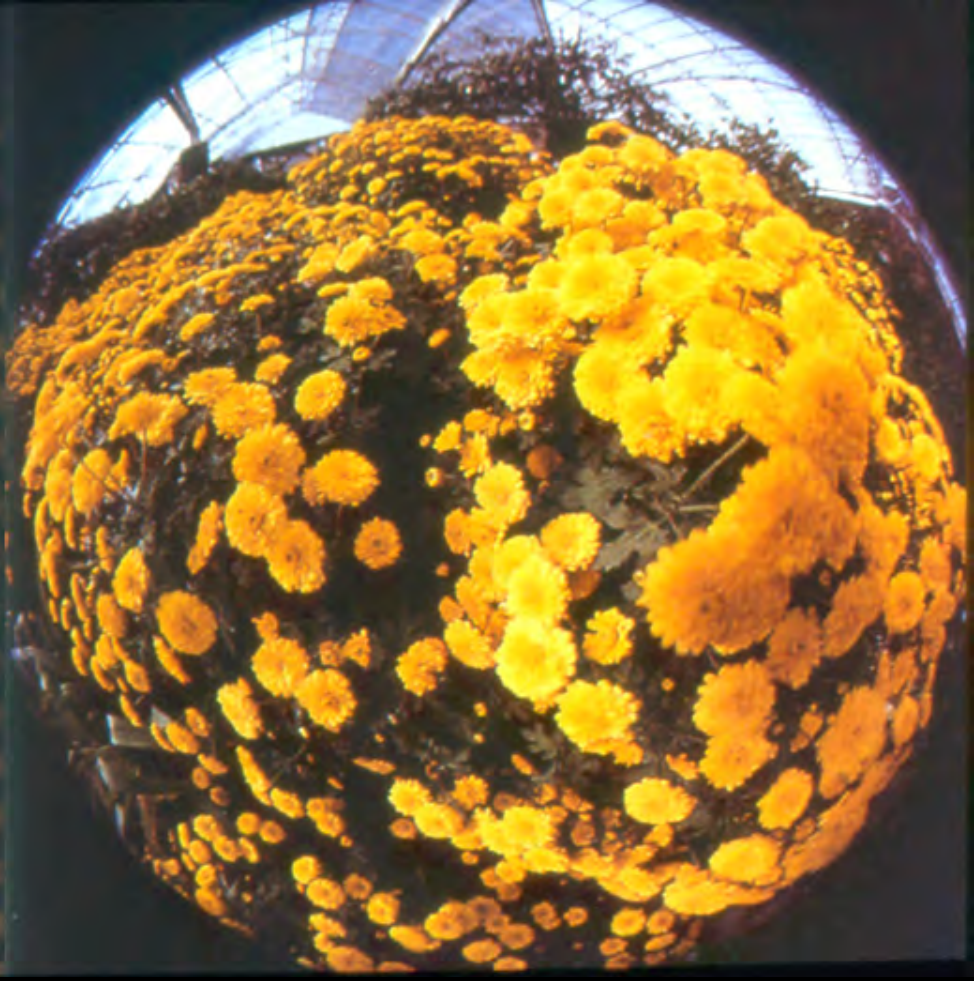
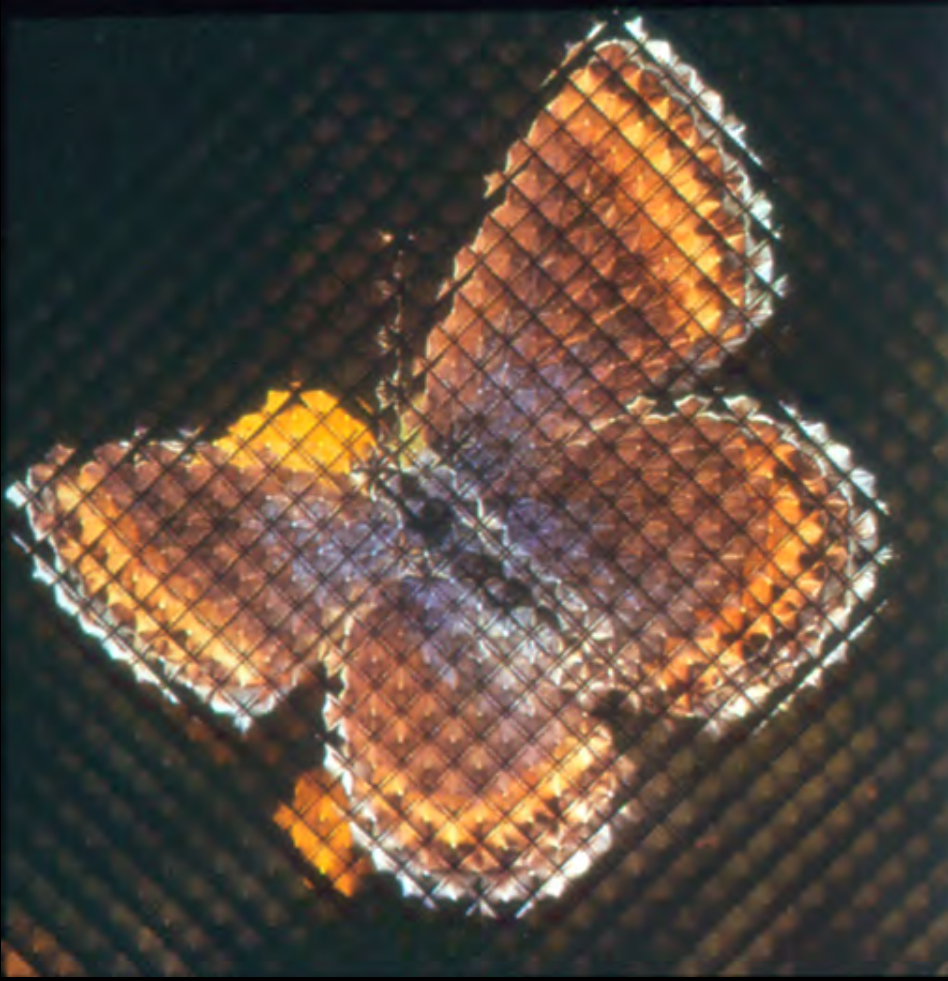


















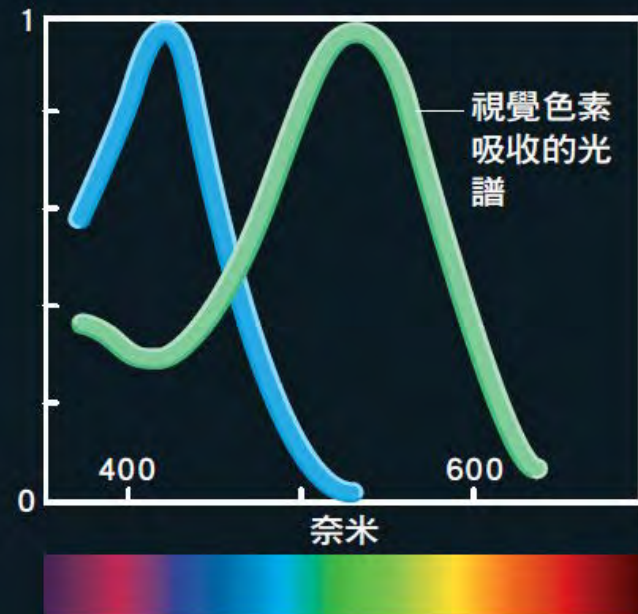




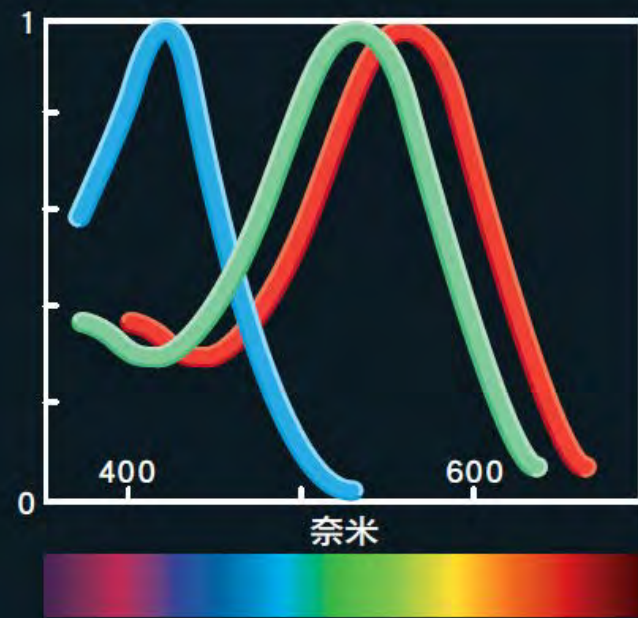




## 雙色視覺



## 三色視覺





我們一直認為，人類站在演化頂峰，  
視覺系統理當勝過其他動物，  
但事實卻告訴我們，  
鳥類察顏觀色的能力  
遠勝過人類。



# 想像一個紫外光世界

雖然我們不知道鳥兒看到的是什麼樣的世界，但這些黑芯金光菊的影像，讓我們對於紫外光會使這個世界看起來變怎樣，稍微有點概念。對我們而言，花朵的中心是個小黑盤（右圖）。但專攝紫外光的照相機「看到」了我們看不到的圖樣，包括一個大得多的黑盤（最右圖）。這些照片由大衛哈茲（Andrew Davidhazy）所攝，他是美國羅徹斯特理工學院的影像與攝影科技教授。





# Extraordinary Color Vision

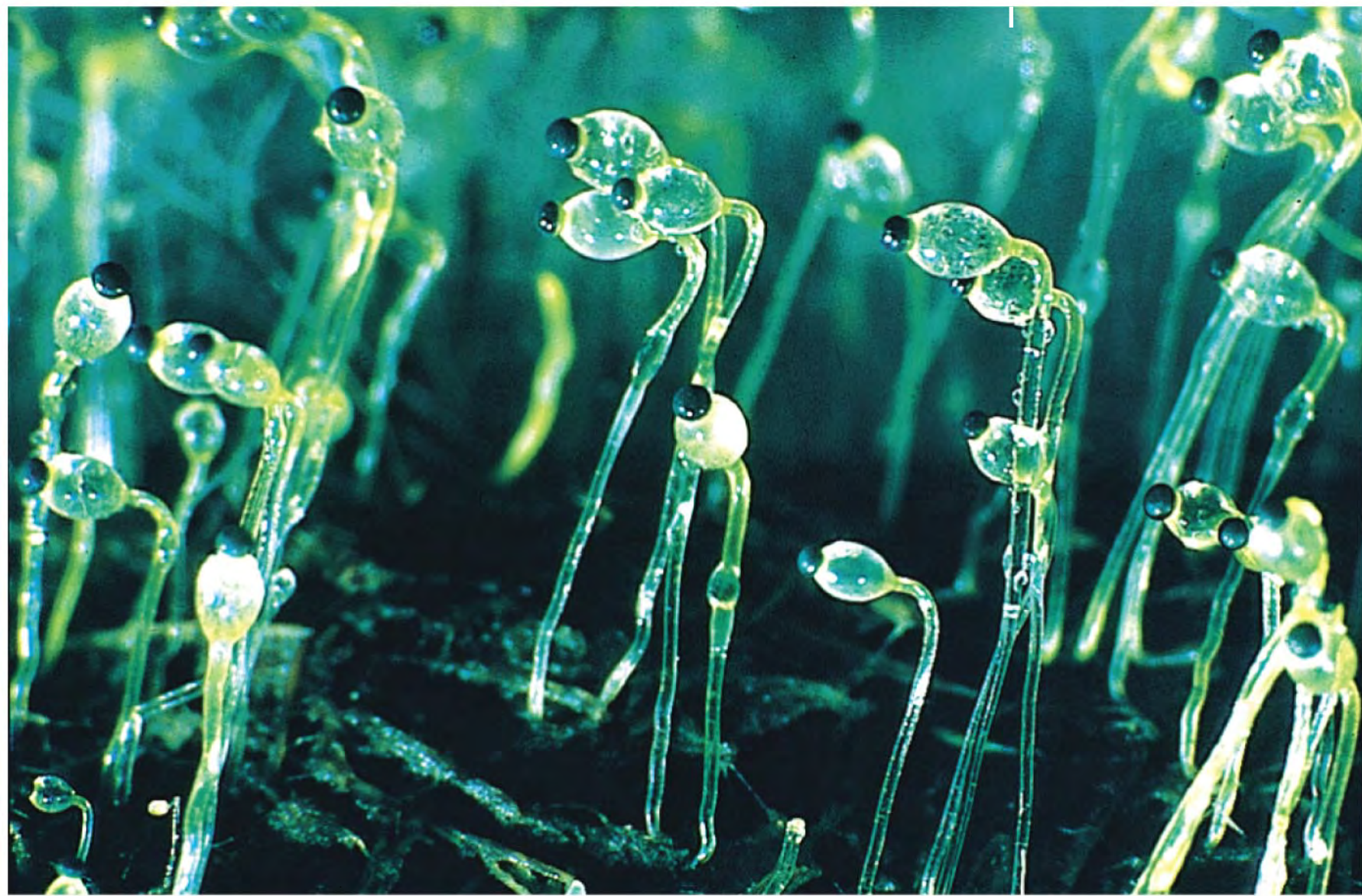
Michael F. Land and Daniel Osorio

**H**ow do animals see color? We may never know how another animal experiences red or blue, but we do know that sensitivity to ultraviolet light allows bees to see patterns on flowers where we see plain yellow or white. In fact, bee and human color vision are much alike. Both have three spectral types of photoreceptor whose signals are compared by neural “opponent” mechanisms, which are sensitive to the relative amounts of light at different wavelengths, allowing the animal to distinguish the spectrum of a light source from its brightness. Thomas Young (*1*) recognized in 1802 that



Science  
2014 Jan.

Fig. 31-14



0.5 mm

# Time and chance

The survival of ferns to the present depended on an ancient accident

Apr 19th 2014 | From the print edition



305



46



# 外星植物會是什麼

外星植物是綠色的？落伍了啦！

在其他星球上，植物可以是紅色、藍色，  
甚至是黑色。

撰文／江耀蘭（Nancy Y. Kiang）

翻譯／陳儀蓁







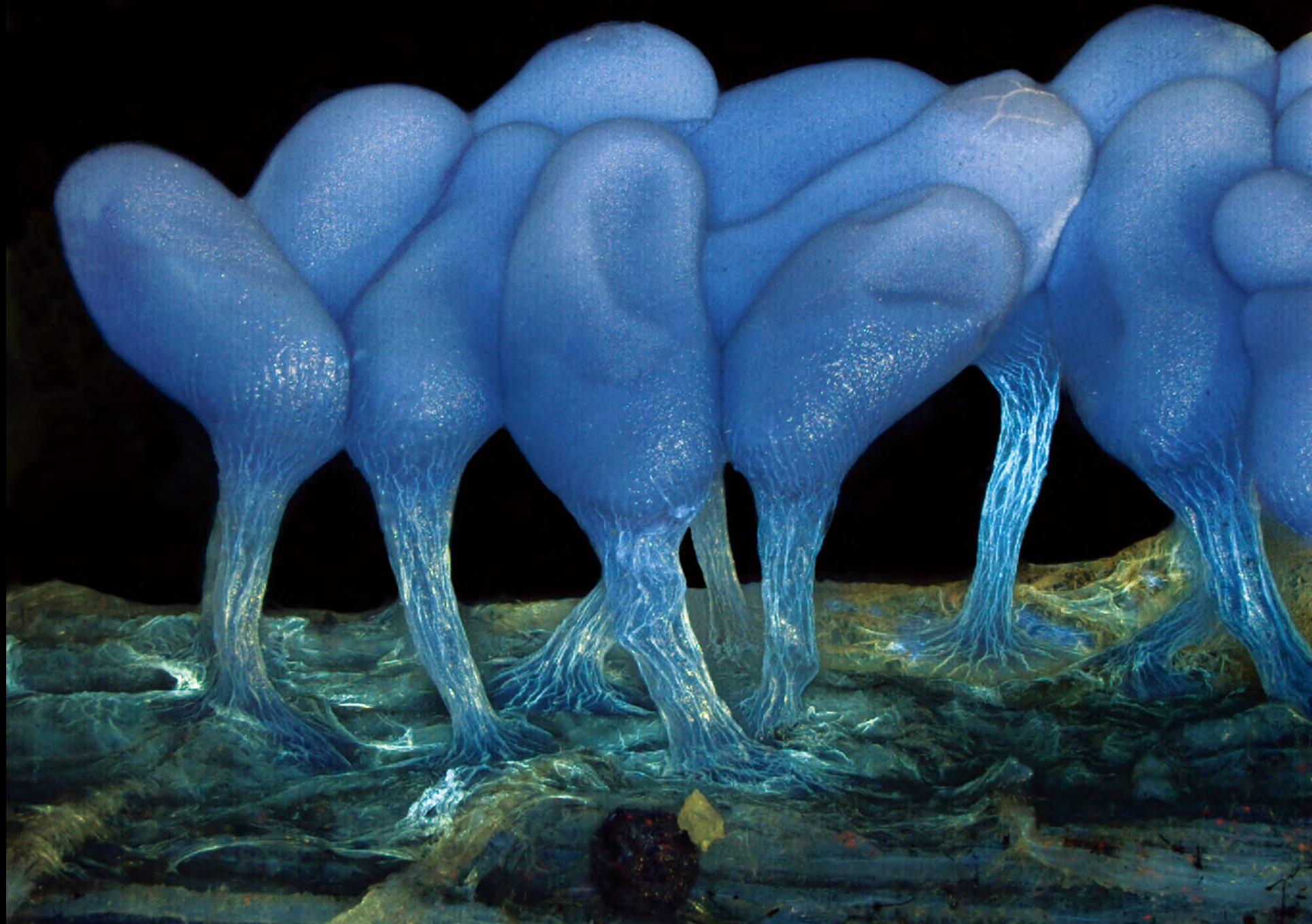


*Begonia darthvaderiana* Sarawak











*Bulbophyllum echinolabium*

Borneo



天南星科

***Morchella esculenta*,**  
the tasty morel



***Tuber melanosporum*,** a truffle



The Hidden Life of



# *Truffles*

Not just for gourmands, truffles play an essential role in the health of ecosystems

By James M. Trappe and Andrew W. Claridge

[ECOLOGICAL SIGNIFICANCE]

## Fundamental Fungus

Truffles figure importantly in many ecosystems, benefiting both plants and animals. In the forests of the Pacific Northwest, for example, *Rhizopogon* truffles help Douglas fir trees to obtain the water and nutrients they need. They also serve as a key source of food for the northern flying squirrel, which in turn is a favorite prey species of the endangered northern spotted owl. Protecting the owl's habitat, then, requires ensuring conditions favorable to truffles.



### MUSHROOM VS. TRUFFLE

Whereas mushrooms have a complex fruiting body that rises from the ground and discharges spores directly into the air ...

... truffles live entirely underground, and their fruiting body consists of a lump of spore-laden tissue. To multiply, therefore, truffles emit aromatic compounds that attract hungry animals, which then disperse the spores for them.



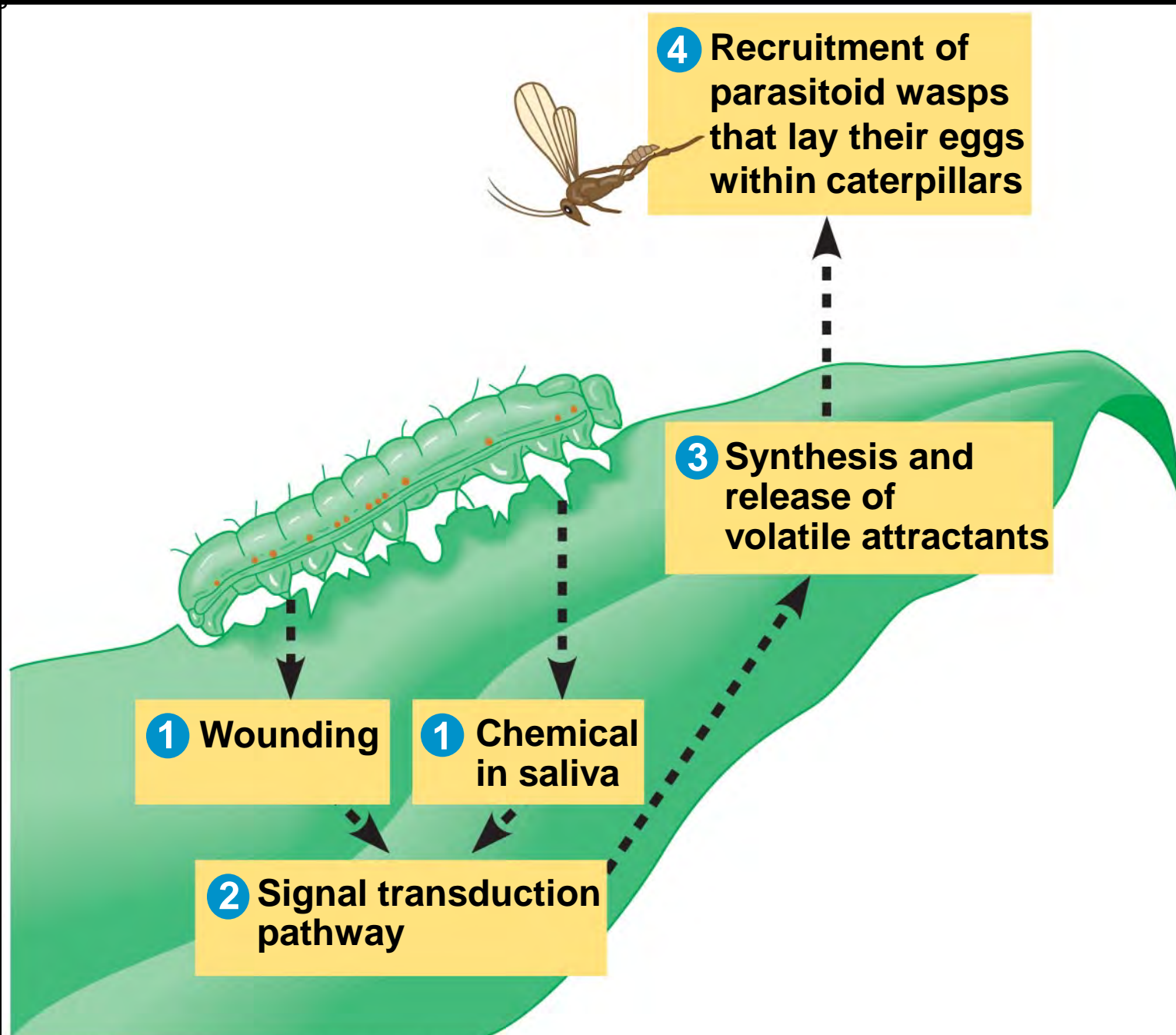
### TWO-WAY STREET

Truffles form symbiotic relationships with plants by way of a network of microfibers called hyphae that grows among plant roots to form a shared organ called an ectomycorrhiza that enables each partner to provide the other with nutrients it cannot obtain for itself.











---

# 植物 也懂聞味道

---

植物學家漸漸掌握到植物「嗅出」彼此的方式：有些植物利用氣味得知鄰近植物被攻擊了，有些植物則可以「嗅出」宿主的位置。

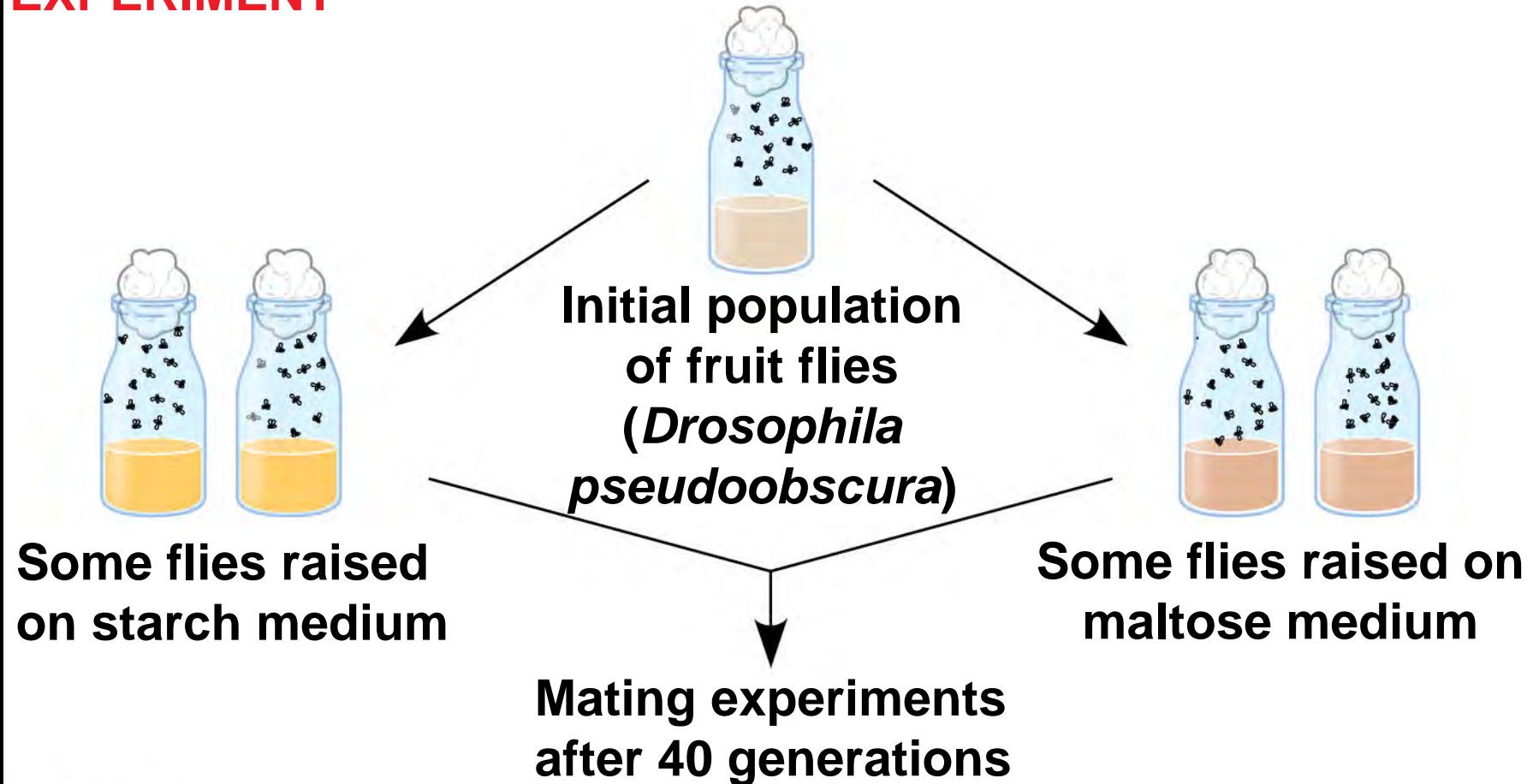
撰文／查姆維茲 (Daniel Chamovitz)

翻譯／林雅玲

---



# EXPERIMENT



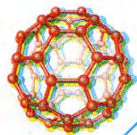
## RESULTS

		Female	
		Starch	Maltose
Male	Starch	22	9
	Maltose	8	20

Number of matings  
in experimental group

		Female	
		Starch population 1	Starch population 2
Male	Starch population 1	18	15
	Starch population 2	12	15

Number of matings  
in control group



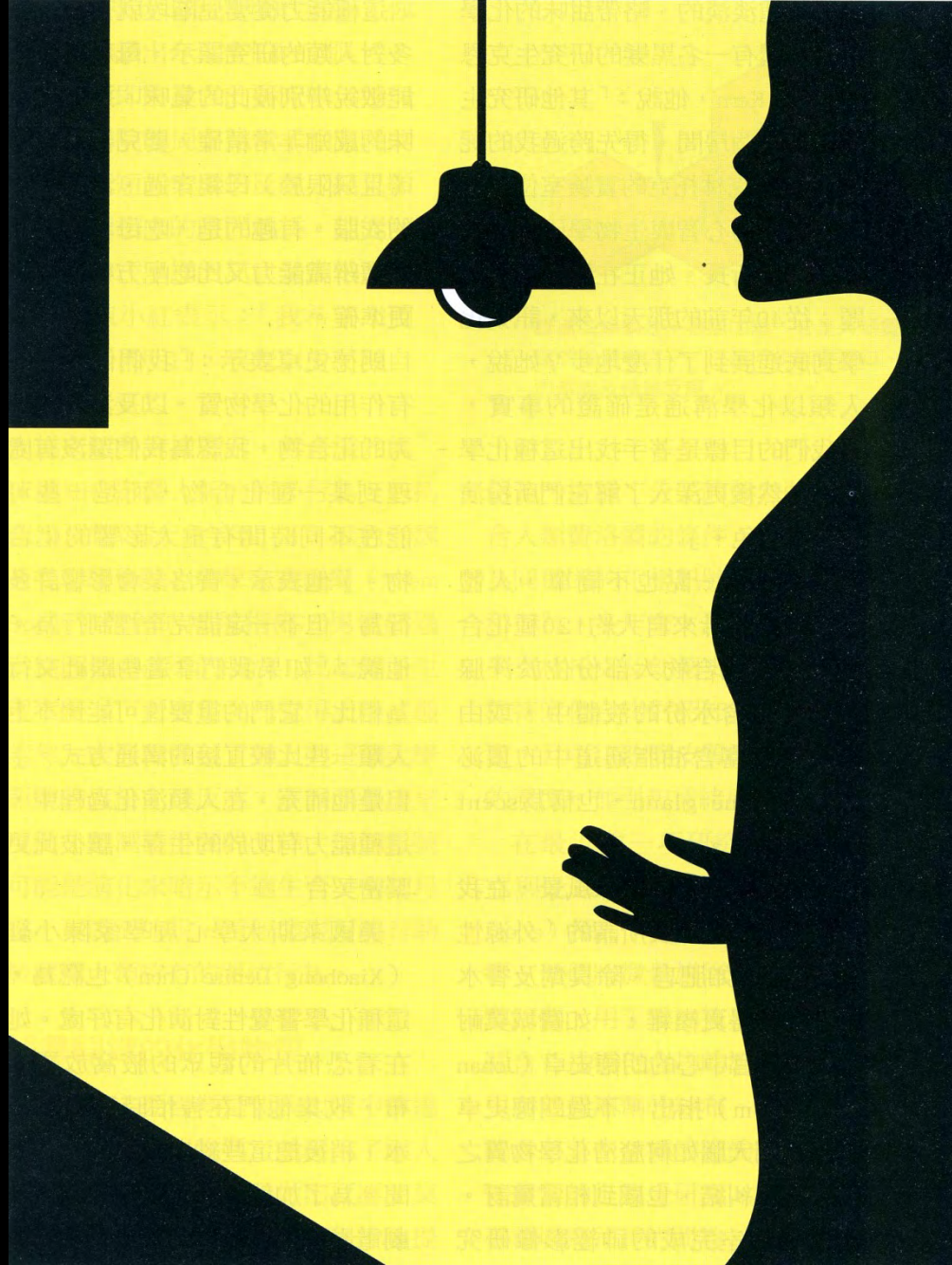
|| 2011 國際化學年 ||

# 費洛蒙 溝通的氣味

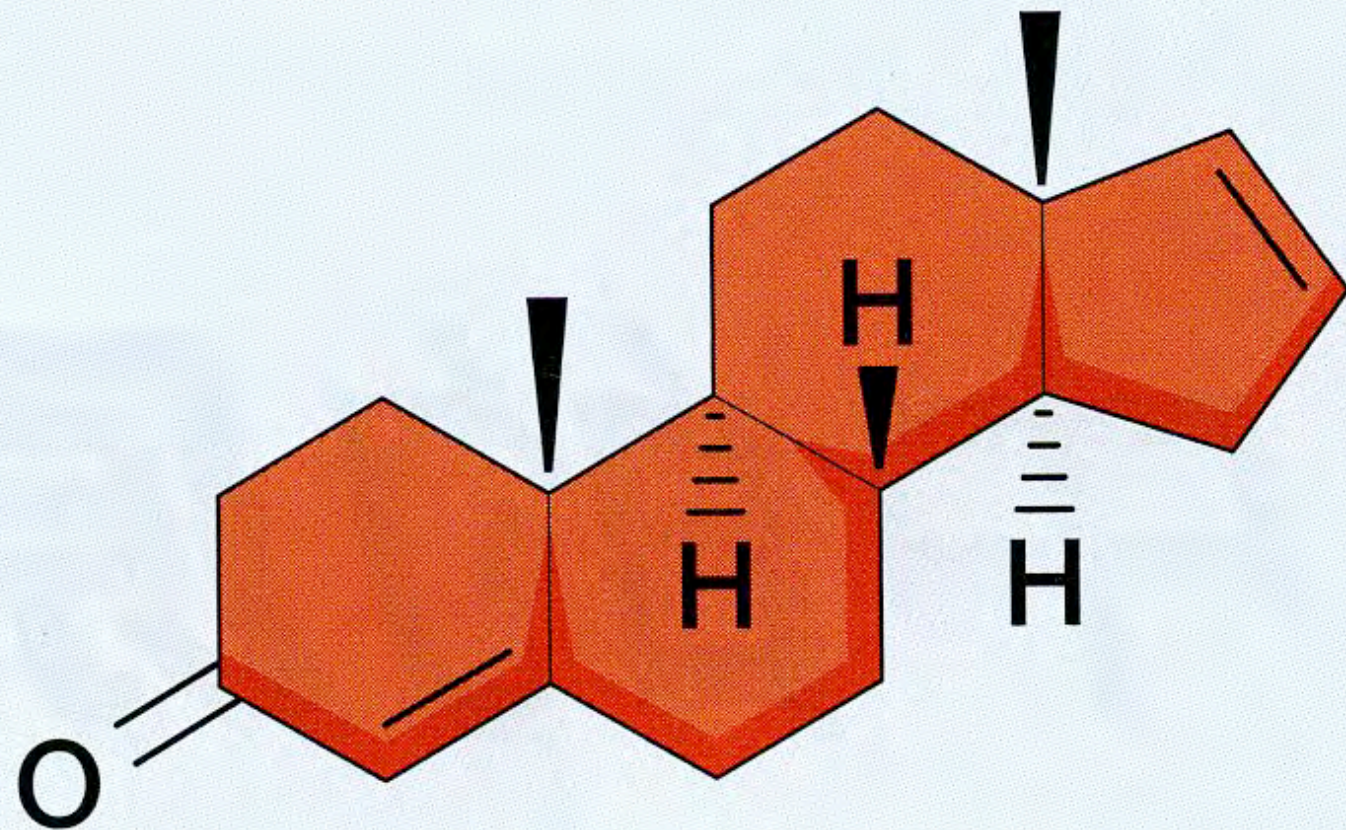
鳥類及蜜蜂都經由化學訊號彼此溝通，人類也是，不過我們常常忽略它。

撰文／布隆 (Deborah Blum)

翻譯／林慧珍







**雄甾二烯酮**是一種類固醇，它是人類費洛蒙的候選者之一，已證明能影響認知、壓力激素及情緒反應。

# 總編輯的話。

## Editorial

這麼炫麗的花很少見，它原產於喜馬拉雅山區，名字叫做卡希麗薑，正在我的園子裡盛開著。花軸上迸出百朵黃紅，又散發濃郁的香甜，時時盯著看，真捨不得離開。但是它不夠完美，前天清晨才綻開第一朵，而後天就會大半乾萎了。它又太香了，黑夜白天不停的薰香，聞久了，還真有點昏頭。我貪婪的期望是：它鮮嫩的瓣上該有層油蠟，如此就能開上半個月；花香該定時的每10分鐘噴放30秒，又濃淡交錯，這就浪漫多了。傳統的生物學者和育種花匠都不會看好我的夢想，因為這得為卡希麗薑植入多少基因，又要按上個分子定時開關，太難了。而一群工程背景的教授卻會大聲說，這就是他們正在做的事，並宣稱一門新學問「組裝生物學」快要掀起浪潮了。



學問要靠積累，想讀懂艱深的前沿科學就得循序，所以讀者們請先翻開兩年前的第28期《科學人》，重讀資深科學作家吉布斯的〈組裝生命〉之後，就能享受領略這一期《科學人》九位前鋒科學家集體創作的〈DNA元件，組裝未來生命〉了。

吉布斯當年細說這個創新學門的背景，敘述基因組件及分子開關的運作原理，大膽預言科學家可以隨心所欲的選用庫房裡的基因零件，來組合新

# SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

## 科學人

NO.53 2006年7月號 sa.ylib.com

# DNA元件

## 組裝未來生命

【特別報導】p.58

### 全球瘋數獨 數學家也樂在其中



四度獲聯雜誌出版金鼎獎

瞄準疼痛之源  
止痛更有效率 p.46

台灣中草藥  
專攻愛滋病毒弱點 p.68

炎夏海灘戲水  
細菌污染知多少 p.74

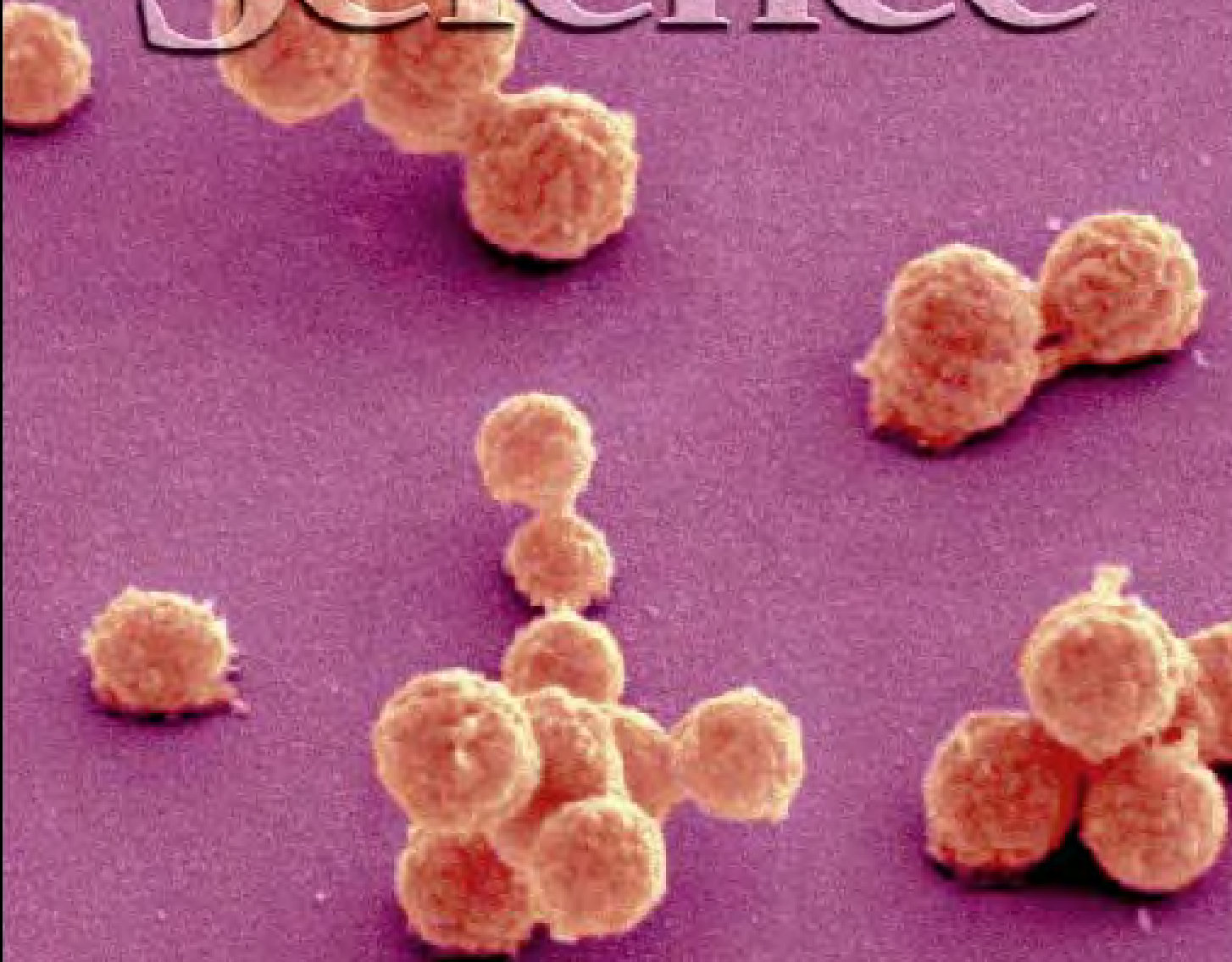
ISSN 1682-2811 07  
4 719025 000594

定價 新台幣 220 元 / 港幣 45 元

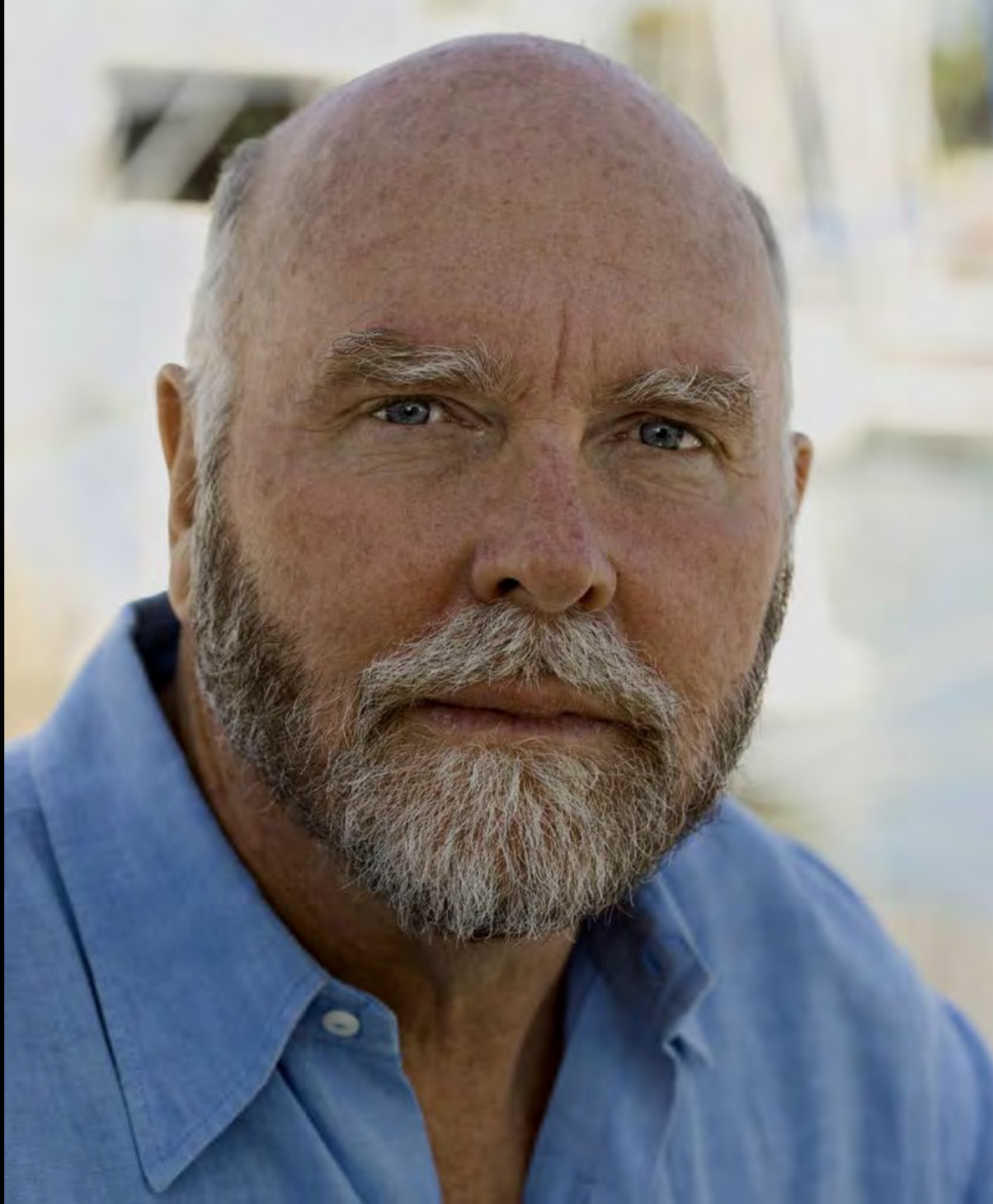
科學人雜誌  
2006年7月號

# Science

2 July 2010 | \$10



Science, July 2, 2010



Craig Venter

# Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome

Daniel G. Gibson,<sup>1</sup> John I. Glass,<sup>1</sup> Carole Lartigue,<sup>1</sup> Vladimir N. Noskov,<sup>1</sup> Ray-Yuan Chuang,<sup>1</sup> Mikkel A. Algire,<sup>1</sup> Gwynedd A. Benders,<sup>2</sup> Michael G. Montague,<sup>1</sup> Li Ma,<sup>1</sup> Monzia M. Moodie,<sup>1</sup> Chuck Merryman,<sup>1</sup> Sanjay Vashee,<sup>1</sup> Radha Krishnakumar,<sup>1</sup> Nacyra Assad-Garcia,<sup>1</sup> Cynthia Andrews-Pfannkoch,<sup>1</sup> Evgeniya A. Denisova,<sup>1</sup> Lei Young,<sup>1</sup> Zhi-Qing Qi,<sup>1</sup> Thomas H. Segall-Shapiro,<sup>1</sup> Christopher H. Calvey,<sup>1</sup> Prashanth P. Parmar,<sup>1</sup> Clyde A. Hutchison III,<sup>2</sup> Hamilton O. Smith,<sup>2</sup> J. Craig Venter<sup>1,2\*</sup>

We report the design, synthesis, and assembly of the 1.08–mega–base pair *Mycoplasma mycoides* JCVI-syn1.0 genome starting from digitized genome sequence information and its transplantation into a *M. capricolum* recipient cell to create new *M. mycoides* cells that are controlled only by the synthetic chromosome. The only DNA in the cells is the designed synthetic DNA sequence, including “watermark” sequences and other designed gene deletions and polymorphisms, and mutations acquired during the building process. The new cells have expected phenotypic properties and are capable of continuous self-replication.

crude *M. mycoides* or *M. capricolum* extracts, or by simply disrupting the recipient cell’s restriction system (8).

We now have combined all of our previously established procedures and report the synthesis, assembly, cloning, and successful transplantation of the 1.08-Mbp *M. mycoides* JCVI-syn1.0 genome, to create a new cell controlled by this synthetic genome.

**Synthetic genome design.** Design of the *M. mycoides* JCVI-syn1.0 genome was based on the highly accurate finished genome sequences of two laboratory strains of *M. mycoides* subspecies *capri* GM12 (8, 9, 11). One was the genome donor used by Lartigue *et al.* [GenBank accession CP001621] (10). The other was a strain created by transplantation of a genome that had been cloned and engineered in yeast, YCpMmyc1.1- $\Delta$ *typeIIIres* [GenBank accession CP001668] (8). This project was critically dependent on the accuracy of these sequences. Although we believe that both finished *M. mycoides* genome sequences are reli-



**Charles Darwin (1809-1882)**







equipment, and to Dr. G. E. R. Deacon and the captain and officers of R.R.S. *Discovery II* for their part in making the observations.

<sup>1</sup> Young, F. B., Gerrard, H., and Jevons, W., *Phil. Mag.*, **40**, 149 (1920).

<sup>2</sup> Longuet-Higgins, M. S., *Mon. Not. Roy. Astro. Soc., Geophys. Supp.*, **5**, 285 (1949).

<sup>3</sup> Von Arx, W. S., *Wood's Hole Papers in Phys. Oceanog. Meteor.*, **11** (3) (1950).

<sup>4</sup> Ekman, V. W., *Arkiv. Mat. Astron. Fysik. (Stockholm)*, **2** (11) (1905).

## MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

### A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid

WE wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey<sup>1</sup>. They kindly made their manuscript available to us in advance of publication. Their model consists of three intertwined chains, with the phosphates near the fibre axis, and the bases on the outside. In our opinion, this structure is unsatisfactory for two reasons: (1) We believe that the material which gives the X-ray diagrams is the salt, not the free acid. Without the acidic hydrogen atoms it is not clear what forces would hold the structure together, especially as the negatively charged phosphates near the axis will repel each other. (2) Some of the van der Waals distances appear to be too small.

Another three-chain structure has also been suggested by Fraser (in the press). In his model the phosphates are on the outside and the bases on the inside, linked together by hydrogen bonds. This structure as described is rather ill-defined, and for this reason we shall not comment on it.



This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the

We wish to put forward a radically different structure for the salt of deoxyribose nucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We have made the usual chemical assumptions, namely, that each chain consists of phosphate diester groups joining  $\beta$ -D-deoxy-ribofuranose residues with 3',5' linkages. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to the fibre axis. Both chains follow right-handed helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions. Each chain loosely resembles Furberg's<sup>2</sup> model No. 1; that is, the bases are on the inside of the helix and the phosphates on the outside. The configuration of the sugar and the atoms

is a residue on each chain every 3.4 Å. in the z-direction. We have assumed an angle of 36° between adjacent residues in the same chain, so that the structure repeats after 10 residues on each chain, that is, after 34 Å. The distance of a phosphorus atom from the fibre axis is 10 Å. As the phosphates are on the outside, cations have easy access to them.

The structure is an open one, and its water content is rather high. At lower water contents we would expect the bases to tilt so that the structure could become more compact.

The novel feature of the structure is the manner in which the two chains are held together by the purine and pyrimidine bases. The planes of the bases are perpendicular to the fibre axis. They are joined together in pairs, a single base from one chain being hydrogen-bonded to a single base from the other chain, so that the two lie side by side with identical z-coordinates. One of the pair must be a purine and the other a pyrimidine for bonding to occur. The hydrogen bonds are made as follows: purine position 1 to pyrimidine position 1; purine position 6 to pyrimidine position 6.

If it is assumed that the bases only occur in the structure in the most plausible tautomeric forms (that is, with the keto rather than the enol configurations) it is found that only specific pairs of bases can bond together. These pairs are: adenine (purine) with thymine (pyrimidine), and guanine (purine) with cytosine (pyrimidine).

In other words, if an adenine forms one member of a pair, on either chain, then on these assumptions the other member must be thymine; similarly for guanine and cytosine. The sequence of bases on a single chain does not appear to be restricted in any way. However, if only specific pairs of bases can be formed, it follows that if the sequence of bases on one chain is given, then the sequence on the other chain is automatically determined.

It has been found experimentally<sup>3,4</sup> that the ratio of the amounts of adenine to thymine, and the ratio of guanine to cytosine, are always very close to unity for deoxyribose nucleic acid.

It is probably impossible to build this structure with a ribose sugar in place of the deoxyribose, as the extra oxygen atom would make too close a van der Waals contact.

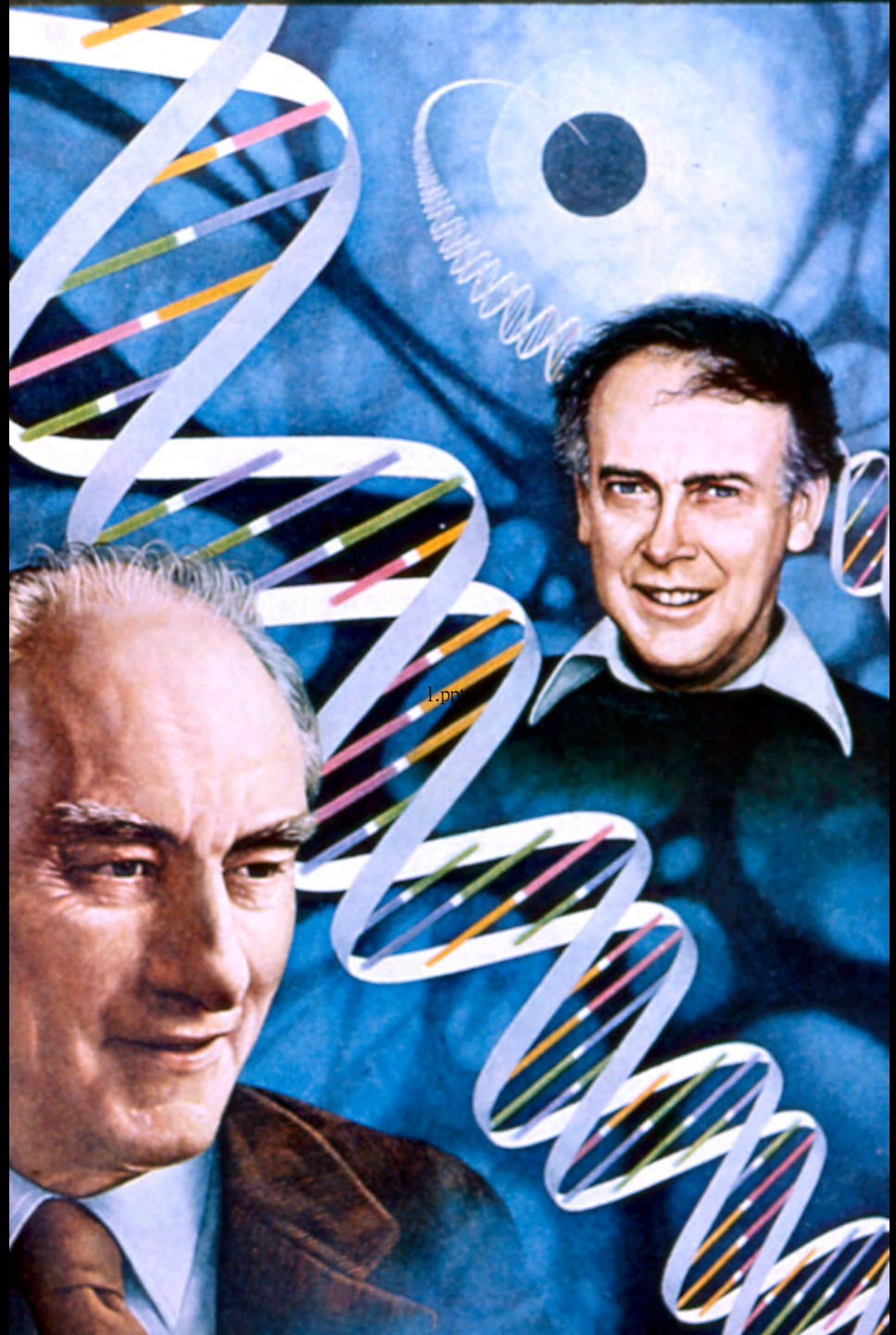
The previously published X-ray data<sup>3,4</sup> on deoxyribose nucleic acid are insufficient for a rigorous test of our structure. So far as we can tell, it is roughly compatible with the experimental data, but it must be regarded as unproved until it has been checked against more exact results. Some of these are given in the following communications. We were not aware of the details of the results presented there when we devised our structure, which rests mainly though not entirely on published experimental data and stereochemical arguments.

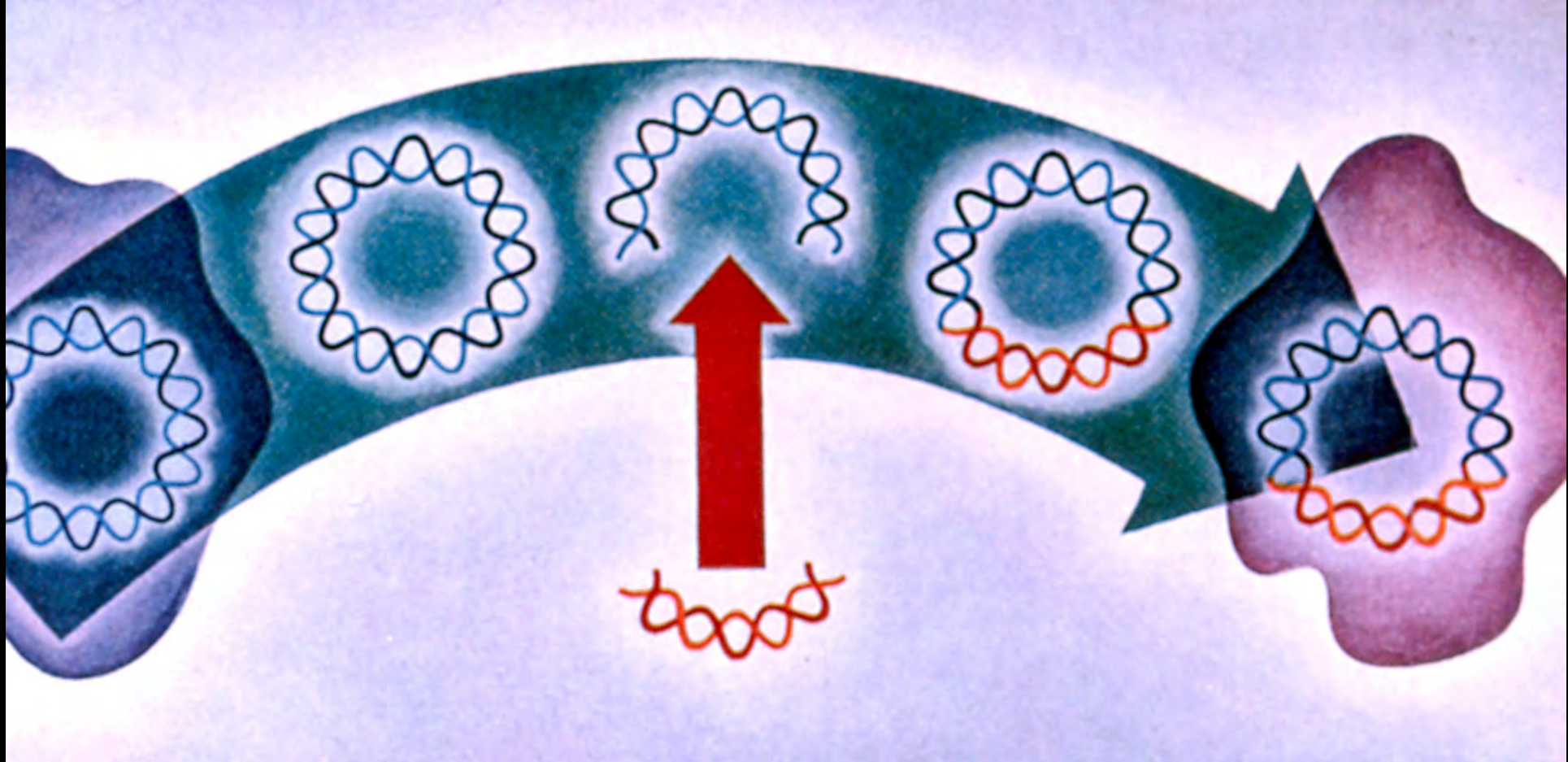
It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.

Full details of the structure, including the conditions assumed in building it, together with a set of co-ordinates for the atoms, will be published elsewhere.

We are much indebted to Dr. Jerry Donohue for constant advice and criticism, especially on inter-

Nature 1953  
Watson & Crick





# 如何製造基因改造植物

製造基因改造植物的方法很多，下圖簡要說明如何製造抗蟲玉米。抗蟲基改植物通常帶有來自蘇力菌（Bt）的基因，可使植物細胞製造一種會毒殺某些昆蟲的蛋白質，例如蝶或蛾的幼蟲，但不會傷害其他生物。

**1** 先從蘇力菌上分離出促使細胞製造殺蟲蛋白質的基因。

**2** 把Bt基因和「標示」基因一起嵌入植物細胞。標示基因是用來篩選已接受Bt基因的植物細胞，通常可保護細胞不受抗生素或除草劑傷害。

**3** 找出成功植入Bt基因的細胞。例如可讓細胞暴露在抗生素裡頭；帶有植入基因的細胞才會存活。

**4** 讓基因改造細胞長成整株植物。這些植物（及其種子長成的作物）的細胞會製造Bt毒素。對Bt毒素敏感害蟲啃食這些植物時，死的會是昆蟲而不是農作物。

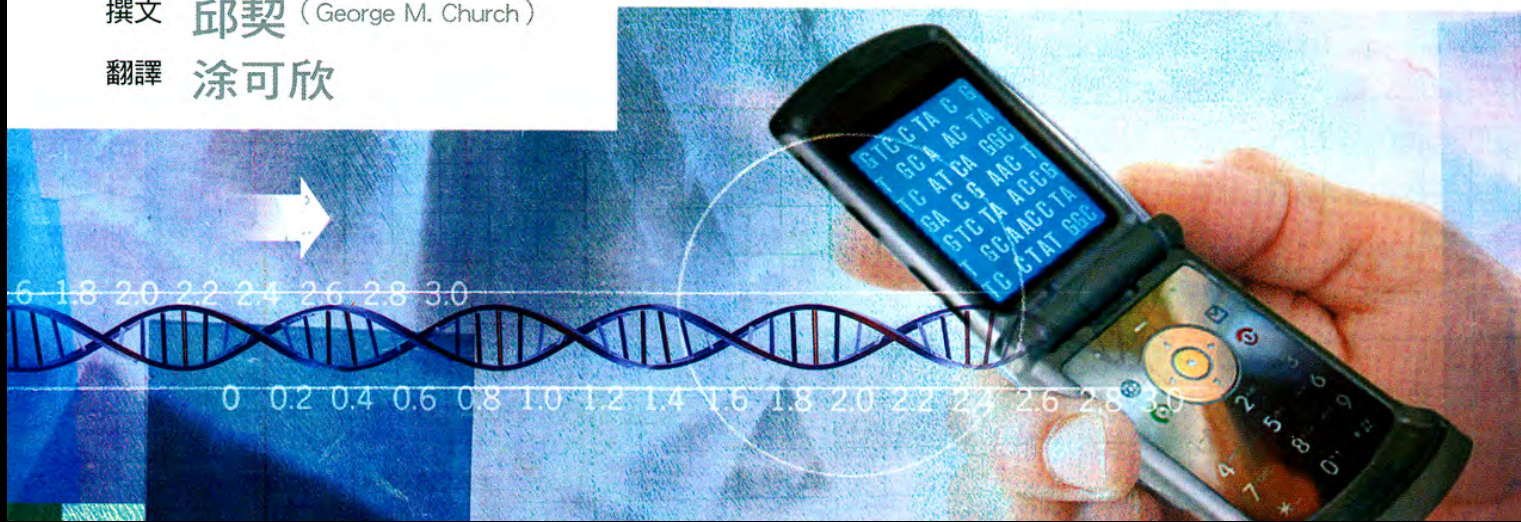


# 1000美金 解開你的基因

快速、便宜又普及化的DNA定序科技，  
預期在10年內問世，將會引爆一場科技革命，  
帶領我們進入真正個人化醫療的時代。

撰文 邱契 (George M. Church)

翻譯 涂可欣





# 啟動 長壽基因

有一群特別的基因，在生物體處於艱困的時期，會協助身體的防衛，這群基因能夠增進個體的健康和壽命。如果想要延年益壽、減少老年病痛，關鍵就在於解開這群基因作用的奧秘。

撰文 **辛克萊** (David A. Sinclair)、**賈倫堤** (Lenny Guarente)

翻譯 **涂可欣**



善用長壽基因的力量，可以改變人類典型的生命曲線。人們不一定會隨年歲的增長而停止成長和失去活力，即使已經70歲、90歲或甚至超過100歲，仍然可以感覺像是只有50歲。



# SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

NO.29  
2004年7月號

## 科學人



【特別報導】p.50  
卡西尼號  
遠征土星之旅！

sa.ylib.com

# 幹細胞=萬靈丹？

用DNA打造奈米機器 p.72

微型無線感測器，聽萬物的聲音！ p.84

一顆核彈，癱瘓全球衛星 p.64

貴州小春蟲重寫動物演化史 p.13



定價 新台幣 220 元 / 港幣 43 元

SCIENTIFIC  
AMERICAN

中文版

NO. 130  
2012年12月號

科學人

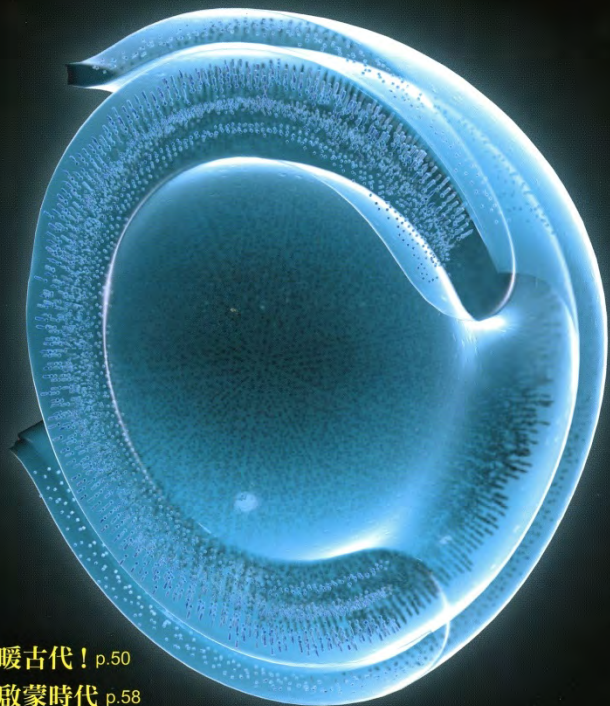
未來公民，你需要  
科學素養 p.64



sa.ylib.com

# 訂做你的眼

幹細胞研究熱潮再起？這次可非細胞移植，而是直接培養完整器官！



企鵝演化始於溫暖古代！ p.50

量子物理帶來新啟蒙時代 p.58

數學模型預知生態危機 p.92

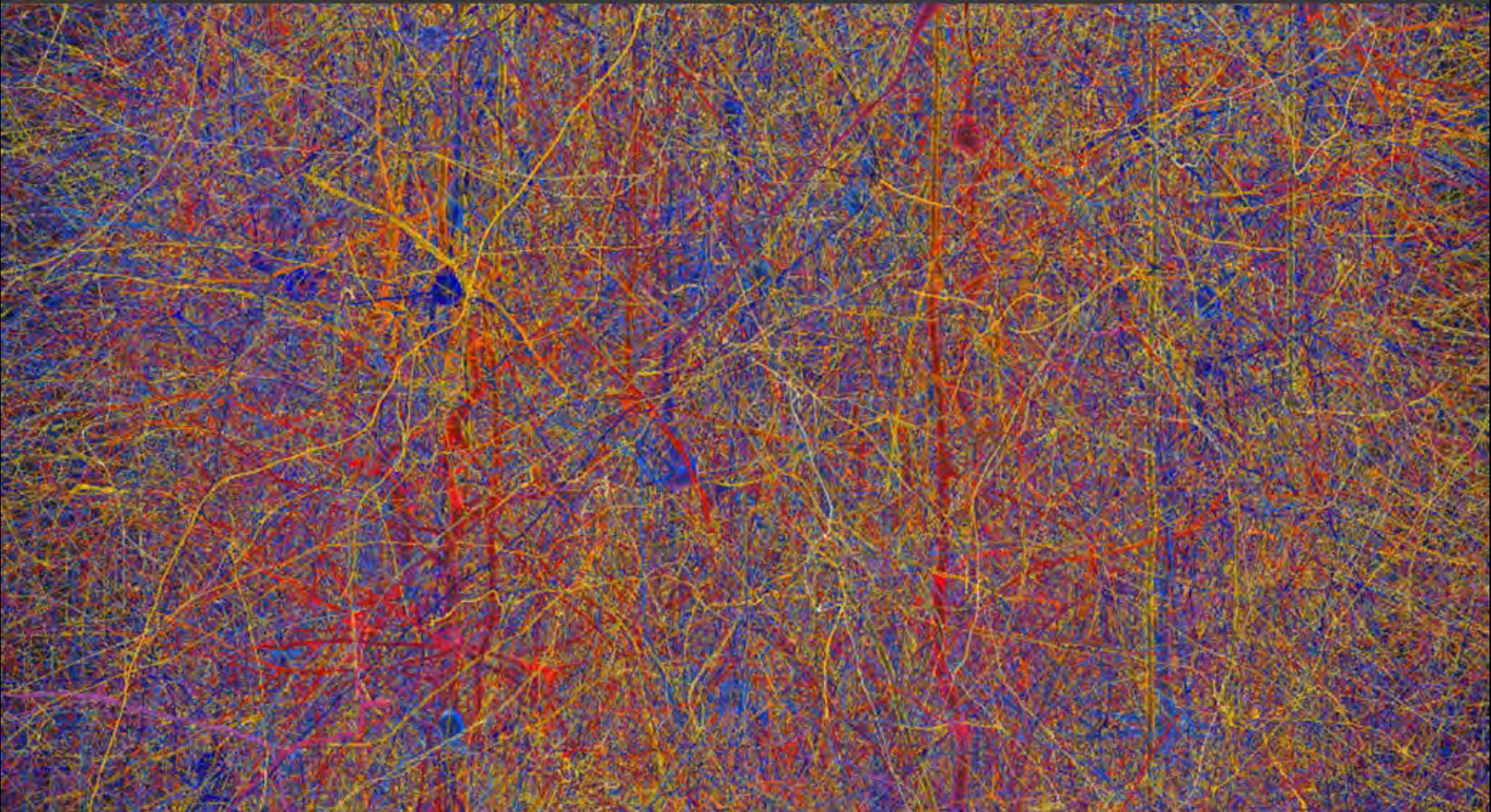
自閉症與父母職業有關？ p.98

本刊連續10年榮獲  
雜誌出版金鼎獎

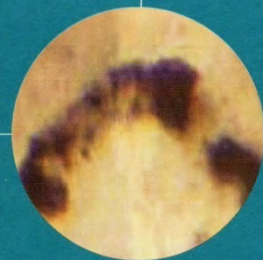


定價 新台幣220元／港幣49元





【生命科學】



試問生命到底有多古老？  
是 33 億、35 億還是 38 億年？  
科學家埋首冰天雪地與酷熱荒漠中，  
尋覓古老岩層帶來的微小線索，  
或許只是微小的石墨斑點，  
只是肉眼不可見的顯微化石，  
卻隱藏了盤古開天闢地以來的  
生命奧秘與神妙奇蹟。

# 尋找 生命的 起源

撰文／辛普森 (Sarah Simpson)  
翻譯／姚若潔 審訂／羅清華



are cut from the paper and rolled in shell vials. Ten anesthetized houseflies are then introduced into each vial, and the toxicity of the compounds is characterized by rate of knockdown and 24-hr mortality.

The paper chromatographic method is useful in studying the metabolism of phosphorus insecticides in plants, mammals, and insects. With it, for example, we have been able to demonstrate the conversion of parathion and its methyl analog to the corresponding phosphates by an enzyme system found in *Periplaneta americana* (L.) (2). Further studies are in progress. The method has also been of value in studying the action of heat on purified parathion and methyl parathion and in isolating the compounds formed and in studying their biological properties (1).

#### References

1. METCALF, R. L., and MARCH, R. B. To be published.
2. ———. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* (in press).
3. KRITCHEVSKY, T. H., and TISELIUS, A. *Science*, **114**, 299 (1951).
4. HANES, C. S., and ISHERWOOD, F. A. *Nature*, **164**, 1107 (1949).
5. METCALF, R. L., and MARCH, R. B. *J. Econ. Entomol.*, **42**, 721 (1949).

Manuscript received September 15, 1952.

## A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions

Stanley L. Miller<sup>1, 2</sup>

G. H. Jones Chemical Laboratory,  
University of Chicago, Chicago, Illinois

The idea that the organic compounds that serve as the basis of life were formed when the earth had an atmosphere of methane, ammonia, water, and hydrogen instead of carbon dioxide, nitrogen, oxygen, and water was suggested by Oparin (1) and has been given emphasis recently by Urey (2) and Bernal (3).

In order to test this hypothesis, an apparatus was built to circulate  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , and  $\text{H}_2$  past an electric discharge. The resulting mixture has been tested for amino acids by paper chromatography. Electrical discharge was used to form free radicals instead of ultraviolet light, because quartz absorbs wavelengths short enough to cause photo-dissociation of the gases. Electrical discharge may have played a significant role in the formation of compounds in the primitive atmosphere.

The apparatus used is shown in Fig. 1. Water is boiled in the flask, mixes with the gases in the 5-l flask, circulates past the electrodes, condenses and empties back into the boiling flask. The U-tube prevents circulation in the opposite direction. The acids

<sup>1</sup> National Science Foundation Fellow, 1952-53.

<sup>2</sup> Thanks are due Harold C. Urey for many helpful suggestions and guidance in the course of this investigation.

apparatus with an aspirator arrangement to promote circulation. The discharge, a small corona, was provided by an induction coil designed for detection of leaks in vacuum apparatus.

The experimental procedure was to seal off the opening in the boiling flask after adding 200 ml of water, evacuate the air, add 10 cm pressure of  $\text{H}_2$ , 20 cm of  $\text{CH}_4$ , and 20 cm of  $\text{NH}_3$ . The water in the flask was boiled, and the discharge was run continuously for a week.

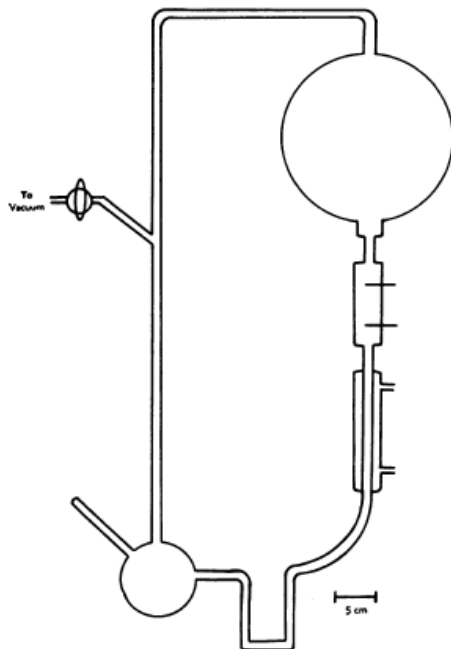


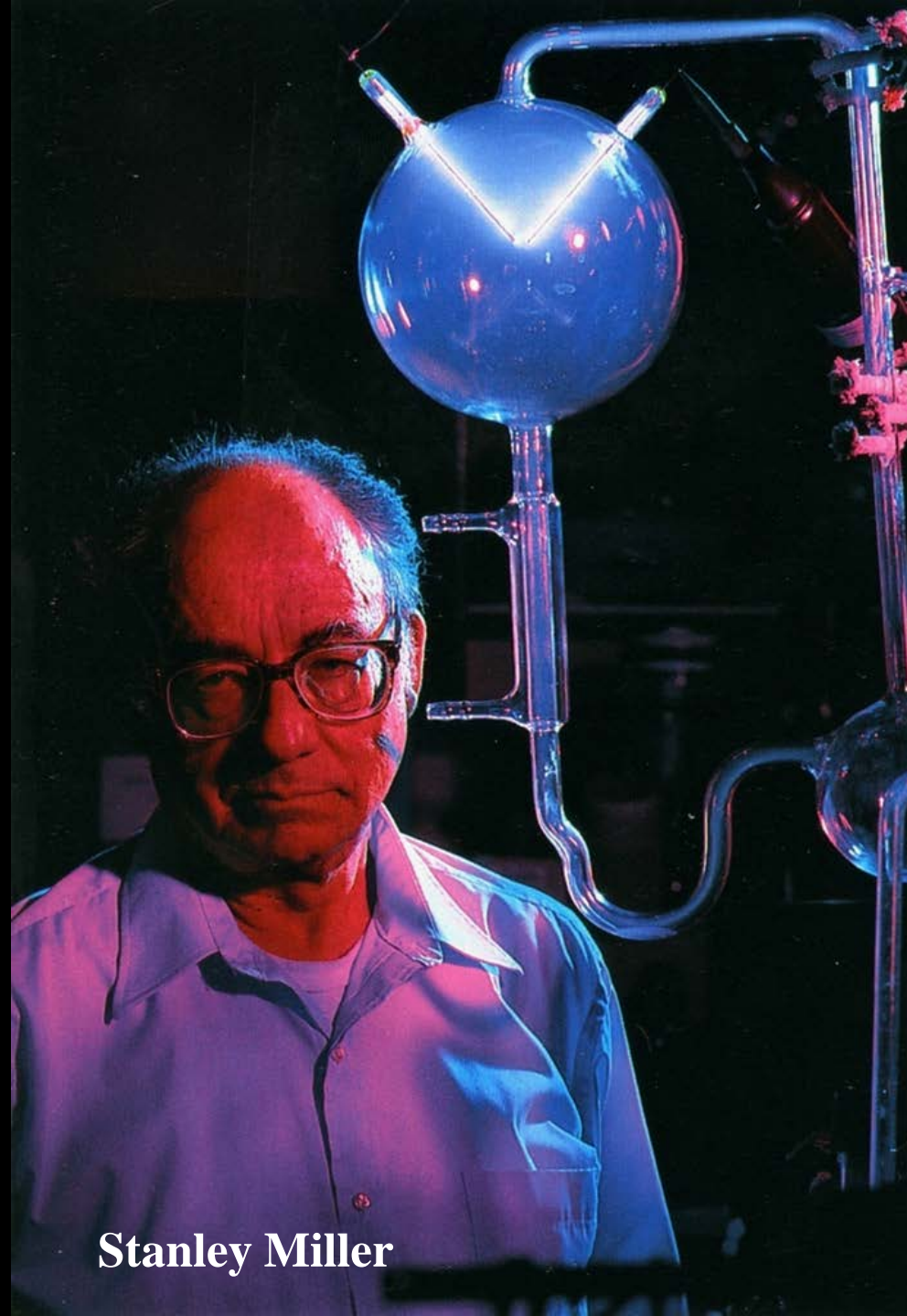
FIG. 1.

During the run the water in the flask became noticeably pink after the first day, and by the end of the week the solution was deep red and turbid. Most of the turbidity was due to colloidal silica from the glass. The red color is due to organic compounds adsorbed on the silica. Also present are yellow organic compounds, of which only a small fraction can be extracted with ether, and which form a continuous streak tapering off at the bottom on a one-dimensional chromatogram run in butanol-acetic acid. These substances are being investigated further.

At the end of the run the solution in the boiling flask was removed and 1 ml of saturated  $\text{HgCl}_2$  was added to prevent the growth of living organisms. The ampholytes were separated from the rest of the constituents by adding  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  and evaporating *in vacuo* to remove amines, adding  $\text{H}_2\text{SO}_4$  and evaporat-

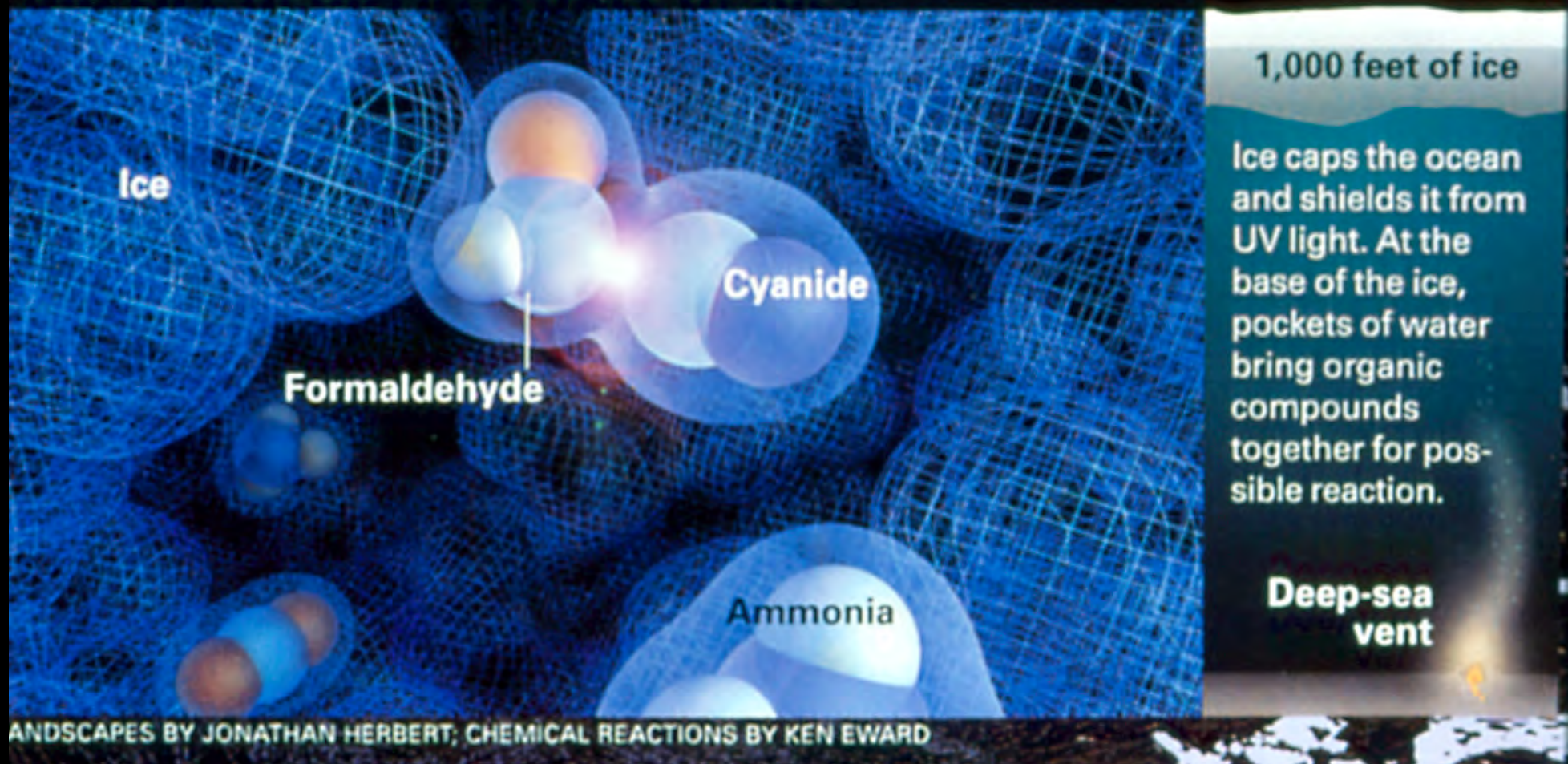
Science 1953  
Miller





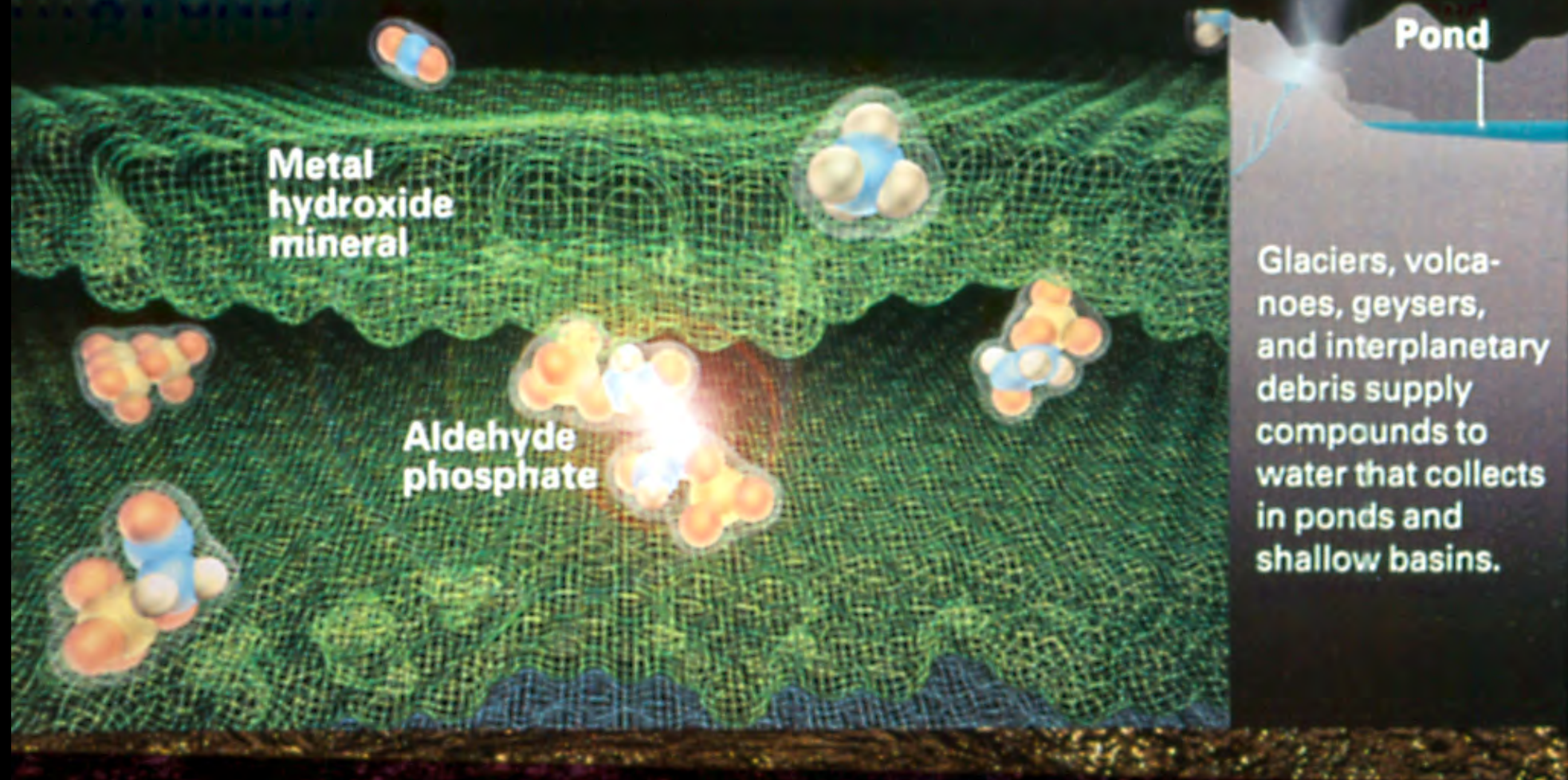
**Stanley Miller**

## DID LIFE BEGIN IN A BALL OF ICE?

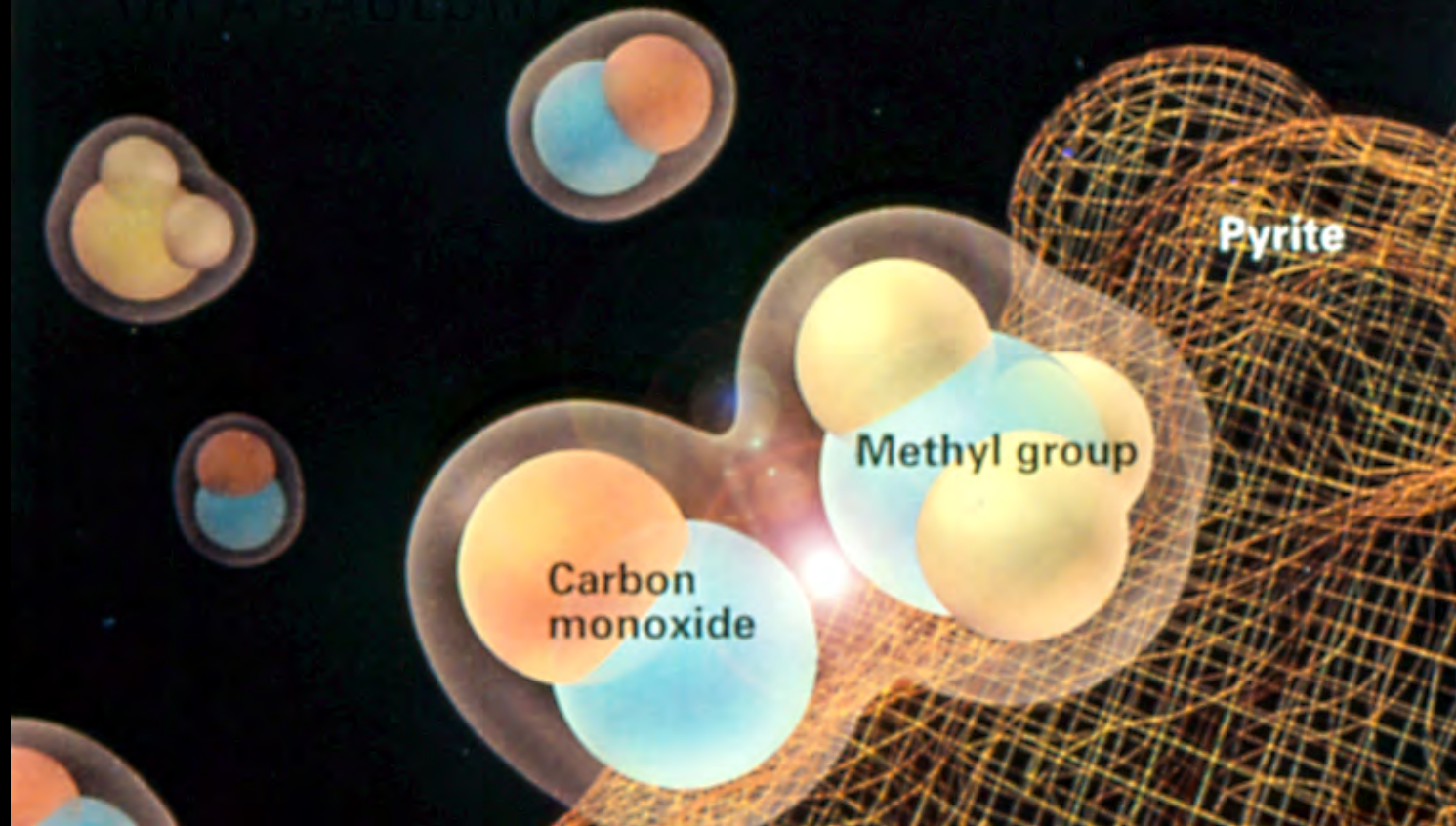


LANDSCAPES BY JONATHAN HERBERT; CHEMICAL REACTIONS BY KEN EDWARD

## ... A POND?



## ...OR A CAULDRON?



— Hot spring

At volcanic sites such as hydrothermal vents and geysers, gases deliver vital compounds to the surface, where reactions ensue.

Deep-sea vent

# 生命

空氣、岩石和

水是早期地球僅有的原料，

始於

第一個生物體必定是以這些原始素材

建造而成的。最近有一些實驗結果顯示，

礦物這種岩石的基本成分，

# 礦石

在形成生命的奇妙過程中，

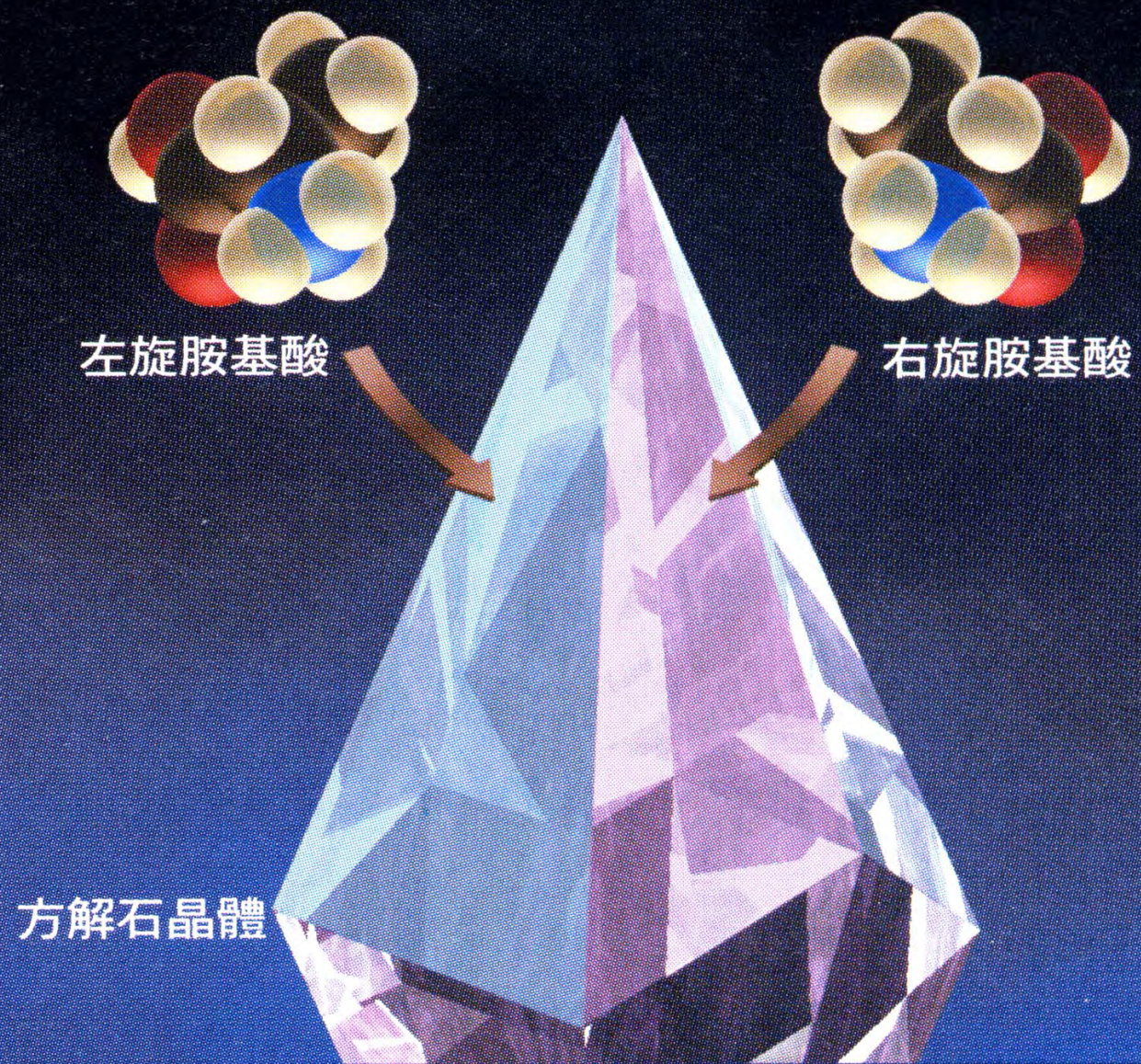
可能扮演舉足輕重的角色。

# 礦物晶體的力量

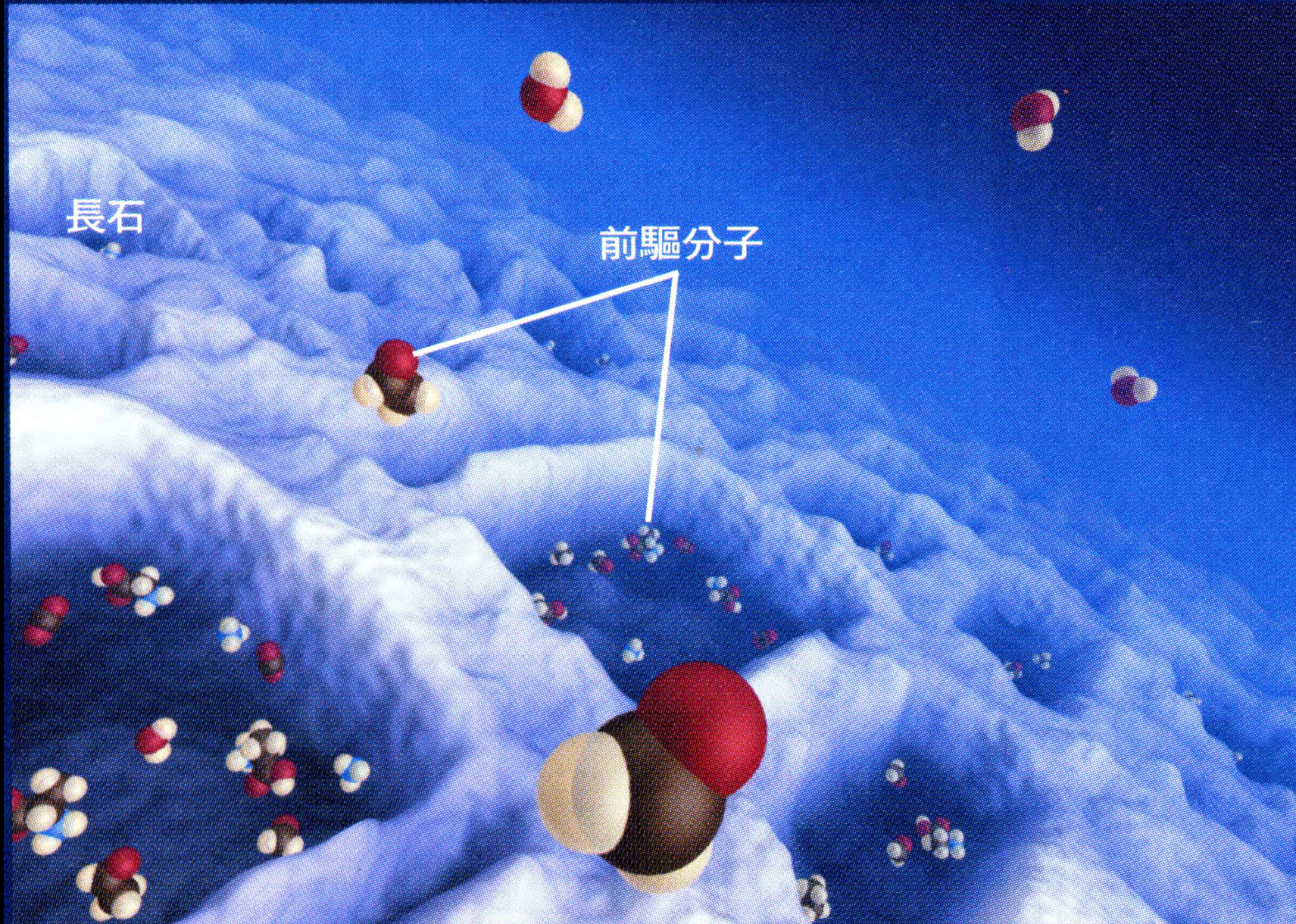
表面看來，沒有任何物質比岩石更沒有生命跡象的了。那麼，岩石及它的礦物成分怎麼會促成生命萌芽？答案在於「化學」。礦物從簡單分子長成有序結構，就是透過化學反應。同樣的，所有生物，細菌也好蝙蝠也罷，之所以能生長、生活、生殖，也是因為每個細胞內發生的幾百種化學反應。

40億年前，地球上沒有生物；是化學改變了地球的表面，而不是生物。在那個曠遠的時代，礦物、海洋、大氣是第一個生物體賴以成形的僅有物質。因此，化學反應必定是生命起源的第一步。一系列的化學變化，將空氣、水、礦物中的簡單成分，組裝成一群具有複製能力的含碳分子。

最近有實驗顯示，要不是有礦物協助，這些關鍵變化根本就不可能發生。礦物所扮演的角色包括了：庇護所、鷹架、模板、催化劑，以及反應物。

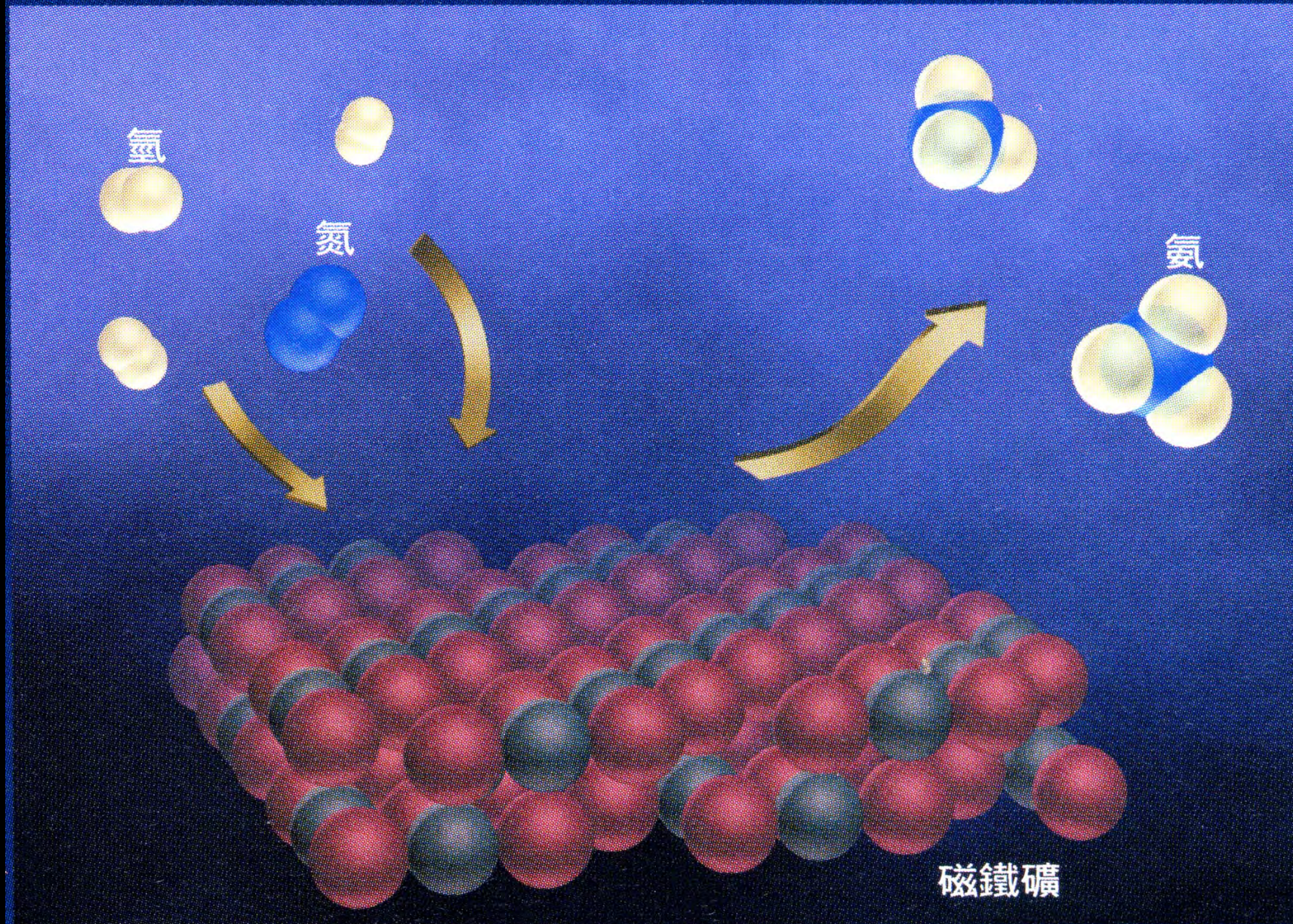


模板：方解石的不同晶面可以分別吸附左旋及右旋胺基酸分子。這個選取過程可以解釋生物只利用左旋胺基酸的事實。



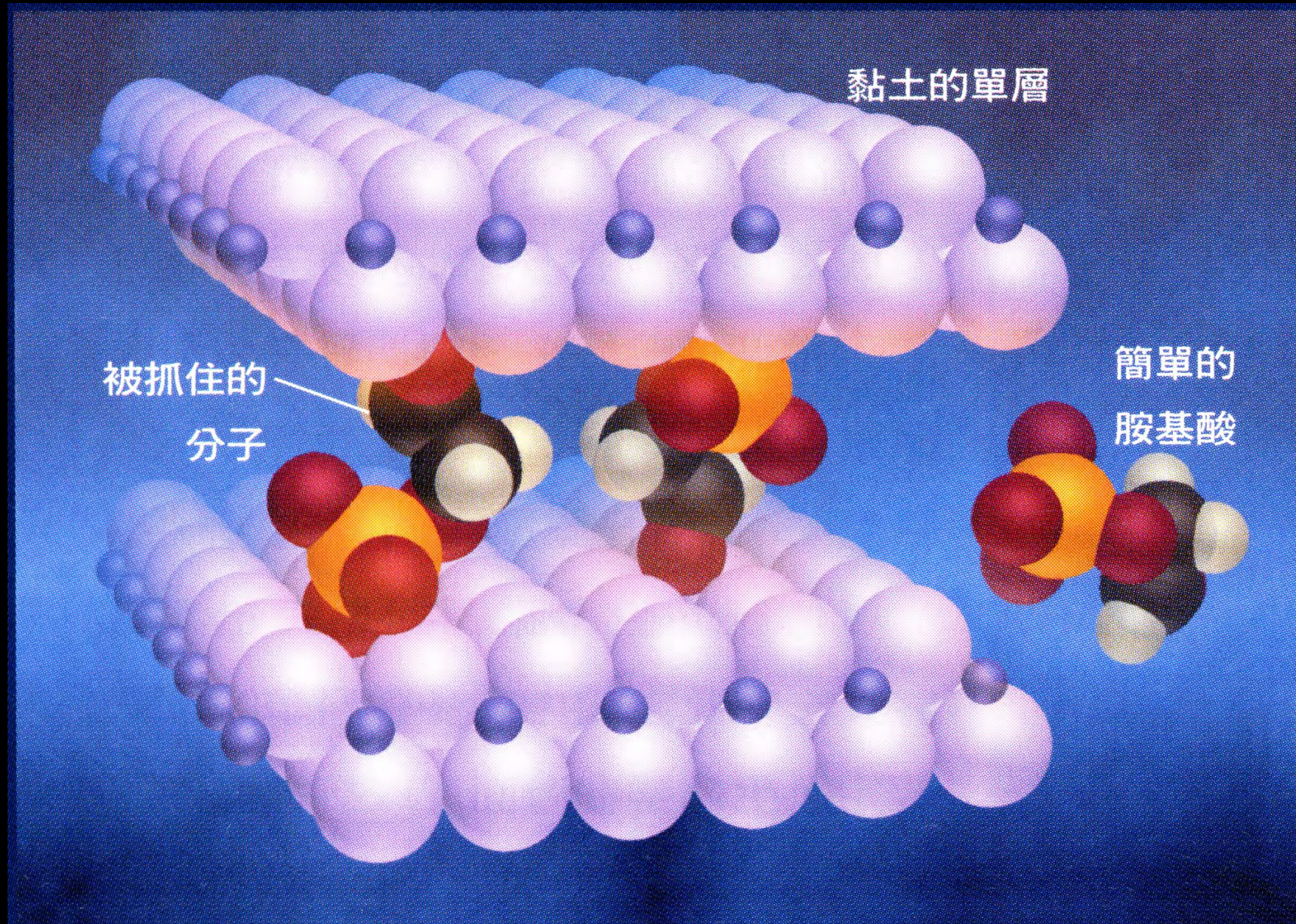
庇護所：長石之類的普通礦石，風化後表面會出現大量小坑。這些小坑可以保護生命分子的前驅物，使之不受致命輻射的破壞。





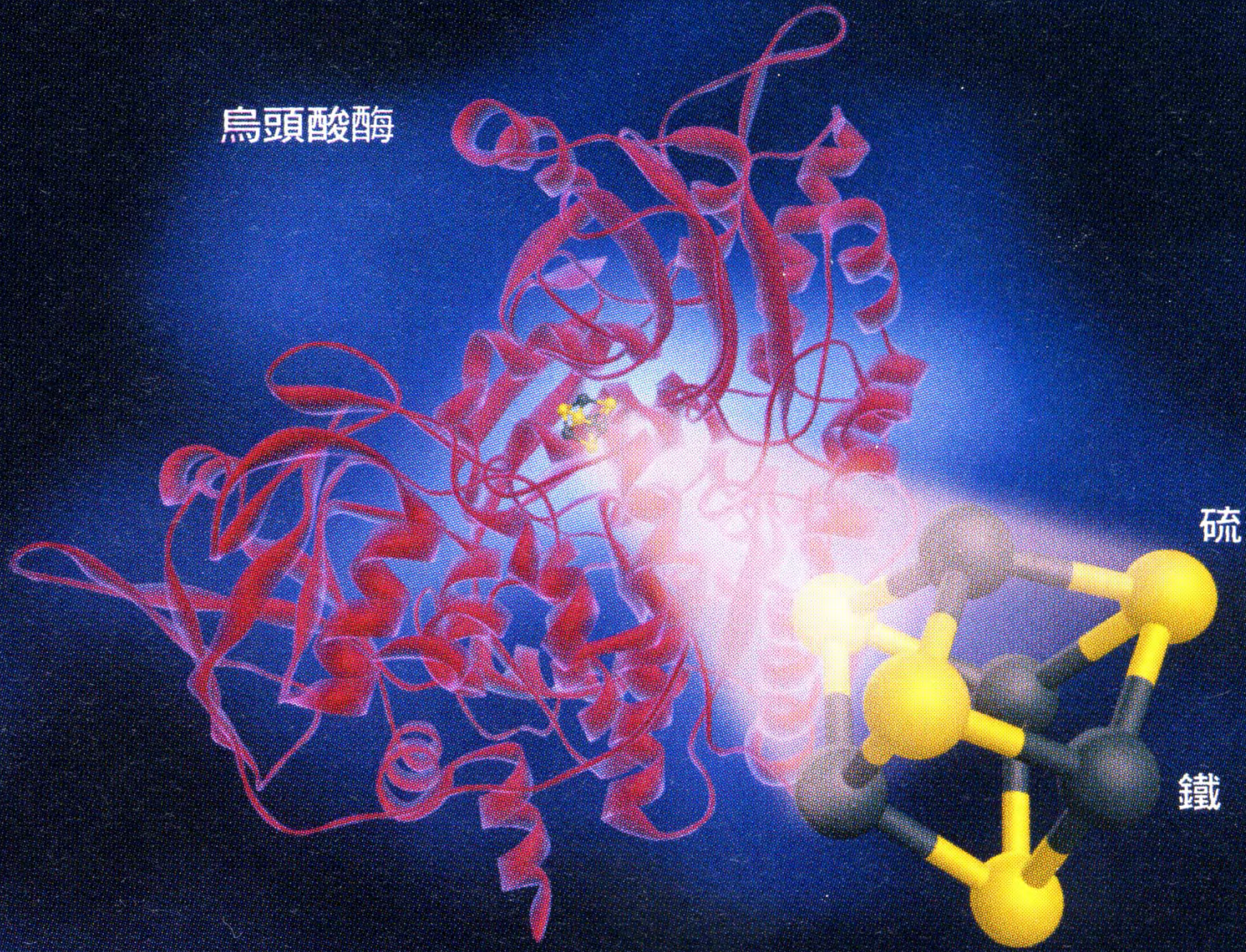
催化劑：磁鐵礦，一種氧化鐵礦物，可以促成氮和氫重組成氨的反應。

氨是生物不可或缺的化合物，它是細胞取得氮的來源。

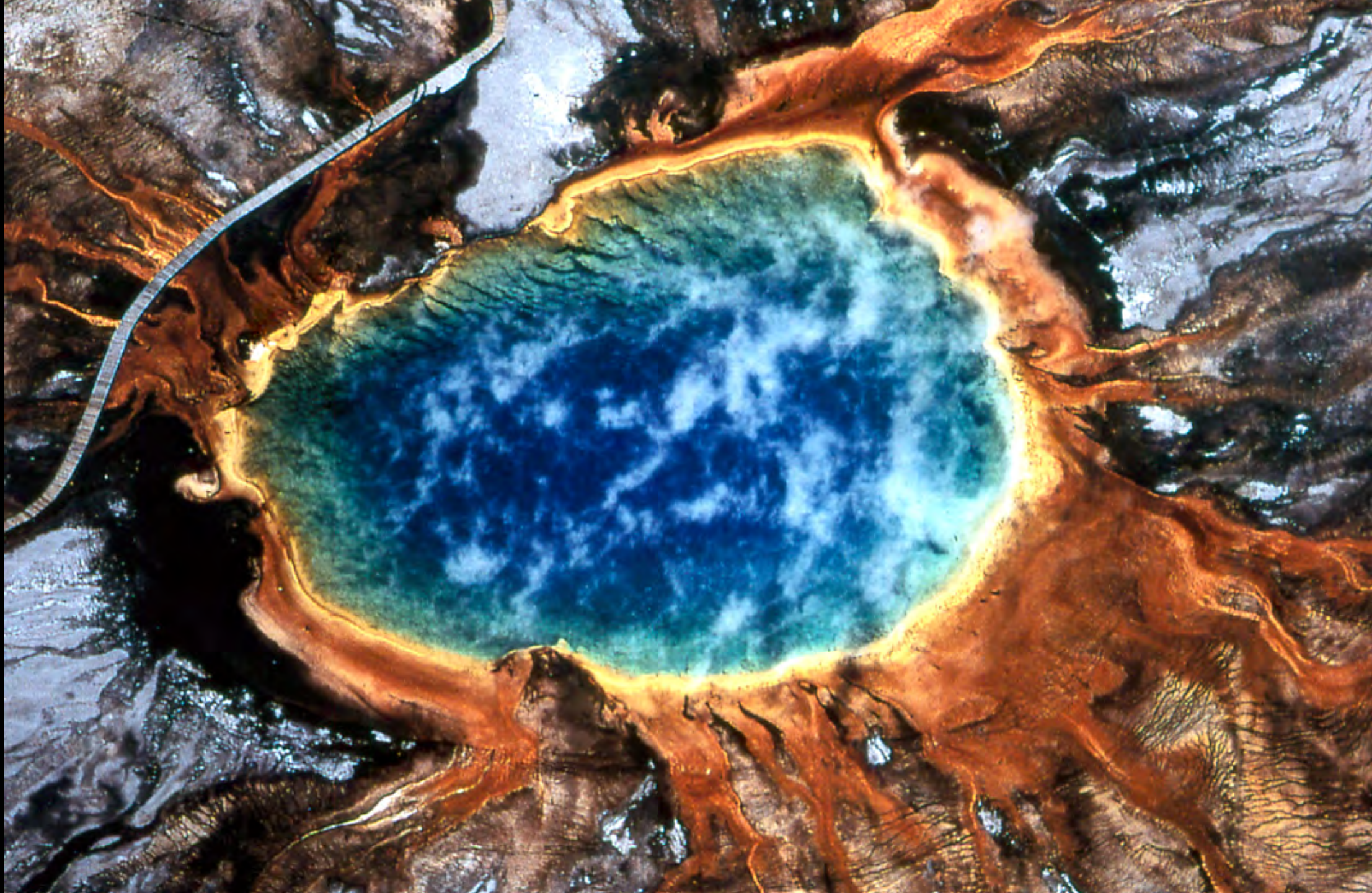


鷹架：黏土之類的成層礦物，可以將自由的有機分子限制在層間的空間裡。簡單分子因為彼此接近而進一步反應，結合成複雜化合物。

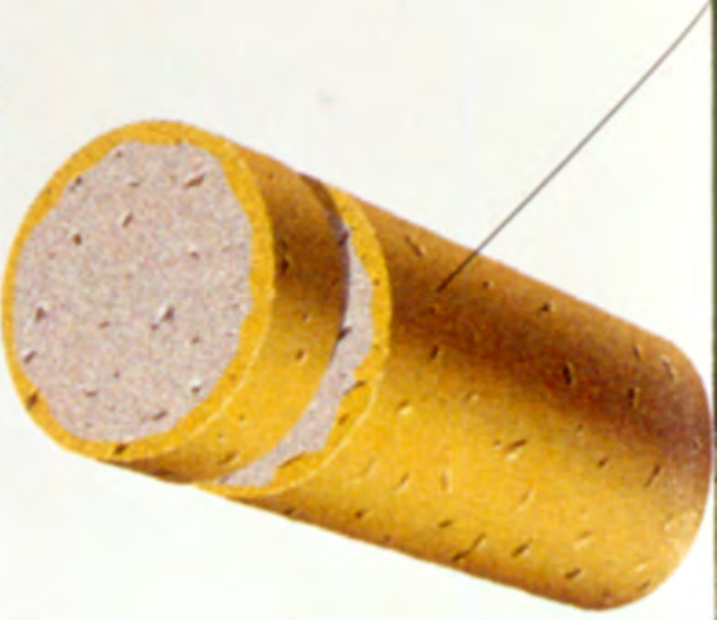
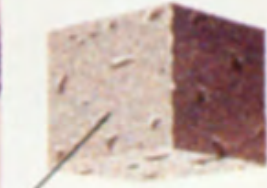
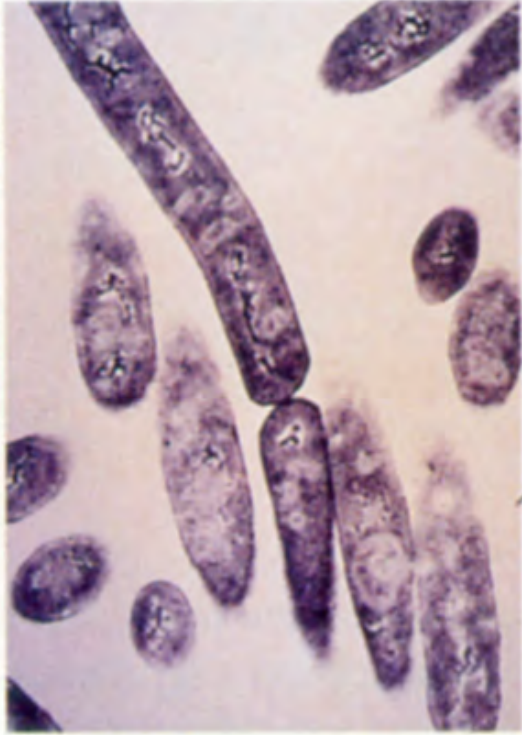
烏頭酸酶



反應物：硫化鐵礦石在高溫高壓下就會溶出鐵和硫。某些生物酵素的活性核心，就是由鐵和硫形成的，如烏頭酸酶。



DAVID BOONE Oregon Graduate Institute





PROCEED  
PALEO

7/1/00  
New Seal - Clear Actions  
From: G-1 (2)  
Paludian Oil let us Re-hat.  
i least fresh  
(Used: a Part purification at Regeneration of/sood)  
90 (C) acuminat  
10/10/00

Room 5011, GEOLGY Bldg.

BR  
rned







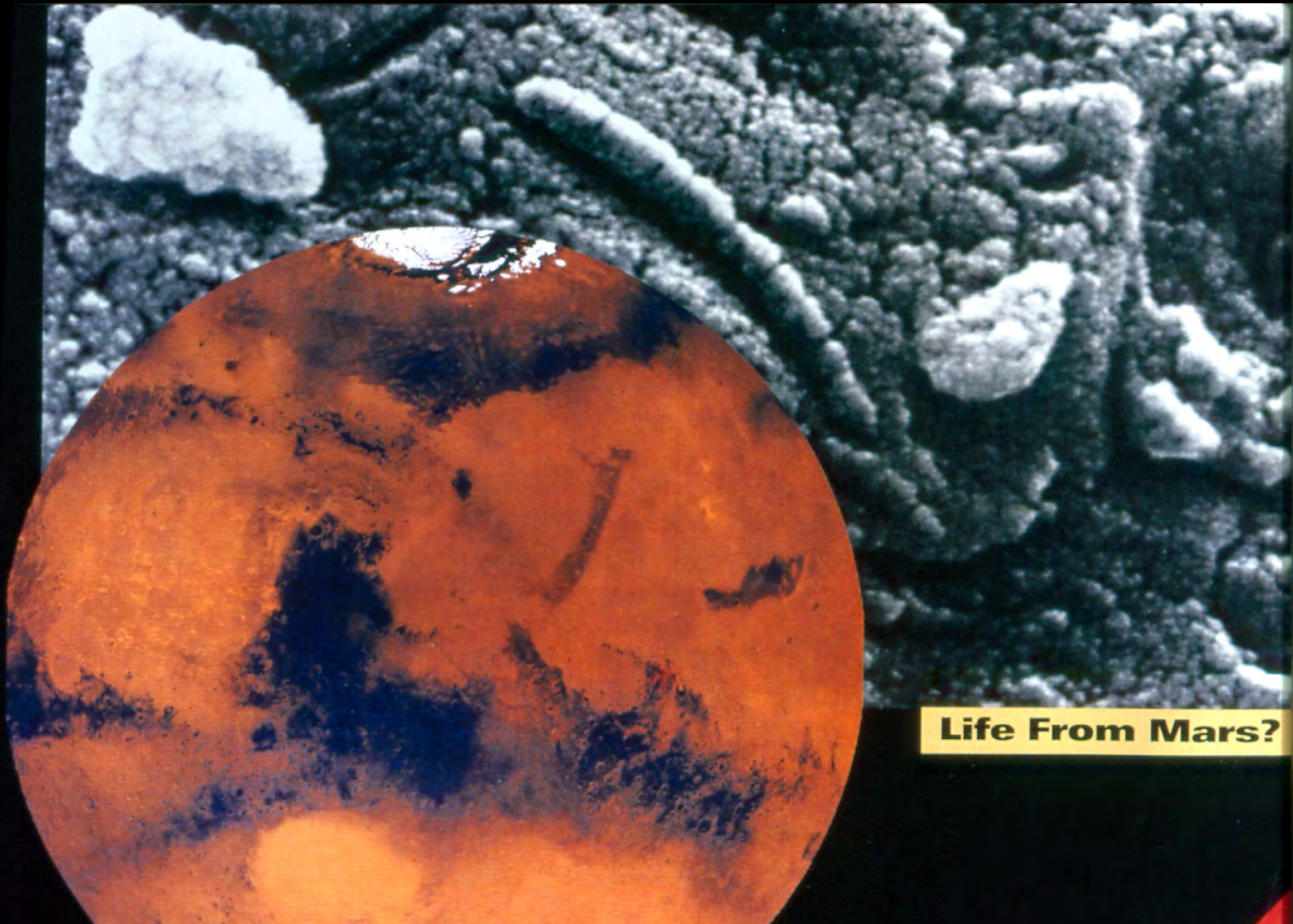


ALH84001,0



N1

1cm.

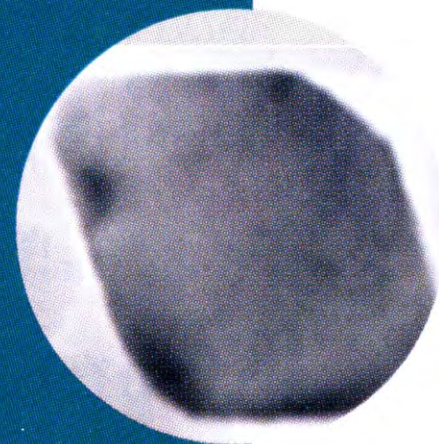


**Life From Mars?**

## 生物礦物

定義：由活細胞產生的礦物顆粒。

最古老的證據：發現於火星隕石 ALH84001，為形式獨特、有磁性的磁鐵礦（見右圖），幾乎與現今地球上某些細菌產生的磁鐵礦相同。咸認這些火星礦物形成於 39 億年前；還有相似的磁鐵礦結晶，在澳洲 20 億年前形成的岩石裡也偵測到。這兩個發現都還有爭議。



行星科學

# 我們都是 火星？

地球上的生命來自外太空嗎？  
最新研究證實，微生物  
能在火星到地球的旅程中存活，  
星際間，或許還有其他生物！

撰文 華佛拉西 (David Warmflash)、魏斯 (Benjamin Weiss)

翻譯 張雨青

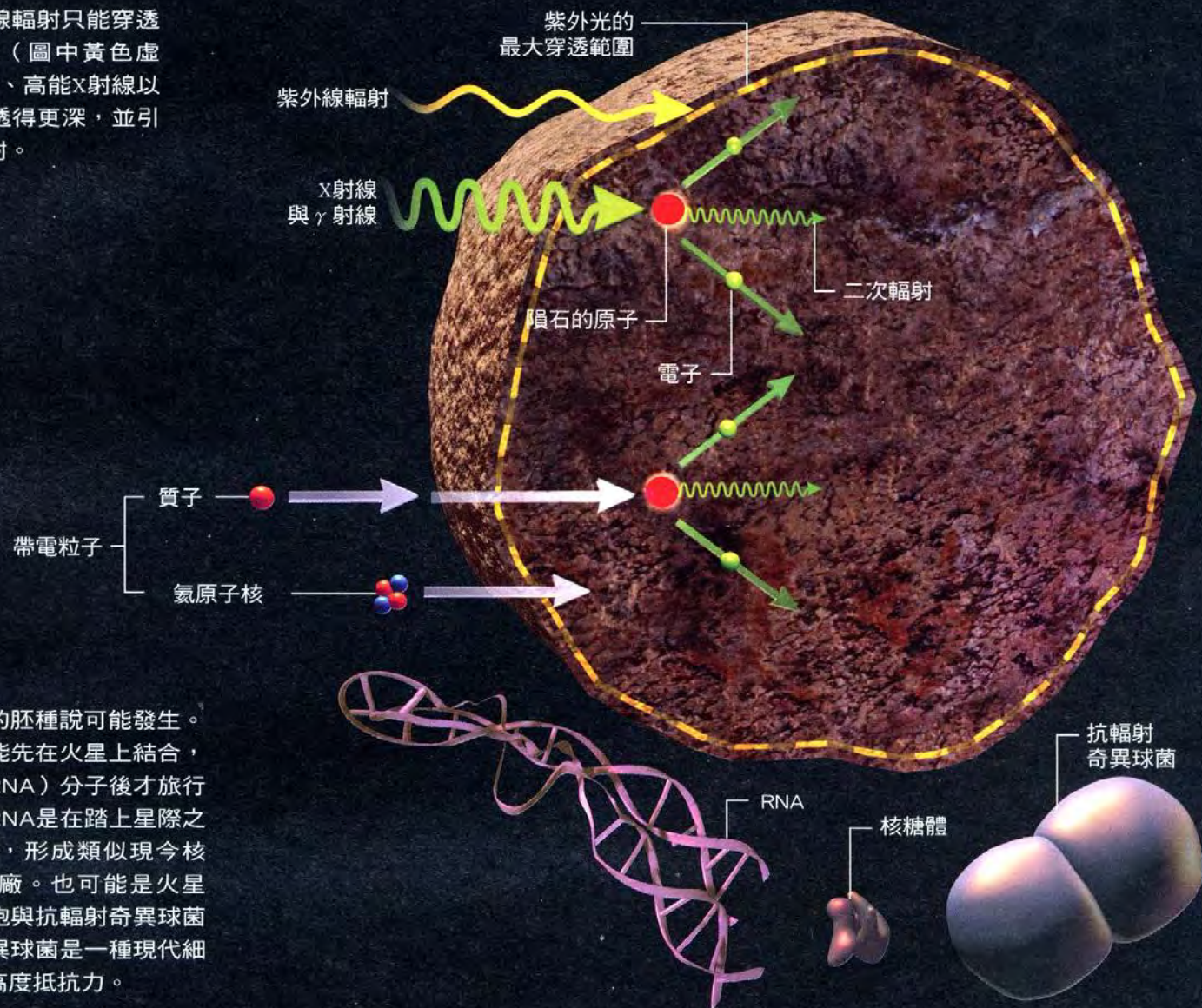
## 來自太空的生命

- 「胚種假說」假設：活細胞或其前驅物可能於數十億年前發源自其他行星或月球上，並且搭隕石的便車來到地球。
- 小行星或彗星在撞擊火星時，所轟出的岩石之中，有少數可以在僅僅數年之內就抵達地球。
- 研究人員打算研究：微生物是否可以在星際旅行中存活，並據以評估胚種說存在的可能性。

# 宇宙中的諾亞方舟

生物物質穿越危機重重的行星際空間時，躲藏在隕石內部可能是最佳的保命方式。輻射則是最主要的威脅。

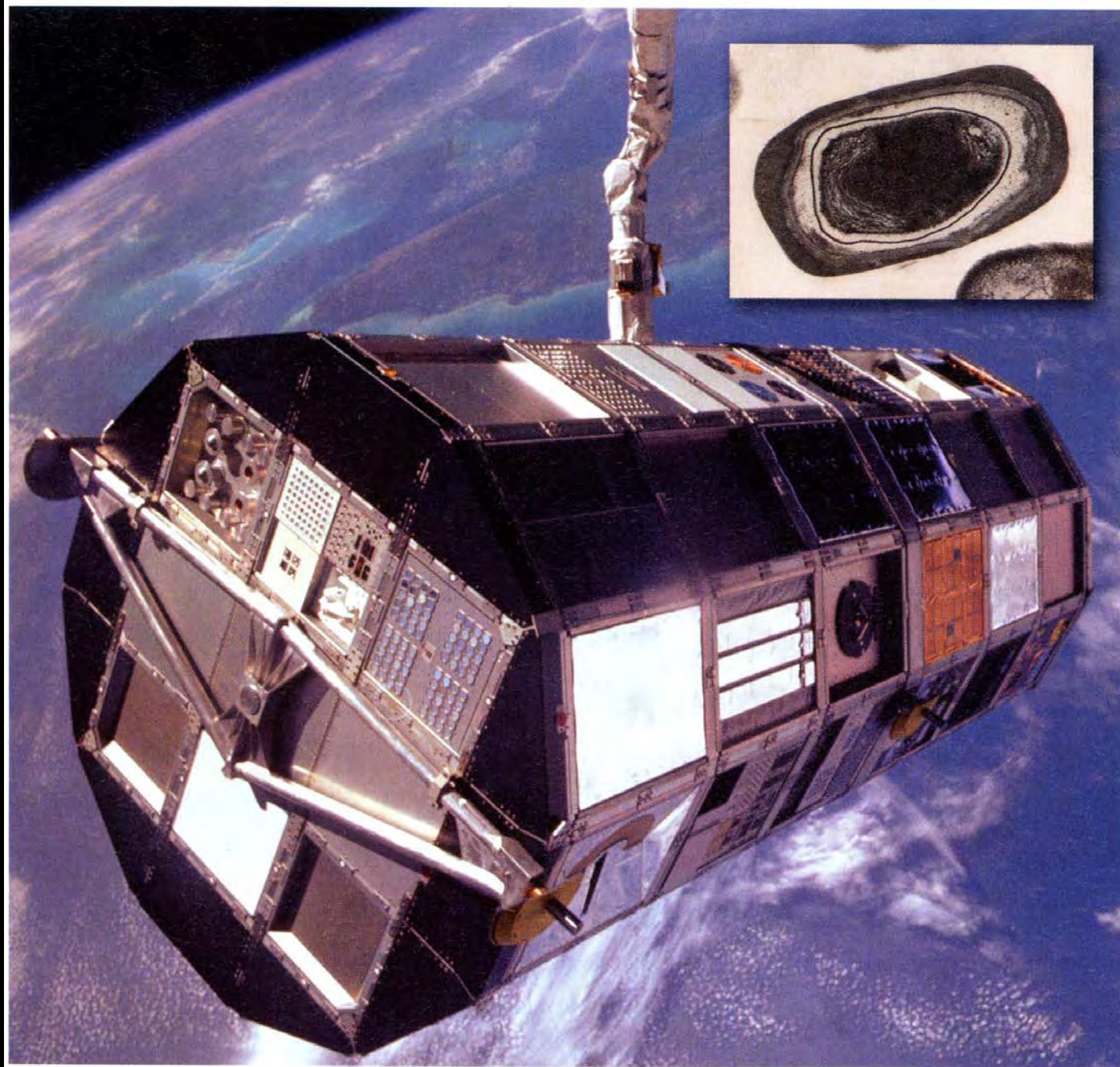
來自太陽的紫外線輻射只能穿透岩石表面數微米（圖中黃色虛線），但帶電粒子、高能X射線以及 $\gamma$ 射線則可穿透得更深，並引發二次輻射的簇射。



還有好幾種版本的胚種說可能發生。較小的化合物可能先在火星上結合，形成核糖核酸（RNA）分子後才旅行至地球。又或許RNA是在踏上星際之旅前便先行結合，形成類似現今核糖體的蛋白質工廠。也可能是火星隕石攜帶的活細胞與抗輻射奇異球菌同源。抗輻射奇異球菌是一種現代細菌，對輻射具有高度抵抗力。

還有好幾種版本的胚種說可能發生。較小的化合物可能先在火星上結合，形成核糖核酸（RNA）分子後才旅行至地球。又或許RNA是在踏上星際之旅前便先行結合，形成類似現今核糖體的蛋白質工廠。也可能是火星隕石攜帶的活細胞與抗輻射奇異球菌同源。抗輻射奇異球菌是一種現代細菌，對輻射具有高度抵抗力。



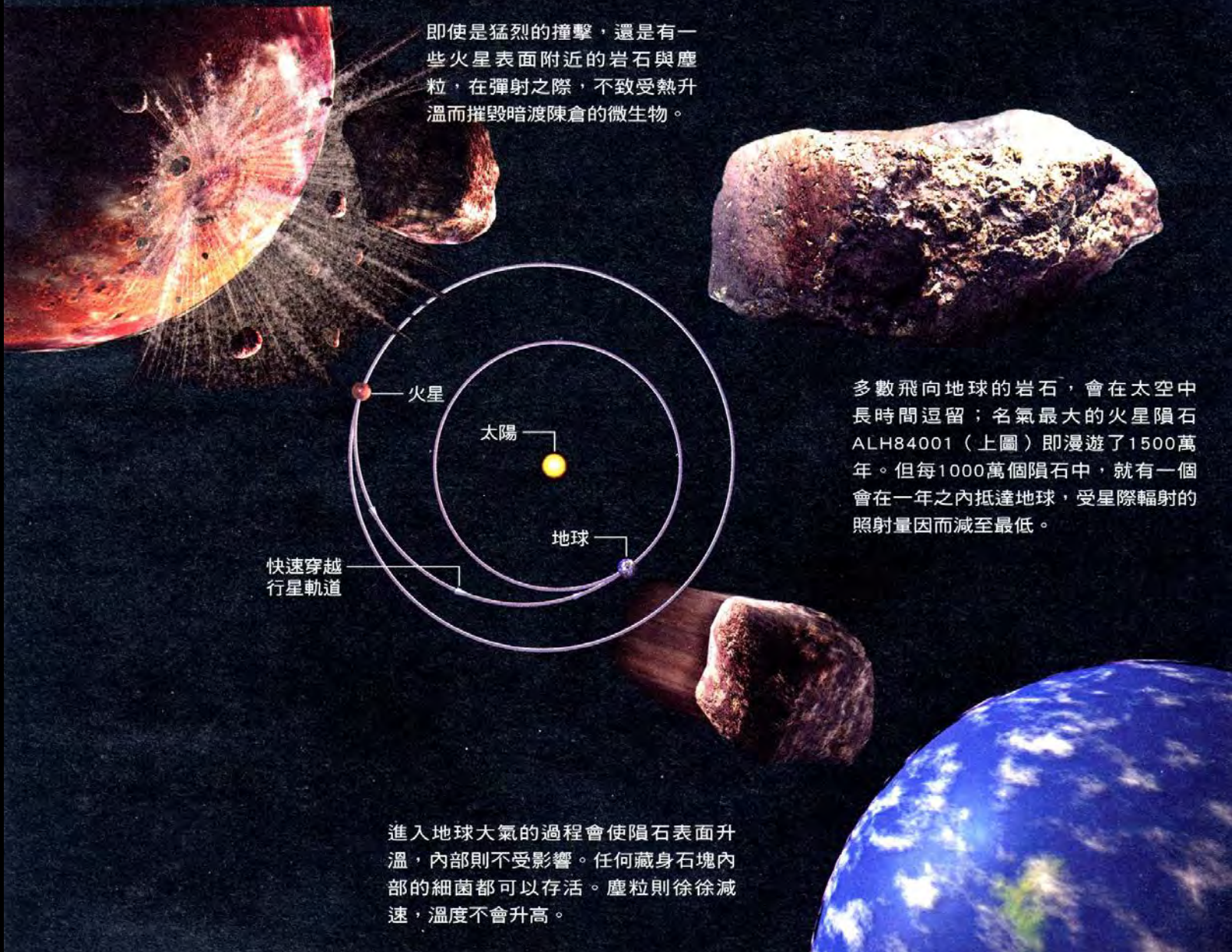


美國航太總署「長期輻照設施」攜帶著枯草桿菌的孢子（右上角圖）上軌道長達六年。研究人員發現薄薄一片鋁罩就足以為孢子抵擋紫外線輻射的危害，使80%的孢子得以存活。

# 星際特快車

每隔數百萬年，就會有小行星或彗星撞擊火星，能量足以使岩石噴發，並脫離火星重力的作用，最後到達地球。如果數十億年前就有生命在火星上演化，可想像含生物體的岩石能快速飛行，而將地球外的種籽移植到地球上。

即使是猛烈的撞擊，還是有一些火星表面附近的岩石與塵粒，在彈射之際，不致受熱升溫而摧毀暗渡陳倉的微生物。



多數飛向地球的岩石，會在太空中長時間逗留；名氣最大的火星隕石 ALH84001（上圖）即漫遊了1500萬年。但每1000萬個隕石中，就有一個會在一年之內抵達地球，受星際輻射的照射量因而減至最低。

快速穿越  
行星軌道

進入地球大氣的過程會使隕石表面升溫，內部則不受影響。任何藏身石塊內部的細菌都可以存活。塵粒則徐徐減速，溫度不會升高。

火星上是否有生命？「火星大探險」1月11日晚上九點 國家地理頻道獨家首播

WWW.NATIONALGEOGRAPHIC.COM.TW

2004年1月號

台灣：NT \$ 199

香港：HK \$ 45

# NATIONAL GEOGRAPHIC

國家地理雜誌 中文版

## 前進火星

尋找古老水冰裡的生命

巴塔哥尼亞高原·探索北極海

辛巴人·印度漢雷寺院

破解人類最早的星象圖

ISSN 1608-2621  
4 710859 840158 01

# 精神號：前進火星！

溫室氣體減量，人人有責 p.60

機器人沙漠大賽車 p.70

深入追蹤：火星之水與生命何在？ p.40

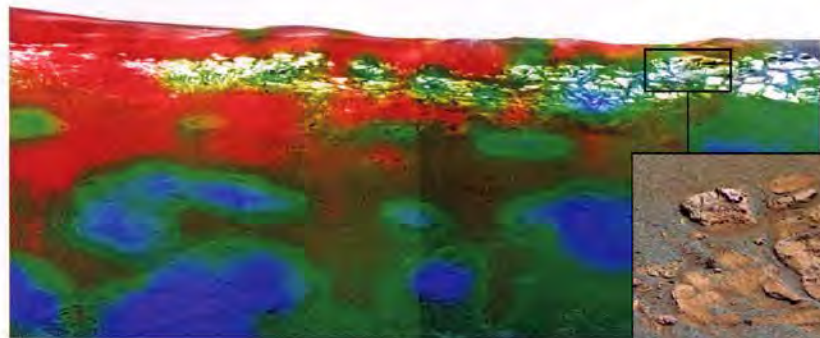


# 火星，一度水漾



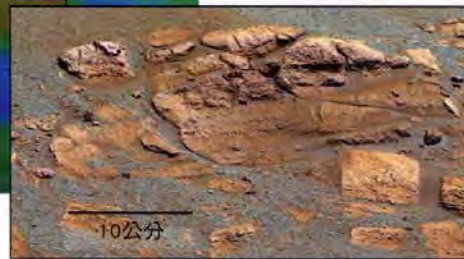
機會號的全景相機所拍下的「上尉岩」影像，岩石的紋理層次清晰可見。上尉岩表面還有許多長達一公分的小凹溝，科學家相信那是水曾經存在的證據。機會號已經動用了所有儀器，把上尉岩好好研究了一番。

# 火星何處曾有水？

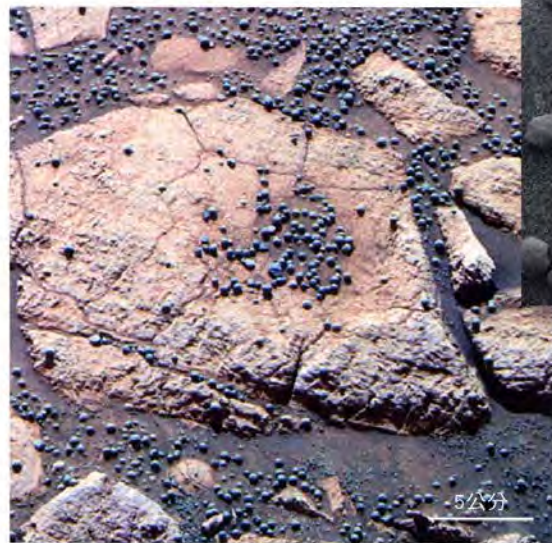


老鷹隕石坑的全景：機會號的著陸點，其中與水有關的礦物——赤鐵礦，含量高（紅色）低（藍色）不一。前景的藍色色塊是探測車著陸時所留下，直徑約1公尺的彈跳痕跡。後方的白色區域是

如上尉岩（右下圖）等的岩石露頭；仔細檢視後發現，它們是由水沉積的硫酸鹽和赤鐵礦所組成。

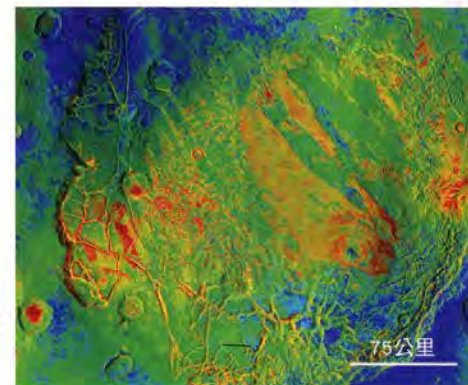


「藍莓」是散佈在著陸點附近，大小如BB彈般的球型顆粒。在這塊岩石上，稱為「藍莓盆」的藍莓分佈密集處（此圖經假色處理），讓探測車可獲得關於成份的極佳資料：這是赤鐵礦，大概是水在湖床的沉積岩空隙中沉澱形成的。

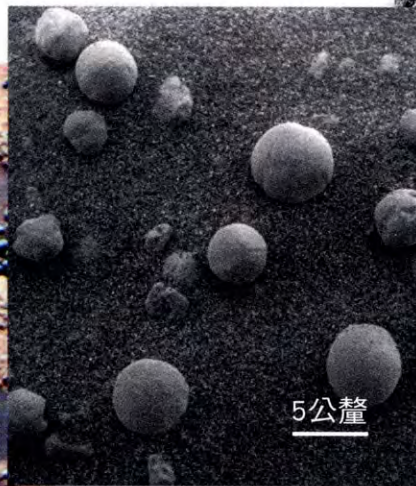
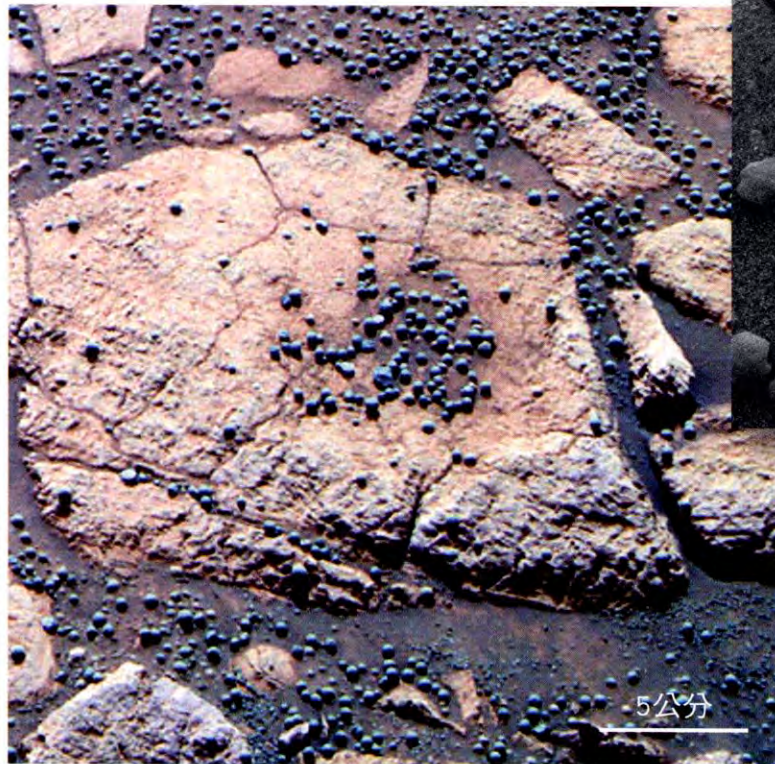


顯微影像顯示出在土壤中（左圖）和鑲嵌在名為「上戴爾斯」的石塊（上圖）中的藍莓。石塊上還有數公釐厚的層次，其形狀暗示，這是由流動的水所沉積出來的。

阿拉姆裂地是一個撞擊隕石坑；如同機會號的登陸點，這裡也充斥著赤鐵礦。火星奧德賽號軌道船觀測夜間溫度，揭露這裡的物質質地：暖處（紅色）代表岩石，冷處（藍色）代表塵埃與沙粒。在隕石坑中央的平坦岩石（橘色）似乎是湖床沉積物。南方破碎的地形顯示地表突然塌陷，也許是地下水湧出時造成的。

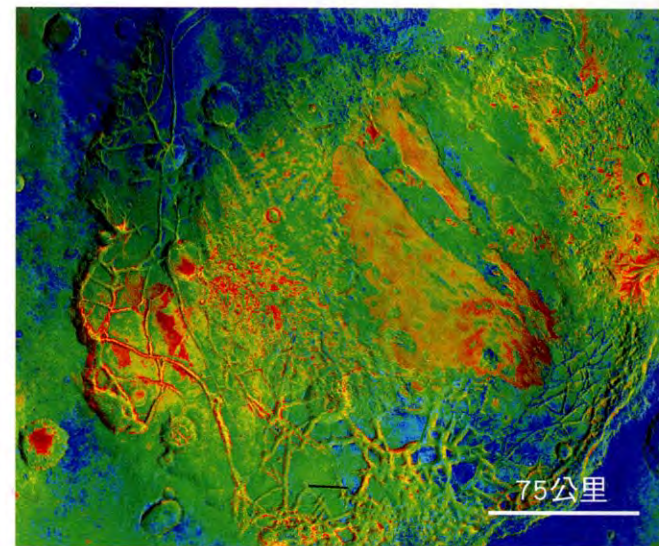


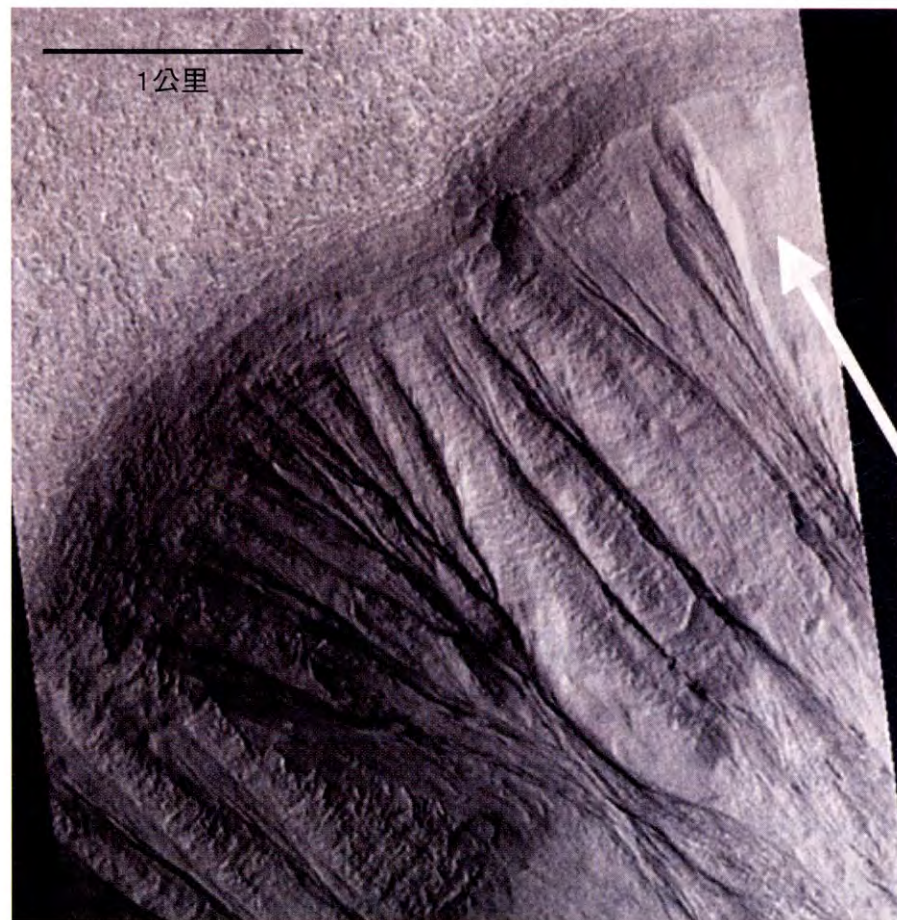
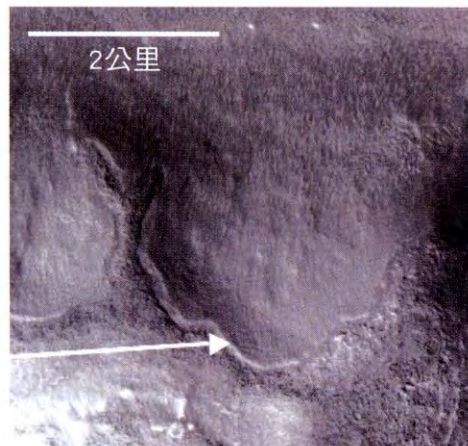
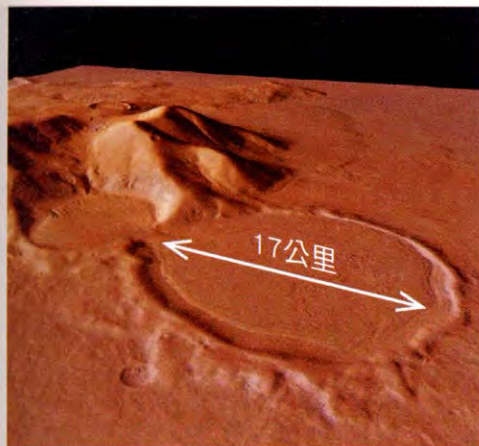
「藍莓」是散佈在著陸點附近，大小如BB彈般的球型顆粒。在這塊岩石上，稱為「藍莓盆」的藍莓分佈密集處（此圖經假色處理），讓探測車可獲得關於成份的極佳資料：這是赤鐵礦，大概是水在湖床的沉積岩空隙中沉澱形成的。



顯微影像顯示出在土壤中（左圖）和鑲嵌在名為「上戴爾斯」的石塊（上圖）中的藍莓。石塊上還有數公釐厚的層次，其形狀暗示，這是由流動的水所沉積出來的。

阿拉姆裂地是一個撞擊隕石坑；如同機會號的登陸點，這裡也充斥著赤鐵礦。火星奧德賽號軌道船觀測夜間溫度，揭露這裡的物質質地：暖處（紅色）代表岩石，冷處（藍色）代表塵埃與沙粒。在隕石坑中央的平坦岩石（橘色）似乎是湖床沉積物。南方破碎的地形顯示地表突然塌陷，也許是地下水湧出時造成的。






下雪吧：火星也許不再像過去那麼活躍，但這顆行星仍有生命力。火星快遞軌道衛星觀察到地質時間看來相當晚近的冰川，曾流經山區與隕石坑（左圖）。火星奧德賽號軌道船在朝向極區的坡面上偵測到積雪（中圖與右圖箭頭）。雪可能是造成新溝渠的水的來源（右圖）。如果微生物能在現今火星的任何地方存活，這些雪堆是最可能的地點之一。



# 火星 曾是水世界



探測車與軌道船  
傳回了新的觀測結果，顯示  
液態水不僅曾經存在火星上，  
甚至覆蓋大部份地表  
有10億年之久。

火星的表面環境，在不同地點、不同時間所呈現出的多樣性，是火星生物學最令人懷抱希望的一點：它提供了一連串豐富的環境條件，生命或許曾經掌權。水雖然可能只是間歇性的存在湖泊裡，但時間仍是相當的長。或許時間已久到足以讓無生命物質萌發生機。生命體可能仍未死去，而是在冷期冬眠，等氣候條件改善時復甦。類似殘留雪塊、溝渠等的區域，將是未來的自動機械任務尋找生命的絕佳地點。

# SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

NO. 89  
2009年7月號

## 科學人

磷礦耗竭，  
預告農業浩劫 p.98



sa.ylib.com

# 太空探險下一站 火星



上火星找生命，可能遭遇哪些狀況？  
40年前的阿波羅任務，能否做為借鏡？  
史上唯一登月的科學家現身說法。

野貓何時變家貓？ p.38

IBM賽道記憶體開跑，  
台灣站上起點 p.48, 54

碳權交易是一場買空賣空 p.22

池邊天籟——豎琴蛙 p.120



六度鐮雜誌出版金鼎獎

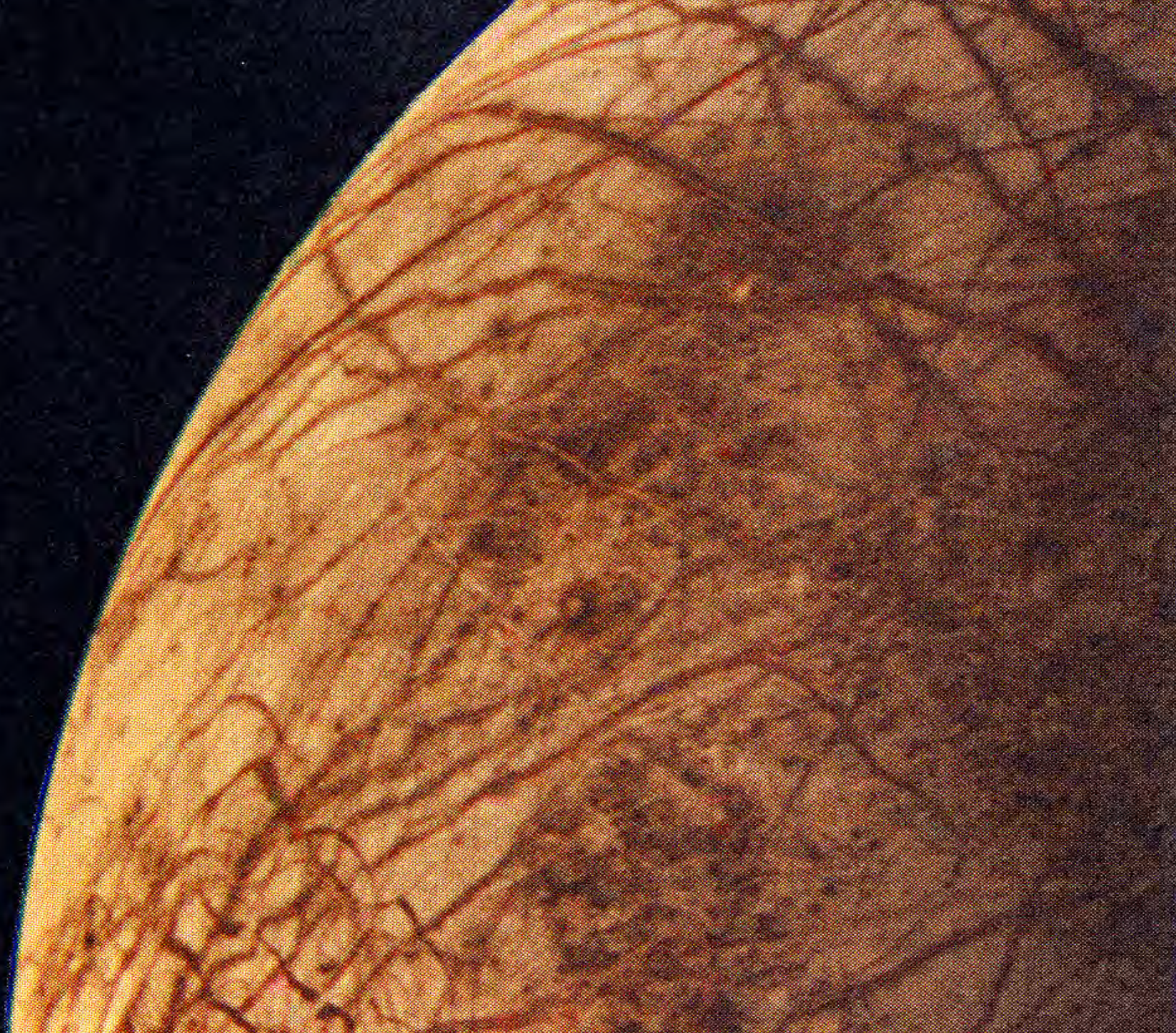
ISSN 1682-2811  
4 719025 000594 07

# 好奇寶寶上火星

台北時間8月6日下午1點31分，美國航太總署（NASA）的好奇號探測車將在火星上展開首次實地探測，尋找生物存在的線索。

撰文／葛羅辛格（John P. Grotzinger）、瓦薩維達（Ashwin Vasavada）

翻譯／甘錫安

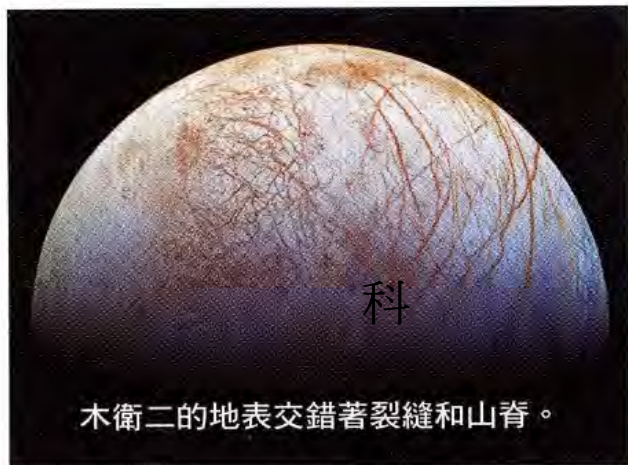


## 行星科學

## 「歐羅巴」棕色海鹽？

木衛二的地下海洋可能富含礦物質。

木衛二（Europa）的地表由水冰構成，地表下的海洋可能存有外星生命。科學家最近清楚看見這個衛星的另一個秘密：謎樣的「棕色黏滑物質」，出現在木衛二地表的許多裂縫、山脊或隕石坑旁。美國航太總署（NASA）的尼布（Curt Niebur）表示：「目前為止，我們都這麼稱呼它。」尼布在最近舉行的研討會上解釋，木衛二地表下噴發的水可能把這種未知物質帶到地表。他說：「如果我們能夠辨識『棕色黏滑物質』的成份，將能了解木衛二的海洋有哪些物質，並知道木衛二海洋的組成。」了解這些成份至關重要，那將幫助我們確定該衛星是否有生物存在。



NASA的行星科學家漢德（Kein Hand）和卡爾森（Robert Carlson）在這類研究項目上具有領先地位。他們認為，這些黏滑物質可能是一般海鹽，就與地球海洋的一樣，只不過受到強烈的輻射「烘烤」過；他們在實驗室模擬木衛二的惡劣環境而得到這項結論。實驗過程是把一般食鹽擺進

撰文／畢林茲（Lee Billings）

冷卻的真空腔，然後用電子束照射，結果發現食鹽變成黃棕色，並顯示出類似木衛二「棕色黏滑物質」的獨特光譜。這項研究發表於今年5月的《地球物理研究通訊》。

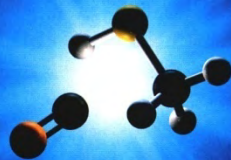
如果「棕色黏滑物質」真的是遭受輻射烘烤過的海鹽，那表示木衛二的地下海洋與地球海洋類似，也就是直接接觸岩石，因此可能富含滋養生命的礦物質。由於實驗發現輻射時間增長會導致海鹽變黑，科學家將藉由顏色較淡的「棕色黏滑物質」，搜尋來自地下海洋的湧升流。

NASA即將展開探險：今年春天他們宣佈，將在2020年代發射探測船登陸木衛二。（洪艾疆 譯）



木衛二探測示意圖。水中機器人以核能加熱穿過數公里厚的冰層，潛入海中，繪製海底地形圖，並在火山口附近尋找生命。

生命起源  
比你想的  
更簡單





---

---

地球上突然出現RNA之類能自我複製的大分子，  
可能性微乎其微；但是由能量驅動的  
小分子反應循環，反而比較可能是生命的開始。

---

---

## 生命起源的兩種理論

- 生命如何從無生命物質產生的理論，可分成兩大類。第一類是複製子為始，無生命物質偶然形成了能夠進行複製的大分子（像是RNA）；第二類是代謝為始，一些小分子構成了能夠利用能量驅動反應、並可進行演化的網絡。
- 複製子為始的理論必須解釋，如此複雜的分子如何在演化過程發生之前形成。
- 代謝為始理論的支持者則必須證明，在地球初期形成的反應網絡如何能夠成長以及演化。

## 複製子和代謝，孰先孰後？

生命起源的科學理論大致分為兩大陣營：複製子為始和代謝為始。兩種模型都必須從非生物性化學反應形成的分子開始，在下圖中，這些分子以含有英文字母的圓圈來表示（1）。

在複製子為始的模型中，有些化合物會串接形成長鏈，偶然形成像RNA之類可複製自己的分子（2）；這個分子製造了許多和自己相同的分子（3），偶爾會出現同樣能夠複製的突變分子（4），更能適應環境的突變複製子取代了原先的複製子（5）。演化過程最後必定導致分隔區間（像是細胞）和代謝（小分子利用能量執行有用的反應）的發展。

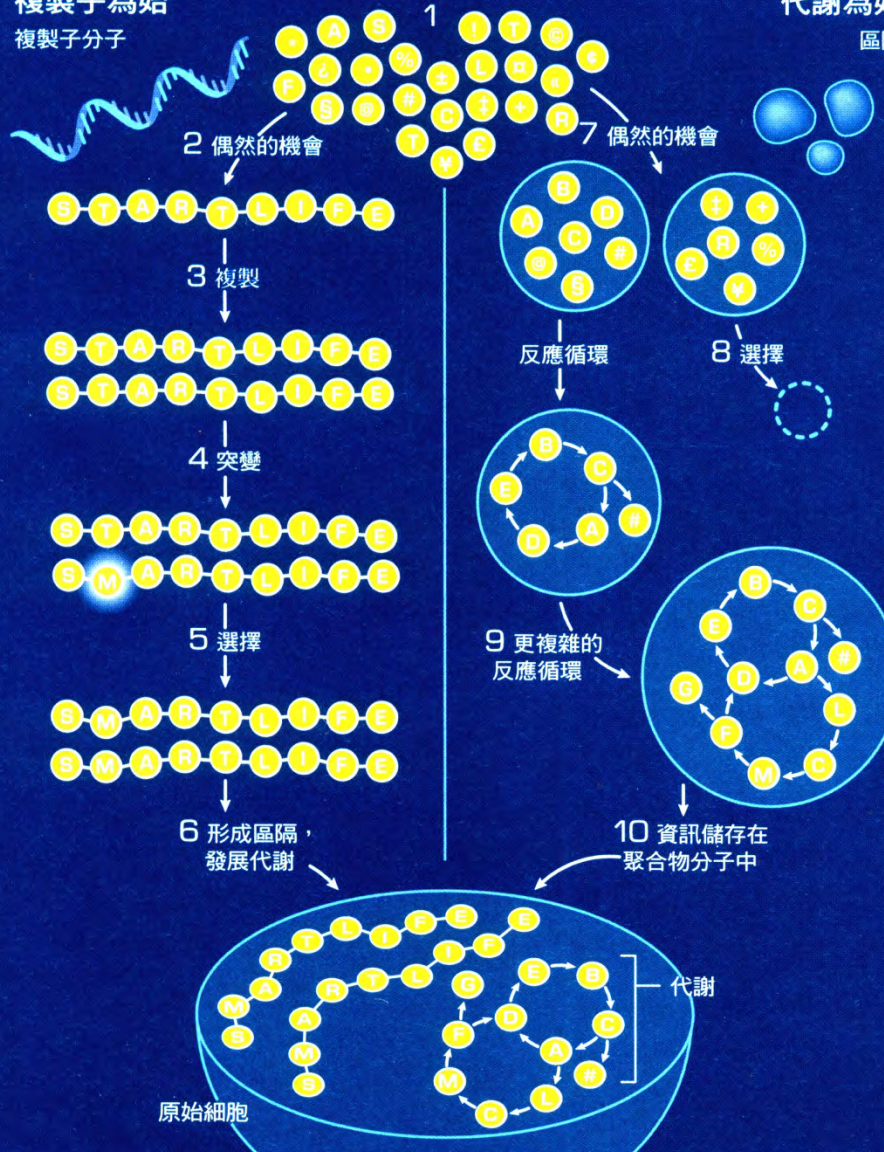
代謝為始的模型則是一開始即有自然形成的區隔（7），有些區隔中含有進行反應循環所需的初始化合物（8），反應循環演變得越來越複雜（9），到最後，這個系統必定躍升為可將資訊儲存於聚合物的系統（10）。

複製子為始

複製子分子

代謝為始

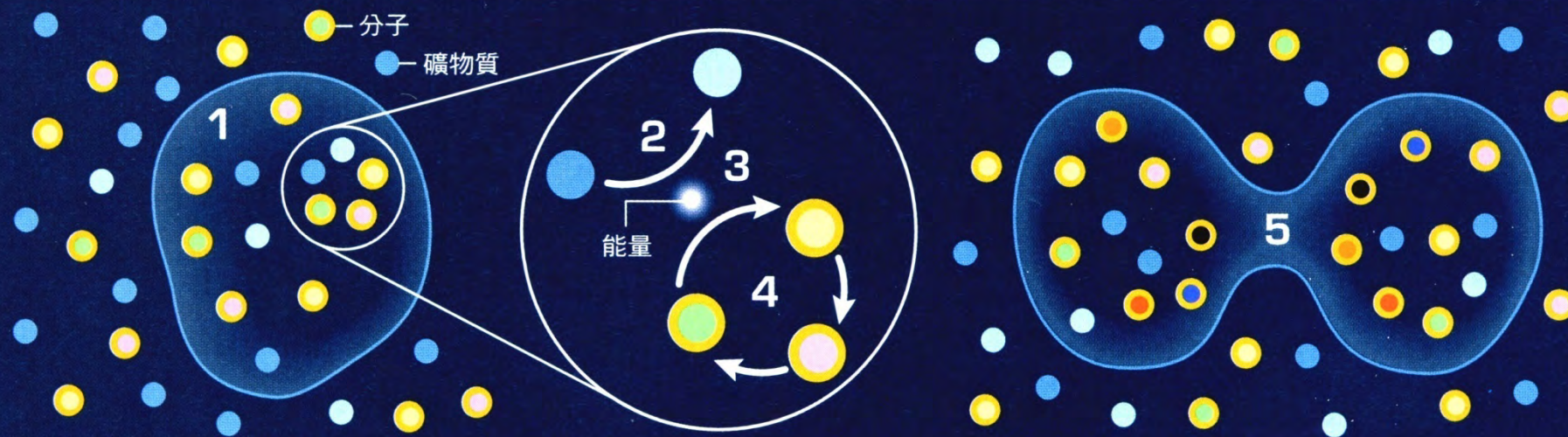
區隔



# 代謝為始理論的五個必要條件

小分子要發展出某種型態的生命（在此生命的定義是：在局部區域內形成可由能量驅動的化學反應循環），必須經歷至少五個過程。第一，必須要有某種分界隔開有生命的區域和無生命的環境（1）。其次要有可用的能量來源，圖中描繪的為礦物質（藍色）進行產熱反應（2）。

反應釋出的能量必須用來驅動化學反應（3）。化學反應形成一套網絡，增加了系統複雜度，使得適應和演化得以進行（4）。最後，它不需要DNA或RNA之類儲存資訊的分子；網絡內的物質成份和濃度，就是系統本身所具有的複製資訊。





# 萬物起源 專輯



七度蟬聯雜誌出版金鼎獎



## 地球生命從何而來？ 牙齒的起源 比笑容還早

時鐘的起源，是近代物理中最困難的問題之一！

誰發明紙鈔，為金融危機埋伏筆？鑽石的硬度是天生的，價格卻是人為的

## 大霹靂之前，有宇宙嗎？



先有雞還是先有蛋？避孕藥丸竟是為了治療不孕症而發明？

其實，就連伏特自己也不知道電池的真正原理！太陽系裡成群結隊的小行星，有著令人困惑的身世

## 電腦的起源 比你知道的還早100年！



水稻與茶是誰馴化的？

棒球可不是日本人發明的，而是英國農村婦女的遊戲

甲骨文是已知最

古老的漢字，難道沒有更早的起源？

保險制度是為了讓機率論有地方應用？

## 為何只有人類有智慧？

愛情與婚姻，源自人類腦容量的增加！



定價 新台幣220元/港幣45元

萬物起源  
生物學

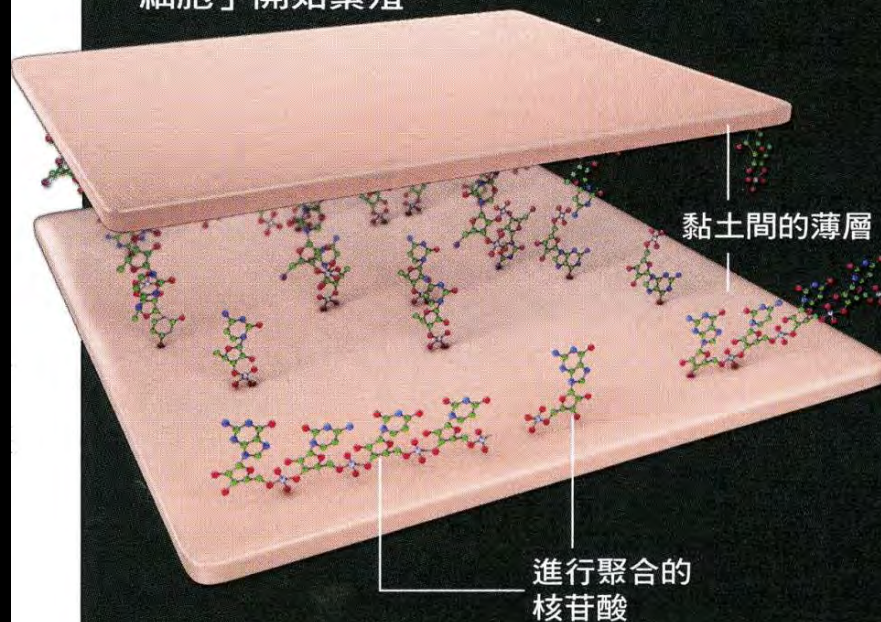
# 地球生命的起源

撰文／瑞卡杜（Alonso Ricardo）、索斯達克（Jack W. Szostak） 翻譯／林雅玲

科學家持續的研究有了最新進展，或許可解開地球上第一個生命體是如何從一團無生命物質中誕生的。

## 生命形成之路

化學反應創造出第一種遺傳組裝單位與其他有機分子後，地球物理的運作帶領它們到新環境並且讓它們的濃度提高。這些化學物質組合成更複雜的分子，最終形成原始細胞。大約37億年前，地球物理可能也推動這些「原型細胞」開始繁殖。



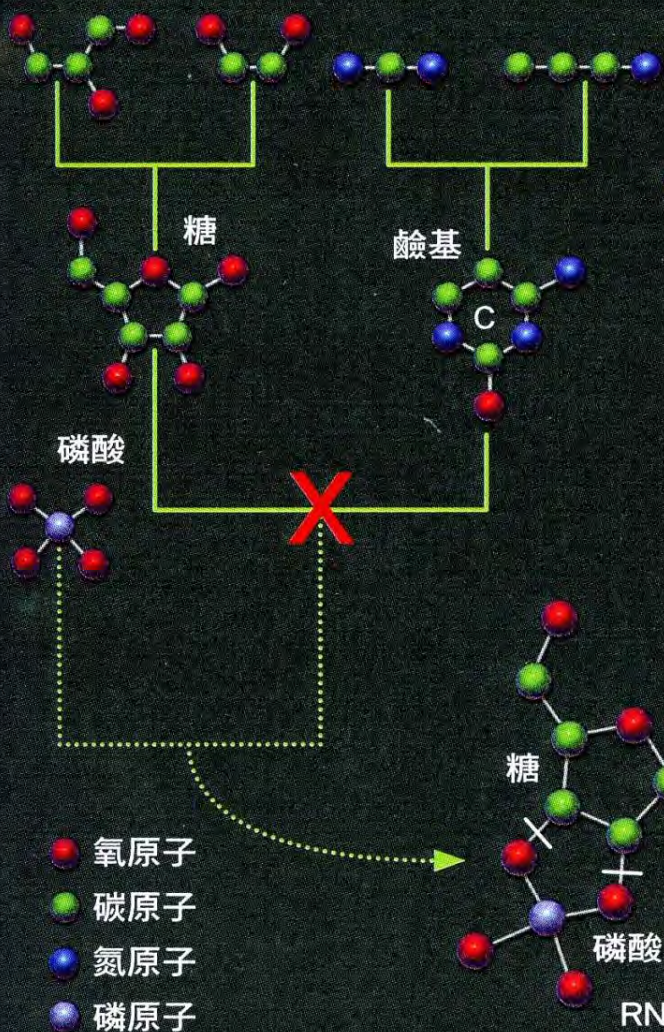
### RNA繁殖的場所

在核苷酸形成的水中，它們幾乎沒有機會結合成儲存遺傳訊息的長鏈。但是在適當的條件下，例如分子黏著力讓它們在黏土薄層靠得夠近（上圖），核苷酸就可能結合成類似現代RNA的單股。

## 組合失敗的核苷酸

化學家一直無法找出鹼基、磷酸與核糖（RNA的糖成份）自然結合以產生RNA核苷酸的路徑。

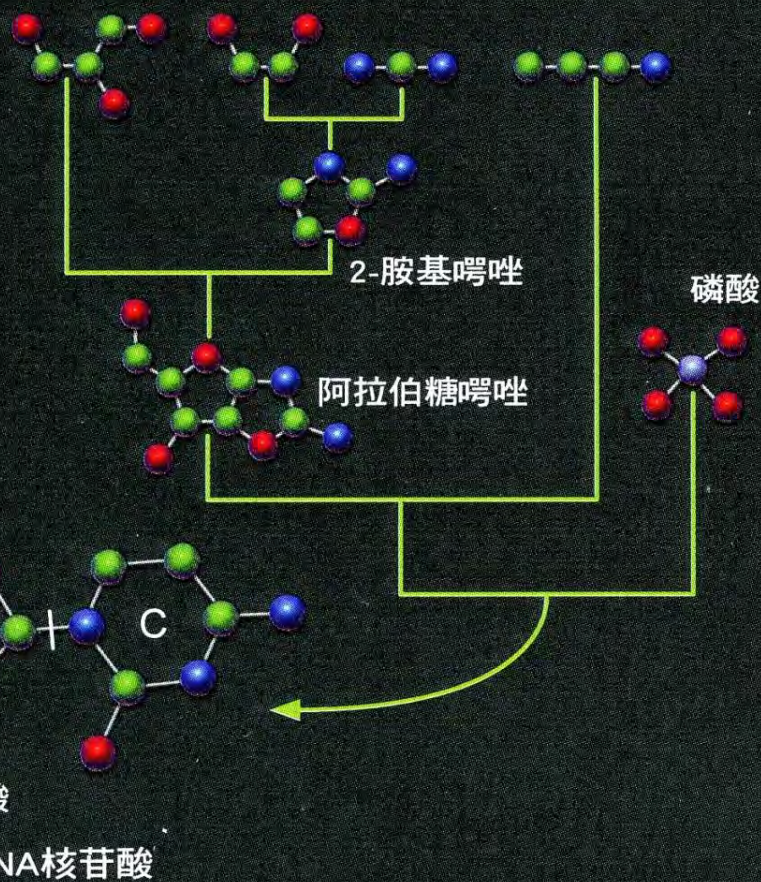
第一個活細胞出現前存在的化學物



## 新的合成路徑

在磷酸存在的狀況下，製造鹼基與核糖的原始材料會先形成2-胺基嘔唑，這是包含部份糖分子與部份鹼基（C或U）的分子。進一步反應會生成完整的核糖鹼基，接著變成完整的核苷酸。這個反應也會產生「錯誤」的原始分子結合物，但是經過紫外光曝曬後，只有「正確」型式（核苷酸）才能存留。

第一個活細胞出現前存在的化學物





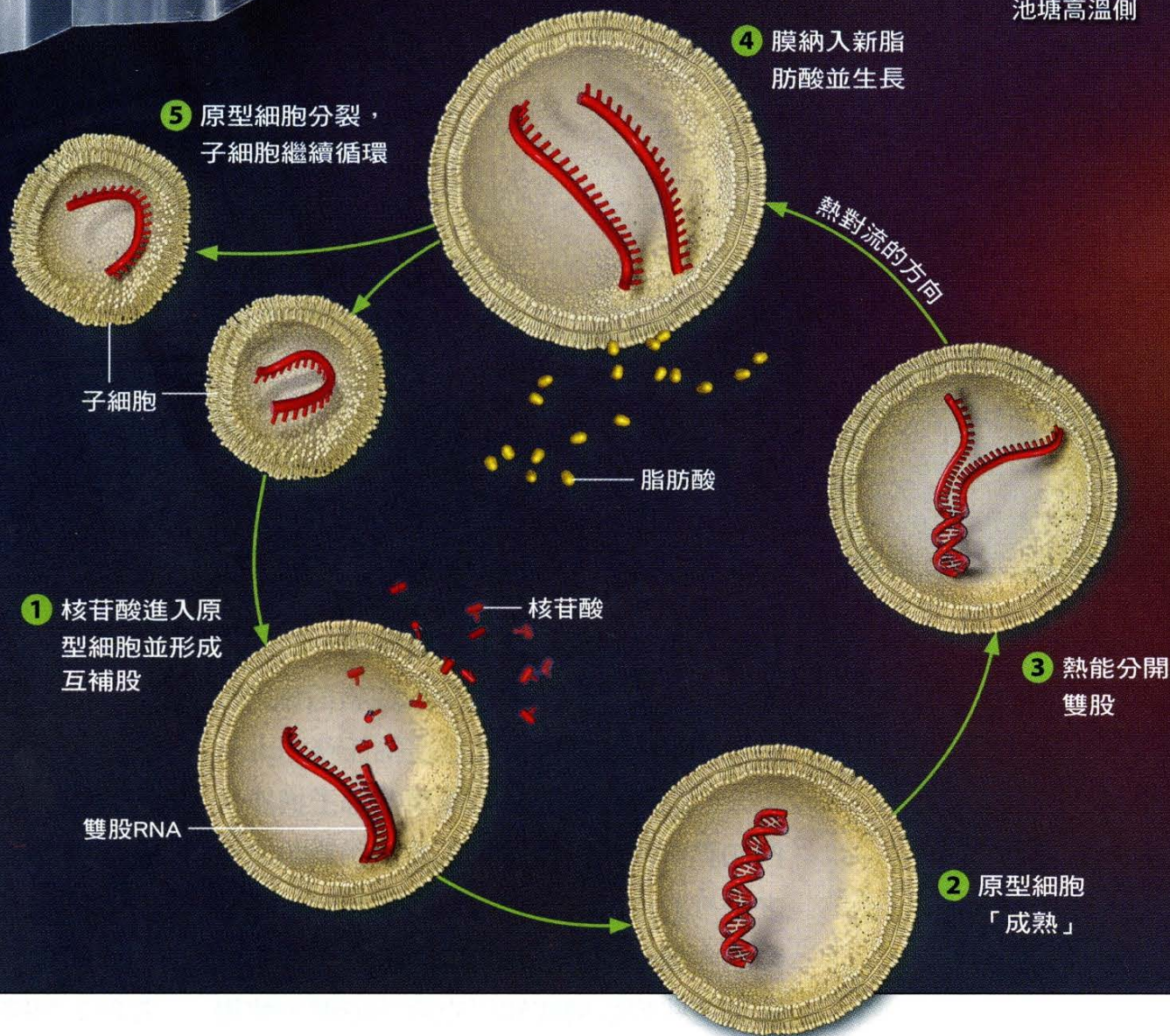
池塘低溫側

池塘高溫側

### 受到幫助的繁殖

新形成的聚合物一旦從黏土釋出，可能會被吞進充滿水的囊泡（由脂肪酸自動形成的膜包覆而成）。這些原型細胞可能需要某些外來助力，才能複製遺傳物質並開始繁殖。其中一個可能的情形（右圖），原型細胞在池塘裡冰冷與溫暖的兩側來來回回，所以可能會在一側部份結凍（早期地球大部份地區都是寒冷的），而在另一側因火山的熱能而解凍。

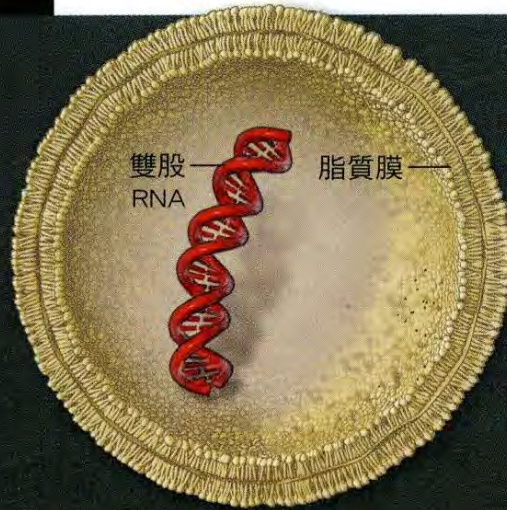
在冰冷的那一側，單股RNA做為模板①，核苷酸以A、U配對及C、G配對而形成新的雙螺旋②。在溫暖的那一側，熱能會讓雙股分開③。膜可能也會逐漸生長④，直到原型細胞分裂為「子細胞」⑤。接著便可以再次開始循環。



## 從RNA世界到細菌

### 現代細胞 出現的旅程

生命開始出現以後，不同生命型式之間的競爭促使它們演化成更複雜的生命體。我們可能永遠無法知道早期演化的真正細節，但是這裡提出一些主要事件的可能過程，說明第一個原型細胞如何演變成以DNA為主的細胞（例如細菌）。



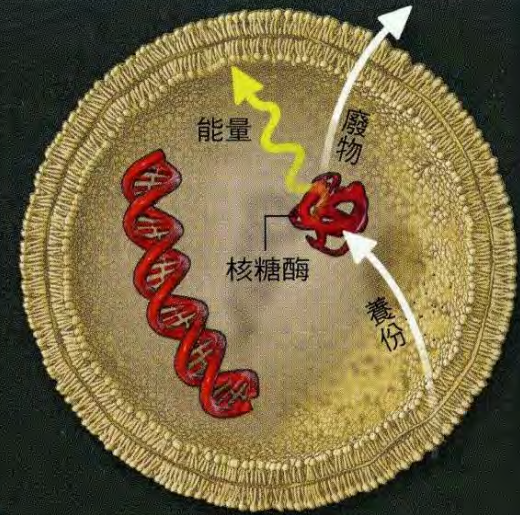
#### 1 演化開始▲

第一個原型細胞只是個含有水與RNA的囊泡，需要外來刺激（如冷與熱的循環）才能繁殖。但是它很快就獲得新性狀。



#### 2 RNA催化劑▼

核糖酶由RNA分子折疊而成，與蛋白質構成的酵素相似，它出現並負責某些加速繁殖與加強原型細胞膜的任務。因此，原型細胞開始可以自我繁殖。



#### 3 代謝開始▲

其他核糖酶催化代謝，讓原型細胞可以利用環境養份進行一系列化學反應。



#### 4 蛋白質出現▲

複雜的RNA催化劑系統開始將RNA密碼（基因）轉譯成胺基酸鏈（蛋白質）。後來證實，蛋白質是更有效率的催化劑，並且可以執行多樣任務。

#### 5 蛋白質接管▼

蛋白質接管細胞裡各式各樣的工作。以蛋白質為基礎的催化劑（酵素）逐漸取代大部份核糖酶。



#### 6 DNA的誕生▲

其他酵素開始製造DNA，由於DNA優越的穩定性，它負責原始遺傳分子的工作。此時RNA主要的工作是做為DNA與蛋白質間的橋樑。



#### 7 細菌的世界▲

與現代細菌相似的生命體生存在地球各處，獨霸地球數十億年，直到其中某些開始演化成更複雜的生命體。







# 地球生命 彗星送來的

2006.3.7

## 星塵號拋回樣本 富含有機物質 生命源自太空獲證實

【編譯朱邦賢／報導】倫敦「星期泰晤士報」五日報導，科學家檢驗從「維爾特二號」彗星蒐集到的第一批塵土樣本，發現含有複雜的碳分子，地球上生命源自太空的理論從而進一步獲得證實。

兩年前美國探測太空船「星塵號」穿越彗星「維爾特二號」塵尾，蒐集到許多塵粒，於七星期前送回地球，科學家檢驗這些樣本後，發現有機物質（複雜的碳分子集結）。在生命進化過程中，碳分子不可或缺。

華盛頓大學天文學教授布朗利說：「這顆彗星大約百分之十是有機物質形成的，這些物質確實是什麼不得而知，但已夠我們興奮的了。」

布朗利是美國航空暨太空總署「星塵號」計畫的首席調查研究員。太空總署一九九九年二月發射「星塵號」升空，先繞太陽兩圈，將速度調整到與「維爾特二號」相等。二〇〇四年一月，「星塵號」大約在火星和木星軌道之間溜進「維爾特二號」由塵粒與外太空氣體組成的尾部，距離「維爾特二號」彗

核僅兩百廿九公里。「星塵號」用一個狀似網球拍的蒐集器蒐集一些分子，今年一月十五日，「星塵號」用降落傘拋下一個罐子，裡面裝有珍貴的彗星星塵。

太空總署詹森太空中心將這些分子送給世界各地研究人員，下週世界各地研究人員將在德州休士頓集會。

這些樣本珍藏有機物質，裡面可能含有氨基酸。氨基酸是製造蛋白質的原料。

# SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

NO. 71  
2008年1月號

## 科學人

一噸CO<sub>2</sub>  
賣多少? p.56



sa.ylib.com

## 異形就在你身邊?

地球上還有多少怪生物? 生命的形式, 也許早已超乎想像.....



GLAST望遠鏡升空:  
窺探宇宙終極機密 p.44

子宮頸癌疫苗上市  
專訪發明者弗雷塞 p.72

新一代顯示器IMOD  
陽光越強, 螢幕越亮 p.78

基因檢測  
決定你該吃什麼? p.84

多重宇宙論之父  
艾弗雷特的異想世界 p.108



五度蟬聯雜誌出版金鼎獎

ISSN 1682-2811  
4 719025 000594 0 1

# 異形就在你身邊？

宛若外星生物的異形生命就在我們周遭，只是我們視而不見？

撰文／戴維斯（Paul Davies）

翻譯／姚若潔



異形微生物可能就躲藏在我們視線所及之處。雖然看起來或許與普通細菌並無不同，它們的生物化學卻有可能包含奇特的胺基酸，或是特殊的基本構成單位。



## 重點提要

- 許多科學家相信，只要有正確的環境條件，生命便可能誕生，那麼在地球上生命可能已經起源了不只一次。研究者正在尋找第二次生命誕生的證據，方法是尋找生物化學上與已知生物不同的奇特微生物。
- 尋找另類生命形式的最佳場所之一，是生態上沒有已知生命存在的地區，例如海底火山口或南極的乾谷。
- 異形微生物也可能就潛伏在我們身邊。科學家探索這種可能性的方法，是搜尋另類生物化學的痕跡。

# 生命之森

長久以來，科學家分類生物的方法是把它們排列於一株生命之樹，以顯示共同的起源以及後來分出的物種。如果生命起源不只一次，研究者便必須修訂原來的分類模式，以納入不同的生命樹，形成生命的森林。



## 我們的生命樹

所有已知的生物都共一套生物化學，也用DNA分子記載遺傳訊息。我們的生命樹有三個主要的分枝：細菌、古生菌（和細菌一樣沒有細胞核的單細胞生物）、以及擁有較複雜細胞的真核生物；真核生物包括動物、植物與真菌。

## 鏡像生命樹

大型生物分子可以有兩種互為鏡像的排列方式：左旋或右旋。在所有已知的生命形式中，胺基酸都是左旋、DNA則是右旋的雙螺旋。不過如果生命又重頭來過，胺基酸有可能是右旋，DNA也可能是左旋。



## 特殊胺基酸的生命樹

所有熟悉的生物，除了少數例外，都使用同樣的20種胺基酸來建造蛋白質，不過科學家還可以合成很多其他的胺基酸。異形微生物可能採用不尋常的胺基酸，如異纈胺酸（isovaline）與偽白胺酸（pseudoleucine）；這兩種胺基酸曾在隕石中發現。

## 砷的生命樹

研究者假設，在異形生物體內，砷有可能成功取代磷在已知生命形式的生物化學角色。砷對我們是有毒的，因為它與磷太過相似；同樣的，對以砷為基礎的生物來說，磷也是有毒的。

## 矽的生命樹

有最大差異的異形生物，恐怕要屬以矽為基礎、而不是以碳為基礎的生物。矽與碳一樣，原子價的數量都是四（這是指原子最外圍的軌道有四個電子）；矽原子可以組合成環狀或長鏈狀，形成生物分子的骨幹。

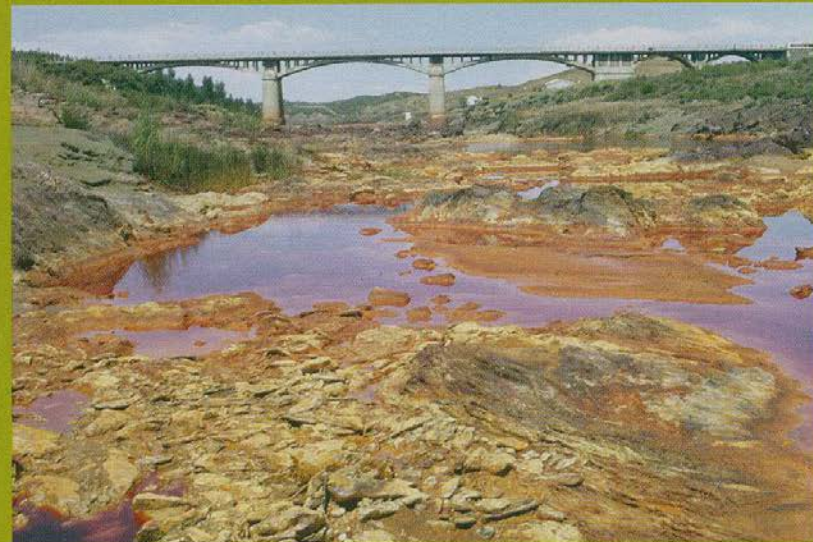
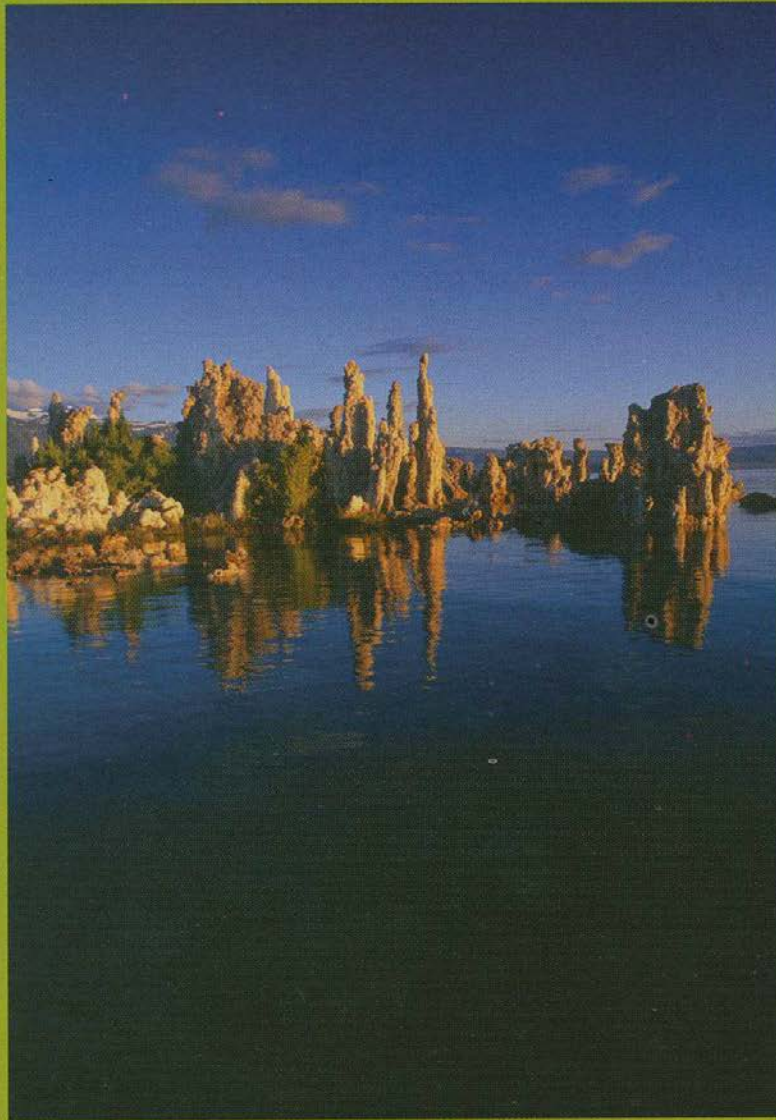


# 生命 一定需要水嗎？

研究者一向認為生命誕生不能沒有液態水的存在，不過有些天文生物學家認為其他的液體也有可能當成生物化學反應的溶劑，其中兩種可能是乙烷與甲烷，這兩種物質只在非常冷的地方才是液態，如土星最大的衛星土衛六的表面。

## 異形生物何處尋？

為了尋找異形微生物，有些科學家把焦點放在隔絕的生態區位中，這些生態區位的環境嚴酷，普通生物無法存活，包括極端鹼性與鹽濃度極高的水體，如美國加州的莫諾湖（左圖）、南極的乾谷（右上圖），還有污染的河川，如西班牙受重金屬污染的丁朵河（Rio Tinto）（右下圖）。







HOME

NEWS

MISSIONS

MULTIMEDIA

CONNECT

ABOUT NASA

[Log In To MyNASA](#) | [Sign Up](#)

Search

[NASA Home](#) > [News & Features](#) > [News Topics](#) > [Universe](#) > [Features](#)

[Send](#) [Print](#) [Share](#)

## News & Features

- [News Topics](#)
- [News Releases](#)
- [Media Resources](#)
- [Speeches](#)
- [Budgets & Plans](#)
- [Reports](#)

### People Who Read This Also Read...

[NASA-Funded Research Discovers Life Built With Toxic Chemical](#)

[NASA's Kepler Mission Discovers Two Planets Transiting the Same Star](#)

[NASA'S Kepler Mission Discovers Its First Rocky Planet](#)

[NASA's Kepler Spacecraft Discovers Extraordinary New Planetary System](#)

[Is There Life On Mars?](#)

## Feature

Text Size [+](#) [-](#)



### NASA-Funded Research Discovers Life Built With Toxic Chemical

12.02.10

NASA-funded astrobiology research has changed the fundamental knowledge about what comprises all known life on Earth.

Researchers conducting tests in the harsh environment of Mono Lake in California have discovered the first known microorganism on Earth able to thrive and reproduce using the toxic chemical arsenic. The microorganism substitutes arsenic for phosphorus in its cell components.

"The definition of life has just expanded," said Ed Weiler, NASA's associate administrator for the Science Mission Directorate at the agency's Headquarters in Washington. "As we pursue our efforts to seek signs of life in the solar system, we have to think more broadly, more diversely and consider life as we do not know it."

This finding of an alternative biochemistry makeup will alter biology textbooks and expand the scope of the search for life beyond Earth. The research is published in this week's edition of Science Express.

Carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen, phosphorus and sulfur are the six basic building blocks of all known forms of life on Earth. Phosphorus is part of the chemical backbone of DNA and RNA, the structures that carry genetic instructions for life, and is considered an essential element for all living cells.

Phosphorus is a central component of the energy-carrying molecule in all cells



Image of Mono Lake Research area  
[Click photo for larger image.](#)



Felisa Wolfe-Simon processing mud from Mono Lake to inoculate media to

## 尺寸限制

### 迷你異形

最小的細菌直徑大約200奈米。在我們的生命樹上能獨立生存的生物，沒辦法比這個尺寸更小，因為它們體內必須要有建造蛋白質的核糖體，其大小約為20~30奈米。不過如果異形微生物可以不用核糖體，它們的大小或許可與最小的病毒媲美，寬度只有20奈米。（病毒不需要核糖體的理由，是它們盜用受感染細胞的裝置來繁殖。）

核糖體 病毒



細菌





封面故事

# 從地底深處看 外星生命

如果我們想要探索異星環境中是否有生命，  
可能要從地球上類似異星的環境中找線索。  
對於這些地方，人類的探索才剛開始。

文／龐中培



多而奇異的星球上，是否也有生命？科學家也不例外。許多探測船進入太空、靠近其他的星球、甚至是登陸，目的之一就是探查生命的跡象。美國航太總署（NASA）就有計畫地探測其他星球（主要是火星）是否有生命，在這個目標之下，成立了許多分支機構，其中包括「印第安那 - 普林斯頓 - 田納西太空生物研究所」（IPTAI），不過這個研究所的目標並不是研發新的觀測儀器，或設計能在外星地表上行走的探測機器人，而是發展能在地層深處找尋生命的方法，應用在探測火星的生命上。火星曾經有水，但是目前火星地表乾燥、大氣稀薄、放射線強烈、日夜溫差非常劇烈，對於生命而言，實在過於嚴苛，不過地底還有水存在，如果火星曾經發展出生命，說不定有

## 深入地下世界， 找尋獨特的生命形式

台灣大學地質系助理教授林立虹在普林斯頓大學攻讀博士學位時，參與了IPTAI的計畫，深入南非的Mponeng金礦，在地下2.8公里、50°C以上的水脈中，找尋到了生命的線索，到台灣大學任教之後，這個計畫也帶回國，繼續研究。由於這項計畫同時要進行物理、化學、地質與生物等領域的研究，因此團隊非常龐大，集合了台、美、加、德、南非等國共10個研究單位的人員，林立虹是主要的研究人員，花費三個多月，深入地底採取樣本；台灣大學海洋研究所助理教授王珮玲則負責水中硫化化合物同位素的分析。

林立虹指出，當初選擇這個金礦，是

## 海洋之下也很廣大

要探究地底深處的生命世界，通常是直接鑽孔或是探勘適合的礦坑。直接鑽孔的優點是可以挑選特定的岩層與地質構造地區，同時探查不同深度的變化，這可以在陸地上進行，也可以在海洋上從事。國際整合海洋鑽探計畫（IODP）的科學探勘船「地球號」就可以達成這個目的，可以鑽入海床底下7000公尺深處。地球號於2006年開始鑽探海床，目前已經有初步的成果，不過由於之前開鑿的地區位於斷層帶，研究集中在地質學上，生物學的分析可能還要等一陣子。

因為該金礦所在的地層形成於太古代（25億年前），而所處地區除了在元生代（Proterozoic，約25億-5.4億年前）中期曾歷經岩漿活動之外，沒有經過其他劇烈的地質作用擾動，因此比較容易發現古老的地下微生物系統。此外，該處地層組成主要是變玄武岩（metabasalt），幾乎不含有機化合物（來自生物作用形成的含碳化合物）。

## 封存地底2000萬年， 以氫氣維生的生物群

研究團隊分析地下水樣品後發現，其中的微生物數量雖然很少，但並沒有隨著深度的增加而遞減。如果這些生物的能量來自於光合作用，那麼距離地表越遠，光合作用的產物越少，生物的數量也應該跟著減少。研究團隊分析水脈樣本中非常少量的有機化合物，很可能並不是光合作用的

產物，因此這些微生物另外有其他的能量來源。

林立虹說：「在各種無機物質中，氫氣被認為是最佳的能量來源。因為地殼中進行的各種無機作用，能夠源源不斷的供應氫氣，而且氫氣的氧化還原電位與有機物質類似，能夠產生相當的代謝能量。」IPTAI團隊以水脈與周遭地層的化學組成為基礎，推算出水脈中的氫氣來源是礦物中放射性元素（例如鈾）在衰變時發出的放射線，將水裂解而產生的（輻射水解離）。同時也計算出輻射水解離作用所能產生的氫氣總量，實際分析發現水脈中的氫氣含量低於估算值，表示可能有消耗氫氣的微生物存在。

生物的代謝產能作用屬於氧化還原反應，雖然這些地底微生物有氫氣為燃料，但地底深處並沒有氧氣當氧化劑，它們採用的是硫酸鹽類；氫氣將硫酸鹽還原，產

## 地底可能如同古老的地球， 或是另一個星球

Mponeng金礦的岩層非常古老，這樣無氧高溫的環境，有可能出現在火星的地底深處，也可能出現於地球早期。美國普林斯頓大學地球科學研究所的昂斯考特（Tullis Onstott）是這個計畫的領導人，他指出，該處發現的細菌可能在演化過程中，很早就和其他的細菌分道揚鑣，研究團隊將會把Mponeng金礦中的微生物與熱泉與海底火山發現的厚壁菌加以比較，來釐清這個問題。

這些細菌與地表隔絕了數千萬年，如果地表生物圈毀滅了，它們仍然能夠生存下去，那麼即使是貌似死寂的外星地表下，也可能有生命。

# 外太空

天文學家電腦模擬行星演化

發現還有很多星球

如地球般溫暖潮濕

# 應有不少適居帶

【編譯王先棠／報導】美國天文學家用電腦模擬行星形成的過程，發現宇宙中溫暖潮濕如地球的星球應該很多。

在此之前的研究都指出，太陽系之外的行星，大部分是不適合生物居住的巨大氣態星體。天文學家認為，太陽系以外，環繞其他恆星運行的行星約有兩個，這些行星中約有四成是軌道很靠近其母星的「熱木星」，溫度過高，不宜生物居住。

賓州州大天文物理學家曼得爾說，除非有更強大的天文望遠鏡，學界對於遙遠行星的觀測資料難免會有偏差。

學者大都認為，氣態的「熱木星」應該是在離恆星較遠處形成，後來才逐漸向恆星靠攏。這些逐漸向恆星靠攏的「熱木星」，會攪動包圍恆星的物質，破壞其他行星的形成。

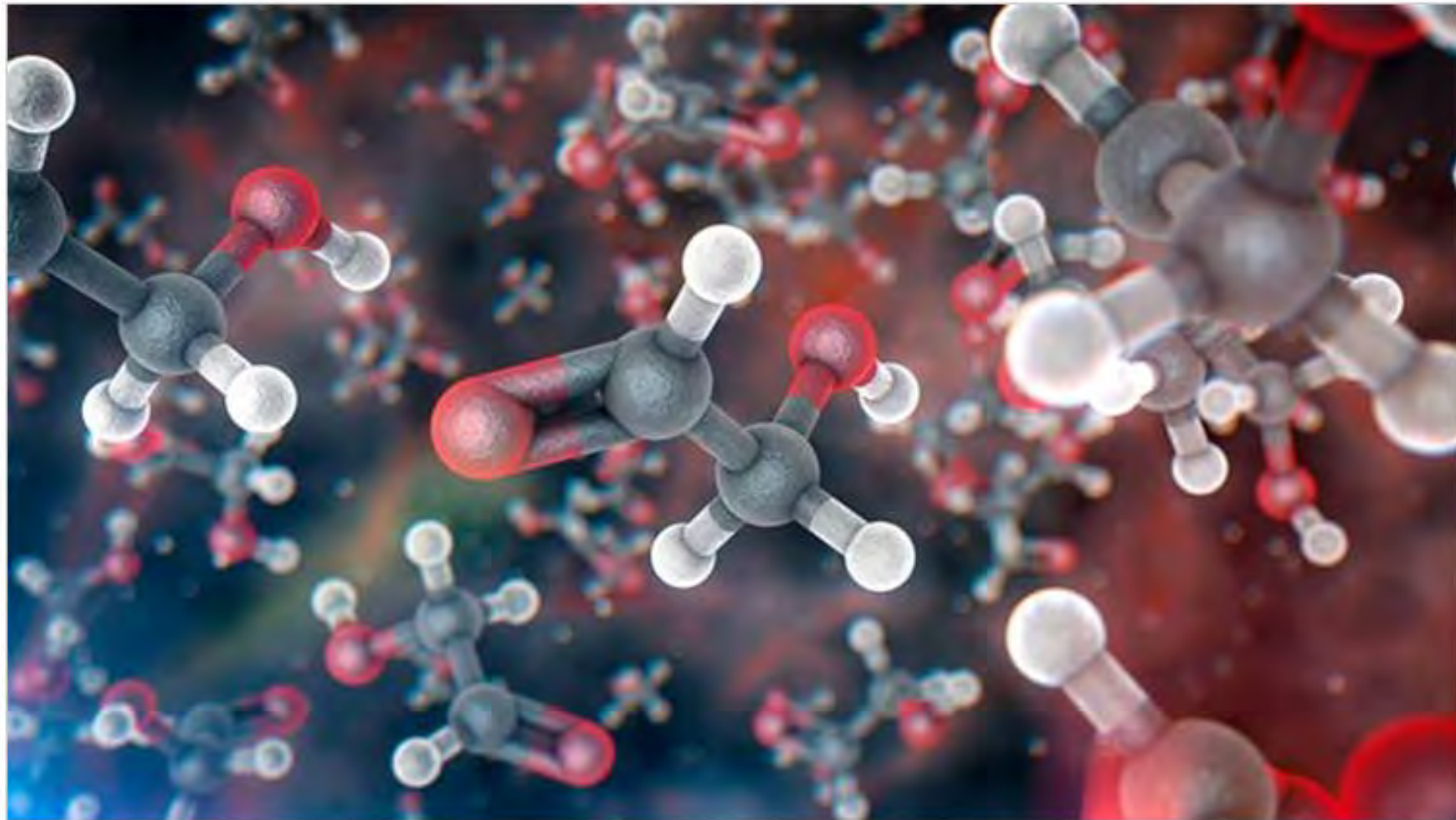
但是科羅拉多大學和賓州州立大學的學者費時八個多月，用幾十個桌上型電腦模擬了歷時約兩億年的行星演化過程，得出嶄新結論，他們在九月八日一期的「科學」期刊發表研究成果。

根據學者的電腦模擬，「熱木星」逐漸靠近恆星時，會將途中碰到的岩塊碎片往外拋出，而這些岩塊會聚合成類似地球的行星。同時，小型的結冰物體也呈螺旋狀向內聚合，成為新形成的行星上的水分。水分不斷增加，又會形成海洋與適合生物居住的「適居帶」。

理論上，「適居帶」是一個距離熾熱的恆星不遠也不近的區域，溫度剛好能夠維持生物的生存。科羅拉多大學研究員雷蒙表示，外太空絕對有適合生物居住的行星，「但是那些星球上的生物，和我們的差別恐怕很大。」

# Sugar Found In Space: A Sign of Life?

Organic molecules found in gas swaddling a young star.



Carbon (gray), oxygen (red), and hydrogen (white) sugar molecules are seen in an artist's impression.



這

是蛇夫座的一片恆星新生區，其中正有大量年輕的恆星誕生

新浪環球地理訊 北京時間8月31日消息，據美國國家地理網站報道，天文學家們近期取得了一項“甜蜜”的發現，他們發現在一顆距離地球約400光年遠的恆星周圍的氣體雲中存在單個的糖分子，這一發現提供了在另一顆行星上存在生命的一種可能性。

