

太空與海洋世界

— 太空部份 —

朱延祥

國立中央大學太空科學研究所

研究室：科學四館818室，分機：65764

E-mail: yhchu@jupiter.ss.ncu.edu.tw

第八週(107年6月14日)

六、海洋的成因

七、外太陽系行星的探索

地球海洋的起源

百度百科寫到 -

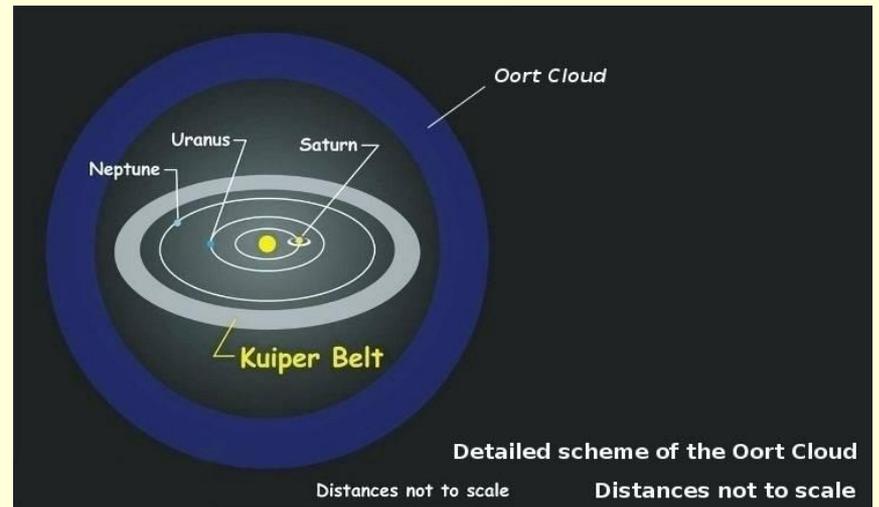
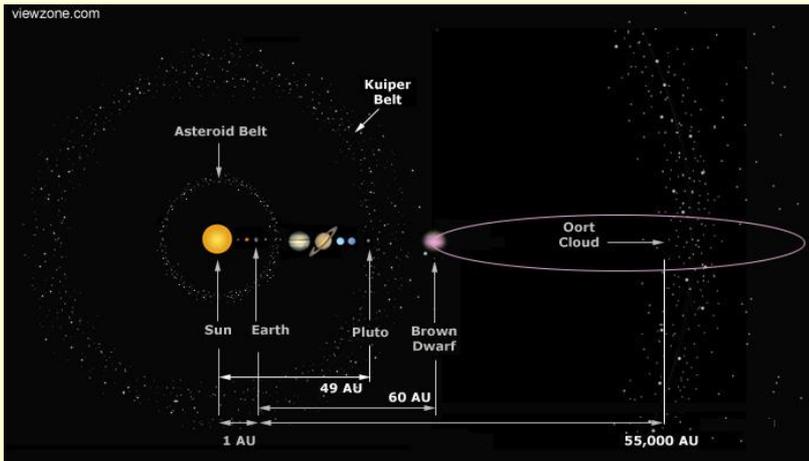
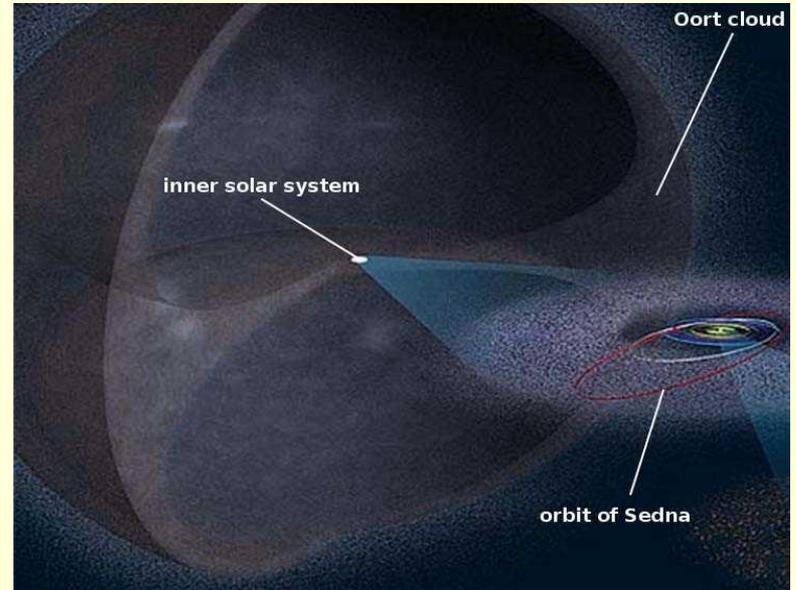
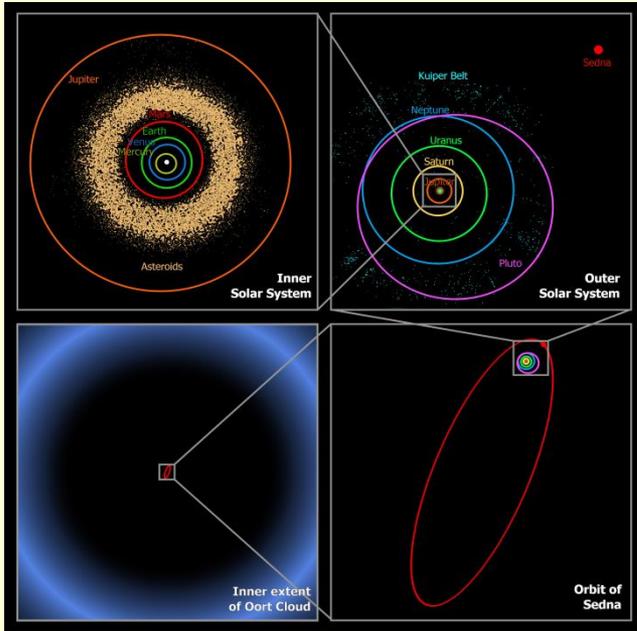
...太陽塵雲中密度較大的團塊，在引力作用下急遽收縮..... 在重力作用下，重的下沉並趨向地心集中，形成地核；輕者上浮，形成地殼和地幔。在高溫下，內部的水分汽化與氣體一起沖出出來，飛昇入空中 天空中水汽與大氣共存於一體，濃雲密布，天昏地暗。隨著地殼逐漸冷卻，大氣的溫度也慢慢地降低，水汽以塵埃與火山灰為凝結核，變成水滴，越積越多。由於冷卻不均，空氣對流劇烈，形成雷電狂風，暴雨濁流，雨越下越大，一直下了很久很久。滔滔的洪水，通過千川萬壑，匯集成巨大的水體，這就是原始的海洋。

維基百科寫道：

在38億年前，地球開始冷卻，大氣層溫度下降，形成了一場持續上百萬年之久的滂沱暴雨。所有的水匯集起來形成了海洋（最近的證據提出海洋可能在42億年前開始形成。

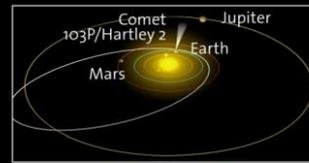
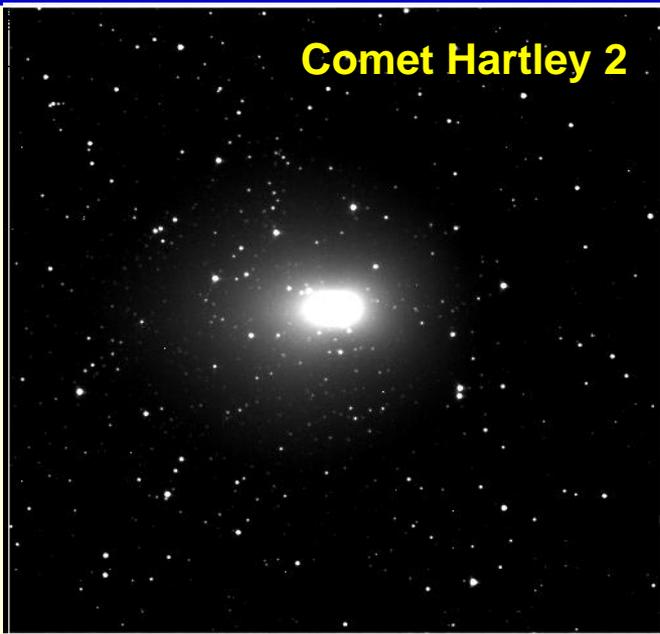
但這是真的嗎？有任何科學證據嗎？

太陽系與古柏帶和厄爾特塵雲

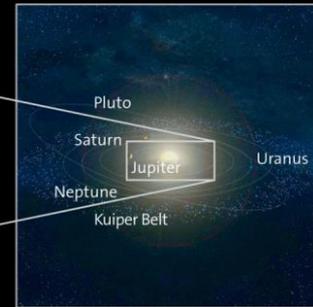


哈德利2號彗星在太陽系中的位置

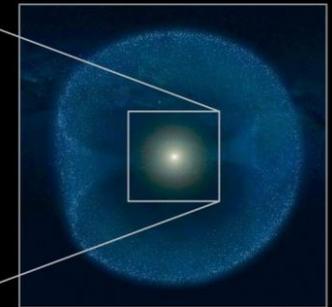
Comet Hartley 2



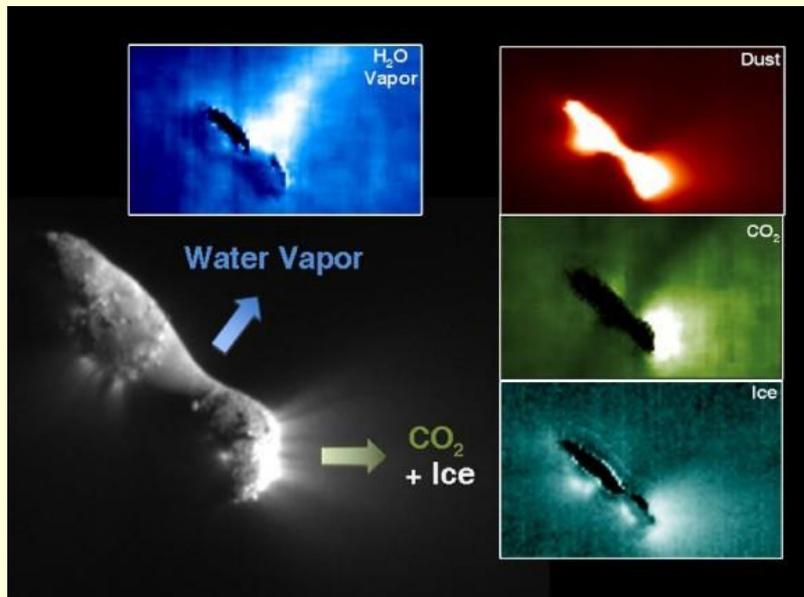
Inner Solar System



Outer Solar System



Oort Cloud



Hartley 2 彗星

發現日 - 15 March 1986

遠日點 - 5.87AU

近日點 - 1.05AU

離心率 - 0.694

週期 - 6.64年

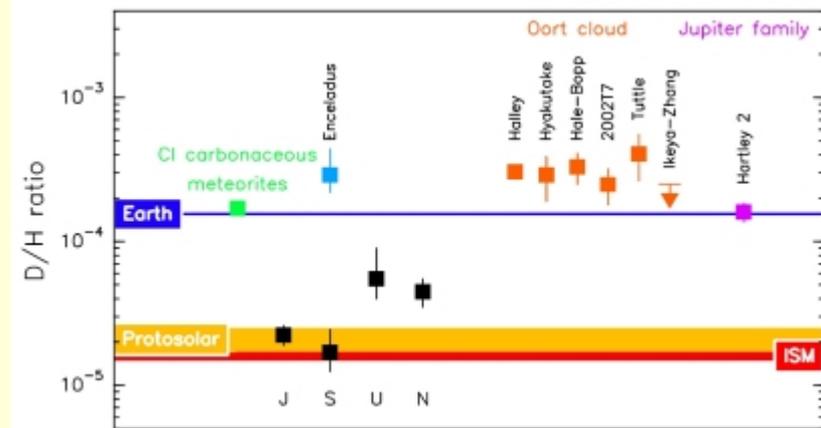
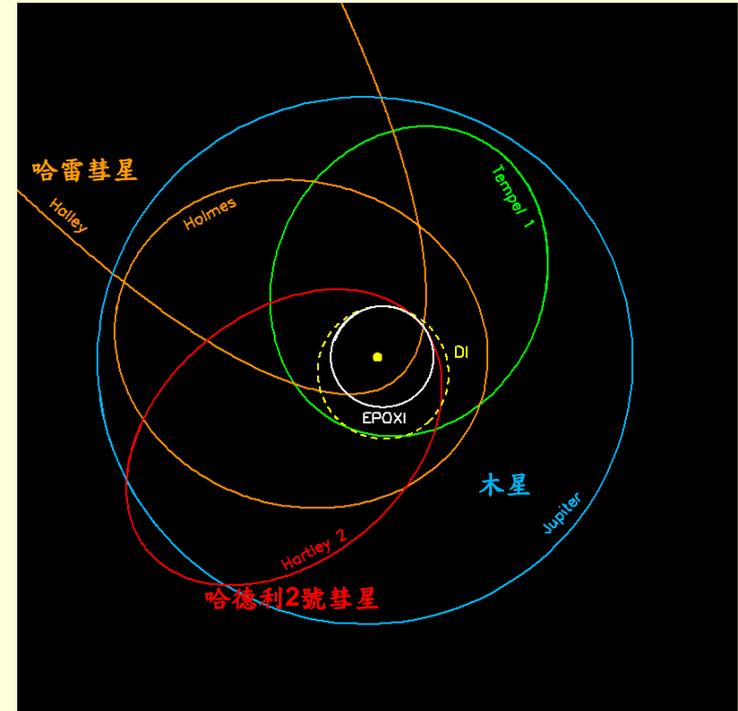
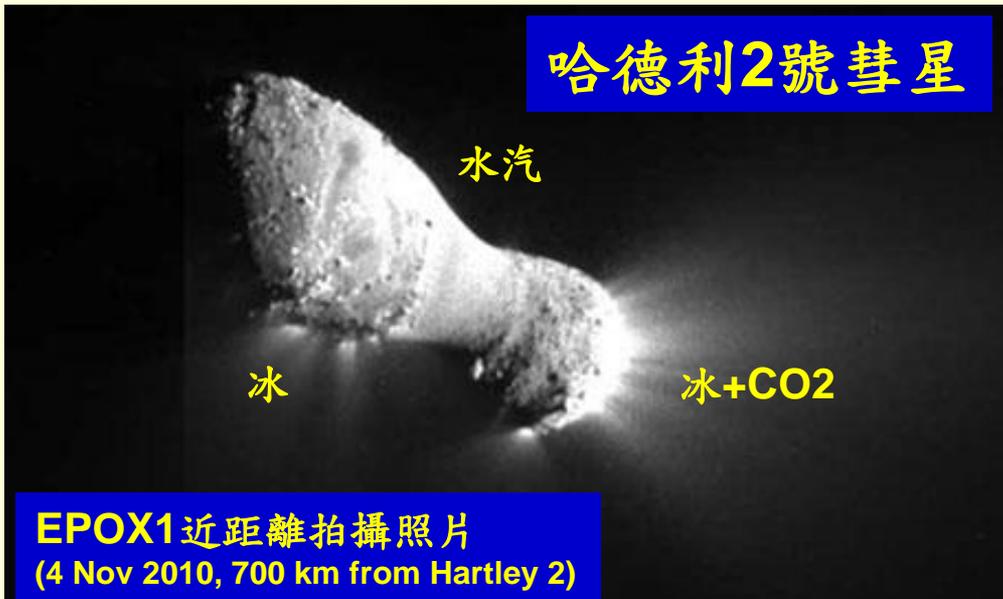
軌道傾角 - 13.6度

彗核長度 - 2.2公里

噴發物 - CO₂, H₂O, ice

地球海洋的來源-古柏帶中的短周期彗星

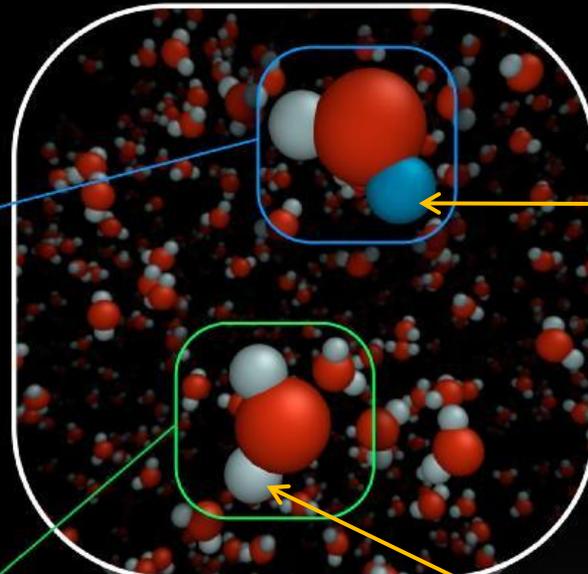
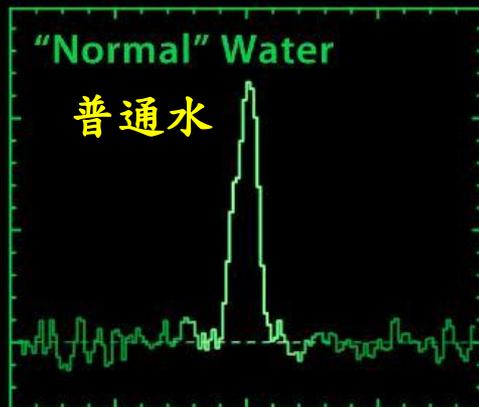
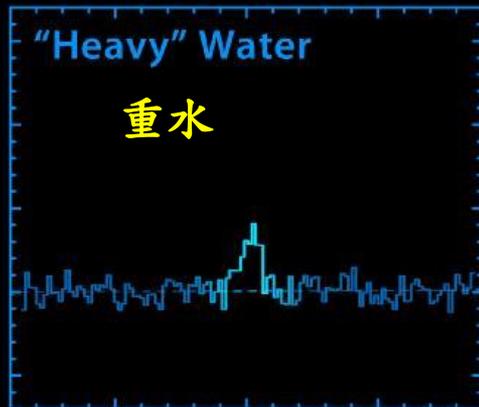
哈德利2號彗星



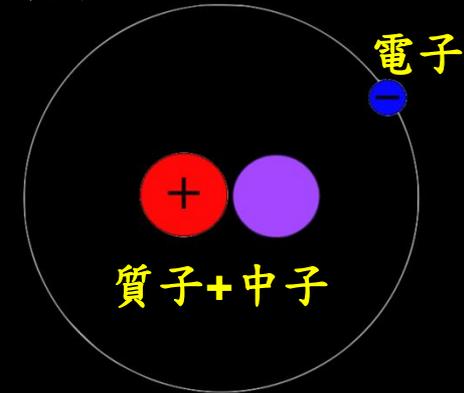
<http://www.tam.gov.tw/ct.asp?xItem=61880170&ctNo=67720&mp=104051>

由科學家所分析的六顆(包括哈雷Halley彗星)來自太陽系邊緣歐特雲(Oort cloud)的彗星所含水分子的氘/氫比例與地球的相比，發現彗星的重水(氘)含量比一般水(氫)多出了兩倍。在這條件下，科學家認為彗星給地球帶來的水頂多佔地球十分之一，其餘的應該是小行星帶來的；然而小行星含水量明顯比彗星少很多。2010年10月利用德國馬克斯·普朗克太陽系研究所的赫歇爾紅外太空望遠鏡(Herschel infrared space observatory)的遠紅外儀器研究哈德利二號彗星(Comet Hartley 2)彗髮內的氘/氫比例，卻顯示其水分子氘/氫比例幾乎與地球海水相符。暗示地球上的水(海洋)似乎與位於古柏帶以內彗星的撞擊有關。**但後續研究顯示事實並非如此。**

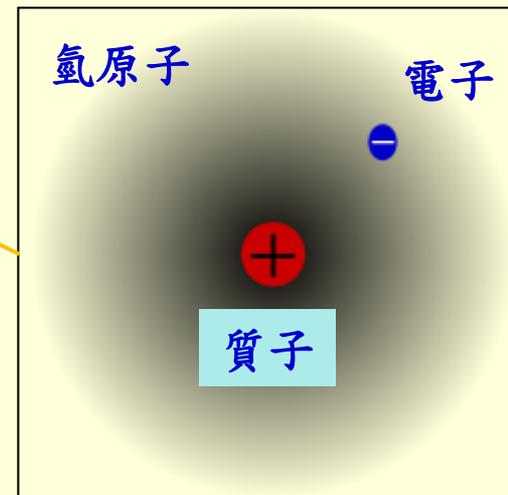
重水與普通水的不同



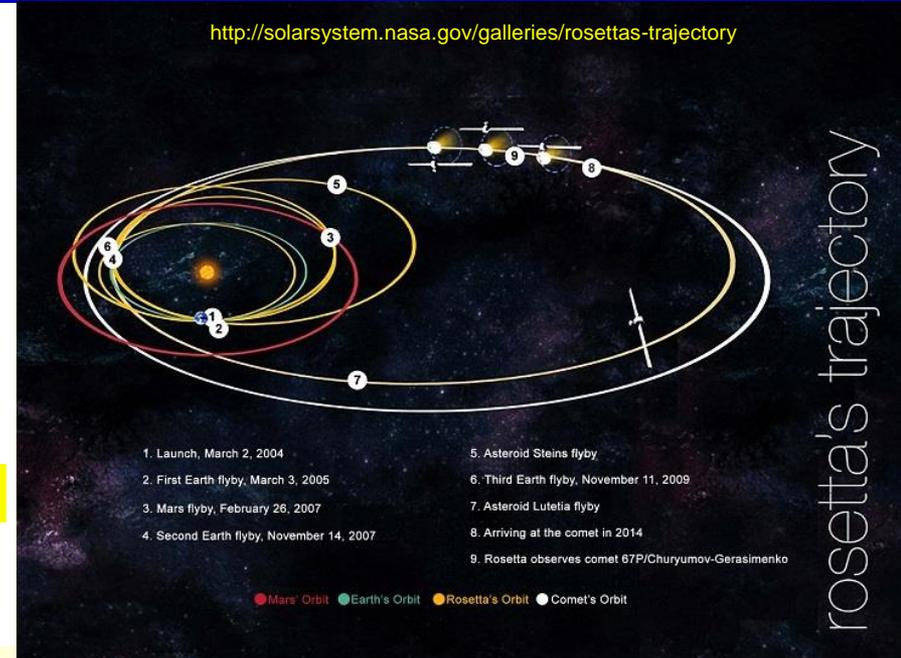
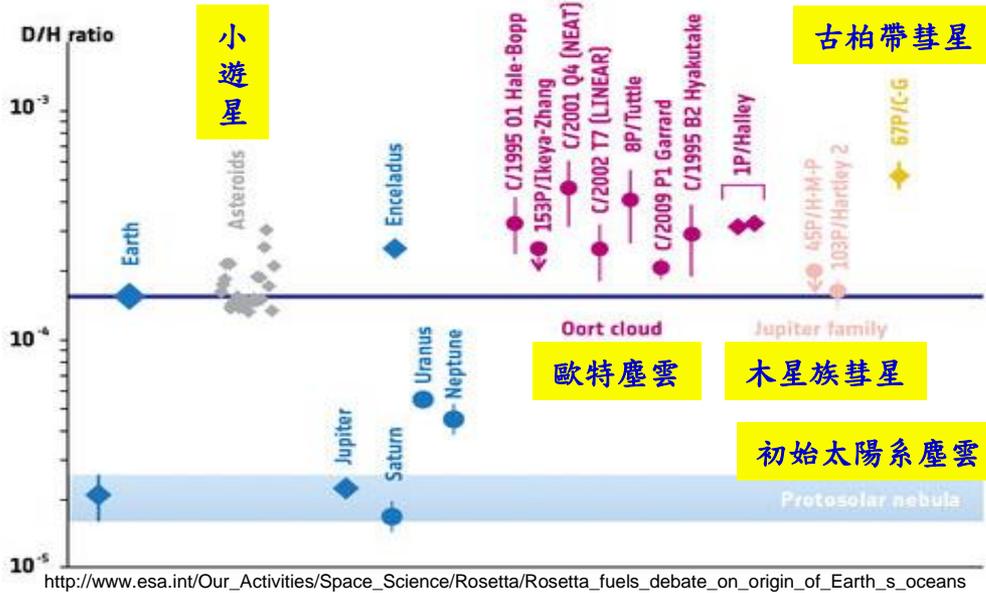
氘原子



氫原子

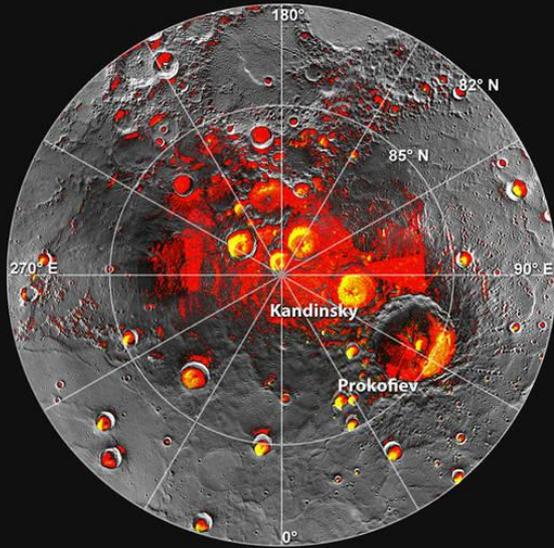


地球海洋的來源 – Rosetta太空船對67P/Churyumov-Gerasimenko彗星的觀測



目前科學家大致同意地球上的水的來源，係在地球演化稍晚時期時，由外太空中富含水的小天體，經與地球的撞擊後，帶到地球上所致。但科學家對於這些小天體的源處卻不清楚。一般而言，科學家們認為這些小天體的源處有以下三種可能：一、來自木星-火星附近的小遊星帶中的小遊星；二、來自歐特塵雲區 (Oort Cloud) 的彗星；三、是在海王星軌道以外形成的古柏帶 (Kuiper Belt) 中的彗星。Rosetta太空船於2004年3月2日發射，十年後於2014年8月進入67P/C-G彗星軌道，開始分析這顆公轉周期6.45年，起源於古柏帶中的彗星的水分子成分。結果發現其水分子的氘/氫成分比值比地球水要高出三倍，顯示地球海洋不大可能是由古柏帶中的彗星所帶來。到目前為止，觀測證據顯示，地球海洋似乎是由小遊星(Asteroid)撞擊地球後累積所形成。

Messenger任務的水星探測結果



美國NASA的Messenger太空船於2011年3月18日抵達水星軌道，在2012年11月28日發現水星極區的隕石坑中，有由水分子形成的冰的現象，左圖中黃色影像區域，為自地球微波雷達所觀測到的雷達反射區，紅色影像區域為Messenger太空船所觀測到的冰覆蓋的區域。這些區域太陽光無法照射到，因而冰可以留存下來(水星溫度白天300C，晚上20C)。據估計，水星上的冰總含量，約等於華盛頓州面積乘上兩英里的厚度。另外，根據Messenger太空船的觀測，水星大氣中鈣分子濃度，有每年特定時間增濃的現象，其發生時間與水星公轉軌道和恩克彗星(Encke Comet)軌道相交時間一致。另外在有些冰層之上所覆蓋的不透明薄層中，亦發現可揮發的有機物質存在。因此科學家推測，水星上的水與有機物質應該來自於古柏帶中的彗星，或小遊星帶中的小行星，不斷撞擊水星後的結果。這些都強烈暗示水星上水的來源與來自古柏帶的短週期彗星有關。

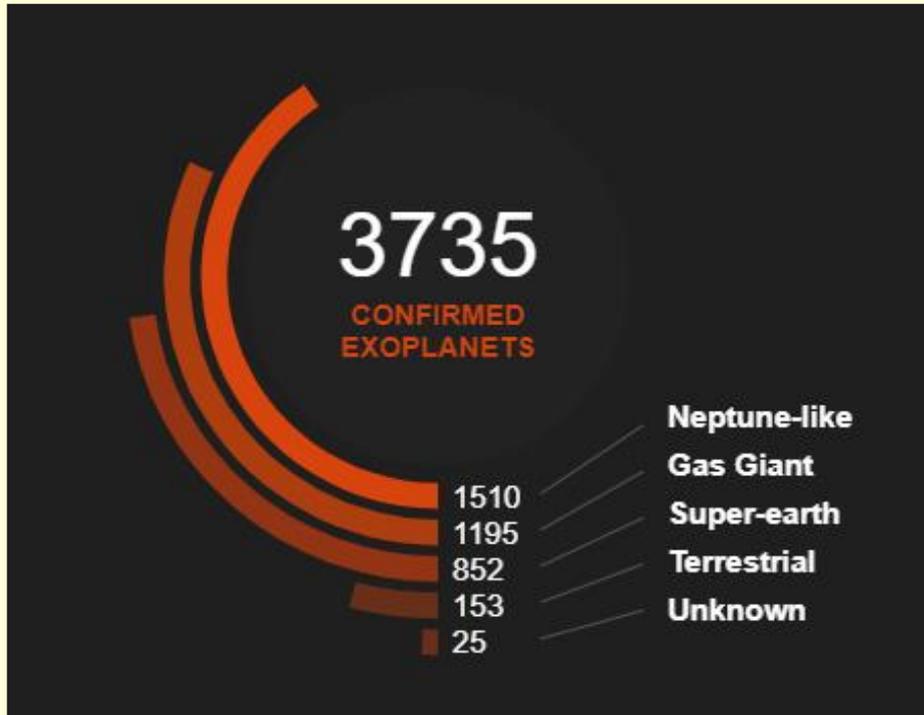


地球海水的源地-太空

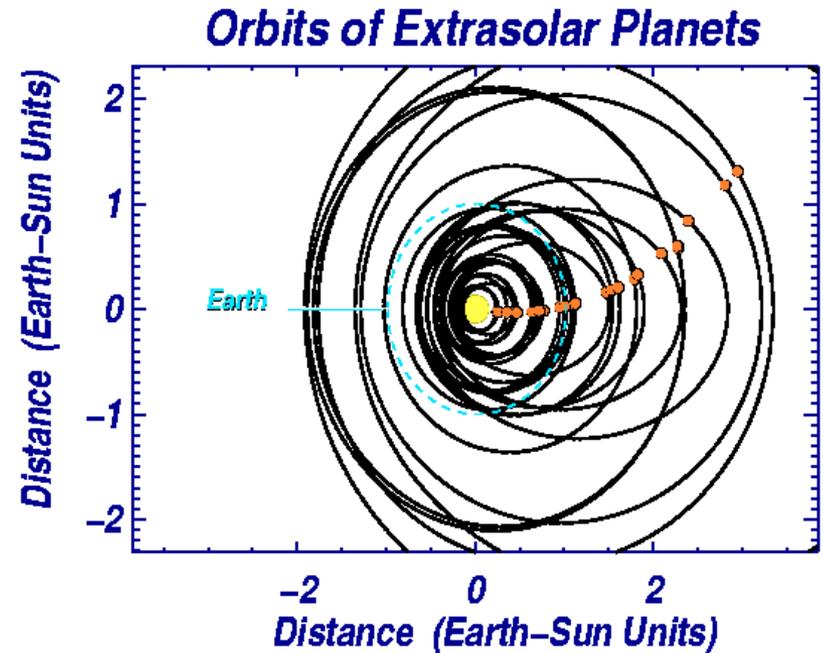
氫原子早在宇宙產生之時便已創生，而氧原子則在質量遠大於太陽的恆星核內以核融合方式形成。科學家觀測發現，在我們的銀河系中大量的水分子以氣體狀態存在於孕育恆星的塵雲中，例如Helix Nebula便含有大量的水分子，而Orion Nebula亦不斷的產生新的水分子，其每天所產生的水分子的量，約等於地球海洋水分子量的60倍。基本上形成恆星的行星塵雲中都含豐富的水分子。至於太陽系形成後所殘留的原始塵雲物質，例如小行星與彗星，同樣亦含有許多水分子。透過小遊星與彗星超過數億年間的與地球不斷撞擊，地球海洋於焉形成。科學家研究月球以及水星、金星、火星表面隕石坑的分布發現，在地球剛形成後的45-38億年前之間，地球承受非常多的原始太陽系大小不等碎片天體的轟擊，在39-38億年前，此種轟擊現象有增加的現象，特稱為晚期劇烈轟擊(Late Heavy Bombardment, LHB)。此現象有可能是大行星移動過程，牽引原始碎片轟擊較小的岩石行星所致，其持續時間約為2千萬到2億年之間。LHB可能是小遊星與彗星將所含的水灌注到地球形成海洋的關鍵因素。理論模型顯示，當行星剛形成之時，由於行星表面仍然非常熾熱，無法留繫水分子在岩石以及大氣中，唯有當地球溫度降低之後，加上外太空天體透過碰撞帶來水分，才有可能在地球上形成海洋。

外太陽系 (Extra-Solar System) 的探索

到2018年5月底為止，人類共發現3,735顆已確認的外太陽系行星 (Exoplanet)，另尚有2,723顆待證實。



<https://exoplanets.jpl.nasa.gov/newworldsatlas/>



外太陽系行星以似海王星(以水冰為主)與巨型氣體行星(以氫、氦為主)佔大部分約75%。但亦有少數的行星質量超過木星質量的10倍。

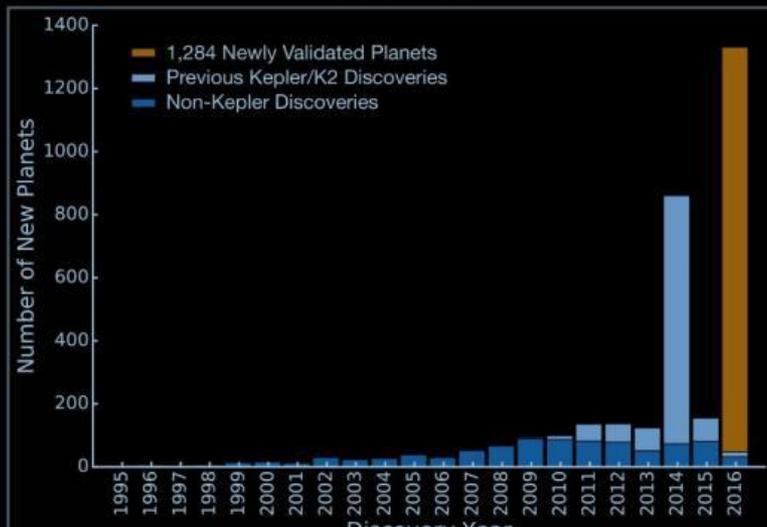
外太陽系行星的軌道主要為橢圓，但在0.1AU距離內的行星軌道則多為正圓。

https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html

外太陽系行星探索的現況

Exoplanet Discoveries Through the Years

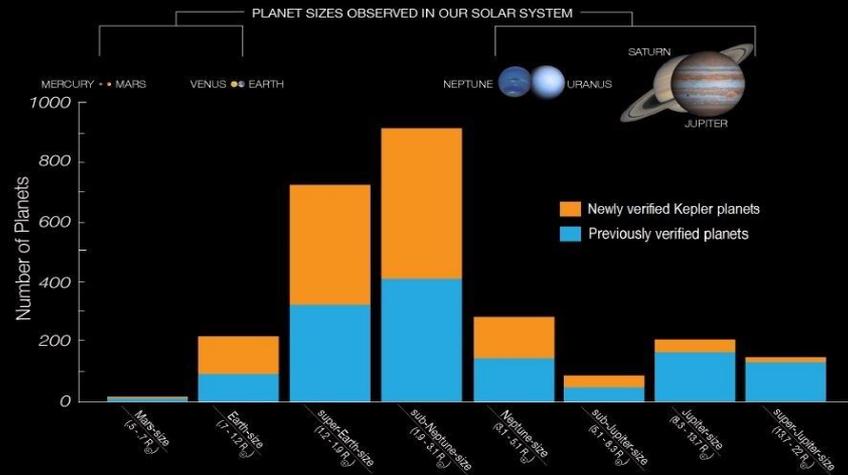
As of May 10, 2016



<http://www.nasa.gov/feature/ames/kepler/briefingmaterials160510>

Known Planets by Size

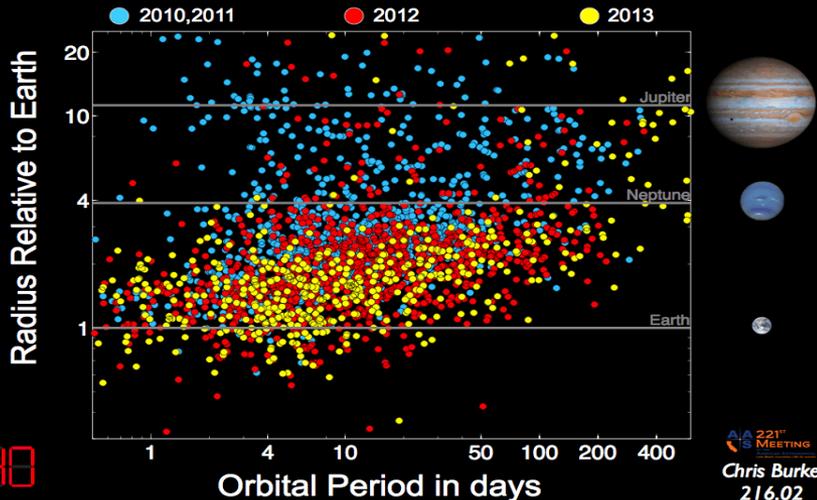
As of May 10, 2016



<http://www.nasa.gov/feature/ames/kepler/briefingmaterials160510>

Kepler's Planet Candidates

22 Months: May 2009 - Mar 2011



由於觀測技術與設備的不斷精進，外太陽系行星的發現數目在2016年有巨大的突破。到2018年5月為止，科學家已發現3735顆外太陽系行星(Exoplanet)，而其中2327顆係由美國克卜勒(Kepler)太空望遠鏡在2009年5月至2016年5月之間所發現。數目已多達4587顆。在新發現的521顆候選行星之中，有12顆直徑近似地球（在1-2倍之間），而且位於環繞恆星的適居帶之中。統計顯示，絕大部分的外太陽系行星大小，都在地球大小的1-4倍之間，公轉週期則在一天到200天之中。

美國柯卜勒天文望遠鏡搜尋外行星系統範圍

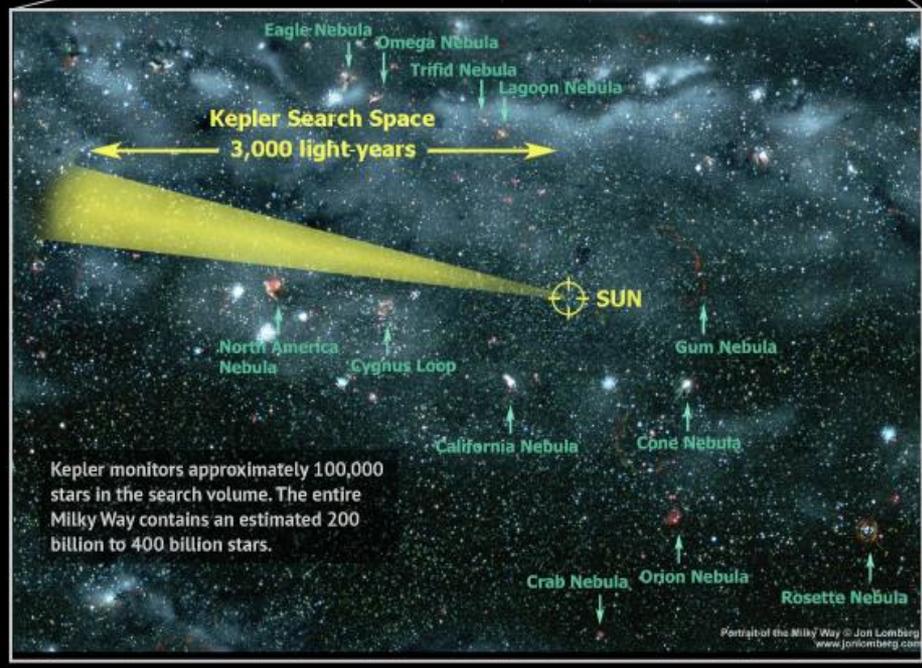
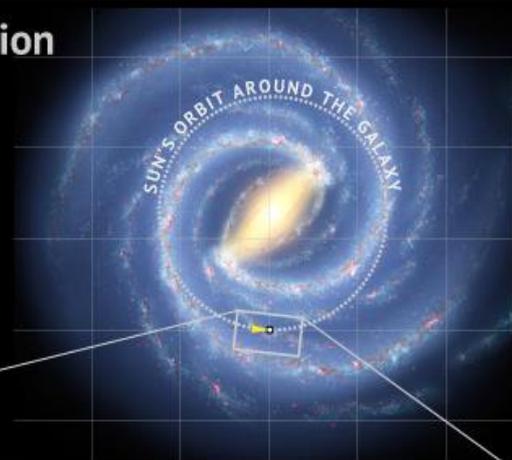
發射時間：2009年3月
 望遠鏡直徑：0.95 m
 反射鏡直徑：1.4 m
 偵測波長：430-890 nm
 成像：由位於反射鏡焦點處之42片CCD接收星光進而形成影像
 根據星光明暗週期變化，判斷是否具有行星存在。

<http://kepler.nasa.gov/Mission/QuickGuide/>



Searching a Tiny Fraction of Our Galaxy

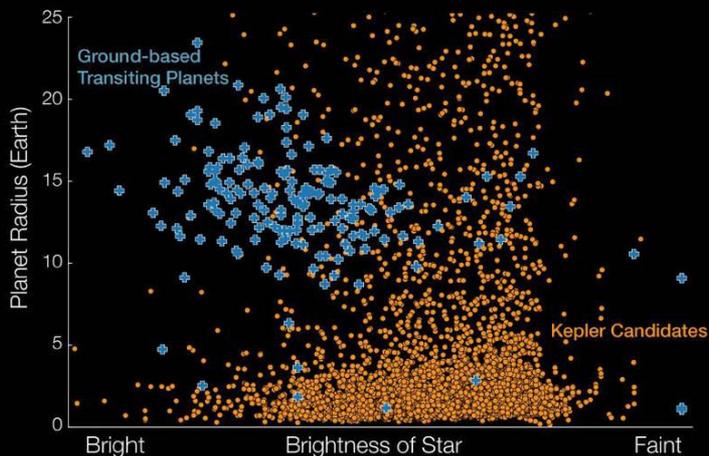
Our solar system lies between two major spiral arms of the Milky Way. Kepler's planet search is conducted in a narrow wedge-shaped volume of space that stretches out ahead of us as we orbit the galaxy. Stars in the search volume are therefore at about the same distance from the center of the galaxy as we are.



SOURCES: NASA, JET PROPULSION LABORATORY, AMES RESEARCH CENTER
 MILKY WAY GALAXY PAINTING BY R. HURT, PAINTING OF SUN'S LOCAL REGION BY JON LOMBERG

KARL TATE / © SPACE.com

The Kepler Follow-up Challenge



Follow-up observations are time and resource intensive!

<http://www.nasa.gov/feature/ames/kepler/briefingmaterials160510>

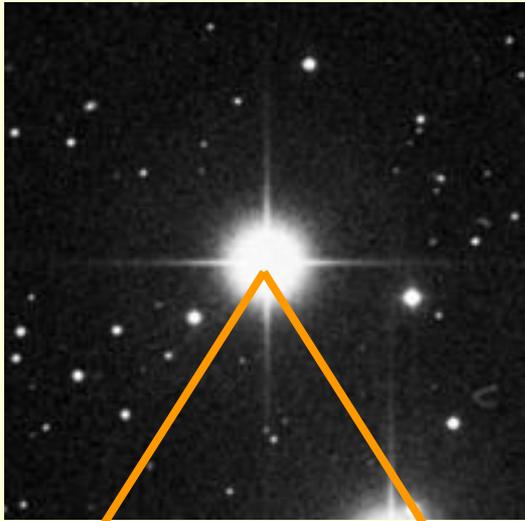
美國凌日系外行星巡天衛星(TESS)

美國 NASA 在2018年4月18日發射了TESS衛星 (Transiting Exoplanet Survey Satellite)，專門利用行星凌日方法搜尋系外行星。TESS 配置4具光學照相機，觀測波段為600-1000nm，每具照相機觀測視角範圍 $24^{\circ} \times 24^{\circ}$ ，具有16.8百萬畫素，以橢圓軌道(近地點10.8萬公里，遠地點37.6萬公里)繞地運行，將在兩年內仔細觀察 20 萬顆距離地球最近的恆星，估計會發現2萬多顆系外行星，預期其中大約500 顆是和地球一般大 (Earth-Sized)或比地球要大許多的超級類似地球 (Super Earth Sized)系外行星。如果它們繞行恆星的軌道處於生物宜居帶，地面溫度容許液態水存在，生物便可能演化出現。TESS所觀測的範圍將比KEPLER望遠鏡高出400倍，TESS所觀測的恆星將比Kepler望遠鏡觀測的恆星亮30-100倍，除了易於辨識系外行星之外，更可和地面觀測結果比較，以測量行星質量、大小、軌道，進而決定行星組成，或大氣成分等行星重要參數。

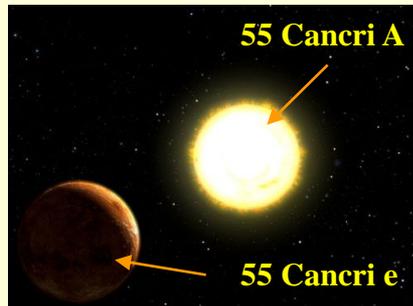
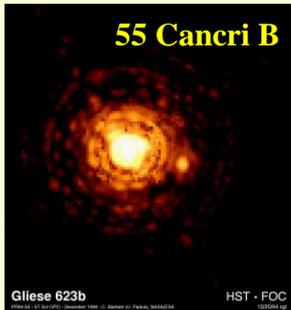


55 Cancri 星的行星系統

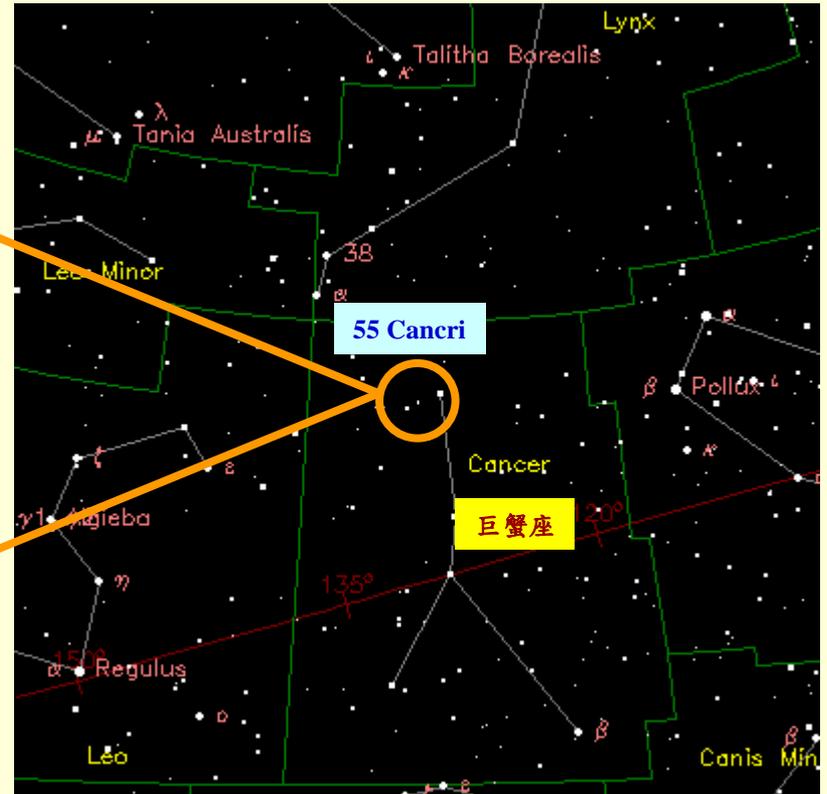
55 Cancri



為雙星系統



相距約1150AU



位置：距離太陽41光年，位於巨蟹座中，為一雙星系統

年齡：50億年

大氣：富含碳

亮度：太陽62%

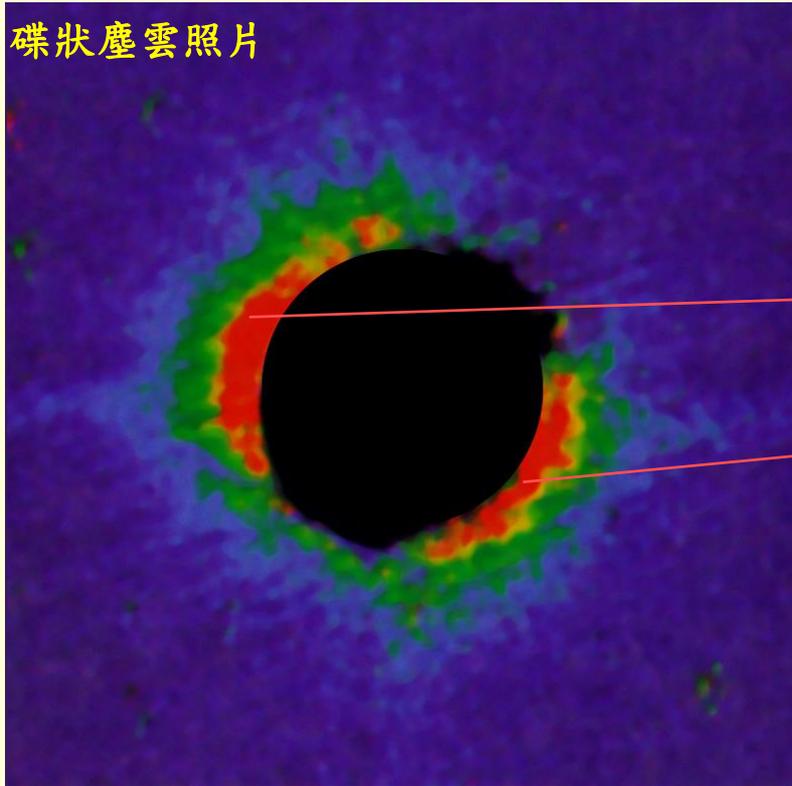
溫度：5400K

質量：太陽的0.95倍

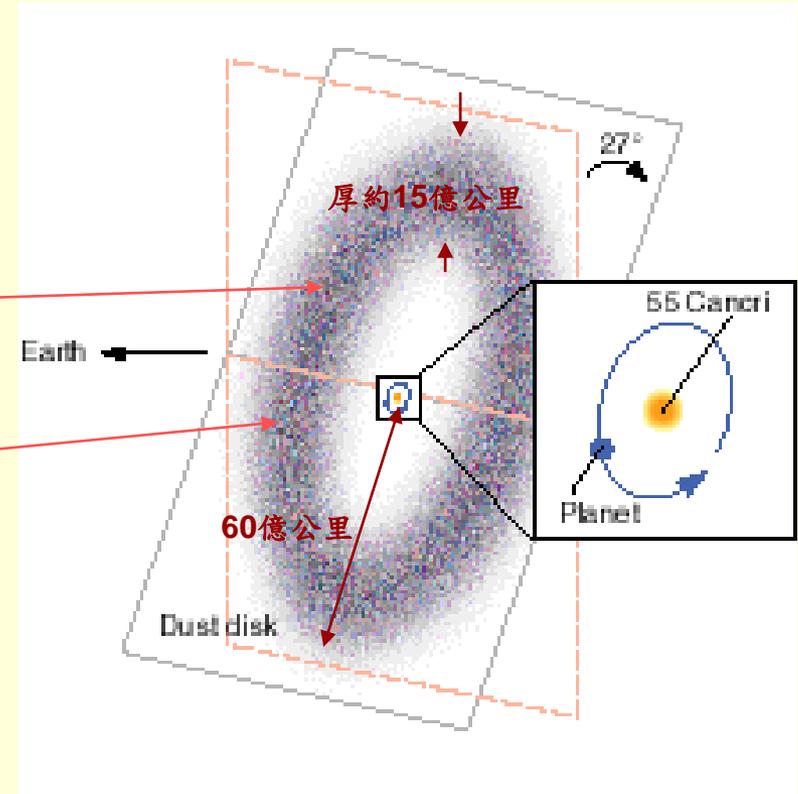
直徑：太陽的1.1倍

55 Cancri A 碟狀塵雲與行星系

碟狀塵雲照片



<http://astron.berkeley.edu/~kalas/disksite/pages/55cncnr.html>



<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/282/5388/395>

塵雲總質量為木星質量的1.9倍

55 Cancri A 行星系與太陽系之比較

55 cancri A 行星系：

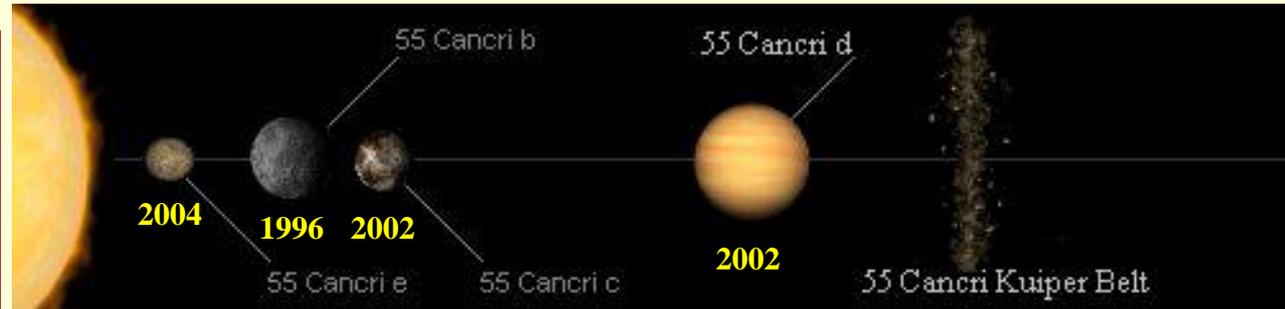
55 Cancri d：週期14.7年
(100K) 距離5.9AU
質量4.1倍木星

55 Cancri c：週期44天
(469K) 距離：0.24AU
質量0.21倍木星

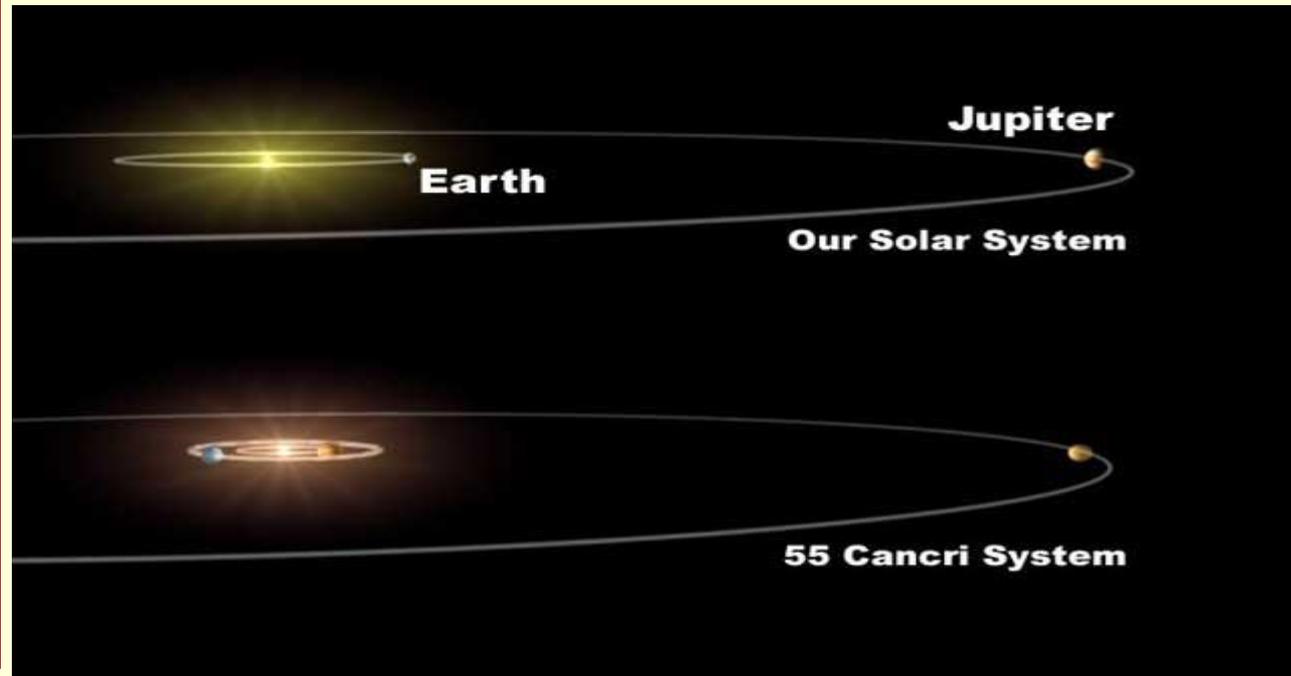
55 Cancri b：週期14.7天
(677K) 距離0.11AU
質量0.84倍木星

55 Cancri e：週期2.81天
(1179K) 距離0.038AU
質量0.045倍土星

除了55 Cancri e之外，其他行星均為類似木星的 gas planet。而55 Cancri e 估計為具有大氣與岩石表面的類似地球的行星



<http://home.xtra.co.nz/hosts/Wingmakers/55%20Cancric%20Solar%20System.html>



Upsilon Andromedae 太陽系



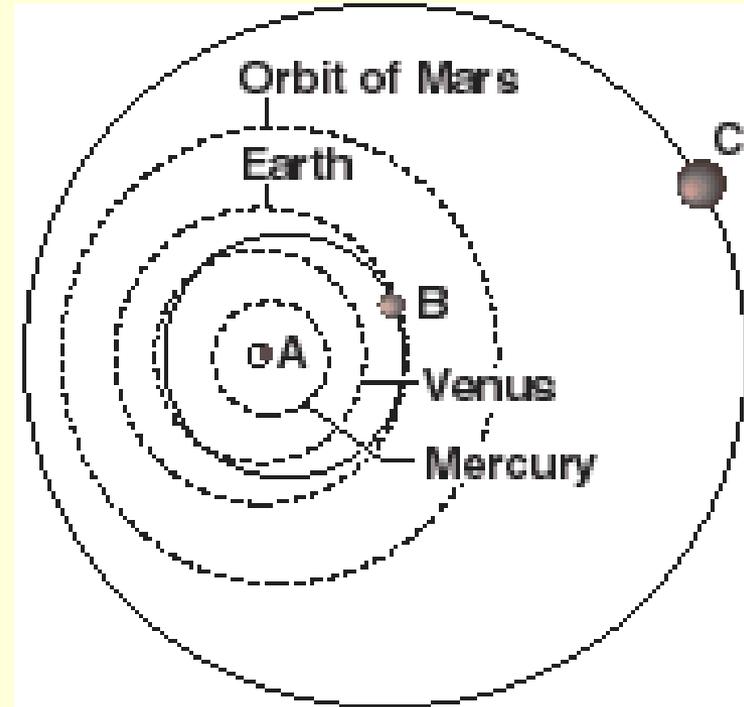
距離：44光年

行星數目：3

行星軌道：近乎圓形

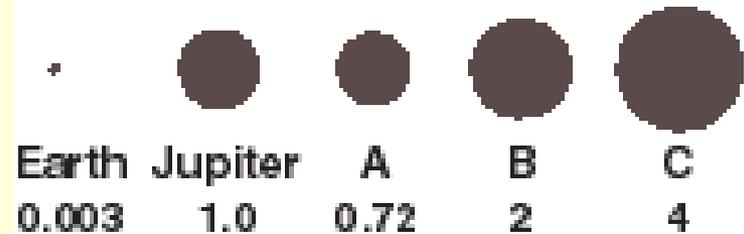
公轉週期：行星B—242天

行星C—4年



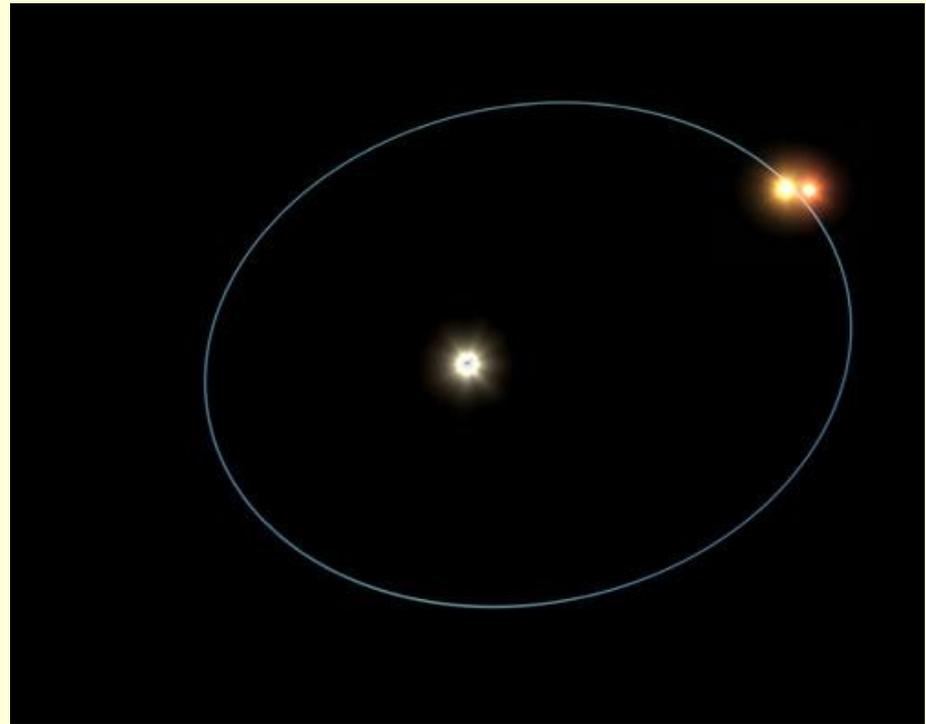
HOW THEY COMPARE

Minimum size, in Jupiter masses



<http://exoplanets.org/massradiiframe.html>

具有三個太陽的外行星系統



行星編號：HD188753系統

公轉週期：3.3天

離地球距離：149光年

行星質量：約比木星稍重

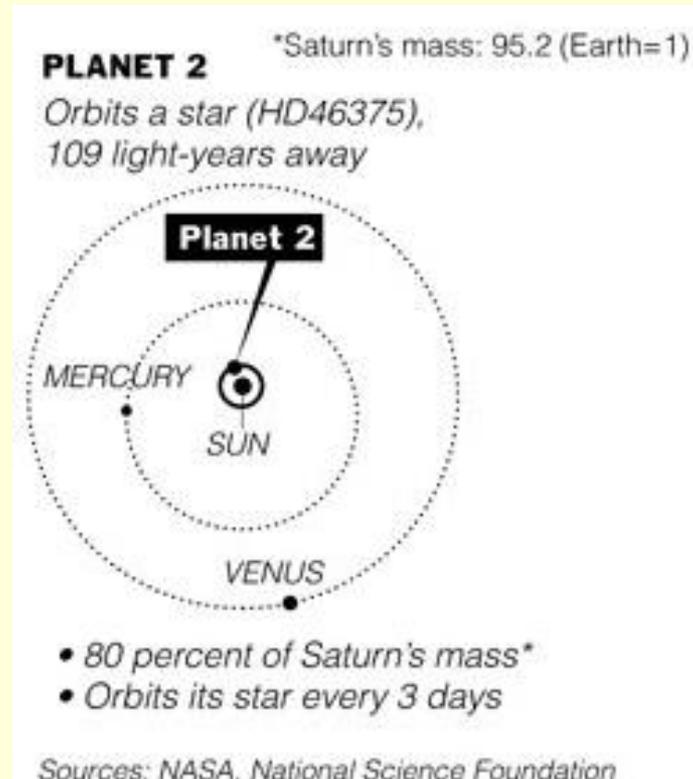
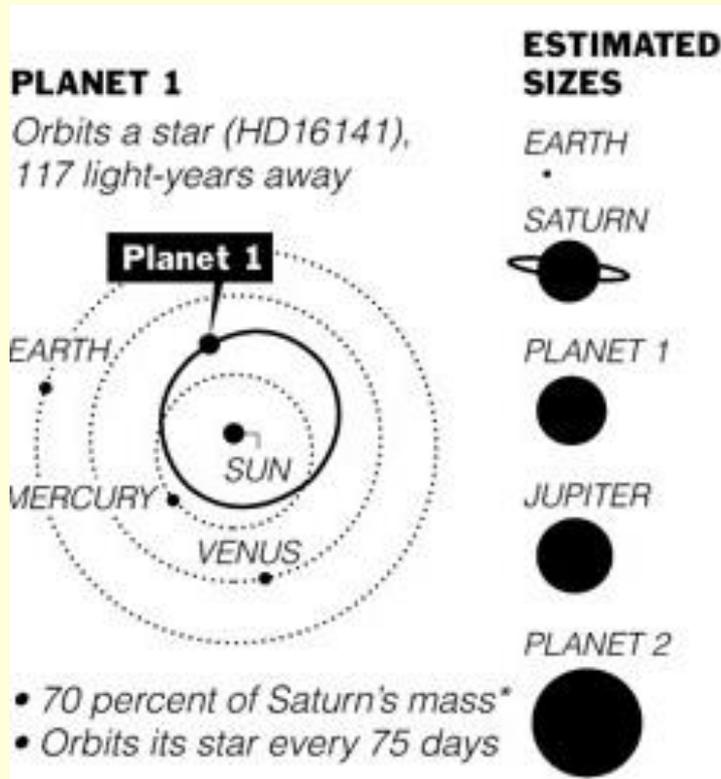
恆星質量：2/3到1個太陽質量

子恆星公轉週期：25.7年

子恆星互轉週期：156天

子恆星距母恆星距離：木星到太陽的距離

HD16141與HD46375太陽系



HD16141位於鯨魚座(Cetus)中
行星表面溫度—815C

HD46375位於Monoceros座中
行星表面溫度—1130C

棕矮星行星系統

棕矮星為一個質量遠小於太陽的恆星，由於質量不夠大，故無法發出明亮的光。一般棕矮星的質量為木星質量的20-25倍左右

Brown Dwarf 2M1207
Candidate Companion HST • NICMOS

距離太陽系：225光年
行星與棕矮星的距離：80億公里
公轉週期：2500年
行星質量：木星質量5倍

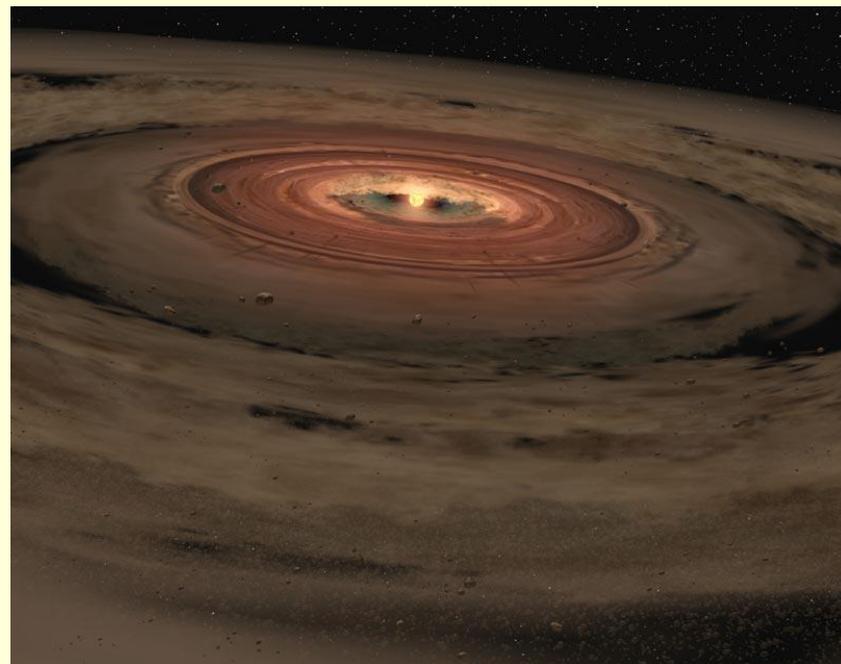


Candidate
Companion

1"

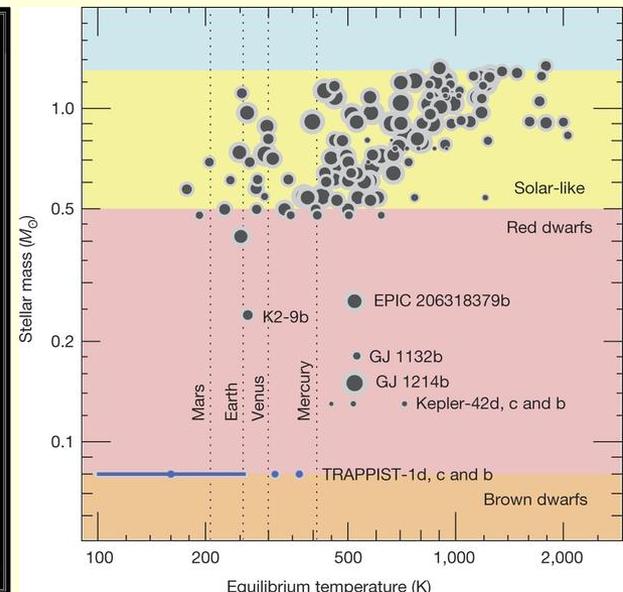
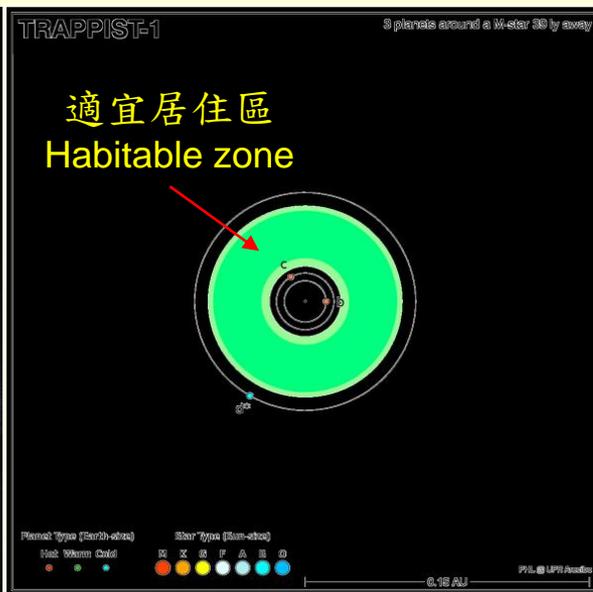
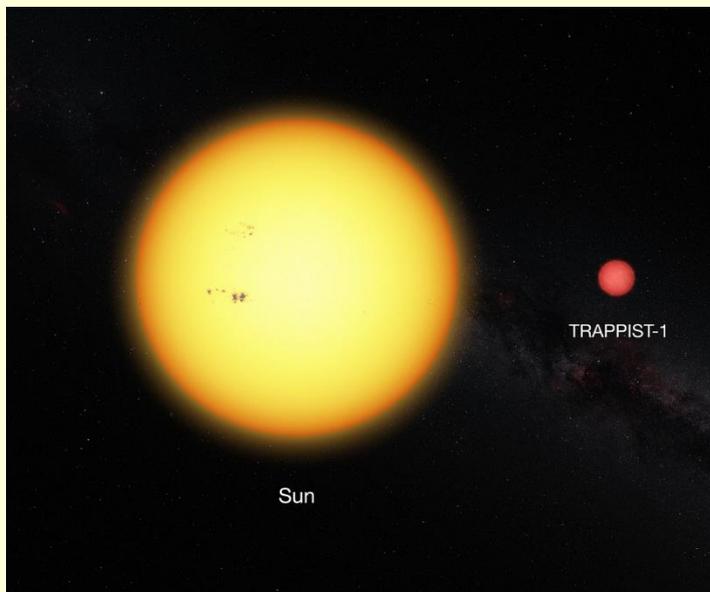
NASA, ESA and
G. Schneider (University of Arizona)

STScI-PRC05-03



棕矮星(OTS44)質量：木星質量15倍
與太陽系距離：500光年
碟狀塵雲總質量：小於木星質量10倍

首度發現環繞超冷矮星的外行星系



<https://www.eso.org/public/images/eso1615e/>

<http://www.sci-news.com/astronomy/three-earth-sized-exoplanets-ultracool-dwarf-trappist-1-03831.html>

M Gillon et al. *Nature* 1-4 (2016) doi:10.1038/nature17448

2016年5月科學家在水瓶座(Aquarius)中的TRAPPIST-1超冷矮星(年齡約5億年，距離地球約38.8光年)軌道上，發現三顆繞該星的外行星(Exoplanet)，由內到外，公轉周期為1.51、2.42 以及4.5-72.8天，離母星的距離，約為地球到太陽距離的1/20到1/100。但因母星溫度甚低，內二顆行星所接收到的輻射量，為地球的四倍與兩倍。內二顆行星位於該星球適宜區(Habitable Zone)的內側，而第三顆行星則位於外側，但因精確距離未定，有可能位在適宜區中。該外行星系受到母星潮汐鎖定(Tidal Lock)作用，像月球般，其中一面永遠面向母星，另一面則永遠背向母星，在其日夜分界線處，有可能溫度適宜可以維持液態水存在。目前該行星系的地表特性以及是否有大氣或大氣組成成分仍未知。

超冷矮星的外行星系媒體報導誤謬處(1)

中國時報【尹德瀚／綜合報導】
2016年5月4日 上午5:50

一個國際天文學團隊的研究報告2日發表於《自然》期刊，內中宣稱發現3顆類地球行星，是迄今太陽系外最可能發現生命存在的天體，它們之間有幾個共通點，分別是大小類似地球、**可能適合居住**，以及與地球的距離進到可用現行科技分析其大氣。....

團隊的研究報告指出，根據其大小和接近其低密度恆星的位置，**這3顆行星有些區域的溫度可能適合液態水與生命的維持**。團隊領導人吉隆說，這是我們在太陽系外找到生命化學蹤跡的第一個機會。

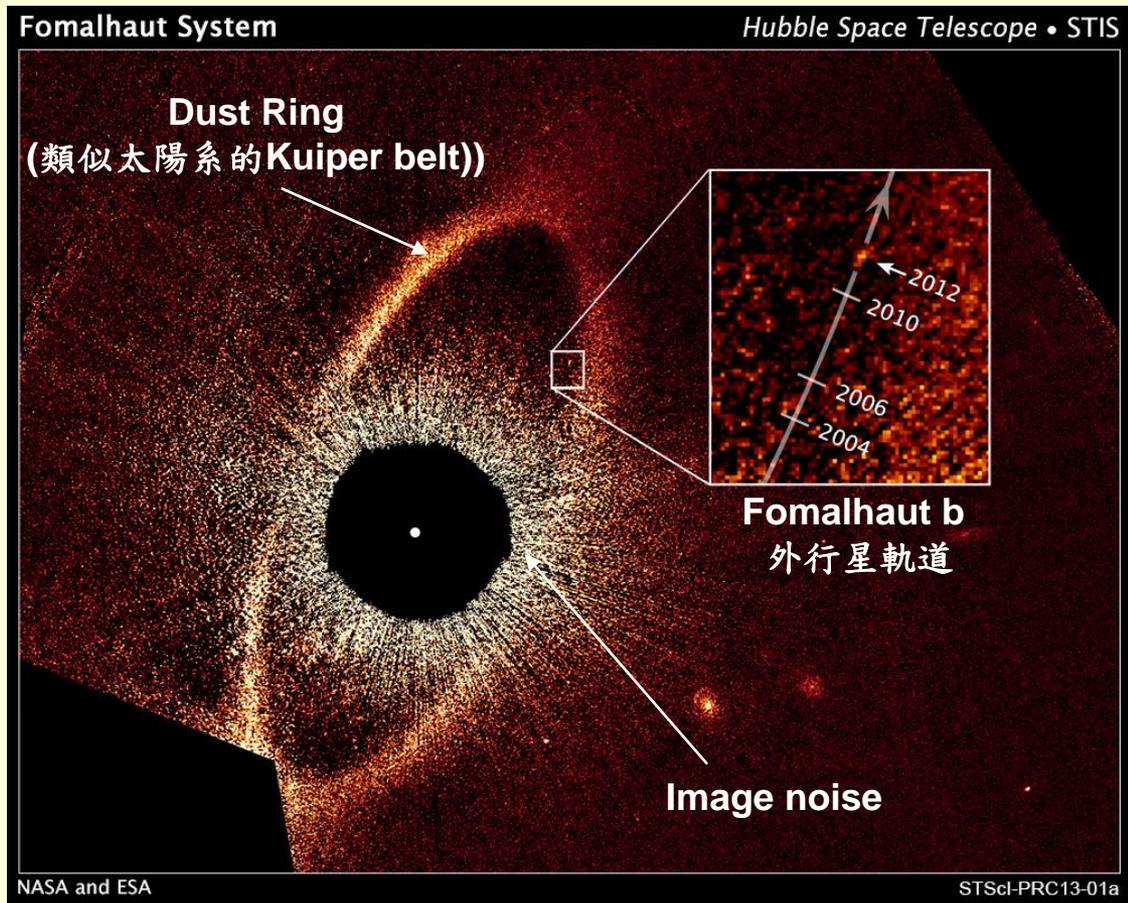
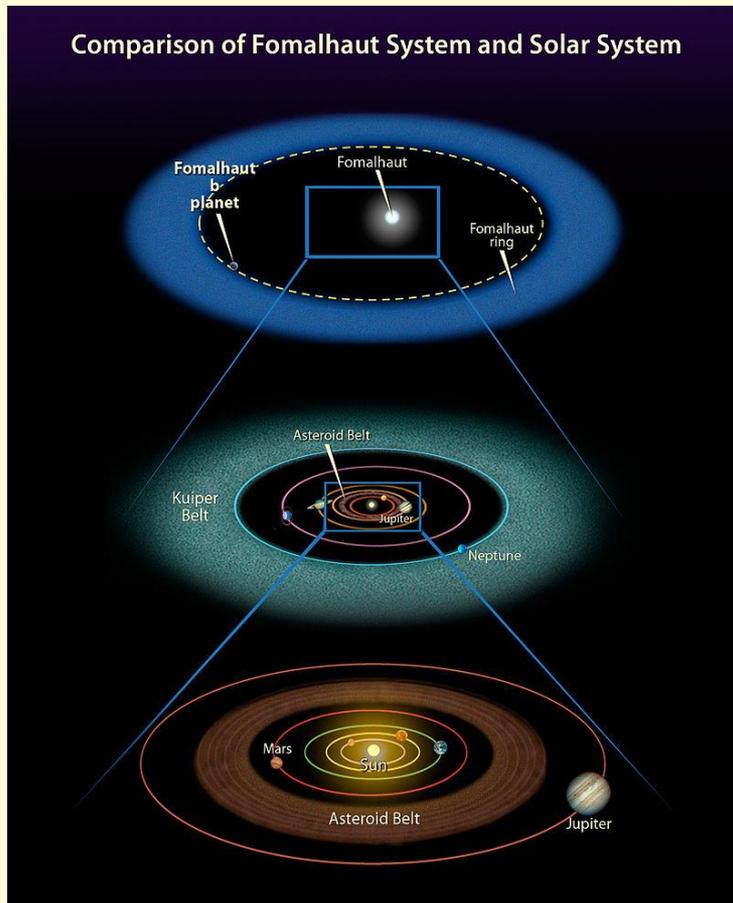
作者端傳媒 | Knowing –
2016年5月5日 下午1:31

5月2日，英國科學雜誌《自然》(Nature) 刊載了一份國際天文學家團隊發表的研究報告。報告稱，團隊近月發現三顆距離地球約40光年的行星，其體積、質量以至溫度均與地球相若，也具備讓液態水形成的條件，意味三顆行星可能存在生物，又或者**適合生物居住**。....

觀測顯示，其中兩顆行星的公轉週期分別為1.5天和2.4天，而第三顆行星的公轉週期尚未能完全確定，可能介乎於4.5至73天之間。經過進一步推斷，**該三顆行星可能些於宜居帶**。

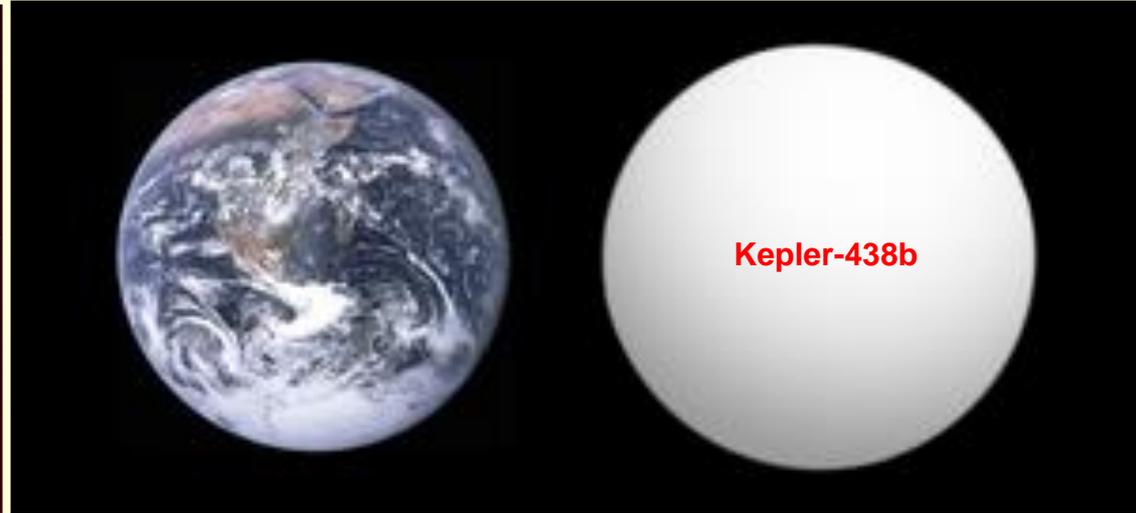
Although they orbit very close to their host dwarf star, the inner two planets only receive four times and twice, respectively, the amount of radiation received by the Earth, because their star is much fainter than the Sun. **That puts them closer to the star than the so-called habitable zone for this system**, defined as having surface temperatures where liquid water can exist, **although it is still possible that they possess potentially habitable regions on their surfaces. The third, outer, planet's orbit is not yet well known, but it probably receives less radiation than the Earth does, but maybe still enough to lie within the habitable zone.**

第一個肉眼可見的外行星



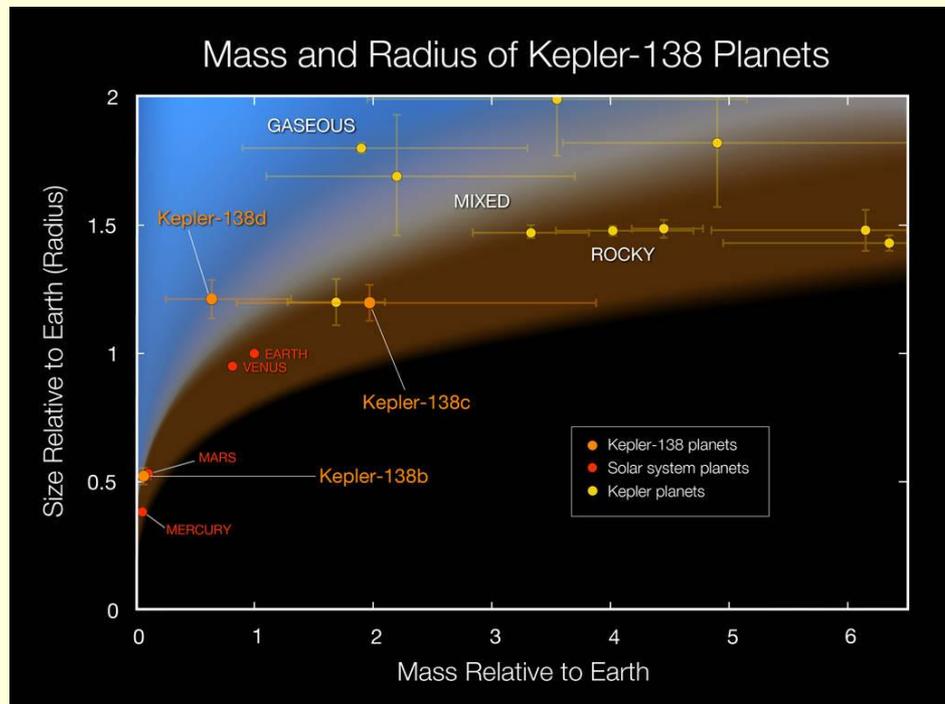
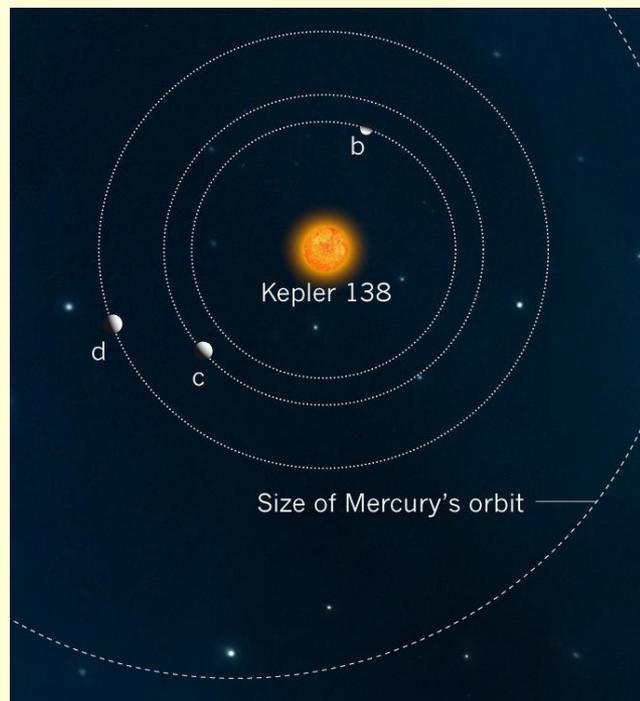
在2005年研究Fomalhaut恆星的環狀行星塵雲時，科學家便推測有外行星存在於該恆星環狀塵雲的內緣。2008年11月科學家比對哈伯望遠鏡2004與2006年所拍攝的照片後確認此外行星(稱為Fomalhaut b)的存在。Fomalhaut星距離地球25光年，Fomalhaut b公轉周期為1700年，距母星約117 AU。科學家認為哈伯望遠鏡拍攝該行星的光，來自環繞該行星的塵埃散射母星光所致，而非該行星大氣反射母星光的結果。

太陽系外行星Kepler-438b



Kepler-438b是目前(2015/11)所發現的最類似地球的太陽系外行星，它的表面可能是由岩石所組成，地表溫度約為 $0-60^{\circ}\text{C}$ ，半徑約為地球的1.12倍，距離母星Kepler-438約為0.166AU(約與水星到太陽距離相當)，公轉週期約為35.2天，距離地球470光年，位Lyra星座中，Kepler-438質量約為太陽的0.54倍，半徑為太陽的0.52倍，表面溫度3748k，年齡44億年，約與太陽相當。雖然Kepler-438b與地球十分相似，但科學家最近發現Kepler-438b每隔約200天，便會受到母星太陽閃焰的轟擊，同時距離母星太近，該行星原始大氣被類似太陽風粒子不斷吹襲結果，導致大氣層的消失。由於沒有大氣層的保護作用，加上距離母星太近，行星表面長期受到閃焰、高能粒子、X射線等輻射的轟擊作用，將危害生命的繁衍與生存，因此預期該行星不大可能有生命存在。

尋找外太空中的另一個地球 Kepler-138b



<http://www.nasa.gov/ames/kepler/measuring-the-mass-of-a-mars-size-exoplanet>

2015年6月科學家首度發現，環繞Kepler-138恆星(直徑為太陽的0.442倍，直量為太陽的0.56倍，表面溫度為3568度C)的三顆外太陽系行星(Exoplanet) Kepler-138b、Kepler-138c、Kepler-138d，其直徑分別為地球的0.522，1.197，1.212倍，質量分別為地球0.066、1.97、與0.64倍，密度為2.6、6.2、2.1 g/cm³，與地球平均密度5.52以及岩石密度2.8 g/cm³差不多。這是人類首度關測得比地球要小的外太陽系行星的大小、質量與組成。Kepler-138c與Kepler-138d的行星特性暗示，除了岩石之外，它們有可能還具有液態(如水)以及氣態(如甲烷)物質，導致平均密度比岩石要小。但由於這三顆外行星都太靠近母恆星，接收到的能量比地球接收來自太陽的能量要高6.81、4.81、以及2.32倍，溫度過高，都不位在適宜區內。

NASA首度發現位於適宜區帶的類地球行星

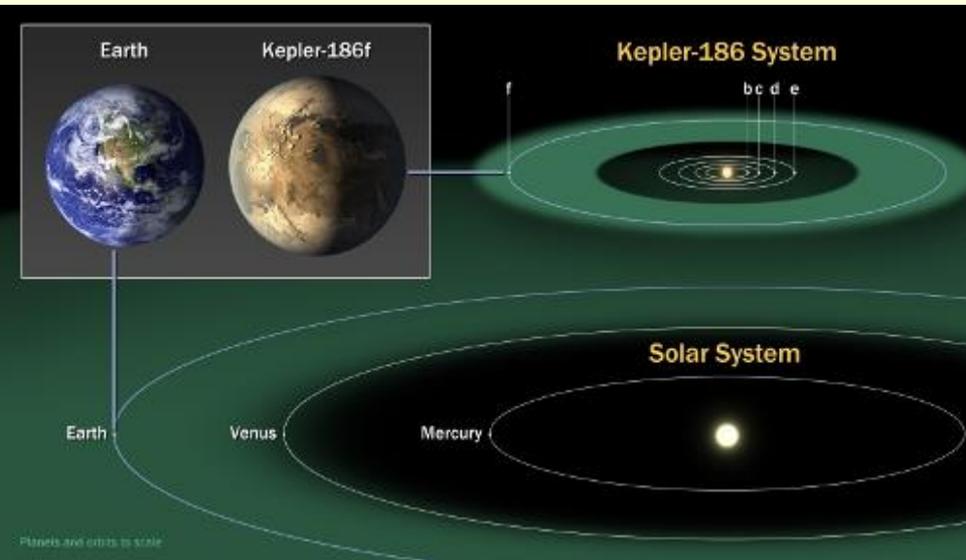
Kepler-186f (Science, 2014/04/17)



Kepler-186為棕矮星，位於天鵝座中，距離地球500光年，大小與質量和地球相當，具有四顆行星，其中Kepler-186f約比地球大40%，公轉週期130天，位於可適宜居住區 (habitable zone) 內，同時科學家發現其表面有水，目前仍未知其質量與組成成份，但相信應是由岩石所構成，由於母星顏色偏紅，在Kepler-186上所看見天空的顏色，推測為如地球黃昏時的紅色。

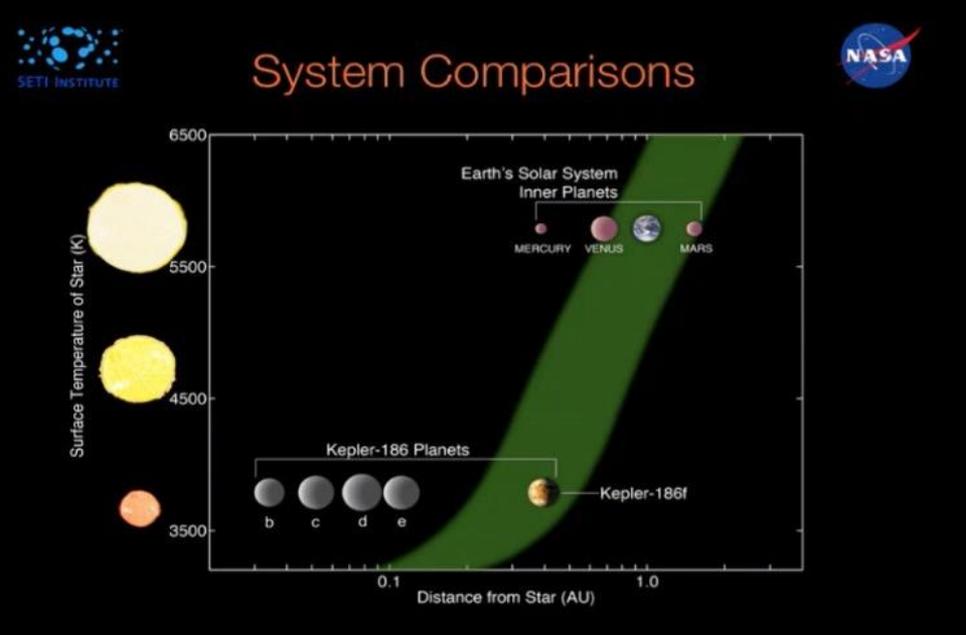


尋找外太空中的另一個地球-Kepler-186f



Kepler-186f行星為人類發現的第一顆與地球大小相當、且位於適居帶的外太陽系行星(Exoplanet)。它以129.9天公轉周期繞行母恆星Kepler-186，位於距離太陽系490光年的天鵝座中，為一顆紅矮星(red dwarf)，質量約為太陽的0.478倍，半徑約為太陽的0.472倍，表面溫度約為3800度，**亮度只有太陽的10%**。該行星半徑約為地球的0.998到1.25倍之間，體積約為地球的0.87到2.03倍之間，公轉半徑約與太陽系的水星相當。由於密度與組成成份尚未知，質量目前不明。若與地球組成成分類似(約1/3為鐵，2/3為矽)，則其質量約為地球的1.44倍。

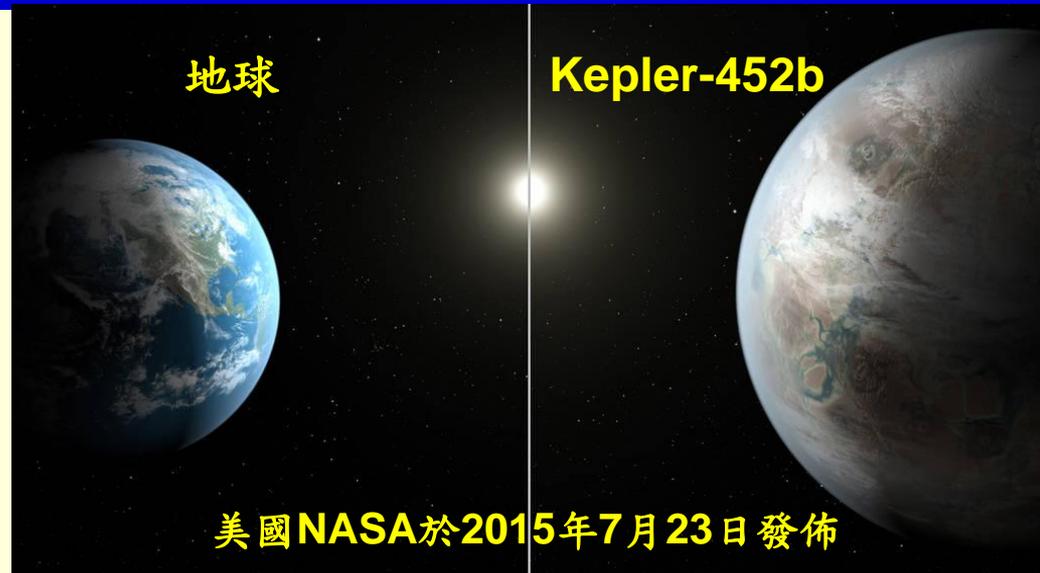
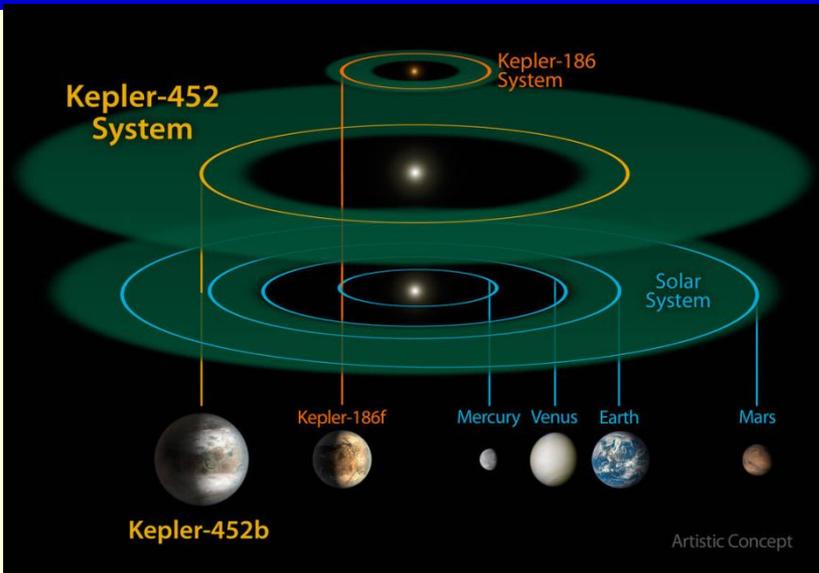
http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/17apr_firstearth/
<https://en.wikipedia.org/wiki/Kepler-186f>



在發現克卜勒452b以前，克卜勒186f被認為與地球最為類似，不過它的體積還不到地球的十分之一，從恆星接收到的能量，大約只有太陽給地球的三分之一，那裡的中午，和地球的黃昏差不多。(中廣新聞網錯誤翻譯-2015年7月24日)

<https://tw.news.yahoo.com/%E7%BE%8E%E5%9C%8B%E5%AE%A3%E4%BD%88%E7%99%BC%E7%8F%BE%E9%A1%9E%E5%9C%B0%E7%90%83%E8%A1%8C%E6%98%9F-230559245.html>

尋找外太空中的另一個地球 Kepler-452b

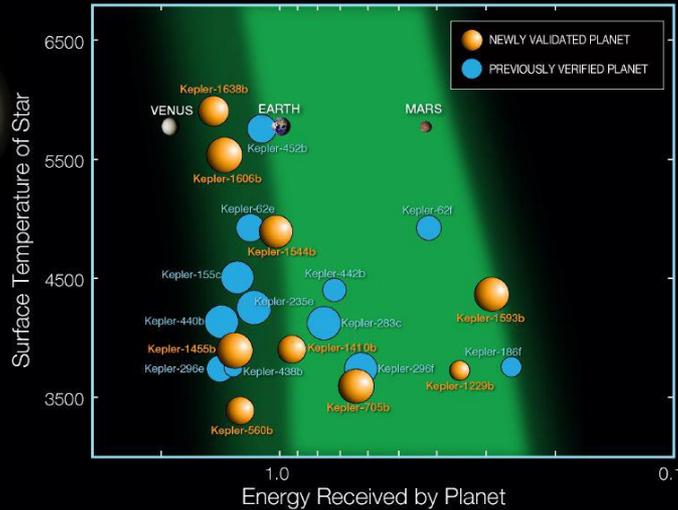


天文學家找到**目前為止與地球最相似的行星克卜勒452b**，這顆很可能由岩石構成的行星繞行母恆星「Kepler-452」的公轉軌道直徑，比地球繞太陽的公轉軌道直徑長10%。克卜勒452b以385天的周期繞行母恆星「Kepler-452」一周，其一年只比地球的1年長20天，克卜勒452b位於天鵝座，距離地球1400光年，直徑比地球大60%，其地表重力約為地球的兩倍，但質量與組成成份尚未知。它可能跟我們一樣有活躍的火山運動、濃密大氣，和海洋。克卜勒452b位於適居區，表面可能有液態水，因為不會太冷也不會太熱，得以讓液態水存在，因而能夠支撐生命存在。「Kepler-452」誕生於60億年前，比太陽老15億年，質量比太陽高4%，亮度比太陽強20%，直徑比太陽大10%，但二者溫度相近。太陽系的適居帶在0.725 AU至3.0 AU之間。

Kepler望遠鏡發現位於適居帶中的外太陽系行星

Kepler's Small Habitable Zone Planets

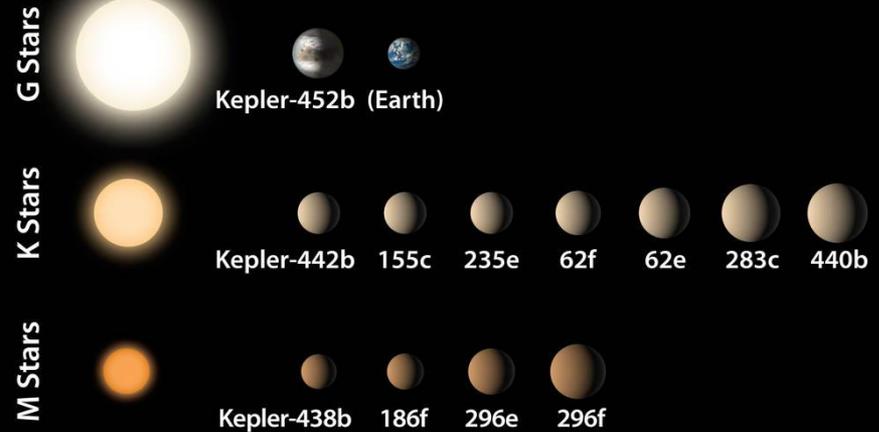
As of May 10, 2016



<http://www.nasa.gov/feature/ames/kepler/briefingmaterials160510>

Kepler's Small Habitable Zone Planets

Planets enlarged 25x compared to stars



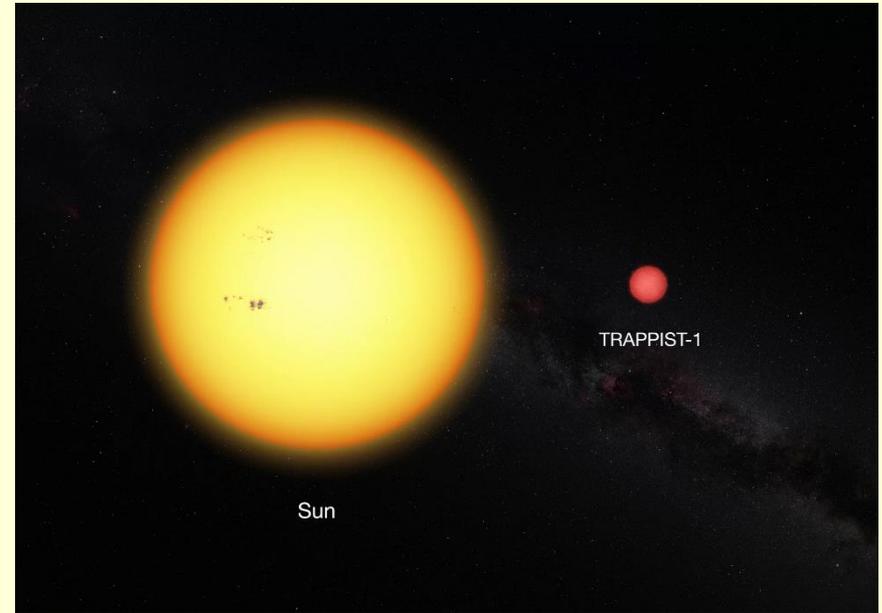
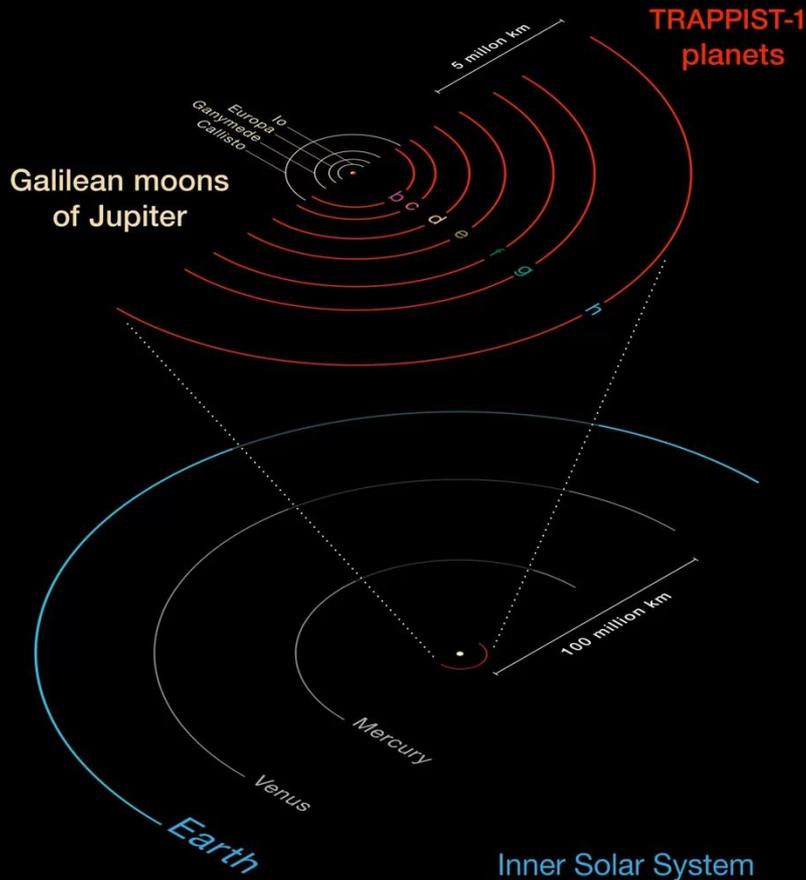
<https://exoplanets.jpl.nasa.gov/>

到2018年5月為止，科學家已發現超過3735顆外太陽系行星 (Exoplanet)，其中質量小於地球質量3倍者，只有25個，超過地球質量100倍者有663個，而半徑在地球半徑1.25倍以下者則有380個。所有系外行星中的2327顆係由美國克卜勒(Kepler)太空望遠鏡在2009年5月至2016年5月之間所發現。其中位於適宜居帶(大氣溫度在180-310K之間)的系外行星，可能約有290個。

尋找外太空中的另一個地球 TRAPPIST-1行星系統

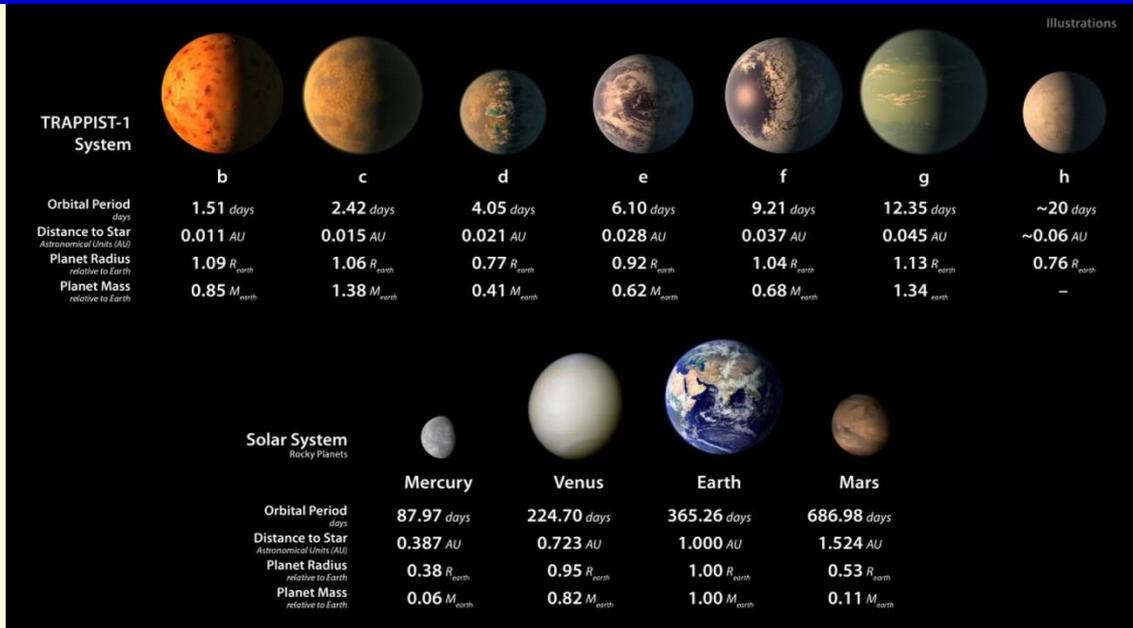
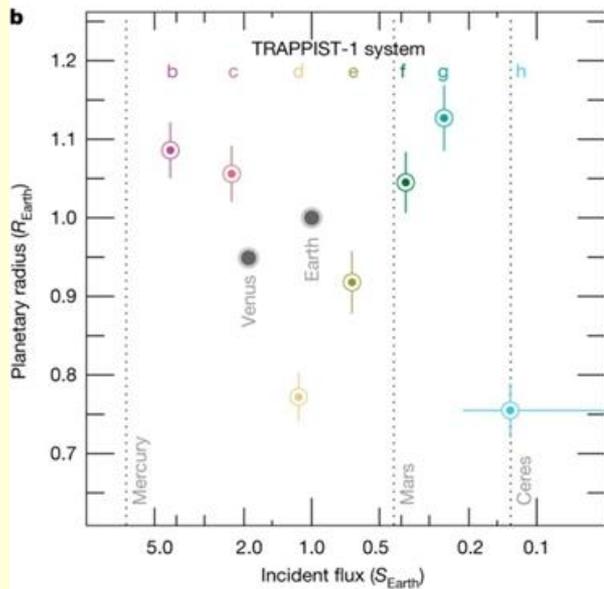
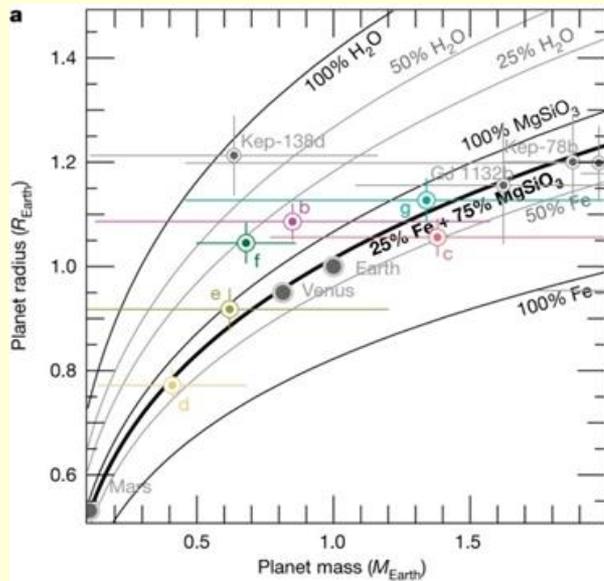
Orbit Comparison

between TRAPPIST-1 planets, Galilean moons of Jupiter and inner Solar System



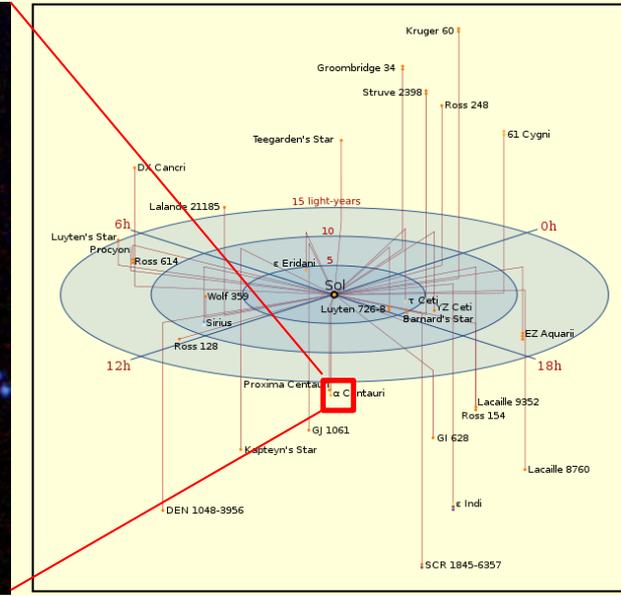
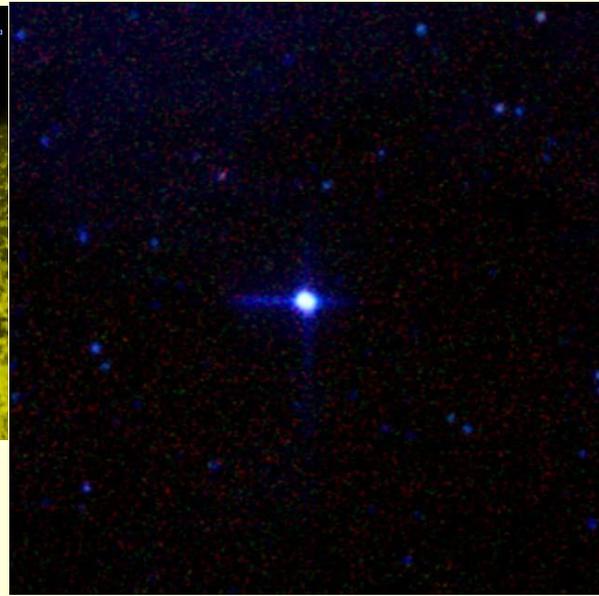
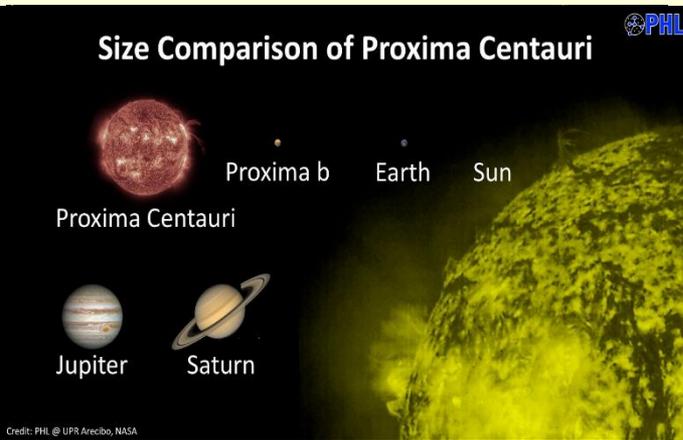
TRAPPIST-1為銀河系裡最常見的一顆矮紅星，主要發出肉眼無法看到的紅外線波段的光，距離地球**39**光年，質量只有太陽的**8%**，亮度也大約只有太陽的兩千分之一。2016年5月顆學家便發現有**3**顆行星繞此星旋轉，但在2017年2月，學者利用**Spitzer**天文望遠鏡另發現**4**顆行星，這七顆行星距離母星非常近，和木星的衛星系統相當，公轉週期為**1.5**到**20**地球日。

尋找外太空中的另一個地球 TRAPPIST-1行星系統

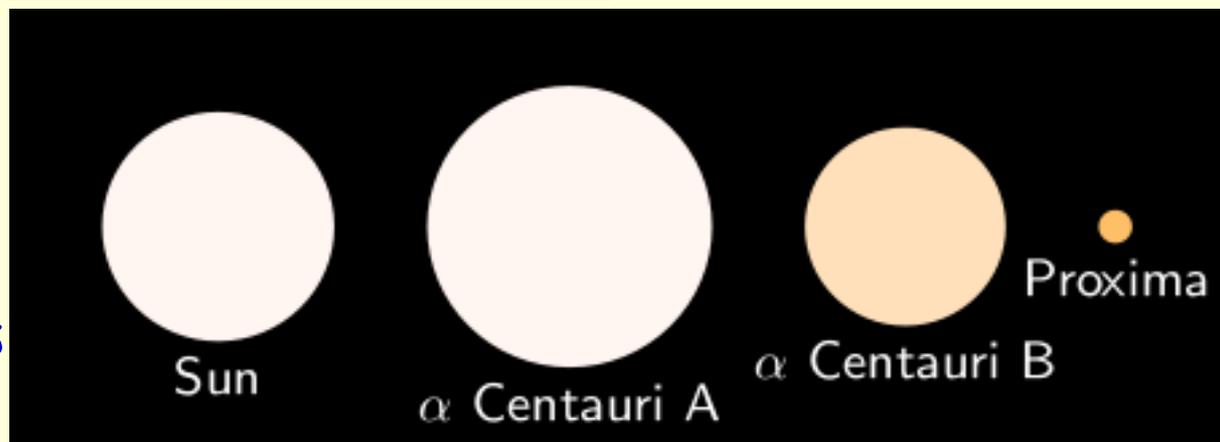


TRAPPIST-1行星系統中的內側六顆為岩石類行星，大小與地球差不多，雖然Nature論文建議其中第e, f, g行星位於適宜居帶內，可能具有液態水，但另有學者的最新氣候模擬研究顯示，似乎只有第e顆行星最有可能擁有液態水，至於第f與g顆行星因為太冷，不足以形成液態水。而更內層的行星則因太熱，導致液態水因過熱而汽化成氣態，不足以支撐生命存在。但真實情況仍有待進一步研究。

距離太陽系最近的恆星-半人馬座 α 星C

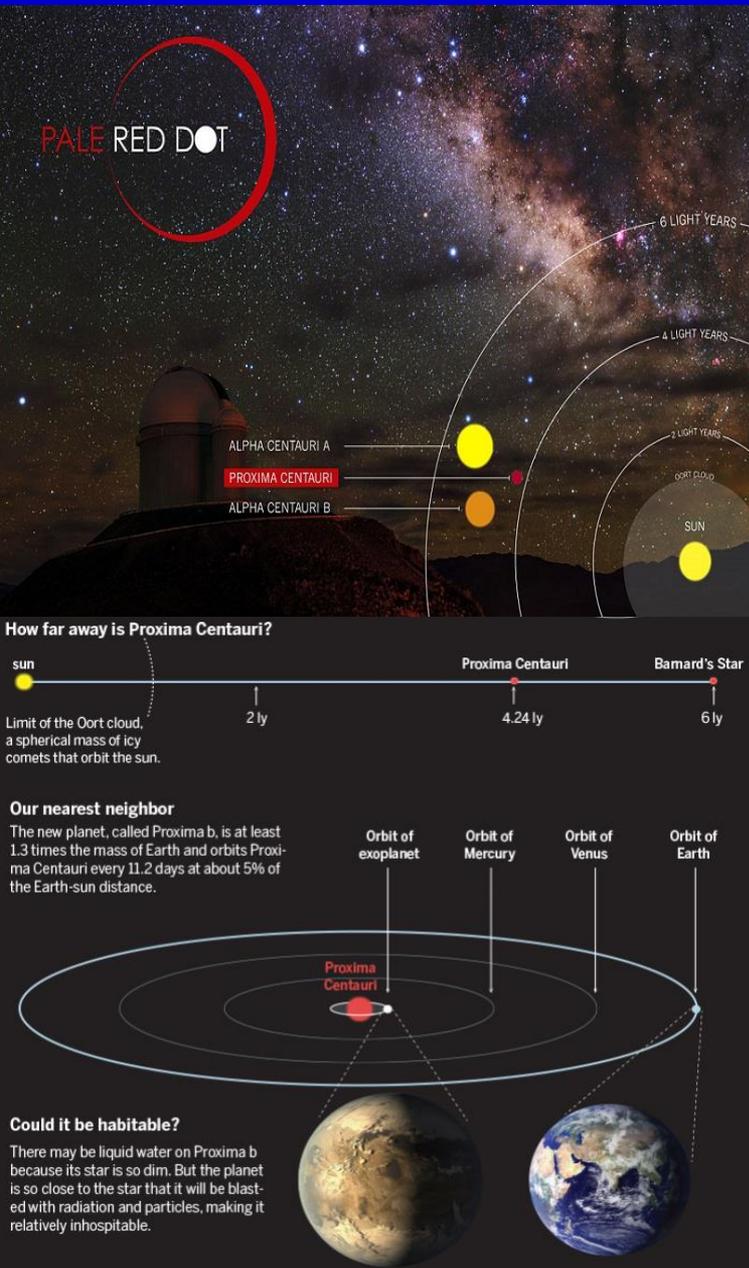


半人馬座(Centaurus)由三顆恆星所組成，分別為 α 星A， α 星B與 α 星C，稱為 α Centauri 系統，其中 α 星A與 α 星B為彼此互繞的雙星系統，距離太陽約4.3與4.36年， α 星C (Proxima Centaurus，比鄰星)質量為太陽的0.12倍，



直徑約為0.145倍，遠比另兩顆星要小的多，C星距離A與B星約0.25光年，為最靠近太陽的恆星(約4.25光年)，為一顆紅矮星，表面溫度約為3000k。B星與太陽十分相似，2012年10月發現它具有一顆質量比地球稍大的類地球的行星旋繞，公轉週期為3.2天，距B星約600百萬公里。但這發現目前正受質疑。

距離太陽系最近的恆星-半人馬座 α 星C



2016年8月24日科學家宣布，藉助行星旋繞母星公轉引發母星位置與光譜有些微變動的都卜勒效應，發現距離比鄰星Proxima Centauri約0.05AU(約730萬公里左右)處，有一顆岩石類的行星稱為Proxima b，質量為地球的1.3倍，公轉週期11.2地球日，並位於適居區(habitable zone)內。該行星接收到來自Proxima Centauri母星的熱能，約為地球接收來自太陽能量的65%，若該行星無大氣，則行星表面溫度約為-40C，若有大氣並發生溫室效應，則溫度可在約-30C到30C間，亦即行星表面將預期可以存在液態水。雖然如此，生命現象仍很難在此行星表面存在。這是因為該行星像月球繞地球一般，向日面永遠朝向母星，導致日夜溫差過大。此外由於距離母星太近，若母星發生擾動時，例如閃焰現象、物質拋射現象等，強烈的X-射線(強度比地球高400倍)，紫外線與高能粒子很容易到達行星表面，對於生命的發生與繁衍，造成極為不利的影響。

關於Proxima b外行星的一些錯誤報導

正確外國媒體報導

Without an atmosphere, the planet's surface could hover at around minus 40 degrees Fahrenheit (minus 40 degrees Celsius). But that's no cause for alarm, the researchers said during the briefing — Earth itself would hover at around minus 4 F (minus 20 C) without an atmosphere. If this planet has an atmosphere, too, it could range from minus 22 to 86 F (minus 30 to 30 C) on its dark and light sides, making it warm enough to host liquid water on its surface.

<http://www.space.com/33841-living-on-proxima-b.html>

蘋果日報(2016/8/25)

科學家指，比鄰星屬紅矮星，散發的紅外線幅射遠不及太陽，所以Proxima b就算離這麼近，氣溫依然溫和，讓水能保持液態。

<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20160825/935394/>

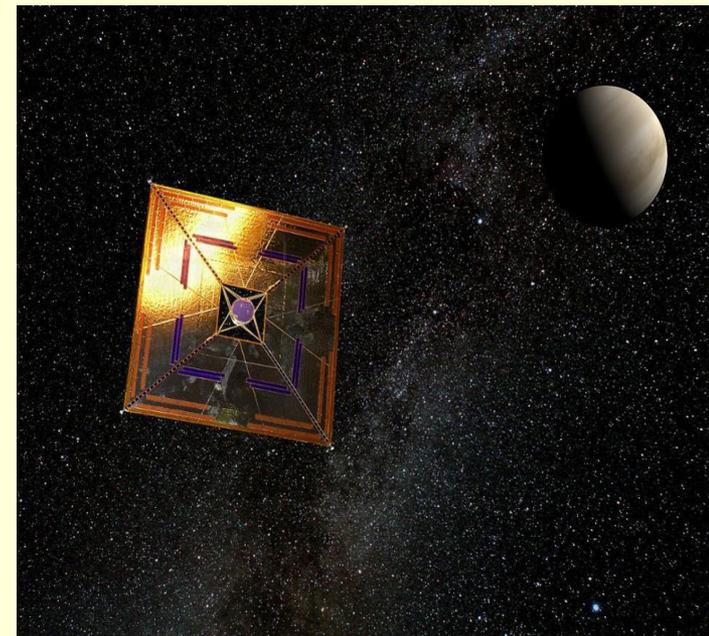
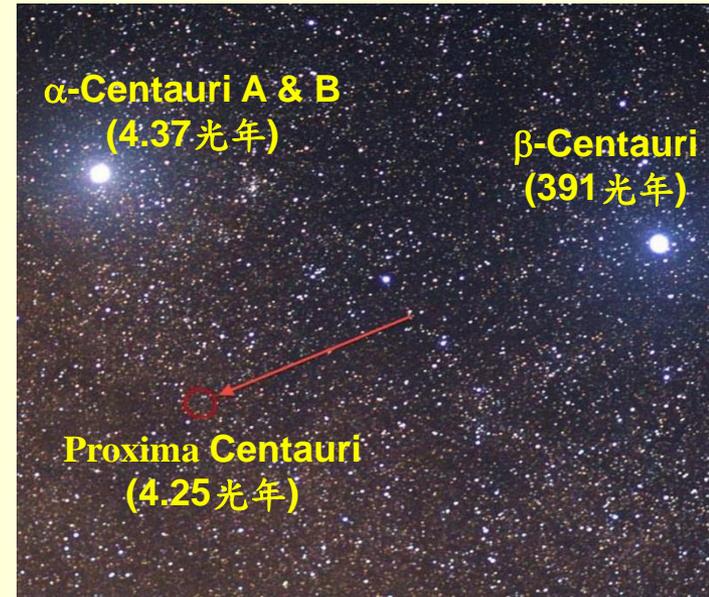
蘋果日報(2016/8/26)

但因比鄰星是紅矮星，不像太陽那麼熱，所以Proxima b的溫度可能介於-30°C到30°C，可能有液態水。

<http://www.appledaily.com.tw/appledaily/article/international/20160826/>

人類探測系外行星計畫

為了探測距離地球4.25光年的系外行星 Proxima b，科學家預計將製造重量僅數公克的奈米太空船(Nanocraft)，配置有照相機、探測器、推動器、通訊系統等等酬載，借助地表強力雷射的照射太空船的原子尺度厚、面積約一公尺的光帆，利用光壓推動，最終希望太空船可以達到光速的20%，而在20年左右抵達，實際探測此系外行星。此計畫稱為 Breakthrough Starshot，由蘇俄籍富豪 Yuri Milner 捐資一億美元，並在臉書執行長祖柏克、英國天文學家霍金教授(已故)與其他大師級學者的支持下，於2016年4月12日正式宣布此計畫。



期末考時間：6月21日下午3點到5點

地點：秉文堂

內容：上課教材與個人學習心得

方式：筆試問答

**考試重點：觀念性題目為主，
數字性題目為輔，
強調理解與推論**