

A New Look of the Solar System —
the Discovery of the 10th Planet?
(太陽系的新面貌 —
從「第十顆行星」的發現談起)

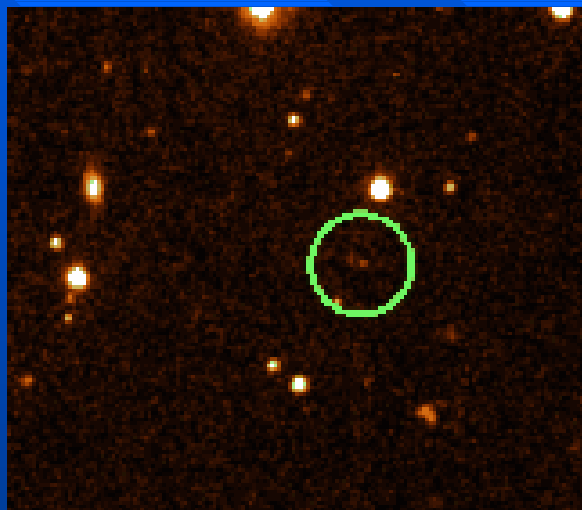
孫維新

中央大學天文研究所

清華大學物理系

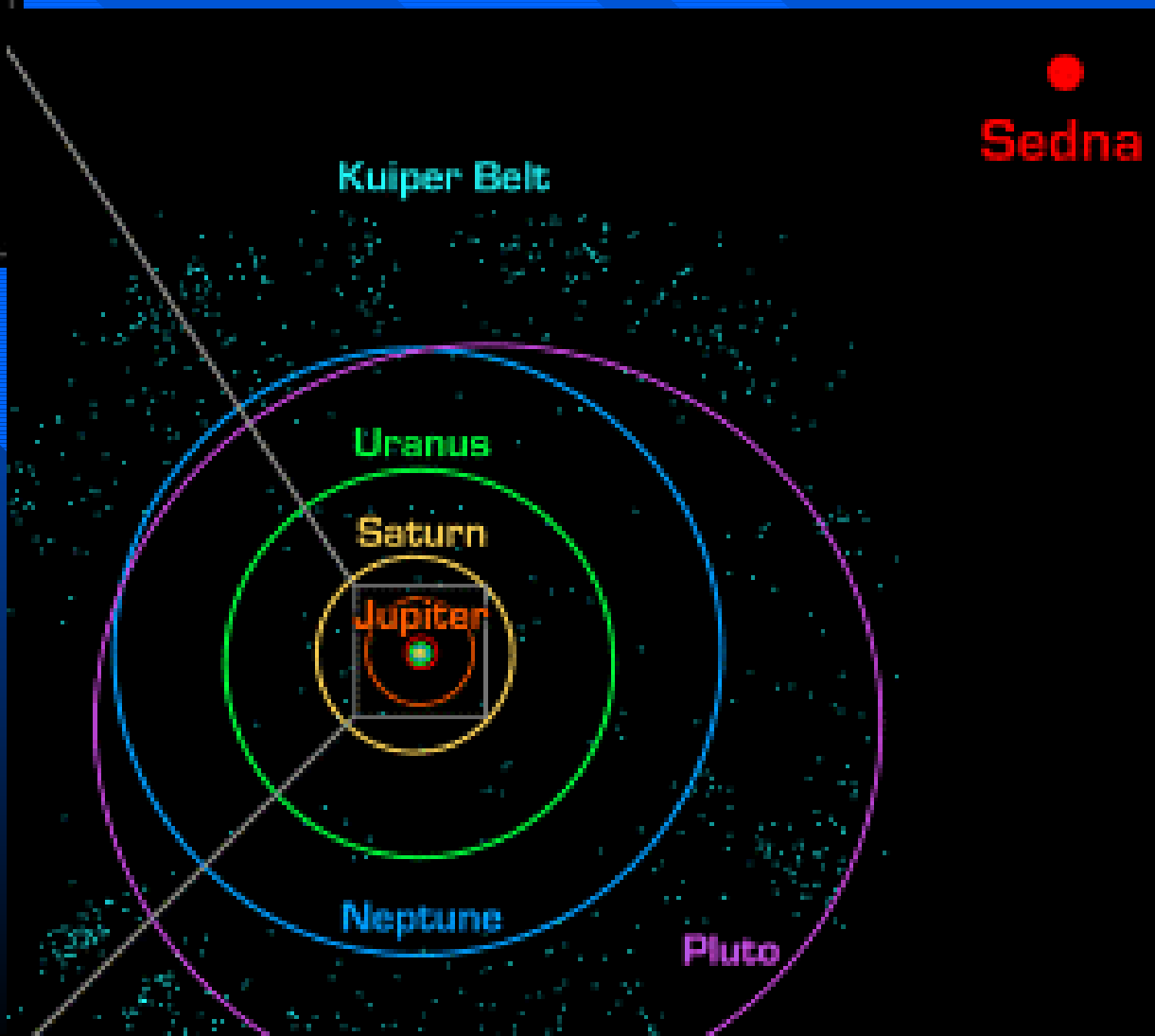
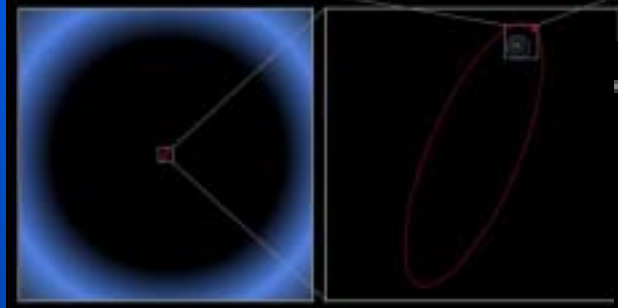
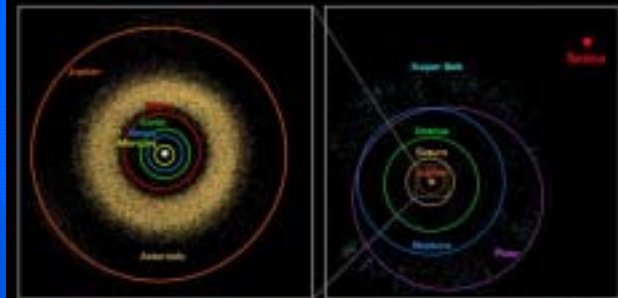
93.4.14

太陽系的第十顆行星？



命名為塞德娜 Sedna (海神)

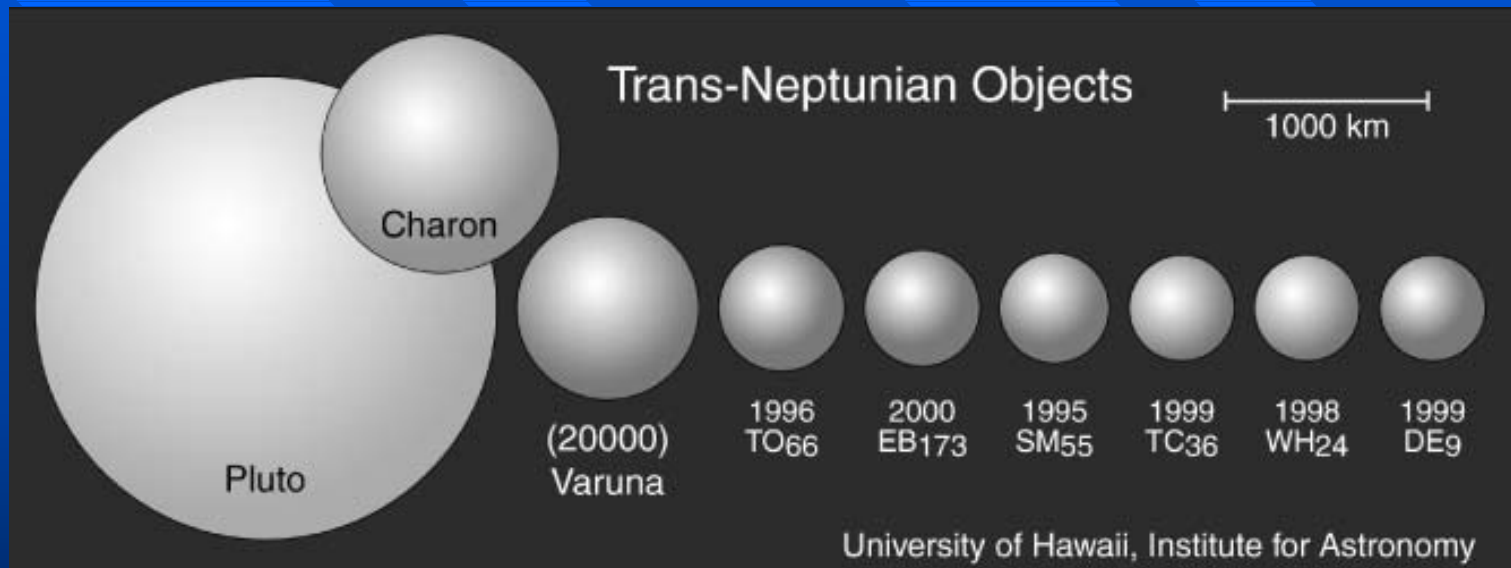




Sedna in artist's conception

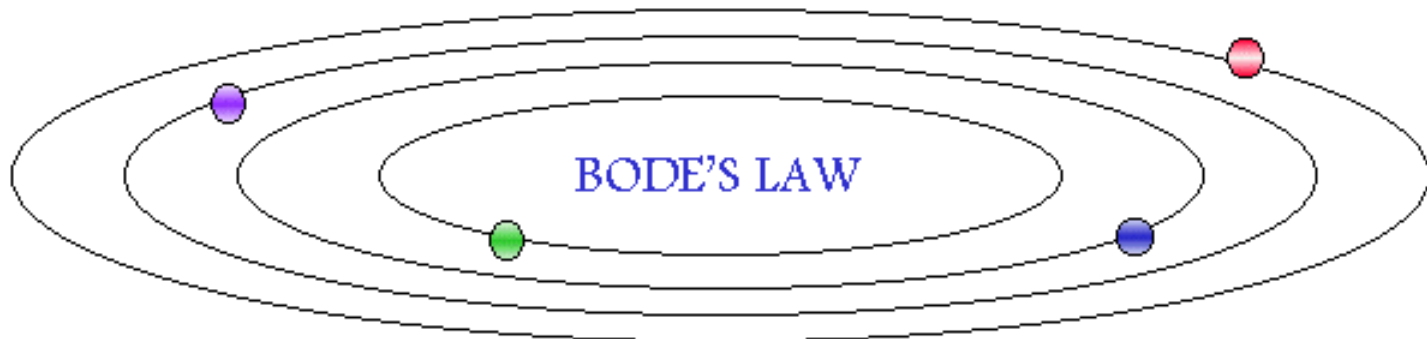


另一個天體：Varuna

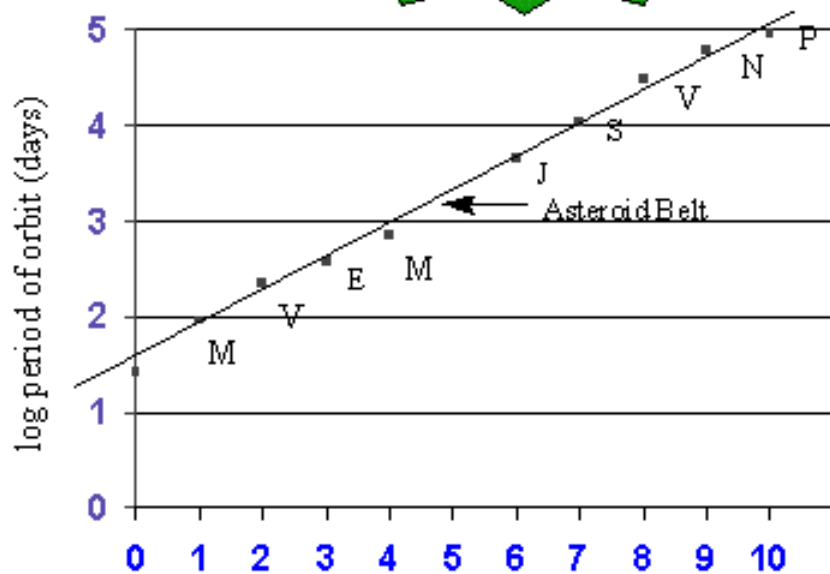


小行星帶理論上的預測— 波德定律 (Bode's Law, 1772)

- ✓ $0.4 = (0 + 4) \div 10$ (水)
- ✓ $0.7 = (3 + 4) \div 10$ (金)
- ✓ $1.0 = (6 + 4) \div 10$ (地)
- ✓ $1.6 = (12 + 4) \div 10$ (火)
- ✓ $2.8 = (24 + 4) \div 10$ (?)
- ✓ $5.2 = (48 + 4) \div 10$ (木)
- ✓ $10 = (96 + 4) \div 10$ (土)
- ✓ $19 = (192 + 4) \div 10$ (天) ...



$$P_n = P_o A^n$$

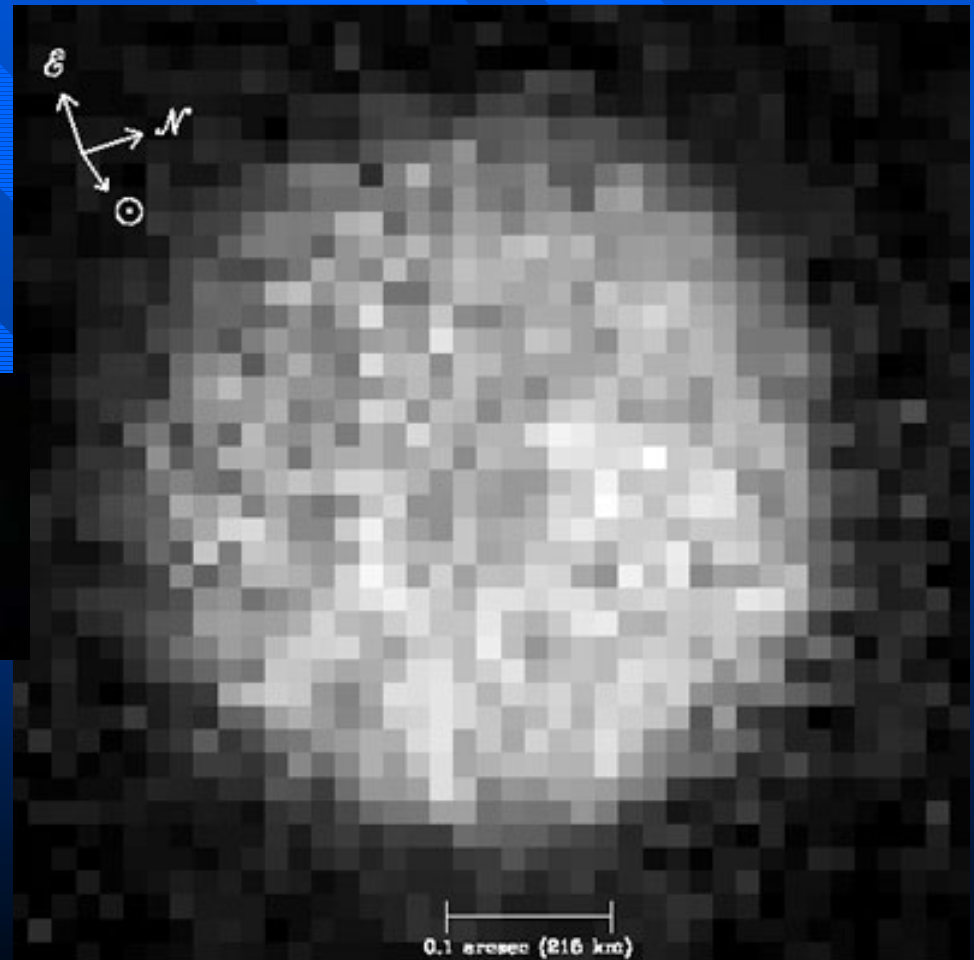
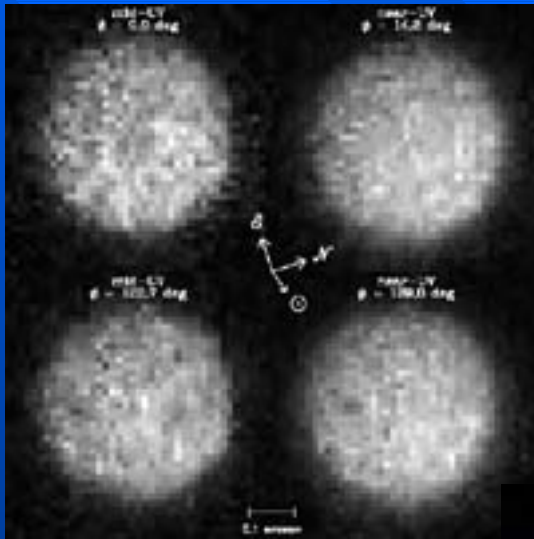


P_n = period of orbit of n^{th} planet
 P_o = period of sun's rotation
 A = semimajor axis of the orbit

主小行星帶(Main Asteroid Belt) 的發現

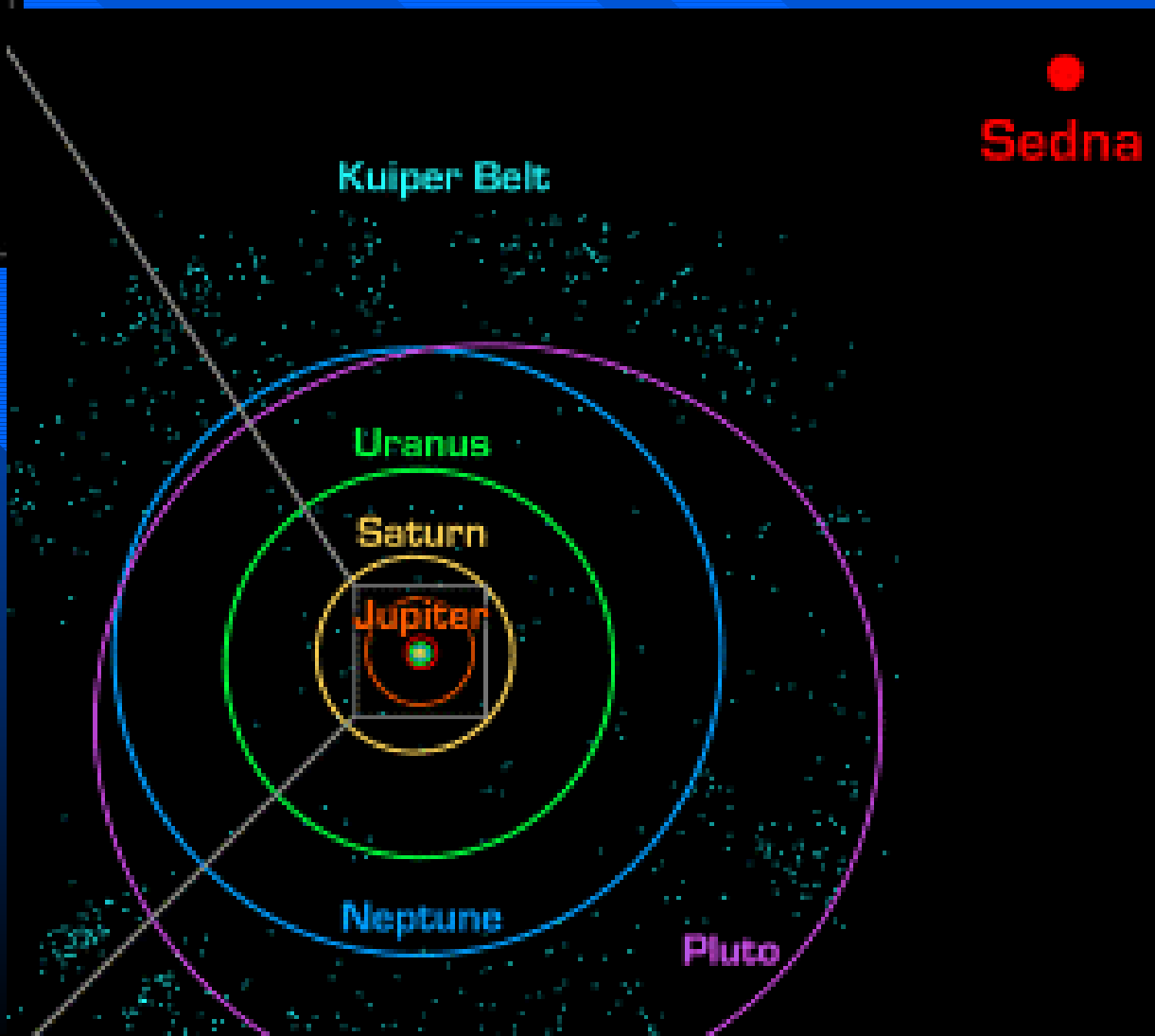
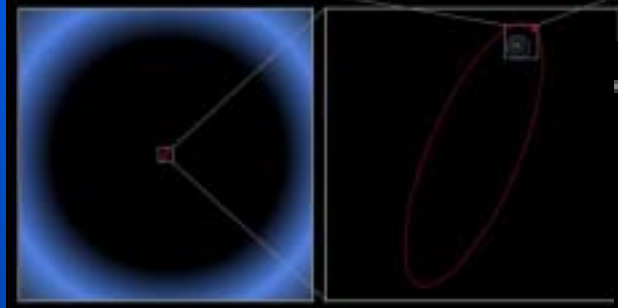
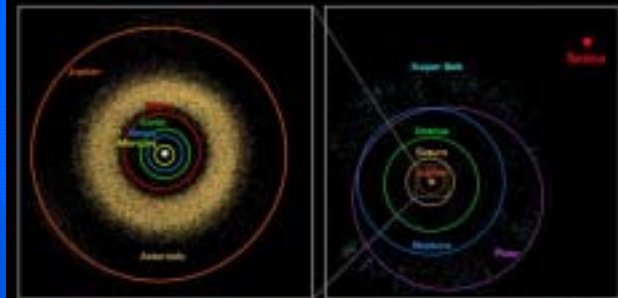
- 1801年，Piazzi發現「**穀神星**」(Ceres)
「**穀神星**」直徑僅**940**公里。
- 隨後在火星和木星軌道之間，陸續發現更多小行星，才知道「**主小行星帶**」(Main Asteroid Belt)的存在。
- 因為受到**木星潮汐力**的影響，小行星帶的碎片無法聚集，以形成大型的行星。

穀神星 (Ceres) 的發現



太陽系還有另一個小行星帶—— 古柏帶 (Kuiper Belt)

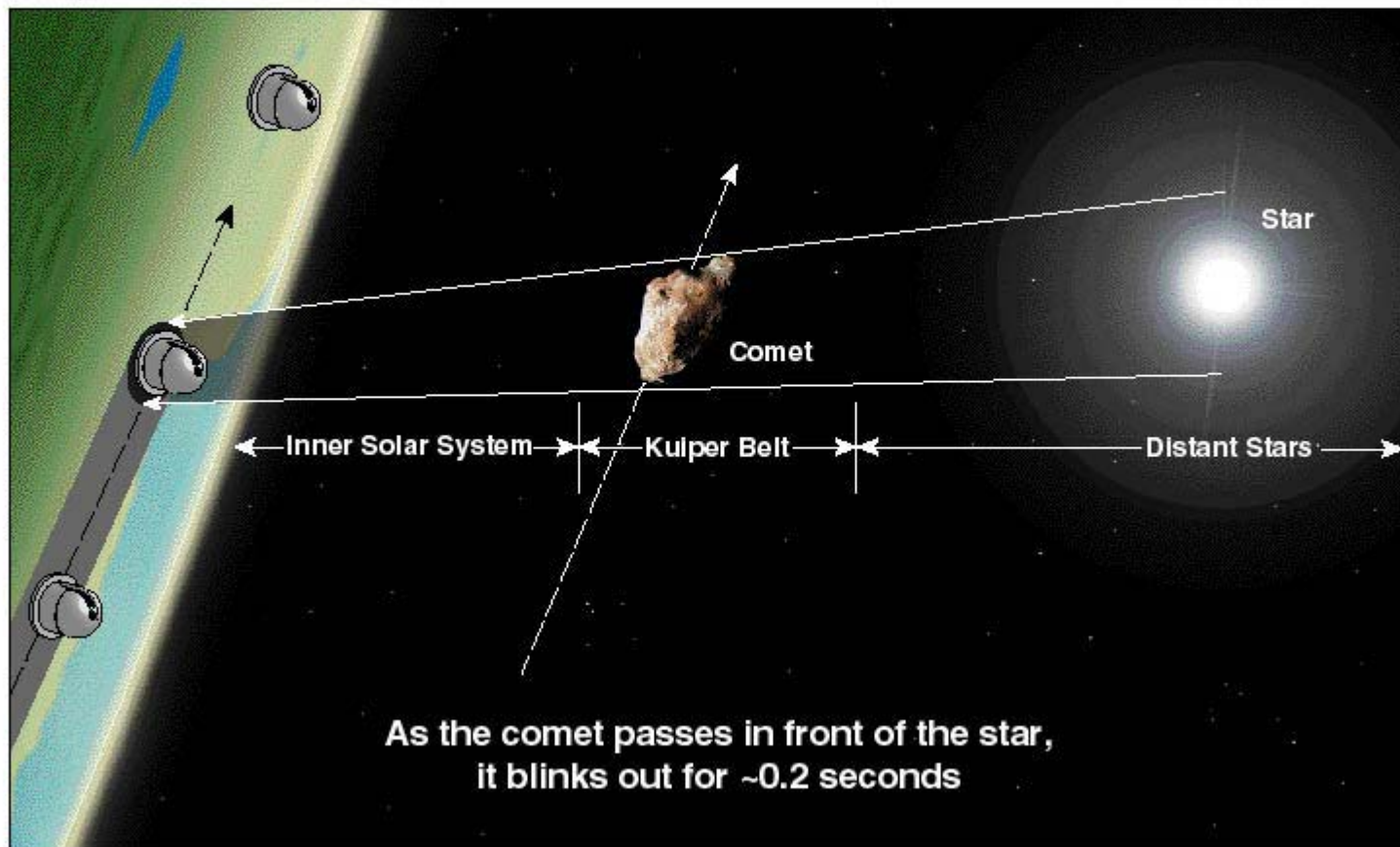
- **古柏帶天體**位於海王星的軌道之外。
- 自1992年第一次發現以來，我們已經觀察到了七百餘個**古柏帶天體** (KBOs)。
- 2002年10月，天文學家在冥王星以外又發現了一個較大的古柏帶天體，直徑1,248公里，命名為**魁瓦**(Quaoar)。
- 天文學家說：「在有了對古柏帶的認識之後，如果今天我們才發現冥王星，我們絕對不會稱它為一顆行星！」



計算古柏帶天體的數目— TAOS 計畫

- **Taiwan American Occultation Survey** (台
美掩星計畫)
- 中央大學、中央研究院、美國Lawrence
Livermore Lab
- 在鹿林前山設置 4 個小型望遠鏡，以天
體**擋光**的原理搜尋古柏帶天體。

Counting Kuiper Belt objects using occultations













1990 - Green house 鐵皮屋 (for Site Survey)





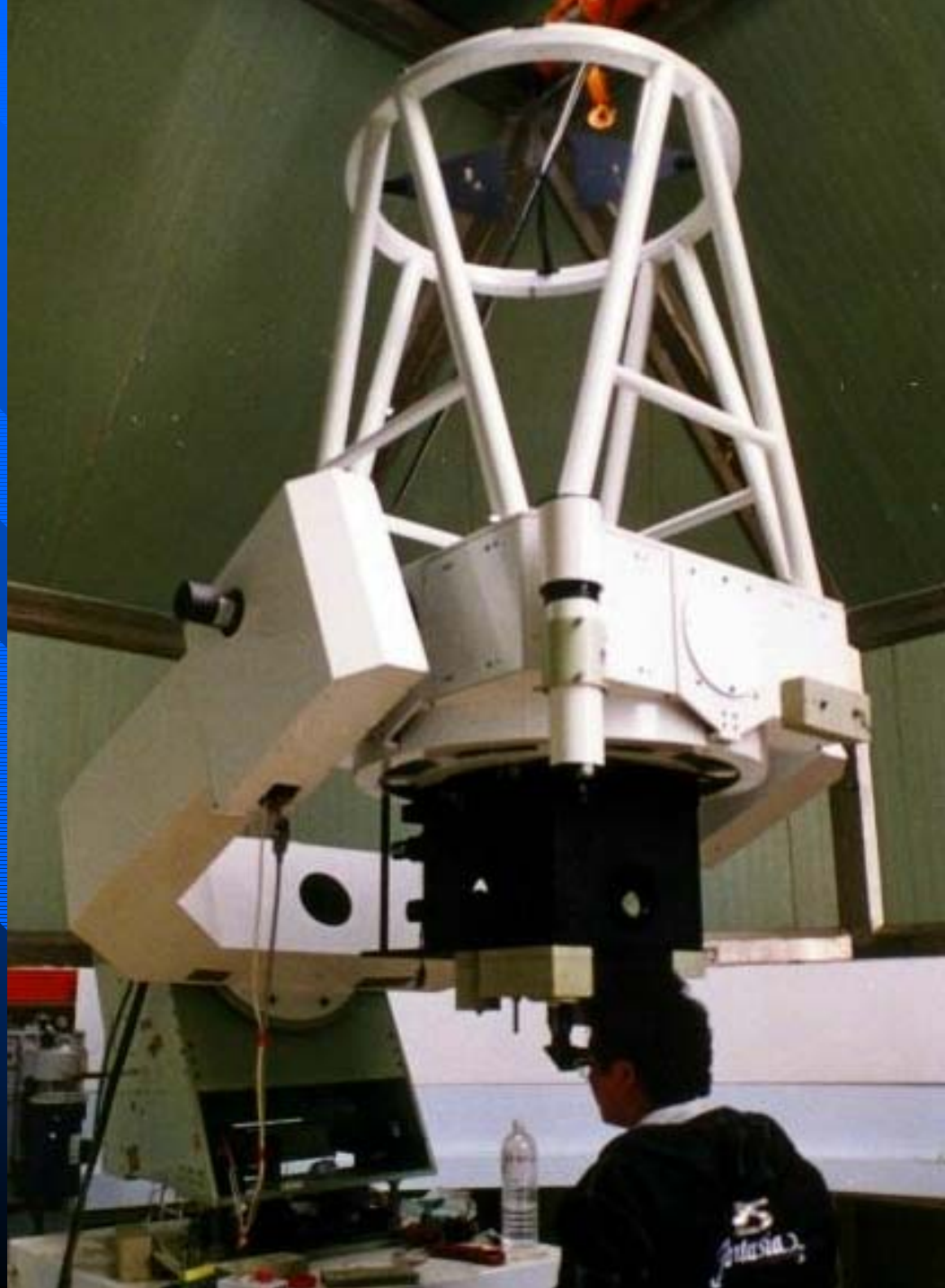
Ten years ago ... things were
carried up by local human power

1999 – 天文台 + Super Light Telescope



SLT

- ✓ 76公分望遠鏡
- ✓ 自行設計製造, 仍存在許多問題
- ✓ 未來擬更新為全自動觀測望遠鏡
- ✓ 更新方案1
- ✓ 更新方案2



2002 – Control Center 控制中心 + LOT



Graduate Institute of Astronomy, NCU

國立中央大學天文研究所

LOT

- $D=1,000\text{mm}$
 $f.l.\sim 8,000\text{mm}$
- Tracking (no guiding) $\sim 180\text{sec}$
- Pointing $\sim 1'$ RMS
- Limit Mag. ~ 19 ,
 $merr=0.1$ (R-band,
 $exptime=60\text{sec}$)
- Instruments: AP-8
CCD+UBVRI/H-
Alpha/OIII filters



Graduate Institute of Astronomy, NSU

國立中央大學天文研究所

Lulin Observatory 2002.10





0.5 m by Torus

TAOS 中美掩星觀測計畫

TAOS #A
#B

新彩裝與新建

之控制中心



TAOS

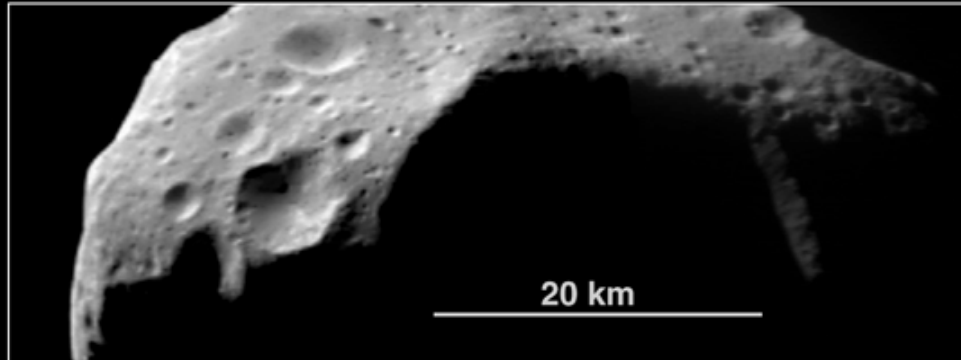
開啟後
的
TAOS#
A
TAOS#
B



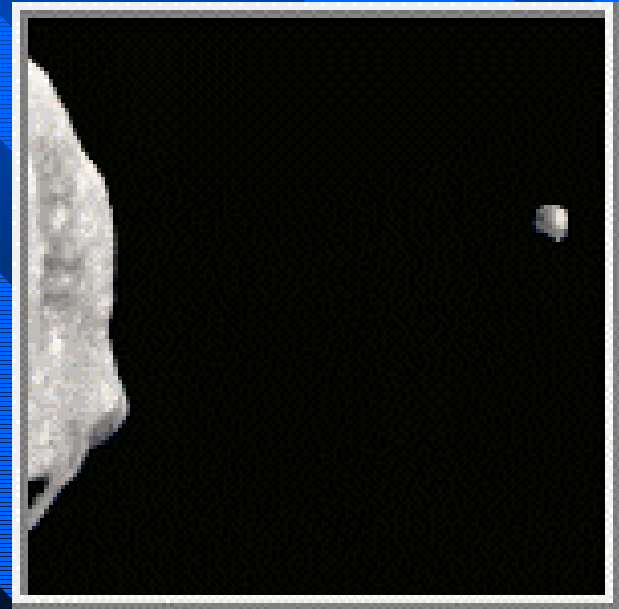
對小行星的深入研究任務 — NEAR-Shoemaker

- NEOs – Near Earth Objects
- 433 Eros (愛神)
- 1999年2月12日 Launch
- 2001年2月14日 Orbit Insertion
- 2002年2月12日 Landing
- 先研究另一個小行星 253 Mathilde

253 Mathilde



Ida and its Moon Dactyl



433 Eros – Target of the NEAR-Shoemaker Mission



NEAR - 433 Eros



Feb 10 2000 09:10:00



Close-up look of Eros



Landing – An unexpected ending!



流星和隕石的比較

- 大而重的外來物體穿過大氣層落到地上，即為**隕石**，這和在空中瞬間燒盡的**流星微塵**不同。
- 隕石撞擊會在地面留下圓形隕石坑。
例：美國亞歷桑那州**巴林傑隕石坑**
(Barringer Crater, 直徑1.6公里, 深約170公尺)

史上第一個被確認的隕石坑— 巴林傑隕石坑 (Barringer Crater, AZ)



巴林傑隕石坑形成的過程

- 大約在**四萬九千年前**，一顆隕石擊中了今日的亞利桑納州北部的大平原。
- 造成的大坑又深又廣，深約**六十層樓**，廣可同時容納**二十場足球賽**。
- 但這顆隕石原先的大小不過**幾十公尺**而已。
- 當時的人們由洞中央向下挖掘，希望找到殘存的隕石……。

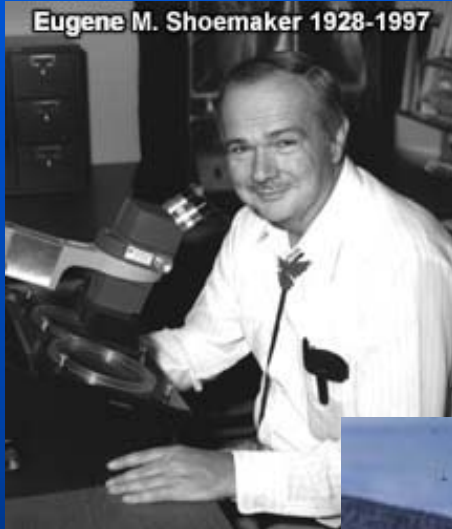
殘存的鐵隕石今日應仍在南緣的 山壁中



造成巴林傑隕石坑的那顆隕石 如今安在？

- 5% 在穿越大氣的過程中剝落
- 80% 在撞擊瞬間被高溫氣化
- 5% 散在隕石坑周遭的平原上
- 10% 留存在今日的南緣山壁中
(當地已成為美國訓練登月太空人的一處基地)

Eugene Shoemaker 已將其變為 一個登月太空人的訓練基地



USGS

<http://astrogeology.usgs.gov>

USGS

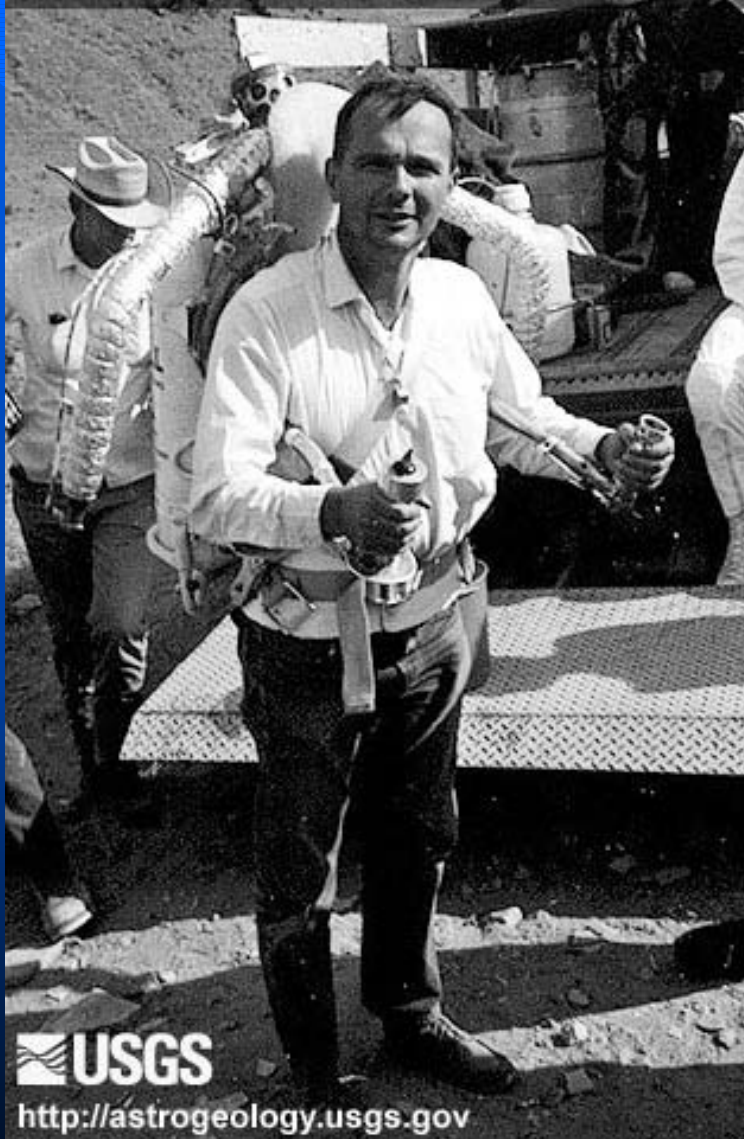
<http://astrogeology.usgs.gov>

人工製造月面隕石坑的環境

Recreating the Moon on Earth
Cinder Lakes, Flagstaff, Arizona



Gene Shoemaker donning Bell rocket belt



Gene Shoemaker training astronauts at Meteor Crater



 **USGS**

<http://astrogeology.usgs.gov>

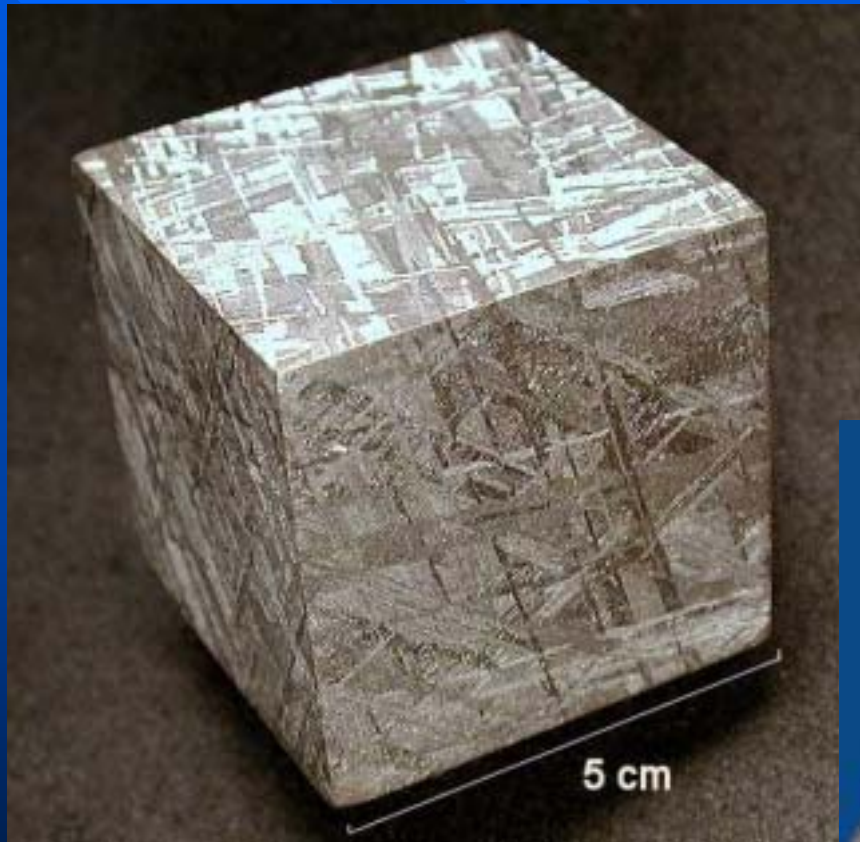
 **USGS**

<http://astrogeology.usgs.gov>

隕石的種類

- **鐵隕石** —— 由純鐵和純鎳構成（類似**地球核心**的物質），鐵的成分可高達95%以上，戰國時的先民使用「**隕鐵**」做為兵器。
- **石隕石** —— 類似**地球深部**的石頭，以**鎂、矽**為主要成分。
- **石質隕鐵** —— 石質和鐵質的混合。

鐵隕石



上古中國有關隕石的紀錄

- 竹書紀年：「夏禹八年，夏六月，雨金於夏邑。」（西元前二十一世紀）
- 春秋，魯僖公十六年：「隕石於宋，五。」（西元前六百四十五年）
- 史記，秦本紀，始皇三十六年：「星墜至地，則石也。」（西元前二百一十一年）
（三國演義：「星落五丈原」）
- 歐洲人呢？

隕石傷過人嗎？

➤ 外國似乎沒有致命的案例，但中國一向在天文學的各個領域都是領先的……。

➤ 明孝宗弘治三年，陝西省慶陽縣——
(西元1490年)

明史：「慶陽縣隕石如雨，大者四五斤，小者二三斤，擊死人以萬數，合城之人皆竄他所。」

地球表面為何沒有明顯的隕石坑？

- 有人說：有月球幫地球擋災，所以月球表面坑坑窪窪，地球完好如新。
- 但事實上：地球遭受隕石撞擊的機率，比起月球來只會大不會小，因為地球的**截面積**比月球大13.5倍，**重力場**強6倍。
- 如果要讓來犯的隕石選擇目標，一定是地球而非月球。

Earth-Moon System viewed from Mars



Mars

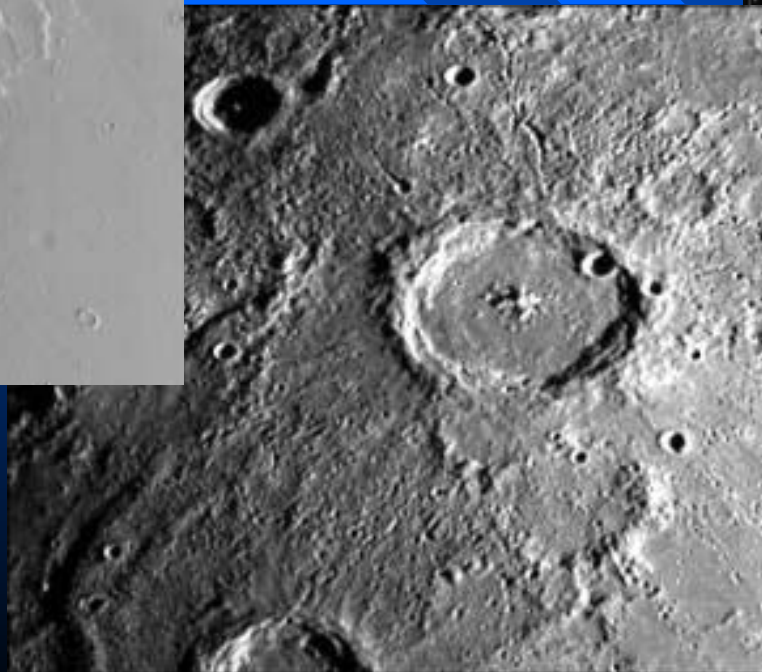


各天體上的隕石坑

Moon



Mercury



地球表面為何沒有明顯的隕石坑？

（續）

- 又有人說：地球有**大氣層**，可以保護地表生物，盡殲來犯之敵於空中。
- 但事實是：地球大氣層也無法燒毀來犯的隕石，隕石下落的速度約為**時速七萬公里**，穿過數百公里的大氣層只要幾秒鐘。隕石表面雖會燒得焦黑，但熱量無法在這麼短的時間裡傳到內部。

地球表面為何沒有明顯的隕石坑？ (續)

➤ 主要因為地表的**侵蝕作用**：

—— 風化

—— 水蝕

—— 火山噴發

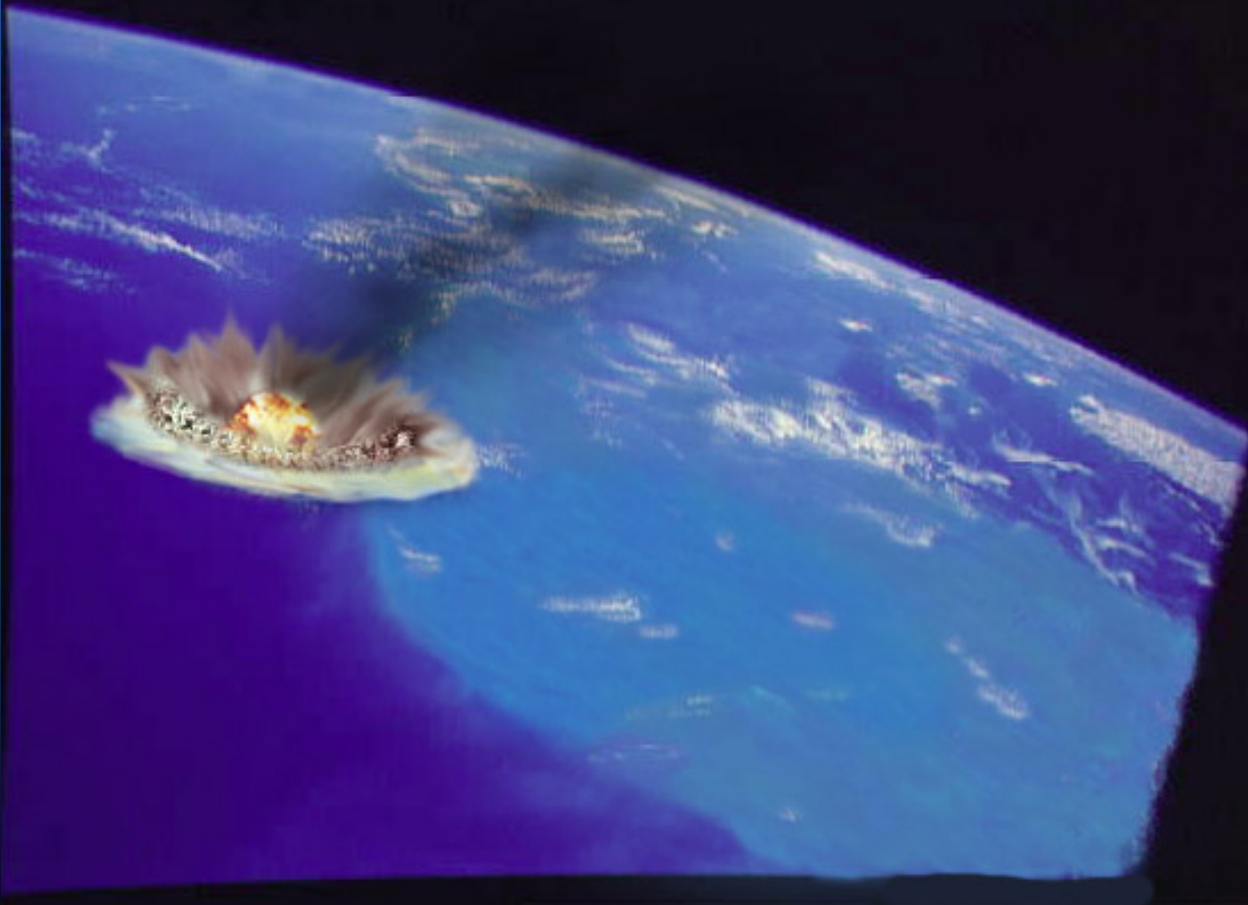
—— 板塊運動

使得地球表面的撞擊痕跡隱而不顯，近年來由高空及近太空拍攝的照片，才使得歷史上的隕石撞擊痕跡一一現形。

隕石的來源

- 地球上的隕石主要來自三個地方：
 - **月球**：表面受外來物體撞擊，碎片噴濺進入太空，長久漂浮，最終落入地球大氣層。
 - **火星**：與月球情形相同。
 - **小行星帶**：彼此互撞，碎片偏離軌道，最終落入地球大氣層。

CHICKXULUB IMPACT EVENT



[KT
Boundary](#)

[Discovery](#)

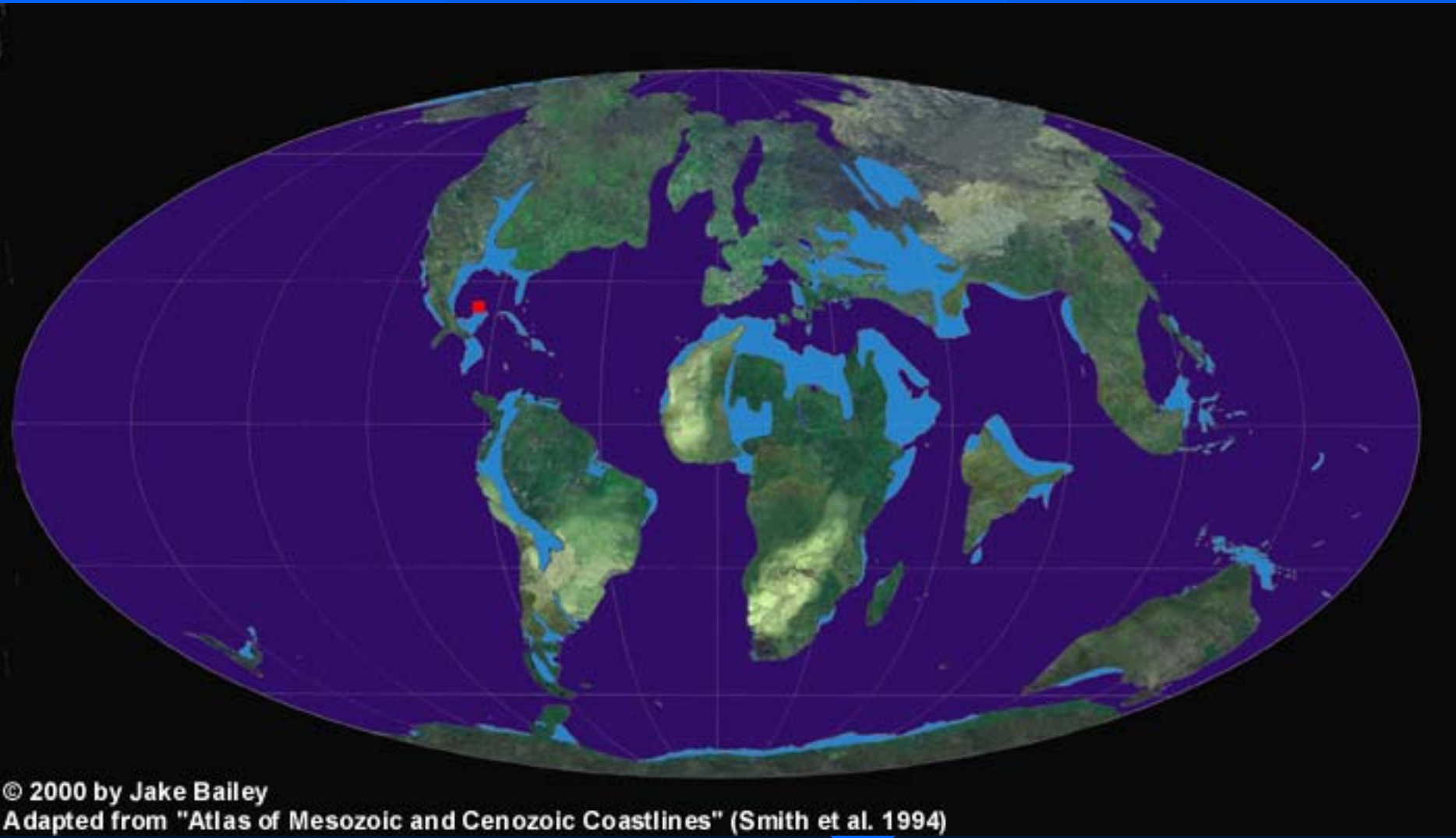
[Drilling
Project](#)

[Regional
Effects](#)

[Global
Effects](#)

[Students &
Teachers](#)

[Links](#)



© 2000 by Jake Bailey
Adapted from "Atlas of Mesozoic and Cenozoic Coastlines" (Smith et al. 1994)





Each blue dot below represents a cenote such as the one to the left.



K-T Boundary

