

大不大又怎樣？

陳文屏

中央大學天文所、物理系

2019.09.21@高雄港和國小

演講投影片

<http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/Tmp/sizeMatters.pdf>

雜誌文章

http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/wp_chen/essay/sizesNG.pdf

想想要是體重增加只會長高，而不會變胖，該有多好。

蟑螂被放大槍打到，變成像球鞋那麼大，怎麼辦呢？

為什麼胖子容易流汗？

為什麼跳蚤的腳那麼細，大象的卻那麼粗？

為什麼太陽、地球、月亮都是球體，小行星卻不是？

天體的大小除了影響形狀，也決定誕生時是否難產，成年後是否出人頭地，以及最後是壽終正寢還是英年早逝 …

長度、面積與體積

體積（裝東西）

體積越大，質量、
總熱量越多

面積（跟外面接觸）

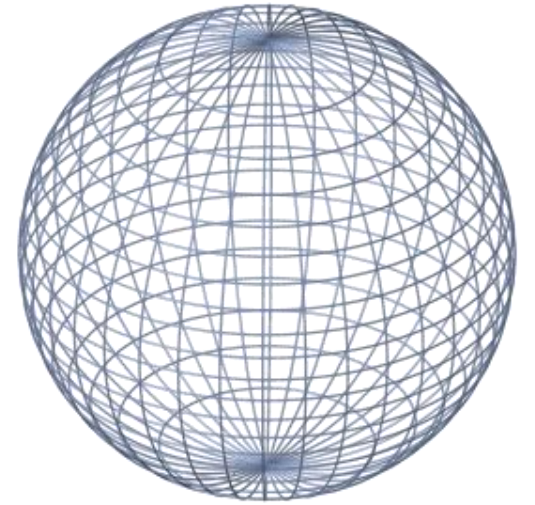
面積越大，散熱越快



$$\text{邊長} = L$$

$$\text{面積} = 6 \times L \times L$$

$$\text{體積} = L \times L \times L$$



$$\text{半徑} = R$$

$$\text{面積} = 4\pi \times R \times R$$

$$\text{體積} = \frac{4\pi}{3} R \times R \times R$$

同個東西分成小塊

體積一樣，但面積變大

熱容量一樣，但散熱快



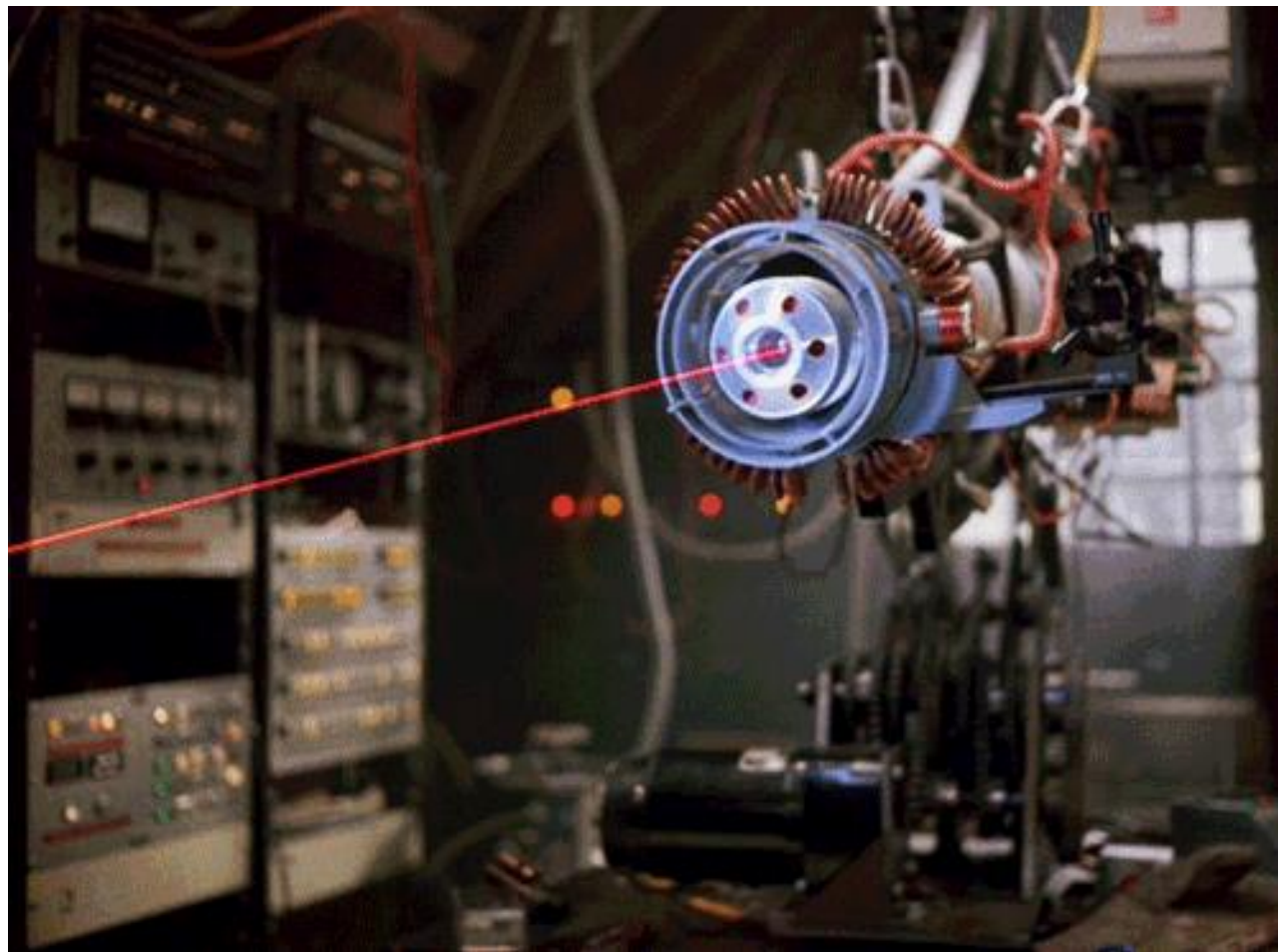
一般來說小東西面積相對比較大

- 小樹枝（煤炭）比較好燃燒
- 咖啡分成小杯冷得快
- 胖子容易流汗





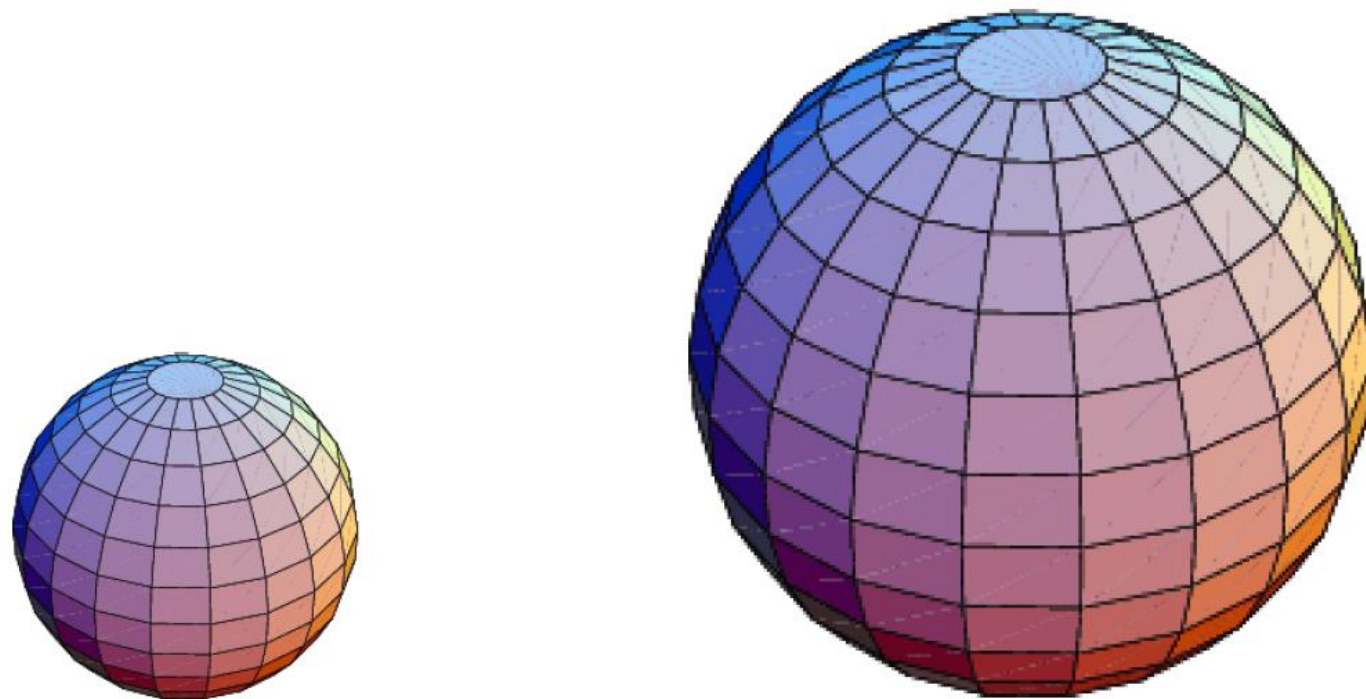
蟑螂噁心，放大的蟑螂，
大大噁心，怎麼辦？



放大槍
「親愛的我把孩子變小了」
「我把老師變小了」



如果等比例放大，長度放大
2倍，面積放大4倍（平方），
體積放大8倍（立方）

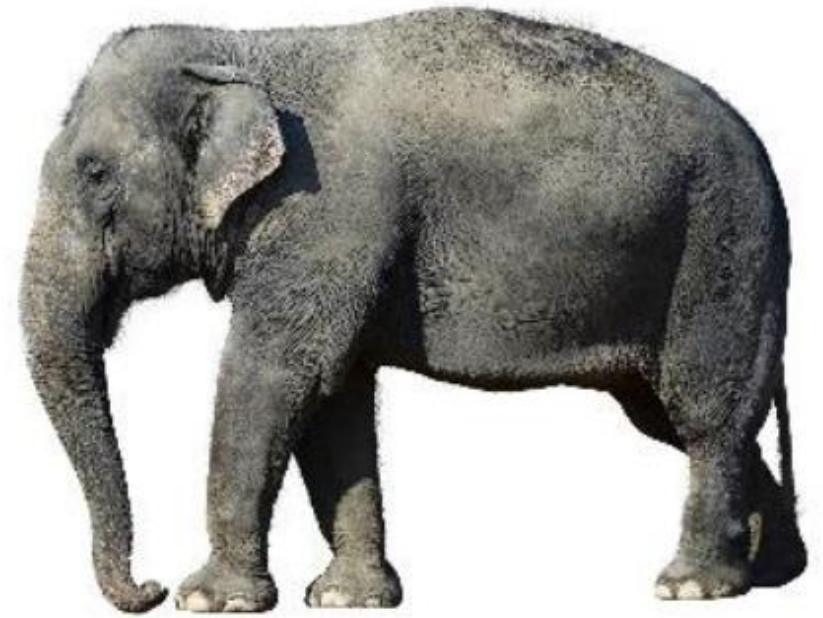
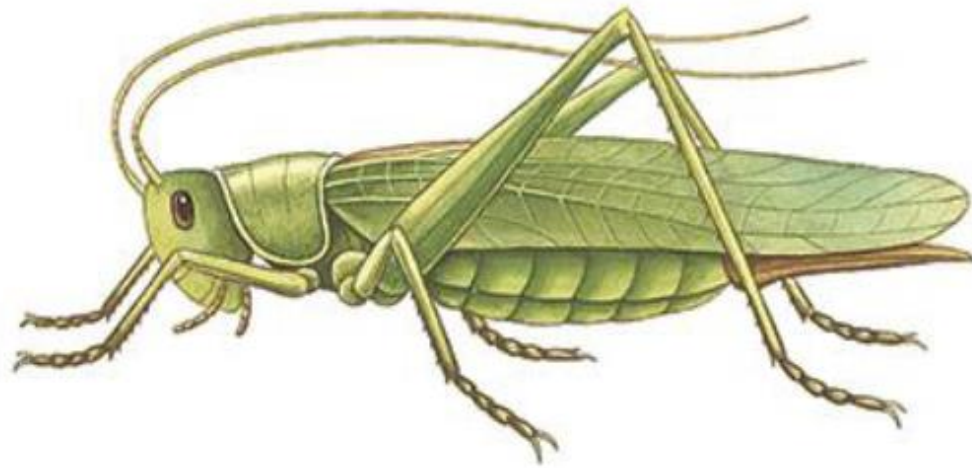


當左圖的球體直徑放大 2 倍成為右圖，表面積成了 4 倍，而體積成了 8 倍

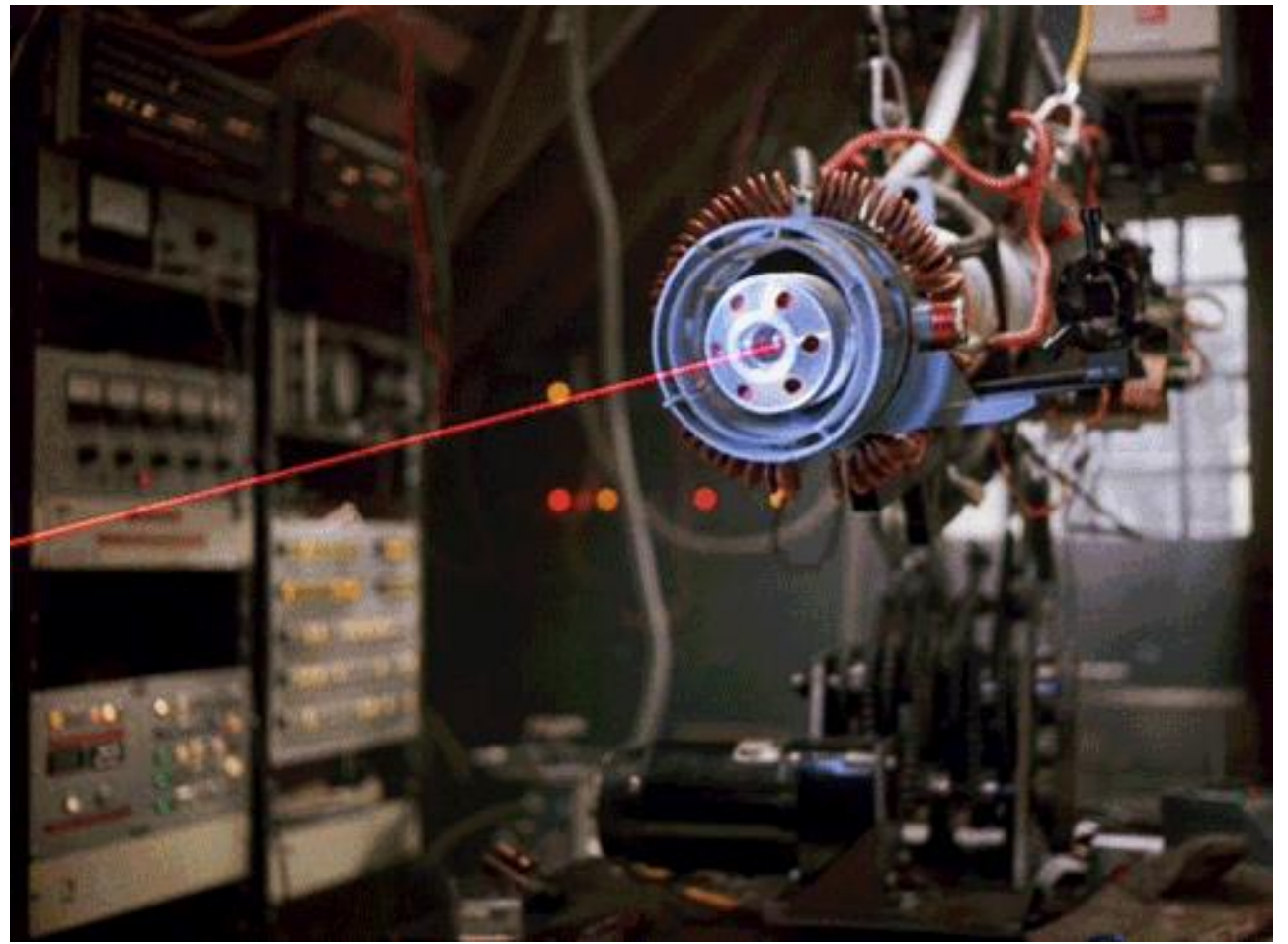
生物的大小

體積大（重），腿必須粗，
否則截面積承受不了重量

輕的生物，即使腿
腳纖細，照樣靈活



左圖的蚱猛長度只有數公分，比右圖超過兩公尺的大象小得多。
大象腿徑粗大才能支撐龐大身軀，而蚱猛以纖細的腿能靈活跑跳



拿出放大槍，拿出物理，調高
放大倍數 體重放大 N^3 倍，腿粗放大 N^2 倍

讓它連站都站不起來！

太陽系家族之「巨口名簿」

恆星

靠內部的行星
(水、金、地、火)
體積小、岩石質

靠外部的行星
(木、土、天王、海王)
體積大、氣體、冰體

行星

八顆

矮行星

五顆

衛星

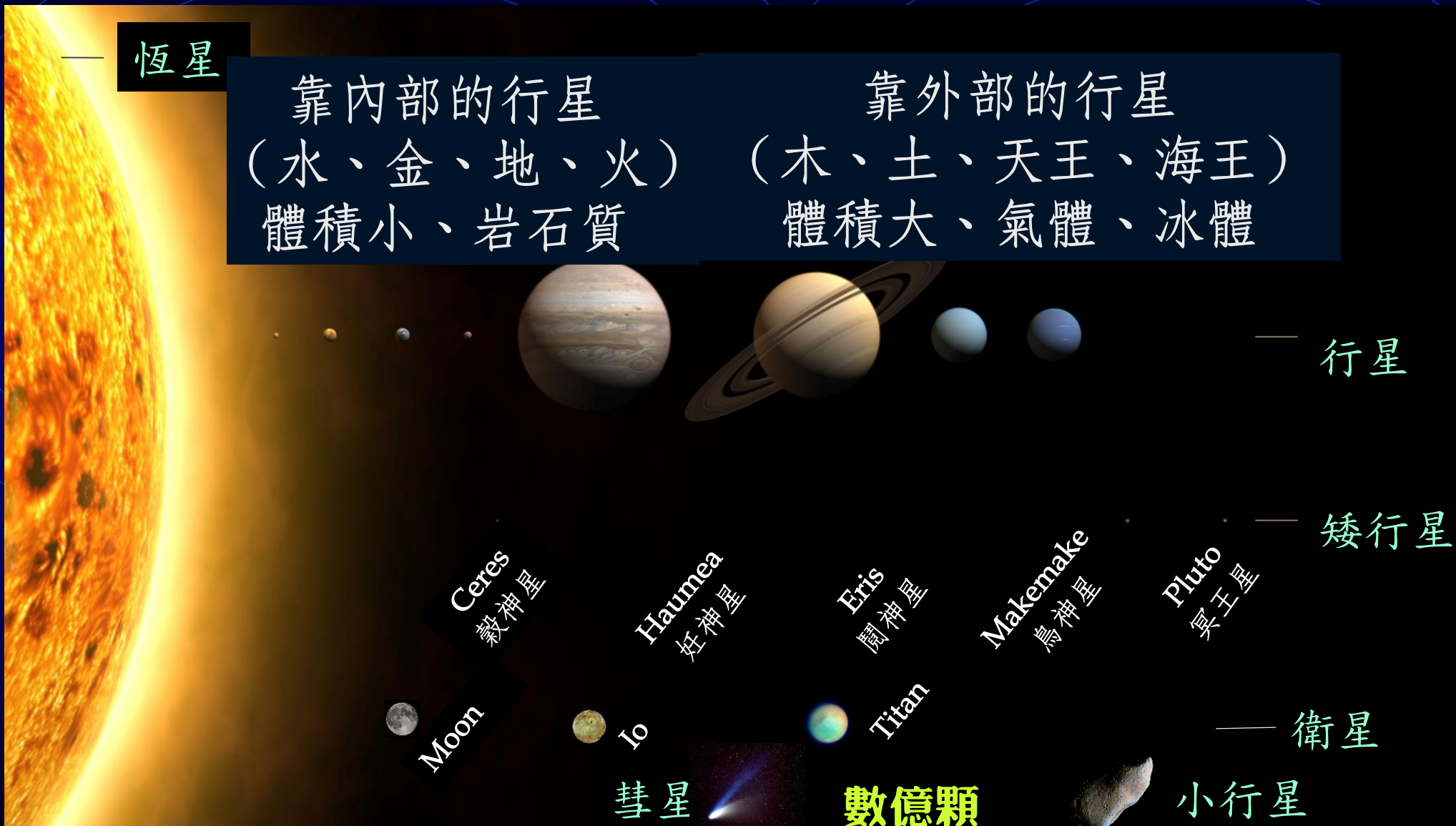
百來顆

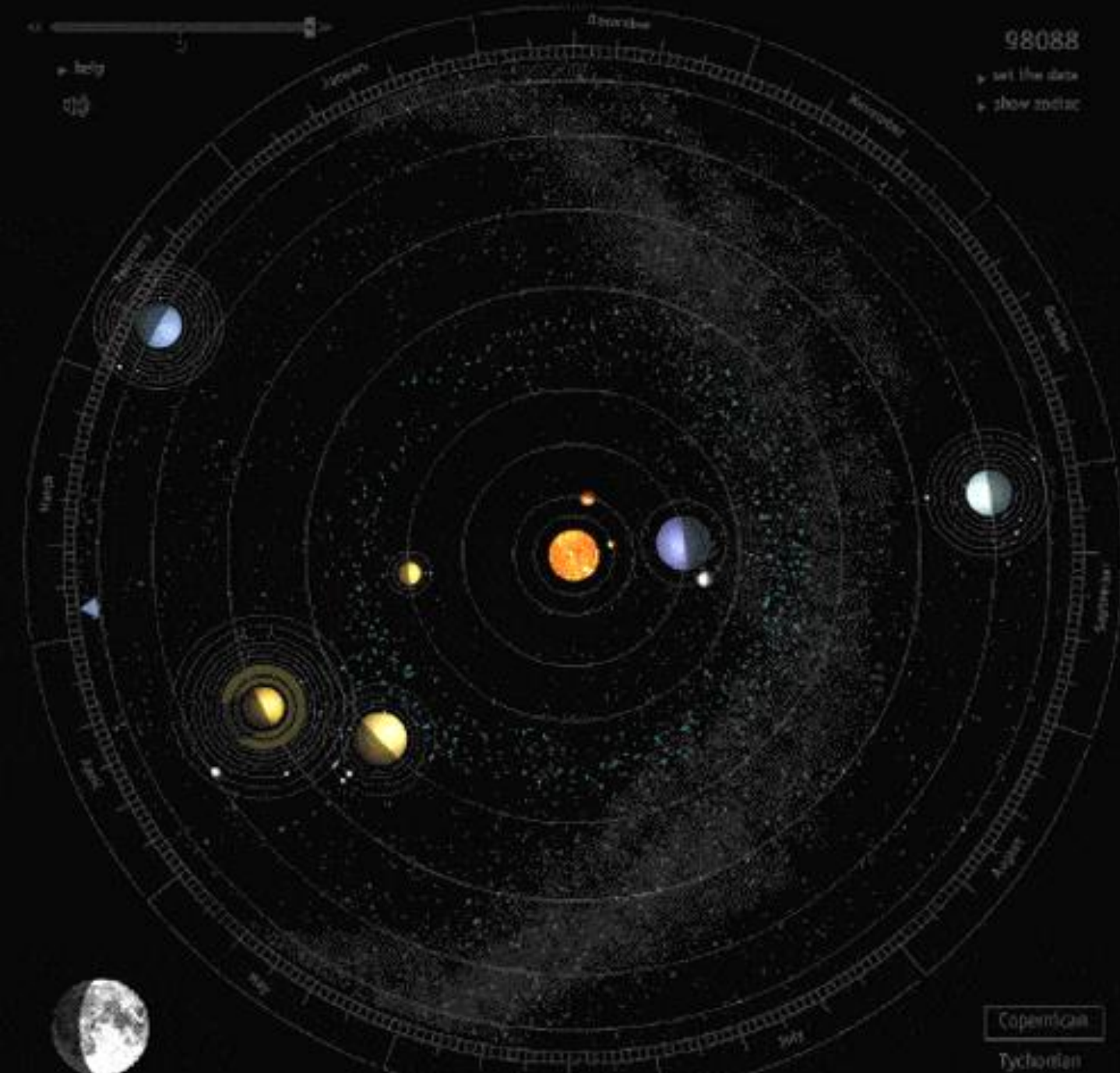
彗星

數億顆

小行星

百萬顆





金星
地球半徑
95%



地球
半徑
6371公里



火星
地球半徑
53%

地點、地點、地點

開店選址
良禽擇木而棲
孟母三遷（選學區？）



行星	距離太陽	表面溫度	大氣壓	大氣成分
金星	0.7 au	462°C	92 巴	二氧化碳
地球	1.0 au	-90~ + 60 (15°C)	1 巴	氮、氧
火星	1.5 au	-143~ + 35 (-63°C)	0.6% 巴	二氧化碳

金星跟地球差不多大小，但稍微靠近太陽，陽光使得水無法以液態存在，導致嚴重的「溫室效應」

地球有大量液態水

火星離太陽稍遠，水以固態存在（或有地下水）

地球



金星



火星



天體大小的影響

月球距離太陽跟地球差不多
那為什麼地球生意盎然，而
月球極度貧瘠？

因為...月球太小，抓不住大氣，
內部不夠熱，沒有磁場

地球「**得天獨厚**」之處，
在於**適當**的大小與位置



地球與月球跟太陽距離相當，但環境條件迥異的主要原因，就是大小不同（NASA 伽利略衛星所拍攝）

天體的形狀

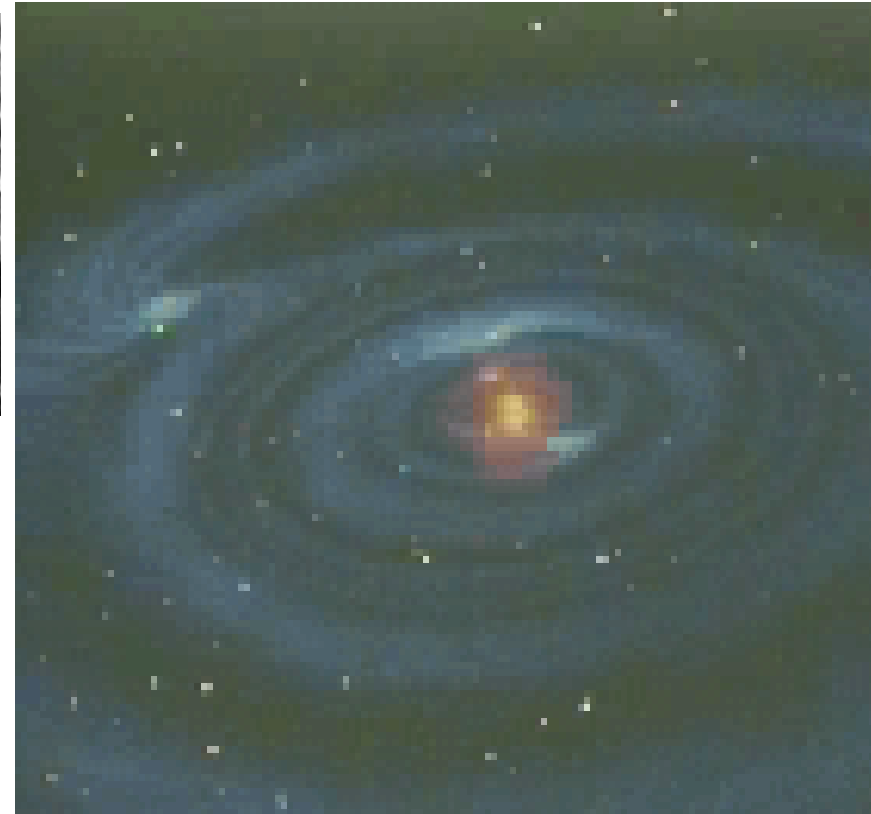
太陽系沒有「愛的教育」

地球、月球、火星 ...

都是「打大的」



月表隕石坑



地表隕石坑



小行星

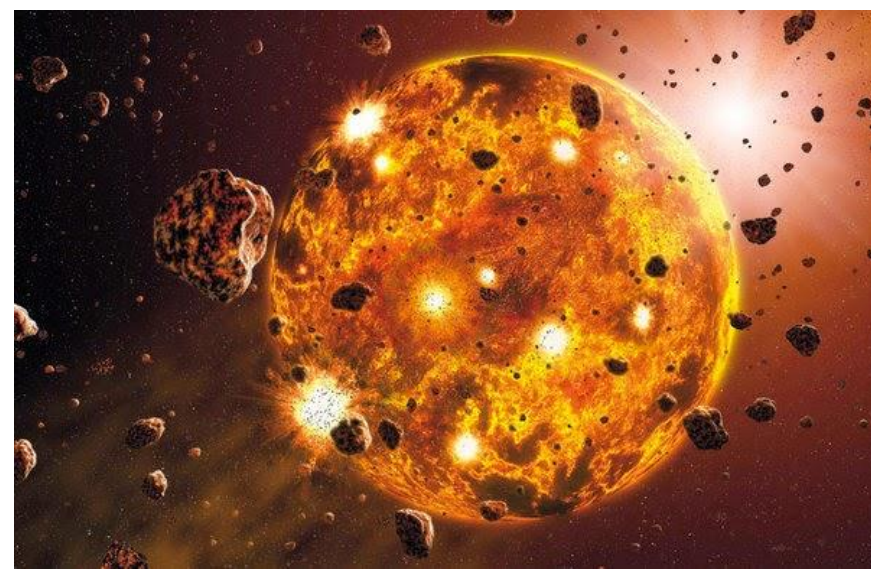
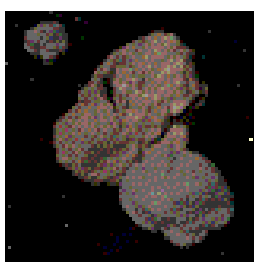
被這樣的東西撞擊



自己也被撞

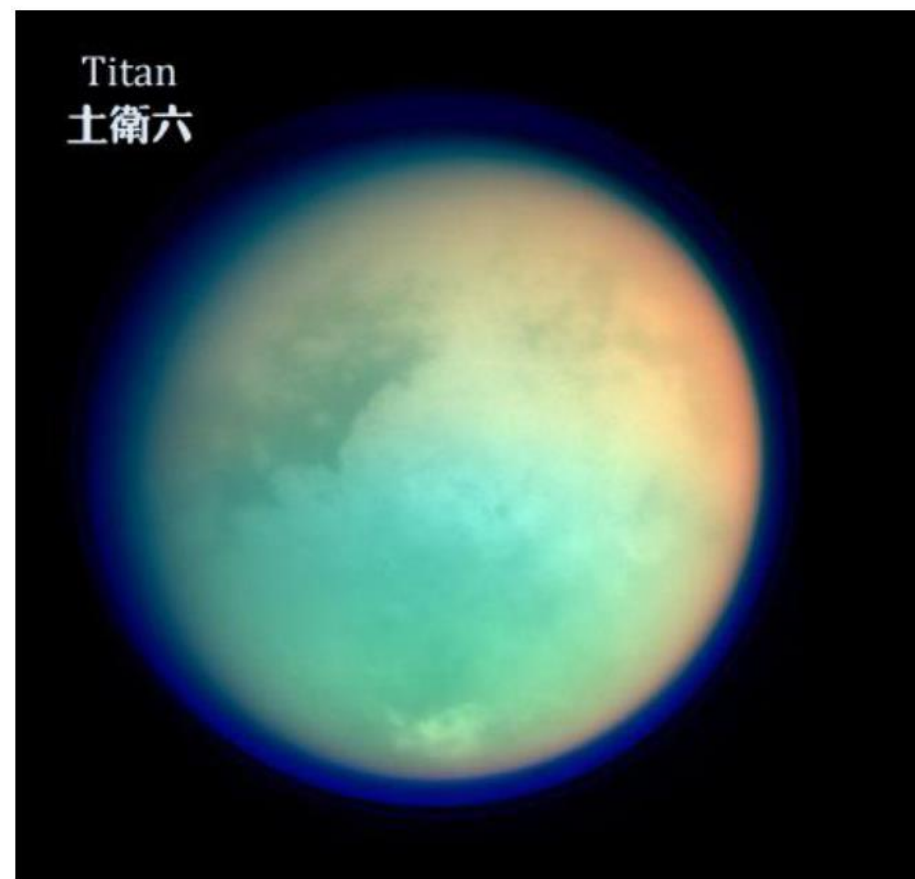
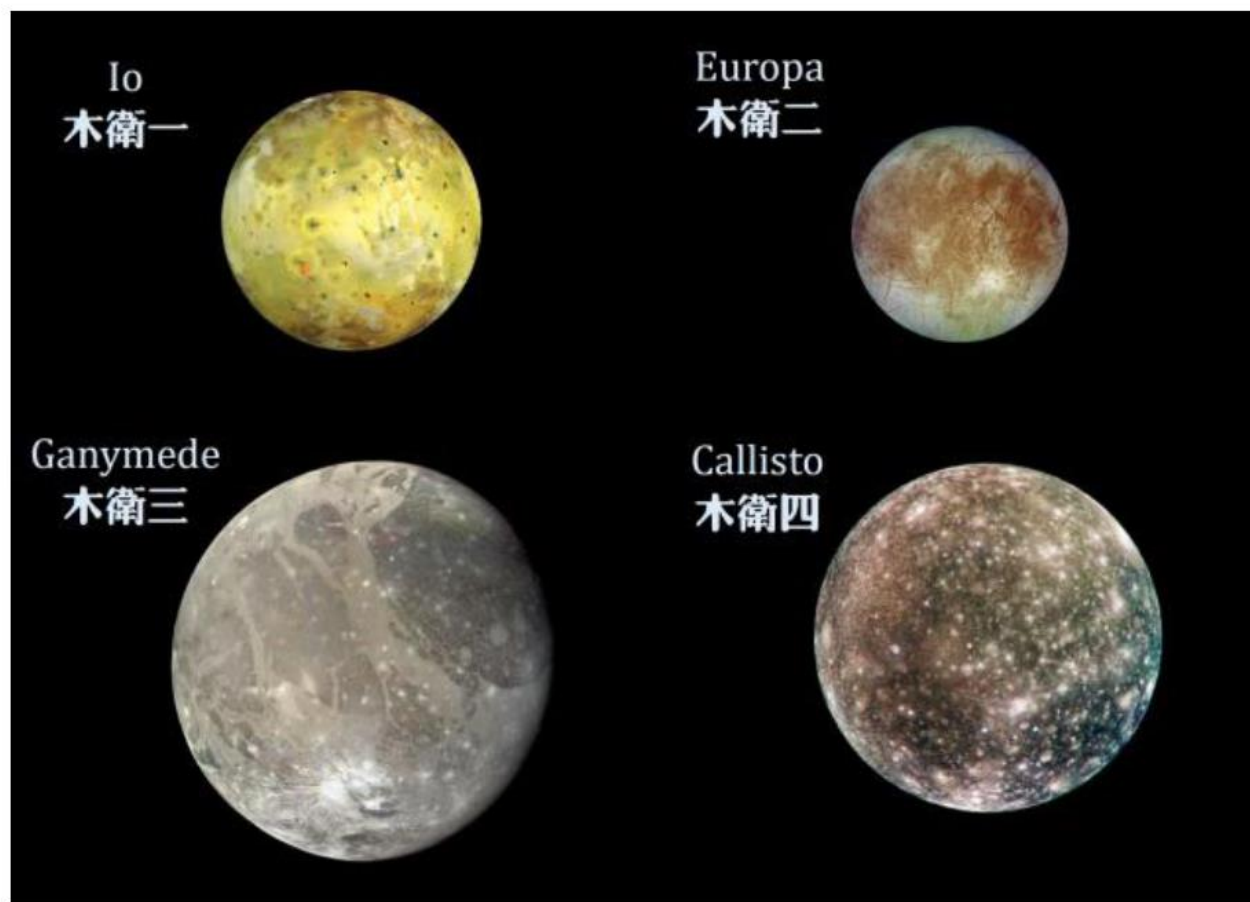


隕石



- 大約46億年前，太空中某團雲氣因為自身引力而收縮
- 中央形成了太陽
- 周遭雲氣收縮成扁平形狀
- 盤中塵埃聚集成越來越大的天體

- 前幾億年大量轟擊，然後逐漸冷卻
 - ✓ 大東西冷得慢，好整以暇把自己拉成圓體才凝固
 - ✓ 小東西冷得快，形狀不一



(左圖) 伽利略發現的四個木星衛星，木衛一（直徑 3642 公里）、木衛二（直徑 3122 公里）、木衛三（直徑 5268 公里）、木衛四（直徑 4820 公里），以及（右圖）土星的衛星泰坦（土衛六，直徑 5152 公里）都呈現圓形。泰坦有明顯的大氣

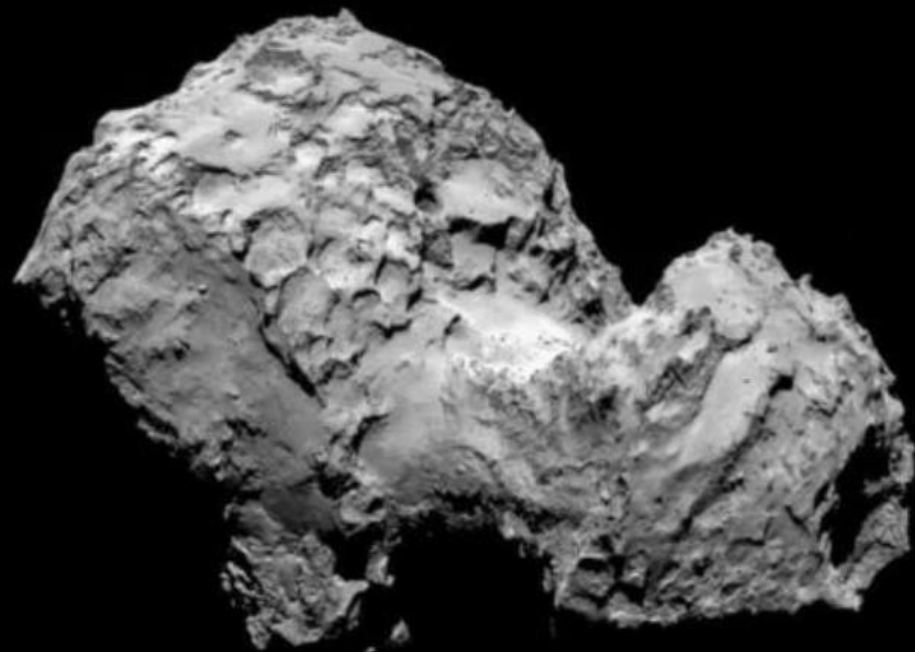
25143 Itokawa
糸川小行星



Hayabusa mission

圖片來源：JAXA

Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko
67P 彗星



Rosetta mission

圖片來源：ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/TNTA/UPM/DASP/IDA

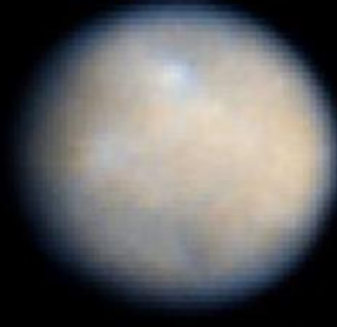
(Not to Scale)

Pluto
冥王星



HST enhanced

1 Ceres
穀神星



HST

2 Pallas
智神星



HSTUV

4 Vesta
灶神星



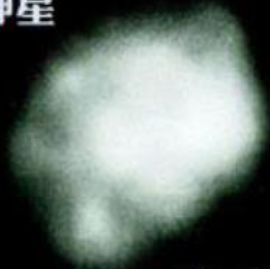
Dawn mission

Mimas
土衛一



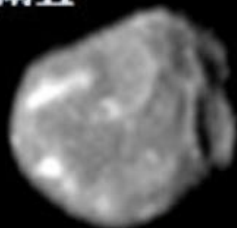
Cassini mission

3 Juno
婚神星



Hooker/Mt Wilson

Amalthea
木衛五



Galileo mission

(243) Ida
艾達



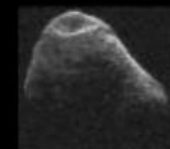
Galileo mission

1P/Halley
哈雷



Giotto mission

(214869)
2007 PA₈



Ground radar

(Not to Scale)

太陽系小型天體的外觀，大小未照比例顯示

天體名稱	天體大小
冥王星 (Pluto)	平均直徑 2323 km (不含大氣)
穀神星 (1 Ceres)	赤道直徑 975 km ; 兩極直徑 909 km
智神星 (2 Pallas)	582 × 556 × 500 km
灶神星 (4 Vesta)	578 × 560 × 458 km
土衛一 (Mimas)	416 × 393 × 381 km
婚神星 (3 Juno)	320 × 267 × 200 km
木衛五 (Amalthea)	250 × 146 × 128 km
艾達小行星 (243 Ida)	54 × 24 × 15 km
哈雷彗星 (1P/Halley)	15 × 8 × 8 km
(214869) 2007 PA ₈ 小行星	~1.6 km

球

250~300公里？

不

球

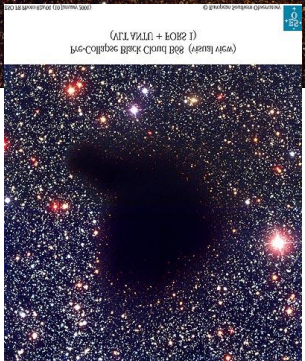
人之初 性本善

那「星」呢？



恆星大小 之於生

大不大 → 難產？



雲氣要是夠大，收縮之後中央溫度夠高，
便能點燃核子反應 → 恆星誕生

恆星大小 之於走

大不大→活得耀眼？

- 質量大於太陽質量的10% → 中央夠熱，氫核子反應產生氦，釋放能量讓氣體快速碰撞，抵擋引力
→ 恆星 長時間維持光亮（太陽可以發光發熱100億年）
- 質量不到太陽10%，但是大於1% → 沒有氫核子反應，但有些元素可以（氘、鋰）
→ 棕矮星 短暫維持光亮
- 質量不到太陽的1% → 沒有任何核子反應
→ 如行星般 從生下來就持續變暗

恆星大小 之於死

大不大→死得轟烈？

- 小質量恆星→ 中央氫氣用罄
→ 核心縮下去（白矮星）→ 冷卻（黑矮星）
- 太陽 → 中央氫氣用罄
→ 核心內縮、外層膨脹（紅巨星）
→ 外層拋出（行星狀星雲）、裸露出核心（白矮星）
- 大質量恆星→ 中央氫氣用罄
→ 核心劇烈縮下去（中子星）、外層爆發（超新星）

大小以外的影響

- 自轉（流體扁平）
- 磁場
- 環境（同伴引力、物質交換）