

不規則衛星中含有的礦物組成與碳質球粒隕石相近，為原始太陽系的星雲，它們就像古生物學上的化石，探測不規則衛星可以幫天文學家們了解太陽系早期演化的歷史過程。

行星演化與星雲假說

天文學上有數種不同的假說被引用，以便解釋太陽系的演化過程，其中較常引用的一種假說認為原始行星生成的原因，可能是因外來力量的影響，使原始行星自原始太陽分離出來。另一種常引用的假說則主張原始行星生成的原因，是源於原始太陽的星雲內的力量，依靠此力量就可以分裂出行星。

1796年法國數學天文學家拉普拉斯參考康德的「星雲假說」(Nebular Hypothesis)，而認為原始太陽為含有稀薄氣體旋轉的星體，由於旋轉速率的增加，使得氣體因離心力作用的影響各自分離，最後聚集成現今日之行星。「星雲假說」與「原行星假說」是天文學家們較常引用的假說，應用上述假說，天文學家可用來探討太陽系的演化與原始行星的形成。

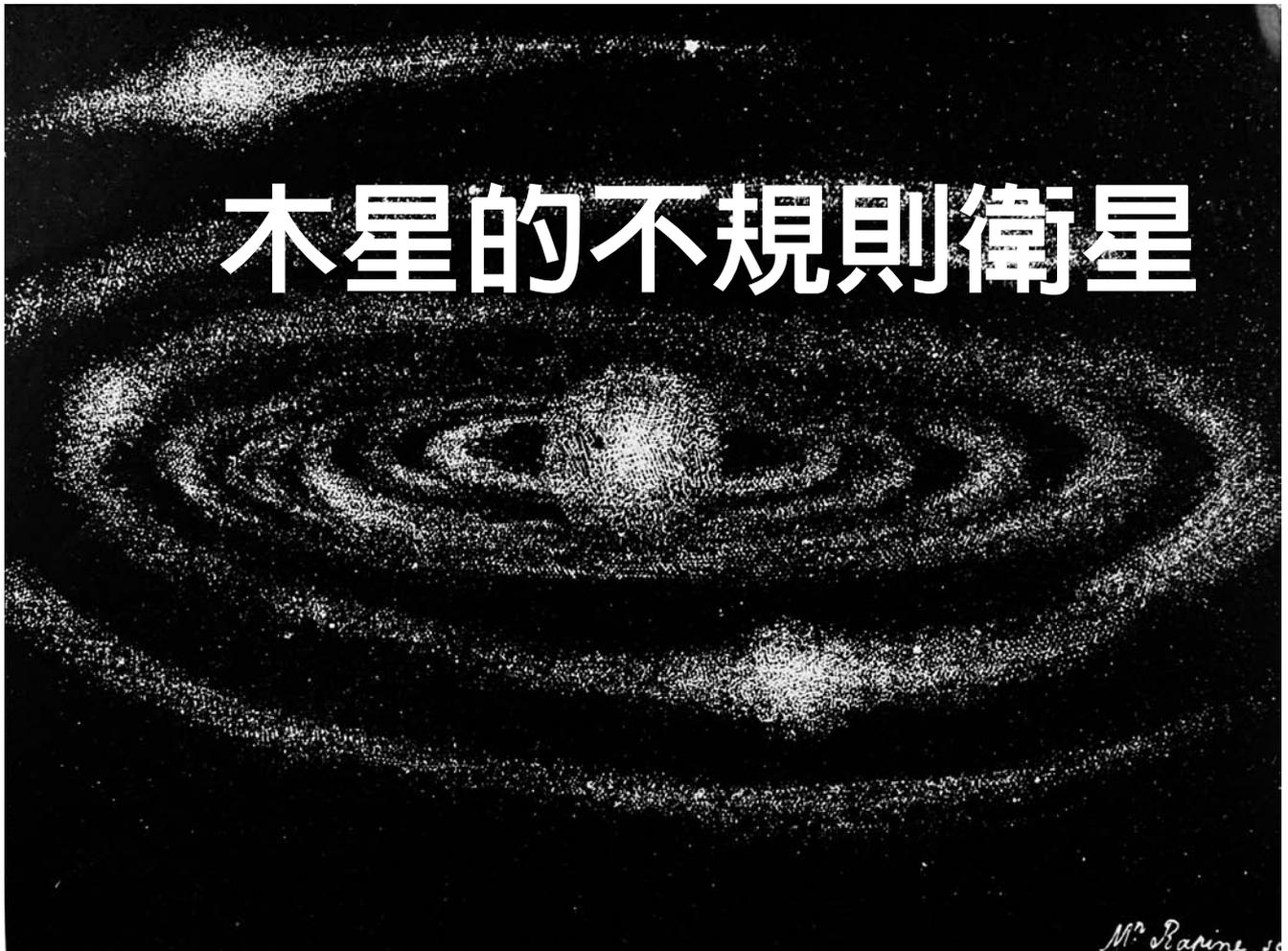


圖1. 拉普拉斯「星雲假說」(Nebular Hypothesis) 示意圖。

原始行星的形成

原始行星的形成

「原始恆星」周圍盤面會有物質分佈並繞轉，此類盤面稱為「原行星盤（protoplanetary disk）」，就是孕育原始行星的地方。原行星盤上的塵埃粒子不斷碰撞、作用聚集後，有機會成為「原始行星（protoplanet）」。原始行星進一步的發展演化，便成為真正的行星。

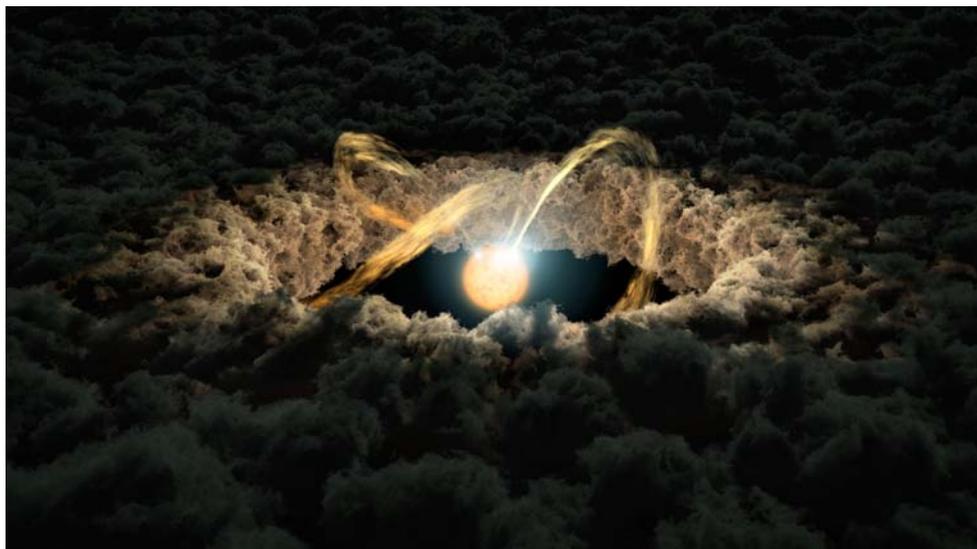


圖2. 「原始恆星」周圍盤面物質分佈繞轉，此盤面稱為「原行星盤（protoplanetary disk）」。

原始太陽系的演化

太陽系內圈

太陽系的演化，由於溫度上的差異太陽系內圈原始太陽星雲為含有較高溫的稀薄氣體，彼此互相碰撞聚集後，凝聚成為固態的物質顆粒聚集為微小行星，微小行星再聚集形成類地行星（Terrestrial planet）。太陽系內圈聚集成岩石質類地行星有水星、金星、地球及火星，它們體積小、密度大、自轉速度慢、衛星數目較少。

太陽系外圈

太陽系外圈的低溫原始太陽星雲碰撞聚集，而產生質量大且冰冷的氣體巨行星（Gas giant），氣體巨行星以水冰相互吸附為起點，質量變大後，進一步吸附氫、甲烷，形成氣體巨行星。太陽系外圈的氣體巨行星則有木星、土星、天王星、海王星。氣體巨行星體積與質量大、密度小，有較厚的大氣圈，衛星數量較多，具有與類地行星相似的固體內核。

原始衛星的形成

環繞在原始恆星周圍的物質有機會變成「原始行星」，而環繞在原始行星周圍的物

質，也可能有機會演化變成「原始衛星」嗎？太陽系約45億年前誕生，原始行星與原始衛星隨之形成，它們與原始太陽系的原行星盤同一部分的氣體和塵埃結合在一起。原始行星可能因高速自轉，而拋出了一部分的質量而形成原始衛星。因此，原始衛星環繞其母行星的星盤

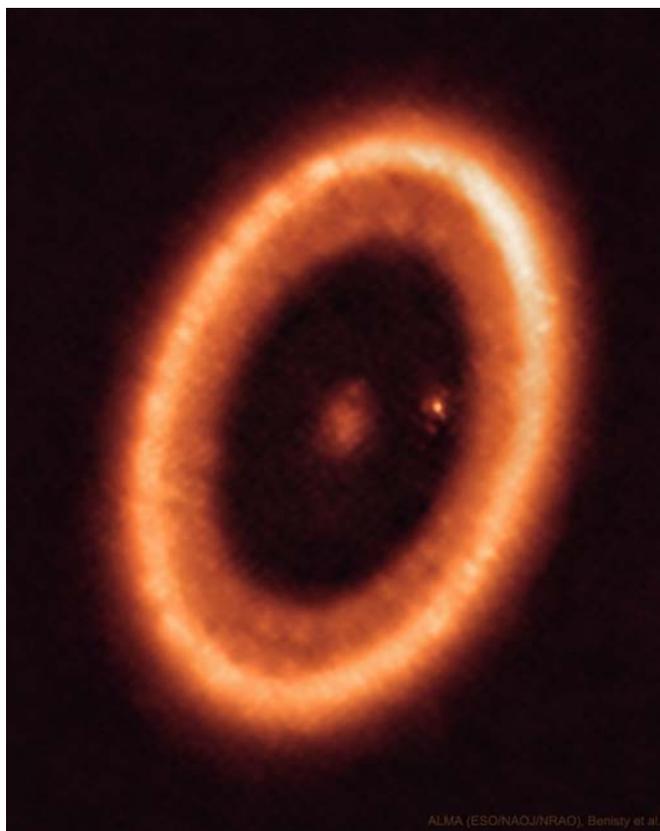


圖3. 原始恆星周圍的物質有機會變成「原始行星」，而環繞在「原始行星」周圍的物質，也有機會演化成「原始衛星」。

運動，都是順行的；而在原始行星演化過程中，因為捕獲或其他因素產生的非「原始衛星」，其來源不同，故以逆行軌道環繞著「原始行星」運動。

規則衛星與不規則衛星

規則衛星

一般而言，規則衛星源自於環繞其母行星的星盤是順行的，繞著母行星的天然衛星；不規則衛星因來源不同以逆行軌道環繞著行星的天然衛星，通常有著較遠的距離、傾角和離心率。月球是地球的衛星，與地球自轉和繞日公轉的方向一致，是規則衛星的範例。木星的伽利略衛星木衛一（埃歐）、木衛二（歐羅巴）、木衛三（甘尼米德）及木衛四（卡利斯托）自轉周期和繞木星轉動的周期相同，也是規則衛星的例子。1610年伽利略發現此四大衛星，提供日心說重要的佐證。

不規則衛星

不規則衛星是天文學中以逆行軌道環繞著行星的天然衛星，通常有著較遠的距離、傾角和離心率。它們被認為是行星捕獲的，不同於規則衛星是原生的。

氣體巨行星木星、土星、天王星、海王星均有發現不規則衛星，例如：土星最大的不規則衛星土衛九（Phoebe）、木星最大的不規則衛星木衛六（Himalia）、天王星最大的不規則衛星天衛

十七（Sycorax）與海王星最大的不規則衛星海衛一（Triton）。

木衛六、木衛七與木衛十一

2021年11月行星科學家哈特等人，使用美國太空總署（NASA）紅外望遠鏡設備（IRTF）上的光譜儀SpeX觀察分析三顆木星不規則衛星：木衛六

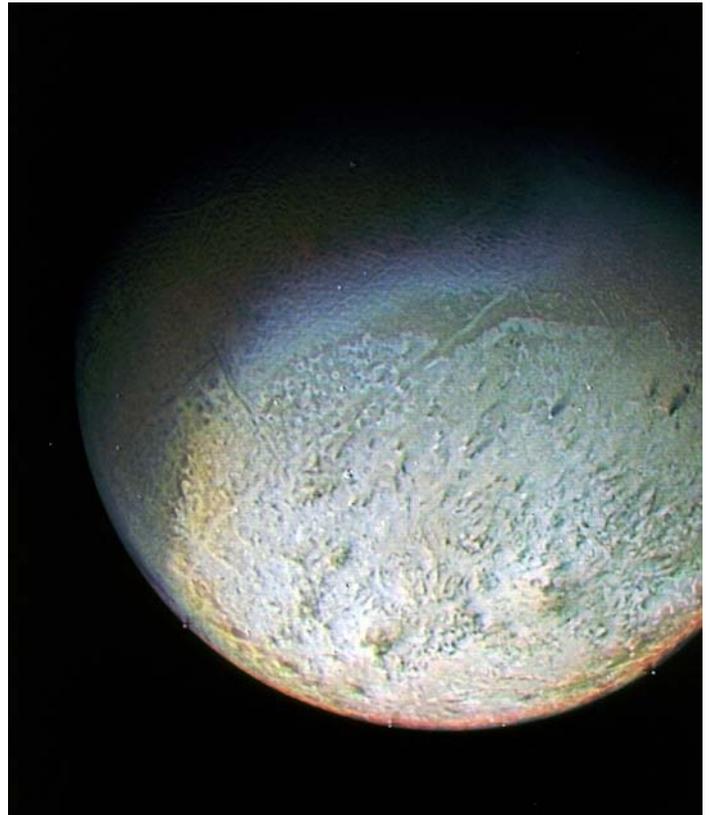


圖5. 海王星最大的不規則衛星海衛一（Triton）。



圖4. 木星的伽利略衛星木衛一（埃歐）、木衛二（歐羅巴）、木衛三（甘尼米德）及木衛四（卡利斯托）。

(Himalia)、木衛七 (Elara) 與木衛十一 (Carme)。他們對這三顆不規則衛星進行表面成份的分析，發現星體表面的一些不透明體的主要組成相同；而這些礦物組成為磁鐵礦，與碳質球粒隕石 (carbonaceous chondrite meteorites) 相似。分析結果顯示，三顆木星不規則衛星的組成與凝聚出原始太陽系的星雲相近。哈特等人並主張：三顆不規則衛星為木星早期演化時捕獲的星體，其相似的物理特徵為同一族群，有共同的成因。

探測不規則衛星的涵義

由前述行星科學家哈特等人研究結果顯示，瞭解行星不規則衛星表面成分的性質和起源，將有助於天文學家們確認不規則衛星與其母行星的關係。不規則衛星中發現的碳質球粒隕石就如同古生物學上的化石，它們可能記錄了太陽系的演化證據。以探測木衛六、木衛七與木衛十一等三顆不規則衛星為例，它們的礦物組成氧化鐵和矽酸鹽為主，這些發現顯示木星不規則衛星的組成為碳質球粒隕石，與原始太陽系的星雲相近，可以幫天文學家們了解太陽系早期演化的歷史過程。

參考資料

<https://arxiv.org/abs/1710.06200>

<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2017/12/aa30361-16.pdf>

https://www.tam.museum/astromy/astromy_detail.php?lang=tw&id=924

<http://www.sci-news.com/astromy/alma-circumplanetary-disk-pds-70c-09889.html>

高銘鴻：臺北市立天文科學教育館

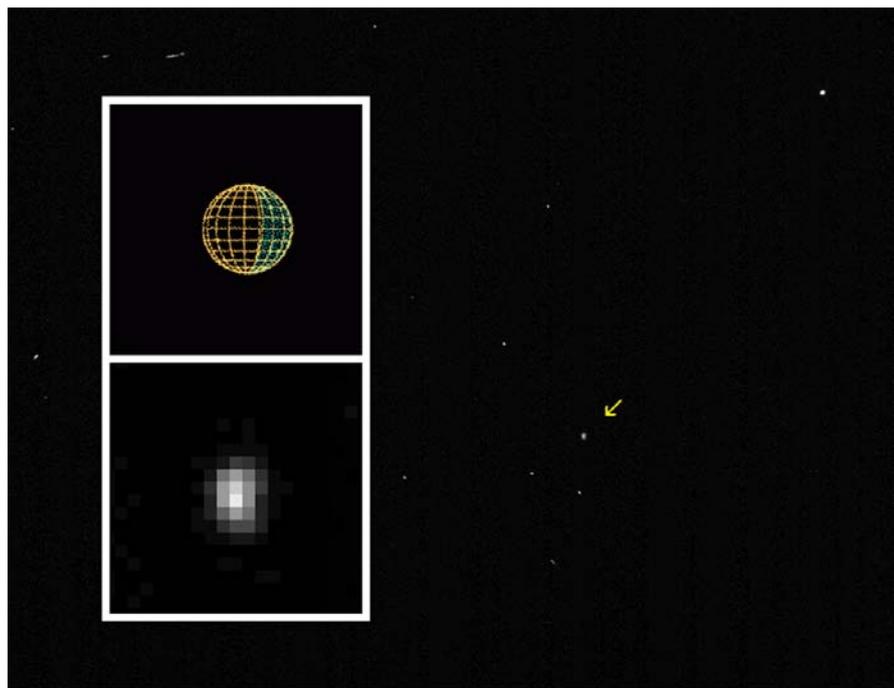
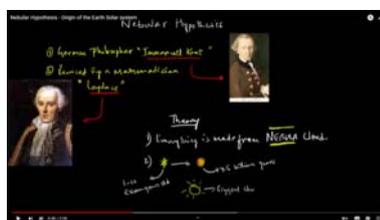


圖6. 木星的不規則衛星：木衛六 (Himalia)。

YouTube相關影片：



Nebular Hypothesis - Origin of the Earth Solar system
<https://www.youtube.com/watch?v=2ESGUAU2Du0>



Formation of the Planets
<https://www.youtube.com/watch?v=sCkhEu3IYNc>



Peeking at a Distant Moon-Forming Disc (ESOcast Light 240)
<https://www.youtube.com/watch?v=ZmUCm1O1vuY>