

2025 年【科學探究競賽－這樣教我就懂】

普高組成果報告格式

題目名稱：月球引力與地軸動態：穩定性背後的力量

一、摘要

本實驗研究了月球引力對潮汐與地球自轉軸穩定性的影響。利用陀螺模擬地球自轉軸的行為，實驗中將重物加在陀螺一側當作模擬月球引力，觀察其對旋轉軸的穩定性影響。當重物存在時，陀螺展現出穩定的旋轉軸向，類似於月亮對地軸的穩定作用；而當重物移除後，陀螺則表現出明顯的晃動和不穩定性，就像地球在沒有月亮情況下的自轉行為。此實驗證實了月球對地軸穩定性的重要性，並說明了月亮的引力若缺失，將導致地軸動態的劇變，進而引發極端氣候變化。

二、探究題目與動機

我們生活的地球，有四季分明的氣候，這和地球自轉軸傾斜有很大關係。地球的自轉軸傾斜約 23.5 度，這個角度決定了不同季節的變化。如果地球的自轉軸不穩定，季節將會變得非常極端，甚至可能出現極端的冷或熱，對生態和人類生活都會造成巨大影響。這個現象就構成了本研究的研究動機，月亮扮演著重要角色，它的引力穩定了地球的自轉軸，即探討如果沒有月亮，地球的自轉軸可能會變得不穩定，從而引發極端氣候變化，對全球生態系統及人類生活產生的影響。

三、探究目的與假設

目的

我們藉由收集資料及解析，了解失去月球對於地球的影響，大部分的人第一印像一定是潮汐的影響，但我們想針對大家比較不熟知的有無月亮對地球地軸的變化坐近一步的探究，希望透過使用陀螺作為地球自轉軸的模型，在不同條件下（有月球引力 vs. 無月球引力）觀察其旋轉軸的穩定性，進一步分析如果沒有月亮，地球的自轉軸是否會發生劇烈擺動，並導致極端氣候變化。這項研究有助我們更深入理解天體引力對行星穩定性的影響。

假設

- (一) 有月球引力時（在陀螺一側加上重物）：一側貼重物時，雖然旋轉有些許改善，但因為質心偏移，仍會晃動。這代表如果月球的質量分布或距離不同（比如更遠或更小），地球的地軸仍可能不夠穩定
- (二) 有月球引力時（在陀螺兩側加上重物）：旋轉最穩定，時間最長。這對應到現實中的地球——月球的引力作用讓地軸更穩定，四季規律，氣候較平衡。
- (三) 無月球引力時（移除重物）：陀螺的旋轉軸晃動加劇，甚至容易失去平衡，模擬地球在沒有月亮的情況下，自轉軸可能變得不穩定，導致氣候極端變化。

四、探究方法與驗證步驟

如果沒有月亮會對地球造成以下兩大影響：

(一) 潮汐的變化

1. 潮汐的成因

潮汐是地球上海洋表面受月球和太陽的引力（潮汐力）作用，以及地球自轉產生的慣性力共同作用，導致海水周期性漲落的現象。

2. 月球對潮汐的影響

月球距離地球較近，其引力對地球潮汐的影響約為太陽的 2.2 倍，因此月球是潮汐變化的主要驅動力。

3. 如果沒有月球，潮汐會如何變化

如果月球消失，潮汐主要由太陽引力驅動，潮汐幅度將顯著減小，可能僅為目前的 3 分之一。這意味著海水的漲落不在如現在劇烈，可能對海洋生態系統和沿海環境產生影響。例如：潮間帶生物的生存受阻、改變大範圍的海洋循環、潮汐幅度減小會使沖刷作用減弱，進而改變海岸線。

(二) 地軸的變化

我們做了以下實驗來觀察有無月亮對地球地軸的變化

1. 實驗器材：

剪刀、奇異筆、圓規、美工刀、黏土、瓶蓋、紙板、棉花棒、熱熔槍、迴紋針

2. 實驗步驟：

(1) 製作陀螺*3

(2) 標記陀螺的軸向

在陀螺頂部貼上迴紋針，代表「地軸」，用以觀察陀螺在旋轉時的傾斜變化

(3) 貼上重物（代表月亮的引力）

將三個陀螺分為

在一側（非正中央）貼上一小塊黏土、在兩側加上一小塊黏土以及沒有加黏土（圖一、二、）。



圖一 製作三種不同配重之陀螺。



圖二 陀螺背後做上標記。

(4) 旋轉陀螺，觀察其穩定性

盡可能用相同的力量旋轉陀螺，並記錄旋轉時間（計時到陀螺完全停止）

3.實驗過程（比較三個陀螺的差異）

(1) 沒有貼重物的陀螺

- 過程：在旋轉陀螺的過程中，陀螺容易晃動且旋轉時間極短約 1.26 秒（圖三）。

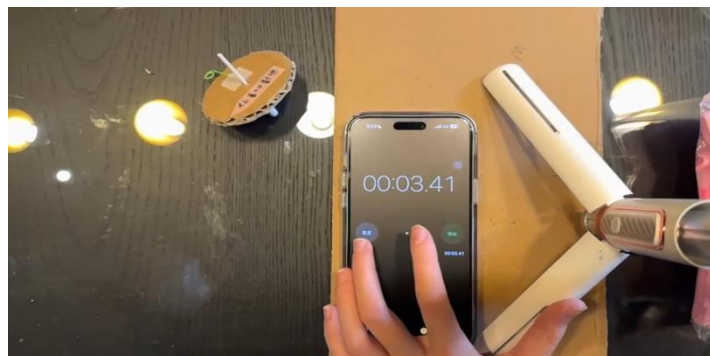


圖三 沒有貼重物的陀螺檢測結果

- 缺乏穩定性：這個實驗結果顯示，沒有外力（即月亮的引力）來影響時，陀螺會快速進入不穩定狀態。地軸的變動（晃動）是由於缺乏質量幫助維持穩定。
- 地球的類比：這與地球的情況相似，沒有月亮的引力作用，地球的自轉軸會變得非常不穩定，無法穩定地保持 23.5° 的傾斜角度，這會導致地球經歷極端氣候變化（例如長期的寒冷或酷熱期）。
- 發現：這裡的根本原因是陀螺的質心無法對自轉軸進行有效的平衡，因此很容易受到外界微小擾動的影響。對應到地球，這意味著地球會更容易受到天體（如其他行星或恆星）的引力影響，導致地軸傾斜角度變化更劇烈。
- 結果：最不穩定，旋轉時間最短

(2) 一側貼重物的陀螺

- 過程：穩定性提高，但陀螺在旋轉時仍會晃動，旋轉時間稍較沒有重物來的長（時間增至 3.41 秒），如圖四。



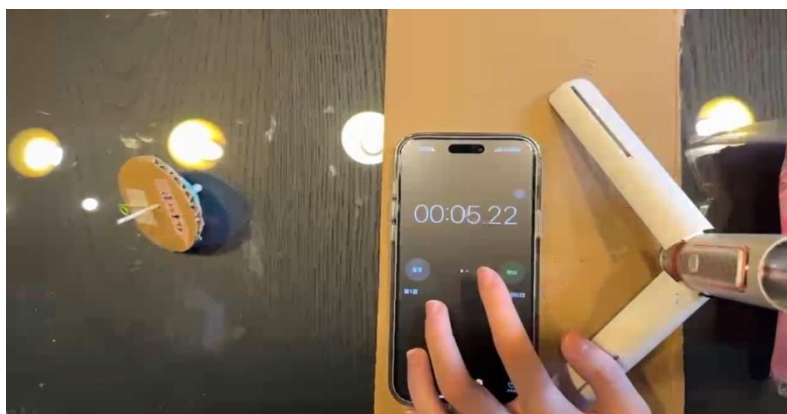
圖四 一側貼重物的陀螺檢測結果

- 改善穩定性：當陀螺一側貼上重物後，質心被偏移，這樣就能形成一個平衡點，陀螺的自轉軸能夠獲得一定程度的穩定性。這會使得陀螺保持較長時間的旋轉，並減少進動的頻率，但不如兩側貼重物的情況那麼穩定。

- 地球的類比：這相當於月亮對地球的引力作用，但月亮可能太近或其質量不足以對地軸產生足夠穩定的影響。即使存在某種穩定作用，地球的自轉軸仍然會受到其他天體的影響，導致地軸變得不穩定，氣候和季節變化不規則。
- 發現：一側重物的設置可以減少晃動，但還無法完全抵抗外力的影響。這是因為只有單一的重物對稱性不夠，無法有效地分散外來的擾動。因此，這依然能模擬出地球在沒有月亮時的情況，月亮的引力作用較弱，無法完全穩定地球地軸
- 結果：穩定性提高，旋轉時間較長，但仍有晃動

(3) 兩側貼重物的陀螺

- 過程：一開始旋轉時有晃動的傾向，卻沒有因為晃動停下來，而是繼續轉動且慢慢變得穩定，轉動的時間最長（時間長達 5.22 秒），如圖五。



圖五 兩側貼重物的陀螺檢測結果

- 最佳穩定性：這是最穩定的情況，因為兩側貼重物可以讓質心對稱分布，這樣的設置幫助陀螺在旋轉時保持穩定，並延長旋轉時間。這樣的配置類似於月亮對地球引力的影響，兩個重物提供了一個均衡的穩定力，幫助地軸穩定。
- 地球的類比：這模擬了月亮對地球地軸的穩定作用。月亮的引力不僅穩定了地軸，還對地球自轉速度有減速作用，使地球在一定範圍內保持相對穩定的自轉角度。這對地球的四季變化和氣候穩定性至關重要。
- 發現：這個設置表明，對稱分布的重物能夠在物理上提供更高的穩定性，因為它們能夠分散任何小的外來擾動。這與地球和月亮系統非常相似，月亮的引力在兩個天體之間達到一種平衡，穩定了地球的自轉軸，防止了極端的軸向變化。
- 結果：最穩定，旋轉時間最長

五、結論與生活應用

(一) 潮汐消失：海洋生態與漁業危機

月球的引力是地球潮汐的主要驅動力，沒有月亮，潮汐將變得極其微弱。這會對海洋生態系統產生重大影響。例如，潮間帶生物（如貝類、螃蟹、海藻）依賴潮汐生存，一旦潮汐消失，這些物種可能面臨滅絕。此外，許多魚類的洄游行為也與潮汐密切相關，潮汐

消失將導致漁業資源銳減，影響全球漁業經濟。

現實應用：研究潮汐對海洋生物的影響，能幫助我們保護海洋生態，優化漁業管理，並減少過度捕撈的問題。

(二) 地軸不穩定：極端氣候挑戰

月亮的引力不僅影響潮汐，還在長期作用下穩定了地球的自轉軸。如果沒有月亮，地球的地軸可能會劇烈擺動，從而導致極端氣候變化。例如，地軸傾角可能從 23.5° 變為 0° 或 85° ，導致某些地區長年處於酷寒或酷熱狀態，甚至頻繁經歷冰河期與極熱期交替。

現實應用：研究月球對地球氣候的穩定作用，有助於科學家更精準地預測氣候變遷，幫助我們應對全球暖化和極端天氣的挑戰。

(三) 地球自轉加快：時間流逝變快

由於潮汐摩擦作用，月球正在逐漸拖慢地球的自轉速度，使一天的長度從遠古時代的 6 小時逐漸延長到今天的 24 小時。如果沒有月亮，這種減速過程就不會發生，地球可能會保持更快的自轉速度，導致一天可能只有 6 至 10 小時。這將影響所有生物的生理節律，也可能引發更強的颶風和極端天氣。

現實應用：研究月球如何影響地球自轉，可以幫助我們理解天體運動對氣候的長期影響，同時也為未來的行星探索提供重要的科學依據。月亮不僅是夜空中的美麗景象，它更是維繫地球穩定運行的重要力量。如果沒有月亮，潮汐將微弱、生態系統將崩潰、氣候將劇烈變化、時間將流逝得更快，甚至人類的文明發展都可能與現在截然不同。

結論

月亮不僅是夜空中的美麗景象，它更是維繫地球穩定運行的重要力量。如果沒有月亮，潮汐將微弱、生態系統將崩潰、氣候將劇烈變化、時間將流逝得更快，甚至人類的文明發展都可能與現在截然不同。

而透過研究月球的影響，使我們更深入理解地球的運行機制，也能應用這些知識來應對氣候變遷、改善生態保護、提升能源技術，甚至影響未來的太空探索與外星移民計畫。

參考資料

1. 海岸水域生態環境 - 潮汐 (國立海洋生物博物館)
<https://www.nmmba.gov.tw/cp.aspx?n=5EFAF2D5EB3360FD&s=1D3C6666CB9A81A6>
2. 如果月亮消失了，對地球會有什麼影響？ (泛科學)
<https://pansci.asia/archives/187005>
3. 潮汐 (維基百科)
https://zh.wikipedia.org/zh-tw/天文大潮?utm_source=chatgpt.com
4. 日月對地球的影響—潮汐現象 https://www.phyworld.idv.tw/EARTH/BOOK5/CH7/7-4_POINT.pdf
5. 高高低低的海水—潮汐 (中央氣象署數位科普網)
https://edu.cwa.gov.tw/PopularScience/kids/ma/ma_6.html
6. 潮汐現象 (南瀛天文館) https://taea.tn.edu.tw/astro_news/book_detail/286afdb6-f4ef-11eb-a729-0403c2cd9af0
7. 如果天空少了月亮，地球會怎麼樣？——《有趣的天文學》 (泛科學)
<https://pansci.asia/archives/347641>
8. 海象小學堂 (中央氣象署南區氣象服務)
<https://south.cwa.gov.tw/inner/ANPB1573551698tUAh>
9. What Would Happen To The Ocean If The Moon Disappeared? (ELC)
<https://enviroliteracy.org/what-would-happen-to-the-ocean-if-the-moon-disappeared/>
10. What would happen if the moon disappeared? (NCESC)
<https://www.ncesc.com/geographic-faq/what-would-happen-if-the-moon-disappeared/>