【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱： 天啊!「月」來「月」遠?

一、摘要：

1969 年，阿波羅號登月時設置了一面用以測距的反射鏡，可以經由地球上發射雷射到這面鏡子，經由反射時間測出地球和月球的距離。然而有個驚人的發現:月球正以每年 3.8 公分的速度遠離地球。

角動量守恆是整個宇宙都遵守的定律之一，因為月球從地球本身取走的角動量以及兩者之間的潮汐等現象，使地球自轉速度變得越來越慢，月球公轉變得越來越快，這可能會造成兩個結果：地球一天的時間漸漸增長以及月球正以每年 3.8 公分的速度遠離地球。

二、探究題目與動機

1695 年，哈雷從歷史紀錄中的日月食時間來看，月球運行的速度似乎發生變化，且持續進行著。

1749 年，理查．敦桑重新檢視歷史紀錄中的日月食時間，確認了哈雷的懷疑後，製作了一個大小和外觀相應的量化估計。發現在月球經度上每百年的偏移量為 10 角秒。

1969 年，尼爾．阿姆斯壯創下了歷史性的一刻：第一位人類踏上了遠在天外的月球。

阿波羅號登月時設置了一面用以測距的反射鏡可以經由地球上發射雷射到這面鏡子，經由反射時間測出地球和月球的距離。然而卻有個驚人的發現：月球正以每年 3.8 公分的速度遠離地球。

這個資訊讓我們產生未來地球是否還有月球這顆衛星的想法。

三、探究目的與假設

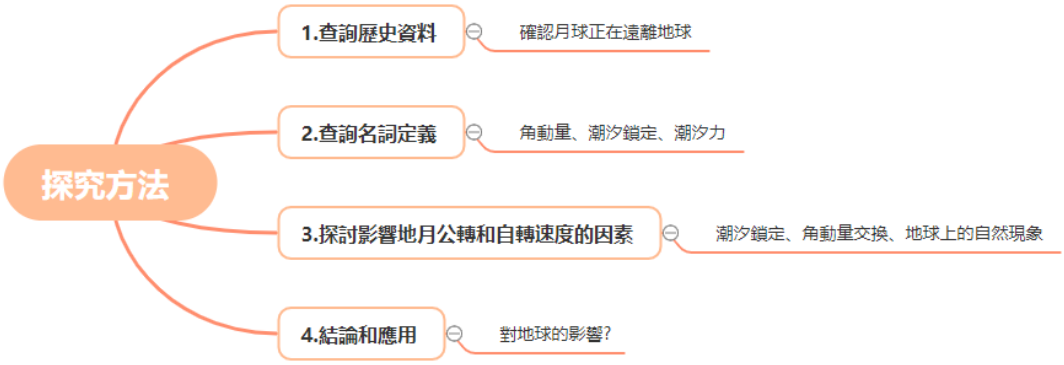
探究目的:

人類從以前開始就對月球非常感興趣，藉由這次報告，我們上網查詢月球的歷史，了解各個名詞的定義，探討影響地月公轉與自轉速度的因素，然後做出結論。

假設:

遠觀這個世界，一年似乎對於這個大宇宙不算什麼，讓我們假設，遙遠的未來是 60 億年，在 60 億年後，在只考慮月球遠離地球，且地球存在的情況下，地球還有「月亮」這顆衛星嗎？

四、探究方法與驗證步驟



在應證這個假設前，有幾個名詞我們必須得先了解：

角動量，是與物體的位置向量、動量和用來表示物體運動情況的物理量，靠摩擦來交換能量。

角動量守恆，是自然界的基本規律之一：越重的東西，則轉動速度就越小，而角動量守恆也可稱之為轉動版本的慣性定律。在沒有外力的情況下，角動量永遠守恆，不會變多、也不會變少，只會相互交換。

地球會轉，是因為在一開始太陽系形成時，地球藉由跟其他星體摩擦，而得到一部分的角動量。

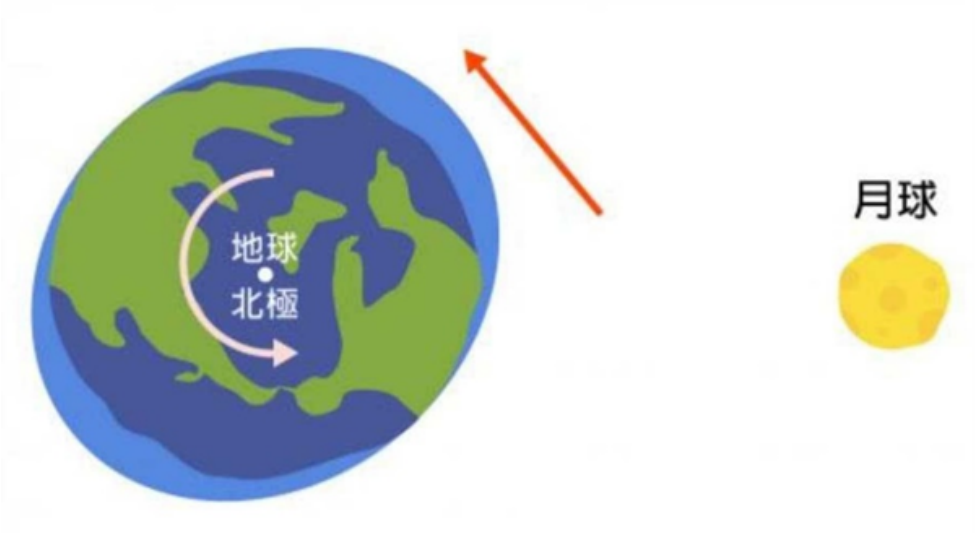
潮汐力，是將物體壓縮或拉伸的一種假想力，是因為物體間重力不同所導致的。它造成地球的潮汐、月球的變形、引發地震。潮汐力也會在地球內部生成導電流體，影響地球的磁場。

潮汐鎖定，當一個天體繞行另一個天體公轉時，會產生潮汐摩擦而會讓自轉減慢，到了最後會以同一面持續面對另一天體的狀態。這種情況常發生在行星與衛星之間。

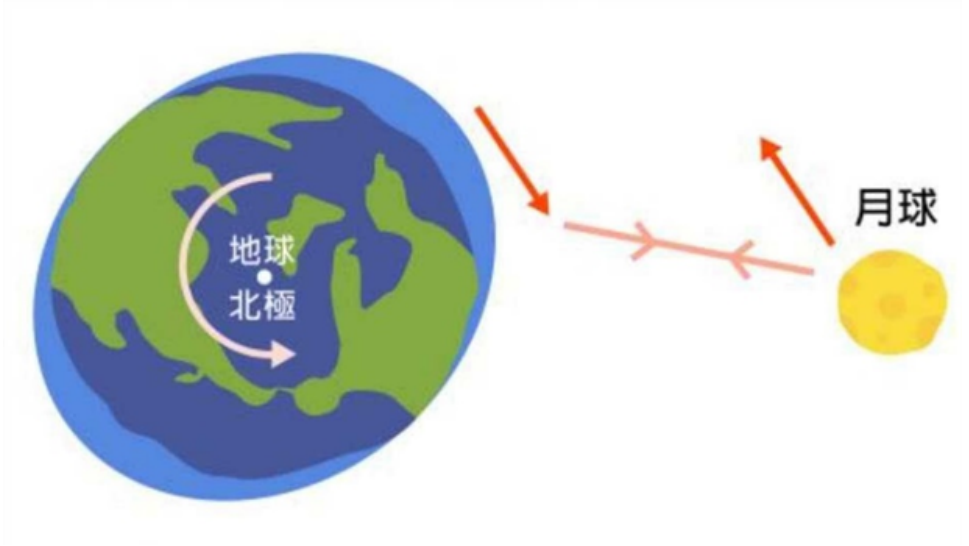
月球吸引地球的海水，引發潮汐現象，海水摩擦地表，潮汐隆起的方向會稍微領先地球和月球的連線，從地球身上取走角動量，使地球自轉慢慢減速，進而增加月球的公轉速度。

因為月球的角動量變大，公轉速度加快，地球的引力漸漸拉不住月球，所以月球的公轉軌道越來越大，其每年以平均 3.8 公分的速度遠離地球。

科學家預測，6 億年後，地球和月亮之間的平均距離會再增加 2 萬 3 千多公里，達到將近 41 萬公里，而到那時候，地球上就再也看不到「日全食」的天文奇景了。



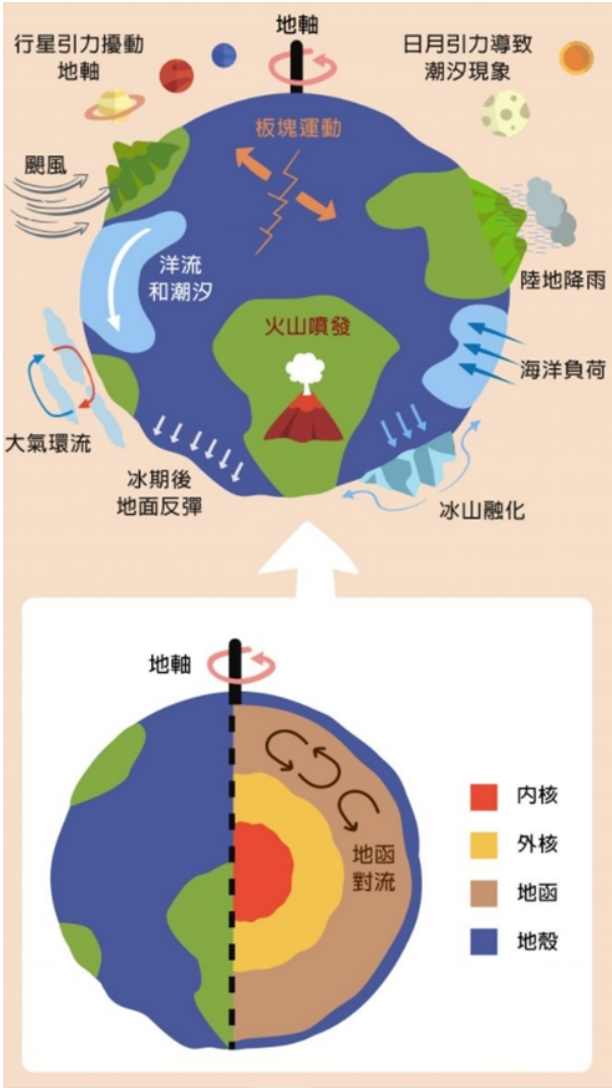
（圖一）潮汐隆起方向超過地月連線



（圖二）地球和月球角動量互換

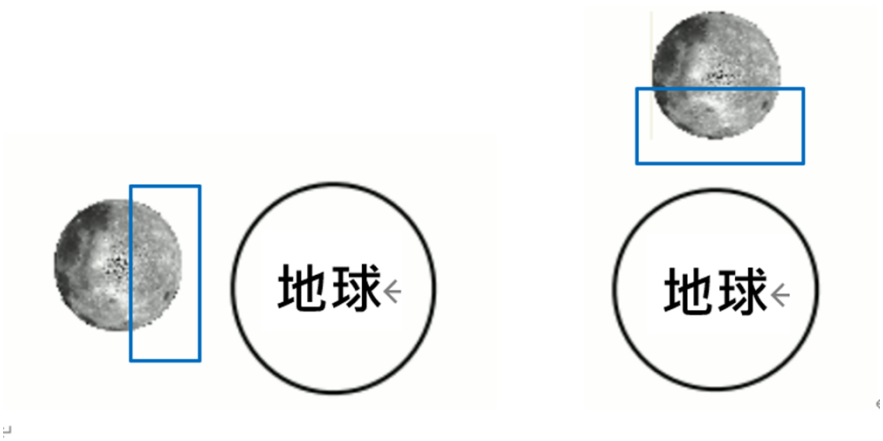
正是潮汐改變了地球和月球之間的角動量，並且導致月球軌道運動角速率開始減速，進而提高了月球環繞地球的角動量，將月球推離至更高更遠的軌道，因地球自轉的角動量減少，地球自轉將會減速，使一天的時間拉長，地球將越轉越慢，直到停止自轉，永遠同一面對著月球。到時候，地球只有一半的地區可以欣賞到月亮了。

不僅地球具有角動量，地球上的自然現象，像是大氣環流、降雨、板塊運動等等皆有角動量，所以根據角動量守恆，地球被月球取走的角動量，地球會從大氣環流、海洋洋流、地函對流等等中獲得。



（圖三）地球上造成角動量互換的因素

地球和月球互相吸引且不受外力影響，可以看成一個系統。地球消失的角動量轉移給月球，所以整個系統的角動量仍然是守恆的。因為地球對月球的潮汐力更強，造成月面如海水起伏摩擦，讓月球自轉漸漸慢了下來，而當月球自轉速度等於公轉速度時，月球會永遠以同一面面向地球，這就是所謂的「潮汐鎖定」，所以增加的是月球的公轉速度，而不是月球的自轉速度。



（圖四）潮汐未鎖定

當地球和月球之間還未潮汐鎖定時，因月球自轉的速度與公轉速度不同，地球仍可以看到月球的其他面。

（圖五）潮汐鎖定

月球自轉速度因潮汐力而漸漸變慢，當自轉速度等於公轉速度時，潮汐鎖定，月球便永遠以同一面面對地球。

而牛頓的萬有引力定律中提到，在宇宙中，每個物體都有引力，因此不能說「距離地球多遠不受地球引力影響」應該說「距離地球多遠所受的地球引力影響不明顯」

兩個物體之間的引力與兩者之間的距離平方成反比，而當引力幾乎為在地球表面引力的萬分之一倍後，就可以當作受地球引力不明顯的範圍了。假設地表引力為 1，地球半徑 6371 公里，可推知大約在距離地球 63 萬公里的引力可以忽略。

一旦超過了這個範圍，僅僅一個小小的擾動，就可以讓物體離開地球的控制。

五、結論與生活應用

結論：

若只看月球遠離地球，且地球存在的情況下，月球在 60 億年後會被甩離地球的這個假設是有可能的

正常來說地球的萬有引力，是可以達到無窮遠的，但是兩個物體間的引力與兩者之間的距離平方成反比，因此，當到達一定距離，地球給月球的引力就幾乎可以忽略。而經觀察，可以忽略地球引力的範圍大概是在距離地球外的 63 萬公里遠處。

月球正持續以每年 3.8 公分速度遠離地球，至今月球已經離地球 38 萬公里遠了，距離脫離地球引力還要 25 萬公里，期間還需要將近 20 幾億年的時間，因此，在不發生外力干擾的情況下，60 億年間，月球可能早已消失在人們的眼中。

應用：

現在地球的自轉軸傾斜約為 23.5 度，使太陽直射地球的區域會隨著地球公轉位置而改變。夏天時太陽直射北回歸線，使北半球形成夏天，相反，當太陽直射南回歸線，會使北半球變成冬天。但當月球消失時，自轉軸傾斜程度劇烈變化，會造成極端的氣候變遷。

第二個則會影響潮汐力大小，地球會有潮汐漲退是因為月球及太陽的引力而造成，當月

球消失之後，潮汐力也會減弱，這個結果可能會導致人類的生活必須做出改變，且可能增加對地表生物的傷害。
參考資料
一、覺得一天 24 小時不夠用？等等...你知道「地球自轉越來越慢」嗎？ https://www.businesstoday.com.tw/article/category/80409/post/201907160014/ 二、月球現在正逐漸遠離地球，會一直持續下去嗎？最後會如何？（台北市立天文館） https://www.tam.gov.taipei/News_Content.aspx? 三、你知道嗎？月亮正在悄悄遠離地球 https://kknews.cc/science/p42qeve.html 四、潮汐加速 https://www.easyatm.com.tw/wiki/%E6%BD%AE%E6%B1%90%E5%8A%A0%E9%80%9F 五、潮汐鎖定 https://zh.m.wikipedia.org/wiki/%E6%BD%AE%E6%B1%90%E9%8E%96%E5%AE%9A 六、角動量與角動量守恆 https://en.wikipedia.org/wiki/Angular_momentum#Angular_momentum_in_orbital_mechanics 七、甚麼是潮汐力 https://kknews.cc/zh-tw/science/ppkk45p.html 八、地球上方到多少米的時候就沒有引力了？ https://www.luoow.com/dc_news/discovery_Gwy9 九、如果月亮消失了，對地球會有什麼影響？ https://pansci.asia/archives/187005 十、如果月亮明天消失怎麼辦 https://www.livescience.com/55477-what-if-the-moon-disappeared.html 十一、地球地軸傾斜的形成與影響 https://estrellas0225.pixnet.net/blog/post/33730895 十二、如果月球消失，地球將會怎樣 https://www.epochtimes.com/b5/18/5/18/n10404359.htm