星島教室 航天與天文

牛頓運動定律 成就航天夢想

作者介紹

中華基督教會
協和小學(長沙灣)
副校長
鄭俊傑

2024年3月20日清晨4時，黑暗的天空籠罩着大地，然而，我的心情卻充滿了興奮！今天是我期待已久的一天，即將親眼目睹「鵲橋二號中繼衛星」由「長征八號」火箭運載升空的壯觀場景。我清早便準備好一切，逼不及待地踏上前往海南文昌航天發射場的旅程。8時30分左右，倒數開始了！我的腦海，就像電視劇《神探伽利略》情節一樣，突然浮現出一組組「牛頓運動定律」的公式。

火箭升空：作用與反作用力定律

其實，火箭升空的基本原理就是建基於牛頓的「第三運動定律」，即「作用與反作用力定律」。這個定律告訴我們，對於每一個施加於物體上的力，都會存在一個大小相等、但方向相反的反作用力。簡單來說，當一個物體施加力量於另一個物體時，另一個物體亦會以相同大小、但相反方向的力量作用於第一個物體上。

例如當你坐在裝有滾輪的椅子上，然後向前用力推向桌子時，你會發現你自己和椅子會向後移動。這是因為你對桌子施加了向前的力，根據「牛頓第三運動定律」，桌子會對你施加同樣大小但方向相反的反作用力，將你和椅子向後推動。又例如當你用手臂划水向後推進時，你會感受到自己向前移動，這是因為你對水施加了向後的力，水也會對你施加同樣大小但方向相反的反作用力，將你推向前方。

火箭發射過程中，火箭引擎通常位於火箭底部，通過燃燒燃料，推進器高速向下噴射出大量的燃料和氣體。根據「牛頓第三運動定律」，這個向下的噴射力同時亦會產生一個大小相等、但方向相反的推力作用在火箭上，將火箭向上推進，這就是火箭升空的基本原理。

火箭推進：加速度定律

在火箭升空過程中，還需要克服重力及空氣阻力，當中亦涉及「牛頓第二運動定律」。「牛頓第二運動定律」，即「加速度定律」，指出物體的加速度與它所受的力的大小成正比，而和它的質量成反比，即力等於物體的質量乘以加速度(F=ma)。例如排球運動員扣球時所用的力量越大，排球的加速度也越高；同樣道理，籃球運動員傳球時用的力量越大，籃球的加速度也越快。因此，火箭需要產生足夠的推力去達到所需的加速度，才可以克服地球引力，離開地面。

現今最常用的多節式火箭，每節火箭其實也具有自身的發動機，當第一節火箭的推進劑燒完，便會被分離。這種技術使剩餘部分的質量能夠減少，根據「牛頓第二運動定律」，餘下火箭產生的推力，便能更輕易把火箭提升至最終速度與高度。

「長征八號」運載火箭升空的一剎那，推進器發出震耳欲聾的轟鳴聲，令我回過神來，只見火箭猛烈地噴射出巨大的火燄和煙霧，讓整個發射場面猶如一場壯觀的視覺盛宴。火箭不斷加速向上衝刺，突破地球的引力束縛，最終穿越雲層，進入浩翰的太空領域。

太空活動：慣性定律

太空人進入太空後，如果需要離開航天器執行任務，你會發現他們總會手順着繩索前進，有時更會在太空衣背後扣着一條長長的安全帶，樣子有點像幼兒學習走路，為甚麼呢？原來跟牛頓的「第一運動定律」有密切關係。根據「牛頓第一運動定律」，即「慣性定律」，指出除非受外力影響，否則物體會保持靜止或一直向同一方向作勻速直線運動。因此，在沒有地心吸力及空氣阻力的太空，太空人一旦踏出一步或施加力量，他們便會保持相同的速度和方向一直前進。他們必須避免出現過度用力，否則將會出現無法控制的自由漂浮狀態。為了保障太空人的安全，太空站或航天器外會有特定的固定點，讓太空人利用這些固定點來穩定自己。太空人亦會佩戴安全繩索或腰帶，並將太空衣跟固定點相連接，再根據需要，調整繩索的張力，以保持穩定或限制移動範圍。所以，太空人必須經過長時間的訓練，以掌握適當的力量和推動技巧，才能準確預測每個動作所產生的反作用力。

「力矩」和「轉矩」

當火箭進入太空後，牛頓定律的應用變得更奇妙而精確。首先，航天器因為沒有空氣阻力和其他外力的影響，所以只要提供足夠推力，便不再需要額外燃料，亦可以保持勻速直線持續航行，探索星球和星系。然而，航天器有時需要改變方向，調整軌道和姿態等，以執行各種任務，這就需要利用「牛頓第二及第三運動定律」的概念。

如果太空人希望航天器改變方向或加速，便需要令推進器噴射出氣體產生一個作用力，當反作用力施加在航天器上，便會產生一個轉矩，從而改變其方向和姿態。當然，陀螺儀輔助控制器會協助計算出所需的推進器噴射方向和持續時間，以產生所需的「力矩」(moment of force，即作用力使物體產生「轉」、「扭」或「彎」，例如用力擰毛巾)和「轉矩」(moment of rotation，即轉動力矩)，以實現預定的姿態變化。在航天器着陸或與其他航天器進行交會對接時，亦需要善用「牛頓第二及第三運動定律」去計算和使用適當的推力，令任務順利完成。

牛頓3大運動定律是航天探索的基礎，也是人類探索宇宙奧秘的關鍵。我期待能夠在太空漫遊，親身見證牛頓定律在浩瀚宇宙中的應用，以及人類科學更壯麗的篇章。

小思考，大智慧

1. 試指出牛頓3大運動定律在足球比賽中如何實踐。
2. 「鵲橋二號中繼衛星」有甚麼用途？

參考答案

1. **牛頓第一運動定律(慣性定律)**：在比賽開始時，足球在中圈處於靜止狀態，足球員需要施加力量踢球，才能使足球開始運動。

   牛頓第二運動定律(加速度定律)：當球員以更大的力量射門，球的加速度亦會增加。

   牛頓第三運動定律(作用與反作用力定律)：足球員跳起爭頂頭球時，他們會先用力踏向地面，施加向下的力量，以產生向上的反作用力令自己升高。

2. 「鵲橋一號」和「鵲橋二號」是中國的2顆通訊衛星，都屬於鵲橋工程一部分。中國國家航天局於2018年5月21日成功發射「鵲橋一號」，而「鵲橋二號」則是於2024年3月20日成功發射的另一顆「中繼通訊衛星」。

   「鵲橋二號」將為正在運行的「嫦娥四號」和後續發射的「嫦娥六號」、「嫦娥七號」、「嫦娥八號」等探月工程四期任務，架起跨越40多萬公里的地月通訊「橋樑」，使地球上的控制中心能夠與月球背面的探測器保持聯繫。

本欄逢周四刊登，由教育評議會邀請資深中小學老師、校長及大學講師撰稿，旨在為學生提供多元化的STEAM學習材料，引發學生探求知識的興趣，將學習融入生活，培養學生的世界觀、敏銳的觸覺、積極學習的態度。