

穿越時空與克卜勒、牛頓有約

教案設計者	邱芳榆、黃泰民、巫彥誼、李懷豫、鄭淑慧
單元名稱	克卜勒行星運動定律與萬有引力定律
教學設計理念	<p>古代詩人云「斗轉參橫欲三更」、「物換星移幾度秋」，繁星點點，閃爍在深黑的天空，天上的星星總令人著迷，但是當它與教學課程以及考試併在一起時，卻令學生們望之卻步，尤其是描述星體運行的克卜勒行星運動定律及星球間的萬有引力等枯燥乏味且艱澀的課程，更是多數學生難以學會的。</p> <p>因此本教案設計創新有趣的課程，並以「核心素養」做為課程設計之主軸，達到多元素養導向的教學目標，以協助十二年國民基本教育之推展，並落實「自發」、「互動」、「共好」的理念，以臻全人教育之理想。</p> <p>茲將本教案之特色說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師自編教材結合行動載具：教師設計的自編教材結合聲光與視覺效果的資訊系統程式（免費資源），提高學生學習動機，開創多元思路，靈活運用，活化教學。 2. 創新有趣的教師自編教材【古代科學家臉書】：設計以科學家的故事和科學史為主軸，讓學生理解科學發展的脈絡與歷程，並創造真實情境邀請學生加【克卜勒臉書】好友，在臉書討論克卜勒行星運動定律，增加學生對於學習活動的參與、生生及師生間的互動，提升學習成效。 3. 設計跨領域的素養教學：配合十二年國教核心素養，且引述《愛學網－國教院影片－共同備課：讓老師成為學習專家》，內容為「同校跨領域備課可提升教師教學與學生學習的品質」，故教案導向跨領域的素養教學。 4. 教案與時俱進，協同教學 108 課綱新增加的「科技領域-資訊科技」：在科技快速發展的現代，物理學科結合資訊科技，跨領域實作，歸納分析及解決生活中的問題，同時也透過使用資訊系統，來輔助以學生為中心的翻轉教學，培養學生動手實作，活動中便同時具備自主學習、即時診斷與鷹架回饋功能，藉此涵育探索、邏輯與運算思維、問題解決等高層次的思考，引導學生具備素養的能力。 5. 設計跨領域的探究與實作活動： <ul style="list-style-type: none"> ● 物理結合資訊科技設計【orbit 模擬天上星】活動： 學生透過資訊系統程式的模擬，應用克卜勒行星運動三大定律，觀察行星軌道、速度及週期等變化，進行發現問題、歸納結果、反思修正的深度思考歷程 ● 物理結合資訊科技、地球科學與英文設計【穿越時空，遇見火星、哈雷彗星、海爾-博普彗星】活動： 以英文模式操作 solar system scope 應用程式，連結物理科克卜勒行星運動定律、萬有引力定律，以及火星與彗星的知

識，帶學生穿越時空，回到過去與未來，模擬火星衝、哈雷彗星與海爾-博普彗星拜訪地球時，出現的情境與星空，以及天體運行的軌跡，培養學生科學探究的興趣與養成主動學習科學新知的習慣。

●**物理結合數學科設計【尋找太陽】：**

將克卜勒行星三大運動定律融入數學科橢圓的標準式，抽象概念具體化，從數學計算或作圖法反推橢圓的焦點(太陽)，畫出地球與火星的軌道、計算行星的運轉週期，由此培養學生應用科學思考與探究的習慣。

●**物理結合資訊科技【三秒帶你離開地球表面】：**

操作「Google Maps」，離開地球，穿梭在太空中，逐一欣賞各大行星的表面及國際太空站(ISS)的面貌。

6. **連結生活情境—設計【跟麥可傑克森學物理~創造反重力】活動：**課程融入天王巨星麥可傑克森舞步中前傾 45 度的動作，探討麥可傑克森如何創造反重力的現象，並讓學生親自體驗，使學習更呼應現實生活，更有情境與脈絡，學生會覺得學習的意義感提高。
7. **課程融入時事新聞：**本單元科學知識結合時事新聞，拓展學生知識與經驗，俾利提高教學效果，豐富課程內涵，達到活化教學之功效。
8. **善用愛學網的資源：**教學過程融入愛學網國教院自製影片與電子辭典，學習線上課程，提升學生媒體、數位學習與培養後設認知的能力。
9. **完成「火星旅遊指南」的專題製作：**請學生以小組合作的方式，透過資訊科技數位合作共創之概念與工具使用，連結跨領域的學科知識，激盪不同創意的思考，與他人合作完成「火星旅遊指南」的專題製作。
10. **設計素養試題：**本素養試題參考十二年國民基本教育課程綱要，以學生核心素養之養成為導向，將試題融入日常生活情境，培養學生整合運用的能力與學習有效的合作共創方式。
11. **課程融入戶外教育議題：**戶外教育是十二年國民基本教育課程實踐全人教育精神的重要一環，本教案設計結合戶外教育，帶領學生至國家太空中心參訪，提供真實情境的體驗，創造有意義的學習機會，喚起學習的渴望和喜悅，營造萬物可為師、處處可學習的氣氛。



領域/科目	自然領域/物理
實施年級	高中 10-12 年級(五)
總節數	3 節 + 2 節戶外教育
設計依據	
學習內容	PEb-Vc-3 克卜勒行星運動三大定律發現的歷史背景及內容 Pmb-Va-1 克卜勒定律和萬有引力定律的關係 PKb-Vc-1 牛頓運動定律結合萬有引力定律可用以解釋克卜勒行星運動定律 Kb-Va-1 萬有引力定律的說明
學習表現	ai-Vc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性 ah-Vc-1 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋 ai-Vc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣 tr-Vc-1 能運用簡單的數理演算公式及單一的科學證據或理論，理解自然科學知識或理論及其因果關係，或提出他人論點的限制，進而提出不同的論點
核心素養	A2 系統思考與解決問題 A3 規劃執行與創新應變
與其他領域/科目的連結	科技領域/資訊科技，並適切融入數學、英文與地球科學的知識
實施年級	高中 10-12 年級(五)
學習內容	資 T-V-1 數位合作共創的概念與工具使用
學習表現	運 c-V-2 能選用適當的資訊科技與他人合作完成專題製作
核心素養	B2 科技資訊與媒體素養
議題	戶外教育
教材來源	老師自編教材
教學設備/資源	筆記型電腦、投影機、行動載具(手機/平板)/老師自編教材、自製影片、國教院影片、素養試題
學習目標	認知 1. 能理解物理學理論的演化過程「地心說(圓軌道)→火星逆行→本輪均輪→日心說(圓軌道)→克卜勒行星定律」及內容

2. 能說明克卜勒行星運動三大定律發現的歷史背景
3. 能理解牛頓運動定律結合萬有引力定律可解釋克卜勒行星運動定律
4. 能應用克卜勒行星運動定律與萬有引力定律解釋日常生活的現象
5. 能解釋萬有引力定律及其數學形式
6. 能說明萬有引力、重力與重量的關係
7. 能應用萬有引力定律的內容與數學形式解釋日常生活中的例子
8. 能推導萬有引力等於向心力的原理，應用於人造衛星
9. 能理解生活情境中可製造「反重力」的原因
10. 能理解「重力彈弓」應用於登陸火星的原理
11. 能辨別失重與無重力的科學迷思概念
12. 能說明外太空的環境及長時間待在失重的太空對人體的影響
13. 運用戶外教育結合課程理論，能理解台灣太空發展體系、太空科學研究、衛星應用技術能力及相關設施

技能

1. 能將克卜勒行星三大運動定律結合數學科橢圓的標準式解決天體運行的問題
2. 能具備克卜勒定律和萬有引力定律的計算能力於日常生活中
3. 能利用簡單的實驗來呈現失重的現象
4. 能應用物理知識，結合資訊科技應用程式，探索與實作，解決生活情境中的真實問題
5. 能應用科學理論與科學方法，分析推理與邏輯思考，進行實驗探究
6. 能具備資訊科技數位合作共創的概念與工具使用，與他人合作完成專題製作

情意

1. 能以伽利略與牛頓做為榜樣，理解在疫情中獻身科學的研究精神的人生經驗是值得效法
2. 能具備探索科學的興趣與熱忱，對科學產生正向的態度，養成主動學習科學新知的習慣與培養正確的科學態度
3. 能從專題製作，建立與他人良好的互動模式興趣與熱忱，並願意主動分享所獲得的科學相關知識給予團隊的其他成員
4. 能體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。
5. 能透過科學思考與科技的結合，產生學習科學的興趣
6. 能鑑賞自然科學理論嚴謹豐富的意涵，讚嘆科學家們建立自然模型的創意與構築自然實驗的發想，進而欣賞自然界運作的平衡、穩定與美感
7. 能藉由參訪國家太空中心真實情境的體驗，創造有意義的學習機

	會，喚起學習的渴望和喜悅，提升探索科學的興趣與熱忱
授權方式	創用 CC-姓名標示-非商業性-禁止改作 4.0

教學活動設計

教學活動方式及實施方式	時間	學習評量										
<p>微翻轉教室：《愛學網》課前自學活動</p> <p>十二年國民基本教育之課程發展本於全人教育的精神，以「自發」、「互動」及「共好」為理念，<u>強調學生是自發主動的學習</u>。</p> <p>打破創意教案第一堂課傳統的設計模式，<u>請學生登入愛學網，註冊會員，並將愛學網加入瀏覽器的書籤，當成防疫期間的線上教學資源</u>，依循老師給的關鍵字「克卜勒」，預習本單元課程，利用愛學網資源與國教院影片，學習線上課程，提升數位學習與培養後設認知能力。</p> 	課前自學											
<p>本單元所用到的國教院影片如下表</p> <table><tr><th>國教院影片名稱</th><th>網址</th></tr><tr><td>克卜勒行星第一與第二運動定律</td><td>https://stv.naer.edu.tw/watch/334507</td></tr><tr><td>克卜勒行星第三定律</td><td>https://stv.naer.edu.tw/watch/334509</td></tr><tr><td>克卜勒行星第二運動定律例題講解</td><td>https://stv.naer.edu.tw/watch/334511</td></tr><tr><td>克卜勒行星第三運動定律例題講解</td><td>https://stv.naer.edu.tw/watch/334513</td></tr></table>	國教院影片名稱	網址	克卜勒行星第一與第二運動定律	https://stv.naer.edu.tw/watch/334507	克卜勒行星第三定律	https://stv.naer.edu.tw/watch/334509	克卜勒行星第二運動定律例題講解	https://stv.naer.edu.tw/watch/334511	克卜勒行星第三運動定律例題講解	https://stv.naer.edu.tw/watch/334513		
國教院影片名稱	網址											
克卜勒行星第一與第二運動定律	https://stv.naer.edu.tw/watch/334507											
克卜勒行星第三定律	https://stv.naer.edu.tw/watch/334509											
克卜勒行星第二運動定律例題講解	https://stv.naer.edu.tw/watch/334511											
克卜勒行星第三運動定律例題講解	https://stv.naer.edu.tw/watch/334513											

第一節課		
<p>一、準備階段</p> <p>(一)、課堂準備</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 筆記型電腦 1 台 2. 行動載具(手機或平板電腦)學生每人 1 台【學生如果沒有手機，教師可向學校設備組預借平板電腦】 3. 投影機 4. 上課簡報及影片 5. 老師自編教材 6. 素養試題 <p>(二)、引起動機</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 老師詢問學生至愛學網觀看國教院製作的「克卜勒」影片相關問題，答對者加分 2. 老師隨機點選學生發表使用愛學網資源的心得，並總結學生的回答，強力推薦愛學網包羅萬象的影音學習資源，結合 108 課綱核心素養的豐富內涵，影片皆經過專業老師篩選與編排。 	5 分	口頭評量
<p>二、發展階段：</p> <p>(一)、達成目標</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能理解物理學理論的演化過程「地心說（圓軌道）→火星逆行→本輪均輪→日心說（圓軌道）→克卜勒行星定律」及其內容 2. 能說明克卜勒行星運動三大定律發現的歷史背景及內容 3. 能具備克卜勒行星運動三大定律的計算能力 4. 能熟練「orbit」軟體應用於克卜勒行星運動三大定律 5. 能將克卜勒行星三大運動定律結合數學科橢圓的標準式解決天體運行的問題 6. 能以<u>伽利略</u>做為榜樣，理解在疫情中獻身科學的研究精神的人生經驗是值得效法 <p>(二)、主要內容／活動 <u>《附件檔案：老師自編教材—古代科學家臉書》</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 老師運用自己設計創新有趣的自編教材【古代科學家臉書】—<u>托特密</u>、<u>第谷</u>、<u>哥白尼</u>，說明「地心說、火星逆行、本輪、均輪、日心說」，天體運行的演化過程，並融入古代科學家的小故事，例如，<u>第谷</u> 19 歲時在一場與同學的刀劍決鬥之中失去鼻樑，此後終生都戴著金屬製的假鼻子。 	40 分	口頭評量

托特密

行星以偏心點為圓心繞本輪（小圓）、均輪（大圓）兩個正圓轉動

個人簡介

- 出生日期：公元前1世紀
- 出身：希臘羅馬馬籍
- 長期居住地：埃及
- 最得意的事：提出本論與均輪的概念，修正地心說的模型

托特密模型

- 本輪與均輪的概念**
- 行星被假定在一個被稱為本輪的小圓內運動，它繞著一個被稱為均輪的大圓。這兩個圓都在大致平行於太陽的軌道平面（黃道）上以順時針方向運動
- 能解釋行星逆行的現象且還能解釋行星在太陽上的移動速度不一、水星及金星為何必定在太陽附近、四季的長度並非完全平均等問題

托特密

五大行星並不是直接環繞地球作圓周運動，而是按著「本輪」作圓周運動；而這個本輪的圓心則按著「均輪」作圓周運動

托特密

我發現火星的逆行現象（即在某些時候，從地球上看到那些星體的運動軌跡，有時這些星體會往反方向行走）

托特密和亞里斯多德

地球是宇宙中心自轉，全部天體繞地球公轉（太陽不是宇宙中心）

第谷·布拉赫

第谷系統：折衷調整「地心說」與「日心說」採用「地-日心」模型，地球在宇宙中心，太陽和月亮繞著地球轉，其他行星繞太陽轉

個人簡介

- 出生日期：西元1546年12月14日
- 出身：丹麥貴族
- 職業：天文學家兼占星術士和煉金術士
- 最得意的事：在望遠鏡還未發明前就計算出行星運動

生平記事

- 12歲在哥本哈根大學研讀法律
- 14歲時深受日食的感動，轉而研究天空的奧秘
- 19歲時在一場與同學的刀劍決鬥中失去鼻樑，此後終生都戴著金屬製的假鼻子
- 在布勒格編寫宇宙天層表，能算出過去和未來任意行星的位置
- 克卜勒擔任其助手

第谷

- 覺得十分沮喪：我發現托勒密以「地球為宇宙中心」論所描述行星運動的觀測數據有嚴重誤差
- 1577年：我對大彗星的觀測，證明了天體能在地球上移動
- 1576年：謝爾國王贈與汶島，讓我建造天文台在島上，我會建造更多新儀器，精確觀測天體
- 1572年：在蘇美拉修道院的天文台，我親眼觀測到「新」星，一顆非常明亮的星星突然出現於在仙后座
- 1581年：克卜勒和1萬人
- 1560年：當8月1日的日食在地球表面投下一到陰影之際，也點燃我對天文的熱情
- 克卜勒和1萬人

托特密臉書：
說明地心說、火星逆行、本輪、均輪的概念

第谷臉書：
說明托勒密以「地球為宇宙中心」論的行星觀測數據有嚴重誤差

口頭評量

尼古拉·哥白尼

個人簡介

- 出生日期：1473年2月19日
- 出身：波蘭多倫城
- 職業：醫生、執政官、外交官、經濟學家
- 學歷：教會法視博士學位
- 通曉多國語言

生平記事

- 1496年搬到義大利，學習教會法規，但仍被天文學深深吸引
- 1503年回到波蘭與舅父擔任其助理與醫師
- 1512年擔任教會教士
- 1514年在《短論》手稿中，扼要敘述他的日心論
- 1532年完成《天體運行論》但因擔心遭受宗教迫害，一直不願出版
- 1539年收了唯一的弟子瑞提克斯，他力勸哥白尼將發現公諸於世
- 1543年，《天體運行論》出版

哥白尼

《天體運行論》出版了：

- 一、地球不是宇宙的中心，而只是月球軌道的中心。
- 二、宇宙的中心在太陽附近，包括地球在內的行星都曾以圓形軌道繞日。
- 三、日地距離和眾星所在的天穹層高度相比是微不足道的。
- 四、每天看到的天空周性地轉動，是由於地球繞其自轉軸每天旋轉一周所造成的。（地球自轉效應）
- 五、每年看到的太陽在天空的周性地轉動，並不是太陽本身在動，而是地球繞著太陽公轉所造成的。（地球公轉效應）
- 六、目視到的行星順行和逆行的現象，是地球和行星共同繞著太陽運動的結果。

哥白尼

覺得害怕：終於完成《天體運行論》，但我不敢出版因為怕受到教會的迫害

瑞提克斯

師父，您一定要將這個發現公諸於世

尼古拉·哥白尼

個人簡介

- 出生日期：1473年2月19日
- 出身：波蘭多倫城
- 職業：醫生、執政官、外交官、經濟學家
- 學歷：教會法視博士學位
- 通曉多國語言

生平記事

- 1496年搬到義大利，學習教會法規，但仍被天文學深深吸引
- 1503年回到波蘭與舅父擔任其助理與醫師
- 1512年擔任教會教士
- 1514年在《短論》手稿中，扼要敘述他的日心論
- 1532年完成《天體運行論》但因擔心遭受宗教迫害，一直不願出版
- 1539年收了唯一的弟子瑞提克斯，他力勸哥白尼將發現公諸於世
- 1543年，《天體運行論》出版

哥白尼

- 我提出的「日心說」才是正確的
- 1.太陽為宇宙的中心
- 2.其他行星包括地球，皆以圓形軌道繞日而行，但月球還是繞著地球轉
- 「地心說」是錯的
- 我用自製的望遠鏡觀察木星的衛星運動，發現「日心說」才是對的一給天堂的哥白尼
- 克卜勒 1609年：哥白尼，您可以安息了！「日心說」是對的，只要修正行星繞日軌道為「橢圓」。
- 哈伯 1928年：太陽不是宇宙的中心，它只是銀河系中數千億星系的其中之一
- 哥白尼 1532年：覺得害怕：終於完成《天體運行論》，但我不敢出版因為怕受到教會的迫害
- 瑞提克斯：師父，您一定要將這個發現公諸於世

哥白尼臉書(1)：
說明地心說是錯的，而日心說可以解釋行星逆行

哥白尼臉書(2)：
說明伽利略贊同日心說；克卜勒、哈伯修正日心說

2. 老師運用自編教材【古代科學家臉書】—**伽利略**，說明伽利略發明折射式望遠鏡，觀測到的天體發現、發表了具爭議的著作被召回羅馬接受審判，被迫公開發誓《日心說》是錯誤的故事。老師由此融入面對「**新冠肺炎疫情**」全球大爆發，當我們努力從事科學研究時，**要以伽利略做為避疫歲月的科學家榜樣**，**伽利略**的故事告訴我們，**在疫情中獻身科學，從來都不是容易的事，而是要能堅持不懈，伽利略的人生經驗是值得我們效法，而親情的支持也是至關重要的。**

伽利略



伽利略向威尼斯公爵介紹如何使用望遠鏡

個人簡介

- 出生日期: 西元1654年
- 出生地: 義大利比薩
- 職業: 天文學家、物理學家、數學家
- 宗教信仰: 虔誠的天主教徒

動態時報

關於 朋友 相片 更多

● 伽利略 1611年
我將望遠鏡面呈教皇“
教皇以最隆重的方式接見我，免除我在儀式中跪拜的傳統，我的聲望與地位此時達到巔峰”

● 伽利略 1610年
《星際信使》已出版，保證前所未見的景象
“用自已設計望遠鏡觀測月球，木星的衛星及銀河”
#月球表面凹凸不平 #裸眼未曾見過的恆星
#銀河系中個別的恆星 #木星有四顆衛星

● 伽利略 1609年
我觀察到太陽黑子位於太陽表面或非常接近太陽表面，顯示太陽繞著自己的中軸自轉。
#哥白尼的日心說才是對的

● 伽利略 1609年
設計折射式望遠鏡，使用焦距為+980mm的物鏡，與焦距為-50mm的目鏡所製成製作可放大20倍的望遠鏡，觀測星體的面積可放大至400倍

知名著作

- 《小天平》(1586)
- 《運動論》(1590)
- 《力學》(1600)
- 《星際信使》(1610)
- 《流體力學》(1612)
- 《論太陽黑子》(1613)
- 《致大侯爵夫人克里斯蒂娜》(1615)
- 《論潮汐》(1616)
- 《論雙星》(1619)
- 《試金者》(1623)
- 《關於托勒密和哥白尼兩大世界體系的對話》(1632)
- 《論兩種新科學及其數學演化》(1638)

伽利略



伽利略-伽利萊 患難將真情：1638年羅馬教宗探訪伽利略

個人簡介

- 出生日期: 西元1654年
- 出生地: 義大利比薩
- 職業: 天文學家、物理學家、數學家

動態時報

關於 朋友 相片 更多

● 伽利略 1641年
雖然我被軟禁隔離，但我依然不會放棄科學研究
#在流行病肆虐的歲月裡，生活本身就是挑戰

● 伽利略 1633年
親愛的父親：
寄給您的信，有附防疫藥物(果乾)，搭配蜂蜜一起食用提供絕佳的防疫療效 #雖然您被軟禁，我們依然愛您
讀，留言，分享

● 伽利略 1633年
我被召回羅馬接受審判，被強迫公開發誓《日心說》是錯誤的，還被軟禁
#但真理永遠是真理，不會改變
讀，留言，分享

● 伽利略 1632年
總之，如果我的年邁、身體的諸多不適、內心的痛苦，以及在避疫時期的長途跋涉，都不足以撼動法庭的決定……那麼我就即刻啟程。

● 伽利略 1632年
巴貝里尼教宗
伽利略必須前往羅馬，否則將遭逮捕並戴上枷鎖

生平記事

- 1575-1577年義大利爆發大瘟疫，造成威尼斯五萬人喪生
- 1610年出版《星際信使》記載透過望遠鏡看到的發現
- 1632年伽利略的《對話》發行，教宗和耶穌會士立即對伽利略在避疫時期所享有的自由表達憤怒
- 1632年9月，宗教裁判所傳喚伽利略到羅馬做證，當時疫情正逐漸消退，他的審判開始
- 1633年7月審判結束，承任自己的錯誤，發誓放棄哥白尼學說
- 在軟禁下度過九年餘生

伽利略臉書(1)：

伽利略研究地表物體運動並發明折射式望遠鏡觀測月球，木星的4顆衛星及銀河的發現與支持日心說是對的

伽利略臉書(2)：

義大利爆發大瘟疫時，伽利略發表了具爭議的著作，因而遭受羅馬教廷審判，也訴說了一段遠距親情關懷的故事，女兒塞萊斯特藉由醫藥和關愛來支持並幫助他所愛的父親，支持幫助他度過那段艱困的日子。

口頭評量

伽利略



科學的真理不應該在古代聖人的蒙著灰塵的書上去找，而應該在實驗中和以實驗為基礎的理論中去找。真正的哲學是寫在那本經常在我們眼前打開著的最偉大的書裏面的，這本書就是宇宙，就是自然界本身，人們必須去讀它。

伽利略-伽利萊

個性

- 脾氣不好
- 不是一個好相處的人
- 對家人很友善
- 十分照顧家族成員
- 對深交的朋友很好
- 對敵人絲毫不留情，辛辣的文筆令人咋舌

生平記事

- 1590年在義大利比薩斜塔上做自由落體實驗
- 1609年製作了天文望遠鏡
- 1611年，準確地計算出木星衛星(四顆)的運行週期，出於對梅迪奇家族的感激，將這四顆衛星以梅迪奇家族成員的名字命名
- 1616年，教會裁定日心說和《聖經》相悖，伽利略也因此受到指控。
- 1632年由斜面實驗得到慣性定律

按讚內容

哥白尼的日心說
已讚

動態時報

關於 朋友 相片 更多

● 後代人 伽利略
為了紀念你的功績，我們把木衛一、木衛二、木衛三和木衛四稱為伽利略衛星
讀，留言，分享

● 教宗若望保祿二世 伽利略 1992年
雖然你已不在世上，但你支持的日心說是對的
我在此鄭重宣布你伽利略的名譽
讀，留言，分享

● 羅馬教廷 伽利略 1983年
我在此正式承認350年前宗教裁判所對你伽利略的審判是錯誤的
#對不起伽利略
讀，留言，分享

● 伽利略 1633年
即便如此，地球還是在轉動的
真理永遠是真理，不會改變
#日心說
讀，留言，分享

伽利略臉書(3)：說明伽利略近10年的隔離與軟禁中仍繼續開展國際科學研究。在伽利略過世後，一直到1853年，教會才完全解除對伽利略所有著作出版的禁令。至於伽利略被判的罪名，則在1992年10月31日，由當時的教宗若望保祿二世公開表示，對於當年教會對伽利略的處理方式表示遺憾，並承認教會對伽利略在科學的錯誤判決。

口頭評量

3. 老師播放愛學網國教院影片：克卜勒行星運動定律簡介



<https://stv.naer.edu.tw/watch/334505>

4. 老師運用自編教材【古代科學家臉書】—克卜勒，簡單介紹克卜勒行星運動三大定律發現的歷史背景及內容，並說明克卜勒定律是累積第谷觀測資料之歸納性結果，並融入克卜勒小時候的故事。

克卜勒

本人是星筭的立法者，天體運行皆遵守我的三大運動定律

約翰尼斯·克卜勒

個人與家庭簡介

- 1571年出生於德國
- 早產兒，體質差
- 身體瘦弱，眼睛近視又散光
- 三歲時染上天花，雙手受創，視力受損
- 四歲時又患上了猩紅熱，一隻手半殘
- 父親參與戰役後，死於回家途中
- 母親會採集藥草為人治病
- 數學分析能力很強

研究領域

- 在大學裡教授托勒密的「地心說」天文系統
- 研究所的學程中，才教授哥白尼的天文系統【日心說】
- 從第谷蒐集的資料發現火星的軌道不可能如哥白尼所想的正圓

動態時報

克卜勒 1619年
我運用第谷老師大量的天文觀測數據，加上我的數學歸納出三大行星運動定律了
#牛頓和4.1萬人 #但如何證明行星運動定律呢 #幫幫我
讚，留言，分享

克卜勒 1609年
天體運行的真理我還是站在哥白尼這邊的，行星確實是按照橢圓軌道繞太陽的，我想第谷老師天上也有知，也是可以理解的吧！
#哥白尼 #日心說 #橢圓軌道
牛頓和4.1萬人 讚，留言，分享

克卜勒 1601年
第谷·布拉赫老師上天堂了，我會守護著第谷老師的觀測資料
牛頓和4.1萬人 #第谷老師的火星觀測資料豐富
讚，留言，分享

克卜勒 1600年
當第谷老師的助手，學習行星觀測技術是多麼榮耀的事
牛頓和4.1萬人 讚，留言，分享

克卜勒

本人是星筭的立法者，天體運行皆遵守我的三大運動定律

約翰尼斯·克卜勒

個人與家庭簡介

- 1571年出生於德國
- 早產兒，體質差
- 身體瘦弱，眼睛近視又散光
- 三歲時染上天花，雙手受創，視力受損
- 四歲時又患上了猩紅熱，一隻手半殘
- 父親參與戰役後，死於回家途中
- 母親會採集藥草為人治病
- 數學分析能力很強

研究領域

- 在大學裡教授托勒密的「地心說」天文系統
- 研究所的學程中，才教授哥白尼的天文系統【日心說】
- 從第谷蒐集的資料發現火星的軌道不可能如哥白尼所想的正圓

動態時報

克卜勒 1619年
克卜勒第三定律：
各個行星繞太陽公轉週期的平方和它們的橢圓軌道的半長軸的立方成正比例
#週期定律 $R^3 = \text{定值}$ #歸納法
牛頓和4.1萬人 讚，留言，分享

克卜勒 1609年
克卜勒第二定律：
在相等時間內，太陽和運動著的行星的連線所掃過的面積都是相等的
#等面積定律
牛頓和4.1萬人 讚，留言，分享

克卜勒 1609年
克卜勒第一定律：
每一個行星都沿各自的橢圓軌道環繞太陽，而太陽則處在橢圓的一個焦點中
#橢圓定律 #軌道定律
牛頓和4.1萬人 讚，留言，分享

克卜勒臉書(1)：

講述克卜勒是早產兒，體質很差，三歲時染上天花，雙手受創，視力受損，於四歲時又患上了猩紅熱，身體受到了嚴重的摧殘，一隻手半殘，但幸好不腦殘。雖然克卜勒身體瘦弱，眼睛近視又散光，但是他有一顆非常聰明的數學頭腦與上進的心。後來克卜勒修正日心說，並

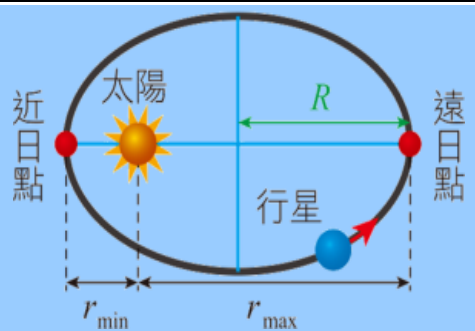
克卜勒臉書(2)：

說明克卜勒行星運動第一定律：所有的行星軌道為橢圓形，以太陽為焦點，又稱橢圓定律或軌道定律

口頭評量

利用第谷老師留下大量的天文觀測數據，加上本身數學能力強，歸納出三大行星運動定律

〔克卜勒定律是累積前人觀測資料之歸納性結果〕

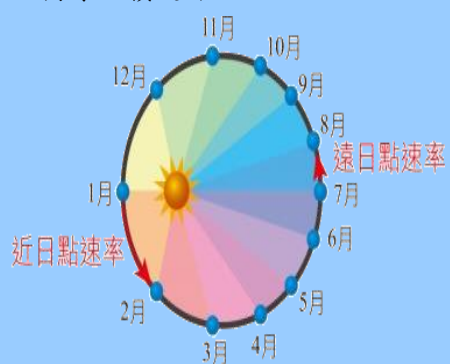


圖片來源：龍騰享備課



說明克卜勒行星運動第二定律：

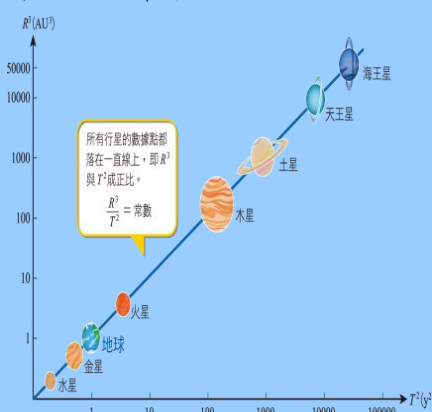
在相等時間內，太陽和運動著的行星的連線所掃過的面積都是相等的數，越靠近太陽，行星速度越快，又稱等面積定律



圖片來源：龍騰享備課

說明克卜勒行星運動第三定律：

行星運動的週期(T)和行星與太陽的距離(R)有直接的關係，又稱週期定律 $T^2/R^3 = \text{常數}$



圖片來源：龍騰享備課

5. 活動：誠摯邀請您成為【克卜勒臉書】的好友

教師建立【克卜勒臉書】帳號，創造真實情境，穿越時空來到中華民國 110 年，邀請學生加臉書好友，並在克卜勒臉書討論三大行星運動定律，增加學生對於學習活動的參與、增加生生及師生間的互

口頭評量

試題計算

動，提升學習成效，活化教學。



老師建立的克卜勒(Johannes Kepler)臉書，邀請學生加好友，討論課程內容

6. 【探究與實作活動：orbit 模擬天上星】**物理與資訊科技**協同教學

《附件檔案：老師自編教材—Orbit 教學》

- (1)請學生使用行動載具（手機或平版）下載 orbit 的應用程式(免費資源)
- (2)老師引導學生透過應用程式的模擬，連結克卜勒行星運動三大定律的應用，持續探索與實作，觀察行星軌道、速度及週期等變化，進行發現問題、歸納結果、反思修正的深度思考歷程
- (3)老師小結



7. 【探究與實作活動：尋找太陽】—**物理科**〔克卜勒行星三大運動定律〕結合**數學科**〔橢圓的標準式〕的應用

《附件檔案：老師自編教材—探究與實作：尋找太陽》

- (1)請學生以太陽為焦點畫出行星的橢圓軌道，並能從數學計算或作圖法反推橢圓的焦點，並畫出地球與火星的軌道、計算行星的運轉週期，將克卜勒行星三大運動定律融入數學橢圓的標準式，抽象概念具體化，由此培養學生應用科學思考與探究的習慣
- (2)老師小結

實作評量

實作評量

三、總結階段：(老師發放課後學習單並說明素養試題的題目)

5 分

學習單

(一)、素養試題

素養試題參考十二年國民基本教育課程綱要，以學生核心素養之養成為導向，將試題融入日常生活情境，培養學生整合運用的能力

素養試題之主題：哈雷彗星

中國古代經常將彗星的出現視為不吉利的天象，民間把也把彗星貶稱為「掃把星」，但美國一位大文豪——馬克·吐溫出卻自稱是跟隨它而來。哈雷·彗星在 1835 年再次出現，接著 11 月份時馬克·吐溫出生了。

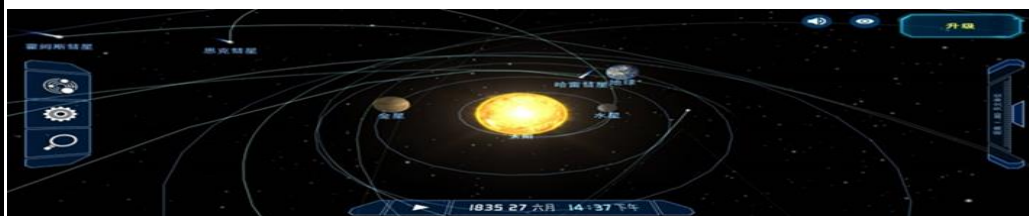
馬克·吐溫：「我在 1835 年與哈雷彗星一起來到人間。明年它將復至，我希望與它同去。如果不能與哈雷彗星一同離去，將為我一生中最大的遺憾。」哈雷彗星在 1910 年 4 月 19 日如約而至，隔天馬克·吐溫在 1910 年 4 月 21 日逝世。在哈雷彗星最接近地球時出生的馬克吐溫，最後終能如願地在哈雷彗星再次造訪地球時，隨著哈雷彗星「回到天上」，為文壇留下一段傳奇的史詩」(如圖一)。(摘自 <https://kknews.cc/history/2eqpnr9.html>)



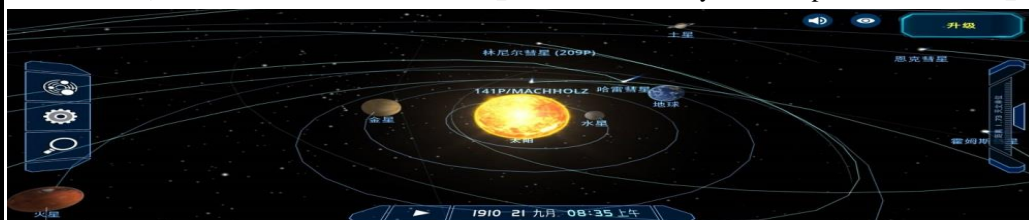
圖一 哈雷彗星照片

題組一

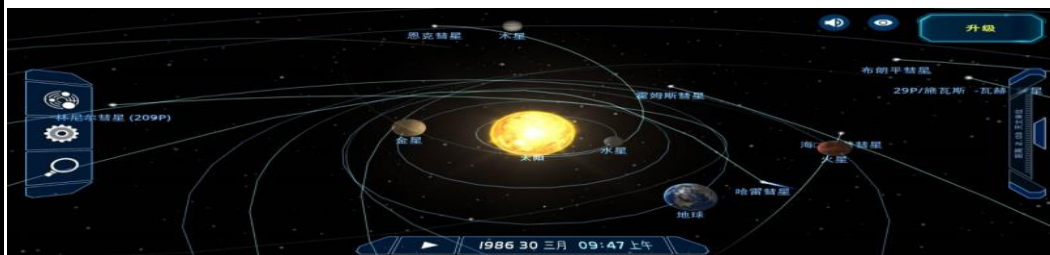
彗星在銀河系運行時，因為受到其他恆星的引力影響，而改變一部分的軌道而進入太陽系中，太陽引力會影響彗星的運行路線，請見圖二、圖三、圖四模擬圖。



圖二 1835 年哈雷彗星經過地球的模擬圖【備註：以 solar system scope 應用程式模擬】



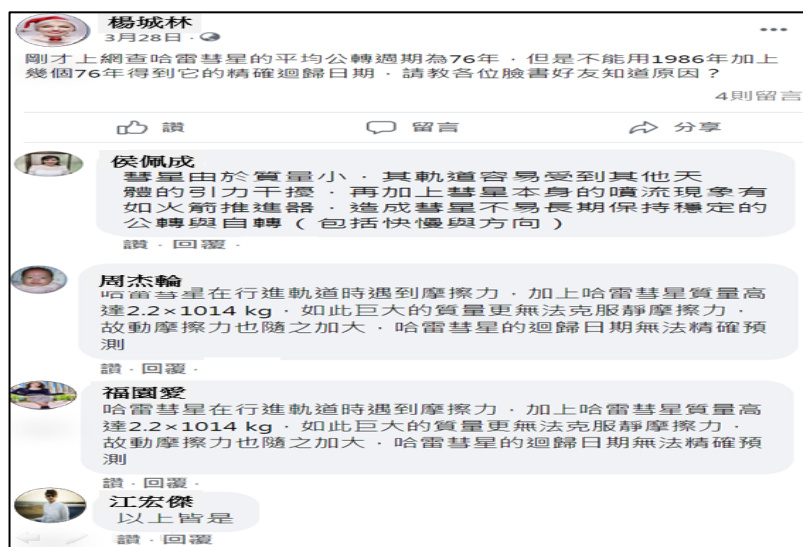
圖三 1910 年哈雷彗星經過地球的模擬圖【備註：以 solar system scope 應用程式模擬】



圖四 1986 年哈雷彗星經過地球的模擬圖【備註：以 solar system scope 應用程式模擬】

問題 1 (PISA 科學素養編碼: A-3 產生並證明合適的預測)

下圖為楊城林臉書的畫面，請根據下方的留言，你認為哪一個人的答案最合理

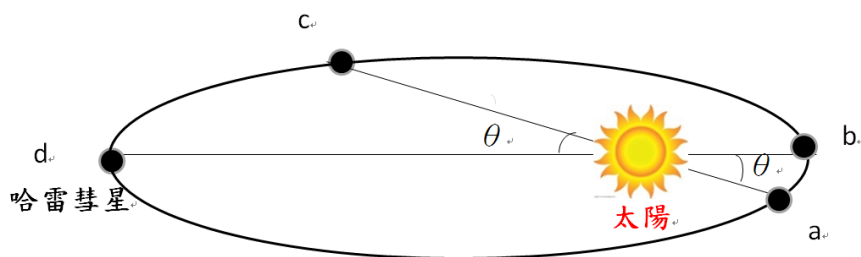


答案：侯佩成

由圖可知彗星質量小容易且經過地球時受到不同星球相對位置的引力干擾及本身噴流的影響，不易長期保持穩定的公轉與自轉，故無法精確算出哈雷彗星的回歸日期

題組二

克卜勒分析第谷的行星觀測資料發現等面積定律，即一個行星與太陽的連線，在等長的時間內，於行星軌道所掃過的面積必相等(克卜勒第二定律)，下圖為哈雷彗星的橢圓軌道示意圖(未依照比例繪製)



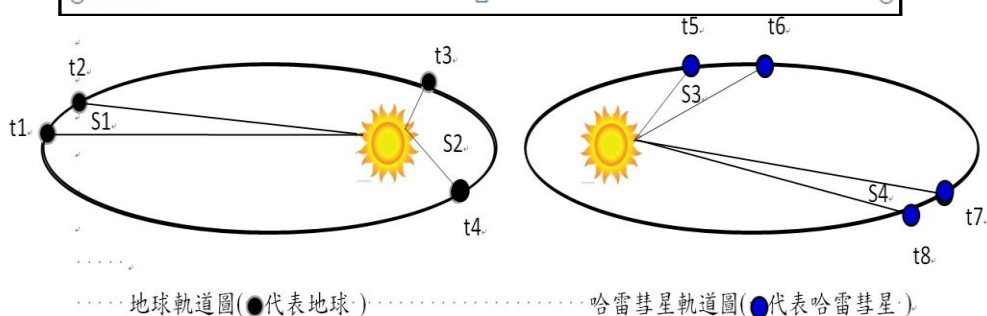
問題 2 (PISA 科學素養編碼: A-2 辨識、使用與產生解釋性的模型及表徵)

哈雷彗星的運行軌跡由 a 至 b 與 c 至 d 點，其中 ab 兩點與太陽所夾的角度為 θ ；cd 兩點與太陽所夾的角度亦為 θ ，哈雷彗星由 a 至 b 與 c 至 d 點所花的時間何者較多？

答案：至 d，根據克卜勒第二定律，在等長的時間內，於行星軌道所掃過的面積必相等，故 c 至 d 的面積大於 a 至 b，故 c 至 d 的時間較長

問題 3 (PISA 科學素養編碼: B-1 辨識出科學研究中所探索的問題)

根據克卜勒分析第谷的行星觀測資料在班級群組討論，發現在同樣時間間隔內，行星繞著太陽公轉所掃過的面積相等。下圖分別為地球繞日與哈雷彗星繞日的軌道圖(未依照比例繪製)，其中 t1~t2、t3~t4、t5~t6、t7~t8 的時間間隔相同，請問下圖臉書留言中，哪位同學的觀念錯誤



答案：席琳狄翁。因為克卜勒第二定律只適用於同一顆行星在不同位置時的面積速率，所以地球和哈雷彗星的面積速率不相同

問題 4 (PISA 科學素養編碼: A-1 回憶與應用合適的科學知識)

根據上述克卜勒行星第二定律，哈雷彗星在 abcd 哪一點具有的動能比較小？

答案：d 點

根據克卜勒行星運動第二定律，天體的軌道速度和離太陽的距離有關，當距離遠時，繞行速度變慢。故當哈雷彗星行至遠日點附近時，軌道速度最慢

(二)、素養試題反映理論分析 (Item Response Theory)

1. 以本校高一某班級 34 人做測試，並運用 ConstructMap 4.6 beta Windows version 軟體完成素養試題分析，結果如下表一，可知本素養試題在難度、鑑別度與信度都有不錯的表現

表一

逐題分析							
題目	難度	難度 評等	鑑別度	鑑別度 評等	內部一致性 信度分析	信度 評等	試題分析
1	0.50	中等	1.00	非常優良	0.75	中高信度	題目保留
2	0.43	中等	0.86	非常優良	0.61	中信度	題目保留
3	0.29	偏難	0.57	非常優良	0.47	中信度	題目保留
4	0.36	偏難	0.71	非常優良	0.46	中信度	題目保留

• 難度指標	難度	難易程度
	$0.8 \leq P$	容易
	$0.6 \leq P < 0.8$	中間偏易
	$0.4 \leq P < 0.6$	中等
	$P < 0.4$	偏難
(Chase, 1978)		

• 鑑別度指標	鑑別度	鑑別度程度
	$D \geq 0.40$	非常優良的鑑別度
	$0.30 \leq D < 0.40$	優良的鑑別度
	$0.20 \leq D < 0.30$	尚可的鑑別度
	$D < 0.20$	劣等的鑑別度
(Ebel & Frisbie, 1991)		

• 信度指標	$r = 0.2$	低信度
	$r = 0.5$	中信度
	$r = 0.8$	高信度
(Cohen, 1988)		

說明：試題 1 與試題 2 之難度呈現中等；試題 3 與試題 4 之難度呈現偏難。試題 1 至試題 4 鑑別度皆呈現非常優良；試題 1 的內部一致性分析呈現中高信度；試題 2 至 4 的內部一致性分析呈現中信度。

備註：

ConstructMap 4.6 beta Windows version 軟體操作方式請見《附件檔案：ConstructMap 軟體操作說明》

第二節課

一、準備階段

(一)、課堂準備

1. 筆記型電腦 1 台
2. 行動載具(手機/平板)學生每人 1 台【學生如果沒有，教師可向學校設備組預借】
3. 投影機
4. 上課簡報及影片
5. 老師自編教材

(二)、引起動機

1. 請學生以行動載具掃描 QR-code，閉上眼睛，聆聽毅力號傳回火星上的風聲



2. 老師說明如果沒有克卜勒歸納的行星三大運動定律與牛頓提出的運動定律、萬有引力定律，人類也無法登陸火星，並詢問學生什麼是萬有引力定律？

二、發展階段

(一)、達成目標

1. 能理解克卜勒行星運動定律與萬有引力的關係
2. 能理解牛頓運動定律結合萬有引力定律可解釋克卜勒行星運動定律。
3. 能解釋萬有引力定律及其數學形式
4. 能說明萬有引力、重力與重量的關係
5. 能應用克卜勒定律和萬有引力定律的內容與數學形式於日常生活中
6. 能推導萬有引力等於向心力的原理，應用於人造衛星
7. 能理解生活情境中可製造「反重力」的原因
8. 理解「重力彈弓」應用於登陸火星的原理
9. 能具備探索科學的興趣與熱忱，對科學產生正向的態度，養成主動學習科學新知的習慣與培養正確的科學態度

(二)、主要內容／活動

1. 老師請學生運用愛學網的電子辭典，查詢「萬有引力」，並隨機點選學生分享

5 分

口頭評量

40 分

口頭評量

即日起,在愛學網也可以查電子辭典囉!

愛學網結合本院《國語小字典》、《國語辭典簡編本》、《成語典》等3部電子辭典資源,讓師生們在觀看數位媒體時,也能隨手查找各種成語與字詞彙,是其他網站沒有的特別服務喔。

國家教育研究院
National Academy of Education Research

愛學網
i-Fun Learning

萬有引力

Q

進階搜尋

愛學習 愛教學 愛參與 愛生活 認識愛學網

首頁 > 愛學習

愛學習

國小階段課程影片 | 國中階段課程影片 | 高中階段課程影片 | 電子辭典

2. 老師運用自編教材【古代科學家臉書】—牛頓。老師引入哈雷(發現哈雷彗星的天文學家)寫信給牛頓,請教如何推導出克卜勒行星運動定律的故事,由此融入牛頓的運動方程式及萬有引力可以解釋克卜勒行星運動定律,並說明牛頓運動方程式與平方反比解釋克卜勒定律是演繹式之推導,而克卜勒行星運動定律則是歸納式的推論。這兩種方法都是研究科學的重要方法。最後,老師再講述牛頓小時候的故事(小時候的牛頓曾經是校園霸凌的受害者。為了在學習上打敗欺負他的同學,他每天勤奮地讀書,終於從一個不愛讀書的學生,逆襲成了學霸),請學生效法牛頓奮發向上的精神。並小結伽利略和牛頓皆在避疫時期獲得重大科學成果,他們的人生經驗值得大家效法

口頭評量

牛頓

我能算準天體運動,卻無法預測人類的瘋狂
艾薩克·牛頓爵士

個人榮耀

- 改革英國的貨幣制度受英安倫女皇封為爵士

科學成就

- 發現萬有引力定律
- 創立經典力學理論體系
- 提出三大運動定律
- 創立微積分
- 發現廣義的二項式定理
- 發現了光的色散現象
- 發明反射望遠鏡

最難過的事

- 1720年的股票市場虧損2萬鎊(折合現在300萬美元)

著作

- 《自然科學的數學原理》
- 《光學》
- 《神學》
- 《古王國的年代學補正》
- 《錢金術》

動態時報

牛頓 1643年

我結合運動定律與萬有引力定律,運用高明的數學技巧,推導出月球的軌道是橢圓。這樣的計算可以推廣到一般行星的運動,進而推導出所有的克卜勒行星運動定律。

牛頓運動定律 萬有引力定律 克卜勒行星運動定律

牛頓

克卜勒由繁瑣的觀測資料中,歸納整理出簡單的行星運動定律。我則利用運動方程式加上萬有引力定律,來解釋克卜勒定律,是演繹式的推導。

哈雷 牛頓

對於天體運行的規律與萬有引力之間的關係為何?

平方反比

牛頓臉書(1)

哈雷(發現哈雷彗星的天文學家)寫

牛頓

如果我比笛卡兒等人看得遠些,那是因為我站在巨人的肩膀上而已。
艾薩克·牛頓爵士

個人簡介

- 出生日期 1643年1月4日
- 出生地 英國伍爾斯索普
- 職業 物理學家、數學家、天文學家、自然科學家、和陳述

人生轉捩點

- 小時候的曾經是校園霸凌的受害者。為了在學習上打敗欺負他的同學,他每天勤奮地讀書,終於從一個學渣逆襲成了學霸。

追蹤粉絲專頁

笛卡兒的Facebook

哥白尼的日心說

伽利略

伽利略證明了日心說

克卜勒的行星運動定律

牛頓

哈雷 牛頓

1684年

我想知道由平方反比定律推導克卜勒行星運動定律,但虎克卻推託不給,請教牛頓爵士可以告訴我嗎?拜託!拜託!

牛頓

1684年

由克卜勒第三定律得出

$$v = 2\pi R/T \dots (1) \quad \text{由克卜勒第三定律得出}$$

$$a = 2\pi v/T \dots (2) \quad R^3/T^2 \text{是常數}$$

v重寫成 $2\pi R/T$,代入a的表示式

$$a = v^2/R = 4\pi^2 R^2/T^2 R^2 = 4\pi^2 C/R^2$$

即向心加速度a和半徑R的平方成反比

反比常數是 $4\pi^2 C$,這就是向心力的平方反比意義

$$F = \frac{mv^2}{R} = \frac{4\pi^2 m R}{T^2} \rightarrow F = \frac{mv^2}{R} = \frac{4\pi^2 m R}{T^2} \rightarrow F \propto \frac{1}{R^2}$$

牛頓臉書(2)

牛頓將三大行星運動定律得出萬有

信給牛頓，天體運行的規律與萬有引力之間的關係為何？牛頓回答「平方反比」

引力定律的內容告訴哈雷，接著哈雷用牛頓的萬有引力和運動定律，計算 1682 年、1531 年與 1607 年的彗星是同一顆



牛頓臉書(3)

牛頓提出萬有引力定律，但不知道 G 值的大小。在牛頓死後 70 年，卡文迪西由扭秤實驗成功測得萬有引力常數 G 是 $(6.754 \pm 0.041) \times 10^{-8}$ 達因·厘米²/克²並算出地球質量 5.9722×10^{24} 千克

3. 萬有引力定律的內容

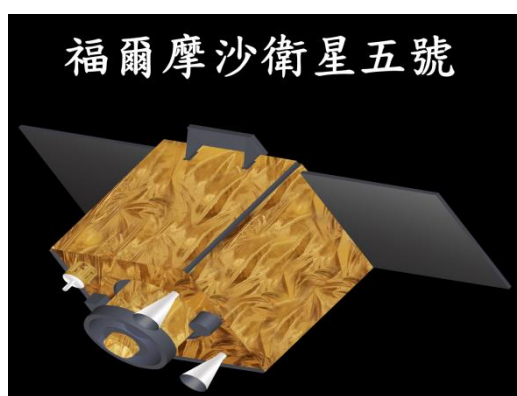
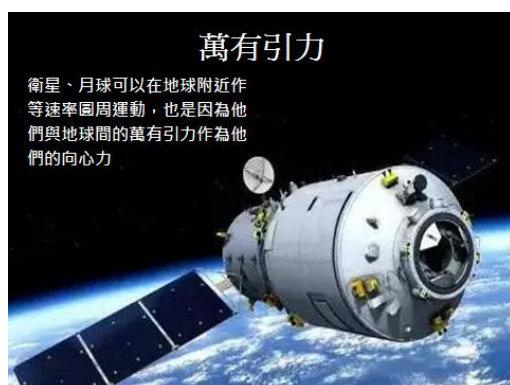
《附件檔案：老師自編教材—萬有引力》



- (1) 老師說明牛頓提出萬有引力定律：「任何物體之間都存在有相互吸引之力，此力的大小與各個物體的質量乘積成正比，而與它們之間的距離平方成反比」，並說明萬有引力的數學形式，舉列星球間的引力，足以讓海水產生牽引。老師再詢問學生，人與人間也有萬有引力，為何人與人間感受不到？
- (2) 老師舉例說明衛星、月球可以在地球附近作等速率圓周運動，也是因為他們與地球間的萬有引力作為他們的向心力，並請學生腦力激盪，舉例跟萬有引力有關的例子(搶答)
- (3) 老師引用台灣首顆自主研發的遙測衛星「福爾摩沙衛星五號」的例子，將萬有引力等於向心力的原理具體化($GMm/r^2 = mv^2/r$)，並簡介

小組討論
口頭評量

「福爾摩沙衛星五號」的任務，預告之後會帶學生去參訪國家太空中心，觀看「福爾摩沙衛星五號」的模型



- (3)【現學現賣】：開封性的思考~以萬有引力的觀點思考，水星與金星沒有衛星的原因？



- (4)老師引導學生辨別科學觀念，思考萬有引力等於重力嗎？並請學生運用愛學網的電子辭典，查詢「重力」，並隨機點選學生分享，再由老師歸納說明，物理學上廣義的指萬有引力或地心引力，狹義的指地球對於地面上一切物體的吸引力。例如，牛頓看到蘋果從樹上掉下來，因而發現了重力作用。

小組競賽
口頭評量



(5)老師引導學生思考地表到地心的距離各處不同，重量是否隨著地點改變？



4. 連結生活情境—【跟麥可傑克森學物理~創造反重力】活動

《附件檔案：老師自編教材—跟麥可傑克森學物理~創造反重力》

(1)老師播放麥可傑克森前傾 45 度的影片，並徵求數位學生自願上台模仿麥可傑克森前傾 45 度(備註：老師須在旁扶住學生)



(2)多數學生只能傾斜 20 度，大於此角度就被重力吸引了而傾倒，老師引導學生思考麥可傑克森前傾 45 度卻不會被重力吸引而傾倒的原因

口頭評量

動作示範

口頭評量



學生很努力前傾



要靠同學扶助，傾斜角度才大

- (3)老師解答麥可傑克森舞步中的反重力現象，是在鞋跟內挖洞，讓舞台處的加蓋螺絲得以插入，固定住鞋子，還有靠強而有力的背部與腿部肌肉，這都必須經過長久的訓練才能有的成果。



圖片來源：How it works 知識大圖解，2019 年，第 56 期，希伯崙股份有限公司

5. 融入登陸火星時事新聞

- (1)老師詢問小組學生 2020/10/14 火星與地球最近，各國為什麼卻提早在 2020 年 7 月發射太空船？

口頭評量
小組競賽

世界第三!陸天問一號登陸火星

祝融號火星車落地 首次探測開門紅 有望與美競爭太空領導權

港紅十字會拒出任

【本報訊】中國探測器「天問一號」於昨日成功降落在火星表面，成為繼美國「好奇號」與俄羅斯「福波斯-大地」之後，第三個成功在火星表面軟降落的探測器。香港紅十字會昨日表示，拒絕出任「天問一號」的香港總代理。

【本報訊】中國探測器「天問一號」於昨日成功降落在火星表面，成為繼美國「好奇號」與俄羅斯「福波斯-大地」之後，第三個成功在火星表面軟降落的探測器。香港紅十字會昨日表示，拒絕出任「天問一號」的香港總代理。

美火星直升機 成功滯空40秒

歷史一刻!人類首在外星球動力飛行 太空探索能力大躍進

NASA機智號 火星首飛挑戰

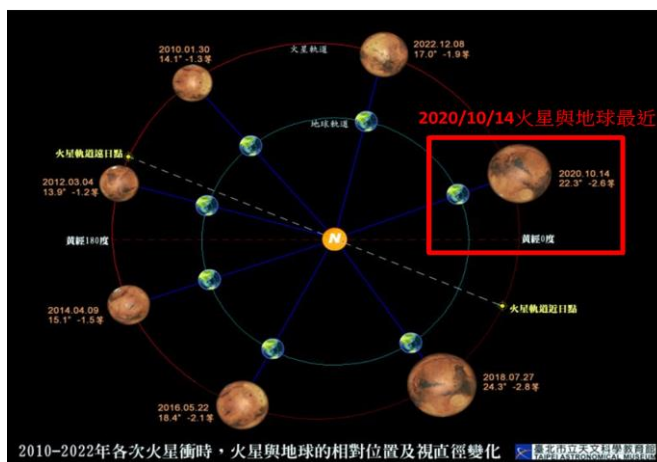
機智號，將在火星表面進行動力飛行。

機智號	2020年	機智號	2020年
機智號	2020年	機智號	2020年
機智號	2020年	機智號	2020年



機智號在火星表面進行動力飛行。

【本報訊】美國太空總署（NASA）昨日宣佈，其「機智號」火星直升機，於昨日在火星表面成功進行了40秒的動力飛行，成為人類首個在外星球進行動力飛行的載具。



圖片來源：台北市立天文科學教育館

(2)老師說明因為要省燃料的關係，所以利用「重力」的原理，發射太空船，繞行橢圓軌道到達火星，太空船在橢圓軌道上不需加速，便可藉由重力到達遠方。此作用稱為「重力彈弓」，此軌道稱為「霍曼轉移軌道」，也是最為節省燃料的軌道。利用變換軌道的做法，途中只需推進2次發動機，就可省大量燃料。此法為德國物理學家~霍曼~發明的方法，但這種方法並非最短距離，所以太空船必需在形成火星衝的兩個月前就得發射。因太空船前往火星的路徑並非直線前進，而是沿著橢圓軌道前進。



口頭評量
小組競賽

三、總結階段：(老師發放課後學習單並說明素養試題的題目)

5 分

紙筆測驗

(一)、素養試題：重力

素養試題參考十二年國民基本教育課程綱要，以學生核心素養之養成爲導向，將試題融入日常生活情境，培養學生整合運用的能力

素養試題：重力

牛頓認為蘋果之所以會掉下來，是因為受到地球吸引的關係，因此提出了有名的「萬有引力定律」，又稱「重力定律」。牛頓研究發現，萬有引力的大小與兩物體質量乘積成正比與距離平方成反比。我們居住的地球略呈扁橢圓球狀，南北極離地心略近，赤道離地心略遠，請依據本段敘述回答下列問題

問題 1：(PISA 科學素養編碼: C-2 分析與解釋數據，並產生合適的推論)

表二為慶佳同學整理出來地球緯度、重力加速度與物理重量的關係表，請指出哪個地點的重力加速度是慶佳不小心寫錯的？

地點	緯度	重力加速度 g (公尺/秒 ²)	質量 $m = 1.000$ 公斤 物體的重量 $W = mg$ (牛頓)
新加坡	北緯 $1^{\circ}09$	9.781	9.781
臺北	北緯 $25^{\circ}02$	9.789	9.789
格林威治	北緯 $51^{\circ}29$	9.785	9.785
北極	北緯 90°	9.832	9.832

解答：

格林威治，

因為格林威治位在北緯 $51^{\circ}29$ ，緯度比台北高，重力加速度必須大於台北

問題 2：(PISA 科學素養編碼: A-1 回憶與應用合適的科學知識)

就讀國立北門農工的慶佳同學，上星期跟著父親去爬玉山，父親為了測驗慶佳同學在學校有無認真上物理課，於是詢問慶佳同學有關重力的知識，父親的問題為「你在玉山山頂與自己就讀的學校，哪個地點所受到的重力略小」？請幫慶佳同學回答

解答：玉山

問題 3：(PISA 科學素養編碼：A-2 辨識、使用與產生解釋性的模型及表徵)

一個商人在挪威向當地漁民購滿 5000 噸鮭魚，裝上輪船從挪威開往靠近赤道的索馬利亞首都摩加迪沙。結果到目的地時秤重，發現鮭魚少了 30 多噸。這位商人很不解，鮭魚到哪裡去了呢？而輪船沿途並沒有停靠任何港口，故被偷是不可能的，裝卸中的損耗也不可能有這樣大。大家議論紛紛。請問下列何人的留言為正確

甲	在挪威所受到的重力較小；而在索馬利亞所受到的重力場較大，故鮭魚才少 30 多噸。
乙	在挪威水結成冰，密度較大；而在索馬利亞融化成水，密度較小，故鮭魚才少 30 多噸。
丙	在高緯度的挪威，所受重力較大；而在索馬利亞，物體實際所受重力較小。故鮭魚才少 30 多噸。
丁	以上的留言都正確

答案：丙

問題 4：(PISA 科學素養編碼：A-1 回憶與應用合適的科學知識)

承上題，在索馬利亞與挪威分別測鮭魚的質量，在哪個地點所測的質量最大

解答：一樣大

(二)、素養試題反映理論分析 (Item Response Theory)

1. 以本校高一某班級 37 人做測試，並運用 ConstructMap 4.6 beta Windows version 軟體完成素養試題分析，結果如下表三，可知本素養試題在難度、鑑別度與信度都有不錯的表現

表三

逐題分析							
題目	難度	難度評等	鑑別度	鑑別度評等	內部一致性 信度分析	信度評等	試題分析
1	0.50	中等	1.00	非常優良	0.72	中高信度	題目保留
2	0.44	中等	0.88	非常優良	0.66	中高信度	題目保留
3	0.44	中等	0.88	非常優良	0.62	中高信度	題目保留
4	0.50	中等	1.00	非常優良	0.56	中信度	題目保留

• 難度指標	難度	難易程度
	$0.8 \leq P$	容易
	$0.6 \leq P < 0.8$	中間偏易
	$0.4 \leq P < 0.6$	中等
	$P < 0.4$	偏難 (Chase, 1978)
• 鑑別度指標	鑑別度	鑑別度程度
	$D \geq 0.40$	非常優良的鑑別度
	$0.30 \leq D < 0.40$	優良的鑑別度
	$0.20 \leq D < 0.30$	尚可的鑑別度
	$D < 0.20$	劣等的鑑別度 (Ebel & Frisbie, 1991)

• 信度指標	
$r = 0.2$	低信度
$r = 0.5$	中信度
$r = 0.8$	高信度
(Cohen, 1988)	

說明：試題 1、試題 2、試題 3 與試題 4 之難度呈現中等；試題 1、試題 2、試題 3 與的內部一致性分析呈現中高信度；試題 4 的內部一致性分析呈現中信度

(三)、素養試題：萬有引力

素養試題：萬有引力

牛頓由樹上蘋果掉落的現象，發現了萬有引力定律：「任何物體之間都存在有相互吸引之力，此力的大小與各個物體的質量乘積成正比，而與它們之間的距離平方成反比」（維基百科）。「萬有引力定律」又稱「重力定律」，在物理學廣義的是指萬有引力或地心引力，狹義的是指地球對於地面上一切物體的吸引力。

題組一

太陽系的八顆行星都順著同一方向環繞太陽運轉，它們本身都不會發光，只能反射太陽光。而且因為太陽引力的關係，八大行星周而復始、順序地在自己的軌道上運行，而太陽系中每個行星質量不同，半徑高度不同，故重力加速度也是不一樣的。

質量是物質客觀屬性，恆常不變，而重量是重力對質量所能施予的作用力，定義為質量乘以由重力所產生的加速度($F=mg$)。每個行星的重力各異，即使質量一樣，但人的體重會隨著重力的改變而改變。請依據表四 太陽系八大行星的表面重力加速度值，回答下面問題。



表四 太陽系八大行星的表面重力加速度值

太陽系行星	行星表面重力加速度值
地球表面	9.8m/s^2
水星表面	3.7m/s^2
金星表面	8.7m/s
火星表面	3.7m/s^2
木星表面	24.1m/s^2
土星表面	10.4m/s^2
天王表面	8.8m/s^2
海王表面	11.1m/s^2

問題 1 (PISA 科學素養編碼:C-2 分析與解釋數據，並產生合適的推論)

如果美國太空總署(NASA)未來將送太空人到太陽系每個星球進行探險，請你(妳)判斷太空人在太陽系哪個星球測量自己的體重會是最重的？

解答：木星

詳解：由表可知木星表面重力加速度值最大

問題 2 (PISA 科學素養編碼:A-3 產生並證明合適的預測)

太空人在哪些星球作跳躍運動，會跳得最高？

解答：水星與火星

詳解：人跳高時的高度會受到地球表面重力場的影響，重力場愈小，人跳高的高度愈大。

題組二

美國太空探索科技公司 (SpaceX) 送一群太空人前往國際太空站(ISS)，日前傳出太空人湯瑪士一個人舉起五個人的照片，事實上在失重的外太空，才能做到一個人舉起五個人。失重的定義為測量不到物體正向力，而非真的失去重力，重力是地球對物體的萬有引力，而重量是物體與接觸面間的作用力。

問題 3 (PISA 科學素養編碼:辨識出科學研究中所探索的問題)

根據湯瑪士一個人舉起五個人的照片，太空人湯瑪士的粉絲們紛紛在網路相簿留言，請問何者的留言錯誤？

Ada	如果我也可以去 ISS，我一定能舉起十個人在我肩上
Grace	感受不到自己的重量，但是重力仍然存在
Barbara	令人讚嘆！只有在無引力的外太空才能出現的畫面

答案：Barbara。在 ISS，地球的引力會減弱，但引力不會完全消失

問題 4 (PISA 科學素養編碼:A-1 回憶與應用合適的科學知識)

在 ISS 的湯瑪士從外太空看地球，因為太想家了，因此淚水自眼眶奪出，沿著雙頰流下，沾溼衣襟。

請問上述的話，是否正確？並請說明理由
(請填是或否)？

答案：否。在失重的外太空，如果流淚的話，淚水不會往下流，而是會聚成一團附著在眼睛上的水球，流得越多，水球越大。

(四)、素養試題反映理論分析 (Item Response Theory)

1. 以本校高一某班級 37 人做測試，並運用 ConstructMap 4.6 beta

Windows version 軟體完成素養試題分析，結果如下表五，可知本素養試題在難度、鑑別度與信度都有不錯的表現

表五

逐題分析

題目	難度	難度 評等	鑑別度	鑑別度 評等	內部一致性 信度分析	信度 評等	試題分析
1	0.55	中等	0.90	非常優良	0.62	中高信度	題目保留
2	0.55	中等	0.90	非常優良	0.62	中高信度	題目保留
3	0.36	中等偏難	0.71	非常優良	0.57	中信度	題目保留
4	0.41	中等	0.61	非常優良	0.52	中信度	題目保留

• 難度指標

難度	難易程度
$0.8 \leq P$	容易
$0.6 \leq P < 0.8$	中間偏易
$0.4 \leq P < 0.6$	中等
$P < 0.4$	偏難
(Chase, 1978)	

• 鑑別度指標

鑑別度	鑑別度程度
$D \geq 0.40$	非常優良的鑑別度
$0.30 \leq D < 0.40$	優良的鑑別度
$0.20 \leq D < 0.30$	尚可的鑑別度
$D < 0.20$	劣等的鑑別度
(Ebel & Frisbie, 1991)	

• 信度指標

$r = 0.2$	低信度
$r = 0.5$	中信度
$r = 0.8$	高信度
(Cohen, 1988)	

說明：試題 1 與試題 2 之難度呈現中等；試題 3 與試題 4 之難度呈現中等偏難與中等。試題 1 與試題 2 的內部一致性分析呈現中高信度；試題 3 至 4 的內部一致性分析呈現中信度

第三節課

一、準備階段

(一)、課堂準備

1. 筆記型電腦 1 台
2. 行動載具(手機/平板)學生每人 1 台【學生如果沒有，教師可向學校設備組預借】
3. 投影機
4. 上課簡報及影片
5. 老師自編教材

(二)、引起動機

1. 老師分享時事新聞，美國 SpaceX 太空船返地球，成功夜降的新聞

5 分

口頭評量



2. 老師分享法國太空人佩斯凱 (Thomas Pesquet) 的網路相簿影片，並說明只有在失重的太空，才能做到一個人舉起五個人的畫面

《附件檔案：教學影片—太空人 Thomas Pesquet 影片》



二、發展階段

(一)、達成目標

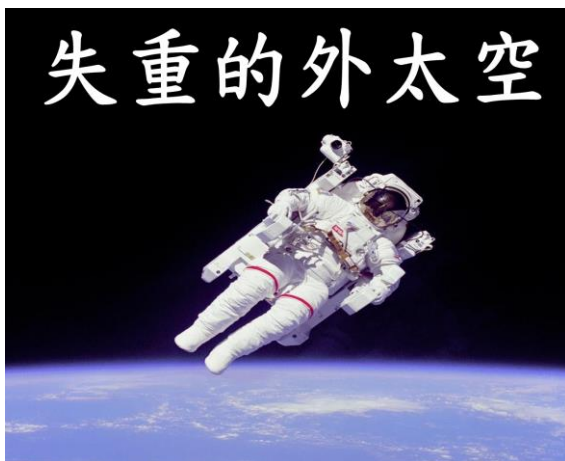
1. 能辨別失重與無重力的科學迷思概念
2. 能說明外太空的環境及長時間待在失重的太空對人體的影響
3. 能操作「Google Maps」探索國際太空站(ISS)
4. 能利用簡單的實驗來呈現失重的現象
5. 能以英文模式操作 solar system scope 應用程式，一窺外太空的面貌並模擬火星衝、哈雷彗星與海爾-博普彗星拜訪地球時出現的情境與星空，以及天體運行的軌跡
6. 能以英文模式操作 solar system scope 應用程式，查詢行星的基本介紹及構造圖
7. 能利用 solar system scope 應用程式與他人合作，並進行「火星旅遊指南」的專題製作
8. 能從專題報告製作，建立與他人良好的互動模式興趣與熱忱，並願意主動分享所獲得的科學相關知識給予團隊的其他成員
9. 能透過科學思考與科技的結合，產生學習科學的興趣
10. 能鑑賞自然科學理論嚴謹豐富的意涵，讚嘆科學家們建立自然模型的創意與構築自然實驗的發想，進而欣賞自然界運作的平衡、穩定與美感

(二)、主要內容／活動

1. 失重的外太空：

《附件檔案：老師自編教材—失重的外太空》

- (1) 老師說明失重的定義：測量不到物體正向力，而非真的失去重力，重力是地球對物體的萬有引力；重量是物體與接觸面間的作用力
- (2) 老師講解學生常見的錯誤的認知與迷思概念：失重並非失去重力。舉例說明，太空站隨時都受到地球的向心加速度，所以太空人感受不到自己的重量，但是重力仍然存在



- (3) 老師太空人在國際太空站(ISS)的生活影片~哭與擰毛巾都不是容易的事《附件檔案：教學影片—太空人能流眼淚嗎與在太空站擰毛巾會怎樣？》
- (4) 老師引導學生思考，長時間外太空旅行對人體的影響

40 分

口頭評量

口頭評量

(5)老師引導學生思考，在太空人若在太空意外過世 屍體會變怎樣？最後由老師歸納學生的回答並做小結

2. 【三秒帶你離開地球表面】

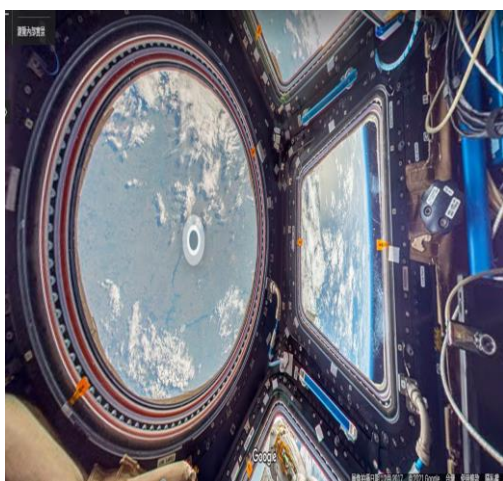
《附件檔案：老師自編教材與教學影片—三秒帶你離開地球表面》

(1)老師說明雖然無法帶學生至外太空旅行，但可結合科技資訊，使用「Google Maps」神遊到國際太空站(ISS)，目睹國際太空站的風采、從外太空看地球的樣貌、各大行星的表面，同時也讓學生理解在地球上萬有引力是很幸福的事

(2)老師講解並播放老師自製影片~使用「Google Maps」到國際太空站(ISS)的操作步驟，再請學生實作

小組競賽

實作評量



滑鼠可上下左右移動，如同親眼目睹國際太空站的風采



國際太空站上，每天都可以觀賞到 15 次日落

3. 【探究與實作活動：哇！失重了】：利用簡單的實驗來呈現失重的現象

《附件檔案：老師自編教材—哇！失重了》

(1)老師說明無法到外太空體驗失重的現象，但可以教大家操作失重實驗



實作評量

- (2)老師先示範失重實驗，再請學生操作失重實驗，並引導學生思考為何寶特瓶作上拋運動，在過程中，水就不會從側邊孔洞中流出？
- (3)請學生觀察若使用不同的速度（力道）上拋寶特瓶，瓶身漏水的狀況是否有差異？
- (4)請學生分享失重實驗的心得，最後由老師歸納小結

4. solar system scope 應用程式之簡介

- (1)簡介 solar system scope 應用程式(免費資源)

老師說明 solar system scope 應用程式，是以 3D 模擬外太空的面貌，藉由參數設定，可穿越時空回到過去與未來，觀看太陽系各行星、矮行星與彗星運行的軌跡、情境與星空，並針對每一顆行星有詳細的說明及構造圖

- (2)老師播放自製影片

操作 solar system scope 應用程式模擬 2020 年 10 月 14 日發生的火星衝(火星、地球和太陽幾乎排列成一線)

《附件檔案：老師自製影片—2020 火星衝》



5. 【探究與實作活動：穿越時空，遇見火星】

結合物理、英文、資訊科技與地球科學的跨領域知識

- (1)請學生使用行動載具下載 solar system scope 的應用程式(免費資源)
- (2)英文老師協同教學：教導太陽系行星、彗星與矮行星等單字，俾利學生熟悉以英文模式操作 solar system scope 應用程式



實作評量

實作評量

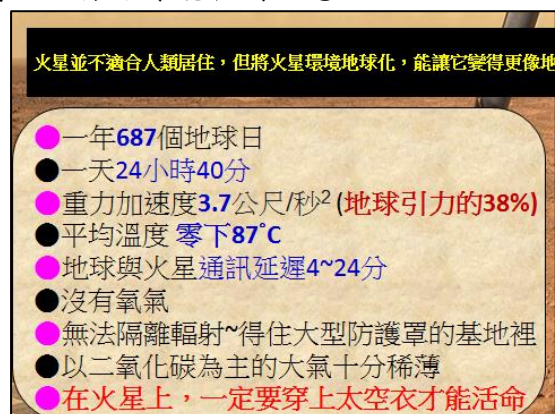
圖片來源：<https://www.worldatlas.com/>

(3)資訊科技老師協同教學：

《附件檔案：老師自編教材—solar system scope 教學》
教導學生操作 solar system scope 應用程式的各介面

(4)融入地球科學知識：

操作 solar system scope 應用程式，查詢火星的資料、構造圖及環繞火星的衛星，老師再額外補充火星的其他知識，例如，前往火星的路上，太空船和地球的通訊會延遲，根據 NASA 資料，延遲平均在 20 分鐘左右，且走得越遠，延遲也越高，電話中每說一句話，需等 40 分鐘才能收到回應



(5)【現學現賣】：連結第二節課所教登陸火星的星時事新聞。請學生設定應用程式的參數，穿越時空，回到 2014 年、2016 年、2018 年、2020 年與未來 2022 年，模擬火星衝的情境，讓學生透過 solar system scope 的應用程式，觀察天體運行的軌跡，理解萬有引力在天體運行的應用及驗證克卜勒行星運動的第一定律(橢圓定律)

口頭評量

實作評量



2014 年火星衝



2016 年火星衝



2018 年火星衝



2022 年火星衝

6. 【探究與實作活動：穿越時空，遇見哈雷彗星】~Comet Halley

實作評量

(1)老師說明哈雷發現彗星的故事：哈雷用牛頓的運動定律與萬有引力定律，推導 1456、1531、1607 1682 年曾經出現的彗星是同一顆且是週期性天體，之後哈雷用牛頓的萬有引力推測這顆彗星將於 1758 年再次造訪地球，雖然哈雷來不及目睹這顆彗星的回歸，此彗星還是準時回來探望我們，這顆彗星便命名為哈雷彗星

(2)請學生設定應用程式的參數，穿越時空，回到 1835 年、1910 年、1986 年與未來 2061 年，模擬哈雷彗星拜訪地球的情境與星空，讓學生透過 solar system scope 的應用程式，觀察天體運行的軌跡，理解萬有引力在天體運行的應用及驗證克卜勒行星運動的第一定律(橢圓定律)



模擬 1835 年哈雷彗星拜訪地球



模擬 1910 年哈雷彗星拜訪地球



模擬 1986 年哈雷彗星拜訪地球



模擬 2061 年哈雷彗星拜訪地球

(3)哈雷彗星在 1835 年再次出現，中國記載「道光十五年閏六月十一日彗星見」，接著 11 月份時馬克·吐溫出生了。請學生操作 solar system scope 的應用程式，觀看馬克·吐溫出生的 1835 年，哈雷彗星再次拜訪地球時的星空



模擬馬克吐溫出生的 1835 年（中國道光十五年），哈雷彗星出現的星空

- (4)哈雷彗星在 1910 年再次出現，中國記載「宣統二年四月初二日寅初初刻，東北方雲中彗星出見」，隔天馬克·吐溫在 1910 年 4 月 21 日逝世。請學生操作 solar system scope 的應用程式，觀看馬克·吐溫逝世的 1910 年，哈雷彗星再次拜訪地球時的星空



模擬馬克吐溫逝世的 1910 年（中國宣統二年），哈雷彗星出現的星空

- (1)融入地球科學知識：

《附件檔案：老師自編教材—穿越時空，遇見哈雷彗星》
以 solar system scope 應用程式查詢哈雷彗星近日點，老師再額外補充哈雷彗星的其他知識

7. 【探究與實作活動：穿越時空，遇見海爾-博普彗星】 (Comet Hale-Bopp)

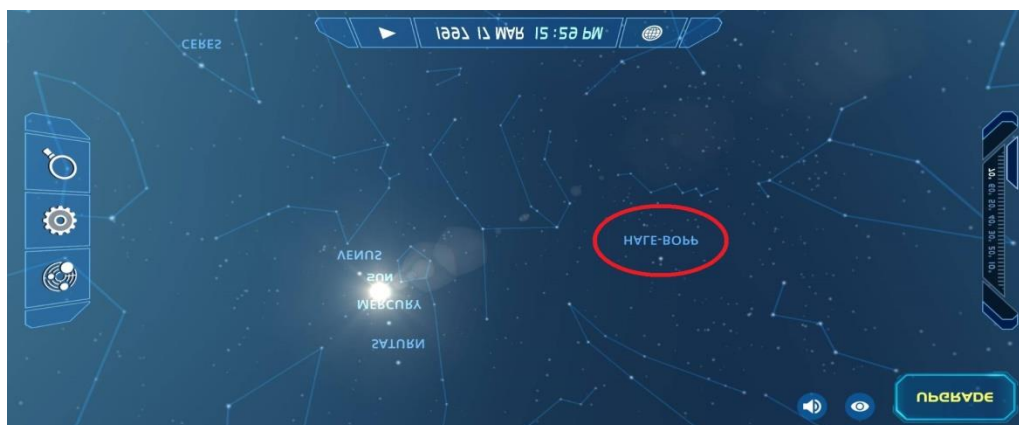
《附件檔案：老師自編教材—穿越時空，遇見海爾-博普彗星》

- (1)老師說明海爾-博普彗星屬於長週期的彗星，週期約 4200 年，在 1997 年拜訪地球，下一次地球的時間可要等到西元 4385 年。老師由此融入萬有引力與克卜勒行星運動的第三定律，解釋海爾-博普彗星與木星距離近時，足以被木星的引力改變軌道，軌道被縮短，其公轉也週期縮短。請學生操作 solar system scope 的應用程式模擬 1997 年，海爾-博普彗星拜訪地球時的情境與星空

實作評量



模擬 1997 年海爾-博普彗星拜訪地球



模擬 1997 年，海爾-博普彗星出現的星空

8. 【問題思考與 solar system scope 應用】

《附件檔案：老師自編教材—美國為何不敢登陸金星？》

- (1) 老師詢問學生地球與金星最近，但美國為何不敢登陸金星？請學生操作 solar system scope 的應用程式查詢金星的介紹及構造圖
- (2) 老師歸納學生的回答並做小結

美國為何不敢登陸金星？

- 早在20世紀60年代，人類就開始探索金星了。
- 金星表面的環境極其惡劣，平均溫度高達465℃
- 周圍還籠罩著一層厚厚的有毒氣體—二氧化硫
- 偶爾再下個硫酸雨，怕是再堅固的飛船都會被腐蝕得不成樣子。
- 每小時350公里的颶風，簡直就如同地獄一般。
- 金星上的氣壓還是地球的92倍，相當於潛入800米深海底時所要承受的壓力

口頭評量

小組競賽

<p>三、總結階段</p> <p>(1)老師說明 NASA 推出火星計劃三部曲，2030 年實現人類登陸火星大夢，假設 2035 年火星環境已地球化的前提下，請學生以小組合作的方式，透過資訊科技實作，連結跨領域的學科知識，完成「火星旅遊指南」的專題製作</p> <p>(3)專題報告內容必須含下列：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●火星一號太空船發射時間 2035 年為火星大衝，請操作 solar system scope 的應用程式，觀察火星大衝的時間，並應用「重力彈弓」的原理換算太空船提早出發的時間 ●火星一號太空船回程時間 必須火星待上 2 年左右，<u>等待地球與火星再度接近時</u>，請操作 solar system scope 的應用程式，觀察 2037 年火星衝的時間，才能踏上返回地球的歸途，並應用「重力彈弓」的原理換算太空船提早從火星回程的時間 ●攜帶物品 請參考火星的環境條件，例如，攜帶手錶，需考慮火星一天「24 小時 40 分」，故一天「24 小時」的地球手錶不適用在火星 ●其餘事項可自行發揮 	5 分	專題製作
--	-----	------

第四節~第五節課

帶領學生至國家太空中心，進行戶外教育

戶外教育是十二年國民基本教育課程實踐全人教育精神的重要一環，本課程設計結合戶外教育，帶領學生至國家太空中心參訪，提供真實情境的體驗，創造有意義的學習機會，喚起學習的渴望和喜悅，增進求真、友善、美感的多元學習價值，並營造萬物可為師、處處可學習的學習氣氛，落實「自發」、「互動」及「共好」的教育理念。

(一)、達成目標

1. 結合課程理論，理解台灣太空發展體系、太空科學研究、衛星應用技術能力及相關設施
2. 認肯國家支持推動太空政策，並讚賞工程師設計及發展自製人造衛星與火箭

(二)、主要內容／活動

參訪國家太空中心課程簡介

100 分

口頭評量
小組討論
紙筆測驗

課程活動	說明
認識『國家太空中心』及福衛系列介紹	認肯國家大力支持太空政策，並融入本單元克卜勒行星運動定律與萬有引力定律，簡介台灣的人造衛星、火箭發射的原理
國家太空中心參觀 --(a)衛星整測廠房	說明人造衛星是因為與地球間的萬有引力作為向心力才可以在地球附近作等速率圓周運動，並介紹太空中的惡劣環境，人造衛星必須經過一系列的測試方能送上太空。
國家太空中心參觀 --(b)太空中心史館	體驗高科技衛星，可帶給我們的新奇和知識，且在院史館也能看到介紹各個人造衛星及太空中心的歷史。
國家太空中心參觀 --(c)衛星操控中心	可讓學生了解衛星操控中心是衛星計畫地面部門的核心，而它的操作功能由數個大型軟體系統整合而成。
國家太空中心參觀 --(d)福衛火箭模型	親眼見證福衛 5 號衛星的實體模型及發射火箭模型(不再是課本上冷冰冰的文字敘述與圖片)
說明人造衛星的應用	了解國家太空政策、人造衛星和火箭的基本知識，以及人造衛星的應用。
填寫學習單與課程回饋單	總結今日課程

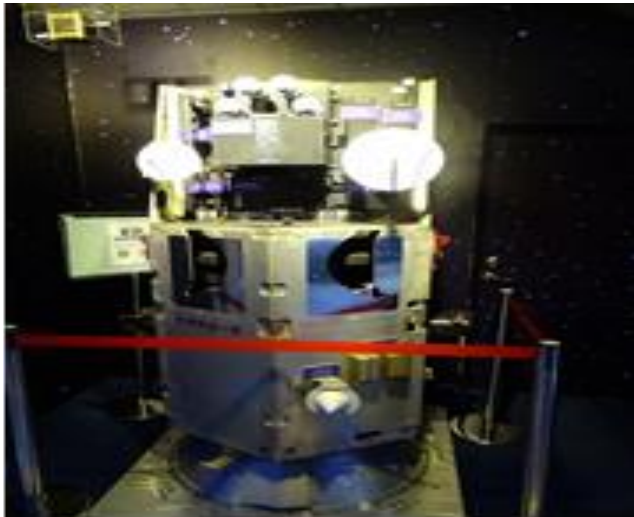
參訪照片



泰民老師帶領學生參訪太空中心



模擬太空人漫步動畫片



福衛 1 號實體模型



福衛 3 號實體模型



福衛 5 號火箭實體模型



太空人裝備



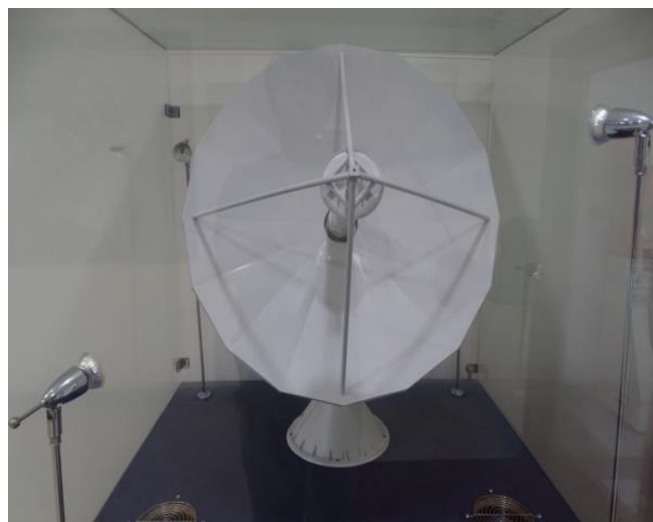
衛星操控中心全貌



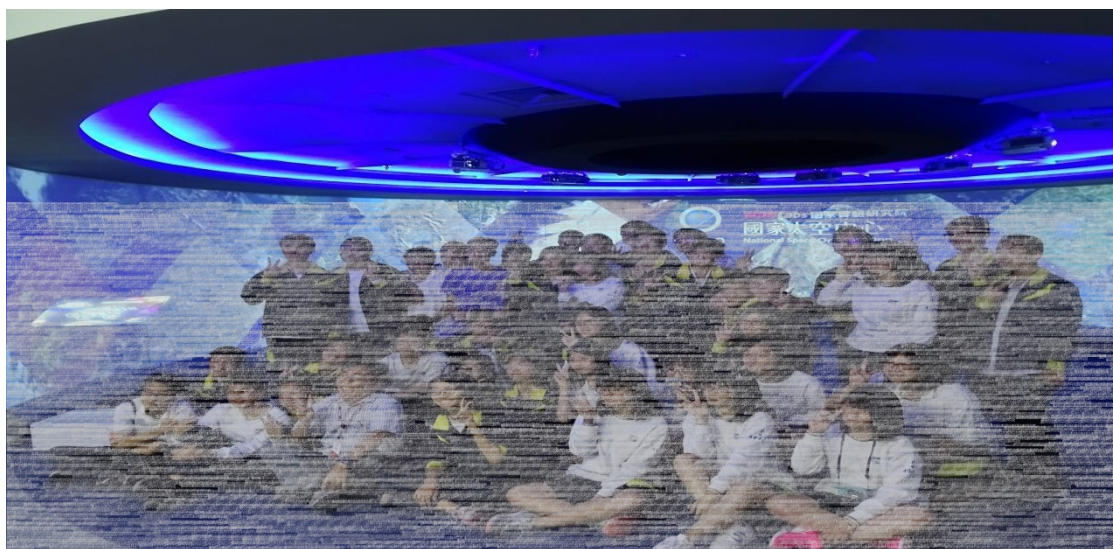
解說老師說明儀表上數字意義



學生發問『遙測影像資料』



S 頻段接收天線



360 度大影幕前合照

評量工具

- 「火星旅遊指南」專題製作
- 素養試題
- 學習單
 - (1) 尋找太陽
 - (2) 哇！失重了
 - (3) 戶外教育學習單
- 探究與實作活動過程與成果
 - (1) 【orbit 模擬天上星】活動
 - (2) 【穿越時空，遇見火星、哈雷彗星、海爾-博普彗星】活動
 - (3) 【尋找太陽】
 - (4) 【哇！失重了】
 - (5) 【三秒帶你離開地球表面】
- 學生的課堂參與、學習表現、學習態度及進步情形

參考資料

How It Works 知識大圖解 太空奧秘大圖解，希伯崙股份有限公司

How it works 知識大圖解 國際中文版 5 月號/2019 第 56 期，希伯崙股份有限公司

林春煌，素養導向教學與評量—以高中物理克卜勒行星定律為例，實務分享 2020 全國科學探究競賽-這樣教我就懂，葉鈞喬老師

高文芳等 5 位，高中物理，三民書局，2019

林秀豪等 6 位，高中物理，龍騰文化，2019

未來少年，2013 年，11 月，遠流出版社

【三民東大學習平台】<https://elearning.sanmin.com.tw/>

【龍騰文化享備課】<https://dgs.ltedu.com.tw/web/po.html>

【臺北市立天文科學】教育館 <https://www.tam.gov.taipei/>

【了概 Liaoguy】<https://liaoguy.com/05-27-2021-mars-exploration>

【《未來少年》知識庫】<https://futureparenting.cwgv.com.tw/>

【中時新聞網】<https://www.chinatimes.com/hottopic/20190502001896-260809?chdtv>

【建國高中特色選修課程 - 物理現象的程式設計與模擬】<http://coding.nutc.edu.tw/student/lesson/D05/>

【科技新報】<https://technews.tw/2019/12/01/esa-hibernation-and-torpor-prospects-for-human-spaceflight/>

【未來少年知識庫】<https://futureparenting.cwgv.com.tw/youth/freeRead/index/MY>

黃泰民，議題融入教案範例，技術高中自然科推動中心，2021

<https://vtedu.mt.ntnu.edu.tw/nss/s/naturescience/p/index>

【免費圖庫搜尋引擎】<https://cc0.wfublog.com/>

<https://kknews.cc/astrology/5x2elp2.html>