

物理 Physics Search 搜查線

第16期

104年12月15日出刊

COVER STORY

水下滑翔機 教學理念與應用 P.2



本期刊物電子檔

專案特搜2

看電影，長知識——絕地救援 P.11

專案特搜①



水下滑翔機

教學理念與應用

新北市立新莊高中暨師大師培中心 \ 張志康 教師
國立海洋科技博物館展示教育組 \ 宋祚忠 助理研究員

前言

水下滑翔機？滑翔機就滑翔機還有水下專用的喔!?水下滑翔機要怎麼玩啊？空中的飛行傘都不敢玩、搞不懂了，那水下的還得了啊!?各位夥伴，別搞錯啦！水下滑翔機不是拿來玩的，而且它的物理原理也比常見的滑翔機來得有趣，甚至單純許多。事實上，水下滑翔機是一種「水下科技的偵蒐機器（圖1）」，而它也是目前國內正不遺餘力推動海洋科學與水下科技應用的產物，其類型至少含三種以上（詳細說明參見內文）。對此，本文將採用目前已測試並應用於大範圍海域偵測及取樣之「自主式水下滑翔機 (autonomous underwater glider , AUG)」作為DIY設計的模板與教具（圖2），其應用的物理原理涉及沉浮（由水面滑翔沉降至水底→拋棄配重→滑翔浮出水面）、合力（矩）、作用力與反作用力等物理概念。在賦予AUG一個預期的偵蒐任務後，利用做中學、學中做的反饋歷程，不僅能帶領學習者一窺水下科技的奧秘，亦可領會物理在海洋科技實務之重要性！



圖1 自主式水下滑翔機 (AUG)

浮出水面後，將監測資料傳遞至通訊衛星、完成GPS定位、調整俯仰姿勢後再開始另一個下潛週期

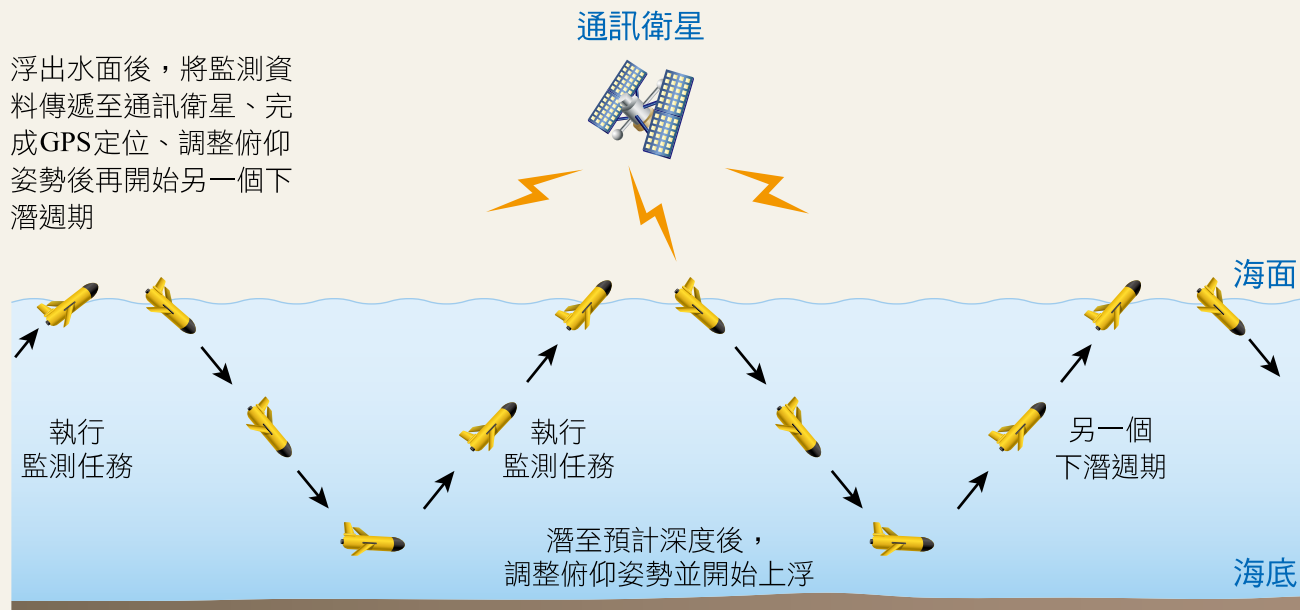


圖2 自主式水下滑翔機的偵蒐路徑與模式



水下滑翔機概論與教具開發

一、水下滑翔機概論

自主式水下滑翔機 (autonomous underwater glider , AUG)、遙控水下載具 (remotely operated vehicle , ROV)，與自主式水下載具 (autonomous underwater vehicle , AUV) 等同被歸類為無人水下載具 (unmanned underwater vehicle , UUV)，或稱為水下機器人 (underwater robotics)，如圖3所示。藉著高科技的協助，人們設計出水下機器人，得以克服高壓、黑暗的環境，向未知的海洋領域推進。水下機器人能夠幫助人類進出深海完成任務，或是長期停留在海脊、海溝等深海特定區域內進行資料蒐集與觀測工作，其偵蒐模式如圖2所示。



(a)遙控水下載具 (ROV)



(b)自主式水下載具 (AUV)

圖3 無人水下載具

其中，自主式水下滑翔機並不像圖3的兩款載具一樣，在海洋水體中靠傳統的螺旋槳推進，而是利用重力自然下潛，再用浮力引擎（一種可以抽排水的裝置）產生浮力上浮，在上、下的過程中藉由雙翼轉換出向前的推力。除此之外，自主式水下滑翔機可循著垂直鋸齒狀軌跡的運動方式（圖4），進行掃描海洋水體，大範圍蒐集水下水文資料（如水溫、鹽度、壓力等）之作業，其航程往往可以達到數千甚至數萬公里遠。

水面



圖4 水下滑翔機模型在水中之「下潛-上浮」運動歷程示意圖

世界上目前仍以從事研究型態用的自主式水下滑翔機居多，其水深範圍可及200公尺至6000公尺深海，水平速度則介於25公分/秒（約0.5節）至40公分/秒（約0.8節）。之所以可以巡航數千公里的主要原因是，它只有在水中啟動浮力引擎，改變上浮、下沉狀態或傾角姿態時才須要耗費電能，在水中滑翔的過程中，除僅須耗費少量電能執行必要監測任務外，並不需要額外電能提供行進之動力，相當節能，如此才能進行長時間及大範圍的偵蒐作業。

二、教具開發的模式與理念

1. 教具開發的模式

在資訊爆炸的時代，上網搜尋動手做DIY、趣味教具實驗，馬上就可以找到數十種動手做、趣味性十足的教學影片。但是，這些網路上的教具教材又該怎樣結合到我們的物理課程呢？筆者認為是「建立教具開發的模式」。物理科為自然學科的根本，所重視的科學概念又都是從科學家的建模歷程 (Modeling Process) 中獲得到的。因此，欲建立教具開發的模式，就應該以建模歷程下手。畢竟，學習科學必須要習得科學的方法，而非單只吸收科學概念的結果。

然而，何謂建模歷程呢？全美科學教學研究學會 (NARST) 國際委員會主席，邱美虹教授認為建模歷程就是「建構腦內科學概念模型的歷程」，包括：(1)模型選擇；(2)模型建立；(3)模型效化；(4)模型應用；(5)模型調度；(6)模型重建等六個步驟。科學家在進行問題解決時，都會針對問題本身，從腦中篩選合適的多種科學概念，建立可供解釋的科學模型，然後再透過試驗證實此模型的有效性，接著再將此科學模型大量的應用在各種現象的問題情境中，最後再從各類問題情境中收斂重建出正確完整無誤的科學模型。從建模歷程中我們可感受到的是科學的方法步驟，而非概念結果的正確與否。

同理，在開發教具時，以水下滑翔機為例，我們可以找科學專家一同針對其工作原理，如下進行：

- (1)選擇合適的科學概念，如浮沉子、白努利定理。
- (2)建立初步的實體模型。
- (3)再將此模型放入水槽中，確立其可行性，進行效化的步驟。
- (4)然後再請中小學種子老師應用此實體模型進行活動體驗，對此模型作廣泛的測試，確認其工作情形是否穩健。
- (5)改變水下滑翔機不同的任務目標，進行調度的工作。
- (6)釐清水下滑翔機教具的使用範圍與限制，確立此教具所涉及的科學概念與欲教授概念單元的關聯性，完成主題式的課程教案。

2. 教具開發的理念

誠如前段所述，物理教師並不是為了傳遞科學概念而開發教具，反而是為了彌補自身科學方法經驗的不足而開發趣味的教具教材。透過建模歷程，不但可以幫助我們更有目標、更有方法地開發教具；更可以透過開發的過程，與學生一同分享科學概念的建立與修正，思考科學概念本身的條件與限制，體認科學過程技能的學習，獲得解決問題與帶得走的能力。因此，學習物理不再是概念的對與錯，更不在於分數的高低，而是在養成個人的科學方法與科學態度。的確，讓學生懂得科學方法，用在未來的生活上，才是教學最重要的使命。

三、自主式水下滑翔機教具開發

1. **模型選擇**：浮沉子的科學概念、調整模型整體的密度、黏貼機翼使模型可伴隨前進、設計自動脫鉤裝置改變重心。



2. 模型建立：第一代水下滑翔機模型，如圖5所示。



(a)下潛含配重



(b)上浮不含配重



(c)機體全貌

圖5 第一代水下滑翔機模型

3. 模型效化：

- (1)若將不含配重之模型輕輕置放於水面後，並未能浮於水面上而隨即下沉時，可以藉由於翼面二側對稱位置上（以接近側板為宜），同樣黏貼一小片珍珠板的方式改善。
- (2)若將含有配重之模型輕輕斜放入水中後放開，並未能逐漸沉入水中時，可以利用美工刀逐步之對稱削除機體前後兩側長度之方式改善。
- (3)若AUG之滑翔下潛角度過大（艙部過重），可以將配重鉤（大頭針）位置往艙部移動；反之，若滑翔下潛角度過小，則可以將配重鉤位置往艙部移動。
- (4)若配重碰觸到水槽底部而並未自行脫落時，可以藉由調整大頭針插入角度，多次測試，直到配重碰觸到水槽底部時能自行脫落為止。又若配重在碰觸到水槽底部前便已脫落，亦可藉由調整大頭針插入角度獲得改善。

4. 模型應用：自主式水下滑翔機模型應用結果，如圖6所示。



圖6 AUG模型應用結果穩健

5. 模型調度與重建：改變偵蒐路線任務，調整機翼的左右面積、機身的材質、組裝的簡便性，打造最新一代的自主式水下滑翔機，如圖7所示。

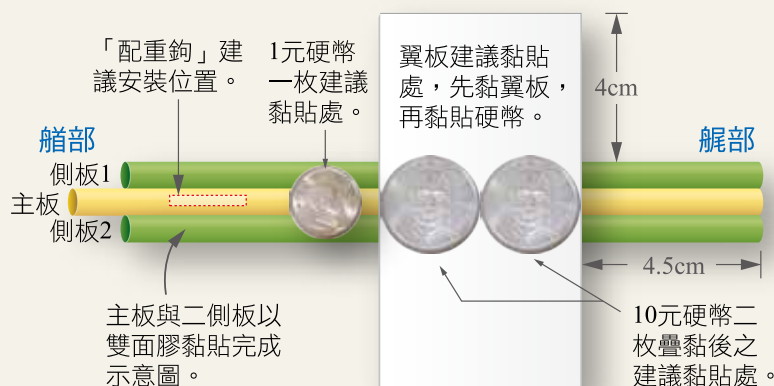


圖7 最新一代的自主式水下滑翔機製作模板

結合自主式水下滑翔機之教學應用

一、認識水下滑翔機

天上飛的「滑翔機」依靠迎面而來的風而爬升，就像老鷹一樣，依靠風勢而盤旋在天際，風愈強，爬升的速度愈快。下降時則是受重力作用而逐漸滑翔至低處，所依靠的原理是「白努利定律」。

「水下滑翔機」的運作原理跟天上飛的滑翔機並不相同，基本上，水下滑翔機靠「浮力（阿基米德原理）與重力（地心引力）」的相對作用而由海底升到海面上，或是由海面逐漸滑翔至海底，如圖8所示。然而，即便我們了解「水下滑翔機」是靠浮力與重力的相對作用下沉與上浮時，另一個問題來了：「它到底又是如何以鋸齒狀的方式前進呢（圖4）？」

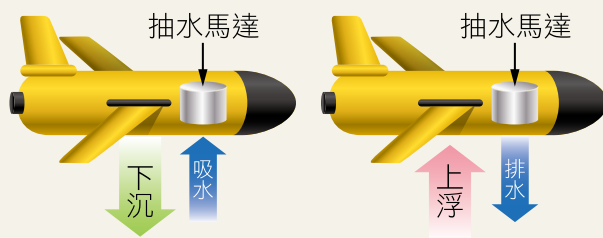


圖8 水下滑翔機下沉／上浮之原理：將水吸入／排出機體，使機體的密度比水大／小，水下滑翔機便會下沉／上浮

請參考圖9所示之圖解，爲了在下潛或上浮時，還要同時能前進，必須在吸、排水時，一併「改變機翼的傾角」才可達成。由於機翼本身是水平固定在機體上，因此，若要改變機翼的傾角必須以調整機體「俯仰姿態」的方式來達成。一般來說，可以利用移動機體內之重物（如電池、水袋等）位置方式，來前後調整機體整體的重心位置，當重心位置在浮心之前時，機體頭部會往下傾斜，距離愈遠，傾角愈大，在同樣深度的情況下愈快能夠從水面潛到水底；反之，當重心位置在浮心之後，機體尾部則會往下傾斜，距離愈遠，傾角愈大，在同樣深度的情況下愈快能夠從水底面浮出水面。

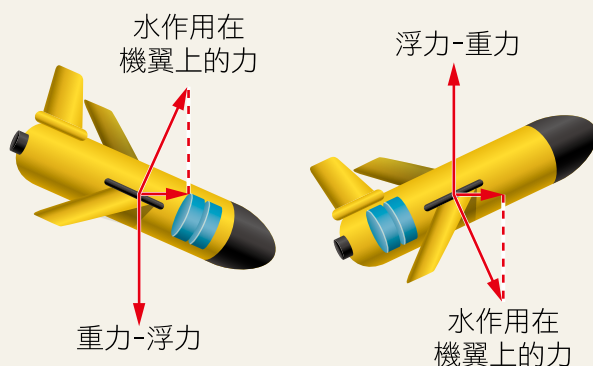


圖9 下潛（上浮）時，藉由往前（後）調整機體重心方式使水下滑翔機往前行進水面



因此，欲透過認識水下滑翔機的單元，應用在物理教學上，可以透過表1底下的內容架構圖做言簡易懂的概念說明：

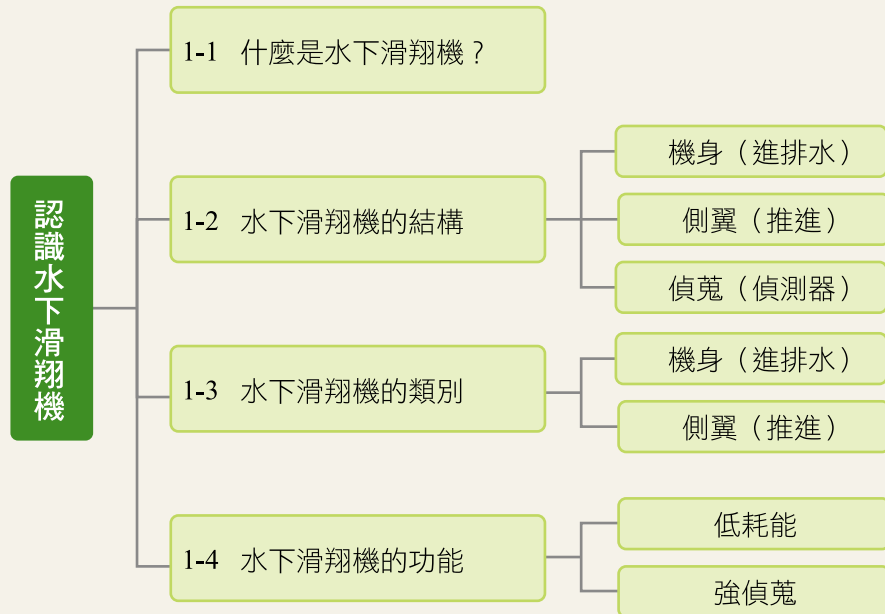


表1

二、載浮載沉的原理（重心與浮心）

自主式水下滑翔機在載浮載沉的單元中，與高中物理課綱相關的科學概念包括：重力、浮力、重心、浮心、受力、密度等，其對應之能力指標如下表中淺藍（高一）與粉紅色（高二）色塊所示。與海洋教育議題融入相關的概念為進排水的部分，其對應之能力指標如表2淡橘色色塊所示。

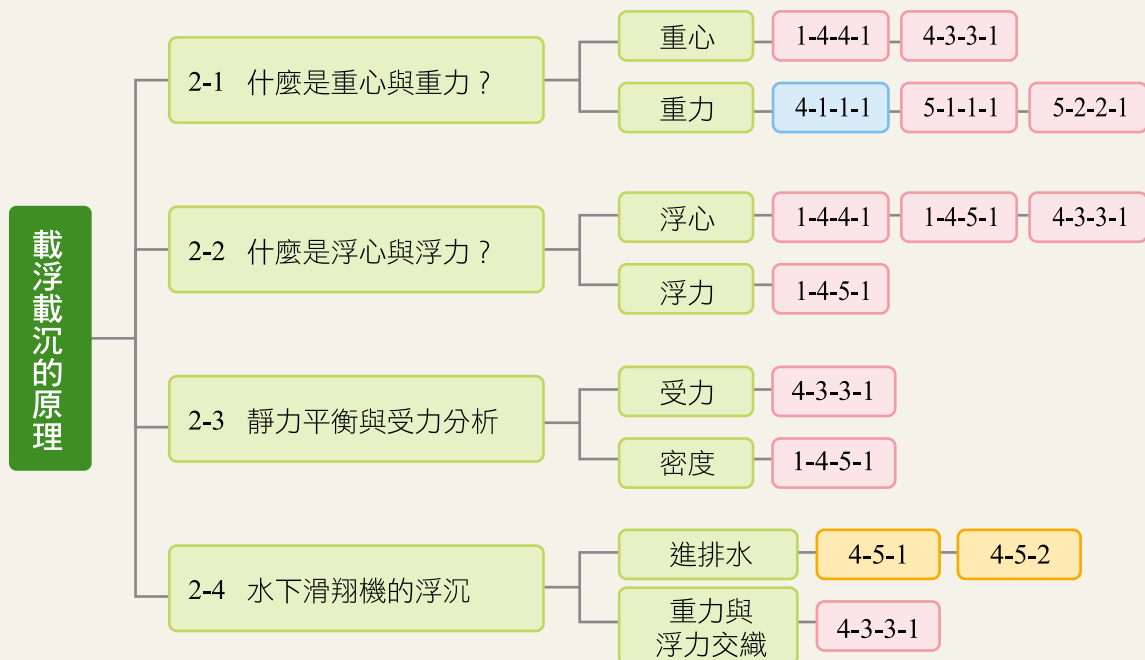


表2

三、迷人的滑翔姿態（力矩與轉動平衡）

自主式水下滑翔機在滑翔姿態的單元中，與高中物理課綱相關的科學概念包括：移動、轉動、合力、合力矩、運動軌跡等，與海洋教育議題融入相關的概念為遙控水下載具與自主式水下載具軌跡的部分，其對應之能力指標如表3色塊與前述相同。

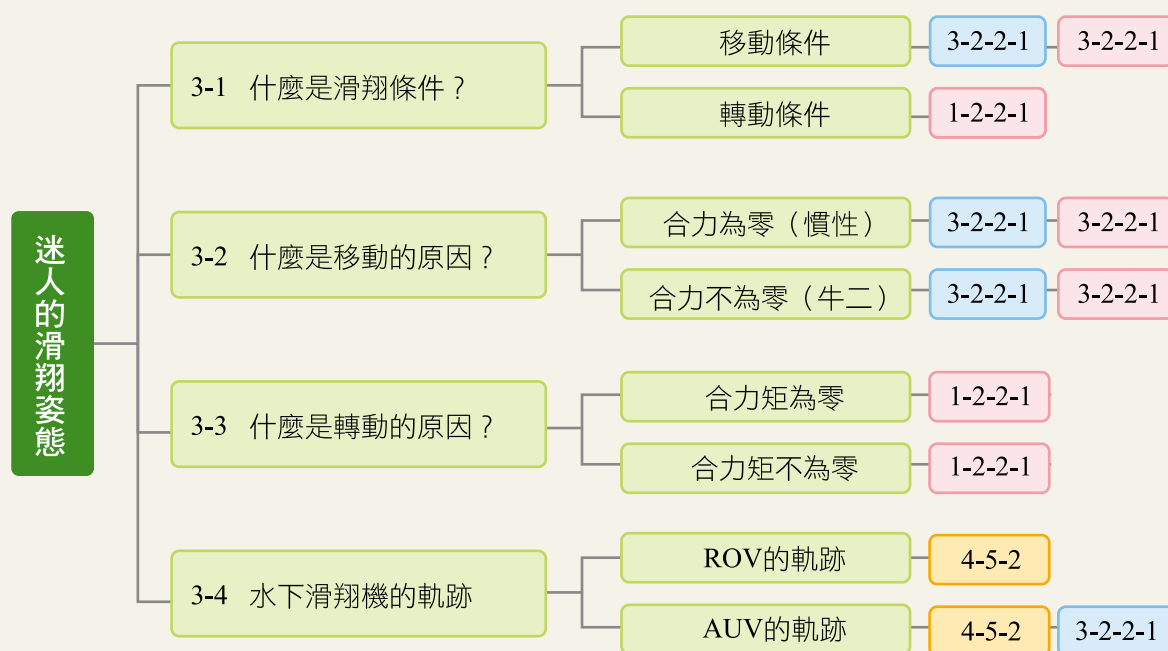


表3

四、無形的推進動力（牛頓第三運動定律：作用力與反作用力）

自主式水下滑翔機在推進動力的單元中，與高中物理課綱相關的科學概念包括：牛頓第二運動定律、牛頓第三運動定律、功與能量等，與海洋教育議題融入相關的概念為遙控水下載具與自主式水下載具的動力部分，其對應之能力指標如表4色塊與前述相同。

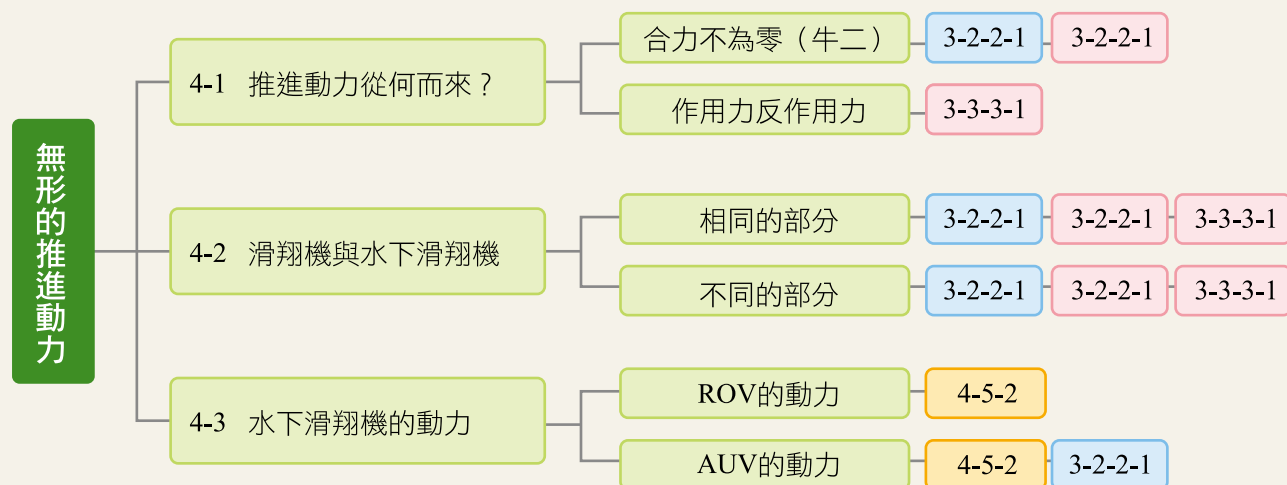


表4



五、水下滑翔機偵蒐（光照度與雷達）

自主式水下滑翔機在偵蒐的單元中，與高中物理課綱相關的科學概念包括：光的折射與反射、電磁波的傳播、能源、光纖等，與海洋教育議題融入相關的概念為海水取樣、能源與海洋物理探勘的部分，其對應之能力指標如表5色塊與前述相同。

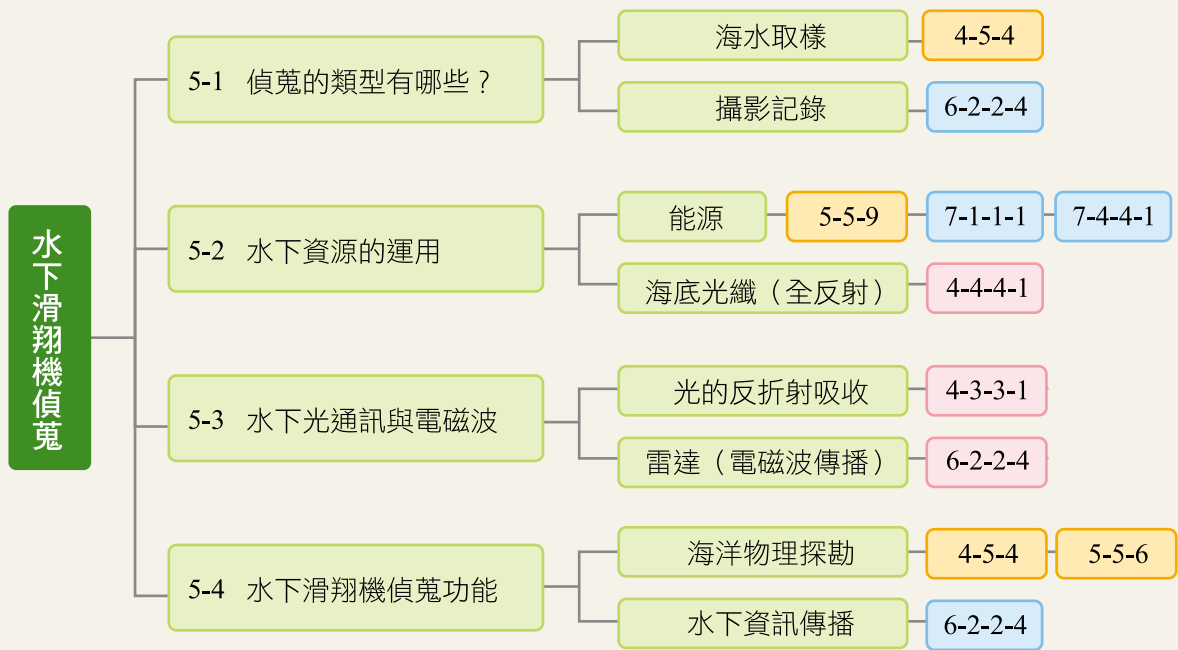


表5

補充「5-3 水下光通訊與電磁波」的概念說明：一般而言，只有遙控水下載具才談得上水下光通訊的議題，且通訊方式主要透過光纖，在物理概念上可與光的反射、折射、吸收相連接。若在海水中欲直接以電磁波進行傳播時，會很快地被吸收，因此，自主式水下滑翔機在水中偵蒐到的資訊大多非光學影像。欲將偵蒐到的水文資料（如水溫、鹽度、壓力等）以雷達的方式送達工作站，就必須等它上浮到海面時，方可將監測資料傳遞給通訊衛星，然後再靠衛星將資料轉到工作站，完成資訊傳輸。

六、深海摸黑偵蒐（聲納與水下聲道）

自主式水下滑翔機在深海偵蒐的單元中，與高中物理課綱相關的科學概念包括：光波、聲波、水下聲道、聲納測距吸收與穿透等，與海洋教育議題融入相關的概念以聲納為主，其對應之能力指標如下頁表6色塊與前述相同。

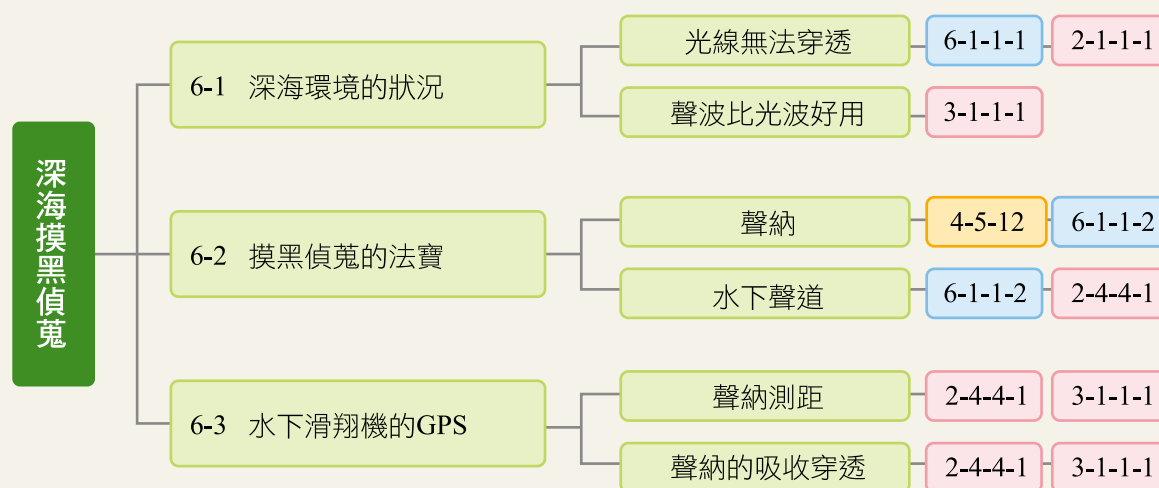


表6

結語（建立特色課程）

一、開發趣味實用的教具結合科學概念學習

從剛開始認識水下滑翔機這個名詞到現在，您是否漸漸體認到自主式水下滑翔機的趣味與實用性了呢？事實上，像這樣的教具絕對不是唯一，但透過建模歷程的研發，結合科學概念的修正與重建，思考科學概念本身的條件與限制後，便可讓自己創造的教具變得獨具教學實用性與意義。另一件值得分享的是，接下來，自主式水下滑翔機的動手做活動將於海科館辦理任務型分齡分組趣味競賽，藉由不同任務的考驗，引發選手們的創新與創造力，挑戰自主式水下滑翔機模型的極限，更是教育工作者所樂見的成效。

二、拋棄成績、改看問題解決的能力

隨著十二年國教的起跑，教育的目的不再只是讀書考試，而在於教給學生解決問題、帶得走的能力。唯有拋棄成績高低的束縛，透過建模歷程的教學檢視，改看教學過程中，學生是否獲得了正確有用的科學方法，讓他們從動手做、做中學、學中做的過程中體認科學的真諦、養成解決問題的關鍵能力。

三、特色課程必須植基於「獨特與連結」的創新結合上

同樣地，在各高中爭相推出特色課程的同時，每個學校都在翻轉、每個學校都在資訊融入、都在辦科學活動，那這樣的結果還算是特色嗎？筆者認為，特色課程應植基於「獨特與連結」(Unique and Connection)，所謂的「獨特」意指教具的研發應為教師個人首創，而所謂的「連結」意指教具本身應與物理概念、科學方法有所接合。如此一來，教師所研發的課程，才可能做得好、推得久。

參考圖片

圖1、圖3(a)：臺灣大學工程科學及海洋工程系水下載具實驗室郭振華教授提供。

圖2、圖3(b)、圖4～圖7：國立海洋科技博物館展示教育組宋祚忠研究員提供。



專案特搜②



看電影，長知識—— 絕地救援

新北市立安康高級中學 \ 朱晉杰 教師

簡介：教育部資訊融入教學創意競賽高中物理金牌獎得主、教育部教師專業發展中央輔導員

部落格：杰師悟理<http://blog.udn.com/epig>

前言

美國好萊塢電影，繼 2013 年的《地心引力》和 2014 年的《星際效應》後，接連第三年推出了口碑與票房均絕佳的太空冒險電影《絕地救援》（英文片名：The Martian）（圖1）。



圖1 《絕地救援》電影原文海報



圖2 《絕地救援》電影原著小說中文版——《火星任務》

《絕地救援》電影的原著小說《火星任務》（圖2），是天才作家安迪·威爾（Andy Weir）於2013年在亞馬遜自費出版的電子書，此書為他的科技小說處女作，在短短三個月就創造了賣出3萬5千本的佳績。安迪·威爾在科學方面天資聰慧，15歲即被美國國家實驗室延攬，他的父親是微粒子物理學家，而母親是一位工程師，他是一位熱愛物理相對論、軌道力學和火箭的電腦程式工程師。

《火星任務》小說裡頭有大量不科幻的真實科學在其中，連美國國家航空暨太空總署（NASA）都讚歎不已，曾主動邀請安迪·威爾參觀NASA！二十世紀福斯於2013年3月即醞釀拍攝此電影，由德魯·戈達德將小說改編成電影劇本，雷利·史考特擔任導演，麥特·戴蒙擔任男主角，在2015年9月起開始在全球各地上映。

值得一提的是，早在2000年即有一部電影《火星任務》（英文片名：Mission to Mars），反映探索火星的科幻電影，此影片採用寫實的手法來拍攝，影片拍攝的全過程都有美國太空總署（NASA）作為技術顧問，為了求得真實情境，影片花費了大量資金用於拍攝失重場面，有興趣的人也可以去找來看看。

在此推薦大家觀看《絕地救援》電影的原因，除了是令人震撼及如臨現場的真實感外，對於劇中太空人們的幽默風趣、高度的職業風險、紀律的嚴格要求，以及他們擁有的科學態度和奉獻精神實在令人敬佩。觀此影片除能體悟精彩的太空科技場面和太空探索的願景外，同時還能啟發物理、化學、生物與地球科學等的學習興趣連結。尤其，許多的電影片段可以看到物理學原理的應用，對於提升物理學習的興趣有非常大的幫助！

絕地救援

一、電影情節簡介

不管你曾經看過或還沒看《絕地救援》，在此描述劇情有其必要性，因為複雜且多元的想像空間充斥在各種畫面中，如果經由適當地引導，將更容易進入這個科學想像的空間，只是電影片長142分鐘，若要三言兩語來描述整個劇情還真不容易啊！所以，也只能重點摘要式地跟大家描述，在此，先向作者能應用高度的想像力與充分結合科學與科技背景知識來建構此劇情致敬，此影片豐富又有趣，真的是值得多看幾遍。

故事是這樣的，NASA的戰神三號 (Ares 3) 載人登陸火星的任務計畫，原定為31個火星工作日，但卻在第18個火星日時，遇上了時速高達175公里的沙塵暴而被迫須中斷任務，登上火星上升載具 (MAV) 離開。

在整個撤離行動中，太空人兼植物學家馬克·瓦特尼不小心被天線打中，而因此在沙塵風暴中失蹤，任務指揮官喬韓森最後因火星上升載具被風暴吹到過度傾斜而放棄搜救瓦特尼，下令將載具發射升空以保全其他太空人的生命，而瓦特尼也被大家認定已經死亡。

但在組員離開後，瓦特尼卻奇蹟似地被自己的太空衣警報系統吵醒，發現自己隻身被遺留在火星上，瓦特尼的太空衣被尖銳的天線刺穿，但幸好天線和流出的血液把此破洞封上，瓦特尼衝回居住艙 (Habitat Module) 中處理傷口與設法生存下去。

冷靜的他開始盤點物資，發現剩下的物資只能夠支撐一小段日子，瓦特尼立馬尋找其他可用的物資，幸運地發現一個原定感恩節時才打開的箱子內塞滿了馬鈴薯，他決定用他的植物學專長，利用火星上的土壤在居住艙中種植馬鈴薯，來延長生存等待救援的時間，在缺乏水源的火星上，瓦特尼使用登陸艇留下的聯氨來製造水以利灌溉，並使用自己與其他組員遺留下來的排泄物來當肥料，非常成功地種出了許多馬鈴薯，以利爾後的維生。

就在第54個火星日，NASA的地面人員透過火星的衛星圖片發現Ares 3營區的火星車曾被移動過，太陽能板也被清潔乾淨，因此確定瓦特尼還活著，最後瓦特尼決定主動連繫地面控制中心。同時，控制中心也觀察到瓦特尼駕駛火星車駛離營區，在計算其路線後確定瓦特尼正前往拓荒者號的降落地點。NASA一小隊人立即前往噴氣推進實驗室尋找拓荒者號的複製品，並成功接收到瓦特尼用拓荒者號傳送的訊息，並使用簡單的是非題對話。

接著瓦特尼開始透過拓荒者號傳送自己在營區生活的照片。瓦特尼後來覺得此方式的對答效率很低，便從電子技術人員喬韓森的手提電腦找到16進制的標準代碼表，開始跟地面控制中心進行複雜的對話，並根據地面控制中心的指引來改裝火星車，使其能使用文字進行即時對話。

過了一段時間，有一天，當瓦特尼在返回營區時，氣閘艙突然故障，導致居住艙發生爆炸性失壓，種植



的馬鈴薯因火星的低溫低壓環境而全數死亡。瓦特尼也只能倚靠之前收成的馬鈴薯生存下去，接著，瓦特尼第一次跟Ares 3的隊員展開對話。NASA也決定發射搭載愛麗絲號（Iris）補給艇的擎天神5號運載火箭，來把瓦特尼的任務時間拉長到接近900個火星日，讓瓦特尼能撐到Ares 4任務抵達火星時。但因時間緊迫而沒有進行檢查，因此忽略了這次補給是運送蛋白質塊，在發射時，產生的重力差令蛋白質塊液化，導致Iris因整體重量不均之故，火箭在發射後不久旋即在半空中爆炸解體。

後來，中國國家航天局的太陽神火箭主動伸出援手。此刻，NASA總結出兩份計畫方式：一是把Iris直接用太陽神送到火星，讓瓦特尼等到Ares 4的組員抵達；二是把Iris送到正在減速的賀密斯號（Hermes）太空船，並讓其加速，進行重力助推前往火星，再把瓦特尼接走。NASA選擇了第一個計畫，但同時有人祕密地把計畫二的內容告知Ares 3的組員，並在全員贊成的情況下告知控制中心，讓他們發射太陽神火箭，把Iris送上來。

NASA把計畫告知瓦特尼，並指示他再次改裝火星車，前往預定Ares 4使用的上升載具的所在地。但噴氣推進實驗室的研究員發現：因Hermes進行重力助推後速度較快，只能進入較高軌道，而上升載具要載著一個人到達這個高度，必須減掉五千公斤的質量。因此，他們指示瓦特尼到達後把鼻錐、窗戶、控制臺、座椅等等拆掉，僅剩下一張椅子和船殼，並從Hermes遙控升空。

瓦特尼登上那艘只剩一張椅子的上升載具等待發射。並在全球注目下，在Ares 3的駕駛員馬提尼茲的控制下發射升空。但隨後發生了一個問題，上升載具的高度不足，無法與Hermes會合。戰神三號的組員們商量後決定用姿態控制火箭下降高度，並引爆氣壓艙來減速，最終與上升載具的距離縮小為242公尺，相對速度降至每秒5米。並由指揮官露易斯成功抓住瓦特尼，把他帶上Hermes，返回地球，完成了一個緊張懸疑的太空救援任務。

二、NASA的認證與高度推薦

《絕地救援》這部電影在上映前，NASA就迫不及待地想向世人極力推薦此部影片，例如它決定上映兩個月以前，NASA就已經向大家公布此科普電影裡的相關技術，而在上映的四天前，聲稱在「火星上發現液態水」，就在10月9號，NASA公開了一組由火星偵察軌道器上HiRISE相機發回的照片，揭祕電影裡火星地形，向世人展示主角被困的位置。影片拍攝共花70天，光是在NASA中拍攝就占去了21天，並且在正式上映前，NASA還特地舉辦一次試片，讓太空人們在太空率先觀看本片，故稱此片由「NASA認證發行」一點也不為過，連我今年暑假到美國休士頓參加HASS太空營的大兒子（圖3）都證實說，那時NASA希望他們以後一定要觀看此片，一定有助於他們對太空任務的更深刻認識。

值得一提的是，電影裡頭出現的先進裝備大多數都是經過NASA認證且真真正正在使用的！NASA在日前公布了這9項高科技設備，真的是道地的用影片來幫NASA代言。

1. 居住地：瓦特尼在火星上建立的臨時居住地「the Hab」，並住了一段時間，此與NASA建立的人類探索研究模擬棲息地（HERA）作用相似。



圖3 筆者大兒子攝於NASA

2. **植物農場**：主角依靠類似NASA太空站的「Veggie」系統，該系統可在無重力環境下種植「萵苣」！
3. **水資源回收系統**：主角在火星上是如何喝到乾淨的水？答案是透過NASA研發的水資源回收系統 (Water Recovery System)，太空人的汗水、淚水甚至是尿液，都可以回收加以利用。
4. **離子推進器**：劇情用Ares 3號任務來解釋如何及為何登陸火星？搭載離子推進器的飛船實現了人類首次登陸火星的夢想，離子推進器真實地存在於NASA的格倫研究中心，其原理是將氙氣或氬氣帶電，再將這些離子以時速二十萬英里的速度射出，用以推進太空船。
5. **太陽能板**：在沒有其他能源的火星，太陽能發電是唯一的選擇，NASA位於太空站的太陽能系統自2000年開始，就一直穩定地供應太空站的用電。
6. **太空電池**：放射性同位素熱溫差發電機 (RTG) 可被視為電池的一種，其將鈾238的放射性輻射衰變轉化成電能，不過所能產生的電功率不到110瓦，大約是一顆燈泡所需的量，雖然其發電量極低，但仍被視為在未來極有發展性的能源。
7. **氧氣製造機**：在外太空生存，最急迫需要的就是「氧氣」，NASA的氧氣製造系統，能透過儀器將水中的氫、氧分開，氧氣可供呼吸，氫氣則再次用於合成水分。
8. **火星太空衣**：穿著的部分，主角穿的橙色太空衣像極了NASA的新一代Z-2和leXploration太空衣的合成版。
9. **大型乘載交通工具**：主角乘坐的交通工具，即NASA為了解決移動速度，以及其他可能發生的意外所研發的多重任務太空探索載具 (MMSEV)。

參考網址：<http://www.nasa.gov/feature/nine-real-nasa-technologies-in-the-martian>

三、物理教學上的建議

當你欣賞這部充滿太空幻想情節的電影，一定會被隱藏在情節裡頭，濃濃的物理概念給吸引著，你可以試著就這些元素去找尋其中的教學資源。

1. **萬有引力與重力場相關議題**：在火星上，其重力呈現與地球上有何差異？太空人藉由太空航行載具在太空中航行，如何克服無重力環境的生活，另外，有關於利用重力機制，讓天體之間互相維繫運行，與太空站繞星體運行的情形，都可以進行討論。
2. **大氣與壓力議題**：在空氣結構、氣壓系統與地球迥異的火星或太空中，如何利用居住艙與太空衣來克服大氣壓力與維生呼吸的問題。
3. **克卜勒行星三大定律觀念**：太空站的運行軌道設計與火星日的計算等，均可以連結到克卜勒行星三大運動定律的概念。
4. **牛頓運動定律與動量守恆定律**：舉凡太空站的運動加速、減速推動系統與火箭的升空等，均牽扯到這些定律，而情節中經典的最終救援畫面裡，因為接駁小艇與Hermes接駁點之間還有段距離，於是主角瓦特尼調侃自己將如鋼鐵人般飛行，他用尖銳物刺破了手套，利用氣壓差產生的前進動力與指揮官喬韓森得以會合的情節更是令人印象深刻！或許有人會問，為何他不左、右手同時刺破，還能精準地控制方向，只是要同時刺破左右兩隻手套，可能還需高超的技術啊！
5. **平方反比重力場之重力位能學習議題**：舉凡火箭與接駁小艇脫離地球或火星所須克服的重力位能與速度，及太空站受到地球或火星的重力場、重力位能計算與繞行一定軌道半徑時所需的動能與總力學能，均能設計成情境題來進行思考，在影片中，太空動力學研究員李察·普奈爾在說明他主



張讓Hermes路過地球然後重返火星軌道的橋段，就可以設計成很棒的學習議題，輔以各種實際數據的運算來演練。

6. **新科技的議題**：關於太陽能電池、太空電池（弱力相關）、大型乘載交通工具與離子推進器的物理應用，均可以藉此來進行深入的探討。

總結

世人對於火星充滿著許多幻想，從1800年天文學家發現了上面的運河圖像，在1965年首次被飛越火星的航海家4號太空船拍到近距離相片，不斷地引燃起世人對於火星研究的熱情，這部影片又讓這股火星熱炒到了更高點。

這部影片令人激賞的還有在科學研究上的嚴謹態度，雖然沒有人實際到火星上種植物，但理論上是可行的，電影情節中也展示了道地的科學研究歷程，如NASA的科學家到噴射實驗室中翻出原型機進行實驗，取得真實數據和瓦特尼進行比對討論。除此，尚有許多地方都展現出真正的科學研究方法，值得讚許。

以往，小說與電影情節的想像力引領著科技的發展，例如《回到未來2》中的懸浮滑板終於在今年成功被研發出來；這回順著此電影熱，NASA搶先在電影上映前研發出眾多的超酷設備，並宣布要在2030年左右把人類送上火星，確實是值得我們期待啊。

— 圖片來源

圖1：美商二十世紀福斯影片公司

圖2：三采文化

圖3：筆者提供

— 延伸閱讀

- 1.《絕地救援》電影官方網站：<http://www.foxmovies.com/movies/the-martian>
2. NASA官方網站：<https://www.nasa.gov/>
- 3.《絕地救援》電影原著小說—《火星任務》中文版（原文作者：Andy Weir\譯者：翁雅如\出版社：三采\出版日期：2014/06/06）

學習新世代



Learn different Learn brilliant