

課堂教師指南

4 年級、5 年級、6 年級

超越天空 ABOVE AND BEYONDSM

PRESENTED BY 主辦機構

 **BOEING**
波音



目錄

歡迎來到「超越天空」!	1
體驗「超越天空」:實地體驗	2
使用此教師指南	4
飛翔:課堂教案	6
1. 繪製理想之圖!以知識為紐帶 - 地理學、資料搜集、繪圖	6
2. 當阻力不再是阻力 - 科學、數學	14
3. 適應火星環境 - 科學、工程學	21
4. 職涯規劃 - 數學、邏輯	29

「超越天空 - 極致互動的航空航天展」在波音公司的大力支持下得以實現。展覽由 Evergreen Exhibitions 與波音公司聯手策劃，並與美國太空總署合作推出。

本教師指南由 TurnKey Education, Inc. 為 Evergreen Exhibitions 獨家撰寫。

為了慶祝公司百週年紀念並承諾培養和激勵下一代為創造下世紀更美好的生活而追尋夢想、大膽設計和勇於創造，波音公司專為「超越天空」提供了獨特的教學資源及課程設計。

© 2015 Evergreen Exhibitions。保留所有權利。除了教學上的合理使用外，未經事先明確許可，本文件任何部分皆不得以任何形式或包含電子、機械、影印、錄音在內的任何方式重製、儲存於檢索系統或傳輸。僅能為了教育用途由教師製作多個副本，或將副本提供給教師。



歡迎來到 「超越天空」！

回顧人類飛行的歷史，非常明確的一點是：天空從來不是極限。「超越天空」是一場多感官航空航天展，邀請您和學生一起體驗如何在浩瀚天際中將不可能化為可能。

此次獨特的學習機會由波音公司為您呈獻，並且與許多聲譽卓著的航空專家、航天專家、歷史學家、檔案管理員、教師和教育設計專家合作完成。藉由他們提供的科學、技術、工程設計、藝術和數學指導，課堂中的教學內容將提升到全新的境界。「超越天空」可讓您的學生親身接觸到各種身歷其境的模擬設施、互動設計挑戰、經典歷史試金石、面向未來的視覺概念，以及對今昔產生巨大影響力之創新者們激勵人心的故事。想像一下令人期待的受教時刻！

從人類第一次離開地面起，這項競賽便已展開，並朝著浩瀚無垠的天際邁進。疾風飄速……遙遠邊際……追逐天際……智能升級！今日，這些目標鼓勵航空航天領域創新者將這些學習原理應用到全新的發現中，同時還在不斷擴大宇宙的邊界。

「超越天空」能夠充分激發想像力，讓您的學生和教師同仁在整個課程中更好地互動。如果我們能……

- 隨時隨地飛離地面？
- 實現超過音速的超音速飛行，而且不會製造大量噪音或耗用太多燃油？
- 設計可載送更多人到更多地方的超環保飛行機器，同時善待我們的地球？
- 創造超智能的飛行機械人 [例如快遞機械人、生態機械人和其他各類機械人] 協助人類處理日常事物？
- 建立新一代可重複使用的太空載具，讓前往地球運行軌道的旅行就像搭機旅行一樣普遍？

「超越天空」能提供比參觀博物館更豐富的內容。這是鼓勵學生制定更遠大且更偉大學習目標的方法。也許他們當中的某些人在不久將來就能讓我們大家前往浩瀚無垠的宇宙！

體驗「超越天空」： 實地體驗

在進行「超越天空」實地體驗期間，您可以隨意體驗「直上雲霄」、「疾風颯速」、「追逐天際」、「遙遠邊際」和「智能升級」這五個互動展廳。每個展廳都提供有與航空航天界真實工程設計挑戰相關的模擬和設計活動。以下是學生一定不想錯過的重點活動！

「超越天空」實地體驗將展示創新的力量如何讓夢想起飛。藉由延伸的多點觸控時間軸，學生得以探索改變世界的創新技術和瞭解創新者，並知道他們在飛行歷史中的地位。接下來，名為「超越極限」的短片可讓學生沉浸在航空航天創新的偉大精神和強大力量中。精彩絕倫的美妙景象配以激昂澎湃的音樂，讓您對接續的內容充滿期待。

直上雲霄

「直上雲霄」讓每個人在瞭解如何飛離地面的同時，也能體驗身歷其境的感覺。深入瞭解我們何以能和鳥類一樣在空中翱翔的突破性進展。然後，參觀設計大膽並且將令未來外出旅行更加自如的新型概念機。

利用名為「展開雙翅」的團體飛行模式，讓學生親身體驗升力、阻力、推力和重力概念。在這裡，學生會化身為鳥類並跟隨領頭鳥，以 V 字隊形往南飛行。同時

透過比較氣球、飛船、滑翔翼、固定翼飛機、旋翼機和火箭如何飛到天際，進一步探索這四個飛行原理。查看未來的奇妙飛機，可讓您的學生瞭解當下所研發的更快更環保之機型有何進展。

疾風颯速

1947 年，試飛員 Chuck Yeager 駕駛 Bell X-1 火箭飛機借熊熊烈焰之力以 1,100 KPH 的速度超過了音速，證明音速並非不可逾越。2004 年，美國太空總署的無人駕駛飛機 X-43A 以 11,000 KPH 的飛行速度打破吸氣式飛機的速度記錄。無論是更快速地到達「目的地」以獲得領先對手的優勢，還是純粹追求腎上腺素的刺激，對速度的追求激勵著人類對飛行的創新與進步。「疾風颯速」可讓您身歷其境，體驗高速飛行的刺激感受。

若要瞭解何謂「高速」，您的學生可以在名為「全開油門」的虛擬競賽中設計噴射機並進行測試飛行。這場超音速噴射戰鬥機挑戰賽將證明不同形狀的機身、機翼和機尾對於航機飛行效果、飛行速度以及操控性能的影響。模擬風洞測試可顯示飛機形狀在其他面向中，如何決定其在亞音速到超音速的範圍內所達到的最高速度。學生也會看到波音公司和美國太空總署用於實際風洞測試的小型飛機模型。

追逐天際

在 Wilbur Wright 讓萊特飛行器「上升」到 3 米高僅僅 58 年之後，蘇聯太空人 Yuri Gagarin 成為進入地球運行軌道的第一人。今日，太空人會定期在國際太空站 (ISS) 上居住和工作。但是，接觸太空仍然非常困難且所費不貲。現在只有少數人能體驗太空的奇妙之處！「追逐天際」可讓您探索高空飛行，同時介紹可能在不久以後就能讓我們輕鬆進入地球運行軌道的創新技術。

此展廳的一大亮點是國際太空電梯。您的學生將在這裡探索大氣層以及高空飛行的可能性。這項體驗可呈現令人驚嘆的視覺效果，我們可能會在未來將貨物和人員送入地球運行軌道，而太空電梯模擬上升效果之靈感則或多或少源自這個概念。

遙遠邊際

橫跨大西洋、環遊世界、前往月球和更遙遠的宇宙邊際！自從人類首次飛離地面以來，我們總希望能飛向更遙遠的宇宙邊際。對於飛機而言，目前的研究焦點在於如何以更小的代價飛得更遠，也就是利用較少的燃料並減少所產生的污染。在太空中，我們的目標是火星和璀璨星空！將人類送往火星需要付出哪些代價？我們能「航向」璀璨星空嗎？「遙遠邊際」展現人類如何透過創新的力量在地球上和太空中航向遠方。

「火星馬拉松」會詢問學生關於航空航天工程師所思考的問題：歷時數月的火星旅程會遇到怎樣的挑戰。需要費時多久？需要準備哪些東西？需要穿上哪些衣物？此外也會展示日後可能載送我們前往火星和更遙遠星際的未來太空船模型。之後，學生可以使用超強韌且輕質的複合材料來進行實驗，目前我們這些材料已大量應用在飛機和太空船，能在使用較少燃料的情況下飛行更遙遠的距離。

智能升級

在航空航天工業中，「頭腦和體力」之間沒有衝突。我們兩樣都需要！「智能升級」邀請您的學生前來探索飛行和智能科技結合時產生的效果。瞭解航空航天創新者如何運用電腦、電子和機械人的進展技術，創造效能更卓越的飛機和太空船。瞭解智能科技如何顛覆我們創造和操控這些奇妙智能飛行機器的方式。

透過實際物件和多媒體顯示螢幕講述太空垃圾危害和可能的解決方案。在「太空垃圾」中，您的學生將瞭解到智能飛機如何在太空飛行中確保每個人的安全。這項挑戰會呈現三個不同凡響的解決方案來清理軌道碎片。

「智能升級」也將展出各種各樣的無人飛行載具。學生也有機會打造自己專屬的虛擬 UAV (無人飛行載具)，以執行特定

任務。在「飛行機械人」活動中，他們會比較數種設計方案，以根據任務參數來評估最佳解決方案。可選任務包括飛往風暴之眼、在火星的溫室中授粉或是追蹤瀕危物種。學生也將觀看「智能天空」影片，以探索智能科技如何提升效率、降低污染、減少天氣延誤和削減成本，而讓航空業徹底變革。

夢存高遠

當實地體驗結束時，您將以虛擬方式和年輕的波音員工「會面」，這些員工會與您分享他們當下正在進行的有趣項目、個人的靈感發想，以及他們如何從課室朝外太空邁進。之後，學生可以在夢想之牆上表達他們對於未來飛行的願景。太酷了！

「超越天空」設計旨在點燃所有最偉大冒險的熱情：那就是空中和太空飛行旅程。藉此，在紀念過去改變世界的各項創新技術的同時，放眼未來並展現日常生活中航空航天突破技術的影響力。這項展覽可激發學生的靈感，讓他們想像自己未來在航空航天業的職涯發展，並協助您在課室中建立科學和科技意識。簡而言之，「超越天空」實地體驗是絕無僅有的體驗！

使用此教師指南

作為您在「超越天空」體驗中的夥伴，本小學教師指南專為補充課堂教學並讓學校的實地體驗充分發揮成效而撰寫。本教師指南包含可供您使用和分享的原始、可評估的科學及科技相關課堂教案。

本中學教師指南包含適用於 4 年級至 6 年級學生的活動和任務，此外也提供中學教師指南。這兩本指南靈活性俱佳，能盡可能地滿足您的課堂需求。您比任何人都更瞭解自己的學生！

依照此說明，您會發現包含四個跨學科課堂教案的章節，其專為與課程標準產生關聯而設計。教案從教師指導頁面開始，其中包含上述活動的參考答案。在教師指導頁面頂端，您會看到依課程活動說明的適當內容區域和技能。每一課都附帶完整且可複製的「學生活動工作紙」，其中著重於展覽中的關鍵主題。

第一課教案是「繪製理想之圖！以知識為紐帶。」學生可以綜合運用地理知識和統計技能，透過畫圖展示波音 787 夢幻客機各個部件的原型。他們將運用地理知識和繪圖技能瞭解來自全球的科學、科技、工程和數學界人士如何通力合作，研製已整裝待發的未來飛機！

第二課教案「當阻力不再是阻力」在探索活動中將地理學和物理科學知識相結合。學生將製作長方形和圓形降落傘並測試其效能，瞭解何種外形能讓飛機和太空船（他們將在「超越天空」看到這些飛機和太空船）安全著陸。

在下一課教案「適應火星環境」中，在與學生模擬設計太空衣時為他們介紹工程設計流程。在穿著模擬太空衣執行一系列任務和訓練後，他們的目標是為未來的火星任務確定可以改善太空衣效能的方案並提出改進建議。

第 4 課教案是「職涯規劃」。通常，在想像自己在航空航天業的職業發展時，很多學生可能會想到商用客機。然而，作為員工遍及全球且活力無限的企業，波音公司也設計並製造包括衛星和水下載人載具在內的眾多產品！此教案的邏輯謎題可讓學生大開眼界，瞭解波音及其他類似公司中職業類別的多元性，同時也能練習進行演繹和建立等式，而不需要使用任何數字！

在實地體驗之前或之後，都可以使用上述所有教育資源。這樣可幫助學生為「超越天空」中涉及的教學環節做好準備，而且可讓您在返回學校後，進一步探索展覽主題與課堂科學及科技指導之間的連結。讓我們準備起飛！



社會學科、
數學

地理學、
資料搜集、
繪圖

教案 1: 繪製理想之圖！以知識為紐帶。

教師指導

波音 787 夢幻客機的成功研製向世人證明，舉全球最優秀的航空航太工程師之力將會創造出怎樣的奇跡。在「超越天空」實地體驗期間，您的學生將瞭解到有關飛機和太空船設計、製造的多種新方法。其中，3D 列印及創意機翼形狀和更輕質材料等技術已用於研製最新的 787 大型噴射客機。

787 的每個細節都彰顯著智能科技。波音公司採用特殊的「複合材料」代替鋁來製造機翼和機身。複合材料的重量遠遠輕於常用於製造飛機的金屬。波音 787 夢幻客機的機身採用超過 50% 的碳纖維複合材料。飛機重量越輕，在飛行期間所需的燃料就越少，同時也更加環保。

來自四大洲的科學小組為這款新型飛機的研製提供零件和專業知識支援。在本活動中，您的學生將運用地理知識和繪圖技巧，瞭解來自全球的科學、科技、工程和數學界人士如何通力合作，研製已整裝待發的未來飛機！

在第 1 部分，您的學生們將瞭解夢幻客機的各個組件。在第 2 部分，他們將用提供不同零件及標有零件產地的 787 飛機圖形來回答問題。在第 3 部分，他們將繪製棒形圖，比較各國為 787 夢幻客機製造的零件數量。最後，學生要在世界地圖上找出合作製造夢幻客機的國家。若您的社會學科課本未提供用於課堂教學的可複製黑實線地圖，那麼可以透過網絡選擇多種網上版本，網址為：

www.eduplace.com/ss/maps/
www.worldatlas.com/webimage/testmaps/maps.htm 和 www.clickandlearn.cc/FreeBlacklineMaps/FreeBlacklineMaps.htm。

用品

- 世界地圖
- 彩色鉛筆或麥克筆

教案 1: 繪製理想之圖! 以知識為紐帶。

參考答案

第 1 部分

1. b
2. e
3. a
4. g
5. c
6. d
7. f
8. h

第 2 部分

1. 翼尖
2. 中國成都
3. 意大利福賈及美國猶他州鹽湖城
4. 3: 意大利 (中)、日本 (前)、美國 (後/南卡羅來納州、前/堪薩斯州)
5. 堪薩斯州威奇托和日本名古屋
6. 加州、堪薩斯州、俄亥俄州、奧克拉荷馬州、南卡羅來納州、猶他州、華盛頓州
7. **[a.]** 美國、加拿大; **[b.]** 澳洲;
[c.] 法國、英國、意大利、瑞典;
[d.] 韓國、中國、日本
8. **[a.]** $2/10=1/5$; **[b.]** $1/10$;
[c.] $4/10=2/5$; **[d.]** $3/10$

第 3 部分

澳洲							
加拿大							
中國							
法國							
意大利							
日本							
韓國							
瑞典							
英國							
美國							

3. 6
4. 美國
5. 日本

超越極限!

為實現 787 夢幻客機上的突破性創新，波音公司必須重新思考飛機製造的方法。觀看短片「787：顛覆性的創新」，向學生介紹深具革命意義的波音 787 噴射客機，網址為：www.boeing.com/features/2012/02/787-game-changing-innovation-02-6-12.page。您能否想到運用這些材料和方法的其他方式？

繪製理想之圖！以知識為紐帶。

學生活動

波音 787 夢幻客機的成功研製向世人證明，舉全球最優秀的航空航太工程師之力將會創造出怎樣的奇跡。在「超越天空」實地體驗期間，您將瞭解到有關飛機和太空船設計、製造的多種新方法。其中，3D 列印及創意機翼形狀和更輕質材料等技術已用於研製最新的 787 大型噴射客機。

787 的每個細節都彰顯著智能科技。波音公司採用特殊的「複合材料」代替鋁來製造機翼和機身。複合材料的重量遠遠輕於常用於製造飛機的金屬。正如您在「智能升級」展廳所看到的，波音 787 夢幻客機的機身採用超過 50% 的碳纖維複合材料。飛機重量越輕，在飛行期間所需的燃料就越少，同時也更加環保。

來自四大洲的科學小組為這款新型飛機的研製提供零件和專業知識支援。在本活動中，您將運用地理知識和繪圖技巧，瞭解來自全球的科學、科技、工程和數學界人士如何通力合作，研製已整裝待發的未來飛機！



這是碳纖維。用於製造 787 機身和機翼。
© Boeing。保留所有權利。

用品

- 世界地圖
- 彩色鉛筆或麥克筆

第1部分：零件

學生活動

請將術語和對應定義進行配對。可利用部件在波音 787 飛機示意圖上的位置完成。

- | | |
|---------------|---------------|
| 1. _____ 機尾 | 5. _____ 引擎艙 |
| 2. _____ 機身 | 6. _____ 方向舵 |
| 3. _____ 水平尾翼 | 7. _____ 機翼後緣 |
| 4. _____ 機翼前緣 | 8. _____ 翼盒 |

- a. 機尾的一部分，保持飛機處於水平位置，防止其向上或向下偏離太多
- b. 後部或末端
- c. 飛機的組成部分，用於放置引擎，與機翼相連
- d. 機尾的一部分，防止機頭左右擺動，有時稱作「垂直尾翼」
- e. 飛機主體，形狀像一條長管
- f. 機翼或螺旋槳的後緣
- g. 機翼或螺旋槳的前緣
- h. 機身的下面部分，機翼與機身在此處相連

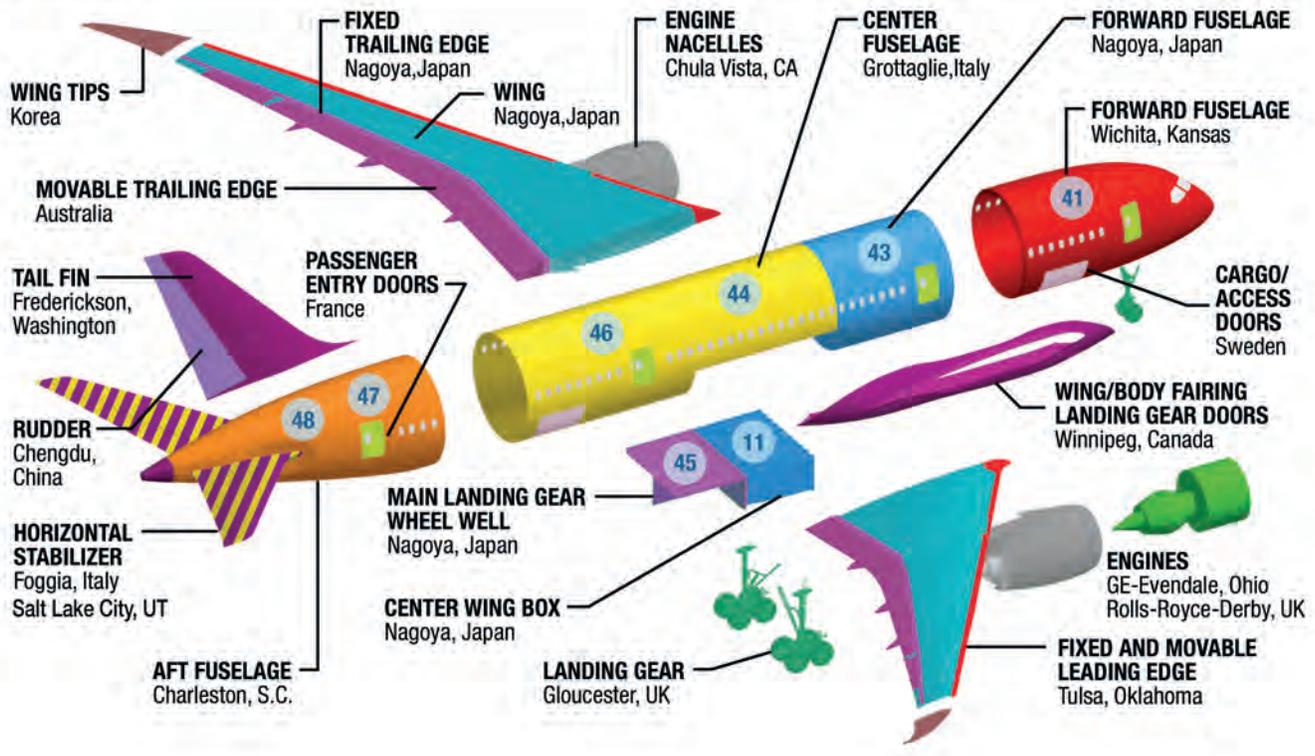
第 2 部分：示意圖

學生活動

示意圖顯示波音 787 客機各個部件的產地。回答示意圖下面的問題。

THE COMPANIES

U.S.	CANADA	AUSTRALIA	ASIA	EUROPE
Boeing	Boeing	Boeing	Kawasaki	Messier-Dowty
Spirit	Messier-Dowty		Mitsubishi	Rolls-Royce
Vought			Fuji	Latecoere
GE			KAL-ASD	Alenia
Goodrich			Chengdu Aircraft Industrial	Saab



1. 787 的哪些部件在韓國製造？ _____

2. 方向舵是在哪裡製造的？ _____

3. 水平尾翼是在哪裡製造的？ _____

4. 有多少個國家參與 787 機身零件的製造？請寫出這些國家。

第 2 部分：相對尺寸

學生活動

5. 這兩個前部機身是在哪裡製造的？ _____

6. 請在圖中寫下美國七個州的名稱。 _____

7. 圖上標示出了四大洲。請寫出位於每個大洲上的國家名稱。

(a.) 北美洲： _____

(b.) 澳洲： _____

(c.) 歐洲： _____

(d.) 亞洲： _____

8. 請寫出位於每個大洲的國家數量佔圖上全部國家數量的百分比。請約分為等值分數。

(a.) 北美洲： _____

(b.) 澳洲： _____

(c.) 歐洲： _____

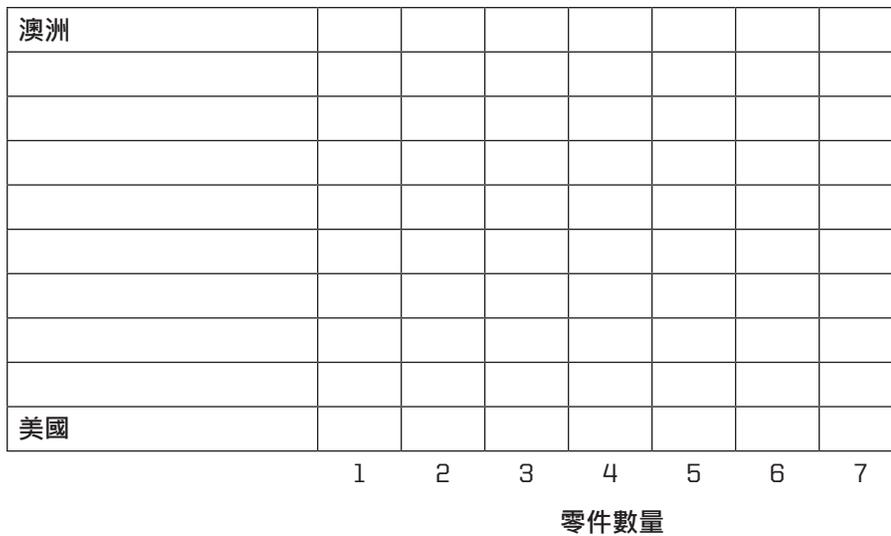
(d.) 亞洲： _____

第 3 部分：棒形圖

學生活動

利用第 2 部分的資訊，比較各國為 787 夢幻客機製造的零件數量。

1. 在棒形圖下的每一列，標示出十個為 787 製造零件的國家名稱。
請按字母順序寫出。第一個和最後一個國家名稱已經提供。
2. 數一數每個國家所製造的零件數量，填寫到棒形圖上。



3. 有多少國家共同製造一架 787 的零件？ _____
4. 哪個國家製造了大部分 787 的零件？ _____
5. 哪個國家為 787 製造五個零件？ _____

第 4 部分：地圖

學生活動

利用社會學科課本、電腦或地圖集，用老師提供的地圖完成本章節任務。

- 1. **(a.)** 在世界地圖上標出各大洲和各大洋。
- (b.)** 在世界地圖上找出十個製造 787 零件的國家，標註他們並塗上顏色。

2. 提供認為這句話正確與否的理由：

夢幻客機是國際合作的典範。



科學、
數學

物理科學、幾何學

教案 2： 當阻力不再是阻力

教師指導

如果我們沿著「直上雲霄」、「疾風飄速」、「追逐天際」、「遙遠邊際」、「智能升級」展廳參觀，您想過我們將以怎樣的方式回到地面嗎？所想到的一種方式可能是用降落傘。降落傘是充滿空氣的拱形物，用於減緩受重力作用的物體的下降速度。物體質量越大，其在空氣中下降的速度越快，落地的撞擊力就越大。降落傘能夠讓物體或人安全降落，適用於高速噴射機、火星車以及純粹追求刺激的跳傘者！

在前往「超越太空」展覽時，你將會瞭解到降落傘已用於當今一些科技最先進的航空航天載具。在「追逐天際」展廳中所展示的波音太空員運輸載具 CST-100 就配有降落傘。在不久的將來，美國太空總署將利用太空艙將人和貨物運輸到國際太空站。降落傘能讓太空艙在返回地球時安全著陸。另外，降落傘也可以有其他妙用！它可以讓超音速噴射戰鬥機在較短的跑道上迅速減速。有時，也可將其稱為「減速傘」。

降落傘的原理是利用空氣阻力或拖曳力降低物體下落的速度。通常，為了向前或向上運動，航空航天工程師需要克服這種阻力。然而，降落傘卻利用阻力進行安全著陸。

在航空航天業中，用於噴射飛機和太空艙安全著陸的降落傘幾乎都是圓形或拱形。而跳傘運動員所用的降落傘則多為長方形或正方形。為什麼會有不同的形狀？降落傘的形狀對其功能有哪些影響？在本活動中，您的學生將分組製作及測試不同的降落傘模型，瞭解形狀與功能之間的關聯。

對圓形和長方形傘篷分別進行測試後，學生們會得出這樣的結論：圓形降落傘下降更慢，這就是這種降落傘用於大型飛機和太空船著陸或降落的原因。下面列出的用品供各組學生使用。對於較年幼的學生，可以預先切成 12 段線或紗線。對於高年級學生，可以透過本教案中的活動介紹他們將在中學學到的反作用力概念和牛頓定律。

用品

- 剪刀
- 26.8 cm x 27.3 cm 塑膠袋
- 尺
- 箱頭筆
- 膠紙
- 打孔機
- 16 條線或輕紗線、每條長 30.5 厘米
- 2 個木衣夾
- 露台、樓梯間或人字梯
- 秒表

教案 2: 當阻力不再是阻力

參考答案

第 3 部分

1. 降落傘釋放高度不同，答案也會有所不同。
2. 降落傘釋放高度不同，答案也會有所不同。
3. **[a.]** 長方形；**[b.]** 圓形
4. 根據學生在第 2 部分的假設，答案會有所不同。
5. **[a.]** 322.58 平方厘米。 **[b.]** 答案會有所不同，可以提到：如果兩種降落傘大小有差異，則相較起形狀因素，表面積對降落速度的影響會更大。
6. 答案會有所不同，可能受材料重量、釋放高度或傘索長度的影響。
7. 答案會有所不同，可以提到：長方形降落傘運動軌跡更直，而圓形降落傘運動軌跡似乎偏離了軌道。
8. 圓形。降落傘的使用目的是為了讓下降速度減慢，著陸平緩，因此圓形傘篷著陸的速度比長方形的傘篷來得慢。
9. 答案會有所不同，可能受其他大型物體如貨物/物品影響。
10. 「Velocity」代表速度，而低速的降落傘會緩慢下降。

超越極限！

與學生一起觀看波音 **CST-100** 的降落傘下降測試短片，向學生說明 **CST-100** 如何使用三個大型降落傘，從內華達沙漠上方 **3,048** 米高的地方安全著陸，網址為：
www.youtube.com/watch?v=ZZ-D3HPyBYU。在太空艙借助六個安全氣囊著陸之前，展開三個大型降落傘以減緩下降速度。你有注意到它們的形狀嗎？

教案 2: 當阻力不再是阻力

學生活動

如果我們沿著「直上雲霄」、「疾風飆速」、「追逐天際」、「遙遠邊際」、「智能升級」展廳參觀，您想過我們將以怎樣的方式回到地面嗎？所想到的一種方式可能是用降落傘。降落傘是充滿空氣的拱形物，用於減緩受重力作用的物體的下落速度。物體質量越大，其在空氣中下降的速度越快，落地的撞擊力就越大。降落傘能夠讓物體或人安全降落，適用於高速噴射機、火星車以及純粹追求刺激的跳傘者！

在前往「超越太空」展覽時，你將會瞭解到降落傘已用於當今一些科技最先進的航空航天載具。在「追逐天際」展廳中所展示的波音太空員運輸載具 CST-100 就配有降落傘。在不久的將來，美國太空總署將利用太空艙將人員和貨物運輸到國際太空站。降落傘能讓太空艙在返回地球時安全著陸。

另外，降落傘也可以有其他妙用！其能讓超音速戰鬥機（例如您在「疾風飆速」展廳的「全開油門」挑戰中設計的飛機）在較短的跑道上迅速降低速度。有時，也可將其稱為「減速傘」。



1950 年代，這架 F-86 Sabre 噴射戰鬥機曾使用減速傘來協助著陸。© Boeing。保留所有權利。

降落傘的原理是利用空氣阻力或拖曳力降低物體下落的速度。通常，為了向前或向上運動，航空航天工程師需要克服這種阻力。然而，降落傘卻利用阻力進行安全著陸。

在航空航天業中，用於噴射飛機和太空艙安全著陸的降落傘幾乎都是圓形或拱形。而跳傘運動員所用的降落傘則多為長方形或正方形。為什麼會有不同的形狀？降落傘的形狀對其功能有哪些影響？各組都可以測試不同形狀的降落傘，找出其中的原因！

用品

- 剪刀
- 26.8 cm x 27.3 cm 塑膠袋
- 尺
- 箱頭筆
- 膠紙
- 打孔機
- 16 條線或輕紗線、每條長 30.5 厘米
- 2 個木衣夾
- 露台、樓梯間或人字梯
- 秒表

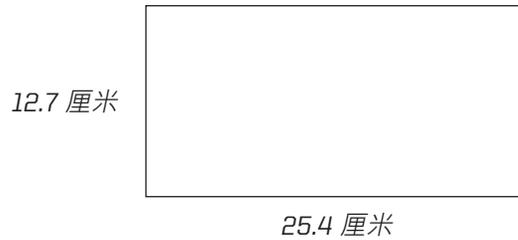
須知詞彙：

傘蓬、太空艙、抵銷、下降、拱頂、阻力、減速傘、速度

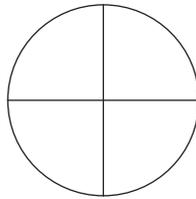
第1部分

學生活動

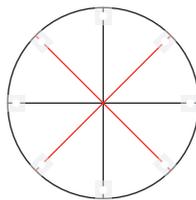
1. 用剪刀剪開塑膠袋上全部三面的接縫，同時剪斷拉鍊開關上的繫繩。剪開袋子後，塑膠袋會變成兩片正方形塑膠膜。
2. 使用間尺和麥克筆，在塑膠膜上量取並畫出長度 25.4 厘米、寬度 12.7 厘米的長方形。



3. 使用間尺和麥克筆，在第二片塑膠膜上畫直徑 20.32 厘米的圓形。要畫出圓形，請先畫兩條相互交叉且長度為 20.32 厘米的直線。



4. 裁下在塑膠膜上所畫的長方形和圓形。它們將作為降落傘的傘篷。
5. 在長方形塑膠片上的四個角分別黏上一條膠紙。在長方形各邊的中點處貼一條膠紙。在每個頂角和每邊中點處的膠紙和塑膠膜上打一個孔。膠紙能夠防止紗線撕裂降落傘。
6. 使用間尺和麥克筆，在圓形塑膠膜上畫 X。在直線與圓周的八個交點處分別貼一條膠紙。在八條膠紙上分別打洞。



7. 將長 30.5 厘米的細線或紗線穿過之前在傘篷上打的孔，並以雙結繫緊。
8. 將長方形和圓形降落傘傘篷的所有繩端打結。在末端夾上木衣夾。

第 2 部分

學生活動

1. 首先，對本次實驗結果作出假設。你認為哪種形狀的降落傘下降較快，長方形還是圓形？你認為哪種形狀的降落傘下降較慢？為什麼？

2. 你的老師將帶著兩個降落傘爬上人字梯，或者由同組的一名同學將兩個降落傘帶到樓梯間或露台上。你或同組的另一名同學手持秒表站在下面。

3. 梯上的人釋放正方形降落傘，另一人在降落傘釋放的同時開始記錄降落傘落到地面所用的時間。在下面的表格中記錄「試驗 1」的時間。

4. 重複步驟 2，對圓形降落傘進行實驗。

5. 將每個降落傘再次釋放兩次，在圖表上記錄下「試驗 2」和「試驗 3」的時間。



美國「跳蛙」海軍降落傘示範小組的一名成員在成功跳傘後回到地球。公開發佈的美國空軍照片。

	長方形	圓形
試驗 1		
試驗 2		
試驗 3		

第 3 部分

學生活動

1. 為計算長方形降落傘下降所需的平均時間，將三次測試時間相加。用總和除以 3，長方形降落傘的平均下降時間是多少？

2. 為計算圓形降落傘下降所需的平均時間，將三次測試時間相加。用總和除以 3，圓形降落傘的平均下降時間是多少？

3. (a.) 哪種形狀的降落傘下降較快？(b.) 哪種形狀的降落傘下降較慢？

4. 你的假設正確嗎？為何正確或不正確？

5. 兩個降落傘的表面積是常數，這表示不管兩種降落傘的形狀相同或不同，表面積都會相同。(a.) 根據你所知道的長方形降落傘的長寬值，它的表面積是多少？(b.) 在這個實驗中，為什麼降落傘的面積會影響結果？

第 3 部分

學生活動

6. 至少說出本試驗中對於兩種降落傘都相同的一個常數或條件。

7. 你是否觀察到這兩種降落傘下降方式的其他不同點？

8. 哪種形狀的降落傘會讓飛機或太空船更緩慢、更安全地著陸？為什麼？

9. 相比於長方形降落傘，圓形降落傘在其他什麼情況下是更好的選擇？

10. 為什麼較大的圓形降落傘也被稱為「低速」降落傘？

教案 3:

適應火星環境

教師指導



科學、
工程學

地球與太空系統、
設計程序

在科學、科技、工程和數學創新和發明不斷發展數十年後，人類將能夠離開地球並抵達火星。但是登陸火星僅僅是成功的開始！安全抵達火星後，人類就需要創造與地球類似的生活條件。火星具有足夠的引力讓人類停留在其表面，但卻沒有和地球一樣的大氣層。那裡比地球要冷得多，空氣中的二氧化碳含量也遠遠超出地球，來自太陽的電磁輻射則達到危險等級。為了確保在這顆紅色星球上的生存，人類需要保護自己免受上述因素的侵害。

在您實地體驗「超越天空」期間，您的學生能夠制定任務，並瞭解完成「遙遠邊際」展廳中介紹的「火星馬拉松」需要哪些條件。與此同時，科學家們已經開始在地球上的模擬火星環境中進行練習！將沙漠、火山等當作想像中的火星地貌。

「太空人」會在那裡呆一個星期到幾個月的時間，就好像真的在火星上生活和工作。他們希望找出在火星上耕種植物、使用太陽能，以及和陌生人共處在極小空間的最好方法。

他們也會試穿不同種類的太空衣，找出哪種適合火星。如果未來的人類想要到火星上散步，那他們得穿上特殊的外衣來

保護自己。「超越天空」課程中會介紹一些全新的選擇，穿戴輕便、靈活且如「第二層皮膚」一般的衣服。希望這些衣服能比以往笨重的太空衣來得舒服和易穿。

你認為火星任務服外觀看起來如何？任務服應該具有哪些功能，配備何種工具？人類目前的太空衣是否適用於火星環境？當學生穿上模擬太空衣進行各種任務時，要求學生在心裡思考這些問題，最後提出改善衣服的建議。

這裡列出的用品是給每組一件模擬太空衣。每個小組應該有四至六個成員。這些服裝要罩在學生自己的衣服外面（鞋子除外）。大多數的用品都可以在當地雜貨店中買到或者您本身已經擁有，甚至您同事的抽屜裡就有這些東西！在每位學生使用過後，用消毒濕紙巾擦拭頭部道具。如果您願意，可以完全不用佩戴頭盔，完全不會影響到活動的結果。

根據具體情況，可以隨時增設、刪除或替換任務和活動。例如，可減少安全別針的數量或採用更方便的萬字夾。學生們可撿拾特定數量的牙籤或波子代替安裝螺帽和螺絲，從而測試所穿的太空衣的靈活性。牙籤或竹籤也能用來將大顆珠子串在一起。在學校裡查看一下，找出可以用的用品。獲得靈感！提醒學生穿上太

空衣之後要小心動作，以防止他們失去平衡或過熱。每個小組中都有一個「安全工程師」的角色，其任務是監控「太空人」在整個任務期間的情況。

若是低年級學童，或是為了減少需要的用品數量，您可以在課室周圍安置可按任何次序到訪的太空站。每組都要到太空站來測試太空衣的配件，一次一種：身軀、雙手、下半身、腳和頭。在這個場景中，學生們要從自己小組成員中選擇，以決定誰必須嘗試個別挑戰。

在親自體驗過太空衣的一些既有限制後，學生們要建議如何製作更好的太空衣。最後，每一組都會在班上提出設計，然後再由全班投票選出最好的設計。您可以告訴學生，即使美國太空總署也是用投票方式來選擇要在火星上穿的太空衣：www.nasa.gov/content/nasa-s-next-prototype-spacesuit-has-a-brand-new-look-and-it-s-all-thanks-to-you/#.VOZTQy7IxWQ。在以 63% 選票擊敗另外兩款設計後，「Z-2」太空衣設計最終勝出！

用品

供每組的模擬火星太空衣使用：

- 1 條腰部位置具有彈性的大尺碼褲子（類似運動褲）
- 2 截直徑 10.2 厘米（標準）烘乾護腿
- 2 雙大號加厚襪（學生自己的襪子除外）
- 1 雙超大長統靴
- 2 套大尺碼工作服
- 1 件大號冬季大衣
- 2 雙手套，一雙是超大尺碼的園藝或工作用手套，另一雙是大小能放入較大雙手套的任何手套
- 1 頂電單車頭盔
- 1 副太陽鏡或安全護目鏡（若頭盔已有護目鏡，可省略此項）

每個小組額外準備的用品：

- 消毒濕紙巾
- 牛皮膠紙
- 剪刀
- 秒表或是有秒針的時鐘
- 放在小型拉鏈袋中的 8 根封閉式安全別針
- 3 種大小不同、彼此分開的螺帽和螺絲
- 隧道遊戲（每班 1 次，各組輪流進行）

教案 3： 適應火星環境

參考答案

第 3 部分

1. 各組的答案不同，但應將結果記錄在第 2 部分的表格中。
2. 各組的答案不同，但應將結果記錄在第 2 部分的表格中。
3. 各組答案會因太空人的經驗而有所不同，但也可能因為對更合適的太空衣、所用工具或是否有手套的認識不同而異。
4. 各組答案可能因為對氧源、浴室的不同使用方式、冷卻系統/溫度控制、太空衣尺寸調整、通訊系統或進食方法的認識不同而異。

第 4 部分

考慮到每個人都有自己的想法且經歷不同，每個小組的最終產品將會有所不同。根據「學生活動」頁面上提供的檢查清單，評估完成情況。

超越極限！

Kavya Manyapu 是一名夢想成為太空人的波音公司工程師。請在班上播放「迷幻火星」，帶領同學詳細瞭解她在模擬火星環境中待了 2 個星期的經歷，網址為：www.boeing.com/features/2014/07/bds-mars-attracts-07-02-14.page。那簡直就是一個科學營！

適應火星環境

學生活動

在科學、科技、工程和數學方面不斷進行創新和發明的數十年後，人類也許終將能前往火星。但是登陸火星僅僅是成功的開始！抵達火星後，人類需要創造與地球類似的生活條件。火星具有足夠的引力讓人類停留在其表面，但卻沒有和地球一樣的大氣層。那裡比地球要冷得多，空氣中的二氧化碳含量也遠遠超出地球，來自太陽的電磁輻射則達到危險等級。為了確保在這顆紅色星球上的生存，人類需要保護自己免受上述因素的侵害。

在進行「超越天空」實地體驗時，你可以制定自己的任務，並瞭解完成「遙遠邊際」展廳中介紹的「火星馬拉松」需要哪些條件。與此同時，科學家們已經開始在地球上的模擬火星環境中進行練習！將沙漠、火山等當作想像中的火星地貌。「太空人」會在那裡呆一個星期到幾個月的時間，就好像真的在火星上生活和工作。他們希望找出在火星上耕種植物、使用太陽能，以及和陌生人共處在極小空間的最好方法。



此圖所示為在歷時六個月前往火星之路上，波音公司和美國太空總署的太空發射系統和Orion太空艙看上去的樣貌。© Boeing。保留所有權利。

他們也會試穿不同種類的太空衣，找出哪種適合火星。如果未來的人類想要到火星上散步，那他們得穿上特殊的外衣來保護自己。「超越天空」課程中會介紹一些全新的選擇，穿戴輕便、靈活且如「第二層皮膚」一般的衣服。希望這些衣服能比以往笨重的太空衣來得舒服和易穿。

你認為火星任務服外觀看起來如何？任務服應該具有哪些功能，配備何種工具？人類目前的太空衣是否適用於火星環境？當你穿上模擬太空衣進行各種任務時，心裡要思考這些問題，並在最後提出如何改善太空衣的建議。

須知詞彙：

功能、硬件、創新、模仿、原型、輻射、模擬、任務、身軀

第1部分：萬事俱備

學生活動

在火星模擬和實際太空任務中，人們都會以團隊方式合作。請將以下角色分配給小組成員。

職位	工作	姓名
安全工程師 (1 或 2 個學生)	確保太空人在任務及演習中的安全	
設備工程師 (1 或 2 個學生)	幫助太空人著裝，整備設備	
太空人	穿上太空衣，執行任務及演習	
資料工程師	收集和記錄結果	

設備工程師：使用這份檢查清單，確保你的團隊有拿到完成這個任務的所有用品。下面列出的項目可能不太像是太空衣的零件，但是它們將模仿整體移動和工作的感覺！

下半身和腳	身軀和雙手	頭和臉
2 雙襪子 1 條褲子 2 截護腿 1 雙靴子	2 套工作服 1 件冬天大衣 2 雙手套	1 個頭盔 1 副太陽眼鏡或護目鏡

其他用品：牛皮膠紙、剪刀

太空人：開始穿上所有衣服，同時脫掉鞋子。設備工程師會協助你著裝。太空衣分為很多層！

1. 在襪子外再穿上另外一雙襪子。
2. 在褲子外再穿上另外一件褲子。
3. 穿上一截護腿並蓋過膝蓋。用牛皮膠紙把護腿貼在褲子上。
4. 穿上靴子。
5. 將工作服套在自己的衣服外面。
6. 穿上冬季大衣，並將拉鍊或鈕扣全部拉上/扣上。
7. 戴上太陽眼鏡或護目鏡。
8. 戴上頭盔。
9. 戴上兩隻手套，先戴較小的那雙。

第 2 部分：測驗

學生活動

為方便比較，一名設備工程師將穿著自己的衣服與太空人一起執行相同的任務和演練。資料工程師將在下面的資料表格中，將結果記錄在這名太空人的「火星」欄以及這名工程師的「地球」欄中。用秒表記錄每個任務所需的時間。

安全工程師：隨時待在太空人旁邊。

任務 1：摘星跳

完成 15 個摘星跳。

任務 2：掌上壓

從站姿開始。完成 15 次掌上壓。恢復站姿。

任務 3：隧道

爬行通過隧道，其大小與太空艙的入口相若。開始和結束都是站姿。

任務 4：安全別針

打開裝了安全別針的袋子，打開每根別針，將所有別針如手鏈般串在一起，接著將這些別針放回袋子中並封起。

任務 5：記錄

依照設備工程師口述，寫下來自美國太空總署的資訊：火星在夏天的最高溫度攝氏 21 度，出現在赤道地區中午時間，最低溫度出現在極區，大約為攝氏零下 143 度。

任務 6：螺絲

從散落在地板上，且全部分開的螺帽和螺絲開始。將所有零件撿起來，然後組合螺帽和對應的螺絲。

資料工程師：記錄這時的時間結果。

任務	火星	地球
1. 摘星跳		
2. 掌上壓		
3. 隧道		
4. 安全別針		
5. 記錄		
6. 螺帽		



在火星上，太空人將依靠載人操控裝置 (MMU) 而無需行走，正如在這裡所看到的一樣，載人操控裝置附加在他們的太空衣上。© Boeing。保留所有權利。

用品

- 秒表或是有秒針的時鐘
- 隧道
- 放在小型拉鏈袋中的 8 根封閉式安全別針
- 紙與鉛筆
- 3 組分開的螺帽與螺絲

第 3 部分：評估

學生活動

當太空人脫掉太空衣之後，你的小組將討論這次任務的結果，並回答下列問題。

1. 哪個任務在火星和地球上的時間差最大？

2. 哪個任務在火星和地球上的時間差最少？

3. 哪個任務在穿著火星太空衣時最不舒服或最難完成？為什麼？怎樣會有幫助？

4. 還有什麼是太空人在穿著太空衣探索火星時必須做的動作？列出應該有幫助的兩項其他工具或設備零件。

第 4 部分：重新設計

學生活動

現在你們已經體驗過穿著太空衣進行實驗的過程，現在要請你的小組建議如何製作更好的太空衣 - 這將由第一批火星探險者穿的原型太空衣！

你必須納入在太空中進行研究時，將會用到的基本設備。請記住，你的設計也必須能夠保暖（但是不要過度！）、提供氧氣、輻射防護，同時要讓太空人能在火星上移動。使用下列研究工具中所列出的基本必要配件，開始你的規劃。加入配件時請使用檢查清單。

根據之前的太空衣任務執行結果，在另一張紙上完成下列步驟。

步驟 1：畫出設計的前後視圖。標示圖表來指出個別功能的位置，以及設備的存放位置。

步驟 2：寫出太空衣上每個功能的說明，並解釋其運作方式。

小組準備向全班展示你們這組的全新改良式火星太空衣。最後由每組投票選出最佳設計。準備好穿上太空衣迎接挑戰了嗎？



地理學家將在火星上研究這個星球上的岩石。他們希望瞭解任何可能有用的資源，以及火星上是否存在過其他生命形態。© Boeing。保留所有權利。

研究工具

- 相機
- 望遠鏡
- 能將岩石樣本帶回實驗室的方法
- 導航系統
- 通訊系統
- 電筒
- 記錄觀察的方式
- 工具（錘子、扳手、螺絲批、鉗子等）

教案 4： 職涯規劃

教師指導



數學

等式和方程式、
邏輯

在本課程中，您的班級將會閱讀一個有關「超越天空」實地體驗的小故事，並在之後一起解決邏輯謎題，將四名虛構的學生與其希望在將來在航空航天公司從事與科技相關的職業進行配對。邏輯謎題是培養數學能力的有趣方式，而在練習中無需使用任何數字！您的學生將會進行演繹並建立類似代數中使用的等式：如果 $A = B$ 且 $B = C$ ，則 $A = C$ 。

若要解答謎題，請仔細閱讀每條線索。使用此圖表以協助您記錄每位學生職涯計劃的已知和未知事項。由於在謎題中，每個學生只能有一份工作，且每份工作只能有一個學生，因此可以用排除法得出答案。

如果您從線索得知某個人不喜歡某事，則在此人以及此工作的方格中標註 X。如果您能將學生與其職業配對，則勾選那個方格。

例如，第一條線索是 Lorraine 對從事潛艇工作不感興趣，因為她不喜歡海洋。現在，由於我們知道 Lorraine 的職業選擇不會包含 Echo Ranger 潛艇，那麼在她的名字那一列與 Echo Ranger 那一行交會的方格中應該打交叉。第一條線索已在答案網格中標出。

繼續閱讀其他線索。在您認為不正確內容的答案網格上寫 X，然後勾選您認為正確的內容，直到將所有學生與其未來航空航天職業配對為止。也許在未來的某一天，您的學生將會從事上述職業！

教案 4: 職涯規劃

參考答案

Ann = CST-100

Mike = 777

Lorraine = Chinook

Jim = Echo Ranger

超越極限！

如需深入內幕，瞭解由極具奉獻精神的波音公司全球員工夢想追逐並創造的非凡創新技術，請觀看短片「這就是我們：波音員工的心聲」，網址為 <https://www.youtube.com/watch?v=gdu05M3LnPY>。在當地，可能會有波音公司的義工為您的學生講述科技在實際生活中的應用。

生涯規劃

學生活動

在本課程中，您的班級將會讀到一個有關「超越天空」實地體驗的小故事，並在之後一起解決邏輯謎題，他們要將四名學生與其希望在將來在航空航天公司從事的職業進行配對。

若要解答謎題，請仔細閱讀每條線索。使用此圖表以協助您記錄每名學生生涯計劃的已知和未知事項。由於在謎題中，每名學生只能有一份工作，且每份工作只能有一名學生，因此可以用排除法得出答案。

如果您從線索得知某個人不喜歡某事，則在此人以及此工作的方格中標註 X。如果您能將學生與其職業配對，則勾選那個方格。

例如，第一條線索是 Lorraine 對從事潛艇工作不感興趣，因為她不喜歡海洋。現在，由於我們知道 Lorraine 的職業選擇不會包含 Echo Ranger 潛艇，那麼在她的名字那一列與 Echo Ranger 那一行交會的方格中應該打交叉。第一條線索已在答案網格中標出。

繼續閱讀其他線索。在您認為不正確內容的答案網格上寫 X，然後勾選您認為正確的內容，直到將所有學生與其未來航空航天職業配對為止。是否想要加入他們？

須知詞彙：

太空、生涯、排除、排放、網格、工業

職業規劃

學生活動

故事

一個完成「超越天空」實地體驗的班級正在返校的巴士上。在具體瞭解了航空航天業的未來後，四名學生談論起他們在今後希望從事的與航空航天相關的職業。

一名學生希望能夠設計位於地點 1 可將太空人送入國際太空站的 CST-100。另一名學生想要成為一名位於地點 2 的 Chinook 直升機試飛員。第三名學生喜歡海洋，並且希望在位於地點 3 的機械人潛艇 Echo Ranger 號上工作。最後一位學生希望成為一個環境工程師，並且藉由在地點 4 的新一代環保 777 噴射機上工作，減少二氧化碳的排放。

學生	職業及地點
• Lorraine	• CST-100 太空艙位於地點 1
• Ann	• Chinook 直升機位於地點 2
• Mike	• Echo Ranger 潛艇位於地點 3
• Jim	• 777 噴射機位於地點 4

使用下面的提示，為每位學生配對其未來的職業。

提示

1. Lorraine 對潛艇不感興趣，因為她不喜歡海洋。
2. Jim 不想要住在地點 4。
3. Lorraine 不想要住在地點 3，也不想成為地點 2 的 Chinook 試飛員。
4. Ann 熱衷於太空旅行，希望在地點 1 的 CST-100 上工作。

	777	CST-100	Chinook	Echo Ranger
Lorraine				X
Ann				
Mike				
Jim				