

課堂教師指南

7 年級、8 年級、9 年級

超越天空 ABOVE AND BEYONDSM

PRESENTED BY 主辦機構





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. 型塑飛行的未來 - 數學	6
2. 後掠提速 - 數學、科學、社會課程	11
3. 超越生物學 - 科學、科技、工程	19
4. 職涯規劃 - 數學、批判思考	25

「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」是一場多感官航空與航天展，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。疾風颯速.....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科學及科技學習的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（例如快速機械人、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、個人的靈感啟發，以及他們如何從教室朝外太空邁進。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，並協助您在教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，本中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 7 年級、8 年級及 9 年級學生的活動和任務，此外也提供小學教師指南。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「型塑未來」。學生將對美國太空總署和波音公司仍在開發階段的數種實驗飛機的尺寸進行研究，例如翼身融合飛行器 X-48。之後，學生就能使用兩種測試模型及其實際參照機型的測量值，以練習計算比例、比率和比例模型化。

第二課教案「後掠提速」將介紹二十世紀中期引人入勝的後掠機翼技術研發活動中，並將歷史、幾何學和物理學知識融入其中。學生將從第二次世界大戰末期在德國發現的一項秘密研究之第一手資料入手，最後計算今日次音速和超音速飛機的機翼角度。

在下一課教案「超越生物學」中，介紹工程師和生物學家如何在靈感源自於生物模擬的航空航天活動中進行跨領域創新研究。從藉由貓頭鷹的無聲飛行所發想之噴射機引擎上的降噪引擎外殼，到受到動物界啟發而獲得的如何將人類載送到火星的設想，學生將能瞭解生物模擬如何推動人類飛行技術的發展。

第 4 課教案是「職涯規劃」。一般而言，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飛機技術專家和火箭科學家。但是現在，這個遍佈全球且活力無限的行業也逐漸吸引了醫生、會計師和室內設計師等各行各業的人才（茲舉少數幾例）。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！

教案 1:

型塑飛行的未來

教師指導



比例關係、
比例模型

橫跨大西洋、環遊世界、前往月球和更遙遠的宇宙邊際！自從第一次飛離地面以來，人類便致力於以更智慧的方式飛行得更快、更高且更遠。對於飛機而言，目前的研究焦點完全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污染。有三種先進的實驗機 - 「超越天空」中會介紹數種 - 已從最初的靈感變為真實的機型：X-48、SUGAR Volt 及 Phantom Swift。

從 1903 年的萊特飛行器到今日的大多數實驗機，學生在「超越天空」實地體驗期間接觸的所有飛機都是從想法和模型開始的。藉由比例模型開展研發能夠節省資源，確保人員的生命安全。工程師會將想法運用於較小型模型上以取得寶貴資訊，因為這類模型使用的材料較少且不需要駕駛員。如果他們發現設計的零件（例如，機翼的角度或引擎的放置位置）會降低飛機效率或安全性，則可能進行相應的改動。

X-48/BWB-450

傳統的管翼式飛機會產生阻力，是因為機翼從機身中伸出。美國太空總署和波音公司正在實驗將機翼和機身融合為

流暢的一體，從而減少阻力並提高燃料效率。X-48 是一款翼身融合飛行器（或稱為 BWB 飛機）。之所以將其命名為 BWB-450，是因為將來的某一天它將能載送 450 名乘客！原型證明這種全新的外形符合空氣動力學、節能高效且能降低噪音，因此成為未來超環保飛行器的理想候選對象。在 2012 年和 2013 年期間，不同尺寸的模型已試飛了許多次。您會在「超越天空」中看到其中一款測試模型。

SUGAR VOLT

SUGAR Volt 是波音公司正在研發的另一款實驗環保飛機。它是一款可同時使用電力和燃料的飛機，類似現在的油電混合車款。SUGAR 代表次音速超環保飛機研究 (Subsonic Ultra-Green Aircraft Research)，該研究團隊將在今後 20 年間協助設計符合綠色航空要求（包括燃料效率）的飛機技術。

PHANTOM SWIFT

直升機幾乎可在任何地方起飛和降落，但它們無法非常快速地飛行。固定機翼飛機（如客機）可以快速飛行，但需要跑道才能起飛和降落。VTOL（垂直起降）飛機可完美結合上述兩種飛機的優點！Phantom Swift 實驗飛機的緣起是

波音公司參加美國國防部國防高等研究計劃署 (DARPA) 主辦的比賽，以研發新型 VTOL。事實上，DARPA 比賽還落後於「超越天空」中數種尖端技術的研發。這聽起來像是一場科學博覽會！

在此課程中，您的學生會深入探索這三種未來飛機，它們專為以前所未有的智能方式更快、更高、更遠地載送我們而設計。首先，他們會計算 X-48C、SUGAR Volt 及 Phantom Swift 的全尺寸和比例模型測量值。之後，為了幫助他們理解試驗中使用的比例模型和全尺寸參照物的尺寸，他們可將這些比例與學校內外數個地點進行比較。

教案 1: 型塑飛行的未來

參考答案

第 1 部分

1.

	全尺寸	8.5% 模型	5% 模型
寬度	73.2 m	6.3 m	3.7 m
重量	2,668.2 kg	226.8 kg	133.4 kg

2.

	全尺寸	15% 模型
寬度	52.8 m	7.9 m
重量	40.5 kg	6.1 kg

3.

	全尺寸	17% 模型
寬度	15.2 m	2.6 m
長度	13.4 m	2.3 m
重量	5,443.1 kg	925.3 kg

第 2 部分

- (a.)** 常見的中學書桌: 120 cm x 60 cm 會有所不同。

(b.) 教室書桌的尺寸不同, 答案也會有所不同。
- (a.)** 一般中學課室: 介乎 43 m² 和 60 m² 之間。

(b.) 和 **(c.)** 課室的面積不同, 答案也會有所不同。
- (a.)** 常見的中學體育館範圍介乎 18 m x 28 m 至 20 m x 34.5 m。

(b.) 學校體育館的面積不同, 答案也會有所不同。
- 學校最大停車場的面積不同, 答案也會有所不同。
- SUGAR Volt
- X-48
- Phantom Swift
- X-48 的 5% 比例模型尺寸
- Phantom Swift
- 答案將因為每個學生對於應研發載具的意見而有所不同。

超越極限!

若要進一步探索波音模型製作人的作品, 請讓學生觀看短片「模型公民: 波音公司的風洞模型工作室」, 網址為: www.youtube.com/watch?v=9MFWnHkG6YU.html。有誰知道把玩模型飛機, 竟然可能獲得超酷的職業?

型塑飛行的未來

學生活動

須知詞彙：

尺寸、混合、原型、次音速、無人駕駛、翼展

橫跨大西洋、環遊世界、前往月球和更遙遠的宇宙邊際！自從第一次飛離地面以來，人類便致力於以更智慧的方式飛行得更快、更高且更遠。對於飛機而言，目前的研究焦點完全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污染。有三種先進的實驗機 - 「超越天空」中會介紹數種 - 已從最初的靈感變為真實的機型。

從 1903 年的萊特飛行器到今日的大多數實驗機，您在「超越天空」實地體驗期間看到的所有飛機都是從想法和模型開始的。藉由比例模型開展研發能夠節省資源，確保人員的生命安全。工程師會將想法運用於較小型模型上以取得寶貴資訊，因為這類模型使用的材料較少且不需要駕駛員。如果他們發現設計的零件（例如，機翼的角度或引擎的放置位置）會降低飛機效率或安全性，則可能進行相應的改動。

X-48/BWB-450



傳統的管翼式飛機會產生阻力，是因為機翼從機身中伸出。美國太空總署和波音公司正在實驗將機翼和機身融合為流暢的一體，從而減少阻力並提高燃料效率。X-48 是一款翼身融合飛行器（或稱為 BWB 飛機）。之所以將其命名為 BWB-450，是因為將來的某一天它將能載送 450 名乘客！原型證明這種全新的外形符合空氣動力學、節能高效且能降低噪音，因此成為未來超環保飛行器的理想候選對象。在 2012 年和 2013 年期間，不同尺寸的模型已試飛了許多次。您會在「超越天空」中看到其中一款測試模型。

SUGAR VOLT



SUGAR Volt 是波音公司正在研發的另一款實驗環保飛機。它是一款可同時使用電力和燃料的飛機，類似現在的油電混合車款。SUGAR 代表次音速超環保飛機研究 (Subsonic Ultra-Green Aircraft Research)，該研究團隊將在今後 20 年間協助設計符合綠色航空要求（包括燃料效率）的飛機技術。

PHANTOM SWIFT



直升機幾乎可在任何地方起飛和降落，但它們無法非常快速地飛行。固定機翼飛機（如客機）可以快速飛行，但需要跑道才能起飛和降落。VTOL（垂直起降）飛機可完美結合上述兩種飛機的優點！Phantom Swift 實驗飛機的緣起是波音公司參加美國國防部國防高等研究計劃署 (DARPA) 主辦的比賽，以研發新型 VTOL。事實上，DARPA 比賽還落後於「超越天空」中數種尖端技術的研發。這聽起來像是一場科學博覽會！

您將深入探索這三種未來飛機，它們專為以前所未有的智能方式更快、更高、更遠地載送我們而設計。首先，您會計算 X-48、SUGAR Volt 及 Phantom Swift 的全尺寸和比例模型測量值。之後，為了幫助您理解重要試驗中使用的比例模型和全尺寸參照物的尺寸，您可將這些比例與學校內外數個地點進行比較。

第1部分：比例模型

學生活動

1. 建立多於一種尺寸的 X-48 或 BWB-450 模型。用於無人駕駛飛行測試的模型是實際尺寸的 8.5%。更早的版本為風洞試驗模型，為實際尺寸的 5%。在此圖表中填寫所測量的全尺寸飛機及其兩種比例模型的尺寸。將您的計算結果四捨五入到小數點後一位。

	全尺寸	8.5% 模型	5% 模型
寬度	73.2m		
重量		226.8 kg	

2. 用於風洞測試的 SUGAR Volt 原型是 15% 比例模型。在風洞測試中，只會使用半翼展或一半的飛機。這個半模型為 3.96 m 寬，這代表完整的 15% 模型為 7.92 m 寬。在此圖表中填寫全尺寸飛機及其比例模型的測量尺寸。將您的計算結果四捨五入到小數點後一位。

	全尺寸	15% 模型
寬度		7.9 m
重量		6.1 kg

3. Phantom Swift 僅有比例模型，以其實際尺寸的 17% 製造。波音公司的工程師憑藉先進的原型技術，在短短不到一個月的時間裡完成了構思並創造出這款遙控模型。在「超越天空」的「智能升級」展廳中，尋找其他高速飛行原型機。在此圖表中填寫全尺寸飛機及其比例模型的測量尺寸。將您的計算結果四捨五入到小數點後一位。

	全尺寸	17% 模型
寬度	15.2 m	
長度	13.4 m	
重量	5,443.1 kg	

第 2 部分：相對尺寸

學生活動

為了解實驗機中使用的比例模型和全尺寸參照物的尺寸，請將其尺寸與與學校內外數個地點進行比較。

1. (a.) 量度您的書桌：_____ m 長 _____ m 寬

(b.) 哪個比例模型可放在書桌上？ _____

2. (a.) 量度您的課室：_____ m 長 _____ m 寬

(b.) 哪個模型可放在課室中？ _____

(c.) 哪個全比例的版本可放在課室中？ _____

3. (a.) 量度您的體育館：_____ m 長 _____ m 寬

(b.) 哪個全比例版本可放在體育館中？ _____

4. (a.) 量度學校最大的停車場：_____ m 長 _____ m 寬

(b.) 哪個全比例版本可放在停車場中？ _____

5. 哪個實驗機比例模型最寬？ _____

6. 哪個全比例飛機的翼展最寬？ _____

7. 哪個比例模型飛機的尺寸最小，但最接近其全尺寸參照物？ _____

8. 哪個模型採用最小比例製作而成？ _____

9. 哪個全比例飛機最重 - Phantom Swift 還是 X-48？ _____

10. 如果由您選擇三個模型其中一個製作全尺寸且具備完整功能，您會選擇哪個模型？為什麼？



幾何學、物理學、歷史、
第一手來源

教案 2: 後掠提速 教師指導

「超越天空」實地體驗課程的一大亮點是「疾風飆速」展廳中的噴射戰鬥機設計挑戰。在「全開油門虛擬噴射機設計及試驗設施」中，學生的任務是設計能以超音速飛行的可操縱噴射機。他們的設計將主要集中在噴射機的機身、機翼和機尾形狀。

由於噴射機的機翼可提供升力，機翼形狀是實現本次挑戰賽中所需的速度和可操縱性的關鍵所在。因此，小設計師們需要選擇能夠實現這兩點的機翼類型。哪種機翼形狀最適合超音速噴射戰鬥機？

直翼

直翼垂直於機身，可在低速飛行時提供極佳的升力和穩定性。然而，在超音速飛行時，他們會造成明顯的震動氣流，從而使飛機失去穩定性。

掠翼

掠翼與機身形成一定角度，可以減少阻力。阻力是與前進推力相反之力。在接近超音速飛行時，掠翼可減少所形成的震動氣流，並提供良好的操縱性。但在低速飛行時，掠翼所產生的升力小於直翼且穩定性不如直翼。

三角翼

三角翼的形狀是三角形，很像希臘字母「delta (Δ)」。在噴射機接近音速飛行時，三角翼的極端角度能夠大大減少所形成的震動氣流，並且能夠提供出色的操縱性。但是與掠翼類似，它們在低速飛行時也無法提供太多抬升力。

那麼，這些資訊能讓這些小小噴射機設計師瞭解到什麼？詢問學生另一個關鍵問題：納粹德國已廢棄的最高機密研究中心與今日噴射機機翼有何關係？在第二次世界大戰期間，航空航天工程師嘗試瞭解如何將全新、功能強大的噴射機引擎和既有的飛機配搭使用。在達到新型噴射機引擎所能達到的最高速度時，當時的直翼飛機往往會解體。

一些科學家（例如，波音公司工程師 George Schairer）在那時剛剛開始對名為「掠翼」的概念進行實驗。第二次世界大戰末期，Schairer 與一個由美國科學家和工程師組成的團隊一起前往德國。他們被派去尋找和收集戰爭期間納粹所研發的航空研究成果。

在本活動中，您的學生將從閱讀和分析來自 Schairer 的第一手資料著手。當時，美國人在一口古井中發現了德國的機密文件，這也是此後 Schairer 匆忙發往波音公司的一份摘記。這份報告證實，與機身呈角度的掠翼的確有效。之後，波音公司將此資訊用於軍用 B-47 轟炸機以及第一架噴射客機波音 707 的研發。接下來，學生將透過測量並計算現代噴射機的掠翼角度來瞭解「形成角度」在幾何學中的意義。

用品

- 量角器

教案 2： 後掠提速

參考答案

第 1 部分

1. 1945 年 5 月 20 日
2. 1509 29th Ave. Seattle, Wash
3. 距離前線幾哩的森林中
4. 安靜；住所很不錯，有電燈、熱水、暖氣
5. 德國在某些研究項目中處於領先地位
6. 後掠或前掠對於臨界馬赫數有非常大的影響
7. ME163
8. 控制和穩定性問題
9. **[a.]** 答案可能有所不同。可提及由於處於戰爭時期，與其他飛機製造商共用資訊將有利於整個國家。
[b.] 答案可能有所不同。可提及由於公司之間的競爭，這種情況在今天可能不會發生。
10. 他的剃鬚刀

第 2 部分

1. 90 度；直角
2. 機翼和機身應互成直角
3. 可在圖上畫出線條。
4. 125 度，鈍角
5. **[b.]** 大約 35 度
6. 減法；從對稱線開始，從掠翼的 125 度角中減去直翼的 90 度角： $125-90=35$
7. 應以 45 度角增加描繪新機翼的線條。
8. 在低速飛行時將更難操控（例如，起飛和降落期間）。

超越極限！

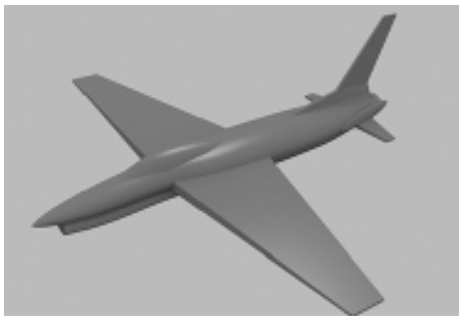
如需深入瞭解 George Schairer 具有重要影響意義的掠翼設計及其風洞試驗，請觀看「波音公司 70 年來的風洞強度試驗」，網址為 www.boeing.com/features/2013/10/bca-wind-tunnel-history-10-28-13.page。您將被影片所折服！

後掠提速

學生活動

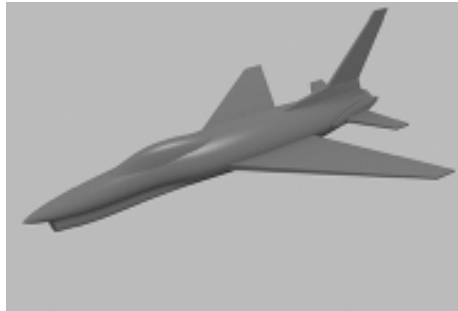
「超越天空」實地體驗課程的一大亮點是「疾風飆速」展廳中的噴射戰鬥機設計挑戰。在「全開油門虛擬噴射機設計及試驗設施」中，您的任務是設計能以超音速飛行的可操縱噴射機。您的設計將主要集中在噴射機的機身、機翼和機尾形狀。由於噴射機的機翼可提供升力，其形狀是實現速度和可操縱性的關鍵所在，您需要選擇能夠同時實現這兩點的機翼類型。您認為哪種機翼形狀最適合超音速噴射戰鬥機？

直翼



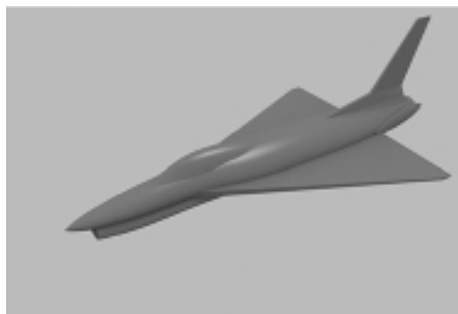
直翼垂直於機身，且通常表面積比其他機翼形狀更大。可在低速飛行時提供極佳的升力和穩定性。然而，在超音速飛行時，他們會造成明顯的震動氣流，從而使飛機失去穩定性。

掠翼



掠翼與機身形成一定角度，可以減少阻力。阻力是與前進推力相反之力。在接近超音速飛行時，掠翼可減少所形成的震動氣流，並提供良好的操縱性。但在低速飛行時，掠翼所產生的升力小於直翼且穩定性不如直翼。

三角翼



三角翼的形狀是三角形，很像希臘字母「delta (Δ)」。在噴射機接近音速飛行時，三角翼的極端角度能夠大大減少所形成的震動氣流，並且能夠提供出色的操縱性。但是與掠翼類似，它們在低速飛行時也無法提供太多抬升力。

若要開始進行研究，請自問一下這個關鍵問題：納粹德國已廢棄的最高機密研究中心與今日噴射機機翼有何關係？在第二次世界大戰期間，航空航天工程師嘗試瞭解如何將全新、功能強大的噴射機引擎和既有的飛機配搭使用。在達到新型噴射機引擎所能達到的最高速度時，當時的直翼飛機往往會解體。

一些科學家（例如，波音公司工程師 George Schairer）在那時剛剛開始對名為「掠翼」的概念進行實驗。第二次世界大戰末期，Schairer 與一個由美國科學家和工程師組成的團隊一起前往德國。他們被派去尋找和收集戰爭期間納粹所研發的航空研究成果。

在本活動中，您將從閱讀和分析來自 Schairer 的第一手資料著手。當時，美國人在一口古舊井中發現了德國的機密文件，這也是此後 Schairer 匆忙發往波音公司的一份摘記。這份報告證實，與機身呈角度的掠翼的確有效。之後，波音公司將此資訊用於軍用 B-47 轟炸機以及第一架噴射客機波音 707 的研發。接下來，您將透過測量並計算現代噴射機的掠翼角度來瞭解「形成角度」在幾何學中的意義。

須知詞彙：

空氣動力學、航空工程、機翼、機身、升力、馬赫、可操縱、垂直、超音速、對稱、推力

第1部分

學生活動

發現德國掠翼的秘密研究之後，Schairer 寄了一封長達七頁的信函給他的朋友兼同事 Benedict Cohn。閱讀以下摘錄內容並回答之後的問題。

1945 年 5 月 20 日

收信人： Benedict Cohn 先生
1509 29th Ave.
Seattle, Wash
USA

親愛的 Ben，

很難相信我現在人在德國，而且距離前線只有數哩之遙。一切都非常安靜，我在森林中過著非常普通的生活。我們的住處很不錯，有電燈、熱水、暖氣和電動剃鬚刀。

我們看到了很多德國的空氣動力學技術。他們在某些研究項目上領先於我們，我會在之後說明。德國人進行了大量與高速空氣動力學相關的工作，並且已經有了一個重大發現。後掠或前掠對於臨界馬赫數¹有非常大的影響。仔細想想，這確實非常合理。平行於機翼的繞流無法影響臨界馬赫數，而垂直於翼型的部分才是最重要的。所以，臨界馬赫數取決於垂直於機翼的翼型部分和是否後掠...

他們的一些實驗證實了後掠所產生的效果。據我所知，目前只有 ME163² 應用了此項技術。當然，在大幅度使用後掠機翼時，會遇到很多控制和穩定性的問題。

我不知道其他生產商在多久後才能獲得這些資訊，所以可否請你寫信給 Ozzie、C.L. Johnson、R. Bayless、E. Horky、E. Sheaffer 和 Darby，第 2 至第 5 頁有給他們的資訊。

我在這裡一切都好。我甚至還能隨時隨地使用我的電動剃鬚刀。..... 希望你也一切安好，代我問候大家。毫無疑問，他們都是頂尖的人才。

謹致，
George

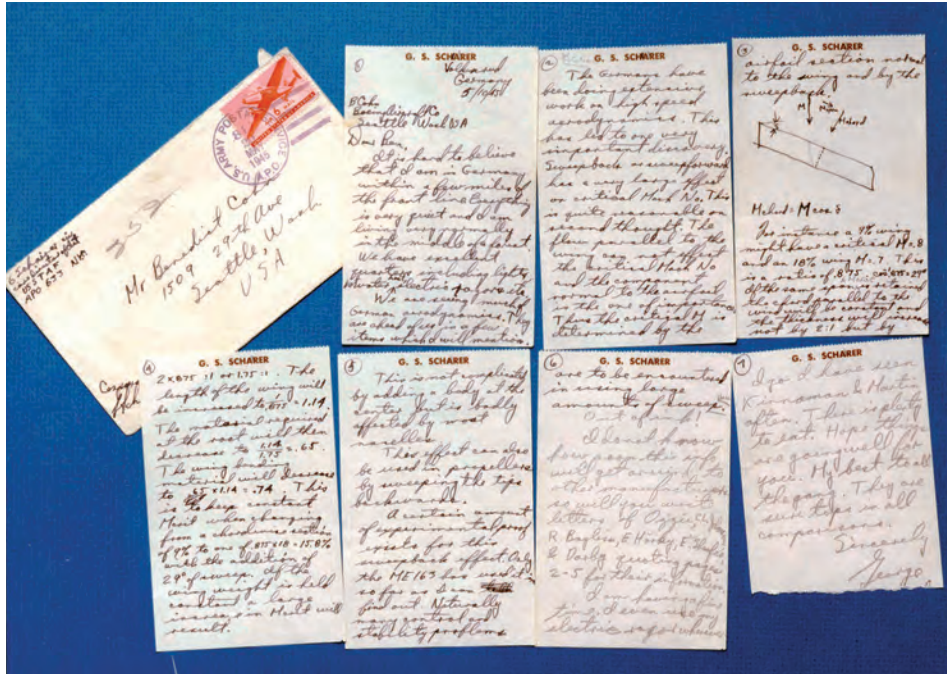
注意：

¹「臨界馬赫數」是空氣繞流經過飛機任何部分的速度，其會接近但不會超過音速。您會在「超越天空」的範例風洞測試中，檢視如何追蹤氣流速度的範例。

²ME163：Messerschmitt ME163 Komet 是德國研製的火箭動力戰鬥機。這也是戰爭期間唯一確實使用的火箭動力戰鬥機。

第1部分

學生活動



Schairer 從德國寄出這封描述掠翼的信件

1. George Schairer 寫信的日期是什麼時候？

2. Benedict Cohn 住在哪裡？

3. Schairer 寫這封信時住在德國的哪個地方？

4. Schairer 如何描述他們的生活條件？

第1部分

學生活動

5. 德國的空氣動力學研究與美國相比如何？

6. 德國一項非常重要的發現是什麼？

7. 在當時，唯一一款採用掠翼的飛機是什麼？

8. 如果後掠角度過大，可能會產生哪些問題？

9. 在信件最後列出的人不是波音公司的航空工程師。

(a.) 您認為 Schairer 為何希望將此發現告知競爭對手？

(b.) 您認為如今的競爭公司還會共用此類資訊嗎？為何會或不會？

10. Schairer 在信中兩次提到的電器是什麼？

第 2 部分

學生活動

您需要一個量角器來完成本章節。

1. 由於直翼垂直於機身，由直翼前緣與穿過機身所繪對稱線所形成的角度是多少？所形成的角是以下哪種：直角、銳角還是鈍角？

2. 在下面的空白處畫出直翼飛機的示意圖。

3. 在 787 示意圖中畫出穿過機身的對稱線。接下來，延長機翼前緣線直到其與對稱線相交。



第 2 部分

學生活動

4. 測量您在圖中所畫的兩條線所形成的角度。角度的大小為何？所形成的角是以下哪種：直角、銳角還是鈍角？

5. 描述飛機掠翼時，角度實際上是根據不可見的垂直直翼測量而來的。

(a.) 在 787 的示意圖上畫一條線來代表平直翼的位置。這條線就代表您的新 0 度！

(b.) 現在測量這架噴射機上的掠翼角度。從 0 度線後掠的角度為何？

6. 根據您對問題 3 和問題 4 的回答，說明不用量角器完成問題 5 的另一種方式。

7. 噴射戰鬥機和其他高速飛機的機翼後掠角為 10 度。用這個新的角度進行測量並繪製機翼，將前頁的 787 變成超音速噴射機。

8. 在「超越天空」中，您將看到未來採用大角度後掠三角翼的低音爆超音速噴射客機的相關概念。這種機翼可延遲噴氣式飛機突破音障時所聽到的強烈的「音爆」。根據 Schairer 的信函，以及您在「油門全開」挑戰期間學到機翼角度的內容，您認為在設計高速噴射機時，應該考慮哪一個不利因素？

教案 3： 超越生物學

教師指導



「超越天空」是充滿高科技工程設計、超級智能電腦和先進科技的展覽，同時也提供對於動植物【生命科學】的研究，前提是您得其門而入！例如，在「直上雲霄」展廳，您的學生可以成為展翅南飛的小鳥。

在「智能升級」中，學生會看到依據其啟發靈感之生物【如渡鴉】而命名的無人駕駛載具。甚至連「智能升級」展廳中的小型衛星都會聚在一起，就如同它們的同名生物「鴿子」一樣。這些設計都來自生物模擬，在這裡，模擬是至高無上的讚美！

生物模擬將工程師和生物學家緊密聯繫在一起，探索那些可能需要在其他領域尋找解決辦法的問題。通常，技術難題的答案可能就在我們周圍的世界中，然後再經由數百萬年的試驗和錯誤才能加以完善。生物模擬最著名的例子便是廣為人知的鈎環扣，即 Velcro® 魔術貼。鈎環扣由瑞士電子工程師 George de Mestral 發明，他因為發現芒刺上的細小鈎子粘到他衣服布料上的扣環和狗毛上而獲得了發明靈感。

人類飛上天空的最初靈感來自鳥類這一事實已廣為人知。航空航天工程師經常帶著如何以更智慧之方式飛得更遠、更高、更快的種種問題觀察大自然。在波音公司，有些團隊甚至專門在哥斯達黎加研究生物學課題，例如鳥類進化或熱帶雨林中昆蟲身上的聲音感應器！事實上，很多飛機上的地毯也同樣源自生物模擬。受到森林地面上落葉形態的啟發，將其設計為可任意移除、修補或更換的方塊地毯。如此一來，就能隨時維修，而不會擾亂圖案或浪費時間、資源和金錢去移除整張地毯。

生物模擬應用範圍不僅止於航空航天工業。舉例來說，設計者創造出能像蛇一樣移動的機械人，以便在人員難以在崩塌建築物的碎石堆中看見待援者時，協助進行搜尋和拯救任務。在醫療領域，魚類在冰水中能維持生存跡象的方法，有一天也許能激發抗凍靈感，而讓人類器官能延長可用時間以供移植之用。建築工程師正在研究非洲白蟻塔，以瞭解如何設計能在酷暑中保持涼爽的高層建築。

在此活動中，學生將會看到一些靈感源自於大自然的最新飛行技術進展。其中包含航空航天領域的十個生物模擬範例。某些創新成果已進行實際應用或正在研發中，而其他的創新技術則會在未來世代得以實現。如果能在課堂上網，請讓學生瀏覽以下網站（網址為：www.asknature.org），以深入瞭解上述及其他生物模擬範例的實際應用。

學生應該瞭解「學生活動」頁面上方塊所列出的「須知詞彙」。手邊請準備一本字典，以協助學生查看以上術語的使用語境作為本活動相關線索。如需進行其他挑戰，可將這些生物模擬範例作為研究項目和設計挑戰的提示。想像一下，在您的學校舉辦一場「生物模擬科學展」或是在當地小學中創作生命科學領域的繪本！

教案 3： 超越生物學

參考答案

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

超越極限！

若要詳細瞭解波音公司如何研究鳥類，以學習如何降低飛機的燃料燃燒，請觀看短片「節省飛行能源」，網址為：www.youtube.com/watch?v=srNTtuTqUBE 生物模擬和航空航天共創科學發展！

超越生物學

學生活動

「超越天空」是充滿高科技工程設計、超級智能電腦和先進科技的展覽，同時也提供對於動植物【生命科學】的研究。前提是您得其門而入！例如，在「直上雲霄」展廳，您可以成為展翅南飛的小鳥。

在「智能升級」中，您會看到依據其啟發靈感之生物【如渡鴉】而命名的無人駕駛載具。甚至連「智能升級」展廳中的小型衛星都會聚在一起，就如同它們同名生物「鴿子」一樣。這些設計都來自生物模擬，在這裡，模擬是至高無上的讚美！

生物模擬將工程師和生物學家緊密聯繫在一起，探索那些可能需要在其他領域尋找解決辦法的問題。通常，技術難題的答案可能就在我們周圍的世界中，然後再經由數百萬年的試驗和錯誤才能加以完善。生物模擬最著名的例子便是廣為人知的鈎環扣，即 Velcro® 魔術貼。鈎環扣由瑞士電子工程師 George de Mestral 發明，他因為發現芒刺上的細小鈎子粘到他衣服布料上的扣環和狗毛上而獲得了發明靈感。

人類飛上天空的最初靈感來自鳥類這一事實已廣為人知。航空航天工程師經常帶著如何以更智慧之方式飛得更遠、更高、更快的種種問題觀察大自然。在波音公司，有些團隊甚至專門在哥斯達黎加研究生物學課題，例如鳥類進化或熱帶雨林中昆蟲身上的聲音感應器！事實上，很多飛機上的地毯也同樣源自生物模擬。受到森林地面上落葉形態的啟發，將其設計為可任意移除、修補或更換的方塊地毯。如此一來，就能隨時維修，而不會擾亂圖案或浪費時間、資源和金錢去移除整張地毯。

生物模擬應用範圍不僅止於航空航天工業。舉例來說，設計者創造出能像蛇一樣移動的機械人，以便在人員難以在崩塌建築物的碎石堆中看見待援者時，協助進行搜尋和拯救任務。在醫療領域，魚類在冰水中能維持生存跡象的方法，有一天也許能激發抗凍靈感，而讓人類器官能延長可用時間以供移植之用。建築工程師正在研究非洲白蟻塔，以瞭解如何設計能在酷暑中保持涼爽的高層建築。

在此活動中，您將會看到一些靈感源自於大自然的最新飛行技術進展。其中包含航空航天領域的十個生物模擬範例。某些創新成果已進行實際應用或正在研發中，而其他的創新技術則會在未來世代得以實現。確定瞭解「學生活動」頁面上方塊所列出的「須知詞彙」。手邊請準備一本字典，以協助您查看以上術語的使用語境作為本活動相關線索。準備好迎接神奇時刻！

須知詞彙：

信天翁、生物模擬、V 字形、冬眠、盤旋、易操縱、納米管、靈長類、鋸齒狀、跨音速、可生育、展開

第1部分

學生活動

將本頁中的大自然範例與後兩頁所列受其啟發的技術圖片和描述進行配對。

- a. **蜂鳥**：蜂鳥體型嬌小輕盈且非常靈活。牠們可以快速變更方向、懸停和側飛。
- b. **鳥類遷移**：成群鳥類以 V 字隊形飛行，以節省能量並飛到更遙遠的地方。鳥類飛行時產生的氣流，有助於抬升飛在牠後面的小鳥，所以能大大節省體力。
- c. **冬眠**：像很多動物一樣，熊以冬眠的方式度過寒冬。最近，科學家發現馬達加斯加的粗尾侏儒狐猴這種靈長類動物也會冬眠，牠們會在這段期間降低體溫、降低心跳率並減少所需的氧氣量。
- d. **蜂巢**：數世紀以來，六角形的蜂巢都被認為是堅固但輕巧的結構。
- e. **植物萌芽**：大的花朵和葉子都是由內部小芽逐漸形成的。
- f. **貓頭鷹的羽毛**：貓頭鷹翅膀邊緣的鋸齒狀羽毛，可讓貓頭鷹無聲飛行。鋸齒狀圖案可抑制貓頭鷹俯衝捕捉獵物時發出的聲響。
- g. **蜘蛛網**：科學家發現蜘蛛絲是地球上最強韌的材料之一。蜘蛛絲的強度是鋼琴線和 Kevlar 人造纖維（用於製作防彈背心）的五倍。
- h. **小蜜蜂**：地球上的許多植物（包含我們的糧食作物）都仰賴蜜蜂和其他飛行昆蟲授粉。
- i. **老鷹翼尖**：草原雄鷹翅膀末端的羽毛在末端可以向上彎曲，直到幾乎與翅膀垂直。這種翼尖的形狀能為草原雄鷹產生最大的升力，而無需更長的翅膀。
- j. **信天翁**：具有長翼展的鳥類能很高效地飛越相當長的距離。信天翁可在海上度過數週甚至數月而無需返回陸地。

第1部分

學生活動

1. _____ 衛星上的大型太陽能電池板和天線必須能夠摺疊和裝入極小空間中，才能隨著火箭傳遞到太空去。進入地球運行軌道，它們必須能夠安全地完全展開。



衛星 - 如追蹤及資料中繼衛星 (TDRS) - 具有大型天線和太陽能電池板，進入軌道後即可進行部署。
© Boeing。保留所有權利。

2. _____ 可將大量配有撲翼的微型機械蜜蜂送上火星。將機械蜜蜂放入在火星上建立的溫室之後，機械蜜蜂的感應器就能識別花朵類型和停留位置，以便為糧食作物授粉。
3. _____ 航空航天工程師研究商用或軍用飛機共同飛行的優點，以便節省能源。美國太空總署最近讓飛機最遠相隔 1 公里飛行，發現可節省 5% 至 10% 的燃料，如此還可解決我們許多年來的擔憂 - 商用飛機飛行時太靠近彼此可能很危險。
4. _____ 在太空電梯付諸實現之前，我們必須找到堅韌到足以建造纜車，而且可在地球上空將近 100,000 公里處延伸的材料。截至目前，科學家和工程師認為碳納米管是首選材料，但解決方案也許就隱藏在生物模擬的蜘蛛網中。
5. _____ 工程師研發出鋸齒狀的 V 字形噴嘴，可裝在噴射機引擎背面。噴嘴形狀可降低噴射機產生的噪音。



針對這架全日空航空 777-300ER 進行的測試顯示，引擎噴嘴的 V 字形形狀有助於降低噪音。
© Boeing。保留所有權利。

第1部分

學生活動

6. _____ SUGAR Volt 是實驗性質的飛機。它擁有超寬翼展，結合複合材料及混合動力引擎，可實現長時間飛行而無需加油。



圖中所示為一架全尺寸 SUGAR Volt 在飛行中的狀態。
© Boeing。保留所有權利。

7. _____ 這款微型無人機是一架遙控間諜飛機。其具有撲翼，能快速改變方向，並在狹小的空間內飛行。即使飛機上攜帶相機，重量仍然比一顆 AA 電池輕。

8. _____ 科學家正在研究將冬眠的遺傳機制作為延緩人體活動的一種方式。這可用於安全地讓太空人進行前往火星或更遙遠宇宙的遙遠旅程。

9. _____ 和波音公司在 1977 年首次發現飛機翼尖之翼翹的優點。由於翼尖會在尾端處向上捲，飛機就能更有效率地飛行且能減少廢氣排放量。



這架 737-MAX 採用最新的翼翹技術。
© Boeing。保留所有權利。

10. _____ 數年來，我們已將六角形運用在航空研究和建設的大小型項目中。廣泛應用於地板、風洞以至納米管等所有領域中。



這個蜂巢設施源自於 1960 年的波音公司跨音速風洞。
© Boeing。保留所有權利。

教案 4： 職涯規劃

教師指導



數學、
批判思考

代數、等式
及方程式

在本課程中，您的學生將會閱讀一個有關「超越天空」實地體驗的小故事，並在之後一起解決邏輯謎題，將三名虛構的學生與他們未來希望從事與科學及科技相關的行業進行配對。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於代數中使用的等式：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名學生職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或地點的方格中標註 X。如果您能將學生與其職業配對，則勾選那個方格。例如，第一條線索顯示 Cora 不想在南半球生活。因此，澳洲不可能是適合她未來職業的地點。第一條線索已在格中標出。

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。也許有一天，您的學生會因受到激勵而加入他們的行列！

教案 4： 生涯規劃

參考答案

Paul - 澳洲 - 會計師

Cora - 美國 - 生物燃料化學家

Ruby - 沙特阿拉伯 - F-15 技師

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。

職涯規劃

學生活動

在本課程中，您將會閱讀一個有關「超越天空」實地體驗的小故事，並在之後一起解決邏輯謎題，將三名虛構的學生與他們未來希望從事的行業進行配對。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！您將進行演繹並建立類似於代數中使用的等式：**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名學生職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或地點的方格中標註 X。如果您能將學生與其職業配對，則勾選那個方格。例如，第一條線索顯示 Cora 不想在南半球生活。因此，澳洲不可能是適合她未來職業的地點。第一條線索已在網格中標出。

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。也許有一天，你會因受到激勵而加入他們的行列！

生涯規劃

學生活動

故事

學習了許多關於航空航天工業的知識之後，在從「超越天空」實地體驗返回學校的巴士上，三名學生在談論他們因受到激勵而希望從事的職業。一個學生深深著迷於 F-15 這類戰鬥機且希望能在沙特阿拉伯從事相關工作。另一個學生則相當關心環境，且希望在美國的研究實驗室擔任生物燃料化學家。第三位學生一直希望住在澳洲，而且考慮在大學畢業後，在墨爾本的航空航天公司辦公室申請會計工作。

學生	國家	職業
• Cora	• 沙特阿拉伯	• F-15 維修技師
• Paul	• 澳洲	• 會計師
• Ruby	• 美國	• 生物燃料化學家

使用以下線索，將每個學生與其未來職業配對。

線索

1. Cora 不想在南半球生活。
2. Ruby 希望她的職業選擇有一天會讓她到沙特阿拉伯生活。
3. 希望住在美國的學生想要從再生資源 (例如植物) 創造新的噴射機燃油。
4. 夢想在澳洲工作的學生喜歡金融和航空學，理想是成為航空航天公司的會計師。

		職業			國家		
		會計師	F-15 技師	化學家	澳洲	美國	沙特阿拉伯
學生	Ruby						
	Paul						
	Cora				x		
國家	澳洲						
	美國						
	沙特阿拉伯						

職涯規劃

學生活動



波音以及其他公司有時會舉行面向學生的職業展 (就像在邁阿密舉辦的這次) · 學生在這裡可以使用飛機維修工具獲得親自動手實踐的體驗。© Boeing · 保留所有權利。



F-15 戰機遍佈全世界，這意味著需要位於世界各地的合資格技師從事相關工作。
© Boeing · 保留所有權利。



波音公司正與南非航空合作，幫助農民種植可作為生物燃料的農作物 (如高粱)。
© Boeing · 保留所有權利。

在此處填入謎題的解答。

學生	國家	職業