



香港教育大學

The Education University
of Hong Kong

STEAM 教育中的 工程設計及創意思維

楊志豪

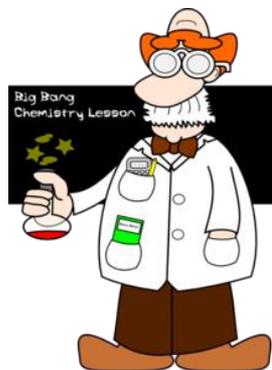
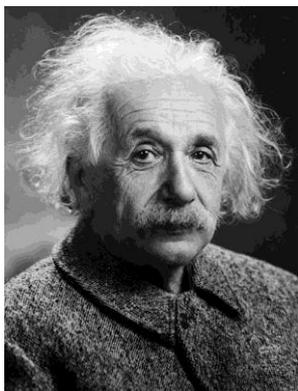
香港教育大學
科學與環境學系



科學與環境學系
Department of Science
and Environmental Studies

科學家及工程師是怎樣的？

- 大家**印象中的科學家**是怎樣的？



- 大家**印象中的工程師**又是怎樣的？



#致敬劳动者##职工#...



梦想成真:千学云教育...



工作中的年轻人-拿...



末日生存笔记:人物...



设计师卡通人物素材...



警察动漫人物摄影图片-警察...



项目经理人物摄影图片-项目...



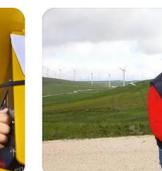
工程师卡通人物摄影...



国防人物候选人|周...



徐工消防榜样人物:“铁打的...



工程师人物摄影图片-工程师...



有吸引力的东南亚工...



安全工程师图片_安...

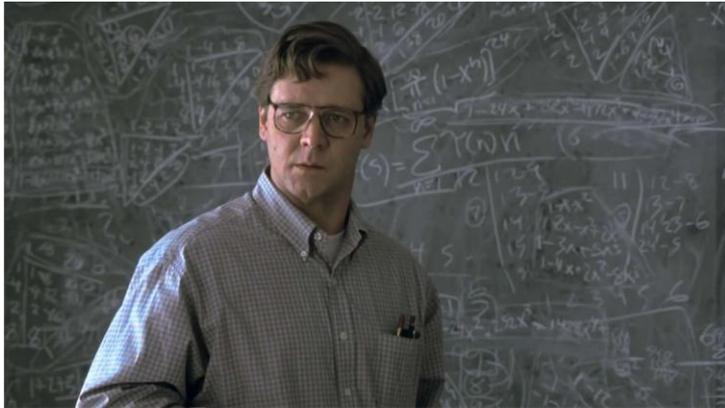


杭州爱科科技



數學家及編程人員是怎樣的?

- 大家**印象中的數學家**是怎樣的?



《有你終生美麗》 (2001) –
Russell Crowe 飾演 **John Nash**



《解碼遊戲》 (2014) – Benedict
Cumberbatch 飾演 **Alan Turing**

- 大家**印象中的編程人員**是怎樣的?



《侏羅紀公園》 (1993)



《駭客任務》 (1999)

STEM to STEAM to STREAM



甚麼是 A?

戲劇(Drama) & 舞蹈(Dance)?

文科(Liberal Arts)? 研究(Research)?

藝術(Art)? 人文學科(Humanity)?

演講(Presentation)?

音樂(Music)?

甚麼是 R?

閱讀(Reading)?

機械人(Robotics)?

宗教(Religions)?

建築(Architecture)?

閱讀(Reading) 及 寫作(Writing)?

何為 STEAM 教育?

• **STEAM** 代表以下文字的英文縮寫:

1. 科學 (Science)
2. 科技 (Technology)
3. 工程 (Engineering)
4. 藝術 (Arts)
5. 數學 (Mathematics)



- **STEM 教育源於美國**，90 年代由美國國家科學基金會 (NSF) 提出了 SMET 教育，但後來因為 SMET 很容易令人聯想到 SMUT，NSF 會長在 2003 年把 SMET 改成 STEM
- STEAM 教育旨在通過強化及融合科學、科技、工程、視藝及數學的教學及活動，讓學生
 1. 「**綜合**」不同學習領域的知識
 2. 「**應用**」知識

大家應如何 STEAM ?

- 不一定是深奧的科學
- 所有人也可參與
- 解決問題
- 發揮創意
- 過程比結果重要

2013 白宮科學節

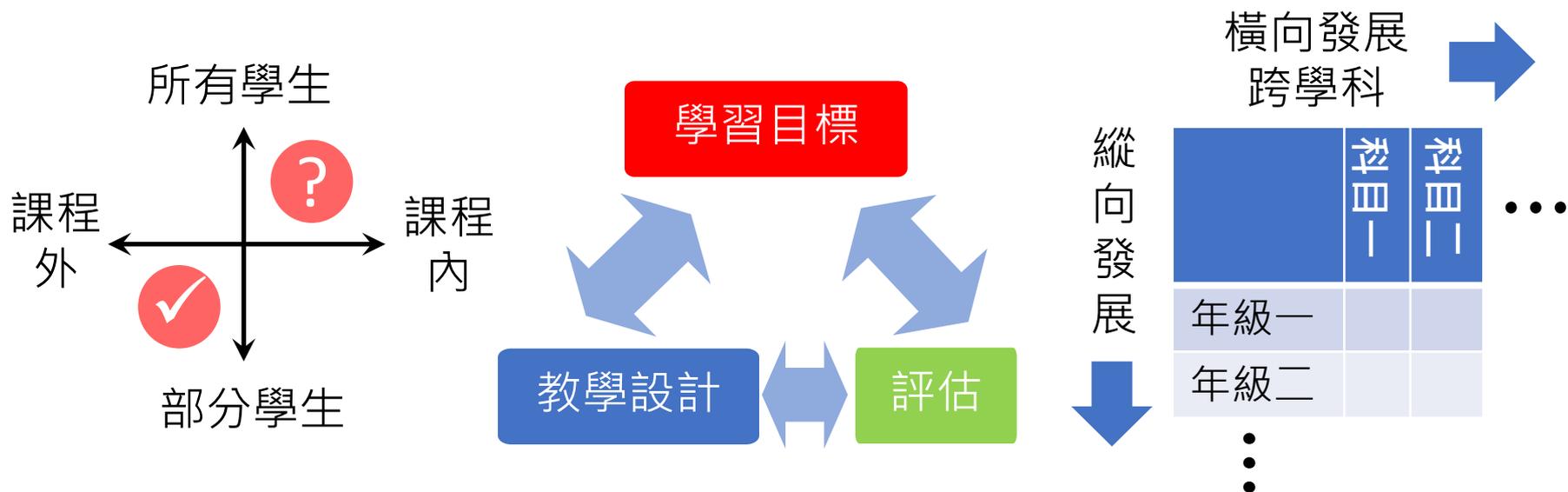


前美國總統奧巴馬與高中生卡爾及埃利洛。埃利洛說道：我非常鼓勵學生，特別是女同學，參與STEM及了解從中帶來的機遇。

- 綜合及應用
- 綜合：綜合不同學習領域的知識
- 應用：多「動手」，應用知識，由被動的學習者改變為主動的學習者

STEM 教育的挑戰

- STEM 教育在香港已發展數年，不少學校在**硬件以至課堂設計上已達到一定水平**
- 然而，在中小學發展 STEM 教育仍然**面對不少挑戰...**





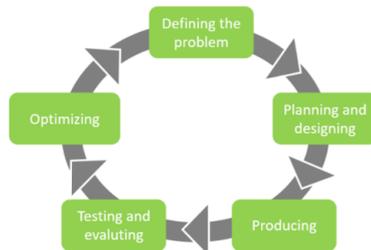
特殊學校的STEM教學例子

特殊學校

- 香港耀能協會羅怡基紀念學校
- 活動：**輪椅倒車感應器**
- 年級：**高小(六年級)**

STEM 任務

任務	設計及製作輪椅倒車感應器，防止輪椅倒後時碰撞別人或障礙物
目標	感應器須應用科技(Micro:bit)，當感應器與障礙物在一定的距離時，發出提示音效。



程式測試：

1. 測試你們的感應器和編寫的程式，然後完成以下的檢測表。

檢測方法：「是」便填上「√」；「否」便填上「×」。

a. 感應器運作情況：

項目	檢測結果
a. 是否完成各電子組件之間的連接？	
b. 開啟電源掣後，主控板(micro:bit)和相關電子組件有否亮燈？	

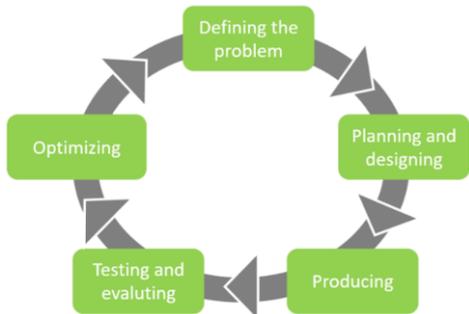
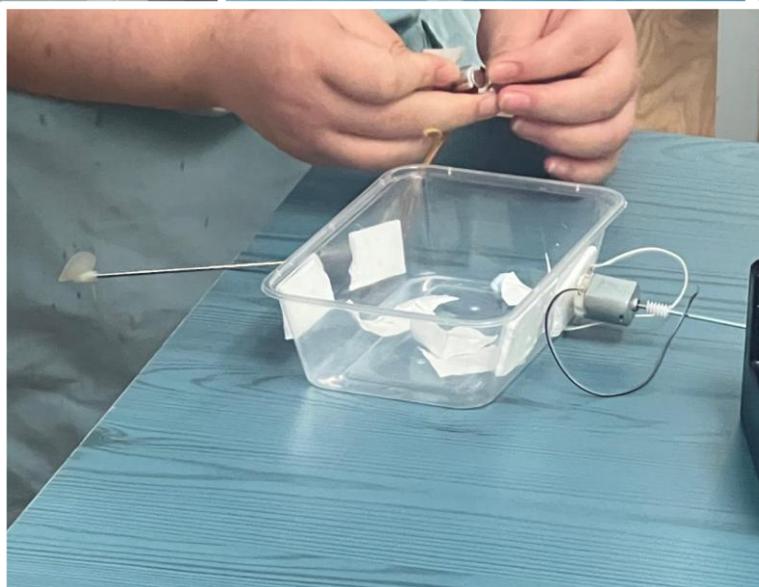
b. 把障礙物放到感應器前的不同位置，測試感應器能否在適當的距離下運作並發出提示聲音。

我們設定偵測障礙物的距離是少於或等於 _____ cm。

	與障礙物距離		
	cm	cm	cm
a. 是否在偵測距離內			
b. 是否有提示聲音			

特殊學校

- 例子: 香港西區扶輪社匡智晨輝學校
- 活動: **遙控船**
- 年級: **初小組**
- 科目: 常識



香港西區扶輪社匡智晨輝學校
專題研習

1. 研習背景

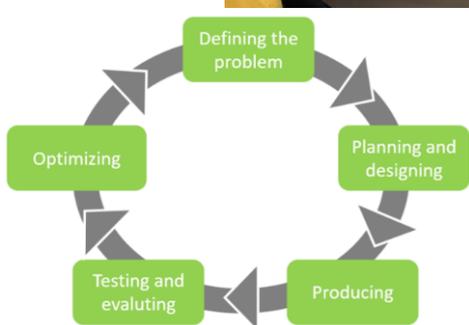
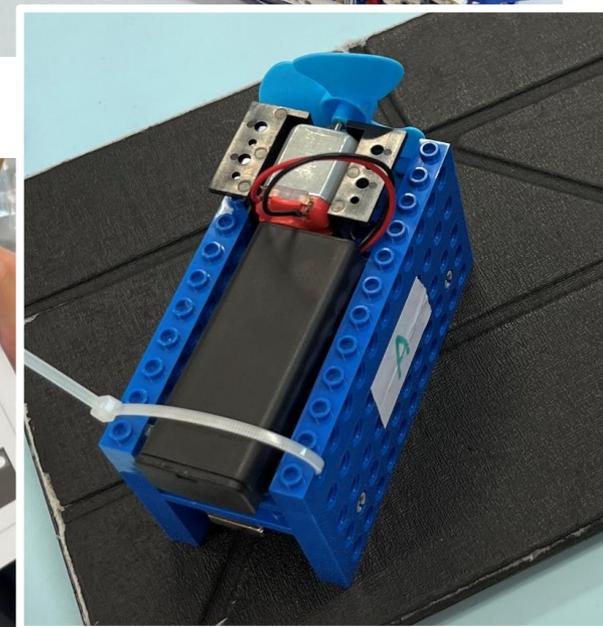
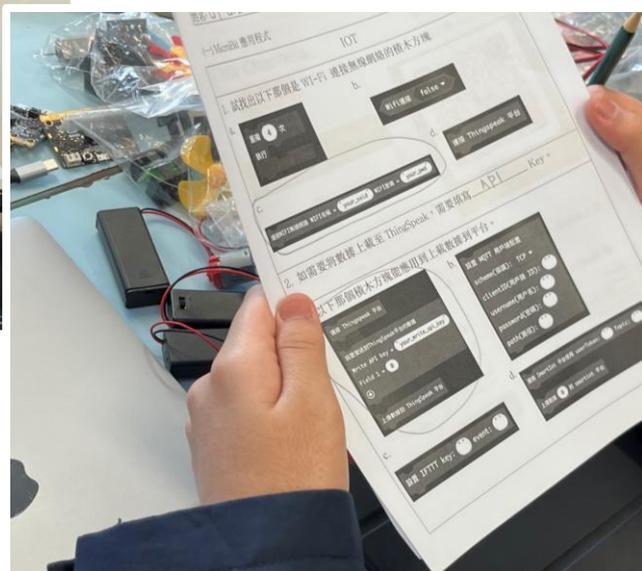
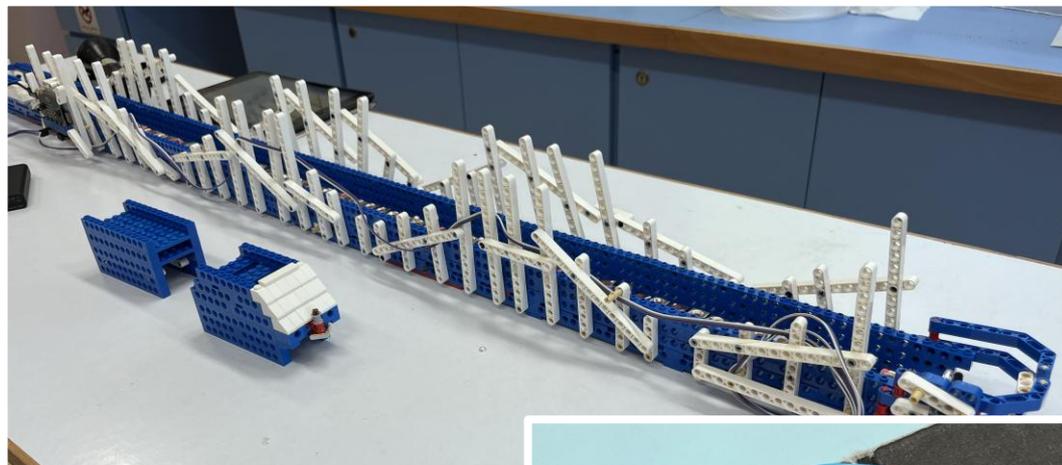
組別:	TIG(創意科技工作坊)(初中及高中-初至中能力學生)
研習題目:	製作收集垃圾動力船, 解決學校水池面的垃圾問題
究情境:	在學校的水池中, 有時會出現垃圾, 如: 落葉、塵粒等浮在水面上, 這不僅影響了水池的美觀, 還可能對水質造成污染。為了解決這個問題, 學生們決定設計並製作一艘能夠收集水面垃圾的動力船。這艘船需要能夠有效運行並清理水面, 讓水池恢復乾淨。

工程設計過程及研習時間表

階段	活動內容
備階段 (定問題和規)	<ul style="list-style-type: none"> 認識探究情景 訂定研習題目: 製作收集垃圾動力船, 解決學校水池面的垃圾問題
蒐集資料並提出設計方案	<ul style="list-style-type: none"> 資料搜集: 觀察水池中的垃圾類型及清理方法, 設計動力船的功能及特性 訂定研習方法: 訂定研習方法: 構思並設計希望製作的動力船
評估並選擇能滿足條件限制的方案	<ul style="list-style-type: none"> 整理搜集到的資料, 選擇最合適的動力船設計方案
施階段 (建模和測、改良設計)	<ul style="list-style-type: none"> 在已有的組合步驟圖, 加入計劃的需要設計理想的動力船草圖
測試和評估 模型 / 產品	<p>測試動力船的效能, 記錄測試結果, 並進行重複測試</p> <p>例子 1</p> <ul style="list-style-type: none"> 任務(測試): 測試相同形狀的不同物料(木、膠、金屬)的浮沉情況 預測結果: 較輕巧的物料會容易浮起動力船的船身。 <p>例子 2</p> <ul style="list-style-type: none"> 任務(測試): 測試使用甚麼形式的「抓住」裝置, 能撈起水面上的垃圾 預測結果: 運用開口的穿孔網夾子, 能容易撈水上的垃圾
改良模型 / 產品	<ul style="list-style-type: none"> 根據測試的結果, 構思改良動力船的方法 改良後再測試收集垃圾動力船的可行性

特殊學校

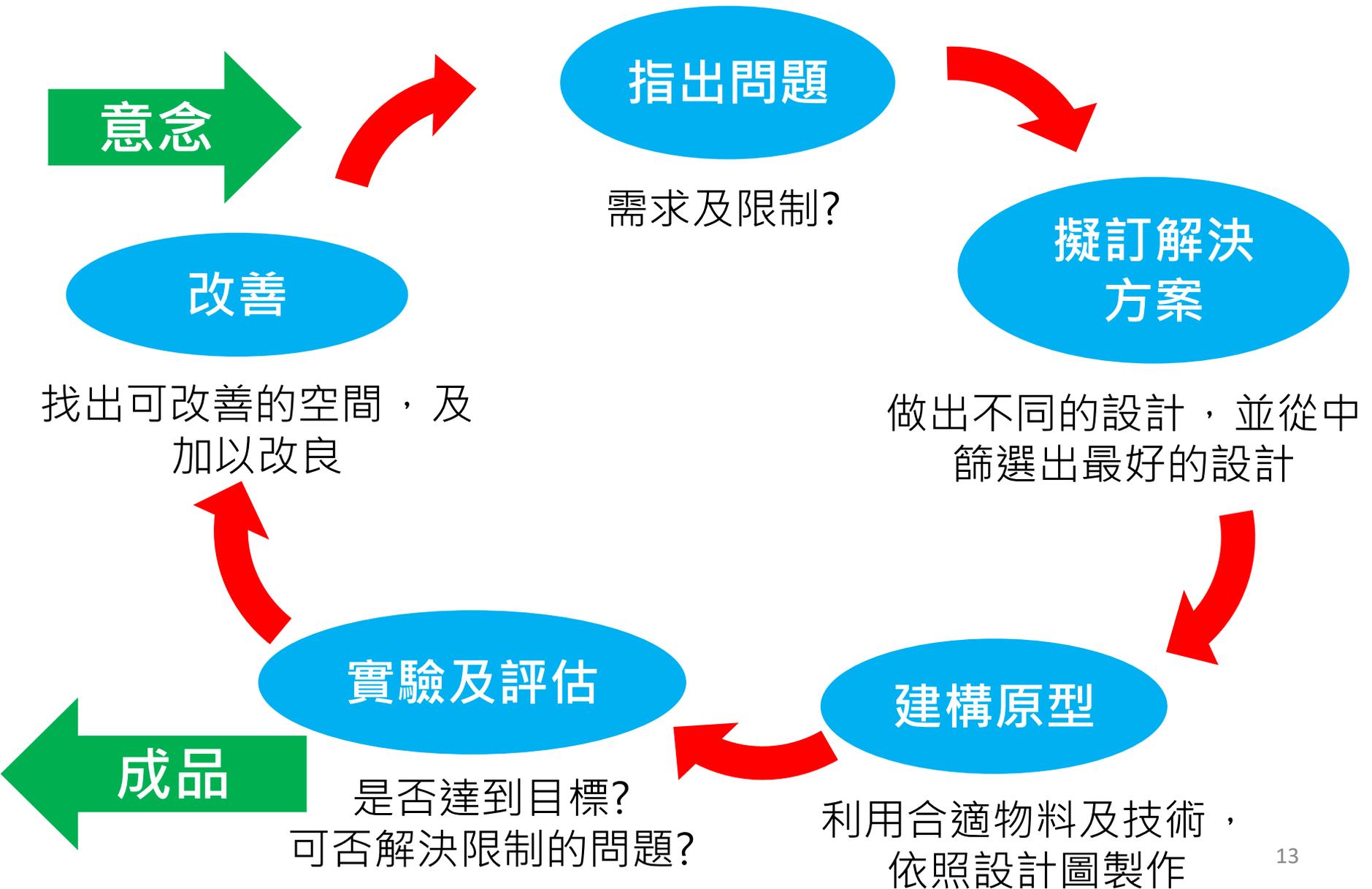
- 例子: 匡智屯門晨崗學校
- 活動: **磁浮列車**
- 年級: **初中組**
- 科目: 設計與科技



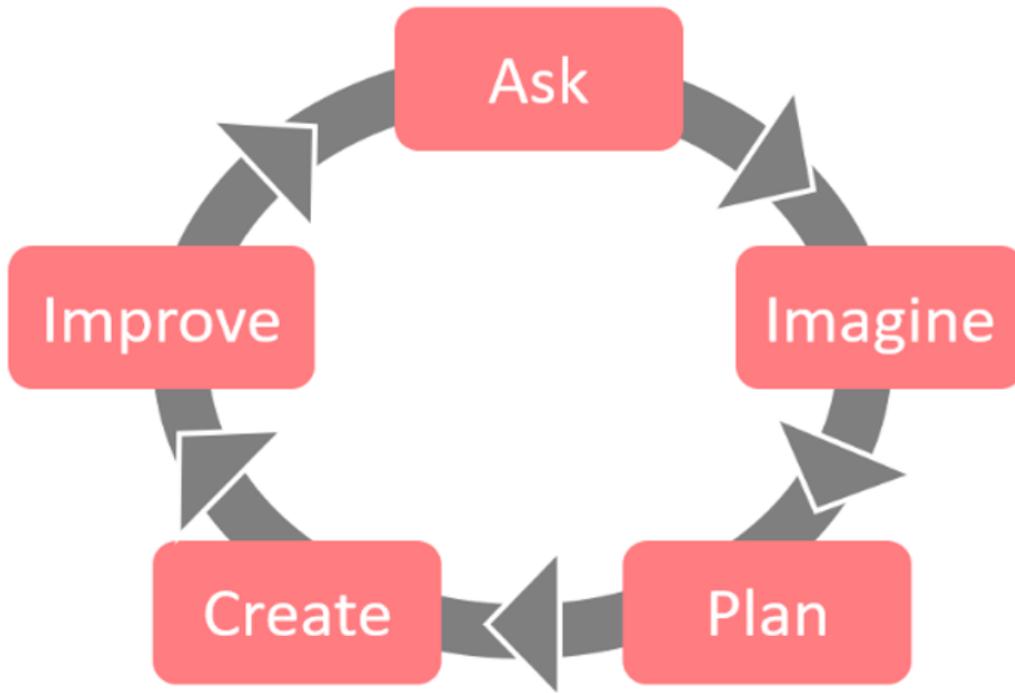


甚麼是工程設計?

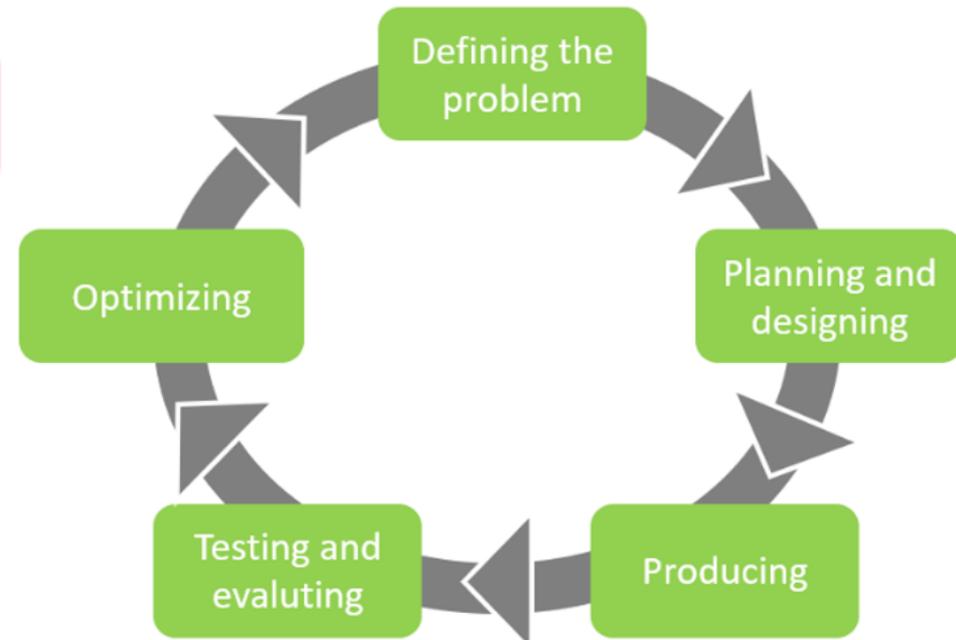
工程設計流程



不同版本的工程設計流程

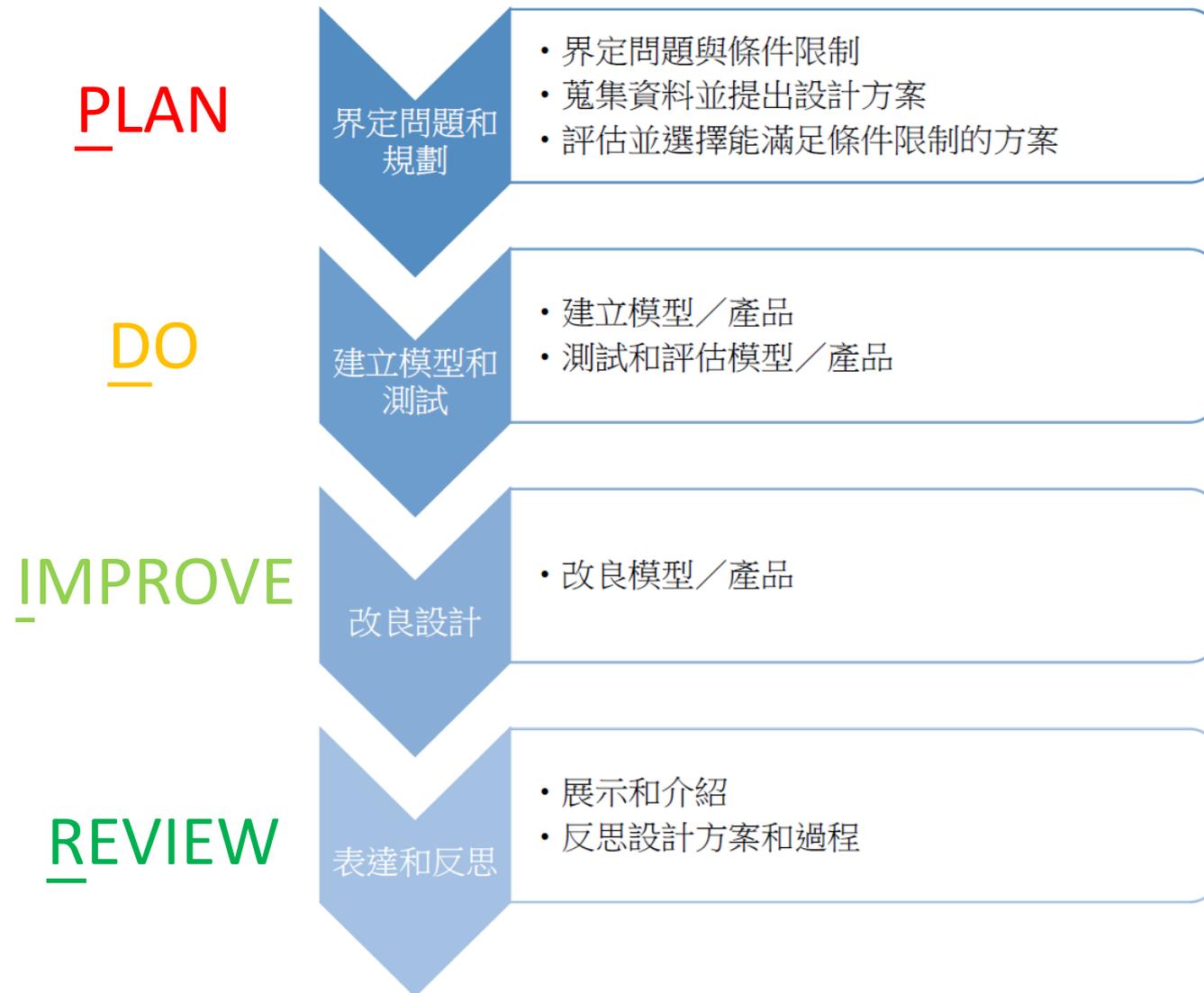


Reference: “Engineering is Elementary (EiE)”
in Boston, USA (Cunningham & Hester, 2007)



Reference: Dr LEE Yeung Chung¹⁴

香港小學科學課程：工程設計PDIR



活生生的工程設計例子 1 – 手提電話

1. **指出問題**: 在九十年代中期，商人們通常需要帶著兩部機器，一部手提電話和另一部個人數位助理設備（PDA），十分不方便



2. **研發解決方案**: 把手機和個人數位助理（PDA）合併？



3. **建構原型**:



4. **實驗及評估**: 屏幕太小？
鍵盤及手寫筆使用時十分不方便？



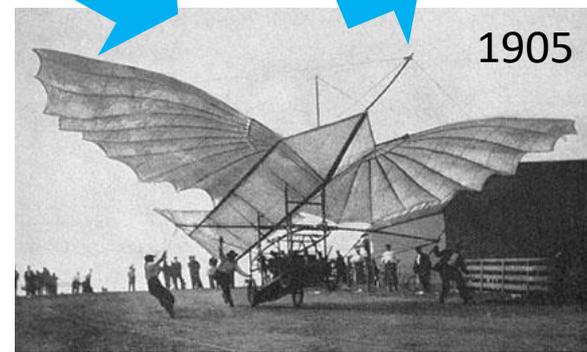
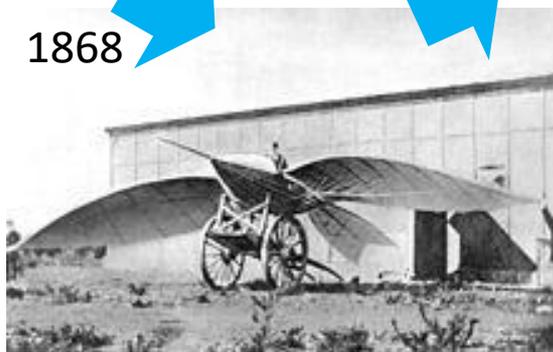
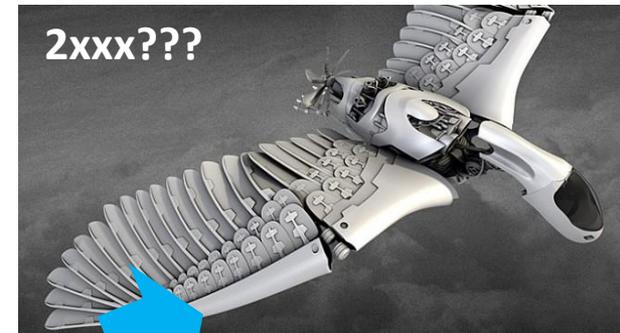
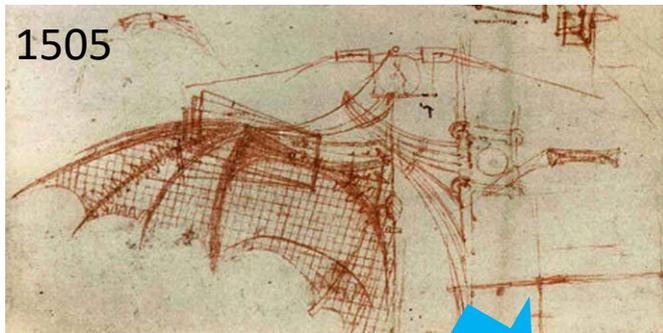
5. **生產成果及改善**: 移除鍵盤？



1. **重新指出問題**....

活生生的工程設計2 – 飛行器

- **指出問題**：看著**雀鳥**在空中翱翔，人類很久以前已經**模仿雀鳥的飛行模式**



- **研發解決方案，建構原型並實驗**：1903年，**萊特兄弟**製造出第一台「第一次重於空氣的航空器進行的受控的持續動力飛行」並成功試飛

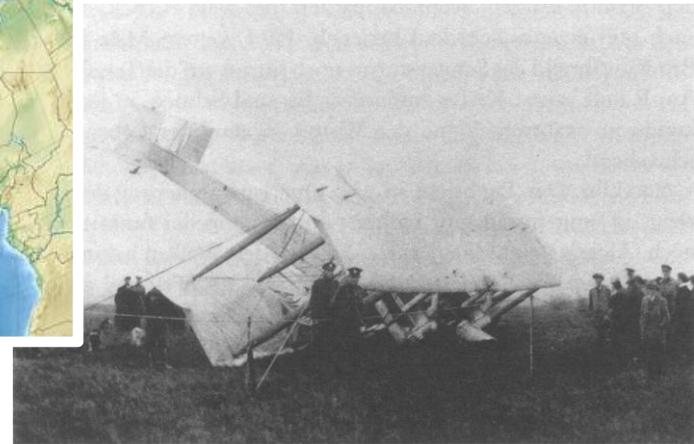
1903 - 萊特兄弟首次飛行



活生生的工程設計2 – 飛行器

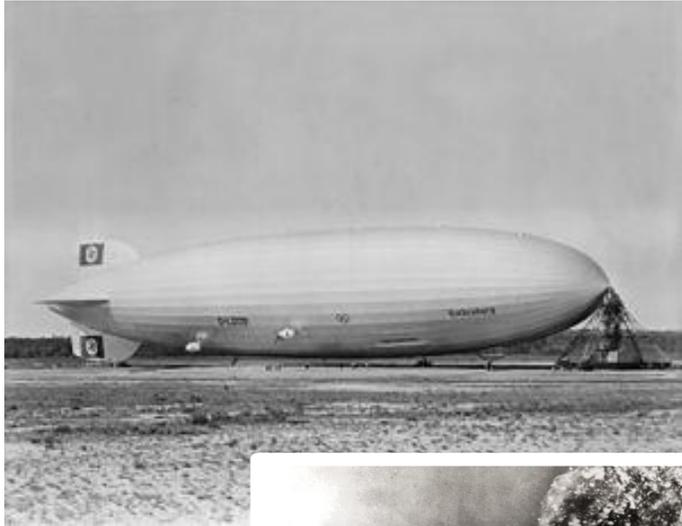
- **John Alcock and Arthur Brown** 於1919 年進行第一次跨大西洋航行：

少於16小時



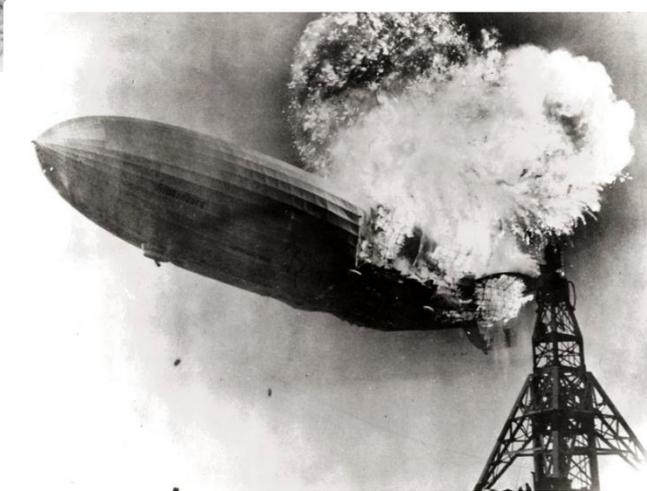
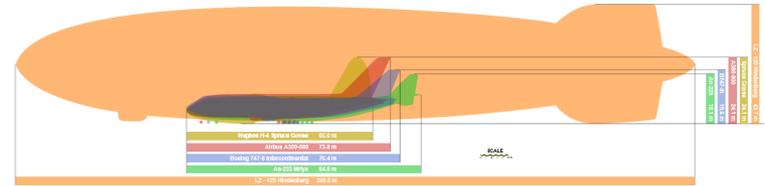
- **重新指出問題**：載客量小？

活生生的工程設計2 – 飛船



興登堡號飛船 (LZ 129 Hindenburg)

- 以**氫氣**為氣體，可載超過100人
- 1936年3月投入營運
- 跨大西洋航線，來回需時4至6天
- 1937年5月準備降落時燒毀



Zeppelin NT

- 以**氫氣**為氣體，可載超過14人

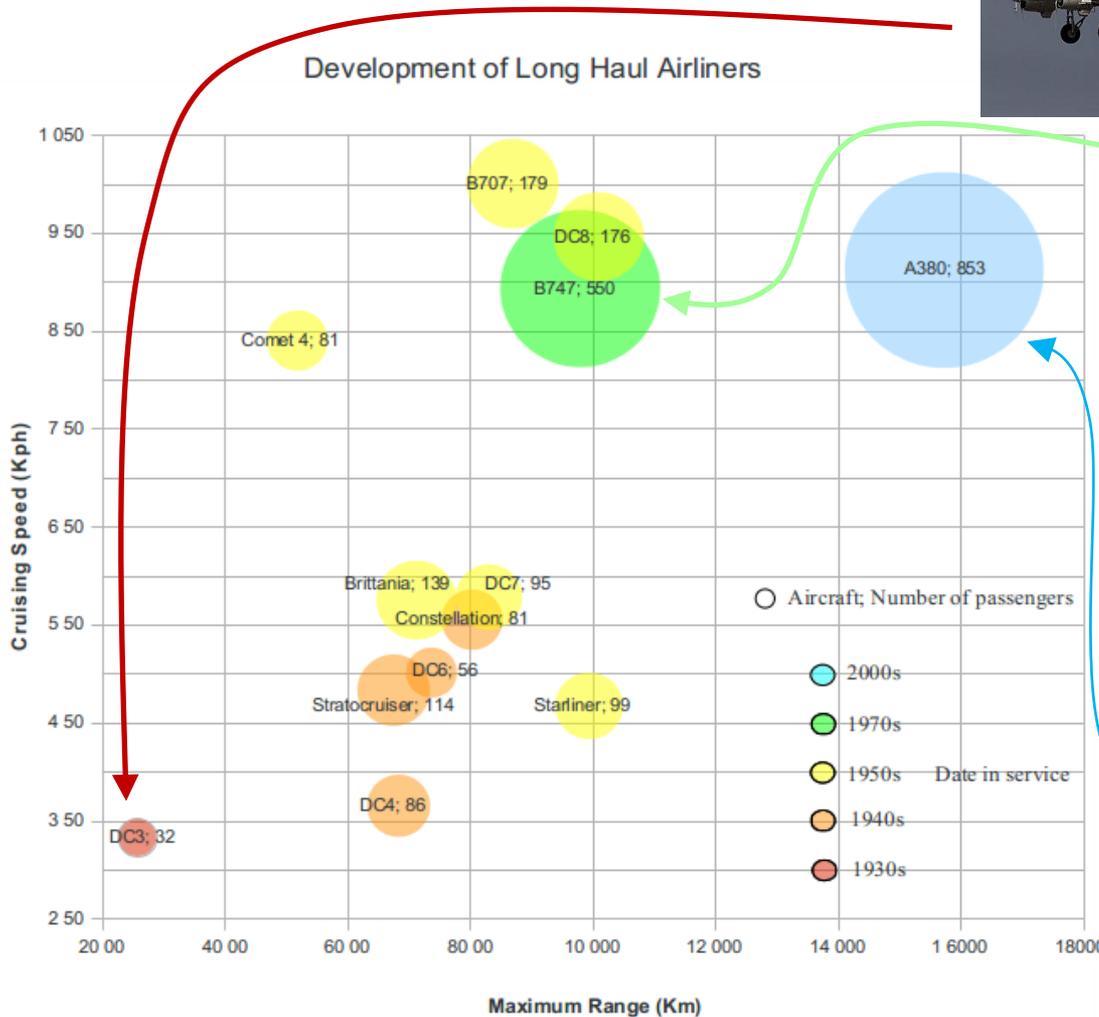


1937 - 興登堡號飛船意外



活生生的工程設計2 – 定翼噴射機

1935 DC-3
(螺旋槳堆進)

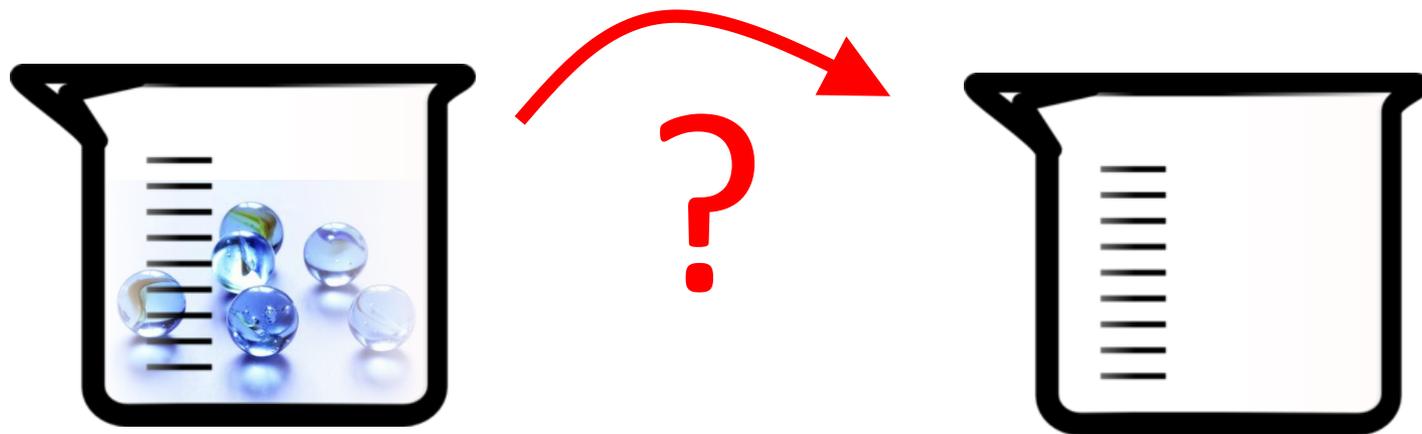


Mach 2.04
7200 km
92-120 ppl

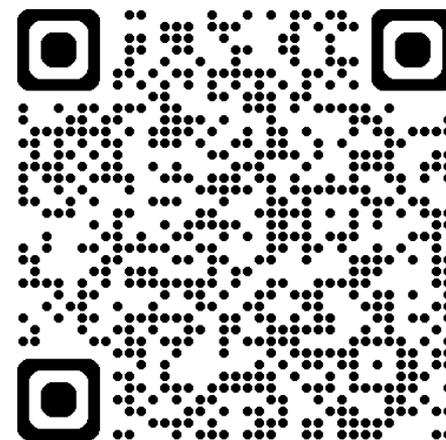


活動一：運送波子的工程設計？

- 以**積木拼砌**出一個裝置把波子從一個杯子運送到另外一個杯子



- 限制：只能以單手控制裝置
- 不停改良裝置以縮短時間
- 在測試每一裝置前，為每一裝置拍照並上載到 padlet 中：



The background of the slide is a photograph showing the silhouettes of construction workers and cranes against a bright, hazy sky at sunset or sunrise. The workers are positioned on various levels of a building's steel framework, and a large crane is visible on the left side of the frame. The overall scene conveys a sense of industrial activity and engineering.

科學探究

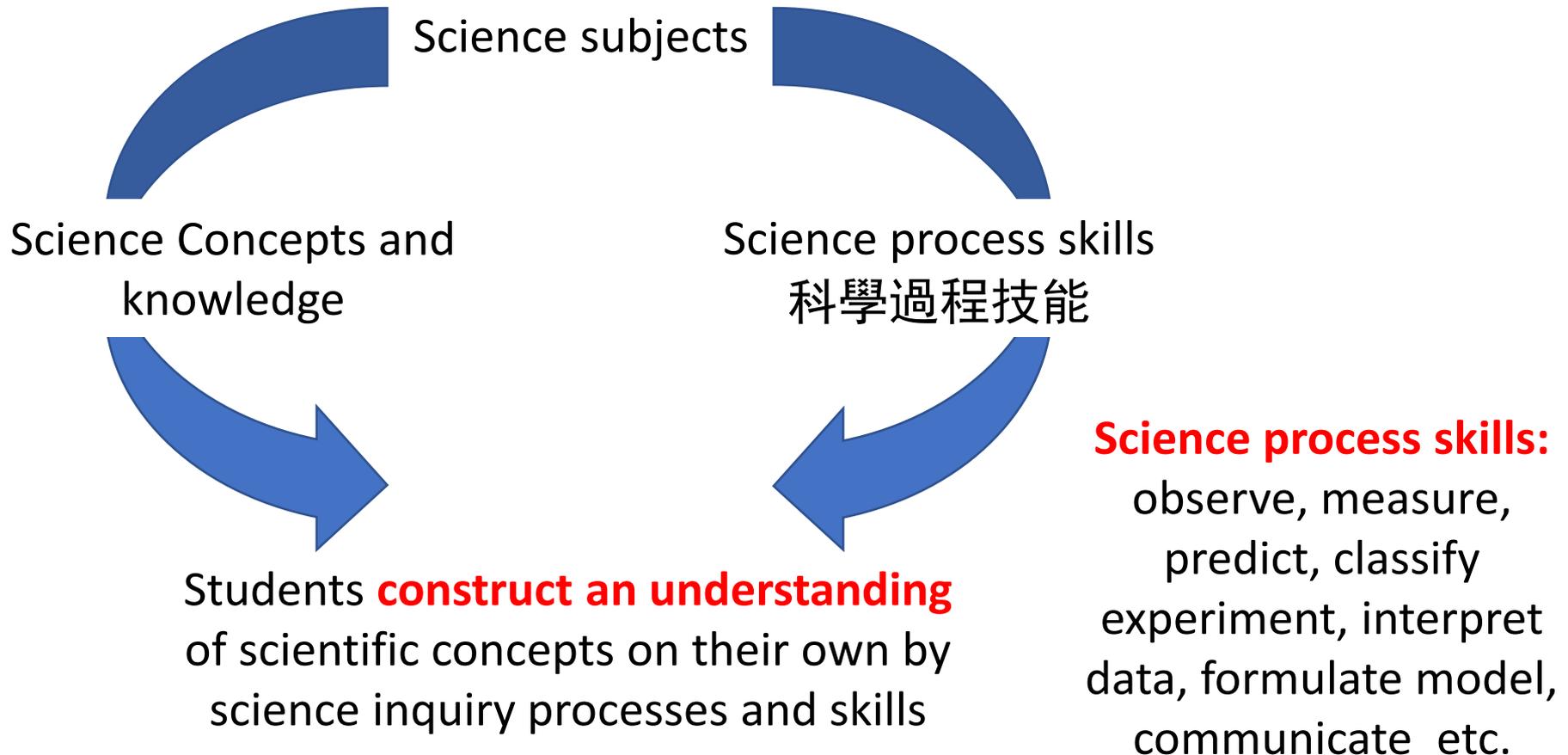
與

工程設計

“Engineering Design Process is a highly flexible method for solving problems” (Cunningham & Hester, 2007)

Why inquiry-based learning?

- Inquiry-based learning is **student-centred and constructivism approach (but can be teacher-guided)** for students' learning science and science process skills

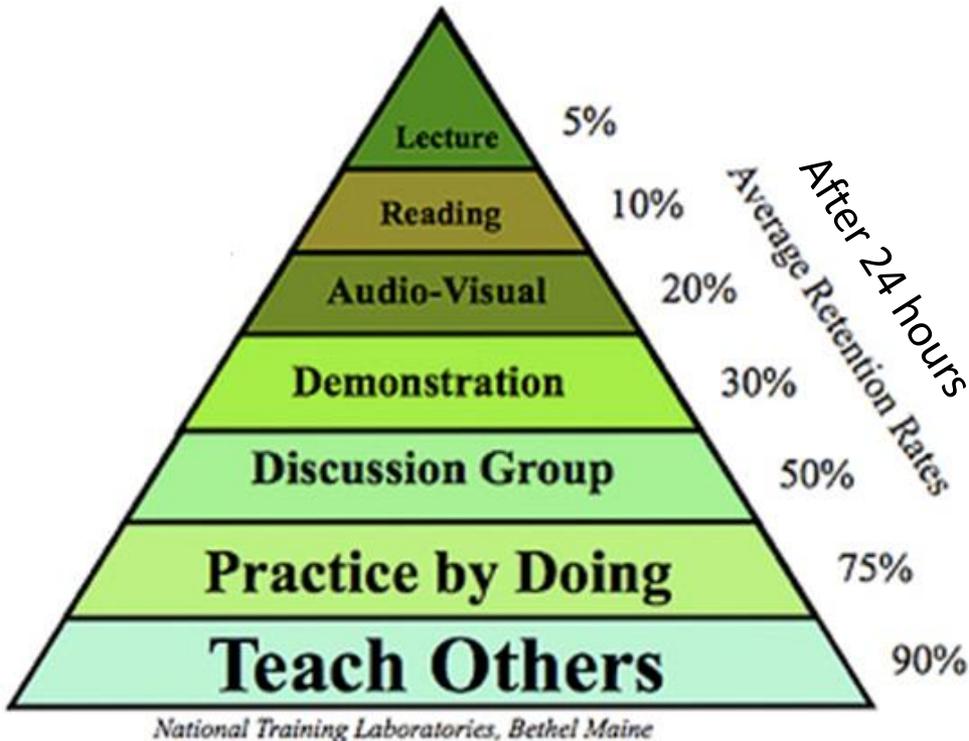


[1] NARST: <https://narst.org/research-matters/science-process-skills>

[2] Diagram source: Pflugerville Independent School District

Retention rate (剩餘記憶)?

- Different teaching method has different retention rate



Forget completely when students wake up...

After 2 weeks, we tend to remember ...



Passive

Active

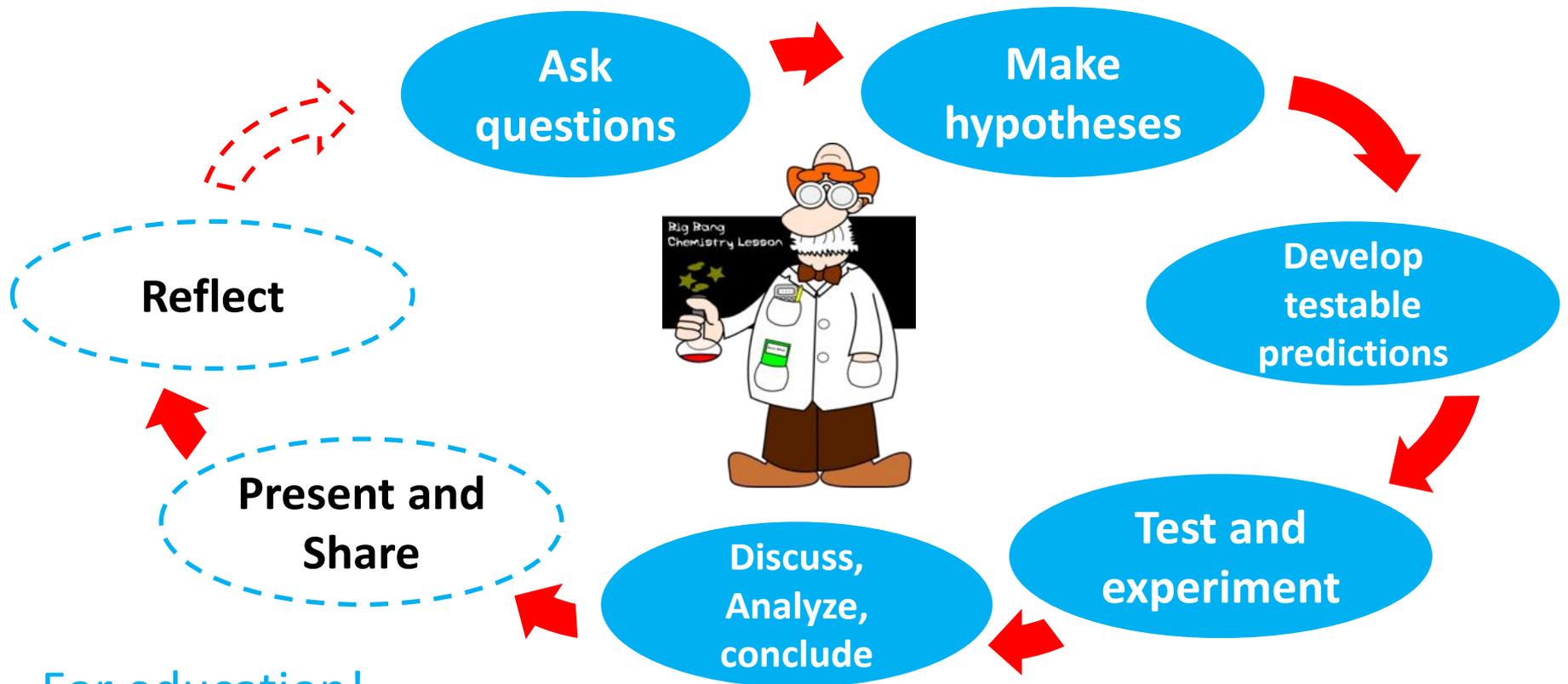
Reference:

<http://flickr.com/photos/dkuropatwa/2097911917/>

http://stew.ucdavis.edu/Shared_Resources/Shared_Resources_Online/Delivery/Teaching_Methods/

探究式「學習」

- 如何引導學生「學習」探究，及進行探究式「學習」，也是關鍵？



For education!

香港小學科學課程：科學探究PDAR



科學探究

相似之處?

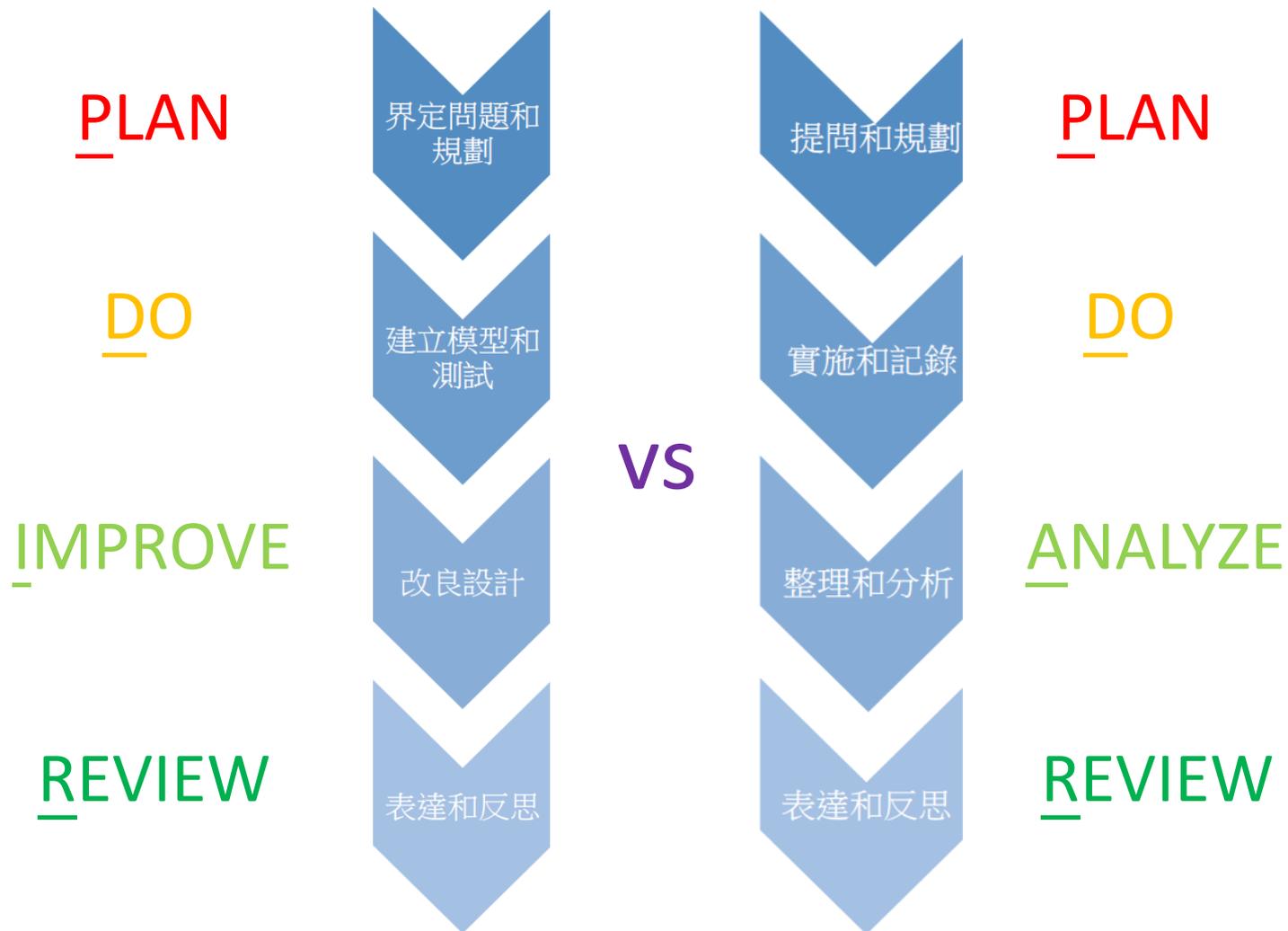
工程設計



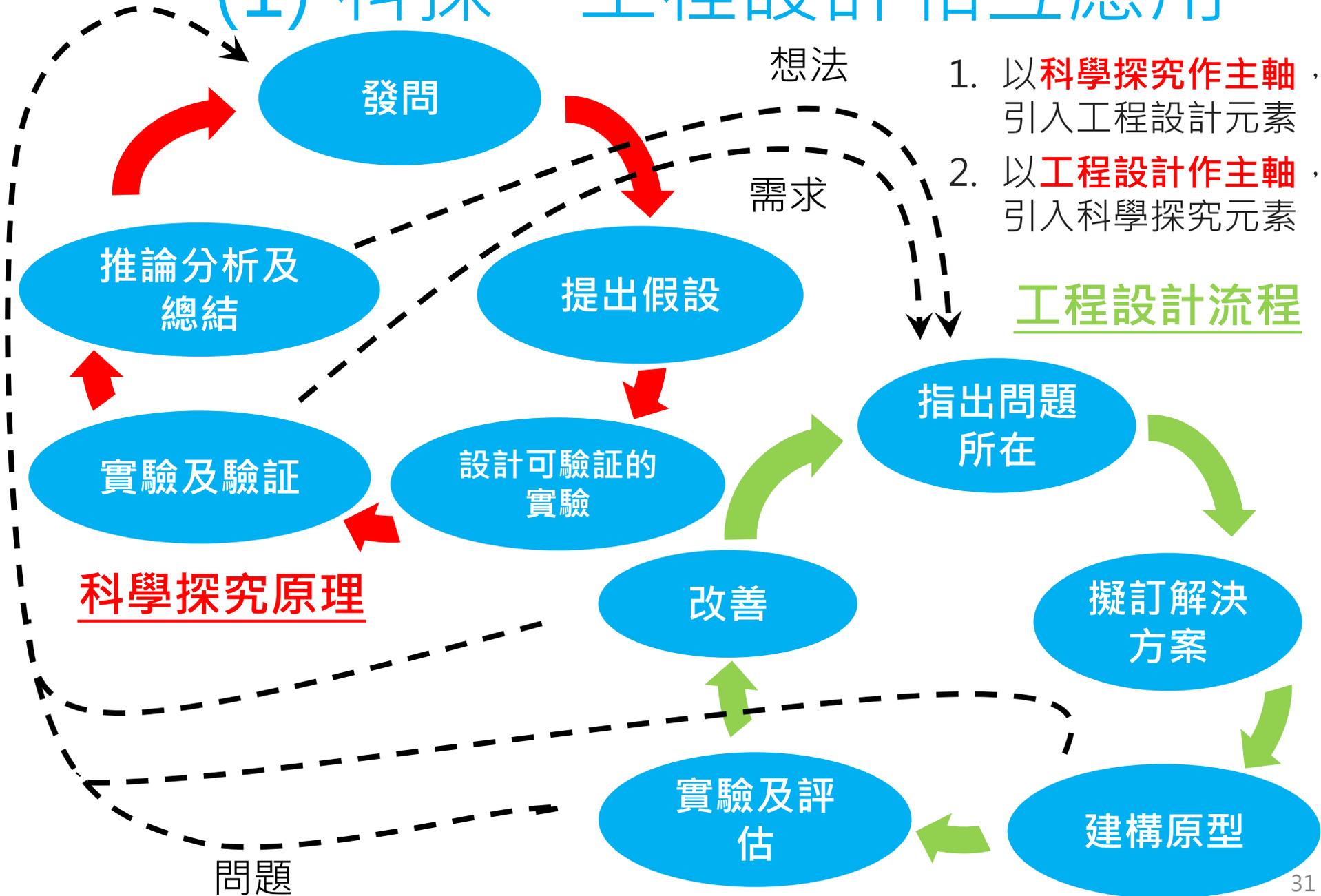
香港小學科學課程

工程設計 vs 科學探究

PDIR vs PDAR



(1) 科探、工程設計相互應用



Levels of Inquiry-based Learning

- Banchi and Bell (2008) suggested that there are **4 levels of inquiry**, from teacher-centered to student-centered: [Umbridge Sloghorn \(2:35\)](#) [Dumbledore's army](#)

Teacher-centered
Teachers as providers



Level 1: Confirmation inquiry

- Teachers (1) teach concepts, (2) develop questions, (3) provide procedures

Level 2: Structured inquiry

- Teachers (1) develop questions, (2) outline procedures
- Students (1) analyze data

Level 3: Guided inquiry

- Teachers (2) provide only questions
- Students (1) design procedures, (2) conduct experiment, (3) share findings

Level 4: Open/true inquiry

- Students (1) formulate questions, (2) design procedures, (3) conduct experiment, (4) share findings

Student-centered
Teachers as facilitators



探究式學習的水平(2)

- 根據班奇和貝爾 (2008), 我們可以把**探究式學習**劃分成四個水平：

Inquiry level		Question	Procedure	Solution
1	Confirmation inquiry Students confirm a principle through an activity when the results are known in advance	✓	✓	✓
2	Structured inquiry Students investigate a teacher-presented question through a prescribed procedure	✓	✓	
3	Guided inquiry Students investigate a teacher-presented question using student designed/ selected procedures	✓		
4	Open/true inquiry Students investigate questions that are student formulated through student designed/selected procedures			

解難式學習的水平？

- 可以類比並採用上述框架來逐步**培養學生的解難技能**

	問題發現 Problem	解決方法 Solution	結果 Result
驗證式解難 Confirmation Problem-solving	✓	✓	✓
有序式解難 Structured Problem-solving	✓	✓	
向導式解難 Guided Problem-solving	✓		
開放式解難 Open/true Problem-solving			

✓ - 在 STEAM 解難活動中對學生的輸入

**修訂自班奇和貝爾提出的探究式學習的四個階段，2008

如何培養學生的解難技能？

- 建議學生遵循**工程設計的過程順序**一步一步做
- **學生對於問題的理解**或許與解決問題一樣重要
- 提出**開放性答案**的問題
- **不強調對與錯**，學生對問題的思考比最終答案更加重要
- **自主學習**有助於培養批判性思維和解難能力
- 通過讓學生**自己做決定**，來引導學生思考和衡量各種解決方案的利與弊
- **不要幫學生解決全部的問題**
- 在解決難題的過程中提供**足夠的鼓勵和支持**



STEAM 教育中的創意

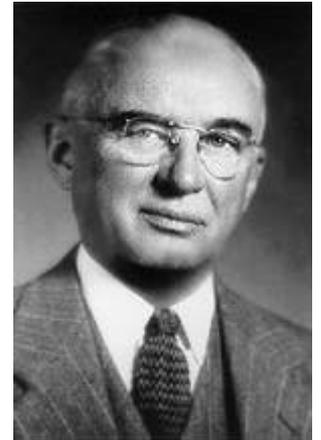
21世紀技能

- 21世紀技能是一系列高階的技能及素養，主要分為三個領域：
 - **學習及創新技能**
 - **數位素養技能**
 - **職業及生活技能**
1. 作為老師，你認為那種能力較難培養？
 2. STEAM 教育培育那種能力較有效？

Learning and Innovation "The 4 C's"	Digital Literacy	Career and Life
Critical thinking & problem solving	Information literacy	Flexibility & adaptability
Creativity and innovation	Media Literacy	Initiative & self-direction
Communication	ICT Literacy	Social & cross-cultural interaction
Collaboration		Productivity & Accountability
		Leadership & responsibility

亞歷克斯·奧斯本的名言

- Alex Osborn (1888-1966) 是美國一位著名 **廣告經理人**，世界性的廣告網羅機構BBDO的創始人之一
- 提出了多種提升 **創意性思維** 和 **解難技能** 的方法; **廣為流傳的包括**：
- “Creativity is more than mere imagination. It is imagination inseparably coupled with both **intent** and **effort**.”
- “**Necessity** may be mother of invention, but **fun** is the father.”
- “Whatever creative success I gained was due to my belief that **creative power can be stepped up by effort**, and that there are ways in which we can guide our creative thinking.”
- “Most ideas are **step-by-step children of other ideas**.”
- “It is easier to **tone down a wild idea** than to think up a new one.”
- “Any of us will put out more and better ideas **if our efforts are appreciated**.”



啟發學生創意的啟示？

- 要啟發學生的創意，我們可從 Alex Osborn 的名言得到啟示：
 - 創意源自學生的自主學習動機
 - “It is imagination inseparably coupled with both **intent** and **effort**.”
 - 課題趣味很重要
 - “**Necessity** may be mother of invention, but **fun** is the father.”
 - 創意可透過後天及努力培養；所有學生也有創意，是乎老師啟發 / 引導
 - “**Creative power can be stepped up by effort**, and that there are ways in which we can guide our creative thinking.”
 - 老師要保持開放性，不要阻止學生天馬行空，可由天馬行空的想法循序漸進變成可行構思
 - “It is easier to **tone down a wild idea** than to think up a new one.” ; “Most ideas are **step-by-step children of other ideas**.”
 - 鼓勵學生的努力可使他們有更好的構思
 - “Any of us will put out more and better ideas **if our efforts are appreciated**.”



如何培養學生創意？

活動二 – 積木小鴨

- 以積木拼砌一隻小鴨

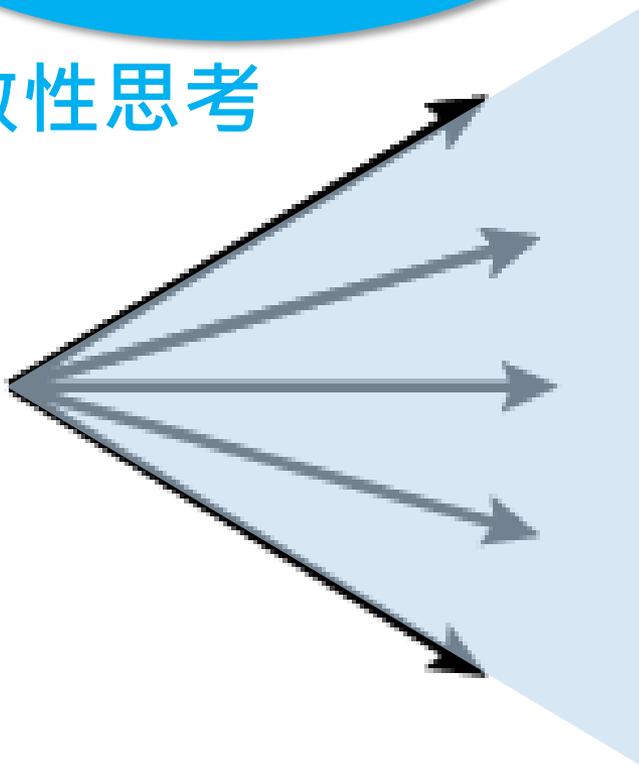


Divergent
thinking

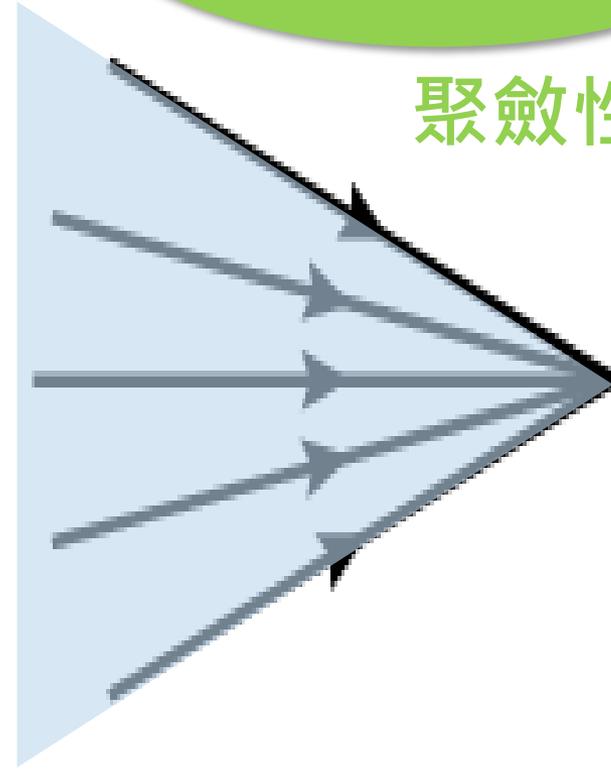
vs

Convergent
thinking

擴散性思考



聚斂性思考



諾貝爾化學獎得主，諾貝爾和平獎得主 **Linus Pauling**：
獲得好主意的方法是在許多的想法中，將不好的想法扔掉。

擴散性
思考

VS

聚斂性
思考

- **擴散性思考**– 探索更多潛在的解決方法和可能性，例如可行性，適配性等等。**頭腦風暴**是一種常見的擴散性思考方式。
- **聚斂性思考**– 根據**一系列邏輯步驟**或標準來評估想法，通常以得出一個最有希望的解決方案為結果。
- 擴散性思考和聚斂性思考應該**分開使用**，並且必須互相平衡。

聚斂性
思考

VS

擴散性
思考

Convergent Thinker

- Logical
- Objective
- Intellectual
- Realistic
- Planned
- Discriminative
- Structured
- Quantitative

?

Divergent Thinker

- Intuitive
- Subjective
- Emotional
- Imaginative
- Impulsive
- Holistic
- Free-wheeling
- Qualitative

如何掌握 “擴散性 思考”？



活動三 —
擴散性思
考測試
(吉爾福德的替代用
途任務)



你可以用回形針做什麼？
嘗試思考盡可能多的方法！

吉爾福德替代用途任務的評分 (測試)

- **J. P 吉爾福德 (J. P Guilford)** 為他的測試設計了以下4個得分標準:
 1. **流利 (Fluency)**, 或者應試者想出了多少種替代用途。流利度得分為每一種用途得1分。
 2. **靈活性 (Flexibility)**, 或者答案覆蓋了多少種不同的類別或領域。靈活性得分為每一種類別計1分。
 3. **獨創性 (Originality)**, 或者答案的不同尋常程度. 不常見的答案得1分或者特別的答案得2分。
 4. **闡述 (Elaboration)**, 或者答案的詳細程度. 基本答案不獲得任何得分, 但更加細節的答案獲得2分。

Reference:

<https://study.com/academy/lesson/using-guilfords-test-of-divergent-thinking-in-the-workplace.html>

強迫聯想

- 由 **亞歷克斯·奧斯本** 首次提出

過程示例

- 準備一系列**看起來隨機的單詞或圖片**(或者準備一系列單詞和圖片，並從中隨機選取一部分)
- 這些單詞通常不會出現組合形式
- 在這些隨機選取的單詞中**創造聯想**

強迫聯想的圖片示例



+

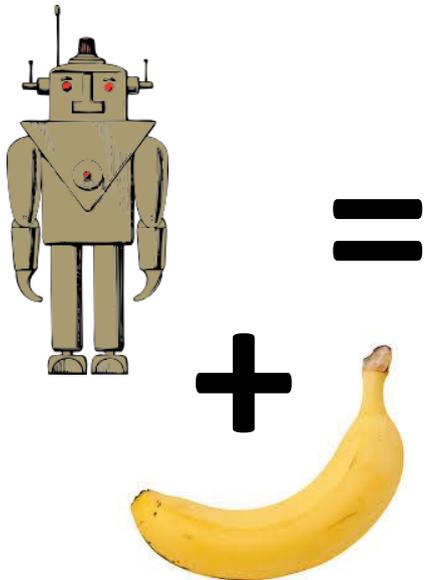


=



風樹

更多示例



SCAMPER

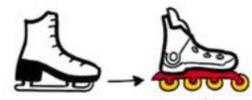
- “SCAMPER” 是 1953年，**亞歷克斯·奧斯本**在他的《應用想像力》一書中所提出的提高創造力的七個問題的首字母。
- 這七個首字母在1971年被**鮑勃·埃伯勒**組合成為“SCAMPER”，從而形成了框架。

S ubstitute	更換解決方案或是產品中的一部分
C ombine	將不同想法組合成為一個更有效的想法
A dapt	使解決方案或是產品適應新的情況
M odify	針對解決方案或是產品的某個方面進行修改
P ut to other use	將你的解決方案或是產品應用於解決其他問題
E liminate	消除或簡化解決方案或是產品中的某個部分
R everse (Rearrange)	以周圍可能的其他方式做同一件事

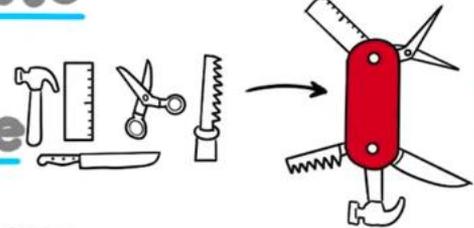
SCAMPER 與 FOUR



Substitute



Combine



Adapt



Modify

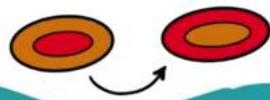


Put to another use

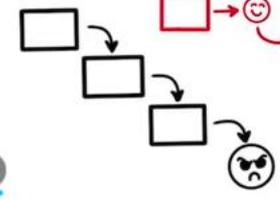


Eliminate

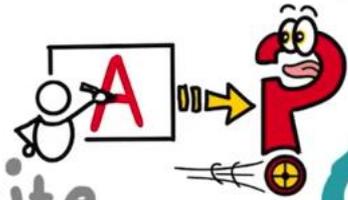
Rearrange



Flip



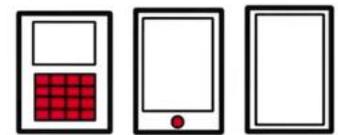
Opposite



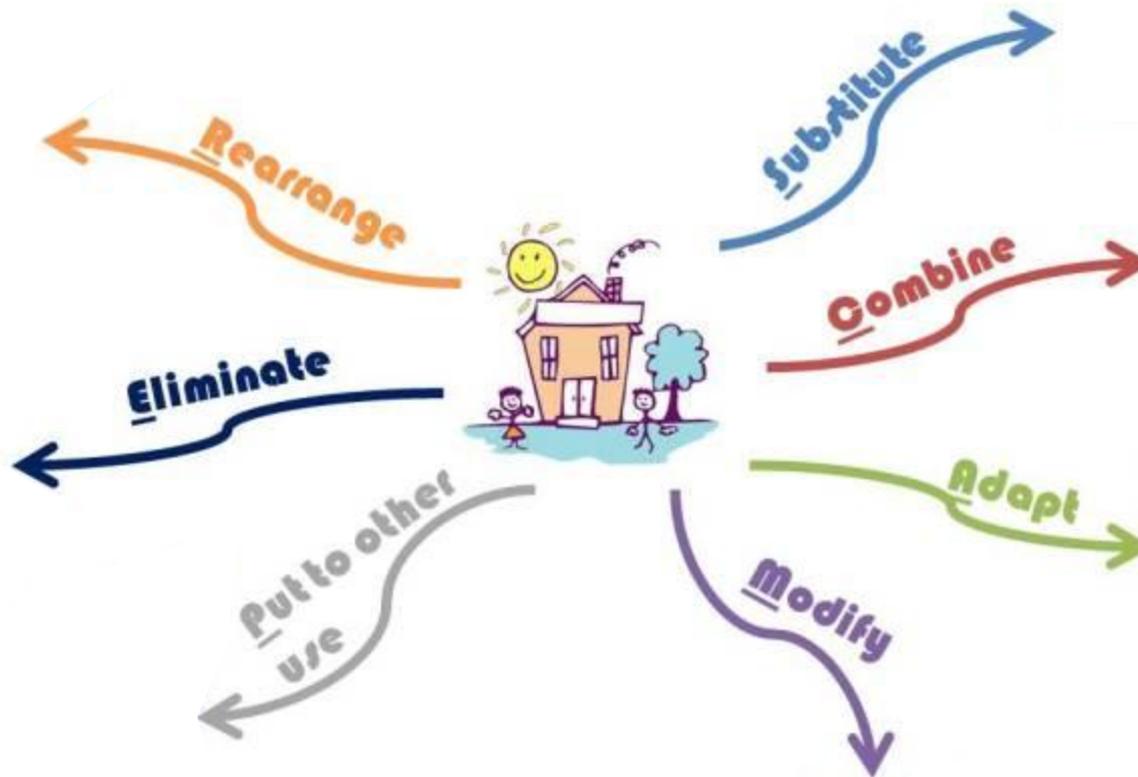
Upside down



Reduce



SCAMPER 示例



提高創造力的其他因素

還有許多其他因素和技能可以提高創造力：

- **思維開放**；**積極傾聽**
- **嘗試**新事物
- 為創意**保留餘地** (e.g. 時間和空間)
- 從**不同的緯度**進行思考 (e.g. 微觀，宏觀，側面，不同順序，反向，等等)
- **跨學科**
- **模式識別**；繪製類比
- **協作思考**；鼓勵他人發揮創造力
- **挑戰規範**
- **簡化**

總結

- 創意源自學生的**自主學習動機**、**課題趣味**
- 創意可透過**後天及努力培養**；所有學生也有創意，視乎老師啟發 / 引導
- 老師要**保持開放性**，不要阻止學生天馬行空，可由天馬行空的想法循序漸進變成可行構思
- 創意意念產生 = **擴散性思考 + 聚斂性思考**
- **特徵列舉、強迫聯想、SCAMPER** 等
- **Osborn-Parnes 創意解難模型**

- **STEAM 解難 - 以工程設計解決問題**

- 循序漸進培養學生解難能力

	問題發現	解決方法	結果
驗證式解難	✓	✓	✓
有序式解難	✓	✓	
向導式解難	✓		
開放式解難			

活動 1 – 畫一輛車

- 在一張空白的紙上畫一輛車

