



香港教育大學  
The Education University  
of Hong Kong

# STEAM 教育、 工程設計流程及創意

楊志豪

香港教育大學  
科學與環境學系

優質教育基金主題網絡計劃—大專院校  
(QTN-T 2023/24)

透過STEAM教育自主及循序漸進學習以工程設計流程解難

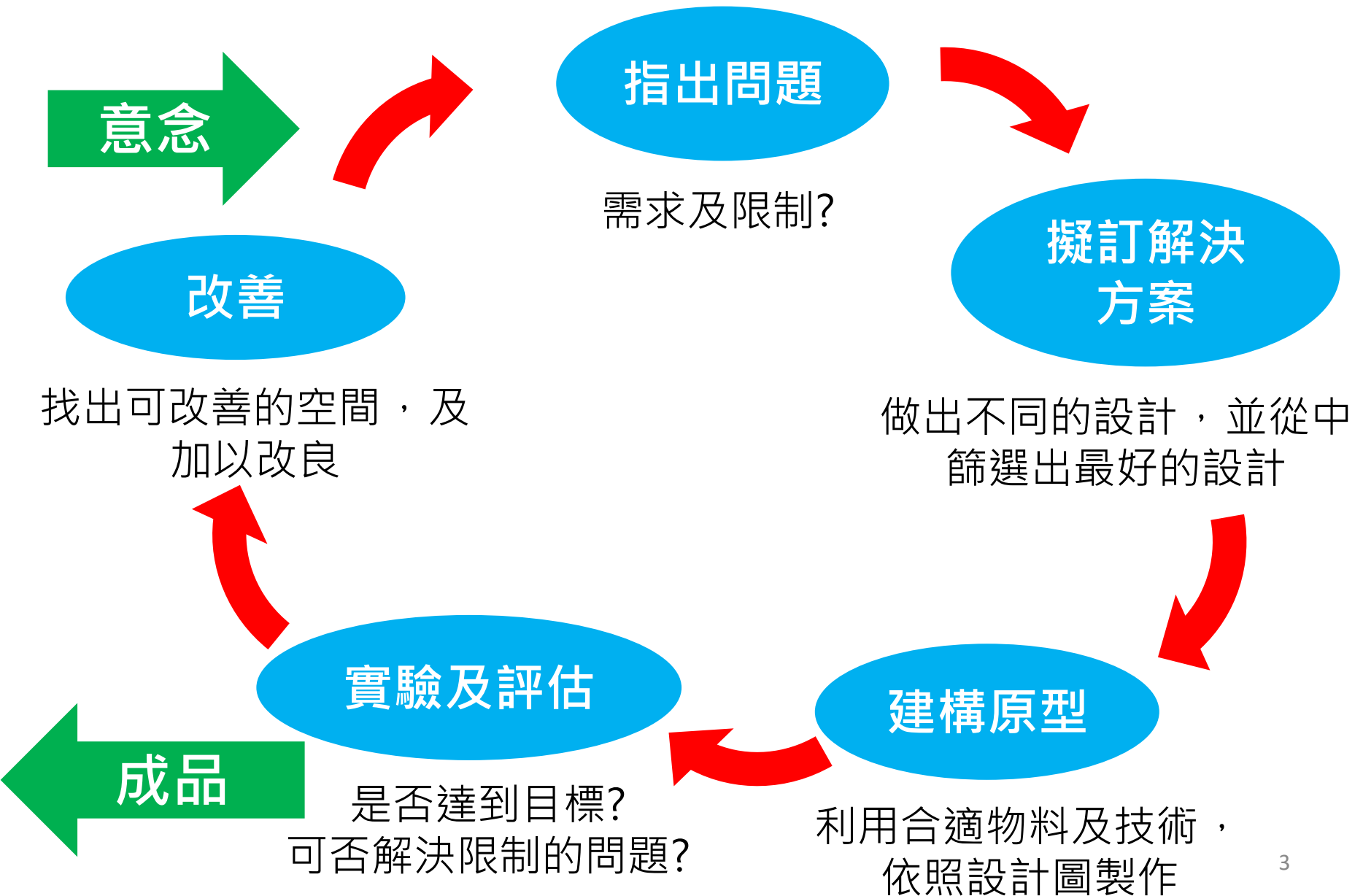


科學與環境學系  
Department of Science  
and Environmental Studies



甚麼是工程設計?

# 工程設計流程



# 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？



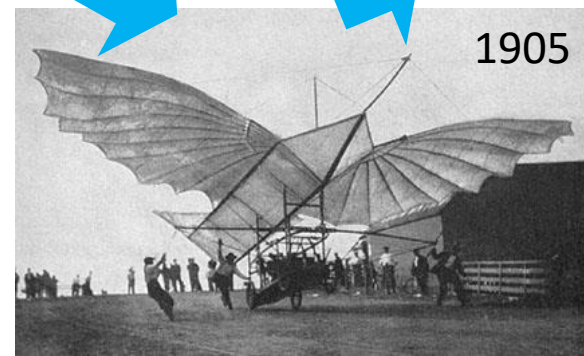
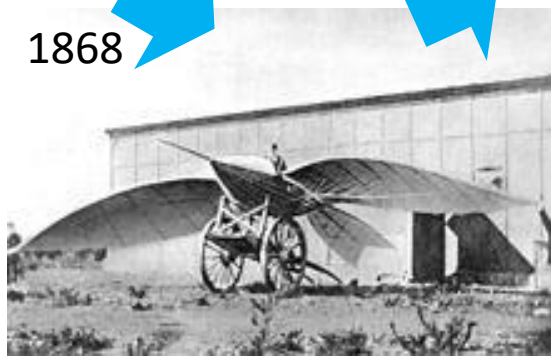
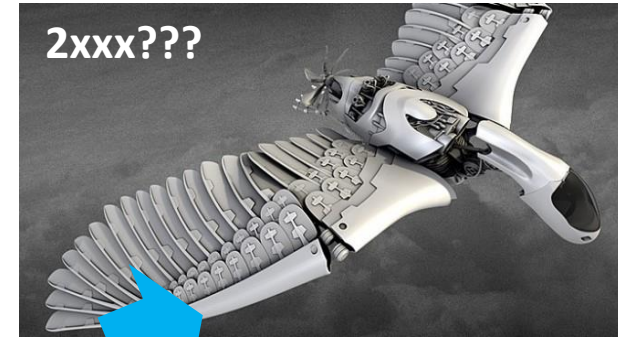
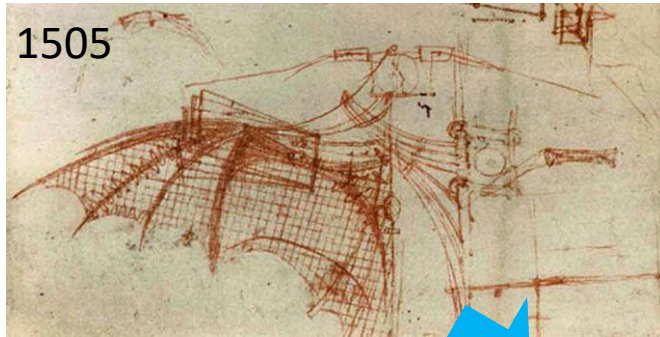
5. **生產成果及改善:** 移除鍵盤？



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

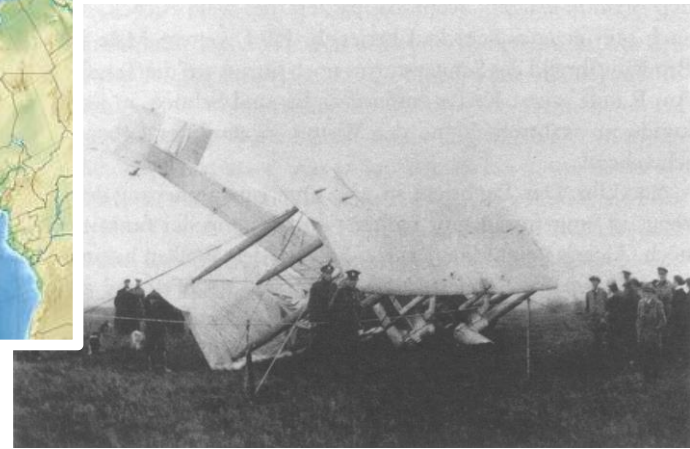
# 1903 - 萊特兄弟首次飛行



# 活生生的工程設計2 – 飛行器

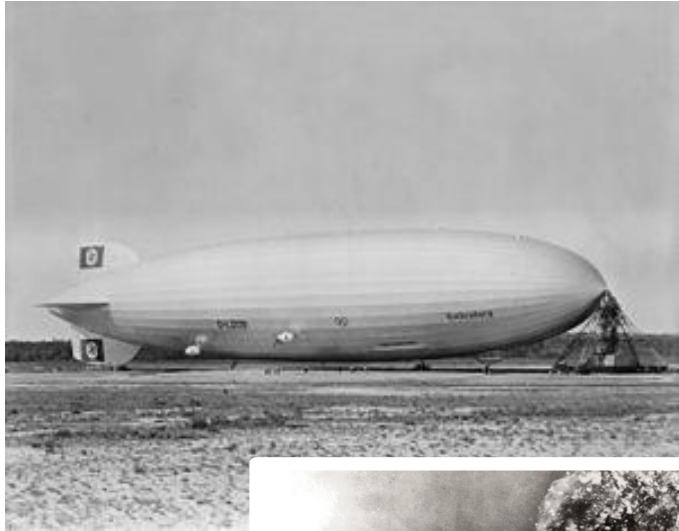
- **John Alcock and Arthur Brown** 於1919年進行第一次跨大西洋航行：

**少於16小時**



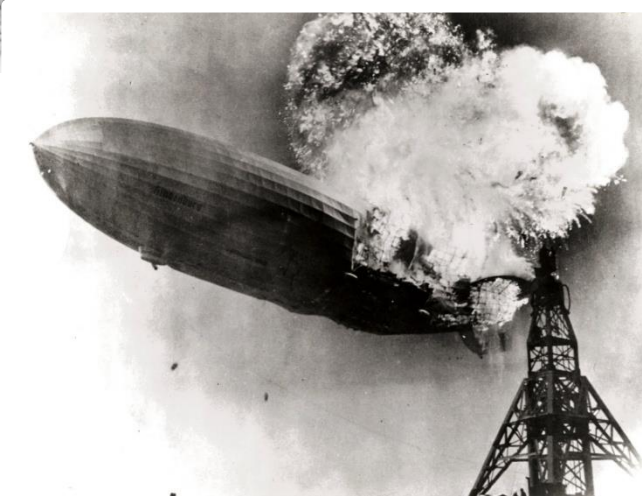
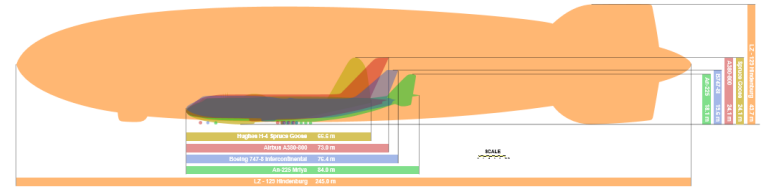
- **重新指出問題**：載客量小？

# 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



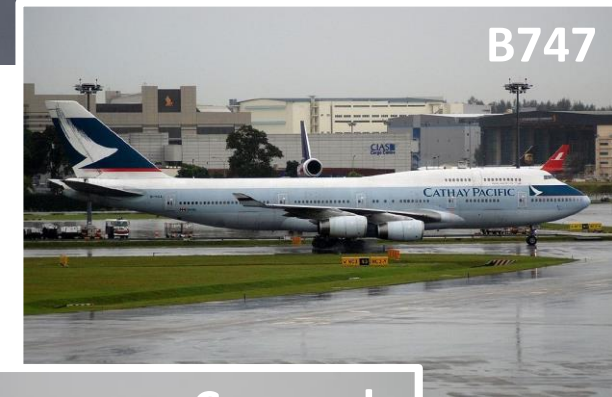
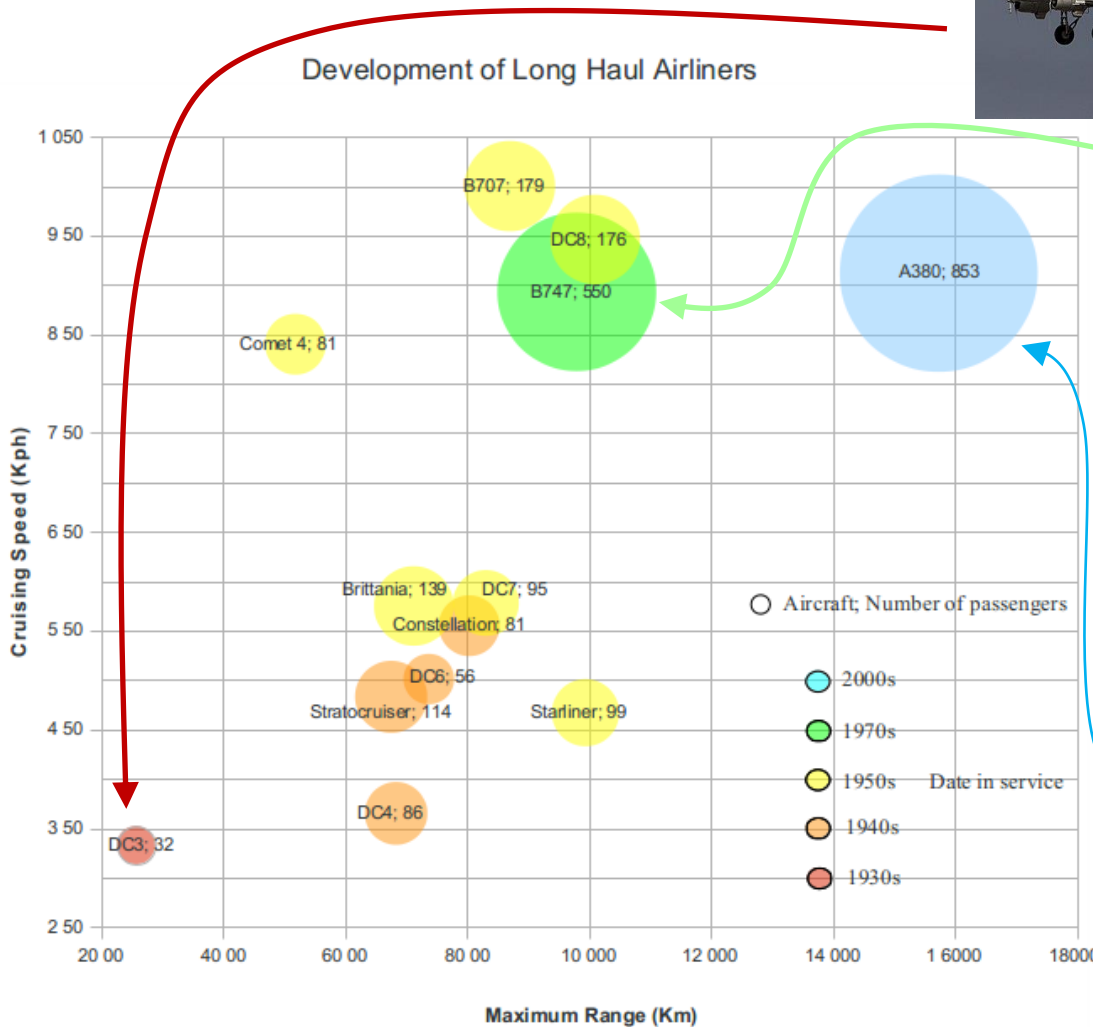


# 1937 - 興登堡號飛船意外



# 活生生的工程設計2 – 定翼噴射機

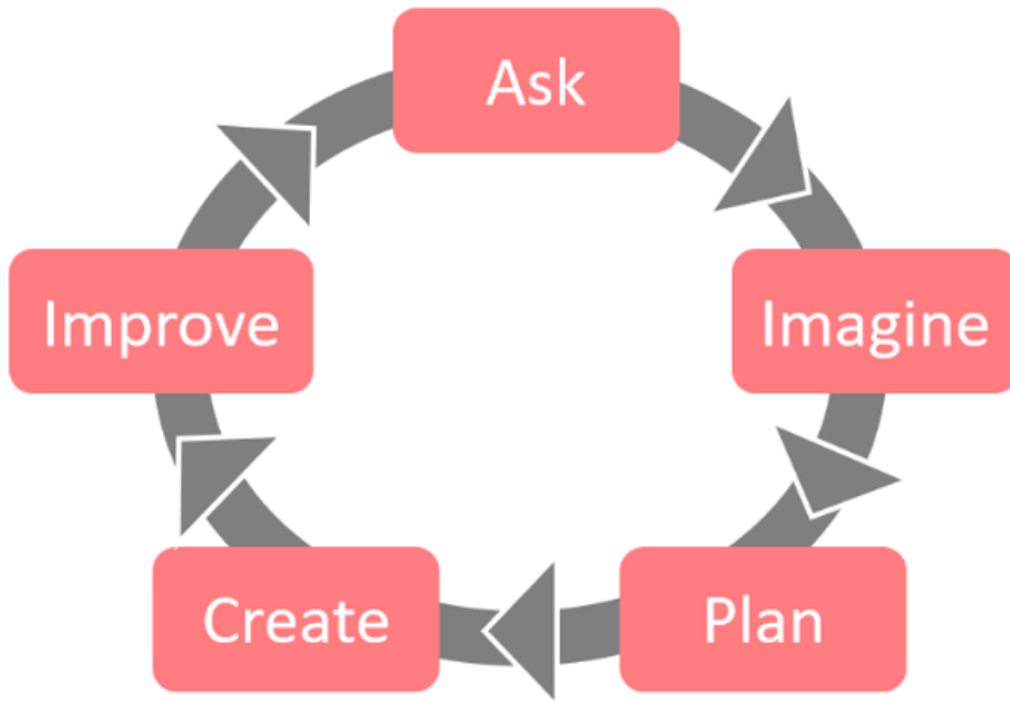
1935 DC-3  
(螺旋槳堆進)



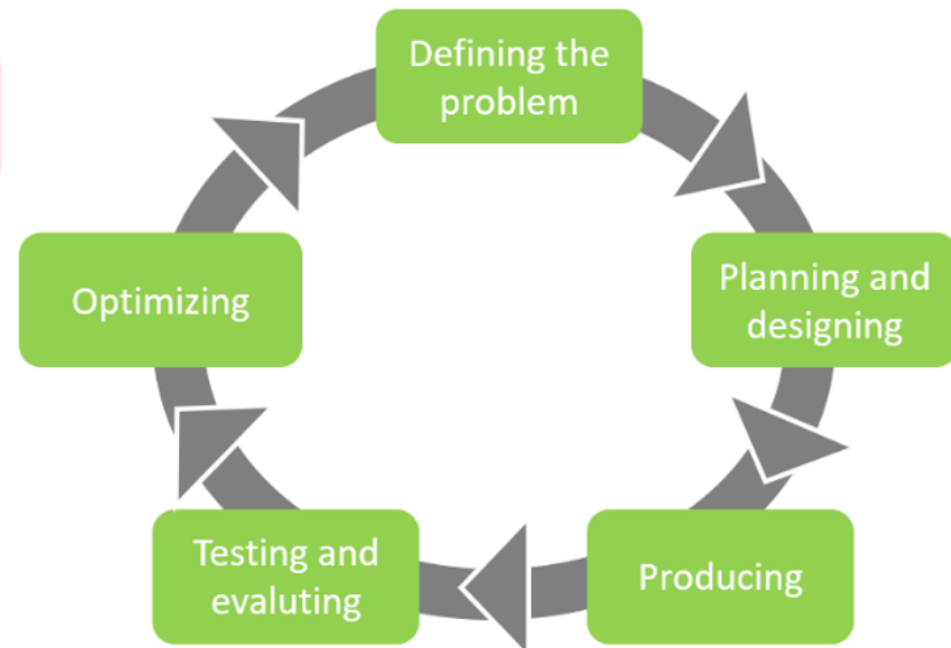
Mach 2.04  
7200 km  
92-120 ppl



# 不同版本的工程設計流程



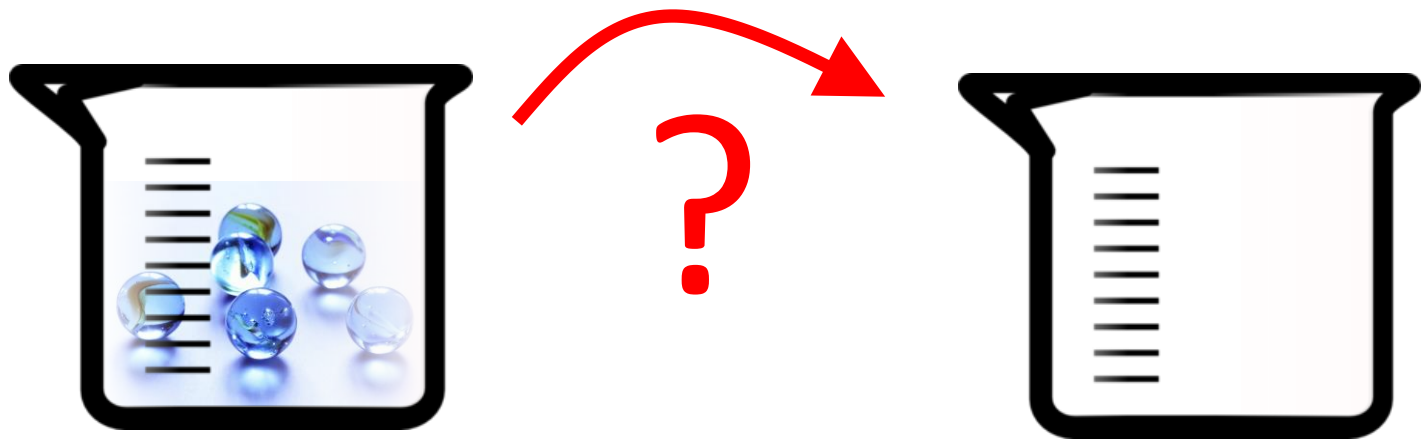
Reference: “Engineering is Elementary (EiE)”  
in Boston, USA (Cunningham & Hester, 2007)



Reference: Dr LEE Yeung Chung<sup>11</sup>


# 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 features a silhouette of a construction site at sunset. A large crane is positioned on the left, with its arm extending across the top of the frame. In the foreground and middle ground, several workers are visible on scaffolding, engaged in construction activities. The sky is a mix of orange and blue, suggesting the time is either dawn or dusk. The overall scene conveys a sense of industrial activity and engineering.

# STEAM 教育: 以工程設計流程 解決問題

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

# 以工程設計為主軸設計 STEAM 活動

視覺藝術			XXXX				XXXX
設計與應用科技				XXXX			XXXX
資訊及通訊科技		XXXX	XXXX		XXXX		
數學				XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
科學	XXXX	XXXX	XXXX		XXXX	XXXX	XXXX
學科知識 工程設計	構想 意念	進行 研究	制定 設計	製作 模型	測試 模型	分析 及 檢討	改良 設計

跨學科技能

創造力

創造力

邏輯及批判思考

系統思維

團隊合作

自我管理

解難

XXXX 代表相關知識或技能

圖四：STEM教學內容的設計藍本

# 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	<b>Confirmation inquiry</b> Students confirm a principle through an activity when the results are known in advance	✓	✓	✓
2	<b>Structured inquiry</b> Students investigate a teacher-presented question through a prescribed procedure	✓	✓	
3	<b>Guided inquiry</b> Students investigate a teacher-presented question using student designed/ selected procedures	✓		
4	<b>Open/true inquiry</b> 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

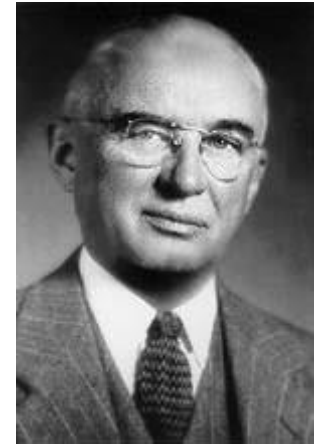
# 21世紀技能

- 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

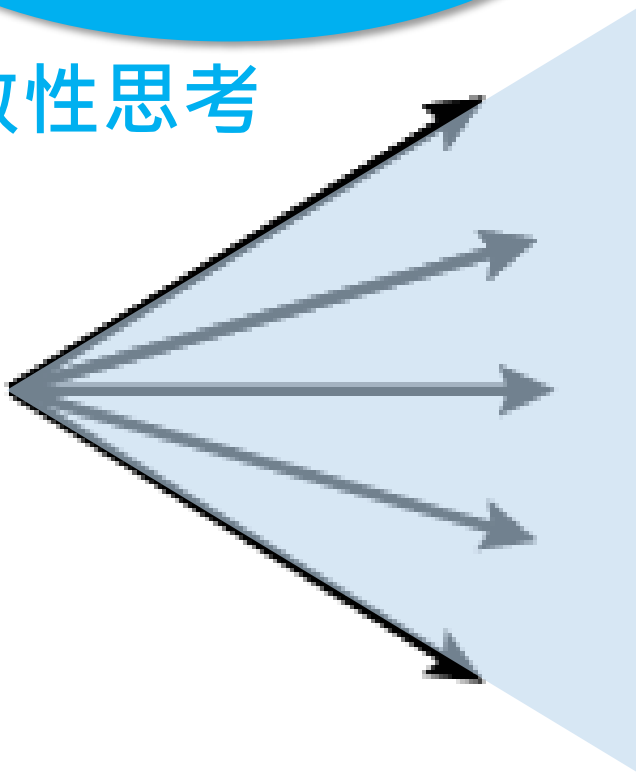


Divergent  
thinking

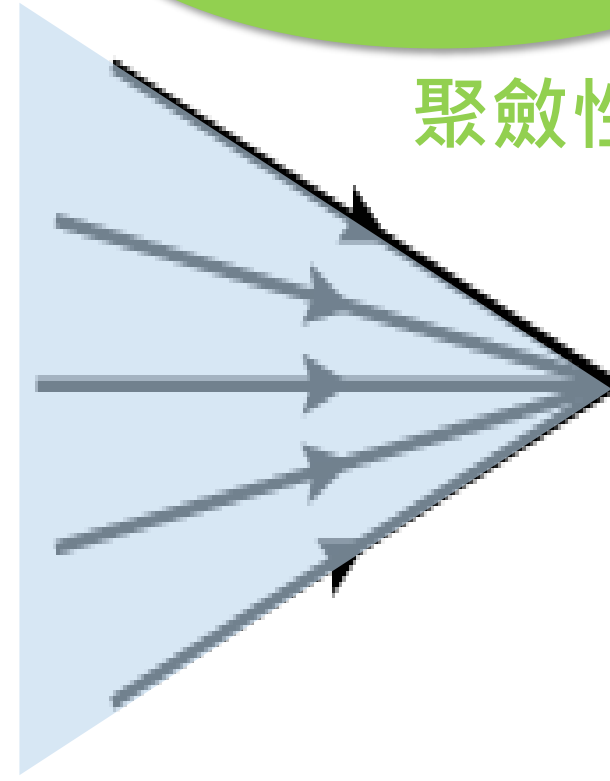
vs

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**

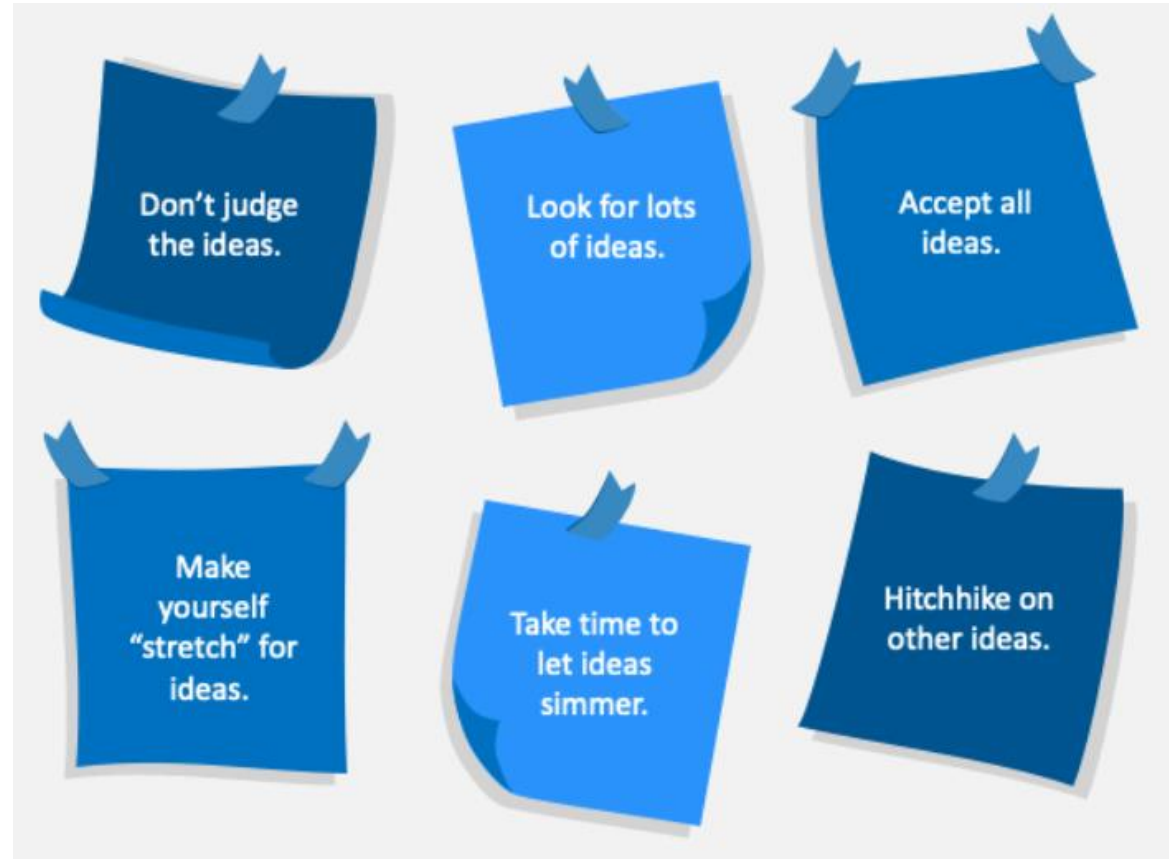
- Logical
- Objective
- Intellectual
- Realistic
- Planned
- Discriminative
- Structured
- Quantitative

?

**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



+

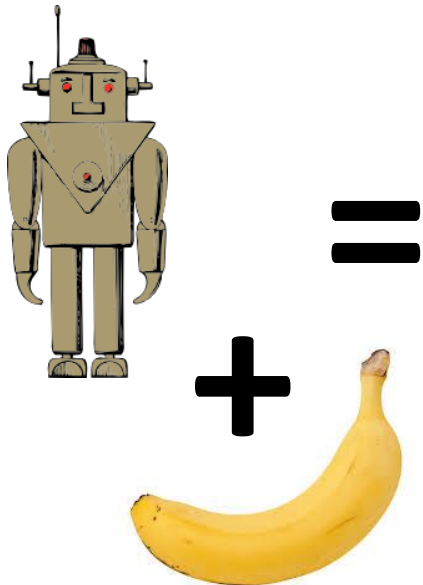


=



風樹

# 更多示例



# 更多示例



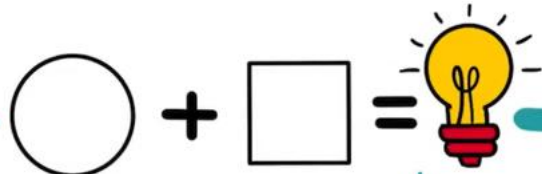


# SCAMPER

- “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。

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

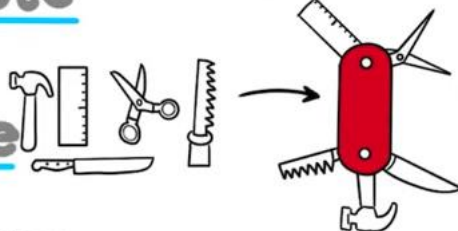
# SCAMPER 與 FOUR



**S**ubstitute



**C**ombine



**A**dapt



**M**odify



**P**ut to another use

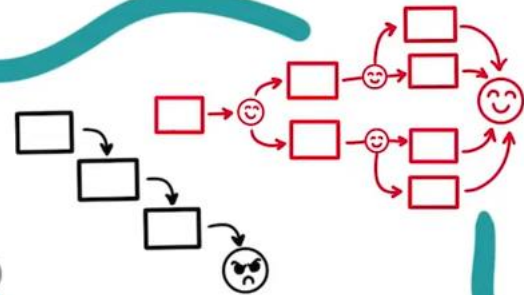


**E**liminate

**R**earrange



**F**lip



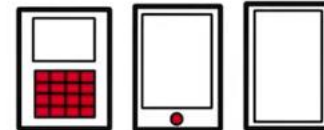
**O**pposite



**U**pside down



**R**educe



# SCAMPER 示例



# 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

