



香港教育大學

The Education University
of Hong Kong

以 STEM 教育發展學生 解難能力及創意

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 2022/23)
具自主學習元素及解難發展進程的 STEM 教育



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

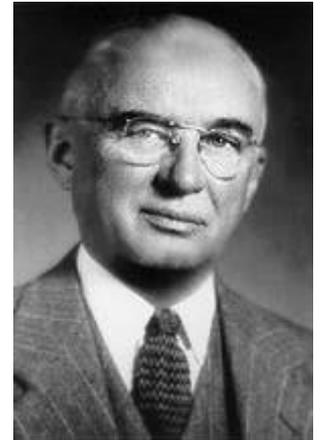
21世紀技能

- 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. STEM 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**.”



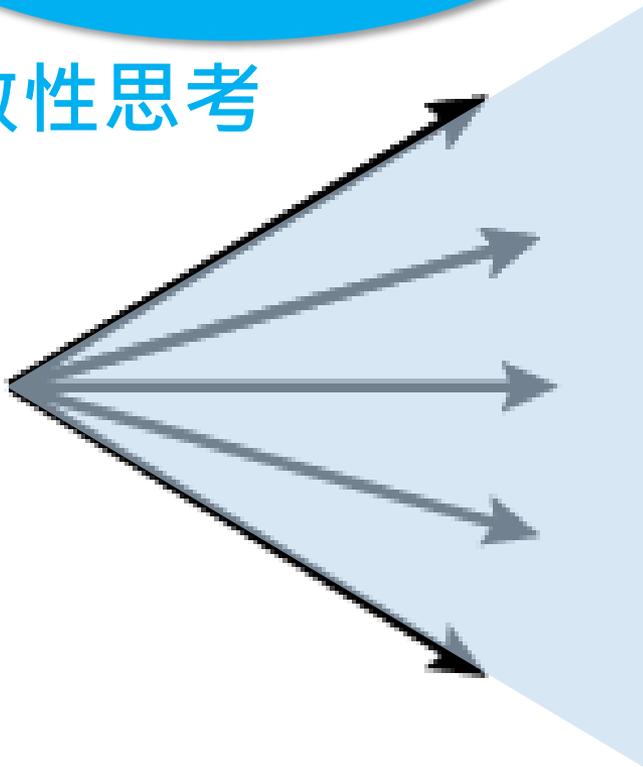
如何培養學生創意？

Divergent
thinking

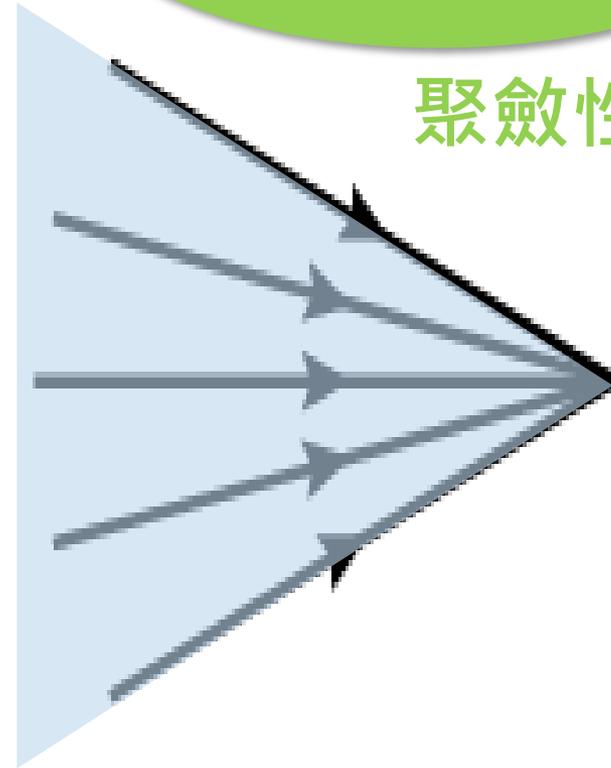
vs

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 1 – 畫一輛車

- 在一張空白的紙上畫一輛**車**

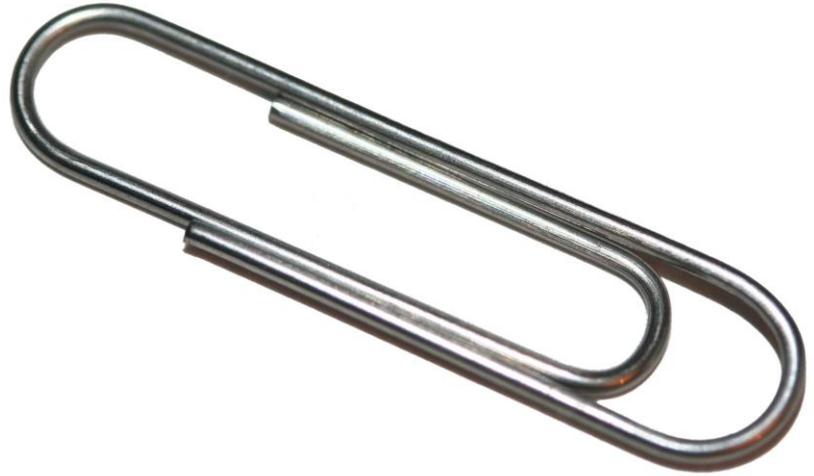


- **特徵列舉** – 看看周圍其他同學的汽車，你能列出你們的汽車之間的共同特徵嗎？
- 車輪 (4? 6?)
- 窗戶
- 車門
- 前燈
- 緩衝器

為什麼這些功能在不同人繪製的汽車上很常見？

你能改變這些特徵並再次重新繪製鴨子嗎？

活動 2 –
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>

活動 3 – 設計太陽能車

- 在有限時間內設計及繪畫**最多不同**的太陽能車



創作過程的一種模式

- **格拉漢姆·沃拉斯 (Gramham Wallas)** 在他的書《思想的藝術》中提出一個關於創作過程的最原始的模型。
- 根據沃拉斯的看法，“**自由聯想**”發生在無意識狀態中；意識與無意識的界線不是非黑即白的，而是一個灰色地帶。

控制的4個階段:

想想另一個問題或是進入放鬆狀態？自由聯想？



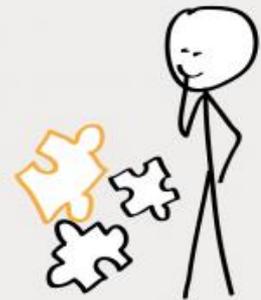
Preparation
(有意識)



Incubation
(亞意識)



Illumination



Verification
(有意識)

暗示
(邊緣意識)

Sheldon [\(1\)](#) [\(2\)](#)
[incubation](#)

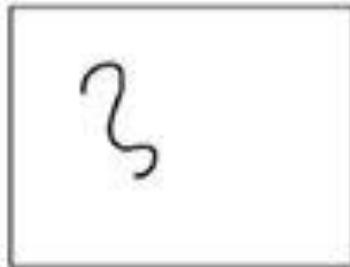
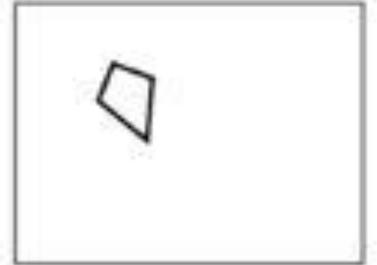
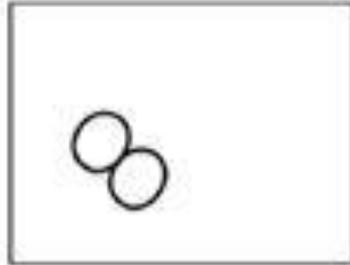
Reference:

[1] Wallas, G. (1926). The art of thought.

[2] <https://www.creativityn.com/publication/cq18-preparation-incubation-illumination-verification/>

活動 4 – 孵化任務

- 這一次，讓我們在替換用途任務中間嘗試一個孵化任務
- 嘗試下面這個**托倫斯測試**：從圖中的既定模板中開始畫畫：



活動 5 – 設計太陽能車

- **創意需要空間及時間**，在 Incubation 後，我們可重試活動三
- 在有限時間內設計及繪畫最多不同的太陽能車



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



+

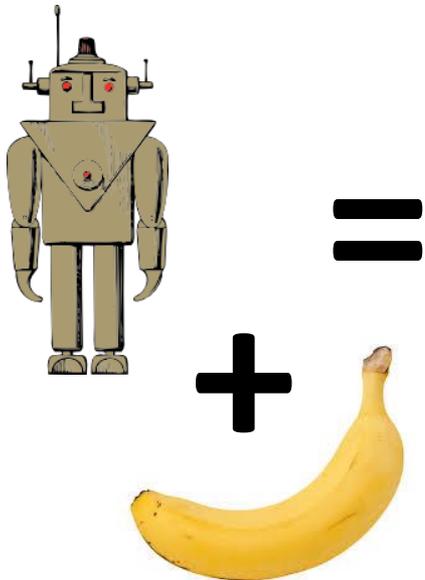


=



風樹

更多示例



=



+

=



+



=



+

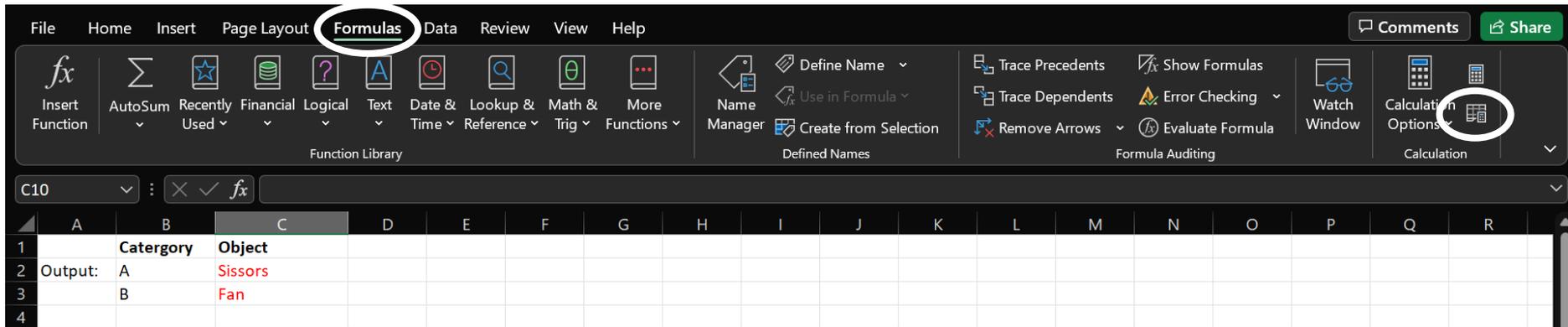


=



活動 6 – 強迫聯想

- 練習 1 – 使用提供的文件來進行兩個物體之間的強迫聯想



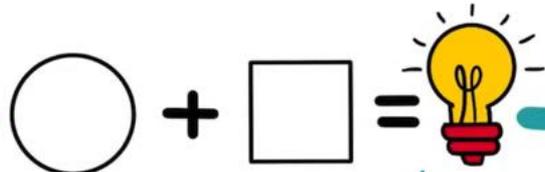
- 點擊菜單欄中的“公式”，在公式中點擊“計算工作表”，就會顯示新的組合方式。
- 練習 2 – 使用其他Excel文件作為模板來創造一個新的表格，你可以隨意更改所有類別項目。

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	以周圍可能的其他方式做同一件事

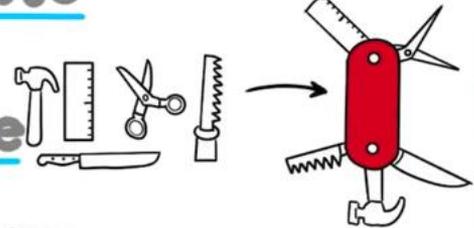
SCAMPER 與 FOUR



Substitute



Combine



Adapt



Modify

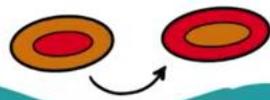


Put to another use

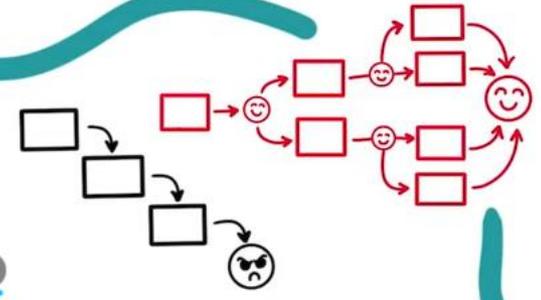


Eliminate

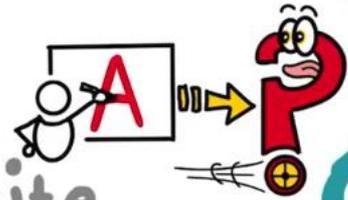
Rearrange



Flip



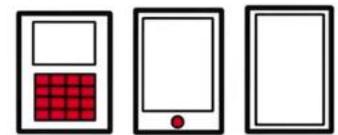
Opposite



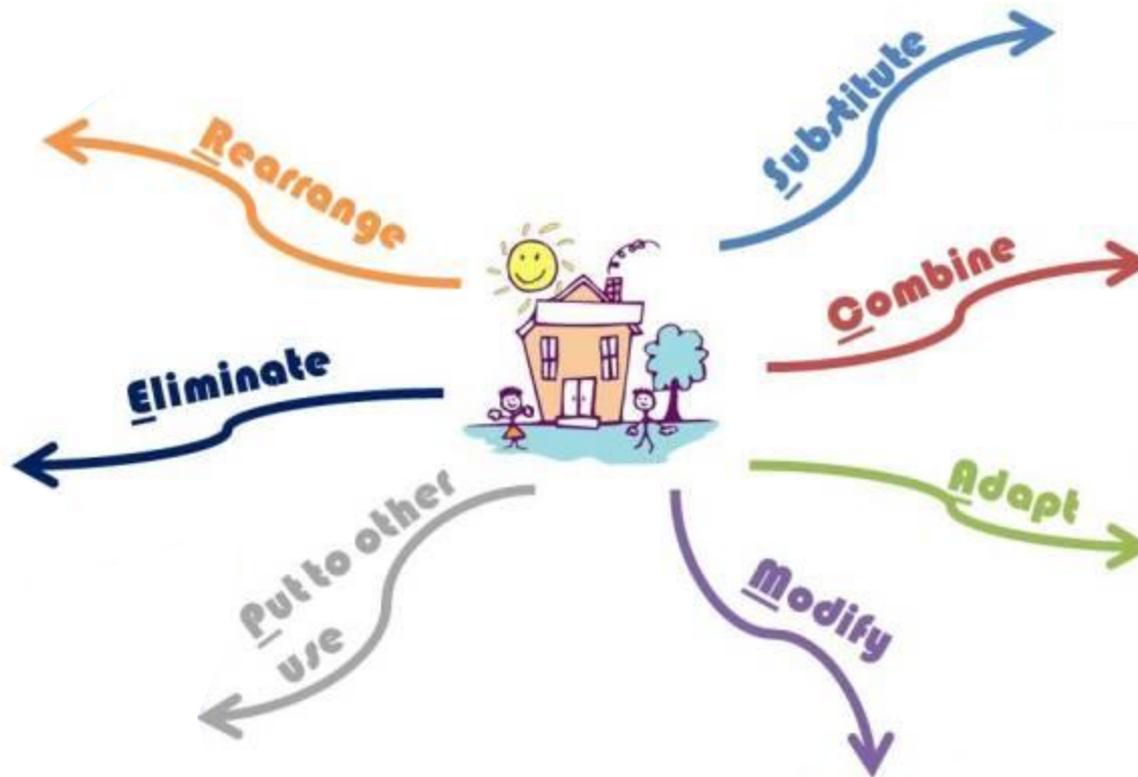
Upside down



Reduce



SCAMPER 示例



SCAMPER 示例





活動 7 - SCAMPER

嘗試用SCAMPER 的方法來展示如何在雙層巴士上進行創新？

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：

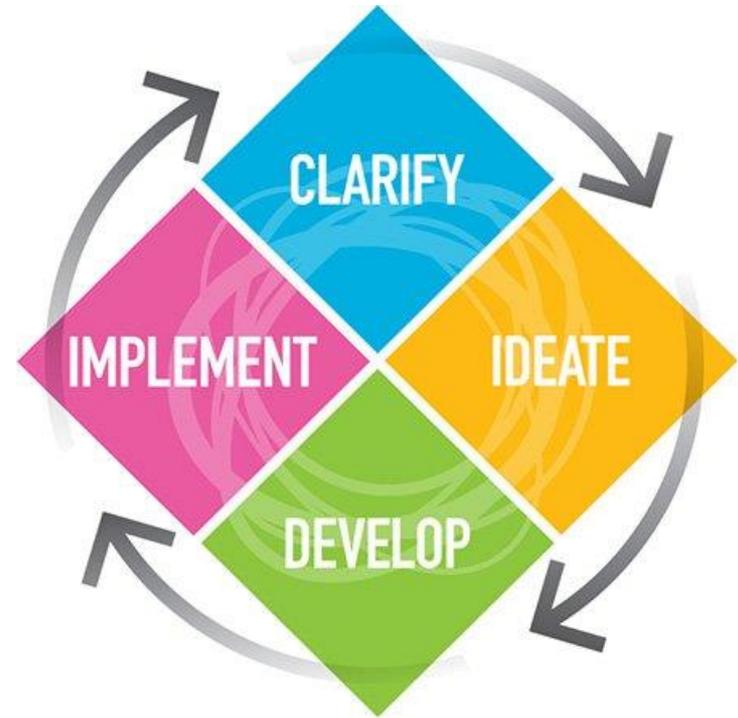
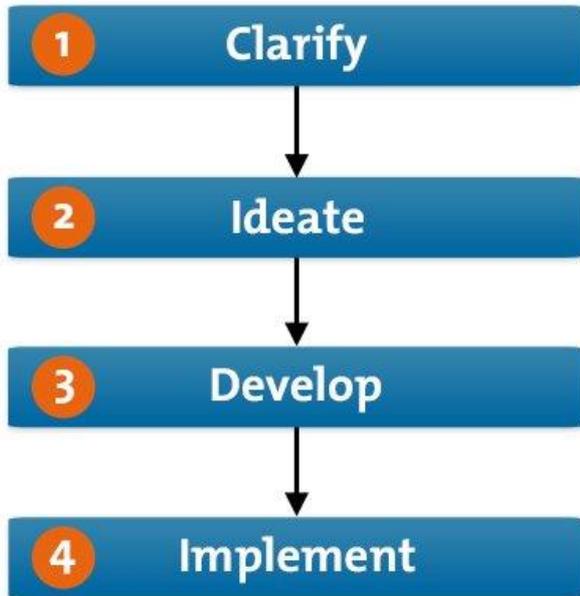
- **思維開放**；**積極傾聽**
- **嘗試**新事物
- 為創意**保留餘地** (e.g. 時間和空間)
- 從**不同的緯度**進行思考 (e.g. 微觀，宏觀，側面，不同順序，反向，等等)
- **跨學科**
- **模式識別**；繪製類比
- **協作思考**；鼓勵他人發揮創造力
- **挑戰規範**
- **簡化**



如何培養學生 解難能力?



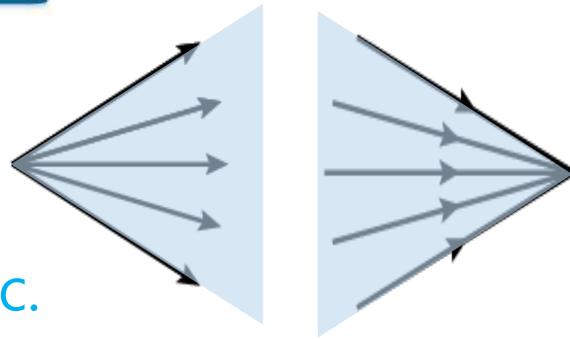
奧斯本·帕內斯創意解 (CPS) 模型



設計 (擴散階段)

探索創意：

強迫聯想, *scamper*, etc.



發展 (聚斂階段)

制定解決方案

From The CPS Process and Learner's Model by the **Creative Education Foundation**, based on the work of **Alex Osborn** and **Sid Parnes**. Adapted by G.J. Puccio, M. Mance, M.C. Murdock, B. Miller, J. Vehar, R. Firestien, S. Thurber, and D. Nielsen (2011).

頭腦風暴

- 這個詞語由**亞歷克斯·奧斯本**在1942年出版的《如何思考》一書中提出的。
- 根據奧斯本的觀點，關於頭腦風暴有兩個原則是重點，“**推遲判斷**”和“**達到一定數量**”，因此有四個條件：
 1. **追求數量**
 2. **剔除批判**
 3. **歡迎全新的想法**
 4. **整合並改善想法**

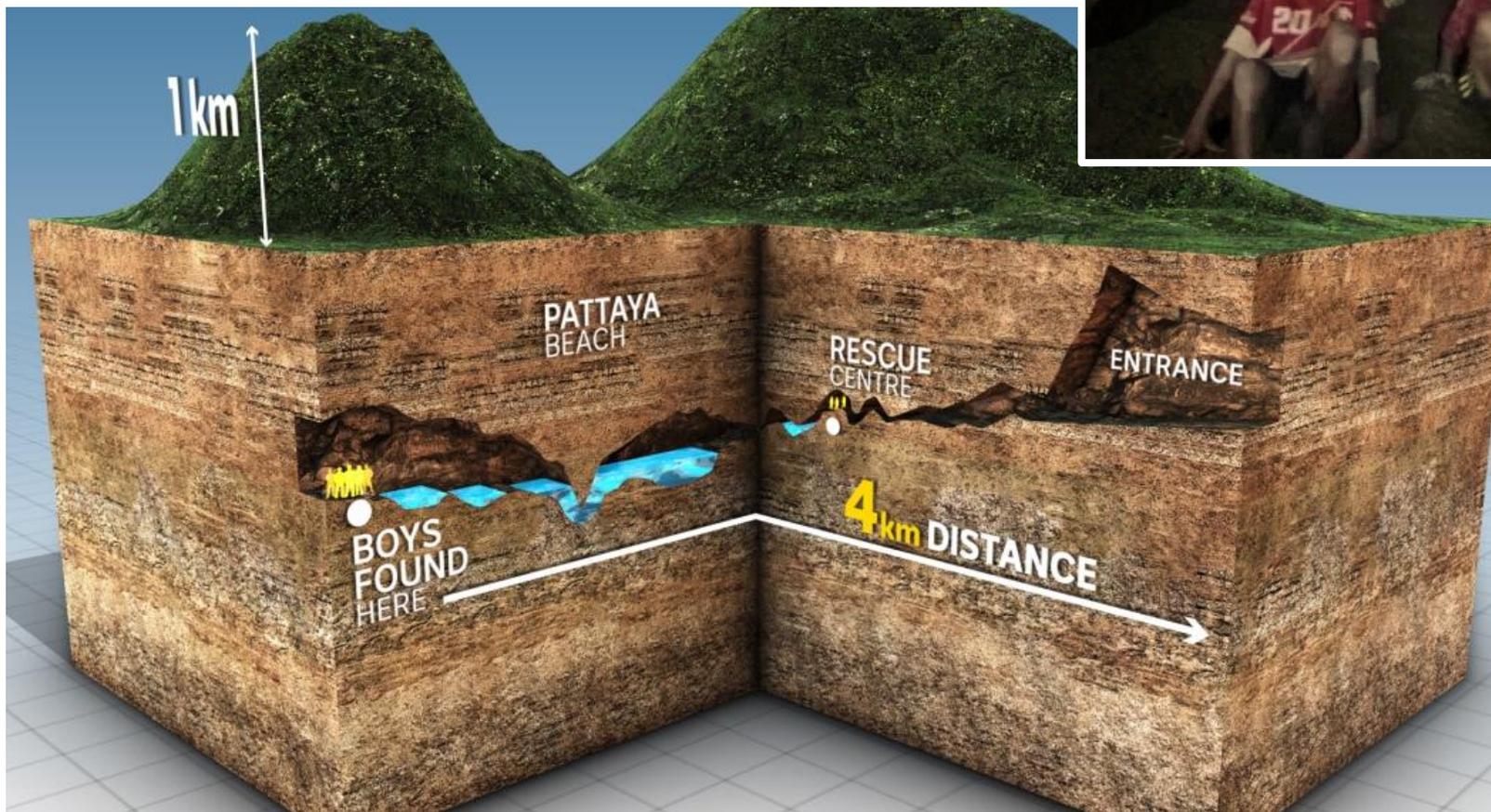


更多建議：

- 奧斯本建議討論一個具體的問題，而不是多個問題
- 只產生想法；**不批判，不討論，不評價**

[Example](#)

活動8-如何拯救泰國少年足球隊 「野豬隊」隊員?

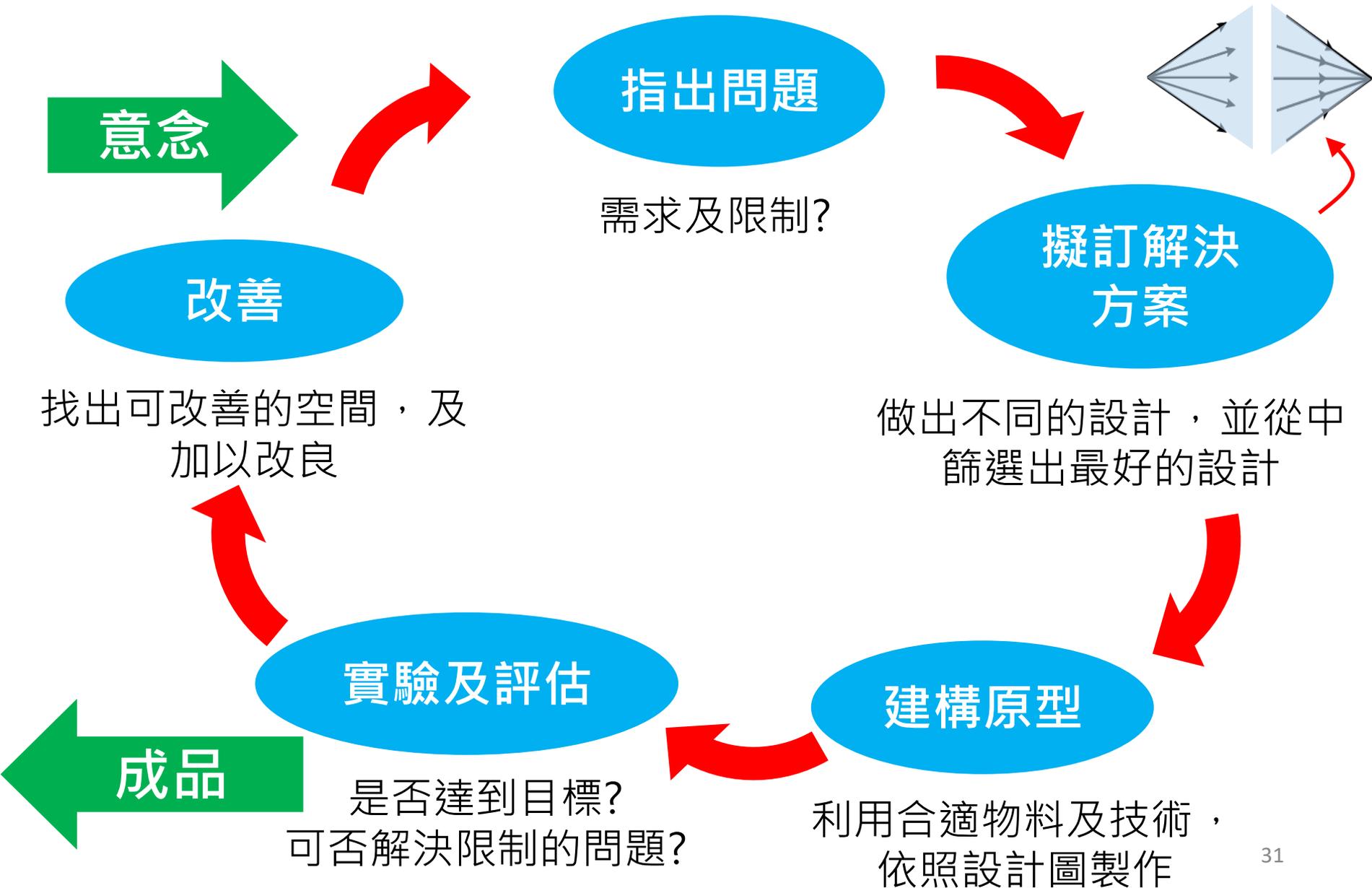


The background of the slide features a silhouette of a construction site at sunset. A large crane is positioned on the left, extending its arm across the top of the frame. In the foreground and middle ground, several workers are silhouetted against the bright orange and yellow sky, working on a complex structure of scaffolding and steel beams. The overall scene conveys a sense of industrial activity and engineering.

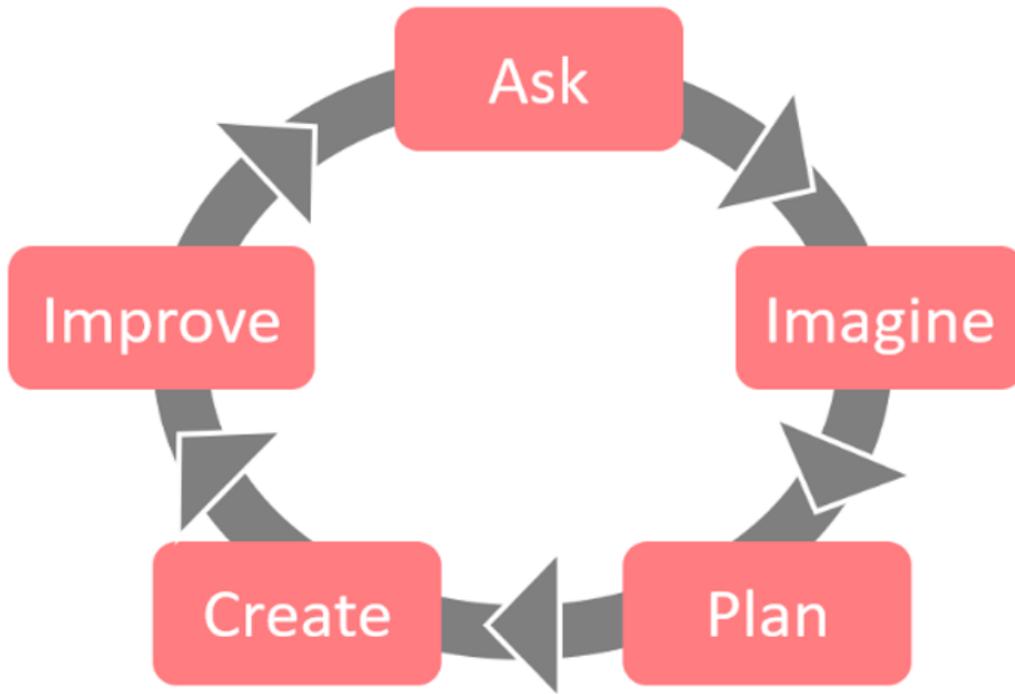
STEM 教育: 以工程設計流程 解決問題

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

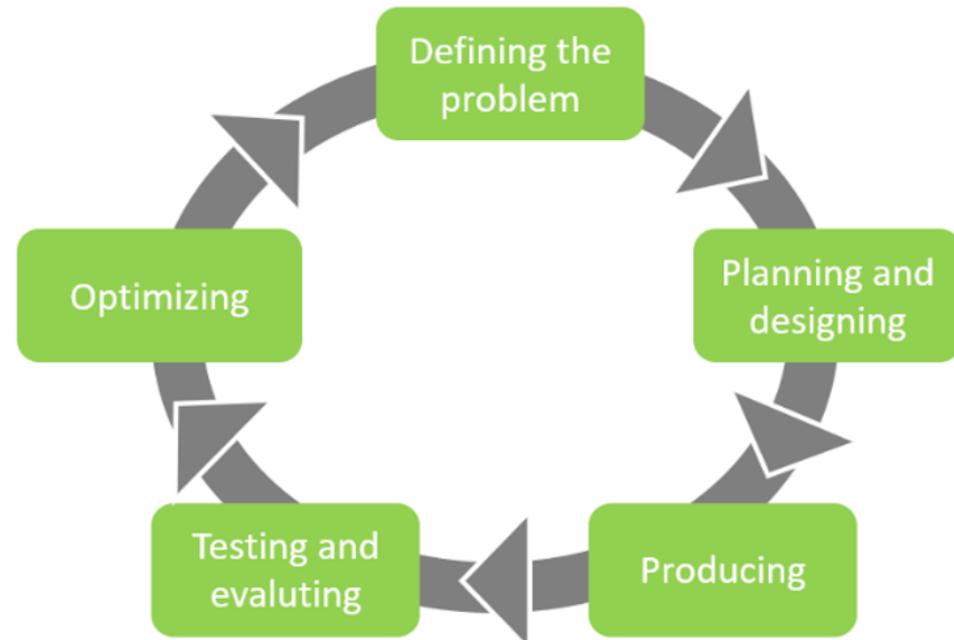
工程設計流程



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 Chung³²

以工程設計為主軸設計 STEM 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

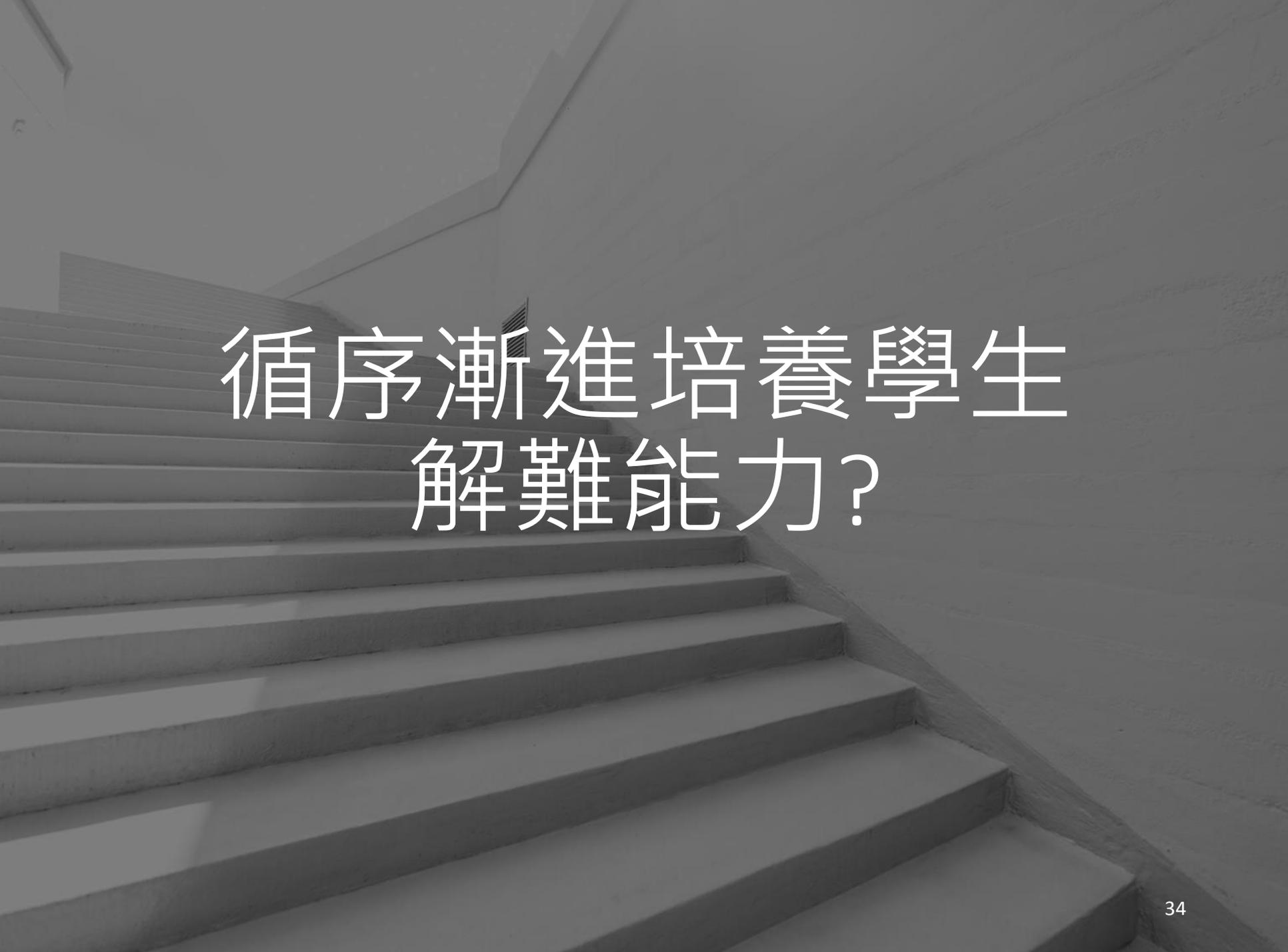
自我管理

解難

XXXX

代表相關知識或技能

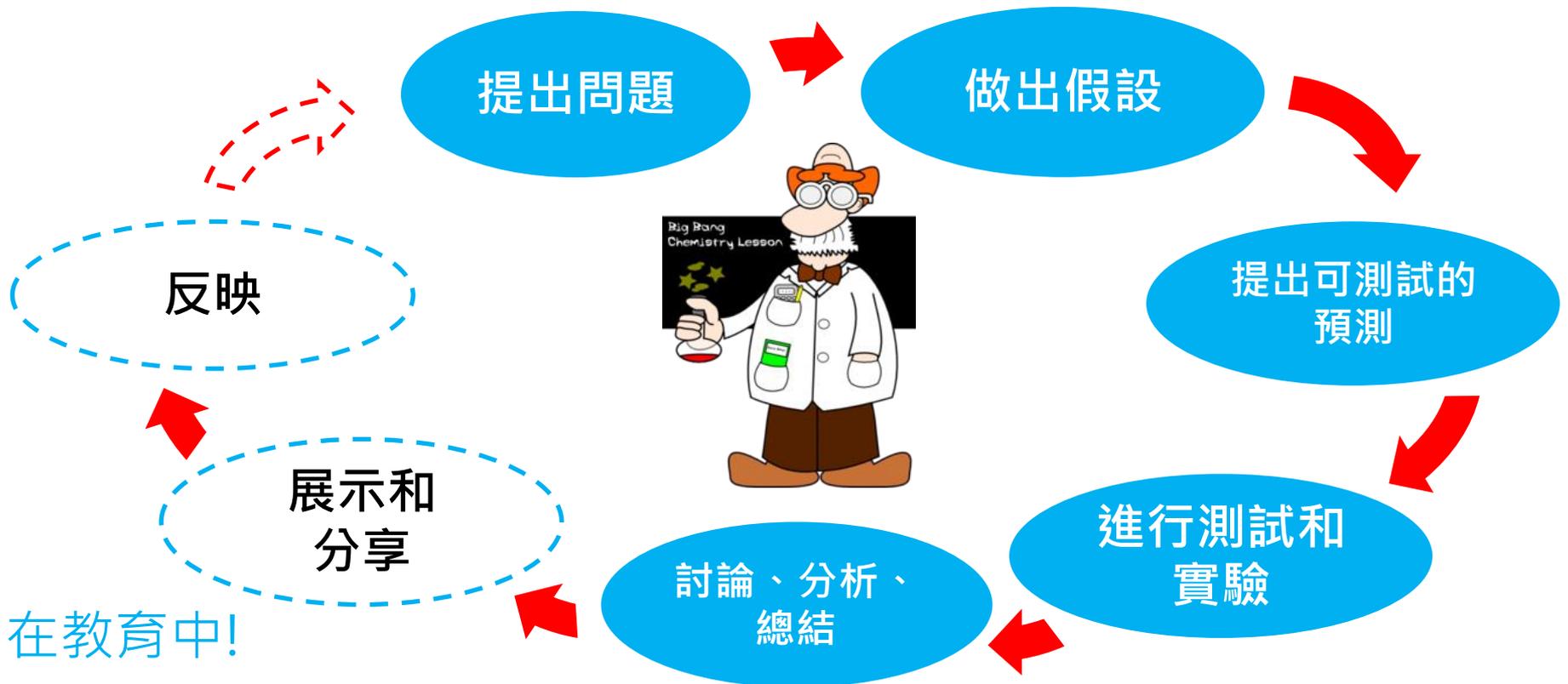
圖四：STEM教學內容的設計藍本



循序漸進培養學生 解難能力?

(3)從探究式學習到解難

- 探究式學習：像科學家一樣思考！主動學習！
- 引導學生通過科學的方法進行思考...



- 但是，應當讓學生自己進行哪個階段呢？

探究式學習的階段

- 班奇和貝爾 (Banchi and Ben) 提出**探究的4個階段** (2008) , 從以老師為中心到以學生為中心 :

以教師為中心
教師作為提供者



階段 1 : 驗證式探究

- 教師 (1) 講解概念, (2) 提出問題, (3) 提供解決方法

階段 2 : 有序式 探究

- 教師 (1) 提出問題, (2) 給出解決方法框架
- 學生 (1) 分析數據

階段 3 : 向導式 探究

- 教師 (2) 只提出問題
- 學生 (1) 設計解決方法, (2) 構建實驗, (3) 分享成果

階段 4 : 開放式/真實 探究

- 學生 (1) 制定問題, (2) 設計解決方法, (3) 構建實驗, (4) 分享成果



以學生為中心
教師作為促進者

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			

✓ - 學生在STEM解難活動中的參與

**修訂自班奇和貝爾提出的探究式學習的四個階段，2008

活動：校內部分課室日光不足， 如何解決此問題？

- 根據以下框架就此課題設計出三個分別適合初小、高小及初中的 STEM 活動

	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			

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**

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，是乎老師啟發 / 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**
- **STEM 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			