



**STEM**

**教學活動與課程設計**

# 何謂STEM？

通過探究，找尋證據，以了解大自然

Science

S

創製產品，以滿足人類的需要

Technology

T

製造科技的過程

E  
Engineering

模擬科學理論或工程系統的工具，語言和方法

M  
Mathematics



# STEM活動/課程的特徵???

小組討論

# STEM的四個特徵

- 創意解難
- 真實情境
- 工程設計
- 學科知識和技能的綜合應用

# 如何綜合？

視覺藝術

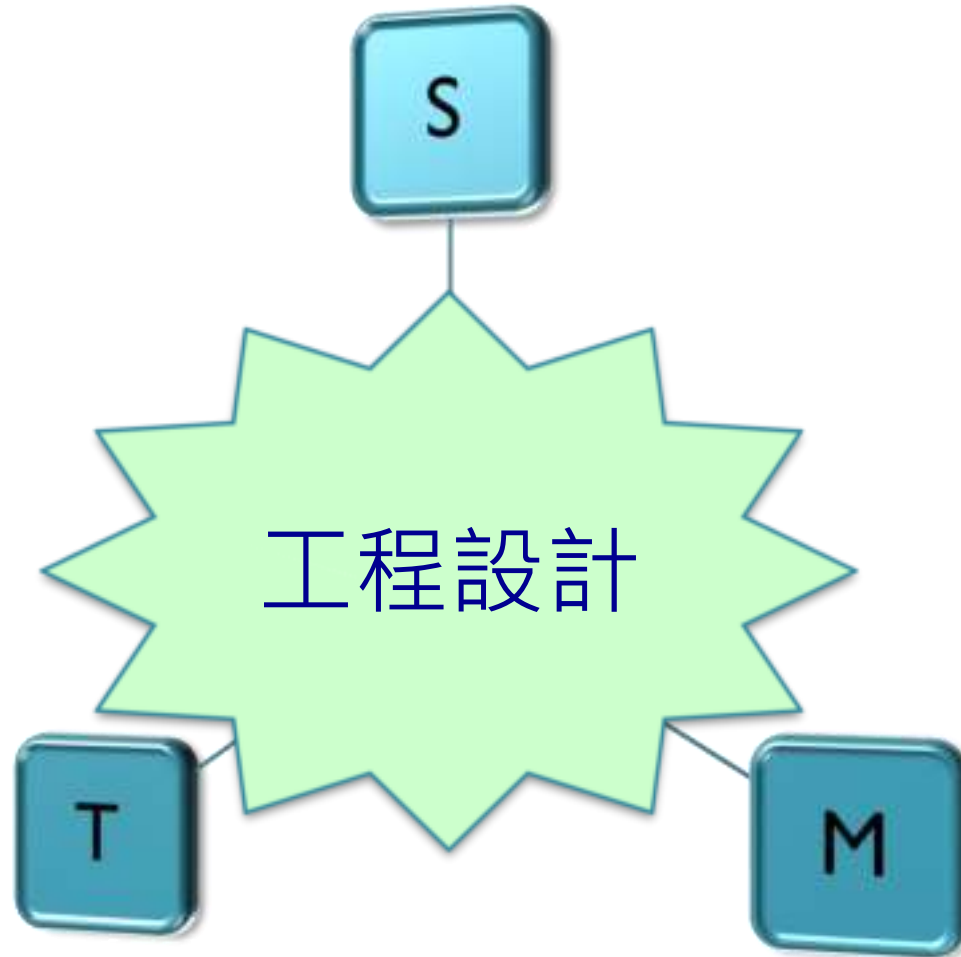
音樂

環境

體育

健康

歷史



# 如何設計STEM綜合活動？



# 設計STEM活動的五個步驟(小組討論)

1

2

3

4

5

# 設計STEM活動的五個步驟

1

- 設計真實解難問題

2

思考解決問題的過程

3

- 設定與解難過程相關的學習目標

4

- 設計指引，以引導學生進行解難


5

- 設計評估，以評估學生學習所得



# STEM教學活動設計框架

評估方法					
教學鷹架					
21世紀技能					
非STEM學科					
<b>M</b>					
<b>E</b>					
<b>T</b>					
<b>S</b>					
解難過程					



# I. 設計STEM真實解難問題



# 解難問題

課題：水 (水的特性)

小組討論可行方案

**How can we move a liquid?** *The TRIZ Effects database suggests that there are 99 Ways ...*

*Absorption (physical), Acoustic Cavitation, Acoustic Vibration, Adsorption, Aerosol, Anti-bubble, Archimedes Screw, Archimedes' Principle (Buoyancy), Barus Effect, Bernoulli Effect, Boiling*

*Brownian Motion, Brownian Motor, Capillary Action, Capillary Condensation, Capillary Evaporation, Capillary Porous Material, Capillary Pressure, Capillary Wave Effect, Cavitation*

*Centrifugal Force, Chromatography, Coanda Effect, Condensation, Converse Piezoelectric Effect, Coriolis Force, Coulomb's Law, Cyclone Separation, Desiccant Material, Desiccation*

*Diamagnetism, Diffusion, Displacement, Distillation, Elasticity, Electric Field, Electrohydrodynamics, Electrolysis, Electro-osmosis, Electrophoresis, Electrostatic Induction, Electro-wetting, Evaporation*

*Explosion, Ferro-fluid, Ferromagnetism, Fluid Hammer, Foam, Foil (fluid mechanics), Forced Convection, Free Convection, Funnel Effect, Gravitation, Gravitational Convection (non heat)*

*Hydraulic Jump, Hydraulic Ram, Inertia, Injector, Ionic Exchange, Jet Flow, Kaye Effect, Leidenfrost Effect, Lorentz Force, Magnetostriction, Marangoni Effect, Mechanocaloric Effect*

*Micro-electro-mechanical Systems, Mixed Convection, Nuclear Fission, Onnes Effect, Osmosis, Pascal's Law, Permeation, Pump, Ranque Effect, Rayleigh-Bénard Convection*

*Resonance, Screw, Shock Wave, Solvation, Sorption, Super Thermal Conductivity, Super-cavitation, Super-fluidity, Surface Tension, Thermal Expansion, Thermo-capillary Effect*

*Thermo-mechanical Effect, Thermo-phoresis, Turbulence, Ultrasonic Capillary Effect, Ultrasonic Vibration, Weissenberg Effect, Wetting, Wind*

**(From: TRIZ for engineers: Enabling inventive problem solving)**



# 解難方案示範



哪種方法最為有效？

意向調查

# 哪種方法最為有效？

需要(要求)/限制？

- 時間？
- 體積？
- 成本？
- 能源（人力，電力）？
- 控制（反饋系統）？
- .....

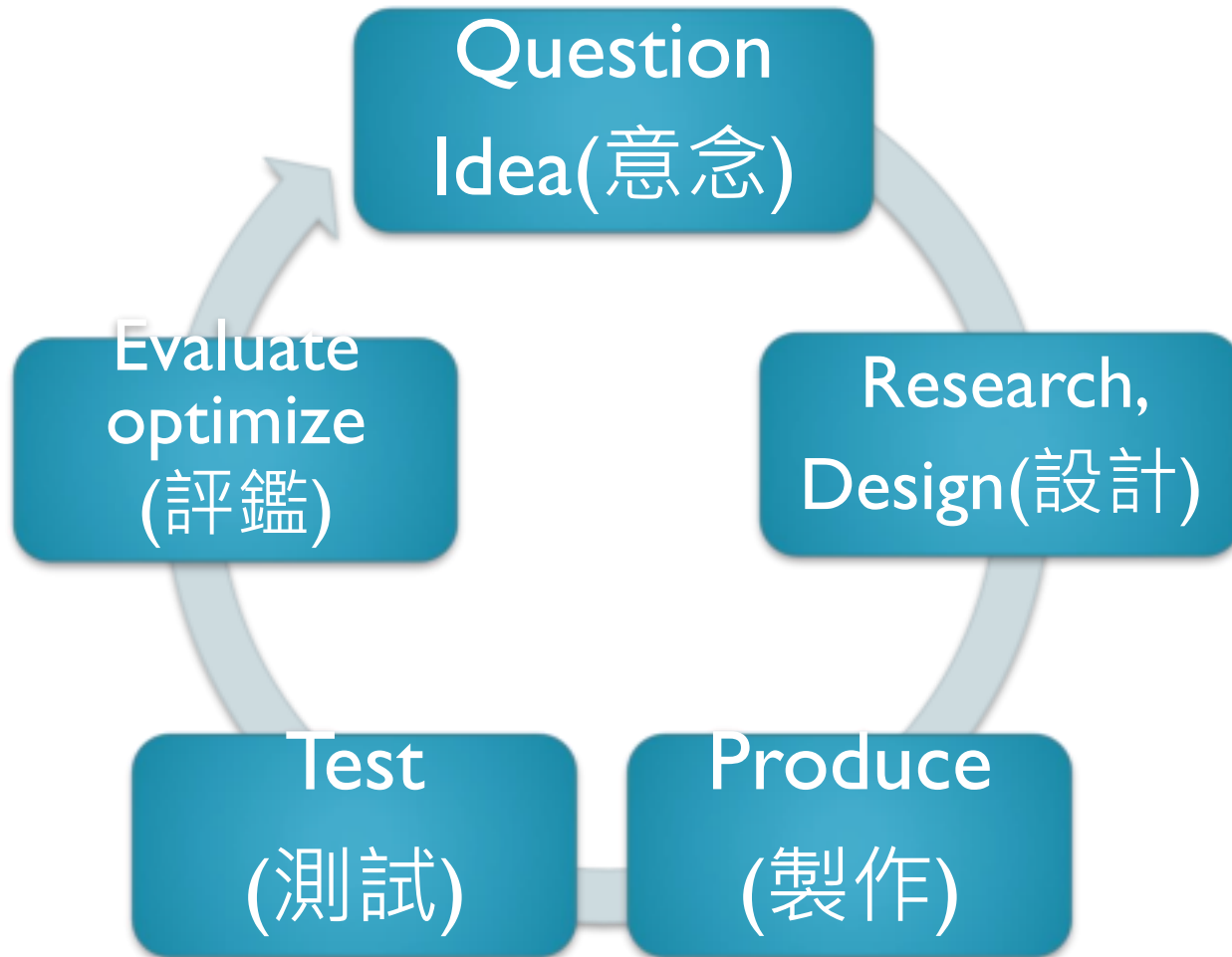
## 2. 思考解決問題的過程

評估方法					
教學鷹架					
21世紀技能					
非STEM學科					
M					
E					
T					
S					
解難過程	小組討論				




# 工程設計過程

(Engineering Design Process, EPD)



## 2. 思考解決問題的過程

評估方法					
教學鷹架					
21世紀技能					
非STEM學科					
M					
E					
T					
S					
解難過程	問題, 意念	研究, 方案	執行, 製造	測試, 記錄, 分析	檢討, 優化



如何將解難過程轉化為  
學習過程???

# 3. 設定與解難過程相關的學習目標

評估方法					
教學鷹架					
21世紀技能					
非STEM學科					
M	小組討論				
E					
T					
S					
解難過程	問題, 意念	研究, 方案	執行, 製造	測試, 記錄, 分析	檢討, 優化

# 3. 設定與解難過程相關的學習目標

21世紀技能	創意解難	資料搜集, 研究, 溝通 小組協作	解難	獨立思考 溝通	批判思維
非STEM學科		語文運用			
M				計算效率和 能源效益	
E		應用 設計循環			比較不同設計方案的優劣
T		應用 浮力感應器 ( 浮力 控制開關 )	運用工具		
S	虹吸作用 毛細管作用 滲透作用				
解難過程	問題, 意念	研究, 方案	執行, 製造	測試, 記錄, 分析	檢討, 優化

# 4. 設計指引 - 引導學生進行解難

評估方法

教學鷹架

21世紀技能

非STEM  
學科

M

E

T

S

年級

小組討論

問題, 意念

研究, 方案

執行, 製造

測試, 記錄, 分析

檢討, 優化

## 4. 設計指引/鷹架 - 引導學生進行解難

### 老師應思考的問題：

1. 要引導學生解決問題，老師需要向學生提出那些問題？
2. 學生需要先學習那些知識？
3. 應向學生提供哪些指引？
4. 學生可搜集那些相關資料？
5. 在何種程度上，學生可以自主設計和測試自己的解決方法？
6. 在解難過程中，估計學生在哪些方面需要支援？

# 教學鷹架設計的特點

1. 包含學生自行選擇的元素
2. 將解難過程分為不同階段，每階段各有一些需要達成的具體指標
3. 學生須將成果作清楚記錄
4. 須包含學生對自主學習的自我反思
5. 須根據已釐定的標準，評估學生在解難過程中的表現



# 4. 設計指引 - 引導學生進行解難

評估方法					
教學鷹架	知識重溫	提供研究方向 方案篩選 設計解難方案內容	引導思考 執行 / 製作流程	引導思考 測試方法 分析方法	評鑑準則 引導反思
21世紀技能					
非STEM學科					
M					
E					
T					
S					
解難過程	問題, 意念	研究, 方案	執行, 製造	測試, 記錄, 分析	檢討, 優化




# STEM活動評估設計



# 從STEM活動設計到課程設計

層面	設計	實施	評估
1. 活動	活動目標 解難過程 學科知識整合	活動流程 跨科協作施教 分組學習 自主學習	評估指標 評估模式
2. 課程	課程目標 學科知識整合 跨科課程規劃,主題編排 內容結構,	器材操作 內容及活動編排 跨科協作施教	(整體課程) 評估模式 評估比重

# STEM課程設計框架

評估方法					
教學鷹架					
21世紀技能					
非STEM學科					
M					
E					
T					
S					
年級					

# STEM課程設計

## 課程議題

1. 學科+STEM綜合
2. 進程階梯  
學科概念，思維技能

# I. 學科+STEM綜合

- 學科滲透模式 (加入應用環節)
- 跨科專題模式 (以跨科專題，全面綜合)

## 2. 進程階梯

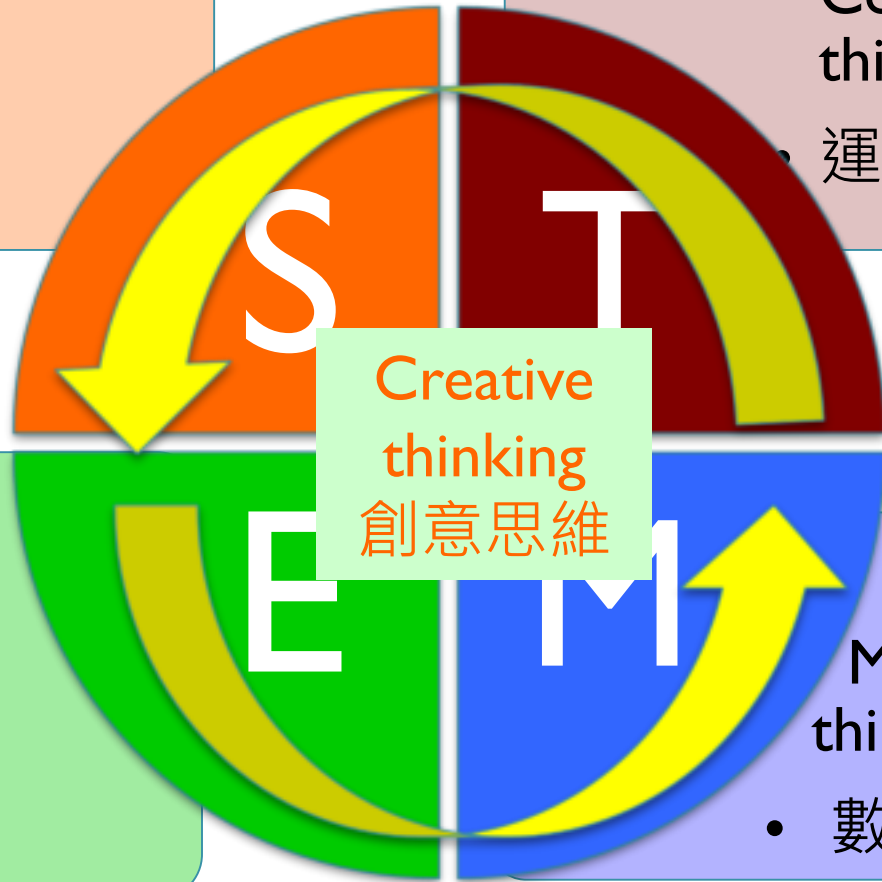
- **STEM**學科概念: 系統化發展
- **STEM**思維能力: 系統化發展



# STEM思維能力:系統化發展 (工程設計)

- Scientific thinking
- 科學思維

- Computational thinking
- 運算思維

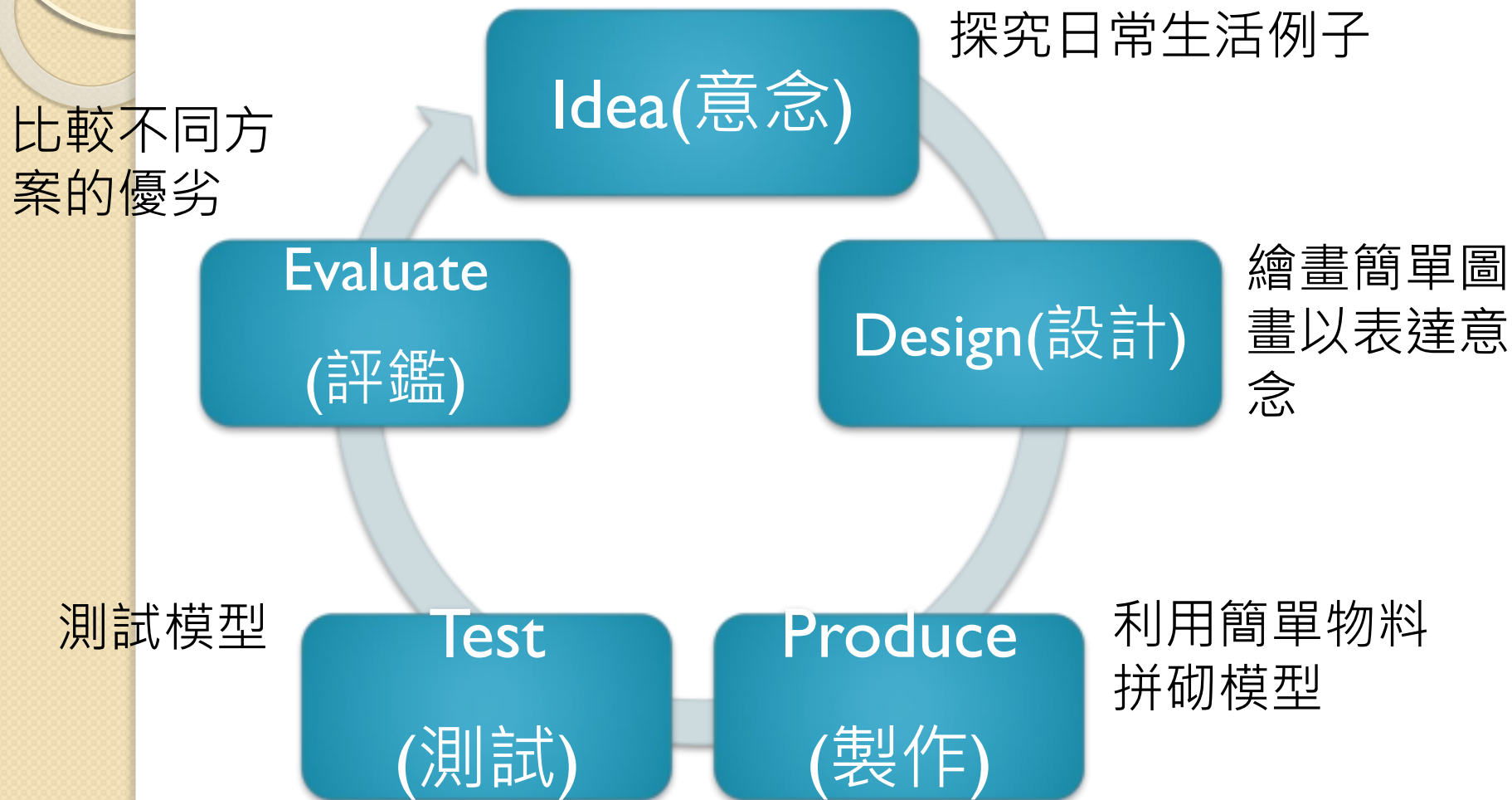


Creative thinking  
創意思維

- Design thinking
- 設計思維

- Mathematical thinking
- 數學思維

# 初小 - 工程設計過程 (Engineering Design Process, EPD)



# 高小 - 工程設計過程

## (Engineering Design Process, EPD)

探究日常生活例子  
創作意念

Idea(意念)

創作意念  
繪製簡單設計圖  
，以呈現意念

Design(設計)

運用簡單工具  
製作原型，展現創  
意

Produce

(製作)

Test

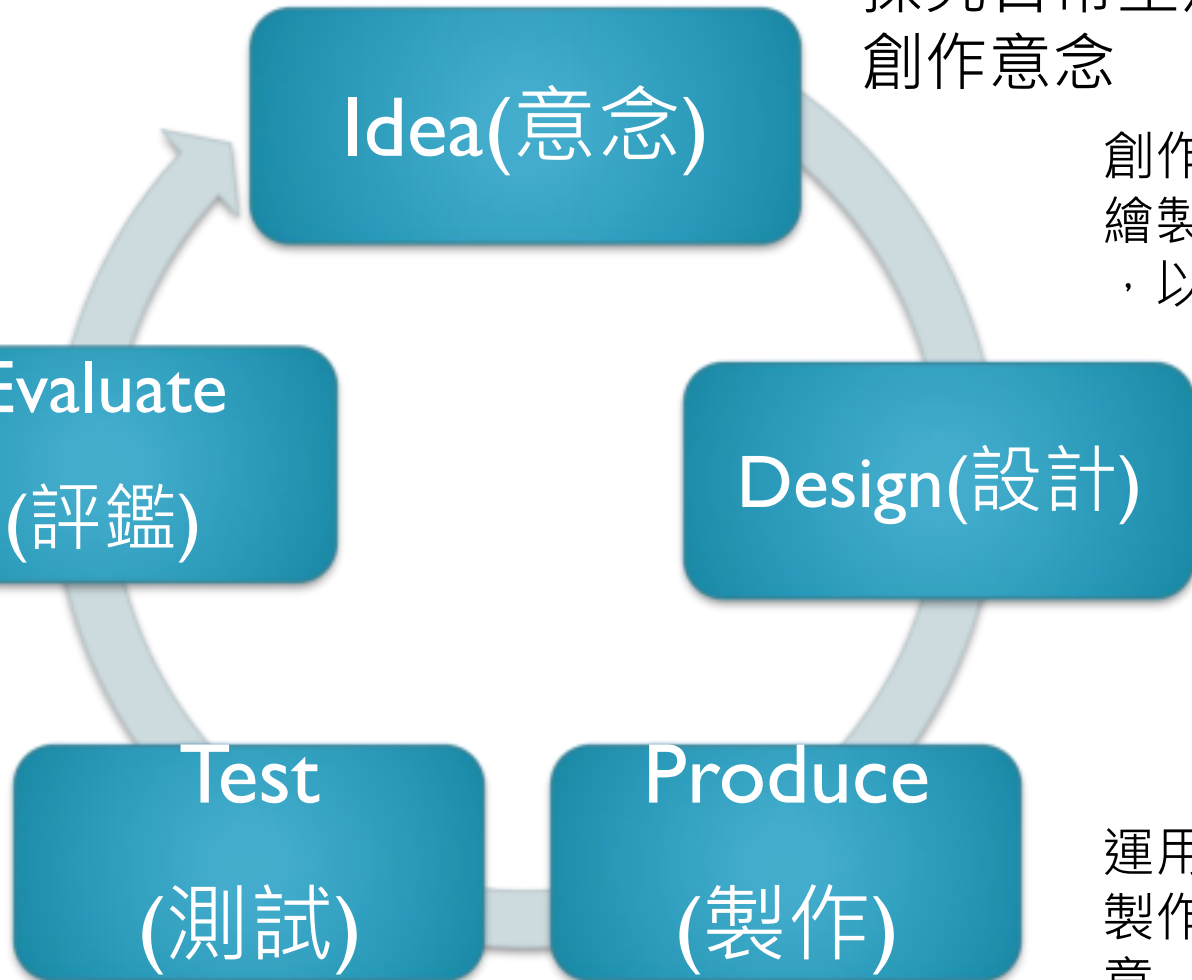
(測試)

Evaluate

(評鑑)

比較不同方案  
的優劣  
嘗試解釋原因  
優化設計

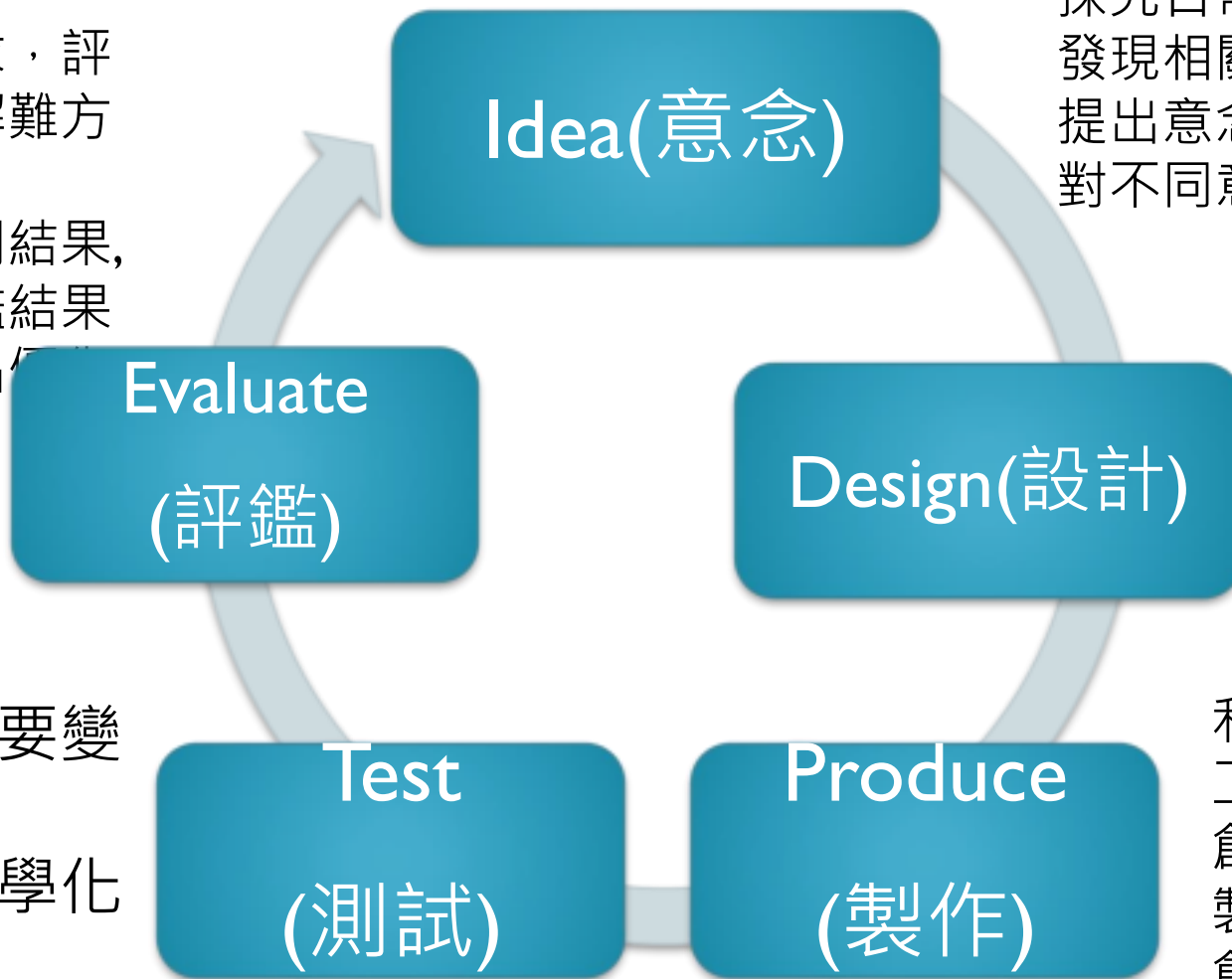
有系統地  
測試原型



# 初中 / 高中 - 工程設計過程 (Engineering Design Process, EPD)

根據要求，評鑑不同解難方案，解釋不同結果，根據評鑑結果進行產品優化

辨識重要變項，進行科學化測試



探究日常生活問題，發現相關科學原理，提出意念，對不同意念持開放態度

了解要求和限制，應用知識，繪畫詳細設計圖

利用較複雜科技工具，創意地運用物料，製作原型，展現創意

# STEM思維能力:系統化發展 (各主要學科範疇的思維技能)

主題： \_\_\_\_\_

學習階段	科學	科技	工程	數學	其他
高階					
中階					
初階					

# 科學 (STEM)

學習階段	學習目標
高階	<ul style="list-style-type: none"><li>• 通過科學研究發現新知識，以應用於工程設計</li><li>• 運用科技工具, 進行科學探究 ( 例如：數據收集，分析和匯報 )</li></ul>
中階	<ul style="list-style-type: none"><li>• 將在課堂上學習到的基礎科學概念應用於熟悉的地方</li><li>• 運用科技工具進行科學探究 ( 例如：數據收集，分析和匯報 )</li></ul>
初階	<ul style="list-style-type: none"><li>• 運用基礎科學概念或事實以解決問題或製作原型</li><li>• 運用簡單工具，以協助進行科學探究或工程設計</li></ul>

# 工程(STEM)

學習階段	學習目標
高階	<ul style="list-style-type: none"><li>• 將複雜問題分拆成不同部分，以便於解決</li><li>• 運用先進的科學和數學原理於工程設計，並於有需要時進行科學研究</li><li>• 運用較複雜的資訊科技，或將科技器材嵌入製成品之中</li><li>• 考慮設計標準的優次，以便於在不同解決方案之間作出平衡取捨</li></ul>
中階	<ul style="list-style-type: none"><li>• 界定問題，以及釐定工程設計所要求的具體標準，並考慮各種限制</li><li>• 選擇和引入科技元件，以加強工程設計的效能</li><li>• 在工程設計中應用較廣泛的科學概念</li></ul>
初階	<ul style="list-style-type: none"><li>• 界定簡單問題</li><li>• 根據日常觀察所得或簡單科學概念，萌生設計意念</li><li>• 根據可觀察到的特徵，比較不同設計方案的優劣</li><li>• 運用簡單工具，以協助進行科學探究或工程設計</li></ul>

# 數學(STEM)

學習階段	學習目標
高階	<p>應用代數模擬變項之間的關係（作假設或預測之用）</p> <p>運用數學模擬方法，展示工程設計中不同變項的影響</p> <p>（例如：優化製作所需的輸入和條件）</p> <p>應用較複雜的統計方法，分析和展示數據</p> <p>在工程設計中應用空間和幾何概念</p>
中階	<p>運用數學方法（例如：圖表）展示數據和變項之間的關係</p> <p>根據科學探究或工程測試所取得的數據作出預測</p>
初階	<p>利用簡單量度工具進行量度</p> <p>根據探究或設計上的需要，進行簡單數學運算</p>



# 科技(STEM)

學習階段	學習目標
高階	<ul style="list-style-type: none"><li>• 辨識用家的需要</li><li>• 分析需要多元解決方案之較複雜問題</li><li>• 選擇和運用資訊科技軟件和工具，以進行科學研究和電腦模擬</li><li>• 製造量度工具</li><li>• 從多角度分析科技發明的影響與道德含義</li><li>• 為科學探究和工程設計製成新科技工具</li></ul>
中階	<ul style="list-style-type: none"><li>• 萌生具創意的意念（例如：新發明），以解決問題</li><li>• 選擇工程設計所需要的合適元件</li><li>• 引入科技元件，以加強工程設計的效能</li></ul>
初階	<ul style="list-style-type: none"><li>• 運用簡單工具，以協助進行科學探究或工程設計</li></ul>



如何持續發展STEM課程?

願景

技術支援，  
資源管理，  
社區參與

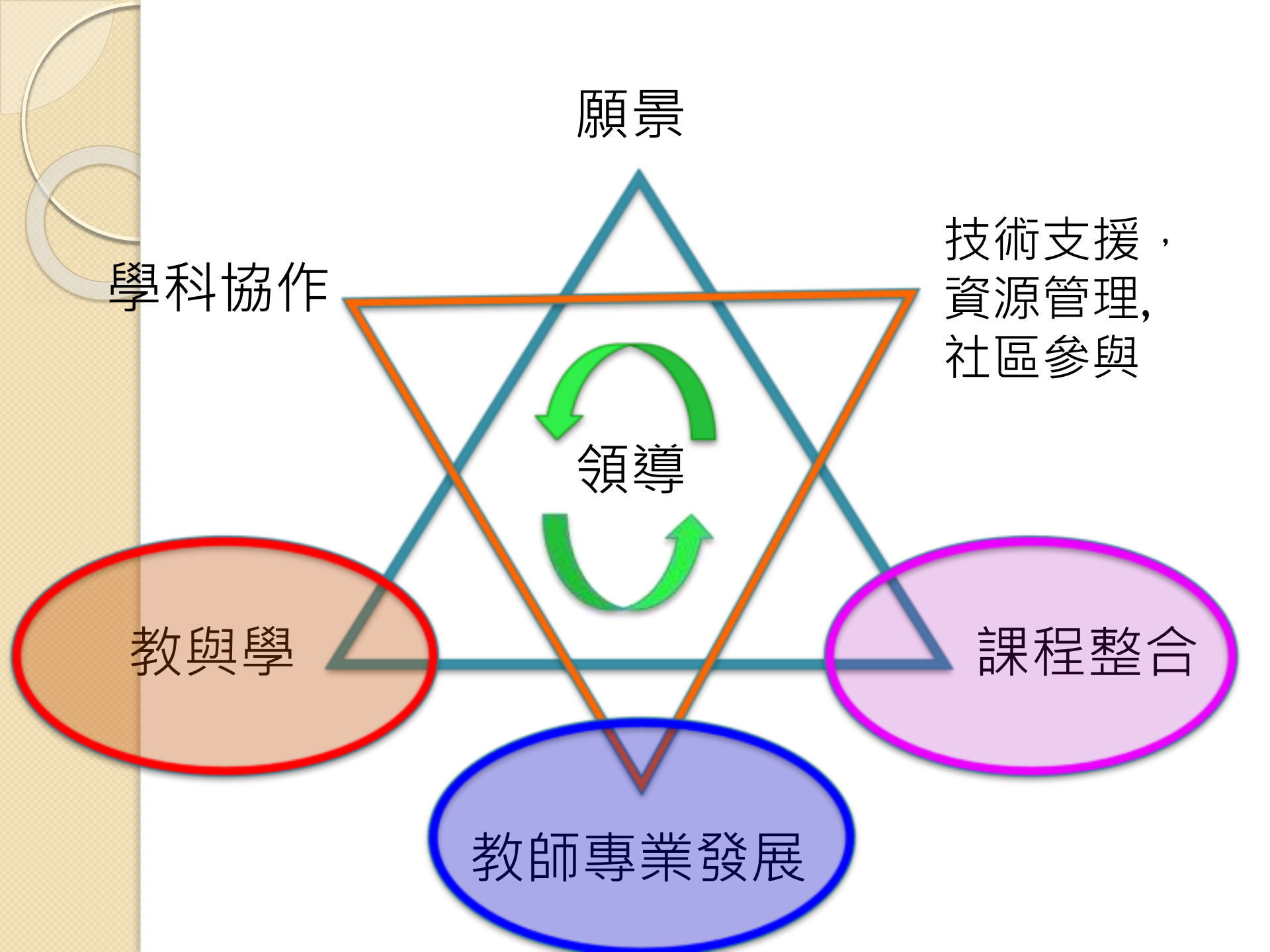
學科協作

領導

教與學

課程整合

教師專業發展





完

謝謝！