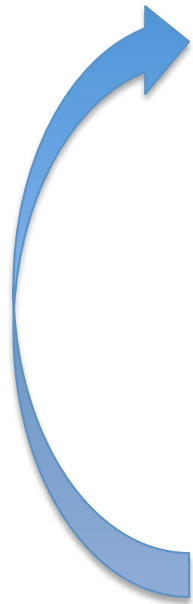


# STEM 綜合學習的評估

# 本工作坊探討.....

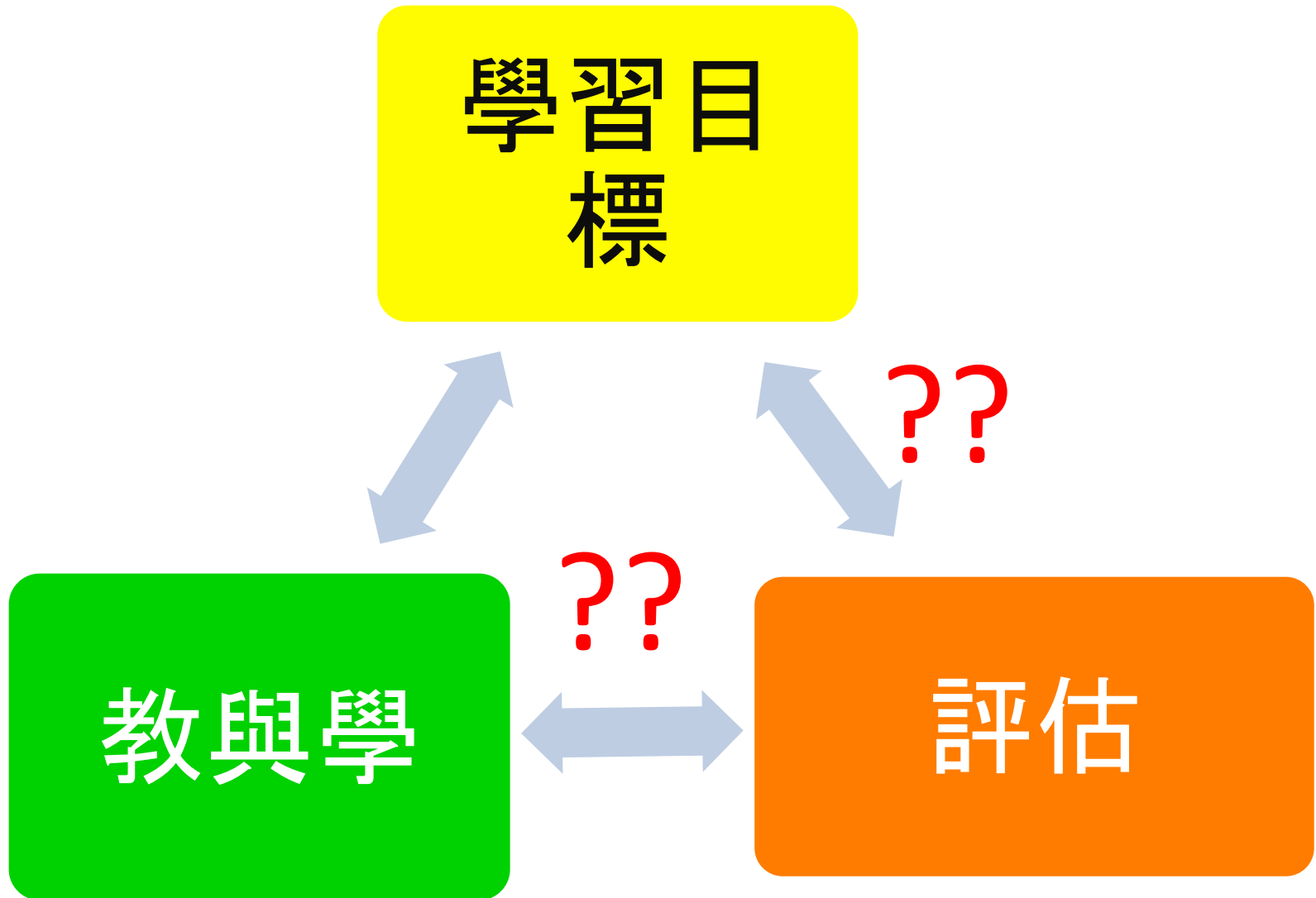
## 6 'W's

1. 為何評估？
2. 評估什麼？
3. 何處評估？
4. 何時評估？
5. 如何評估？
6. 誰負責評估？



1. Why - 為何評估？

# 課程循環(回饋圈)



## 2. What - 評估什麼？

# 學習目標範疇

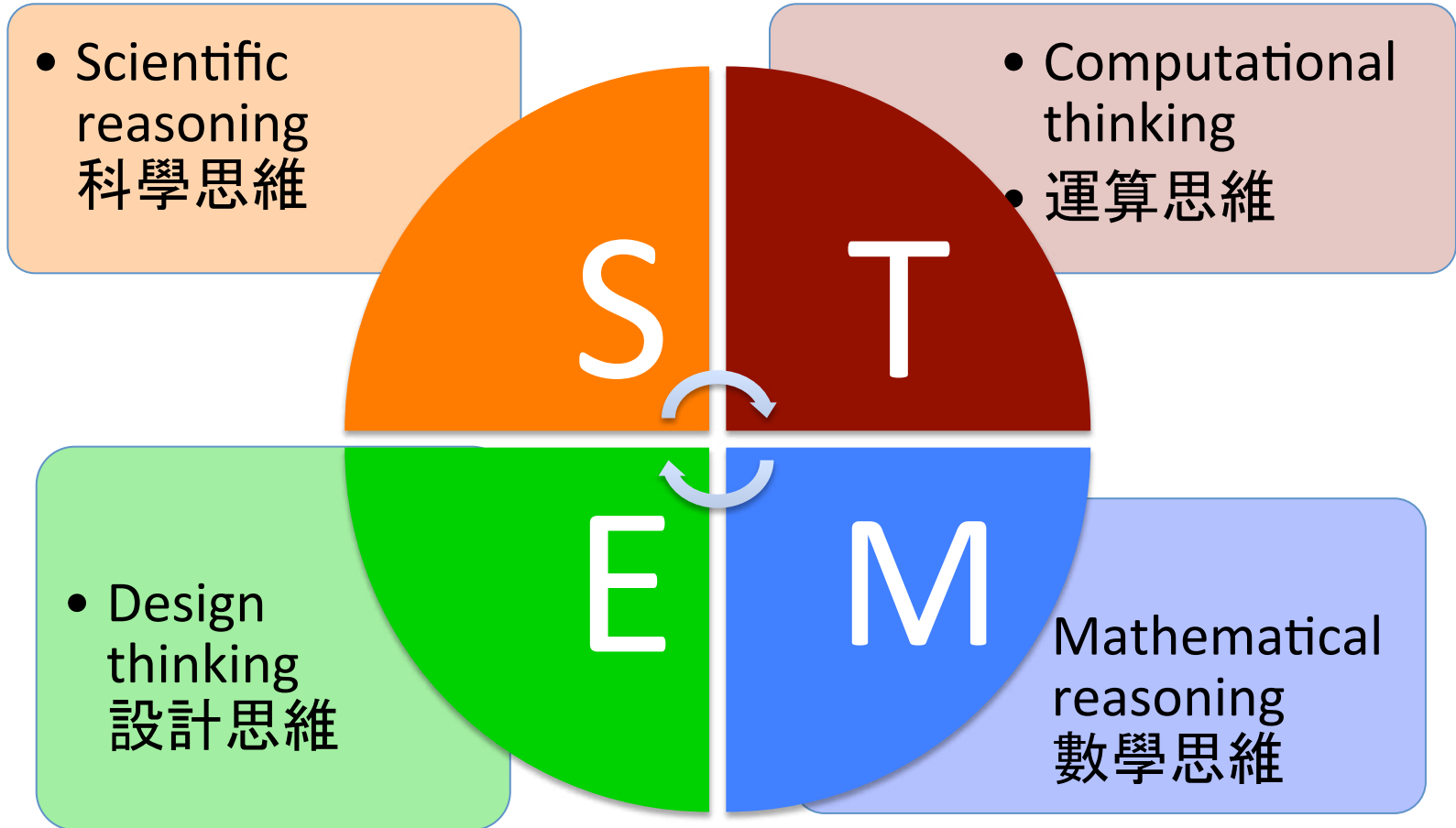
1. 按照STEM範疇
2. 按照目標的性質
  - 概念
  - 過程
  - 廿一世紀技能
  - 元認知
  - 態度
3. 按照認知能力
4. 按照過程思維

### 3. 按照認知能力/層次) 布魯姆的認知層構 (Bloom's Taxonomy)

認知層次	
記憶 Remember	說出設計循環的不同階段
理解 Understand	明白某個科學概念
應用 Apply	應用科學概念於製作科技產品
分析 Analyse	辨析兩個變項的關係
評鑑 Evaluate	評鑑實驗數據是否足以支持某個結論
創造 Create	計劃一個設計活動

高階思維

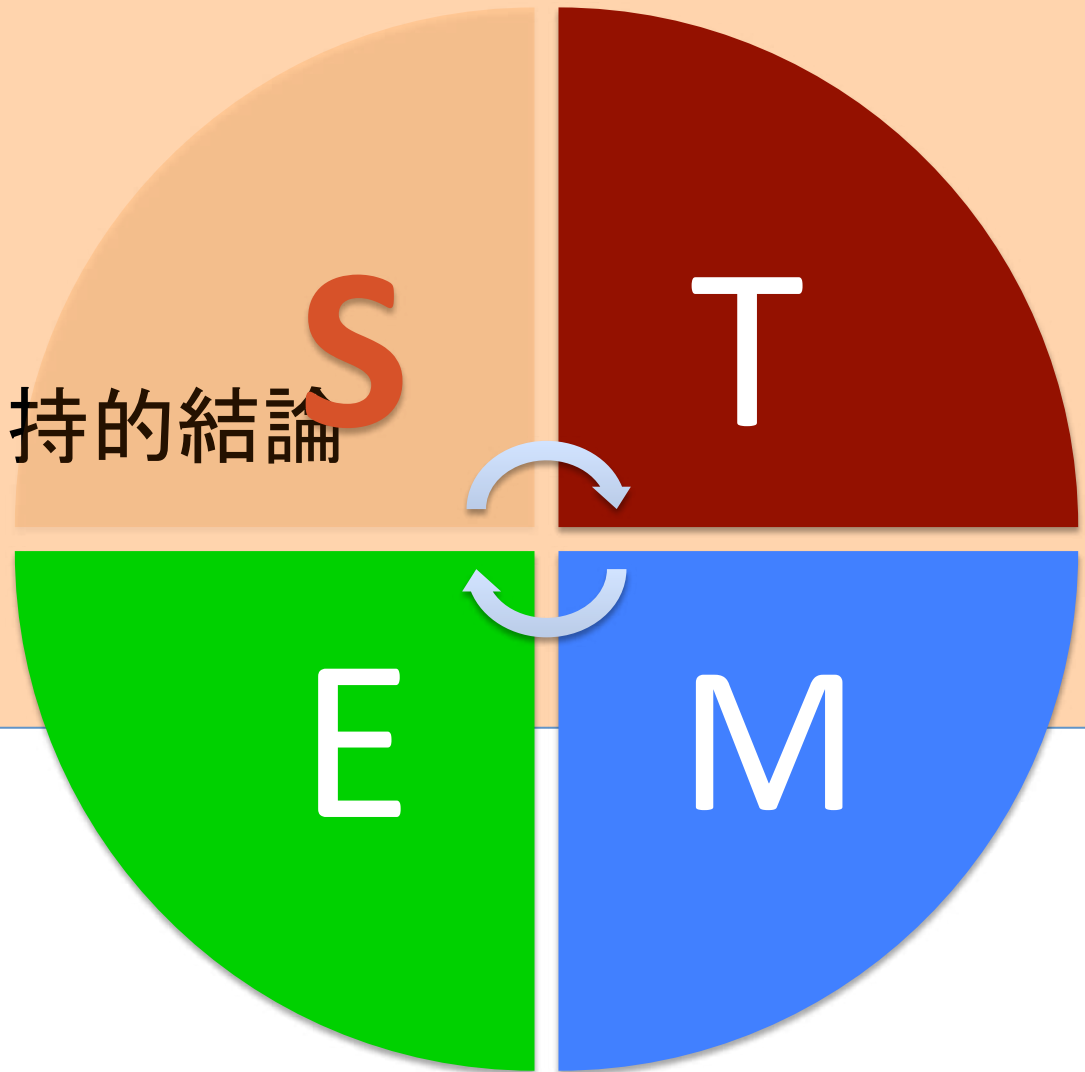
## 4. 過程思維

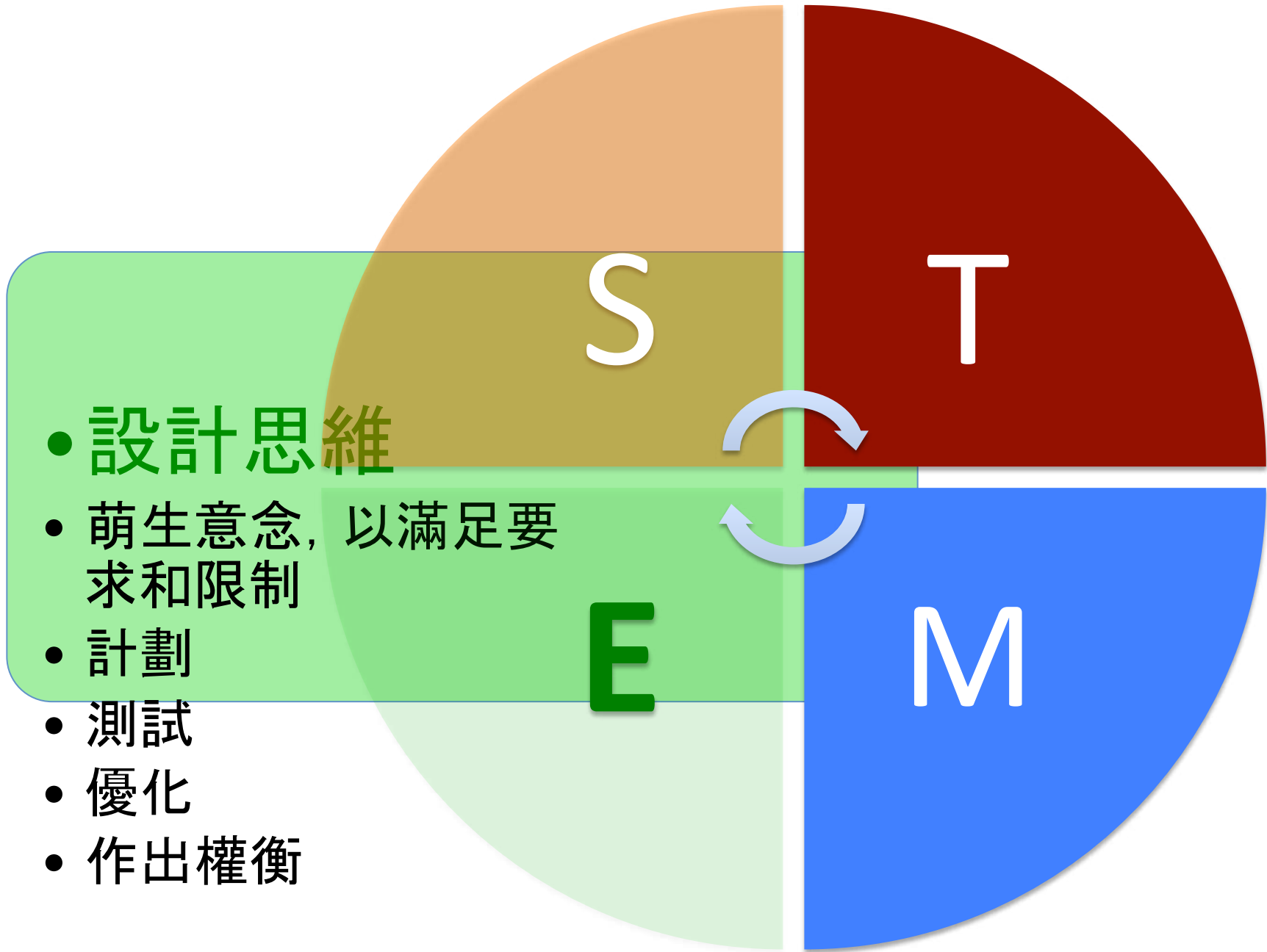




# ● 科學思維

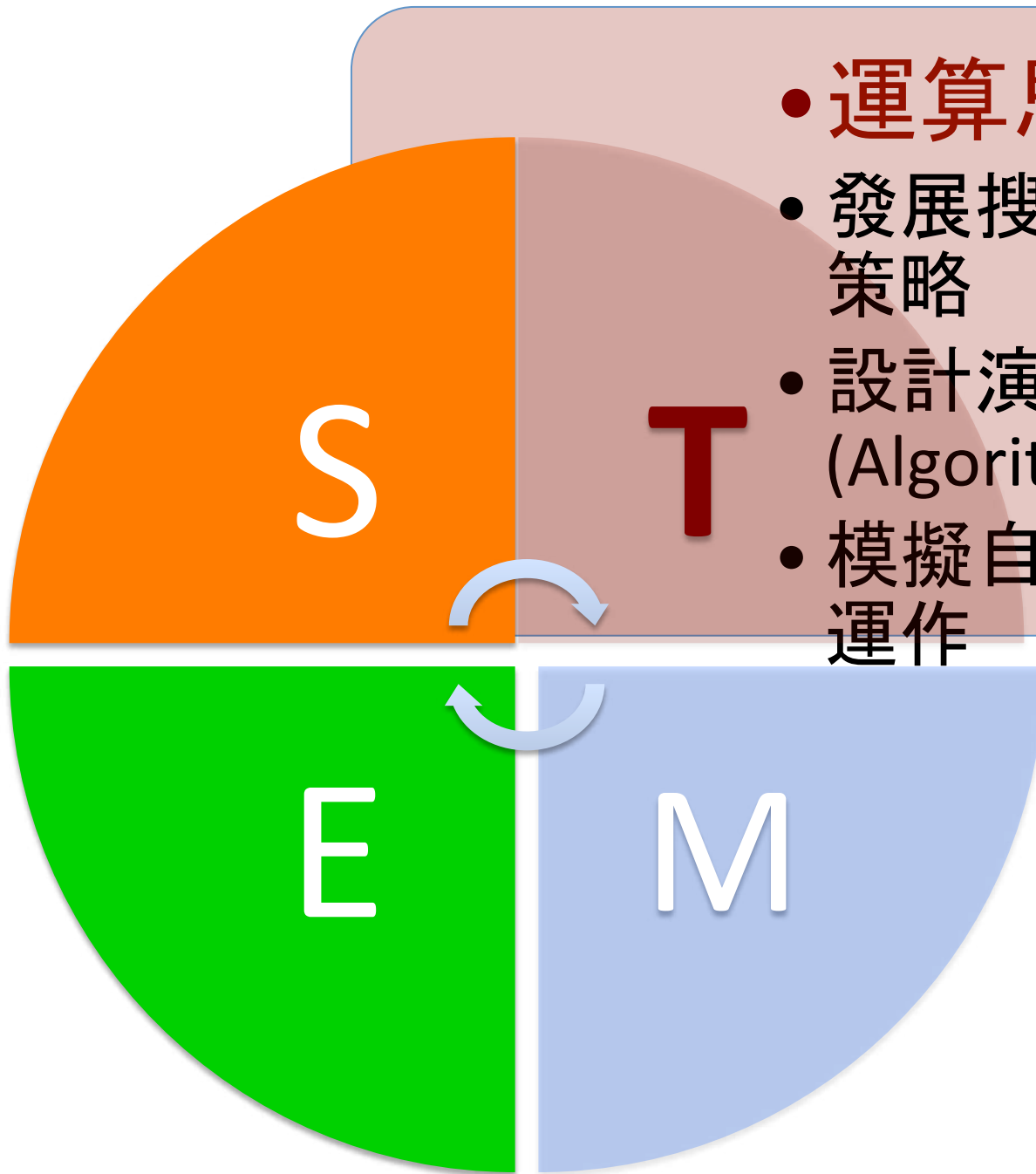
- 尋找模式
- 驗證假設
- 控制變項
- 作出有實證支持的結論





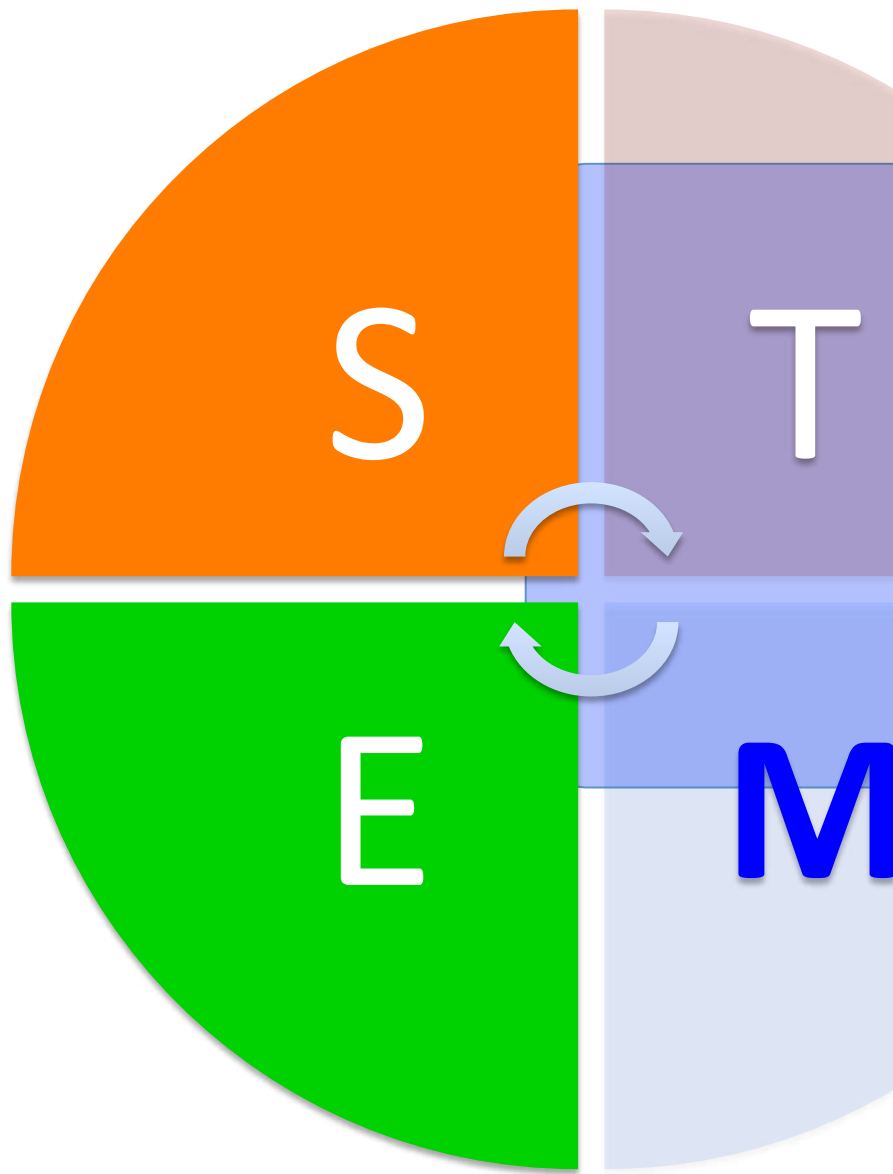
- 設計思維

- 萌生意念, 以滿足要求 and 限制
- 計劃
- 測試
- 優化
- 作出權衡



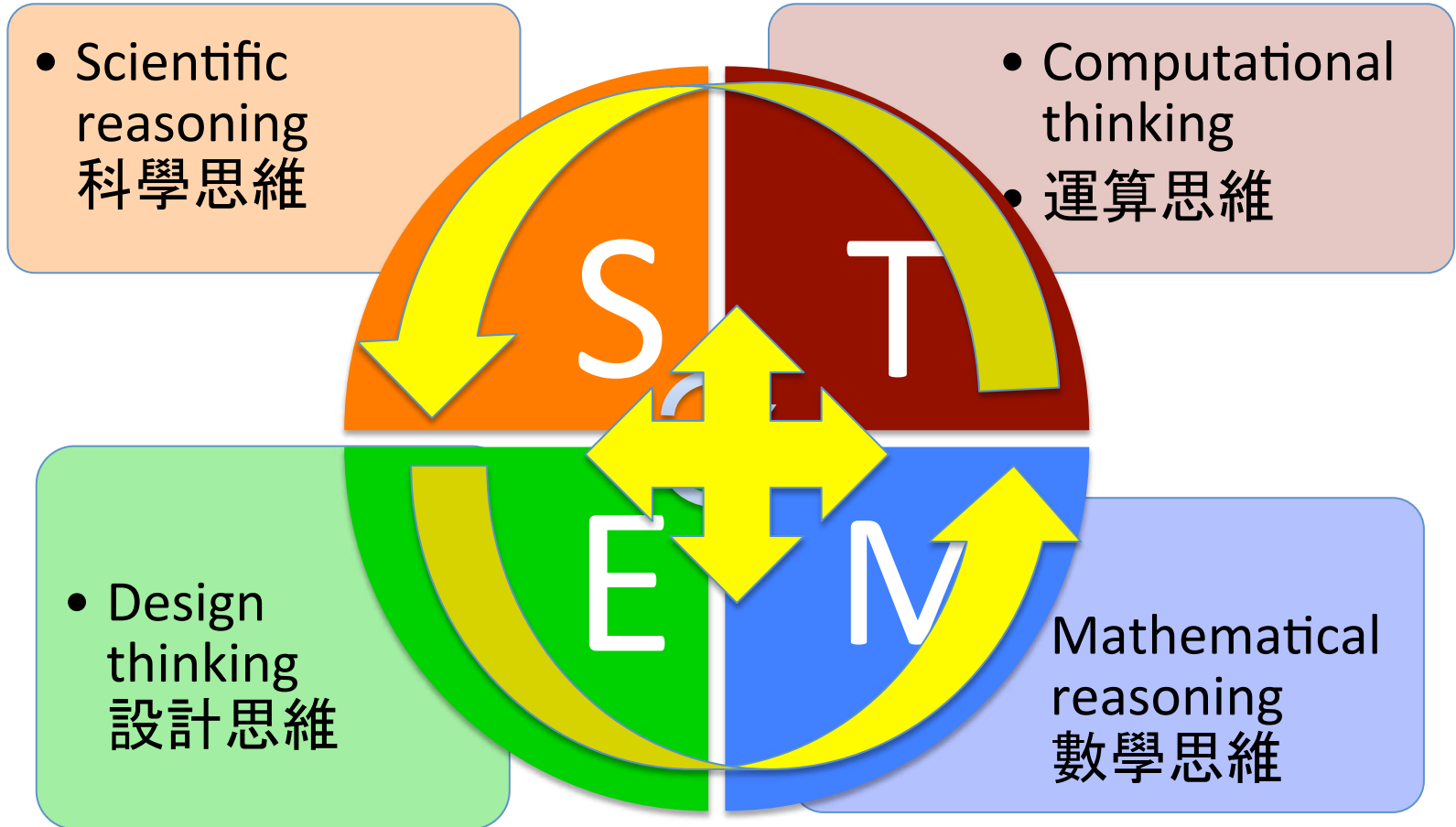
- **運算思維**

- 發展搜尋及組織數據的策略
- 設計演算的步驟 (Algorithm)
- 模擬自然或人工系統的運作



- **數學思維**
- 尋找數學模式
- 發現關係
- 表達關係
- 代數思維
- 幾何思維

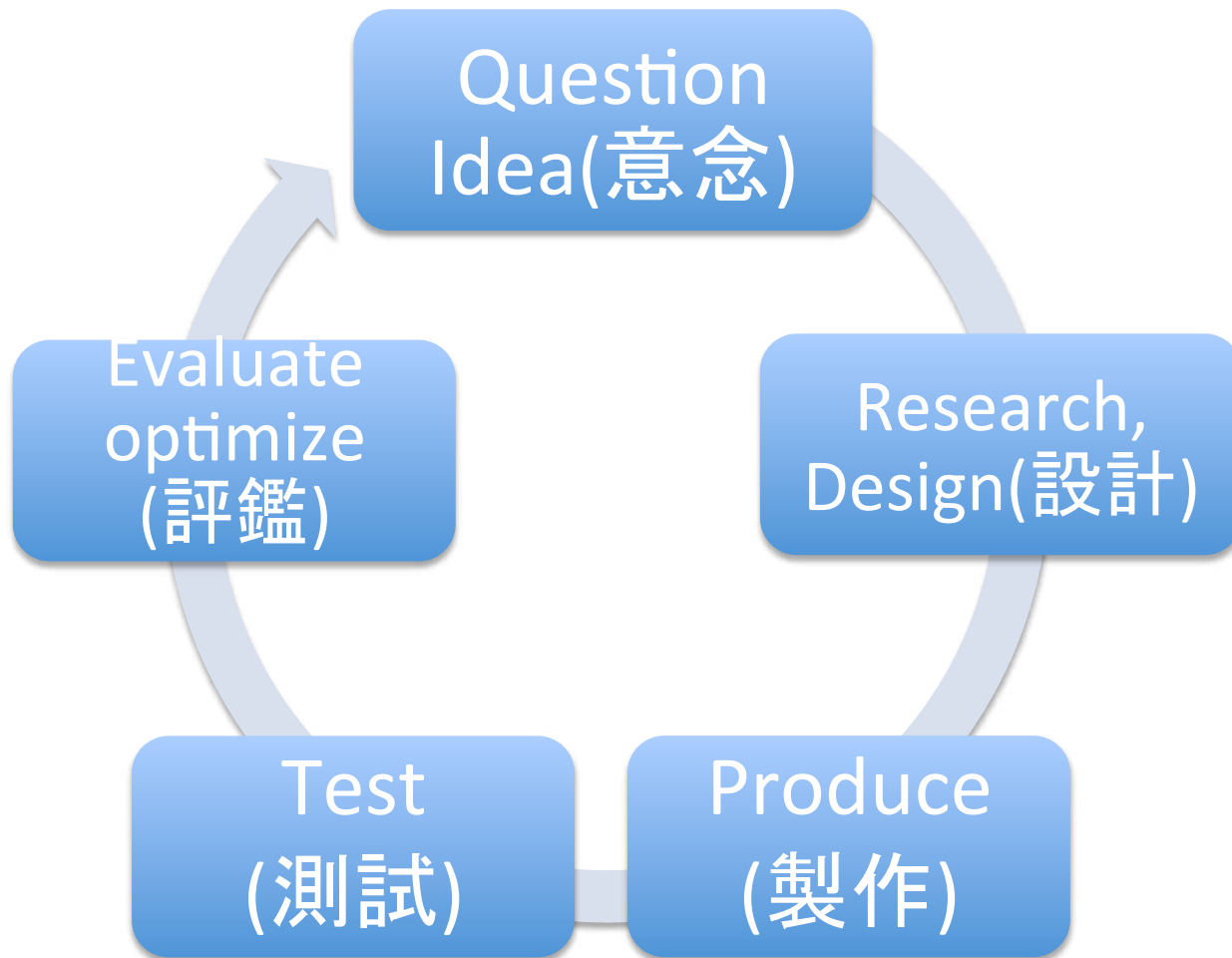
# 4. 過程思維



3. Where - 何處評估？

# 工程設計過程

(Engineering Design Process, EPD)



# 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

Evaluate  
(評鑑)

辨識重要變  
項，  
進行科學化  
測試

Test  
(測試)

Question  
Idea(意念)

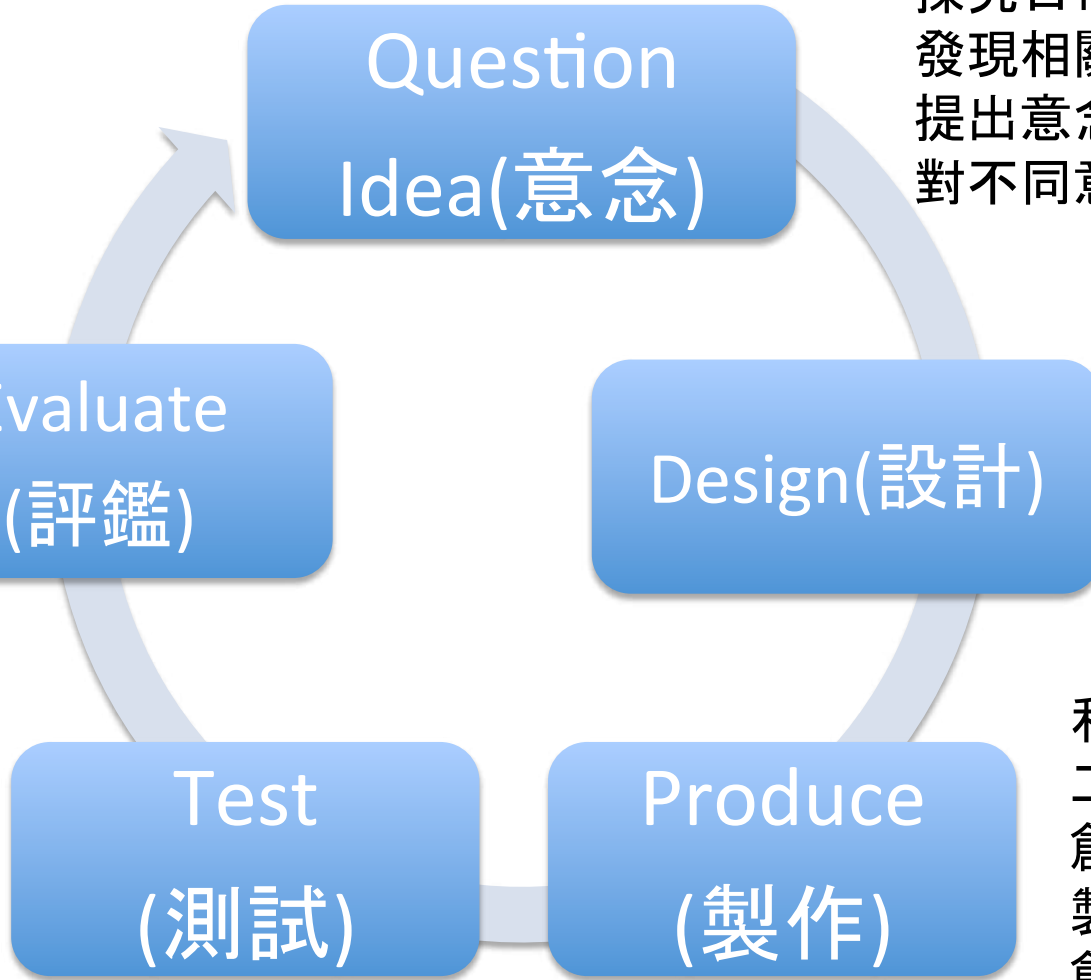
探究日常生活問題，  
發現相關科學原理，  
提出意念，  
對不同意念持開放態度

Design(設計)

了解要求和限制，  
應用知識，  
繪畫詳細設計圖

Produce  
(製作)

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 活動的評估

設計一個細小的容器，令一杯熱飲保持溫度。

要求：

- 能盡量保持熱飲的溫度
- 容器的大小僅可容納一杯飲品
- 可重用

限制：

- 低成本
- 物料要能在超市購得

評估：研究／資料搜集

# 問題為本學習 - 知識檢查表

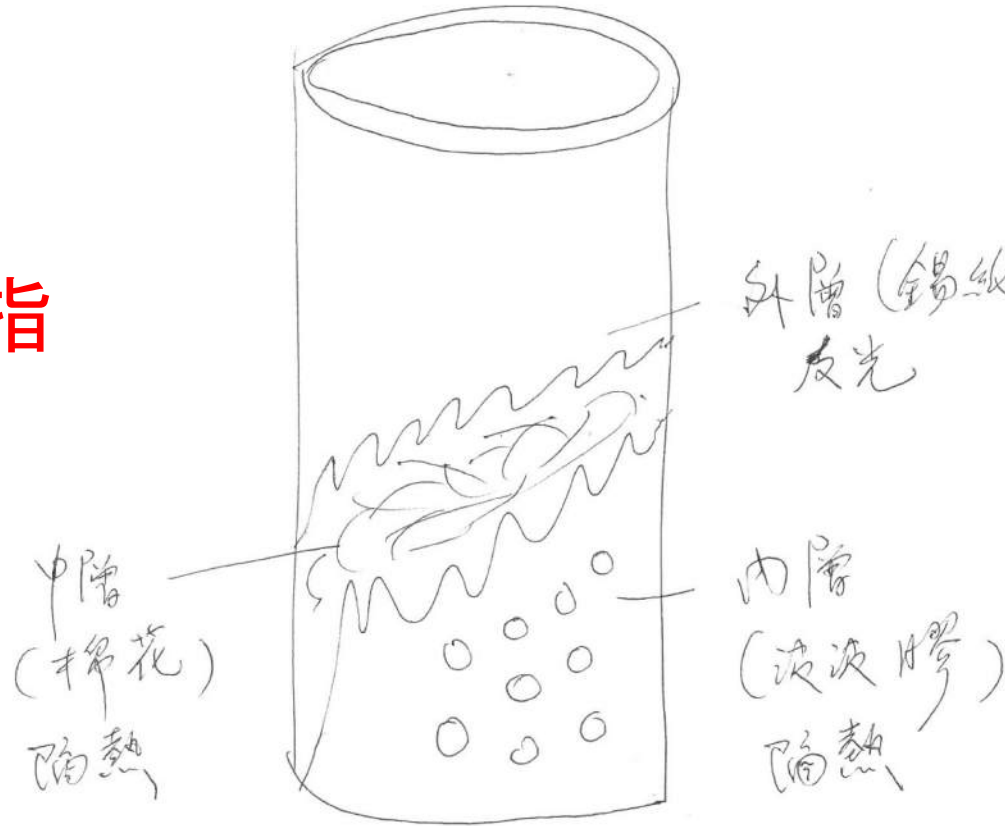
問題部分	已有知識	未有知識 (口頭或書面報告 - 有關自主研習所得)	學習途徑
使用物料	熱傳導 (conduction) 絕緣體	熱輻射 (radiation)	網上資源

# 評估設計圖

# 保暖裝置

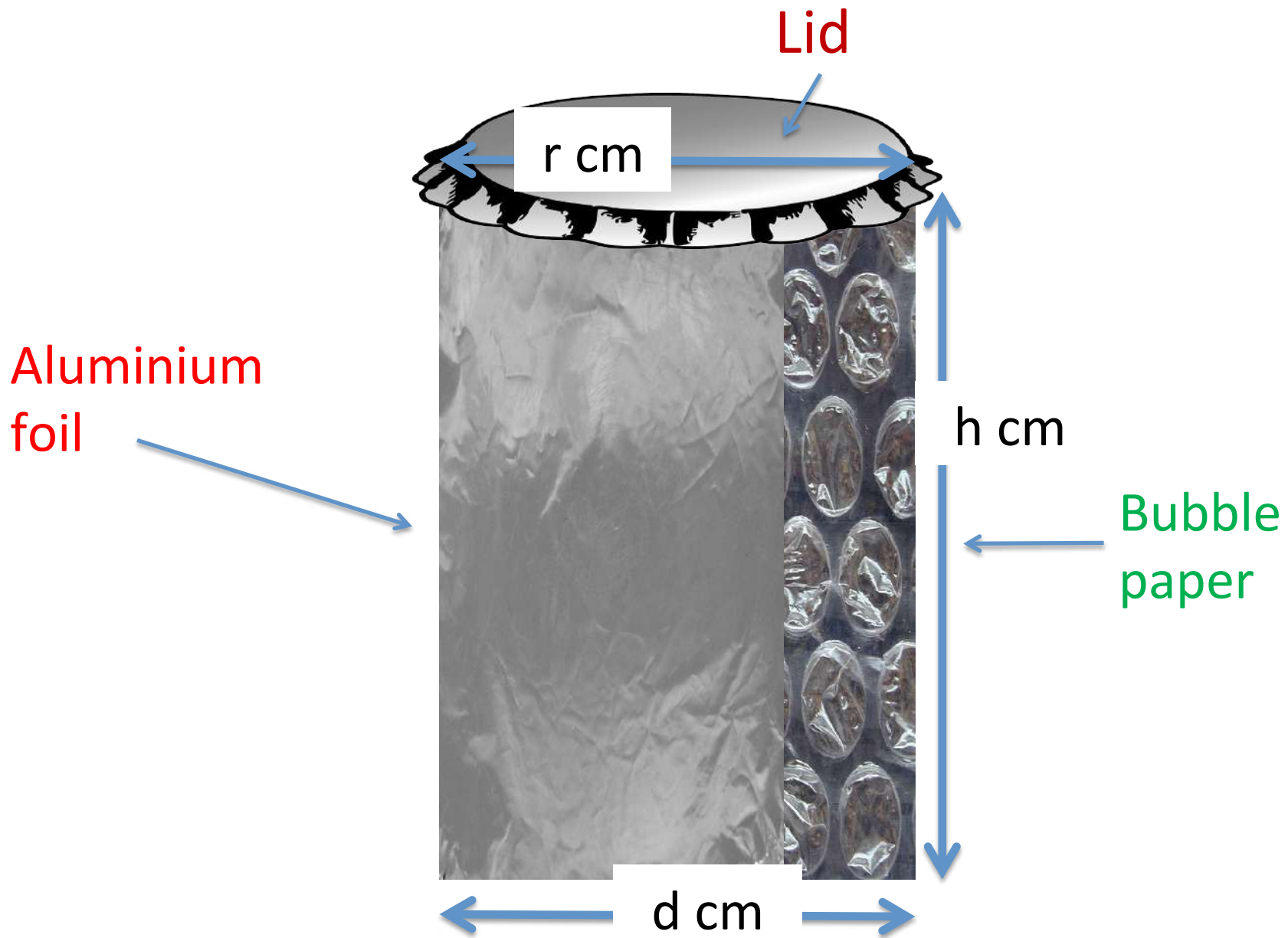
小組討論:

哪些是評估設計圖的指標?



# 設計圖所能揭示的學習證據

- 應用知識的證據
  - 描述和解釋設計包含的各部分(科學)
  - 設計的大小(數學)
  - 能否滿足設計的要求和限制(工程)
- 整體解難能力
- 溝通技能(文字, 圖像)
- 創意



杯蓋透過減少對流, 減少熱能流失

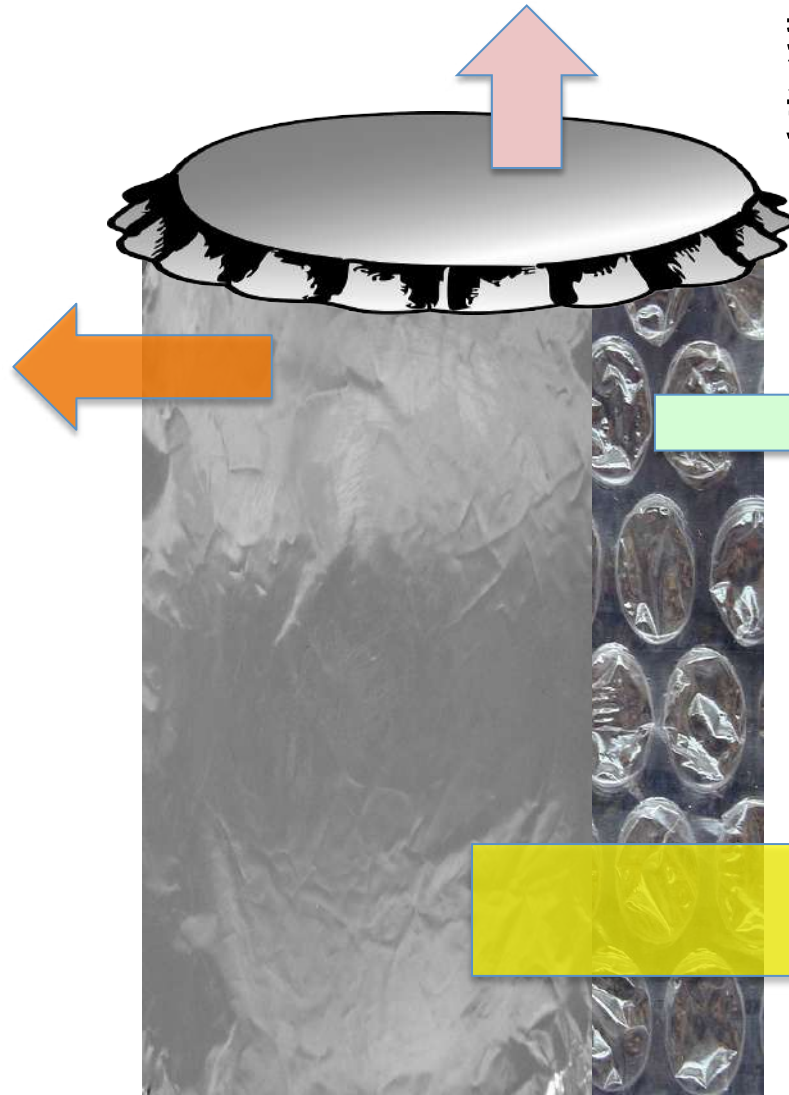


鋁紙透過減少輻射, 減少熱能流失

波波紙透過減少傳導, 減少熱能流失



因鋁紙而減少的  
熱能流失(透過  
輻射) =  $RH(A)$



因杯蓋而減少的  
熱能流失(透過  
對流) =  $RH(L)$

因波波紙而減  
少的熱能流失  
(透過傳導)  
=  $RH(B)$

$RH(T)$  保溫器  
減少的整體  
熱能流失

$$RH(T) = RH(L) + RH(A) + RH(B) = \text{original heat loss} - \text{new heat loss}$$

# 評估對原型(prototype)的測試

# 有關原型(prototype)的測試的證據

時間	溫度
0 min	4
15 min	12

小組討論:

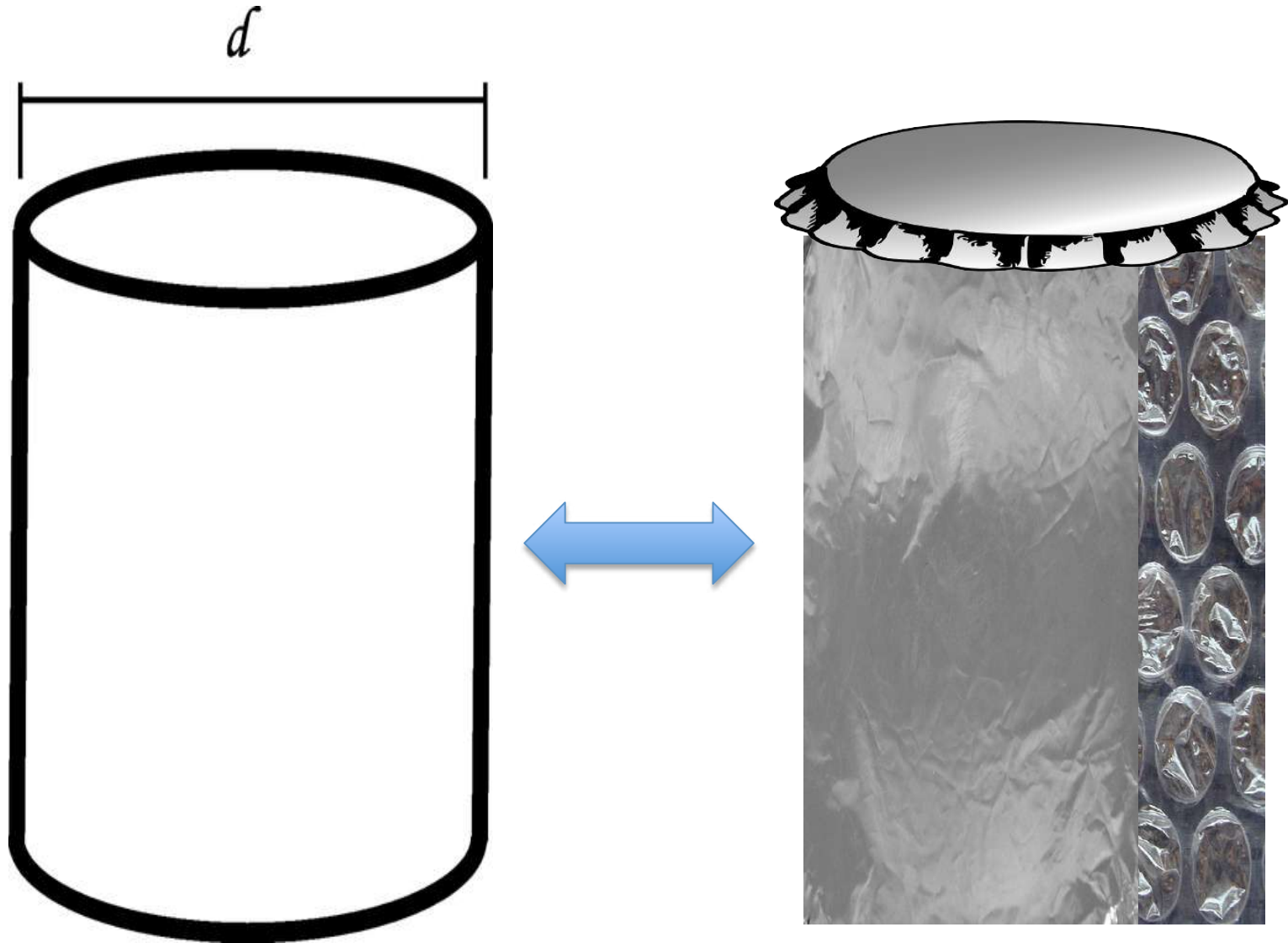
哪些是評估測試數據的指標？

# 有關原型(prototype)的測試的**指標**

科學部分：

- 選擇須測試的變項
- 測試公平與否？
- 測試重複次數？
- 數據收集是否適當？
- 是否清楚記錄？（例：單位，收集次數）
- 分析是否合乎邏輯？

# 整體產品的效能

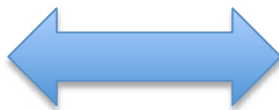


# 杯蓋的效能

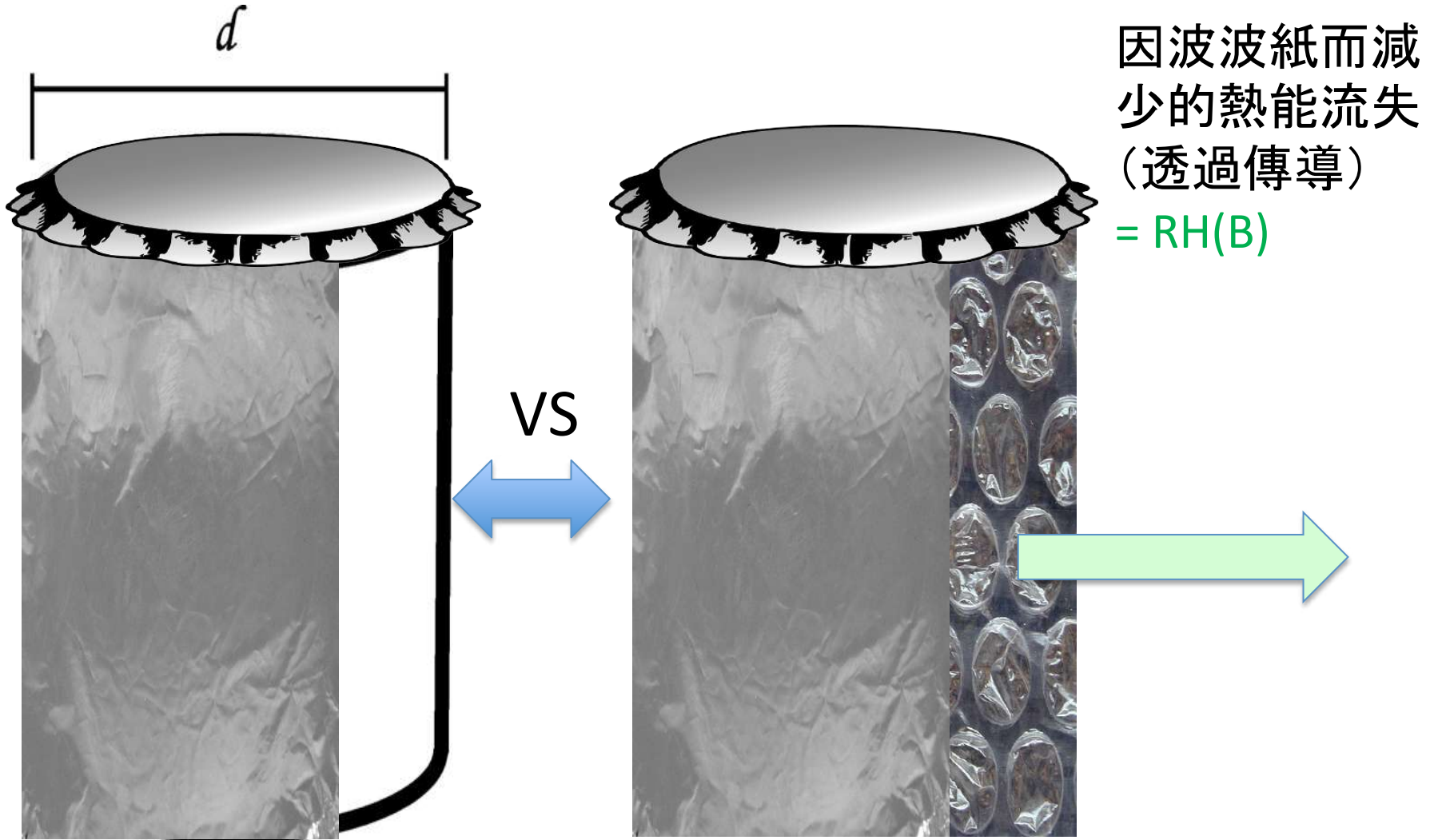
因杯蓋而減少的  
熱能流失(透過  
對流) =  $RH(L)$



VS



# 波波紙的效能



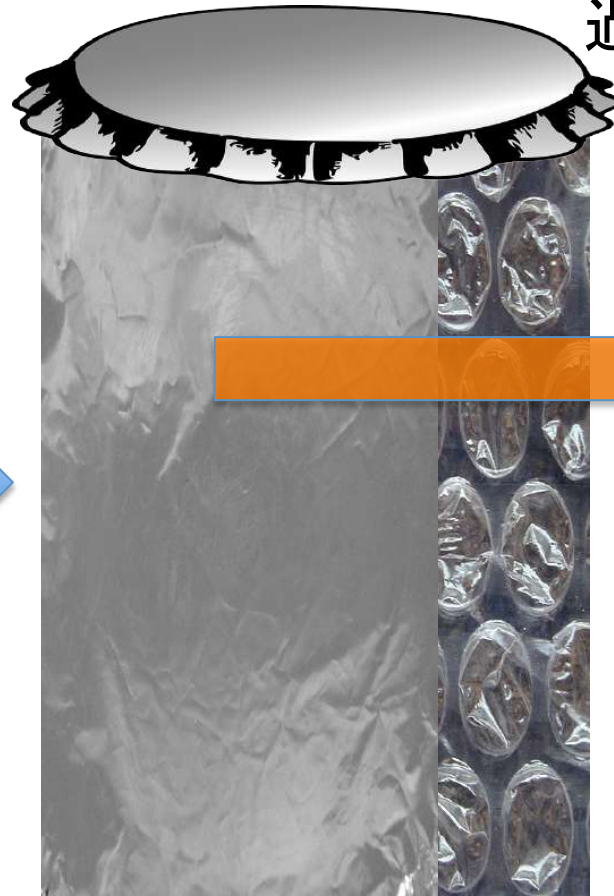


# 鋁紙的效能

因鋁紙而減少  
的熱能流失(透  
過輻射) =  $RH(A)$

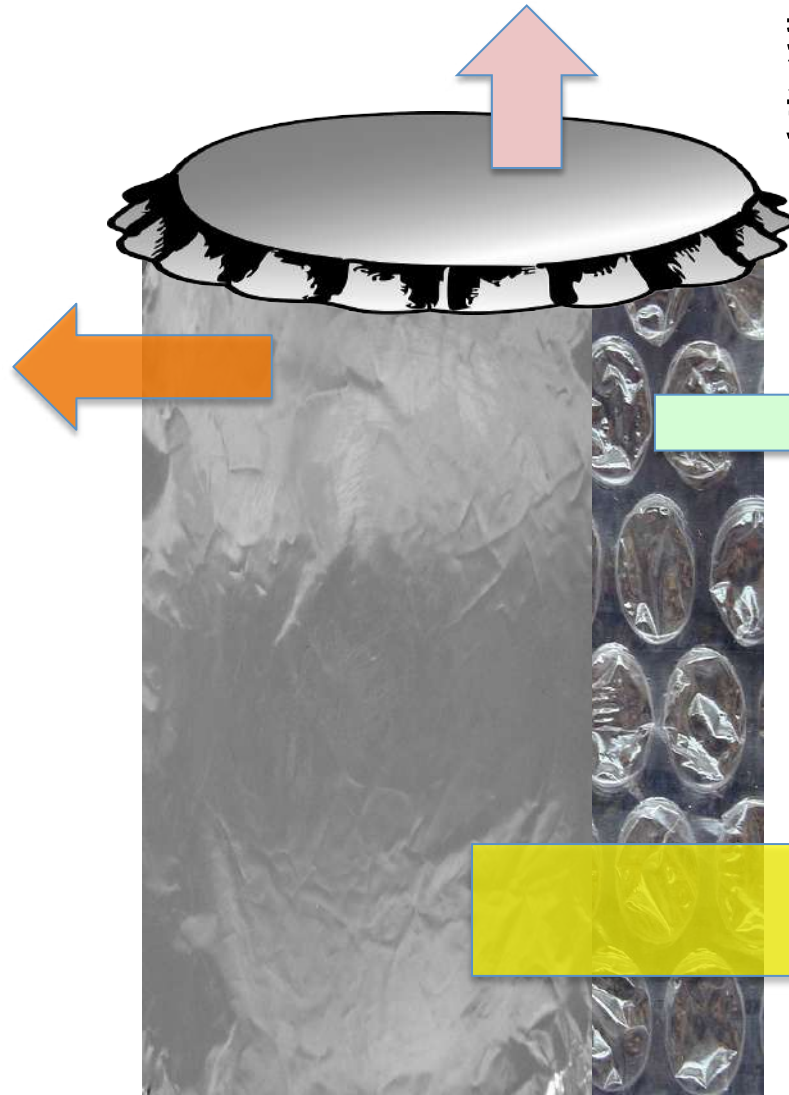


VS





因鋁紙而減少的  
熱能流失(透過  
輻射) =  $RH(A)$



因杯蓋而減少的  
熱能流失(透過  
對流) =  $RH(L)$

因波波紙而減  
少的熱能流失  
(透過傳導)  
=  $RH(B)$

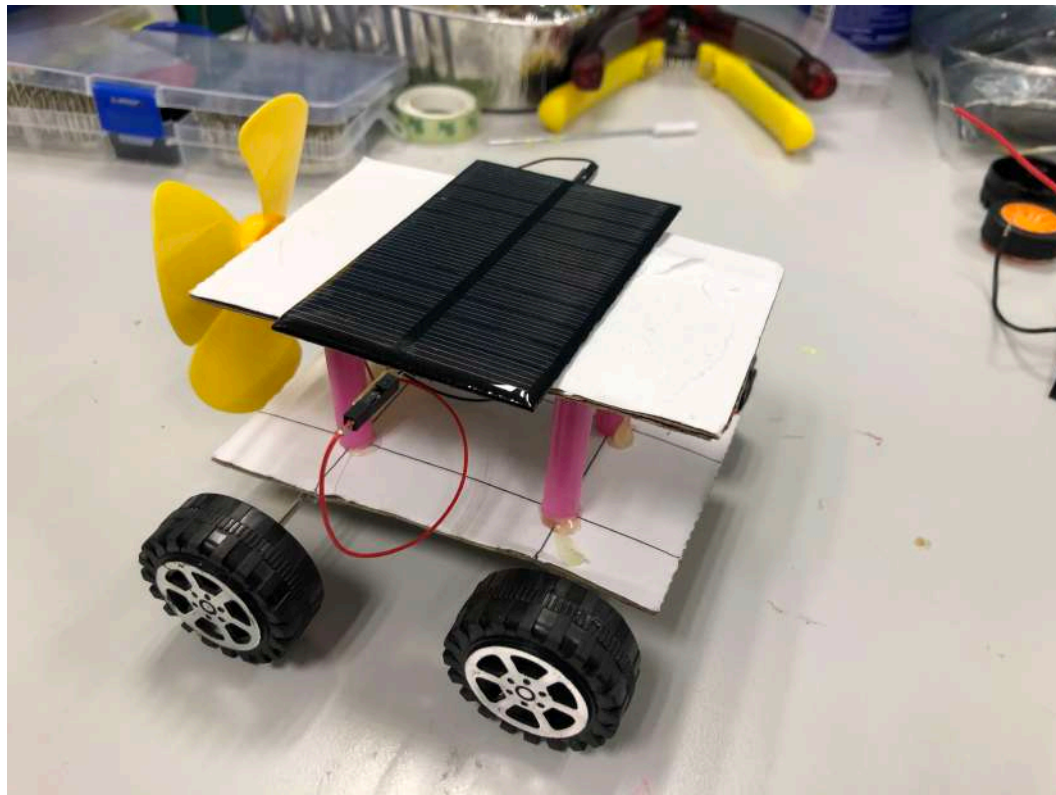
$RH(T)$  保溫器  
減少的整體  
熱能流失

$$RH(T) = RH(L) + RH(A) + RH(B) = \text{original heat loss} - \text{new heat loss}$$

# 評估產品

小組討論：

哪些是評估產品的指標？



# 產品所提供的學習證據

- 知識及技能的綜合應用？
- 功能？能否解難？
- 創意？
- 工藝技巧(可靠性, 穩定性？美感？)
- IT 技能(如適用)？

4. When - 何時評估？

# 形成性或總結性?

1. 形成性 (Formative assessment) –
  - 學習期間
2. 總結性 (Summative assessment) –
  - 學習後

# 一個STEM評估的框架

目的／  
性質

形成性



總結性

證據來  
源

工作計劃

研究計劃

設計圖

科學探究

學習歷程  
檔案

原型

測試記錄

修訂原型

學生反思

產品

匯報

比賽

活動階  
段

計劃



執行



產出

# 評估整體學習過程

(以學習歷程檔案作為證據)

1. 檢視學習歷程檔案的各部分
2. 這些部分能提供哪些有關學生學習所得的資料？
3. 學習歷程檔案有助提供哪些學習目標？
4. 作為學習證據，學習歷程檔案有哪些局限？



# 電子學習歷程檔案 (New Google Sites)



大家好! 這個 Google Site 將會搜集和記錄一些有關自製吸塵機的資訊。

大家可以直接按此去到不同頁面

[吸塵器原理](#)

[設計循環](#)

[三個設計草稿](#)

[試驗時的考慮準則](#)

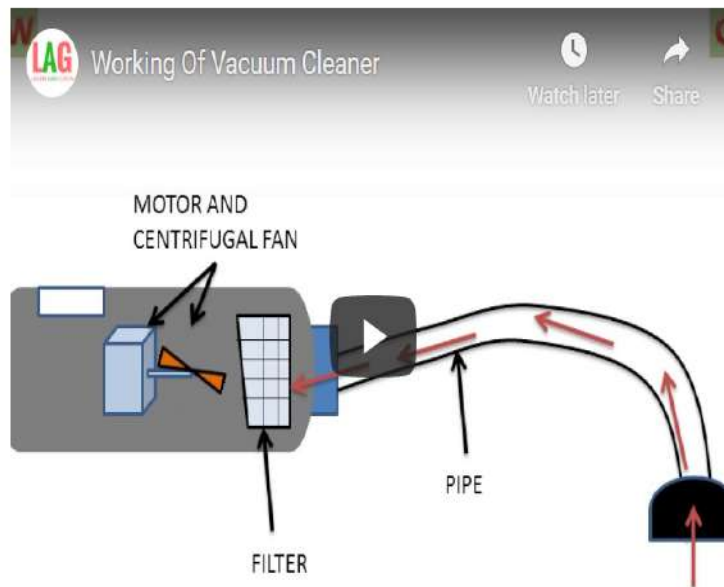
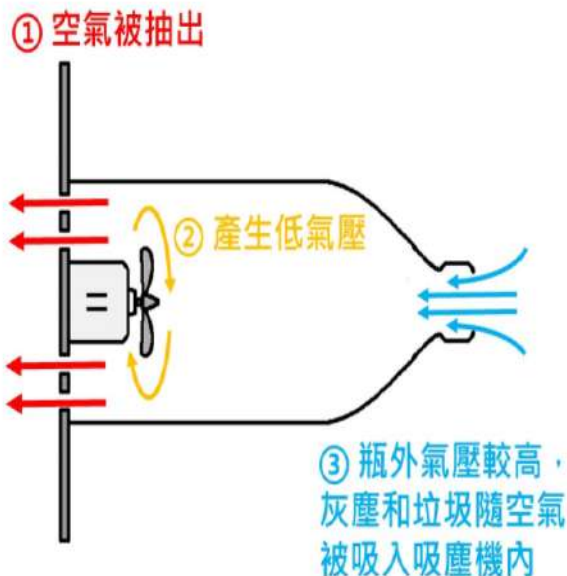
[公平測試](#)

[計劃/時間安排](#)

## 目標

- 製作的吸塵機能夠吸塵
- 能依照計劃安排完成製作吸塵機

# 研究成果



## 氣壓定義

氣壓的國際單位制是帕斯卡（或簡稱帕，符號是Pa），泛指是氣體對某一點施加的流體靜力壓力，來源是大气層中空氣的重力，即為單位面積上的大气壓力。在一般氣象學中人們用千帕斯卡（KPa）、或使用百帕（hPa）作為單位。測量氣壓的儀器叫氣壓表。其它的常用單位分別是：巴（bar，1 bar=100,000帕）和公分水銀柱（或稱公分汞柱）。在海

# 工作計劃

Student Sample

Home

吸塵器原理

設計循環 ▾

設計草稿

試驗時的考慮準則 ▾

評鑑及反思



## 工作進度表

步驟	細節	時期	備註
1	提出 2 個設計。	27/4	以 Google Site 記錄
2	討論及決定哪個是最佳設計，以作測試。	4/5前	以 Google Site 記錄
3	收集所需物資。	11/5前	以 Google Site 記錄
4	製作、修改並進行測試 (1)	18/5前	以 Google Site 記錄
5	製作、修改並進行測試 (2)	25/5前	以 Google Site 記錄
6	各班同學進行個人匯報	1/6	以 Google Site 記錄

# 設計圖

Student Sample

Home

吸塵器原理

設計循環 ▾

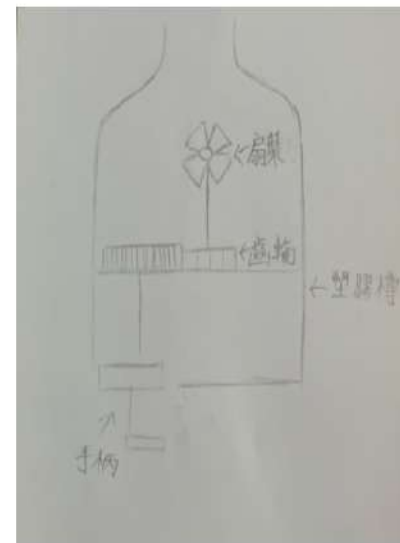
設計草稿

試驗時的考慮準則 ▾

評鑑及反思



## 設計的優點與弱點



我認為第一幅圖的設計可以用較少的力度推動扇葉，但轉動的速度一般。而第二幅圖扇葉轉動的速度比較快一點，但要用較大的力度才能推動。第三幅圖的設計與第二幅的差不多但用的是四葉扇葉。所以現時效能較高的設計是第一幅圖。

# 原型和測試記錄

Student Sample

Home

吸塵器原理

設計循環 ▾

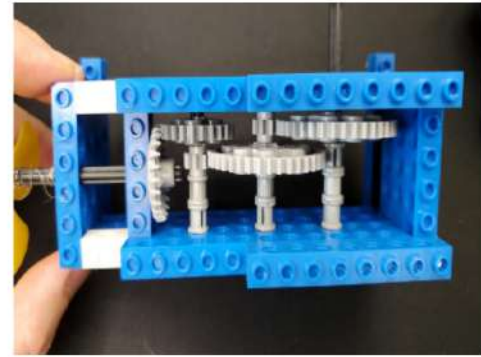
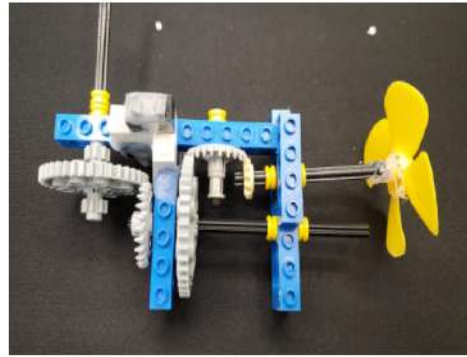
設計草稿

試驗時的考慮準則 ▾

評鑑及反思



## 課堂上三個設計的優點與弱點



右上方的第一幅圖的設計能利用大齒輪拖小齒輪的原理，設計比較簡約，但扇葉轉動速度不及其餘兩個設計。

中間的第二幅設計能重複以大齒輪拖小齒輪的原理，因此扇葉轉動能比第一幅畫倍增，但攪動的時候零件很容易脫落，要貼很多膠紙才能把零件固定。

① 左上方第三幅圖的設計，能以大齒輪拖小齒輪的原理推動，大齒輪轉動一次便能將扇葉帶動很多圈，效能很高，但零件組裝完後的尺寸比較大，把它裝進塑膠樽裏有點難。

# 測試的反思

## 考慮準則

### 1.效能

效能是最重要的，因為效能低的話，未必會有人使用，亦未能夠方便我們的生活，即不是實用的。

### 2.方便

方便亦非常重要，因為使用方法如果是非常複雜和不順暢的話，這個設計就未必可以實行出來。而方便攜帶亦很重要，如果設計不能輕易攜帶使用，就要再改良設計。

## 在進行試驗時可能遇到的困難

試驗時可能會遇到的困難是試驗時零件可能會脫落，要再重新合併。

試驗時吸塵機的設計可能吸不到塵，要再重新設計和改良。



# 修訂原型及產品

Home

吸塵器原理

設計循環 ▾

設計草稿

試驗時的考慮

## 分析及檢討成效



經過多次改良和試驗，我終於能夠得將零件裝入膠水樽。如以上圖片和影片所見，我的DIY吸塵機能夠成功地吸塵。

優點：

1. 有效地吸塵
2. 外觀整潔

缺點：

1. 零件容易鬆散，要用膠紙固定
2. 攪動手柄時，需用較大的力推動

- 以上是我的分析及檢討。

# 學生反思

## 評鑑及反思

這次製作 DIY 吸塵機的經歷對我來說是頗為難忘，因為這是第一次去製作這類的東西。經過改良和試驗，DIY 吸塵機能夠有效地吸塵。但我認為有一些可改善的地方：

1. 可製作一個更方便攪動的手柄
2. 可嘗試增加齒輪比，以提高吸塵機效能。

這是我的評鑑及反思。



# 電子學習歷程檔案

## (建議可評估的學習目標)

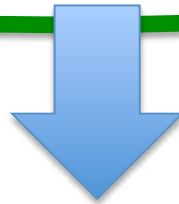
1. 資料搜集／研究技能
2. 解難能力(計劃)
  - 萌生不同解決方案
  - 提出假設(如涉及科學探究)
  - 將任務細分成子任務, 編排合適完成次序
3. 解難能力(執行)
  - 測試
  - 解決突發問題
  - 根據分析和評鑑優化產出

4. 手作／工藝／IT技能(包括工具的運用)
5. 合作性
6. 溝通能力
7. 批判性思考
8. 態度

5. How - 如何評估？

# 判斷學習成果

- 評估方式 (= 證據來源)
- 評估標準 (= 預期學習成果)
- 成就層次 / 程度



評估量表

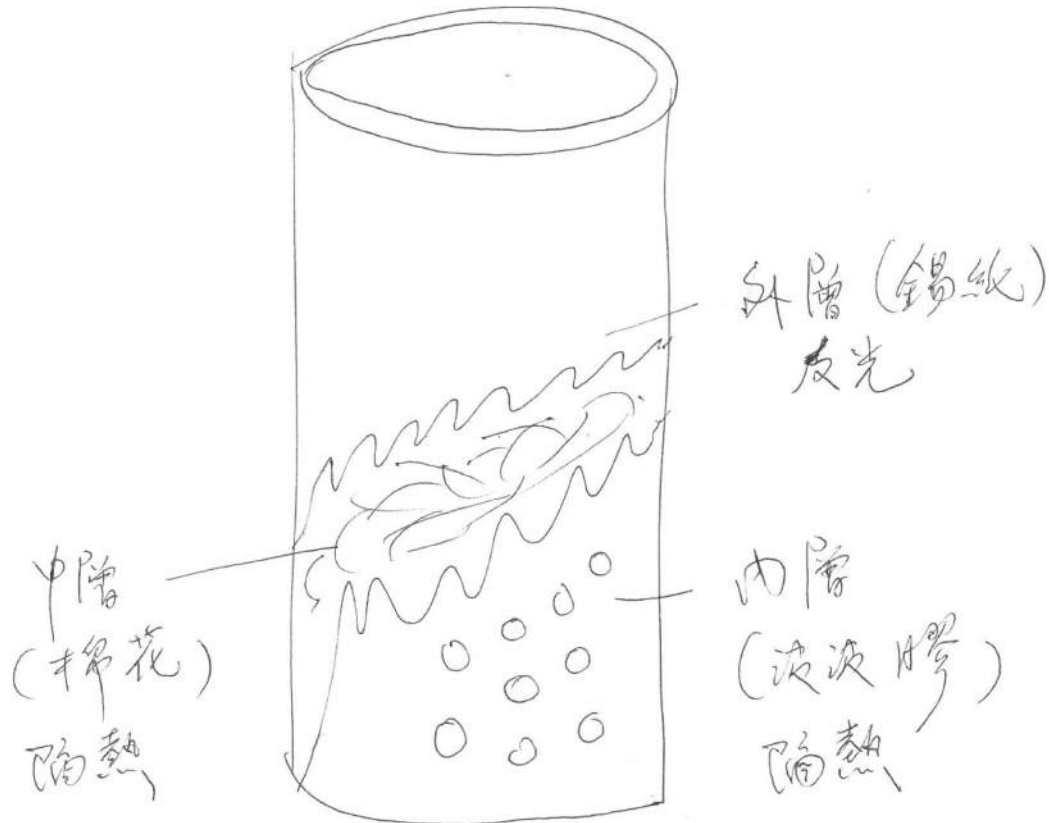
# 設計評估量表

## (建議步驟)

1. 決定評估標準
2. 定義可執行的評估標準(子評估標準)
3. 決定各標準的成就層次／程度
4. 為成就層次／程度設計具體指標

# 評估設計圖

保暖裝置



# 評估量表

## (例子：評估設計圖)

標準	良好 (3)	普通 (2)	欠滿意 (1)
應用熱傳遞的概念	應用至少兩種熱傳遞的方法	應用一種熱傳遞的方法	未能應用任何熱傳遞的方法
分辨熱傳導體和絕緣	能分辨熱傳導體和絕緣體，並能應用於製作保溫器	能分辨熱傳導體和絕緣體，但未能選取最合適的絕緣體應用於製作保溫器	未能分辨熱傳導體和絕緣體
清晰及準確度	非常清晰和準確，包括結構特徵和大小	大致清晰和準確，惟欠缺部分結構特徵和大小	混亂，欠缺重要結構特徵和大小

## \*小組討論\*

設計一個評估量表，以評估產品(太陽能車)

- 評估標準?
- 成就層次?



# 評估量表

## (評估產品: 太陽能車)

標準	良好 (3)	普通 (2)	欠滿意 (1)
STEM知識及技能的應用	正確地設計和製作電路 利用合適的馬達和風扇轉化動力	正確地設計電路, 但製作馬虎 使用的馬達和風扇 未能很有效地轉化為動力	未能正確設計電路
車的性能表現	以平穩速度和直線向 前行走	能向前行走, 惟不 太順暢	未能持續前進
結構(穩固度)	設計和製作穩固, 工 藝技巧卓越	頗為穩固, 但部分 部件接合有問題	結構鬆散, 部件容 易脫落

評估量表：更多例子

# 評估量表

## (例子：評估解難技能)

子標準	低	中	高
問題分析	將問題看成為一項單一任務	將問題分成不同子任務	編排子任務的進行次序
考慮不同解決方案	只考慮單一方案 (以為問題只得一個解決方法)	萌生不同方案	思考判斷不同方案孰優孰劣的標準

# 評估量表

## (例子：評估創意)

子標準	低	中	高
設計創意	模仿現成產品	改良現成產品	應用新概念於設計上
創意地使用物料	使用常用物料	使用新物料(如再循環物料)	使用新物料(如再循環物料)

## 自主學習表現評量指標

評量準則	學生能夠持續地做到	學生能夠間中做到，或在教師輔導下做到	在教師輔導下，仍未能夠做到
<b>設計目標</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>根據任務的要求，設定可完成的目標</li> </ul>			
<b>Planning</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>規劃各項任務的先後次序</li> <li>根據任務的本質及要求，有系統及適切地處理每項任務</li> <li>診斷學習需要以完成任務</li> <li>知道從何處及如何搜尋資訊</li> <li>識別工具及資源</li> </ul>			
<b>實行及監控</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>實行已計劃好的策略/方法以達成任務</li> <li>監控學習/工作進展</li> </ul>			
<b>回顧及評鑑</b> 學習者檢視自己進行任務時所運用的策略，包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>分析問題</li> <li>評估個人的知識、搜尋資料的方法、資料是否足夠、尋求其他人的幫助或回饋的方法)</li> <li>評估學習成果</li> </ul>			
<b>學習動機</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>主動承擔學習上的責任</li> <li>提問及回答問題</li> <li>明白到錯誤是學習過程的一部份</li> <li>遇到挑戰時仍然能夠堅持不懈</li> </ul>			

**Assessment rubric  
 (An example for assessing  
 self-directed learning)**

<b>自我調控及追求進步</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>根據檢視的成果，改變既有策略 (採用其他方式處理任務、改善時間管理和人際溝通、重設項目的先後次序)</li> </ul>			
<b>自我認識及自我反省 (元認知能力/知識)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>意識到個人的強項和弱項</li> <li>明白個人學習策略如何導致成功或失敗</li> <li>根據反思的成果，努力地改進自己</li> </ul>			

# 設計成就層次／程度的具體指標

- 用較絕對指標（最好附以證據）
- 用相對指標（如絕對指標不適用）
- 輔以指標出現次數
- 輔以需要老師幫助的程度

# 評分：要點

- 可調較不同指標的比重
- 為每個成就層次／程度擬定分數閾限

## 反思：利用評估量表評定分數

1. 你認為該評估量表能否有效和可靠地評量學生STEM方面的成就／表現？
2. 利用評估量表評分有哪些限制或潛在問題？
3. 月號進一步改良評估量表，以提高評估的效度和信度？



6. Who - 誰負責評估？

# 誰人可充當評估員？

- 老師
- 學生自己
- 同儕（同組或不同組）
- 其他（例如：家長，獨立裁判）

## 學生自主學習自評問卷(參考用)

完成這次的_____ (STEM 項目名稱) 專題研習/活動後， 我覺得相比以前：	十分同意	同意	中立	不同意	十分不同意
1. 我更經常在課堂/活動中進行反思。	5	4	3	2	1
2. 我更明白自己在學習上的強項和弱項。	5	4	3	2	1
3. 我更善於監察和檢視自己的學習進展。	5	4	3	2	1
4. 我更主動地訂定自己的學習目標。	5	4	3	2	1

5. 我更懂得在一個階段後做自我評估，以作下一步改進。	5	4	3	2	1
6. 我更善於選擇合適的學習方法。	5	4	3	2	1
7. 我更懂得找尋我所需要的資訊。	5	4	3	2	1

8. 我更善於評價自己的學習成果。	5	4	3	2	1
9. 我更能學習及成功解決難題。	5	4	3	2	1
10. 我更知道自己需要學甚麼。	5	4	3	2	1
11. 我更善於安排和管理學習的時間。	5	4	3	2	1

## \*小組討論\*

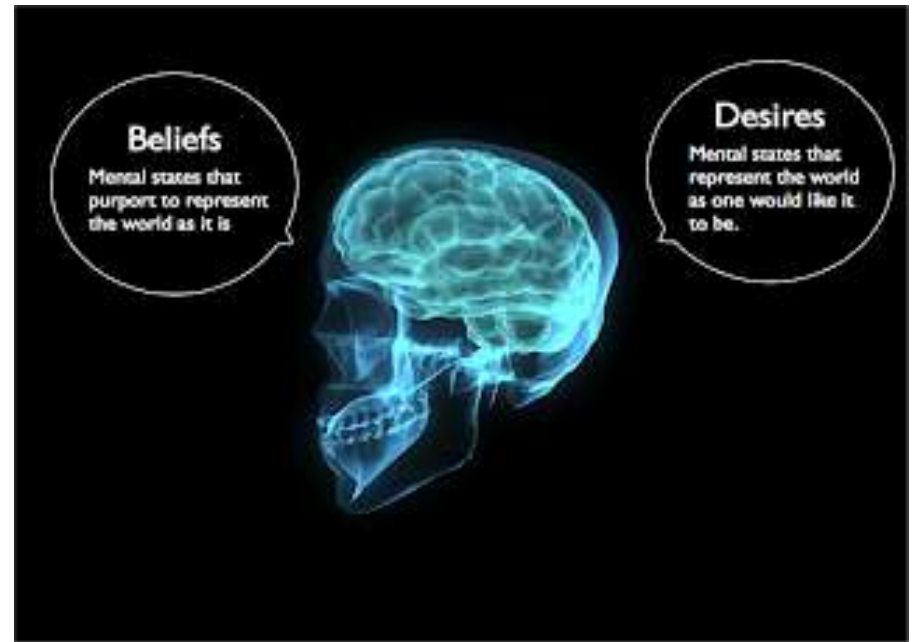
1. 那些學習目標最適合作自我或同儕評估？
2. 自我或同儕評估可以何種方式進行？
3. 自我或同儕評估有哪些優點和缺點？
4. 如何善用這兩種評估方法？

# STEM評估所涉及的範式轉移

1. 評估較大範圍的學習目標
2. 令評估更有意義和有效
3. 將重點從總結性評估轉移至形成性評估
4. 從單一方式改變為多元方式
5. 利用評估標準和成就層次和相關指標提高評估的透明度
6. 賦予學生在自我評估方面的責任感
7. 聚焦於學習成就的進展(橫跨能力程度, 年級和學習階段)

# 結語

- 盡量將能夠反映學生學習成就的證據，變成「可揭示」(accessible) 和「可評量」(assessable)





- 沒有放諸四海皆準的評估方法
- 需要因應學校需要自行設計
- 本工作坊只為提供不同的可能性！

# STEM 教育

一個改革學校評估的黃金機會  
或

另一項將會被現行學校評估制度  
扼殺的新猷？

??





**THANK**

**YOU**

