

回應小學科學科新科程，如何培養學生的科學素養和創新精神

香港大學 CITE學校發展顧問

麥志強博士

Curriculum Framework for Primary Science (P.1 – P.6) 2023

一. 探新求知

科學教育重視探新求知，強調培養學生的的好奇心和探究的精神。科學是關於探索周遭環境和事物的過程，通過培養學生對世界的好奇心和求知慾，可以激發他們的學習興趣和動機，發展自主學習的能力，讓他們成為積極的知識追求者和問題解決者。學生通過提出問題並尋找答案的過程，理解科學現象背後的原理，培養以證據為本的科學思維，以及邏輯思考能力。

Curriculum Framework for Primary Science (P.1 – P.6) 2023

二.樂學活用

樂學活用的理念強調以「學生為本」，提供機會讓學生愉快地學習科學，並學以致用。科學學習要配合學生的興趣和需要，通過生動有趣的教學方法和「動手動腦」的探究活動，輔以課堂以外的多元學習經歷，讓學生對科學與創新科技產生興趣。此外，通過把課堂所學連繫學生日常生活的經驗和情境，有助學生體會到科學與科技在日常生活上的應用，將所學的科學知識應用於解決真實問題，培養實踐和解難

Curriculum Framework for Primary Science (P.1 – P.6) 2023

三.創造未來

科學與科技發展日新月異，對推動社會發展、提升人們的生活質素有積極作用。通過多元的科學／STEAM 學習，培養學生的創造力和創新思維，我們可以培育未來的科學家、工程師和創新科技的企業家等，他們能夠提出創新的想法、解決難題，並為社會帶來積極的改變，對國家和香港作出貢獻。社會的急速發展同時為大家帶來了新的挑戰，我們鼓勵學生關注可持續發展議題，如環境保育、氣候變化，培養對社會的責任感。通過將創造性思維融入科學學習，學生將能夠更好地為未來作好準備。

小學科學科課程架構

四大範疇

15主題 (39課題)

- 人體健康
- 生物的特性
- 生命的延續
- 生物與自然環境的關係
- 生態系統
- 顯微鏡下的世界

- 物質的特性和變化
- 能量的不同形式和傳遞
- 力和運動

- 地球的特徵和資源
- 氣候與季節
- 宇宙中的太陽系

- 科學過程和科學精神
- 航天與創新科技
- 工程與設計

1 範疇一： 生命與環境

本範疇旨在幫助學生探索生命的奧秘，以及生物與自然環境的相互關係，喚起對環境及可持續發展生活的關注。通過本範疇的學習，學生能夠掌握基本的生命科學知識，並實踐健康的生活方式；同時了解生物與環境的相互依存的關係，並培養對生命的熱愛和尊重，以及保育環境的意識。



課程主題

- 人體健康
- 生態系統
- 生物的特性
- 顯微鏡下的世界
- 生命的延續
- 生物與自然環境的相互關係

2 範疇二： 物質、能量和變化

本範疇旨在幫助學生了解物質和能量的基本概念，並探索它們的變化及相關現象。通過本範疇的學習，學生能夠掌握基礎的物理科學知識，從物質、能量、力和運動、簡單機械等課題，了解日常生活中的科學現象及科技應用，培養對世界周遭事物的好奇心。



課程主題

- 物質的特性和變化
- 能量的不同形式和傳遞
- 力和運動

3 範疇三： 地球與太空

本範疇旨在引導學生探索地球與太空的奧秘。通過本範疇的學習，學生能夠掌握基礎的地球科學和太空科學知識，從地球的歷史、日常的天氣現象、太陽和八大行星等課題，培養對地球作為人類資源之泉的保護意識，以及對浩瀚宇宙的欣賞和感歎。



課程主題

- 地球的特徵和資源
- 氣候與季節
- 宇宙中的太陽系

4 範疇四： 科學、科技、工程與社會

本範疇旨在幫助學生了解科學、科技、工程與社會之間的密切關係。通過本範疇的學習，學生能夠設計和製作工程模型或產品，將所學應用於解決實際問題和創新設計，培養基礎工程思維；並初步認識科學的本質，知道科學探究的方法和過程，以及建立科學態度和精神；亦明白善用科學、科技與工程能夠造福社群，貢獻國家和社會。



課程主題

- 科學過程和科學精神
- 航天與創新科技
- 工程與設計

科學素養 (Scientific Literacy)

較普遍接納的核心定義範疇

- 理解科學知識 (如基本概念、事實、原理等)
- 掌握科學方法 (如假設、實驗設計、批判性思考等)
- 認識科學與社會的互動 (如倫理、環境、科技政策等)
- 運用科學解決問題的能力。

表二：在不同年級進行科學探究的課題例子

年級	課題（學習重點）	探究活動例子	建議探究活動類型
小一	物質的特性 （1MA2）	測試日常生活物品的特性，並按照物品特性進行分類	分類
小二	生態環境 （2LE1）	進行綠豆種植活動，觀察植物的生長過程，並簡單記錄植物生長的高度和葉片數量	觀察
小三	在地球上可觀察到的一些由太陽、地球和月球運動所引起的現象和規律 （3EC4）	觀察並記錄一個月內不同日子的月亮形狀	尋找規律
小四	氣候與季節的轉變 （4EB3）	製作簡單模型，模擬冰川融化導致海平面升高的現象	模擬
小五	常見的微生物 （5LF3）	蒐集有關微生物對人類帶來好處和壞處的資料	資料蒐集
小六	電的特性與相關現象 （6MB6）	測試影響電流的磁效應的一些因素（例如：線圈數目、電流大小）	公平測試

表三：小學科學科過程技能縱向發展架構

	提問和規劃 (Plan)	實施和記錄 (Do)	整理和分析 (Analyse)	表達和反思 (Review)
小一至小二	- 觀察生活中常見的自然現象和事物，提出簡單問題 - 基於生活經驗，對探究結果作出簡單預測	- 使用簡單的物料和工具進行科學探究活動 - 適當運用感官或簡單工具，蒐集資料 - 使用簡單方法（例如：在圖片上作標記）記錄觀察所得	- 通過比較、分類等方法，簡單整理探究過程所蒐集的資料 - 比較探究結果和預測是否一致	告訴別人有關探究的過程和結果，以及印象深刻的部分
小三至小四	- 觀察自然現象和事物的變化，提出可探究的科學問題 - 運用生活經驗和已有知識，從教師列出的各項變量中，辨識探究過程中「要探究其影響的因素」、「要觀察或量度的因素」和「要保持不變的因素」 - 基於教師提出的假說，對探究結果作出預測	- 使用合適的物料和工具進行科學探究活動 - 適當運用感官，以及使用量度工具和簡單的科學儀器，蒐集數據，以標準單位記錄 - 使用表格、相片、影片或簡單文字或圖像記錄證據和數據	- 通過比較、分類、分析和推論等方法，把蒐集到的數據／證據，整理成有意義的資料 - 使用圖表、思維導圖等不同工具表示探究結果 - 比較探究結果和預測是否一致；判斷結論是否支持所提出的假說，以及提出可能的解釋	- 以口頭報告的方式，描述探究的過程和結果，並作簡單解釋 - 反思探究過程，指出需要注意的地方（包括：結果是否合理、過程有否出錯）
小五至小六	- 觀察自然現象和事物的變化，提出可探究的科學問題 - 運用生活經驗和已有知識，提出能回答探究問題的假說和探究方法；並辨識探究過程中涉及的各项變量*（包括：因變量、自變量和控制變量） - 基於所提出的假說和所採用的探究方法，對各項變量的關係作出合理預測	- 使用合適的物料、工具和數碼設備（例如：單板電腦和微控制器）進行科學探究活動 - 使用量度工具和科學儀器，蒐集數據並作重複測試，以標準單位記錄 - 使用表格、相片、影片、文字、圖像或和科學符號等方式，完整記錄數據／證據	- 通過比較、分類、分析、推論和概括等方法，把蒐集到的數據／證據，整理成有意義的資料 - 使用圖表、思維導圖等不同工具表示探究結果，並以科學語言和符號表達各個變量之間的關係 - 比較探究結果和預測是否一致；判斷結論是否支持所提出的假說，以及應用已有的科學知識作出解釋 - 辨識探究過程中可能出現的誤差	- 以口頭、書面報告等方式，完整描述探究過程和結果，並引用探究過程所蒐集的證據，建構科學性解釋 - 反思探究過程，提出需要改善的地方；以及所探究的問題有否其他解釋，或須進一步探究的地方

* 要探究其影響的因素／自變量 (Independent variable)；要觀察或量度的因素／因變量 (Dependent variable)；要保持不變的因素／控制變量 (Control variable)

課程內列出的測試及比較的舉隅

- 3LA4：測試食物在潮濕的環境下是否較易腐壞
- 4LA2：測試外科口罩是否有助預防飛沫傳播的疾病（例如：將顏色水溶液以噴水瓶噴射，比較以口罩隔開和沒有口罩隔開的濺水效果）
- 4LA2：測試正確的洗手步驟是否有助去除手上的病原體（例如：以顏色水溶液替手部染色，比較以正確洗手步驟和隨意洗手後手上殘留的顏色多寡）
- 4MA1: 進行測試，比較金屬與非金屬的導熱性（例如：把物料不同但長度粗幼相同的棒子泡在熱水裡，觀察棒子頂端的蠟掉下的先後次序）
- 4MA2: 進行測試，比較金屬與非金屬的導電性（例如：接駁由電池、導線和燈泡組成的閉合電路，然後在導線和燈泡之間連接不同的物料，觀察燈泡有否亮起）

課程內列出的測試及比較的舉隅

- 5MA1: 進行測試，驗證空氣有重量和佔有空間
- 6MA2: 測試影響物體可否浮於水面的不同因素（例如：形狀、物料）
- 2MA6: 測試哪些物質能夠溶解於水中
- 3MA7: 測試如何加快物質在水中溶解，量度並記錄相關數據
- 5MA5: 測試水和空氣是否鐵生鏽的必要條件
- 5MB3: 測試聲音是否可以在不同的媒介中傳播
(例如：準備三個密實袋，分別放入沙子、水和空氣，讓學生掩蓋其中一隻耳朵，然後把密實袋緊貼另一隻耳朵，聆聽教師播放的音樂)
- 6MB1 :進行測試，驗證光是直線傳播的

課程內列出的測試及比較的舉隅

- 6MB6: 測試影響電流的磁效應的一些因素（例如：線圈數目、電流大小）
- 3MC1: 測試滾子、斜面和滑輪（定滑輪）等簡單機械的功用
- 4MC1: 測試影響摩擦力大小的一些因素（例如：在不同物料上拉動物件，用彈簧秤量度所需的拉力）
- 5MC1: 進行測試，驗證力能改變物體運動的狀態
- 5MC1: 進行測試，驗證作用力和反作用力的關係
- 5LF1: 加入酵母製作麴包，並比較使用酵母和沒有使用酵母製作麴包的分別
- 4MB5: 比較光在平滑和粗糙的表面反射時的不同之處
- 6MB3: 比較同一實物在不同類型的鏡子（包括：平面鏡、凸面鏡、凹面鏡）上所形成的像
- 2MC2: 比較不同大小的推力和拉力在作用於物體的同一直線或相反方向時的效果

不同目的的「測試」/「比較」

- 4LA2: 測試外科口罩是否有助預防飛沫傳播的疾病
- 4MA1: 進行測試，比較金屬與非金屬的導熱性（例如：把物料不同但長度粗幼相同的棒子泡在熱水裡，觀察棒子頂端的蠟掉下的先後次序）
- 4MA2: 進行測試，比較金屬與非金屬的導電性（例如：接駁由電池、導線和燈泡組成的閉合電路，然後在導線和燈泡之間連接不同的物料，觀察燈泡有否亮起）
- 6MA2: 測試影響物體可否浮於水面的不同因素（例如：形狀、物料）
- 6MB6: 測試影響電流的磁效應的一些因素（例如：線圈數目、電流大小）
- 5MA5: 測試水和空氣是否鐵生鏽的必要條件
- 6MB1: 進行測試，驗證光是直線傳播的
- 5LF1: 加入酵母製作麴包，並比較使用酵母和沒有使用酵母製作麴包的分別
- 6MB3: 比較同一實物在不同類型的鏡子

常見的科學探究(或其引伸的應用科學)的問題？

(1) 「物質」與它的「特性」

- 某種「物質」有甚麼「特性」？
- 這「特性」受甚麼「條件」影響？
- 用甚麼「工具/儀器/方法」可量度這相關的「特性」？

(2) 「物質」對某種「過程/現象」的「影響/作用」

- 某種物質對某種「過程/現象」有沒有「影響/作用」？
- 某種物質對某種「過程/現象」怎樣作出「影響/作用」？

(3) 影響「過程/現象」的「因素」

- 某「物質」/「條件」是影響這「過程/現象」的因素嗎？
- 這些「因果關係」是怎樣的？
- 怎樣找出這些「因果關係」？

(4) 應用科學知識解決實際問題

- 怎樣量度這個「設計」的效能？
- 怎樣找出最佳的配搭比例/配方？

用恰當的方法處理不同目的的「測試」

1. 使用恰當工具/觀察已可直接量得相關物質特性的資料。
 - 2MA6: 測試哪些物質能夠溶解於水中
 - 4MA2: 進行測試，比較金屬與非金屬的導電性
 - 6MB1 :進行測試，驗證光是直線傳播的
2. 透過恰當的比較實驗(如對照實驗)，於不同情況量度「物質特性/過程的結果」而作出有意義的結論
 - 5LF1: 加入酵母製作麴包，並比較使用酵母和沒有使用酵母製作麴包的分別
 - 6MB3: 比較同一實物在不同類型的鏡子（包括：平面鏡、凸面鏡、凹面鏡）上所形成的像
3. 透過恰當實驗設計(如對照實驗、控制變項、公平測試等)，找出影響「過程/現象」的因素及因果關係
 - 6MB6: 測試影響電流的磁效應的一些因素（例如：線圈數目、電流大小）
 - 5MA5: 測試水和空氣是否鐵生鏽的必要條件
 - 4LA2 : 測試外科口罩是否有助預防飛沫傳播的疾病

科學探究方法舉隅: (1) 對照比較

一般做法:

對照裝置: 沒有於裝置內加入(除去)計劃研究的物質/原素(A)。

實驗裝置: 於裝置內加入(除去)計劃研究的物質/原素(A)。

對照裝置	實驗裝置
無加 (A) 原本物質	加(A) 原本物質

如果比較「實驗裝置」與「對照裝置」有不同的變化，可得出「變化是由於加入了研究的物質/原素」的結論 => (A) 對原本物質有作用

**如果你沒有與上述的「對照裝置」作比較，你~~不能~~得出上述的結論。因為你不能排除「實驗裝置」不加任何東西自己都會產生這種變化的可能性。

**留意：可以是「加入」或「除去」計劃研究的物質/原素的

5LF1: 加入酵母製作麴包，並比較使用酵母和沒有使用酵母製作麴包的分別

情景

KOL大班表示，製作麴包時通常會在麴粉中添加一些**酵母**，這種做法已經有幾千年的歷史。他還提到這些**酵母擁有神秘宗教的力量**，要有合宜的宗教儀式才會有效，而**普通的酵母本身不能使麴糰膨脹**並變得鬆軟。您相信嗎？

KOL大華表示，製作麴包時在麴粉中添加一些「**烹製酵母**」，即先把**普通酵母**烹製，增加**酵母能量**，使它更有爆發力，麴糰會膨脹得更大。您相信嗎？可設計一個實驗來証明大華的說法是對的嗎？

帶出的可探究的科學問題

普通的酵母能使麴糰膨脹？(找出酵母於麴糰膨脹是否有作用)

對照裝置	實驗裝置
無加酵母 (0 g) 麴粉(相同品種及重量) 水(相同水源、溫度及容量)	加酵母 (x g) 麴粉(相同品種及重量) 水(相同水源、溫度及容量)

烹製酵母比**普通酵母**可使麴糰膨脹得更大？
(比較**烹製酵母**比**普通酵母**的作用)

比較裝置(1)	比較裝置(2)
烹製酵母 (x g) 麴粉(相同品種及重量) 水(相同水源、溫度及容量)	普通酵母 (x g) 麴粉(相同品種及重量) 水(相同水源、溫度及容量)

探究問題：加入普通酵母會使麪糰膨脹嗎？

假說：加入普通酵母會使麪糰膨脹

變量表：

自變量 (寫出要探究其影響的因素)		
因變量 (寫出要觀察或量度的因素)		
控制變量 (勾選應要保持不變的因素)	☐ 麪粉的份量 ☐ 麪粉的種類 ☐ 麪糰的膨脹高度	☐ 酵母的存在 ☐ 水的溫度 ☐ 水的份量

資料來源：教育局 科學教育組 “小學科學科探究活動學與教資源” <https://psresource.edb.edcity.hk/>

探究問題：加入普通酵母會使麪糰膨脹嗎？

假說：加入酵母會使麪糰膨脹

變量表：

自變量 (寫出要探究其影響的因素)	酵母的存在	
因變量 (寫出要觀察或量度的因素)	麪糰的膨脹高度	
控制變量 (勾選應要保持不變的因素)	☒ 麪粉的份量 ☒ 麪粉的種類 ☐ 麪糰的膨脹高度	☐ 酵母的存在 ☒ 水的溫度 ☒ 水的份量

資料來源：教育局 科學教育組“小學科學科探究活動學與教資源” <https://psresource.edb.edcity.hk/>

材料：高筋麵粉、酵母、水、透明膠杯（1個）、50 mL 量筒（1個）、攪拌木棒（1支）、膠匙（1隻）、記號筆（1支）、電子磅（1個）

實驗裝置：

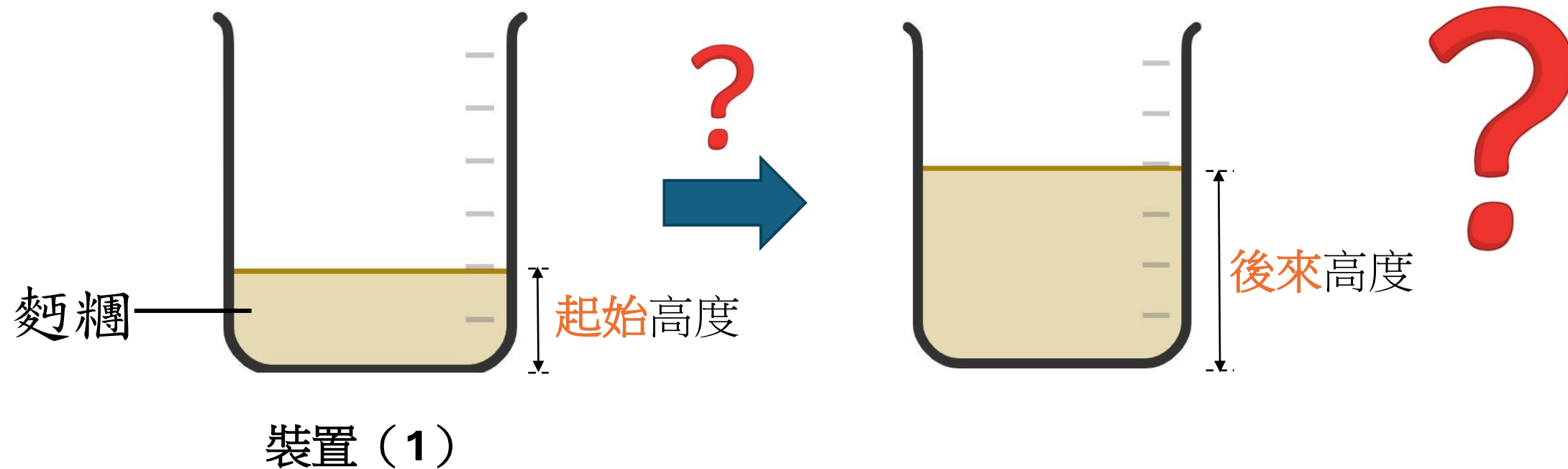
裝置（1）	裝置（2）
高筋麵粉 20 g 水 30 mL 酵母 3 g	高筋麵粉 20 g 水 30 mL



裝置(2)是裝置(1)的**對照實驗(control experiment)**，**比較**兩者的結果，目的是證明「膠杯(1)內的酵母是導致麵糰膨脹的原因」。

觀察：麪糰升高的情況

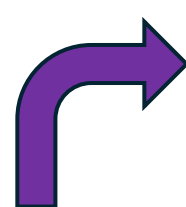
預測：



結果：加入酵母，麴糰升高了 → 膨脹



結果



酵母已死(失活酵母)，沒有膨脹



沒加酵母

烹製酵母

普通酵母

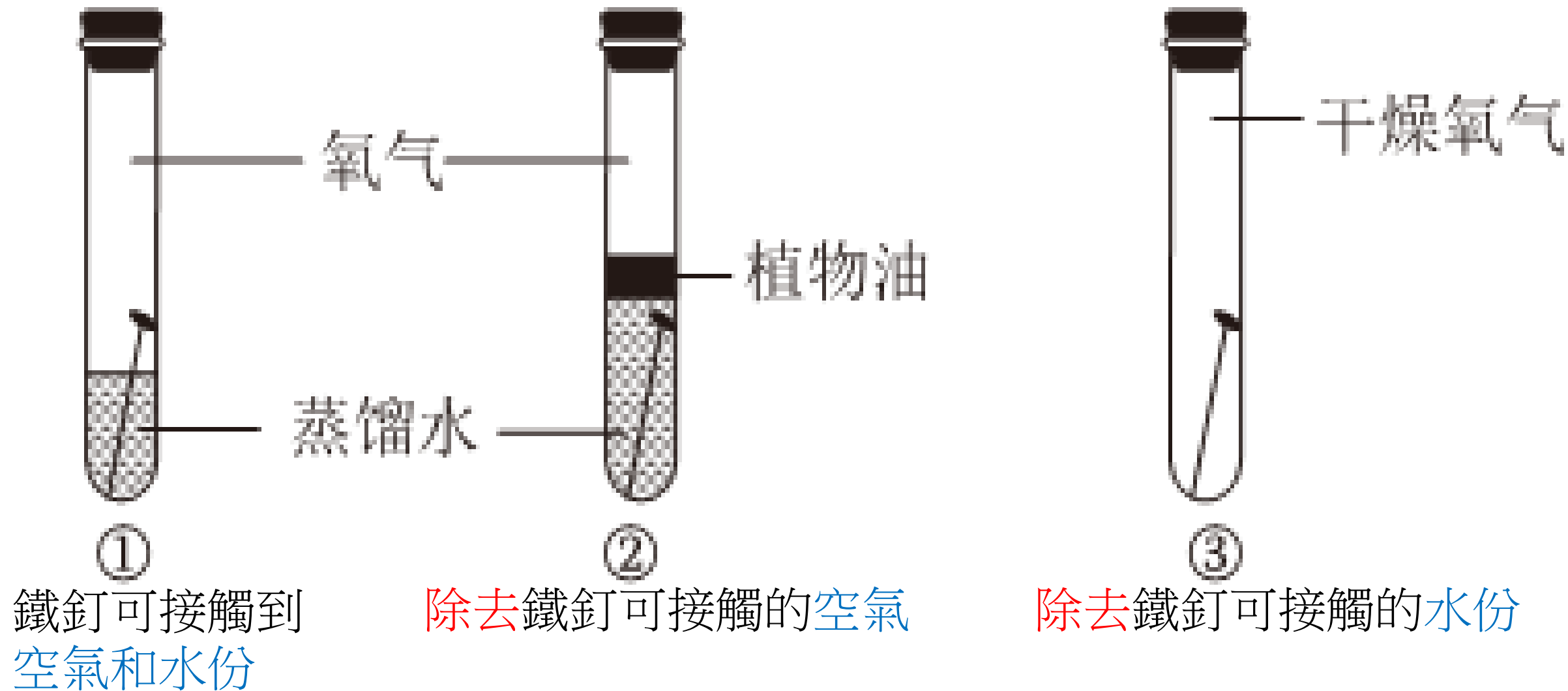
另一個情境：

另一位KOL大明提到，在製作麪包的過程中，他會在麪粉中添加一些酵母和糖，這個秘方讓他製作的麪包更加鬆軟，受到鄉親們的高度讚賞。他還表示，糖的神秘膨脹力量比酵母更強，經常食用可使人感到更飽滿。你信嗎？

作為一個小科學家，你認為：

- 這位KOL的說法正確嗎？
- 是否真的是糖也可使麪團更膨脹？ ←
- 酵母和糖分別對麪團分別產生甚麼作用？ ←
- 如果要找出酵母和糖分別對麪團的產生作用，該如何設計實驗？ ←

鐵生銹實驗



我們面對的「現象/傳統做法得出現象」是：

麪團(麪粉 + 水) + 酵母 + 糖 → 麪團膨脹

[A] [B] [C]

我們可以設計下面三個實驗：

	麪團	酵母	糖	膨脹高度
實驗 1	20 g 麪粉 + 30 ml 水	3 g	2 g	膨脹 (高度最大)
實驗 2	20 g 麪粉 + 30 ml 水	X	2 g	沒有膨脹
實驗 3	20 g 麪粉 + 30 ml 水	3 g	X	膨脹 (高度第二大)

早前已知「20 g 麪粉 + 30 ml 水」是不會自己膨脹

A. 比較實驗 1 與 2：在有相同含糖的麪團比較有和沒有酵母的情況？

B. 比較實驗 1 與 3：在有相同含酵母的麪團比較有和沒有糖的情況？

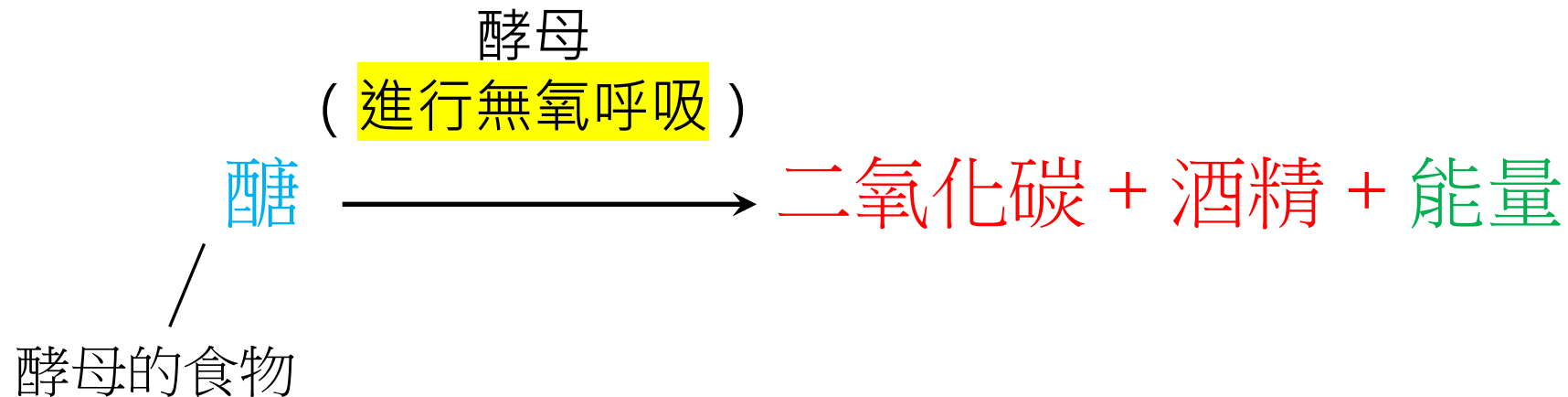
A. 比較實驗 1 與 2 的結果：沒有酵母，麪團不會膨脹。(糖是不會令麪團膨脹)[酵母是麪團膨脹的必要物質]

B. 比較實驗 1 與 3 的結果：沒有糖，麪團仍然膨脹。(有了酵母，才使麪團膨脹)[糖不是麪團膨脹的必要物質]

結論：酵母是令麪團膨脹的必要物質。糖本身不會令麪團膨脹，但可有助酵母使麪團膨脹更多。25

人類不斷累積從科學探究所得的事實、知識作出整理及總結，作出各種假說，再透過不斷驗證，得出能解釋某些物理現象的理論。科學不斷向前發展，新發現修正舊知識，讓我們對這個物理世界增加認識，幫助我們解決面對的問題。

麪糰發酵是一個化學反應



我們經常用**有規劃的比較**來了解物質在某些情況下所產生的作用：

A. 把某種物質加入兩個相同樣本的其中一個，從比較兩者於相同情況下的分別，以探究該物質對樣本所產生的影響。

例子：

- (1) 把**肥料**放入**兩盆相同植物**的**其中一盆**，從而比較兩盆植物的生長情況以**探究肥料對植物生長是否有影響**？
- (2) 把**水**放入**兩個載有棉花和綠豆的碟子**的**其中一個**，從而**探究水對綠豆的發芽是否有影響**？

B. 探究一個「自然現象」或「傳統做法」中某種物質於這個現象是否必要，可有計劃地取走一種物質，比較少了這種物質後這現象的改變，以判斷這物質於物理現象是否必要。

例子：

- (1) **鐵生鏽的必要條件** (空氣和水)
- (2) **植物生長的必要條件** (陽光、空氣(二氧化碳)和水)

科學探究方法舉隅: (2) 公平測試

主題	學習課題	年級	學生應能	建議的學與教活動
課程的描述			研究為人們理解宇宙和天體運動奠定了基礎)	
		小四	 4SA1 認識到科學知識是從有系統的觀察、測試和分析而來，過程中亦需要想像力和創造力 4SA2 認識公平測試的概念* 4SA3 知道科學知識在有新證據出現時會改變（例如：從「地平說」改變成「地圓說」） *學生只須認識公平測試中有關「要探究其影響的因素」、「要觀察或量度的因素」和「要保持不變的因素」的概念，毋須記誦獨立變數、因變數和控制變數的定義	- 配合不同課題，進行簡單的公平測試（例如：小四「力和與運動相關的現象」課題中有關「測試影響摩擦力大小的一些因素」的活動） - 蒐集一些有關科學知識因新證據出現而改變的例子

3MA7: 知道一些加快物質在水中溶解的因素 (測試如何加快物質在水中溶解，量度並記錄相關數據)

如果以糖溶於水作考慮：

參考：

- 6MA2: 測試影響物體可否浮於水面的不同因素（例如：形狀、物料）
- 6MB6: 測試影響電流的磁效應的一些因素（例如：線圈數目、電流大小）

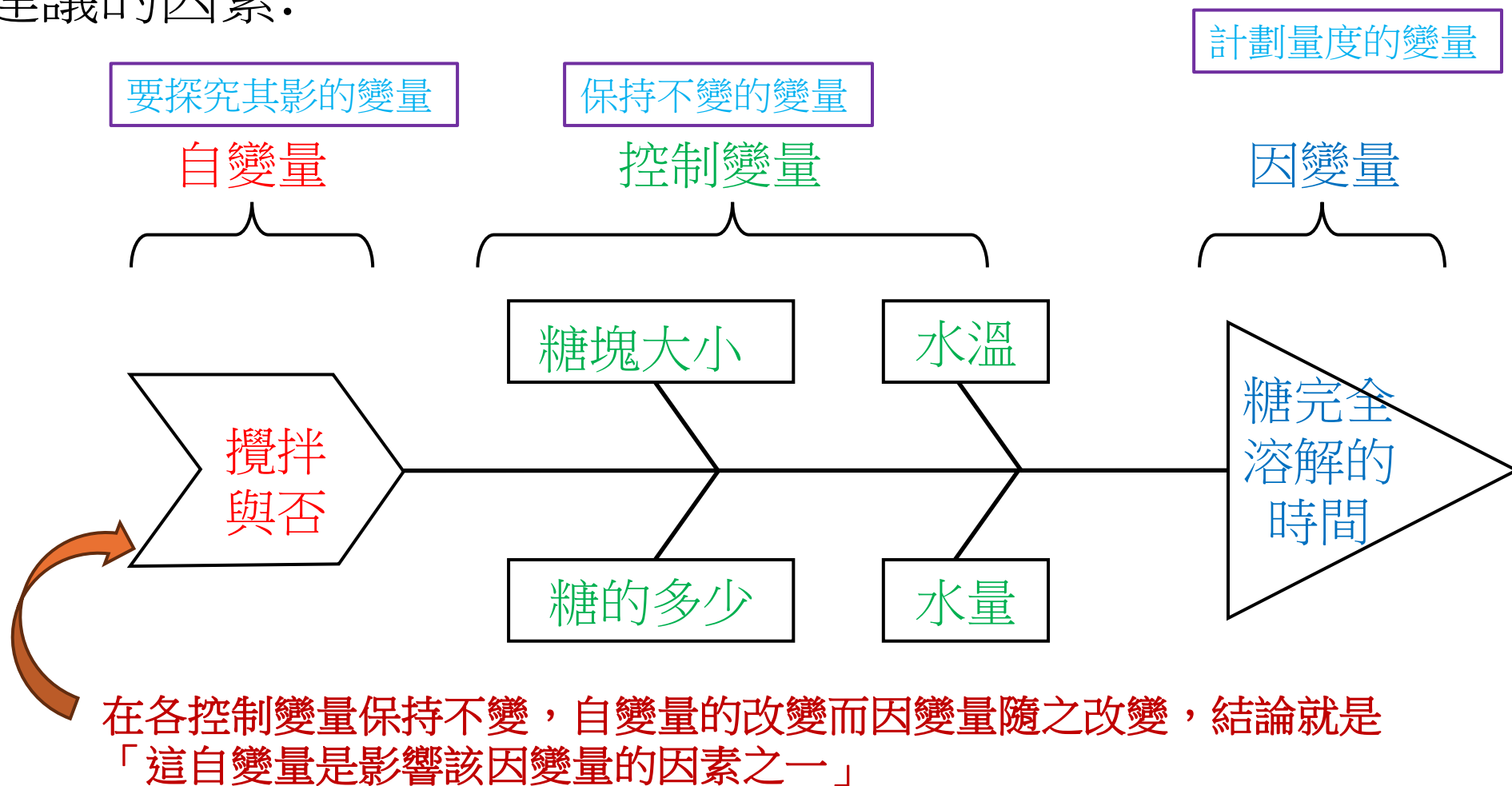
可以作出以的測試：

測試影響加快糖溶於水的一些因素

透過「公平測試」的策略找出一些影響加糖溶於水的一些因素

- 下面是一些建議的因素：

- 水溫?
- 水量?
- 攪拌與否?
- 起始的糖量?
- 糖塊大小?
- ? 容器?



材料：白砂糖，單晶糖、水，透明膠杯（2個），50 mL量筒（1個），攪拌棒（2支），膠匙（1隻），電子磅（1個），黑色紙，計時器（用自己手機）

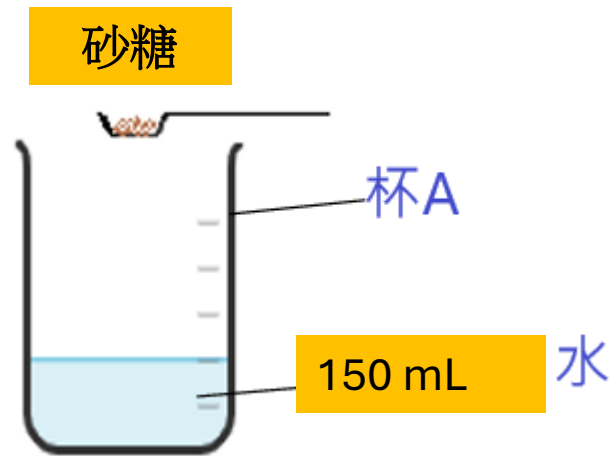
實驗裝置及步驟：

杯A

相同重量的砂糖 + 150 mL 水

- (1) 加糖入水後立刻開始計時
- (2) 用攪拌棒攪動杯中的水，直到糖完全溶解

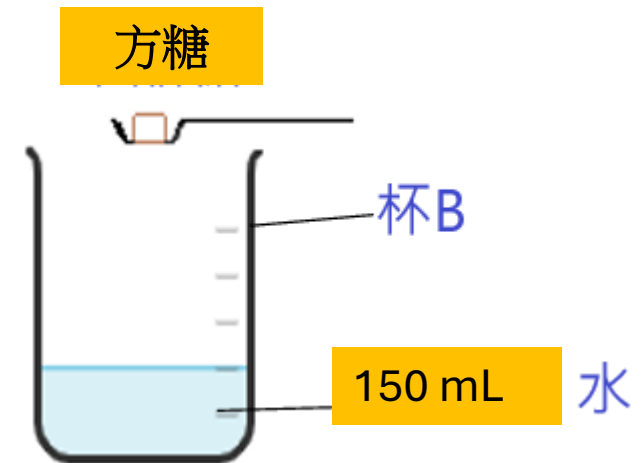
相同的
攪拌方法



杯B

相同重量的方糖 + 150 mL 水

- (1) 加糖入水後立刻開始計時
- (2) 用攪拌棒攪動杯中的水，直到糖完全溶解



預測結果： 砂糖比方糖在較短的時間內完全溶解

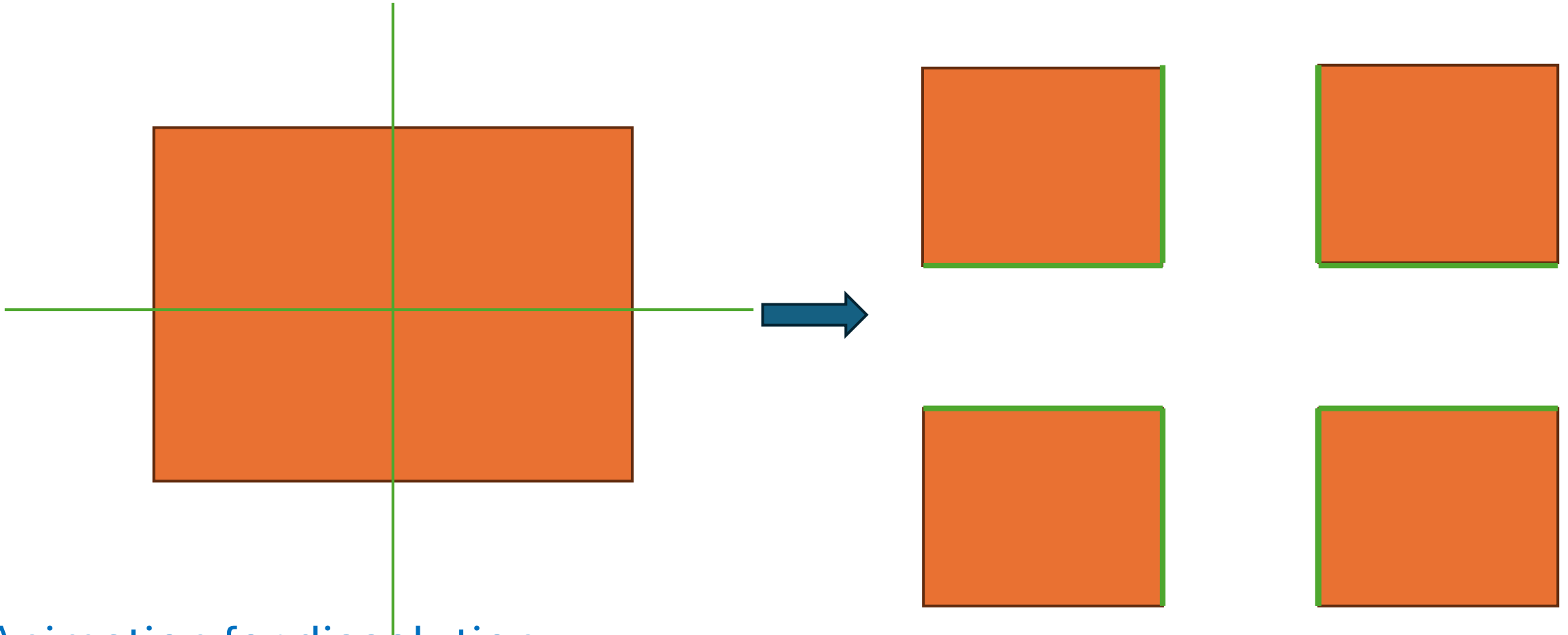
觀察： 兩杯中的糖完全溶解所需的時間

結果： 兩杯中的糖完全溶解所需的時間：

	杯 A 砂糖	杯 B 單晶糖
糖完全溶解的時間（分鐘）	40 – 60 s	2-4 min.

結論： 砂糖/方糖會在較短時間之內完全溶解

Explaining the Phenomenon



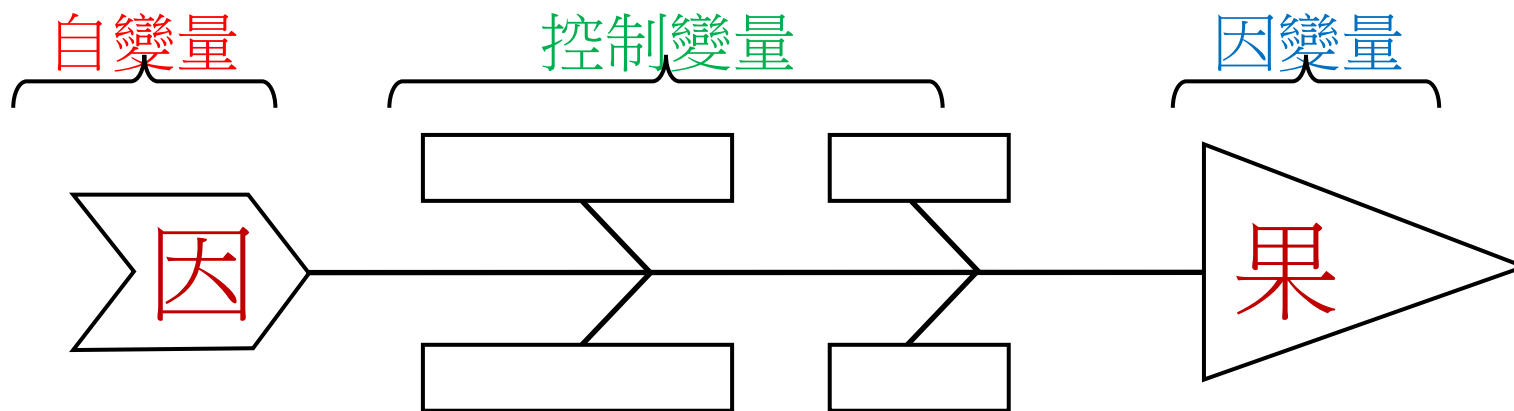
Animation for dissolution

<https://www.sciencephoto.com/media/736204/view/sodium-chloride-dissolving-animation>

公平測試的迷思

甚麼是「公平測試」？

傳統上，公平測試是科學家用作找出(建立)科學現象的「**因果關係**」的重要工具。



除著跨學科的發展(e.g. **STEAM**), 「公平測試」也出現了不同的詮釋。

香港小學科學科課程中提出：學生只須認識公平測試中有關「要探究其影響的因素」、「要觀察或量度的因素」和「要保持不變的因素」的概念。

而這個方法也應用於找出公平比較(Fair Comparison)情景中的結果，以解決一些現實問題。

學校運動會一百公尺賽跑

- 同一起點線
- 同一時間開始
- 同一終點線
- 比賽路段地面狀況相同
- 跑鞋要符合要求，不可超標
- 起點、終點計時準確

公平嗎？

雖跑得最快這結果可接受嗎？



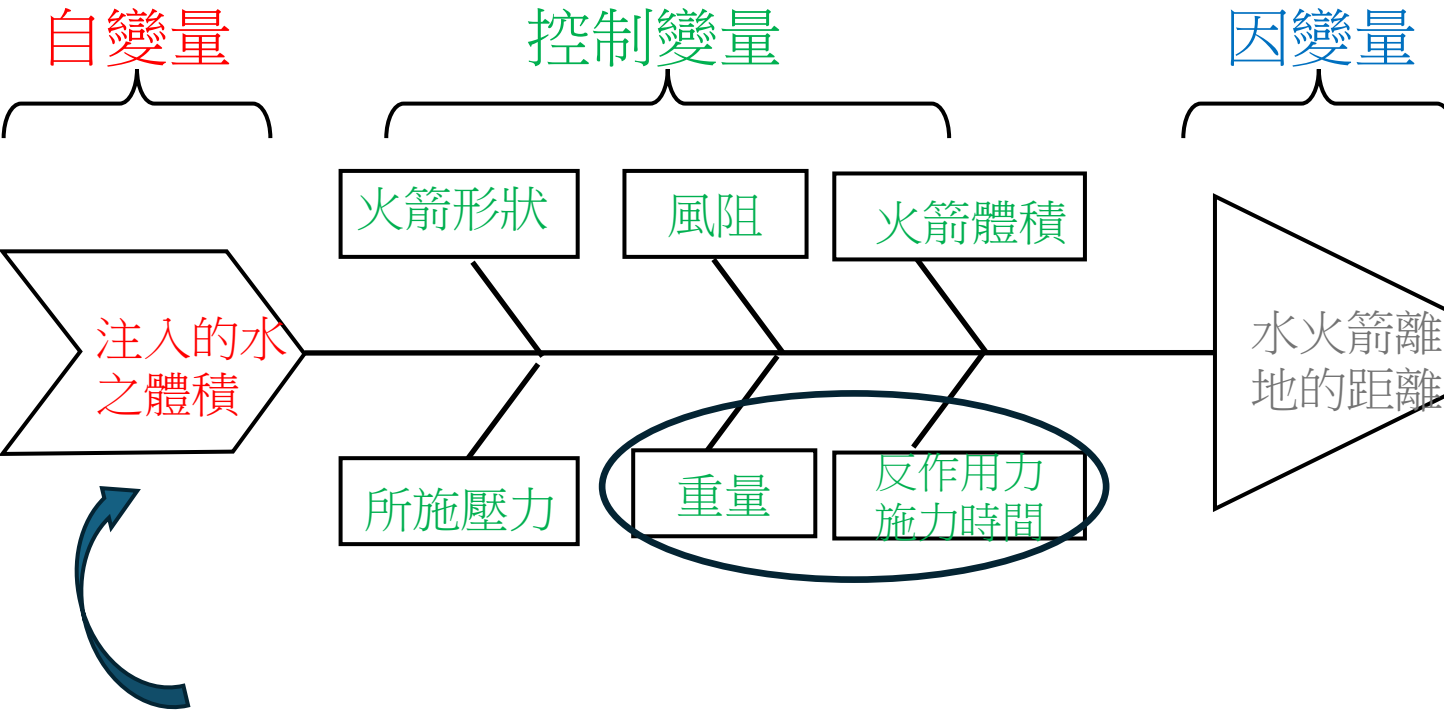
另類一百公尺賽跑

- 同一起點線
- 同一時間開始
- 同一終點線
- 比賽路段地面狀況相同
- 跑鞋要符合要求，不可超標
- 起點、終點計時準確
- 參賽者身高、腳長、手長、肌肉量等相對一致
- 肺氣量可以不同，但血含氧量要相同



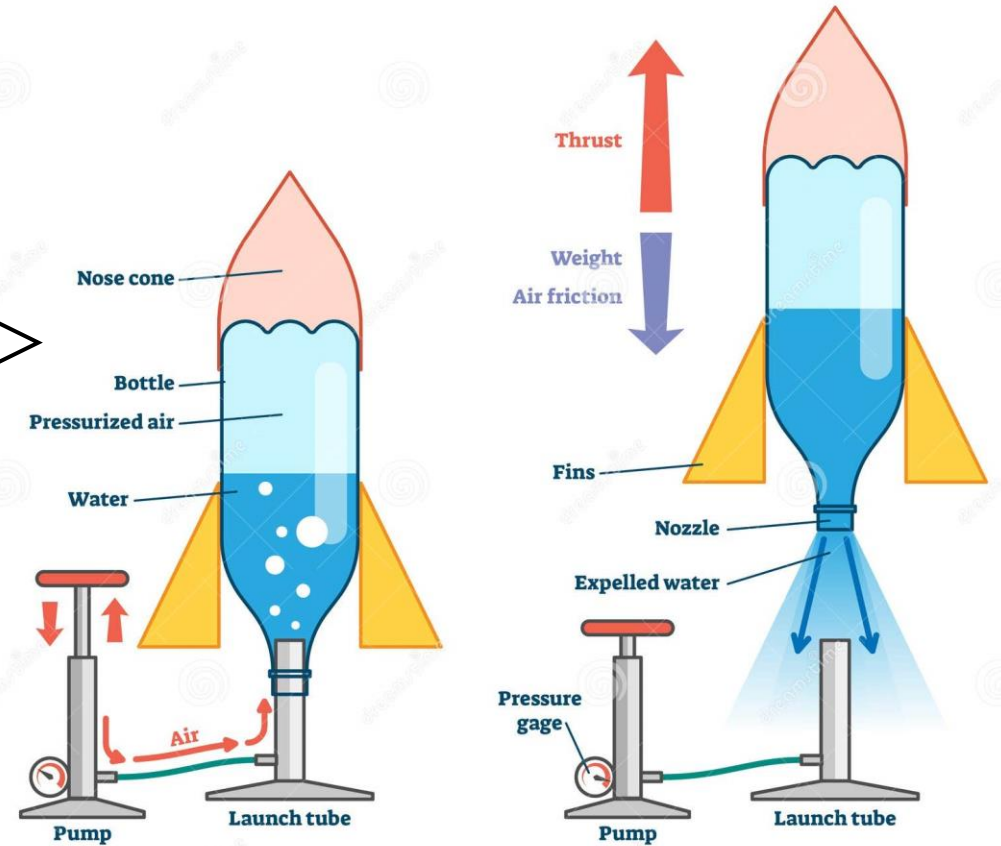
這才是公平？ 目的是肺氣量和速度關係？

水火箭



這變量(注入的水之體積)當然影響影響水火箭射程，但它不是科學上所指的因素，因它又與「火箭重量」及「反作用力的施力時間」一起產生影響。

WATER ROCKET



果皮吸油探究

(四) 實驗：

- 1. 把測試的果皮剪成 5 cm x 4 cm 的正方形面積。
- 2. 把 5 mL 的食用油平均地塗在膠碟上。
- 3. 用相同的力度把測試的果皮輕擦法法 20 圈



3



4



2



5

西瓜:	60
橙:	20
檸檬:	21
柚子:	7
荔枝:	42

6

果皮的厚度不一樣，公平？

A FAIR TEST ?

Conclusion from the experimental results (從實驗數據所得的結論):

(1) 果皮的吸油能力: 柚子 > 橙 > 荔枝 > 西瓜

(2) 天然果皮的吸油能力: 柚子皮 > 橙皮 > 荔枝皮 > 西瓜皮

(3) 同一面積的天然果皮的吸油能力: 柚子皮 > 橙皮 > 荔枝皮 > 西瓜皮

*Conclusion depends on the inquiry question asked and the design of the investigation. (結論取決於探究問題及探究方法)

Which of the above (1,2 and 3) is the best conclusion of the investigation?

Creativity (創造力) and Innovations (創新精神)

A. 核心定義

1. 創造力 (Creativity)

- 指產生新穎且有價值想法的能力，屬於「思維層面」的活動。
例如：畫家構思獨特的主題、工程師設計新結構、作家提出原創故事

2. 創新 (Innovation)

- 指將創造性想法轉化為實際價值的過程，屬於「行動層面」的實踐。
例如：將新型電池技術應用於電動車、將線上教學模式推向市場 (社會需要)
- 創新 = 舊元素 + 新價值 (**在原本基礎上作出增值 (value added)**)
無論是技術升級、還是模式轉換，只要創造出被市場接受的價值，就是成功的創新

B. 相互關係

1. 創造力是創新的種子

2. 創新是創造力的延伸

Problem Solving in STE(A)M Education

STE(A)M 教育與二十一世紀能力

STEM Education Outcomes and 21 Century Skills (二十一世紀能力)

- Creativity and innovation (創新能力)
- Applying knowledge and skills (應用知識和技術的能力)
- Using technology (IT, Media, etc.) (使用科技的能力)
- Communication (溝通能力)
- Collaboration (協作能力)
- Critical thinking (批判思維能力)
- **Problem-solving (解難能力)**

What is the aims of STEM Education in HK ?

- Is STEM Education a mean or an end ?
- STEM Education is a mean to



“**APART** from cultivating students’ interest in Science, Technology and Mathematics, and developing among them a solid knowledge base, we **AIM** to *strengthen* students’ ability to *integrate and apply knowledge and skills across different S.T.E.M disciplines*, and **to nurture their creativity, collaboration and problem-solving skills**, as well as **to foster their innovation and entrepreneurial spirit** as required in the 21st century.”

(Report on Promotion of STEM Education – Unleashing Potential in Innovation, EDB Hong Kong, 2016, p.i)

What are S.T.E.M ? (3 Key Terms– From NGSS)

- 3 key terms defined in broad ways (Putting the E in STEM in Teaching and Learning, p.3)
- **Science** is usually defined as both knowledge of how the natural world works as well as the practices we employ to determine those understanding
- **Engineering** is a *systematic and often iterative approach* to *designing objects, processes, and systems* to meet human needs and wants. (NRC,2012 p.202)
- **Technology** is the *product of engineering*. Technologies result when engineers *apply their understanding of the natural world* and of *human behavior to design ways* to satisfy human needs and wants. (NRC, 2012,p.12)

Problem Solving in STE(A)M Education

Technology (技術)

從工程設計得出的成果, 相關知識包括有關物料、工具、程序、技術系統、軟件系統等知識; 以及安全地、有效地、具創意地使用這些物料、工具及系統完成工作的技能。

Engineering (工程)

透過工程設計(E)的理念及應用科學(S)、技術(T)及數學(M)的知識, 設計及製造產品以解決所面對的實際問題

Technology

Science

Apply & Integrate

Engineering

Mathematics (數學)

透過邏輯思維處理數量、數據、關係和空間等的變化及其關係, 可支援科學探究或工程設計等過程.

Science(科學)

透過科學探究(SI)過程找出有關自然現象的解釋, 從而找出相關的自然界的定律, 建立科學理論和梳理有關知識讓我們能就自然現象作出解釋及預測

Values

現實問題的背景及要求:
文化、經濟、藝術(Arts)方面

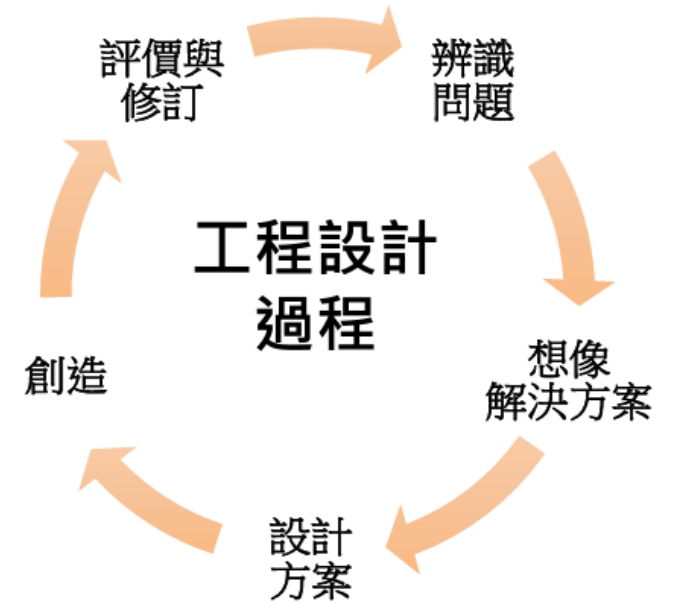
Solving authentic Problems(解決現實問題)

Science Practices and Engineering Practices

Simplified version:

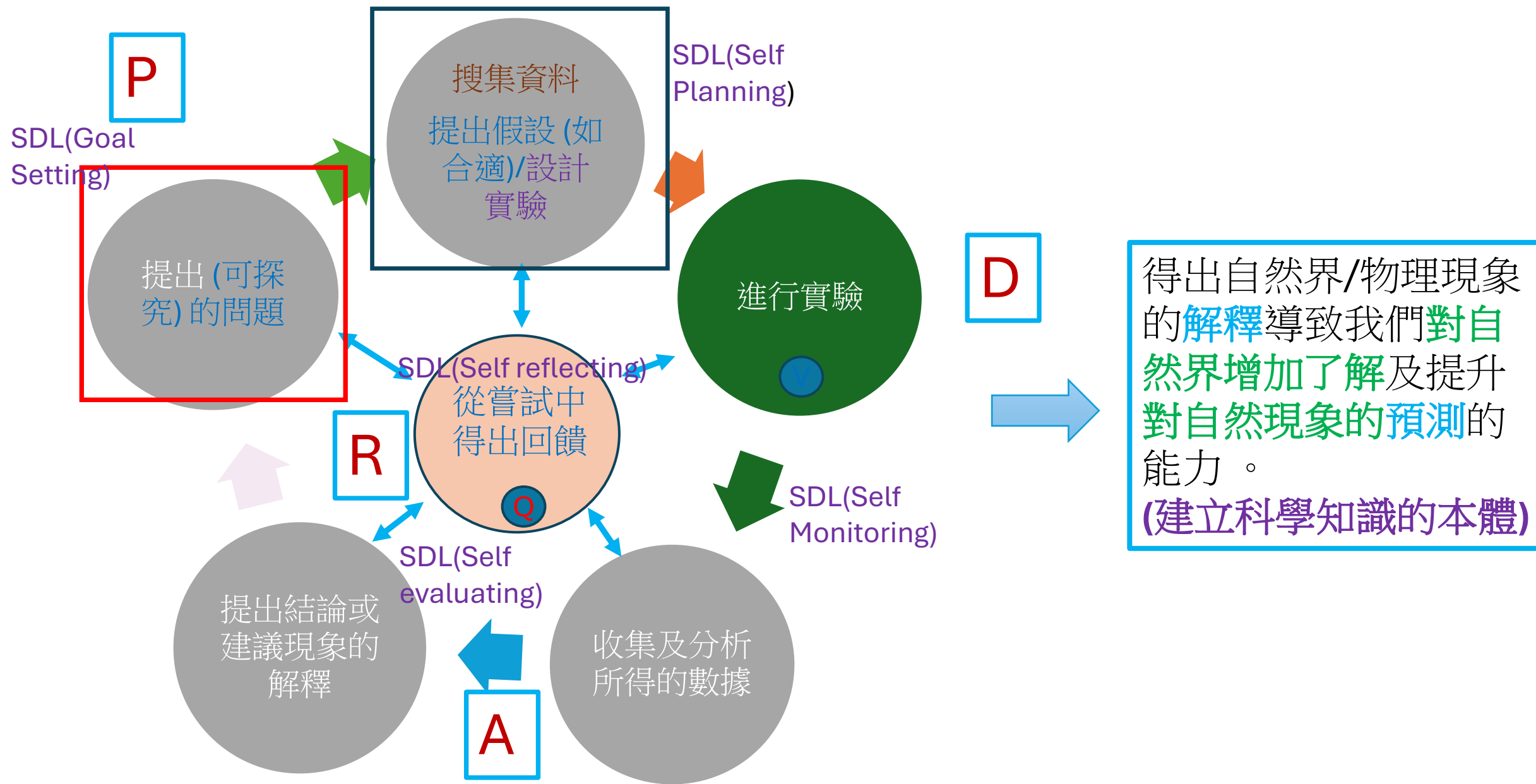
- Asking questions (for science) and defining problems (for engineering)
- Developing and using models (In Science, models should contain organized science ideas; in Engineering, models can be used to visualize a design or as prototype for testing)
- Planning and carrying out investigation
- Analyzing and interpreting data
- Using mathematics and computational thinking
- Constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering) (explanation should based on accepted theories/models)
- Engaging in argument from evidence
- Obtaining, evaluating and communication information

Models for SDL, SI and ED adopted by In-STEAM Project, CITE, HKU



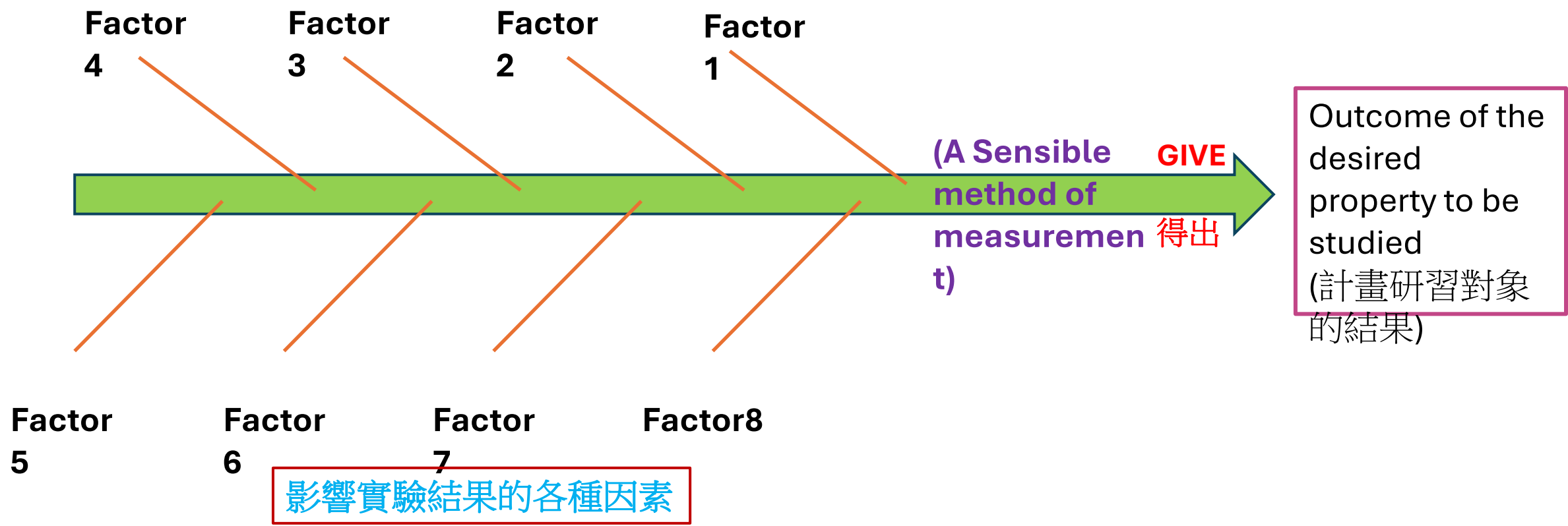
Adapted from In-STEAM Project, CITE, School of Education, HKU

A Science Inquiry Process (一種科學探究過程)



A **Thinking Tool** for scientific investigation (To find 'Cause and Effect' (因果關係))

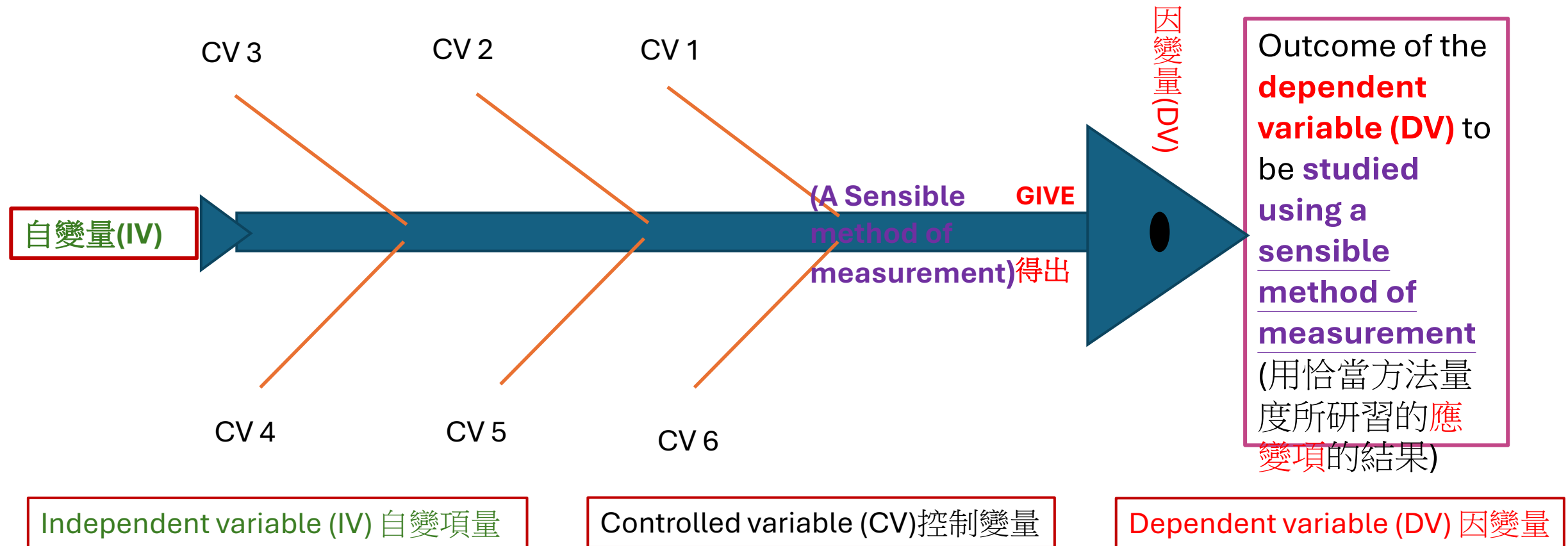
This thinking tool help plan of an experiment to give scientifically sound results



3 types of Scientific investigations:

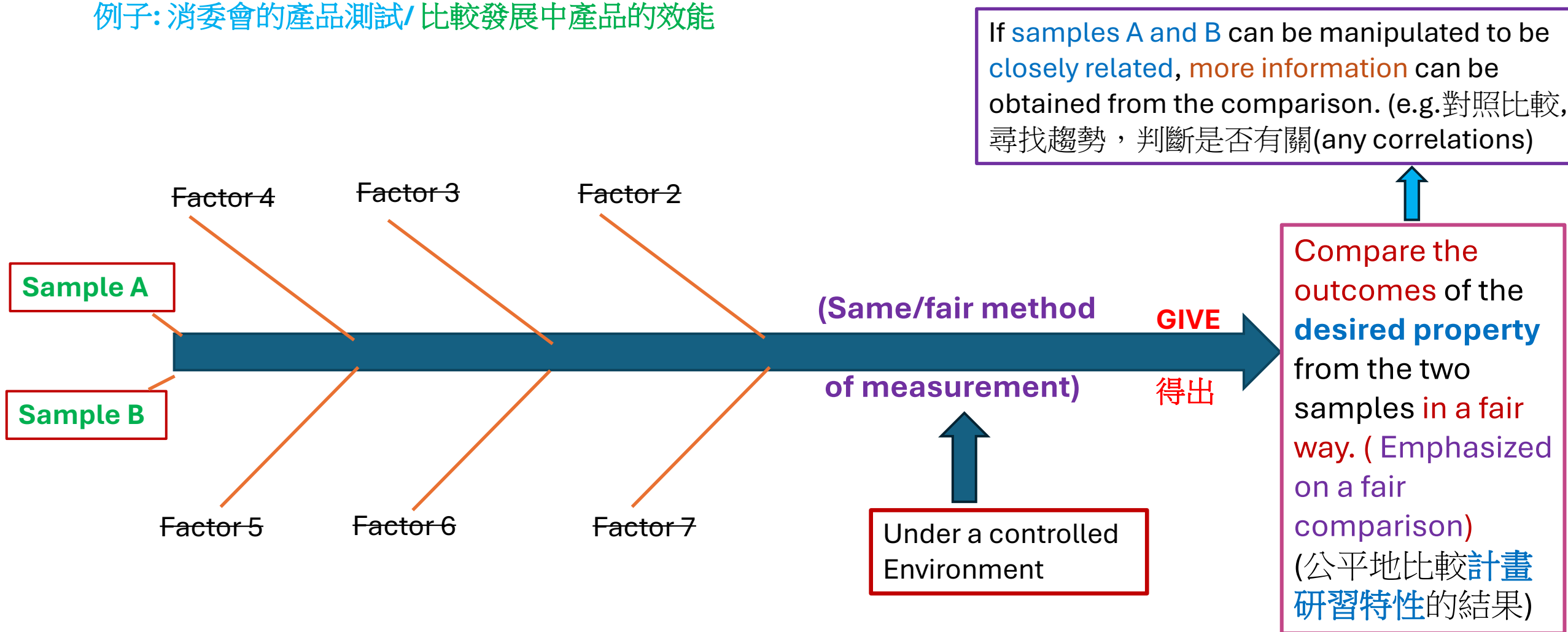
(1) One type of scientific investigation: Experimental Investigation

(To find 'Cause and Effect' in science inquiry (於科學探究中找出因果關係))



(2) Another type of scientific investigation : A Comparative Investigation

例子: 消委會的產品測試/ 比較發展中產品的效能



(3) Another type of scientific investigation : A descriptive Investigation

To provide factual, accurate and systematic descriptions of phenomena based on accepted method without attempting to infer causal relationships (e.g. a detail record of the structure of a plant through observation)

An example of a comparative Investigation from Consumers Council



浴室暖風機測試結果

針對香港較潮濕的情況，測試在恆溫和恆濕的環境搭建一個模擬浴室的小空間，窗口式及天花板式樣本（#1至#9）以乾衣模式吹乾相同數量的濕衣物，包括5條棉質面巾、5件T恤及2條牛仔褲。

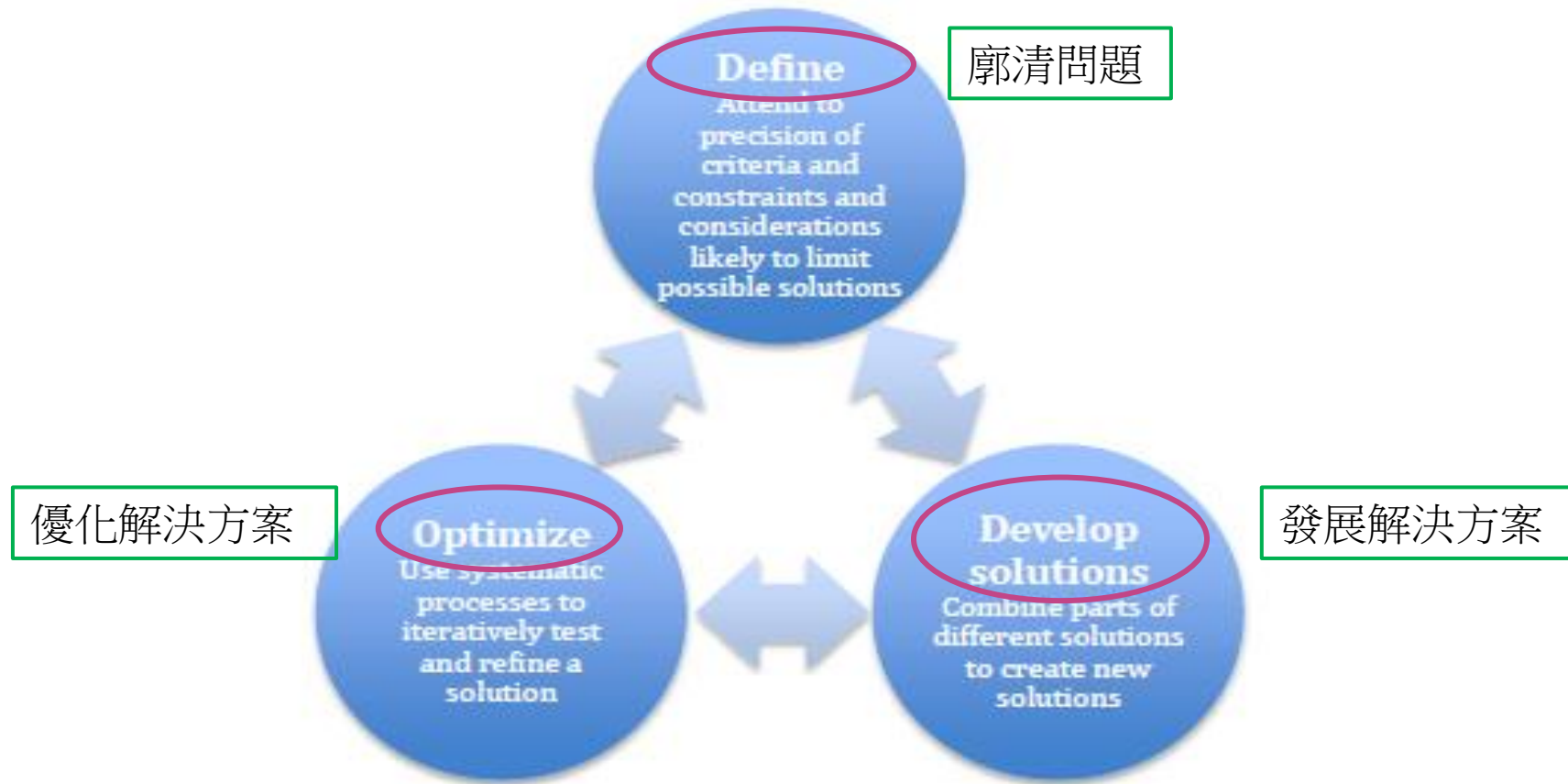
測試前先量度每件衣物的重量，再把衣物浸濕，然後用離心脫水機以相同的特定速度和時間脫水，務求做到衣物於每次乾衣測試前的濕度大致相同。掛上濕衣物待乾前，試驗人員會量度濕衣物的總重量，然後把衣物按特定次序掛在樣本的出風口位置，其後持續監察濕衣物重量的變化，直至衣物達到97%乾才結束測試。

浴室暖風機測試結果

樣本編號	牌子及型號	售價 [1]	安裝費 [1]	聲稱原產地 [2]	型號資料 [2]							安全程度 [3]					乾衣速度(小時:分鐘)
					重量 (kg)	體積大小 (高x闊x深) (cm)	最高氣流量(m³/hr)	額定功率 (W)	暖風設定數目	保用期 (年)	續保年費 [1]	結構及防水效能	功率偏差	標示說明	整體		
窗口式																	
1	樂聲 Panasonic FV-23BWN2H	\$3,580	\$500	中國	4.8	28x28x28.6	220	1,400	2	1	\$580	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	3小時44分鐘
2	新朗 Cinetron CV-88W	\$2,090	\$500	中國	4.6	28x28x22.3	123	1,500	2	2	\$430	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●	5小時38分鐘
3	草津 Kusatsu KBF-331RGSC	\$3,680	\$500	日本	4	28x30x25	190	1,270	2	2	\$580	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●	5小時8分鐘
4	金章 Zanussi ZBH1015	\$2,580	\$380	中國	4	25.4x25.4x21.8	110	1,350	2	1	—	●●●●●	●●●●● d	●●●●●	●●●●●	●●●	6小時23分鐘
5	卓爾 Summe SBH-103	\$1,180	—	中國	4	28.2x28.2x21.2	—	1,350	2	1	—	●●●●● a	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●	6小時6分鐘
6	金瑞典 JEE JBH20	\$798	—	中國	3	26.7x26.7x21	120	1,160	1	1	—	●●●●● b	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●	8小時△
天花式																	
7	三菱電機 Mitsubishi Electric V-251BZ-HK	\$3,980	—	日本	7.4	36x36x22.7	180	2,100	2	2	—	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	3小時24分鐘
8	KDK 30BGCH	\$2,980	—	中國	4.9	36x36x21.9	170	1,650	1	1	\$780	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	3小時41分鐘
9	Kohler K-77316H-MZ	\$4,350	—	中國	7.4	30x30x20	132	2,100	1	3	—	●●●●●	●●●●● e	●●●●● f	●●●●●	●●●●	3小時17分鐘
移動式																	
10	德國寶 German Pool HTW-330	\$1,420	—	中國	2.1	39x25x12.5	—	2,000	2	1	—	●●●●●	●●●●●	●●●●● g	●●●●●		
11	樂信 Rasonic RA-BH205FY	\$980	—	中國	2.2	38.3x24x12.7	—	2,050	2	1	—	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●		
12	伊瑪 Imarflex INB-2023R	\$799	—	中國	3.1	28.5x16.5x43.1	—	2,050	2	2	—	●●●●●	●●●●●	●●●●● g h	●●●●●		
13	Thomson TM-SHT-BH10	\$600	—	中國	2.5	14.5x24.4x14.5	—	2,000	2	1	—	●●●●● c	●●●●●	●●●●●	●●●●●		

There are a lot of representations for Engineering Design Processes (EDP)

A generalized model from NGSS (2013)



表四：工程設計過程的例子

（以範疇二「物質、能量和變化」小五課題「聲音的特性與相關現象」中「設計及製作隔音裝置，通過設計循環，改良裝置的隔音效能」的學與教活動為例）

工程設計過程		例子
界定問題和規劃	界定問題與條件限制	● 情境：祖父母年紀大了，常常在家休息。可是老舊的房子隔音效果差，外面的噪音打擾他們休息。 ● 需求：設計及製作一個隔音效果良好，輕便可攜的耳罩。 ● 問題與條件限制：使用日常生活中常見的物料製作一個重量不超過 200 克，並能降低音量至少 20 分貝的隔音耳罩。耳罩的成本應在 50 港元的預算範圍內。
	蒐集資料並提出設計方案	從日常觀察或在互聯網上搜尋，了解隔音耳罩的基本構造和設計特點；並通過簡單的測試，了解不同物料的隔音原理和效果。 考慮耳罩形狀和大小、充填物料的隔音效果和重量等不同因素，提出設計方案，並繪畫設計圖清楚顯示產品的結構、不同部分的功能和所採用的物料。
	評估並選擇能滿足條件限制的方案	每個組員展示及解釋其設計方案的特色，然後一起就效能、成本等因素作討論，選出能滿足條件限制的最佳方案或綜合各設計優點的合併方案。
建立模型和測試	建立模型／產品	每組按所選擇的設計方案製作隔音耳罩產品（例如：以環保物料或立體打印物料製作杯罩，並加入布、棉花、泡綿或發泡膠等作為填充物）。
	測試和評估模型／產品	利用教師提供的測試工具，測試產品的隔音效能，記錄測試數據並作重複測試。量度並記錄隔音耳罩的重量。
改良設計	改良模型／產品	根據測試結果，就填充物的材料、數量或其他方面作改良。
表達和反思	展示和介紹	向全班同學展示和介紹產品，解說其功能和特色。
	反思設計方案和過程	思考把耳罩發展為人們日常佩戴的產品時，設計上要作出修改的地方。

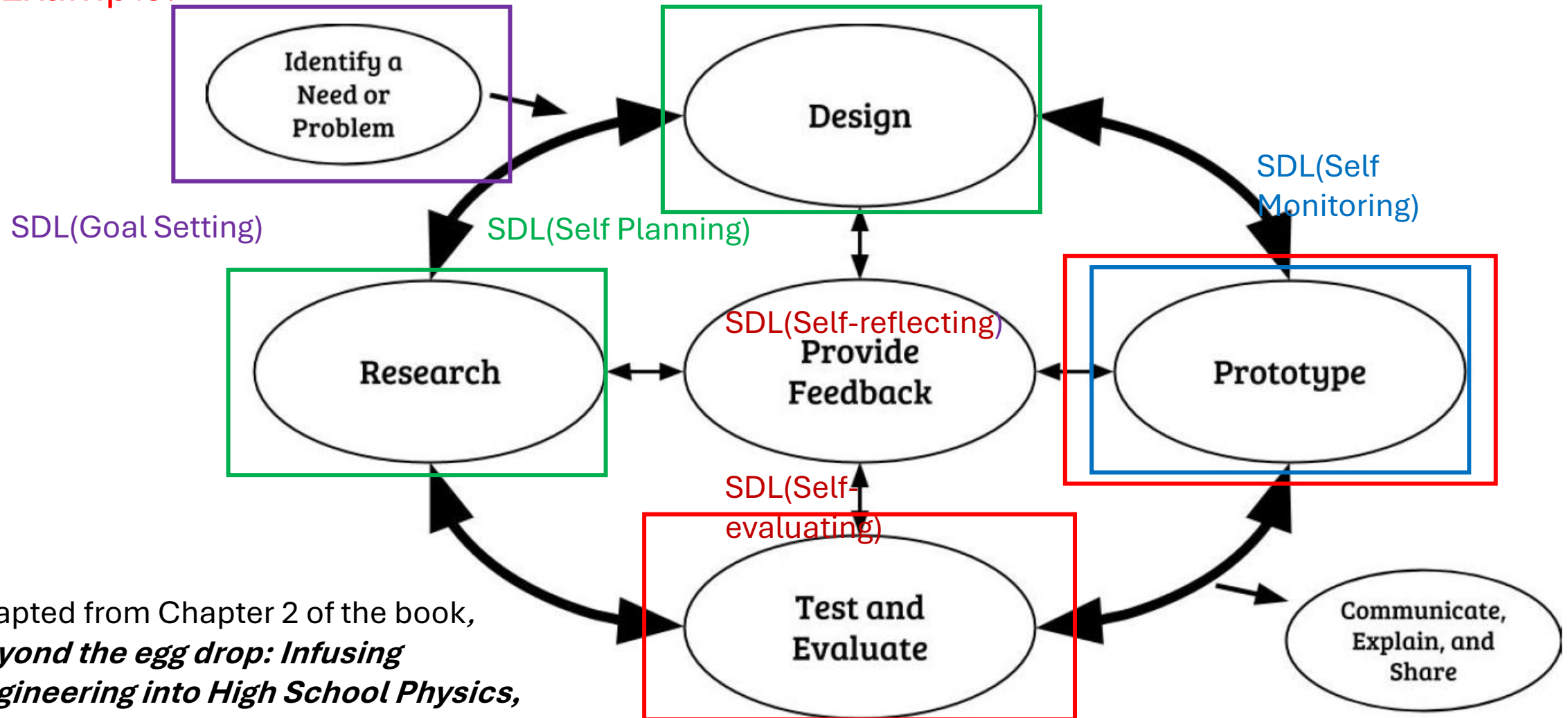
表六：小學工程設計過程技能縱向發展架構

	界定問題和規劃 (Plan)	建立模型和測試 (Do)	改良設計 (Improve)	表達和反思 (Review)
小一至小二	- 因應教師所界定的問題，觀察現成的日常生活物品，提出簡單的加工方法 - 在原有物品的圖片上，繪畫加工的部分	- 使用教師提供的物料和簡單工具在原有物品上加工 - 運用簡單工具，測試物品加工或改動後的效果	檢視物品加工或改動後能否達到預期效果	說出製作物品的過程和成果，以及印象深刻的部分
小三至小四	- 因應教師所界定的問題、條件限制和成功準則，運用生活經驗和已有知識，提出設計模型／產品的方案 - 簡單評估設計方案的可行性 - 繪畫草圖，顯示模型／產品的結構，以及不同部分所採用的物料	- 使用教師提供的物料和工具，以及部分自選物料製作模型／產品 - 使用量度工具和簡單的科學儀器，測試模型／產品的效能，蒐集測試數據，以標準單位記錄 - 使用表格、圖像、相片、影片或簡單文字記錄測試數據	- 運用測試數據檢視模型／產品能否解決所界定的問題，以及滿足相關的條件限制和成功準則 - 為不符合成功準則的模型／產品提出合理可行的改良方案	- 以口頭報告的方式，描述設計與製作的過程和模型／產品的特色，以及簡單說明其操作方式和工作原理 - 反思設計與製作的過程，指出模型／產品的限制或不足之處
小五至小六	- 因應教師或學生自行界定的問題、條件限制和成功準則，運用生活經驗和已有知識，提出設計模型／產品的方案 - 比較不同的設計方案，就各種因素（例如：成本、可行性、美感、效能、環保等）作綜合考慮，選擇合適的設計方案 - 繪畫草圖，清楚顯示模型／產品的結構（包括主要部份的尺寸大小和位置），以及不同部分的功能和所採用的物料	- 選用適當的物料、工具或數碼設備（例如：單板電腦、微控制器）製作模型／產品 - 使用量度工具和科學儀器測試模型／產品的效能，蒐集數據並作重複測試，以標準單位記錄 - 使用表格、圖像、相片、影片或文字，記錄測試數據	- 運用測試數據檢視模型／產品能否解決所界定的問題，以及滿足相關的條件限制和成功準則 - 基於測試數據，歸納出影響效能的因素，針對性地提出提升模型／產品效能的改良方案	- 以口頭、書面報告等不同方式，完整描述設計與製作的過程和模型／產品的特色，清楚闡述物品的操作方式，以及使用科學語言解釋其工作原理 - 反思設計與製作的過程，指出模型／產品的限制或不足之處，以及可以進一步改良或發展的可能

There are a lot of representations for Engineering Design Processes (EDP)

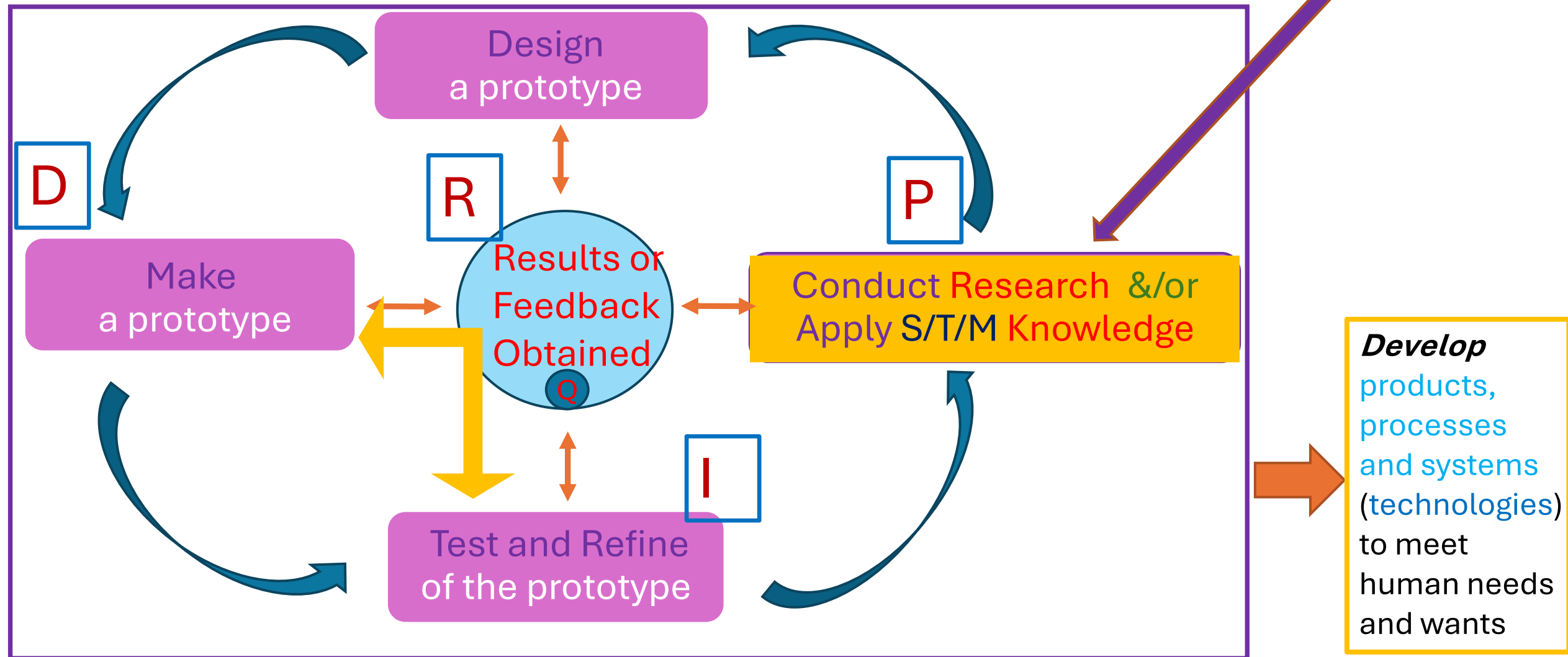
One
Example:

Engineering Design



Adapted from Chapter 2 of the book,
*Beyond the egg drop: Infusing
Engineering into High School Physics,*
NSTA, 2017

Engineering Design Process

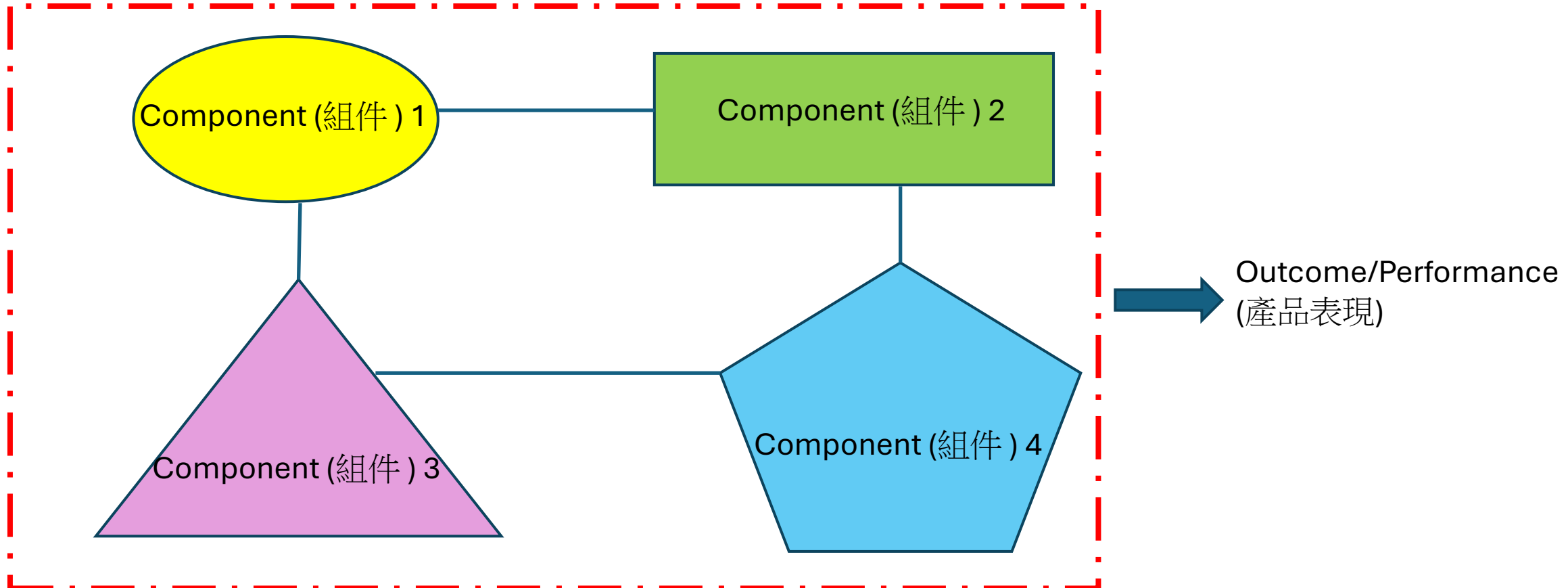


Modified from Chapter 2 of the book, *Beyond the egg drop: Infusing Engineering into High School Physics*, NSTA, 2017

A Useful Tool for Engineering Design

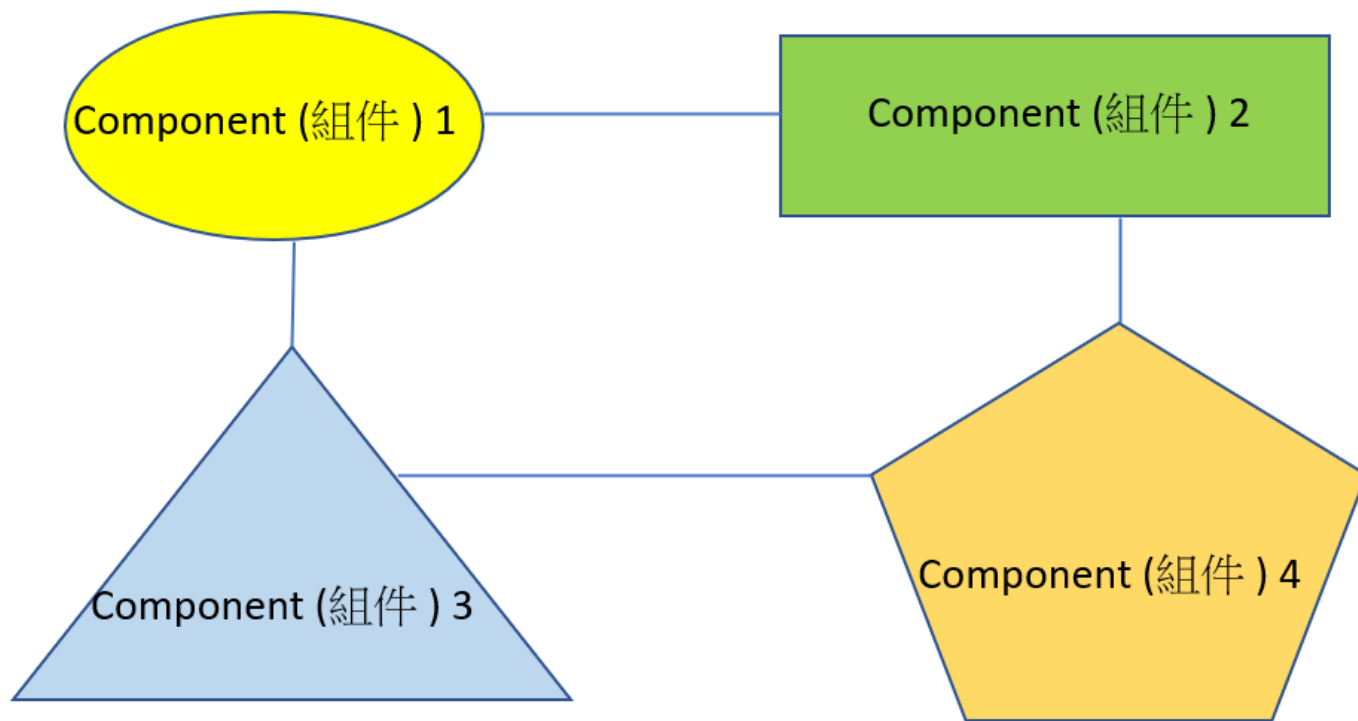
Component/Structure Diagram of the Product/Artifact (產品組件/結構圖)

A representation of a system (系統的代表)



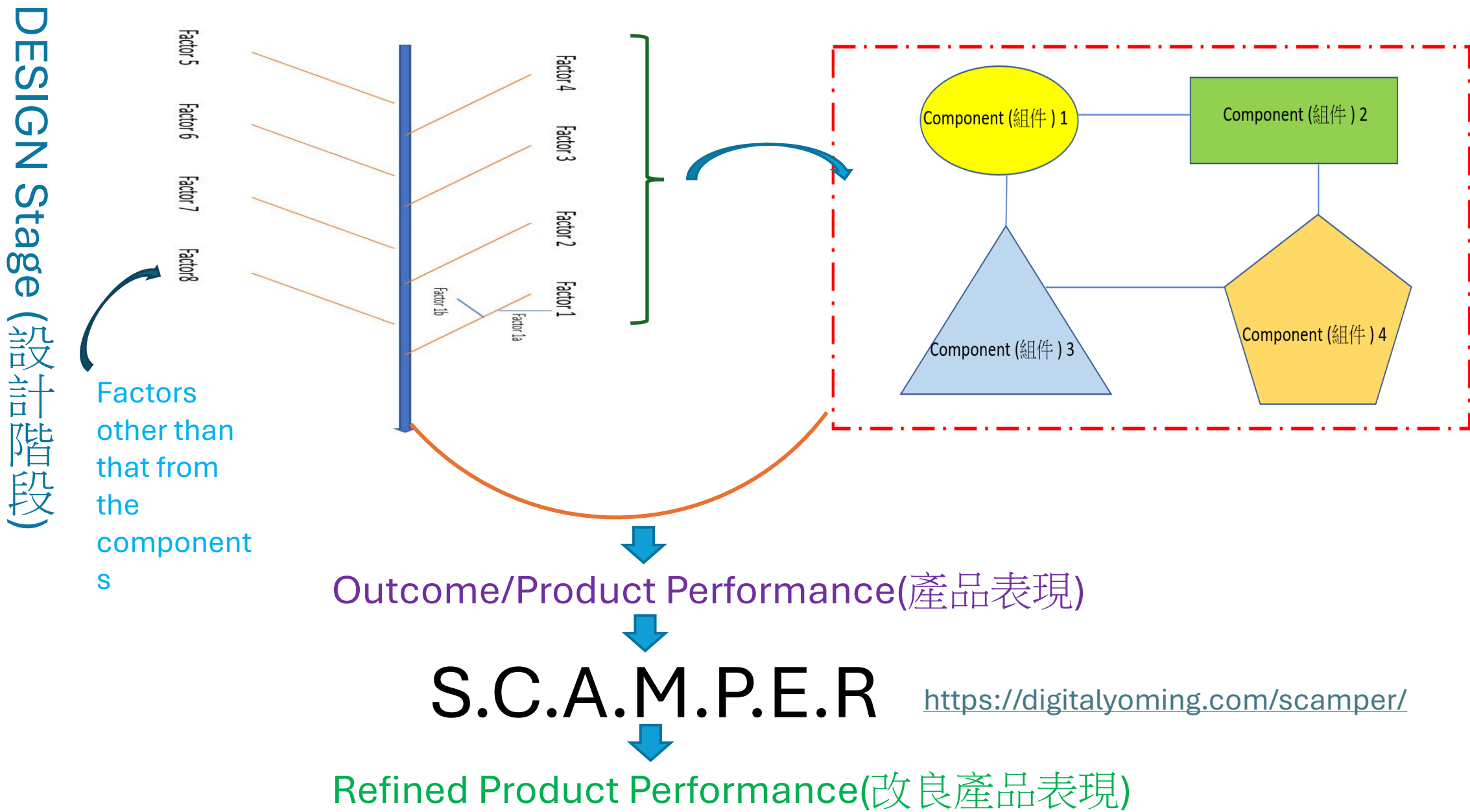
Energy Input (能量輸入)
Material Input (物料輸入)

A representation of a system (系統的代表)

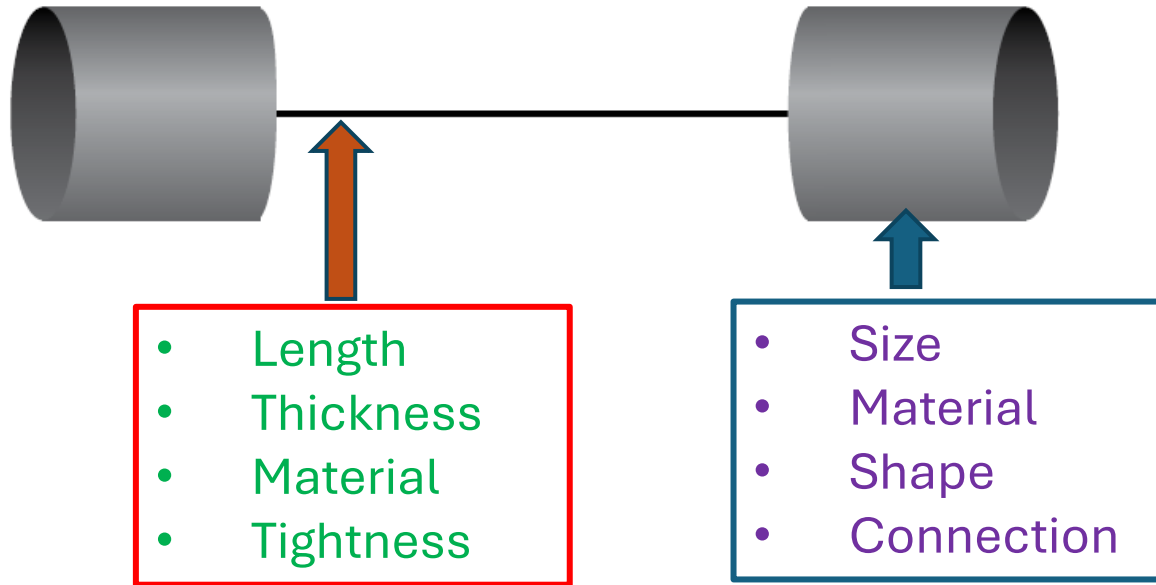


Outcome(產出), such as
Energy Output (能量輸出)
New Material Output (物料輸出)

A method to help design/refine the product and generate creative ideas:



Example: A Toy Phone



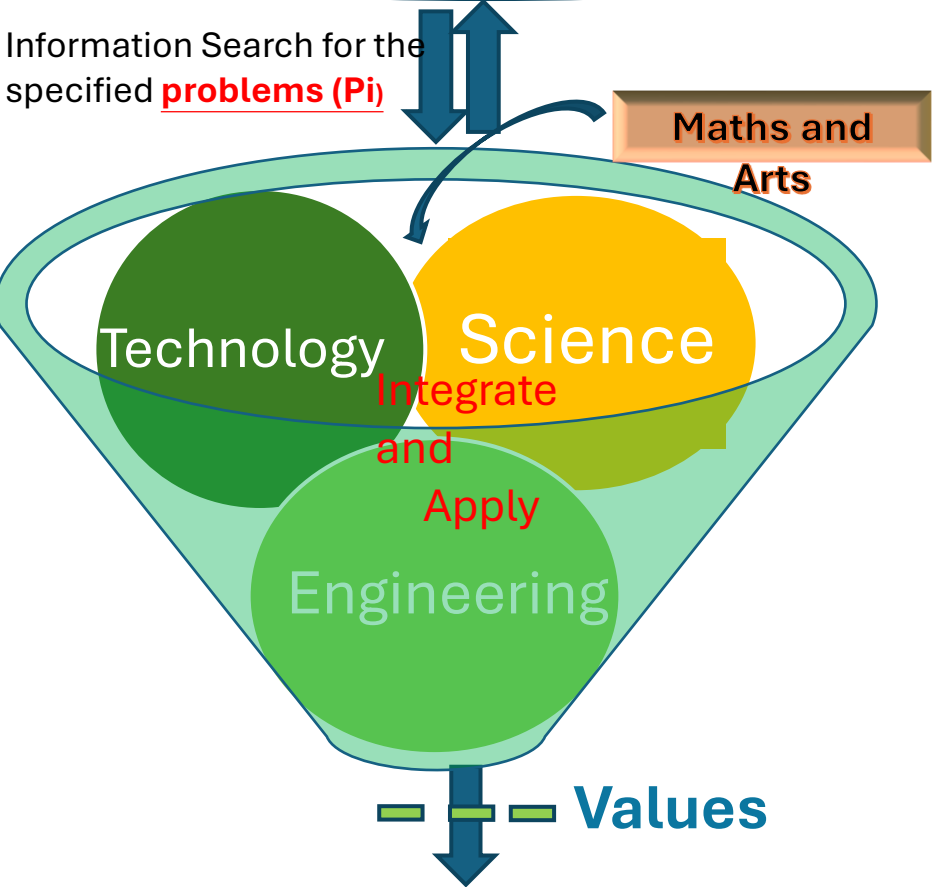
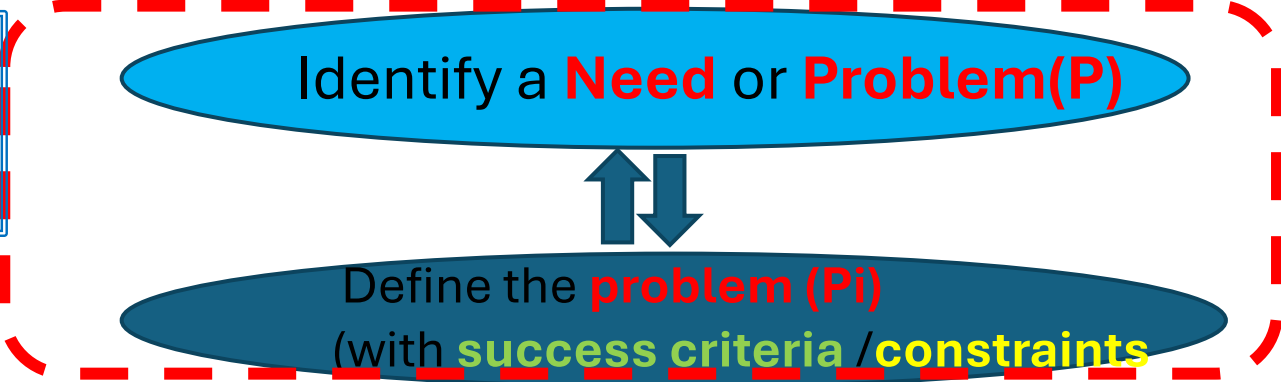
1. The volume of the voice of speaker
2. The method/instrument to measure the volume of sound received.
3. The closeness of speaker's mouth to the can

This Variable Might Be Important.	Reason for Inclusion
How loudly we talk	The louder you talk, the louder the phone should sound.
The length of the string	The phone should sound louder the closer you are together.
How tightly we pull the string	The phone may work better if the string is tight.
The size of the cans	The size of the cans might amplify the sound.
The shape of the cans	Different shapes might work better.
If we use something else besides cans (like paper cups)	Maybe other materials will make the sound louder.
The thickness of the strings	Thicker strings might work better.
Use something else besides string (such as wire).	String might not be the only material that works well.

The figure and table was adapted from *Learning & Teaching Scientific Inquiry*, **NSTA**, 2011 (P.64 and 65)

Problem solving in
STE(A)M Education

$P \rightarrow P_1, P_2, \dots$



Authentic Problem solved through **integrating and applying** knowledge and skills in S.T.E.M. disciplines

Problem solving in STE(A)M Education

$P \rightarrow P_1, P_2, \dots$

Identify a **Need** or **Problem(P)**

Define the **problem (Pi)**
(with **success criteria** / **constraints**)

Engineering Design

Maths and others

Science Inquiry

Design^{DT} a prototype

Make & Test a prototype

Refine of prototype

Information Search for the specified **problems (Pi)**

Technology

Science

Conduct Researches / Apply and Integrate S.T.E.M. Knowledge

Engineering

Ask a (Testable) Questions

Forming a hypothesis, (if nec), Design experiment

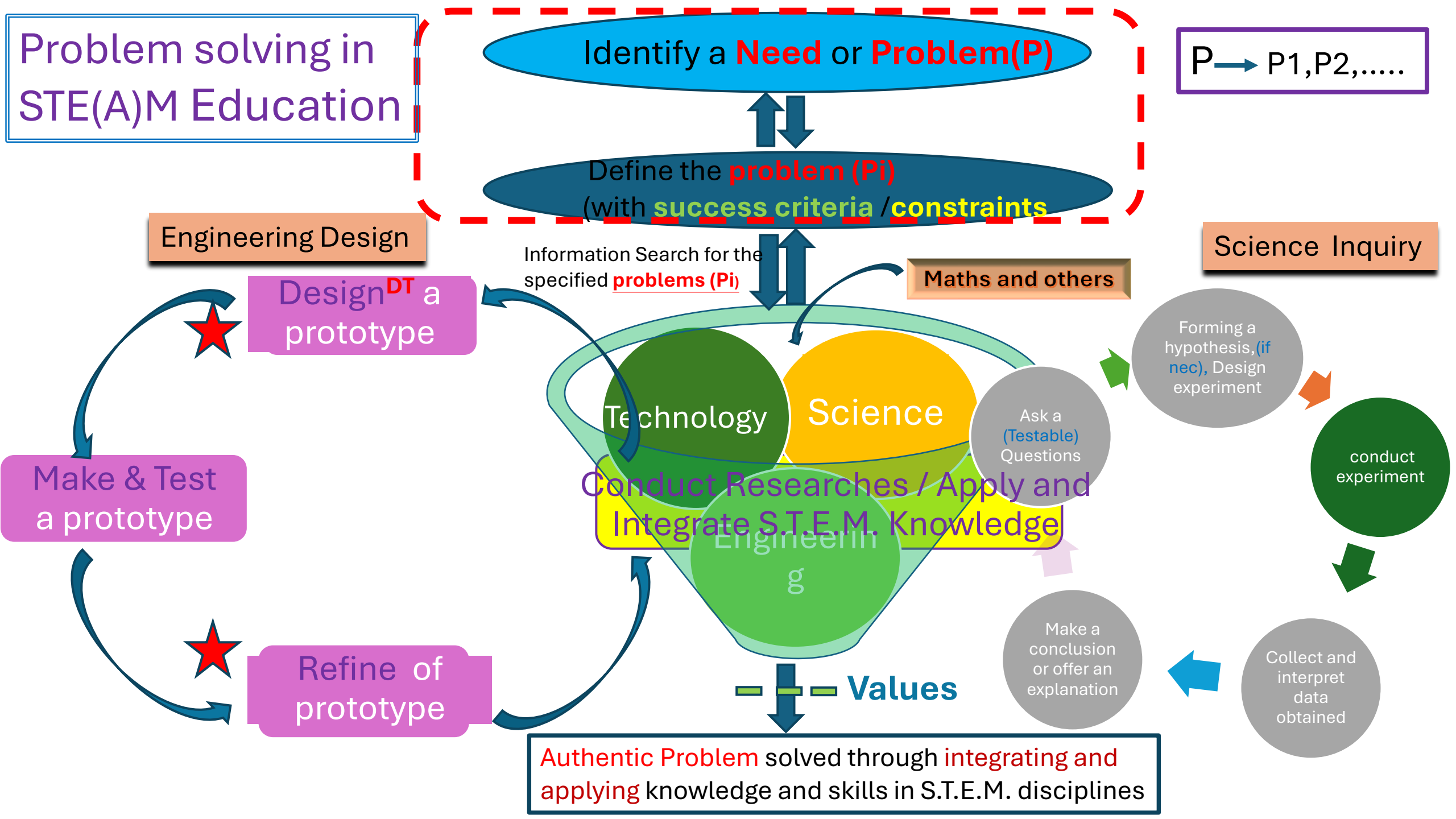
conduct experiment

Make a conclusion or offer an explanation

Collect and interpret data obtained

Values

Authentic Problem solved through **integrating and applying** knowledge and skills in S.T.E.M. disciplines



Problem solving in STE(A)M Education

$P \rightarrow P_1, P_2, \dots$

Identify a **Need** or **Problem(P)**

Search information related to the **problem Scenario**
Break down into to simpler **problems (Pi)** if necessary

Define the **problem (Pi)**
(with **success criteria / constraints**)

Engineering Design

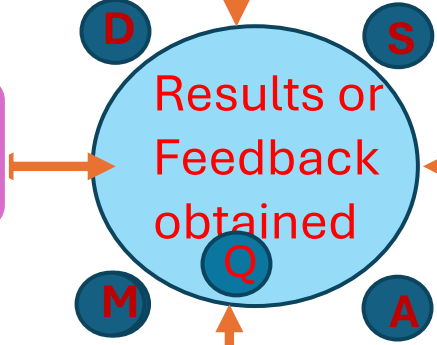
Science Inquiry

Maths and others

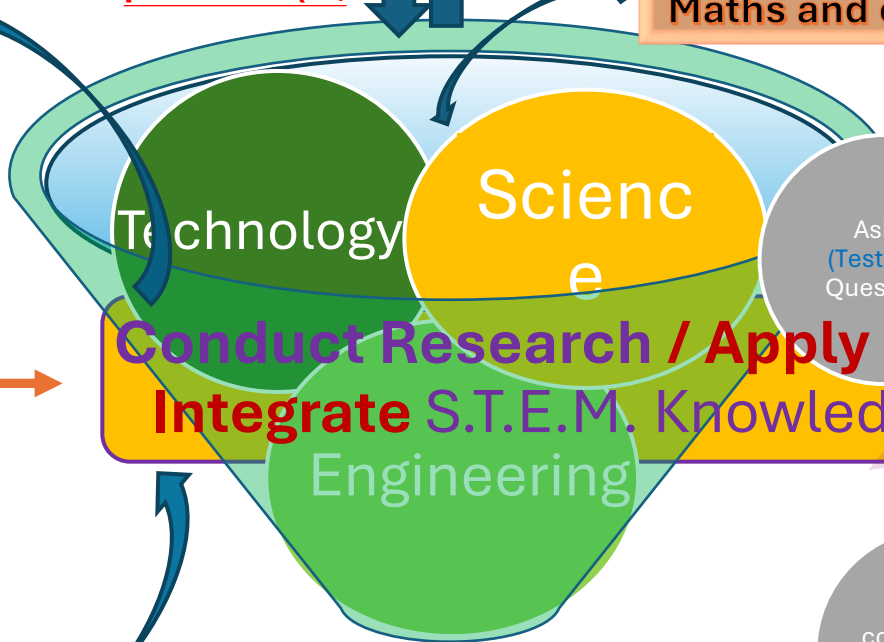
Information Search for the specified **problems (Pi)**

Design^{DT} a prototype

Make & Test a prototype



Refine of prototype



Ask a (Testable) Questions

Forming a hypothesis, (if nec),
Design experiment

Results or Feedback

Conduct experiment

Make a conclusion or offer an explanation

Collect and interpret data obtained

Values

Communicate, explain to stakeholders

Authentic Problem solved through integrating and applying knowledge and skills in S.T.E.M. disciplines

Assessment Plan

Other school STEAM Projects

- <https://instem.cite.hku.hk/zh/stem-learning-design-zh/>

Thank You