

# 科學素養的培育

## 一 讓學生學習像科學家般思考

吳木嘉 (高級學校發展主任)

尹淑娛老師、陳超群老師 (林村公立黃福鑾紀念學校)

何國媚老師、陳詩雅老師 (樂善堂梁銶琚學校)

# 科學教育領域的定位

促進學生：

- 通過科學方法研究周圍的現象和事件
- 培養對世界的好奇心，加強科學思維
- 獲得科學知識和技能
- 參與涉及科學的公眾討論，並成為科學和科技終身學習者。

# 國際發展趨勢

## 學生能力國際評估計劃 (PISA)

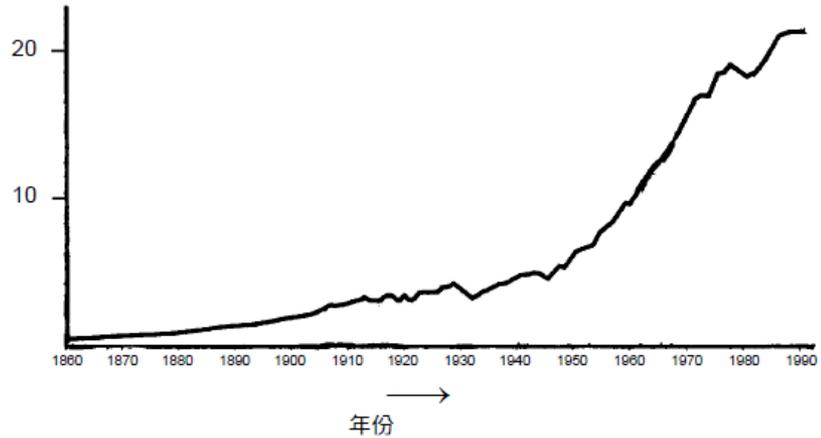
- What Students **know** and **can do**?
  - **scientific knowledge and use of that knowledge** to identify questions, acquire new knowledge, explain scientific phenomena and draw evidence-based conclusions about science-related issues
- Knowledge **of** Sci Vs Knowledge **about** Sci

小德有興趣研究地球大氣層的平均溫度和地球上二氧化碳排放量之間的關係。  
他在圖書館找到下面兩幅曲線圖。

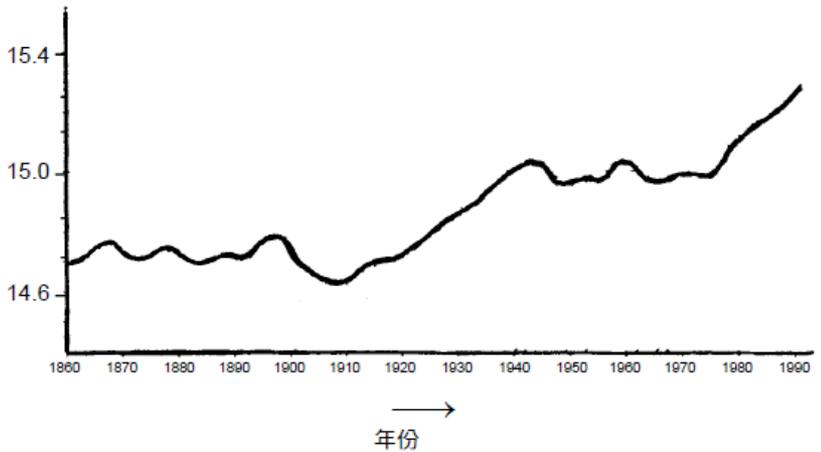
## 問題 1：溫室效應

曲線圖中有甚麼資料支持小德的結論？

↑  
二氧化碳排放量  
(每年以十億噸計)



↑  
地球大氣層  
平均溫度 (°C)



小德從曲線圖得出結論，認為地球大氣層平均溫度的上升，顯然是由二氧化碳排放增加而引起的。

# 滿分的答案

- 當排放量增加，溫度增加。
- 兩條曲線都在上升。
- 從兩幅圖所見，自**1910**年開始，溫度與二氧化碳的排放量均開始上升。
- 當 **CO2** 排放時，溫度便會上升。
- 兩幅圖均顯示了上升的趨勢。
- 所有東西都在上升。
- **CO2** 排放量越高，溫度越高。

# 沒分的答案

- 溫度上升。
- CO<sub>2</sub> 增加。
- 它顯示了溫度的急劇轉變。
- 二氧化碳的排放量(圖一)與地球溫度(圖二)的上升有關。
- 二氧化碳是導致地球氣溫上升的主因。

學生能力國際評估計劃 (PISA)及不少國際科學教育的發展也反映相近的取向:

- 結合科學知識(knowledge of knowledge) 與及有關科學的知識(knowledge about Science)

# AKSIS Project (英國)

檢視學校科學課堂的活動，最終把探究活動歸納為：

- 公平測試
- 鑑別與分類
- 找出規律
- 探索現象
- 以模型引導探索
- 設計與製作
- .....

# AKSIS Project (英國)

---

佔高小探究活動的比重

佔初中探究活動的比重

公平測試	51%	83%
鑑別與分類	9%	1%
設計與製作	11%	4%
找出規律	3%	1%

---

公平測試主導了科學活動:

- 探究變成千篇一律的模式
- 連不適合的情況也加入控制變因

# 科學實驗的設計

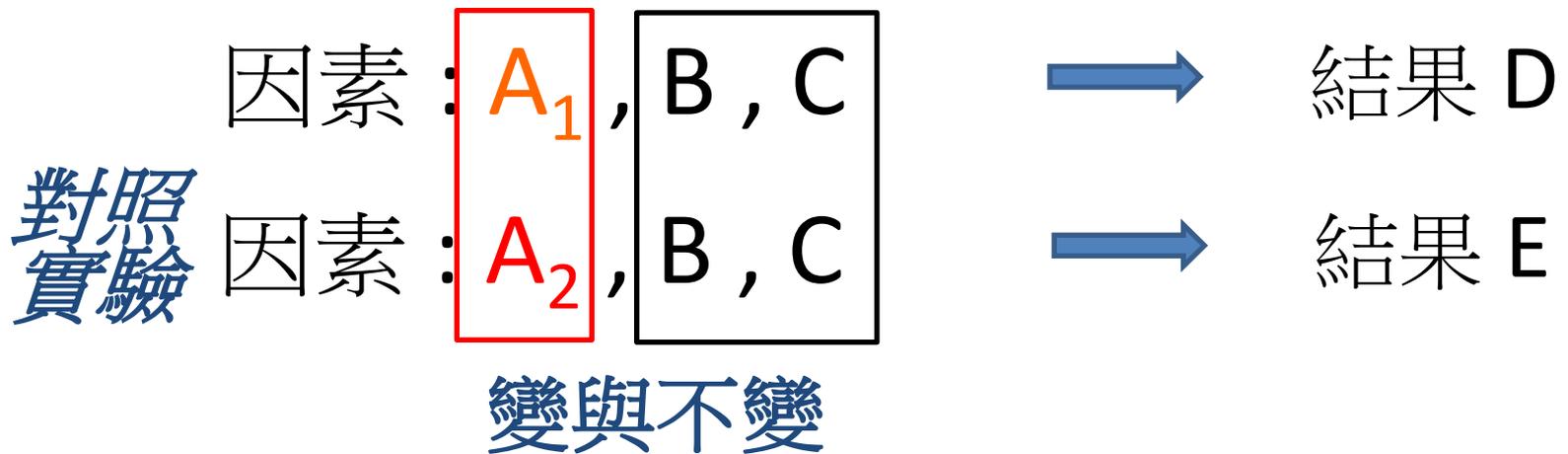
某個實驗的結果(D) 可能受三個因素 (A、B、C)的影響。

因素：A, B, C            結果 D

如何可以釐清A、B、C是否真的會影響結果？  
以及每個因素與結果的確切關係？

# 公平測試

透過對照實驗，排除有待研究因素以外其他實驗條件的影響，以致實驗結果能夠提供確切的結論。



倘若結果D與E相同  $\longrightarrow$  結果與因素A 完全無關

倘若結果D與E相異  $\longrightarrow$  結果的差異完全由因素A導致

# 公平測試

小學生未必需要掌握「公平測試」、「對照實驗」、「自變項」、「依變項」和「控制變因」這些專用詞彙，但卻應了解一般實驗設計和分析。

因素：A, B,  $C_1$   $\longrightarrow$  結果 D

對照  
實驗

因素：A, B,  $C_2$   $\longrightarrow$  結果 E

控制變因

自變項

依變項

倘若結果D與E相同  $\longrightarrow$  結果與因素C完全無關

倘若結果D與E相異  $\longrightarrow$  結果的差異完全由因素C導致

# 課本的限制

- 著重內容的課文可以清晰交待結果，但較難促進學生的科學思考
- 師生互動的課堂是更佳培養學生科學思考的場地

# 點解方法B最快?

各組同學根據以下表格所指示的融冰方法將冰融掉，並記錄融化的時間。

組別	融冰方法	冰粒融化時間
1	方法 A (單手持冰)	3分 13秒
2		2分 30秒
3		1分 50秒
4	方法 B (雙手持冰)	1分 57秒
5		2分 49秒
6		1分 05秒

方法 C (冰塊放在桌上) 所需時間: 9分 23秒

結果：方法 B 最快，方法 A 較慢，而方法 C 最慢。

# 點解方法B最快?

你的意思是:

- 為甚麼.....?

- 據甚麼.....?

在跳到解釋前，可否先培養學生建基客觀證據的思考?

# 「科學家思考」的一些特點

- 建基於客觀數據
- 有系統的整理方法

科學思考需要從實際體驗中培養

想一想：

1. 為什麼冰粒大小相同，A、B和C的熔冰方法所需時間會有不同？  
因為A是用單手持冰，溫度較低，B是用雙手持冰，溫度較高，C是放在桌上，沒有溫度，所以這三個方法都不同。

2. 為什麼有些組別用相同的熔冰方法，但冰粒熔化的時間卻不一樣？  
因為每個人的身體豐稟的體溫都不一樣，我們都用不同的方法來幫助冰塊融化。

總結：1. 冰 遇熱會變成 水。

2. 這個實驗的設計完善/不完善，因為每個人的手來融化冰塊的體溫都不同和用的方法都不同，所以這是公平/不公平的測試。

- 學生在細節上有待糾正，但大體上理解冰受熱力多寡影響其融化速度
- 學生理解熱力的多寡會受其他因素影響
- 學生了解實驗設計不完善之處

1. 為什麼冰粒大小相同，A、B和C的熔冰方法所需時間會有不同？

C最慢，因為桌子的溫度是低過A、B的，所以C最慢。B最快  
因為雙手的溫度是比A要高的，所以B最快。A較慢因為溫度比B較低。

2. 為什麼有些組別用相同的熔冰方法，但冰粒熔化的時間卻不一樣？

因為有些人的身體溫度不同。

總結：1. 冰 遇熱會變成 水。

2. 這個實驗的設計完善/不完善，因為冰放在手上會很凍，  
我覺得因該戴着手套進行，所以這是公平/不公平的測試。  
實驗

- 學生理解冰受熱力多寡影響其融化速度
- 學生理解熱力的多寡會受其他因素影響
- 學生不了解實驗設計不完善之處

# 增進學生分析實驗結果的能力

好的實驗設計能讓我們逐一分析每個因素對結果的影響。  
試比較以下兩個設計：

## 實驗一

乾衣時間：  
60 分鐘

圖片以顯示實驗條件：

- 衣物掛起
- 放在窗邊
- 窗戶打開

圖片以顯示實驗條件：

- 衣物掛起
- 放在窗邊
- 窗戶關閉

乾衣時間：  
90 分鐘

實驗中的相同因素	
實驗中的不同因素	

甚麼因素令衣服晾乾的速度有差異？\_\_\_\_\_

實驗結論：衣服晾乾的速度與\_\_\_\_\_有關。\_\_\_\_\_時，  
衣服會乾得較快。

實驗中的相同因素	掛在窗邊攤開衣服。
實驗中的不同因素	A把窗戶打開,B把窗戶關上。

甚麼因素令衣服 A 較快晾乾？空氣流通

實驗結論：衣服晾乾的速度與空氣流通有關。開窗時，衣服會快30分鐘乾透。

# 增進學生分析實驗結果的能力

## 實驗二

乾衣時間：  
60 分鐘

圖片以顯示實驗條件：

- 短袖薄衣物
- 衣物掛起
- 放在窗邊
- 窗戶打開

圖片以顯示實驗條件：

- 長袖厚衣物
- 衣物掛起
- 放在窗邊
- 窗戶關閉

乾衣時間：  
360 分鐘

實驗中的相同因素	
實驗中的不同因素	

甚麼因素令衣服晾乾的速度有差異？\_\_\_\_\_

實驗結論：衣服晾乾的速度與\_\_\_\_\_有關，但我們知道 / 不知道每個因素的影響有多大。

實驗中的相同因素	A和B是挂在窗邊。
實驗中的不同因素	A的窗戶是打開的，B的窗戶沒有打開。B的衣服比較厚。

甚麼因素令衣服A較快晾乾？因為衣服A有打開窗戶和比較薄。

實驗結論：衣服晾乾的速度與衣服厚薄和空氣流通

有關。

但我們知道 / 不知道 每個因素的影響有多大。

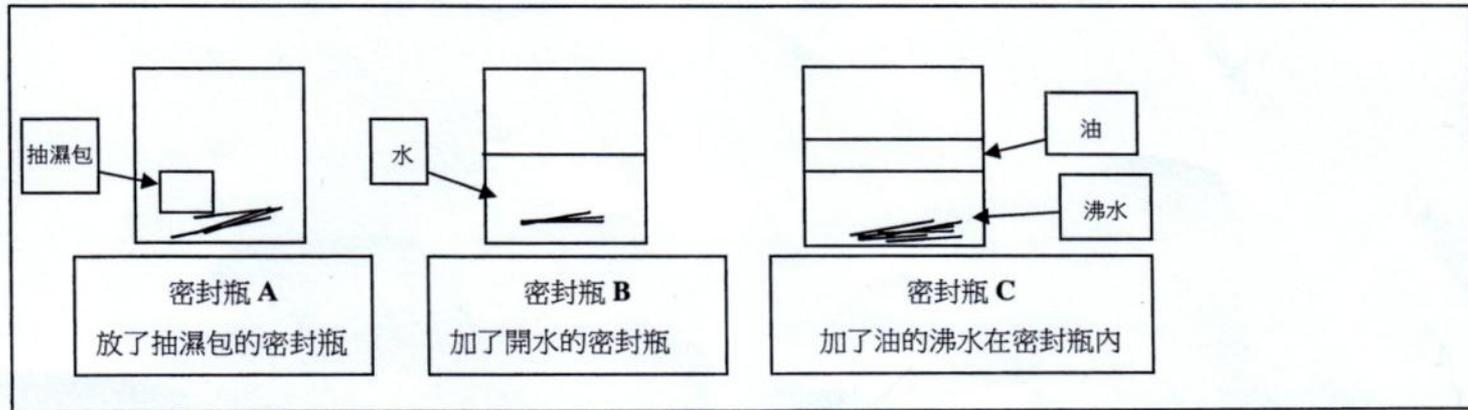
總結：(實驗一 / 實驗二) 的設計較好，因為實驗一的影響因素很少，但是實驗二比較多。

# 增進學生分析實驗結果的能力

- 學生漸漸明白「相同」的實驗條件其實並不會影響兩個實驗結果的差異。
- 部份學生理解只有「不同」的實驗條件才會真正影響實驗結果。
- 部份學生卻不明白為何每次公平測試只可以有一個「不同」的實驗條件，才可以透過實驗得出確切的結論。

# 鞏固學生分析實驗結果的能力

把大小相同和沒有生銹的鐵釘各放進密封瓶，三日後，看看有甚麼變化。



	預測		結果
密封瓶 A	生銹 / 不生銹	三天後	生銹 / 不生銹 ✓
密封瓶 B	生銹 / 不生銹		生銹 / 不生銹 ✓
密封瓶 C	生銹 / 不生銹		生銹 / 不生銹 ✓

# 鞏固學生分析實驗結果的能力

## 解釋

1. 請比較以上三個密封瓶內含有的成份，然後在表格加  $\checkmark$  或  $\times$ 。

	水	空氣
密封瓶 A	$\times$	$\checkmark$
密封瓶 B	$\checkmark$	$\checkmark$
密封瓶 C	$\checkmark$	$\times$

2. 以密封瓶 A 和密封瓶 B 作比較：

- a. 出現生銹的密封瓶 B 有 水，也有 空氣；
- b. 而沒有出現生銹的密封瓶 A 有 空氣，沒有 水；
- c. 根據以上結果，鐵生銹需要 水。

引導學生列表  
比較實驗結果

學習有條理地解釋  
實驗結果

# 鞏固學生分析實驗結果的能力

1. 請比較以上三個密封瓶內含有的成份，  
然後在表格加  $\checkmark$  或  $\times$ 。

	水	空氣
密封瓶 A	$\times$	$\checkmark$
密封瓶 B	$\checkmark$	$\checkmark$
密封瓶 C	$\checkmark$	$\times$

下一步如何比較？

比較密封瓶A和C？

3. 以密封瓶 B 和密封瓶 C 作比較：

出現生銹的密封瓶 B 有水，也有空氣；而沒有出現生銹的密封瓶 C 有水，沒有空氣；根據以上結論，鐵的生銹需要空氣。

## 學生理解密封瓶A與C不能作比較

3. 以密封瓶 B 和密封瓶 C 作比較：

出現生鏽的密封瓶 B 有水，也有空氣；而沒有出現生鏽的密封瓶 C 有水，沒有空氣；根據以上結果，金鐵生鏽需要空氣。

# 動物分類

記誦既有的分類準則

Vs 認識動物分類的知識體系

## 鳥類的分類指引:

- 身體長有羽毛
- 有喙
- 有一對翅膀和一對腳
- 用肺呼吸

- 學習像**生物學家般思考**
- 學生透過**觀察**，**歸納**鳥類的分類特徵

# 引導學生進行觀察

- 基於衛生考慮，不能直接觀察禽鳥
  - ◆ 以圖片激活學生對禽鳥的已有知識
- 引入圖片及工作紙，教師把學習的主動權交給學生
- 工作紙的選項誘發學生的專注討論

◆ 羽毛 與 毛髮

◆ 喙 與 嘴

有頭髮

有咀

懂得游

有乳汁

有腳趾

會啼叫

有羽毛

有鱗片

有翅膀

有兩隻手

群居

顏色鮮艷

有倒鈎的喙

懂得飛

有兩隻腳

卵生

獨居

吃種子

鸚鵡的圖片

雞的圖片

	鸚鵡	雞
特徵	有羽毛 有喙 有翅膀 懂得飛 有兩隻腳 卵生 有腳趾 群羊居 顏色鮮艷 吃種子	不懂飛 有兩隻腳 卵生 有羽毛 有翅膀 群羊居 有腳趾 會啼叫 有雞冠 吃種子 有喙

# 課堂策略

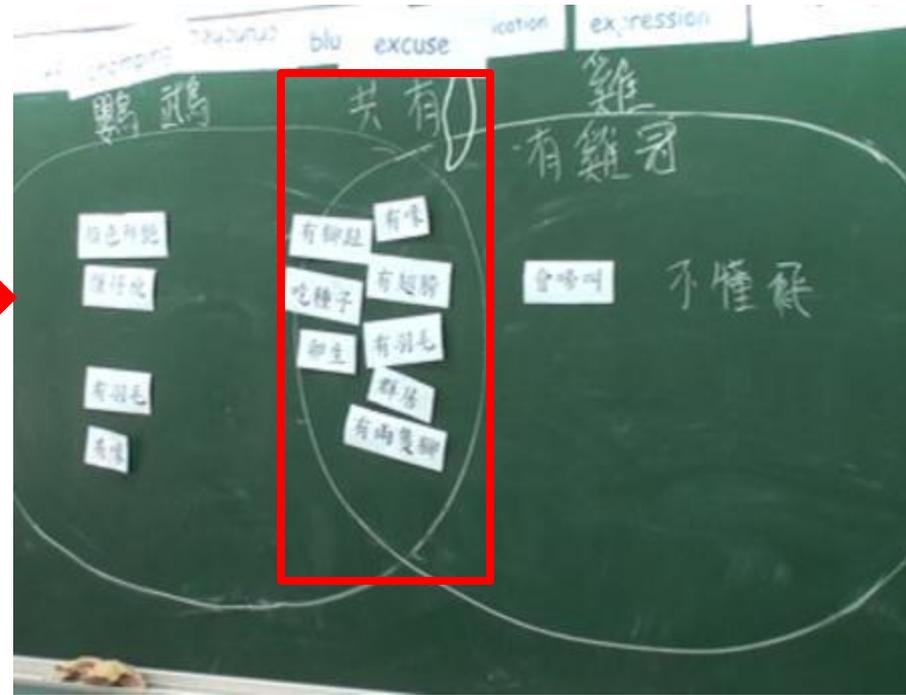
- 小組討論
  - ✓ 學生主動參與
  - ✓ 同儕刺激思考
  - ✗ 缺乏老師的回饋
  - ✗ 謬誤的出現
- 小組匯報
  - 滙合各組觀點
  - 記下學生所提要點
  - 延後判斷
  - 跟進謬誤
  - 促進學生回應及互評

讓學生學習向他人提出自己的觀點，也從其他人的分享中擴闊自己的思考。

- 學生會因應同學匯報雞是「吃種子」的，而提出牠也會「吃蟲」的，因此雞應該是「雜食」的。
- 又如有學生提出雞是「不會飛」的，同時也有學生提出見過雞是「會飛」的。

# 觀察及比較

引入溫氏圖，引導學生整理資料



# 學生從活動中的得著.....

- 從學生角度出發，能引導他們作出有方向和細緻的觀察。
- 學生像生物學家一樣，模仿和經歷他們的思考方向，學生透過仔細觀察不同的鳥類，從而了解生物學家是如何歸納出鳥類的獨特分類特徵。
  - 例如：老師提出加入烏鴉，並與鸚鵡和雞的共同特徵作出比較，這時學生會立即剔除「顏色鮮艷」，再加入「貓頭鷹」，他們又會提出剔除「群居」。

# 學生的學習

- 動物分類的特徵  
(對喙、羽毛等相關概念更細緻的思考)
- 培養主動及細緻的觀察
- 了解生物學家的思考方法  
(基於客觀資料、歸納數據)

# 促進學生進行科學探究的策略

科學探究技能	教學策略
觀察	以圖片及選項引導
記錄	運用列表
建立相關概念的認識 (例子：羽毛、喙)	從小組互動中加深學生 對相關念的思考
比較資料	溫氏圖
歸納	添加例子以展示科學家 的思考方向

# 總結

- 科學是對世界的探索和理解，故科學教育亦應讓學生有探究的思考和體驗
- 科學是建基於客觀數據的，故觀察、記錄和詮釋數據等都是重要的科學素養
- 科學探究不是千篇一律的工序，而是靈活和富創意的地因應探究而設計的系統思考

我們的課堂經驗可以回應以上的素求嗎？

# 透過多元化的科學探究

- 探索奇妙的大自然
- 欣賞科學在人類發展的貢獻