

# 第八章

## 較高層次的認知歷程

# TOPICS IN COGNITIVE PSYCHOLOGY

## 三、知識的應用 ( Knowledge Use )

- 概念遷移 ( knowledge transfer )
- 問題解決 ( problem solving )
- 創造力 ( creativity )
- 慎思明辨 ( critical thinking )

# Bloom's Taxonomy (1956)

of Learning outcome

**(Evaluation)**

評價

**(Synthesis)**

綜合

**(Analysis)**

分析

**(Application)**

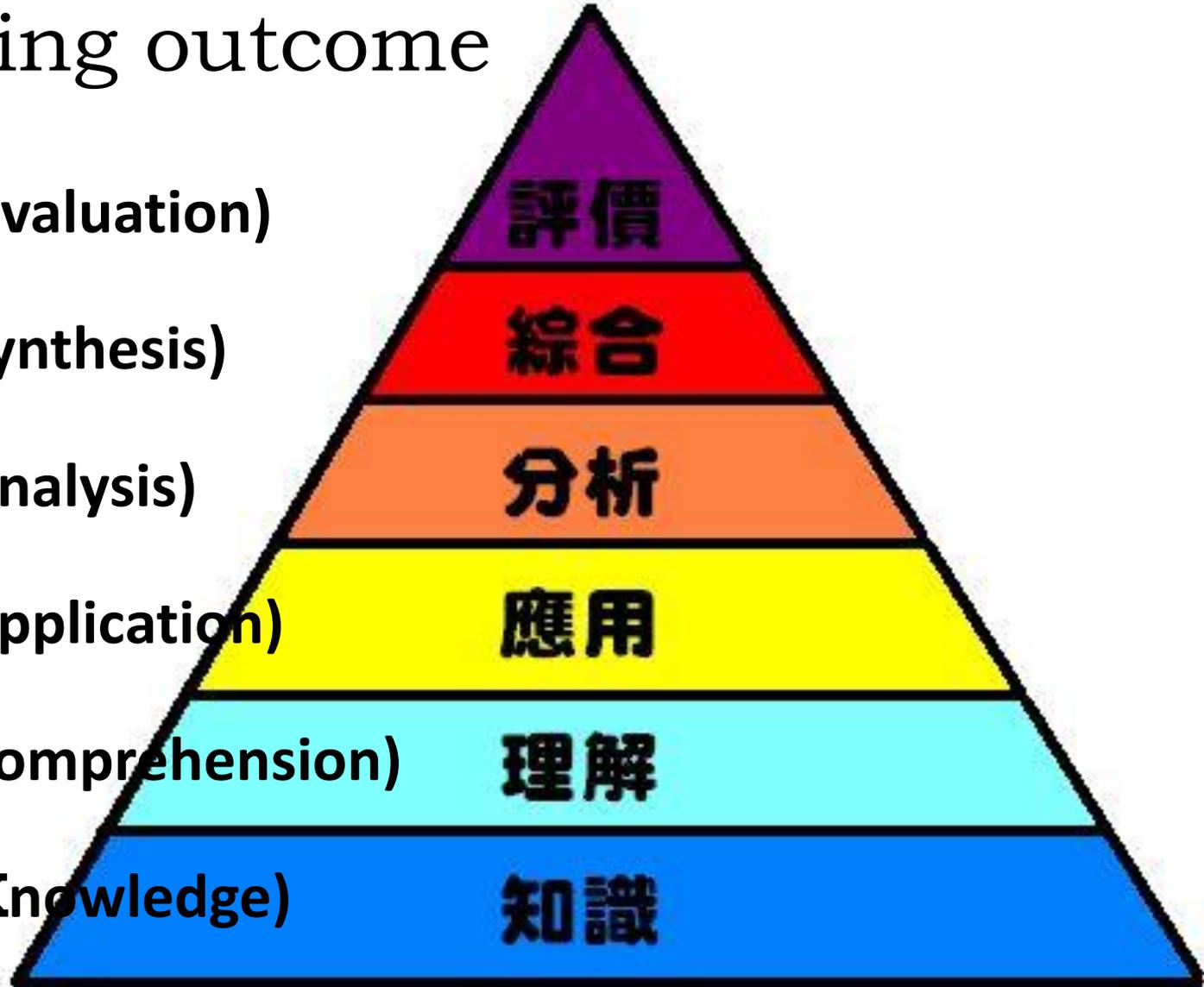
應用

**(Comprehension)**

理解

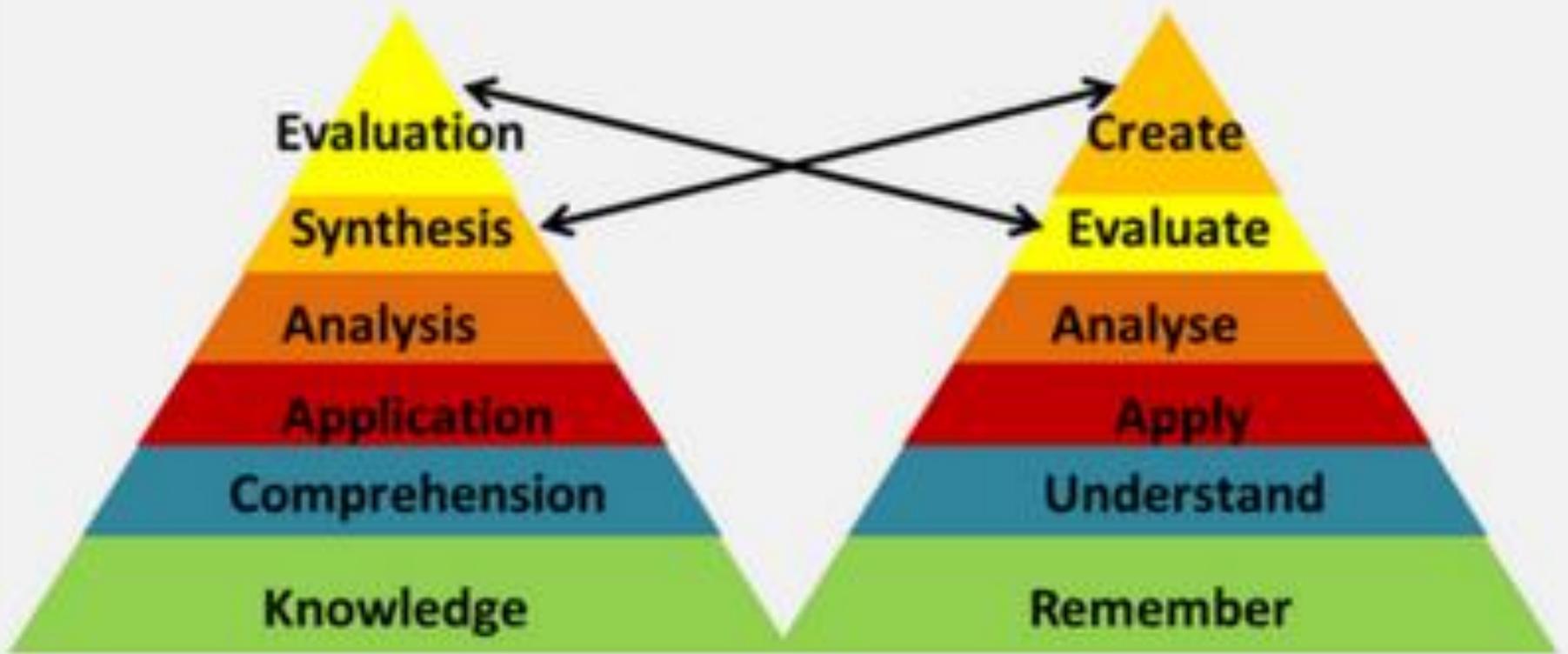
**(Knowledge)**

知識



1956

2001

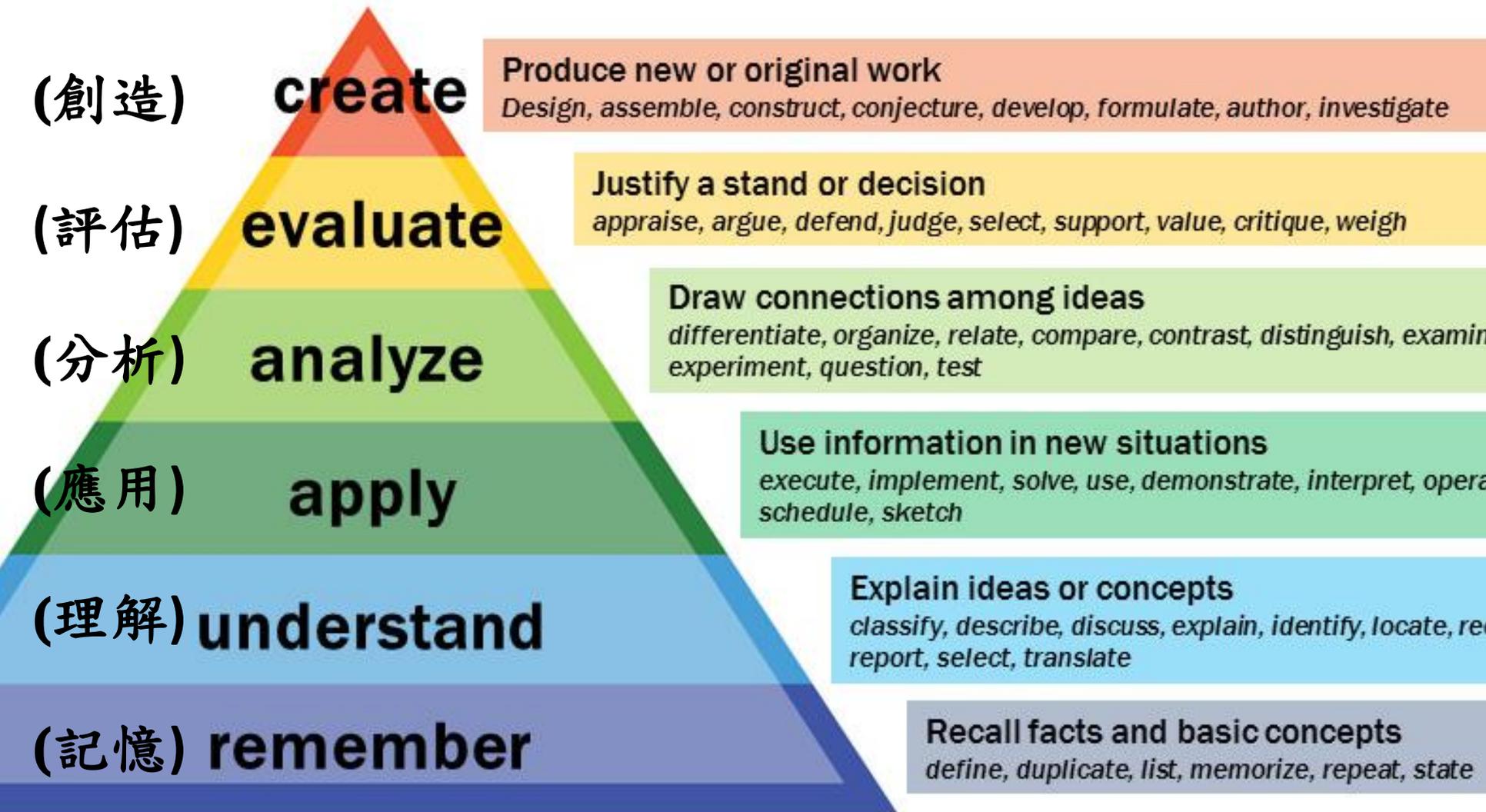


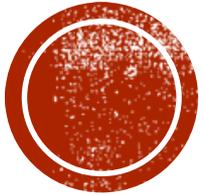
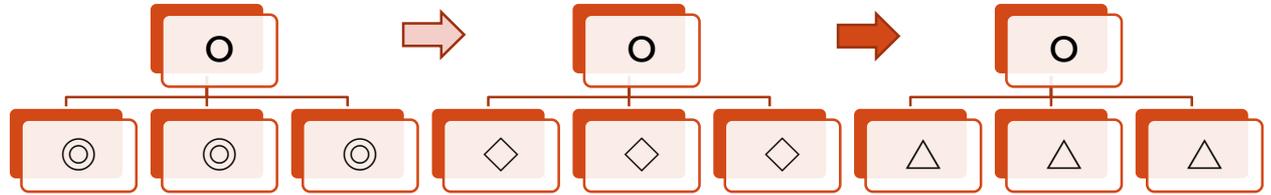
**NOUN**



to **VERB** Form

# Bloom's Taxonomy of learning outcome/objectives (2001)





# 概念遷移 ( **CONCEPT TRANSFER** )

# 概念遷移

## ■ 概念遷移

- 將課堂中學習到的概念，運用到其他的情境

## ■ 遷移的種類

近遷移 (Low or specific transfer) 到遠遷移 (high or general transfer)

- **Transfer to similar situations**
  - 數學課本練習 → 換個數字或題型相近
- **Transfer to different problem situations**
  - 數學概念與算式 → 應用題或情境題
- **Transfer to the real world**
  - 生活中的數學概念
  - 將數學概念用來解決實際的問題



# 國文科的例子: 萬芳高中余懷瑾老師教學

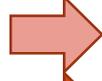
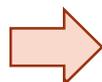
## □ 如何讓學生了解司馬光的訓儉示康內文涵意?

- 吾本寒家，世以清白相承。吾性不喜華靡，自為乳兒，長者加以金銀華美之服，輒羞赧棄去之。二十忝科名，聞喜宴獨不戴花。同年曰：「君賜不可違也。」乃簪一花。平生衣取蔽寒，食取充腹；亦不敢服垢弊以矯俗干名，但順吾性而已。
- 眾人皆以奢靡為榮，吾心獨以儉素為美。人皆嗤吾固陋，吾不以為病。應之曰：孔子稱「與其不遜也寧固」；又曰「以約失之者鮮矣」；又曰「士志於道，而恥惡衣惡食者，未足與議也。」古人以儉為美德，今人乃以儉相詬病。嘻，異哉！

1. 解釋字詞

2. 解釋文句涵意

3. 與現在的經驗結合



1. 了解文言文的篇章內容

2. 了解古代的人對子輩期許

3. 了解父母對於自己的期望

# 地球科學例子: 盧乙嘉設計的學習單

## 動動腦

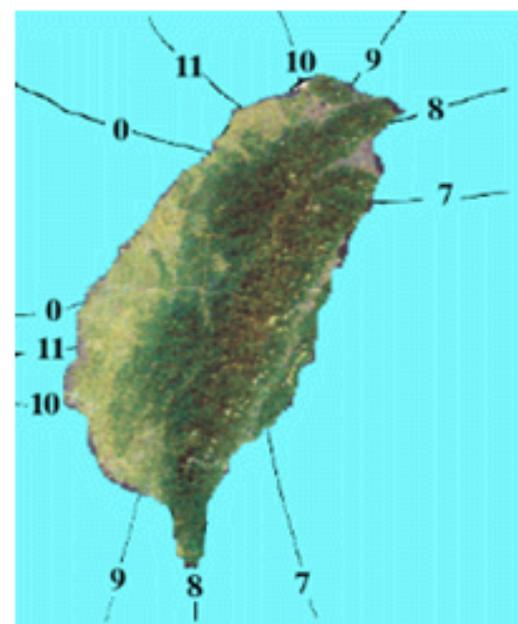
(1) 以下是台灣四個港口(基隆港、台中港、花蓮港、高雄港)在 2008 年 9 月 9 日(相當於農曆八月十日)上午 11:30 的海象觀測資料, 請依左側的參考圖片, 推測出下列 A、B、C、D 四個地方各是台灣的哪個地方? 並寫下原因。

A	
潮流	流速 0.07 公尺/秒 流向 230.87°
潮汐	狀態: 退潮中 (前日最大潮差: 4.26 公尺)
水溫	28.05°C

B	
潮流	流速 0.26 公尺/秒 流向 127.68°
潮汐	狀態: 退潮中 (前日最大潮差: 0.86 公尺)
水溫	31.59°C

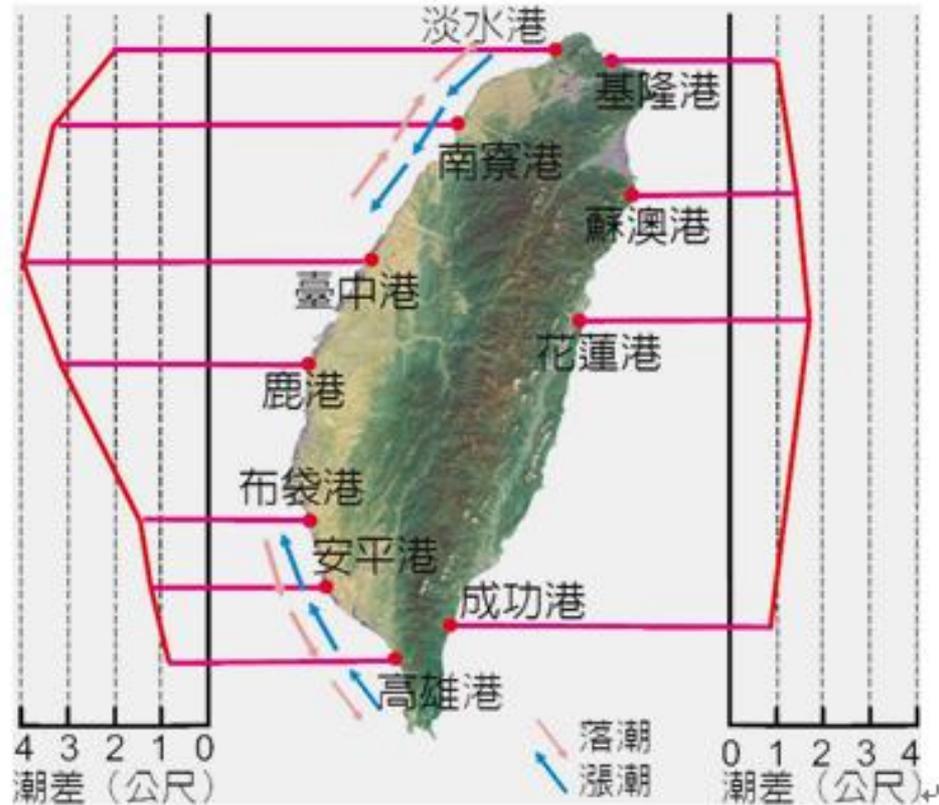
C	
潮流	流速 0.06 公尺/秒 流向 305.12°
潮汐	狀態: 退潮中 (前日最大潮差: 1.08 公尺)
水溫	27°C

D	
潮流	流速 0.19 公尺/秒 流向 240.25°
潮汐	狀態: 漲潮中 (前日最大潮差: 0.92 公尺)
水溫	28.28°C



台灣沿海同潮時圖

學習潮汐的概念 → 依據潮汐概念來判斷港口位置



台灣沿海潮差與潮流方向

理由：+

根據潮汐與港口的概念→推斷輪船漏油事件油污擴散的狀況

+

- (2) 根據台灣大學海洋研究所范光龍教授的研究報告《台灣沿海環境特色與油污擴散》指出：「沿岸潮流是擴散沿海油污的主要動力。」「在潮差大或潮間帶較寬的地方，油污會污染較廣面積的海灘。」如果我們先假設以上四個港口的潮間帶大小相等，則如果在這四個港口發生漏油事件，哪個港口的油污擴散面積最廣？+

# 概念遷移

## ■ 如何促進概念遷移？

### ■ 多樣化的學習例子—包括與生活聯繫

- 講解、問問題、做實驗、解決實際問題

### ■ 真實情境中的學習

- 實習

### ■ 模擬

- 模擬情境、情境教室、模擬軟體、虛擬實境

### ■ 教導新概念時可以注意：

- 初始的學習：未來能遷移與否，與最初的學習程度有關，包括學生瞭解的程度與覺得有意義的程度
- 先教同一脈絡 (**similar context**)，再教不同脈絡 (**different context**)：如：先講基本、再講應用；先講國內、再講國外。



# 影響遷移的因素

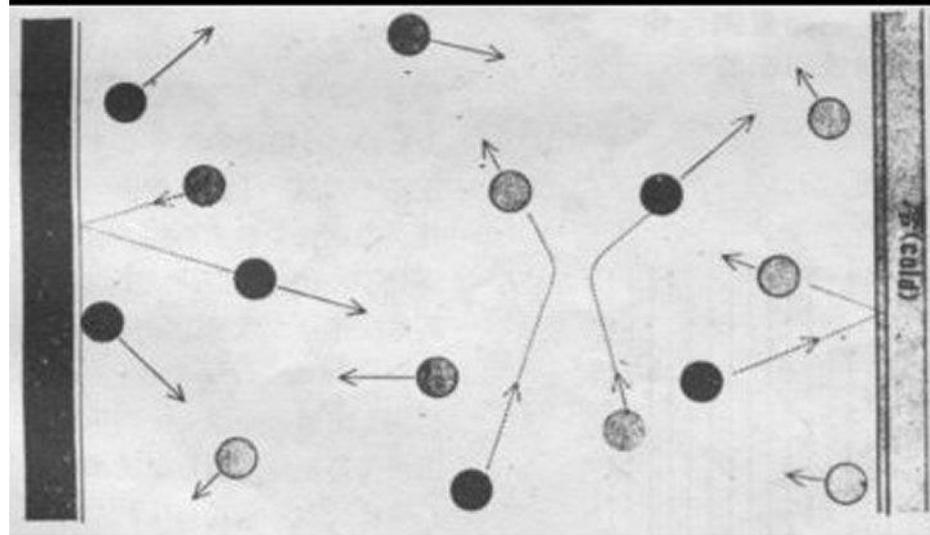
1. 有意義的學習比機械式學習更能促進遷移
2. 學得越徹底，就越可能把所學遷移到新情境
3. 當新情境與之前的情境是相似的，或至少看來是相似的，那麼不管是正遷移或負遷移，都會出現得較頻繁。
4. 許多的、不同的例子與練習機會，能提高遷移的可能性
5. 當資訊與技能被視為是可以擺脫情境限制、而不是受制於情境的，遷移會發生得頻繁些。
6. 當文化環境鼓勵遷移且也期望出現遷移，遷移的情形會增加。



13

# 討論學習法 合作學習

## (DISCUSSION AND COOPERATIVE LEARNING)



圖片來源 <http://resource.blsh.tp.edu.tw/science/content/1970/00030003/0010.htm>

# 「文化多元性會阻礙人類團結嗎？」 法高中會考哲學試題網友熱辯



- 每年約七十萬法國高中學生爭取升學的戰役，第一道關卡就是哲學考試。考生必須在長達4小時的考試時間之內，從3個題目當中擇一作答。除了考驗學生對於闡述哲學家經典著作外，開放性很高的申論題。
- 法國高中會考制度（baccalaureat）為皇帝拿破崙一世（Napoleon I）於1808年創始，不同組別的考試都有哲學一項，是相當受重視的學科。

例如：

- 文組（L）題目為「是否可能逃脫時間」、「解釋一件藝術作品有什麼用處」，或解釋哲學家黑格爾（Georg Wilhelm Friedrich Hegel）在「法哲學原理」一書中的一段話。
- 科學組（S）的題目為「文化多元性會阻礙人類團結嗎」、「承認義務是否等於放棄自由」，或解釋心理學家佛洛伊德（Sigmund Freud）在「幻象的未來」（L'avenir d'une illusion）一書中的一段話。。

# 討論學習法適用情境

## ■ 主觀或具爭議性的問題

- 如：上學穿制服有什麼優缺點？
- 如：台灣需要核能發電嗎？

## ■ 困難與新奇的概念

- 如：為什麼蜜蜂近年來大量減少，是什麼因素造成的？會對我們造成什麼影響？
- 如：在冠狀病毒肺炎的疫情中，病毒的傳播速度與什麼有關？什麼樣的策略可以阻止？

## ■ 與態度與價值觀相關的學習：情感學習

- 道德兩難情境的討論
- 社會心理學中的團體討論與公開承諾

# 討論學習法方法

## ■ 全班討論

- 教師主導 (Teacher-led inquiry-oriented discussions)
- 教師設計問題並引導討論
- 學生必須利用最近所學到的訊息去探索並發展他們對某一主題的看法
- 討論前的準備：學生對於事件必須要先有瞭解。

## ■ 小組討論

- 教師或同學均可設計情境或問題，在小組中進行討論
- 討論先決條件：年齡成熟、主題明確
- 角色分配：可事先決定主席、記錄等其他的角色

# 合作學習常用的方法

1. 學生小組成就區分法 (同質或異質分組)
2. 融合閱讀和寫作的合作學習法
3. 拼圖法(jigsaw)，形成專家小組
4. 一起學習法 (team-building activities)
5. 團體探究法
6. 合作寫稿法
7. 學習共同體 (日本) :異質分組

# 討論—分組合作的經驗分析

填google  
問卷

- 你過去有哪些分組合作的經驗？
  - 課堂討論
  - 課外活動或作業
- 說說看，分組時，你最討厭他人什麼事？

小組討論

- 回想一個你覺得愉快的合作經驗。
  - 什麼時機、要達成什麼任務？
  - 之前的準備工作有那些？
  - 其他成功的因素有那些？

# 教導合作學習的注意事項

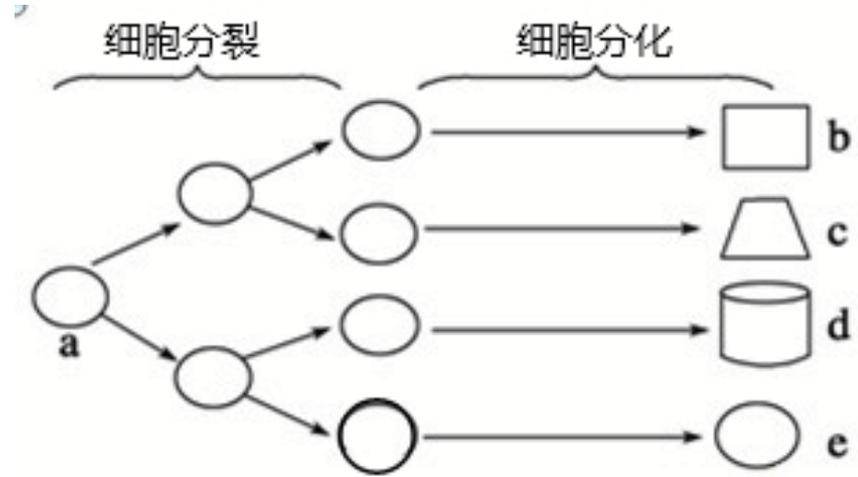
- 選取具有多元觀點、解釋或方法的主題
- 確定學生具備足夠與主題有關的先前知識以利討論
- 創造有助於公開辯論和建設性評估想法的教室氛圍
- 使用小組討論並鼓勵所有學生參與
- 提供可以引導學生的架構
- 在討論結束後提供總結

# 合作學習重要能力與態度

1. 表達、聆聽與溝通技巧
2. 互相學習、截長補短的態度
3. 每個人都對自己，以及他人的學習負責



# 探究學習 解決問題



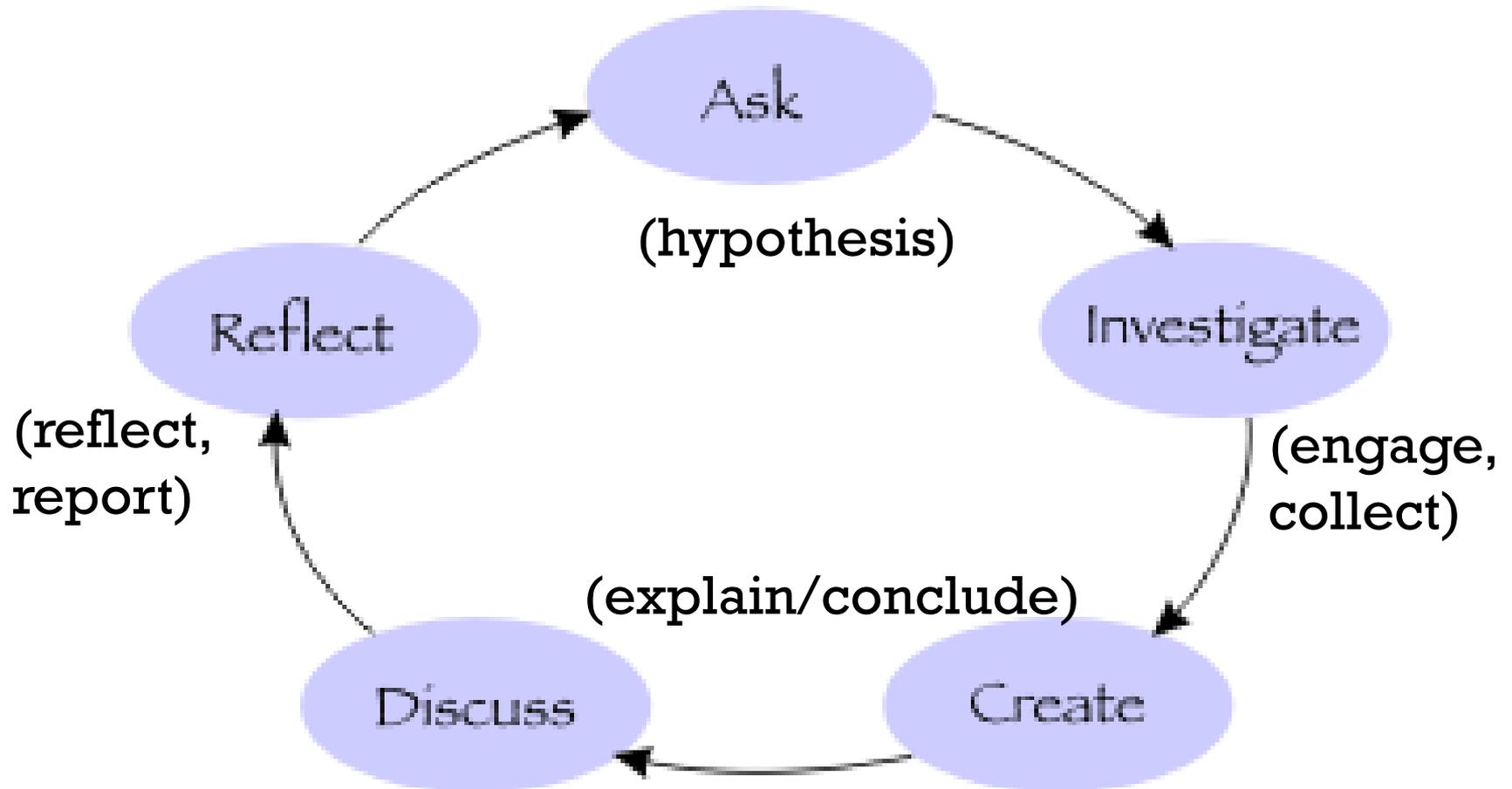
# 探究式學習 ( Inquiry Learning )

- John Dewey's inquiry learning
- Common elements
  - 提出假設: Formulate **hypotheses** to explain the event or solve the problem
  - 蒐集資料: **Collect** data to test the hypotheses
  - 做出結論: Draw **conclusions**
  - 反思問題: **Reflect** on the original problem and the thinking processes needed to solve it.
- Teaching methods: Report, engage, investigate, explanation → report

例如: 什麼食物可以讓人覺得愉快?  
(建中同學於專題寫作與表達課程中初步提出的問題)

- The inquiry cycle - Chip's journey

# INQUIRY PROCESS





**“The scientist is not a person who gives the right answers, he's one who asks the right questions.”  
— Claude Lévi-Strauss**

# 解決問題

- 解決問題（**Problem solving**）：
  - 能應用現有的知識及技能去處理尚未得到解答的問題或令人憂心的處境。

# 問題的種類

- 界定清楚明確的問題 (**well-defined problem**)
  - 具有清楚敘述的目標、解決問題所需的明確資訊、以及正確單一的答案
  - 例如：請問三張圖畫紙50元，兩支剪刀70元，一捲膠帶35元，一支尺10元，請問要買十張圖畫紙和一支剪刀需要多少錢？
- 界定不明確的問題 (**ill-defined problem**)
  - 目標不明確、解決方法有許多、無單一正確的解答
  - 例如：請問今天要做一個小桌子模型，你總共有100元，請問你該買什麼。
- 類似的概念
  - Decision making 決策
  - Judgment 判斷

# 解決問題的策略

## ■ 演算法則 (algorithm)

- 依照演算法則去做，可得到正確的解決之道。
- 例如：給予初始力量與角度，如何計算羽球的落點。

## ■ 直觀發覺 (heuristic)

- 沒有法則可循、需想出新的方法與作為、可能是一種估算、推斷、但可能有行，也可能無效。
- 如何贏得奧運的羽球金牌。

# PROBLEM-BASED LEARNING (問題解決式學習)

## ■ 問題解決的歷程 — IDEAL

1. Identify 指出(辨識)問題
2. Define 界定目標
3. Explore 探索策略
4. Anticipate 預期結果
5. Look back 回顧反思

A glance at Finland  
classroom setup (4:09)

一個適當敘述（定義）的問題，就是已經解決一半的問題了！

A problem well stated is a problem half solved.

A problem thoroughly understood is always fairly simple.

– Charles Kettering ( American Inventor, 1876~1958)

# 解決問題中策略的變化

辛自強, & 俞國良. (2003). 問題解決中策略的變化: 一項微觀發生研究. *Acta Psychology Sinica*, 35(6), 786-795.

**摘要** 以 30 名小学三年级儿童为被试, 以一种特殊的方程问题为材料, 采用微观发生法, 先后进行了 5 次测查, 收集了解题后的口语报告资料, 从策略变化的路线、速率、广度、来源以及变化模式的多样性等方面详细探讨了问题解决策略的变化过程。结果发现, 在面临新的问题时, 被试缺乏相应知识和专门的解题策略, 这时以使用多种常规策略以及错误策略为主; 此后, 当被试建构起对问题的正确表征时, 就以使用正确策略为主, 甚至发现了非常有技巧性和领域专门性的快捷策略, 这时策略的数量明显减少; 在面临难度较大的迁移题目时, 快捷策略的使用率又降低, 而更多借助于常规策略。可见, 策略的获得是一个由错误到正确、由多种尝试到选择其一、由一般到专门的演化过程, 这主要是一个学生自主建构的过程, 当然也受到正式和非正式教育提供的知识的影响。值得说明的是, 快捷策略的获得受到问题呈现模式的影响。总是呈现相同题目的单一模式有助于快捷策略的发现, 而在混合训练中, 插入不同性质的题目会干扰快捷策略的发现; 但是, 当面临迁移问题时, 单一训练相比于混合训练的优势会消失。此外, 正确使用常规策略是发现快捷策略的前提。

**关键词** 策略, 问题解决, 微观发生法。

**分类号** B842.5

- 策略的獲得是一個由錯誤到正確、由多種嘗試到選擇其一、由一般到專門的演化過程。這主要是一個學生自主建構的過程，當然也受到正式和非正式教育提供的知識的影響。策略的獲得亦受到問題呈現模式的影響。單一模式問題呈現有利於快捷策略的發現，但混和訓練有助於問題的遷移。

# 一般解決問題策略

1. 分列成小目標：把大的、複雜的任務，分解成兩個或多個較明確的、易於處理的小任務。
2. 拿出紙筆：寫出尚待解決的部分、可能的資訊來源、畫出示意圖、流程圖等。
3. 利用比喻：找出可能參考的狀況，尋求可能方向。
4. 腦力激盪：先不經衡量，寫出可能的做法，可多人參與。
5. 孵出問題——沈澱、醞釀出可能的解決方式：給予時間思索。

# 影響解決問題的認知因素

1. 學生工作記憶容量，會影響一定時間中能思考多少訊息：自動化的重要性。
2. 問題的編碼方式，會影響所採取的解決方式：不要固化、受制於一定的方法。
3. 與題目有關的知識瞭解最好完整及全面：對於要解決的問題之背景要有豐富的知識。
4. 能夠檢索出相關的知識：要有領域知識，知道有哪些關鍵鍵字，並且逐漸聚焦關鍵字。
5. 複雜的問題解決過程，需要後設認知能力，以監控問題的進展、找出障礙及策略

32

# 創造力



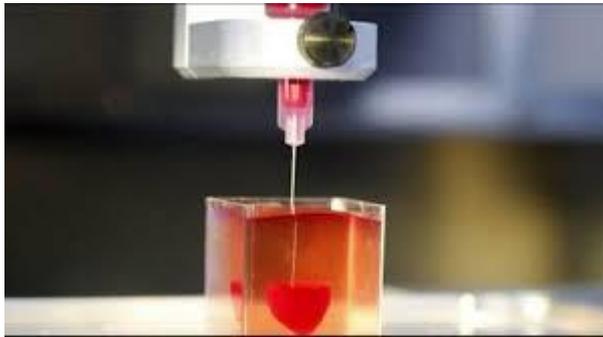


# 創造力

- 創造力 (**creativity**) 特性
  - 能夠為他人所了解的，新的、原創的行為
  - 所創內容能夠通過領域內專業人士的審視
  - 具成效的結果：所得的結果在文化上是合宜且具某些價值的。

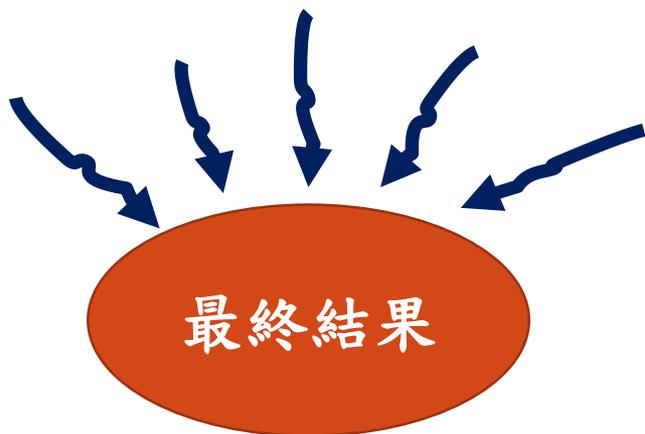
Mihaly, C. (2013). *Creativity: The Psychology of Discovery and Invention*

# 重大突破！以色列發表3D列印心臟含人體細胞血管

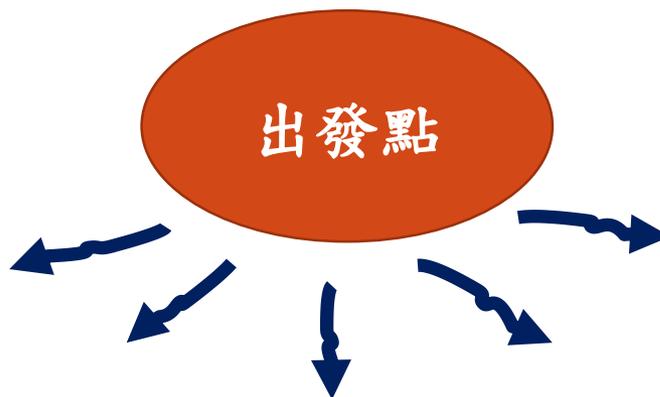


2018年1月5日的Pediatr Cardiol期刊報導，Saint Louis大學醫學院的一個研究小組，根據先天性心臟病兒童患者的旋轉血管造影，建立了五個3D列印的心臟模型。所有3D列印的心臟尺寸顯示，與來自其相對應的血管造影照片的測量值高度相同。

■ 聚斂性思考  
(convergent thinking)



■ 擴散性思考  
(divergent thinking)



# 創造思考的過程

- 豐富的背景知識 (background)
- 不斷思考的過程 (thinking)
- 醞釀 (Incubation)
- 靈感 (insights)
- 溝通與推廣 (communication)

(Csikszentmihalyi, 1996; 2013)

Mihaly, C. (2013). Creativity: The Psychology of Discovery and Invention

# 突然的頓悟的故事

## 2018 諾貝爾物理學獎得主傑拉·慕儒到校演講 【我一生對光的追求】

2018 諾貝爾物理學獎得主傑拉·慕儒教授 (Prof. Gérard Mourou) 應本校梁次震中心及共同教育中心邀請於 11 月 9 日蒞臨臺灣大學次震宇宙館，在臺大「我的學思歷程」系列發表《我一生對光的追求》演講。講座中慕儒教授介紹他的重要發現—啾啾脈衝放大技術 (Chirped Pulse Application, CPA) 及分享諾貝爾頒獎典禮過程。

可見光雷射自 1960 年發明後就被廣泛運用在各領域研究中，但 1970 年代提升雷射能量密度，需要不斷加大它的放大器而逐漸遇到瓶頸，進入停滯期。



演講後拜會管校長

就在此時期，慕儒教授是與當時還是博士生的唐娜·史崔克蘭 (Donna Strickland) 教授共同發明啾啾放大技術，突破此瓶頸。他回憶道：「當他坐在滑雪場的纜車上時，看著眼前緩緩斜坡，靈機一動想到了光柵 (Grating)」。他想是否可以先利用光柵將一束光的不同頻率先分開，把雷射的脈衝拉長，單位密度降低之後再放大，放大完後，再透過光柵將不同頻率重新匯合在一起，如此是否可將問題解決？此一概念經過精密設計後，成功將雷射能量密度突破過往的限制並於 1985 年發表，奠定了慕儒教授獲得 2018 諾貝爾物理獎契機。

雷射應用方面慕儒教授發現飛秒脈衝打在物體上可以實現精準的燒蝕。他和眼科醫生合作將此特性運用於角膜手術，也就是雷射近視矯正，自 2001 年起，每年造福近百萬人，在諾貝爾頒獎典禮上此應用也受到了特別表彰。慕儒教授也指出數種未來的應用，包括有機會成為新一代的粒子加速器、消除核廢

料中殘留的輻射、產生用於質子治療的質子束，甚至用來模擬黑洞，為大家描繪了雷射廣大的發展潛力。

對於榮獲諾貝爾獎，慕儒教授表示，除了對於妻子的感謝，最觸動的其實並不是獲獎那一刻，而是在儀式後，他被帶到一間辦公室，工作人員拿給他一本不起眼的簿子，裡面有歷年諾貝爾獎得主的簽名，愛因斯坦、薛丁格等等……，他在後頭簽上了自己的名字，就像是與諸多偉大物理學家比肩的感覺，使他覺得十分榮耀也成為他印象最深刻的一個畫面。

最後他勉勵在座學生們，啾啾脈衝技術為史崔克蘭教授在攻讀博士時



所發表的論文，最後以此獲得諾貝爾獎。只要好好努力，學生時期也能做出傑出的貢獻。此外，史崔克蘭教授為諾貝爾物理獎中極為少數的女性獲獎者，慕儒教授也認為這對女性科學研究者是一大鼓舞，他十分期待在未來有更多女性可以在物理及其他科學研究領域發光發熱。

註：光柵 (Grating)：是種可以將一束光中不同頻率分開的光學元件。

# 【我一生對

2018 諾貝爾物理學獎得主傑拉·慕儒教授 (Prof. Gérard Mourou) 應本校梁次震中心及共同教育中心邀請於 11 月 9 日蒞臨臺灣大學次震宇宙館，在臺大「我的學思歷程」系列發表《我一生對光的追求》演講。講座中慕儒教授介紹他的重要發現—啁啾脈衝放大技術 (Chirped Pulse Application, CPA) 及分享諾貝爾頒獎典禮過程。

可見光雷射自 1960 年發明後就被廣泛運用在各領域研究中，但 1970 年代提升雷射能量密度，需要不斷加大它的放大器而逐漸遇到瓶頸，進入停滯期。

就在此時期，慕儒教授是與當時還是博士生的唐娜·史崔克蘭 (Donna Strickland) 教授共同發明啁啾放大技術，突破此瓶頸。他回憶道：「當他坐在滑雪場的纜車上時，看著眼前緩緩斜坡，靈機一動想到了光柵 (Grating)」。他想是否可以先利用光柵將一束光的不同頻率先分開，把雷射的脈衝拉長，單位密度降低之後再放大，放大完後，再透過光柵將不同頻率重新匯合在一起，如此是否可將問題解決？此一概念經過精密設計後，成功將雷射能量密度突破過往的限制並於 1985 年發表，奠定了慕儒教授獲得 2018 諾貝爾物理獎契機。

**丘成桐教授**，美籍華裔數學家，自小在香港長大。香港中文大學三年級時，前往美國加州大學伯克利分校深造，師從陳省身。後至史丹佛大學、普林斯頓高等數學研究所任教。目前擔任哈佛大學教授。獲數學界兩大極高榮譽菲爾茲獎及沃爾夫數學獎。



1976年，丘成桐解決關於凱勒—愛因斯坦度量存在性的卡拉比猜想，其結果被應用在超弦理論中，對統一場論有重要影響。第一陳類為零的緊緻凱勒流形稱為卡拉比—丘流形，在數學與弦論中都很重要。

丘成桐是公認的當代最具影響力的數學家之一。他的工作深刻變革並極大擴展了偏微分方程在微分幾何中的作用，影響遍及拓撲學、代數幾何、表示理論、廣義相對論等眾多數學和物理領域。

## 黎曼幾何學

1969年，我進入加州大學柏克萊分校數學研究所攻讀博士。在那裡我了解到，19世紀幾何學在高斯和黎曼的手上經歷了一場翻天覆地的鉅變。黎曼的創見，顛覆了前人對空間的看法，為數學開闢了新途徑。



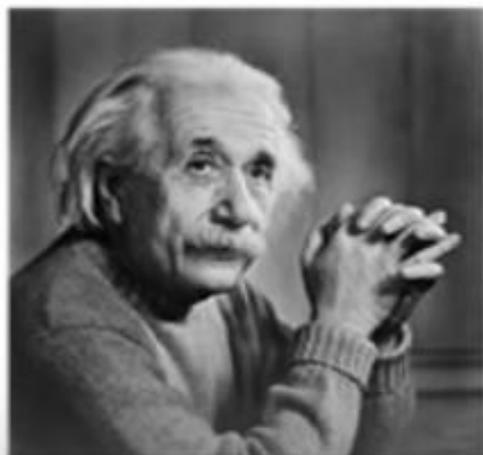
高斯



黎曼

我們真的活在十維時空裡嗎？丘成桐院士從幾何和弦論談空間的內在形狀  
<https://www.youtube.com/watch?v=KYRLFw7i79w>

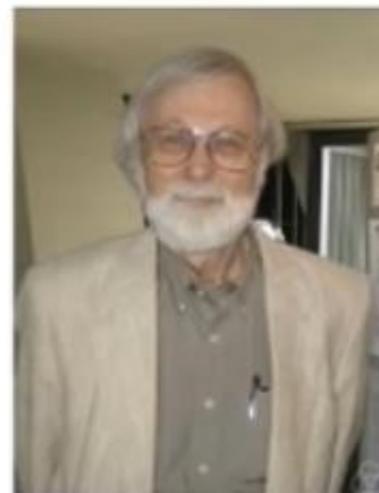
大約50年後，愛因斯坦發現黎曼這門研討彎曲空間的新幾何學，剛好可以用來統一牛頓的重力理論和狹義相對論，沿著新的道路邁進，他完成了著名的廣義相對論。



愛因斯坦



課餘的時間，圖書館簡直成了我的辦公室。我孜孜不倦地找尋各種有趣的材料閱讀。到了聖誕節，別人都回家和家人團聚，我卻在讀John Milnor的一篇論文。它闡述了空間裡曲率與基本群的關係。我既驚且喜，因為它用到了我剛剛學過的東西。



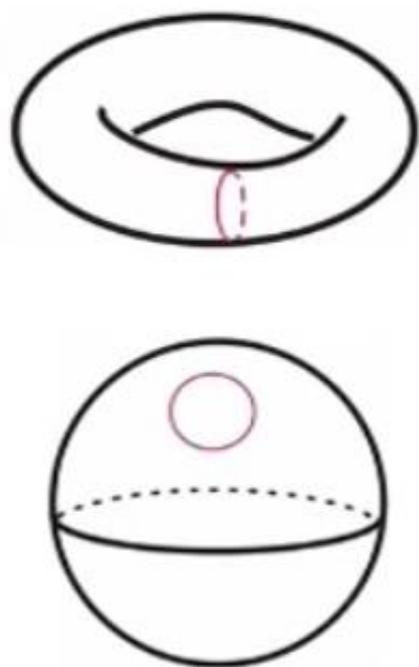
John Milnor

我們真的活在十維時空裡嗎？丘成桐院士從幾何和弦論談空間的內在形狀  
<https://www.youtube.com/watch?v=KYRLFw7i79w>



Preissman定理討論了幾何（曲率）如何影響空間的拓撲（基本群），我繼續做了一些推廣。在影印這些筆記時，一位數學物理的博士後Arthur Fisher希望知道我到底做了甚麼成果。他看了那些筆記後說，任何把曲率與拓撲扯上關係的結果，都會有物理學上的用途。這句話在我心中留下烙印，至今不忘。

舉例來說，甜甜圈和咖啡杯的幾何截然不同，但拓撲卻無二致。同樣，球面和橢球面的幾何迥異但拓撲卻相同。做為拓撲空間，球面的基本群是無聊的，球面上的任何閉曲線，都可以透過連續的變動縮成一點。但輪胎面上面則有一些閉曲線，無論如何連續變動都無法縮成一點。由此可見，球面和輪胎面具有不同的拓撲性質。



## 廣義相對論

狹義相對論告訴我們，時間和空間渾為一體，形成時空，不可分割。愛因斯坦進一步探究重力的本質，他的友人Marcel Grossman是數學家，愛因斯坦透過他認識了黎曼與Ricci的工作。

前面說過，黎曼引進了抽象空間的概念，並且討論其上的距離和曲率。愛因斯坦利用這種空間，做為他研究重力的舞臺。



愛因斯坦也引用了Ricci的工作，以他構思的曲率來描述物質在時空中的分布。Ricci曲率乃是曲率張量的跡(trace)，可以看成曲率的某種平均值。而它滿足的Bianchi恆等式，則可以奇妙的看成一種守恆律。愛因斯坦利用這則守恆律把重力幾何化。此後我們不再視重力為物體之間的吸引力；新的觀點是，物體的存在使空間產生了曲率，重力應當看成這種曲率的表現。



講到自己的成就時，愛因斯坦寫道：

「就學問本身而言，這些理論的推導是如此行雲流水，一氣呵成，聰明的人花點力氣就能掌握它。然而，多年來的探索，苦心孤詣，時而得意，時而氣餒，到事竟成，其中甘苦，實在不足為外人道。」

半個世紀後，我研習愛因斯坦方程組，發現物質只能決定時空的部分曲率，為此心生困惑，自問能否找到一個真空（即沒有物質的時空），但其曲率並不無聊（即重力不為零）。當然我們已經知道，著名的愛因斯坦方程 Schwarzschild 解就具備這樣的性質。它描述的是非旋轉的黑洞，這是一個真空解，但奇怪地，異常的重力在此產生了質量。不過，這個解具有一個奇點，在那裡所有的物理定律都不適用。



我想找的時空和Schwarzschild解所描繪的不同，它不是開放無垠的，而是緊緻（有限）而封閉的，同時它也必須是光滑不帶奇點的。也就是說，有沒有一個緊緻且不含物質的光滑空間——即封閉的真空宇宙——卻具備非零的重力？

這個問題日夜盤旋在我心中，揮之不去。我認為這種空間並不存在。如果能從數學上加以論證，這會是幾何學上的一則美妙定理。



## Calabi 猜想

從上世紀70年代開始，我便在考慮這個問題。當時，我並不知道幾何學家Eugenio Calabi早已提出類似的問題。他的提問必須透過複雜的數學語言來表述，其中牽涉到Kahler流形、Ricci曲率、陳氏類等數學概念，這些似乎都跟物理沾不上邊，但其實不然。Calabi的抽象猜想可以翻轉為廣義相對論裡的問題。



Calabi猜想不僅猜測存在封閉且具重力的真空，而且還系統地給出大量構造這類空間的途徑，當時大家都認為世間不會有這麼便宜的事情。可是，縱然不乏懷疑Calabi猜想的理由，但是卻沒人能夠提出反證。在那個時候，我與其他人一樣，試圖證明Calabi猜想的空間並不存在，前後花了我差不多三年的時間。



1973年我出席了在史丹福大學舉行的國際幾何會議。這會議是由陳省身老師和Robert Osserman所召開的。或許是我與兩人的關係友好，在會中我有幸給了兩次演講。在會議期間，我告訴一些相識的朋友，說我已經找到Calabi猜想的反例。消息一下子傳開了，結果應眾人要求，當天晚上我另作報告，有三十多位幾何學家聚集在數學大樓的三樓，包括陳師，Calabi和其他知名學者。我說明如何構造反例，大家似乎也都非常滿意。



可是，真理總是現實的。兩個月後我收到Calabi的信，希望我能釐清反例中一些他搞不清楚的細節。看見他的來信後，我馬上就知道我的說法有錯誤。

接下來的兩個禮拜，我不眠不休，希望重新構造反例，身心差不多要垮掉。每次以為找到一個反例，瞬即有微妙的理由必須把它放棄。經過多次失敗後，我轉而相信Calabi猜想是對的。於是我便改變方向，把全副精力放在猜想的證明上。花了幾年工夫，終於在1976年證明了這個重要的猜想。

# 創造性問題解決的教導

- 注意事項
  - 反覆思考
  - 暫不判斷
  - 適當的氣氛
  - 分析與並列對照
  - 給吸引人的題目
  - 回饋

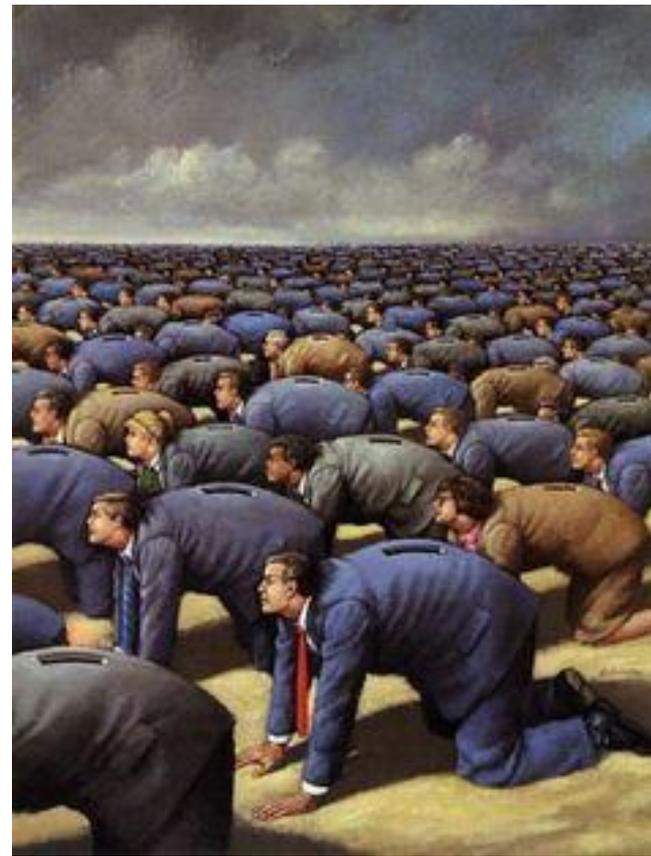
# 阻礙創造力的可能原因

- 太多事情要忙 太累了
- 太容易被其他事情分心
- 缺乏紀律做持續性的努力
- 我們不太清楚要專注於解決什麼問題

Mihaly, C. (2013). *Creativity: The Psychology of Discovery and Invention*

57

# 慎思明辨 CRITICAL THINKING



V.S.

三人成虎、人言可畏、見風轉舵  
人云亦云、盡信書不如無書  
抹黑、抹紅、造謠、帶風向

# 慎思明辨

( -批判思考? )

## (CRITICAL THINKING)

- 評估資訊與推理方式的準確性及重要性，形式可包括：
  - 對文字的推理 ( verbal reasoning)
  - 分析論證 ( argument analysis)
  - 對可能性的推測 ( probabilistic reasoning)
  - 檢驗假設 ( hypothesis testing)
- 例如：
  - 對於「該相信什麼」、「該作什麼」能做出理性的分析與決定，能指出一論點的假定或謬誤
  - 指出誤導的廣告（如賣矛與盾）、宣傳、或論述

■ 批判思考教學的目標，旨在培養學生具有良好的評估和判斷能力，對事物關係和事物價值的處理，有更明智、確切的判斷與具以下行動特質：

1. 妥切把握事物間關係
2. 洞悉問題的關鍵
3. 區辨主要與次要因素之別
4. 瞭解作者之動機目的、哲學觀點及表達技巧
5. 鑑別所下定義是否得當
6. 評析內容有無離題
7. 檢視所述內容有無矛盾、不妥之處
8. 客觀審查來自權威者或單位的主張或資訊
9. 明辨事實、意見及宣傳之不同
10. 重視言論主張有無適當事例佐證
11. 嚴格區分事例價值：支持、反對、或與假設無關
12. 檢視是否依據前提推論

## ■ 蘇啟誠之死 卡神楊蕙如雇網軍護謝長廷被訴(2019-12-03 00:33聯合報)

<https://udn.com/news/story/11311/4201436>

日本關西機場去年因「燕子」颱風侵襲關閉，我駐日大阪辦事處前處長蘇啟誠因輿論壓力輕生。台北地檢署調查認定，「卡神」**楊蕙如**支付一萬元報酬，指示**網軍**蔡福明等人替駐日代表謝長廷辯駁，製造我駐外人員無能的假訊息，以操作網路風向，昨天依侮辱公務員及公署罪嫌起訴楊、蔡兩人。

### ■ 蔡發文 P T T 批大阪辦事處

檢方起訴指出，去年九月關西機場事件發生後，楊蕙如與蔡福明約定以每月一萬元代價，藉由網路散布輿論帶風向，蔡用「idcc」帳號在 P T T 以「大阪空港疏散事件相關資訊」發文，指謝長廷根本管不了大阪辦事處，痛罵「大阪駐日代表處的態度的確很惡劣」、「爛到該死的地步」，「講難聽一點叫作黨國餘孽，以上資訊歡迎轉發」。

### ■ 楊透過 L I N E 群組推高調

楊蕙如接著透過「高雄組」L I N E 群組，指示群組成員將文章「推高調」，提高文章能見度，輿論發酵後引發蘇啟誠輕生。北市刑大查出帳號「slow」是楊蕙如，且與「idcc」帳號 I P 位址相同，鎖定楊蕙如、蔡福明涉案，查扣蔡的手機鑑定。

楊蕙如否認自己是「idcc」，辯稱 P T T 文章發表時，她正與友人聚會，因蔡福明沒有網路，才將自己手機「熱點」分享給蔡上網，她起初並不知道發文者是蔡，但覺得文章寫得很好，值得「推高調」，才在群組內請「理念相同」的朋友分享文章，沒雇請網軍帶風向。但檢方沒有採信。

- 只靠百則假評論 英國男子把花園打造成**TripAdvisor**的倫敦最佳餐廳
  - <https://dq.yam.com/post.php?id=8524>
- **MIT**研究：假新聞比真相傳播快
  - <https://dq.yam.com/post.php?id=8944>
  - 研究人員花了兩年的時間，分析了2006-2016年由大約300萬名Twitter用戶發出的12萬6,000則爭議新聞，最後發現真相無論如何都敵不過假新聞和謠言，假新聞和謠言可以觸及更多人、深入滲透社交網絡，而且比真相傳播地還要快得多。
  - 假新聞平均觸及的人數比真新聞多了35%。在推文分享方面，假新聞則比真新聞多了70%的可能被分享轉推。
- 學會辨識假新聞的10個方法
  - <https://www.managertoday.com.tw/books/view/56724>

# 認出秋行軍蟲救35億元農產 無名英雄：我沒那麼偉大

2019-06-12 19:12 聯合報 記者吳姿賢／即時報導



農委會主委陳吉仲（右）致贈禮物感謝首位發現秋行軍蟲的張先生。記者吳姿賢／攝影

「我沒那麼偉大，相信大家都會做一樣的事！」台灣秋行軍蟲第一起案例竟由沒有生物或農業背景的張先生發現，他當時在苗栗飛牛牧場帶孩子餵牛，手上玉米葉突然掉出兩三隻蟲，一看好眼熟，他當機立斷通知牧場員工「這件事很大條、愈快處理愈好」，緊急通報農委會讓地方中央及時動起來，挽救可能因此損失的35億元農產，堪稱無名英雄。

台中民眾張先生是化學背景出身，目前經商業務跟半導體材料相關，跟蟲子完全搭不上關係，更遑論大部分民眾都很陌生的秋行軍蟲。他並非昆蟲愛好者，只是固定看國際新聞，「知道這隻蟲在國外紅很久，造成很大農損」，也知道秋行軍蟲「頭有Y型紋路、尾巴有四點」，追蹤相關新聞長達兩年。

六月七日端午連假，張先生帶孩子到苗栗飛牛牧場遊玩，買了一網網的玉米葉餵牛，途中掉出一隻蟲，「看了好眼熟」，就像外媒照片上的秋行軍蟲。他不像一般民眾視若無睹或是害怕逃開，而是緊急找來牧場員工，提醒「這件事情很大條，最好立刻向上通報」。

除此之外，張先生說，當下還親自撥打電話到農委會，但適逢連假辦公室無人接聽，他心急如焚，認為「不能放任蟲在台灣跑來跑去」，情急之下透過記者朋友協助才聯繫到農委會，所幸中央地方各單位也立刻動起來。

外界讚譽他是無名英雄，張先生自謙「我沒那麼偉大，相信大家遇到都會做一樣的事情！」他也坦言非常擔心疫情擴散，畢竟現在被入侵的國家狀況都很慘，雖然秋行軍蟲有分玉米型或水稻型，但其實「連辣椒、棉花一大堆東西都吃，超級凶悍」，希望所有民眾都能保持警覺心，全民一起防疫。



農委會採樣的秋行軍蟲幼蟲，記者吳姿賢／攝影

- 促進批判思考的方法 (p. 396)
  - 深入教導少量但有助於思考的主題
  - 分析內容，鼓勵合理的懷疑
  - 指出說服性論述的證據或缺失
  - 讓學生從不同的角度去辯論有爭議的題目
  - 費心去思考