

生活化的科學教育

紀錄：洪正修

主持人：葉仁杰

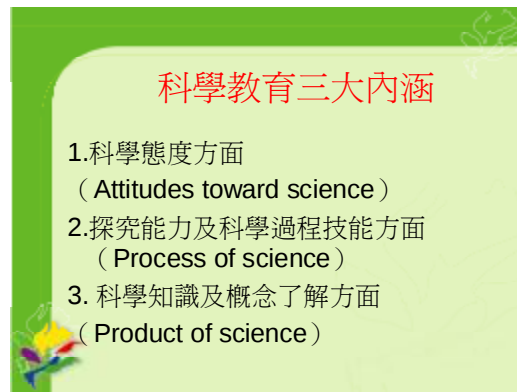
林教授他邀請我當他的主持人，我就很高興，我覺得這是一件值得鼓勵的事情，因為科學教育是一個很困難而且是沒有實際去 reward，對工作者沒有一個實際的收穫的一種工作，我剛剛跟林校長談了一下，他的觀點是很正確的，他覺得做科學教育的人，收穫是他心理上的一個滿足，不是在經濟上的一種 reward，所以我覺得如果站在憑著我的立場，我會感激主辦和協辦單位，就好像台灣的國科會，或者像高雄應用科技大學，尤其舉辦這種活動的人，我們是應該給他一個很大的鼓勵跟掌聲，雖然我花了很多的時間和金錢，飛到台灣來幫個忙，從經濟的角度來看是完全不划算的，不過我還是覺得很值得做這種事情，比較重要的事情是我要介紹主講人，我也是第一次碰到林校長，不過，我要來之前我就看他的履歷，林校長年紀比我大，因為他是校長，我們是學生，所以我要 study 他的履歷以後，我才知道說從事台灣的科學工作者，真的是很令人欽佩的，因為在完全沒有什麼社會的掌聲下，他這幾年的時間所 publish 的 paper 是很有份量的，當然我也為了這件事情去 study 他的一篇 paper，我看到怎麼去做這種研究工作，那分析的方法跟導致結論的方式是非常有科學精神的，科學的精神是一件很容易講的事情，大家都會喊口號「五四運動」的時候，就有一位德先生、一位戴先生，那是一種科學精神的養成，事實上是社會的一種結果，而不是一二位英雄或是 slavery；台灣在科學教育上，或者整個社會在科學教育上的追求，我想在世界上是有目共睹，我們送出去的留學生，在歐洲、美洲受教育回來的，繼續在這裡奮鬥發展，堅持這種精神的人是非常的多，這個事實上是發生在過去 3~40 年的時間，所以從「五四運動」到 3~40 年前，事實上可以說東方是沒有科學精神的，那科學精神事實上是一種 process 不是一種結果，比如我們可以說中國人發明槍炮....等，事實上這不是科學的結果，而是一種偶然的結果；科學重要的是它的 process 和精神，我想，這種題目應該由林校長來講才對，所以我們今天請林校長來講他的 topical。

演講者：林煥祥 校長

非常謝謝葉執行長的介紹，剛才跟他談話的過程裡面，才知道他在我到 Minnesota 念書之前，他已經完成學位，在 Minnesota 工作過，雖然我們沒有同時在 Minnesota 一起見過面，但是聊起那個地方的下雪阿..蚊子阿..大家都印象非常深刻；各位來賓大家早安，非常感謝 李旺龍 教授 請我來做這一次的演講，那我也非常熱樂意回到這裡來演講，因為我家就在科工館後面；我之前是在國立高雄師範大學化學系待過十二年的時間，然後才到花蓮教育大學當

校長，我以前在高雄師範大學的期間，還有現在週末回到高雄來的時候，我常常都是做高雄科學工藝博物館的志工，晚上的時候，我會替館長、還有他們的同仁巡視一下館的四周到底有什麼好的活動或是不好的活動發生，這裡是我們高雄地區很多民眾休閒的一個好場所，那尤其我看到最近科學工藝博物館把圍牆拆掉，然後做成科技光廊，那種感覺讓人覺得更親近這個館，在旁邊散步，也覺得非常舒適跟悠閒，所以有時候我常常帶著我的老婆跟小孩到麥當勞那邊買個咖啡到科技光廊喝一喝咖啡，也算是人生一大享受，總之一句話，這幾年讓我感受到高雄越來越美，為自己身為高雄人為榮；昨天晚上，我的太太問我說：「你需不需要打電話通知你學生的學生來聽這個演講，要不到時候沒有聽眾怎麼辦？」所以今天早上我的太太跟小孩來當我的聽眾，還有我相信，我也希望透過今天的演講，希望對老師或者對學生，以即各位在座有志於科學學習的人，能夠有一點點的幫助，那這樣子的話，就不會浪費大家一個多小時的時間；我今天所要講的題目是「生活化的科學教育」，主要切入點，一個是從教學、學習，另外一個是從評量，就是說我們怎樣一個出題目去考學生；我在兩年前主持了一個 pisa 的計畫，它是一個國際學生學習素養的一個評量，所主辦的單位是歐洲的一個 OECD，它相當於「APEC」Asia-Pacific Economic Cooperation 這樣一個組織，但是它的總部在歐洲，那這個計畫叫做「pisa」Programme for International Student Assessment 就是它評量滿 15 歲在學的學生在閱讀、數學、科學方面的素養，它的評量考試的題目非常的生活化，而且題目都是偏重在概念的了解還有應用，幾乎沒有任何背誦和記憶的問題，所以我們國內有些人了解到這樣一個國際評量的計畫；我兩年前主持這個計畫，去年是在試測，今年是要全面對在學的 15 歲學生，大概是高一、高二或者是國三的學生，它不是看你的年紀，它是看你主要是年滿 15 歲 01 天到 15 歲 364 天，這個範圍的學生都可以來參加測驗，而且他在取樣的時候，是我們國內必須要先告訴它說我們學校的總數跟學生的總數告訴它，然後總共有那些學校，這些學校的名單要交給 OECD PISA 的總部去抽取學校，然後它在我們國內總共抽取了 150 個學校，抽取學校以後，在要求這個學校，所以我必須要拜託教育部行文到這個學校，請你們學校把年滿 15 歲的學生名單全部要透過教務處提供給我，然後我再把這個名單，由軟體上面隨機選取 40 個，這個軟體控制是由總部在控制，所以這 40 個學生分別來自不同的班級，選好了之後，再把這個學校和學生的名單，送給總部，然後在下個月開始，一個學校一個學校去試測，在試測的過程當中，總部還會派人來監督整個過程，非常的嚴謹，讓我感覺到蠻高興的事情是我上個禮拜遇到一位成大的學生，他知道這樣一個考試，而且很喜歡那樣的考試題目，問我說：他可不可以參加測驗？測驗的時候，他想中文版的考題跟英文版的考題同時都考看看。所以他不是為了考試而考試，而是為了興趣而考試，由這點可以了解到，我們國內的學生對這種命題的方式和考題的呈現，他們會很有興趣，而且他們的資訊來源是多方面的，我覺得這樣的學生，值得去跟他互動跟對談，所以將來在台南一中考試的時候，我會邀

請他過來，然後給他中文跟英文的題目考看看，不過這題目是不能洩露出去的，那今天我選了一個題目給大家參考了一下，這題目是因為它已經被 PISA 的總部放棄，它是有關於海嘯的題目，因為在前一陣子，東南亞發生了海嘯，所以它們覺得說現在考這個題目，對人民來講，會再度引起傷痛，所以它們決定放棄這個題目，我等一下會跟各位來賓分享一下這內容，讓你們了解一下未來考試的命題方式跟趨向是什麼樣子，我們想要讓學生學科學，學的說讓他覺得有意義，可以應用在生活上，而不是讓他覺得說他學科學是為了考試成績好，而且可以進到好的學校去念書，應該不是這個樣子；學科學應該是對他自己日常生活裡面做一些選擇、決策、判斷的時候，有所幫助，然後可以藉由他科學訓練的過程當中，替他規劃更好的生活跟人生；所以今天一開始，我想先跟大家談一下，科學的三大內涵，就是說我們從小學一直到唸博士畢業，你如果是學習科學的課程的時候，你應該學的內容是包括那幾方面，分類的方法當然有很多種，可是我們從比籠統的方面來看，我想大概能分這三類，這個也是很多文獻常常歸納的方法，第一方面，我們該學的是 Attitudes toward science



換句話說，我們在學科學的時候，或者是老師在教學的時候，應該幫助學生去建構比較正向的科學態度，還有對科學知識發展的過程有比較深刻的了解，而不是說教科書上寫的，我就把它接受，可是將來有一天輪到你要把它去create，find technology的時候，你就不知道該怎麼創造了，所以當你能夠了解一點這個科學知識，像以前有「原子」跟「分子」的概念，可是一剛開始有這個「原子」的概念，但是「原子」跟「分子」的概念卻讓科學家花了50年的時間才了解說「原來原子跟分子是不一樣的」，在道爾吞那個時代，他只知道說是 particle，是一個不在可以分割的 particle、一個粒子，他那個時候把它叫作「原子」，可是在道爾吞那個時代(1800)，「原子」跟「分子」經過了科學家50年的辯論，最後才確定說「原子」跟「分子」是不一樣的；那我們現在在課堂裡面，在同一章裡面，以不到50分鐘的時間告訴學生「原子」跟「分子」不同點在那裡，然後學生學不好，就怪學生笨，可是科學家都要花50年的時間才能夠了解的東西，我們今天只要在課堂上只要50分鐘就可以把它學會嗎？所以，到底要怎樣的來學科學才算學的好呢？很值得我們去省思，所以，就像現在所強調的科學的本質觀、科學的認識論…等等，就是說去了解科學是怎麼產生的，科學家他在做研究的時候，到底是用了

他們所謂的科學方法是怎麼做的？還有一些科學知識的本質，都是包括在科學態度這一方面；第二個方面就是我們應該讓學生有機會學到探究的能力，還有科學過程的技能，什麼叫探究能力呢？我等一下會稍微藉由諾貝爾物理獎的得主 費曼 來跟各位來賓分享什麼叫探究能力；科學過程技能就好像我們在做實驗的時候，會做圖表、推論、歸納然後報告，這些都是科學過程技能，就是process of science 第二方面，我覺得我們國內中小學的教育也很少做到第二部分，那第一部分呢？我覺得也做的非常的少，第三部分我們卻做的非常的好，就是科學知識跟概念的了解，這方面，我們國內的科學教師到是做的非常不錯，所以我們可以看到目前國際上比較重要的一些科學的評筆啦，像TIMSS 那一是種對中小學生的科學和數學的成究做國際間的比較，我們可以發現，像韓國、日本這幾個亞洲經濟比較強的國家，他們在世界上的評筆，大概都是前五名，那我們台灣有參加TIMSS，表現也相當不錯，可是我們PISA是2004年才加入的，它是每隔三年評量一次，2000年的時候是評量閱讀的能力，2003年是評量數學的能力，2006年是評量科學的能力，不過，它每隔三年評量一個重點，但其實每次評量的時候，像2006年主軸是科學的素養，但是數學的素養跟閱讀的素養也是有一些題目在考，我們台灣2000、2003年沒有參加，2006年才開始參加，但是當我們看2003年的結果的時候，發現亞洲的國家，日本、韓國、香港不管是數學、科學跟閱讀都是在前五名，在2003年的時候，歐洲有個國家，他們十五歲學生的表現，引起世界各國刮目相看，那就是芬蘭，芬蘭這個國家，它的數學、科學還有解決問題的能力這三項也是名列前三名，跟亞洲這幾個經濟很強的國家都是一樣在前五名的範圍，但是芬蘭和亞洲這幾個國家最大不同點在於什麼呢？當這個考試有一些問題問到學生：「你對科學還有數學感到焦慮嗎？」就是說你覺得困難嗎？有信心嗎？這種學生對學習科學、數學的焦慮感，芬蘭的學生還蠻低的，但是亞洲的韓國、日本、香港這幾個國家學生的焦慮感都很大，遠高於參加的所有國家的平均值，甚至於都是在敬陪末座的地方，換句話說，韓國、日本、香港這幾個有參加的國家他們學生的成就，在世界排名前五名，但是他們的學生感覺到非常的焦慮，而且對科學的態度是負面的，因此這點引起了亞洲國家像是日本、韓國一個警惕；所以我們可以看到日本在這幾年他們不管是教育部的官員，或是中小學的校長、老師，都非常頻繁而且數量很大的派他們到芬蘭這個國家去學習他們到底是怎麼樣教中小學的學生，讓他們的學生成就不但好，而且感到學習是非常快樂的，我覺得這點也是我們值得去好好學習的地方，如果未來我們能夠這三方面都進步的話，那我們國家在科學素養、數學素養或者是問題解決的素養方面，不但是在前面，而且學生在學習過程中也很快樂，而不只是為了應付考試而已；我

科學教育的目標

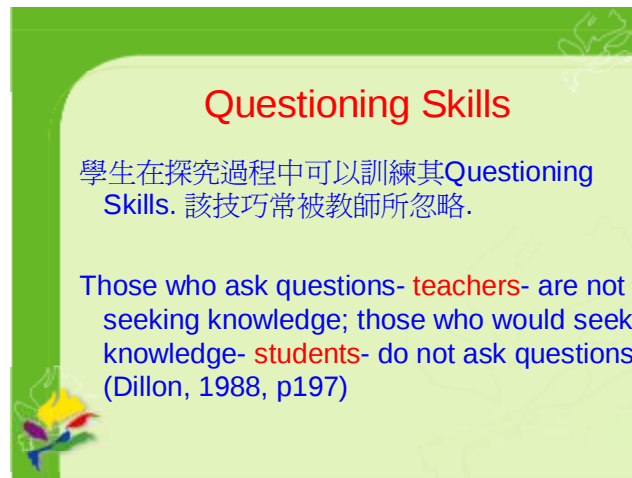
1. 樂於學習科學,欣賞科學之美,喜歡科學之奇及了解科學之用
2. 發揮好奇心及創造力,使科學紮根於生活文化之中
3. 運用探究能力及科學知識解決問題,理性批判並做出明智的抉擇
4. 不斷提升科學素養,積極貢獻於經濟成長及永續發展

們國家在三年前,第一次召開全國的科學教育會議,召集很多科學家,還有科學教育的學者、中小學的老師一起來討論科學教育應該怎麼走,很榮幸的,我在那次負責參加科學教育目標的一個墊定,我們經過很多的公聽會,還有全國的會議討論之後,定出來我們國家科學教育的目標,就是它不管是小學、國中、高中,甚至於大學,它都這四個比較大的目標涵蓋,第一個是我們希望中、小學跟大學的科學教育能夠讓學生樂於學習科學,欣賞科學之美,喜歡科學之奇,還有了解科學之用,還有我們要特別注重學生的好奇心跟創造力,像我們國家是R.O.C (Republic Of China),教育部的顧問室在前任科學工藝博物館的館長 顏鴻森 的主持,他在顧問室當主任的時候,特別去制定了一份我國的創造力的白皮書,希望我們國家未來叫做Republic Of Creativity 我們是一個非常注重創造力的國家,同樣叫做R.O.C,我們希望不但是學生,而且一般的民眾,都能夠讓科學在他們的生活文化之中紮根,還有能夠運用探究能力還有科學知識去解決問題,理性批判,並做出明智的抉擇,這一點,我覺得是我們現在社會的國民比較欠缺的,因為一般國民的資訊非常多,包括報紙、雜誌、電視新聞,而且現在電視上面政論性的節目特別多,如果我們國民沒有辦法對所得到的資訊或者來源做一個比較理性的批判,然後做出明智的抉擇,他只是會依據自己的偏好去選取他想看到的 information,然後再去做判斷的話,那這個社會會有越來越多躁鬱症的人出現,因為當別人的理念跟他不一樣的時候,他只會選擇跟他理念相同的 information data 來做他的 dissection making,那是一件非常危險的事情,所以我們也希望我們的國民能夠不斷的提升素養,積極貢獻與經濟成長及永續發展;其實科學的學習是一個 lifelong 終身的一個過程,在這一個目標之下,很多人也在積極的推動這方面的工作;像上個禮拜我也回到科工館來,有前國科會的主委 吳茂昆 院士 他所主辦的一個高中生-高溫超導的競賽,像那樣的活動,他已經很熱心的辦了六年,而且參加的人數越來越多,他想透過這個活動讓高中生還有高中的老師了解什麼叫做科學的研究? 你要怎樣去進行? 在我們每次辦完以後,這些評審委員都有一些座談,為了引導未來參加的學生對科學研究有更深刻的了解,所以我們今年就特別著重叫做它們研究過程學習歷程的一個評量,因此我們要求參賽的每個隊伍一定要把它們開會、討論的內容做個紀錄,還有他們每一次四個人聯合起來做研究的時候,他們討論了什麼?用了哪些材料?做什麼結果或是做什麼改變?

要寫一個實驗的日誌，所以會議紀錄、實驗日誌，在參加比賽的時候，要全部交出來，然後評審不是只有看你最後一個成果而已，他必須從頭到尾看你整個學習的歷程，所以今年特別頒發了一個叫做研究與學習的歷程獎，讓他們知道說，其實做科學研究是什麼樣的過程，還有像辦這樣一個活動，除了中小學老師以外，學生還有一般民眾也可以來參加這樣一個活動，所以我們希望藉由這樣一個活動，讓科學素養能夠全面的提升；我剛才講過，我今天主要是從兩個方面來切入，第一個是教學跟學習的方面；另外一個是從評量的方面，在教學學習的方面，我想稍微介紹一下探究式的實驗，另外一個是我以前做過的科學史的教學，當然，你要落實生活化的科學教育有很多種，我想我今天從這兩方面來解釋，另外評量方面，我想舉我自己以前曾經命題過的題目，還有PISA的題目，跟各位來賓分享一下，當老師出考題或者是我們升學考試，出考題的時候，應該怎麼出題，比較能夠引導老師的教學朝一個正確的方向去做；我相信 PISA的測驗，國際的評量，對未來老師跟未來命題的題目會有一個很大的影響，跟很重要的影響的一個力量；我相信我們國家在今年的考試，有一些題目能公佈出來的時候，讓這些中小學的科學老師看著這些題目，應該會有很大的啟發，所以我今天會稍微跟大家分享一下，概念印象解題，它的題目到底長的什麼樣子；什麼叫探究式的實驗呢？我想藉由 1965年諾貝爾物理獎得主 費曼 先生 他對全美國的中小學老師的演講為例，那個演講裡面，他說目前中小學的實驗課本裡面或是每一個實驗，它所編的，大多數屬於食譜式的實驗，當然不是食譜式的實驗不好，他鼓勵這些老師除了做食譜式的實驗之外，每一個學期你應該設計一、兩個探究式的實驗，讓學生有機會去接觸探究式的實驗，讓他知道，想要從事科學的研究應該怎麼做，所以像探究式的實驗裡面，他就舉了一個他的父親從小怎麼樣的教他做探究式實驗的例子，來跟這些中、小學的老師互相勉勵；他說他能夠得到諾貝爾獎，是非常感謝他的父親從小就培養他探究式實驗的能力，因為他說很多老師帶著學生出外賞鳥的時候，或是做野外考察的時候，常常會告訴學生說：這個樹叫什麼樹，喬木、灌木原產地在哪裡，可以用來做什麼用途，或者是去賞鳥的時候，告訴他們這是疏鳥或是候鳥，牠的原產地在哪裡，如果是候鳥的時候，什麼時候會飛來台灣，在台灣待多久？然後他的體長、體型是什麼樣子，所告訴學生的是這一些 future knowledge 就是一些已經固定的知識，這些知識當然是必要的，不過他說除了這些知識之外，另外一個很重要的就是探究能力，當費曼還在念小學的時候，他的父親帶他到森林裡面去做野外的考察，賞鳥的時候，他的父親就訓練費曼他探究的能力，有一次，他們到森林裡面來，看到小鳥在飛，他的父親就引導他說：你看看，樹上的小鳥為什麼停下來之後，牠會用牠的嘴巴不停的去整理、梳理他的羽毛，這是第一個，他去告訴費曼說：你怎麼樣從自然界、生活週遭去發現可以研究的問題，所謂的 define program 定義什麼問題我可以去研究，但這個問題值不值的去研究，還是需要進一步的了解，不過，先看出來那小鳥為什麼會用嘴巴去整理牠的羽毛，這就是要去探討的問題，接下來就是要提出假設，就是 making hypothesis 所以他就問你認為為什麼呢？費曼就很直覺的認為「是不

是因為牠們剛飛下來，身體的羽毛比較凌亂，所以就好像拿著梳子一樣把牠們的羽毛整理乾淨。」就好像我們騎腳踏車或是坐車子，頭髮被風吹亂的時候，我們會用手指頭或拿梳子把頭髮梳整齊一樣。這是費曼他提出的假設，他的父親就講說：「好！我們就根據你現在的假設，那你怎麼樣去設計實驗的過程？去收集數據，來支持你這個假設，或者是否定你這個假設。」接下來就是一個很重要的探究能力設計實驗步驟，他就跟費曼一起討論，父子兩個有戴手錶、筆和紙，然後我們可以來觀察一下，把小鳥分成兩群，各別觀察，看是要五隻一群，還是十隻一群，第一群是剛飛、停在樹枝上沒有超過一分鐘的小鳥，我們來計算一下，牠在一分鐘內總共用嘴巴整理羽毛整理幾次，然後把第一隻小鳥整理幾次記錄下來，一直記錄十隻，另外一群也是觀察十隻，不過牠們已經停在樹枝上超過三分鐘了，如果牠羽毛亂了話，牠要整理應該馬上整理好了，不至於說停了三分鐘後還在整理，所以牠們已經停在樹枝上超過三分鐘了，看牠們一分鐘內整理幾次羽毛，把次數、data 記錄下來，最後這兩群(各十隻小鳥)去其求平均值跟它的標準差，在分鐘之內，平均整理羽毛的次數有多少，再看看牠們的差異是不是很大，有沒有很顯著，來做一個結論說：「最後兩群小鳥整理羽毛的平均次數是很接近的」，所以他們認為應該不是要把羽毛整理整齊才去刮牠的羽毛；所以小時候費曼他的父親帶他去森林裡面玩，然後他們所做的一個很簡單的探究式的實驗，跟這群中、小學的老師來勉勵，就是說我們怎麼樣子來訓練學生從日常生活之中去定義、發現值得研究的問題，怎麼樣的引導學生去提出假設，怎麼樣的引導學生去設計實驗步驟，我相信在座的各位來賓，如果你有當中、小學的老師，尤其是科學老師，你大概有指導學生科學展覽的經驗，現在很多學生做科學展覽，他是靠著老師給他題目，而且告訴他說怎樣做科學展覽，那個實驗步驟是由老師來告訴他，這樣子的話，我是覺得失去了做科學展覽的一個過程，而他從中間所學到的就會少一點，如果能夠像費曼的父親漸漸的引導他，讓學生自己去發現一個值得去研究的題目，讓學生自己去設計實驗步驟，進行科學的探究，這樣一個學生將來唸到研究所，甚至研究所畢業以後，自己要做研究，他自己去尋找研究題目，他自己 research question 的能力一定會比較強；這樣的一個過程，他訓練了學生很重要的能力，第一個是 define program 定一值得研究的問題，找出值得研究的問題，第二個是學生能夠自己提出假設，第三個是學生會自己設計實驗步驟，另外一點我想提出來跟在座的，如果你是老師的話，我想這是一個很值得我們深思的一個問題，就是一個老師在教學的過程裡面，其實提問題的能力是很重要的，而且我們應該藉由提問題來訓練學生提問題的能力，我們可以發現在國內很多的教學，尤其在目前我們高雄市有很多的補習班裡面的名師，也可以發現那種教學完全是替學生把重點整理出來，然後放在講義裡面，在黑板上講一遍，跟學生互動，還有啟發學生思考，邏輯推理的那個過程，完全都沒有，甚至是替學生把它整理好，所以你在看補習班老師教學的時候，不會去問學生問題的，而且很少，尤其在中、小學裡面，科學的老師也很少去問學生問題，那我覺得1988年的 Dillon 這個人所講的，很值得我們當老師的去思考，他說：「Those who ask questions 在課堂上，

如果這些老師常常跟學生問

A green rectangular graphic with rounded corners. At the top, the title "Questioning Skills" is written in red. Below it, in blue, is the text "學生在探究過程中可以訓練其Questioning Skills. 該技巧常被教師所忽略." At the bottom, in blue, is the quote "Those who ask questions- teachers- are not seeking knowledge; those who would seek knowledge- students- do not ask questions. (Dillon, 1988, p197)". There is a small illustration of a person with arms raised in the bottom left corner of the graphic.

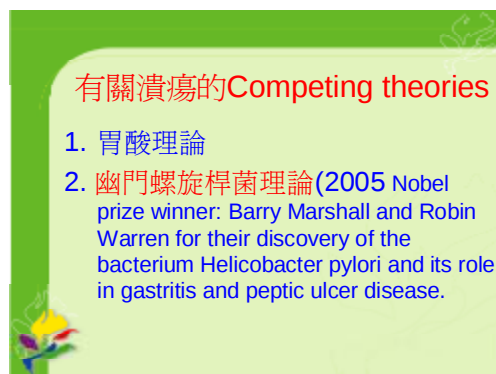
Questioning Skills

學生在探究過程中可以訓練其Questioning Skills. 該技巧常被教師所忽略.

Those who ask questions- teachers- are not seeking knowledge; those who would seek knowledge- students- do not ask questions. (Dillon, 1988, p197)

問題，其實他們是在教學生，而不是學習知識，可是真正要學習知識的學生，卻很少問問題，因為學的人，一定會問你，把你不懂的地方弄清楚clarify，然後你才可以去建構你以前比較沒能力建構的事，所以這樣一個過程，順便提醒一下老師你除了要互動問問題之外，訓練你的學生問問題的能力，因為他如果常常感到好奇，而且敢問，這樣他的 research question 和找到可以研究問題的能力就會比較強一點，那剛才我講過，我今天所要談的是用科學史，我們怎樣把他融入在平常的教學裡面，或是讓學生自己去看科學史的時候，他所要看的科學史是哪一方面的科學史；為什麼要教科學史呢？為什麼教科學史可以變成生活化的科學教育呢？在這邊我先跟大家分享一下，在早期有關於我們眼睛可以看到物體的這個理論，有兩個理論在科學家之間辯論的很厲害，第一群的科學家她們認為說 Light rays travel from our eyes onto the objects 我們常常說這個人很有眼光，所以光線從我們的眼睛到物體之間，所以讓我們的眼睛可以看到物體，所以光線的行進過程是由我們的眼睛到物體；那第二種理論是應該要一個光源照在那個物體上，物體反射到我們的眼睛，那我們才能夠看見物體，這樣的一個理論，其實現在的國中生，甚至於高中生，你問他說為什麼我們眼睛能夠看見物體？相信第一個理論的還是很多，那為什麼可以看見物體，我想他的敘述接近第一個理論的還是很多，不過像這樣的一個理論，讓我感到一個很驚訝的問題，前一陣子，有人送我一本金剛經，金剛經裡面的作者，早在幾千年前他就已經知道我們眼睛可以看見物體的時候，那這句話說：「若菩薩心住於法而行布施，如人入暗，即無所見，若菩薩心不住於法而行布施，如人有目，日光明照，見種種色」我不太懂，因為我剛拿到這本金剛經，不過我用黃色的字這句話我比較感興趣「如人入暗，即無所見。」，所以他早就知道如果要看見東西，一定要有光源，而且這光源要怎樣做呢？「如人有目，日光明照，見種種色」所以要有光源照下去，然後再反射到你的眼睛，你才可以見種種色，這個佛經我想應該在唐朝以前，距離我們現在應該是千年單位來計算，那科學家的理論到現在不過兩三百年時間，像我剛才講過原子跟分子是1805年左右我們才知道怎樣區別，那是19世紀的事情，到現在不過200

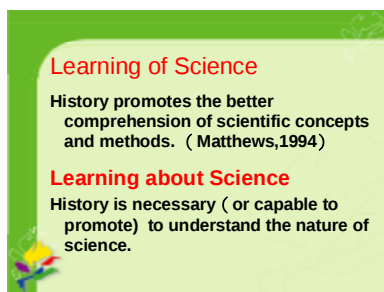
多年左右，所以科學的演進，應該是2~300年的事情，在千年以上的人就知道這個理論，所以當時的金剛經為什麼可以流傳到現在，表示這個人不但有哲學的觀點，他的科學素養也是蠻厲害的，所以你看到很多金剛經裡面，他的科學的推理能力也是相當的強，當然我們不是用金剛經來講科學史，不過因為我們是東方人，那我們東方的科學史有的話，應該也可以拿出來跟學生分享一下；等一下我要舉例的是比較西方的科學史，那是跟最近的科學史比較有關，這是有關潰瘍這樣的一個理論，那我本身在幾年前，約民國60.70幾年的時候，我得過十二指腸潰瘍，那我在民國70年(相當於二十幾年前)，得到潰瘍，那時我在高中教書，有公保，公保可以去領藥是不用錢的，不過十二指腸潰瘍的藥，是管制藥物，很貴，我還記得出產胃潰瘍的藥，是一家英國的Glaso的一家藥廠，Zantac 那時候一顆藥好像一百塊還是多少?非常貴的藥，那Glaso藥廠製造這個藥，賺了非常多的錢，在20幾年前，那個時候認為說胃潰瘍或十二指腸潰瘍主要原因:從事醫學研究的來說那是因為你的胃裡面的胃酸過多，所以當你胃覺得不舒服的時候，建議你去吃一些喝一些胃乳液，因為胃乳液本身是鹼性的，它可以跟胃酸綜合一下讓你的胃不會那麼辛苦，所以第一個輕微症狀的人，他建議你喝鹼性的胃乳液來綜合，如果比較嚴重的人，像潰瘍出現紅腫、破洞，那需要照胃鏡，那個時候的胃



鏡比現在的大很多，我的喉嚨又很小，吞胃鏡吞的非常辛苦，雖然有麻藥；我那次吞完以後，我發誓再也不照胃鏡了，真的是非常痛苦，吞了好久才吞下去，出來以後，它會告訴你說有沒有潰瘍，如果有潰瘍，它會開那個藥給你吃，如果沒有潰瘍，那藥就不開給你吃，所以後來我連續吃那個藥大概兩三年的時間，還好那時候有公保，不用負擔很大；可是我覺得那段時間對我是折磨，因為那個藥是有效果，不但只是綜合而已，且抑制你的神經分泌那麼多的胃酸，讓胃裡面的酸性不藥那麼強，所以它是一種抑制神經的藥，Zantac這種藥一天要吃三顆，每一餐的飯後要吃一顆，當它開始藥分泌的時候，吃一顆讓它不要分泌太多，所以吃的時間絕對不會胃潰瘍，但是一段時間沒有吃的話，又開始胃潰瘍，比如說當你沒有藥，又出外旅行的時候就會胃潰瘍，後來有一群從事醫學研究的人，覺得很奇怪，真的是這樣子的嗎?胃酸所造成的嗎?所以這群醫學研究者開始挑戰，說可能不是這個理論，當然這種理論應用再他身上也是有實際的效果，可是有一群醫學研究者還是不信邪，說應該不是這種理論，所以她們就去找一些得到胃潰瘍跟

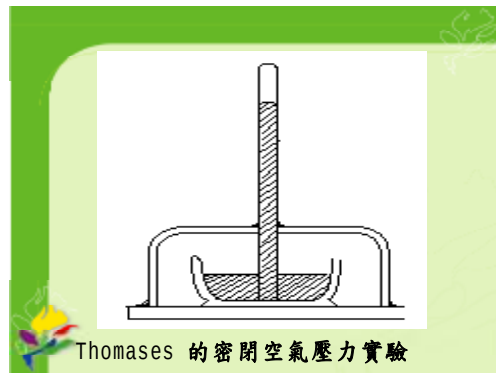
十二指腸潰瘍的病患，讓他們做進一步的檢查，發現這一群人的共同點是在他們的消化道系統裡面，都有一種細菌叫做「幽門螺旋桿菌」所以這些醫學研究者就提出一個假設、理論說會造成潰瘍的原因可是這種細菌感染的原因，如果我給病人吃藥，把細菌殺死，當她們消化系統裡面沒有這種細菌以後，是不是也能夠治療好；十幾年前這種理論就已經出現了，為什麼到現在他才得到諾貝爾獎，因為他對醫學界的貢獻太大了，剛好十幾年前我的胃潰瘍又再度爆發，那時候我在高雄師範大學服務，因為我必須要出去看五年級的畢業生，他在各地教學，然後我跟他約好時間以後，要趕時間、飛機，或自己開車，那學校又很偏遠，路我又不熟，沿路都問來問去，我們台灣的地圖真的不太好；我以前在美國唸書的時候，暑假開車出去玩，你只要帶一本美國地圖，真的非常方便，做的非常好；台灣地圖在偏遠地區都沒畫什麼地圖，所以跟他約好，他必須要幾點上課，我必須要趕過去跟他們的校長主任談一談，再進到教室裡面看看實際教學情形，我就背著攝影機去拍他怎個教學過程，他教完之後呢，在和他一起去看教學錄影帶，有哪些優缺點再跟他討論，像這樣來回奔波又趕時間，生活作息不正常，所以潰瘍又再度復發，雖然發誓說不在吞胃鏡，可是後來還是在高雄醫學院附設醫院還是再吞一次胃鏡；那一次的治療過程當中，有一位醫生就問我說願不願意當實驗的白老鼠，我說什麼？他說：「最近有一個新的理論叫做「幽門螺旋桿菌」你的到潰瘍可能是有感染到這種細菌，那我們幫你檢驗的結果發現你有這種細菌，你要不要來當我們實驗的各案？」所以我說治好就不用作胃鏡了，我說對不對，他說對，所以我就自願接受他們這各個案的研究，所以我變成他們研究對象之一，就吃一些藥就把全部的細菌殺光，才去檢驗沒有這種細菌，所以在十五年前，我的潰瘍再度復發的時候，去用這種方式，所謂的細菌理論方式，吃那種藥，治療好；直到現在，雖然生活步調依然緊張，胃酸也分泌很多，可是潰瘍再也沒有發作過，所以這讓我們感覺到我們對科學的理論的了解跟我們生活是相關的；如果像這得到諾貝爾獎的兩個人Barry Marshall and Robin Warren 這兩個人如果沒有正確的本質觀，而且只是深信這種理論就是對不會去挑戰它，他不知道說科學的理論是暫時性的，科學理論是可以挑戰的，如果沒有這種認知的話，我想他們就不會去創造新的理論，然後我就不會變成受益者，所以其實學科學跟我們人真的非常相關，而他們這兩位研究者也因為創造這理論，在醫學研究的貢獻非常重大，所以在去年就得到諾貝爾醫學獎，因此下面一段話是我從一篇文章cot出來的，他說：「透過教科書上面科學的學習，這個老師或者這個學生可能會被誤導什麼叫做科學的活動，因為教科書上面所呈現的是目前科學界所承認的科學，正確的知識，一般的教科書上面不會去呈現原子跟分子怎樣去討論結果，科學的發展過程，一般教科書上不會去呈現，因為我們透過教科書的學習，是學到 about Science所接受到正確的科學觀念，那中間有很多被問的過程都被拋棄了或是被改變的這些理論，教科書不會去談它，所以我也很好奇現在Zantac這種藥的生意應該越來越差，因為大部分的人應該相信這樣的理論，要不然諾貝爾醫學獎不會頒給他，除非有些醫師不肯再進修，遇到病人還繼續開那種要給他吃，那會不會有效果呢？

還是會有效果，可是當有一個更好的理論能夠對這種情況有更好的解釋的時候，科學界會比較接受這理論，不過透過科學史的教學，我們可以告訴學生是怎麼樣產生出來的，這樣的話學生就比較知道最後一句話 teaches that the science being done at any given time will largely be discarded 其實有很多科學家的想法在辯論中被推翻掉的，等等我會舉個例子來說明一下，所以我們在學科學的當中，學科學的知識、概念、方法之外，也要學一些科學的本質，所以Learning of Science 和Learning about Science 是不一樣的，所謂Learning of Science是我剛剛所說的 Process of science 就是科學的探究能力、科學探究技能，下面這個包括科學的態度，或是科學本質的了解是屬於下面的Learning about Science，那麼經過很多研



究者一直主張說應該把科學史的一些內容放在裡面，那我們可以發現世界各國的教科書漸漸會出現一些科學史，可是呈現方式也讓科學家感到憂心，因為很多國家或是教科書所呈現的方式，並不是她們說樂見到的，我們可以拿到我們所編的自然科技的理念，雖然開放給很多書商來編，可是這些編輯者會呈現科學史，可是他們呈現的科學史是敘述的科學史，就是年代、人物、結果，但是要教科學史最重要的是過程，就是那個甲科學家主張什麼理論、做了什麼實驗、得到什麼結果，然後乙科學家他相信不同的理論，不同的實驗，也得到不同的結果，然後這兩個科學家怎樣的辯論、得到怎樣的結果，科學界認為應該接受哪一個，這個過程才是最重要的，而不是只告訴學生在多背一些1801年道爾吞創立了原子說，然後內容是什麼，然後亞佛家厥提出分子假說，其實你要叫這些學生去多背這些人名、時間、那是多增加她們的負擔，對他們來講，沒有學到科學的本質，所以澳大利亞的學生就主張科學教育應該是講那個過程，就好像我等等要跟家講的那個過程，所以我們應該讓學生去模擬以前科學家的實驗過程，甚至於讓中小學生去扮演科學家辯論的內容或者我們要求科學家去反思以前的實驗他們的假設有什麼缺點，那下面這個例子，在18世紀發生了一個科學史的故事，在這個科學史的普通教材裡面，主要是讓各位了解空氣的性質，因為在1647年托里切利做了水銀柱的實驗，等一下我們會看一下，在17世紀1640年左右，那個時候已經有手動的磅浦，它可以從地底下的水杓上來，就像我們鄉下杓水是一樣的，藉由把管子裡面的空氣抽掉，因為大氣壓力的關係把水往上壓然後這個水就會從上面跑出來，但是在1640年左右有一些人發現說當這個井的深度比十公尺還深的時候，不管你多用力去杓或是用磅浦把水杓上，都是不可能的，就問當時的科學家為什麼會這樣？托里切利就提出一個想法，他說：「我們地球是有地心引力的，地球表面

的空氣受到地心引力的關係，會向地球表面來聚集，距離地球表面的地方空氣會稀薄，是因為地心引力吸引空氣到地球表面，讓這些氣體集中在地球表面，然後他所做的實驗是拿的一個盆子，裡面裝碎泥，再拿一個管子，裝滿水泥後，把一端按住，放在盆子裡面，結果水銀會慢慢下降到一個高度後就不再下降了所以水銀面可以維持在76公分高，所以我們把水銀柱換成水管，把透明的塑膠管裝滿了水，然後在一樓地面放著汽油桶，透明水管的另一端用水管夾住，另一端放到汽油桶裡面，把管子一直往上拿到1、2、3樓，水柱高大概可以維持到三四層樓高，十公尺那麼高，所以你用水銀(密度13.6)大概只有76公分，如果換成水的話(密度1)，所以大概可以1033.3公分，差不多十公尺，應該三四層樓那麼高，那麼托里切利做了這個實驗，他就講說：「中間這個水銀柱為什麼不會掉下乃呢？是因為外面的空氣壓住這個水銀面，使水銀不會掉下來，他當初講這個的時候，很多科學家提出質疑，他們會想說空氣這麼輕的東西，你根本沒法感覺他的存在，怎麼可能會壓住水銀面呢？水銀這麼重的東西，怎麼可以用水把他撐住呢？所以其他的科學家都在想說應該不是，還有其他原因，其中有個叫做Thomases的科學家他為了要反駁托里切利的理論，他就特別做了一個玻璃罩，把托里切利的實驗用玻璃罩罩起來，他為什麼要做這個實驗？他告訴托里切利說：「你不是說空氣的壓力把



水銀面壓住嗎？那我現在把它罩起來以後，這罩子裡面的空氣重量已經非常輕了，那個幾乎沒有什麼重量了，那這個水銀柱還是不會掉下來，所以可見不是空氣的重量把它壓著」他對托里切利提出這樣的質疑。那另外有一個科學家叫Linus他認為說這水銀柱不會掉下來的原因是因為在這試管的頂端跟水銀柱中間有看不見的纜繩把它拉住、吊著，所以它才不會掉下來，那他為什麼可以這樣講呢？所以他就當眾做一個實驗，他說：「我現在把兩端都開口的試管裡面裝滿水銀，然後我的大拇指壓住另外一邊，你會看到這個水銀會掉下來，可是掉到一個程度以後，它就不會掉了，那你的大拇指可以感覺到被吸下來的感覺，它也邀請當場的來賓試看看，那你會感覺到你大拇指皮膚被吸下來的感覺，因為水銀面跟你的拇指之間會有一個invisible cord看不見的纜繩把你拉下去，是靠這個纜繩拉住，根本不是托里切利的空氣把它壓住，而且不管它是水銀或是水，纜繩的拉力是不一定的，因為物體的本身構造不一樣，所以纜繩的強度也就不一樣，所以你拿水或者水銀，它能拉住的量也不一樣，講起來好像蠻合理的，可是事實上，托里切

利做那個實驗的時候，他講他的想法的時候，上面所講的Thomases、Linus這兩個科學家，就不斷的質疑、挑戰他，對他提出一些問題，托里切利本身也沒辦法回答他，不過當時有另外一個科學家巴斯卡認同托里切利的想法，所以他也在山腳下跟山腳上拿著托里切利的實驗發現，真的空氣越薄的地方，水銀柱的高度越低，可是他也沒辦法去回答Thomases、Linus的質疑，因為 Thomases 說如果是水銀的話，最多只可以吊76公分高，那當時有一個科學家叫 Boyle 他就很清楚的看到當時的這些人對空氣的重量沒有分別的很清楚，所以他提出了一個很重要的觀念：Air is like a spring，空氣這種東西向彈簧一樣，它其實不是很重，可是它本身想維持一定的體積，那麼你想要改變它的體積是不太容易的，就好像你如果拿個針頭，把針頭拿掉，你在針頭那邊按住，把本來在裡面的活塞拿出來，你按住以後要把它壓進去是很難壓進去的，剛開始也許可以壓一點點，可是後面就很難壓進去了，因為針孔裡活塞裡面的氣體想維持一定體積，你想改變它的體積你要施展很大的力氣，一直改變它體積Boyle他提出了一個很重要的概念：空氣它其實很輕，可是它其實像彈簧一樣，它是一種可以展現她的壓力的，所以他發明了一種把玻璃管彎成J的形狀，然後把另一邊用火把它密合起來，從外面加水銀下來，把它密閉住，就有一些定量的氣體被密閉在這個地方，整根J型管都有刻度，他一開始有做記號，如果他從上面再加一些水銀，這時候我們知道水銀面會上升一點，如果再繼續加，水銀面會再上升，這裡面如果氣體的量很輕，可是你這邊加了十公分的水銀了，另一邊部可能壓進去十公分，這裡面的氣體雖然很輕，可是定量的氣體想維持它的體積，你想要改變它的體積是很不容易的，所以他就會呈現壓力，像水銀一樣，支持很重的水銀，它這種解釋，後來他也在Thomases 實驗的地方打開一個洞，然後他用pump把氣體打進來，然後我們也預期的到，裡面壓力一變大後，水銀柱就可以上升，所以他水銀柱一上升以後就馬上推翻 Linus 的看法，因為 Linus 他是講說這邊有纜繩拉住，且最高可以拉76公分，可是 Boyle 把氣體打進來以後，水銀柱升高81、81、82一直升高，所以Linus 那個理論馬上被推翻掉了；所以我們可以了解到當時科學家在討論空氣的重量還有空氣的壓力還有水銀柱為什麼不會掉下來？這整個過程如果用敘述的方式來教給學生的話，那我們相信學生在那種學習過程當中，你教小學、國中、高中你用不同的方式來教他們當時的科學家實驗過程跟內容，而且你在講述科學史的過程當中，也讓學生也有角色扮演或者是討論的一個機會，或者是你可以問他們說：「如果你是托里切利，你要如何回答Thomases的質疑？」還有你先不要講出Boyle 那個實驗，你要不要推翻 Linus 那個想法，這些都可以讓學生去思考，等他們討論完以後，你在把Boyle 那個實驗介紹一下，大家不要看Boyle 這個實驗，在很多本書上我一直看到這個很簡單的玻璃管實驗是被評列為近代科學實驗，最偉大的科學實驗之一，他用一個很簡單的器材，就可以去呈現他所要假設的是什麼，空氣像彈簧一樣，具有可壓縮性，所以他很清楚的告訴人家他的重量跟壓力區別在哪裡，在這樣的教學當中，我們也可以讓學生去體會一下大氣壓力的存在，像這個實驗是鋁罐，把汽水喝完以後，裡面加一點水，然後把它加熱到

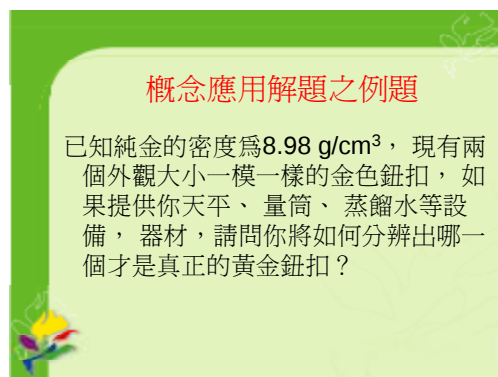
沸騰，然後手帶著手套把熱水倒出來，然後瞬間在沒入冷水當中，因為裡面本來充滿了差不多100多蠻高溫的水蒸氣，突然之間你把它密閉起來成為一個密閉系統，而且稍微冷卻以後，壓力就會降低，那外面就會把這個罐子壓縮下去，你就會看著罐子被crimp 馬上瞬間縮小的聲音，可以聽到大氣壓力把它壓下去的聲音，這是一個大氣壓力的實驗，我想很多老師做過，那這個也是個500c.c的水瓶，裡面丟了一片紙片在燃燒的時候，上面有一個煮熟而且剝了殼的蛋，剛好跟錐型瓶管口差不多一樣大稍微大一點，因為裡面氧氣就越來越少，所以火就熄滅了，溫度就會降低，裡面的壓力就慢慢的降低，我們就可以看到大氣壓力就把這個蛋壓下去，這蛋用手壓是壓不下去的，平常裡面沒有燃燒是不容易壓下去的，當系統內跟系統外壓力一改變的時候，大氣壓力就很容易的壓下去，當蛋跑進去以後，在示範的過程當中，我們可以把這紙片拿出來清乾淨，然後去挑戰學生，我們該怎樣把蛋拿出來，學生可以用不同的方法，包括他可以把蛋放進去然後對瓶口吹氣，吹氣以後不可以放掉，再把蛋倒過來，裡面的壓力一變大，蛋就會跑出來，也可以把這個蛋封在這裡，一邊用酒精燈加熱，裡面壓力一變大，就可以把這個蛋壓出來，所以讓學生去想用各種不同的方法怎樣把蛋拿出來，當學生了解到錐形瓶內跟外的壓力有變化的時候，蛋就會由一方跑向另一方，那他就可以用各種不同的方法，也可以丟碳酸氫鈉跟硝酸反應以後產生氣體，氣體的壓力大也可以把蛋擠出來，所以有很多種不同的方法讓學生去思考，另外這是一個要求，我以前在國中教科學史的時候，因為我發展科學史補充教材除了講述科學史內容之外，也做一個讓學生動手做的實驗，要求每一個學生從家裡帶一個喝過的空氣水瓶、寶特瓶，然後我每一個學生發一個氣球，要求學生塞進去寶特瓶裡面，然後反套在錐形瓶上面，然後我們發現這時候寶特瓶裡面的空氣就被密閉起來了，變成一個密閉系統，那如果你對這瓶口吹氣球，本來我們吹氣球，如果開放系統，氣球很容易吹大，可是因為它是一個密閉系統，你如果想要改變密閉系統裡面氣體的體積，是很困難的事情，所以你看學生吹了脖子都變粗了，氣球還是不大，但是你可以另外拿一個寶特瓶，這裡偷偷用鐵釘插一個洞，你很容易就可以把氣球吹大，然後你就問學生為什麼我很容易就把氣球吹大?而你們卻吹不大，讓學生去想，然後學生在想的當中，他體會到了密閉系統的氣體，你要改變它的體積是很困難，所以當他是真正體會到了，才告訴他要改變密閉系統的氣體是很困難，所以在 open system吹氣球跟 close system 吹氣球，那種差別是非常大的，學生經過這樣一個動手做的過程，他對密閉系統裡面氣體所產生的壓力跟氣體所產生的壓力，會有很深刻的體會；好，接下來我想談的是評量，教學的部份我就談到這裡而已，接下來我們從評量的角度來看，所謂 Authentic Assessment 就是我們老師在命題的時候，何謂純正的評量?選擇題他並不算純正的評量，因為學生在答選擇題的時候，有時候會可能他是猜對的，他根本不懂，又有可能他腦經裡面部分是錯的可是他卻選到正確的答案，有學生本身概念是正確的，可是他選了錯誤的答案，所以我們說選擇題並不是純正的評量，所謂純正的意思是說真正能夠評量出來這個學生他針對你所要考試的內容他了解的程度是多少，選擇題

它不是完全對就是完全錯，並沒有部份對或部分



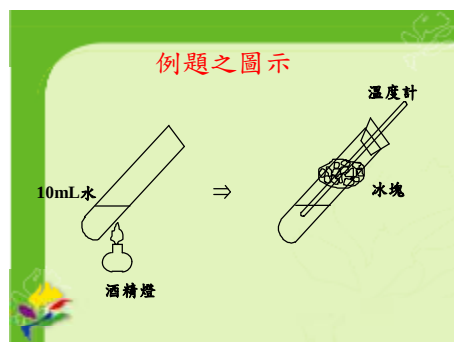
錯，所以它並非一個真正的評量，但是它評分很方便，所以一般的老師很喜歡用它，不過我一直很反對考試的時候只有選擇題，像我碰到大考中心或者是負責命題的單位的老師，我會跟他講說物理化學，自然與生活科技，你不能只考學生選擇題，你一定要讓他有一些推理、問答或者計算、說明的一個題目，不可以只考選擇題，要不然我們學生將來在某些方面的能力一定會不足，不過現在我知道大學指定考試一定有非選擇題，但是基本學歷測驗，好像全部都是選擇題，我不曉得什麼時候可以說服他們改變過來，所以像實驗操作評量，我們真正去觀察學生怎樣去實

驗，我想再坐的各位吃東西一定很喜歡吃到很道地的口味，所以我常常從花蓮回來喜歡開車到美濃去吃很道地的客家菜，或者到高雄、台南吃很道地的但仔麵，都是很道地的口味，昨天看電視知道說，高雄也開了一家潮州的燒冷冰，所以現在不用開車到潮州去吃燒冷冰，高雄就吃的到了，那這種道地的口味你吃起來感覺就不一樣，如果你是學生的話，也希望說所出的題目來評量出自己真正的實力，那另一個Portfolio 學習歷程檔案也是屬於純正的評量或者你晤談學生，觀察學生也是，或者概念圖，當然我們今天不在談這些，今天要談的是概念應用解題，我覺得它是一種純正的評量，像這個考國一、國二的學生，你可以出這樣一個題

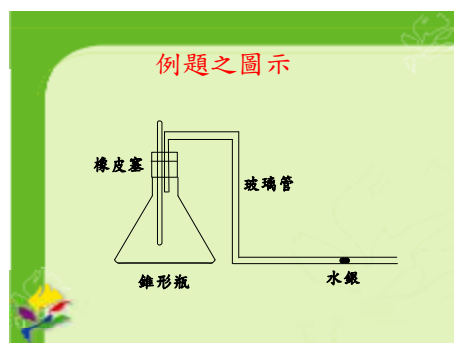


目：「我們已經知道純金的密度為8.98 g/cm³，現有兩個外觀大小一模一樣的金色鈕扣，提供你天平、量筒、蒸餾水等設備，器材，請問你將如何分辨出哪一個

才是真正的黃金鈕扣？」所以這是要讓學生自己去設計實驗步驟，我覺得它就是一種概念應用解題的一個評量方式，還有像這樣一個題目，我們先看這個圖好了，有一隻試管，我把它裝一些水後，下面用酒精燈把它加熱到沸騰，等它沸騰以後，我再用一個橡皮塞插著一隻溫度計把它密閉起來，等它密閉起來塞住以後，我在試管的上方(沒有水的地方)，我用一個塑膠袋裝著冰塊，在上面把它冷敷一下子，冷卻上面的空氣，結果可以發現這個水繼續在沸騰，我想有很多老師做過示範實驗，為什麼水會沸騰，這時候你就可以問學生說：「溫度計上面看起來沒有 100°C 可能 95°C 而已，那為什麼水會在沸騰呢？」，所以這個



題目本身看起來像這樣子：「試管內裝有10 mL的水，加熱至沸騰。移開酒精燈後將瓶口以橡皮塞塞住。試管上方用冰塊冷卻後，發現試管內的水再度沸騰，此時的溫度並未達到 100°C ，水為什麼會沸騰呢？」我這題目考過國中生，也考過高中生，有的學生會回答說：「這個時候的沸騰，是一個假象，因為水很熱，冰塊很冷，冷熱交會，會產生亂流，所以水就會沸騰起來」不過我們知道他當然不是因為這個關係，而是因為這個系統是密閉系統，液體的沸點是跟系統週遭氣體的壓力是相關的，當氣體週遭的壓力越低的時候，液體的沸點就會降低，就好像你在高山上，大氣壓力比較小，所以煮水不用 100°C 就沸騰，一樣的道理，像這種方式，我們讓學生有說明、解釋的機會，接下來這一題，我想我們先看圖形好了，這個圖形，我曾經在Minnesota 念書的時候，也針對我們學校裡面修大一普通化學的



學生做唔談，我做這樣一個東西，拿一個 250C.C. 的錐形瓶，然後這個地方用橡皮塞塞住，裡面有一支溫度計，這裡面玻璃管是開口的，把它彎成這種形狀，在這個地方我把水銀滴進去，再把整支玻璃管密封起來，在這地方做個記號，下面

用一塊木板墊著。好!

概念應用解題之例題

250 mL的錐形瓶以橡皮塞塞住後，內插一支玻璃管，玻璃管彎曲90度後與桌面平行，並以水銀置於管內加註記號。將此設備由26度的房間移往10度的室外，請問水銀將會往左或往右移動或不動？為什麼？

我們來看一下「250mL的錐形瓶以橡皮塞塞住後，內插一支玻璃管，玻璃管彎曲90度後與桌面平行，並以水銀置於管內加註記號。將此設備由26度的房間移往10度的室外，請

問水銀將會往左或往右移動或不動？為什麼？」我拿這個整套的設備在Minnesota 時候是冬天，室內差不多25度左右，室外是零下幾度，我們台灣應該沒有零下，所以我做這個問題的時候，好像晤談高中生，當然外面是比較冷，室內是比較溫暖，不同的溫度，我就問他們說：「你覺得這水銀到最後會在左邊還是在右邊？由26度移往溫度差1~20度的話，水銀會在哪一邊？為什麼？」我們知道這一題水銀柱當然會往左邊，不去考慮玻璃的膨脹係數，因為我只問他說最後你覺得水銀會再刻度的左邊或右邊？為什麼會到左邊來呢？因為把水銀密閉起來，他在這裡面是定量的氣體，我如果拿到戶外去的話，密閉系統裡面的氣體溫度一下子由26度變成零下幾度，密閉系統裡面的氣體，因為壓力下降，壓力是固定的，室內是一大氣壓，室外也是一大氣壓，因為溫度下降，定量氣體它的體積會隨著溫度下降而變小，所以水銀會跑到這邊來，所以像這種考試方式就是要學生去預測跟解釋，我在

Minnesota 那一次總共晤談了12位大一修普通化學的學生，答對的好像只有兩個，十個都答錯了，因為他們都預測說不動，因為他們認為水銀的左邊跟右邊你在室內26度同樣那麼熱，可是到室外零度，因為左邊跟右邊同樣零度，所以水銀應該不會動，所以這就表示說學生他沒有辦法把他學過有關氣體的定義、氣體的性質活用在現場上面或者生活上所碰到的一些問題；接下來這個題目是 PISA 考試的題目：「海嘯是由水底地震引起的快速海浪。它們在深水地帶通常不高於一米，因為海嘯所造成的海浪在海水很深的地方，它的浪高差不多只有1米，可是如果在淺水地帶時才會形成達30米高的巨浪，而且它行進速度非常快，從發生的地點一直傳到海岸，當然也要好幾個小時的時間，不過它行走的速度可以每小時可以好幾千公尺，在1960年代，在南美洲智利海岸外200公里處發生了一次水底地震。在地震發生後15小時，它所產生的海嘯襲擊10,000公里以外的夏威夷海岸，而形成的11公尺的海浪導致61人死亡。當海嘯到達距離智利17,000公里的日本時，造成200人喪生。」所以我們可以看到這個地方是智利外海



問題 2：危險的海浪

國際海嘯警報系統設立於1965年，如果它已在1960年開始運作，試解釋為何對夏威夷和日本的幫助會遠較智利為大？

發生海嘯的時候，海嘯行進的方向到這裡是夏威夷，到這裡是日本，這裡是一萬公里，這裡是一萬七千公里，造成很大的一個損傷，所以它就出現這個問題，這是PISA真正考試的題目，像這種類型它問你說：「哪裡是漁船避免海嘯破壞最安全的地方？」這題是選擇題，答案應該是「駛出深海」，因為深海的海浪最高只有一公尺左右，不會讓你漁船翻覆，你如果在近岸的地方，海浪不得了，國際海嘯系統在1965年就設立了，那一次在夏威夷跟日本的死傷非常慘重，兩三百人，造成財物損失也非常的大，所以在五年以

後海嘯呈報系統已經成立，如果它是在1960年就開始運作，解釋為什麼較夏威夷和日本遠比智利來的大，我想這應該很簡單，因為智利離海嘯太近了，只有兩百公里，可能你要逃都來不及，但是到夏威夷，海嘯也要航行好幾小時，那麼長的時間內，我們去做人員撤退都來得及，所以我們讓學生去解釋這些，透過海嘯考試讓學生對海嘯有更進一步的了解，另一個題目是海水的深度，那邊是海嘯行進的速度，所以我們可以看到在深海的地方，海嘯行進的速度是非常快的，越深的地方速度越快，越淺的地方速度越慢，所以它這個考試不是只有敘述而已，它要求學生也要看的懂圖還有表能夠去interpret 做那個data，去解釋一下那圖跟表的意義，根據這圖表的資料，以下哪個是正確的：「A 海嘯近岸時的速度減慢了。B 海嘯的高度和速度同時增加。」所以應該是A對不對。另外一個問題科學家能夠在地震發生後數分鐘內量出發生地，這些資料有哪兩項可以拿來預測海嘯，因為海嘯方向可以做出來，位置跟它的強度，還有行進方向，經過幾小時候可能會影響到那些地區，像這樣就是一個問答題的方式，讓學生去做說明；因為現在網路已經非常普遍，在網路上搜尋資料也很方便，所以像這樣一個主題，它也可以考學生怎樣在網路上搜尋資料，如果說我想要更進一步了解

1988年在巴布亞新畿內亞北部海岸發生的海嘯，我想進一步了解海嘯發生地點，行進有多快，造成什麼樣的結果，做了哪些應變…等等，那我去搜尋要用什麼樣的字，我們來看下列哪一項比較好，答案應該第幾比較好？「海嘯，1988年。」是不是A比較好？所以像這樣一種命題方式我們可以發現它的題幹的說明，還有整個讓學生的在生活上的應用，是非常貼切的，學生如果做過這樣的考試的時候，他會覺得他學過的科學好像是蠻實用的，而不再是只是用來應付考試，或者是用來評量我可以進到哪一所學校裡面去的一個依據，我想我今天很簡單的提出

來，從教學的觀點，怎麼樣的讓他更生活化一點，包括探究式的實驗還有科學史的補充教材以及從評量的觀點，我們怎麼樣的去創造一些題目，讓學生感覺到說他學習科學是有用的，所以透過這種教學學習還有評量的方式，跟各位來賓分享一下我們怎麼樣子能夠讓我們的後代，我們的學生感覺到其實學習科學是蠻實用的，而且是蠻生活化的；我今天先簡單的報告到這裡，謝謝大家！

主持人：

「OK！我從讀書的時候，就非常欽佩讀化學系的，我是讀物理的，物理、數學是懶人在唸的東西，我對讀化學系的特別的欽佩，尤其看到有機化學，那本書比我體重還重，所以就很害怕也很欽佩他們，今天聽到林校長的演講，果然是不同凡響，讓我非常感動，因為事實上我非常想上廁所，不過太精采了，不得不把它聽完；現在就是說，林校長之前跟我惡補了一下，形式是這樣子的，現在是讓各位提問的時候，然後我想最好的學習方式是跟林校長直接寫個 e-mail 問相關的問題，不過有什麼讓大家可以分享的問題，我想我們用很快的時間，簡單的能夠找到一個讓他能回答的問題，歡迎任何人來提一個問題。」

Q&A

Q1:我想請問林校長:「科學史的閱讀有沒有推薦哪一本書，可以來作為準備。謝謝！」

A1:我自己編這些科學史的教材的時候，參考哈佛大學校長 conant 他所寫的兩本有關科學史的個案，我忘了他寫了幾個個案 case study 他物理、生物、化學方面的科學史都寫，而且他把科學家來往的信件，還有所做的實驗、圖形已經都呈現出來，我介紹那兩本科學史的書，不過那是原文的，寫的非常好，那我看到哪兩本書之後，當然在參考其他最近入續有很多科學史的書出現，妳如果進入 Amazon 網路書店 你輸入 decile science 或者物理，那 Amazon 網路書店有一個好處，他會告訴妳說他現在有哪些舊書，書價是比較便宜的，所以你想要去知道以前科學家實驗的 data 跟它的裝備的話，可能要看這些比較原本的科學史的書，國內好像有一位台大劉廣定教授，他要寫一些有關於我國科學史的書，他有送給我一本，不過我感覺到他所呈現的內容好像沒有辦法像哈佛大學校長寫的那本去教通識課程的那麼完整，那本科學史的書，是我看過最好的兩本科學史的書，我想有關於中文的部份，國內應該都會有人來寫，不過我建議妳最好看 conant 那兩本書，謝謝！

Q2:在場的各位先生、女士給自己跟校長鼓個掌好不好?謝謝各位。我想以以下的思維向各位請教，不管是主持人、主講人也好，今天的題目是生活化的科學教育，如果究科學教育我同意，今天演講者的內容是不是生活化，我就不見得完全可以接受，校長提到主持人邀請你講這個主題，講

解的內容都偏重在物理、醫學、機械、化學，就像我們今天的主持人是物理的很崇拜化學的，演講的內容提到說：「我帶著家人，在文化科學光廊喝個咖啡，感覺到很幸福，換句話說我們在座的思考一下，尤其今天的主講者，大學的校長，我們在人文的生活的科學化教育有沒有？不是光停留在機械、物理、光學方面，換句話說，我建議如果有機會的話，校長也擔任另類型的主持人或招集人，面對我們人每天所要面對的食、衣、住、行、育、樂，交朋友、為人夫、為人妻、為人父母的角色，怎麼樣的生活化的科學教育？在人文領域開闊跟我們的確確生活息息相關的，不像某個大學有博士生自殺的行為，這一點，我們花蓮教育大學校長有逐這方面的生活化科學教育，謝謝！

主持人：

「謝謝你哦，當然人文科學教育也是很重要，我想我們台灣政府也做了很多這方面的活動，不過我們今天的活動是偏重科學教育，所以我想這個問題應該請發問者寫個 e-mail 給林校長，林校長在為你做個答覆。其他人還有什麼問題？我想人文科學教育還是有人可以教的；如果沒有什麼其他問題的話，我們就謝謝林校長今天來跟我們做這麼好的演講，那我也非常感謝政府支持這樣的活動，也很感謝各位來參加這個活動，謝謝。」