

科學的謬用，非教育之錯

鍾乙豪

國立屏東大學教育行政研究所博士候選人

一、前言

教育為百年大計，然而，如引用謬誤，科學恐落不明究理之冤。本文旨就四類常見科普（popular science）詞彙之謬用，提出科學意涵評析與建議，透過認知謬誤所在，以正教育研究者撥亂反正之道德勇氣。

二、評析

近年來，新聞事件對於農曆與節氣、化學零檢出、兆赫與三原色等，常會出現科學之謬用。然而，所謂何來？難道教育現場錯了嗎？探究根源，對比新課綱，本文發現，科學的謬用，非教育之錯，實為謬用習慣與配課時數不足所致，建議新課綱應予強化，評析如下：

（一）農曆與節氣

農曆本陰陽合曆，以月相朔望週期記月，以天干地支年月日時得曉八字、以 24 節氣置閏，以節氣定年與節，置閏調節可得近似回歸年曆法。然而，朝代更迭，曆法變換頻仍，皇帝登基奉正朔、避諱嬴政改歲首為端、漢劉歆將雨水驚蟄對調而清明穀雨互換、夏曆、商曆、秦顛頊曆、漢太初曆、隋唐大衍曆、元授時曆、明大統曆、清時憲曆等以農曆為本之曆法達 102 部（維基百科，2013），其共同特徵為定節氣以獲天時，因天時影響人之生理、漁獲農收乃至朝代更迭。24 節氣學用合一之例不勝枚舉，如《詩經》「蒹葭蒼蒼，白露為霜」、韋應物《觀田家》「一雷驚蟄始，耕種從此起」、杜牧《清明》「清明時節雨紛紛，路上行人欲斷魂」、王擘《木蘭花慢》「正穀雨，牡丹期」、陸游《時雨》「時雨及芒種，四野皆插秧」與余光中《布谷》「苦苦呼來了清明、蛙鼓還沒有動靜」等，可知無論文學、生活或氣象科學，節氣影響甚鉅。以屈原投汨羅江為例，僅能推得約為西元前 278 年端午前後，遑論未採用 19 年 7 閏之秦前 2 千年歷史準確性。日本廢農曆就西曆 5 月 5 日為端午、紫金山天文台改冬至為節氣之首（而非立春）即子月，為農曆訂出國際標準、南半球僑界因地制宜乃將節氣錯開達半年之久，我夏至而彼冬至等，皆為與時俱進作法。

對比新課綱，農曆與節氣之論述，僅存於自然科學領域第五學習階段配置 1 節課之必修（EId-Vc-1）與配置 2 節課之選修（EId-Va-2）課程（教育部，2019），顯得比重略低。對於諸如辛亥革命（歷 Ia-V-3）、甲午戰爭（歷 Ib-IV-2、歷 Ib-IV-2）等以天干地支為名之事件或以節氣或農忙為題之第三學習階段古典詩文

(Ad-III-4)、第四學習階段韻文(Ad-IV-3)等學習目標素養之養成，顯有不足。曆法與節氣除具有文學與歷史價值，更是數學發展與農業科技的重要精神指標，適足滿足以 12 年國教跨領域與跨齡自動好(自發、互動與共好)之教育理念。

(二) 零檢出

化學劑量本無零檢出，主因機器之敏感度與數字之無窮而取之概數而已，然而，趨近於零並非為零。近年來，食安議題屢上新聞版面，立法人員或承辦人員，悉數盡用「零檢出」或「不得檢出」為題，甚至據以裁罰(謝德瑾，2020 年 12 月 31 日)，實為謬誤。因為零檢出或不得檢出意思即「含量為零」，而食品檢驗儀器檢測感度，對於含有極微量有害物質，有檢出之極限，即使是一個非常靠近零的值或機器判讀為零(趨近於零)，也不會是零，因此，化學檢驗標準以「未檢出」表述較為適合(食品藥物管理署，2013)。農委會推行農藥殘留檢驗或民間檢驗單位，亦陸續採用未檢出取代零檢出或不得檢出(農委會，2017)。

對比新課綱，數學領域第四、五學習階段將「計算機教學」(calculator 或 computer)納入課程，使學生善於運用現代化計算工具(n-IV-9、n-V-2)，認識操作方法、極限與誤差容忍度，使學生對使用時機及其侷限有所判斷(教育部，2019)。工程型計算機之精準度為 8 至 12 位數，即千億或千億分之一，運算所得之科學計數實為概數，其極小值不會是零或沒有，而是趨近於零即未能檢出。因此，對於科學儀器檢驗結果之解讀，宜採用未檢出，而非零檢出或不得檢出，宜在機器敏感度可及之範圍，訂定可接受之區間決斷值。12 年國教課綱雖未明確提及零檢出與未檢出之差異，卻已將機器誤差與局限之認知視為基本素養。

(三) 兆赫

數學 10 進位冪運算，萬萬為億(10^8)、萬億為兆(10^{12})，然而，廣播或通訊器材為何將百萬赫(10^6 MHz)稱為兆赫(Tera Hz)呢？原來，是慣用錯誤(經濟部標準檢驗局，2021)。以廣播電台 98.3 MHz 云 98.3 兆赫為例，實則為以 98.3 百萬赫(9.83×10^7 Hz)，而非以 98.3 兆赫(9.83×10^{13} Hz)之頻率進行傳播。現行作為無線定位與衛星航空行動業務之 3 千 MHz 至 3 萬 MHz 頻寬，採用 3 GHz 與 30 GHz 為單位，以避免兆赫使用上之誤解，在中國，則以吉赫(Giga Hz)稱之(百度百科，2021)；國際救災、救難緊急頻道 145.000 與 431.000 以小數點後 3 位數表示，而單位亦為 MHz(交通部郵電司，2017)。南宋數學家秦九韶(1208 年—1261 年)所著《數學九章》卷一上，明白將節氣運算達「總八十一兆二千九百八十九億七千五百八十二萬六千六百四十次」之精準度；北周曆算家甄鸞(535 年—566 年)所著《五經算術》第 10 節提及「億萬曰兆。天子曰兆民，諸侯曰萬民。」，亦即一億萬為兆。換句話說，兆之用途和定義是明確的，兆就是

兆、百萬就是百萬。因此，MHz 應做百萬赫茲，而不宜再使用兆赫（國家教育研究院，2000；經濟部標準檢驗局，2021）。

對比新課綱自然科學領域，頻率課程被安排在第四學習階段（Ka-IV-1）與第五學習階段必修或加深加廣課程（PKc-Vc-6、PKa-Va-7），且皆以 Hz 與 MHz 稱之（教育部，2019），已完全刪除以兆赫稱 MHz 之謬用。然而，少數媒體（蘋果新聞，2017 年 12 月 19 日；日本經濟新聞中文版，2021 年 1 月 27 日），則仍採用兆赫稱 MHz，實為科學運用之謬誤。部分學位論文，如鄭翔任（2019）、蕭煒翰（2018）等將 MHz 誤植為兆赫，所幸尚能以括弧備註。

（四）三原色

三原色定義，本身隱藏著美術與光學之衝突，美術原料定義紅藍黃為三原色，萬物色彩盡出其中；光學自牛頓（1643 年—1727 年）以降，菱鏡分紅藍綠（Red-Green-Blue, RGB）而成自然光譜三原色（中村修二，2015）。那麼究竟是非為何？細觀之，美術調和三原色，成就深灰色，而光學調和三原色造就純白，係因光源屬性所致。野村重存（2014）認為，自發光源可透過電腦或 RGB-LED 等光源模擬成色，而反射光源之於 RGB 則形成兩兩混色之補色，如黃由紅綠合成，完全不含藍，故黃稱為藍之補色。因此，美術三原色，實應為青色（Cyan）、洋紅（Magenta）與黃色（Yellow）即 CMY。

對比新課綱，將 RGB 置於第五學習階段之科技領域（生 N-V-2）與自然領域（PKa-Va-11），結合彩虹與散射之原理，進行 STEM（科學、技術、工程與數學）運算思維之統整與應用；藝術領域的第三學習階段（視 E-III-1）、第四學習階段（視 E-IV-1）與第五學習階段（美 E-V-1）則為視覺與美學視角之 CMY 色彩構成要素理論與應用（教育部，2019）。由於缺乏跨領域的整合比較，使得科學與美學之三原色的應用面持續存在衝突。

三、結語與建議

據上所述可知，科學的謬用，非教育之錯，實因科普定義不明確與長年使用習慣延續所致。12 年國教強調自發、互動與共好，對於科學與生活的探索實事求是，雖然本文提及之謬用多數屬於第四、第五學習階段或需透過長時間知識積累之學習範疇，然而，12 年國教皆有明確學習目標可遵循，以培養國民之科學素養。因此，本文提出以下建議：

1. 我國以農立國，然而，新課綱教材對農曆介紹卻乏善可陳，建議教科書中提及古年份或與節氣有關之現象，宜標註農曆或對應節氣，除有助於歷史真相

呈現外，亦有利於推展學校特色、運算思維與食農教育。

2. 化學為科學，但不是偽科學。零檢出之謬誤入法，將成為正式法律用語，亦即否定了教育價值，因為化學檢驗在學理上為零，是無法被精準證實的。因此，有必要透過教科書強化學習內容，除教導求得精準數據外，也能導入誤差容許量或決斷值之批判性思考，融合科學、科技、工程、藝術與數學（STEAM）教育，對自然現象之描述數據化（information）而非數字化（data）。
3. 科學技術準確性和國際化要求日益提高，早年誤植 MHz 為兆赫，現已逐漸被正確用法 MHz 與百萬赫取代，因此，新聞、通訊、廣播業者或研究人員，應停止使用兆赫為 MHz，否則比百萬赫大百萬倍的兆赫，就被耽誤了。
4. 新課綱講求知識融會貫通，然而，對於 RGB 與 CMY 三原色論述與應用仍因領域不同而各自為政，對於跨領域知識融合，顯有不足。我國為科技強國，可將光電 RGB 原理應用與美術 CMY 之三原色進行調和與互補，我國教育將更豐富而多姿多采。

參考文獻

- 中村修二（2015）。我的思考，我的光：諾貝爾獎得主中村修二創新突破的7個思考原點。時報出版。
- 日本經濟新聞中文版（2021年1月27日）。日本家用Wi-Fi通信距離將達1公里。日本經濟新聞社。取自<https://reurl.cc/WE1oee>
- 交通部郵電司（2017）。中華民國無線電頻率分配表。中華民國交通部。取自<https://reurl.cc/a59jAG>
- 百度百科（2021）。兆赫。Baidu。取自<https://reurl.cc/V3EV7n>
- 食品藥物管理署（2013）。食品藥物管理署說明「未檢出」與「零檢出」之迷思。衛生福利部。取自<https://www.mohw.gov.tw/cp-3218-22748-1.html>
- 國家教育研究院（2000）。赫Hertz, Hz。教育大辭書。取自<https://terms.naer.edu.tw/detail/1313498/>
- 教育部（2019）。十二年國教課程綱要。教育部國民中小學課程與教學資源整合平臺。取自<https://reurl.cc/Kxb8dR>

- 野村重存（2014）。野村重存的三原色水彩課。人民郵電出版社。
- 經濟部標準檢驗局（2021）。認識度量衡度量衡3兄弟。經濟部標準檢驗局。取自<https://reurl.cc/ynEVL2>
- 農委會（2017）。雞蛋驗出芬普尼事件。行政院農業委員會全球資訊網。取自<https://reurl.cc/OX0Wry>
- 維基百科（2013）。農曆。維基百科，自由的百科全書。取自<https://reurl.cc/a59yRQ>
- 鄭翔任（2019）。使用複合頻率分析之印刷電路板佈局寄生參數驗證稱（未出版之碩士論文）。國立臺灣大學，臺北市。
- 蕭煒翰（2018）。基於徑分多工第五代行動通訊系統之研究（未出版之碩士論文）。國立交通大學，新竹市。
- 謝德瑾（2020年12月31日）。萊劑零檢出被駁，中市衛生局：將依食安法把關最高2億。新頭殼newtalk。取自<https://newtalk.tw/news/view/2020-12-31/516929>
- 蘋果新聞（2017年12月19日）。手機網絡再洗牌？900/180兆赫頻譜六成將公開拍賣。蘋果日報。取自<https://reurl.cc/ZQbooA>

