

# 說科學精神

• 劉源俊

五四運動迄今已有九十年。當年所標榜的「賽先生」(如今大家口中的「科學」)到底在中國發展得如何？就科學知識與技術發展而言，海峽兩岸無疑都在追趕西方。然而，就「科學精神」而言，則大部分中國人仍然茫然無知。

科學須從三個層面來談——科學知識、科學方法與科學精神。

科學知識特指十六世紀以降，用新的方法(後稱為「科學方法」)探討世界所得的各種學問，英文與法文都名為sciences，德文名為Wissenschaften(即knowledges)，俄文名為Hayka(即knowledge)，中文現沿用日譯為「科學」(寓意「分科之學」)<sup>①</sup>。

科學方法主要有四個方面：一、釐清現象(characterization)——觀察、實驗；二、從現象形成律則(formulation)——理想化(idealization)、歸納、擇適(abduction，指尋找最佳解釋)；三、建構理論(theorization)——假設、演繹、想像實驗(thought experiment)；四、檢驗理論(testing)——解釋(explanation)、預測(prediction)。新的現象與舊理論的關係可能是贊成(corroboration<sup>②</sup>)，可能是修改(modification)，也有可能是否決或證偽(falsification<sup>③</sup>)。於是週而復始：新現象→新理論→新現象→新理論→……。這一層面不是本文要旨，在此不多說。

科學方法基於「科學精神」(scientific spirit)，那是一種價值觀——為學、做事的基本精神。本文要說明的就是科學的這一層面。在中國科學教育界，關於「科學態度」(scientific attitudes)的探討俯拾皆是，而對「科學精神」則幾乎避而不談；可能是因為西方比較少提到scientific spirit一詞之故。但筆者以為，態度的根基在於價值觀，其精神必須首先釐清<sup>④</sup>。在此特別藉「五四」九十周年的時機，一說科學精神。

\* 本文曾以「『五四』九十周年說科學精神」為題，發表於「張昭鼎紀念研討會——科學與文化」(台北，2009年5月30日)，經筆者修訂。

## 一 科學精神眾說

首先要檢討民國初年提倡「賽先生」諸位重要人士關於科學精神的說法。「科學精神」一詞是科學社首任社長任鴻雋創用的，他在該社機關刊物《科學》第一期開篇中說：「科學精神者何？求真理已。」<sup>⑤</sup>關於科學精神，陳獨秀早年在《新青年》中說到「以科學說明真理，事事求諸證實」、「別是非」、「明真偽」這些觀念<sup>⑥</sup>。梁啟超應邀在南通科學社講〈科學精神與東西文化〉，說：「科學精神是甚麼？我姑從最廣義解釋：有系統之真知識，叫做科學，可以教人求得有系統之真知識的方法，叫做科學精神。」<sup>⑦</sup>胡適講「科學的方法」，提到「懷疑」、「實事求是」、「拿憑據來」、「求真理」這些<sup>⑧</sup>；又講：「科學的方法，說來其實很簡單，只不過『尊重事實，尊重證據。』在應用上，科學的方法只不過『大膽的假設，小心的求證。』」<sup>⑨</sup>竺可楨將「科學精神」歸納為「求是」兩字，又進一步解釋說：「就是實事求是，就是探求真理。」<sup>⑩</sup>

這裏有幾個重要的問題。其一，許多人並不能分辨「科學方法」與「科學精神」。其二，他們都提到「真」，以為世界上有「真理」<sup>⑪</sup>、「真知識」，所以要「求真」<sup>⑫</sup>。其三，胡適說要「大膽的假設」，又說「求真理」；試問，既然是從「假設」出發，如何能得「真理」？真與假在他們的理解裏，難道不是相對的？他們如何自圓其說？說穿了，他們對科學精神的認識是膚淺的，甚至是錯誤的。

我們來看看現代西方人又是怎麼說的。1974年新版《大英百科全書》(*The New Encyclopaedia Britannica*)及《西方世界鉅著》(*Great Books of the Western World*)的總編輯艾德勒(Mortimer J. Adler)在解釋「科學精神」時，說是「實驗探究與實驗知識的整理」<sup>⑬</sup>，壓根兒沒有提「求真」之說。潘卡瑞(Henri Poincaré，中國大陸通譯為「彭加勒」)在《科學與假設》(*Science et l'hypothèse*)中說得很清楚：



中國科學社(1915年)創社成員，後排中間為任鴻雋。

科學理論都是從假設 (hypotheses) 開始建構的，有些假設可經由實驗證實，有些是用來界定思考，有些則本質上不過是「約定」(conventions)——約定乃屬心的自主活動，惟受實驗的約束<sup>⑭</sup>。換言之，理論並無「真或假之分」，只有「適用程度大或小的差異」<sup>⑮</sup>。

所以，當胡福明說「實踐是檢驗真理的唯一標準」時<sup>⑯</sup>，他的用意或是對的，但用語不對。中國大陸有些傾向科學主義的人，看法更是有偏差，例如何祚庥曾寫道：「至於科學所追求的是客觀真理，而客觀真理只有一個。在追求真理的過程中，雖然也會有不同的歧見，……〔極端一點的說〕『道德準則是評價科學真理的最高標準。』……但是，就科學工作者的絕大多數人來說，是排斥這種『多元主義』的真理觀的。」<sup>⑰</sup>2001年，中國大陸出版了一本《論科學精神》，其中有好些「胡說」，例如扯到馬克思或引用一些政治人物的說法，或又奢談「求真」之類；也有些講得頗可取，例如說到「公正、客觀、實事求是」，又提出「六條」：「客觀的依據，理性的懷疑，多元的思考，平權的爭論，實踐的檢驗，寬容的激勵。」<sup>⑱</sup>（缺陷是竟然漏了「假設」的角色。）他們同樣犯了過份強調「客觀」的通病。

近代科學不偏理論，也不偏實驗，講求實驗與理論相輔相成。中國老祖宗有許多話倒是可用的。例如《禮記·大學》的「致知在格物」<sup>⑲</sup>、《漢書·河間獻王傳》的「實其事而求其是。」——後一句話的「是」指「一套說得通、可信驗的道理」<sup>⑳</sup>，並不是「真」；「即物而窮其理」<sup>㉑</sup>。換言之，必須接近事與物；而「知」是「致」得的，「是」是「求」得的，「理」<sup>㉒</sup>是要「窮」的。

## 二 務實、明理、利用

要明白科學精神，須先弄清楚科學家的作為。每位科學家的工作對象與性質都不同。自然科學家的工作有六類：一、實驗家的工作是廣徵立據，他們發現現象；二、形象家 (phenomenologist) 的工作是即事求理，他們發明規律 (induction and formulation)；三、理論家的工作是推理窮原，他們演繹並建構理論；四、說明家的工作是依理解事，即解釋現象；五、應用家的工作是據理致用，他們應用規律或理論；六、哲思者 (philosopher-scientist) 的工作是索隱探賾，他們致力於現象與理論本質的詮釋 (interpretation)，探討研究方法。

有些科學家只從事前述的其中一項工作，例如吳健雄、丁肇中是實驗家，狄拉克 (Paul A. M. Dirac) 是理論家<sup>㉓</sup>。有些科學家從事前述的好幾項工作，例如牛頓 (Isaac Newton) 既是實驗家，又是形象家、理論家、說明家與哲思者；法拉第 (Michael Faraday) 是實驗家兼形象家；愛因斯坦 (Albert Einstein) 是形象家、理論家、說明家兼哲思者；波爾 (Niels H. D. Bohr) 是理論家與哲思者<sup>㉔</sup>；費米 (Enrico Fermi) 是實驗家、形象家、理論家兼應用家<sup>㉕</sup>；費曼 (Richard P. Feynman) <sup>㉖</sup>是形象家、理論家兼說明家。

將物理世界大分為現象界、理論界與應用界三界，其個別需要的精神大約如下述：

現象界的工作需「務實」：這裏面包含了「探索」、「實驗」、「重複」、「精益求精」(elaboration and refinement)、「誠真不欺」、「擷要捨末」(grasp and essence)、「漸近」(approximation) 種種精神。

理論界的工作需「明理」，這裏面包含了「概念化」(conceptualization)、「正名」(definition)、「統貫」(consistency)、「旁通」(compatibility)、「信驗符實」(correspondence to the facts<sup>⑦</sup>)、「心同此理」(intersubjective verification)、「簡約」(simplicity, economy of thought)、「廣達」(generality)、「循序漸進」(approximation by orders)、「日新又新」(evolution)<sup>⑧</sup>、「擇優去劣」(survival of the fittest<sup>⑨</sup>)、「並行相競」(competition)、「知有所止」(limitedness) 種種精神<sup>⑩</sup>。

應用界的工作需「利用」，這裏面包含了「解決問題」(usefulness)、「據理行事」(rationality)、「知所先後」(order)、「因時因地制宜」(adaptation)、「止於至善」(optimization) 種種精神。

### 三 實事求是、誠真求美、發明求善

以上所述或過於龐雜。我們可否簡而言之？

關於科學精神，一般不假思索的說法是「求真」。但「真」這個字出於道家經典，在儒家經典裏是沒有的，其原意指「天真無邪」、「天然」、「非人為」或「本原」；它被用來翻譯英文truth一詞是近代的事<sup>⑪</sup>，乃是一訛譯。而在科學裏，若說有truth，也是一誤會<sup>⑫</sup>——試問在現象界裏「務實」，只能做到擷要捨末，精益求精，如何得其「真」、如其「實」？在理論界裏「明理」，也只能做到「即事求理」、「信驗符實」、「簡約施博」、「日新又新」，「真」又從何而來？所以說，「求真」既是訛譯，也是誤會，不可取。那麼，如何說才好呢？中文裏本有「求是」的說法<sup>⑬</sup>，將truth譯為「是」（「是非」的「是」）就好得多了<sup>⑭</sup>。

求是之前先要實其事。拉瓦錫 (Antoine L. Lavoisier) 寫道：「每一門物質科學須包括三樣東西：作為科學對象的一系列實事<sup>⑮</sup> (facts)，代表這些實事的意念 (ideas)，以及表示這些意念的文辭 (words)。……文辭須表達意念，意念須是實事的圖像。既然意念要經文辭保存且傳播，顯然，任何科學語言的改良必伴隨科學本身的改良；另一方面，不改良其語言或命名，也必不能改良科學。」<sup>⑯</sup>

在求是之外，還有求美、求善的面向。先說「求美」。科學家說的「美」究竟是甚麼意思呢？不外乎「雅」(elegance)，或俗語「漂亮」、「精彩」或「乾淨」。這裏面包含了一些觀念：一 (unity)、貫 (system)、簡 (simplicity)、精 (economy)、宏 (generality)、和 (harmony)、明 (clarity)、整 (orderliness) 等。理論講究漂亮，實驗也要講究漂亮的。我們可以看到許多大算學家與理論物理學家都強調「美感」在他們工作裏的重要性：

潘卡瑞說：「科學家研究天地不是為着用，是因為他喜歡；他喜歡是因為它美。如果天地不美，就不值得知；若天地不值得知，人生就不值得活。當然，我在此講的不是激發感官的美，那是形與質的美；我不會貶抑這種美，絕不

會，但這種美與科學無關；我指的是那種深邃的，來自使部分調和成秩序的美，這只有純淨的心靈能捕捉。」<sup>③⑦</sup>

狄拉克說：「……我想這一故事有其寓意，即求方程式的美，要比求它們符合實驗還要緊。……似乎若人着眼於在方程式中得着美，而他又確有扎實的洞見，他肯定走上了成功之路。……」<sup>③⑧</sup>

海森堡 (Werner Heisenberg) 說：「如果天地引領我們得到大簡大美的算學形式——指的是假設、公設等構成的統貫體系——……我們不禁會認為它們是『真』，它們顯露了天地的本性。……」<sup>③⑨</sup>

楊振寧說：「它們〔物理方程〕的極度濃縮性和它們的包羅萬象的特點也許可以用 W. Blake 的不朽名句來描述：『一沙世一界，一花天一重；一掌握無盡，一時持永恆。』」<sup>④⑩</sup>

再說「求善」。何謂「善」？有用、有益就是「善」。首先，科學理論執簡馭繁，科學有「求善」的本質。牛頓發明運動三律與萬有重力律，因而天上與地面各種能預測未知；其次，科學的發展日新又新；其三，科學技術能利用厚生。所以說，運動得以解釋，力學得以發達；拉瓦錫發明化學命名法，於是現代化學得以奠基。愛因斯坦說得很清楚：「物理是在締造一合乎理則的思惟體系，它是演進的，它的基礎不能用任何歸納法自生活經驗蒸餾得到，只能經由發明獲取。這一體系的正當性來自，基於感官的經驗證明其推論為有用。……」<sup>④⑪</sup>

科學當亦能為害，但這非科學本身之過，而是利用科學之人的問題。

前面說過，我們不該說「求真」，但如果一定要用「真」字，倒無妨說「真求」——認真地求，誠真地求；求甚麼？求美，求善。所以十年前，筆者有「真求美善，易簡又新」的說法<sup>④⑫</sup>。

綜而言之，科學有三追求：一、實事求是——求言之成理，微而有信；二、誠真求美——求論簡意賅，文雅形美；三、發明求善——求取精用宏，日新又新。這裏說「三追求」，還有一涵義，就是有「求是」、「求美」與「求善」三個面向，而不是一個面向；三個面向彼此之間有相關的部分，也有不相關的部分。研究的領域不同，着重就不一樣。有些人或強調「美即是」，如前面提到的狄拉克；或以為「善即是」，只能視為各自的信念。

#### 四 一般對科學精神的誤解

以下要破除一般對科學精神的誤解：

一、許多人以為「科學家比較科學」、「現代人比古代人科學」，或「西方人比中國人科學」；這些當然都是誤會。其實，依前述，懂得「務實、明理、利用」的人就具有科學精神。在農田或工廠裏、古代、中國都有許多「務實、明理、利用」之人；反之，在科學界、現代與西方都有許多「不務實」、「不明理」或「不利用」之人。

二、許多人以為「科學萬能」。其實「知有所止」、「毋必」是重要的科學精神——任何科學理論都有其適用範圍，不能期望「放諸四海而皆準」。科學方

法，不論是歸納法或演繹法，都是有缺陷的<sup>④</sup>。科學並非萬能，但很有用！科學方法是很厲害，但不能解決所有問題。

三、一般以為「科學講求客觀」。其實科學是人心的產物——科學家的研究對象既是科學家界定的，實驗也一定有出入，現象的觀察當不可能真確；科學理論也都是人心創造的 (free creations of the human mind<sup>⑤</sup>)，科學裏的「律」是人立的<sup>⑥</sup>。所以，科學家講究的是誠實，是嚴謹，是冷靜，是開明，是謙虛，是不固執成見，是與人溝通，但並不是「客觀」<sup>⑦</sup>。現代物理學大師波爾對主體與客體的關係想得最透徹，他深知在小世界裏，知即測 (to know is to measure)、測即擾 (to measure is to disturb) 的本質，因而有「在人生的大戲裏，我們自己總既是觀者，又是演員」的說法<sup>⑧</sup>；換言之，主體與客體是相攝的。惠勒 (John A. Wheeler) 更新造「觀參者」 (observer-participant) 一詞來形容現代物理學家的角色<sup>⑨</sup>。

四、許多人又以為「科學理論是發現」，例如說「牛頓發現萬有引力」，這又是誤解。科學是人的發明 (invention)，而非發現 (discovery)。正確的說法是：牛頓發明了萬有引力理論，並成功地用來解釋天體與地上物體的運動；否則，如果萬有引力律是被發現的「真理」，怎麼能容許後來愛因斯坦提出廣義相對論來「革它的命」？

五、一般人常說甚麼「科學求真，宗教求善，藝術求美」，用真善美三面向把三者區分。其實，前面分析過，任何科學理論都是從「假設」出發，當然不可能求得「真理」。科學態度是「認真」，是「真求」，是「實事求是」，而非「求真」。科學重視誠真，據以求是、求美、求善；藝術的感情更真，追求致宜、致美、致善；宗教勸善，但也說「真理」——說是「悟」得的。

六、有人又以為「科學應是價值中立的」，甚至還以此標榜科學，當成它的優點。但前面說得很清楚，求是、求美、求善就是科學的價值取向，怎會是中立的呢？

七、有些人以為科學是要破除迷信的，所以「科學家不談信仰」。科學家當然是有信仰 (beliefs) 的，他們信仰的是科學精神。他們信既成理論，使用它，但同時抱着懷疑的態度，絕不「迷信」它；所採取的是「理信」<sup>⑩</sup> (belief based on reason) 的態度，與宗教的「執信」 (belief based on faith) <sup>⑪</sup> 不同。

八、還有人以為「成一家之言就是科學」。有人寫了好多書講「上帝是外星人」、「金字塔的秘密」之類，都引經據典，論述地球文明來自外星，暢銷於世，一家之言已成。然而，這樣的學說不能跟其他物理、化學律相通——例如不能解釋「外星人的飛碟」在數十年的飛行中如何維持大而自持的生態系統。這樣的作為當然不符合科學精神，如前所述，科學是要注重「旁通的」 (compatible)。

九、許多人還把「科學精神」與「人文精神」相對立，這是全然的誤解！常聽人說到「兩種文化的鴻溝」<sup>⑫</sup>——科學家缺乏人文素養，而人文學者缺乏科學素養；若是只從科學知識方面立論，當然說得通。但這並不重要，每個人的知識領域都是有限的；一般物理學者缺乏生物學素養，生物學家缺乏物理學素養，不是嗎？重要的是要問：人文學者與科學家在科學精神方面是否相通？那首先就要問：何謂「人文精神」？《韋氏字典》 (Webster Dictionary) 解釋人文主義

(humanism)時，特別強調「理性的自我實現」<sup>②</sup>。換言之，人文學者與科學家有着相通的人文精神。

十、最後要提到，民國以來的科學提倡者常認為「儒家妨礙了中國科學的進步」。若是因為儒家不講「真」，就「不科學」，那真是很冤枉！從以上分析可清楚看出：科學精神與中國原始儒家的精神是相通的。儒家最為世人稱道的就是「人文主義」，如《中庸》所云：「道不遠人；人之為道而遠人，不可以為道。」《論語·衛靈公》中孔子所說的「人能弘道，非道弘人」這句話，原本不易理解，但若認識到科學理論都是人心的發明時，就豁然開朗了。現代物理學家兼哲學家魏茨澤克(Carl F. von Weizsäcker)說：「天在人之前，人在理之先。」<sup>③</sup>，與孔子的這句話實相互輝映。《中庸》說人「與天地參」<sup>④</sup>，與惠勒所描述的「觀察者與宇宙同成長」<sup>⑤</sup>，是類似的意思。

筆者以為，談現代人文精神，應包含五種——倫理精神、民主精神、科學精神、藝術精神與宗教精神<sup>⑥</sup>。科學精神是其中一支，也是重要的一支；但顯然，只談科學精神是不足夠的。

## 五 說科學精神不如說格致精神

要提倡一個觀念，必須用社會一般人所習用的語言，方能期其有成。「賽先生」一詞曇花一現，固不必論。但「科學」一詞來自東洋訛譯，也有其根本的問題。

在知識層面，「科學」一詞雖不及清末所用的「格致」達意，但學問本來就必須分科，所以推行起來不會遭遇大困難。但在進一步敘述時，亦有必要檢討相關翻譯。例如新版《大英百科全書》將學問歸為五大類<sup>⑦</sup>，筆者建議不妨譯為：範言之學(logic)；數與形之學(mathematics)；驗實明理之學(science)——又分為即物窮理諸學(natural sciences)、致用之學(technological sciences)與經世之學(social sciences)；人文諸學(history and humanities)；窮本究原之學(philosophy)。

在精神層面，「科學精神」一詞顧名不能思義，若思得其義則又不能苟同(難道是「分科之學的精神」?)，當然難以推行。無怪乎九十年來，雖然海峽兩岸發展科學從無一日懈怠，一般人對「科學精神」仍或茫然不解，或誤解流行。每思及此，令人感慨萬千！於是想到：與其提倡「科學精神」，不如提倡「格致精神」。說明如次：

一、西學東漸的清末時期，一度將西洋的「自然科學」譯為「格致」，但不久由於受到大批留日學生的影響，「格致」更名為「科學」，沿襲至今，甚是可惜<sup>⑧</sup>。

二、「格致」一詞出自《禮記·大學》的「格物致知」，又經朱熹注解，有文化傳承、發揚意味。

三、「格致」一詞有動作的意味，比「科學」一詞死氣沉沉要好。「格物」寓意實驗精神(experimentation)，「致知」寓意知識的發展(development of knowledge)，聯繫現象界與理論界，有日新又新的意味，也合乎現代學問的本質。

四、在知識層面若復用「格致」或「格致學」取代「科學」，實大可不必，因為近代學問到底比先秦時期相去不可以道里計；但在精神層面說「格致精神」則古今可以相通。理由已如前述。

五、提倡「格致精神」容易聯想及「誠意正心」，因而提示人本主義，自然也有求善求美的價值取向。

六、「格致精神」在中華文化裏本有根苗<sup>⑩</sup>，於是茁壯可期。提倡「格致精神」亦有宣誓脫離西洋或東洋文化本位思考的意義。

### 註釋

① 嚴復譯science為「學」，譯art為「術」，譯sciences為「諸學」，甚是。參見嚴復譯：《穆勒名學》（光緒三十一年〔1905〕冬金粟齋刊本），引論第二節：「辨邏輯之為學為術」；第三節：「論名學乃求誠之學術」；第五節：「論名學之所以統諸學之理」。

② 頗柏（Karl R. Popper，中國大陸通譯為「波普爾」）用詞，用以取代confirmation與verification。參見Karl R. Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge* (London: Routledge and K. Paul, 1963)。

③ 頗柏用詞，參見他的第一本著作，Karl R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (New York: Basic Books, 1959)。此書德文本出版於1934年。

④ 據1996年經濟合作發展組織（OECD）教育部長會議中的決議：關於學生素養（competencies），包括知識（knowledge）、技能（skills）、態度（attitudes）與價值觀（values）四大項。參見“Investing in Competencies for All Communiqué”，Meeting of the OECD Education Ministers (Paris, 3-4 April 2001), [www.oecd.org/dataoecd/40/8/1924078.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/40/8/1924078.pdf)。

⑤ 任鴻雋：〈談中國無科學之原因〉，《科學》，1915年第1期，頁8。任鴻雋（1886-1961），創「科學社」。《科學》月刊於1915年1月創辦於美國大學校園，後在上海刊行，為科學社機關刊物。

⑥ 陳獨秀：〈敬告青年〉，《新青年》，第1卷第1號（1915）、〈隨感錄——學術與國粹〉，《新青年》，第4卷第4號（1918）。

⑦ 梁啟超：〈科學精神與東西文化〉（1922年8月20日），載吳松等點校：《飲冰室文集點校》，第六集（昆明：雲南教育出版社，2001），頁3297。梁啟超一開始便說他「非常慚愧而且惶恐」，因為他是「對於科學完全門外漢的人」。

⑧ 胡適：〈科學的人生觀〉，載季羨林主編：《胡適全集》，第八卷（合肥：安徽教育出版社，2003），頁4。這是他1928年5月在蘇州青年會的講演詞。

⑨ 「大膽的假設，小心的求證」兩句話最早出現在〈清代學者的治學方法〉（1921年11月3日），載季羨林主編：《胡適全集》，第一卷（合肥：安徽教育出版社，2003），頁388。此處引文出自胡適：〈治學的方法與材料〉（1928），載季羨林主編：《胡適全集》，第三卷（合肥：安徽教育出版社，2003），頁132。

⑩ 1937年竺可楨初任浙江大學校長，該校的前身是「求是書院」。

⑪ 胡適在〈我們對待西洋近代文明的態度〉裏寫道：「真理是深藏在事物之中的；你不去尋求探討，他決不會露面。」參見歐陽哲生編：《胡適文集》，第四卷（北京：北京大學出版社，1998），頁3-4。

⑫ 可譯為“search for truth”或“pursuit of truth”。西方是有這個說法的，頗柏也認為它是一種許多科學家研究科學的強烈動機。參見Karl R. Popper, *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach* (Oxford: Clarendon Press, 1972), chap. 1.7。

⑬ Mortimer J. Adler, “The Scientific Spirit: Experimental Inquiry and the Organization of Experimental Knowledge”, in *Great Books of the Western World*, vol. 2, *The Syntopicon* (Chicago, IL: Encyclopaedia Britannica, Inc., 1990), chap. 83.

- ⑭ Henri Poincaré, *Science and Hypothesis*, trans. William J. Greenstreet (London and New York: Walter Scott Publishing Co., Ltd., 1905), chap. 3.
- ⑮ 頗柏更效法演化論提出「最適者生存」(survival of the fittest)的觀念，參見他生前最後一本文集，Karl R. Popper, *All Life is Problem Solving*, trans. Patrick Camiller (London and New York: Routledge, 1999)。此書德文本出版於1994年。
- ⑯ 1978年胡福明在武漢大學提出，被鄧小平拿來當將毛澤東思想束諸高閣，推行「改革開放」的理論基礎。
- ⑰ 何祚庥：〈呼喚科學精神和人文精神的結合(代序言)〉，載侯樣祥編：《科學與人文對話》(昆明：雲南教育出版社，2000)，頁2。
- ⑱ 蔡德誠：〈科學精神的要素和內涵〉，載王大珩、于光遠主編：《論科學精神》(北京：中央編譯出版社，2001)，頁115。
- ⑲ 後人對「格物」的意義爭論不休，在此取現代流行的說法，出自朱熹：《四書集注·大學章句》：「格，至也。」
- ⑳ 《爾雅·釋言》：「是，則也。」又，《國語·楚語》「王弗是。」注：「是，理也。」「信驗」是嚴復用來譯“true”的用語之一。耶方斯(William S. Jevons)的《名學淺說》(*Primer of Logic*)原文為：“A general law of nature is something which is true of many objects”，嚴復譯文為：「所謂天然公例，常例一而信驗之事無窮。……」參見嚴復譯：《名學淺說》(台北：台灣商務印書館，1966)，第七節。
- ㉑ 朱熹：《四書集注·大學章句》：「所謂致知在格物者，言欲致吾之知，在即物而窮其理也。」
- ㉒ 王國維說得很清楚：「理」原本的意思是「治玉」，即「剖析」、「分析」；後來，「分析作用的對象，即物之可分析而粲然有系統者，亦皆謂之理。」於是，「理之本義之動詞，而變為名詞。」作了一番分析後，王國維的結論是：「理之為物，但有主觀的意義，而無客觀的意義。」王國維：〈釋理〉，載《王國維遺書》，第六冊(上海：上海古籍書店，1983)，頁12、21。
- ㉓ 狄拉克(1902-1984)，英國人，將相對論與量子論結合寫下電子的方程式，創量子電動力學。
- ㉔ 波爾(1885-1962)，丹麥人，創量子力學的哥本哈根詮釋。
- ㉕ 費米(1901-1954)，義大利人，提出原子核的弱作用理論，又在第二次世界大戰期間領導做成第一座核反應爐。
- ㉖ 費曼(1918-1988)，美國人，為量子電動力學提出生動的費曼圖示(Feynman diagrams)，他的基礎物理講演更膾炙人口。
- ㉗ 參見Karl R. Popper, *Objective Knowledge*, chap. 2.6。
- ㉘ 愛因斯坦不認同新理論「推翻」舊理論的說法。他說：「創造一新理論並不是像毀去舊穀倉後就地建造一高樓。是像登山，見得更新更廣，而發現原先出發點與其豐饒環境間意想不到的關連。出發點仍然在，也仍然看得見，只是變得更小，成了更廣見地中的一個小部分。……」參見Albert Einstein and Leopold Infeld, *The Evolution of Physics: From Early Concepts to Relativity and Quanta* (New York: Simon & Schuster, 1938), 152。
- ㉙ 參見Karl R. Popper, *All Life is Problem Solving*。
- ㉚ 《論語·子罕》裏孔子的四句話：「毋意，毋必，毋固，毋我」，頗可說明「理」的性質。「毋意」指順理統貫(consistency)，「毋必」指不能放之四海而皆準(limitedness)，「毋固」指可否證(falsifiability)，「毋我」指可說、可傳(intersubjective verification)。
- ㉛ 英文truth, goodness and beauty被譯為「真、善、美」，當始於西洋傳教士及日人，例如傳教士羅存德(William Lobscheid)原著，井上哲次郎訂增的《增訂英華字典》(東京：藤本氏藏版，1883)中將truth譯為「真、實、真實、真理、……」，把truth and falsehood譯為「真假」。1900年傳教士鮑康寧(Frederick W. Baller)編的 *An Analytical Chinese-English Dictionary* (Shanghai: China Inland Mission and American Presbyterian Mission Press, 1900)中，「真理」譯為truth。中文裏首次用

「真理」一詞，是約1500年前的南朝佛教人士。參見商務印書館編：《辭源》，第三冊（北京：商務印書館，1982）。把本義天然的「真」與人為的「理」兩字湊在一起，實不知所云。

⑳ 愛因斯坦於1929年在日本回答一位學者時說：「甚至很難為『科學真理』(scientific truth)一詞賦予精確的意義。“Truth”一詞的意義依情形而異，或指經驗之實(a fact of experience)，或指算學之題(a mathematical proposition)，或指科學之理(a scientific theory)。“Religious truth”於我，一點都講不明白。」參見Albert Einstein, *Ideas and Opinions* (New York: Dell Publishing Co., Inc., 1973), 255。

㉑ 「求是」的英譯可作“search for a fit theory”，此與頗柏的“survival of the fittest”相通，參見Karl R. Popper, *All Life is Problem Solving*。

㉒ 邏輯學界將truth-false譯為「真一假」，將truth table譯為「真值表」，是一不幸。筆者以為前述兩詞可分別譯為「是一非」與「是非(評價)表」。東吳大學物理學系的同事任慶運在討論本文時告訴筆者：嚴復在譯《穆勒名學》(*A System of Logic: Ratiocinative and Inductive*)時，將the pursuit of truth譯為「求誠」；又在譯述《名學淺說》一書中，將true譯為「信」，false譯為「妄」；例如“I cannot tell whether a law is true or not unless it agrees with what happens in nature.”譯述為「而信妄大異，吾欲徵一例之信否，捨印證事實而外，其道無由。」任慶運又說：在佛經中，truth乃譯為「諦」，例如「四聖諦」(Four Noble Truths)。他認為truth and falsehood可譯為「諦義與妄言」，true and false可譯為「諦實與妄悖」。

㉓ 請注意這裏用「實事」，而不用「事實」。任何事的「實」難明，只能力求「實其事」。

㉔ Antoine L. Lavoisier, “preface to *Elements of Chemistry*”, in Mortimer J. Adler, ed., *Great Books of the Western World*, vol. 42 (Chicago, IL: Encyclopaedia Britannica, Inc., 1990), 1。法文原著出版於1789年。

㉕ 參見Henri Poincaré, *Science and Method*, trans. Francis Maitland (London and New York: Thomas Nelson and Sons, 1914), chap. 1。法文原著出版於1908年。

㉖ Paul A. M. Dirac, *The Evolution of the Physicist's Picture of Nature* (New York: Scientific American, 1963), 47。

㉗ Werner Heisenberg, *Physics and Beyond: Encounters and Conversations*, trans. Arnold J. Pomerans (New York: Harper & Row, 1971), 68。

㉘ 楊振寧：〈美與物理學〉，載《楊振寧文集：傳記演講隨筆》，下冊(上海：華東師範大學出版社，1998)，頁841。所引布雷克(William Blake)詩的中文版係筆者譯。

㉙ Albert Einstein, “Physics and Reality”, in *Ideas and Opinions*, 283。

㉚ 1999年5月4日，《科學月刊》與《聯合報》合辦「紀念『五四』談科學」座談會中，筆者首次提出這一說法。「易簡」出自《易·繫辭》：「易簡而天下之理得也；易則易知，簡則易從。」「又新」出自《禮記·大學》：「苟日新，日日新，又日新。」牛頓在其1687年的經典鉅著《自然哲學之數學原理》(*Philosophiæ Naturalis of Principia Mathematica*)的第三卷開頭敘述其物理方法的四項規則之一：「其一，天地事物之因，但取其是且足釋其所現者。是以智者知天地不虛費，少足則多費；天道寧簡，不好過飾之因。」參見此書的英文新譯本，Isaac Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy* (Berkeley, CA: University of California Press, 1999), 794。

㉛ 華倫歷數科學的五種缺陷，參見Warren Weaver, “The Imperfections of Science”, *Proceeding of the American Philosophical Society* 104, no. 5 (1960): 419-28。

㉜ Albert Einstein and Leopold Infeld, *The Evolution of Physics*, 31。

㉝ Laws在西方原本用於“laws for the society”(為社會立法)，到文藝復興時期才開始有“laws for the nature”(為天地立律)的觀念。到二十世紀，量子力學的哥本哈根詮釋出來後，又有“pictures for the nature”(為天地繪景)之說。國人把law譯為「定律」乃是一不幸，譯為「律」即可。嚴復在《名學淺說》中譯為「例」。

- ④⑥ 現代科學哲學家用intersubjective verification取代objectivity。該詞可譯為「心同此理」，語出《孟子·告子上》：「心之所同然者何？理也、義也。」中國近代哲學家對此最有認識的要數王國維，他在〈釋理〉這篇文章中說：「……由是觀之，則所謂理者，不過理性、理由二義，而二者皆主觀上之物也。」然而，「朱子之所謂理，與希臘斯多噶派之所謂理，皆預想一客觀的理存於生天、生地、生人之前，而吾心之理，不過其一部分而已，於是理之概念，自物理學上之意義出，至宋以後，遂得形上學之意義。」參見王國維：〈釋理〉，頁18-19。
- ④⑦ 參見Werner Heisenberg, *Physics and Beyond*的結束語。
- ④⑧ John A. Wheeler, "Frontiers of Time", International School of Physics "Enrico Fermi", July-August 1977.
- ④⑨ 「理信」一詞出於蔡元培《德育講義》第十六講(共三十講)「理信與迷信」。參見孫德中輯錄：《蔡元培先生著德育講義》(台北：台灣書店，1962)，頁25-27。
- ⑤⑩ 值得玩味的是，愛因斯坦一方面認為理論是人發明的，另一方面又執信「客觀實在」(objective physical reality)。他說：「……我們尋找整個物理基礎的意義就在此。篤信(confident belief)此一目標可達成，一向是研究者熱衷投入的主要源頭。」參見Albert Einstein, "Considerations Concerning the Fundamentals of Theoretical Physics", *Science* 91 (May 1940): 487-92。他在〈致波恩信〉("Letter to Max Born" [1926])上說：「你信一個玩骰子的上帝，我信一個客觀存在世界裏的完備規律與秩序，而我以大膽揣想的方式，嘗試去捕捉它。」參見 *A Dictionary of Scientific Quotations*, ed. Alan L. Mackay (Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1977), 83。
- ⑤⑪ 源於Charles P. Snow的*The Two Cultures and the Scientific Revolution* (New York: Cambridge University Press, 1959)一書，其探討只及知識層面。
- ⑤⑫ 原文是"self-realization through reason"，參見Merriam-Webster's Online Dictionary, 11th ed, www.merriam-webster.com。
- ⑤⑬ 此處取任慶運的翻譯，原文是"Nature is earlier than man, but man is earlier than natural science"，參見Werner Heisenberg, *Physics and Philosophy*, in Mortimer J. Adler, ed., *Great Books of the Western World*, vol. 56 (Chicago, IL: Encyclopaedia Britannica, Inc., 1990), 401。
- ⑤⑭ 《中庸》云：「能盡人之性，則能盡物之性；能盡物之性，則可以贊天地之化育；可以贊天地之化育，則可以與天地參矣。」「參」者，三也，指天、地、人「三才」共參。
- ⑤⑮ 惠勒畫過一幅U形的圖，顯示一個「自覺的宇宙」，相當於是一自我激發的電路。作為觀察者的人與宇宙同成長。參見John A. Wheeler, "Frontiers of Time"。
- ⑤⑯ 劉源俊：〈科學精神、人文精神與大學教育〉，大學通識課程暨文化素質教育研討會(香港中文大學，2001年11月27日)；〈會通中西 重建五種人文精神〉，廿一世紀中華文化世界論壇(香港，2002年12月18日)，收於該會主編：《文化自覺與社會發展——二十一世紀中華文化世界論壇論文集》(香港：商務印書館，2005)，頁361-66。
- ⑤⑰ *The New Encyclopaedia Britannica*, vol. 30, *Propaedia and Guide to the Britannica* (Chicago, IL: Encyclopaedia Britannica, Inc., 1974 and 1991).
- ⑤⑱ 台灣大學化學系退休教授劉廣定於2009年5月30日「張昭鼎紀念研討會——科學與文化」中筆者發表本文時發言指出，五四時代學界的氣氛是要與舊文化切割——既然認為科學來自泰西，自不願採用「格致」這樣的名詞。
- ⑤⑲ 胡適1933年在〈格致與科學〉小文中寫道：「我們中國人的科學遺產只有兩件：一是程子朱子提出的『即物窮理』的科學目標，一是三百年中樸學家實行的『實事求是』的科學精神與方法。」參見《胡適全集》，第八卷，頁82。