

自然科學小叢書

科學的精神

J. W. N. Sullivan 等著

蕭立坤 譯

.....
王雲五周昌壽主編
.....

商務印書館發行

自然科學小叢書

科學的精神

J W N Sullivan 等著

蕭立坤 譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

目次

一 科學的精神·····	一
二 研究科學的方法·····	二二
三 科學的方法·····	三八
四 幻想的科學效用·····	五五
重要人名地名譯音對照表	

科學的精神

一 科學的精神（腳註一）

緒論

蘇麗芬(J. W. N. Sullivan, 1886-)著

從許多 Sullivan 先生的科學著作中，我們或許會猜他是一位實驗科學家，其實他並不是的，不過利用他熱烈充實的學識，寫了很多討論科學方法與結果的文章。他並非促進科學通俗化之一員，一味寫出全不懂科學的人讀的文章，而是一位科學方法與科學原理的說明者。除了超羣的科學造詣，尤其是數理物理學之外，他對藝術亦有深博的修養，使兩者在理論與實際兩面均互相輔助。雖然科學與藝術的概念在習俗中一直是互相隔離得很遠的，他卻欲從兩者之中找出一



種共同的語言來，他認為，「一個 Riemann 的數學公式與一個 Franck (譯註 1) 的合奏曲沒有多大的不同」。一個人對科學的方法有過了相當的訓練，便可以認識存於科學與藝術之間的真理；不過這種理想只有少數的科學家或藝術家察覺到了，因此尚無一定的形式來表示牠。若更欲依 Sullivan 的意見以說明科學與藝術的相關性，請參閱他的「藝術與科學」，該篇已選入本書的次一卷中。該篇爲他的一篇很重要的論文，因爲科學與藝術都是他的本行，並且這些工作都抱有同樣的目的——「幫助理解」；雖然牠們也只能將此宇宙以片段的形式啓示於我們之前。

(腳註 1) 本篇譯自 *Aspects of Science* 第一集，Alfred A. Knopf Inc., New York 出版。

(譯註 1) G. F. B. Riemann 十九世紀德國數學家，對幾何學尤多貢獻，身體虛弱，家養，享年四十歲。César Franck (1822-1890) 法國作曲家，十五歲時曾得鋼琴奏獎。

Sullivan 說，最純潔的科學精神在真理之下的作用是永遠不變的，有一種神祕的動機促使牠非常公正。科學精神並非惟科學家纔有，也非科學家一定有；牠也是藝術家或他種人材的特徵。科學家工作時所顯示出的忠實精神，大大可以將科學精神啓示出來。不過他常爲成見所迷，而影

響到研究的結果。一個精神上的偏見會鑽進科學家對事實的熱心裏去，一如牠會將一個普通人的清晰的理會力分裂不堪；不過這兩種人若能超過普通的精神所共有的推理能力與歸納能力，都可以具有「科學的精神」，因為藝術的作品和科學的學說都是創造牠們者的事業，作品與學說必須地表明了創造者精神的力量與限度。Sullivan 站在一位科學說明者的地位，不但讚賞科學態度的品格，因牠有關於我們物質世界的知識，並且指出了他關於科學品格影響到我們精神世界的疑慮。科學之如何影響到物質世界，頗顯然易見，但是牠有權干涉精神世界，卻都錯誤了，牠要干涉的要求也處置得不適當，雖然現在濫蕩地實行這要求，已是司空見慣了。若是科學和藝術能給人以較詳的了解，闡明人與自然間和人在自然界之地位的關係，宗教、哲學、美學於是都要深受影響了；但是科學尚未進步到能專攬以上各種思想的了解與鑑賞，雖然我們常常聽到科學界的各方面都有新發明。欲得宇宙的較相當的估價，我們只有期待着不為習俗與環境所移的科學家——只有到那時，凡心靈可察見的生命意義與世界意義，那位科學家都能知道。

文獻

科學的面面觀（第一集，一九二三年）（*Aspects of Science*）（第二集，一九二六年）。

原子與電子（一九二四年）。

Gallio 科學的專制者（一九二七年）。

Beethoven 和他的精神發展（一九二七年）。

近世科學之基礎（一九二八年）。

正文

在談話與讀書中，時常會述及「科學的精神」，但是要斷言此種精神構造與別種之區別如何，亦非易事，爲一件東西下定義的困難，自不會影響到這東西存在的適遇（譯註二）雖然有些人尙不敢如此斷言，因爲一個人若不能爲他所說的東西下個定義，他就毫無意義了。雖然很多討論到

科學精神的參考資料，除了把牠說得處處討厭外，一點什麼也不能告訴我們，不過我們仍須假設有一種名叫科學精神的特種精神存在。若只將那些資料作一個膚淺的比較以作鑒別「科學精神」的特徵是一種過分的對事實的欲望，和一種從事實下結論而無火氣的性質。在平時這種缺少火氣（不慷慨）是被誤會為不負責任，在戰爭時，那便成了不愛國。戰爭時每個國民似乎應該信很多事情而勿須充分證據或竟全無證據。有人認為一個正當的愛國心非但能够而且應該代替證據的地位，而得到正確的結果。社會上每一界的大多數人民知道他們能安然採取此種思想方法並且很明顯的，具有科學精神的人在科學家之間，和在別種人之間，都是很稀疎的，而那些不能證明有愛國心的人在每一界中都是很平均地分配着。因此，科學精神並非科學家所特有，亦非科學家所必有。牠不能視為科學界的特殊標識。但是若是一種公正，細心的性情並非科學家做人所必須的，那可以說，這種性情乃是一種精神上的習慣，乃科學的工作所必須的。這句話雖然不全對，但確含有很多真理。別人的議論科學家往往不去研究，不過有時候，別人的見解本是錯了，科學家雖然有偏袒己意的態度，他也會得着正確的結果。

(譯註二) 通過, Probability 即一事在一羣事中發生之可能性以分數計, 如骰子有六面, 則欲某一面向上之通過為六分之一。

但是, 若認為科學精神並非科學家所獨有, 那確實, 這種精神在實際的科學工作中, 所實佔的價值差不多比在任何別種工作中為大。人的精神習慣所可活動的限度, 可由戰爭而趨顯明。大多數人都固執得像防水鎗一樣, 殊可驚訝, 而一些論及科學的道德價值的演說, 都成了無味的讀物。我們必須假設, 科學家, 一如別界人士一樣, 工作時所表現的公正謹慎的資質乃是他們成功的必須條件, 而就一般地說, 不是特優的倫理敏感的天然明證。若我們採取 William James (譯註三) 的方法將人類分為軟心人與硬心人二類, 科學界與別界一樣也含有這兩種人。這在數學家中最易看清, 理想主義者或經驗主義者把假設和結果, 一樣地可調和起來。如物理學和化學等科學, 最先, 似乎是斷定屬於硬心精神的; 公文乃是一種硬心的語言, 但是爭論直接地從一點有哲學意義的觀點上發生, 我們看到了分裂的意見。

(譯註三) W. James (1842-1910) 美國心理學及哲學家。

不過，那是確實的，雖然科學家含有各種的人，他們確曾在自己工作中表現了特別程度的誠實。這很容易看出，這種美德確有一個極端的實用基礎。科學家必須誠實，因為在工作的進行中不誠實便決不會成功。實驗的證明常常要擺在面前。他不能在較深的見識中求保護，如神怪家之可以將意見保留於大眾之前。科學家的結果必須是共同的和可以實驗證明的，否則便不是科學。哲學是無人可以證明，同時無人可以反駁的。哲學家可以安然滿意於自己的真理，而嘆人類之盲愚，一如詩人可以極端自尊以嘲笑世界之無知。但是科學的全部要求是要共同的與可以實驗證明的。經驗告訴我們，這種結果，除非具有了某種精神習慣後，纔可得到。這種精神習慣便叫做科學的精神。自然傾向的結果使牠成爲一種道德修養，而並非科學家所獨有亦非科學家所盡有，不過把牠當作一種工具，一種研究的技藝，用於科學中，其價值的顯明與採用的廣泛，比在人類的任何別種活動中都大而廣些。

科學的貢獻

大約七十年來科學成了歐西最重要的知識活動。在此時期內，科學的材料大為激增，到現在，科學的方法認為是幾乎適用於任何的研究了。哲學仍是一個局部的例外，不過現在有一種強烈的趨向，認為那些不能藉科學方法以求解決的哲學問題大都是不能解決的，或是敘述錯了。但是，雖然科學的聲威是如此之高，一般對科學的態度如是的恭敬，關於科學的功用與事業仍不免許多混淆。牠與別種人類活動的關係尚未明白指定。欲使科學在各門中都佔一些有限的地位，以作為科學與各門的關係，此種企圖，結果證明為極不公正，以致現在大家都認為完全放棄了那限度的問題，較為安全。這問題尚未解決。一切都未終止討論，但是也並不因此而假定科學含有，或將來的會含有我們一切的知識或是我們一切應知的事物。科學尚未成為我們思維中唯一的目標；我們依然有各種的興趣，傾向各種分立的生活。不過這種分立不是完全的。科學，若不是公開的，也會間接的侵入了每一種精神的領域，甚至於一件現代的音樂曲也將 Copernicus 與 Beethoven（註四）一樣當為音樂的祖先。不過，我們聽音樂時自然並沒有常常想到天文、音樂和許多別的東西，在某一種意識上，總是自主的。但是，科學能與他科分開的程度比任何別科為大，雖然牠的歷史的

方向自然也受了不少社會、政治事遷的影響。科學給出者多，取進者少，牠所借於別科的東西都不合於用，漸漸歸還原主了。

（譯註四）N. Copernicus (1473-1543) 十六世紀大天文學家，近世倡太陽爲宇宙中心，地球繞日旋轉論之第一人。

L. Van Beethoven (1770-1827) 德國大音樂家，五歲習提琴，十歲作曲，十三歲公佈。

那麼，科學對我們全文化的貢獻，有什麼精確性質與限度呢？雖然我們不欲由此問題提起牠的應用，我們卻也不應一概抹煞。要將「物質」的生活與「精神」的生活完全分開，是不可能的。科學實際應用總加起來，影響到我們抽象思想的，竟非常之多，若只拿科學之能創生或轉變社會情況而論，即令牠不會產生新問題，牠也至少將已有的問題變尖銳了。我們很易於回索出全部社會哲學學派的譜系到蒸氣機與發電機的時代，或許將來應用的影響會更寬廣吧。例如，一個少有疾病人的壽命比現在長二三倍的世界中的道德、藝術和哲學，與現有的確實會大大的不同。因此，我們不能忽略了科學的應用，雖然牠們本身與我們的問題是不適當的。不過當我們轉到考慮科學的直接精神價值時，我們最先頗感到有點遲疑。

一世紀前科學家有一條普通的信條，即是，科學研究本身乃是一種使人高尚純潔的力量。在科學的探討中，一個人離棄了一切的成見；科學家對事實是完全公平坦白，溫柔和順的。除非一個人能自己當爲一個小孩子，跑進實驗室是得不到什麼益的。自此我們知道科學家也是人，也有人所必有的劣性。不過，科學的客觀標準與證明標準確高於一切別界所用的標準。雖然報紙上仍記載着許多盲從的事件，只要我們樂觀一點的話，我們可以相信科學漸漸地將牠那種標準的觀念傳播了整個社會。這確實是一個直接的而極重要的道德收穫，比那曖昧的實際應用勝過多多的確有價值的貢獻。

第三個貢獻可在科學的美學價值中找到。許多科學學說都是超越之美物。這尤其在數學中是對的——的確，許多數學家覺得不得不將他們的科學用散文詩寫出——這在地質學中差不多也是如此的。我們可以設計出與神曲（譯註五）（*Divina Commedia*）一樣完美的方略來，並且即令我們知道，這些方略都是真實的，那也不會減少牠們美麗的魔力。用以求得學說的方法也往往同學說一樣美麗。一部巧妙、艱難、與經濟的思想作品常常供給美學以極大的興趣，這並不因享

此興趣的人少而降低。一件很大的研究工作的歷史，如電磁學說或是相對論（譯註六）通常不當作一首詩，僅是因爲文字和教育的隔閡。但是我們要承認很多人受了這隔閡的影響，因此科學所獻的美物只有很少的贊頌者，差不多得同贊賞棋子的美麗一樣少。但是若我們拿通俗討論科學的書籍與論文的數量來判定，這一點貢獻有希望日漸接受更多的注意。因注意增加而生的結果自然不單純，不過僅論牠能加添新的美的東西，這貢獻已很重要了。

（譯註五）*Commedia* 十三世紀大詩人 *Dante*（但丁）所作。

（譯註六）電磁學說稱一切電磁現象，都由於電磁場，此場乃電磁波充滿之空間。因此可進而解釋一切光學現象，乃英國 *Maxwell* 所創。*Einstein* 爲公認之現代最大理論物理學家，其創相對論，合時、空、重力、電磁於一系，猶太人致力於國際和平運動，現年約五十餘。

科學的第四種貢獻，無論對自身或別科的反應，恐是最重要的了。這貢獻，簡單的說是，人在宇宙的地位，因科學而益臻明瞭。每種科學均直接致力於此目的。有些注重在宇宙，另一些注重在人。一般的趨向是，使宇宙越大，人越小，或許這並非不美的結果吧。聽過了天文學家和心理分析家的合奏曲，或許會感到掃興。但是，毫無疑問的，任何命運的觀念，要博得人們的注意，必須要有科學的

宇宙爲其背景。無論是預言家的，哲學家的，或是詩人的幻想，必須接受這些前提。科學所啓示的宇宙，無論是由於科學加於心靈的直接影響而啓示的，或是加於宗教、哲學和藝術的影響，其直接性與加於心靈的差不多，而啓示的，乃是科學對我們精神生活最重要的貢獻。或許有人希望對哲學的影響應當增加，但是，站在藝術家的地位，我們正遇了一個特別的問題。討論這問題或許是有趣的，尤其是注意到那事實，就是藝術家自身對於有助於藝術的解釋方面，很少貢獻。藝術家，如科學家一樣，是從事實着手的，我們認爲記着這一點，對那問題的解答是重要的。若不要他的工作純成爲幻想，藝術家自然必須整個的將科學方略接受了。不過這與將藝術的方略和科學的方略完全印合，大大不同。要察出科學貢獻的限度，顯然要失敗。這問題的一個有趣特例是，描寫心理的小說家和心理分析學的正當關係。一件科學研究，如我們所說過的，常常是一件藝術作品，不過不必是一件文學的藝術作品。科學的貢獻是很多的，但是別科的貢獻仍舊是欣然接受着。

若我們研究同一門科學中的幾種學說，我們很易看出科學學說乃是個人的事業。通常以為科學是完全不受人事影響的，實在不確。但是，要看出一個學說如何表示出其作者的人格，也非易事；這就是說，要了解怎樣一個科學學說纔與一件藝術作品相似，很不容易。為的是一個科學學說必要具有「客觀的真實」，因此似乎將科學弄得與藝術完全不同了。我們可以更公平的說，客觀真實這要素根本區別了一個科學學說與那些同人生經驗無關的藝術作品——例如有些音樂曲。但是一般地說，藝術作品並非完全與客觀的真實無關；一切取材於經驗的作品都要求與牠們所取材料的真實相一致——牠們確曾有意地要求普遍的一致。認真的藝術家相信自己的想像是真的；或者不會說他的想像是「絕對」的真實，但是科學家又何嘗承認過一個科學學說是絕對的真實呢？並且，藝術作品與科學學說均為着同樣的目的——幫助理解。一位藝術家是否值得敬重，乃由他幻想的淵源與他所建樹的理論的深遠而定。一個科學學說的價值也由同樣的標準而定。因此科學學說與藝術作品的區別只能從牠們的取材內找出。甚至於我們也不能說，兩者的材料是為不同的目的而配置的，因為兩者的目的都是美學的滿足。理解是所謂美學情感之一

因子。即令我們進而討論各個的例子，研究詩中的比喻法，或是一般地談到「裝飾法」，我們會知道，我們所用的標準仍是由那種方法而得的理解程度。但是我們此刻不能將此類似情形詳細寫出。這已够證明涉及經驗，或概括的說，涉及外在世界的藝術作品都是很與科學學說類似的。

因爲，一件藝術作品，雖然限制於經驗，總可說是人爲的事業，我們不必有成見去反對科學學說的人事性。兩者中，都只有將原料變爲熟貨的轉變方法是屬於人的。藝術家的原料，無論爲太吾士河上之霧，或是Holmshed（譯註七）所記的幾件事變，或是俄國一農村中的人民生活，就與科學家用以建造學說的材料（données），全無二致；兩者最後的產物，也都要求普遍的同意和一致的了解。屬於人事的只是將一個客觀的東西變爲另一個的轉變方法吧了。每個人的轉變法都不同，科學家如此，別種人也如此。在這一點上說，藝術作品與科學學說都是有人事性的事業。一部依此立論而寫的科學史是很有裨益的。我們可以很有趣地探索每個大科學事業中的人事的因素，表出那一種人格支配了我們，看看偏心率（eccentricity）一字用於科學家的思想時，有何意義。但是，雖然這樣一本詳細的歷史還未出世，一些國家性的區別卻早已被察覺了。

(譯註七)Holmshead, R. 十六世紀英國編年史學家。

英法兩國科學之不同，差不多與兩國文學的區別一樣顯著。總括的說，英國的科學精神是直覺的、活動的、不講邏輯的，和很傾向於奇怪而實際的想像的。另一方面，法國的科學精神喜歡將複雜的實在物化簡成爲少得不可再少的幾項，再來建立一個無缺陷的與合乎邏輯的大廈。Maxwell乃是英國大科學家中的一個極好的典型，但是我們有Poincaré(譯註八)的話做根據，說「電磁學論」(Treatise on Electricity and Magnetism)使法國的讀者讀了發生懷疑。法國的讀者若想找出一個完滿合理的構造，卻察覺那書的各部分是根據不同的意見寫成的，甚至於這些意見彼此之間也有矛盾。Maxwell好用很多複雜的機械模型，用以例釋許多深奧的方程式，也是法國讀者的當頭棒。這些模型想證明些什麼呢？誰能斷定Maxwell沒有假想以太(ether)含有一串串的齒輪，其間又聯以「有惰性的輪子」呢？從這些不必須的和不相干的圖畫，他得到了什麼樣的神祕滿足呢？但是這種好奇式的好用模型便是英國學派的特徵，不懂這種嗜好便是大陸派物理學家的標幟。無疑地這乃是英人不願離開事實的明證。英國科學家信任論理學遠不

如信任經驗。法國人信任經驗遠不如信任論理。法國學者願將宇宙化簡，成爲一些小球的集合，小球之間存有與距離平方反比的力，這在英國人看來，簡直是強詞奪理的。在這簡單的假設之上，法國學者盡論理學可辦到的限度去推演。在法國，確有一個學派，認爲宇宙間我們能知道的，僅是牠的方程式；我們決不能知道英國人所謂的「意義」。從美學的觀點上看，法國的方法當然較佳。我們都可享有如 Lagrange (譯註九) 一樣的滿足，如他在理論力學 (Mécanique Analytique) 的序中說的：「我正從事於化簡力學的學說和解決問題的方法，這些問題與一些普遍公式相關，我們只要把這些公式稍加推演，便可以得到解決一切力學問題的解答中所必須的方程式」。但是我們要記着，當我們主旨在於「公式的推演」，這假設是無可批評的。英國派是要使假設可以實驗的，並且隨時能接受經驗的指示。德國派似乎是集合很多精密的儀器的任務於一些假設上，也頗有趣，我們可以拿 Riemann 和 Einstein 的工作來作標準。「哲學化」的趨向成了德國思想界的特徵，科學也不能例外。這三種趨向十足地指出了國家性的區別，並且暗示說，一個詳細的個人分析會產生同樣有趣的結果來。

【譯註八】O. Maxwell (參譯註六) 英人，十九世紀大物理學家，享年僅四十餘，爲近代物理學之開山祖。H. Poincaré 法人，亦十九世紀大物理學家，名著有科學與方法，科學之價值，科學與假設三書，商務印書館均有譯本。

【譯註九】J. L. Lagrange (1738-1813) 法國大數學及物理學家，在物理學中最著名之蘊樹爲普遍坐標法 (Generalized Coordinates) 當時法國有 三 L (Lagrange, Laplace (詳後) 和 A. M. Legendre, (1752-1833)) 三大數學家。

理想的科學家

究竟科學家真是一種特殊的人呢，還是科學是一種特殊的職業呢？要回答這問題，我們須先弄清了科學家與從事科學的人的基本區別，而後那解答便明顯了。世界上的確有天生的科學家，一如天生的藝術家一樣。但是爲要了解兩種人的區別，最好立一個標準——如量棒長所用的長短標準之類。那麼，理想科學家的特徵是什麼呢？我們可使這些特徵成爲精密，以作解答，這些特徵會助我們粗略地建立了已有的標準。例如，我們感覺，Henry Cavendish (譯註一〇) 那冷談的隱士，比 Thomas Henry Huxley 純「科學化」得多。試將此信條加以考驗，我們會有趣地發現

出，Cavendish的比較純粹大都由於他的消極性格。Huxley熱心於政治社會改革，宗教及一切與庶民有關的問題；他參加了這些問題，又爲自己擁護的一邊奮鬥。至於Cavendish，我們只能說，他之願否參加這些問題，不得而知，他對這些問題稍有興趣，也難置信。再說一點，Huxley富於普通的情感。他是一位忠實的丈夫，慈善的父親，信義的朋友，決絕的敵手。Cavendish這些品格的一絲一毫也未表露過。他沒有妻，沒有子，沒有朋友，也從未露出討厭任何人的樣子。Huxley是一位戰士爲自己視爲真理的東西而奮鬥，竭盡心力以促牠的流行。Cavendish是一位科學史上有數的研究家，有數清白機巧的人，但是不將自己的發明問世。許多年來Huxley都是當着攻擊Darwin學說辯戰的要衝。Cavendish靜觀着自己指爲錯誤的學說，日漸風行，而不加一矢去反駁。最後，Huxley常遭受着反覆的高興與沮喪，希望與失望，而Cavendish從我們所有的證據看，卻是泰然自若無喜無憂的。

(譯註 10) H. Cavendish (1731-1810) 英國物理及化學家，首先測定萬有引力常數，Cambridge 之物理實驗

室，今名 Cavendish 實驗室，用以紀念。

現在，從這比較所得的要點是，Cavendish 抱着科學的純潔性，卻不能如 Huxley 一樣表現出普通人的品格。一個人的特性並非斷片的。Cavendish 對學術冷靜的態度必須特殊的精神與心理的資質始能滿足的。沒有誰求知的欲望比他更單純；沒有人能像他一樣不受他事之羈絆；因此，沒有人有比他更大的純粹的科學精神。這是我們的問題中的要點；較不切題的一點是，極少人能以如此偉大的精神以從事自己熱心的事業。Cavendish 真正的科學成就比 Huxley 大得多，實是偶然之事；即令他的能力尚不及 Huxley，也並無損於他的超 Huxley 的純粹的科學精神。Cavendish 的行爲完全是一致的。他生性是一個極完善的記錄器和度量器，這種性質勢將剝奪了他的「人性」。事實上，他的人性越少，他越能平心的坦白着。別的熱情是與他的完善相矛盾的；牠們將紊亂了這一副絕妙的儀器。判別善惡在他並非天然的。他對任何事情的作用都竭盡於了解那事的行爲中。

以上我們所說的理想科學家，與尼采 (Nietzsche) (譯註一一) 所描述的他之所謂「客觀者」完全相像。「客觀者實在是一面鏡子，慣於流連於一切欲知的事前，僅抱着知道或「反射」所啓

示的願望……」Nietzsche 接着說，像他那樣的人格，只能說是偶然有的和不定的。他不能謹嚴自奉，亦不能爲己造福。他的愛是受了拘束，他的恨是人爲的。他只是在客觀時是聰明的；他不能對生命說出「是」或「否」來；他只知去了解，去「反射」。他和 Leibniz 一樣的（譯註二）說：「我差不多不輕視任何東西」。這敘述無疑地是聰明心理的卓見之結果。當我們去解尋一位科學家的純粹科學的因素，我們找到了，只要他是科學的，他漸漸與 Nietzsche 的客觀者相接近。若是這便是理想的科學家，他佔有什麼地位呢？他與別種人間的關係如何呢？依照 Nietzsche 的意見，這種人僅是一件儀器；「他是一件儀器，一個奴隸，雖然他的確是最高尙的奴隸，但是這在他自己是毫無用處的。他不是爲人的目標，作事的終點，也不是一個能補足創造尙未完成部分的人。若是同 Nietzsche 的所謂眞哲學家，給與生命以新方向的人，比較一下，理想的科學家僅是最貴重的，最易污損的，最精美的儀器。」

（譯註一）F. W. Nietzsche (1844-1900) 德國哲學家。

（譯註二）Leibniz 與牛頓同時，德國之哲學、數學及政治家，與牛頓各自發明微積分。又按 Nietzsche 雖隸人，常用

法文寫文章，此句原文即法文。

我們不必去爭議這種評論，不過我們要指出牠的一個遺漏。科學家是一件儀器，不過是一件不可缺少的儀器。人類曾接受了過去「真」哲學家所授的一切不同的「新方向」，但在精神世界方面，不見有何顯著的增長。哲學家，無論多麼威風，他真的也僅能引着我們兜圈子，卻也須要有些知識。這知識，若要有價值，必須要清晰與可靠，牠必須是科學的。若是我們領袖們的鼓勵與激動證明為不合於科學知識的推演，那麼我可以斷定天堂決不會由之而達。科學家僅是儀器。但是唯有這種儀器，可以告訴人類，在一切欲達的目標中，何者為可能的，一切信託的領袖中，何者為值得信託的。科學家確是件儀器，但是要用牠的人，卻先須受牠的試驗。科學知識是與牠所研究的宇宙一樣地冷淡、寡情，——而且不可稍受怠慢。

二 研究科學的方法

赫胥黎 (T. H. Huxley, 1825-1895) 著

緒論

Huxley 的學識資望有很多值得稱道的，他常站在科學的立場上用科學的眼光去認識人的日常生活和人們對生命的思想。他是一個塾師的兒子，生在倫敦的鄉郊，他很少受到正式的教育，他的學識多半是在一個醫學校念書時自修得來的。小時很想做一個機械師，但是不成功，後來便改學醫學和生物學。十七歲時很受卡里爾 (Carlyle) (譯註) 論著的影響，很久以後他還提及這事，說：「把事物弄清悉並且去除一切虛偽與外表，真是非常重要。這便是我幼時從 Carlyle 書中所得的教訓，並且我終身奉行」。十七歲那年他同哥哥 James 同進 Charing Cross 醫院去

學醫，一八四五年便在那裏畢業了。經考試及格而獲得了 *Surgeons* 皇家醫院的醫師資格後，他便被派到海軍醫務處去服務，乘公餘之暇在那裏寫成了九篇科學論文，一八四九年並且精心地寫了一篇（譯註二）送到皇家學會去。一八五一年這篇論文便公布了，他即刻被選為該會的會員，一八五二年得了皇家獎狀，那時纔二十六歲。經他自己的努力他不久便成了英國科學界的頭等人物，並且擁有他所學一科——生物學——的第一把交椅。以後他的努力越是為世人所識，他又得了很多榮譽，其中有受任英國協會的主席一事，以後又被選為皇家學會的主席，那恐怕是駕乎一切的尊榮了。

（譯註一）*T. Carlyle (1795-1881)* 英國史學家。

（譯註二）此論文之題為 *On the Anatomy and the Affinities of the Family of Medusae.*

一八五四年他長教於冶礦學校，次年，又兼在地質測量學校任教。一八七二年冶礦學校遷到南肯生桶（*South Kensington*）去，他改任自然歷史科的講師，他講學的功效很大，諸凡解說新與生物學的學理，尊崇進化論為當代思想的傑卓，幫助常人了解科學的方法，在各新立國家學校

中加授科學一項。Huxley 的功勞，當時殆無一人可以齊比。他對新學術的貢獻並不冠絕一世，不過因為對生物學的發現，那時的生物學界都稱譽他為一個創造科學家。對進化論的精警闡發，使他的英名日益遠大，不過我們今日，當他是個科學家倒不如乾脆說他是個 Darwin（譯註）學說的保護者。自從 Darwin 哄動一時的「物種原始」(Origin of Species) 一書出版後，他即致力於 Darwin 學說的研究，凡接受 Darwin 學說的他必竭力擁護，他確是 Darwin 最偉大的擁護者，最精深的闡揚者。進化論無論在近代人民心中或是科學界能有今日的地位，他的功勞確實不小。當時錯用達爾文學說而得謬誤推論的人和因見及 Darwin 學說即將摧毀舊倫理與宗教的觀念而起來反對的人，Huxley 均認為不可，而與他們論戰。為要建立進化論的原則他不得不潛心作更深的科學研究並且博覽神學哲學的典籍，就用如此得來的知識，準備作目前的論戰。Huxley 頗知 Darwin 不是一位脊椎動物解剖學的專家，所以他特地在他的「人與自然」(Evidence As to Man's Place in Nature) 一書內詳細闡明由脊椎動物解剖學所得到的進化論的明證，以扶持 Darwin 學說。由他對 Darwin 學說之擁護和將科學思想的方法和結果灌

輸給工農大衆，再再足以表示出他誠懇與勇敢的爲人。他根據研究人在自然界的地位所得的材
料而寫成的講稿特別能顯示出他是這新科學的領袖。他常常說由科學而得的新知識與羣衆有
切膚的關係，所以必須使他們明瞭。又說：他亟願做一個熱誠幫助同胞的人，以留念於後世。他很願
幫助世人了解科學化的思想方法，並且使人民能應用科學方法於一切的人生問題。他的通俗講
稿述理的明瞭，構造的合理，實在是科學論文的模範，古今敘述科學的作者，很少趕得上他的，惟有
[Tyndall] 勉強可與他比比。這裏所選的一篇大作說明了思考的基本合理的方法，這種方法是古
今學者追求真理所必用的；他對探討真理所用的科學方法所下的定義，普通都認爲是科學方法
的標準陳述。

(譯註三) C. R. Darwin (1809-1882) 英人，十九世紀大生物學家，創進化論，謂生存競爭，優勝劣敗。物種源始一書
乃一八五九年公佈。馬君武先生有中譯本。

除了解釋進化論的工作和爲大衆的演講之外，促成新制學校中添授科學主課一事，Hux-
ley 也是一個要角，事實上他曾創造了一派新教育，這種專業證明了他也是位大教育家。當英國

施行一八七〇年的教育法令時他在世人心中留下了一個對教育事業新標準的偉大印象。在大家都弄不清新學校中究竟教什麼好時，Huxley 看清了教授生物科學可以得到深遠的裨益。他批駁了舊式的教育，教法和學科，宣稱這些都不適宜供給青年人以生活和求生於現世的工具。經過了親自在學校裏教授，編輯和著作教科書，漸漸地他的思想已能在各學校裏實行了，在這方面他成了英國科學教育的唯一倡議者。

文獻

通俗講學，講演與評論集（一八七〇）(Lay Sermons, Addresses, Reviews)

科學與教育文集卷三，（一八九三——一八九四）(Science and Education)

F. H. Huxley 之生活與書信集，L. Huxley 著，卷二（一九〇〇）(Life and Letters of Huxley)

正文

所謂研究科學的方法只不過是表明人們內心工作所必須的方法而已。這也就是如何討論各種現象並且精確的將它表示出來的方法。一切科學家和一切普通人運用內心時所僅有的區別就和一個屠夫和一個化學家秤東西的區別一樣，屠夫或是麪包師只用普通的秤量他們的東西，化學家在進行一件很繁難的分析時卻須用那刻度精確的天平。這並不是說大秤和天平的構造原理和使用情形有什麼不同；不過天平的桿比大秤的桿精細小巧得多，所以些微一點重量便足以使它轉動。

若是看了下面這熟悉的例子，你們或者更能了解這一點吧。我敢說你們已常常聽到過了，說科學家運用歸納法和演繹法來工作，就藉這種方程，略加一點理會，他們從自然界絞出了許多別的東西，叫做自然定律和自然因緣，從這些定律因緣中他們又運用自己精巧的技藝建造了一些假設和學說。很多人都想到科學的方程決非常人所可比擬的，只有特別的學習纔可得到這種技

藝。聽了這一大套話，你或許會想到科學家心靈的構造與常人的不同；不過，若是你如此想的話，那便完全錯了，事實上那些巍峨的方程你自己無時無刻不在運用呢。

Molière 在『中等紳士』(Le Bourgeois Gentilhomme) 那篇劇裏描寫了一個英雄，聽到別人說他終身都是出口成章而表示無限的快愉。同樣，我相信當你們發現了你們終身都在用歸納演繹的哲學原理行事時，你們必定是很舒適與快樂的。或許這裏每一個人每天都有機會發生一串與科學家追索自然現象的因果一樣的思路，雖然思想的程度或有不同，從他的腦中鑽過吧。

一件很簡單的事可以當個例子。設如你走到一家水果店去，要買一支蘋果，——你拿起一支，咬了一口，覺得很酸；看一看，這支蘋果很硬，又是青的。你再拿了一個，也是硬的，青的，酸的那店員要你再試一個；但是，你在咬牠之前，你看到這支又是硬而且青，你立刻便會說你不要牠，因為這支必定也是酸的。

你想，再沒有比這更簡單的事了，但是若你不厭麻煩將牠分析一下并且尋出心理的邏輯因

素，你會大吃一驚的。第一，你曾經歸納過。你找出了硬的青的蘋果一定是酸的。第一支如此，第二支更證明如此。確實，這根基還太小了，但已够作一番歸納了；推廣一下，你要得到酸蘋果時只須找那青而硬的了。你由此得了一條普遍定理，即是所有硬而青的蘋果必定酸；在你所知的範圍之內這是一條完滿的歸納。對了，其次，你既已如此得到一條自然定律，當店員要你再嘗一支又硬又青的蘋果時，你會說：「一切又硬又青的蘋果都是酸的；這支既是又硬又青，所以牠也是酸的」。這一串推理就是邏輯學家叫做三段論法的東西，並且具有種種的部分和階段——大前提，小前提和結論，接着，再加上兩三個三段論纔可以說出的推理，你便得到了最後的決定，「我不要牠」。所以你看，你先建立了一條歸納定理，從這定理上，找出了一條演繹的結論用到一個單獨情形上去。既得了定律之後，偶而同一位朋友談到蘋果的品質時，你會向他說，「很奇怪，——所有的青而硬的蘋果都是酸的」。你的朋友說：「但是你如何得知？」你立即回道，「唔，因為我試了又試都是如此的」。對了，若是我們掉開普通的事而談科學，像這樣的事便叫做一個實驗的證明。若仍有人反對，你可以再說，「我聽到過 *Somersetshire* 和 *Devonshire* 那些產蘋果地方的人也是這樣說。在美國，

中國也是這樣。總而言之，我知道無論在那裏，只要留心過的，這都是一個人類普遍經驗」。自此，除非你那朋友是個極不能理喻的人，他必同意你的話，而相信你的結論是對的。他並且會不知不覺地相信證據越多，——即是得着同樣結果的實驗越多——，得此結果時外界條件越是不同，那終結的結論便越是靠得住，他也不會再辯下去了。他看到了這實驗曾在各種不同的時，空人的情況下試過，而得到一樣的結果，因此他於是向你說，你的定理是美滿的，他也相信。

在科學裏我們也是如此：——哲學家就完全是做的這種事，不過比較精細慎重得多吧了。在科學研究中，將一條定律用種種方法去證明簡直是責任應當的，並且要過細，尤其要有意去試，不讓牠有一個例外，就像我們試蘋果一樣。在科學裏，一如日常生活，我們相信一條定理的程度就全靠這定理由實驗證據所得的變化的多少而定。例如，你放鬆手中的一件東西，牠即刻落到地上，這就是建立得最好的引力定律極普通的明證。科學家用以建立引力定律的方法與我們用以建立平凡的蘋果鑑別法的方法完全一樣。我們之所以如此廣大地透澈地不疑地信仰這定理的原故，就是因為一切人類的經驗都可證明牠，我們隨時可以自己證明牠；這也就是任何自然定律所

能得到的最強基礎。

這樣，建立科學定理的方法與日常應用的方法完全一樣，已可證明了。我們再來談個別的方法（其實這不過是同一個問題的另一面而已），那就是，從一些現象間的關係，我們可以證明有些現象是另外一些的原因。

爲要使你們清晰地明瞭，我再用個熟例子來表明我的意思。假如你們中的一位，一天清早從房裏走到客堂去，一看，昨晚放在客堂的茶壺杯匙都不見了，——窗子開着，並且看到窗格上齷齪的手印，或者，更看到了外面泥土上的釘鞋腳印。這些現象即刻引起了你的注意，不出兩秒鐘，你會說，「哦，有人打破了窗子，進屋來，把匙子茶壺偷去了！」即刻你便這樣講了。或者你再接着說，「我知道是這樣的；我敢擔保！」你是要說的確確你所知道的事；但事實上，你不過說了一個假設而已。你何嘗知道真是人偷去了；這不過是迅速在你心中構成的一個假設而已。並且這是一個根據一大串歸納演繹而成的假說。

這些歸納和演繹是什麼呢？你又如何得到那假設呢？最先，你觀察過了，窗子是開的，但是由於

一串連繫着很多歸納和演繹的理會力，你早已知道了一條普遍定理——非常好的——一條定理——那就是窗子不能自己打開；因此你斷定總有件東西將窗子開了。你用同樣方法得到的第二個普遍定理便是，茶壺匙子不會自己飛出窗子，但是現在它們已不在你放的地方了，所以必是搬起走了。第三，你察見窗檻上的手印，泥上的腳印，並且已往的一切經驗告訴你只有人的手纔能造成這種痕跡，同時同樣的經驗告訴你，現在沒有別的動物，只有人纔穿釘鞋，能够走出像泥土上一樣的腳印來。我不知道即使我們發現了這套辯證的不完全，我們能否得到別的結論！無論如何這定理已儘够達到我要對你們講說的目的了。其次你得到的結論是，因為不是別的動物，只有人並且只能用人的手和人穿的靴纔能造成這種痕跡，現在地上窗上的痕跡必是個人用手用腳弄的。你更可以得到一條建在觀察與實驗上的普遍定理，這定理，用不着我說，也是極普遍而正確的。那就是，有人是賊，你從這些前提——那便是構成你的假設的前提——即刻得到那個在外面泥土上走有痕跡窗上留有手印的人也就是開窗、進室、偷茶壺和匙子的人。你現在得到了一個真原因 (Vera causa)——顯而易見的由這原因能發生一切你所看到的現象。只要用一個賊的假設，

你便可解釋一切現象。不過這也只是是一條假設的結論而已，是否正確並無絕對的證明；它也不過被一串歸納演繹的理會形成得似乎很可信而已。

我假設，只要你是個具有普通常識的人，並且你自認爲偷竊的假設是滿意的，你的第一件事便是報警，要他們追跡竊盜，以歸復你的失物。但是恰巧這時，一個人走來，聽了你的原委，向你說道：「好朋友，你太急了。你如何知道留下腳跡的人便一定偷了匙子？也許一個猴子將匙子拿去了，事後一個人向窗內望了一下而已。」你大概會答道：「誠然不錯，這與茶壺匙子偷去的真情完全相反；所以你的假設無論如何沒有我的那麼可信。」當你再在照你自己的假設講述這事時，另外一個有常識的朋友來了。他或者說：「哦，你確實太急了一點。你未免太武斷了。一切都在你睡得鼾鼾時發生了，在那時你連什麼都不知道，你怎麼知道在夜間自然定律也一樣是對的呢？或者有鬼神在中間作怪，也未可知。」事實上他說你的假設不能指明任何真理，你也無從得知在你睡着時自然定理是和你醒時的一樣。

現在，你卻不能即刻答復這種問話。你覺得你的這位好朋友對你頗有不利。不過你自己心中

完全相信自己是對的，並且向他說：「朋友，我只能遵照大概的法則，請你讓我過去找個警察來。」果然你運氣好，找到了一位警察；後來你的財物畢竟在一個作竊盜的人身上找到了，地上窗上的痕跡與那人的手印靴底一樣。無論那個法官，涉及在你的客室中所見的案件，都要將那些事實當作很好的佐證，而加以適當的處置。

在這假設的事件中，爲要使你們看清一件通常理會法程中的各步驟，所以我拿一件極普通的現象來講，只要你們不厭麻煩分析一下，那是極易明瞭的。你可以看到我這裏所描寫的一切思想步驟，也就是任何有常識的人一定如此纔能達到證實盜案和處罰竊賊的結果。這就是說你在此所用以達到你的結論的一串理會法，便和科學家致力於發現極神祕的現象的來原與法則時所用的一樣，兩者所用的方法總是一樣而且必是一樣；牛頓和拉普拉斯 (Laplace) (譯註四) 發現與定明天體運動的原因時所用的理會法與你藉常識以探出一件竊案時所用的理會法，完全大同小異。唯一的區別便是，科學研究的性質比較深奧些，每個步驟必須留心觀察，因此假設中可以沒有一點兒瑕疵或缺陷。在日常生活的假設中稍有缺陷是無傷大雅的；但是在科學探討中一

個錯誤，無論大小，常常是很重要的，並且必然的，終久要發生不良結果的，有時還要發生致命的壞結果來。

(譯註四)牛頓，誕辰於距今三百年前，為 Galileo 以後自然科學唯一之明星，終身不娶。Laplace (1749-1827) 法國大數學家。Laplace 方程式，即如 $\Delta u = 0$ 之形式，為全部理論物理學之基本。

請不要為一個普通觀念所迷，那就是說一個假設是沒有多大的價值的，因為它僅僅是一個假設。時常有人說科學的結論，只不過是個假設罷了。但是試問，除了假設，甚至於不健全的假設之外，又有什麼更好的東西能指鑑我們十之八九的日常重要事情呢？所以在科學中，假設的證據都經過了嚴格試驗的，我們可以正當的信奉它。你可以有許多假設。一個人也可以說月亮是綠酪做成的，這也是個假設。但是另外一個人曾經長久注意了這問題，並且自己用好望遠鏡看過，又參考了別人觀察的結果，於是他宣稱，照他的意思，構成月球的物質與構成地球的差不多；這也不過是個假設。但是這兩個假設的價值有天壤之別，是不待我說了。一個是根據完美的科學知識的，當然有相當的價值，另一個只不過是瞎猜的，價值當然很少。我們發現因果關係的進展上每一個大程

序完全是照我所講過的方法而作成的。一個人看到了一些事情與現象的發生很自然地會問道，什麼已知的自然法程和作用，當應用到特殊的事件上時，可以解釋這些神祕呢？所以有了科學的假設；牠的價值與證明和複驗牠的根基的精細性與完滿性成正比。這一點與日常生活中的事情是一樣的：愚人的猜測也笨些，聰明人的猜測也精巧些。在這一切情況中，你可以看到假設結果的價值，全靠忠實與毅力，研究者用之將各種可能的證明加之於他的假設。

無論那裏有一大堆要研究的繁雜現象，無論牠們是日常的現象或是深奧困難的哲學問題，我們必用同一的法程，企圖解釋那現象的繁複關係冀得到牠的原因；在各種情況下，我們必須找出一個假設；關於那原因我們必須將一個多少有點類似的假說放在面前；既擬了一個假設，又擬了那正要研究之現象的原因，我們必須一方面致力於證明我們的假設，或者，另一方面，完全把牠推翻和拋棄掉，這須照三種試驗法來決定。第一，我們要預備去證明那現象的假擬原因在自然界是存在的；論理學家叫這做真原因（*Veræ causæ*）；第二，要預備去證明這假擬的原因足以發生要說明的現象；第三，應該能證明沒有別種已知的原因也能發生這些現象。若是我們能滿足這三

個條件，我們的假設便算證明了；或者我倒不如說，我們應該盡我們力所能及的確實可靠，去證明我們的假設；因為，畢竟沒有一個最可靠的信條能永遠不被推翻，或者至少被增加的新知識所修改。我們接受了茶壺之失落是被竊這個假設，只因為牠滿足以上三個條件；這假設是健全而且值得擁護的，因為自然界中確有這種假設的原因（盜竊）存在，因為這假設能發生察見的現象，並且因為沒有別的已知原因也能發生這些現象；在科學中一個假設若要健全和值信，也須滿足同樣的條件。

三 科學的方法

寇蒂司 (W. C. Curtis, 1875-) 著

緒論

Curtis 教授這篇論文的主要價值可由兩點看出：第一，牠比 Huxley 的論文新近得多；第二，牠指出了科學理會法進一步的發展。同 Huxley 一樣，Curtis 也是一位生物學家和生物教員；自從一九〇一年在 Johns Hopkins 大學接受了博士學位，他曾在麻省 (Massachusetts) 木洞 (Woods Hole) 地方的水產生物實驗室和 Missouri (米索銳) 大學教授動物學。不但是位教員，對無脊椎動物學也頗多貢獻，在生物學界他擁有很高的位置。他不願單作一位專家，他想，若是如此，不特要喪失了他對自然的寬大眼光，並且傷害了做科學家的技藝。因此他忠於自己的意見，

以爲科學家應染以科學的人道態度，抱着將研究的結果帶到社會裏去的願望，並且告訴人們如何利用科學的方法到各種問題上去，以改進人們自己，他們的制度和社會關係。

在講到「科學的方法」時，很要緊的，我們應該分清各種不同科學中這方法的變化，因爲可以說這方法變化之多，恐與科學的種類甚至於科學家之人數一樣的多吧。每一位研究家有他特別的步驟，一如每種科學都適應牠所研究的特種現象而有牠的方法；但是，一如 Huxley 所說，各種科學間有一共同的方法，我們叫做「科學的方法」。從歷史上說，這種科學的理會法發源於古希臘思想家的客觀態度和希臘數學的發展。希臘幾何學最先用此方法而收效果，從幾何學中發軔了以科學的態度研究自然所必須的邏輯工具。這樣，希臘科學開始了實驗的方法並且奠下了後世新科學發達的基礎。近世史上十三世紀時 Roger 培根（譯註）首先用「實驗的科學」(scientia experimentalis) 這名稱將那種客觀態度提倡出來，從此以後客觀的見解和實驗的步驟便成了科學精神的主要部分；每種科學均在這精神的骨幹上形成了各自特殊的構造。

(譯註1) Roger Bacon 十三世紀英國哲學家，牛津僧侶，主以實驗方法代替空談，以求真理。

其次，一如 Huxley 告訴我們的，科學分析的方法不過是常人在日常事故中所用的方法加以精鍊而已。Curis 在他清晰的陳敘中拿出很多日常生活中的例子與科學的步驟加以比較，以說明兩者的類似。一些普通人所共有的觀察力與實踐力與受過訓練的人所共有的頗不相上下。他們都遵照着相同的普通步驟來理會他們所得的材料，或是遵照習慣來行事。所以，科學家推斷結論的方法與普通人初無二致，不過，在分析材料的技藝上，比較普通方法精緻嚴密得多吧了。

但是，在遵照科學的理會法時，一如 O'Hara 所說，我們切不可認為定理是一成不變的，也不是一個假設能皮毛地符合幾樁事實便算證明了。我們應該繼續注意各現象間更多的關係，搜盡那些現象羣間的因果連繫，這連繫各部分間有存在可能的一切關係都應發現出來，然後纔可斷說這事情是真的；即令如此，這真理仍不過是相對的；真理的特性便是始終是相對的，因為現象的組合與類集總是無窮盡的。我們發現了一大羣關係間尤有相依關係的存在，因果連繫與它的各項之間和各項彼此之間，纔能負起現代科學所促成的最大進步。新輿論理學中頗多贊成這種觀點

的例證，在科學思想中所用的數理邏輯學中，在科學實驗中各事象次序與關係之研究中，此種例證，尤易看出。若是牢記這一點，我們可以培養出良好的科學習慣，除非各方面都有廣大的機會能佐證我們的步驟和理會外，我們是不會妄加判斷的。

文獻

人道的精神與科學的精神，華盛頓大學研究會人道叢書卷十二，一五三——一六九面；
(The Spirit of Humanities and the Spirit of Sciences) 一九二五年；

科學與俗事 一九二二年 (Science and Human Affairs) Harcourt, Brace & Co. 出版，本文即採於此。

正文

自然科學的領域包括一切由外來感覺而定的心靈活動，牠的方法也就是人們討論經驗事實所用的方法。外在世界乃是心靈的創造物，認為是與客觀的實在相對比的。論理學即欲決定心

靈研究經驗事實時所用的方法。科學因此依靠邏輯來校正牠的結果，不過科學思想史上明明載着論理學未發育之先，科學的工作都很合乎邏輯。亞里斯多得的演繹法在當時人民思想中已慣了，Francis 培根（譯註二）所提倡，十九世紀諸學者所闡發的歸納法只是將那久已實用而且已經創造近世科學的精神方法列為公式罷了。

（譯註二）Francis Bacon (1561-1626) 亦英國哲學家。

Huxley 說科學只是「訓練過並且有組織的常識」，科學分析的方法只是日常方法的擴大。（腳註一）所以無論誰人，綜合事物的各方面再下結論，再以客觀的經驗去證明，都算是科學的行爲。商人農夫與科學家間頗多共同之點，雖然商農之輩每認為科學家是既呆又妄的。

（腳註一）參看 T. H. Huxley 的「論自然科學的教育價值」全集之一卷，卷名為「科學與教育」。這常被引證的一段為：「我相信，科學只是有組織有訓練的常識，兩者之別便如老將與新兵之別一樣；兩者方法之不同便和衛兵用槍斫刺和土人舞棍之不同一樣，兩者的原動力總是一樣的，或者未受教的野人的肩力還大一點，真利益却在於劍術家之劍，光利而尖銳；訓練過的眼睛迅速查出對方之弱點；準備停當之手即刻乘隙而進。不過，無論如何，劍術僅是舞棒土人之衝殺法加以改良與充實而已。」

談到「常識」的意義，我們最先可以說，一個有常識的人必能合理地處理他的經驗事實。有常識的人看清了事情的全豹，或者說，同科學家一樣，他考慮到一切的材料，然後下他的斷語。若是一個人的行爲是和一個謹慎明達的人遇到了一件事的一切詳情時應有的行爲一樣，我們說他的判斷健全。若是一位理論家不顧枯燥的事實，他就要失敗。若是一位實行家只知道粗率的法則而不注意到理論方面，他也會失敗。過去科學的進步並非靠巫術，而是靠這多方面的意識，應用到科學問題的解答上去。促進科學的思想方法與創立國際大企業的聰明人所用的方法在實質上並沒有兩樣。

石礦主人發現了一層岩石，與以前他的礦區裏出賣的一切石塊都不同。因無專家的指導，他自己開始去試驗和觀察，以決定這新石的用途。經了一些試驗之後，他斷定這石塊有某幾種用途：宜作粗用、壓碎用、不宜作門檻和門框之用；宜作路基，不宜作路面。在得此結論之前，他先建立了幾件事實；其次將牠們與以前已知的事實加以比較；其次類別此石宜於和不宜於某種目的；從此纔得到結論，這樣一種性質的石塊可以有何種用途。他所處的地位是要說服買此石者這石塊的優

點。古時在印度，土人找硬石以作箭頭，也要經過同樣的心理程序。

若我們將科學的意識與上面的例子加以比較，那便如下：地質學家考驗了同一的石層，因為特異點引起了他的興趣。先測量了全部礦床，收集了化石，察看了構造的特點，與以前已見的礦床加以比較。波紋和泥痕告訴了有過淺水，化石指示了水成岩的來歷，床面的偏曲或許是橫壓力的明證。最後，他將此石列入一種著名的地層。因此屬於地球歷史的某一代。如此，地質家相信他已得到了人人了然的結果，並且預備邀他的同志們到那地方去觀覽事實而證實他的推測。

那石匠，雖然只知營然，也經過了類似的心理程序；雖然他似乎被迷惑了，因為到底他的關於岩石的知識有限，而且因為營利是他唯一的動機。地質學家的優點在於他博大的知識和不以營利而以建立事實為目的。我們要說的是兩者心理程序的類似，實質上那便是科學中的歸納方法。因此科學的方法，與科學的事實一樣，也可以用「共同」這形容詞來標明一下。科學的方法與事實，各種人都可共同的分潤一點。這並不是一個人的幻想，而是很多人的公論，這很多人都是在特別情形下可認為是勝任的公正人，和對古今感覺的分類法會下類似的解說的人。這最後

一點並不是說得到大多數人的信仰便足以證明科學方法的健全。從前一度以為，始終相信，處處相信，人人相信的事總是對的，只因爲牠是廣爲接受了，不過現在我們早已不這樣設想了；因爲全體可以蒙着同樣的欺騙，抱着同樣的錯誤。這就是說，某人在特殊情形下建立的事實，別的受過訓練的人去試驗那現象，也應該是不變的，即是說對於各人都是共同的。這種共同性乃建立在感覺上，不在純主觀或是因人而異的敘述上，與用祕密的眼光洞悉神祕物頗有不同。當這種感覺充分的校正了，共同的結論隨之而生。不過這並不是說後世人的另一種感覺便不能將此結論變更。

誰是正規的人呢？這我們只能答道，正規人 (the normal man)，一如折中人 (the average man) 一樣，只是心靈的創造物。每個人自有其特點與缺陷，主觀的特性是必須承認的，這種特性叫做個人方程式 (Personal equation)。但是，除非特別怪僻的人，都能共同相融，則是個實在事實。自然，決無兩人對一個所謂外界物件有着共同的感覺，但是這並不礙兩者的吻合。無論在時間空間上，兩者之吻合越廣，因此而得的說明越是可靠。

其次，我們可以問就科學家們的意見時有不同而論，對於一樁現象，究竟有無共同的說明存

在。這可以回答說，某些現象確有共同的解釋，這種解釋隨科學之進步而益增多與重要。試舉例詳細說明一下：大家都知道一切生物都是細胞構成的。原形質 (protoplast) 的細胞組織的例外，如多核細胞 (multinucleated cell)，原形體 (plasmodia)，空心體 (synzytia) 等等，都可以排入核形質 (nucleoplasmic) 與除核形質 (cytoplasmic) 的普通學說之內，在生物學史上有一時期細胞說完全不知道，接着一個時期一切生物均屬細胞組成的假設是提出了，不過觀察的基礎卻是很小。這假設當初是有指摘之餘地的。但是觀察到細胞的事實漸多，細胞說的普遍性也漸被接受了，到今天簡直可當作一件事實，因為除非我們和古時這學說初倡時一樣，在未完全將一切生物都加以試驗之前，便假設他們都是細胞構成的，在這情形之下，這學說便只是一個假設罷了。既研究過成千累萬的動植物，而得知都是細胞組成的，這學說的第二企圖便是要得知新生物一經發現，即刻試驗其是否也由細胞所構成。細胞學說，與引力學說一樣，乃是一件事實，並非空的理論，惟有將牠應用到未知的地方去時，或是進一步的分析而推論出暗藏的因果關係時，我們可以叫牠是理論。只要顯微鏡准用，誰也不會非難細胞的存在和其他用顯微可察見的一切假設；正如引

力的普遍性誰個都承認一樣，因為無論在美國，日本或是火星上，石頭從高處拋下，必向下落。因此，關於細胞的存在，是共同一致的，並且下而至於細胞的組織與活動也是一致的，例如一切細胞都含有色質，一切細胞都由母體細胞分裂而成等。

當我們說細胞學說是廣為接受了，這意思是說，許多專家用顯微鏡試驗了無數動植物的身體組織，而得知都是細胞組成的。因此，在勝任的科學家之中，有種一致的意見存在，這便是學名之曰細胞學說的東西；換句話說細胞學說幾個字在每學者心中都表示了相同的意義。學者們與無生物學常識的人對這種意義的區別只是前者的根基較廣，觀察較嚴所以也較可靠而已。細胞的結論凡是會用顯微鏡的人都可申引出來；只要將要試的材料加以特別的預備便可了，這便是 Huxley 叫做有訓練有組織的意識的一個好例。這樣得到的觀察與結論與日常生活的觀察和結論並非根本不同。前者不過是後者的精鍊而已，惟專家的技藝與專家特備的材料纔可得到，科學中決無妖術。科學的方法也就是常人常用以思想的邏輯方法。科學每每最初闊步邁進，由於研究者之偉業，察透了一大堆原無關係的現象間的統一性，他的勇敢的假設最初也和詩人幻想的

奔放，和商界明星的遠見一樣。但是最後要追究的卻是那假設一步一步的實證，直到學說成了常識，無論誰人複習了那現象，都可證明。

試再舉一個例子。古時有些胚胎學家擁護一句格言，*omne vivum ex ovo*（一切生物均由種子而來），這是喻生育的情況；後世的胚胎學家推廣了這普遍法則，直到我們接受了一條敘述，說「一切細胞均來自母體細胞」。這就是說，所謂舊學說的新敘述，即是古人記錄下了事實，後人加以證明；我們自己看到過胎胚作用和發育作用；我們的同志們對這些現象也很熟悉，因為他們同我們談到他們看到的東西，和我們看到的一樣。並且，我們假設只要推廣這種觀察，我們處處可以找到這種作用。因為這工作是經年累月的研究者所作的，工作的方法並非超人的，只是日常工作與思想所用方法的精鍊而已。處處都有證明較簡單的事的共同機會，處處所得的結果都是一致的。

分析現象的技術的精拙便是用科學方法和用普通方法以求結論的唯一區別。無論裝配什麼機器，我們可以練習一種極相同的感覺。不過這種感覺尚有一點與科學家所表現的不同，這一

點就是科學家所試驗的事實較爲複雜而且須廣爲預備纔能研究。一個人在園中築了一條水泥路，從試驗，經驗與隨築隨想的事情中得到了不少的知識。化學家欲改良水泥化學時所作的與那人大同小異。僅是化學家從較爲深奧得多的地方開始，又有較博的學識，所以他知道錯誤之所在，而那普通人卻無從了解了。

所以我們的結論是，在科學或科學的方法中，並沒有什麼真正神聖無比的東西。科學家並非巫師，只不過是將日常合理的分析方法用之於自然現象吧了。人的理解力是須要訓練的，凡具有這種訓練的人都可共享。科學中的簡單事實較複雜的事每每共同地領會得少些，正是因爲太複雜了，難於證明，或是陷於謬誤解釋之下。並且，任何正常人訓練自己去試驗自然現象，都可以希望得到與著名的普遍定理所列敘之結果一致。若是有可非議的基礎與意見的參差，那是因爲科學方纔得到一件勉強尚可成立的事實，又注意到別的地方去了。當我們對一部分材料的說明已無異議時，此說明不能解釋的材料也應該常常引證；或者並可另闢新途徑去研究，這新途徑當初也會產生不確定的結果。個體發育的普通程序已被我們滿意，別人也贊成，我們進而研究別種新的

題目，如受胎與分化。關於此新題目，我們已知的事實根據實在太少，現在尚不能發現一個共同的基礎，以列敘一個學說於其上。科學中有分歧的意見，僅僅因為科學的生命時在孟晉，且因為科學與亟欲要做之工作的關係比已經完成工作之關係較為深切。參差的意見每因事實的建立而即化為一致。

現在主觀法在科學進步中之功用已很清楚了。人的思想追源可分為兩類，一為主觀的，一為客觀的。如邏輯一類的研究方法，科學志在研究主觀因子操縱事實的手術與步驟，其本身單獨並不能引出任何外在世界的真理，不過尚能發現更有效的方法以處理事實。通常都認為，論理學家即令有時方法完善也只在紙上幻弄，這似乎是根據一種信仰，以為理會的技術不過是一件工具，因之只是附屬於研究材料的。僅用主觀的方法，人們便能得到任何外在世界的知識，這種觀念與自然科學的思想，人類的常識，均相背馳。

科學的定理與科學的真理

科學的定理若叫做普遍法則 (generalizations) 似較得體，因為他們僅是將經驗列成公式而已。定理這名詞易起誤會，以為科學定理必須什麼東西把牠建成。古時社會風俗的定理都認為是來自鬼神，法律都知道是人所造的。所以，通俗對定理的含意都當成法規，乃有權力者所創，必須服從。由此類推，自然定理就當作了指導宇宙的原則。自然界好像是非依一定法則運動不可了，不過事實上我們僅僅非常一貫地，非常肯定地看到一些事象和內在關係的複雜表現，因之使我們覺得再逢了類似的情況時，牠們一定會再現的。在談到了因果關係時，「必然如此」的觀念很難避免。但是即令論及因果，一出現象間之關係之外，科學分析也不能啓示必然如此的觀念，雖然我們看到果總是隨因而生。自然科學的定理是一種簡法，只用以描述現象之大概次序。通常這種定理，在科學家看來，乃是被發現的既定關係，而不是人所創造以強迫自然界遵循而動的。

科學將「適當的因果關係」當為牠的信仰的基本教義，則確有其事。有人主張「神怪的時代已經過去了」，科學給他的答覆卻是，從來沒有過神怪時代，因為每種現象都有相當的原因的。不過，科學定理，或是叫做「確定法則」的真基礎應該放在心裏。我們可以這樣說：假設現在是時

間的中點，我們實無別法可以表出現在，因為我們必須想到時間是向過去未來兩面無限延長的。若有一人能知一切過去發生的事情，他也只知道一半的適遇率，因未來的時間、事實、便和過去的相等。過去常常發生的事將來一定發生這假設，最多也只有半的適遇率為其根據。姑承認比一半少得多的可靠性便足夠日常之用，那麼理論的地位就值得放在心頭了。

更進而論，自然現象之重現，與自然定理的區別，實不如意想的那樣重要。在重現的情況中，一些現象融合得非常引起注意。一條科學定理呢，我們看到了一些現象常常依一定關係融合起來，以致引起我們假設將來他們也會不二的融合着。除了藉口以往總是如此，或是說已知關係肯定得不容第二結果的發生，此外并無一件現象之融合性，必須繼續的必要。所以，若你看到一個紅頭人騎大白馬，你毫不以為奇。若你在前面街上又看見一個紅人白馬，你就會對這重現加以注意了。若你在每個街口看到一個，你會猜到這並非偶一重現，而是個固定的關係。若是你凡在街口上，而從來未在別處都看到了紅頭人騎着白馬，你會將這羣相關的現象當為一件事實，此事實乃用科學觀察所建成，推測將來也必如此，一如今日之烏有嘴有羽，他日必也如此一樣。這樣將一件事或

一羣事，過去現在和將來的發生與否，列敘成爲公式，就成了一條自然科學定理。

前面這例子乃就分類學 (Classification) 而立論的。若涉及由實驗而定之次序 (sequence) 關係，其立論亦無不同。因此，某些現象可用級數 $2+4+6+8+10+\dots$ 等來記，(腳註二) 可由實驗決定。這裏也是一樣，我們可以觀察到一羣有關的現象。級數的特性引入了較肯定的時間或空間元素和較複雜的內在關係，不過內在情況因此而變，尙不能明白看出。科學定理並非一種原始的立法條例，自然界必須遵守牠，科學定理只是將觀察所得的關係列成公式而已。若是我們不叫做定理，而叫做普遍法則，一些不當的糾纏便不會再妨礙科學的哲學基礎了。

(腳註二) 近代科學發現了很多級數關係，級數中之一項爲以後各項的函數，似乎是一大進步遠勝古代的科學方法。在希臘科學中，分類關係如 $A \succ B$ 已能了解了，不過函數式的關係尙暗然無知。這種函數式的關係頗爲加強了因果關係中必要性的觀念。

其次，遇到繁雜的現象時，科學家們要實現一種概念，即是，他們認爲是真理的東西無論在任何特殊時期均不會中止。他們漸趨相信真理是永遠建立的，只要科學的試驗是竭盡地應用到一

羣現象的一特殊說明上去了。若是一個較單純的問題，更免不了有一個強有力的臆斷，去擁護這說明的永遠真實性。不過，當我們說那一件事是真實的，這只是說，就我們現有的知識，尙可以將之作一個有時間性的敘述。這種有條件性的敘述便是任何一定時間內的所謂真理。若是以後，新事實必須將公式重列，我們便說真理是與以前我們所想的完全不同了；這新敘述當然也可再被變換。

所以，今代的真理未必還公認於後代；因為我們給與真理的意義只是能適合現代流行的材料。由此，曾經長久流行的日繞地轉說，在當世也是真理。亞里司多德把呼吸解釋為一種將血液冷下的工具，雖然後來由別種觀念起而代之，確為當世知識之一好例，也可叫做當時的真理。絕對的真理或是可得到的，並且誠然可以在某一些特例中尋獲。但是當人們相信已達到最後的真理了，他們又覺不知所措了，當科學家想到任何真理永遠不變，科學便有僵硬之危險了。科學家須得向自己說，他們的真理只是有用的假設，似乎建立得堅強的真理有一天也會推翻的。自然現象的較簡單的真理，確實是較為可靠些。不過，科學的真理必須常常能接受擴充和修正，有時甚至於不辭全部更換。

四 幻想的科學效用(腳註二)

John Tyndall 著 (1820-1893)

緒論

很多人以爲幻想是藝術家所獨有的，在科學的工作中無插足之餘地。這個普通錯誤，可參證科學家的工作，卽刻駁倒，如在 J. Tyndall 這篇『幻想的科學效用』論文中，說得很明白。幻想在科學知識進展中所負的重大任務實不亞於在詩人、藝術家、哲學家的創造中之重要；事實上，牠乃是一些最前進的科學家的最顯然性格之一。『Davy 富於幻想的天才，至於 Faraday 幻想的活動更是不息地，領先，伴從和監督着他的一切實驗。他是一位多才多藝的發明家，大都由於他的幻想的鼓勵。』本文內所述的這些和別的例子充分證明了建設性的幻想在科學研究中的重要。很

少人會將這一點看得像 Tyndall 一樣清楚，更沒有誰說得像他一樣完善。

(腳註一)此篇採自 *Fragments of Science*。

(引文第一段) Emerson (一八〇三——一八八二美國詩人) 詩：

試聽神祕歌，
讚韻地初塑，

歌聲揚霄外，
君聆作何說？

對耳唱萬物，
當初何始伊？

延綿趨無窮，
辰星各自移；

宇宙旋復轉，
時空兩悠悠；

洪水泛潦原，
沙泥積長洲；

金石與力形，
始原各有定，

端極共權率，
寒溫暖無盡，

變化起衝急，
萬物溶失性，

眞物成虛玄，舉世入幻境。

(引文第二段) 歌德詩(譯註一)

只在外面拖，卻讓宇宙自己，

自由的轉舵，這豈能代表，

萬能的上帝麼？我們若這樣說，

倒較爲切確：上帝，

他使世界的裏面，也運動活潑，

他懷抱着自然，自然也將他懷抱着。

(譯註一) 歌德 (Goethe) (1749-1832) 德國大詩人、文學家、哲學家、植物學家。其少年維特之煩惱一書，全世界青年，盡人人讀過，此處之詩四句，不知採自何處，謹將原文附出：

Was Wir' ein Gott der nur von aussen stiesse,

四 幻想的科學效用

Im Kreid das All am Finger laufen lassen

Ihm zient's, die Welt im Innern zu bewegen,

Natur in Sich, Sich in Nature zu hegen.

(引文第三段)最後,物理的研究,超過其他一切地,幫助了告訴我們幻想的眞價值與正用處——幻想,一種奇才,漫遊難羈的奇才,引導我們迷失於困難與錯誤的野原中,於那多霧與多影的野原中;但是若善用經驗與反省去管理,幻想便成了人的最高尚的特質;詩意的源泉,科學發明的工具,沒有牠的幫助,牛頓決不能發現流束, Davy 決不能分解出鹼土族的元素,哥倫布決不能找到另一個世界,——皇家學會的主席 Benjamin Brodie 在該會之演講,一八五九年,十一月三十日。

正文(一八七〇年在利物浦英國協會之演說)

我今年到 Alps 山去會將今晚的工作帶去。除了靠記憶之外, Alps 山對我並無直接的幫

助；不過爲要激起我對此工作的情緒與間接的滋養我的智慧與意志，我帶了四部書，其中有兩卷詩，歌德的色彩學 (Farbenlehre) 和 Alexander Bain (1818-1908) 先生最近出版的論理學。在歌德的書中，除了很高尙之外，我主要在注意他的天才所自作的傷痕，如他徒然去反抗牛頓的哲學。W. E. B. 先生呢，大部分我都覺得有學識經驗，多發出乾枯的光來，但是有時也一映情緒力量的光輝，那證明了連論理學家也具有人生的熱情。當他變成了我自己情況的明鏡時，我對他最注意。一個人過孤獨生活，在智能與社會兩方面講，都是不好的，當我們發現了別人也遭受着同樣的思想的悲哀時，自己的悲哀會更深切地發生的。在他書的幾段中，我能推測到 Bain 先生也非未受過這種悲哀者。例如說到智力的衰微吧，那是我們常常感受到的，Bain 先生說：「欲找出以後發明的機會，是不可靠的，這種不可靠性引起了衝突的痛苦與猶豫的衰弱。」這話乃是他個人經驗的真鳴聲。研究者的行爲是周期性的。他緊握着研究的問題，與牠奮鬥，或許，在當時他竭盡了自己的力量，和那問題的內容。他休息了片刻，再在另一方面振起了奮鬥。這兩個研究間中止的時間並非常常是安閒的。那常常是一個懷疑與不安——憂鬱與怠倦的時期。「欲找出以後發明的機

會，是不可靠的，這引起了衝突的痛苦與猶豫的衰弱」。我也是處在這情況下，準備着待現在與現在的大難的到來。

日常生活的習慣，大部分只關於空間或是關於內心裏將物件在空間裏加以集合一類之事，有所活動；用着這些活動，大眾的心理纔預備好了幾分以接受物理的觀念。假定你也有了這種預備，我很想探索，同時使你們也能探索，一些光與色的較神祕的特性和作用。我想，若是可能的話，將你們帶出單純觀察之外去，帶到一個事情都靠理智來辯明的地域去，同時告訴你們一些在那裏隱藏着的光學作用機能。

但是，遮隱的東西如何顯示出來呢？哲學家斷言我們不能超越事實，或許是對的；不過我們總能將經驗從牠的起點帶開很遠。我們能擴大、縮小、限制和合併經驗，使牠能適合全新的目的。在解釋感覺現象時，我們慣於形成感覺以外的智力影像。甚至在科學界也有保守者認為幻想是一種可畏的才能，寧避而不用。他們看到了沸水在薄瓶內的作用和不幸的爆炸。但是他們可以用同樣的理由指責鍋爐的爆炸而作反對用蒸汽的藉口。用精密的實驗與觀察去從事，幻想便成了物理

學說的技師。牛頓從蘋果下墜想到月球下墜便是預有準備的幻想的活動，沒有牠，「Kepler 定律」決不能探得基礎。從化學事實之中，Dalton 的建設性的幻想造成了原子學說。Davy 富於幻想的天才，致於 Faraday (譯註三) 幻想的活動更是不息地，領先、伴從、和監督着他的一切實驗。他是一位多才多藝的發明家，大都由於他的幻想的鼓勵。科學家以幻想為羞恥的，是因為這字科學之外的意義；但是事實上，若沒有這種力量的活動，我們對自然界的知識只不過是一個表冊，記載着同時存在的事情與前後發生的事情而已。我們仍能相信日夜、冬夏的交替；不過力的觀念永不會在我們的宇宙內出現；因果關係將會消滅，然即用這種關係，科學現在將自然界的各部分纔聯繫成一單個有機體。

(譯註二) Dalton, Davy, Faraday 均十九世紀英國科學家，Dalton 最早，Faraday 為近世最著名之實驗科學家，出身貧賤，後為 Davy 之學徒，一八二五年竟繼 Davy 而為皇家研究院院長，其名著電磁學實驗已有漢譯本。

我將舉幾個例子，以說明科學家已經在如何地利用幻想，以後再指出現在科學家們正想作

的其他功用。試從淺近的經驗着手。試看那大雨點落入靜水池中。每一點打着水面，即變爲波紋的中心，從此中心向外發出一串環形波。重力和惰性便是發生此波動的主動者，簡單的實驗可以證明這波的傳播速度不足每秒一呎。當這波接連到達一件水中的物體時，這物體會感到一串細微的震動。但是一個更細微的運動同時也掀起和傳播了。若如 Franklin 的實驗一樣，把耳官沈在水下，我們便可以聽到雨點的滴搭聲。這聲波的傳播速度，不是每秒一呎，而是每秒四千七百呎。音波並非由於重力，而是由於彈性力的作用。每個液體分子拉動鄰近的分子，發出極速的運動，這樣一個波動便如聲音的顫動而傳播出來。水之不可壓縮性，如 Florentine 實驗（腳註三）所闡明的，便是水的彈性的一種量法。音波在水中迅速的傳播便要歸功於水的這種強烈的特性了。

（腳註三）Florentine 實驗是一個證明水不能用吸管升高三十四呎，水銀不能吸高三十吋。Florentine 的工人將此實驗引起了 Galileo 的注意。他注意到那真空不能高於三十三呎的性質，特令他的學生 Torricelli 去研究這現象。這位物理學家後來造了氣壓計，或者叫做 Torricelli 管。（參看 Century Dictionary）。

但是，水並非傳音所必須的；空氣卻是最普通的媒介。你們知道，當空氣具有與水結冰時的溫

度相當的密度與彈性時，音速是一〇九〇每秒呎。這差不多恰巧是水中音速的四分之一；理由是雖然水的重量較大，勢在減小速度，但液體的分子彈性之大，遠勝過抵償重量的反作用的數目。用種種設計，我們可以使空氣的振動自己表現出來；我們知道音波的波長與振數，我們又精熟於使空氣發生振動的各種方法。我們知道振動棒、風琴管、繩、膜、板和鈴的振動現象和定理。我們可以用一個音去消滅另一個音（干涉現象）。我們知道樂音與噪音調和與亂雜的物理意義。總之。關於聲音，我們對於與我們感官相符的外界物理作用，有很清晰的觀念。

在音的現象中，我們很少離開直捷的感覺經驗。但是幻想仍然相當地活動着。例如，人的眼，不能看到音波的密與疎。我們在想像中建造了牠們，我們相信牠們的存在，如相信空氣一樣。但是我們的經驗遂帶入了新的境域，在那裏經驗有了新的應用。既知了音的原因與構造，我們想進而知道光的原因與構造。我們要擴張我們的研究，從聽神經到視神經。在人類的智力中有一種擴張力量——我竟可以叫之做創造力——乃僅研究事實，即能作用者。從紊亂中求條理的情形即由這種力量的運用而來。這問題，只要將音的構造，加以適宜的修飾，移到空中以適應光的情況，便很明白

了。我們很熟悉音速依什麼而變。若減低空氣的密度而不變空氣的彈性，音速就增大了。若增大彈性，不變密度，音速也增大了。所以，小密度，大彈性，是大速度的兩個必須條件。現在，我們知道光是用着極驚人的大速度行進的，每秒鐘十八萬六千哩。這速度如何可得？那只有勇敢地假定有一種極稀薄與彈性極大的媒質擴散於空中。

試以此媒質為起點，並且，再給牠一二個必須性質，再用嚴格的力學定理來處理牠。再將我們的結果從理論的世界帶到感覺的世界去，看看我們的推演是否與普通知識加上專門實驗所顯示的真相相符合。若是在這現象的各種變化之中，包括那些最遠與最難的敘述在內，這基本觀念總能使我們碰到真理；若是在自然界找不到我們根據這觀念而作的演繹的矛盾，而卻處處是符合與證實；若是，更進一步，如圓椎屈折 (conical refraction) (譯註四) 等事，這觀念迫我們注意到已前未曾見到，未曾想到的現象，——這樣一個觀念，照我們想，必不能說只是一個科學空想的虛構了吧。在作成這觀念時，那種能組合能創造的力量，那理智與幻想合作而生的力量，將我們領入了一個與感覺世界差不多真實的世界裏去了，這個新世界啊，感覺世界便是牠的暗示，也大半

便是牠的結果。

（譯註四）圓樞屈折，爲一種光學現象，初爲 W. Hamilton 由理論導出，後由 Lloyd 加以實驗，始發現此現象。用雙風折晶石一塊，平行置於一幕前，投射以光束，光束在石中呈圓樞形，透過後呈一空心光柱。

不過，我決無意要你們一成不變的相信這個或是任何別的理论觀念。我們當然要爲這透明以太的學說留以伸縮與變通的餘地。你們又可以藉口，雖然現象的發生，好像有種媒質的存在一樣，牠的存在，的絕對證明仍沒有。我決不否認這種說法。我們試拿一個例子來估計牠的價值。你相信社會上你週圍的人都如你自己一樣的有理性。對這，你當然是堅信不疑的。但是什麼是你信仰的保證呢？那僅僅是那些人們的行爲，好像他們是有理的，一個假設也只要能說明事實，別無任務了。再拿一個顯著例子：你相信我們的主席是個有理性的人。爲什麼呢？並沒有方法可以將我們中之一位與另一位巧然相疊合，以當爲持有理由。因此，若是你相信主席是個有理性的人，那只因爲他的行爲好像他是理性的。談到以太，超出好像之外，我們什麼都不能談了。不過是，既然很多名人，將兩種推理法（理論與幻想）所根據的材料加以精確的比較之後，都斷定以太是可以利用

的，我又何必妄作驚疑呢。

以太，這種宇宙媒質，乃是波動的媒介，不是波動的來源。以太能受光，透光，但是不能產生光。然則光波運動從何而來呢？那大多數來自發光體的運動。我所謂發光體的運動，並非指述發光體的可見的運動，如燭焰的搖拽，或是太陽邊緣突出物的射出。我所指的是發光體內部分子或原子的運動。但是這話尚有一點應當保留。現今很多化學家不承認原子，分子是真東西。（譯註云）他們的謹慎態度使他們停頓了 Dalton 所倡議的，在力學上有清晰觀念的原子學說。而代以「倍比」學說爲他們的目的。雖然我想這謹慎在此是錯用了，我都很佩服。怯於接受原子學說的化學家，卻毫不猶豫地接受了光的波動說。同你我一樣，他們人人都相信以太和光波。試一看這信仰發生了什麼，試再將你的幻想用一下，想像出一串音波經過空氣。隨了這羣波直到牠們的原始點，你看到了什麼東西？一個肯定實在的振動物。這振動物可以是人的聲帶、琴管，或是緊張的弦。同樣隨着一串以太波到牠們的來源處，同時牢記着以太也是物質，有疎密，有彈性，能依力學定理而運動。你擬找出什麼作爲一串以太波的來源呢？問問你的幻想，能否接受一個倍比振動——一個數目字的比

例在那裏振動？我想那決不能。你不能在此以太學說上加此無謂之抽象。科學的幻想，纔是這裏唯一可信的，需要一個振動物質粒子作爲以太波的來源與原因，這粒子雖然或許極小，卻與音波的來源一樣肯定。這樣一個粒子便叫做原子或是分子。我想，智力，當專注以求清晰無影的定義時，最後，必能想出這種分子的像來。

(譯註五)自一八九〇年至一九〇八年之間，德化學家 W. Ostwald 所倡之能力學派 (Energetics) 聲威頗著。Ostwald 謂分子及其運動乃決不可眼見之不能實驗的假設，同時當時熱力學之應用甚廣，幾有進而說明一切自然現象之趨勢，而熱力學中只須知一自然變化間能力或熱之變化即足，無須究變化間之真構造。殆一九〇八年法人 Perrin 研究 Brown 運動，證明懸於液中之粒子均往復運動不停，並能遵照分子運動說導出之定理。其後材料及新工具日增，至今分子原子之觀念又爲世人共信矣。

爲要保持這談話中思想之連貫，和防止智識或記憶的缺陷以免引起我們圖形的任何裂痕，此刻我擬迅速談過一點你們多已知之而我又急欲你們熟悉的事。發光體的振動原子在以太中所掀起的波，有各種的幅和長。幅是波中每個粒子擺動的寬。在水波中，這便是從波陵到波谷的高，波長便是兩陵間的水平距離。太陽放射出的波羣大概可分爲兩種：一種可以激起視覺，另一種不

能激起。但是發光波自己的大小，形狀和能力又顯有不同。最大的可見波之波長約等於最小的一倍，而最大波的幅或許比最小的大百十倍。光的能力，依感官說，便是光的強度，是與振幅的平方成正比的。所以，若振幅差一百倍，最大可見波的能力便會比最小的大一萬倍了。這並非不可能的。我用這數目並非欲數字準確，而只在給你們一個肯定的觀念以表示可見波中可能存在的區別。若我們拿全部太陽輻射而論，——牠的不可見波及可見波一起——我想，最大波的能力，恐比最小波的百萬倍還大吧。

試轉到與光波相當的感覺去吧，各種光波產生各種的色。例如，紅色，是最大波所產生的，紫色，最小波所產生的，綠色卻是中等波長與振幅的波所產生的。從空氣射入屈折較大的物質中，如玻璃、水、或是炭的硫化物，一切的波都弱了一些，而最小的弱得最多。這供給了一個將各種波互相分開的方法，換句話說，分析光的方法。試將日光投過一個稜鏡，日光便從原來的方向偏了一些角度，紅光偏得最少，紫光最多。事實上光線被折開了，印在一張受此「日景」的白幕上。嚴格的說，這景含有無數色彩；但是限於言語，限於我們的辨色力，只將牠分爲七色：紅、橙、黃、綠、青、藍、紫。這便是七種

原色。

分開或是用各種比例混合起來，日光產生了各種自然界見到的與藝術上用到的顏色。集合起來，便給與我們白色的印象。純粹與未移動的日光是白的；若是日光的各部分都用同樣的比例減少，雖然強度減小，這光仍然是白的。日光照在白雪上映成的白色，差不多非常刺目。同樣的雪在陰天裏仍然是白色。陰天的天向上反射了一部分光，而使下射之光減弱；若我們站在雲層之上，——如在 Alps 山巔，或在 Snowdon 之頂——而向着適當的方面看，看太陽照在我們腳下的雲，雲呈着燦爛的白色。事實上，普通的雲，將衝在牠上面的日光分爲兩部分，——反射部分與透過部分，兩部中各種光波配合以產生白色印象之比例，則未變更。自然，若各種光減少的量相等，就不能構成白色了。牠們只能等比地減，不能等量地減。若反射將光波中之紅光分爲相等二部分，爲要保持白色不變，黃光、橙光、綠光等也必要分成相等二部分。總之，只能遞減相等的分數，不能減相等的量。在白光中紅光所含的能力比紫光大得多。（譯註）若這條條件一變，眼所見的青光在視覺中便占了優勢。

(譯註六)按舊學說認為波之能力僅與振幅平方成正比，近量子論則謂能力並與振數(即每秒振動之數)成正比。在真空中，光波是雖有不同，光速則一樣，故短波之振數亦大；故紅光與紫光所含之能力，何者為大，實難盡如此文所述也。

以太波非特被雲，固體液體所反射，若從密空氣穿到疎空氣，或是從疎到密，也有一部分波動被反射。空氣層的密度從底到頂是連續遞減的，為要使觀念清晰，我們可以將全大氣層分為若干同心薄殼，即是空氣殼，每一個殼內的密度不變，所以從一殼到另一殼之間，都有一個小而急的密度差。光可從每個殼面上反射出去，這些殼的作用實際上與真大氣並無區別。我現在要你們的幻想作成這反射作用的圖形。這反射光怎樣了？大氣層的凸面向着太陽；牠們是無數弱力的凸鏡，你即刻便知道各殼面所一致反射出去的光全不能達到地面，而分散於空中。這樣反射的光自然不是天上的光。

但是，雖然日光並非如此被空氣層反射以達地面。我們卻有無疑的證據，證明蒼天的光是折散光。在此，最服人的敘述的證明可以引用一下，不過我只須注意到我們同時從半個天球的各部

分都接受着光。地球的光插過太陽光的方向而達到我們；甚至於恰與太陽光的方向相反；這種波動的橫過與對面衝突只能由於波從空氣本身的反衝而成，或是從懸於空中的東西反衝而成。同樣明顯的是，不像雲的作用一樣，日光從天上反射出來並非依照產生白色的比例。天是青的，指明短波的過剩。討論天的顏色時，第一個問題從類似性的暗示而生的當然是，空氣不是青的麼？實際上，空氣是青的也曾經做過天是青的之答案。但是，如果空氣真是青的，為何日出日落時，陽光經過了較厚的空氣層，倒是黃、橙、或者甚至於是紅色呢？白日光經過青媒質實不能倒使光波變紅。因此，青空氣的假設不能成立了。事實上，不管媒質是什麼，牠將天上的光送入我們眼內，只做了變色的作用(dichroitic action)。反射光是青色，透過光是橙、紅色。所以天空物質與雲之間，顯示出一個很大的區別，那便是雲之變色作用很小。

我們有希望用幻想的科學用法來將這神祕揭穿。雲不能察覺以太波的大小，只同樣的一律反射出去。雲沒有選擇的作用。這原因是雲粒子比以太波太大了，所以將各種波同樣的反射出去。大西洋中之大崖，反射一個洪濤巨浪便同反射一個鳥翼拂成的小漾一般地容易；同樣，在大反射

面之前，以太波中的大小不同，一概不見了。若假設這反射粒子，並不很大，卻比波浪小，那麼，只有一小部分是激碎了，大部分的波越過這小粒子而未反射。因此試將這樣一把小粒子洒在我們的大氣中，用幻想去觀察牠們對日光的作用。各種的波都衝激於小粒之上，每衝一次減去波的一部分；日景的各種波，從紅到紫，遂都受了影響了。

記着，紅波與青波的關係很像巨浪與輕漣一樣，我們要研究究竟那極小的粒子能否掀起等比的折散。若是不能的話——稍加反省即知不能——發生色彩必是折散中的事了。大小本是相對的；波越小，波所衝激的粒子便相形越大，折散的成分也越多。靜水塘上雨點所掀起的小波，碰到一個小石子，被折散的成分確實不小，但是一個大浪被這同大的石子射回的成分，真是微乎其微了。我們已經明白了要保存陽光的白色，牠的成分間的比例不能變更；但是在這種極小粒子的分化作用中，那比例確是變了；粒子折散了過分的小波，結果遂使折散光中青色最著。景中的別種色當然多少也與青色配合了一些。牠們不是沒有而是不足。我們應該各種色都有；不過從紫到紅成分漸減吧了。

我們這兒將一件事送給幻想了，假定波動學說是真的，我想我們於是斐然得到結論了，這結論便是，很多小粒子，比以太波小得多，散播在空中，受牠們折散的光便會與我們真見的青天完全一樣。若分析這光一下，景的各色均可找到，其間的比例與我們的結論同。並非只有青色，不過青色卻最多。

試再注意一下穿過粒子而未折散的光。他們最後應當怎樣呢？接連的與粒子碰衝，使白光中的短波越少，所以青色也逐漸不稱其量了。結果可以預測。透過光若只經過短距離的粒子層時，呈黃色。太陽落向地平時，要穿過的空氣層加厚了，結果折射粒子也增多了。牠們接連地將紫光、藍光、青光提去了，甚至於綠光的成分也被擾亂了。如此而得的透過光必是從黃而橙而紅了。這也正是我們在自然界中看見的。所以，正午的反射光呈現了 Alps 山空的蔚藍色，黃昏時的透過光卻呈着 Alps 積雪的緋紅色。這些現象真好。我們的大氣是一個因懸有極小的粒子而少帶渾濁的媒質一樣。

這兒，我們又遇到了懷疑的記號「好像」了。牠是一個科學中的寄生蟲，時常遇得到，稍一有

隙，便想從我們哲學基礎的弱點上申長出來，發芽出來，但是強有力的組織抵抗了這寄生蟲，在我們所說的例子中，當我們訴諸現象，適遇率便同病後的復原一樣升漲，直到最後懷疑的病魔完全合根剪除了。第一個自然會發生的問題是：小粒子真能證明有如所述的作用麼？請勿用懷疑。你們人人都可將此問題委諸實驗的證明。水不能溶解松香，不過酒精能溶；當酒精的松香溶液滴到水中，松香即刻散成固體粒子了，那使水成乳渾。這洗澱的粗細靠溶解松香之多少而定。你可使他結為厚塊，或是成極細微的小粒。Pitche 教授告訴我們一個比例，可以特別適應於我們現在的目的。一克的淨松香溶於八十七克的純酒精內，將此透明的溶液滴入一杯淨水內，加以活潑的攪動。一種極細微的洗澱便形成了，由於牠對光的作用我們可以察知牠的存在。將一個黑面放在杯後，使光線從杯口照入，這溶液便呈極清晰的青色。牠或許不及 *Alps* 山最清明的幾天所呈的青色那樣美滿，不過已是很美的天青色了。淡淡的肥皂水也呈淡青色。倫敦，或許是 *Liverpool* 的牛奶也大概呈同樣的色彩，若用同樣原因的手術而配製；並且 *Helmholtz* 曾慢然聲稱，深藍色的眼睛只不過是一種渾濁媒質而已。

這種渾濁媒質對於光的作用，歌德曾加以述說，他雖不知道波動學說，實驗卻使他將蒼天當爲用光照耀着的渾濁物質，天後襯着黑的空間。他說，玻璃用透過光照着，便呈亮黃色，用反射光照着，呈蔚藍色。Stokes教授，他或許是辨別小粒子對以太波的作用的真性質之第一人，也敘述過類似的玻璃。（腳註四）上等的此種玻璃可在Salvia街與St. James街購得。藝術家之所謂「冷凝」（chill）無疑地是這種現象的結果。由於小粒子的作用，圖畫的棕色多像是梅黃色。試用絲巾將光澤擦去，光學的連續性又成立了，所謂冷凝作用也消釋了。幾年前我目睹Hist先生在Zematti作Viap的渾水實驗。大約靜置一天之後，大粒子都沈了，但小粒仍然懸於水中，而發出水的鮮明的青色。一些Alps山上湖水的青色，曾加以證明過，是部分地由於這原因。Roscoe教授曾注意過幾件類似的嚴格例子。已故的Forbe校長有一篇極佳的論文，證明若善於觀察，從火車安全瓣中發出的蒸汽在某種密度時，表現着天的色彩。用反射光看是青色，用透過光看，是橙或紅色。同樣的結果，經歌德指出，泥煤烟也可相當的表出。十多年前，在Killarney地方清朗的一天，我觀看從茅屋烟囪中直上的烟簇以自娛。我將烟簇的下部投射於黑松林上，上部則投射於赤雲之上。前者

大都用反射光看出，呈青色；後者大部份用透過光看出，呈紅色。這種烟並非與 Alps 光焰的情形完全一樣，但是卻與那光焰有一級相似了。上面所說的 Brilke 的細洗澱用透過光看，呈黃色；但是，若適當地加強這洗澱，我們可以使正午的白光呈紅玉色，如穿過 Liverpool 的烟簇，或是在 Alps 山之地平線上所見的太陽一樣。我卻並不擬用煤烟當作小粒子作用的譬例，因為這種烟不能將青光波送入眼裏，而即刻將牠們吸收與毀滅了。

（腳註四）用反射光照，這種玻璃呈着一種「與馬栗樹皮汁極相似」的顏色。最奇怪的是，歌德也談到過這種液汁：「取一片鮮馬栗樹皮，投入杯中，一會兒我們即可看到完全的天青色發生。」——歌德文集，B. M. I. K. 24 面。

這種種的事實和許多這裏不能一一列舉的，都可用那簡單的原理來說明，那就是，折射粒子比以太波小，在反射光中短波的成分較原來白光內的多，透過光中長波較多。結果，由眼睛看去，一方面是青色較著，一方面橙色或紅色較著。我們最好的顯微鏡已能顯示出直徑只五萬分之一吋大小的物體。這大小比紅光波長為小。照理頭等顯微鏡能辨別出直徑不小於最短可見波長的物體。（腳註五）所以用顯微鏡，我們可以試驗粒子的大小。若他們的大小同光波長相仿，牠們自然能

正確地看出；若看不出，便是因爲比光波小，幾月前我將一杯 Prücke 的沈澱溶液交給主席。那液體是乳青色，主席 Huxley 先生用他最強的顯微鏡去看。他頗令我滿意，說那液中含有小至直徑十萬分之一吋的粒子存在，那粒子應能察出。但是顯微鏡下並未看見粒子。這渾液在顯微鏡下與蒸溜水毫無區別。（腳註六）

（腳註五）Dallinger 與 Drysdale 最近量纖毛的直徑至二十萬分之一吋。

（腳註六）Dr. B. Sanderson 的熱病菌，與松香粒子，經過濾紙，並無顯然的障礙。這種濾過不能除去液體中之小粒子。這可用雷射光照射於濾過液上，以資證明。

但是我們已能仿造這問題自然的情況了，比已前所造的接近得多。在空氣中，我們能造成人工的天，並證明牠與自然的天完全一樣，因爲牠能表現很多全未料及的現象。並且，用一個連續的生長程序，我們能將天體物質（我且試用這名詞）與分子物質在一方面，與可見物質在另一方面連爲一繫。要說明這點，我將拿一個我自己研究過，馬賽的 Morren 先生在英國協會的 Exeter 會議上講述過的實驗。硫與氧化合而成亞硫酸氣，一個亞硫酸分子乃由兩個氧原子與一個硫原

子所組成。最近已經證實。強光源，如日光與電光，所發出的以太波能分裂氣體分子的原子。(腳註七)化學家叫做「光分解」；但是，我們正要試驗幻想的效用與力量，所以最好常常將名詞後面面暗蔽的物理圖像放在眼前。所以我清晰的說，亞硫酸分子的成分被以太波而分裂。試將亞硫酸置於瓶內，放在暗室裏，以強光束射過，最先，我們看不見什麼；內有氣體的瓶如真空一樣之空。不久，沿着光束我們看到美麗的天藍色，那是由液體中放出的硫粒子折散的光。一會兒青色越加濃；以後漸變成白色了；最後差不多全白了。這樣很久以後，瓶中充滿了硫粒子的濃雲。應用相當的方法，一棵棵都可看見。(腳註八)。

(腳註七)參看 *New Chemical Reactions Produced by Light* 卷一。

(腳註八)Morren 先生弄錯了，以為乾瓶內少許的亞硫酸與我所說的「濃雲」的發生有何關係。光線下分子的不穩性可用 Dewar 教授所證明的二氧化氮以表示，頗為美麗。

這兒，以太波打斷了化學親和力的連帶，放出了在常溫下為固體的硫，所以這固體瞬即可見。最先有硫的單原子，不能用折散光刺激起眼網膜的視覺。但這些原子漸疊合以成粒子，漸添漸大，

一兩分鐘後，便和天體物質一樣。這時牠們個別的仍不能看見；但集合起來，可送進網膜一些光波，足以產生天青色。這些粒子這樣地存在一大會兒，此時沒有顯微鏡可以看出牠們。但是牠們慢慢地長大起來，經過許多不可見的步驟而呈雲的狀態，那時牠們遂不能逃過配有武器的眼睛了。所以，不用連續性的解答，我們以原子爲始，物體爲終；天體物質是這一串轉變的中項。

不用亞硫酸，我們還可選十幾種別的東西，都能產生同樣的效應。有幾種可以——或許各種都能——在光的連續作用之下保持天青色至十五或二十分鐘。在這二十分鐘內，粒子逐漸長大，但不超過產生天青色的大小。若有兩瓶，都含有天體物質，何瓶含有較大的粒子，可以明明白白的說出。在此實驗中，當眼放於暗室內，投進網膜的波動很少，眼睛對各種光色是很銳敏的。大粒子因其折散光較白而自明。現在且回想一下主席不能辨別 Brücke 液中之松香粒時所作之觀察，回想過了，再隨我來。用一束光照於某種蒸氣上。兩分鐘後，天青色出現，但是十五分鐘後，天青色仍未消去。十五分鐘後牠的顏色和別的現象都可證明造成這種青色的小粒子比主席 Huxley 先生未曾看出的粒子更小。這些粒子的直徑，如上所述，必須小於十萬分之一吋。現在我要你們注意一

個問題：這裏說的粒子是繼續地長大了十五分鐘的粒子，而仍不能用 HEBEL 的顯微鏡所察。那麼剛剛生長出的粒子的大小怎樣呢？對於這種粒子的大小，你能形成什麼觀念？星空的距離只給我們以茫茫無涯的感覺，任何明確的印象也沒有；這裏所討論的粒子的大小卻在相反的方向同樣地使我們昏亂了。我們在討論無限小，將能用顯微鏡試驗的東西與他們比較一下，真是碩大莫喻了。

天上每個粒子極小，而粒子的數目卻極多，這可由天上光的連續性而推知。天空的青色看去既非破塊，又非小點。在白嶺 (Mont Blanc) 之巔，我們可以看到天青即如最細微的固體的表面一樣均勻與調合。大理石的圓屋頂亦不能出其右。Chander 會告訴你們，若將我們假設的天殼高出地面有白嶺的兩倍高，我們仍然有着蔚藍一色，覆於頭上。白日裏這青色抑制了星光；甚至於在月色下五級以下到十一級的星都不能看出。這可比喻為一個喧嘩，微弱的星光比為切切私語，私語溺於喧嘩中，當然聽不出了。這光所照耀的粒子的性質如何呢？著名的 De la Rive (譯註七) 將晴天 Alps 的烟霞歸功於浮游的小蟲。但是若有如此多的小蟲存在，那真荒謬極了。那將使空

氣變黑，爲着這種蟲的數目決不會如此之多，欲不侵蝕陽光有種似乎很有力的說法，曾被很多人相信，那就是「自生」說。（即小蟲能在空中自己生陳）有些反對傳染病的細菌說的人，也倡此論，他們並且得勝式的訴諸於顯微鏡及天平以決定是非。不過，這種說法的基礎對物性和物力都沒有認清楚。對 De la Rive 的觀念，即是自生說，或是疾病的細菌說，我且全不加以可否，我只要你們注意到那可證明的事實，那即是，在空氣中，小粒子決不能用顯微鏡看見，或用天平量出，也不將空氣變黑，但是牠們確實存在，其數目之多，雖恆河沙數與之一比，也不過寥寥數點而已。

（譯註中）De la Rive (1801-1873) 瑞士物理學家。

人們對這些問題的判斷，或者可用哲學上很重要的相對論（譯註八）來說明幾分。相對論申言，我們所受外在情況的印象，與我們以前的狀態有關係。立於同樣高度的兩個旅行者，一人是從平原上攀陟而上，另一人是從更高處俯行而下，兩人所受四週景物的印象將要不同。一人覺得自然界是擴大了，另一人縮小了，隨這兩個不同的先在狀態而生的印象，當然不同。在科學的判斷中，相對論的定理也很重要。兩個人，一個人只受過感覺的訓練，大體只能觀察了；另一個人並受過幻想

的訓練，我們常提及的原子與分子的觀念，他能運用了一點東西，如直徑五萬分之一吋的東西，他自然能覺到區別了，一人從可見物體的高度降下，一人自分子的低地爬上。一人看來，那小東西很小，另一人，很大。顯微鏡下觀察極小生物體的情形，也是如此。一人看來，那當然已近於物質微粒之盡端了，從有機體只再下一步便到了原子。另一人辨悉兩者之間尚有無數的有機步驟。若與原子一比，顯微鏡下最小的微生蟲與細菌也和大象與巨鯨一般。兩個人關於「自生」問題的態度，也可用相對論說明一些。可以滿足一人的例證全不能滿足另一人；一人認為 D. B. Easton 學說的最勇敢的辯護與驚人的擴充，可說是算得滿美的結論了，另一人看來，即只是累得後來的研究多費力氣。

(譯註八)請注意，此處所述之相對論並非 Sullivan 文內述之 Einstein 之相對論。

許多學生理學的人對顯微鏡界與分子境界間的距離有極不當的估計，結果，他們常用一個引起誤解的語句。例如，若說細胞的內容完全均勻或是全無構造一類的話，只因為顯微鏡不能發現任何構造來；或是，當兩種構造說做無分別時，只因為顯微鏡不能發現出區別點，所以，我想顯微

鏡將開始爲害了。稍加考慮，即知顯微鏡對細菌之構造不能發一言。蒸溜水自然比任何有機物都要均勻。爲何降到華氏三十九度時水即不能再縮小而反漲大以至結冰呢？這種構造程序顯微鏡不能察出，也不能將顯微鏡的力量放大而使牠察出。將蒸溜水放於電磁石之間，旁邊放一架顯微鏡。當通電激起磁場時，顯微鏡中看得見什麼？絕對看不見什麼，其實裏面卻正進行着深奧複雜的變化。最先，水粒子成爲反磁極化；次之，因這種分子轉動而起反極化構造，水液將投射光線扭轉一個角，其大小與方向均可測定。

鑽石、紫玉、和很多自然界與人爲的晶石，有構造否？當然有；顯微鏡能察出否？什麼也察不出。顯微鏡界與分子限度之間，實有容下千萬順列與組合的餘地。在此境內，有原子極點之排列，有原子力量的趨向；所以當這些極點與力量有了自由作用，相當的刺激，適宜的環境時，原子們決定了，始於微菌，繼而至於全部有機體。這種原子的最初排列，挫折了比顯微鏡更尖銳的力量。慎思一下，問題的複雜性便引起了懷疑，並非關於儀器的力量，因爲那本是虛無所有的，懷疑只在於我們自己究竟有無智慧的因子，能常使我們緊握着自然界終極的創造能力。（附註九）

(續前) B. Sanderson 在「英國醫學雜誌」一八七五年元月號內有如下之一段：「在用「一種生命質」一語時，我必須申明並非謂任何種生命原形質都是均等的。雖然現在看來似乎很透明無瑕，我們却尚不能指定牠的構造究竟能複雜到如何的程度」。

這是科學的見解和與之相應的細心。事實上 Dr. Sanderson 的重要研究乃是上面我們所說者重要性之釋例。

在多方面 Darwin 曾充分地利用了當時科學界的容忍態度。他曾長時間地擴充他的物種，他曾勇敢地利用了泛生說 (Pangenesis) 的材料。依此學說，顯微鏡下的一個細菌含有更多更小的細菌。非但全生物體隱藏於其間，並且生物體的每一種器官在那細菌中都有特自的種子。我說，這是一個對物質自行分配能力的力量的勇敢申論。但是，除非我們已十分料定他是越過了理論的範圍，他不自覺地忽略了觀察的事實——因為像 Darwin 一樣的人，決不會有意違反事實與定理的——我想，我們應該勿太限制他的智力程度。若尚不能十分料定，我們應該給他以自由。大的可能性也是一種活力量，雖然可能性並不能為實用。我這篇演說內的事實與理論實趨於證明 Darwin 的學說，而非與之非難，實我自慶的；因為這些事實與理論，似欲證明，物質與能力的分

劃與分配，若照 Darwin 所想的那樣複雜，是完全勝任的。

Darwin 先生將觀察、幻想和理性合而為一，運用驚人的聰明以審查生物學世系的一節，獲得驚人的成功。在物種原始一書內，他在生命的根源下放了一個原始的微菌，地球上無量數的各種生物都可從此導出。即令這假設是對的，牠也不是最後的。人心必欲確實地看到微菌後面去，而且，不顧成敗利鈍，欲研究這菌的原始的歷史。在這推測的微曦中，研究者歡迎任何閃光，設法利用間接的事件增加牠的光芒。他在力所能及的時世範圍內，研究自然界的方法，以形成對古時古世思考之路。雖然此處並無實驗研究所具有的可靠性，我們也非全無規範，從考驗太陽系，Kant 與 Laplace 得到的結論是，繞日的各行星以前也是日體的一部分，呈着現在形態的物質以前均是星雲體；歲月既遷，熱力消散，凝結繼之，行星遂脫離日體；最後大部分之熱雲狀物，自己壓縮而成現今太陽的大小與密度。地球本身供出火成原始的證據；現今 Kant 與 Laplace 的假設接受了母景分析獨立的嘉許，因日景分析證明了地球與太陽含有同樣的物質。

若接受了這種太陽系構造的意見是對的，欲連起地球生命之現在與過去，這種欲望即刻又

發生了。我們欲知道一些關於極遠古代的知識。地球剛從太陽分離時，現今的所謂生命似無存在於地上的可能。那麼，如何地上又有了生命？這裏應發勸的是一種恭敬的自由——一種嚴厲風紀下的自由，可以糾正思慮之放蕩——還有一點，即無論在科學之內或是之外，武斷是應壓制的事。現在我是屬於大會了，我的演講，即刻可以結束，若要我講下去我也可以。我沒有權利打攪你們，講些你們未聞，又未形成的觀念，這些觀念在現代科學家的心中，如雲煙一樣飄渺。但是，若你們願我明白地，誠實地，直索地說出，我也願意。現在的情形是——

你們有權利要求，我也應該應邀而至。

現在你們既表示願聽了，我遂遵照你們的要求講下去。

兩三年前在一座倫敦的古大學裏，我聽過一個極聞名的人在演講之結束時的一篇討論。三百四位牧師在那兒聽講。這位演說者從 Joseph 時代埃及的文明開始，指出那帝國最完備的組織，並有戰車，其中之一為 Joseph 所御，用此以證明古文化很長的盛期。他再談到 Nile 河之泥，其增漲的速度，現在的深度，和從裏面找出的人工遺跡，由此又談到 Nile 谷邊的岩石，和其中豐

富的生物化石。所以從他自作的議論上，他灌輸這種世界年紀無限伸張的觀念於聽衆，他並將此年紀與一向指給這世界的年紀加以比埒。當他演講時他好像逆流而上一樣，他顯然地想到自己正與一個普遍信仰相對抗。在接後的討論中，他料想必有抗議提出，我也如此想。但是這完全錯誤，並沒有逆流，相反之信仰，也沒有抵抗；僅是隨處有一些半幽默，但不成功的企圖，以使他窮於應辯而已。這會議通過了一切已經說過的關於地球及其生命的歷史。確實他們久已知此，所以笑此演說者給他們如此陳腐的故事而已。很明顯的，這許多牧師，我應該說他們都是那一階級中的最好樣本，他們已完全放棄了古時的一些大事件，而移生命源始的觀念於無限遠的過去了。

這件事領導我們到了現在研究的要點了，那即是：生命是否屬於物質之列，抑是一種獨立的原素，在某一適宜的時代，插入物質之中——如物理的情況到達於可允生命發育之時？試將這問題上加一些來自誠懇與教化的恭敬，此種教化將我們撫養以成人，而且是我們現今文明不可否認的歷史履歷。我說，讓我們將這問題放得恭敬些，並且也清楚與肯定些。我們頗有強力的證據，相信在地球史的某一紀，地球既不是，亦不宜作生命的舞臺。究竟這紀代是星雲紀抑是溶融紀，並無

大關係；若我們回溯到星雲狀況，那是因爲可能性確在這方面。我們的問題是：創造能力直到何時纔終止？直到星雲物質已凝結麼？直到地球已分離麼？直到日光之火已遠離地球近郊而允有地殼之出現麼？牠是否等待到空氣已獨立；海洋已成，雨水之蒸發凝結與落下已開始，大氣的腐蝕力已曝曬與分解了岩石以成土壤；日光已因遠離與消耗而溫和，恰適合育養生命所必須的化學分解。如此之後，始停止麼？既待過這時代致適當的條件均已俱備了，是否即繼續命令「飭地上有生命」？用這些問題界說一個假設，頗有困難，但這假設之尊嚴，其關於世界知識方面的，實可用支持此假說的人們的高尙人格以作證明。

現代科學思想已用作這假設與其他之間的判決；公共思想隨後亦將作此同樣的審判。但是，無論私人的信仰各處均如何受影響，介紹自然進化論的假設於大衆之方，程必須慢而俗。因爲，什麼是這假設的主幹與精髓？赤裸的說，你正遇到一個觀念，那兒，非但最卑賤的動物生命，非但馬獅等的昂然雄姿，非但巧妙與驚人的人體構造，而且那人類的精神——情感、智慧、意志、和牠們的一切表現——也一度潛伏於如火的星雲團裏。當然，僅僅這樣說，也不過聊勝一個辯駁而已。但是

這假設或許會比這更進一步。許多執此說的人似將同意於現代我們一切的哲學，一切的詩歌，一切的科學，和一切的藝術——Plato, Shakespeare, Newton 和 Raphael——都早已隱伏於日光的火陷中。我們亟欲知道人類原始的知識。若是進化論是對的，甚至於這種不能滿足的渴望又要推究到分開史前與史後兩期的時代了。我不想到任何擁護進化論的人會說我在誇張其辭。我只是剝開牠的一切含糊部分，而將一個進化論之成敗賴以決定的觀念赤裸無飾地放在你們前面。

自然，這種觀念代表了一種太奇怪的謬論，不易被一位神清氣爽的人接納。但是，爲什麼這觀念是荒謬的，爲什麼受清明的人的遺棄？相對論定理：我們前面已說過了，在這裏頗有應用。若根據兒時已深入我們心內的物質觀念，進化論誠爲荒謬，奇怪與不堪置於死地。精神與物質常是在我們心中形成對立的地位，一個是全高尙的，一個是全惡劣的。但是，這是否正確？這回答卻須看情形而定了。假定，幼時我們沒有如上所述的精妙物質的對立，而我們幼時所受教的是，兩者同樣的有價值，同樣的稀奇；事實上，將兩者當爲同一神祕的兩面。假定幼時我們含育的是詩人 Goethe 的

觀念，而不是詩人 Young 的觀念，我們受教的是不將物質當作「死物」，而當爲「上帝有生命的衣服」；你未必不想到在這變了的情形下，相對論定律會有與前不同的結果麼？未必我們對精神物質的原始一元性的厭惡觀念不因此而大加減少麼？若不對現在流行的觀念加以整個革命，進化論必不能受歡迎；但是在很多深思遠慮的人心中，這革命已在進行了。他們對上述神祕之兩面，均不貶責；但是他們褒揚受屈之一面，取消已前存於兩面間的離貳。事實上，並非空談，他們對精神與物質的關係的態度是：「上帝聯繫者，人勿破懷之」。

你們已由此着了空想科學的邊際了，因爲在星雲之上，科學思想以前毫無探索。我已說出了我自認應該直言無隱的了。我不以爲進化論是可以嘲笑輕視的，亦不以爲應該非議他爲惡作劇。那是應該訴之於嚴格理論的法庭下，以公決或懲罰的。讓我們注意那些巧於擁護進化論的人，也注意那些巧於反對的人；同時容受了那些盲目或褒或貶的羣衆。惟有武斷，無論幫助那一面的，是應革除於討論之列的。請你們勿畏懼進化論的假設。靠真理最後必能戰勝的信仰上，現在，穩着你的腳步！此種信仰， Garmahel（譯註九）曾如此說過：「上帝之物，豈能推翻？人爲之物，終成泡影」。在

嚴格的科學研究下，若沒有一些真理，必被消滅無疑。相信我，進化論之存在亦頗合乎基督教一名詞所含各種美德能同時存在的原理。牠不能解決——牠亦不自承能解決——宇宙最後的神祕。事實上，牠尚未接觸到這神祕。因為，即令星雲與潛於其中之生命真有其事，牠們從何處來的問題仍能難倒我們。總之，這假設只不過將「生命原始的觀念移到無限遠的過去」去了。

（譯註九）Galathei 舊約中之人名，大概為一法律專家。

那些擁護進化論的人也並非不知他們材料的不可靠，他們的同意也僅是暫時的。他們認為星雲的假設是近乎可靠的，並且，在全不能證明他們的行為是非法的以前，他們將自然界的方法從現在推廣到過去。觀察到的自然齊一性乃是他們唯一的規範。在長期的物理研究中，他們從來沒有在自然界找出反覆無常的記載。在此長期中，物理連續性的定理與智能連續性的定理乃並駕而進。既如此從觀察與實驗的現世界決定了一條曲線的片段，他們便引長了這曲線以至於亘古的世界又接受了從星雲紀到現在的不斷發展程序，認為是近於真實的。我們決未聽到一位真正站在哲學方面辯護自然齊一性學說的人，說一聲某事在自然界是「不可能的」。他們決不說

宇宙建造者改變他的工作是不可能的，雖然常常有人控告他們曾如此說過。他們的任務並非求「可能的」，而是求「真是的」——不是求一個可能的世界，而是求那真是的世界。他們探討這問題，頗帶幾分恭敬性的勇氣，並依照試驗其結果而定其優劣的方法，一如視其果實而定一樹之性質一樣。他們只有一個願望——知道真理。他們也有一個畏忌——相信誑言。他們知道科學的力量，而給予公平的信託，他們也知道科學的限度，過此限度科學即不復有力了。他們深知發於思想，科學現正從事的問題，科學連解決他們的趨向也沒有。他們既不苟同於無神論之言，決無上帝，亦不與自稱知道上帝心意的崇神者同流合污。Immanuel Kant說，「兩件事充滿了我的驚懼：衆星熒熒的天空和人的責任心」。當他健康與清晰時，身肢動作一停，反省的躊躇即開始了，科學家們也與他蒙着同樣的驚懼。一經與地上累人的瑣事斬斷，他即與一種力量融合，這力量給予他生存的豐腴與興趣，但是他對這力量既不能分析又不能了解。

Sullivan	蘇麗芬	1
South Kensington(地)	南肯生橋	23
Stokes	司托克司	76
Snowdon(山)	雪敦	69
Sanderson	桑得宋	77
Shakespeare	莎士比亞	89
Thames(河)	太晤士河	14
Tyndall	丁德爾	55
Torricelli	托里生尼	62
Visp(湖)	非石湖	75
Young	楊	90
Zermatt(地)	折沒特	75

Goethe	歌德	58
Galileo	加利略	62
Glaisner	格雷歐	80
Gamaliel	加馬里	90
Holinshead	何林協	14
Huxley	赫胥黎	17
Helmholtz	赫蒙合茲	74
Hirst	赫司特	75
James	傑木士	6
Joseph	約瑟	86
Kepler	刻卜勒	61
Killarney(地)	克拉來地方	75
Kant	康德	85
Lagrange	拿廣情	16
Leibnitz	來布尼之	20
Laplace	拉普拉司	34
Liverpool(地)	利物浦	74
Maxwell	馬克司威爾	15
Molière	莫里哀	28
Morren	未往	77
Mont Blanc(山)	白嶺	80
Nietzsche	尼采	20
Newton	牛頓	34
Nile(河)	尼羅河	86
Poincaré	朋家雷	15
Plato	柏拉圖	89
Riemann	銳滿	1
Roscoe	羅十可	75
Raphael	哇飛爾	89

重要人名地名譯音對照表

英文	譯名	本書中出現頁數
Alps(山)	阿爾俾斯山	69
Beethoven	貝多芬	4
Bacon, Francis,	F 培根	42
Bacon, Roger,	R 培根	39
Brucke	不雨客	74
Bain, A	白安	59
Brodie, B	不樂的	58
Bastian	白司丁	82
Copernicus	哥伯尼克十	8
Cavendish,	克分底細	17
Carlyle	卡里爾	22
Curtis	寇蒂司	38
Darwin	達爾文	24
Davy	德肥	55
Dalton	道爾頓	61
Dewar	得瓦	78
De la Rive	得拉來弗	80
Einstein	愛因斯坦	16
Emerson	葉默生	57
Franek	弗耶克	1
Florentine	佛樂亨	62
Faraday	法刺對	55
Franklin	佛蘭克林	62
Forbe	福伯	75

中華民國二十九年三月初版

四八三六上

翁

(52724.2)

自然科學
小叢書
科學的精神 一册

The Scientific Mind

每册實價國幣肆角

外埠酌加運費匯費

版權所
翻印必
究有

原著者 J W N Sullivan 等

譯述者 蕭立坤

主編者 周王雲 壽

長沙南正路

發行人 王雲五

印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館

(本書校對者華國章)

#10

442204



8580