

自然科學的極限

從遠古時代到上一個世紀，科學一直被認為是絕對的真理，數學、物理學、生物學及天文學中的各種事實，都被認為是具有新知性的先天綜合的判斷（註一）。但由於思維的演進，這一世紀的學者已經拋棄了這種想法，同時對於真理的存在也發生了判斷能力的問題（註二）。人們已經逐漸明瞭，一切事實都建立在一些不穩固的基礎上，這些基礎，例如古典力學中的現象建立在牛頓定律之上的，都是公設性（axiomatic）的，我們稱之為公設（axioms），公理（postulates），或假設（hypotheses）。而這些公設性基礎的歷史來源，雖然曖昧不明，通常總是經過一個演進的階級，而後產生覺悟，因為這基礎可以成為一切現象的解釋者。由演進到覺悟的階段，通常是歸納的（註三）。而歸納的結果並不一定是必然的，只可能說是或然的。因此這些作為自然科學基礎的假設，便不再被視為真理了，科學的絕對性從此破滅。

自然科學雖不再肯定地表達真，但說它是追求真理無問題。物理學、天文學、及生物學的目的，都是發現新的事實，以及解決已知事實中的各種難題。在進展的過程中，所用的方法是嚴密的，根據各項事實或試驗的結論，歸納出一個公設，然後由這個公設回過來解釋各項事實，並希望它也能解釋新的事實。如果，這公設竟然不能說明一項新的事實，它就要被重新考慮。這便是科學的精神。而每更換公設一次，科學的領域就更擴大，如果真理是存在的話，科學與真理之間的距離也更為接近。

除了數學外，一切的自然科學可說都是歸納的科學。在歸納的過程中，往往發生推理上的艱難，數學便負起了作為解決工具的責任。數學的本質是演繹的，而且它有一個有趣的特性，就是它的基礎可以是玄想的（dreamy），因此，在數學的領域內，思想是自由的，我們不能對它的基礎加以批評。正因為如此，我們也不能從數學得到任何新的知識。數學的目的是雙重的，除了幫助其他科學解決問題之外，另有一個形上的（metaphysical）目的，就是自由地去假設，自由地去演繹，這方面的數學離自然科學的中心比較遙遠（註四），可以說是介於科學與哲學中間的產物。

讓我們來談談為什麼自然科學會興起。原始時代，可能是為了求食與運動。戰爭映出了自然科學的黎明。但這些都不是重要的原因，人類旺盛的求知慾才是科學前進的推動力。人類希望瞭解他所存在的世界

，也希望知道他自身的一切。一個嬰兒在成長的過程中，天上的雲，地上的草，周際一切的東西固能引起他的好奇；而他對於自己的姆指，也會凝視着，撫弄着，而覺得驚訝不已。但人的能力畢竟是如此的渺小，當他還是懵懂無知的時候，死亡已召他離去。人看到自然的力量是那樣偉大，就向它敬拜，宗教由此而生。宗教中的神都是善心的而且是力的（Powerful）。富於感情的人把神想像得和人一樣，他也有喜樂，也有悲愁，他的模樣也是個溫善的人的模樣。但宗教畢竟是感情的。它與理性的求知慾遲早會引起鬥爭。當人們想著，一切物體都是神所造的，那神又是誰造的呢？神的位置又在那裏呢？教會說：一切星體都環繞著地球，為什麼我觀察到的就不是如此呢？動物之中，為什麼猿猴和人類要比許多別的動物和人類之間要相像呢，於是，哥白尼，伽利略，達爾文等相繼而起，自然科學跨進了新的時代。一個毫無阻礙的時代，一個尊重理性的時代。

但是，我在前面說過，人的能力這麼渺小，而他的壽命是如此短促。物理學是我們最熟悉的了，我們就來說它吧。我們的祖先只能研究和人類的大小差不多的東西，因為太小的東西看不清，太大的看不盡。他們只能研究和人類步速差不多的現象，因為太快的現象來不及計錄，太慢的現象根本不能察覺。他們知道的宇宙是那麼可憐，而對於物質的組成分子也是模糊不清。光的傳播是那樣快，以致於他們不知道怎樣去量定它的速度，或者還是把它當作隨射隨到的吧。恒星的觀念也是那樣牢固，因為他們看不出太陽在動。直到這個世紀，藉著數學的進步，及各種觀測儀器的发展，我們已經能瞭解原子的大略結構，和獲知更大的星際。光的速度已能測出，也發現了「同時」（Simultaneity）這概念的相對性。為了能解釋更多的現象，相對力學取代了牛頓力學。在觀察原子界的現象時，許多奇異的行為被發現，於是量子力學改變了古典的理論。物理學是進展了，脫出了祖先時代的幼稚。

我們再想想，我們獲得了些什麼呢，地面及大氣層，我們相當瞭解了。太陽系呢？也可說是瞭解了，但在程度上要差一等。整個宇宙呢（如果宇宙是有限的話）？瞭解的更少了。至於宇宙以外呢？不知道！再回過頭來看，物體是由分子構成的，我們知道；但分子是由什麼構成的呢？分子是由原子構成的。原子又是什麼構成的呢？這樣追問下去，最後的答案仍是

很喪氣的。自從測不準原理提出後，我們相信除了我們自身的透鏡不完善外，自然本身就加給我們一道界限。如果我們要想瞭解一個微小物質除了位置以外的性質更深點的話，我們只有把它的存在區域弄大一點。這樣的話，我們又怎能發現更微小的事物呢！我們又對於微小事物的同時具有質點與波動的性質感到困惑，但我們想不出其他的辦法，因為跟我們大小相若的事物它們所呈的現象，只有質點和波動，除此二者以外，我們無法去想像別的性質，因此只有用質點性和波動性去描述微小的事物，希望它們也能適應。和量子力學同樣地，相對論也有著基礎上的難處，譬如，空間對於光速是否各向同性(isotropic)的呢？我們到現在為止，測光速的方法都是讓光從某一點A發出去，到達遠處的一點B，在B處放置一個平面鏡，然後讓光線從B反射回A點。或者讓光線來回多跑幾次，但總是在同一點A來作最終的量度。然後，用光線通過的來回總距離，除上通過的時間，就得到光速C。這段時間的計算是這樣的，用同一個鐘，放定在A點，計錄下光線出發時短針的位置 t_1 等光線回來時，記下短針的位置 t_2 ， t_2-t_1 就是。用這方法測出的C是個可靠性很強的常值。但是我們要問，從A到B這段的光速是否可能會快些，從B回A這段的光速是否可能慢些？或者倒過來呢？因為C的值只是來回兩段的平均數，如果空間對於光是各向異性(anisotropic)的話，光的速度要重行考量了。在某些條件下，單向光速是介於 $c/2$ 和無限大之間，這是可以證明的(註五)，但確實情形如何，却不能知道。因為在B點的鐘和在A點的鐘不一致，如果硬要校對的話，就必要依據相對論的轉換法，而相對論又是假定光速是不變的。這不過是一個例罷了，全體上面臨的困難比這大得多，遠非我們的祖先所能想像的。

現在我們看清了物理學進展時所必會遭逢的難題。對於通常大小的事物，它們的各種性質，我們可以研究得非常清楚；對於更大些或更小些的事物研究上就比較困難；至於再大或再小的事物，人類就顯得非常吃力。到這兒我們就可以發問：「到底自然科學有沒有極限？」這問題是很難回答的，因為它和這樣的問話：「到底人類追求自然界一切知識的能力有沒有極限？」是對等的，而後者我們提不出答案來。但是，不論這問話的答覆是肯定的或否定的，我們定會同意如下的想法。當我們研究的對象愈是大(比我們的身材)，就需愈大的能力，而對它研究所得的知識內容也愈不完滿；同樣，當我們去檢討比我們身材愈是小的對象們，也產生同樣的結果。我們從宇宙遠處或原子核裏頭獲得一絲新知識，所費的代價要比我們得知月球上的現象或分子的行為要大得多。如果人類的能力真有極限的話，這極限應該和測不準原理有相仿的型式，歸過於我們欠缺對陌生事物所具有的特性的想象力。不論我們如何地改進我們的觀測工具，這能力也許不會有極限；但我們無法了解及描述新事象，在想像方面的能力，最可能造成極限。另一方面，如果人類的能力沒有極限的話，未來的進展將日益艱難

，因為大的還有更大，小的還有更小，人類與自然的鬥爭將永無盡期。我們可以這樣想，這是個變動的極限，隨著時間的前行而推展。這也是個朦朧不清的極限，因為有許多事物，我們知道的內容是那麼有限；有些事物，我們自以為已經了解了，而可能這實際是個錯誤。

對於自然科學的絕對性的探求，既是一場艱苦的、無限期的戰爭，我們就應該對自然科學的意義作一番新的估價。絕對性的意義既已消失，相對性的意義自應成為自然科學的重心。在這兒我們可以把Dirac的話重述一遍(註六)：「記住，科學是只和能作觀測的事物發生關係的。我們要觀測到那對象時，惟有使它和某些外界的勢力相互作用。因此，每個觀測行為，都有一些對於被測對象的擾亂者依附著。若這些擾亂能被忽略，我們定義說這對象是大的；否則這對象是小的。」在日常可見的物理現象中，我們就可以善用我們的牛頓力學與古典理論。在探討原子界的現象時，能量的跳躍不能被忽略了，我們就用量子力學。牛頓力學認為作用的傳遞是瞬時的，古典理論認為能量連續地分佈，它們對於日常事象的討論，都是正確的，因為 v/c 或 h 這些數值對於觀測時的擾亂可以略去。在量子力學中，測不準原理及狀態加成原理以基礎形式出現，正如在古典力學中， $v/c \rightarrow 0$ 及 $h \rightarrow 0$ 以基礎形式出現一樣。倘若我們有能力研究更小的事物，則新的擾亂可能使量子力學的原理不能應用。當然給予從事科學者最大信心的，還是Dirac的話。它使我們覺到，雖然我們所獲的知識不一定是真的，但却必是可用的(applicable)。

絕對的真理是普遍與必然的，但人類沒有能力去判定它。因此，我們不妨把真理的尺度放寬，我們可以定義一個「相對的真理」或者「部分的真理(Partial truth)」，就是它的普遍性與必然性都有限定的範圍，在這人為的界限之內，它的效力和絕對的真理一樣。這樣做是很有意義的，至少我們可以對於現有的知識更加尊重。當然你有權利說，這樣做法很有欺騙自己的意義。

人類是這麼渺小，而自然是那樣偉大！西哲牛頓在臨死時嘆氣著說：「學海無涯，人類求得者，不過滄海一粟而已。」我想，我們和我們的子孫們，還是要把這話說過去。

(註一)判斷(judgement)分為兩類，一為述語包含在主語之中的分析判斷(analytic judgment)，例如「一切中國人都是人」便是。一為述語不含於主語之中的綜合判斷(synthetic judgement)，例如「凡人都會死」便是，因為從「人」字裏分析不出「死」來。先天的(apriori)，表示非從經驗而來的，是必然性的，普遍性的。分析判斷都是先天的，因為它們好像字典一樣，都是自白的(self-evident)，由分析判斷我們得不到新知識。先天綜合判斷便可與真理相當，因為真理也是必然性與普遍性的。(文轉第8頁)

Surface上面去。結果到1962年時，最流行的是Regge Pole，這是複數角動量平面上的Singularity。利用“Regge Trajectory”來作質點的分類。預言新的“Resonance”的存在以及它的質量多少，還預言其他種種性質。有一陣子似乎做得很不錯，這幾陣捲掃物理界的風，現在吹過去了，這些幾乎全都被放棄了。有人告訴我說：Regge是一個很有趣的人，當他聽說有人在複角動量平面上發現cut時，他說他不在乎，因為複角動量平面上的Poles已經使他得到了一個「鐵飯碗」— Professorship。現在還有少數一羣所謂“Polologist”（如Regge, Froissart……諸人）在搞Homology Theory（一種近世抽象代數，即「同調代數」主要應用在面的分類上，如Sphere, Torus等等。）希望把它應用到質點物理上面來。

目前流行的是利用對稱原理來研究質點物理，最成功的是Y. Neéman和M. Gell-Mann提出的“SU₃ symmetry”，又叫做“The Eightfold Way”，這個根本上是羣論，尤其是李氏羣，在物理學上的應用。The Eightfold Way最大的成就是在有系統的作強作用諸質點的分類如 π -介子核子等；（對Leptons如e, μ , ν 不適用），導出粒子之間的質量規則，預言尚未被發現的質點，以及它的質量和其他性質，如Isotropic Spin, strangeness……等。我在前面說過，Charge Multiplets如 (π^{\pm}, π^0) 或 $(\Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^-)$ 或 (Ξ^0, Ξ^-) ……之間的質量差是由電磁作用的自作用能引起的，也可以認為是由電磁作用違背Isotropic Sp-

in Conservation Law所引起的。同理，The Eightfold Way認為相隣的Multiplets之間的比較大的質量差（如 Σ 和 Ξ 之間的質量差）也是由強作用違背某種量子數不滅定律引起的。The Eightfold Way裏面有8個不滅的量：Isotropic Spin的3個分量，Hypercharge，以及另外4個未正式定名的量。由這個理論，日本物理學家Okubo導出質量規則。例如N, Λ , Σ , Ξ 這些質點之間的質量規則：

$$\frac{1}{2}M_N + \frac{1}{2}M_{\Xi} = \frac{3}{4}M_{\Lambda} + \frac{1}{4}M_{\Sigma}$$

實際上，左邊等於1129MeV而右邊都是1135MeV所以也有小小的出入，不過一般來說這個理論與實驗很符合，它預言 Ω^- （ $I=0$, Hypercharge-2, $M \approx 1676$ MeV的存在，幾個月前被證實了，這是一個很大的成功，現在有一個漸漸被大家接受的信念是說：強作用質點的數目的急速增加，只不過是表示Energy State的Spectrum的發現而已，沒有理由說這個State比那個State更基本，這些Energy States並沒有明顯的上限。

我講的偏重質點物理方面，因為它是近來物理思潮的主流，它的困難是遠超過一般人所能想像的。不只是實驗經費龐大得嚇人，而且理論難到實驗物理學家都不容易瞭解的地步。我懷疑粒子物理是否值得全世界極大部分的聰明才智都去花在上面，諸位最好儘量把自己的興趣拓展得廣一點，將來這條路走不通還可以走那條路，而不至於陷入進退維谷的境界。

（上接10頁）

（註二）我們不能證明真理的存在，雖然說「世界上沒有真理存在」這句話我們可以證明它是錯的，因為這句話本身也不能看成真理，當然這是自我矛盾的。因為真理是必然性與普遍性的，經得起時間與空間的考驗的，以一個渺小與短命的人類，去判斷它的存在，在能力上顯成問題。

（註三）歸納法（Induction）與演繹法（Deduction）是相反的。例如在一羣元素的集中，有A元素、B元素……等等（通常是無限元素的集）均有P性質，我們就結論說，凡在此羣的任何元素都有P的性質。通常各類事項的歸納都是或然性的。例如我們看過了歷史上許許多多的人都死了，我們就歸納說，凡人必死，但這是或然的，因為說不定你就例外了。

（註四）有時候一個玄想的數學觀念提出以後，在即時對於其他自然科學也許沒有幫助，但稍後一個時期，便能用來作工具了。例如羣論（Group theory）之於近代力學是。

（註五）設由A至B的距離為X，光由A至B之單向速為 C_{AB} ，由B回A之單向速變為 C_{BA} 。則由時間消逝的定義， $t_{ABA} = t_{AB} + t_{BA}$ 應為恒等式。當然我們設想光在B處平面鏡上的待留時間（delay time）是極短暫的，可不必計。以c表

示我們用常法測出的常值光速，則時間恒等式

$$\text{可化成 } \frac{2x}{c} = \frac{x}{C_{AB}} + \frac{x}{C_{BA}}, \text{ 或 } \frac{2}{c} + \frac{1}{C_{AB}} + \frac{1}{C_{BA}} = 0.$$

在保留因果關係的限制下， $t_{AB} > 0$ ，故 $C_{AB} > 0$ 。

同理可證出 $C_{BA} > 0$ 。因此不等式 $\frac{c}{2} \leq C_{BA} \leq \infty$

（註六）Dirac: The Principle of Quantum Mechanics. I, 1.

◎ 啓 事 ◎

I、捐款的學長們如下：

丘宏義	美金 20.00	丘院生	美金 5.00
張國龍	美金 5.00	陳以南	美金 10.00
趙寄昆	美金 1.00	高亦涵	美金 10.00
物五同學 新台幣110.00			

II、台大物理學會之英文名為Taiwan University Physics Club.

III、時空歡迎系友及同學踴躍投稿，批評指教。

IV、稿件請繕寫清楚，下期於五十四年十一月底截稿。