

現代人開始瞭解自己身體的構造，是福是禍？

註一 大分子如 DNA 之分子量約 2.5×10^6 ，水分子重約 18，蛋白質重約 4×10^4 ，以氫原子重 1 為單位。

註二 碳化合物多由 C, H, O, N, P, S 六種原子構成

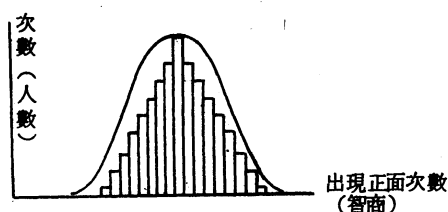
註三 少部分生物體無 DNA，則它們以 RNA 為攜帶遺傳資料的分子。DNA 和 RNA 都是核酸 (nucleic acid)，只因所含的糖分子不同而別：DNA 含 deoxyribose sugar 核糖分子，RNA 則含 ribose sugar。

註四 外觀體質如我們所見的或所測的，如兔尾的長短，狗耳的長短，或糖尿病的有無。

註五 環境包括養料的成分、空氣、水、宇宙綫、原子塵及人為的環境，如有錢的人家、貧民區等。

註六 所以寫成 $\frac{ABCDE}{ABCDE}$ ，我們知道我們有 23 對染色體，高中生物亦有解釋。

註七 我們都知道擲百個銅錢多次，每次計算正面出現的出現次數，若擲的次數多可得一個高斯分佈曲綫圖來，如圖五，亦稱正常鐘形曲綫 (Normal bell curve)。因智慧由數百基因控制，人的智力商數分佈亦復如此。(若智商可測人的智慧。)



註八 遺傳體質得之父母，勿與外觀體質相混。我們所見狗耳長短是外觀體質，控制其長短的基因稱遺傳體質。遺傳體質由受精卵形成就不再改變，除有人工變種或自然變種。

註九 環境與遺傳體質的交互作用，可由生化反應或放射綫達成。

註十 DNA 在單細胞菌，如大腸桿菌中，只佔全細胞重的 1%。

註十一 遺傳特性有三：能由前代傳給後代子孫；能控制生物的作用或外觀；能變種。

註十二 可能有別種核苷酸的存在，但這是或因轉變而來 (mutated)；在 RNA 中，以 U 核苷酸代替 T 核苷酸的出現。

註十三 一個 DNA 的一條多核苷酸通常以 AATTCCGATCGGG…… 這種形式表示之。DNA 分子可以由這個排列得知，因 T 一定對應 A，A 一定對應 T，G 對應 C，C 對應 G，這 DNA 分子就是

$$\frac{AATTCCGATCGGG \cdots}{TTAAGGCTAGCCC \cdots}$$

註十四 這由試驗得知；扣當的字碼特性，也由試驗結果解釋之。如無句逗號，沒有重複，由一些無意扣當 (nonsense codon) 控制生物合成等。有興趣者可看近來的生物書。

民國五十九年二月於柏克萊

編者註一 作者是本系五十六學年度的畢業學長，正在加州大學 (柏克萊) 攻生物物理。於此謝謝她的來稿。

物理學與生物學

林義裕譯

他們於何處交會？

雖然生物學的現象必須有物理學上的源頭，但是在這兩門科學間像電阻一樣的配合終究是困難的。不像物理學、生物學不是一 conerent field。其次，物理觀念和其所用數學的一般化並不在生命

的科學中到處通行無阻。社會問題也防礙著那些想轉成生物學家的物理學家。然而這問題存在着：如何利用物理儀器和方法去迎接醫藥上和生物學上的挑戰。這召喚我們去探尋一條道路。

極少的人會對物理學是門成熟的科學的地位加以懷疑。物理學家擁有一高度發展和極為有用的技術和儀器的兵工廠，這在他們探索未曾有的極為隱晦的觀念時，給予了他們良好的服務。和物理學及其他物理科學對比下，生命科學和醫學在量度和觀念上更加顯得傳統地缺少精確性。直到二次大戰，生物學的內涵像是唯有走「數據充足，理論貧乏」一條路。在vitalism和reduction兩面大旗下有關哲學上的爭論和教條上的戰爭，幾乎無濟於缺少洞見深處這一事實。

過去二十年來則發生不小的改變。研究生命系統——從大分子至人——的學者熱心地嘗試使用物理科學所能提供的方法。那些在這方面的科學有最少訓練的人們懷着極大的希望：精確儀器有系統地使用終能獲得理論上的確實進步。這種期望在分子生物學上已被證明比頭腦的功能的研究上更具有真實性。

明顯地，沒有物理科學工具的廣泛使用，要對生物學的mechanisms更深一層的了解是不可能的。然而，爲了處理多組成成份(multicomponent)，多目的(multipurpose)，多輸入(multi-input)和多輸出(multioutput)，而經由遺傳地決定及環境地形成的系統，我們需要新的觀念來應付其「特殊性」及「組織上的複雜性」。有關生命系統的進行過程、轉變、控制質量、能量及各種形式的資料的觀念明顯地須和其組成的物理性質一致。這些物理性質對解釋整個生命系統的模式提供了一重要的限制(constraint)。

醫學不只是被這些觀念所推進，而且由於我們並不完全地了解它們在人體中如何作用的化學和物理的發明的幫助，許多人的生命機能保留下來。我們的社會爲了尋求「更好的健康」，像是準備使用大量的工藝潛能，不管是來至國防、太空，甚或基礎研究。所缺少的似乎是社會的安排和訓練有素的人材。

生物物理學家

在物理學史上有許多傑出的人物對生物感到興趣，如：Cavendish, Volta, Ohm, Helmholtz, Young, Maxwell, Mach 等。其實，Shrödinger，在量子物理的日子之前，寫了幾篇關於視覺的論文，而在他的晚年更重返生物學的領域。我在生物物理的第一個問題使我讀到Faraday的日記所載關於電鰻的事，他把電鰻一條一條地接起來。

這造成的高壓電源可說是最原始的線性加速器(linear accelerator)。

讓我們假定我們最能了解的生物現象是那些具有可了解的物理和化學的基質。那麼，明顯地任何生物學上可信的量度，可信的檢查必須和物理學有關——即物理學的觀念、物理學的技術和物理學的儀器。因此，生物學的工作者不僅必須熟練物理的儀器和技術，而且要對用以應用於他們所探討的生物問題的儀器和技術所包含的物理觀念了解到某種程度。當然他們可以超越過只應用現有的觀念這事，而加以修改甚或發明新的。

有個時候，在年輕物理學家、數學家、和工程師間流行着：一種對解決生命系統問題所作努力的樂觀看法。他們之間立刻分爲兩種人：停止者和繼續工作者。並非後者中所有的都得到諾貝爾獎，但是那些在生物物理中工作者不是僅僅成就了某些有力量的技術或儀器的表面應用。那些把他們的職業生涯轉變的很成功的人，被複雜的生命系統的挑戰所吸引，這種挑戰似乎迫得他們使出他們的十八般武藝，他們所有的邏輯思考能力，他們所有的物理學知識，及非常重要的關於生物現象的直覺。

數量幾乎是不够的

年輕的物理科學家常覺得他們擁有的主要資本是：數學知識，把問題打碎成可解決的部份的能力，及最主要的使用數量方法來描述和預測的能力。Kelvin所說：「我常說當你能够量度你所說的而用數字表示出來時，你知道有關於這事的一些；但當你不能用數字表示出來時，你的知識則非常貧乏。這可能是知識的開始，但不管這事是什麼，在你的思想中幾乎沒有進入科學的階段。」但是數量化真的足夠嗎？人們常引述Oppenheimer所引述Gödel(奧國大數學家)的話說：「數學依着quantitative lines而發展純粹是件歷史的意外。」

爲了不把定量對定性的討論弄成哲學化，讓我舉出一生物學的問題爲例子，闡明我的看法。語言傳遞工程師，依靠一設備良好的量度技術，很久以來就能分析語言或語言的聲音。很早以前，他們就知道語音是一具有特殊性質的波形。在噪音、narrow bandwidth, peak-clipping及其他干擾下，它仍然是可了解的。然而，不管聲音的量度是如何地精確，當要預測某種特殊的波段

(channel) 是否可以有語言傳遞的作用時，它並不真正地令人滿意。這些量度在預測可能發生的錯誤或混亂時也並不十分有用。沒有語言學家、發音學家、聲音心理學家 (psychoacoustician)，和語言產生的心理方面的專家，聲音量度只是精確的而已。它們和人們學習，產生感覺和混亂語言並不有密切的關連。今日各種研究語言的方法的綜合應用，讓我們可以問下面的問題：聽者如何把聲音記錄下而轉變成一系各有分別的語意上的符號，說者如何把一系各有分別的語意上的符號化作聲音？什麼特徵構成音質和同音？句子的音調對聽者是否有影響？

這些和其他未解決的問題仍舊需要仔細的物理量度，然而它們是以一種處理當人們說和聽時，把其物理上和生物上的（包括心理學上）脈絡連起來為目標的模型而出現的。

生物組織的性質

當一個人說起今日物理模型被應用於生物問題的程度時，他總是碰到生物組織的各種層次的複雜性。當我們試着處理整個範圍時，從分子到心，我們發現能够在幾種層次都有意義的觀念，所剩無幾。能量、質量和電荷明顯地在人類的心智能力上沒有顯著的參考餘地。在另一方面，這些觀念正已經教了我們許多生物上有意義的分子的構造。

然而，不管是細胞膜和頭腦，當我們談及組織性的生物材料時，我們的氣體、液體、甚或固態物理的材料的構造模型必須大加修改，方能有用地描述極度特殊的生命系統。感覺和運動系統中生物組成的單元間的相互作用，產生了物理科學不能處理的問題。每個層次的生物組織發展出其各自的現象，而每種現象的描述的方式則越來越多。因此，要尋找對各層次同時地，或至少有某種關係地，可以一種一致的形式來量度的數量，已經變得極端困難。細胞膜的性質可供作一有用的例子。膜是構成某些系統間的界面的物理上或觀念上的構造。穿過這些面，一些代表資料的物理量被傳遞著。去量度細胞膜的滲透率和確定各種流過人造電腦的界面的交通信號，幾乎毫不一致。這兩種情況都必須經由其物理和化學的基質的構造和事件，纔能得到終極的了解。但是期望着這兩極端的東西能够以具有可互變的觀念的各種模型來解釋，需要甚或在年輕的物理學家也

很難找到的樂觀態度。

雖然觀念的模型必須和實驗的證明相合，儀器和技術則可用於種種生物問題——只要它們的用處被一良好的物理或符號運作的模型所引導。首先令人想起的是電子學儀器，其中電腦有其特殊的地位。電子學儀器可以用來處理生物構造的電學現象至 10^{-6} 伏特和 10^{-9} 秒那麼小的量。電腦不僅提供我們一種以符號處理整個生物現象的技術，而且也彌補了我們一些邏輯的能力。因此，我們可以把數據「排成一行」（事實上，這對於隨時從一 state 變化至另一 state 的組織器官的分析是非常重要的）；我們可以寫下 pattern - detecting program；我們可以構成那些不能分析地處理的模型的行為。現時代的生物學研究因此不僅使用了人類正常的感覺、運動、和邏輯能力，而且也使用了人類在其文化演進過程中所發展的器具。沒有電子顯微鏡、微量處理器 (micromanipulators) 和電腦，要成功地探討具有許多的自由度 (degree of freedom) 多組成份的系統的 mechanism，是希望渺茫的。

～ 完 ～

譯者後語：本文譯自 Physics Today, January 1966, 作者為 Walter A. Rosenblith。由於考慮同學們的興趣，本文中關於新生物學家的教育問題、社會衆人的健康問題、以及電腦在生物學中的應用，均被略掉。然而，譯者希望那些有志於生物物理的同學能把原文看一遍，纔不致於有所遺失。譯者願意在此指出一點，就是爲了增進人類的福祉，生物學的研究是不可缺少的。世間的最大功德之一應是讓每個人都能健康地生活。