

# 前程遠大的生物物理

—林武吉 譯自 Physics Today—

## 前 言

因為生物現象必須藉著物理儀器的觀察，所以這兩門科學是分不開的。但是生物並不像物理那樣的系統化，而且物理的觀念和數學的一般性常常不能解決生物的問題。所以為了解決這一問題，使得一些物理學家都成了生物學家，可是如何去利用物理儀器和方法來解決生物問題，這是值得我們去研究。——by Walter A. Rosenblith。

物理是一門成熟的科學，物理學家具有高度發展的條件——成功的技術和製造精密的儀器。但是生物學缺乏精密的量度和觀念，直到第二次世界大戰才專於數據和理論的研究，深見遠識的缺乏是不能為哲學上的討論所能補償的。

二十年以來，我已經發覺到一個值得重視的改變，生命系統（living systems）的研究者（也就是從分子到人類的研究者），已從事于物理的研究，並且都對精密儀器系統化的使用懷有廣泛的莫大希望，這些儀器將要產生理論上的用處。如果應用物理學的一切研究工具，生物結構的進一步了解是不可能的，因為 living system 處理與控制著質量、能量的一切觀念必須合乎物理性質。

## 生物物理學家

我們打開物理學史來看，很多著名的物理學家對於生物都感到濃厚的興趣，像 Cavendish, Volta, Ohm, Helmholtz, Young, Maxwell, Mach 等都是，而且 Schrödinger 在量子論的發現以前也寫了幾篇有關生物的論文。

假如我們能夠徹底的了解一些生物現象，我們可發現一些有趣的物理與化學的問題。而且生物現象的任何量度，任何的研究必須包括著物理，也就是需要物理的觀念，物理的技巧和物理的儀器。所以研究生物者不僅要專於物理儀器和技巧的使用，而且要了解這些儀器和技巧應用到他們所研究的問題上的一些物理觀念。當然，他們也許必須摒棄現有的觀念，而自己去創建一種新的方法，新的觀

念。

年青的物理學家，數學家 and 工程學家曾經覺得去解 living system 的問題是很時髦的事情。存著這種幻想的人可分為兩類——知難而退者和繼續邁進者。但是後者並非都得到了諾貝爾獎，而却僅把物理的技巧或儀器做某些生物問題的表面上的應用而已。這些年青科學家之熱衷于生物學，主要是被複雜的 living system 所吸引，這是一種需要他們，投入全部的技術，全部的邏輯能力，全部的物理知識和非常重要的生物現象的直覺的一種挑戰。他們覺等得去研究如此高深的系統勝過當前任何系統的研究。

正當年青的物理學家興趣著討論他們研究 living system 的生涯時，我常常發生一些問題：「你有興趣于 living system 是不是因為你要幫助人類，或者你要去幫助 NASA，或者因為你要幫助人類去了解？」我的一位同事又加了一句「不要忘記他們專于生物物理是因為它有利可圖」。

## 為什麼要研究 living system?

幫助人類的願望也許是這些年青人最強烈的誘導力量，為的是要增進人類的福祉。然而，在很多方面他們缺乏了像物理學家或工程學家的一種清楚的敘述。我認為假如學術機構能利用這些年青物理學家的才能去吸收知識，將要有很大的改變的。假如今天去經營只有一個醫生和一個護士又沒有精密儀器的醫院簡直是不可能的，大部分的醫生和醫院管理員都了解這種改變的需要，完善的機構正走向分工的道路上，但是現在還不能預測新的學術系統將如何產生，而且醫生，物理學家，計算機工程師，行政管理員要分配到何種任務也不得而知。但是除非這些專家都能致力於醫學機構的研究而形成了新的發展，否則大部分年青物理學家的志向和熱誠將是一種浪費。

## 事物的數量化不夠

不管他們的誘導力量如何，這些年青物理學家

常常感覺到他們主要的資產包括某些數學知識，處理問題的能力，分析或預測問題的能力。Lord Kelvin 曾說：「你如果能夠把你所講的事用數值表示出來，你就是了解它了。要是你不能去量它的話，你還是不能算完全懂。數量化也許只是知識的開端，但是缺乏它便很難有科學的思想。」但是數量是否足夠呢？我們引用 Gödel 的一句話：「數學沿著量的方向去發展是數學史上的一種意外」。

我們對於質或量沒法更進一步的哲學化，我舉出一個特殊的生物問題來說明。通信工程家早就能夠藉著特殊量度的技巧來分析語音，他們知道語音是一個特別性質的波形，可以產生很多的干涉現象，不管是如何精密的量度，他們對於一個即將到來的語音訊號都不能完全預測到滿意的結果，這些量度對於預測「誤差」也沒有多大的用處。

如果沒有語言家，語言家，聲學家及生理專家的嚴格要求，這些聲學的量度勉強夠得上精密，因為他們沒有關心到人們學習和領悟語言的方法，他們不必去描述語言訊號的特性。現在，我們發生了下列一些問題；聽者如何把一個聲音的訊號領悟為一連串不連續的語言符號？說者如何把一連串的語言符號轉變為一個連續的聲符？一個句子的重音如何影響聽者的聽覺？音品的特性如何？這些和其他不可解的問題仍然需要精密的物理量度。

### 生物組織的性質

我們現在談到現代物理的模型 (model) 應用到生物的一些問題，我們必須研究生物的組織。當我們討論整個光譜分布，我們可以發現幾個寶貴的觀念。能量質量和電荷並沒有關係到人類的心智，但是這些觀念對於生物學上重要分子的構造是非常有價值的。然而當我們談到有機生物物質——例如細胞膜或腦，假如特殊的 living system 的性質能夠被描述得很清楚，那我們以前認為腦是一種氣體，液體或甚至是固態物質的模型必須修正。元素間的作用代表著接收訊號的知覺神經的生物成分。因為生物組織的每一部門都已有發展，於是很難用不同部門的對應的形式去度量某一數量，例如薄膜形成某些系統的邊界 (boundaries)，在這些邊界上輸送著物理量和代表消息的信號。但我們如要去量細胞膜的滲透性和去描述經過細胞膜的信號簡直不是相稱的工作。

### 教育上的困惑

至於我們如何在生物和物理間不可預測的關係上來充實自己？許多不同的發展都是可能的，並且每一種發展都包括著不同的物理和生物的結合，於是每一種發展都需要有不同的準備。但是在同一個學院裡不同的科學部門之間却也缺少區結和交換資料的習慣，所以將來的學生將有混亂和不和諧的感覺。

因為我們處在一個物理科學和工程學迅速改變的時期，因為現在刺激著生物學家的大部分問題也許是可解的。我們必須避免去訓練無用的人才，所以對於研究生物物理的年青人，我們有下列幾種需要：(1) 在大學教育中，對於物理和數學（包括有關的工程技術）必須特加注重。(2) 應早選幾門有關生物學的課程例如分子生物學 (Molecular biology) 和其他討論複雜 living system 的課程這樣可產生誘導作用並可透視遠景。(3) 在研究院階段必須做一個更深奧，更廣闊的 living system 的研究。

上面只不過列舉作為參考並非必須遵循的。從物理觀點出發而對生物有興趣的學生將不希望去看研究的計劃。學生們和學術機構必須在這方面做些實驗，而且工業界和政府必須去支持這些教育上的實驗，然而年青人却常常不為政府及工業上的主張所影響。早期的科學家常常轉入另外方面的研究，甚至走到哲學的研究。但是年青的科學家如在平坦的道路上遇到了某些麻煩，才會被這轉變。

### 結 論

任何問題都是先由哲學談到政治。對於各種不同的人講話，常常不能使每一個人都心悅誠服，有時也不免遭到反對。我現在討論的題目就像在超空間 (hyperspace) 上的一點跳到另一點，也就是物理科學和生物科學共存的地方。

Medawar 最近把生物學分為四部門：(1) 分子生物學 (Molecular biology) (2) 細胞生物學 (Cellular biology) (3) 有機生物學 (biology of organism) (4) 人口生物學 (biology concerned with populations)，但是這四部門是不能嚴格劃分的，尤其是當我們研究到應用的方面更不可分。然而 Medawar 所劃分的這四部門範圍相當勻稱，它包括了現時的整個生物學，不會造成不平衡的發展。

加速管長後進入環中，與電子碰撞。

### ERA (Electron Ring Accelerator)

現在有一種新的加速器在研究中。蘇俄Dubna 核子研究所的物理學家想用電子本身的磁場來束縛質子或其他陽離子，然後把全體粒子一齊加速。他們已成功的用1.5Mev的電子間接加速質子到1 Bev，並期望達到1000Bev 的能量。在Berkeley的 LRL (Lawrence Radiation Laboratory) 的物理學家繼之也熱心的展開研究。

這種加速器的原理是把電子 (Dubna用1.5Mv的電子) 由垂直於磁場方向射入軸對稱的磁場中，電子即在垂直於磁場的平面上作圓周運動 (半徑25cm)。再射入氫氣。氫因強電子流而電離，所產生的質子即被圈入電子流中間。然後磁場由0.2 Gauss增加到1000Gauss, 使電子環半徑縮為5cm, 能量15Mev。其次可使 [電子環及質子] 通過 rf waveguide加速，或減弱磁場強度。Dubna的科學家用四個 rf cavity 加速電子環。只要電場強度梯度不太大，且質子數 ( $10^{11}$ ) 較電子數 ( $10^{14}$ ) 相當少，電子環能帶動質子。因質子與環同時被加速，速度相同，質子最後的能量等於電子環能量增益 (gain) 與 [質子質量 (1836 $M_e$ ) 與電子質量 (30—40 $M_e$ , 因相對論效應) 之比] 之乘積。故當環由 rf cavity 中獲得能量時，質子所獲較電子多50倍。用此技術，Dubna 能產生 100Mev 的質子。Dubna物理學家也嘗試另一種加速方法。他們另加一沿軸方向愈遠愈弱的磁場。因磁場漸減，電子環

上接 43 頁 前程遠大的生物物理  
展。生物學對於研究最成熟的科學 (物理學) 的學生似乎具有特別的吸引力。藉著儀器技巧的幫助，也可以把物理方面一些不正確的觀念改正過來。  
這些進步帶來了一些新的應用，並且對於生命之謎有了更進一步的了解。將來的技巧將是物理，固態物理，分子生物學，計算機，醫學人和機械綜合技巧。為了去獲得這些技巧所帶來的利益，我們必須研究如何去教育，如何去供給一個人必須的健康環境，我們必須鼓起勇氣來克服這些技術上的

半徑漸增，旋轉能量轉變為軸方向能量。

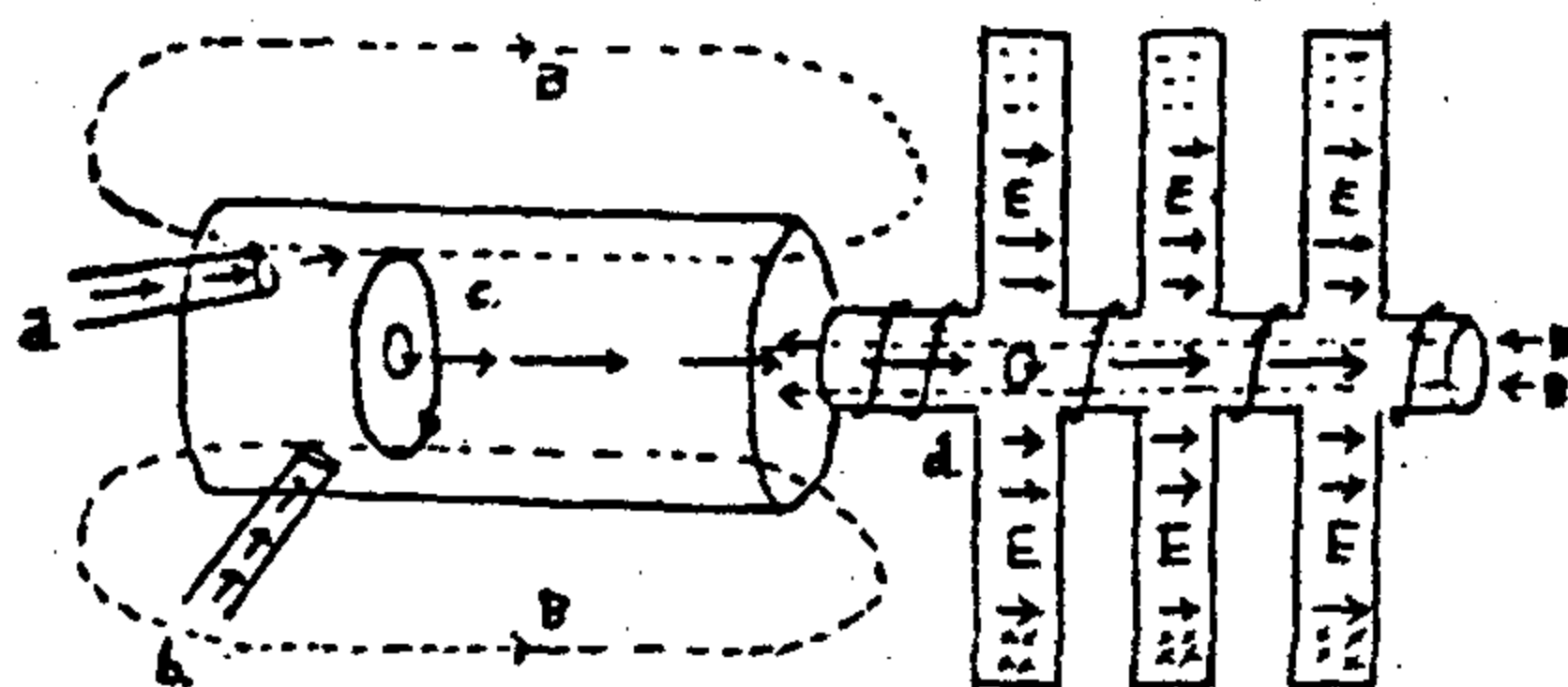


圖4: ERA: 電子由a處射入，因受磁場之作用，在c處作圓周運動。氫由 b處射入，電離所產生的質子即被圈入c環中。再加大磁場，使c環縮小。再使環通過 d (rf waveguide) 一加速。

在LRL的科學家研究另一種 novel-line 的加速法 (比 rf cavity 便宜)。加速管由排列於垂直環運動方向的許多導體平面所組成，每面距數公分。在電子環通過的時候，在環附近的幾個平面可由火花放電的方式獲得能量，加速電子環。ERA 的上限，據估計：質子能量增加可達每公尺700Mev (而普通線型質子加速器只能達到每公尺3Mev)。

#### 參考文獻：

- ① R.P. Feynman, Feynman Lectures on Physics, Vol.2 Chap 29, 1964.
- ② Physics Today, Apr 1967. Jan 1968. Feb 1968.
- ③ Scientific American, March 1958.
- ④ B.S. Ratner, Accelerators of Charged Particles, 1964.

連續變革。

#### References

- 1. G. L. Gerstein N-Y-S Kiang An approach to the quantitative analysis of electrophysiological data from single neurons. Biophysical J. 1. 15-28 (1960)
- 2. M. Halle K. N Stevens Speech recognition: A mode and a program for research IRE Transform Theory IT-8 155-159 (1962)