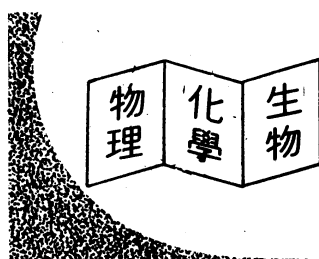


社會秩序產生。李博士對此深表不贊同。要做為一群解決社會混亂的人，當先求自身完美；否則沒有一點高喊“解決社會問題”的口號的資格。

更別說想藉暴力來達成目的是如何地不正確了。談話到此。再一次感謝李博士。



## 近代生物一二

于樂中

一直到最近，我還以為有種“生命力”(vital force)來區分生物與無生物，這個“生命力”的含義相當抽象，歸之於那渺茫的力量。現在因著物理與化學的介入生物，已給生命力一個具體的概念，比如新發現的高能磷價鍵(high-energy phosphate bonds)可用來解釋一些生命步驟，如運動、螢火蟲產生光和細胞內一些分子的生物合成(biosynthesis)，這種高能化學價鍵是1950年代生物學裏最熱門的研究對象，而我不久以前還存著那60年前的老古董觀念。事實上，這個世紀，生物的進展非常迅速，而在1940年代是熱門的DNA分子，現已被公認是攜帶遺傳資料的化學化合物。在1964年，我首次聽人言及DNA，但根本不知道它是什麼東西。

廿世紀初期，許多生物家和化學家仍相信有某種生命力，來區分生物和無生物。因那時的化學定律和技術還不能解答生物上許多現象；有機化學家只能處理小分子(small molecules)，而生物上，大多數重要的化學化合物是相當的大，稱為大分子(macro molecules)這是超出他們研究能力的(註一)。這種情形，不禁令人想到化學史上的一件事。我們會懷疑過，怎麼有“無機化學”(inorganic chemistry)和“有機化學”(organic chemistry)的區別？高中老師說有機化學是研究碳化合物的化學。其實，另有番曲折在。前世紀的化學家發現碳化合物(或稱有機化合物)(註二)，都由有機體得到，自己造不出來，因此研究這種化合物的，就名之為“有機化學”，後來化學家可自己合成有機化合物，打破了那區分的界限。現在我們都知道這種區分是人為的，沒有生物上的根據。因為根本沒有一個化學方法可用來決定某個化合物是在細胞內合成的呢？或由化學家的試驗室造出的呢？換言之，由這兩個來源得來的化合物是完完全全一樣的。所以允許這樣區分，完全是為了方便起見，因為碳化合物

非常之多，可自成一系統研究。為什麼碳化合物這樣多？請想一想。

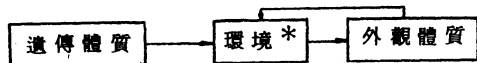
現在因為物理上、化學上、計算機上及其他技術上的進步，使得大多數生物學家相信生物現象最後可以分子來解釋，在生物上沒有什麼新的化學定律或不可解的生命力。生命依循與無生物一樣的化學定律。這使許多生物家相信試管嬰孩(test tube baby)，注射智慧，改變性格等有實現的可能。也因為這樣使得生命變得有趣而吸引許多物理學家、化學家、數學家、工程師從事生物研究工作。現在已有生物物理、生物化學、生物數學、生物工程(bio-engineering)的分類，這種人造人，人造生物是否有實現的一天？願就我所知，介紹一點近代生物上的知識，希望引起大家的興趣。日本在生物上享盛譽，我們何不也從事這方面工作？生物還只在萌芽，大多問題向你們挑戰，不難在國際學術上佔一席重要地位。

細胞含著與無生物一樣的原子，沒有說那一個原子只有生物細胞含得，無生物含不得。廿世紀生物的進展主要是生物化學上的進展，生物化學家不是研究什麼只可用於生物的化學定律，而他們只是一群化學家在研究存在於細胞內的一些分子，希望瞭解這些分子的性質而已。有趣的是，這種分子的三度空間架構可影響分子在生物上的能力，這引起物理學家與化學家的興趣。研究這類問題需要光學上的繞射理論(diffraction)，和各種電子顯微鏡及一些新發明的儀器的使用，如ESR, NMR；也因這些儀器需要分子化成固態結晶，以供研究，如何使用這些分子結晶也是有趣的問題。

為什麼由一個肉眼看不見的受精卵可發展成一個大大的個體，這個個體又肖似它的“父母”？孟德爾遺傳律上的遺傳單位，“遺傳因子”或稱“基因”(gene)，近代生物學家公認由DNA構成(註三)；一組基因構成個體的遺傳體質(ge-

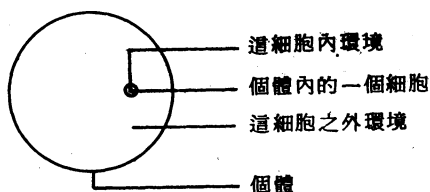
netype)，但是遺傳體質與外觀體質(phenotype)不是直接的或一對一的關係(註四)；有環境影響遺傳體質的表現；一個“基因”可控制許多外觀體質，同樣，許多基因可控制一個外觀體質。用兩個假想的簡圖說明之。

(一) 不是直接的關係：



\* 這個環境包括個體外的環境，細胞外的環境及細胞內的環境。

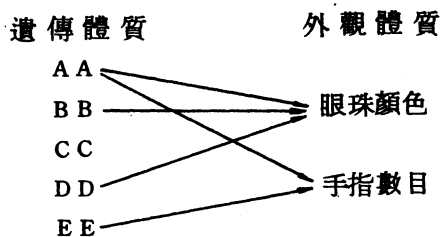
個體外環境



把這個環境(註五)想成一架機器，遺傳體質是我們放入機器的原料，出來的產品就是外觀體質，但必須記注這機器相當神妙，會因原料不同，出品不同，又會因產品不同，影響產品的性質或數量。這就是說遺傳體質與環境有交互作用(interaction)。外觀體質也與環境有交互作用，這是相當複雜的難題。下面會舉例說清楚些。

(二) 不是一對一的關係；設遺傳體質由五種基因構成，即

ABCDE  
ABCDE (註六)



AA, BB, DD 三種基因控制外觀體質中的眼珠顏色；AA, EE 則控制外觀體質中的手指數目。AA 此種基因控制眼珠顏色及手指數目二外觀體質。

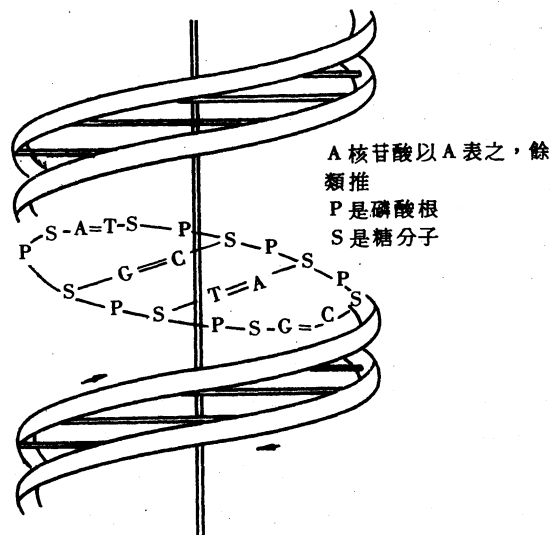
舉個實在例子，人的智慧被認為由數百個基因控制著(註七)，這數百個基因就稱為有關於智慧的遺傳體質，再加上環境的影響，表現出的智慧就是外觀體質(註八)。



這裏，環境與外觀體質的交互作用相當容易說明，比如聰明的女子能自己創造較好的環境，進好的學校，得父母較多的照顧，更容易聰明起來。這使得智慧遺傳性的研究工作複雜得不得了，也因此無法定論是否那個人種優於其他人種。是不是心智活動受基因的控制？若是，環境影響的因素如何去掉？這使得遺傳學與心理學有合作的趨勢(註九)。

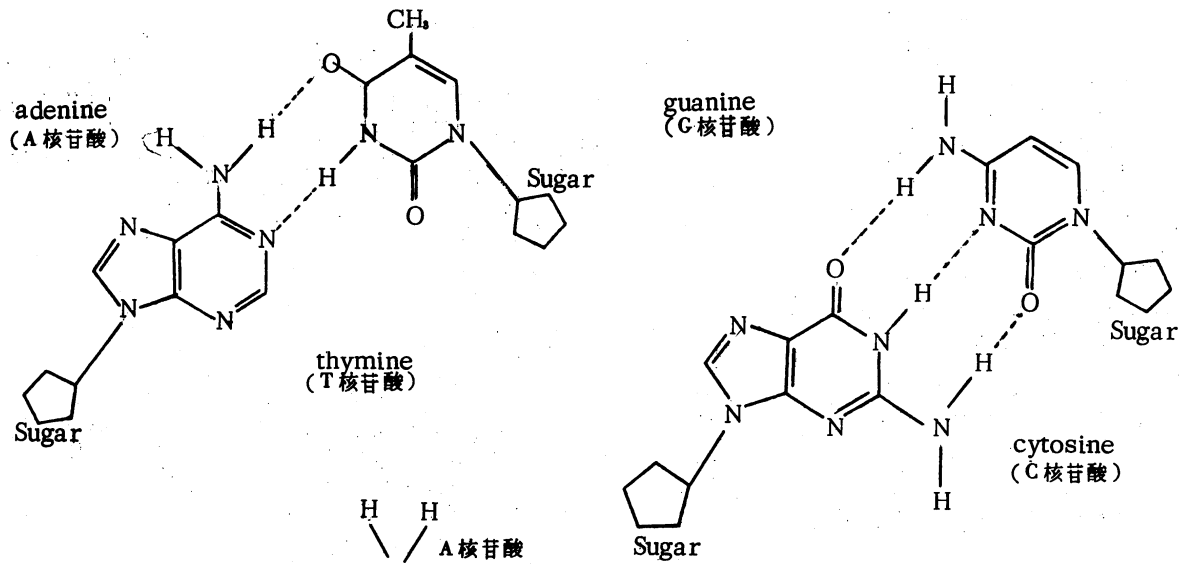
再受精卵怎麼後來分化成神經細胞？分化成腦細胞？這已有大概的理論來解釋，也有試驗支持它，簡言之，有點像以“波”來發信號而控制基因的作用，這個波不是一般物理上的波，是些可游動的分子。

DNA那麼小小一個分子，肉眼見不到的大分子(註十)，怎麼可能帶着控制終身的資料？如精神病或糖尿病的遺傳，可能在成年後才會顯出來，而且為什麼由DNA決定後代肖似前代。1952年 Watson - Crick 建議DNA分子的構造是double helix，如圖(一)。這個模型帶給他們諾貝爾獎，由於它可解釋遺傳特性(註十一)而被大家採納；他們分析DNA結晶的X-ray繞射圖案，而決定DNA是兩個互繞的多核苷酸鏈(polynucleotide chain)構成。因前人發現多核苷酸鏈由A, T, G, C四種不同的核苷酸(nucleotide)重複排列組合而成(註十二及十三)，且A核



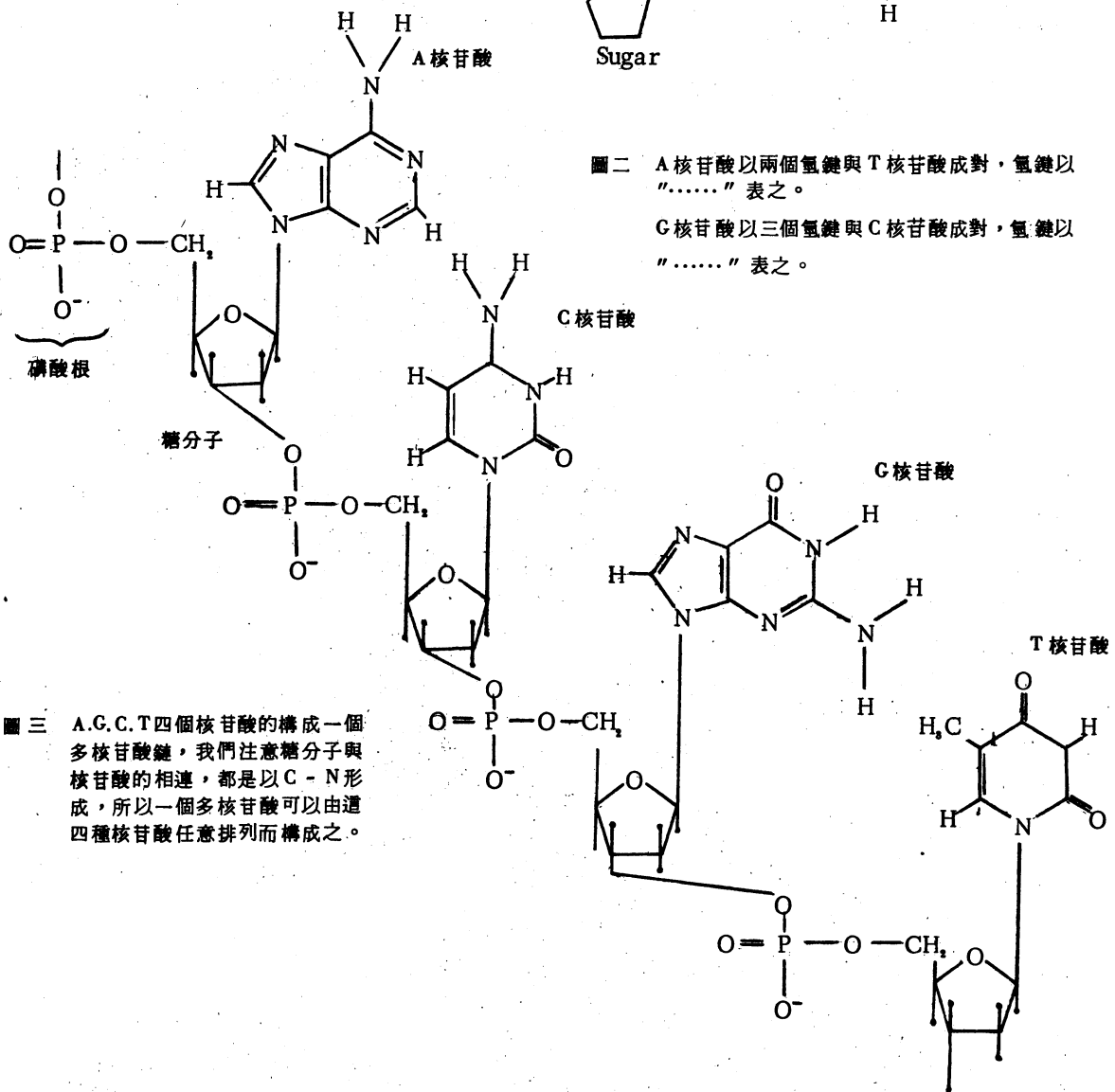
圖一 DNA 分子的模型之一部分

苷酸的數量一定等於 T 核苷酸的數量，G 核苷酸的數量等於 C 核苷酸的數量。他們推測 A 核苷酸以兩個氫鍵(H-bond)與 T 核苷酸成對；G 核苷酸以三個氫鍵與 C 核苷酸成對。如圖二與圖三。



圖二 A 核苷酸以兩個氫鍵與 T 核苷酸成對，氫鍵以 "....." 表之。

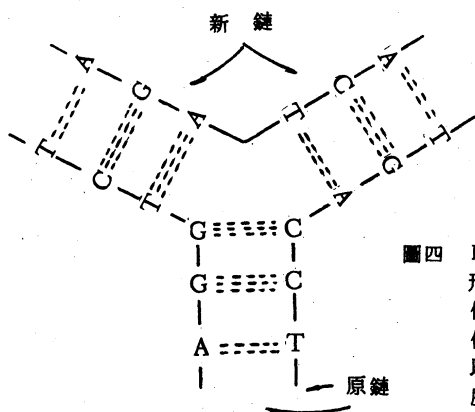
G 核苷酸以三個氫鍵與 C 核苷酸成對，氫鍵以 "....." 表之。



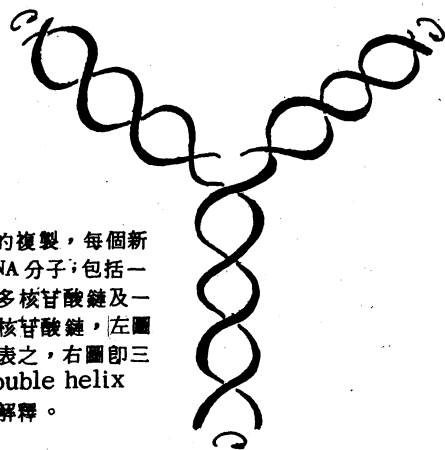
圖三 A.G.C.T 四個核苷酸的構成一個多核苷酸鏈，我們注意糖分子與核苷酸的相連，都是以 C - N 形成，所以一個多核苷酸可以由這四種核苷酸任意排列而構成之。

為什麼這個模型可解釋遺傳的特性？即後代肖似前代和變種及基因控制生物的許多作用和外

觀。因為這個分子模型可複製成二個與原來完全一樣的分，如圖四。



圖四 DNA分子的複製，每個新形成的DNA分子，包括一個原來的多核苷酸鏈及一個新的多核苷酸鏈，左圖以平面圖表之，右圖即三度空間double helix的複製的解釋。



我們都知道DNA是個分子，那麼改變它的組成原子，則是變種的來源。又因所謂生物不過是一些有機化合物經過生物化學反應，則它可控制外觀及生物的作用了。

一個DNA可含數個基因；一個基因，一般來說，含有 $10^3$ 到 $10^4$ 個成對的核苷酸，如TATTT，DNA分子。這個分子含有五個基因。讀者至此，不難想出為什麼，我們有 $1/2$ 的基數之於父 $1/2$ 得之於母。

三個核苷酸組成一個扣當(codon)，此個扣當相當於一個英文字母的作用。我們知道摩爾電碼由“-”和“.”兩種符號構成，可造成廿六個英文字母及其他符號。然後可傳遞任何信息。在這遺傳的字碼中，我們有四種符號，A, T, G, C；取任意三個排列組合成一扣當(註十四)。讀者不難得知有多少扣當，64個！(為什麼？)那不是可拼出數量驚人的消息出來了嗎？英文僅廿六字母，已可供應足夠的使用。更有趣的是，在所有生物體中，有同樣遺傳的字碼趨向，即若在大腸桿菌(E. Coli)中，ACA扣當控制脛丁氨酸(Threonine)的併入合成蛋白質(即生物合成)，同樣地，發現在老鼠中也是ACA扣當控制脛丁氨酸的生物合成。我們多想一下達爾文的進化論，對這趨向不應當吃驚，人還是由細菌進化而成的呢！讓我說得更明白些，我們知道蛋白質由一群氨基酸構成；ACA扣當有如一英文字母“O”，ACA扣當和別的扣當一起，可拼出love, prove, oak等含“O”的字出來。前述一個基因約含 $10^3$ 至 $10^4$ 個成對的核苷酸，以這個數量除以3，(為什麼？)可得約數百至數千的字母，可“排”

的消息，已甚可觀了。那麼扣當字碼既一樣，為什麼老鼠不是人也不是細菌？這是環境給它們的影響，也是生物演進的原因。簡言之，是生物化學反應受環境的影響。以日常生活中的一件瑣事為例，比如中國人看到love這個字，總是狹窄成愛情，而西洋人可看成子女愛父母之愛，這就是環境的影響了。

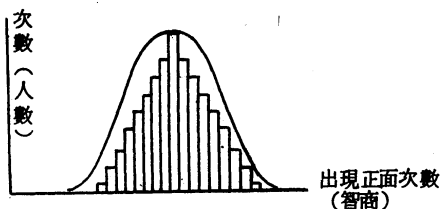
細胞膜的構造，也頗耐人尋味；為什麼它能允許需要的養分(注意，這養分也不外是些化合物而已！)進入細胞內，而不吸收不需要的養分？當然細胞膜的構造也由基因控制。有人用ESR及NMR來研究，希望找出它的構造來；也有從較大的觀點來看它，視整個細胞不是個封閉的系統；用不可逆的熱力學來探討它。(習見的熱力學是可逆的熱力學或平衡的熱力學reversible thermodynamics or equilibrium thermodynamics)。

我們都知道一個器官由不同的組織構成，每種組織細胞的作用已分化了，如表皮細胞有它特殊的作用，內皮層細胞有它特殊作用。但製成一個適宜的環境，(考慮養分、溫度、壓力、接觸面等等環境。)放一個已分化的細胞進來，為了生存和繁殖，結果它和已分化的細胞開始行別的作用。奇怪的是，這細胞如何“知道”它附近有否鄰近細胞？

引起癌症的一些化學化合物已被研究出，一群量子化學家研究引起皮膚癌的分子。發覺這個分子，用量子力學方法計算的結果(使用計算機)，有兩個特殊的價鍵區，若改變這特殊價鍵區的性質，則此分子不會引起癌症。

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  $2.5 \times 10^6$ ，水分子重約 18，蛋白質重約  $4 \times 10^4$ ，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、宇宙線、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線圖來，如圖五，亦稱正常鐘形曲線 (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線達成。

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

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

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。