

# 生命是什麼？

## What is Life?

作者 薛丁格  
Erwin Schrödinger

譯者 張智威  
Edward Y. Chang

設計 張嘉容  
Rosalind J. Chang

WHAT IS LIFE?  
THE PHYSICAL ASPECT OF  
THE LIVING CELL  
&  
MIND AND MATTER  
BY  
ERWIN SCHRÖDINGER

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS  
CAMBRIDGE  
LONDON · NEW YORK · MELBOURNE

Copyright © 2021 Edward Y. Chang, 張智威。

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording, or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. For permission requests, write to the publisher, addressed “Attention: Permissions Coordinator,” at the address below.

ISBN: 978-0-000000-0 (Paperback)

ISBN: 978-0-000000-0 (Hardcover)

Library of Congress Control Number: 000000000000

Any references to historical events, real people, or real places are used fictitiously. Names, characters, and places are products of the author’s imagination.

Front cover image by Rosalind J. Chang.

Book design by Rosalind J. Chang and Edward Y. Chang.

Printed by Ailly, Corp., in the United States of America.

First printing edition 2021.

Publisher Contact

[chang@stanford.edu](mailto:chang@stanford.edu)

# 目錄

譯者序.....	4
作者前言 .....	7

## 《生命是什麼》

第一章 古典物理學家理解主體生命的方法 .....	9
第二章 遺傳機制 .....	18
第三章 基因突變 .....	27
第四章 量子力學證據.....	36
第五章 德爾布魯克 Delbrück 模型的討論與測試.....	42
第六章 秩序混亂與熵.....	50
第七章 生命是建築在物理定律上嗎? .....	55
作者後記 .....	63

## 《心靈與物質》

第一章 意識的物質基礎.....	67
第二章 理解的未來 .....	73
第三章 客觀化原則 .....	81
第四章 算術悖論：心靈的統一 .....	88
第五章 科學與宗教 .....	96
第六章 感官品質的奧秘.....	104
<u>意識與心靈</u> 譯者後記.....	111
附錄 歷史出版封面 .....	121
附錄 譯者、設計師介紹.....	122

## 譯者序

翻譯《生命是什麼》一書，源起於我從 2019 年起在史丹佛大學電腦系開的一門人工智慧（AI）課程。在該課程（computer science 372）的最後一個部分，我分析現今人工智慧技術的限制，並探討如何突破瓶頸的方案。人工智慧現今的主要限制，簡而言之，在於它無法舉一反三。人工智慧的算法無法執行邏輯思維、推理、分析、進而創新，而這些是人類大腦有別與其他物種的重要功能。如何使人工智慧具有而且能夠執行這些功能呢？

這一波自 2012 年來蓬勃發展的人工智慧技術依賴的是巨量數據和高速平行演算設備。我同意幾位諾貝爾獎和圖靈獎得主包括：羅傑·彭羅斯 (Roger Penrose)、德奈爾·卡亨曼 (Dnaiel Kahneman)、和約書亞·本比喬 (Yoshua Bengio) 的看法：現今的 AI 只足以模擬人類的小腦。而小腦司無意識 (unconsciousness) 反應，它負責的功能多是生存必要性（譬如心跳、呼吸、消化）、反射性 (reflective)、與習慣性 (habitual) 的操作，是不經過意識狀態的。因此，突破小腦無意識的框架，合理地的下一步是探討意識 (consciousness)、自由意志 (free will)、甚至於心靈 (mind)。他們是什麼、如何量化他們、以至於執行小範圍實現和實驗。

意識是什麼、如何生成的、住在體內的那個部位？意識與無意識如何切換？意識與心靈會與身體一起衰亡嗎？譬如當我們的感覺感知器官看到、聽到、聞到、觸碰到一個實體，意識如何辨認這個實體是什麼、有沒有危險、或者是否賞心悅目呢？悅目這詞合理嗎？眼球本身只收集訊號而無意識情感，目如何能悅？而心是怎麼賞的呢？您和我（有機體）的兩個意識，面對同時同景同物體，我們對該物體辨認大致相同（譬如一片楓林），但兩個意識觸景所生的情可能不同。這作用如何發生的呢？這些只是幾個代表問題。薛丁格的《生命是什麼》一書很自然的成為我在尋找線索道路上的寶典之一。（又譬如羅傑·彭羅斯的《皇帝的新心靈》也深具啟發性。）

探究意識為什麼從科學，而不是從哲學宗教學入手？我同意薛丁格在《物質與心靈》第一章「意識的物質基礎」開宗明義的立場：有些議論純屬幻想或意見，無法證明亦無從辯駁，因此對建立理論沒有幫助。我認為哲學家宗教家的思想，譬如笛卡兒，叔本華，康德，尼采、加爾文、甚至佛洛依德等等的，部分的學說只能被認為是假說 (conjecture)。他們所想像的、經驗的、定義的意識 (consciousness)、心靈 (mind) 等等，可能立基於其他假說或必須使用比喻，而非立基於基本條件與邏輯推導得出的結論。而讀此書數次後，我被說服了只有使用嚴謹的科學方發，或更精確的說，依照亞里士多德第一性原理，才是正確的治學道路。薛丁格堅持如此，特斯拉（Tesla）的馬斯克 (Elon Musk) 亦若是。容我稍後解釋（見兩段後面符號）。



Erwin Schrödinger bei einer philosophischen Vorlesung an der Universität Wien am 13. April 1956. (Bild: AKG)

《生命是什麼》一書闡述三個子題。首先，薛丁格解釋古典物理的統計物理學，以 $\sqrt{n}$ 規則解釋有機體需要大量的原予以降低出錯機率。給定  $n$  個原予，單位時間內出錯機率可以表示為 $\sqrt{n}/n$ 。如果一個有機體的原予數量為  $n = 100$ ，該有機體在單位時間內的出錯率為 10%。人為什麼要大到具有大約  $7 \times 10^{27}$  個原予呢？因為依照 $\sqrt{n}$  規則，隨機出錯率降到低於  $1/10^{13}$ 。薛丁格同時提出根據熱力學第二定律，一個有生命有機體的自然趨勢是它的亂度或熵 (entropy) 持續增加，而最後達到熱力學平衡狀態（死亡）。這是所謂的“有序從無序”(order from disorder) 統計物理法則。第二，薛丁格引用德國物理學家德爾布呂克 (Max Delbrück) 的發現，斷言基因是分子結構。分子的結構具有持久性，基因因此可以代代相傳而大致不變。這是所謂的“有序從有序”(order from order)。最後，也是薛寫這本書的唯一目的，他認為基因裡有一個代碼腳本 (code script)，它是遺傳的藍圖同時也紀錄了執行方式與時間。藍圖本身在極微小機率下會產生突變，而突變是達爾文物競天擇理論的基礎。薛認為突變的機制是量子力學的量子跳躍 (quantum jump)，因此，薛將物理學化學理論連結到生物學研究。《生命是什麼》這個---物理可以幫忙解基因之謎---的思路，直接激勵了三位科學家：威爾金斯、沃森、和克里克，重新點燃他們繼續從事物理研究的熱忱。果真，他們以物理的理論和研究方法為基礎，在九年後發現 DNA 的雙螺旋結構。1953 年 8 月 12 日，感恩的克里克寫信給薛丁格，表達對他的啟發的感激之情。

薛丁格在量子力學領域的卓越貢獻，與海森堡 (Werner Heisenberg) 與狄拉克 (Paul Dirac) 齊名，被公認為史上具影響力物理學家的第十名。薛的視野、跨領域知識、及影響力有目共睹。近年有學者提到《生命是什麼》一書中的一些理念並非薛的原創，有一些理論也已經被推翻，譬如熵值（代表亂度）在極微觀環境中可以被逆轉。我認為這些是極其無聊的評論。其一，薛確切聲明他所有的引用定律的來源，尤其第五章直接將德爾布魯克的名字放入標題，肯定並解釋他基因是分子結構的發現。其二，科學持續進步，不會有人否定牛頓的貢獻，愛因斯坦是基於牛頓理論的例外，啟發了他研究解決方案，導致相對論的誕生。

回到翻譯本書的動機，除了此書內容與我的教學研究題目密切相關外，薛丁格治學所遵從的第一性原理（他在第五章第二節中提及）是一個極為重要值得我們實踐的思考方法。亞里士多德兩千多年前提出的第一性原理為：“每個系統存在一個最基本命題，不能被省略和刪除，也不能被違反”。如何在思考過程中實踐第一性原理呢？首先，思考從最基本不變的條件出發。這些條件不能再簡化或依賴其他條件。第二，從基本條件出發的推演要求嚴密的邏輯關係。第三，不參照同類方案，只尊重實證的結果（經過理論推導或得自可重覆實驗的證實）。馬斯克 (Elon Musk) 在近十年中將第一性原理發揚光大。在一個 TedTalk 專訪中他簡化執行方式為：推導一個問題的解決方案時絕對不使用類比。譬如當馬斯克在研發新電池技術時，他拒絕參照歷史方案，不聽他人失敗的故事。馬斯克堅持從最基本想起，一步步推導出他的方案。（反之，一個糟糕的思路為：某公司電池方案 A 不

好因為使用的材質會漏電；或，使用 B 金屬不好因為太貴了。讀者想想，類似論證程序的缺陷出在哪裡？提示請參照篇後註解†。）我們不得不承認，薛丁格與馬斯克的成果是重覆的成功實驗第一性原理的驗證。第一性原理是值得遵循的思考方式。本書為我構建與量化意識的旅程，推薦了一位最好的嚮導。

翻譯的過程中接受到許多幫助與啟發。首先謝謝谷歌翻譯給了一個初稿。如果您了解人工智能如何透過既有文獻的大數據訓練谷歌翻譯引擎，您不難了解谷歌的初稿可能匯集自其他的譯本。不幸的是初稿錯誤百出‡。在此特別感謝三位好友：胡紹冀、于思禮、與徐興邦在百忙之中幫忙校稿。紹冀是我在初中二、三年級的鄰座。在那段最堅苦的日子裡，他優秀的物理和化學知識幫助了我學習的遲鈍。思禮是高中同學，我們住校三年，週末多不回家，在學校打球，看完了整套新潮文庫。我的文學哲學底子是在那段時間裡奠定的。還記得思禮送給我的書包括了“浮士德”、“唐璜的門徒”、及“脫軌的老大”等等。興邦是大學同學，一直是一面好鏡子，多年來我信任他的忠告與規勸，因為我可以感應到真、誠。三四十年後能夠得到好友的幫助，帶回成長過程中的苦甘。雖然人生大海起起伏伏，但是他們的堅毅和樂觀，數十年沒變。

最後感謝妻子和小女兒的建議和支持。大多的圖片為嘉容設計繪製。嘉容是媒體藝術設計專業，替許多公司設計網頁、廣告、以及 Google 產品介面等等。

意識與心靈、我相信在即使我們無法逆轉我們軀體內熵值的增加（導致最後的衰退），我們的心靈是永恆的。是的，薛丁格與我有這個共識！

張智威 [Edward Y. Chang](#)  
史丹佛大學，2021 年 11 月 22 日

（†註：此例中批評某材質會漏電的命題不是最基本命題。材質漏電可能是材質本身的問題，材質供應品質的問題，或其他配備與製程的問題呢？第二，價格命題可視為非核心技術問題。如果新方案真的可以大幅提高電池性能，量可治價，降低成本有其他方式解決。這兩個非基本命題不是不重要，而是在設計高性能電池時，他們不是基本命題，反而會提前扼殺一個創意的推導。這些可能限制最佳解的問題可以自成一個獨立的命題，分別探討，而不是中斷主命題的推論。）

（‡註：有些谷歌翻譯的錯誤源於薛丁格的德文初稿的兩個挑戰。其一，德文的句子一般超長。極端的例子為一句長句自成一個段落。長句裡通常有多個主詞和多個副詞子句，誰修飾誰？其二，薛丁格用了許多代名詞。由於句子長並且代名詞所指的主詞可能跨句，經常讓魯鈍的我陷入困惑。最奇特的例子是這一句：“It follows it, and vice versa.”。另一例子為前句用了 it、him、that，而後一句代名詞 them 可以是 it、he、或 that 代名主詞的複數形式。得靠第一性原理幫忙解惑，呵呵。此外同一個名詞譬如 configuration、picture、和 order 在不同處即使英文同義，中文會被谷歌翻譯翻成不同意涵。例如 order 一字指的是秩序，但是 order from order 被翻譯為訂單到訂單。更嚴重的錯誤在翻錯了雙重、三種否定論述的同意反對立場。因此，依賴專家校稿的品質，優於無意識機器翻譯的粗糙！）

# 作者前言

科學家應該首先對某些學科有完整和透徹的了解，因此，通常不應該就他不是大師的任何主題進行寫作。這是一個被視為貴族義務的問題。為了目前的目的，我懇求放棄貴族，如果有的話，並免除隨之而來的義務。我的理由如下：

我們從祖先那裡繼承了對統合的、包羅萬象的知識的強烈渴望。最高學府的名稱提醒我們，從古代和歷來的許多世紀，普遍性一直是唯一值得充分肯定的。但是各個分支知識的傳播，在廣度和深度兩個方面，在過去的一百多年裡使我們面臨著一個進退兩難奇怪的困境。我們清楚地感到，我們現在才開始獲得可靠的材料，將所有已知的焊接成一個總和的整體；但是，另一方面，一個單一的頭腦幾乎不可能完全掌握它的一小部分、專門化的部分。

我認為沒有其他辦法可以擺脫這種困境（以免我們永遠失去真正的目標）除非我們中的一些人冒險開始綜合事實和理論，儘管對其中一些是二手的和不完整的知識---並且冒把自己變成一個笨拙荒謬的風險。

我的道歉就這麼多了。

語言的困難不容忽視。一個人的母語是一件非常合身的衣服，當它不能立即可穿並且必須被另一件替換時，一個人不會感到很自在。我要感謝 Inkster 博士（都柏林三一學院）、Padraig Browne 博士（聖帕特里克學院，Maynooth），最後還要感謝 S. C. Roberts 先生。他們麻煩的為我穿上新衣，而我偶爾不願意放棄我自己的一些“原創”風格，給他們添了更大的麻煩。如果其中一些（錯誤）在我朋友們的放水的傾向中倖存了下來，它應該放在我的門口，而不是放在他們的門口。

眾多章節的標題原本是作為稍微的總結，每一章的正文都應該連續閱讀。

*Erwin Schrödinger*

都柏林，9月，1944

沒有什麼比死亡更讓自由人思考的了；他的智慧是，不沉思死亡，而是沉思生命。斯賓諾莎的倫理學，第 IV 篇，67 號提案。

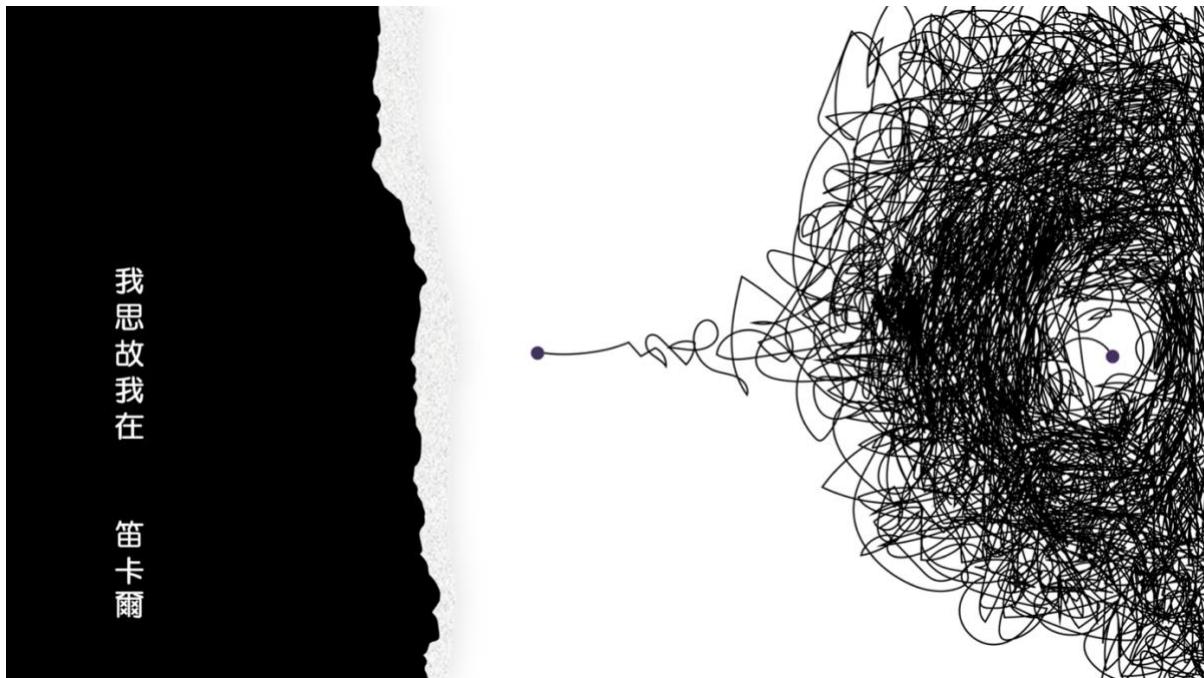
生命是什麼？



25x microphotographed by Edward Y. Chang, Stanford, January 2021

# 古典物理學家理解主體生命的方法

## 《生命是什麼》第一章



Rosalind J. Chang

### 一般特徵和調查研究目的

這本書源起於一堂公開課程系列，由一位理論物理學家發表給大約四百名聽眾，聽眾數量並未明顯減少，儘管他們一開始就被警告說，這課程的主題艱澀且不通俗，即使物理學家最令聽眾恐懼的武器，數學推論，很少被使用。如此做的原因不是主題足夠簡單到無需數學就可以解釋，而是因為主題複雜無法完全用數學來接駁。另一個通俗化的理由是講師打算向物理學家和生物學家闡明生物學和物理學跨領域的基本觀念。

因為實際上，儘管涉及的主題多種多樣，但整本書僅打算傳達一個想法---對一個博大且重要的問題發表一個小評論。為了不使讀者迷失，簡短地概述此書的計劃可能會有幫助。

那個博大重要而又被廣泛討論的問題是：

在生命有機體的空間邊界內發生的時空事件如何用物理學和化學方法來解釋？

這本書將努力闡述和建立的初步答案可以概括如下：

雖然當今的物理學和化學顯然還無法解釋這些事件，但是完全沒有理由懷疑物理學和化學終究可以解釋這些事件。

### 統計物理。結構的根本差異

如果這只是為了激發希望在未來實現過去未能實現的目標，那將是非常微瑣碎無意義的討論。但是意義是非常正面的，即，到目前為止，這些過去的無能不逮都得到充分的解釋。

今天，感謝在過去的三十或四十年中生物學家（主要是遺傳學家）的非凡的工作，人們對生物體的實體結構及其功能的了解已經足夠的可以闡明並確切地說明當今物理學及化學無法解釋的生物體內時空的變化。

有機體最重要部分的原子排列以及這些排列之間的相互作用，在根本上不同於物理學家和化學家至今將物體<sup>†</sup>作為實驗和理論研究對象的所有原子排列。然而，雖然我剛才說的基本差異是如此之大，但是除了那些物理學家透徹的了解“物理化學定律始終是統計規律的知識”，其他人可能認為以上論述的差異顯得微不足道。因為就統計觀點而言，有機體重要部分的結構與我們物理學家和化學家在實驗室中物理處理過的任何物質或在寫字台上冥想的任何物質的結構完全不同。幾乎不可想像的是，由此發現的定理和規律會立即適用於不表現出這些定理和規律的行為所基於的結構系統。

（<sup>†</sup>譯者註：物理學家傳統研究的對象大多數是無機體，而有機體的行為與無機體的行為差異甚大，因此原子排列以及這些排列之間的相互作用也大相逕庭。）

非物理學家甚至不能指望掌握---更不用說感謝相關性---那我剛剛使用的抽象術語所表述的“統計結構”中的差異。為了使表述更加生動，讓我在此預告稍後將進行更詳細的解釋，即，活細胞最重要的部分---染色體纖維---可以適當地稱為非週期性晶體。迄今為止物理學僅處理週期性晶體。在一個謙卑物理學家的心裡，這些（週期性晶體）是非常有趣且復雜的物體。它們構成了最迷人和最複雜之一的物質結構，而結構無生命屬性困惑物理學家的智慧。然而，與非週期性晶體相比，週期性晶體顯得相當平淡枯燥。結構上的差異就像普通壁紙和拉斐爾壁毯之間的差異：常規壁紙中，相同的圖案規則的一次又一次周期地重；而拉斐爾壁毯中沒有枯燥的重覆，而是大師的慎密、連貫、有意義設計的傑作。

在把“周期晶體”稱為他研究中最複雜的對象之一時，我想到了物理學家。在研究越來越複雜的分子時，有機化學的確與“非週期性晶體”非常接近，在我看來，“非週期性晶體”是生命的實體載體。因此，難怪有機化學家已經為生命問題做出了重要貢獻，而物理學家卻幾乎沒有貢獻。

### 天真的物理學家的方法

在非常簡短地說明了我們調查的總體思路---或更確切的說最終範疇---之後，讓我描述一下攻擊路線。

我建議首先發展你們（聽眾）所謂的“天真的物理學家<sup>‡</sup>關於有機體的想法”，也就是說，一位物理學家在學習了物理學，尤其是物理學的統計學基礎之後，開始思考有機體以及它們的行為和功能方式，然後認真地問自己，從他學到的知識，從他相對簡單清晰而謙遜的科學的觀點來看，他是否可以做出任何解決這個問題相關的貢獻。

（<sup>‡</sup>譯者註：天真的物理學家是謙虛地薛丁格教授自己。另，此段真的是一句呵成啊！）

事實將證明他可以。下一步必須是將他的理論預期與生物學事實進行比較。事實證明---儘管總的來說他的想法似乎很明智---但仍需要對其進行適當的修改。通過這種方式，我們將逐步接近正確的觀點---或者，更謙虛<sup>‡</sup>地說，我提出的正確觀點。

即使我應該是正確的，我也不知道我的方法是否真的是最好和最簡單的。但是，簡而言之，這是我的。那“天真的物理學家<sup>‡</sup>”是我自己。而且我找不到比我自己彎曲的方法更好或更清晰的來達成目的。

### 原子為什麼這麼小？

發展“天真物理學家的思想”的一個好方法是從一個奇怪的，幾乎是荒謬的問題開始：為什麼原子這麼小？首先，它們確實很小。日常生活中處理的每一個小物件都包含大量原子。已經例子已被設計將這一事實讓聽眾理解，沒有一個比開爾文勳爵 Lord Kelvin 使用的例子更令人印象深刻：假設你可以在一杯水中標記分子；然後將玻璃杯中的內容物倒入海洋，並充分攪拌，使標記分子均勻分佈在整個七個海洋中。如果你隨後在海洋之外的任何地方拿了一杯水，就會發現其中有大約一百個你標記的分子。

原子的實際大小在五千分之一至兩千分之一間黃色光的波長。這種比較是有意義的，因為波長粗略地表明了顯微鏡下仍可識別的最小晶粒的尺寸。因此，可以看出，這種晶粒仍然包含數億個原子（因為原子比光的波長小了很多，長度平方後為體積）。

### 原子為什麼這麼小呢？

顯然，這個問題是個逃避。因為它並不是真正針對原子的大小。它與有機體的大小有關，尤其是與我們自己實體自我的大小有關。的確，當以我們的公制長度（例如碼或米）為單位時，原子很小。在原子物理學中，習慣於使用所謂埃（Ångström, 縮寫 Å），它是米的十的十次方分之一，或者用小數點表示的 0.0000000001 米。原子直徑在 1 至 2 Å 之間。現在，這些市井使用的尺碼單位（原子與尺碼相比如此之小）與我們身體的大小緊密相關。由一個幽默的英國國王的故事可以追溯尺碼的緣由，議員詢問國王如何丈量一碼，國王向側面伸出手臂說：“從我的胸部中央到我的指尖，那是正確的。”真實故事與否，這個故事對我們的目的有重大意義。國王自然的丈量長度與自己的身體長度對比，而知道用其他任何

物件當比較基礎至為不便於解釋。即使物理學家對 Angstrom 單位偏愛，物理學家更願意被告知他的新衣服將需要六碼半的花呢布，而不是六十五億埃的花呢布。

因此，我們的問題真正針對兩個長度的比率，即我們的身體和原子這兩個長度的比率---不可爭議的優先性是原子獨立存在，這個問題的真正的解讀是：我們的身體與原子相比為什麼必須大那麼多？

我可以想像，許多熱衷於物理學或化學的學生可能對這樣一個事實有反感，即我們的每個感官器官或多或少構成了我們身體的實質部分，因此（鑑於上述比率的說法）感官器官（譬如眼睛）本身由無數原子組成，這建構太粗糙以至於無法受到單個原子的影響。我們看不到或感覺不到或聽不到單個原子。我們關於原子們的假設與我們的粗燥感覺器官的直接發現有很大的不同，因此不能接受實驗的直接檢驗。

一定是這樣嗎？是否有內在原因？我們是否可以追溯到某種首要原則，以便確定並理解為什麼沒有其他事物與這些自然法則兼容呢？

現在，這是物理學家能夠完全解決的一個問題。所有回答查詢的答案都是肯定的。

### 有機體的運作要求嚴格的物理法則

如果不是這樣，如果我們是非常敏感的有機體，一個原子甚至幾個原子可以對我們的感官產生可感知的印象---天哪，生命會是什麼樣子！強調一點：這種有機體肯定不會發展出一種有序的思想，這種思想經過一系列早期階段之後，最終會導致形成許多思想，其中一個是原子的概念

（譯者註：薛丁格的意思是如果每一個單一原子可以各自影響感官，我們的感知會混亂無序。這隨機現像的億兆思想，有一個可能是原子概念。一個相似的例子是：猴子在鍵盤上隨機敲打，也有可能---雖然機率趨於零---打出一篇莎士比亞的作品。）

即使我們選擇這一點<sup>†</sup>，以下考慮也基本上適用於除大腦和感官系統以外的器官的功能。然而，對我們自己最重要的一件事是，我們感覺、思考、和感知。對於負責思考和感覺的生理過程，所有其他器官都起著輔助作用，至少從人的角度來看，如果不是從純粹的客觀生物學的角度來看。甚且，即使我們不知道密切平行的性質，它<sup>‡</sup>將極大的方便我們選擇與主觀事件密不可分的過程進行調查。實際上，在我看來，它不在自然科學的範圍之內，而且很可能完全不在人類的理解範圍之內。

（<sup>†</sup>譯者註：這一點、指的是每一個原子都有感知，而不是像類神經網路 neural network，多層神經元匯集最後形成感知。）

（<sup>‡</sup>譯者註：它、指的是負責我們感覺、思考、和感知的器官，而不包括輔助器官譬如肺、肝、腸胃等等。）

因此，我們面臨以下問題：為什麼像我們的大腦接著許多感知系統這樣的器官，必須由大量原子組成，以便他的生理狀態變化緊密地對應高度發開發的思想？出於什麼原因，大腦與感知系統產生的思想<sup>†</sup>與生存不兼容，完全的不兼容，或是部分的不兼容於與環境直接互動的外圍器官，而該機制足夠精巧且敏感的可以反應和記錄來自單個原子的碰撞？

(<sup>†</sup>譯者註：原主詞為 the latter task of the said organ 有兩個代名詞，我將代名詞還原為命名實體。)

原因是，我們所謂的思想（I）本身是有序的事物，而且（2）只能應用於具有一定程度有序性的**實體**上，即感知或經驗。這有兩個後果。第一，與思想（我的大腦有著我的思想）緊密對應的人體組織必須是一個秩序井然的組織，這意味著內部發生的事件必須遵守嚴格的物理定律，至少要極高準確的遵守。第二，外部的物理印象，產生於其他人體良好組織的系統上，顯然相對應於那人思想的感知與經驗，形成了我所謂的**實體**<sup>†</sup>。因此，我們的系統與其他系統之間的物理性互動必須具有一定度的物理有序性，也就是說，其他系統也必須高度準確的遵守嚴格的物理定律。

(<sup>†</sup>譯者註：實體在這段中代表感知或經驗。)

### 物理法則取決於原子統計，因此僅是近似的

為什麼剛才所提的現象無法被一個由中等數量原子組成而且已足夠對幾個原子的影響敏感的有機體實現呢？

因為我們知道所有原子始終都在執行完全無序的熱運動，也就是說，每個原子違背有序行為，並且不允許少數原子之間發生的事件歸依任何可識別的定律。只有在非常大量原子的合作中，統計定律才能開始操作和控制這些原子群聚的行為，而隨著所涉及原子數量增加，精確度增加。通過這種方式，事件獲得了真正有序的特徵。所有已知在有機體生命中起重要作用的所有物理和化學定律都屬於這種統計類型；人們可能想到的任何其他種類的法則和有序性都由於原子的不斷熱運動而永久受到干擾並失效。

### 它們的精度基於大量的原子干預。第一個例子（順磁性）

讓我嘗試通過一些例子來說明這一點，從數千個樣本中隨機抽取一些例子，可能不是陳述給初次了解“事物狀態<sup>†</sup>”（condition of things）的讀者的最佳例子---這“事務狀態”是在現代物理學和化學的最基本的，譬如生物學中的生物由細胞組成，或者天文學中的牛頓定律，甚至在數學裡的整數序列 1、2、3、4、5 ...。一位初學者不應期望從接下來的幾頁中獲得對此主題的全面理解和欣賞，此主題與赫赫有名的路德維希·博爾茲曼和威拉德·吉布斯 (Ludwig Boltzmann & Willard Gibbs) 的大名教科書中相關聯也在教科書中《統計熱力學》的篇章中被探討。

(<sup>†</sup>譯者註：事物狀態、事物在物理學裡包括了古典力學、熱力學、和靜力學等項目。)

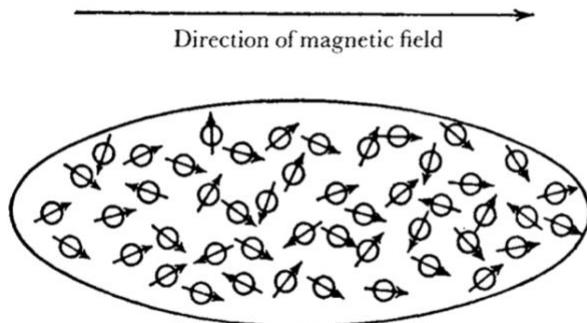


Fig. 1. Paramagnetism.

如果將氧氣填充到長方形石英管中並放進入一個磁場（見圖一），你會發現氣體已被磁化。磁化歸因於以下事實：氧分子是小磁鐵，並且像羅盤針一樣傾向於自身與磁場平行定向。但是你千萬不要以為它們實際上是平行的。因為如果你將磁場增加一倍，那麼氧體內的磁化強度就會增加一倍，並且這種比例關係會延續到極高的磁場強度，磁化強度會隨著你施加的磁場的速率而增加。

這是統計定律的一個特別清晰的例子。磁場趨於產生的取向被熱運動不斷抵消，熱運動對於取向產生隨機作用。這種競爭的效果有微小的影響到極子軸與磁場之間的夾角，偏愛銳角而非鈍角。儘管單個原子不斷地改變其方向，但它們平均（由於數量眾多）會在磁場方向上產生恆定的小優勢，並與偏愛程度成比例。這種巧妙的解釋歸功於法國物理學家蘭格文（P. Langevin）。可以通過以下方式進行檢驗。如果觀察到的弱磁化強度確實是競爭趨勢的結果，即，磁場意圖聯合所有平行分子和產生隨機取向的熱運動，則應該有可能通過以削弱熱運動來增加磁化強度，也就是說，通過降低溫度，而不是加強磁場。實驗證實了這一點，它給出了與絕對溫度成反比的磁化強度，與理論（居里定律）在數量上一致。現代設備甚至通過降低溫度使我們能夠將熱運動降低到微不足道的程度，以至於磁場的定向趨勢可以，即使不是完全地，決斷自己，至少足以產生相當一部分“完全磁化”。在這種情況下，我們不再期望磁場強度加倍會使磁化強度加倍，而是隨著磁場的增加，磁化強度的增加越來越小，接近所謂的“飽和”。這種預期也被實驗定量證實。

請注意，此行為完全取決於大量分子合作產生可觀察到的磁化強度。否則，後者根本不是恆定的，而是會從一秒到下一秒非常不規則的波動變化，來見證熱運動與磁場之間的競爭變動。

## 第二個例子（布朗運動，擴散）

如果在密閉的玻璃容器的下部填充由微小液滴組成的霧氣，你會發現霧氣的上邊界以確定的速度逐漸下沉（見圖二），該速度取決於空氣的粘度、大小、和液滴的比重。但是，如

果你在顯微鏡下觀察水滴中的一滴，你會發現它不會以恆定的速度持續沉降，而它是執行非常不規則的運動，即所謂的布朗運動（見圖三），布朗運動僅對應於平均水平的規則下沉。

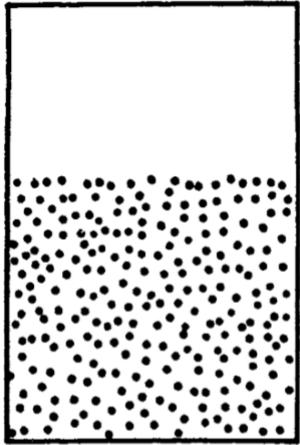


Fig. 2. Sinking fog.



Fig. 3. Brownian movement of a sinking droplet.

現在這些液滴不是原子，但是它們足夠小且輕巧，不會完全不受永久衝擊中錘擊其表面的單個分子的影響。因此，它們被敲打並且承受平均重力的影響。

這個例子表明，如果我們的感官只受到少數分子的影響，我們應該有什麼有趣而無序的經歷。有些細菌和其他生物體是如此之小，以至於它們受到這種現象的強烈影響。它們的運動取決於周圍介質的熱力變化。

他們別無選擇。如果他們有自

己的運動能力，那麼他們可能會成功地從一個地方到達另一個地方，但仍然會遇到一些困難，因為熱運動就像洶湧的大海把小船拋扔。

與布朗運動非常相似的現像是擴散現象。想像一下，一個裝有流體（例如水）的容器，其中溶解了少量的有色物質（例如高錳酸鉀），濃度不均勻，而是如圖四所示。每一點表示溶解物質（高錳酸鹽）的分子，濃度從左到右遞減。如果把這個系統擺在一旁，一個非常緩慢的“擴散”過程發生，高錳酸鹽就會從左向右擴散，也就是從較高濃度的地方向較低濃度的地方擴散，直到在水中均勻分佈。

關於這一相當簡單且似乎不是特別有趣的過程的非凡之處在於，它絕不是由於任何趨勢或力量驅使高錳酸鹽分子從擁擠的區域擠向不擁擠的區域，像一個國家的人口擴散到有更多可容肘部活動空間的區域。我們的高錳酸鹽分子沒有任何反應。他們每個分子的行為都與其他分子完全獨立，分子與分子很少碰到。他們中的每一個，無論是在擁擠的地區還是在空曠的地區，都遭受著同樣的命運，即不斷地被水分子撞擊，從而逐漸朝著無法預測的方向前進---有時朝上有時朝下，有時集中有時傾斜。通常與蒙住眼睛的人在大面積上想“行走”做比較，這盲走無任何特定方向的偏好，因此會不斷改變其路線。

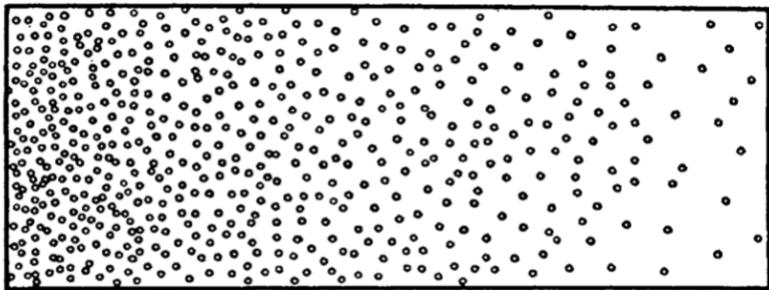


Fig. 4. Diffusion from left to right in a solution of varying concentration.

乍看之下，高錳酸鹽分子的這種隨機游動（對於所有分子而言都是一樣的）仍應產生朝向較小濃度的規則流動並最終使分佈均勻，這是第一眼的困惑---但僅是第一眼。如果你在圖四中設想區隔成幾個濃度近似恆定的垂直薄片，那麼在給定的時刻一個特定薄片中含有的高錳酸鹽分子將通過它們的隨機遊走而確實以相等的概率被帶到右邊或左邊。但正是由於這個結果，分隔兩個相鄰切片的平面將被更多的來自左側的分子穿過，而不是相反的方向，這僅僅是因為在左側，參與隨機遊走的分子比在右側的分子更多。只要這樣，平衡就會顯示為從左到右的規則流動，直到達到均勻分佈為止。

將這些考慮因素翻譯成數學語言，精確的擴散定律得到以下的偏微分方程等式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = D \nabla^2 \rho ,$$

此等式我不會通過解釋來麻煩讀者，儘管它在普通語言中的含義很簡單。在這裡提到嚴謹的“精確數學”定律的原因是要強調其物理精確度必須在每個特定應用中都應受到挑戰。基於純偶然性，其有效性僅是近似的。通常，這是一個非常好的近似值，這僅是由於有巨大量分子在那現象中合作所致。分子的數量越小，我們必須期望的偶然性偏差就越大---在有利的情況下它們可以被觀察到。

### 第三個例子（測量精確度的限制）

我們將給出的最後一個示例與第二個示例非常相似，但是具有特殊的意義。物理學家經常使用細長纖維懸掛輕體 以平衡方向來測量弱力，該弱力使輕體偏離平衡位置，施加的電、磁、或引力會使其繞垂直軸扭曲。（當然，必須為特定的目的適當選擇輕體。）為繼續提高這種非常普遍使用的“扭力平衡”裝置的準確性的努力已經遇到了一個令人好奇的限制，而裝置本身最令人感興趣。在選擇越來越輕的物體以及更細和更長的纖維時（為了使平衡容易受到越來越弱的力的影響），當懸浮體變得明顯易受周圍分子的熱運動影響並開始發揮作用時，就達到了極限。關於其平衡位置的連續不規則的“跳舞”，非常類似於第二個示例中的小滴振動。儘管此行為對使用天平獲得的測量精度沒有設下絕對的限制，但它設下了實用的精度。熱運動的不可控制的作用與要測量的力的作用競爭，並且使得觀察到的

單個撓度微不足道。你必須多數觀察以消除布朗運動對儀器的影響。我認為這個例子在我們目前的調查中特別有啟發性。因為我們的感覺器官，畢竟是也是一種儀器。我們可以看到，它們將變得毫無用處如果超級敏感<sup>†</sup>。

(<sup>†</sup>譯者註：遲鈍對心理健康不是件壞事。)

### $\sqrt{n}$ 規則

舉了足夠的例子了。我只補充說，在一個有機體內或該有機體與環境的相互作用中相關的物理或化學定律，我都能選擇作為一個例子。詳細的解釋可能更複雜，但是要點始終是相同的，因此說明將變得重覆單調。（譯者註：作者的意思是他可以舉更多例子，但三個例子已經達到闡述大數統計的理念。此外，作者沒有更深度解釋前三個例子，因為太複雜而授課時間有限，也或許讀者頭腦太簡單。）

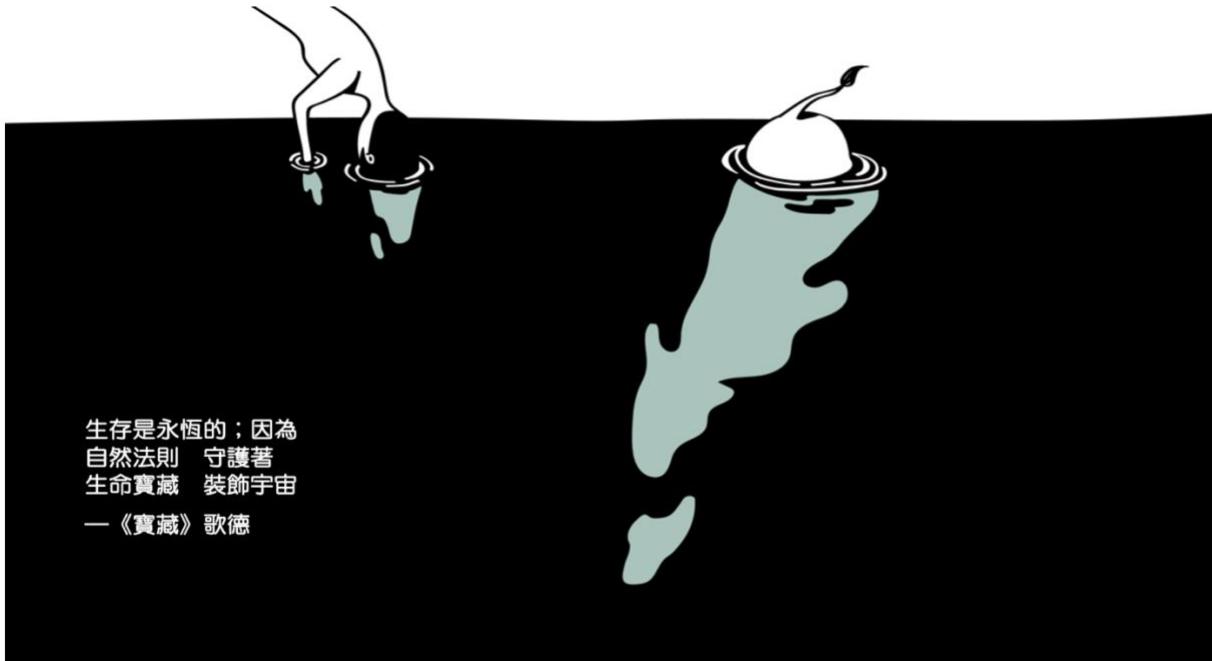
但是，我想添加一個非常重要的定量聲明，涉及任何物理定律（所謂的 $\sqrt{n}$ 定律）中預期的不精確度。我將首先通過一個簡單的示例對其進行說明，然後對其進行概括。

如果我告訴你在一定壓力和溫度條件下某種氣體具有一定密度，並且如果我說是在一定體積（與某些實驗相關的尺寸）之內，在這些條件下存在的氣體中只有  $n$  個分子，那麼你可以確定，如果你可以在特定的時間測試我的陳述，你會發現它不準確，偏離程度為 $\sqrt{n}$ 量級。因此，如  $n = 100$ ，你會發現大約 10 的偏差，因此相對誤差為 10%。如果  $n = 1,000,000$ ，你可能會發現大約 1,000 的偏差，因此相對誤差為 0.1%。現在粗略地說，這種統計定律是相當普世。物理和物理化學定律在  $1/\sqrt{n}$  量級的可能相對誤差內，其中  $n$  是合作產生該定律的分子數量---以在空間或時間（或時空）區域內產生其合法性，這是出於某些考慮或某些特定的實驗。

你再次從中看到，有機體必須具有相對總體的結構，才能享受其內部生命以及與外部世界的相互作用所需的相當精確的定律。否則，如果合作粒子的數量太少，此“定律”將太不準確。特別緊急的要求是平方根。因為一百萬雖然是一個相當大的數字，但如果某事物聲稱是“自然法則”的尊嚴，那麼千分之幾的一精度（或偏離度）並不是絕對好。

# 遺傳機制

## 《生命是什麼》第二章



Rosalind J. Chang

### 古典物理學家複雜的期望是錯的

因此，我們得出的結論是，有機體及其經歷的所有生物學相關過程都必須具有極其“多原子”的結構，並且非常重要的必須加以保護，以防止偶然性“單原子”事件。“天真的物理學家”告訴我們，這是必不可缺的，因此，有機體可以說具有足夠準確的物理定律，可以據以建立其出色的常規和井然有序的工作。這些從生物學上來說先驗地得出的結論（從純粹的物理角度來看）如何與實際的生物學事實相吻合？

乍看之下人們傾向於認為這些結論微不足道。譬如說，三十年前的一位生物學家可能已經說過，儘管非常適合一位受歡迎的講師（我自己）在此強調統計物理學的重要性，實際上這事實是已是相當熟悉的。因為，自然地，不僅任何高等物種的成年身體，而且組成身體的每個單個細胞都包含“宇宙級”數目的多種單原子。而且，我們觀察到的每一個特定的生理程序，無論是在細胞內還是在與環境的相互作用中，現在---或三十年前---諸多程序都涉及眾多的單原子的聚落，以至於所有與物理和物理化學有關的定律都約束於統計物理學對“大量”的嚴格要求，這要求我已經在上一篇章通過所謂的 $\sqrt{n}$ 定律規則做了說明。

今天，我們知道這種見解是錯誤的。正如我們現在將看到的，非常小的原子團，太小而不依循上述的大數統計定律，而它們在活著的有機體內非常有序和合規律的事件中確實起著

主導作用。它們控制著有機體在其發展過程中獲得的可觀察到的大規模特徵，它們決定了有機體功能的重要特徵；在這一切中，都顯示出非常精確和嚴格的生物學定律。

首先，我必須簡要概述生物學的情況，尤其是遺傳學---換言之，我必須總結一門我不專精學科的當前知識。這無濟於事，對於我摘要的外行表徵我深表歉意，尤其是對生物學家。另一方面，我謹請大家允許我將或多或少武斷（未經嚴格辯證）的盛行想法向你們陳述。不能指望一個拙劣的理論物理學家<sup>†</sup>會產出基於實驗證據的有效調查，該調查包括大量長期且美麗交織的育種實驗，一方面有空前的創造力，另一方面是直接通過改良的現代顯微鏡對活細胞進行觀察。

（<sup>†</sup>譯者註：在此，作者自謙為拙劣的理論物理學家。）

### 遺傳密碼（染色體）

讓我使用生物體的“模式”一詞來代表生物學家所稱的“四維模式”，這不僅意味著該生物體在成年或任何其他特定階段的結構和功能，而且生物體從受精卵細胞到成熟階段的整個發育過程，以及生物體開始繁殖。現在，已經知道整個四維模式是由一個細胞即受精卵的結構決定的。甚至，我們知道它本質上是由該細胞的一小部分，即細胞核的結構決定的。細胞核在普通“靜止狀態”下通常呈現為染色質網絡，分佈在整個細胞上。但是在至關重要的細胞分裂過程中（有絲分裂和減數分裂，見下文），它通常由一組為纖維狀或棒狀的顆粒組成，稱為染色體，其數目為 8 或 12，或者在人類中，48<sup>†</sup>。但我確實應該將這些說明性數字寫為  $2 \times 4$ 、 $2 \times 6$ 、...、 $2 \times 24$ 、...，並且我應該講兩組，以便使用以生物學家的慣常含義表達。因為儘管有時明顯的區別和個體化，通過形狀和大小來區分和區分單個染色體，但兩組染色體幾乎完全相同。稍後我們將看到，一組來自母親（卵子細胞），一組來自父親（精蟲授精）。正是這些染色體，或者可能只是我們在顯微鏡下實際看到的染色體的軸向骨架纖維，以某種編碼腳本包含了個體未來發展及其在成熟狀態下運作的整個模式。每個完整的染色體組都包含完整的代碼；因此，通常在受精卵細胞中有後者（父母）的兩個副本，這構成了未來個體的最早階段。

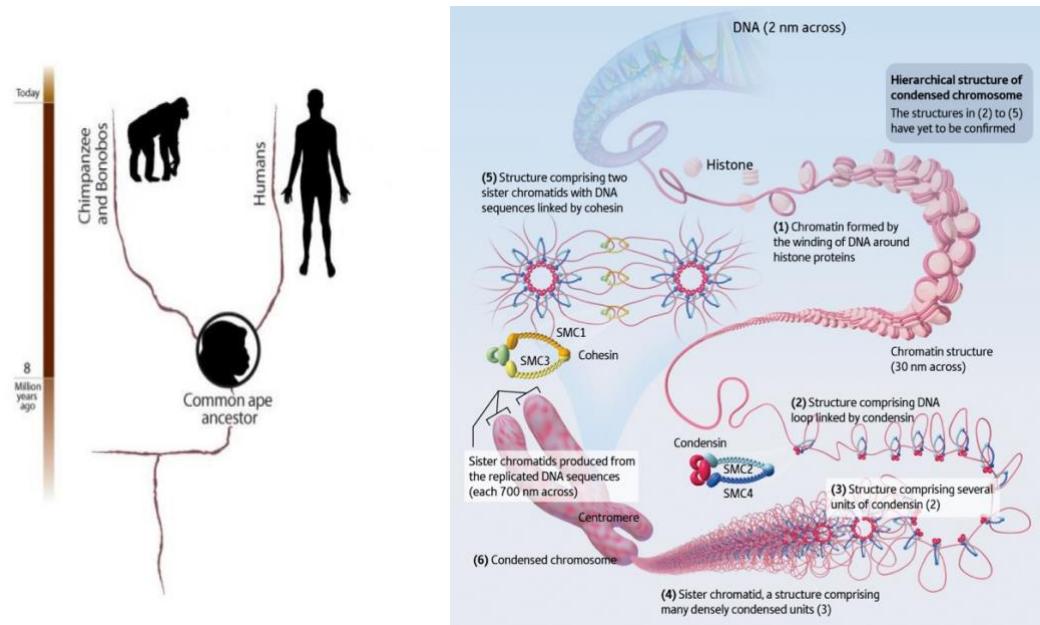
（<sup>†</sup>譯者註：本書 1944 年出版，1956 年確定人類有  $46 = 2 \times 23$  染色體。人類和黑猩猩(chimpanzee) 皆為猿猴(ape) 在六七百萬年前演化而來。黑猩猩和猿猴有 24 對染色體無誤。）

在將染色體纖維的結構稱為代碼腳本 (code script) 時，我們的意思是，那全能心靈一旦被拉普拉斯妖怪<sup>†</sup>構想出來，所有因果關係立即被公開，就可以從代碼腳本的結構來判斷卵在適當條件下是否會發育為黑公雞或有斑點的母雞、蒼蠅或玉米植物、杜鵑花、甲蟲、老鼠或女人。我們可能還要補充的是，卵細胞的外觀通常顯著相似；即使外觀不相似例如相對巨大的鳥類的卵和爬行動物的卵，其差異也不在相關結構<sup>‡</sup>，而在營養材料，由於顯然易見的原因被添加了。

(<sup>†</sup>譯者註：拉普拉斯妖怪或拉普拉斯超人指的是 Laplace demon 1814 年提出的“因果決定論”：只要我們知道宇宙所有原子此刻的位置和動能量，我們可以知道這些原子過去與未來的位置。薛丁格提之是在諷刺判斷未來的補個能性。)

(<sup>‡</sup>譯者註：歷史分類方案基於骨骼等物理外部相似性。隨著 1960 年代開始 DNA 相似性的分子技術的出現，大多數專家開始接受用基因作為生物分類之本。譬如近年來有學者建議將人類和黑猩猩歸於一屬（genus）。研究表明，人類和黑猩猩的基因相同性 95% 到 98.5% 之間。還有許多爭議，在此不贅述。)

但是，術語**代碼腳本**當然太狹窄了。染色體結構同時在實現它們預示的發育過程的是有貢獻的。它們是法律法規和執行權柄---或者，換個比喻說，它們是建築師的計劃和建造者的手藝---合而為一。



## 身體生長藉由細胞分裂（細胞有絲分裂）

染色體在本體發育中如何表現？

連續細胞分裂導致有機體的生長。此細胞分裂稱為有絲分裂。考慮到我們身體組成的大量細胞，在細胞的生命中分裂並不是人們所期待高頻繁的事件。在開始的時候，增長很快。卵分裂為兩個“子細胞”，下一步將產生四個子細胞的一代，然後是 8、16、32、64、等等。分裂頻率在身體各部位不同<sup>†</sup>，而將打破這些數序的規律性。但是從它們的快速增長，我們可以通過簡單的計算得出，平均連續的分裂只要 50 到 60 次就足以中產生一個成年男子

細胞數，或者是這數目的十倍，考慮到一生中細胞的交換。因此，我身體細胞平均僅是第一代卵的第 50 至第 60 個“後代”。

(<sup>†</sup>譯者註：有些器官的細胞分裂快，有些慢，有些不分裂譬如眼球細胞和母卵。)

### 在有絲分裂中，每個染色體都被複製了

染色體在有絲分裂中如何操作？他們複製---兩組，代碼的兩個副本都複製。這個過程已經在顯微鏡進行了深度研究，是極為重要的課題，但是在此不做詳細描述。重要的一點是，兩個“女兒細胞”中的每一個都得到了另外兩個與母細胞完全相似的完整染色體的嫁妝。因此，個人所有細胞的染色體寶藏都完全相同<sup>†</sup>。

(<sup>†</sup>譯者註：染色體相同但是每個器官的功能不同。)

無論我們多麼了解染色體的機制，我們都不能不認為它必須在某種程度上與有機體的功能相關，每個細胞，甚至是次要的細胞，都應擁有完整（雙份）的代碼腳本的副本。不久前，報紙上告訴我們，蒙哥馬利將軍在他的非洲戰役中提出要讓他的軍隊中的每一個士兵都認真地被告知他的所有的設想計劃。如果這是真的（考慮到他的部隊的高智商和可靠性，這是可以想像的），它可以為我們的案例提供一個極佳的類比，在該案例中相應的事實是字字正確。最令人驚訝的事實是在有絲分裂的整個過程中都保持著染色體組的雙重性。它是遺傳機制的顯著特徵，這一點最明顯地體現在我們現在要討論的單一且唯一偏離規則。

### 減數劃分（減數分裂）和受精（精卵結合）

在個體成長後不久，就保留了一組細胞，以便在以後的階段產生所謂的配子 (gametes)，精子細胞或卵細胞，為個人成熟後生育所用。“保留”是指它們在此期間不用於其他目的，並且有絲分裂次數很少。例外的或減數的分裂（學名 meiosis）是最終在成熟時由這些保留的細胞產生配子的過程，通常只有在精卵結合 (syngamy, the fusion of two cells) 前很短的時間內才發生。在減數分裂中，父母代細胞的雙染色體組簡單地分成兩個單組，其中一個分配到配子兩個子細胞其中的一個。換句話說，在減數分裂中染色體數目保持恆定，不會發生有絲分裂 (mitosis) 的倍增，每個配子只接受一半，即是，僅獲得一個完整的密碼，而不是兩個，譬如男性只有 23，不是  $2 \times 23 = 46$ 。

僅具有一個染色體組的細胞稱為單倍體 (haploid, 希臘文的 single)。因此，配子是單倍體，而普通的人體細胞是二倍體 (diploid, 希臘文的 double)。具有三、四、...，或一般來說在其所有體細胞中具有許多染色體集的個體偶而發生。後者被稱為三倍體、四倍體、...、多倍體。

在精卵結合的行為中，雄性配子（精子）和雌性配子（卵），二者都是單倍體細胞，結合形成受精卵細胞，因此是二倍體。它的染色體組之一來自母親，一個來自父親。

## 單倍個體

另一點需要糾正。儘管對於我們的目的不是必要的，但是它非常有趣，因為它表明實際上在每個單獨的染色體集合中都包含“模式”的相當完整的代碼腳本。

有些情況，受精後不久減數分裂未被確切遵循，單倍體細胞（“配子”）同時經歷了許多有絲分裂細胞分裂，從而形成了完整的單倍體個體。雄蜂及授精雄蜂就是這種情況，它是單性產生的，也就是說，是由女王的未受精單倍體卵產生的。授精雄蜂沒有父親！它所有的體細胞都是單倍體。如果你高興，你可以稱其為過度誇張的精子；眾所周知，實際上，行使這種職能恰恰是其一生中唯一的任務。但是，這也許是個荒謬的觀點。這種情況不是獨特的。在一些植物科中，通過減數分裂產生的單倍體配子在這種情況下被命名為孢子掉落到地面上，並且像種子一樣，發育成大小與二倍體相當的真正的單倍體植物。

圖五是森林中眾所周知的苔蘚的概圖。下方多葉部份是單倍體植物，稱為配子體，因為它的上端發育有性器官和配子，它們通過相互受精以通常的方式產生二倍體植物，即裸露的莖，頂生膠囊。這被稱為孢子體，因為它通過減數分裂在頂部的膠囊中產生孢子。當膠囊打開時，孢子掉落到地面並發展成葉狀的莖等。這事件的過程被適當地稱為世代交替。如果你選擇的話，可以用相同的方式看待普通情況下的人和動物。但是“配子體”根據自然法則是非常短命的單細胞世代，像精蟲和卵細胞一般。我們的身體相當於孢子體。我們的“孢子”是保留的細胞，通過減數分裂，單細胞的產生是從這些細胞中產生的。

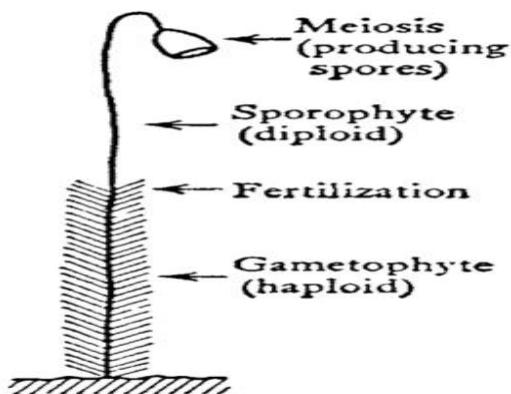


Fig. 5. Alternation of Generations.

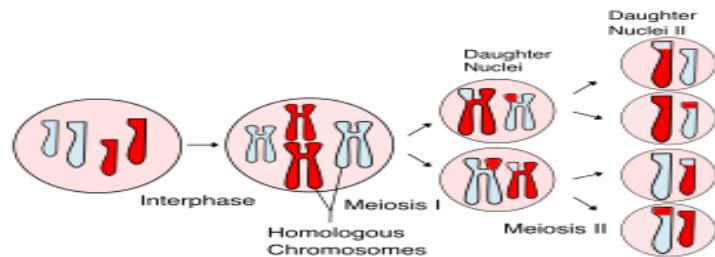
## 還原性分配的卓越相關性

在個體繁殖過程中重要的，真正的決定性事件不是受精而是減數分裂。一組染色體來自父親，一個來自母親。機會和命運都不會干擾這一點。每個人只將其遺產的一半歸於母親，一半歸於父親。母或父的品係似乎經常佔上風是由於其他原因，我們將在後面討論。（當然，性別決定本身就是這種普遍性的最簡單實例。）

但是，當您將繼承的起源追溯到祖父母時，情況就不同了。讓我將注意力集中在父母親的染色體上其中一個，比如說 5 號。它是我父親從他父親（祖父）得到的 5 號或從他母親（祖母）得到的 5 號的忠實複製品。這事情的決定是我父親於 1885 年 11 月生產精子發生 50 : 50 減數分裂的時刻，幾天後對我產生了作用。關於我父親組的第 1、2、3、...、23 號染色體，我的母親染色體上可以重複同樣的故事。此外，所有 46 個問題都是完全獨立的。即使知道我的父親 5 號染色體來自我的祖父，也仍然有同樣的機會從他或他的妻子瑪麗博格納那裡獲得 7 號染色體。

## 交叉。特徵特性屬性的位置

但是，與先前的描述相比，在後代中混合祖父母遺傳的機會發生在更大範圍，在前面的描述中，已經默認或甚至明確地指出，特定的染色體（1 到 23）來自於祖父的染色體或祖母的染色體。換而言之，單一的染色體是不分割地傳遞的。事實並非總是如此。在減數分裂分離之前，例如父親體內的一個染色體，任何兩個“同源”（homologous）染色體都彼此緊密接觸，在此期間，它們有時會以圖六所示的方式交換整個部分。這被稱為“交叉”的程序是，一個染色體上兩個不同屬性部分會在孫輩中分離，孫輩的一個染色體上其中的一半跟隨祖父屬性，另半跟隨祖母屬性。交叉現象既不罕見，也不是很頻繁，它為我們提供了有關染色體中特性位置的寶貴信息。為了全面說明，我們應該借鑒下一章之前未介紹的概念（例如，雜合性、優勢性等）；但這會使我們超出這本小書的範圍，所以讓我立即指出要點。



圖六. 減數分裂交叉。在減數分裂中，染色體或染色體複製（在 interphase 階段），同源染色體在第一次分裂期間交換遺傳信息（染色體交叉），稱為減數分裂 1（meiosis I）。子細胞再次分裂在減數分裂 2（meiosis II）中，分裂姐妹染色單體形成單倍體配子。兩個配子在受精過程中融合，形成具有完整配對染色體的二倍體細胞。（“Meiosis”，Wikipedia, Wikimedia Foundation, 5 Nov. 2021, <https://en.wikipedia.org/wiki/Meiosis>）

如果沒有交叉，同一染色體負責的兩個屬性將總是一起傳遞，沒有任何一個後代會在接收一個的情況下不接受另一個；但是兩種屬性因為在不同的染色體，屬性有 50 : 50 的機會被分離，或者總是被分離---後者位於同一祖先的同源染色體中時，它們永遠不會走在一起（兩個屬性不會一起被繼承）。

這些規則和機會會被交叉干擾。因此，可以通過仔細記錄後代在繁育實驗中的百分比組成來確定該事件的可能性，為此目的進行適當實驗安排。在分析統計數據時，人們接受了一

種暗示性的工作假設，即位於同一染色體上的兩個特性之間的“聯繫”，彼此越靠近越少被交叉破壞。因此，交換點位於它們之間的機會較小，而位於染色體相對兩端附近的特性則通過每次交換而分開。（對同一祖先同源染色體中的特性進行重組的情況也是如此。）通過這種方式，人們可以期望從“統計鏈接”中獲得每條染色體內的一種“特性圖”。

這些預期已得到充分證實。在已經徹底應用了測試的情況下（主要但不僅限於果蠅），被測試的屬性實際上分為許多獨立的組，組與組之間沒有鏈接，因為存在不同的染色體（果蠅中有四個）。在每個組中，可以繪製線性的屬性圖，該圖定量地說明該組中任何兩個組之間的鏈接程度，因此毫無疑問它們實際上是可以被定位，並且沿著一條線排列，就像染色體的形狀暗示的那樣。

當然，這裡所提出的遺傳機制的方案仍然是相當空洞而蒼白的，甚至有些不成熟。因為我們還沒有說出我們對特性的確切了解。將本質上是一個單位，一個“整體”的生物體的形態分解為離散的“特性”似乎既不適當也不可能。現在，我們實際陳述的是在一個定義明確的案例，一對祖先在某個明確定義方面不同（例如，一個人的眼睛是藍色的，另一人是棕色的），後代跟著其中一個。我們位於染色體上定位的正是差異根源的位置。（我們用技術上的語言稱它為“基因座”，或者，如果我們想到它的假設物質結構，則稱其為“基因”。）我認為，性質差異實際上是基本概念，而不是特性本身，儘管這聲明在語言和邏輯上存在明顯矛盾。**特性的差異實際上是離散的**（註：藍眼，棕眼，而不是兩色混合），正如我們將在下一章談到突變時所呈現的那樣，而我迄今枯燥的表達在希望下一章節會添加一些生命和色彩。

（譯者註：從 1944 迄今，遺傳學和基因工程技術進展許多，新的資訊譬如異源交叉、基因修復、基因改造等，請參考維基百科。）

## 基因的最大尺寸

（譯者註：70 多年後的今天這不是議題了，這段落的目的是得到  $300\text{\AA}$  的概略尺寸）

我們剛剛介紹了術語“基因”，用於表示具有確定的遺傳特徵的假想物質載體。我們現在必須強調與我們調查緊密相關的兩點。第一個是這種載體的尺寸---或更好的是，最大尺寸<sup>†</sup>---換句話說，我們可以追蹤到多小的體積？第二點是從遺傳模式的持久性推斷出的基因的永久性。

關於尺寸，有兩個完全獨立的估計，一個基於遺傳證據（育種實驗），另一個基於細胞學證據（直接顯微鏡檢查）。第一個原則上是足夠簡單的。以上述方式將其定位在染色體中後，在其特定的一條染色體中存在許多不同的（大規模）特徵（例如果蠅），以獲得所需的估計值，我們只需要除以所測得的該染色體的長度乘以特徵數，再乘以橫截面。因為，當然，我們僅將因交叉而偶爾分離的特徵視為不同，因此它們不能歸因於相同的（微觀或

分子) 結構。另一方面，很明顯，我們的估計只能給出最大的尺寸，因為隨著工作的進行，通過遺傳分析分離出的特徵數量正在不斷增加。

儘管是基於微觀檢查，估計尺寸事實上並沒有那麼直接。果蠅的某些細胞（即其唾液腺的細胞）由於某種原因而極大地擴增，其染色體也是如此。在它們中，您可以區分出光纖中橫向暗帶的擁擠模式。C. D. Darlington 指出，這些條帶的數量（在他使用的情況下為 2,000 條）雖然較大，但與通過繁殖實驗確定的位於該染色體上的基因數量大致相同。他傾向於將這些條帶視為指示實際基因（或基因分離）。用正常大小的細胞中的染色體長度除以它們的數目（2,000），他發現一個等於立方體邊緣 300Å 的基因的體積。考慮到估計的粗略性，我們可以認為這還是通過第一種方法獲得的尺寸。

(<sup>†</sup>譯者註：基因組大小 (Genome size) 是指一個基因組中所擁有的 DNA 含量。在生物世界有一個現象，就是生物的複雜度並不與基因組大小有顯著相關，此難題被稱為 C 值迷 (C-value enigma) 或 C 值悖論 (C-value paradox)。無恆變形蟲 (6700 億對鹼基對) 與衣笠草 (1490 億對基因組) 與石花肺魚 (1490 億對基因組) 同為基因組尺寸最大的生物。有細胞核的生物中，基因組最小的是哺乳類的寄生蟲腸腦炎微孢子蟲 (225 萬鹼基對) )

## 小數字

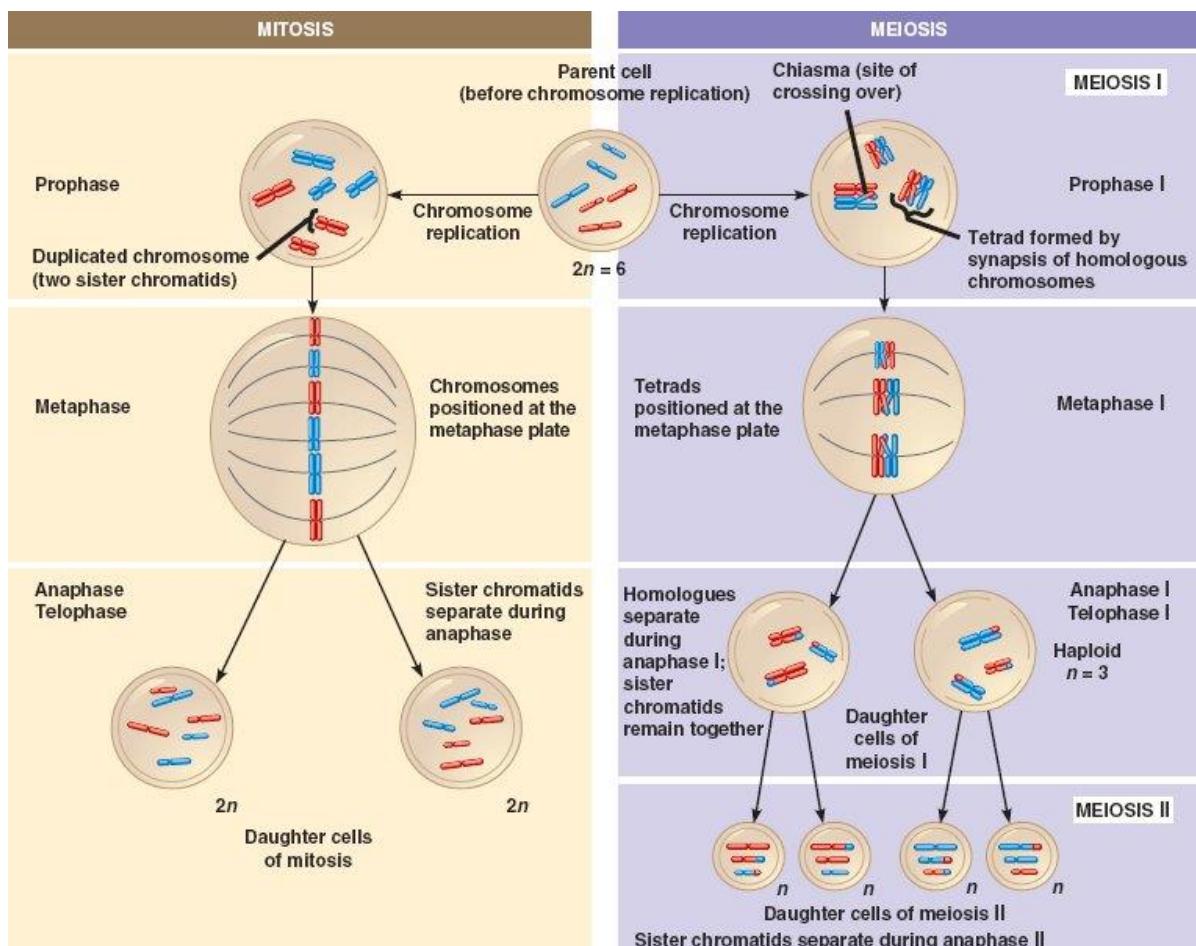
稍後將全面討論統計物理學與我所憶及的所有事實的關係，或者也許應該說這些事實與統計物理學在活細胞中的使用的關係。但是，在這一點上，讓我提請注意以下事實：300Å 在液體或固體中的原子距離僅為 100 或 150 個原子距離，因此一個基因中肯定包含的原子數不超過一百萬或幾百萬。這個數字太小了（從  $\sqrt{n}$  的角度來看），以致於根據統計物理學並沒有秩序和合法的行為---這也意味著根據物理學無法解釋。基因太小了，即使所有這些原子都發揮了相同的作用，就像它們在一單元氣體或一滴液體一樣。而且基因肯定不只是性質相同的液滴。它可能是一個大的蛋白質分子，其中每個原子，每個自由基，每個雜環都發揮各自的作用，或多或少地不同於其他任何相似的原子、自由基、或環所起的作用。無論如何，這是著名遺傳學家如霍爾丹和達林頓 (Haldane & Darlington) 的觀點，我們很快將不得不提及非常接近證明它的基因實驗。

## 永久性

現在讓我們轉向第二個高度相關的問題：我們在遺傳特性中遇到什麼持久性，因此我們必須歸因於承載它們的物質結構嗎？

確實可以給出答案而無需任何特殊調查。我們所說的遺傳特性這一事實表明，我們認識到永久性幾乎是絕對的。因為我們不能忘記，父母傳給孩子的不只是這種或那種特殊性，鉤鼻子、短手指、風濕病傾向、血友病，雙色性等等。我們可以方便地選擇這些特徵來研究遺傳法則。但是實際上，它是“表型”的整體 (四維) 模式，即個體的可見和明顯的特質，

其世代複製而沒有明顯的變化，在幾百年內（即使不是在幾萬年之內）是永久不變的。並在每次傳播時由兩個細胞核的物質結構共同組成受精卵細胞。這物理經驗真是個奇蹟---只有一個更偉大；那一個如果與它緊密相連，它卻位於另一平面上（譯者註：預告下一章的基因突變學）。我的意思是這樣的事實，人類的整個存在是完全基於這種奇妙的相互作用，但也具有獲取有關這作用大量知識的能力。我認為，這種知識可能會有點不足於對第一個奇蹟的全面理解。第二個奇蹟應該是超乎人類理解的。



# 基因突變

## 《生命是什麼》第三章



Rosalind J. Chang

### “跳躍式”突變、自然選擇的工作基礎

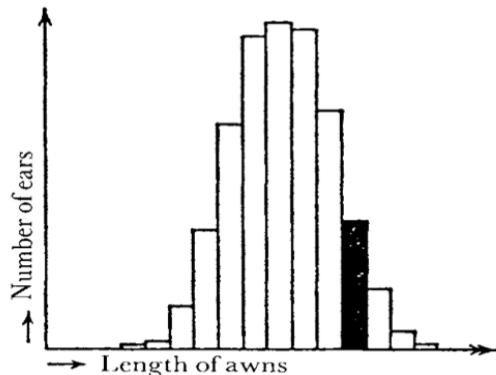
我們剛剛提出基因結構具有持久性的事實證據，也許對我們來說太熟悉了，以致無法令自己恍然大悟或信服。在這裡，例外證明規則的說法實際上是正確的。如果孩子和父母之間的相似度沒有例外，那麼我們不僅被剝奪了所有向我們揭示遺傳詳細機制奧秘實驗，也被剝奪了大自然數百萬倍計的大規模實驗，通過自然選擇和適者生存來鍛造物種。

讓我以這最後一個重要主題為出發點提出有關的事實---再次道歉並提醒我我不是生物學家：

今天，我們確定知道，達爾文錯誤認為微小的、連續的、偶然的變化<sup>†</sup>是自然選擇發揮作用的素材，即使在最同質的生物種群中也必定會發生這些變化。而現今已經被證明這些變化不是繼承的。這個事實很重要需要簡要說明。如果你收穫一株純種大麥 (barley)，並逐穗 (ear) 測量其芒 (awn) 的長度，並繪製統計分佈圖，你會得到如圖七所示的一個鐘形曲線，將具有確定長度芒的麥穗的數量 (y 軸) 對應長度 (x 軸) 作圖。如圖所示：確定中等長度佔優勢，並且在左右方向發生某種程度的偏差。現在，挑出一組麥穗 (如黑色柱形所示)，其芒的長度明顯超出平均值，但數量足以自己在田間播種並獲得新的農作物。在為這組麥穗 (芒稍長) 做同樣的統計時，達爾文可能預期得到相應的曲線應該向右移動。換

言之，他本預期選擇長芒菌株育種，長出麥穗的平均芒長應該增加。情況並非如此，因為<sup>†</sup>使用的還是原始的純種大麥品種。從所選作物中獲得的新統計曲線與原圖（圖七）相同，如果選擇具有特別短芒的麥穗作為種子，結果也一樣。選擇沒有效果---因為小幅度的連續變化不是繼承的。它們顯然不是基於遺傳物質的結構，而是偶然的。但是大約 40 年前，荷蘭人德弗里斯（Dutchman de Vries）發現，即使是純種培育牲畜的後代，也有極少數個體出現微小的變化，幾萬個體中有兩三個，但是變化是“跳躍式”（非連續的）。“跳躍式”變化並不意味變化是顯著的，而是變化沒有連續性，因為不變與變化之間沒有中間形式。德弗里斯稱這是一個突變。重要的事實是不連續性。它使物理學家想起了量子理論---在兩個相鄰的能級之間沒有中間能量。他傾向於將德弗里斯的變異理論，比喻為，生物學的量子理論。稍後我們將看到這不僅僅是比喻。**突變實際上是由於基因分子中的量子躍遷所致**。但是當德弗里斯在 1902 年首次發表他的發現時，量子理論還只有兩年歷史。難怪靖國了又一代人的時間才發現這緊密聯繫！

（<sup>†</sup>譯者註：原文為 For it has been proved that they are not inherited. 因為上一句唯一的複數名詞是 variations，所以將代名詞 they 翻譯為“這些變化”。<sup>‡</sup>註：作者在此用的連接詞為“所以”，譯者認為用“因為”因果關係的表述才正確。）



代替他的“稍微偶然性變化”（就像是在量子理論以“量子躍遷”代替“能量的連續傳遞”）。在所有其他方面，達爾文的理論幾乎沒有必要改變，也就是說，如果我正確地解釋了大多數生物學家的觀點。

## 局部化、隱性和顯性

現在，我們必須以稍微教條化的方式來複習關於突變的其他一些基本事實和概念，而不直接展示它們是如何從實驗證據中逐一產生的。（圖 7.A 定義染色體結構。基因座 locus 是等位基因 allele 在染色體上的“座位”。）

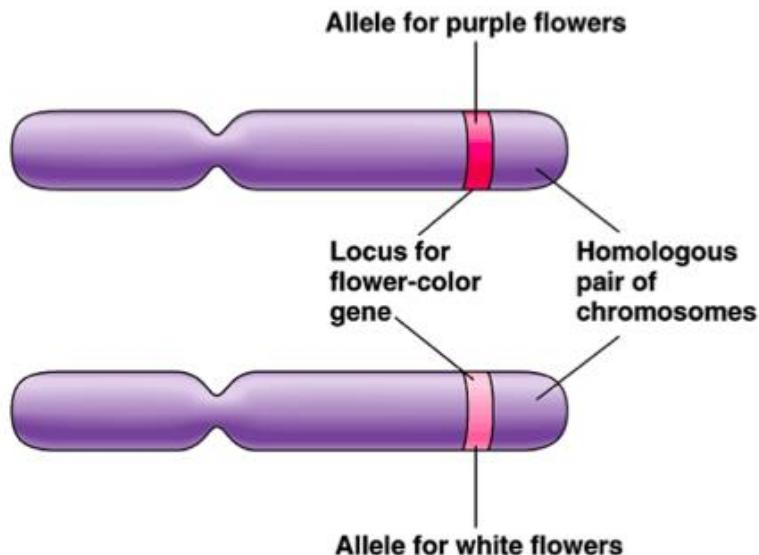


圖 7.A. 圖示染色體、同源染色體對、基因座、與等位基因。

我們應該期望觀察到的一個確定的突變是在其中一條染色體上一個確定區域的變化引起的。就是這樣。重要的是要指出我們絕對知道這僅是在一個染色體上的變化，而不影響同源染色體相應的“**基因座**”。圖八示意性地表明了這一點，X 表示突變的基因座。當突變的個體（通常稱為“突變體”）與未突變的個體**交配**時，揭示了只有一條染色體受到影響的事實。恰好一半的後代表現突變特徵，而一半則表現正常的特徵。這是預期的，因為突變體中減數分裂上的兩個染色體分離了---圖九概要地顯示。這是一個“譜系”代表每個個體（三個連續世代中的），每個個體僅以我們存疑的一對染色體代表。請意識到，如果該突變體的兩條染色體都受到影響，則所有下一代將獲得相同（混合）的遺傳，不同於任何一個上一代。（譯者註：如圖八內上一代基因對為 NN 及 MM，下一代都會是 NM。N 代表 normal, M 代表 mutated。）

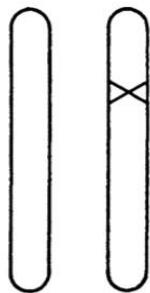


Fig. 8. Heterozygous mutant. The cross marks the mutated gene.

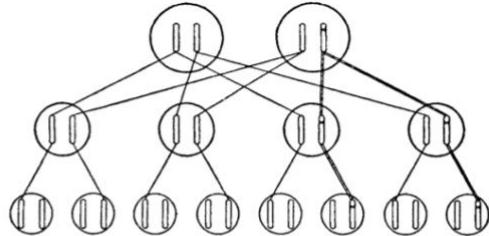


Fig. 9. Inheritance of a mutation. The straight lines across indicate the transfer of a chromosome, the double ones that of the mutated chromosome. The unaccounted-for chromosomes of the third generation come from the mates of the second generation, which are not included in the diagram. They are supposed to be non-relatives, free of the mutation.

但是，在這個領域進行實驗並不像剛才所說的那樣簡單。第二個重要事實使得實驗更為複雜。換言之突變經常是潛在的。這意味著什麼？

在突變體中，兩個“代碼腳本的副本”不再相同；他們在一個地方呈現兩種不同的“讀法”或“版本”。可能適合的指出，雖然這很吸引人，但將原始版本視為“正統”而將突變版本視為“異端”則完全是錯誤的。從原則上講，我們必須認為它們是平等的 ---因為正常字母也是由突變引起的。

實際發生的情況是，個體的“模式”通常遵循一個或另一個版本，可能是正常版本或突變版本。那被跟隨的版本稱為顯性版本，另一個為隱性版本。換句話說，根據突變是否立即有效地改變模式，該突變被稱為顯性突變或隱性突變。

隱性突變甚至比顯性突變更常見並且非常重要，儘管起初它們根本沒有出現。為了影響模式，它們必須同時存在於兩個染色體中（見圖十）。當兩個相等的隱性突變體碰巧交配或突變體與自身交配時，可以產生這樣的個體；這在雌雄同體的植物中是可能的甚至是自發的。一個簡單的反思表明，在這些情況下，大約四分之一的後代將屬於這種類型，因此明顯表現出突變模式。

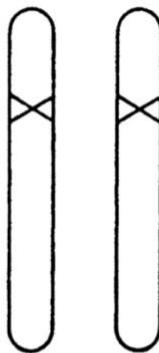


Fig. 10. Homozygous mutant, obtained in one-quarter of the descendants either from self-fertilization of a heterozygous mutant (see Fig. 8) or from crossing two of them.

## 介紹一些技術語言

我認為在這裡解釋一些技術術語將使得理念更加清晰。對於我所謂的“代碼腳本版本”---是原始版本還是突變版本)---採用了“**等位基因**”一詞。當版本不同時，如圖八所示，就該基因座而言，該個體稱為**雜合子**。當它們相等時，如在非突變個體中或在圖十的情況下，它們被稱為**純合子**<sup>††</sup>。因此，隱性等位基因僅在純合時才影響模式，而顯性等位基因則產生相同的模式，無論是純合還是僅雜合。

(<sup>††</sup>譯者註：純合子中的“純”字非常誤導，英文的本意是相同，也就是在一對染色體中的同一基因座，基因是相同的，它們同時正常 NN 或同時突變 MM。“純”字誤導了只有同時正常的 NN 才是 homozygous。應該翻成**同合子**才正確。另**純種繁殖**裡的“純”也會產生誤導。純種繁殖代表亂倫，經常發生於皇室保純血緣，與染色體的狀態無關。)

有顏色通常比缺少顏色<sup>†</sup>（或白色）占主導地位。因此，例如，豌豆開白花色僅當豌豆在兩個染色體中都具有“導致白色的隱性等位基因”，換言之當“白色純合”成立；它才會純種繁殖，並且其所有後代將都是白色的。但是一個“紅色等位基因”（另一個是白色；“雜合子”）將使其開花紅，兩個紅色等位基因（“純合子”）也開紅花。這後兩種情況的區別僅顯現在後代，雜合紅會產生一些白色後代，而純合紅純種繁殖。

(<sup>†</sup>譯者註：白色不是顏色？白色與黑色確實不是顏色，它們被歸類為影子。有趣的問題是：透明或無色是什麼屬性呢？)

兩個人在外觀上可能完全相似，但在遺傳上卻有所不同，這一事實是非常重要，以至於需要精確的區分。遺傳學家說，他們具有相同的**表型** phenotype，但不同**基因型** genotype。因此，前面幾段的內容可以概括為簡短但技術性很強的聲明：

隱性等位基因僅在基因型是純合子時才影響表型。

我們會使用這些技術表達的術語，但在必要時應向讀者複習它們的含義。

## 封閉育種的有害作用

**隱性突變**只要是雜合的，當然就不是自然選擇的基礎。如果它們是有害的，突變通常是有害的，則它們將不會被消除，因為它們是**潛在**的。因此，許多不利的突變會積累而無立即危險。但是，它們有一半的機率會傳給下一代，這對人類、牛、家禽或任何其他物種會有重要作用，它們身體健康是我們立即關注的。假設圖九右上方的圓圈代表一位男性個體雜合地攜帶某種隱性有害突變，因此表型上不出現改變。假設他的妻子（圖九左上方圓圈）沒有相同的有害突變。他們一半的孩子（圖九第二行）將可能攜帶有害突變---再次以雜合

模式。如果所有這些孩子都再次與未突變的伴侶交配（為避免混淆，從圖中省略），平均四分之一的孫輩會受到同樣的影響為雜合模式。

除非受到同等影響的人相互交配（也就是男女都有雜合子，如圖九第二行的右邊兩個圓圈），否則就不會出現負面有害的危險，簡單的反思顯示，他們的孩子中的四分之一會出現**有害突變同合子††**。除了自我受精（僅發生在雌雄同體的植物中），最大的危機是我的兒子和女兒之間的婚姻。（不知為何薛丁格用第一人稱為主詞？）他們每個人都有受到或不受到潛在突變影響的機會，換言之，有四分之一的機率兩人都是 NM 的雜合模式。亂倫結合是危險的，因為他們四分之一的孩子會顯現**有害突變同合子**。因此，亂倫育兒的危險因素為  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = 1/16^{\dagger}$ 。

（<sup>†</sup>譯者註：薛丁格這裡的機率推倒嚴重誇大了實際發生的機率。讀者可以發現原因嗎？暗示：他算的是條件機率 conditional probability，如果移除了不實際的條件，機率大降。）

同樣的，危險因子為 I/64 對於我的兩個（“純種”）直系孫輩堂表兄妹的結合。這些似乎並不是壓倒性的機會，實際上第二種情況通常是容許的。但是請不要忘記，我們已經分析了祖先夫婦中的一個伴侶（“我和我的妻子”）中僅一種潛在突變傷害的後果。實際上，他們兩個都很有可能隱藏著不只一種這樣的潛在缺陷。如果你知道自己有一個確定的危險因子，那麼愚弟愚妹你就必須考慮到與你的堂表兄妹間有八分之一（條件機率）也共享那危險因子！用動植物進行的實驗似乎表明，除了嚴重的相對少見的缺陷外，似乎還有許多微小的缺陷，它們集合起來有可能劣化整個近親繁殖的後代。由於我們不再傾向於以斯巴達人 Lacedemonians 過去在 Taygetos 山區採用的嚴酷方式來消滅失敗（消滅缺陷嬰兒），因此對於人類來說，我們不得不對這些事情採取特別嚴肅的看法，因為適者的自然選擇在很大程度上被削減了，不，相反。現代戰爭無選擇式的大量屠殺各國健康的年輕人，已毫無積極優勝選擇作用，比較起史前時代優存劣敗的部落生存戰爭模式。

（譯者註：火藥發明那天起，達爾文的優勝劣敗就結束了。政治制度亦然，無法優治魯蛇，只有江河日下。）

### 一般和歷史性評論

隱性等位基因在雜合時完全被顯性基因壓倒，根本不產生可見效果，這一事實令人驚訝。至少應該提到這種行為有**例外**。當純合的白色金魚草與同樣純合的深紅色金魚草雜交時，所有直系後代的顏色都是中間的，即它們是粉紅色的（可能不是預期的深紅色）。兩個等位基因同時顯示其影響的更為重要的情況是在血型中發生的---但我們不能在此討論。我也不會感到驚訝如果隱性能夠一定程度的顯現，並取決於我們用來檢驗“表型” phenotype 測試的敏感性，。

聊一下遺傳學早期的歷史吧。該理論的中樞，遺傳法則，後代的表型特徵與祖先之間存在的屬性差異，尤其是隱性主導性的重要區別，歸功於現在舉世聞名的奧古斯丁住持格里

高·孟門德爾（Gregor Mendel, 1822-84）。孟德爾對突變和染色體一無所知。在他在布魯恩（布爾諾）的迴廊花園中，他用豌豆進行了實驗，他培育了不同的品種，將它們雜交，並觀察它們的後代在第一、第二、第三代、等等。你可能會說，他實驗了他在自然界中發現的突變體。他的結果最早於 1866 年在《布倫自然科學評論》上發表。似乎沒有人對這位住持的愛好特別感興趣，當然，也沒有人有最微弱的想法他的發現會在 20 世紀成為科學的一個嶄新分支的北極星，輕易的成為當今時代最另人感興趣的科學。他的論文被遺忘了，直到 1900 年，被 Correns（柏林）、de Vries（阿姆斯特丹）和 Tschermak（維也納）同時並獨立地重新發現。

## 突變成稀有事件的必要性

到目前為止，我們傾向於將注意力集中在有害的突變，有害突變可能數量多；但必須明確指出，我們確實也遇到了有利的突變。如果自發的突變是物種發展的一小步，我們有印象即某些偶然的“嘗試”的變化有造成傷害的危險，在這種情況下，該變化會被自動消除。這帶出了一個非常重要的觀點。為了能是適合自然選擇工作的素材，突變必須是罕見的事件，而實際上確實如此。如果突變頻繁的發生於同一個體，譬如一打不同的突變，那麼有害的突變，依照法則，會主宰有利的突變，如此突變不是通過選擇來改善，反而保持沒有改善，甚至絕種。由於基因的高度持久性相對保守的改變（小而少）是重要的。一個類比也許可以在一個大型製造工廠中找到。為了開發更好的方法，即使尚未得到證實，也必須嘗試創新。但是，為了確定創新是提高還是降低產出，必須一次引入一項，同時使該機制的所有其他部分保持不變。

## X 射線誘發的突變

現在，我們必須回顧一系列最新穎的遺傳研究工作，這將被證明是我們分析中最相關的特徵。

通過向父母照射 X 射線或  $\gamma$  射線，可以將後代的突變突變率從微小的自然突變率增加高數倍。以這種方式產生的突變與自發發生的突變沒有任何區別（除了數量更多），而且給人的印像是，每個“自然”突變也可以由 X 射線誘導。在果蠅中，許多特殊的突變在大量培育中一次又一次地自發重複發生。它們已經在染色體上被定位，如第二章後段所述，並被賦予了特殊的名稱。甚至發現了所謂的“多等位基因”，即，在染色體代碼中的相同位置還有兩個或多個不同的“版本”和“讀數” ---除了正常的非突變的之外；此意味著在特定的“基因座”中不僅有兩個，而且還有三個或三個以上的選擇，當它們同時出現在兩個同源染色體的相應基因座中時，它們之間的任何兩個<sup>†</sup>在“顯性-隱性”關係中就彼此相對。

X 射線產生的突變的實驗給人的印像是，每個特定的“轉變”，例如從正常個體到特定突變體，或者反向突變 revertant，都有其各自的“X 射線係數<sup>‡</sup>”，表明當對父母施以一單位劑量的 X 射線後，之後受孕後代發生特定突變的危險。

(<sup>†</sup>譯者註：如果超過一種突變會發生在同一個基因座，則兩代之後有可能有一後裔在兩個同源染色體上各有一個不同的變異。真是匪夷所思啊！)

(<sup>‡</sup>譯者註：Hermann Joseph Muller, 1946 年諾貝爾生理學或醫學獎 他發現果蠅暴露於 X 射線和其他電離輻射的劑量越高，發生的突變數量就越多。)

### 第一定律、突變是個單一的事件

此外，支配誘導突變率的定律非常簡單而且非常有啟發性。在這裡，我節錄蒂莫費耶夫 N. W. Timofeff 的報告發表在《生物評論》1934 年第九卷上。第一定律是

(I) 突變率增加量正好與射線的劑量成正比，因此實際上可以說（正是我說的）增加係數。

我們習慣於簡單的比例，以至於有可能低估這一簡單定律的深遠影響。為了掌握它們，我們可能記得例如商品的價格並不總是與其數量成正比。在平常的時候，店主可能會對你從他那裡買了六個橙子印象深刻，以至於你決定全部拿走十二個橙子，他可能會以不到六個橙子價格的兩倍的價格給你。在缺貨的時後，情況可能恰恰相反。在目前的情況下，我們得出結論，輻射的前半劑量雖然使千分之一的後代發生突變，但根本沒有影響其餘個體，無論是使它們易感或免疫於突變。否則，後半劑量將不會再次導致千分之一的變異。因此，突變不是在時間軸累積的效應<sup>†</sup>，而是由連續的小量輻射相互增強而引起的。突變必須包含在輻照過程中一條染色體中發生的某些單個事件。而什麼樣的事件呢？

（譯者註<sup>†</sup>；不同時間不連續的輻射沒有累積效果，而輻射強度影響與突變機率約成正比。所以有些醫院的海報公布一年沒人可以接受的輻射總量是可議的？）

### 第二定律、突變事件是局部性的

這是根據蒂莫費耶夫第二定律。

(2) 如果你在從軟 X 射線到相當硬的  $\gamma$  射線的寬範圍內改變射線的質量（波長），係數就保持恆定，只要施予相同的劑量的所謂 r-單位，也就是說，只要知道適當選擇的標準物質，在父母親暴露於射線的時空間，每單位體積產生的離子量，即便可估計總放射劑量。

作為標準物質，人們選擇空氣不僅是為了方便，而且還因為有機組織是由與空氣具有相同原子重量的元素組成的。簡單地通過將空氣中的電離數乘以密度的比值，即可獲得組織中電離或相關過程（激發）數量的下限。因此，相當明顯的且通過更嚴格的研究得到了證實，導致突變的單個事件僅僅是在生殖細胞的某些“關鍵”體積內發生的電離（或類似過程）。這個關鍵體積多大？可以通過以下考慮因素從觀察到的突變率進行估算：如果 50,000 離子

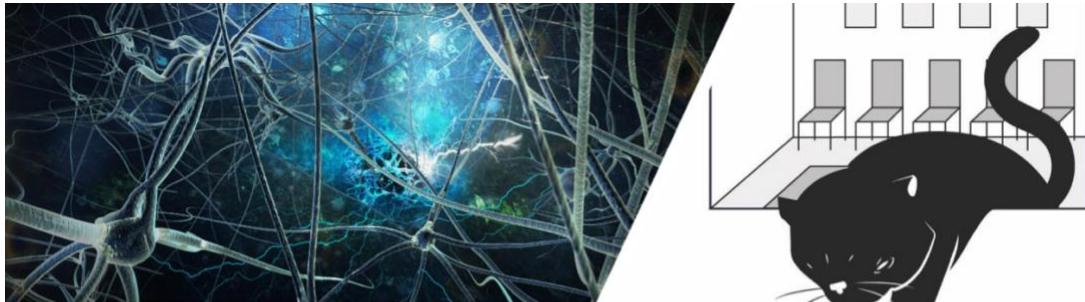
/ cm<sup>3</sup> 的劑量在一個特定配子 gamete (發現於受輻照區) 產生某一種突變的機率：為 1:1000，我們得出結論為：一個“靶標”被電離擊中發生突變的機率在每一個 cm<sup>3</sup> 體積中僅是五千萬分之一。這些數字僅用於說明，不是正確的實際數字。在實際估算中，我們遵循 M. Delbrück 在與蒂莫費耶夫和 K.G. Zimmer 共同著作的論文中的描述，這也是下來的兩章中進行闡述理論的主要來源。Delbrück 得到估算的關鍵體積的大小只有大約十個平均原子距離的立方，因此僅包含約  $10^3 =$  一千個原子。對這個結果的最簡單的解釋是，當電離（或激發）發生在離染色體上某個特定點不超過“約 10 個原子之外”的位置時，很可能會產生該突變。我們現在將對此進行更詳細的討論。（譯者註：在哪裡詳細討論？本章只剩一個段落。）

蒂莫費耶夫報告載有一個實用提示，儘管無關我們目前的調查，但我忍不住要在這裡提起。在現代生活中，人類在很多場合必須暴露於 X 射線照射。直接的危險包括灼傷、X 射線癌症、消毒、是眾所周知的，保護設施譬如鉛屏，鉛載圍裙等會被提供，特別是給必須定期處理射線的護士和醫生們。關鍵是，即使對個體成功地避免了的這些迫在眉睫的危險，似乎仍然存在間接的危險對生殖細胞產生微小的有害突變---可以設想這種突變當我們談到封閉性配種的不利結果時。誇大地說，儘管有些天真，堂表兄妹之間婚姻的傷害可能會增加基於但由於他們的祖母已經長期擔任 X 射線護士這一事實。這一點不需要任何個人擔心。但是，任何可能逐漸影響人類健康的不良潛在突變都應該引起社區的關注。

# 量子力學證據

## 《生命是什麼》第四章

我同時無所不在 薛丁格的貓似乎如是說



$$\begin{aligned}
& \text{Left side: } \left( \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 u(x, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\
& \text{Right side: } \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right) \\
& \text{Equating terms: } \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right) \\
& \text{Simplifying: } \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right) \\
& \text{Final result: } \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)
\end{aligned}$$

Rosalind J. Chang

古典物理學無法解釋的永久性

因此，借助奇妙的 X 射線儀器（正如物理學家記得的那樣，它 30 年前揭示了晶體的詳細原子晶格結構），生物學家和物理學家的共同努力最近成功地降低了微觀結構大小的上限，負責確定個體的大規模特徵---“基因的大小”---並將其減少到遠低於第二章末獲得的  $300\text{\AA}$  估計值。我們現在正嚴肅的面臨著這樣一個問題：從統計物理學的角度來看，我們如何合理調解基因結構似乎只涉及相對較少數量的原子（約 1000 個甚至更少）的事實，而儘管如此，它仍展現出最規率和合乎法則的活動---具有與奇蹟相鄰近的持久性或持久性？

讓我再次將真正令人驚訝的情況釋放出來。哈布斯堡王朝的幾位成員下唇畸形（‘Habsburger Lippe’）。在家族的主持下，維也納帝國學院對家族遺傳進行了仔細的研究並出版了結果，根據歷史的肖像。該特徵被證明是正常唇形的真正孟德爾“等位基因”。如果我們將注意力集中在十六世紀一個家庭成員及其後代（居住在十九世紀）的肖像上，我們可以安全地假設，負責異常特徵的物質基因結構已經過幾個世紀代代相傳，忠實地再製了每一個基因介於不是許多細胞分裂的兩代之間。此外，負責基因結構中涉及的原子數可能與X射線檢測的情況數量級相同。在此期間（X射線檢測），這些基因一直保持在98

<sup>°F</sup>左右的（人體）溫度下。我們如何理解，幾個世紀以來熱運動的無序趨勢並未使基因受到干擾？

如果上一個世紀末的物理學家準備只使用那些他可以解釋並且真正理解的自然定律，他將無法回答這個問題。也許確實是，在對統計狀況進行簡短的反思之後，他會回答（正確的，正如我們將看到的那樣）：這些物質結構只能是分子。關於這些分子的存在，有時這些原子組合甚至具有非常高的穩定性，化學在當時已經獲得了廣泛的知識。但是，這些知識純粹是實驗性的。分子的本質是未被理解的---使分子保持形狀的原子之間的牢固相互鍵對每個人都是一個完全的謎語。實際上，答案被證明是正確的。但是只要其神秘的生物穩定性僅可追溯到同等神秘的化學穩定性，它的價值有限。只要原理本身是未知的，那麼在外觀上相似的兩個特徵都基於相同原理的證據，總是不可靠的。

### 由量子理論可以解釋

在這情況下它(上一級節所提到的未知原理)是由量子理論提供的。根據目前的知識，遺傳機制與量子理論的基礎密切相關。這個理論是由馬克斯·普朗克 Max Planck 在 1900 年發現的。現代遺傳學的歷史可以追溯到 de Vries、Correns 和 Tschermak (1900) 對孟德爾論文的重新發現（在第三章歷史評論一節提到），以及 de Vries 有關於突變的論文 (1901-3)。因此，這兩個偉大理論的誕生幾乎是同時的，它們在建立聯繫之前個別必須先達到一定的成熟度才能促成這個小驚喜。在量子理論方面，直到 1926-7 花了 25 年多的時間，海特勒 W. Heitler 和倫敦 F. London 才在其一般原理中概述了化學鍵的量子理論。海特勒-倫敦理論涉及最微妙和最複雜的量子理論（稱為“量子力學”或“波動力學”）。不使用微積分的表述幾乎是不可能的，或者至少需要另外一本小書像本章一樣的輔助。但幸運的是，既然所有工作都已經完成並有助於闡明我們的想法，似乎有可能以更直接的方式指出“**量子躍遷**”與突變之間的聯繫，在最重要的時刻挑選出最顯眼的物品。這就是我們在這裡嘗試的。

### 量子理論---離散狀態---量子躍遷

量子理論的巨大啟示是，在《自然之書》中發現了**離散性**的特徵，在這種情況下，根據當時持有的觀點，除了連續性之外，其他都似乎是荒謬的。

第一個案例涉及能源。大規模的物體不斷地改變其能量。例如擺錘，隨著空氣的阻力而逐漸（連續）減慢了速度。奇怪的是，事實證明有必要承認原子尺寸系統的行為是不同的。基於我們無法進入細節，我們必須假設一個小型系統從其本質上只能擁有某些**離散**的能量，稱為其獨特的**能級**。從一個狀態到另一狀態的轉換是一個相當神秘的事件，通常稱為“**量子躍遷**”。

但是能量不是系統的唯一特徵。再來看看我們的擺錘，但想像一個可以執行不同運動的擺錘，一個沉重的球被一根細繩懸掛在天花板上。可以使其沿南北或東西方向或其他任何方

向擺動，也可以沿圓形或橢圓形旋轉。通過用波紋管輕輕地吹動球，可以使球從一個運動狀態連續的傳遞到任何一種運動狀態。

對於小規模系統，大多數這些或類似的特徵中---我們無法進入細節---會不連續地更改。就像能量<sup>†</sup>一樣，它們被“量化”。

結果是，包括原子的電子護衛在內的許多原子核，當發現彼此靠近並形成“一個系統”時，就其本質而言，就無法採用我們可能想到的任何任意建構。他們的本性使他們只能選擇眾多但離散的“狀態”。我們通常稱它們為能級，因為能量是特性中非常重要的一部分。但是必須理解的是，完整的描述不僅僅包括能量。實際上是正確的，將一個狀態視為所有小體的確定建構。

從這些建構中的一種過渡到另一種是量子躍遷。如果第二個具有更多的能量（“更高的能級”），則必須從外部為系統提供至少兩個能級的差值，以使過渡成為可能。它可以自發改變到較低的能級，將多餘的能量消耗在輻射中。

（<sup>†</sup>譯者註：量子化的能級是由粒子的波動行為產生的，它給出了粒子能量與其波長之間的關係。對於諸如原子中的電子之類的受限粒子，具有明確定義的能量的波函數具有駐波的形式。）

## 分子

在給定的原子離散狀態中，不一定需要，但是可以有一個最低的能級，這意味著原子核彼此接近。處於這種狀態的原子形成一個分子。這裡需要強調的一點是，分子必定具有一定的穩定性；建構不能改變，除非從外部至少提供將其“提升”到下一個更高能級所必需的能量差。因此，這種能級差是一個明確定義的量，它定量地決定了分子的穩定性。這事實將會被觀察到緊密的聯繫量子理論的基礎，換言之，級別格式的離散性。

我必須懇求讀者接受這觀點已經被化學事實徹底地檢驗了；並且已經證明可以成功地解釋化學“價”的基本事實，以及諸多細節有於關分子結構、結合能、以及在不同溫度下的穩定性等等。我說的是海特勒-倫敦的量子理論，正如我所說，這裡無法（無篇幅）對其進行詳細檢視。

## 穩定度依賴溫度

我們必須滿足於檢查這一點，這至關重要於我們的生物學問題，即，一個分子在不同溫度下的穩定性。首先讓我們的原子系統實際上處於最低能量狀態。物理學家會稱其為在絕對溫度為零的一個分子。為了將其提升到下一個更高的狀態或能級，一定的能量的供應是必要的。供能最簡單方法是“加熱”分子。你將其帶入高溫環境（“熱浴”），讓其他的系統（原子，分子）撞擊它。考慮到整個熱運動的不規則性，沒有確切的溫度值能保證“提升”確定的並立即的發生。相反，在任何溫度下（與絕對零值不同），發生提升的可能性

都會變小或變大，而這個機會當然會隨著熱浴溫度的升高而增加。表達這種機率的最好方法是指出你需要等到提升發生的平均時間，即“**期望時間**”。

根據一項由 M. Polanyi 和 E. Wigner 主導的調查<sup>†</sup>，“期望時間”在很大程度上取決於兩種能量的比值，一種只是影響提升所需的能量差本身（讓我們用  $W$  來代表），另一種描述了在所述溫度下的熱運動強度（讓我們以  $T$  代表絕對溫度， $kT$  代表特徵能量）。可以認為產生提升的機會較小，期望時間越長，且提升本身所需能源相比平均熱能就越高。也就是說， $W/kT$  之比越大。令人驚奇的是，期望時間在非常大程度上被對較小的  $W/kT$  比率變化影響。舉一個例子（跟隨 Delbriick）：對於  $W$  30 倍  $kT$ ，期望的時間可能短於 1/10 秒。但當  $W$  為  $kT$  的 50 倍時，將增加到 16 個月；而當  $W$  為  $kT$  的 60 倍時，則將變為 30,000 年！。

## 數學插曲

可以用數學語言來解釋---對於喜愛數學的讀者---那對能級階段提升或溫度變化有著巨大敏感性的原因，以及加一些類似的物理評論。原因是期望時間，稱之為  $t$ ，取決於指數函數的比率  $W/kT$ ，因此

$$t = \tau e^{W/kT}.$$

參數  $\tau$  是一個  $10^{-13}$  或  $10^{-14}$  秒量級的小常數。這個特定的指數函數不是一個意外的特性。它在熱統計理論中一次又一次地重複出現，形成了該理論的棟樑。它是測量在系統某些特定部分意外收集到  $W$  能量可能性的一個度量，而當要求的能量比“平均能量”  $kT$  高相當多的倍時，這不可能<sup>†</sup>發生的機率就大大增加了。

（<sup>†</sup>譯者註：Google Translate 把 improbability 翻譯成可能，與原意相反。當  $W/kT$  增加，期望時間  $t$  指數性增加；參照上節末引用的示例<sup>‡</sup>，從而  $t$  增加發生的機率斷定下降！）

實際上， $W = 30kT$ （請參見上節末引用的示例<sup>‡</sup>）已經非常稀有。當然，由於因子  $T$  的最小性，它還沒有導致非常長的期望時間（在我們的示例中僅是十分之一秒）。這因素有其物理意義。這是系統中一直發生的振動週期的數量級。您可以廣義地描述此因素為積累所需能量  $W$  的機會，雖然很小，但“每次振動”都一次又一次地重複，也就是說，每秒大約  $10^{13}$  或  $10^{14}$  次。（每一次震動發生機率小，但是震動頻率高。）

## 第一修正案

在提供這些考慮作為分子穩定性的理論時，已經默認地假設，我們稱之為“提升”的量子躍遷，即使沒有完全分解分子，也至少會導致所屬原子們的不同構型---就像化學家所說的那樣，是一個同分異構分子，即一個由不同排列的相同原子組成的分子（在生物學的應用上，這將在相同的“基因座”表示不同的“等位基因”，所以那量子躍遷將代表一個突變）。

為了允許這種解釋，我們必須修改故事中的兩點，我故意對其進行了簡化以使其完全可理解。從我所說的方式來看，可以想像，只有在其最低狀態時，我們的原子團才能形成我們所謂的分子，而下一個更高的狀態已經是“別的東西”。事實並非如此。實際上，最低的能級之後是一堆擁擠系列的能級，他們在整體上不涉及任何明顯的構型變化，而僅對應於我們上面提到的原子之間的那些微小振動。它們也被“量化”，但是從一個級別到另一個能級的步伐相對較小。因此，“熱浴”顆粒的衝擊可能足以設置它們在已經相當低的溫度下。如果分子是擴展結構，則可將這些振動視為高頻聲波，穿過分子而不會對其造成任何傷害。

因此，第一個修正案不是很重大：我們必須無視能級格式的“振動精細結構”。術語“下一個較高能級”必須理解為是指與構型的相關更改相對應的下一個能級。

## 第二修正案

第二項修正超難解釋，因為它涉及到某些重要但相當複雜，與不同能級相關方案的特徵。兩個能級之間的自由通道可能會受到阻礙，與所需的能源供應相距甚遠；實際上，即使從較高狀態到較低狀態也可能會受到阻礙。

讓我們從實驗事實開始。化學家知道，同一組原子可以以一種以上的方式結合形成一個分子。這樣的分子稱為異構體 isomeric（“由相同部分組成”）。異構現像不是例外；它是規則。分子越大，提供的異構體選擇越多。圖十一顯示了一個最簡單的情況，這兩種丙醇均由三個碳原子（C），八個氫原子（H）和一個氧原子（O）組成。後者可以插入任何氫與其碳之間，但只有圖中所示的兩種情況是不同的物質。他們確實是。它們的所有物理和化學常數都明顯不同。它們的能量也是不同的，它們代表“不同的能級”。

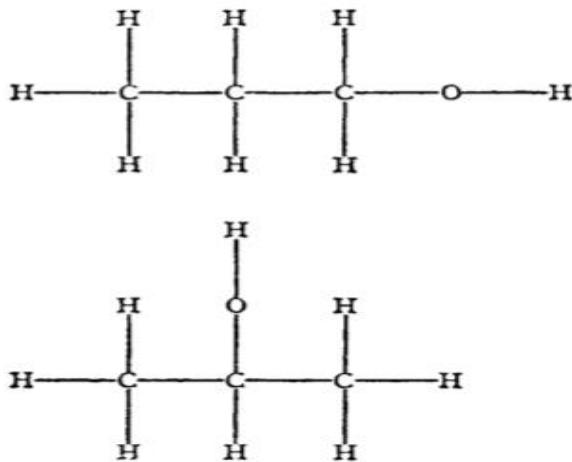


Fig. 11. The two isomers of propyl-alcohol.

引人注目的事實是，這兩個分子都是完全穩定的，兩者的行為都好像它們是“最低狀態”。從任何一個狀態過渡到另一個狀態不是自發的。原因是這兩個構型不是相鄰構型。從一個

到另一個的轉換只能發生在中間構型上，而該中間構型的能量比任何一個都大。粗糙的比喻，必須從一個位置提取氧氣然後將其灌入另一位置。似乎沒有一種方法可以不通過相當高能量的構型。這事態有時可以用圖十二來比喻，其中 1 和 2 表示兩個異構體，3 表示它們之間的“閾值”，兩個箭頭表示“提升”，即能量供應分別需要產生從狀態 1 到狀態 2 或從狀態 2 到狀態 1 的轉換。

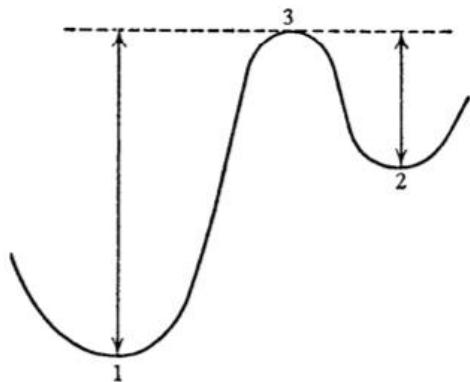


Fig. 12. Energy threshold (3) between the isomeric levels (1) and (2).  
The arrows indicate the minimum energies required for transition.

現在我們可以交代“第二修正案”，即這種“異構體”類型的轉變是我們對生物學應用唯一感興趣的轉變。這是我們在本章「穩定度依賴溫度」一節中解釋“穩定性”時想到的。我們的意思是“量子躍遷”是從一種相對穩定的分子構型過渡到另一種。過渡所需的能量供應（兩節標示為  $W$ ）不是實際的能級差，而是從初始能級到閾值的步進（請參見圖十二中的箭頭）。

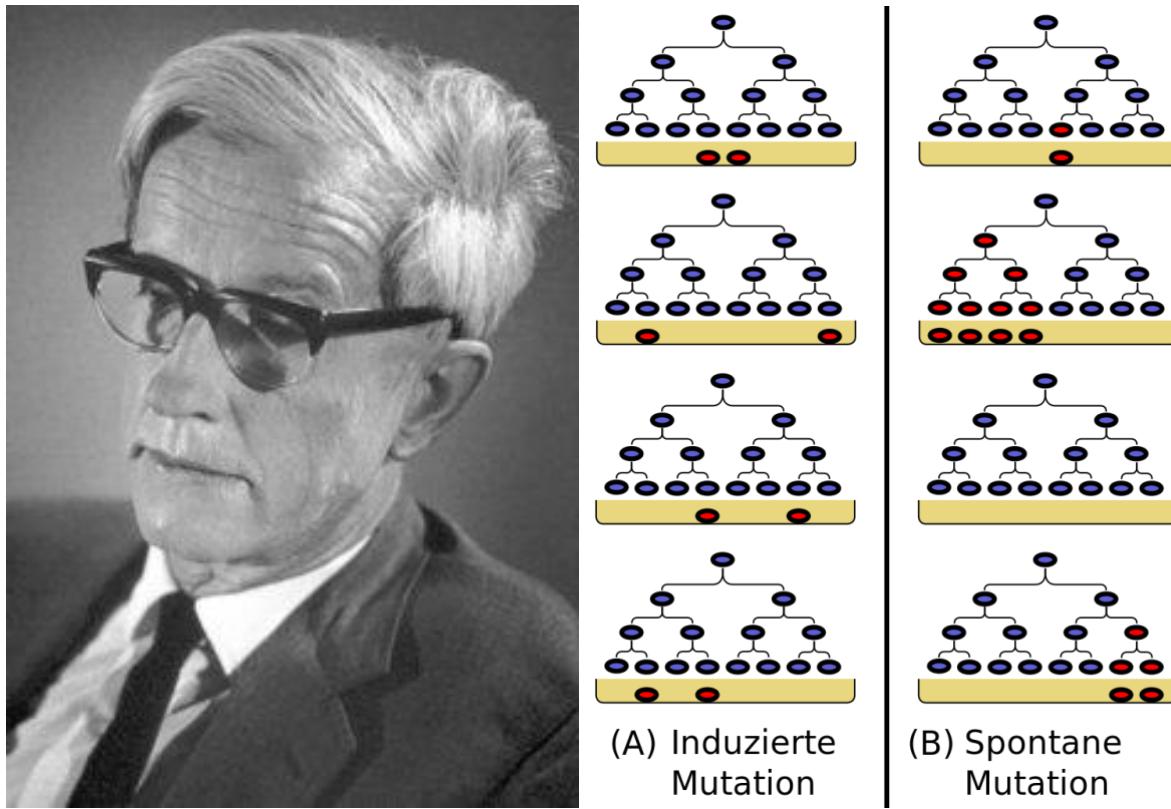
在初始狀態和最終狀態之間沒有任何閾值的過渡是完全沒有意思的，而且不僅在我們的生物學應用中如此。實際上，它們對分子的化學穩定性沒有任何貢獻。為什麼？它們沒有持久的作用，它們保持未被注意。因為，當它們發生時，它們幾乎立即還原到初始狀態，因為沒有什麼阻止它們的返回。

### 專有名詞統一定義及翻譯

- Lift 提升
- Quantum Jump 量子躍遷
- Level 能級
- Configuration 構型
- Structure 結構
- State 狀態
- Picture 情狀，事務的實際狀況，情形狀況；圖像

# 德爾布魯克 Delbrück 模型的討論與測試

## 《生命是什麼》第五章



光明與黑暗事件發生，為了揭開真假的根源 — 斯賓諾莎

### 遺傳物質的一般情狀

從這些事實中得出一個對我們的問題非常簡單的答案，即：這些由相對較少的原子組成的遺傳物質結構，能否長期承受暴露於熱運動干擾的影響？我們將假定一個基因的結構是一個巨大的分子，它只能進行不連續的變化，產生一個重新安排原子群導致的一個同分異構的分子。重新安排僅影響基因的一小部分，並且可能存在大量不同的重排。將實際構型與任何可能的同分異構分開的能量閾值必須足夠高（與原子的平均熱能相比），以使得這種轉變罕見發生。這些罕見事件我們將識別為自發突變。

本章後半部將專注於挑戰上述基因和突變的一般情狀（主要是由於德國物理學家 M. Delbrück 的挑戰所致），通過與基因事實進行詳細比對。在此之前，我們可以適當地對理論的基礎和一般事務的實際狀況進行一些評論。

## 情狀的獨特性

對此有關基因的生物學問題，追根究底並且立基其情狀於量子力學是絕對必要的嗎？我敢說，今天基因是分子的推測是很平常的。不管是否熟悉量子理論，很少有生物學家會不同意這觀點。在第四章第一節我們冒險將它放入準量子物理學家的口裡，作為對觀察到的永久性的唯一合理解釋。隨後的有關異構現象的考慮、閾值能量、決定性作用  $W/kT$  之比率的決定了異構體轉變的可能性---所有這些都可以很好地在純粹實驗的基礎上引入，而完全不需依賴於量子理論。**為什麼我如此強烈地堅持量子力學的觀點**，儘管我在這本小書中並不能真正闡明這一點，並且可能使許多讀者感到厭煩？

量子力學是第一個根據第一性原理<sup>†</sup>由理論觀點解釋了自然界中實際遇到的各種原子聚集體。海特勒-倫敦“束縛”<sup>‡</sup> (Heitler-London bondage) 是該理論的獨特、奇異特徵，並非出於解釋化學鍵的目的而發明。它以一種非常有趣和令人困惑的方式以完全不同的考慮被強加給我們。它被證明與觀察到的化學事實完全一致，並且，正如我所說，它是一個獨特的特徵，可接受的了解在量子理論的進一步發展中合理地確定“**這種事情<sup>††</sup>不會再發生**”。

因此，我們可以肯定地說，除了遺傳物質的分子解釋外，別無選擇。物理觀點沒有其他可能性可以說明其持久性。如果德爾布呂克 (Delbrück) 閣述的情狀失敗了，我們將不得不放棄進一步的嘗試。這是我要提出的第一點。

(<sup>†</sup>譯者註：在物理學中，第一性原理指從基本的物理學定律出發，不外加假設與經驗擬合的推導與計算。第一性原理由亞里士多德提出，進來洛陽紙貴因為特斯拉 CEO Elon Musk 特別推崇第一性原理，在一個[訪談](#)中，Musk 說他的發明方法基於第一性原理。另外，這 dreamlet 的解釋也不錯。)

(<sup>‡</sup>譯者註：最早基於量子力學的化學鍵理論，解釋氫分子成鍵的海特勒-倫敦模型成功地解釋了化學鍵的本質。它是歷史上最早發展的處理多個化學鍵分子的量子力學理論。價鍵理論主要描述分子中的共價鍵及共價結合，核心思想是電子配對形成定域化學鍵。)

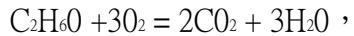
(<sup>††</sup>譯者註：作者常用代名詞表述，有些地方使得精準性打了折扣。薛丁格覺得海特勒-倫敦的簡單模型，不是為了解決化學問題提出卻成了化學最早的價鍵理論，**這種事情他認為不會再發生**。)

## 一些傳統的誤解

但是可能會問：**除了分子之外，真的沒有其他由原子組成的可持久結構嗎？**例如，埋在墳墓中幾千年的金幣，是否保留了刻在其上的肖像的特徵？的確，硬幣由大量原子組成，但是可以肯定的是，在這種情況下，我們不傾向於僅將形狀的保留歸因於大量的統計數據。同樣的說法適用於我們發現一批整齊地發育的晶體嵌在一塊岩石中，在相當的地質時期內它保持不變。

這導致我們要闡明的第二點。**分子、固體、晶體的情況並沒有什麼不同。**根據目前的知識，它們實際上是相同的。不幸的是，學校教學保留了某些傳統的觀點，這些觀點已經過時多年了，並且掩蓋了對實際情況的理解。

確實，我們在學校學到的關於分子的知識並沒有給出這樣的想法，即它們更近於於固態而不是液態或氣態。相反，我們被教導要仔細地區分保全分子的物理變化，例如熔化或蒸發（譬如如，酒精，無論是固體、液體還是氣體，總是由相同的分子  $C_2 H_6 O$  組成）；又例如一個化學變化，例如酒精燃燒，



其中一個醇分子和三個氧分子發生重排，形成兩個二氧化碳分子和三個水分子。

關於晶體，我們被教導它們形成三重週期性晶格，有時可以識別其中單個分子的結構，例如在酒精和大多數有機化合物的案例，而在其他晶體中，例如，岩石鹽 ( $NaCl$ )， $NaCl$  分子不能被明確地定界，因為每個  $Na$  原子對稱地被六個  $Cl$  原子包圍，反之亦然，因此，幾乎可以將任何一對視為分子伴侶。

最後，我們被告知，固體可以是結晶的，也可以不是結晶的，在後一種情況下，我們稱其為無定形的。

（譯者曰：連科學都被教的荒腔走板，人文科目如主義、歷史、政治，那就更不跟從第一性原理了。嗚呼！）

### 物質的不同“狀態”

現在，我不會走那麼遠說所有這些陳述和區別是完全錯誤的。出於實際目的，它們有時是有用的。但是，在真實物質結構方面，必須以完全不同的方式來確定界限。基本區別在於以下兩行“等式”方案之間：

分子 = 固體 = 晶體。  
氣體 = 液體 = 非晶態。

我們必須簡要解釋這些陳述。所謂的非晶態固體要不是非晶態就不是真的固態。在“非晶”木炭纖維中，石墨晶體的基本結構已經被 X 射線揭示。因此，木炭既是固體，又是結晶。在沒有發現晶體結構的地方，我們必須將其視為液體具有很高“粘度”（內部摩擦）。一個沒有明確定義的熔化溫度和熔化潛熱的物質不是真正的固體。加熱後，它會逐漸軟化並最終液化而不會間斷。（我記得在第一次世界大戰結束時，我們在維也納得到了一種瀝青狀的物質來代替咖啡。這是如此的堅硬，以至於人們不得不用鑿子或柴刀將小磚塊切成

碎片，直到當它顯示出光滑類似貝殼的裂痕。然而，給些時間它會像液體一樣緊緊地壓擠在容器的下部，使您不明智<sup>†</sup>地將其放置幾天。）

氣態和液態的連續性是一個眾所周知的故事。繞過所謂的臨界點，任何氣體可以不間斷地液化。但是，我們將不在這裡進行討論。

（<sup>†</sup>譯者註：不明智的後果是什麼？拉肚子？科學家陳述必須精準。）

### 真正重要的區別

因此，我們已經證實了以上方案中除了主體以外的所有內容，即，**我們希望將分子視為固體 = 晶體**。

其原因是，形成分子的原子，無論是很少還是很多，都是由與構成真正固體（晶體）的眾多原子完全相同性質的力結合而成的。分子具有與晶體相同的結構堅固性。請記住，正是這種牢固性使我們能夠考慮到基因的持久性！

在物質結構中真正重要的區別是原子是否被那些“堅強”海特勒-倫敦”力所束縛在一起。在固體和分子中，它們都是的。在單原子氣體（例如汞蒸氣）中，它們不是。在由分子組成的氣體中，只有每個分子中的原子都以這種方式連接。（而不是在分子間！）

### 非週期性固體

小分子可能被稱為“固體的胚芽”。從這麼小的固體胚芽開始，似乎有兩種不同的方法來建立越來越大的聯繫。一種相對乏味的方法是在三個方向上一次又一次地重複相同結構的。這就是成長中的晶體所遵循的方法。一旦確定了周期性，聚合的大小就沒有確定的限制。另一種方法是建立一個越來越多的聚合，而沒有沉悶的重複方式。越來越複雜的有機分子就是這種情況，每個原子和每個原子團在分子中都扮演著單獨的角色，他們並不完全等同在許多其他分子中（就像在周期性分子結構中原子或原子團）。我們可能會適當地稱其為非週期性晶體或固體，並表述假我們的假設：我們相信一個基因，或整個染色體纖維可能是非週期性固體。

### 微型代碼中壓縮的多樣內容

經常有人問到，這種微小斑駁的物質，即受精卵的核，如何包含一個複雜的代碼腳本，涉及該有機體所有未來的發展。有序的原子連結，具有足夠的電阻率以永久保持其順序，似乎是唯一可以想到的材料結構那可以提供各種可能的（“異構”）排列，足夠大到可以包

含複雜的“測定”系統在一個小的空間邊界內。確實的，在這種結構中的原子數目不需要很大以產生幾乎無限數量的可能安排。為了說明起見，請考慮摩爾斯電碼。在用點和破折號的兩個符號的不超過四個的有序組中，允許三十個不同的規格。現在，如果您允許自己使用第三個符號（除了點和破折號之外），並且使用不超過十個符號的組，那麼您可以形成 88,572 個不同的“字母”。有五個符號和不超過 25 個的組，數字是 372,529,029,846,191,405。

可能會反對這種明喻是有缺陷的，因為我們的摩爾斯符號可能具有不同的成分（例如-- 和...），因此它們是異構現象的不良模擬。為了糾正此缺陷，讓我們從第三個示例中選擇在假定的每種 5 類型（5 點 5 破折號等）中，只有正好 25 個符號的組合以及僅包含正好 S 的符號的組合。粗略計算得出的組合數量為 62,330,000,000,000，其中右邊的零代表我沒有費力計算的數字。

當然，在實際情況下，原子團的“每一個”排列絕不會都代表一個可能的分子。而且，任意採用一個代碼不是問題，因為代碼腳本本身必須是能帶來發展發育的可操作因素。但反之，在示例 (25) 中選擇的數字仍然很小，我們只設想了一度空間的簡單排列。我們僅想簡單說明的是，就基因的分子圖像而言，這已經不是一個不可思議的概念，即，微型代碼應精確地與高度複雜且與特定的發育計劃相對應，並應以某種方式包含其實際運行的方式。

### 與事實的比較：穩定性；突變的不連續性

現在，讓我們最後將理論情狀與生物學事實進行比較。顯然，第一個問題是它是否真的可以說明我們觀察到的高度持久性。所要求的數量的閾值（平均熱能  $kT$  的高倍數）是否合理，是否在普通化學方法已知的範圍內？這個問題太簡單；無需檢查任何圖表就可以肯定回答。任何物質的分子化學家在一個定溫度能夠分離的，該分子在那溫度下必須有至少數分鐘的壽命。（這樣說得很保守；通常，它們有更長壽命。）因此，化學家所遇到的閾值的精確度必須是生物學家實際上可能遇到的任何永久性程度所需的數量級；因為我們回想起在第四章「穩定度依賴溫度」一節中，閾值在約 1:2 的範圍內變化將解釋從幾分之一秒到數萬年的壽命。

但讓我提一下數字，以供將來參考。例如，在第四章同一節提到的比率<sup>‡</sup>  $W/kT$ ，即  $W/kT = 30, 50, 60$ ，產生的壽命分別為 1/10 秒、16 個月、30,000 年，相對應在室溫下與閾值分別為 0.9、1.5、以及 1.8 電子伏特。

我們必須解釋“電子伏特”單位，這對於物理學家來說相當方便，因為它可以可視覺化。例如，第三個數字 (1.8) 表示被約 2 伏電壓加速的電子將獲得足夠的能量借衝擊影響變遷。（作為比較，普通袖珍手電筒的電池為 3 伏。譯者註：3 伏在 1944 年，今天 2021 的 AAA 電池為 1.5V）

這些考慮使我們可以想像，由於振動能量的偶然波動而導致的分子某些部分構型的異構體變化實際上可以是非常罕見的事件，可以解釋為自發突變。因此，根據量子力學的原理，我們解釋了有關突變的最令人驚訝的事實，這事實首先引起了德弗里斯的注意，即突變是“跳躍”（躍遷）變異，沒有中間形式出現。

### 自然選擇基因的穩定性

發現任何一種電離射線都會增加自然突變率後，人們可能會想到將自然突變率歸因於土壤和空氣的放射性以及宇宙輻射。但是與X射線的定量比較顯示，“自然輻射”太弱了，只能佔日常輻射率的一小部分。

鑑於我們必須通過熱運動的偶然波動來解釋稀有的自然突變，因此我們對自然界已經成功地做出了使突變罕見的必要的閾值選擇非常微妙的選擇感到震驚。因為我們在這些演講的較早時候得出的結論是，頻繁的突變對進化有害。通過突變獲得穩定性不足的基因構型的個體，幾乎沒有機會看到他們的“超級激進”迅速變異的後代存活長久。物種將擺脫頻繁的突變，因此將收集穩定的基因通過自然選擇。

### 突變體穩定性低

但是，當然，對於那些在我們的育種實驗中出現的突變體，那些我們選擇它們作為研究其後代的，沒有理由期望它們都顯示出很高的穩定性。因為它們尚未被“試煉”---或者，如果已經被試煉，它們已經被野生品種“拒絕”了---可能是因為變異性太過高。無論如何，我們一點都不驚訝地發現，實際上這些突變體中的某一些確實比正常的“野生”基因具有更高的變異性。

（譯者註：有時高度不穩定的突變會被發現，那是因為他們是進行式，還未被淘汰。）

### 溫度影響小於穩定的基因

這使我們能夠測試我們的可突變性公式

$$t = \tau e^{W/kT}.$$

（將記住， $t$ 是具有閾值能量  $W$  的突變的預期時間。）我們問：時間  $t$  如何隨溫度變化？我們可以很容易地從上述公式中得  $t$  值在溫度  $T + 10$  時與  $t$  值與溫度  $T$  時很好近似比率為

$$\frac{t_{T+10}}{t_T} = e^{-10W/kT^2}.$$

指數現在為負，該比率自然小於 1。通過提高溫度來縮短預期時間，增加了可突變性。現在可以在昆蟲所能承受的溫度範圍內對果蠅進行測試。乍看結果，令人驚訝。**野生**（沒變異過）基因的**低**初始變異性明顯增加，但是某些已經變異過的基因沒有增加變異率，或者發生率相比非常低。這正是我們期望比較兩個公式的結果。根據第一個公式，需要大的  $W/kT$  值才能使  $t$  大（穩定的基因），而根據第二個公式， $W/kT$  會使在此計算出的比率的值很小，也就是說，對於可變性隨溫度增加顯著提高。（該比率的實際值似乎在大約 1/2 到 1/5 之間。在通常的化學反應中，倒數 2.5 是我們所謂的範霍夫係數 (van't Hoff factor)。）

## X 射線如何產生突變

現在轉到 X 射線誘導的突變率，我們已經從育種實驗中推斷出了：首先（根據突變率和劑量的比例），某單個事件會產生突變；其次（從定量結果和從突變率由集成電離密度決定而與波長無關的事實）此單個事件必須是電離或類似過程，必須在一定體積大約 10 個原子距離內，才能發生特定的突變。根據我們的情狀，克服閾值的能量顯然必須提供於類似爆炸的過程，電離或激發。我稱其為爆炸狀，因為在一個電離中消耗的能量（消耗，不是由 X 射線本身消耗的，而是由它產生的二次電子消耗的）是眾所周知的，並且具有相對大量的 30 電子伏特。它必定會轉變成圍繞其放電點的極大增加的熱運動，並以“熱波”的形式從那裡散開，這是原子強烈振蕩的波。可以想像，這種熱波應能夠在大約十個原子距離的平均“作用範圍”內提供所需的 1 或 2 電子伏特的閾值能量，儘管可能一位無偏見的物理學家可能會認為一個稍低範圍的作用。在許多情況下爆炸的影響將不是有序的異構轉變，而是染色體的病變，而該病變將變成致命性的病變，當通過巧妙的雜交將未受傷的伴侶（第二組對應的染色體）去除並替換一個伴侶，其對應的基因本身是病態的---這是絕對可以預期的，而且也正是所觀察到的。

## 其效率不取決於自發性

有很多其他特徵，如果無法從情狀中預測，還是容易被理解。例如，不穩定的突變體平均而言它的 X 射線突變率，不會比穩定的突變體高得多。現在，提供爆炸能量為 30 電子伏特，你肯定不會期望所要求的閾值能量大一點或是小一點，例如 1 或 1.3 伏，會帶來很大的不同。（譯者註：這裡的論述不嚴謹，因為沒有量化不穩定與穩定間的數量差別和對 X 射線的敏感度。）

## 可逆突變

在某些情況下，研究了從兩個方向的變遷，例如從某個“野生”基因到指定突變體，再從該突變體回到野生基因。在這種情況下，自然突變率有時幾乎相同，有時則非常不同。乍看，這是令人困惑的，因為在兩種情況下要克服的閾值似乎是相同的。但是，當然不是必

須的，因為必須從起始構型的能級進行測量，並且對於野生基因和突變基因而言可能有所不同。（請參閱第四章圖 12，其中“1”可能是野生的等位基因，“2”是突變體，其較低的穩定性將由較短的箭頭指示。）

總的來說，我認為 Delbrück 的“模型”很好地承受考驗，我們有理由在進一步考慮中使用它。

Neither Identical dance exists nor same soul — 子耿



Dual Tibetan Wool Rug Collection, Lhasa 2017, Edward Y. Chang

# 秩序混亂與熵

## 《生命是什麼》第六章



Photographed by Edward Y. Chang, 2020.

### 模型奇特的一般性結論

容我參考第五章「微型代碼中壓縮的多樣內容」一節的一個短語<sup>†</sup>，我試圖用它解釋基因的分子的圖像，使它至少可被想像為微型密碼應該一對一的對應高度複雜且特定的開發計劃，並不知何故的包括了付諸運作的方式。那麼很好，但是它是如何做到的呢？我們如何將“可想像性”變成真正的理解？

(<sup>†</sup>譯者註：那個短語？晶體裡面有發展執行的代碼腳本，類似摩爾斯符號？我研判應為這一句：“微型代碼應精確地與高度複雜且與特定的發育計劃相對應，並應以某種方式包含其實際運行的方式”。)

德爾布呂克的完全籠統的分子模型，似乎沒有暗示遺傳物質是如何起作用的。確實，我不期望未來任何關於此問題的詳細信息會來自物理學。在生理學和遺傳學的指導下，生物化學的進步正在推進，我相信將繼續如此。關於遺傳機制運行的詳細信息無法從對它的結構的描述中獲得，如上所述。那是顯而易見的。

但是，很奇怪的是，從中只能得出一個普遍的結論，我承認，那是我寫這本書的唯一動機。  
 （譯者註：薛丁格在 1944 年能夠前瞻基因晶體內存在代碼腳本，腳本表達了發育計劃而代碼代表運行的方式實。薛用第一性原理思考、推導：這是他只能得出的結論。實在太令人敬佩！諾貝爾基金會認知：Erwin Schrödinger 認為物理學可以幫助解開生物謎題的想法激發了許多研究人員試圖解開我們生命之書背後的秘密，即 DNA 的結構。）

從德爾布呂克關於遺傳物質的一般情狀中可以看出，生命物質雖然沒有忽略迄今確立的“物理定律”，但可能涉及迄今未知的“其他物理定律”，但是一旦它們具有據透露，它將與前者一樣，成為該科學不可或缺的一部分。

### 生存的東西需避過趨於平衡的衰變

生命的特徵是什麼？什麼時候說一個物件還活著？當它繼續“做某事”，與周圍環境交換材料等等時，比我們期望無生命的事物在類似情況下“繼續前進”的時間要長得多。當一個無生命的系統被隔離或放置在單一的環境中時，由於各種的摩擦阻力，所有運動通常都會很快停止；電位差或化學勢差相等，趨於形成化學化合物的物質也如此，溫度通過熱傳導變得均勻。之後，整個系統逐漸衰變成“死的<sup>†</sup>”惰性物質團。永久狀態達到，在該狀態下不會發生任何可觀察到的事件。物理學家稱其為熱力學平衡或“最大熵”的狀態。

實際上，這種狀態通常會非常迅速地達到。從理論上講，它通常不是絕對平衡，也不是熵達到真正最大值。但是，最終平衡的達到非常緩慢。它可能需要花費不同時間長度，幾小時、幾年、幾個世紀等等。舉一個例子---達到平衡相當迅速：如果將裝滿純淨水的一個玻璃杯和另一個裝滿加糖水的玻璃杯（俗稱溶液）一起放在恆溫條件下密封的盒子中，一開始似乎什麼也沒發生並建立了似乎完全平衡的印象。但是經過一天左右的時間，人們發現純淨水由於其較高的蒸氣壓而緩慢蒸發並凝成水珠落在溶液（糖水）上。後者溢出。只有在純淨水完全蒸發之後，糖才能達到在所有可用液態水中平均分配。

這些極緩慢達到平衡決定不能被誤判為活著<sup>†</sup>，我們在這裡可能會忽略它們。我提到它們是為了免除對我不準確性的指控。

（<sup>†</sup>譯者註：作者在討論無生命體時用了“死亡”一詞，作者在最後一段澄清無生命體在達到平衡狀態前不能被誤判為活著。或許對無生命體用“惰性”或“僵冷”。）

### 它依靠“負熵”供給

正是通過避免有機體迅速衰變為惰性的 (inert) “平衡” 狀態，有機體才顯得如此神秘費解；如此神秘，以至於從最早時代起的人類思想，有人就聲稱某種特殊的非物理力或超自然力量（生命力、內在潛能<sup>†</sup> *vis viva, entelechy*）在有機體內起作用，並且在某些地方至今仍被如此被認為。

(<sup>†</sup>譯者註：*vis viva*, 來自拉丁語中的“生命力”，是一個歷史術語，用於在能量守恆原理的早期公式中首次記錄描述我們現在稱之為動能。而 entelechy 源於希臘文，亞里士多德認為它是倫理、道德、快樂的基礎；它可以使夢成真，從潛在到真實。Entelechy可翻譯為“內在潛能”、靈魂。)

有生命有機體如何避免衰變？顯而易見的答案是：通過進食、飲水、呼吸、和（對於植物而言）吸收。技術術語是新陳代謝。希臘字（μεταβάλλειν）表示交換。交換什麼？毫無疑問最初的想法無疑是物質交換。（例如，德文代謝是 stoffwechsel.）物質的交換是必要的論調是荒謬的。任何氮、氧、硫等原子都和任何其他同類的原子一樣好；交換會帶來什麼好處？過去一陣子，人們被告知我們以能量為食，我們的好奇心安靜下來了。在一個非常發達的國家（我不記得是德國還是美國，或者兩者都是），你可以在餐館的菜單上看到標誌，除了價格以外還有每道菜含的能量。（譯者註：1944 年就有能量標誌了！）不用說，從字面上看，這是荒謬的；對於成年有機體而言，能量含量與物質含量一樣穩定。因為，當然，任何卡路里之間等值，無法看到單純的交換有什麼幫助。（譯者註：吃下去食物能量交換了什麼呢能量？消化所耗的能量？）

那麼，我們食物中所含的使我們免於死亡的寶貴東西又是什麼呢？這很容易回答。每一個過程、事件、發生的事情---隨便你怎麼稱呼；簡而言之，自然界中正在發生的一切都意味著那部分的世界的熵正在增加。因此，生命有機體不斷增加其熵---或正如你可能說的那樣，會產生正熵---並因此趨於接近最大熵的危險狀態，即死亡。生命有機體要保持超然狀態或活著，只能通過不斷地從其環境中吸取負熵---這是非常積極的，正如我們將立即說明的。生物體賴以生存的是負熵供給。

或者以比較少矛盾的方式的陳述，新陳代謝的本質是生物體成功地擺脫了它在生存時無法停止產生所有的熵。

### 什麼是熵？(cal./°C)

什麼是熵？首先讓我強調，這不是一個朦朧的概念或觀念，而是可測量的物理量，就像桿子的長度，物體任一點的溫度，特定晶體的熔化熱，或任何晶體的比熱一樣。在溫度的絕對零點（大約-273°C）下，任何物質的熵均為零。當您通過緩慢可逆的許多小步驟將物質帶入任何其他狀態時（即使由此物質改變了其物理或化學性質，或分裂成兩個或多個具有不同物理或化學性質的部分），熵也會增加，通過在該過程中每一步提供的熱量除以熱量提供時的絕對溫度，並將每一步的貢獻相加，即可得出總結果。舉一個例子，當固體熔化時，其熵隨熔化熱的量除以熔點的溫度而增加。從中可以看出，測量熵的單位是 cal./°C（就像卡路里是熱量的單位，或厘米是長度的單位）。

### 熵的統計意義

我之所以提到此技術定義，僅僅是為了揭開經常掩蓋熵的神秘。對我們而言，更重要的是與秩序和無序的統計概念有關，這是由玻爾茲曼（Boltzmann）和吉布斯（Gibbs）在統計物理學中的研究所揭示的。這也是一個精確的定量聯繫，並表示為

$$\text{熵} = k \log D ,$$

其中  $k$  是所謂的玻爾茲曼常數 ( $= 3.2983 \times 10^{-24}$  cal./°C)， $D$  是某物體的原子性失調的定量測量。用簡短的非技術術語來精確解釋此數量  $D$  幾乎是不可能的。它表明的紊亂部分是熱運動的紊亂，部分是由不同種類的原子或分子隨機混合而，不是被整齊地分開而組成的，例如上面引用的例子中的糖和水分子。玻爾茲曼方程可以很好地被用來說明。糖在所有可用水上的逐漸“散佈”會增加  $D$  紊亂測量，也因此（由於  $D$  的對數  $\log D$  隨  $D$  的增加而增加）增加熵。同樣非常清楚的是任何熱量供應都會增加熱運動的動盪，也就是說，增加  $D$  並因此增加熵；特別明顯的是當你熔化晶體，因為如此會破壞原子或分子的整齊而永久的排列，並將晶格轉變為不斷變化的隨機分佈。

隔離的系統或處於統一環境中的系統（出於目前的考慮，我們最好將其包括為我們考慮的系統的一部分）增加其熵且或多或少地迅速接近最大熵的惰性狀態。我們現在認識到這一基本物理學的定律只是事物逼近混亂狀態的自然趨勢（與圖書館的書籍或寫字台上堆放的紙和手稿相同的趨勢），除非我們整理了。（不規則的熱運動的類比，在這種情況下，是我們一次又一次地使用這些物件而不將他們歸回原位。）

（譯者註：新陳代謝是把身體內事務造的亂整理的有序。）

### 通過從環境中提取“順序”來維持組織

我們將如何用統計理論來表達活生物有機體的奇妙功能，從而延緩衰變達到熱力學平衡呢（死亡）？我們之前曾說過：“**它以負熵為食**”，就其本身吸引著負熵流，以補償由於生存而產生的熵增加，從而使自身保持在平穩且相當低的熵水平。

如果  $D$  是無序的度量，則其倒數  $1/D$  可被視為有序的直接度量。由於  $1/D$  的對數只是在  $D$  的對數前加個負號，因此我們可以寫出玻爾茲曼方程：

$$- (\text{熵}) = k \log (1/D) .$$

因此，奇怪表述的“負熵”可以用更好的詞代替：帶有負號的熵本身就是有序的度量。因此，生物體以相當高的有序性（=相當低的熵）保持自身靜止的方式實際上在於不斷從其環境中吸取有序性。這個結論不像乍看起來那樣自相矛盾。寧可將它歸咎於瑣碎。的確，就高等動物而言，我們知道它們攝取良好的，也就是說，或多或少複雜的有機化合物中高度有序狀態的南北<sup>†</sup>為食物。使用食物後它們以高度分解的形式返回---並非完全分解，因為植物仍然可以利用它。（這些當然是在陽光下最強大的“負熵”。）

(<sup>†</sup>譯者註：東西分解成南北兮？試試讀者有沒有睡著？為何稱物品為東西，連宋儒朱熹都懵了。貨品、物件可以南北相稱吧！)

### 作者註記（譯者註：可以略過）

關於負熵的評論遇到了物理學家同事的質疑和反對。首先，我要說的是，如果我只迎合他們，那我應該讓討論轉向**自由能**。在這種情況下，這是物理學家更熟悉的概念。但是，這個高度技術性的術語在語言上似乎太接近能，無法讓普通讀者了解這兩件事之間的對比（自由能 vs. 能）。他可能會或多或少地把自由當成不相關俗名，而實際上這個概念是一個錯綜複雜的，它的關聯與玻耳茲曼有序/無序原理不像對熵和“帶負號的熵”那樣容易被理解，順便提起這不是我的發明。這恰好正是玻爾茲曼最初論述的轉折點。

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$\Delta G$  = Gibbs free energy

$\Delta H$  = Change in enthalpy

$\Delta S$  = Change in entropy

T = Temperature in K

(譯者註： $H$  為焓，一個系統所有的熱量。自由能與負熵成正比，但數量不同。熵的觀念較易了解。)

但是西蒙（F. Simon）非常貼切地向我指出，我簡單的熱力學考慮並不能說明我們必須以“或多或少複雜的有機化合物的極其有序的狀態”來餵養物質，而不是以木炭或鑽石漿來餵養。他是對的。但是對普通讀者來說，我必須解釋，如物理學家理解的，一塊未燃燒的煤炭或鑽石以及燃燒所需的氧氣量也處於非常有序的狀態。對此進行見證：如果您允許這種反應發生，則煤會燃燒，會釋出大量的熱量。將其釋放到周圍環境，該系統處理掉反應帶來的劇大增加的熵，並達到了實際上具有與以前大致相同的熵的狀態。

然而，我們不能以反應產生的二氧化碳為食。因此，西蒙正確地向我指出，我們食物中的能量含量確實很重要；所以，我嘲笑菜單卡上顯示它是不適宜的。不僅需要能量來替代人體運動的機械能，而且還需要替代不斷釋放給環境能量。而且我們散發熱量不是偶然的，而是必不可少的。因為這正是我們處理我們在身體生活過程中不斷產生的剩餘熵的方式。

這似乎表明，溫血動物的較高溫度具有使它能夠更快地排除其熵的優勢，從而可以承受更激烈的生命過程。我不確定這個論點到底有多少真實（我要為此負責，而不是西蒙）。有人可能會反對，因為反之許多溫血動物可以利用大衣或羽毛來防止熱量迅速散失。因此，**我認為體溫和“生命強度”之間的平行關係存在**，可能必須由第五章末提到的範霍夫定律(van't Hoff's law) 更直接地加以解釋：較高的溫度本身會加速與生活有關的化學反應。（實際上如此，已經過物種從環境得到溫度的實驗被確定。）

# 生命是建築在物理定律上嗎？

## 《生命是什麼》第七章

如果一個人從不自相矛盾，那可能是因為他從不說任何話 — 烏納穆諾



Photographed by Edward Y. Chang, Nepal, October 2017.

### 有機體期待出現的新規律

我希望在最後一章中明確指出的是，簡言之，從我們對生物體結構的所有了解，我們必須準備發現它的機能不能簡化為物理學的普通定律。這並不是基於存在任何“新力”與否，來指導活生物有機體每個單個原子的行為，而是因為其結構與我們在物理實驗室中進行測試的任何結構都不同。魯莽的說，一位只熟悉熱力機工程師，在檢查電動機的構造後即將發現，電動機遵循他尚不了解的原理進行工作。他發現水壺的銅很熟悉，使用在電動機裡的是長長的銅線纏繞成線圈；他熟悉的鐵<sup>†</sup>，用來製造槓桿、柵欄、和蒸汽缸的，在電動機裡被用來填充銅線圈內部。他將會被說服是相同的銅和相同的鐵，需要遵守相同的自然界定律，他是正確的。建造上的差異足以使他為完全不同的運作方式做好準備。他不會懷疑電動機是由鬼驅動的，因為它是通過打開開關而開始旋轉的，沒有鍋爐和蒸汽。

(†譯者註：這個鐵的比喻有被誤解的風險。其一，這是以實體物質來比擬原理現象。其二，如以斜坡理論來修改此比喻，我們可能從鐵向下推幾個等級，用力學或甚至原子來鋪陳：熱力幾、電動機、和腳踏車相似？)

## 回顧生物學狀況

有機體的生命週期中，事件的產生展現出令人欽佩的規律性和有序性，這是我們在無生命的物質中遇到的任何事物所無法比擬的。我們發現它受控於一群極度有序的原子，這些原子僅佔所有細胞原子總數的很小一部分。此外，從形成突變機制的觀點來看，我們結論生殖細胞內的“管理原子”<sup>†</sup> 群中僅有幾個原子的錯位足以在有機體大規模遺傳的特徵帶來精確定義的變化。

這些事實很容易成為當今科學揭示的最有趣的事實。畢竟，我們可能會發現它們並非完全不可接受。生物體的驚人禮物是將“有序流”集中在自身上，從而避免衰變成原子混亂---從適當的環境中“飲用有序性”---似乎相關於那些“非週期性晶體”，那些染色體分子，這無疑代表了我們所知道的最高程度有序的原子締合---比普通的周期性晶體要有序得多---憑藉於每個原子和每個自由基都在其中扮演著個別的角色。

短言之，我們見證存在的秩序展現了維護自身和產生有序事件的力量的發生。這聽起來似乎足夠合理，儘管在發現其合理的過程中，毫無疑問，藉鑑有關社會組織<sup>†</sup>和其他涉及生物體活動事件的經驗。因此，這似乎暗示了一個惡性循環。

(†譯者註：作者暗示優質政府組織可能需要一小部分是有序的“原子”，他們發展並且執行優質的計劃。反之，如連這精英領導層、策劃、執行都沒有，那就只好無序到更無序的收斂到最大熵。)

## 概述與物理有關的狀況

但是，也許要反復強調的一點是，對於物理學家來說，事務狀態不僅不是似是而非的，而且是最令人興奮的，因為它是前所未有的。與通常的看法相反，受物理學定律支配的事件的規律過程絕不是原子的某一種有序構建的結果---不會如此除非原子的構建重複多次，要麼在週期性晶體內，要麼存在於由大量相同分子組成的液體或氣體中。

即使化學家在體外處理非常複雜的分子，他也總是面臨著大量相似的分子。他（化學家）的法律適用於它們（分子群）。例如，他可能會告訴你，開始特定反應一分鐘後，一半的分子將發生反應，而第二分鐘後，四分之三的分子將發生反應。但是他無法預測，任一個特定的分子，假設你可以遵循它的路線，是屬於已發生反應的還是尚未發生反應的分子。那是純粹機率的問題。

這不是純粹的理論推測。並不是說我們永遠無法觀察一小群原子甚至一個原子的命運。我們偶爾可以。但是無論何時觀察，我們都會發現處在完全不規則的情況，只有通過合作才能平均的產生規則性。我們已經在第一章中舉例說明。懸浮在液體中的小顆粒的布朗運動是完全不規則的。但是，如果有許多相似的粒子，它們將因它們不規則運動而引起規則的擴散現象。

單個放射性原子的分解是可以觀察到的（它釋放出的拋物線，在熒光屏上引起可見的閃爍）。但是，某個特定放射性原子，它的可能壽命的確定性比健康麻雀壽命的確定性低很多。的確，沒有別的可說的了除了：只要它存在（可能長達數千年），它在下一秒內爆炸的機會（無論大小）都將保持不變。然而，這種明白缺乏個體確定性導致大量相同種類的放射性原子衰變的確切指數定律。

單個原子/分子的行為可能是隨機的，我們無法預測其行為，但是當數量眾多時，已知會收斂到最大熵。以此類推，我們不知道一滴小小的水珠跳躍在河床的岩石之間，會向左或向右流動。但是我們可以確定這條河流入大海。

### 驚人的對比 (原子分子的秩序 vs. 無秩序的對比)

在生物學中，我們面臨著完全不同的情況。僅存在於一個副本中的一組原子會產生有序的事件，原子們奇妙的相互作用也與環境作用，根據最微妙的定律。我說過，它只是一個副本，因為我們畢竟已經舉了卵和單細胞有機體（精卵交配）的例子。在高等生物的接下來的階段中，複製是成倍增加的，這是真的。但是到什麼程度呢？據我了解，在一個成年哺乳動物中類似  $10^{14}$  的數量。那是什麼！只是一立方英寸空氣中分子數量的百萬分之一。儘管它們相對笨重，但經過聚結會形成一小滴液體。查看它們如何實際分佈方式。每個細胞僅包含其中一個（或兩個，如果我們記得二倍體 diploidy）。既然我們知道這個微小的中央辦公室在孤立的細胞中擁有的權力，那麼，它們不像地方政府的部門散佈在身體中，彼此非常輕易的交流因為有相同的代碼嗎？

好吧，這是一個奇妙的描述，也許更像一位詩人勝於一名科學家。但是，它不需要詩意的想像力，而只需要清晰而清醒的科學思考就可以認識到，我們在這裡顯然面對著其有規律和合乎定律發展，而這發展是一種“機制”指導，該機制完全不同於物理學的“概率機制”。因為觀察到的事實是，每個細胞中的指導原則都體現於一個原子，該原子關聯僅存在於一個副本（有時是兩個副本）中，並且觀察到它導致產生事件，這是模範的有序現象。無論我們發現它是令人驚訝的或非常合理的，一個很小但高度組織化的原子團有能力以這種方式運作，這種情況是前所未見的，除了在活體內其他任何地方都未被發現。研究無生命物質的物理學家和化學家從未見證過必須用這種方式解釋的現象。沒有發生這種情況，所以我們的理論不涵蓋它（無機體）---我們美麗的統計學理論讓我們感到非常公道的自豪，因為它容我們能夠觀察在簾幕後無秩序原子和分子產生的精確物理定律中的宏偉秩序；因為它揭示了最重要、最概括的、無所不囊括的熵增長定律，無需任何特別的臨時 (*ad hoc*) 假設就可以理解，因為假設本身就是動亂分子。

## 兩種生產順序的方法

生命發展中遇到的有序性來自不同的來源。似乎有兩種不同的“機制”可以用來產生有序事件：“統計機制”可以產生“**有序從無序**”，而新機制（新發現的基因機制）可以產生“**有序從有序**”。在沒有偏見的人看來，第二個原理似乎更簡單，更合理。毫無疑問。這就是為什麼物理學家能感到驕傲的從另一個原則，“有序從無序”，進入，無到有序實際上是大自然遵循的，僅此一項就傳達了對自然事件線路的理解，首先他們的不可逆轉性。但是，我們不能指望從中得出的“物理定律”就足以直接解釋生物的行為，而生物最顯著的特徵顯然在很大程度上是基於“有序從有序”原理。您不會期望兩種完全不同的機制帶來同類型的法律---您不會期望自己的鑰匙<sup>†</sup>也能打開居的門。

因此，我們不應因普通物理學定律難以解釋生命而灰心。因為這正是我們所獲得的有相關生命物質結構的知識所期望的。我們必須準備尋找一種普遍存在的新型物理定律。還是我們將其稱為非物理定律，而不是超物理定律？

(<sup>†</sup>譯者註：作者以使用第一定律自豪，的確，第一定律不使用類比來解釋原理。而這鑰匙的類比與最後一段的期望似有衝突。作者所提的超物理定律不是可以比擬為萬能鑰匙呢？如是之，則為何自己的鑰匙有局限呢？畢竟如果超物理定律---譬如超級量子力學---存在，那鑰匙可能是一把超鑰匙。)

## 新原理與物理學相關

不，我不這麼認為。因為所涉及的新原理是一種真正的物理原理：在我看來，它只是量子理論的原理。為了解釋這一點，我們必須用一些篇幅，包括對先前作出的斷言：所有物理定律都是基於統計的，進行完善，而不是修正。

這被一次次重覆的斷言必將引起矛盾。因為的確存在某些現象的顯著特徵顯然是直接基於“有序從有序”的原理，並且無關於統計學或分子無序原理。

太陽系的秩序，行星的運動，幾乎可以無限期地保持。這個時刻的星座與金字塔時代任何特定時刻的星座直接相接；它可以追溯到它<sup>†</sup>，反之亦然。歷史上的日蝕時間早已經被估算出來並且與歷史記錄非常吻合，甚至在某些情況下還可以用來糾正公認的年代。這些計算並不隱含著任何統計信息，它們僅僅基於牛頓的萬有引力定律。

(<sup>†</sup>譯者註：“它可以追溯到它，反之亦然”。太有才了！這句話有三個涵義。第一，千年來星系軌跡座標不變；第二，因此，兩個代名詞代表的不同年代的星座相同，故它 = 它；

第三，既然它 = 它，時間的觀念就消失了。也因此，作者可以說反之亦然。“反之”在此是純粹是在空間裡，故可以來回追溯。）

規律運動的正常時鐘或任何類似機制似乎也與統計無關。簡而言之，所有純粹的機械事件似乎都明確且直接地遵循“有序從有序”的原則。如果我們說“機械的”，則該術語必須從廣義上講。一種非常有用的時鐘，也許你知，是基於來自發電站的電脈衝的定期傳輸。

我記得馬克斯·普朗克（Max Planck）撰寫了一篇有趣的短論文《動態和統計類型的規律》（“動力學與統計法”）。區別恰恰是我們在這裡標記為“有秩從有秩”和“有序從無序”的區別。該論文的目的是展示有趣的統計類型的法則是如何控制大規模事件，是建構於“動態”法則應該控制小規模事件，也就是說單個原子和分子的相互作用。後者已藉由大型機械現象來說明，例如行星或時鐘的運動等。

因此，似乎我們已經非常莊嚴地指出這“新的”原理，即**有序從有序**的原理，是理解生命的真正線索，對物理學而言不是全新的原理。普朗克的態度甚至為其辯護物理學的先行<sup>†</sup>。我們似乎得出了一個荒謬的結論，即理解生命的線索是它基於一種純粹的機制，即普朗克論文中所說的“鐘錶工作”。該結論並非荒謬，在我看來也不是完全錯誤的，但是必須“和一粒巨大顆的鹽”來一起服用。

（<sup>†</sup>譯者註：辯論誰先誰後發現有序原則不重要，早就存在億年只是沒被發現罷了。至少我這非物理領域的讀者對此類誰先誰後發現的蚌鰓順序無感。）



### 時鐘的運動

讓我們準確地分析真實<sup>†</sup>時鐘的運動。這不是純粹的機械現象。純粹的機械鐘不需要彈簧，也不需要發條。一旦啟動，它將永遠持續下去。一個沒有彈簧的真實鐘會在擺動幾下後停止運轉，其機械能轉化為熱量。這是一個無限複雜的原子過程。物理學家對其產生的總體印象迫使他承認逆過程並非完全不可能：一個沒有彈簧的時鐘可能突然開始運動，以其自身齒輪的和環境的熱能為代價。物理學家不得不說：時鐘經驗和布朗運動定律異常

強烈的相容。我們已經在第二章中看到，在非常敏感的扭轉平衡（靜電計或檢流計）的事情隨時在發生。當然，對於時鐘來說，這是絕對不可能的。

（<sup>†</sup>譯者註：1943 年的真實時鐘應該是機械發條鐘吧。）

將時鐘的運動歸類動力學類型還是統計類型法則的理論（使用普朗克的表達式）取決於我們的態度。在稱其為動態現象時，我們將注意力集中在可以通過較弱的彈簧來確保的正常運轉上，該彈簧克服了由熱運動引起的細微干擾，因此我們可以忽略它們。但是，如果我們記得沒有彈簧的話，時鐘就會因摩擦力而逐漸減慢，我們發現這個過程只能理解為一種統計現象。

無論時鐘中的摩擦和加熱的影響從實際的角度來看都微不足道，毫無疑問第二種態度不忽略這些阻力，是更根本基礎性的，即使我們面對著由彈簧驅動的時鐘<sup>†</sup>。因為不能相信，驅動機制確實消除了過程的統計性質。真實的物理情狀包括這個可能：即使是一個正常運轉的時鐘也應立即反轉其運動，反向工作，上緊彈簧---以犧牲環境的熱量為代價。該事件比沒有驅動機制的時鐘的“布朗契合度”的“可能性還是要小一點”<sup>‡</sup>。

（<sup>†‡</sup>譯者註：這個字句似乎沒有必要存在。另，作者似乎小心翼翼的技術沒有彈簧的時鐘是服膺統計模式。這似乎是個合理的推斷，而始終是有發條來抵銷摩擦力和熱力。不了解他小心翼翼不敢斷言的原因。）

## 統計後的時鐘

現在讓我們回顧一下情況。我們分析過的“簡單”案例代表了許多其他案例---實際上，所有此類案例似乎都在規避那無所不在的分子統計的原則。由實際物質構成的鐘錶（反於想像）不是真正的<sup>†</sup>“鐘錶作品”。機率元素或多或少被降低，時鐘突然完全出錯的可能性可能很小，但始終留在背景中。即使在天體的運動中，不可逆的摩擦和熱影響也是不受歡迎的。因此，潮汐摩擦力使地球的自轉逐漸減弱，並且隨著這種減少月亮逐漸從地球退離，這不會發生如果地球是一個完全剛性的旋轉球。

然而，事實仍然是“實際物件構製的鐘錶”明顯表現出非常突出的“有序從有序”特徵---這種類型在生物體中遇到引起了物理學家的興奮。畢竟，這兩種情況似乎有共同點。還有待觀察這是什麼，什麼是顯著的差異，這使得有機體的情況終究是新穎而且空前的。

（<sup>†</sup>譯者註：薛丁格認為上圖的古典時鐘不是“真的”，是因為他比較了在真空中懸掛的鐘擺，這“真的”鐘不必上發條，可以不停的運作。至於地球會不會慢下來？即使會，也沒有發條可上緊。驚訝的是，2020 年科學家發現地在過去數年持續在加速，因為北極冰融。地球 6 億年前每天只有 21 小時，每十年慢 0.0018 秒。）

## 恩斯特定理

何時一個物理系統---任何形式的原子聯盟---顯示“動力學定律”（按普朗克的意思）或“鐘錶工作特徵”？量子理論對這個問題有一個很短的答案，即，在溫度的絕對零值。隨

著接近零溫度，分子的無序不再對物理事件有任何影響。順便說一句，這一事實不是理論上發現的，而是通過仔細研究在大幅溫度範圍內的化學反應並將結果外推至零溫度來實現的，而這實際上是無法達到的。這就是沃爾特·恩斯特（Walther Nernst）著名的“熱定理”，有時以適當的名稱使用“熱力學第三定律<sup>†</sup>”（第一個是能量原理<sup>†</sup>，第二個是熵原理<sup>†</sup>）來命名。

量子理論為能斯特（Nernst）實證定律提供了合理的基礎，也使我們能夠估計系統必須多接近絕對零度才能顯示出近似的“動態”行為。什麼樣的溫度在實際作用上已經與零度向等？

現在您不應該相信這一定是一個非常低的溫度。實際上，能斯特的發現由來於事實，是即使在室溫下，熵在許多化學反應中起的作用是極其不明顯。（讓我提醒一下，熵是分子無序的直接量度，即它的對數。）

（<sup>†</sup>譯者註：熱力學三大定律：

1. 热力學第一定律是能量守恆定律。
2. 热力學第二定律有幾種表述方式：克勞修斯表述為熱量可以自發地從溫度高的物體傳遞到溫度低的物體，但不可能自發地從溫度低的物體傳遞到溫度高的物體；開爾文-普朗克表述為不可能從單一熱源吸取熱量，並將這熱量完全變為功，而不產生其他影響。以及熵增表述：孤立系統的熵永不減小。

熱力學第三定律通常表述為絕對零度時，所有純物質的完美晶體的熵值為零，或者絕對零度( $T=0K=-273.15$ )不可達到。）

## 擺鐘實際上處於零溫度

擺鐘呢？對於擺鐘，室溫實際上等於零度。這就是它“動態”工作的原因。如果您冷卻了它，它會繼續工作（前提是您已清除了所有油跡！）。但是，如果將其加熱到室溫以上，它將無法繼續工作，因為它最終會融化。

## 時鐘與有機體之間的關係

這似乎很瑣碎，但我認為確實擊到了重點。鐘錶之所以能夠“動態地”發揮作用，是因為它們由固體構成，它們由倫敦海特勒力保持形狀，強度足以消除常溫下熱運動的無序趨勢。

我認為，現在只需幾句話即可揭示鐘錶機構與生物體之間的相似點。簡單而單獨地，後者也取決於固體---形成遺傳物質的非週期性晶體，大部分從熱運動紊亂中撤出。但是請不要指責我稱染色體只發射“有機機器的齒輪”---至少不能沒有提到此比喻所基於的深刻物理學理論。

因為，的確的，追憶起兩者之間的根本區別無需多費唇舌的來為辯護生物學案例中是新穎的也是史無前例的。

最顯著的特徵是：首先，齒輪在多細胞生物中的奇異分佈，我建議讀者參考本章《驚人的對比》一節中有些詩意的描述（那個代碼腳本到地方政府“詩意<sup>†</sup>”的比喻）；其次，單嵌齒輪不是人工製造的，而是依照神的量子力學方法取得的最好的傑作。

（<sup>†</sup>譯者註：您覺得薛丁格的這一句話真的有詩意嗎？“既然我們知道這個微小的中央辦公室在孤立的細胞中擁有的權力，那麼，它們不像地方政府的部門散佈在身體中，彼此非常輕易的交流因為有相同的代碼嗎？”如果沒有，應該是我沒有翻譯好。抱歉！🙏）

# 作者後記

## 決定論與自由意志

作為對嚴重麻煩的獎勵，我已經開始闡述我們問題的純科學觀點，我請求添加我自己的，必然是主觀的，對哲學含義的看法。

根據前幾頁提出的證據，生物體中的時空事件，對應其心靈活動、自我意識，或任何其他行為（考慮它們的複雜結構和被接受的物理化學之統計解釋）如果不是嚴格的決定性，無論如何是統計決定性。對於物理學家，我在我意見中想強調的是，與某些方面所支持的觀點相反，量子不確定性在其中沒有與生物學相關的作用，除非可能通過在諸如減數分裂、自然和 X-射線誘導的突變等等---這在任何情況下都是顯而易見的也是公認的。

為了論證起見，讓我把這當作一個事實，因為我相信每個公正的生物學家都會，如果沒有眾所周知的，對“宣稱自己是一個純粹的機制”有不愉快感覺。因為它被視為與直接內省所保證的自由意志相矛盾。

但是，直接他們的立即經驗，無論它們多麼多樣和不同，在邏輯上都不能相互矛盾。那麼讓我們看看我們是否不能從以下兩個前提得出正確的、不矛盾的結論：

1. 根據自然法則，我的身體運作為一個純粹的機制。
2. 但我知道，通過無可爭議的直接經驗，我在指導我的動作，由其中我預見了可能的效果，那可是（已經）決定的和非常重要的，在這種情況下我感覺到並對它們負全部責任。

這兩個事實中唯一可能的推論是，我想，我---我這個字最廣泛意義上的解讀，也就是說，每一個有意識的頭腦曾經說過或感覺到“我”---是那個人，如果存在的話，他根據自然法則控制“原子的運動”。

在一個文化環境（Kulturkreis）中，某些概念（在其他民族中曾經具有或仍然具有更廣泛的意義）受到限制和專門化，敢於給這個結論用它所需要的簡單措辭。用基督教的術語來說：“因此我是全能的上帝”聽起來既褻瀆神明又瘋狂。但是，請暫時忽略這些含義，並考慮上述推論是否不是生物學家能夠一次性證明上帝和不朽的最接近的推論。

就其本身而言，這種洞察並不新鮮。據我所知，最早的記錄可以追溯到大約 2,500 年或更久。從早期的偉大奧義書開始就認為 ATHMAN = BRAHMAN（個人自我等於無所不在無所不知的永恆自我），在印度思想裡遠非褻瀆神明，而是代表了對世界發生的事情的最深刻洞察的精髓。在學會用嘴唇發音之後，所有吠檀多學者的努力，實際上是在他們的頭腦中吸收（同化）所有思想中最偉大的思想。

再一次，許多世紀以來的神秘主義者，獨立地，但彼此完美和諧（有點像理想氣體中的粒子）描述了他們每個人的獨特生活經歷，這些經歷可以濃縮在短語：DEUS FACTUS SUM（我已成為上帝）。

但對西方意識形態來說，這種思想仍然是陌生的，儘管有叔本華和其他支持它的人，儘管有那些真正的戀人，當他們看著彼此的眼睛時，意識到他們的思想和他們的快樂在數字上是一體---不僅是相似或相同；但是他們，千篇一律，在情感上太忙而無法放開自己清晰的思考，在這方面他們非常類似於神秘主義。

請允許我進一步評論。意識從不以復數形式體驗，只能以單數形式體驗。即使在意識分裂或雙重人格的病理情況下，兩個人交替出現，他們也永遠不會同時顯現。在夢中，我們確實同時扮演了幾個角色，但不是混亂的：我們是其中之一；在他身上，我們直接行動和說話，而我們經常急切地等待另一個人的回答或回應，卻沒有意識到是我們自己控制著他的動作和言語，就像我們自己一樣。

多元觀念（奧義書作者強烈反對）是如何產生的？意識發現自己與物質有限區域（身體）的物理狀態密切相關並依賴於它。（考慮身體發育過程中的心理變化，如青春期、衰老、衰老等，或考慮發燒、中毒、麻醉、大腦損傷等的影響。）現在，有大量相似的身體。因此，意識或思想的多元化似乎是一個很有啟發性的假設。可能所有簡單、天真的人，以及絕大多數西方哲學家，都接受了它。

它幾乎立即導致靈魂 (souls) 的發明，與身體一樣多，以及靈魂是否像身體一樣會死，或者它們是否不朽並能夠獨立存在的問題。前一種選項令人反感，而後者則坦率地忘記、忽視或否認多元假設所依據的事實。人們提出了許多更愚蠢的問題：動物也有靈魂嗎？甚至有人質疑女性，或者只有男性，有靈魂。（譯者註：不知道薛丁格認為動物是有還是沒有靈魂？）

這樣的後果，即使只是暫時的，也必定讓我們懷疑多元假設，這是所有西方官方信條的共同點。如果在摒棄他們粗俗的迷信時，我們保留他們關於靈魂多元化的幼稚觀念，而是通過宣布靈魂易腐爛，與各自的身體一起消滅來“補救”它，我們豈不是更傾向於胡說八道嗎？（譯者註：至今，2021，還是無法證明靈魂的性質。）

唯一可能的選擇就是保持直接的經驗，即意識是單數，而復數是未知的；只有一件事，而似乎是多元的只是這件事的一系列不同方面，由欺騙（印度 MAJA）產生；同樣的錯覺在多鏡面走廊中產生，同樣的，Gaurisankar 和珠穆朗瑪峰是從不同的山谷看到的同一座山峰。（譯者註：這是兩座不同的山，薛博士搞錯了。）

當然，在我們的腦海中被置入了精心製作的鬼故事來阻礙我們接受這種簡單的認識。例如，有人說我窗外有一棵樹，但我並沒有真正看到這棵樹。通過建橋裝置，探索最初的相對簡單的步驟，真正的樹將其的一個形象扔進了我的意識中，這就是我所感知的。如果你站在我身邊看著同一棵樹，後者也設法將一個形象拋入你的靈魂。我看到我的樹，你看到你的

(非常像我的)，而這棵樹本身是什麼我們不知道。康德對這種奢侈負有責任。在將意識視為奇思妙想的思想秩序中，它很方便地被以下陳述所取代：顯然只有一棵樹，所有的圖像的事兒都是鬼故事。

然而，我們每個人都有一個無可爭辯的印象，即他自己的經驗和記憶的總和形成一個單位，與任何其他人的非常不同。他將其稱為“我”。這個“我”是什麼？

如果你仔細分析它，我想你會發現它只是稍微大於一個數據（經驗和記憶）的集合，即收集它們的畫布。仔細反思後，您會發現“我”的真正含義是收集它們的基礎。你可能來到一個遙遠的國度，看不到你所有的朋友，可能幾乎忘記他們；你結交了新朋友，你和他們激情的分享生活就像你和老朋友一樣。越來越不重要的事實是，當你過著新生活的同時，你仍然會回憶起舊生活。“當年的我”，你可能會用第三人稱來談論他，的確，你正在閱讀的小說的主角可能更貼近你的心，當然更生動，更為你所知。然而，中間沒有中斷，沒有死亡。即使一個熟練的催眠師成功地抹掉了你之前的所有回憶，你也不會發現他殺了你。在任何情況下，都沒有對個人存在的損失感到痛惜。

將來也不會有。

結語註：

這裡的觀點與奧爾德斯·赫胥黎最近 --- 而且非常恰當地--- 稱之為“永恆哲學”持平。他的美麗的書（倫敦，查托和溫杜斯，1946年）不僅非常適合解釋事態，而且還解釋了為什麼它如此難以理解並如此容易遭到反對。

心  
靈  
與  
物  
質



Photographed by Edward Y. Chang, Kyoto, November 2016, 2017

# 意識的物質基礎

## 《心靈與物質》第一章

問題（譯者註：說了半天，等於沒說）

世界是我們的感覺，感知和記憶的構建。世界可以方便地被視為它自己客觀的存在。但是，它的呈現當僅不能僅僅憑借它的存在。世界呈現的條件在於它的各個部分正在進行發生的特殊事件，亦即某些發生在大腦中的事件。這敘述有一個異常奇特的含義，也帶出了一個問題：哪些特定的屬性可以鑑別這些大腦程序並使它們產生世界的呈現？我們能揣測出哪些物質的程序具有這種能力，哪些沒有？或更簡單的說：什麼樣的物質程序直接與意識相關？

理性主義者傾向於簡略地處理這個問題，大致如下。根據我們自己的經驗，並以類比的方式看待高等動物，意識關聯於某類別的事件發生在有組織的活物，即某種神經性能。問題如：意識的存在要溯源多早或多“低”階層的動物，以及早期意識的情狀為何，只能無根據的猜測，這些無法回答的問題應該留給無所事事的夢想家。更無聊的是沉迷於思考發生於無機（無生命）事件，更別說所有與物質（有機與無機）有關的事件，是否在某種程度上與意識有瓜葛。所有這些純屬幻想，無法辯駁亦無法證明，因此對知識毫無價值。（譯者註：在此還讀不出薛丁格是贊成還是反對理性主義者。下一個段落才浮現出他的意見。）

應該告訴那些接受把這個問題掃在一邊的人（理性主義者），這態度使得他的世界意象容許一個不尋常鴻溝的存在。對於某些種類的有機體，神經細胞和大腦的出現是一個非常特殊的事件，其意義和重要性已被充分了解。這是一種特殊的機制，個人可以反應變環境化透過相應的變化行為，一個適應環境改變的機制。它是所有此類機制中最詳盡最巧妙的，無論它出現在哪裡它都將迅速發揮主導作用。但是，它不是自成一格的。大組的有機物體，特別是植物，以完全不同的方式實現了非常相似性能及表現。

（譯者註：物理學家 Michio Kaku 認為任何有感知的生物都有相當程度的感知。譬如向日葵可以感知溫度，陽光，空氣，進而調整有利生存的參數。）

我們是否準備相信，高等動物發展的這個非常特殊的轉折，或者一個真正成功的轉折也許還沒有出現，意識之光是世界生輝的必要條件？否則，世界持續在空蕩蕩無人的板凳之前演一齣戲，它不為任何人存在，所以也可以恰當的說那戲根本不存在？在我看來，這似乎是世界意象的破產。尋找擺脫這種僵局的渴望不應該因害怕招致明智理性主義者的嘲弄而受到抑制。

（譯者註：薛丁格給他自己一個探索意識的任務。在下一段落，讀者請清楚的界分代名詞它與祂。）

根據斯賓諾莎 (Spinoza) 的說法，每一個特定的事或物的存在都是無限物質（即上帝）的修改。它通過祂的每個屬性來表達自己，特別是輔助體 (extension) 和思想 (thought) 的屬性。第一屬性、它的身體在空間時間裡存在，第二屬性、對於活著的人或動物來說，是祂的思想。但是對於斯賓諾莎來說，任何無生命的身物同時也是“上帝的思想”，也就是說，它也存在於第二屬性中。我們在這裡遇到的關於普遍生靈的大膽思想，即使在西方哲學中也不是第一次。兩千多年前，洛尼安 (Lonian) 哲學家從活物論（希臘哲學所有物種都有生命<sup>†</sup>）獲得了姓氏。在斯賓諾莎之後，那天縱英才的古斯塔夫·西奧多·費希納 (Gustav Theodor Fechner, 1801-1887) 並不害羞地將一個靈魂屬性歸與一棵植物，歸與天體星球，歸與行星系統等等。我沒有墜入這些幻想，但我不希望對誰更接近最深的真理作出判斷，是費希納或是理性主義的破產者。

(<sup>†</sup>譯者註：活物論於西元前 6 到 5 世紀由幾位希臘哲學家理論，認為所有的物質 matter 都活著。此外，薛丁格的這一章等於沒說，只給自己一個作夢基礎。)

## 暫時的答案

您會看到，所有擴展意識範圍的嘗試都在問自己，和神經系統之外的其任何其他系統合理的關聯的推測，都必定碰壁於沒有證據和無法證實。但是，當我們朝相反的方向開始時，我們會站在更堅實的地面上。不是每一個神經系統，也不是每一個大腦過程都伴隨著意識。它們中的許多都並非如此，儘管生理上和生物學上它們都非常類似於“有意識”的過程，儘管神經與大腦的是運轉由傳入的激發及隨後傳出的激發組成，也儘管其具有調節和定時反應的生物學顯著性，部分是面向系統內部部分是適應外在環境的不斷變化。在第一個例子中，我們在這裡遇到椎神經節及其控制的神經系統部分的反射動作。而且（我們將對此進行專門研究）存在許多反射過程確實通過了大腦，但完全沒有進入意識或幾乎停止進入意識。因為在後一種情況下區別並不明顯；發生在完全有意識和完全無意識中間的某些程度。通過檢查生理上非常相似的過程的各個代表，這些過程都在我們體內發揮作用，應該不難發現通過觀察和推理那些我們尋找的獨特特徵。

(譯者註：現在生物學醫學已經清楚的辨認小腦 cerebellum 司反射動作。)

在我的思維裡，在以下眾所周知的事實可以找到關鍵鑰匙。當一系列事件以相同的方式頻繁地重複發生時，我們所參與的感覺，感知以及可能的反應行為會逐漸從意識範圍中消失。但是，如果在這樣的重複中，追求目標的場合或環境條件與以前發生的重複事件有所不同，則那目標會立即射入意識的區域。即便如此，首先無論如何，只有那些將新舊事件區分開來的修改或“微分”侵入到意識範圍內，才會要求“新的考慮”。我們每個人都可以根據個人經驗提供許多示例，因此我現在可以不列舉任何例子。

(譯者註：以下章節會解釋無意識到意識狀態轉變與激活函數。)

從意識中逐漸消失對我們的精神生命的整個結構具有極其重要的意義，這是完全基於重複的獲取信息的實踐，理查德·西蒙（Richard Semon）將其概括為姆涅姆（Mneme）概念，對此我們稍後將有更多的解說。永遠不會重複的單一經驗在生物學上是無關緊要的。生物學價值僅在於學習對某種重覆情況的適當反應，這種情況經常會周期性地反復出現，並且總是需要相同的反應，如果有機體要站穩腳跟的話。現在根據我們自己的內在經驗，我們了解以下內容。在最初的幾次重複中，腦海中浮現出一個新元素，理查德·阿夫納里烏斯（Richard Avenarius）稱其為“已經見過”或“公證”。在頻繁重複的情況下，整個事件串變得越來越日常化，變得越來越無趣，反應變得越來越可靠而從意識中消失。男孩背誦他的詩，女孩彈奏鋼琴奏鳴曲“在他們的睡眠中”。我們沿著習慣性的道路走到我們的工作室，在熟悉的地方過馬路，進入小巷等等，而我們的思想卻被完全不同的事物所佔據。但是只要情況呈現出相關的差異---讓我們說這條路在我們習慣過馬路的地方在修理，所以我們必須繞道而行---這種差異及我們的其之反應會侵入意識，但是，如果差異成為一個不斷重複的特徵，它們就會很快從閾值以下消失。面對方案變化的替代，分叉發展並可能以相同的方式解決。如果兩者都是經常出現的目的地，我們不需過多考慮就可以轉到大學演講室或物理實驗室。

現在，以這種方式的差異，反應的變化，分叉等等，以不可估量的豐富相互疊加，但是只有最近的一些才留在意識領域，只有那些生命體仍然在學習或練習階段的事物。可以比喻地說，意識是一位輔導老師，他監督生命體的教育，卻讓受過充分訓練過的學生獨自去處理任務。但是我想用紅色墨水下劃線 3 次，我的用意在此只是一個比喻。事實僅僅如此，新情況和它們所提示的新反被保持在意識的光照中；老的和熟練不再如此。

每天數百數百種的操作和動作都必須被學習，而且要以高度的專注和細心。例如，一個小孩第一次走路的嘗試。他們特別是意識的焦點；表演者在第一次的成功時歡呼雀躍。當成年人繫好靴子的鞋帶，開燈，晚上脫下衣服，用刀叉吃飯等等… 這些動作，全部必須辛苦的學習，不要絲毫打擾他全神貫注的思維。這有時可能偶爾會導致滑稽的失誤。有一個著名的數學家的故事，據說他在家裡舉辦的一個晚會，當應邀的客人聚集後不久，他的妻子發現他躺在床上，關了燈。發生了什麼事？他去臥室戴上新的襯衫領子。但是，脫下舊領子的那一舉動釋放了這人，深深地進入思考，隨之而來的是一連串的習慣性動作：關燈睡覺。

現在，這整個事務狀態，廣為人知的個體發育，在我看來似乎可以揭示無意識神經系統的系統發育，例如心跳，腸蠕動等。面對幾乎恆定或有規律變化的情況，它們被很好地和可靠地練習，因此，很久以前就從意識領域中消失了。在這裡，我們也發現了中間的級別，譬如呼吸，通常會無意間進行，但是可能由於情況的差異（例如在黑煙或哮喘發作中）而改變為有意識。另一個例子是因悲傷，喜悅或身體疼痛而哭泣，儘管有意識，但幾乎不受意志的影響。此外，具有遺傳記憶性的流產，因恐懼而頭髮豎起，在強烈刺激下停止唾液分泌，這些反應在過去一定具有重要意義，但在人類現今的情況下卻已失去了意義。

我不確定是否每個人都會同意下一步，即將這些概念擴展到神經系統以外的其他步驟。目前，我只是簡要地暗示一下，儘管對我個人而言這是最重要的。因為這種概括恰恰闡明了

我們開始時遇到的問題：那些物質事件與意識相關或伴隨，那些不是？我建議的答案如下：前面我們已經明並佐證，神經系統的一個特性通常也是有機系統的一個特性，即與意識有關，因為它們是新的。（譯者註：不了解“因為它們是新的”的含義。）

在理查德·西蒙（Richard Semon）的概念和術語中，個體發育不僅是大腦，而且是整個個體的軀體，是“記憶深刻”的一連串事件的重複，這些事件以上千次相同的方式發生過。第一個階段，從我們自己的經驗中得知是無意識的 --- 首先是在母親的子宮中；但即使是接下來的幾周和幾個月，大部分時間都是在睡眠中度過的。在這段時間裡，嬰兒經歷了舊的的站立和習慣的進化，在這種情況下，嬰兒的情況非常少有個案的變異。隨之而來的有機發展開始伴隨著意識，因為有些器官會逐漸與環境互動，使它們的功能適應情況的變化，受到影響，進行實踐，並通過特殊的方式進行改變。的環境。我們高級脊椎動物主要在我們的神經系統中擁有這樣一個器官。因此，意識與它的功能相關聯，這些功能通過我們所謂的經驗來適應不斷變化的環境。神經系統是我們物種仍在進行系統發育轉化的地方。隱喻地講，這是莖的“植被頂部”（Vegetationsspitze）。我將總結我的一般假設：意識與生命物質的學習有關；它知道如何（Konnen）是無意識的。（譯者註：此處的它從文法上有兩個可能，而我認為是生命物質。我們很多時刻的思想不是意識驅動的，而是無意識生成的，而我們不知那思想如何而來。）

### 倫理（無私！）

即使沒有最後的概括，對我來說這是很重要的，但對其他人似乎仍然很可疑，但我輪廓的意識理論似乎為通向對倫理學的科學理解鋪平了道路。

在所有時代和所有民族中，每一個需要認真對待的道德準則 (Tugendlehre) 的背景一直是，現在是，自我否定 (Selbstüberwindung)。倫理學的教學總是採取要求、挑戰、“你應該”的形式，這在某種程度上與我們的原始意志相反。“我願意”和“你應該”之間的這種特殊的對比從何而來？壓抑自己的原始慾望，否認真實的自己，與真實的自己不同，這不是很荒謬嗎？的確，在我們這個時代，也許有甚於其他時代，我們聽到這種要求經常被嘲笑。“我就是我，給我的個別性留下空間！自由發展大自然賦予我的願望！所有反對我做此的命令都是無稽之談，牧師的欺詐。上帝就是自然，自然可以被認可是按照她希望我成為的模樣塑造了我。偶爾會聽到這樣的口號。反駁他們顯然的平淡與殘酷不容易。康德的命令式顯然是不合理的。

(譯者註：康德在 18 世紀提出絕對命令的概念。康德定義絕對命令為所有人都必須遵守的道德法則，無論他們的願望為何或是情有可原，譬如偷麵包給餓兒充飢。作為道德，這些命令對每個人都有約束力。)

但幸運的是，這些口號的科學基礎已被蠶蟲吞噬。我們對有機體的“生成”（*das Werden*）的見識使我們很容易理解我們的有意識生活 --- 我不會說應該如此，但實際上這必然是與我們原始自我的持續鬥爭。對於我們的自然自我，我們原始的意願和與生俱來的慾望顯然

是從祖先那裡得到的物質繼承相關聯的心理因素。作為一個物種我們現在正在發展，並且我們走在了幾代人的最前；因此，一個人的每一天都代表著我們物種進化的一小部分，而這一進化仍在如火如荼地進行著。的確，一生中的每一天，甚至任何一個人的整個生命，都只是鑿子在那永遠未完成雕像上輕輕敲擊。但是，我們過去經歷的整個巨大發展過程，也正是由無數微小的鑿擊所帶來的。這種轉化的材料，即發生轉化的前提，當然是可遺傳的自發突變。但是，在其間進行選擇時，突變攜帶者的行為，他的生活習慣，具有重要意義和決定性影響。否則，物種的起源和表面上指導選擇的趨勢無法被理解，即使在很長時間的空間裡，畢竟這是有限的而我們對其極限非常清楚。（譯者註：一個人的行為不會被寫回 DNA，所以我困惑了？）

因此，在我們生命中的每一天，每一步，我們所擁有的某種形態都必須改變，被克服，被刪除並被新事物取代。我們原始意志的阻力與現有形狀對變形鑿自的抵抗由心理關聯。因為我們自己是鑿子和雕像，同時也是征服者和被征服者 --- 這是一個真正的持續的“自我征服”（*Selbstüberwindung*）。

但是，考慮到進化的緩慢不僅與個人生命的短暫性相比也甚至與歷史時代相比，建議進化過程應直接且顯著地落入意識中，難道不是荒謬的嗎？難道進化只在不被注意的情況下執行的嗎？（譯者註：進化在意識中加速不就是人工修改 DNA 嗎？）

不。根據我們之前的考慮，事實並非如此。他們最終將意識與生理活動聯繫在一起，而這種生理活動仍通過與不斷改變的環境相互作用而發生變化。此外，我們得出的結論是，只有那些仍處於訓練階段改變才會進入意識，直到很晚的時間後，它們才成為該物種的遺傳固定，訓練有素且無意識擁有。簡而言之：意識是進化區域中的一種現象。這個世界只在它發展或繁殖新形式的情況下才會明亮起來。停滯的地方在意識中流失；它們只會出現在它們與進化地方的相互作用時。

如果這被認可，那麼就意味著意識和與自己的不和諧是相連不可分的，即使它們之間理應相和。這聽上去是個悖論，但是有史以來最明智的人已經作證確實了這一點。為了男人和女人，這個世界被非同尋常的意識之光點亮，人類經歷生命使用語言，比其他物種更甚的，形成並改造了我們所稱的人道的藝術作品，用言語，寫作，或甚至他們自己的生命來佐證，他們比其他物種更容易被內心的不和諧撕裂。而沒有了它，就產生不了持久的東西。

（譯者註：此處的代名詞它應該代表不和諧。另外，原文在男人女人之後用了 others 一字，翻譯 others 為其他不精準，我翻譯為其他物種。）

請不要誤會我。我是科學家，而不是道德老師。不要以為我想提出將我們的物種朝更高的目標發展的想法，是為基於有效傳播道德準則。因為這是一個無私的目標，無私的動機，因此，被接受就已經以德為前提了。我感到像其他人一樣無法解釋康德急迫的“應該”。最簡單的一般形式的道德法則（無私！）顯然是一個事實，它存在於此，它被絕大多數人同意即使那些不經常遵守的人。我認為它令人費解的存在是一個表明，我們正處於生物學轉變的開端，從自我主義轉變到利他主義的普遍態度，即人類即將成為社交動物。對獨處的動物來說，利己主義是一種傾向於保護和改善物種的美德；在任何類型的社區中，它都

會成為具有破壞性的惡習。一個不相當限制利己主義的情況下開始形成邦國（幫派）的動物將會滅亡。在系統發育上，像蜜蜂，螞蟻和白蟻這樣的較老的邦國形成動物已經完全放棄了利己主義。然而，下一階段的民族自我主義或簡稱的民族主義仍在與他們如火如荼地進行著。一隻誤入錯誤蜂巢的工蜂毫不猶豫地被謀殺。

似乎在人類看來，這種情況並不罕見。在第一變型之上，在相似的方向上清晰可見第二個變型的明顯痕跡，遠遠早於第一個變型的清晰軌跡。儘管我們仍然是非常有朝氣的自我主義者，但我們中的許多人開始看到民族主義也是一種罪惡，應該放棄。在這裡，可能會出現一些非常奇怪的東西。第二步，即人民鬥爭的安定，可能由於第一步還遠遠沒有實現這一事實而得到促進，因此，利己主義的動機仍然具有強烈的吸引力。我們每個人都受到可怕的的新侵略武器的威脅，因此被誘使渴望各國之間的和平。如果我們是蜜蜂，螞蟻或 Lacedaemonian 戰士，對他們不存在個人恐懼，而怯 ward 是世界上最可恥的事情，那麼交戰將永遠持續下去。但幸運的是，我們只是人，而且是儒夫。

（譯者註：Man 一字在女權被重視前可以代表男人或全人類。Men 在英文是 man 的複數，在德文也可全代表人類。如果是今天的寫作，這句子會被翻譯成：“我們只是男人，而且是儒夫”。的確，Google Translate 10/2021 的版本是這樣翻的。語義上還是奇怪，因為讀者可能為男或女，或中性 Neutrois。）

與我在一樣，本章的考慮和結論很老派；他們距今已有三十多年的歷史了。我從來沒有忽視它們，但是我嚴肅的擔心他們可能會被拒絕，因為它們似乎是基於“後天獲得性格的繼承”，換句話說是基於拉馬克主義 Lamarckism。這是我們傾向不接受的。然而，即使拒絕後天性格的繼承，換句話說，接受達爾文的進化論，我們發現一個物種的個體行為對進化趨勢具有非常重要的影響，因此偽裝成一種假的拉馬克主義 sham-Lamarckism。在下一章中將對此進行解釋，並由朱利安·赫黎（Julian Huxley）掌權，但該章節在撰寫時就提出了一個略有不同的問題，而不僅僅是為了支持上面提出的想法。

（譯者註：一個文化行成的行為模式（倫理）會顯著影響進化的趨勢，但是不會改變基因。受到影響的是改變抉擇的變數。）

# 理解的未來

## 突變與環境之間的迭代強化

### 《心靈與物質》第二章

#### 生物盲巷？

我認為，極不可能我們對世界的理解代表任何確定的或最後階段的，在各方面的認知都是最大或最佳的。由此，我不是僅僅認為我們在各門科學的繼續研究，我們的哲學研究和宗教努力也可能增強和改善我們目前的觀點。我們可能會在接下來的兩個半個世紀中依循這種方式得來的收穫---和人類得自 Protagoras, Democritus 和 Antisthenes 以來得到的收穫相比---我在這裡提到的微不足道。沒有任何理由相信人類的頭腦是反映世界的一個至高無上的思想器官。很有可能存在一個物種具備類似人類大腦的儀器，其對應的意象與人類的相比就如同拿人類的大腦與狗的相比，或拿狗的大腦與蝸牛的相比。

如果是這樣的話，那麼---儘管與原則不相關--它使我們出於個人因素感興趣，我們的後代還是我們中某些人的後代能夠在地球上碰到這種高智物種嗎。地球狀況良好。這還是一個很好的新租約，仍然可以在可接受的生活條件下運行大約我們從最早開始發展到現在所花費的時間（譬如 10 億年吧）。

（譯者註：地球氣候情況自 21 世紀始丕變，加上核子武器擴散及恐怖組織興起等等，還有沒有 100 年可以繼續發展是可議的。）

但是我們自己的狀況良好嗎？如果一個人接受當今的進化論---我們的狀況沒有更好---看來我們幾乎已經被未來的發展隔絕於外。人類是否仍有生理進化的期望，我的意思是說，我們體質相關變化已逐漸被固定為遺傳特徵，我們現在的身體被自我遺傳所固定--使用生物學家的術語“基因型變化”？這個問題很難回答。我們可能快要走到盲人胡同的盡頭；甚至我們可能已經達到。這不是一個例外的事件，也不意味著我們的物種將很快滅絕。從地質記錄中我們知道，很久以前，某些物種或甚至大群的生物似乎已經達到了其進化的盡頭，但是它們並沒有消亡，只是幾百萬年沒有變化或沒有重大變化。從這個意義上說，例如，烏龜和鱷魚是非常古老的群體，是遙遠的過去的遺物；我們還被告知，整個昆蟲群或多或少都在同一條船上---它們所構成的獨立物種比動物界其他所有物種的總和還多。但是，它們在幾百萬年中變化的很小，而地表上其餘的生物在這段時間內卻發生了無法辨認變化。阻止昆蟲進一步進化的原因可能是---他們採用了該計劃（你不會誤解這種比喻表達方式），即他們已經採用了將骨骼骨架穿在外面而不是像我們包在裡面的計劃。這種外部盔甲除了提供機械穩定性外還提供保護，但不能像哺乳動物的骨骼在出生和成熟之間生長。這種情況勢必使個體一生中的逐漸適應性變化變得非常困難。

以人類而言，有幾個辯證似乎不利於進一步的演進。自發的可遺傳變化---現在稱為突變---根據達爾文的理論，“有利”的變化從會自動被選擇，通常只是很小的進化步驟，如果

有的話也只能提供一點點的優勢。這就是為什麼在達爾文的推論中，一個重要的部分歸因於通常巨大數量的後代而其中只有很小一部分可以生存。只有這樣，小幅改善的生存機會似乎才有實現的合理可能性。整個機制似乎在文明的人類中受阻---**在某些方面甚至被逆轉**。一般來說，我們不願看到我們的同胞遭受苦難和滅亡，因此我們逐漸建立了法律和社會制度，一方面保護生命，譴責系統性殺戮，並試圖幫助每個生病或體弱的人生存，而同時在另一方面，他們必須來替代優勝劣敗的自然淘汰，通過保持後代在可生計範圍的狀況。這部分是通過節育直接實現，部分是通過防止相當比例的雌性進行交配。偶然---正如這一代人非常熟悉的---戰爭的瘋狂以及隨之而來的所有災難和失誤貢獻了(強存弱滅演化)平衡。數以百萬計的成年人和兒童因飢餓，暴晒和流行病而喪生。雖然在遙遠的史前過去，小部落或氏族之間的戰爭本來應該具有積極的選擇價值，但在歷史時期是否曾有過這種物競強存的爭戰似乎值得懷疑，而現今的戰爭是毫無疑問是沒有進化任何意義。這意味著不分青紅皂白的殺戮，就像醫學和外科手術的進步導致無區別地挽救生命一樣。儘管人性的尊嚴截然反對優存劣滅的優生進化選擇，戰爭和醫學似乎對選擇都沒有價值。

(譯者註：反對全然優勝劣敗的人道主義，譬如延展我這老人的生命，以投資學及優生學言不是最優的選擇。在認識與接受了現今環境可能逆轉演進，應該試圖思考人道主義可能對演進的幫助，即使這是個偽命題。)

### 達爾文主義的陰鬱

這些考慮表明，作為一個正在發展的物種，我們已陷入停頓，進一步的生物學進展的希望渺茫。即使是這樣，我們也不需被困擾。我們可能像鱷魚和許多昆蟲一樣，在沒有任何生物變化的情況下存活數百萬年。仍然從某種哲學的角度來看，這個想法令人沮喪，我想嘗試提出一個相反的方案。為此，我必須進入進化論的某個方面，於此我在朱利安·赫胥黎 (Julian Huxley) 教授著名的《進化論》一書中找到了支持，這一方面在他看來最近的進化論者尚未充分認識到。

由於有機體在進化過程中的明顯被動性，達爾文理論的通俗論述容易使你陷入陰鬱和令人沮喪的觀點。突變在基因組中自發發生---“遺傳物質”。我們有理由相信它們主要是由於物理學家所說的熱力學波動---換句話說就是純機會。個人對從父母那裡獲得的世襲財富沒有絲毫影響，對留給後代的遺傳亦然。發生的變異是通過“適者優勝劣汰”來進行的。這似乎又意味著純粹的機率，因為這意味著有利的突變會增進個體和後代的生存前景，藉著傳遞相關的突變。除此之外，**它**在其一生中的活動似乎與生物學無關。(譯者註：它指的是基因，說是突變也行。努力是不會寫回會改變基因的。)毫無疑問，它對後代沒有影響：獲得的特性不會被繼承。所獲得的任何技能或訓練都會丟失，它不會留下任何痕跡，它與個人死亡，它也不會傳播。在這種情況下一個聰明的人會發現，自然，一如既往，拒絕了他的合作---她做她自己的事，注定了個人無活動，的確是虛無主義。

(譯者註：基因的穩定和永久性注定它不會變，除了突變以外。所以人類一輩子的行為不會改變基因，無論做好事或壞事。)

如您所知，達爾文理論不是第一個系統的進化理論。首先是拉馬克理論，該理論完全基於這樣一個假設，即個體在其一生中通過特定環境或行為獲得的新特徵可以傳遞給後代，如不是完全至少有些痕跡。因此，如果一種動物生活在多岩石的或沙質的土壤上而在其腳底產生了保護性的老繭，那麼這種老繭就會逐漸成為世襲的，這樣子孫後代就可以不歷艱難獲得它為免費禮物。同樣的方式，任何器官經過連續為特定目的使用而鍛鍊出來力量，技能，甚至顯著的適應，都不會被丟失，而是至少部分地傳遞給後代。這種觀點不僅非常簡單地理解了所有生物都特有的對環境的精心製作和特定的適應。它也美麗，愉悅，令人鼓舞和振奮。它比達爾文主義顯然提供的消極的陰鬱觀點更具吸引力。認為自己為進化的長鏈中的一環的智慧人，可能會根據拉馬克的理論而相信，他在身體和精神上提高能力的努力奮鬥並沒有在生物學的意義上喪失，反而是形成了一個小而整合的部分，努力將物種推向更高再更高的完美。

不幸的是，拉馬克主義是站不住腳的。它所基於的基本假設，即所獲得的屬性可以被繼承，是錯誤的。據我們所知，他們不能被繼承的。進化的單個步驟是那些自發的和偶發的突變，這些突變與個體一生中的行為無關。因此，我們似乎又回到了我上面所描述的達爾文主義的陰鬱面。

### 行為影響選擇（曙光）

甚至我現在想告訴你，事實並非如此。在不改變達爾文主義基本假設的情況下，我們可以看到個人的行為，即其利用先天才能的方式，在進化中起著相關的作用，不，是起著最相關的作用。在 Lamarck 看法裡有一個非常真實的內核，即，有一個不可撤銷的因果關聯存在於功能，和其被有益使用的特點間---一個器官，任何屬性，能力，或身體特徵---而且歷經幾代人，並逐步改進以達到可助益使用的目的。我說，在使用和改進之間的這種聯繫是對拉馬克的非常正確的認識，它存在於我們目前的達爾文主義觀點中，但是很容易被忽略如果只是膚淺的見解達爾文主義。事件的過程幾乎與假設拉馬克主義是對的一樣，只是發生事情的“機制”比拉馬克認為的更為複雜。這一點很難解釋或掌握，因此預先總結果可能會有幫助。為了避免含糊不清，讓我們考慮一下器官，儘管被質疑的功能可能是任何特性，習慣，設備，行為，甚至是對該功能的任何微小添加或修改。 Lamarck 認為使器官 (a) 被使用，(b) 因此得到改善，並且 (c) 改善傳遞給後代。這是錯誤的。我們必須認為，器官 (a) 經歷了偶然的變化，(b) 使用有助益的通過積累或至少通過強調選擇，(c) 世代相傳，所選擇的突變構成了持久的改善。根據朱利安·赫胥黎 (Julian Huxley) 的說法，拉馬克主義最引人注目的模擬是，啟動該過程的初始變異不是真正的突變，還不是可遺傳類型的突變。但是，如果有利可圖，它們可能會被他所謂的自然選擇所強調，可以說，為真正的突變鋪平了道路，立刻被俘虜當為它們碰巧出現在在“理想的”方向時。

（譯者註：這最後一段簡直是天方夜譚。薛丁格在隨機變數中加了可強調的結果。有證明嗎？兩世紀以來許多學者試圖證明拉馬克主義，但至今尚無佐證。  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Lamarckism>）

現在讓我們進入一些細節。最重要的一點是要看到，通過變異，突變或突變加上一些小的選擇而獲得的新特徵或特徵的修改，能很容易激起生物體與其環境的關聯一個活動，而那活動趨向增加該特徵的有用性，並因此對其進行選擇的“握力”。通過擁有新的或已改的特徵，可能會導致個體改變它的環境---通過實際轉換或通過遷移---或者可能導致更改它對環境的行為，所有這些都強烈的增強新特徵的實用性，從而加快其在同一個方向的選擇性改進。

（譯者註：此段落的 individual 泛指物種個體，因此代名詞用它。）

這種主張可能會讓你覺得大膽，因為它似乎需要個體方面的目標，甚至需要很高度聰明。但是，我想指出一點，儘管我的發言當然包括了聰明，有目的的行為的高等動物，但絕不局限於它們。讓我們舉幾個例子：

並非集聚中的所有個體都具有完全相同的環境。一些野生的花朵正好在陰影中生長，有些在陽光明媚的地方，有些在高聳的山坡上，有些在底出貨山谷。一種突變---例如毛茸茸的葉子---在高海拔範圍有利，在高海拔地區會惠於被選，但會在山谷中被“丟失”。其效果與多毛茸茸突變體已經遷徙到有利其沿同一方向進行進一步突變的環境。（譯者註：突變根是據環境導向，還是毛茸茸突變到處發生而只會在高海拔範圍利其滋生？）

另一個例子：鳥類的飛行能力使它們能夠在樹上高處築巢，而一些敵人對它們幼年的雛鳥則較難接近。主要是那些做此選擇有它的好處。第二步是，這種高居所必定會在年輕的雛鳥中選擇精通飛行的。因此，某種飛行能力會產生環境變化（高居），行為針對環境（高飛的鍛鍊），這有利於同一能力的積累。（譯者註：還是沒被說服。鍛鍊或後天努力因為環境因素我接受，但是導引基因改變？）

眾生相之間最顯著的特徵是，它們被分為許多物種，許多物種難以置信地專門於非常特殊困難的技能，尤其是他們賴以生存的技能。一個動物園幾乎是一場好奇心的展示，如果包括對昆蟲生活史的深入洞察，它就會更是如此。非專門化是例外。（自然）規則是專門於特殊鑽研的技能，而那技能“沒人會想到，如果大自然不是創造之”。很難相信它們全都是達爾文式的“許多偶然的積累”的結果。無論人們願意是否，人們都會被某種力量或趨向的印象吸引，它們在某個方向上從“簡單明了”趨向複雜。“簡單明了”似乎代表著一種不穩定的狀態。背離它會激發力量---所以看來如此---朝著同一方向進一步背離。如果一個特定的裝置，機制，器官，有用行為的發展是由一連串相互獨立的偶然事件所產生的，那將很難理解，例如習慣於用達爾文的原始概念來思考。實際上，我相信只有“朝向一定方向”的第一個小起點才具有這種結構。它會產生自己的情況，這種情況會“錘擊塑料材料”---通過選擇---越來越系統地朝著一開始就獲得優勢的方向。用隱喻性的表述，人們可能會說：物種們發現了其生存機會所在的方向並依這途徑追求。

（譯者註：要有幾代，這細細的涓流在能成自成一條河流？遺傳也許不必觀察所有物種，而只需觀察少子和多子兩個類別。花卉飛撒千萬種子，螞蟻多生，物競天擇似乎合理。而哺乳動物少子，期望每一子皆存活，可能的依賴自競生存。但是自競自我修正會影響突變

在某方向的機率嗎？會創造出新的突變型態嗎？就我所知尚無證據。也許 COVID 病毒變異的形成可以是個研究項目。）

### 著名的拉馬克主義

我們必須嘗試以一種通俗易懂的方式來理解，並且以一種非靈魂的方式來表述，機會突變會賦予個體有利其在給定環境中生存的優勢，然後傾向重複使用，也就是說，增加對個體有利的使用機會，以便專注於自身對環境可選擇的影響。

為了揭示這種機制，讓環境被概要的描述為一個有利和不利情況的合奏。前者是食物，飲料，住所，陽光和許多其他事物，後者是來自其他生物（敵人）的危險，毒藥和殘酷的因素。為簡潔起見，我們將第一類稱為“需求”，將第二類稱為“敵對”。並非所有需求都可滿足，也不能避免所有的敵對。但是，一個活著的物種一定會在避免最致命的敵對和從最易取得的資源來滿足最急迫的需求之間妥協，這樣它才能生存。有利的突變使某些資源更容易獲得，或降低了某些敵對的危險，或兩者兼有。因此，它增加了被賦予的生存機會，但除此之外，它改變了最有利的妥協，因為它移動了它的需求和它承受的敵對的相對權重。那些個體---偶然地或機智地---改變它們行為將受到更多青睞，從而被選擇。這種行為變化不會通過基因組，而不是通過直接繼承而傳遞給下一代，但這並不意味著它不會被傳遞。最簡單，最原始的例子是由我們的花種（在延伸的山坡上棲息）提供的，該花種產生了毛茸茸的突變體。多毛突變體主要在高處受到青睞，將它們的種子散佈在這樣的區域，以便下一代“毛茸茸”整體的“爬上斜坡”，可以說是“更好地利用了它們有利的突變”。

（譯者註：目標為極大化資源除以敵對，限制是個體的能源。毛茸茸上坡之例仍然無法說服我，毛茸茸隨機飄散，高處存活率高於低處，幾代後就“爬上坡”了。）

舉個例子，通過對單詞的廣義理解，這種行為會通過舉例傳遞給後代。行為的改變反過來又增加了同一方向上任何進一步突變的選擇價值。

在這一切中必須記住，通常整個情況是極度動態的，鬥爭是非常激烈的。在一個相當多產的人口中，在那時，在人口沒有明顯增加的情況下倖存下來，敵人通常會壓倒需求---個體生存是一個例外。此外，敵人和需求經常是耦合的，因此迫切的需求只能通過勇敢面對敵人來滿足。（例如，羚羊必須到河邊喝水，但獅子和它一樣熟悉這個地方。）敵人和需求的總模式錯綜複雜地交織在一起。因此，對於那些冒著危險並因此避免其他危險的突變體，通過給定的突變稍微降低某種危險可能會產生當大的差異。這不僅會導致對明顯的遺傳特徵的選擇，而且還會導致使用（有意或無意的）技能的選擇。

這種顯示的效果可能與拉馬克所描繪的機制有很大的相似之處。雖然後天的行為及其帶來的任何身體變化都不會直接傳遞給後代，但行為在這個過程中具有重要的發言權。但因果關係並不是拉馬克所想的那樣，恰恰相反。並不是這種行為改變了父母的體質，也不是通過物理遺傳改變後代的體質。父母的身體變化直接或間接地通過選擇改變了他們的行為；這種行為的改變，通過榜樣或教導，或更原始的方式，與基因組所攜帶的物理變化一起傳

遞給後代。不，即使物理變化還不是可遺傳的變化，“通過教學”誘導行為的傳播可以是一種高效的進化因素，因為它為接受未來的可遺傳突變打開了大門，並做好了使最好地利用它們，從而使它們受到嚴格的選擇。

（譯者註：薛丁格的結論為，達爾文和拉馬克所描繪的機制有很大的相似之處，但是因果關係反置。已經討論過的是行為變化不會改變父母基因，故，不會從基因被傳遞；但是，行為可藉教育和法律來規範傳遞。更有甚者，行為影響環境，被影響的環境回影響所謂天擇的常數，進而“適合”的定義被改。譬如喜馬拉雅山區多物種絕種，因為人的行為變化了氣候，較高溫度是的蚊子可在更高維度滋生，因而動物感染新病毒而滅絕。）

### 習性和技能的遺傳固定

可能有人反對我們在此描述的演化理論可能偶爾發生，但不能無限期地繼續建立適應性進化的基本機制。因為行為的改變本身不是通過身體遺傳，遺傳物質，染色體來傳遞的。因此，起初，**它**肯定不是遺傳固定的，而且很難看到應該如何將其納入遺傳寶藏中。這本身就是一個重要的問題。因為我們確實知道習性（註：部分習性）是遺傳的，例如，鳥類築巢的習性，我們在貓和狗中觀察到的各種清潔習性，還有一些明顯的例子。如果不能按照正統的達爾文主義路線來理解這一點，就必須放棄達爾文主義。這個問題對人類的應用具有獨特的意義，因為我們希望推斷一個人在其一生中的努力和勞動，在相當恰當的生物學意義上構成了對物種發展的綜合貢獻。我認為情況簡而言之如下。

（譯者註：薛丁格寫的有些反覆。至此，我們大概接受行為不為基因傳遞。然而，習性可能是的，如所舉之例。而行為或習慣與習性的區分需要定義。潔癖是行為，疾病，還是習性？在十年左右也許基因研究可以判定更多的關聯。）

根據我們的假設，行為的變化與體質的變化平行，首先是由於後者的偶然性變化，但很快就將進一步的選擇機制引入了明確的渠道，因為根據行為，自身已經獲得了最初的基本好處。只有在同一方向上的進一步突變才具有選擇價值。但是隨著（讓我說）新器官的發展，行為變得越來越忠實於其擁有者。行為和體質合二為一。您根本無法擁有聰明的手而不用它們來實現目標，它們會妨礙你（它們經常像舞台上的業餘者，因為他只有虛構的目標）。如果不嘗試飛行，你就無法擁有高效的翅膀。如果不嘗試模仿周圍聽到的聲音，你就無法有被調節好的語言器官。區分 1) **器官的擁有與 2) 使用的渴望以及通過練習來提高其技能的能力**，將它們視為所討論有機體的兩個不同特徵，是一種人為通過抽象語言的區分，但沒有本自然界的對應物證。當然，我們一定不能考慮“行為”畢竟會逐漸侵入染色體結構（或其他東東）並在那裡獲得“位置”。正是新器官本身（並且它們確實在遺傳上被固定）帶著它們的習性和使用它們的方式。選擇是無能無力“產生”一個新器官的，如果選擇沒有一直受惠於到生物體本身適當地使用。這是非常必要的。因此，這兩件事情平行進行，最終，或的確在每個階段，**被基因地固定**為一件事：一個被使用的器官---好像拉馬克是對的。

將此自然過程與人為製造的儀器進行比較具有啟發性。乍看下，似乎有明顯的對比。如果我們製造精密的機械裝置，在大多數情況下會損傷它如果在製造完成前沒有耐心的一次又一次地嘗試使用它。自然，人們傾向於說她發展的方式有所不同。她不能生產新的有機體及其器官，除非它們不斷被使用，探測，和檢查它們的效率。但是實際上，這種平行比較是錯誤的。人製造單個儀器對應於個體形成，即對應單一個體從種子成長到成熟。在這裡，干擾也不受歡迎。年幼的孩子必須被保護，不要工作，在獲得其物種全部力量和技能之前。例如，通過自行車的歷史展覽，就可以說明生物進化發展的真正相似之處，該展覽展示了這種機器是如何逐年，十年又十年變化的，或者以同樣的方式逐漸改變為火車，汽車，飛機，打字機等。在這裡，就像在自然過程中一樣，很重要的一點是，必須不斷使用並改進有關機器；並沒有從字面上改善使用，而是通過獲得的經驗和建議的更改。順便說一句，自行車說明了前面提到的一種舊生物的情況，該生物已經達到了可以達到的完美水平，因此已經停止了進一步的改變。這無關於不絕滅！

（譯者註：討論的範圍定義很重要。以自行車自己相比，1944 到 2021 還是有很多進步。而從自行車到機車，英語稱它們為 bike，這屬於進化還是新機器？功能類似但速度大不相同。另，有些技能顯然無法傳遞，譬如運動。即使有體質沒有練習就沒有成就。習性可能是文化的，而技能是後天的。薛丁格的努力還是沒有完全說服我。）

## 危害智力發展

現在讓我們回到本章的開頭。我們從一個問題開始：人類是否有可能進一步發展？我認為，我們的討論突顯了兩個相關點。

首先是行為的生物學重要性。通過順應先天能力以及環境，並使個體適應這兩個因素中的任何變化，儘管行為本身不是遺傳的，但仍可以將進化過程加快幾個數量級。在植物和動物界低端區域，適當的行為是由緩慢的選擇過程帶來的，換句話說，是通過反複試誤而產生的，而人類的高智商則使他能夠通過選擇來實現。這種不可估量的優勢可能輕易地超過了他的緩慢和相對量少的繁殖障礙，而生物學上的危險因這進一步削弱了我們的後代超過其可維持生計的數量的障礙。

（譯者註：所謂的人工介入選擇，那就是基因工程了。也許薛丁格不願挑明。是的，今天的技術加上大數據分析是可以實現的，但是非常危險！至於制量的問題，在人道立場無法由人來選擇。薛丁格可能想到污染對環境造成的傷害間接的幫助制量。當然，人類的毀滅操於幾個人的手指和他們的心理狀況。）

第二點，與人類是否仍有望進行生物發展有關，與第一點密切相關。在某種程度上，我們可以獲得完整的答案，即，這將取決於我們和我們的作為。我們絕對不能等事情來臨，不能相信它們已經被不可逆轉的命運決定。如果我們想要它，我們必須對此做些事情。如果不，就沒有。正如政治和社會的發展以及歷史事件的序列一般不會受到命運輪盤的旋轉而強加給我們，而是很大程度上取決於我們自己的所作所為，所以我們的生物未來，除了大規模的歷史之外別無其他，絕不能被視為任何自然法則事先決定的不可改變的命運。對

我們來說無論如何，是劇中的表演主體，即使對於一個超人而言，他看著我們（在劇中）相當於我們看著鳥兒和螞蟻。人們傾向認為歷史是一個既定的發生，從狹義和廣義的角度來看，主因是這是由他無法改變的規則和法律所控制的，這一點非常明顯。這是因為每個人都覺得自己在這件事上幾乎沒有發言權，除非他可以將自己的意見交給其他許多人並說服他們相應地規範他們的行為。

（譯者註：個人的齒輪感，無力感是通俗的。少數至少數改變了歷史的方向不是命定的？時勢造英雄，水到渠成。）

關於確保我們的生物未來所必需的具體行為，我僅提及我認為最重要的一個一般性觀點。我認為，**目前我們正處於錯過“通往完美之路”的嚴重危險中**。綜上所述，選擇是生物發展必不可少的條件。如果完全排除這種情況，發展就會停止，不，它可能會被逆轉。用朱利安·赫胥黎（Julian Huxley）的話來說：“...退化（損失）突變的優勢將導致器官退化當其變得無用時，因此選擇不再作用於它以保持它及格。”

現在，我相信大多數製造過程的機械化和“愚蠢化”日益加劇，這嚴重地威脅著我們智力的整體退化。精巧手工藝品的被抑制以及乏味繁瑣裝配線工作的普及，使聰明的人和反應靈敏的工人失業，帶來的結果是好的大腦，聰明的手，和敏銳的眼光變得多餘了。的確，一個自然而然地更容屈服於無聊辛勞的不極聰明者將受到青睞；他可能會更容易茁壯成長，安定下來並生育後代。結果很容易導致對人才和天賦的負選擇。

現代工業生活的艱辛導致某些機構有意減輕艱辛，例如保護工人免遭剝削和失業，以及許多其他福利和社會安全措施。它們被適當地認為是有益的，並且已變得不可或缺。儘管如此，我們仍然不能忽略這樣一個事實，即通過減輕個人照顧自己的責任並通過平衡每個人的機會，他們也傾向於排除人才競爭，從而有效的減緩生物進化過程。我意識到這一論點非常有爭議性。您可能有充分的理由說明，對目前福利的關心必須超越對我們進化未來的擔憂。但是幸運的是，我相信它們按與我的主要論點是同調的。**迫在眉睫的是，無聊已成為我們生活中最嚴重的禍害**。與其讓我們發明的精巧機械生產越來越多的奢侈品，我們應該讓開發機器幫助人擺脫笨拙重複式的工作。機器必須接管人太辛苦的工作，而不是機器取代人工過於昂貴的工作。**製造設計主要目的不是使生產變得更便宜，而是從事生產的人更快樂**。只要大公司與世界各地的關注者之間的競爭持續存在，實現這一目標的希望很小。（劣幣驅逐良幣。）但是這種競爭是無趣的，因為它在生物學上一文不值。我們的目標應該是在其位置上恢復單人的有趣而明智的競爭。

（譯者註：最後一段完全同意，當時民主制度一人一票，不分優劣的齊頭式平等，加上惡性競爭，沒有人有那麼多錢不去降低成本。結論是：**目前我們已經錯過“通往完美之路”而陷入嚴重退化危險。**）

# 客觀化原則

## 《心靈與物質》第三章

### 客觀化原則

九年前，我提出了構成科學方法基礎的兩個一般性原則，「自然的可理解性原則」和「客觀化原則」。從那時起，我一次又一次地在我的小書《自然與希臘人》中談到這個問題。我想在這裡詳細討論第二個原則。在我說出我的意思之前，讓我先消除一個可能引起的誤會，正如我從那本書的幾篇評論中意識到的那樣，儘管我認為我從一開始就避免了它。很簡單如此：有些人似乎認為我的意圖是製定以科學方法為基礎基本原則，或者至少應公正而正確地，不計代價地，立基於科學。遠非如此，我只是過去與現都在堅持認為它們是---順便說一句，從古希臘人的繼承，我們所有西方科學和科學思想都起源於古希臘人。

這誤會不是很驚人。如果您聽到一位科學家宣布了科學的基本原理，並強調其中兩個特別重要且具有悠久的歷史，那麼自然就會想為他至少強烈贊成並希望強加於人。但是另一方面，你看，科學聲明，科學從來不強加任何東西。科學只不過是針對其對像做出正確而充分的陳述而已。科學家只強加兩件事，即真理和真摯，將其強加給自己和其他科學家。在目前的情況下，對像是科學本身，因為它現在已經發展了並且已經形成了，而不是將來應該是或應該發展的科學。

現在讓我們談談這兩個原則。關於第一點“自然可以被理解”，我在這裡只說幾句話。關於它的最驚人的事情是它必須被發明，而且完全必需發明它。（譯者問：“它”是需要的所以理當發明，但是這兩個字句的意思不都一樣嗎？另外，它指的應該是第一原則。）它起源於米利都學派（Milesian School）的生理學。從那時起，它就一直保持著原狀，儘管可能並不是完全未被污染。物理學當今的觀點可能是受到相當嚴重的污染。不確定性原則，那據稱自然缺乏嚴格的因果關係），可能代表著與它隔了一步，即部分放棄。討論這一點會很有趣，但是我在這裡著重討論另一個原則，我稱之為客觀化。

我的意思是說那常被稱為“真實世界假說”在我們周圍。我堅持認為，這是為了掌握自然的無限複雜問題而採取的某種簡化。沒有意識到它，也沒有對其進行嚴格的系統化，我們將認知的主題排除於我們努力理解的自然領域外。我們將自己帶回成為不屬於這個世界的旁觀者，通過這個過程世界變成了一個客觀世界。這（客觀）設備在以下兩種情況下被遮蓋。首先，我自己的身體（與我的智力活動非常直接和緊密地聯繫在一起）構成了對象（我周圍的真實世界）的一部分，根據我自己的感覺，感知，和記憶來建構的。其次，其他人的身體構成了這個客觀世界的一部分。現在，我有充分的理由相信這些其他身體也與意識領域的座位相連，或者他們就是意識領域的座位。我對這些外在意識領域的存在或某種真實性沒有任何合理懷疑，但我絕對沒有直接主觀可及的渠道。因此，我傾向於將它們當作是客觀的東西，作為我周圍現實世界的一部分。而且，由於我與他人之間沒有區別，相反的我們的意圖和目的完全對稱，因此我得出結論，我自己也構成了我周圍這個真實物

質世界的一部分。可以這麼說，我把我自己的知性自我（將這個世界構造成精神產品）放回了其中---帶有從上述錯誤結論鏈中產生的災難性邏輯後果的混亂局面。我們將逐一指出。暫時，讓我只提及兩個最明顯的二律背反，緣由於我們意識到以下事實：一個適度令人滿意的世界意象的達成以犧牲高昂的代價將自己從世界意象中拿掉，又將自己以一位與世界不相干的觀察者角色置回。

這些矛盾二律背反中的第一個是驚奇發現我們的世界圖片“無色，冷淡，無聲”。顏色和聲音，冷與熱是我們的直接感覺；難怪它們缺乏一種我們已經刪除了自己的思維者的世界模型。

第二個二律背反是我們無收穫的追求頭腦作用於物質或反之的地方，這在查爾斯·謝靈頓爵士的誠實搜索中廣為人知，在《自然界的人》中得到了深刻的闡述。物質世界的建造的代價是將自我，換言之我們的頭腦，拿掉；頭腦不是它的一部分；顯然的結果是它既不能作為於它，也不能被它的任何部分作為。（斯賓諾莎用非常短且清楚的句子裡闡明了，見第 122 頁。）

(譯者註：客觀的代價是唯物。我們的頭腦一定會為自我來優化，所以頭腦必須被移除已達到客觀。而如果如此，我們就我發感知。)

### 靈魂（榮格論述）

我希望更詳細地說明我提出的一些觀點。首先讓我引用 C.G. 榮格（Jung）一篇論文中的一段敘述，其說法令我滿意，因為它在非常不同的情況下強調了同一點，儘管是一種強烈謾罵的方式。儘管我繼續認為從客觀世界圖景中移除去認知主體是為獲得相當令人滿意的圖景付出的高昂代價，就目前而言，榮格走得更遠，並責怪我們從難分難解的艱難局面中支付了這筆贖金。他說：

然而，所有科學（Wissenschaft）都是靈魂的功能，而靈魂為所有知識所根植。靈魂是所有宇宙奇蹟中最偉大的，它是世界作為對象的必要條件。令人極為驚訝的是，西方世界（除了非常罕見的例外）似乎對這想法不太尊重。外部認知對象的氾濫使所有認知主體都撤到背景，常常變得明顯不存在。

當然，榮格是完全正確的。同樣很明顯的是，他從事心理學科學，對所討論的最初的技巧要敏感得多，比物理學家或生理學家要敏感得多。但是我要說，迅速撤離已有 2000 多年曆史的立論是危險的。我們可能會失去一切，而在一個特殊的---儘管非常重要---領域中沒有獲得更多自由。但是問題就在這裡。相對較新的心理學科學迫切需要生存空間，因此不可避免地要重新考慮最初的想法。這是一項艱鉅的任務，我們現在不應該現在在此解決它，我們必須對指出它感到滿意。

在這裡，我們發現心理學家榮格（Jung）抱怨在我們的世界圖像中，心靈 mind 的排斥，靈魂 soul 的疏忽，正如他所說的那樣，我現在想引述一些對比，或者也許作為補充，引用物理學和生理學的較老和謙虛的科學的傑出代表，只是指出了一個事實，即“科學世界”已變得如此客觀，以至於沒有留下思想和直接感覺的空間。有些讀者可能還記得 A.S.愛丁頓的“兩個寫字台”；一個是他坐在那兒的熟悉舊家具，將他的胳膊靠在上面，另一個是科學的身體，不僅缺乏所有感官品質，而且還戳滿了孔；到目前為止，其中最大的部分是空虛的空間，只有虛無，散佈著無數微小的斑點，電子和原子核在旋轉，但它們之間的距離至少是其自身大小的至少 1,000 倍。在以出色的塑型風格將兩者進行對比之後，他總結如下：

（譯者註：塑型風格，在雅各布斯塔爾對歐洲前羅馬凱爾特藝術進行細分的計劃中，這種相對較晚的風格的特點是充滿活力的三維品質，尤其是在華麗的手鐲中或裝飾金屬製品中的動物表現。）

在物理學世界中，我們觀看了熟悉生活的皮影表演。我的肘部陰影停在陰影桌上，同時陰影墨水流過陰影的紙張… 坦率的認識了物理科學只是與陰影世界有關，是近來物理界最顯著的進展之一。

請注意，最近的進展並不在於物理學本身，已經獲得了這陰影的特性；陰影特性從阿德德拉（Abdera）的德繆庫特斯（Democritus）起，甚至更早就有了，只是我們不知道。我們以為自己正在處理這世界；據我所知，在 19 世紀下半葉出現了類似的模型或圖像來表達科學的概念構想。

不久之後，查爾斯謝靈頓爵士（Charles Sherrington）爵士發表了他的重要書《物質世界的本質》。此書以誠實的態度探索物質（matter）與心靈（mind）之間相互作用的客觀證據而風靡一時。我強調其“誠實”品質，因為它確實需要非常嚴肅和真誠的努力來尋找無法被人們深深信服的東西，因為（在普遍的信念中）它不存在。相關探討結果的摘要請參考該書第 357 頁：

心靈（mind），任何知覺可以指引的東西，走在我們的空間世界中比幽靈還幽靈。看不見，摸不著，甚至沒有輪廓；這不是一個“東西”。它沒有感官確認，而且永遠沒有。

用我自己的話來說，我會如此表述：心靈（Mind）已經樹立了客觀世界，在自然哲學家的世界之外，用心靈自己的本質。心靈沒有其他方法應付這項艱鉅的任務，除非通過簡化的方式自我排除---撤退出概念創作。因此，後者（心靈創作的概念）不能限制其創建者（心靈）。

我無法通過引用句子來表達謝靈頓不朽之書的宏偉。讀者必須自己去讀。不過，我將提及一些更特別的特徵。

物理科學……面對著這樣的僵局，即心靈本身不能彈鋼琴-心靈本身不能移動手指（第 222 頁）。

然後僵局遇見了我們。心靈空白無知於“如何”善用物質。後果讓我們目瞪口呆。這是誤會嗎？（第 232 頁）。

拿著 20 世紀的實驗生理學家得出的這些結論反對17 世紀最偉大的哲學家的簡單陳述：B。Spinoza（倫理學，Pt III，Prop. 2）：

[身體不能決定心靈的思想，心靈不能決定身體的運動與休息或是進行任何其他活動（如果有的話）。]

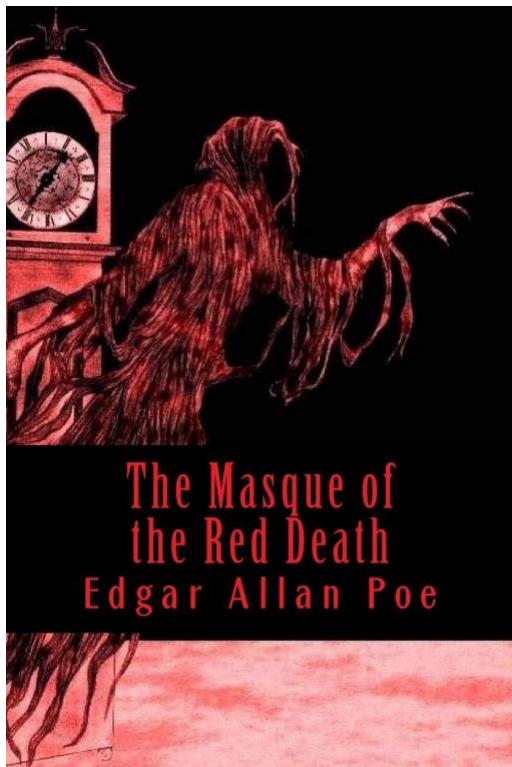
## 僵局

**僵局就是一個僵局**。難道我們不是我們行為的主宰嗎？但是我們感到對行為負責，我們的行為受到懲罰或稱讚，視情況而定。這是一個可怕的**二律背反**。我抱持立場，這問題無法在當今科學的水平上解決，而當今科學仍然完全被“排他性原則”所籠罩---在不知情的情況下---因此是**二律背反**的。意識到這一點很有價值，但是並不能解決問題。你不能像議會法案一般刪除“排除原則”。科學態度必須重新建立；科學必須創新。小心照顧是需要的。

（譯者註：**二律背反** antinomy 與**悖論** paradox 兩字一般被指為同義字，但是在康德的定義則不同。另外，**矛盾** contradiction 的意思又不相同。在第四章有詳註，請讀者注意。）

因此，我們面臨以下不可思議情況。建立我們的世界圖景的訊息完全來自於心靈器官的感覺器官，所以每個人的世界圖景始終是他心智的建構，不能被證明在任何其他器官存在，但是有意識的心靈本身仍然是該構造的陌生人，心靈中沒有生存空間，您無法在空間中發現心靈。我們通常不會意識到這一事實，因為我們已經完全考慮了人的性格，或者為此也考慮了位於動物體內的性格。要知道它真的找不到，那真是太神奇了，以至於對它充滿懷疑和猶豫，我們非常不願承認它。我們已經習慣於將有意識的個性定位在一個人的頭部內---我應該說在眼睛中點後面一兩英寸。視情況而定，從那裡它給我們理解，或愛護，或溫柔---或質疑或憤怒的表情。我想知道有沒有人注意到眼睛是我們不成熟的思想中未能認識到的，**是純粹的接受特性的感覺器官**。（譯者註：由物理學和生物學看來，眼睛僅僅接受訊號，沒有訊號釋出。）扭轉實際情況，我們更傾向於考慮從眼睛發出的“視覺射線”，而不是從外部射入眼睛的“光纖”。您經常會在漫畫圖紙的繪畫中，甚至在一些較舊的示意圖中被表達為這樣的一束“光纖”，這些示意圖旨在說明光學儀器或光學法則，從眼睛釋放出的一條虛線指向對象，方向由遠端的箭頭指示。---親愛的讀者，或者甚至是親愛的女性讀者，請記住，當你帶給孩子一個新玩具時，孩子用明亮，快樂的眼睛望著你，然後讓物理學家告訴你，實際上這些眼睛沒有任何東西釋出；實際上，它們唯一客觀

可檢測的功能就是不斷受到光量子的撞擊並接收光量子。事實上！一個奇怪的事實！似乎缺少了一些東西。



我們很難評估以下事實：人格和意識心靈的居所，它們在體內的定位只是像徵性的，只是對實際使用的一種幫助。讓我們，以我們所擁有的所有知識，跟隨體內的這種“溫柔的眼神”。我們確實以極其有趣的騷動或設備（如果您願意的話）擊中那裡。我們發現數以百萬計的非常專業化的單元以一種無法解釋的錯綜複雜的方式，但非常顯著的服務於，非常深遠和高度完善的相互交流與協作；一個不斷衝擊有規律的電化學脈衝，但是迅速改變其配置，在神經細胞與神經細胞之間進行傳導，每秒鐘瞬間打開和阻斷數以萬計的接觸，誘發化學轉化，也許還有其他變化尚未發現。我們所遇到的所有這些，隨著生理學的發展，我們可以相信，我們將越來越了解它。但是，現在讓我們假設，在特定情況下，您最終會觀察到傳出幾束的脈動電流，這些脈動電流是從大腦發出並通過長的細胞似瘤的突出（運動神經纖維），傳導到手臂的某些肌肉，因此，猶豫，顫抖的手向你告別---漫長而令人心碎的分離；同時，您可能會發現其他一些脈動束產生一定的腺體分泌

物，從而使那可憐的悲傷眼睛蒙上一層眼淚。但是，從眼睛到中央器官再到手臂肌肉和淚腺，這種方式無處可尋---無論生理如何發展，您都可以肯定，無論生理學進步多遠，你是否會遇到你的個性，你是否會遇到可怕的痛苦，靈魂中的迷惑與擔憂？儘管它們的現實對你來說是如此確定，就好像你自己的苦痛---實際上你確實如此！生理分析提供給我們任何其他人的形容，無論是我們最親密的朋友，都讓我震驚的回想起了埃德加·愛倫·坡的經典故事，我相信許多讀者都記得很清楚；我的意思是《紅色死神的面具》一書。太子黨和他的隨從已撤退到一座孤立的城堡，以逃避在土地上肆虐的紅色死亡的瘟疫。撤退一周左右後，他們安排一場盛大的舞會，穿戴花俏的衣冠和面具。其中一個面具，高高的完全被遮蓋包覆著紅色，顯然是寓言性地代表著瘟疫，使每個人都為之顫慄，這既是出於選擇的隨意性，也因為懷疑它是入侵者。最後，一個大膽的年輕人走近紅色面具，猛然的拉扯，撕裂了面紗和頭飾。發現為空。

## 接受

我們的腦殼不是空的。但是，儘管引起了人們的強烈興趣，但如果我們將腦殼裡發現的與靈魂的生命和情感相比，那真是微不足道。

意識到這一點可能會在第一時間使人懊惱。在我看來，更深入的思考似乎是一種安慰。如果你必須面對一個您你非常想念已故朋友的屍體，難道沒有撫慰的意識到這個屍體從來就不是他的性格之所在地，而只是像徵性的“供實際參考”嗎？作為這些考慮的附錄，對物理科學抱有濃厚興趣的人們不妨聽聽我對主題和客體的一系列觀點發表看法，這在量子物理學領域盛行的思想流派已引起了極大的關注。主角是尼爾斯·玻爾 Niels Bohr，維爾納·海森堡 Werner Heisenberg，馬克斯 Max Born 等人。首先讓我簡單介紹一下他們的想法。它運行如下：

如果不與自然物體（或物理系統）“接觸”，我們就無法做出任何事實陳述。這種“接觸”是真實的身體互動。即使它僅包含在我們的“觀察物體”，後者也必須受到光線的照射，並將其反射到眼睛或某種觀察儀器中。這意味著對象受我們的觀察影響。將對象嚴格隔離，你將無法獲得有關該對象的任何知識。該理論繼續斷言，這種干擾既不是不相關也不是完全可察覺的。因此，在進行了許多艱苦的觀察之後，將對象留在某些狀態（最後觀察到的特徵）已知，但其他特徵（那些受最後一次觀察干擾的特徵）未知或無法準確知道的狀態下。提供這種狀態是為了解釋為什麼不可能對任何物理對象進行完整，完整的描述。

如果這立論必須被接受，或可能必須被接受---那麼它就會違背自然的可理解性的原則。這本身不是譴責。我從一開始就告訴你們，我的兩個原則並不意味著要約束科學，它們只是表達了我們在物理科學中許多世紀以來實際上一直保留的模型，以及其不能輕易更改。就個人而言，我不確定我們目前的知識能否證明這種變化的正確性。我認為可以對我們的模型進行修改，使其在任何時候都不會表現出原則上無法實現對短時特性同時觀察---模型的同時特性觀察能力較差但對環境變化的適應性更強。但是，這是物理學的一個內部問題，不能在此時此地決定。但是從前面解釋過的理論出發，由於測量設備不可避免也不可測地與被觀察物體發生干擾，參天的認識論性質後果，有關主體與物體之間的關係，已經被提出的並引起了重視。可以肯定的是，物理學中的最新發現已經推動了主體與客體之間的神秘邊界。我們被告知，這個邊界完全不是一個尖銳的邊界。我們被給予的理解為，我們觀察到對象會被我們自己的觀察行為所修改。我們賦予的理解是，在我們修正的觀察方法和對實驗結果的思考的影響下，主體與客體之間的神秘界限已經被打破了。

（譯者註：1927 年的海森堡測不准原理指出，你永遠無法同時觀察一個物體的確切位置和確切速度。為什麼不呢？因為宇宙中的一切都同時表現得既像粒子又像波。）

為了批評這些爭論，讓我首先接受長久以來客體與主體之間的區分或歧視，因為許多思想家在過去都接受了這一觀點，而如今仍接受它。在接受它的哲學家中---從阿德德拉（Abdera）的德墨克利特（Democritus）到“柯尼斯堡（Konigsberg）的老人”---很少有人，如果有的話，不強調我們的所有感覺，看法和觀察都具有強烈的，個人的，主觀的色彩，並且不傳達，用康德的術語表達的，“事物自身”的本質。雖然一些思想家可能只考慮到或多或少，或強或輕的扭曲，但康德降於我們一個完全不願的接受的概念：“物質的本質”永不可能被知悉。因此，主觀觀念是非常古老且熟悉的。當前情況的新變化是：我們從環境中獲得的印象不僅會很大程度上取決於我們的感覺層的性質和偶然狀態，而且相反，我們希望進入的環境也被我們修改了，特別是我們為觀察它而設置的設備。

也許是這樣---在某種程度上肯定是這樣。可能是由於新近發現的量子物理學定律，這種修改不能降低到某些確定的極限以下。不過，我不願意將其稱為主體對客體的直接影響。對此主題而言，如果有的話，就是感知和思考的東東。感知和思考不屬於“能源世界”，正如我們從斯賓諾莎和查爾斯·謝靈頓爵士所知，**它們無法在這個能源世界中產生任何變化。**

（譯者註：想法本身也許沒有能源，但是想法影響心情，可能導致憂鬱，猜忌，憤怒等情緒，而情緒是有能源的。想法看似可以產生改變。除非想法不是主體意識可控的。）

從所有的觀點來看，所有這些都是我們接受時間在主體和客體之間的區別的觀點。儘管我們必須在日常生活中接受它“作為實際參考”，我認為我們應該在哲學思想中放棄它。康德已經揭示了其嚴謹邏輯的後果：崇高但是卻空洞的“物質的本質”觀念，對之我們永遠一無所知。

構成我的思想和世界的元素是相同的。儘管靈魂與靈魂間“交叉引用”的數量之多令人難以置信，但這種情況對於每個靈魂及它的世界都是相同的。這個世界只給我一次，不是一個存在，一個感知。主體和客體只是一個。不能說它們之間的障礙由於物理學的最新經驗已經消弭，因為這個障礙本不存在。

# 算術悖論：心靈的統一

## 《心靈與物質》第四章

### 單一意識及一個心靈

在我們的科學世界觀中，我們的知覺，感知和思考自我沒有得到重視的原因很容易用幾個字來表示：因為它本身就是世界觀。它與整體相同，因此不能被包含在其中作為整體的一部分。但是，當然，在這裡我們碰到了算術悖論。這些有意識的自我 (conscious ego) 似乎很多，而世界只是一個。這說法來自於世界概念產生世界自身的方式。幾個“私人”意識領域部分重疊。所有人共同交集的區域是“我們周圍的真實世界”的建構。這些說法有一個不舒服的感覺存在，提示了以下問題：我的世界真的和你的世界一樣嗎？有沒有一個真實世界與它經過感知注入我們每一個人的圖象不同嗎？如果可以分開，這些探及真實世界或是真實世界本身的圖像，也許與我們所感知的世界大不相同？

這樣的問題很靈巧，但我認為很容易混淆這個問題。它們沒有足夠的答案。它們都本身是或導致二律背反，由來於我稱為算術悖論的同源；從許多意識自我的心裡經驗共同編構出來這一個世界。解決這個數字悖論可以消除所有上述類型的問題，我敢說，並揭示它們為假問題。有兩個方法可以擺脫數字悖論，兩者都顯得很瘋狂從當前的科學思想（基於古希臘思想，因此完全是“西方的”思想）的角度來看。一條出路是萊布尼茲可怕的單子論中的世界繁衍：每個單子都本身就是一個世界，它們之間沒有聯繫；單子“沒有窗戶”，是隔離的。儘管如此，他們彼此同意的情況被稱為“預先建立的和諧”。我認為被這個建議吸引的人很少，沒有誰會認為這可以緩解所有數值矛盾。

顯然只有一個方案，即心靈或意識的統一。它們的多重性是顯而易見的，實際上只有一個心靈。這是奧義書的學說。不僅是奧義書。與上帝一體的神奇經驗意味這種態度，除非與存在的強烈偏見所反對；這意味著它在西方比在東方不容易被接受。讓我引用奧義書之外的一個例子：十三世紀的伊斯蘭波斯神秘主義者阿齊茲·納薩菲 (Aziz Nasafi) 為例。我是從弗里茨·邁耶 (Fritz Meyer) 的論文中摘錄的！並將論文的德文翻譯版翻譯成英文：

一旦任何生物死亡，精神就會回到精神世界，身體回到身體世界。但是，在這種情況下僅身體會發生變化。精神世界是一個單一的靈魂，像一個光芒般站在身體世界的後面，當任何一個單一的生物誕生，閃耀它就如同射入一個窗戶。根據窗戶的種類和大小，適量的光線進入世界。然而，光本身保持不變。

（譯者註：奧義書提出了一個相互關聯的宇宙的願景，在宇宙明顯的多樣性背後有一個單一、統一的原則，任何表達方式都被稱為婆羅門。在這種背景下，奧義書教導說，婆羅門存在於阿特曼中，即人類個體不變的核心。）

十年前，奧爾德斯·赫胥黎（Aldous Huxley）出版了一本珍貴的書，他稱之為《多年生哲學》（Perennial Philosophy），這是一本來自不同時期和不同民族的神秘主義者的選集。打開它，你會發現許多類似的美麗話語。您被不同種族，不同宗教的人類之間奇蹟般的協同所震驚，彼此對相互的存在一無所知，彼此間隔了幾個世紀甚至數千年，被最長世上的距離隔開。

仍然必須說，這個學說對於西方思想沒有什麼吸引力，這個學說令人難以下嚥，被稱為幻想的，不科學的。嗯，這是因為我們的科學---希臘科學---是建立在客觀性的基礎上，因此它已切斷了對認知主體和心靈的充分理解。但是我確實相信，這正是我們目前的思維方式需要修改的地方，也許透過一些東方思想的輸血。但這並非易事，我們必須提防失誤---輸血總是需要採取極大的預防措施來防止凝結。我們不希望失去科學思想所達到的邏輯精密度，這在任何地方任何時代都無法比擬的。

儘管如此，仍然可以主張一說支持所有人心靈相互之間及與至高心靈的“個別性”的神秘學說---來反對萊布尼茲令人害怕的一元論。個別性學說可以宣稱以實驗事實奠定，即意識永遠不會在複體形式體驗過，只會在單體。不僅我們沒有人經歷過同時一個以上的意識，而且也沒有任何旁證來證明這種現像出現過在世界任何地方。一個心靈不能有一個以上的意識，這似乎是直一種生硬的同意反覆---我們完全無法想像相反的情況。

（譯者註：薛丁格混淆使用名詞心靈，意識，思想，定義不清。在此章我以心靈統稱，意識應是存在心靈中。另外 arithmetic paradox and numeric paradox 交換使用。以 arithmetic paradox 統稱。另外，在最後一句，薛丁格表示一個心靈不能有一個以上的意識，那麼一個身體可以有一個以上的靈魂嗎？一個靈魂可同時在多個身體裡嗎？交換心靈和意識兩詞滋生困擾。）

（譯者註：一元論請參照 <https://en.wikipedia.org/wiki/Monadology>。基本上萊布尼茲令人的一元論在邏輯推理上是嚴謹的，但是他的假說：單子間不溝通是無法證明真偽的。此外，單子不應有能夠衡量的形狀尺寸，單子形成的環境為何？萊布尼茲的回答是“heat without anything but hot”。所有單子都一樣，無法區分，但每一個有無限多可能的狀態(state)。萊布尼茲認為單子間不溝通因而無 causality. 單子間不溝通而由神來協調？）

## 迷信

但是在某些情況下，我們會期望並幾乎要求這種無法想像的事情發生，如果它會發生的話。這是我現在要詳細討論的問題，並引用查爾斯·謝靈頓爵士的文章來奠定，他同時（罕見的事件！）是一個才華橫溢的人和一個清醒的科學家。就我所知，他對奧義書的哲學沒有偏見。此討論的目的可視為或許貢獻於，為個體主義與科學世界觀未來的相容開闢道路，而不必為之以失去清醒和邏輯精確性付出代價。

我剛才說過，我們甚至無法想像一個心靈中有多少種意識。我們可以正確地發音這些單詞，但它們並不是任何可想像的經歷的描述。即使在“分裂人格”的病理情況下，兩個人也輪

流交替，他們從不共同佔有同一領域。不，這只是特徵（不是真人），它們完全不知道彼此。

在夢中的木偶戲中，我們握著許多演員的線，控制著他們的行為和言語，但我們不意識到是如此。他們中只有一個是我自己，做夢者。在他裡面我立即行動並講話，同時我可能正在焦急而焦慮地等待另一個人會回答什麼，他是否會滿足我的緊急要求。我沒有了解我真的可以讓他做或是說我喜歡的事 --- 實際上，情況並非完全如此。因為在這種夢中“另一個人”，我敢說，是模仿我生活中遭遇的極困難的障礙，而我卻對此毫無掌控。在這裡描述的奇怪狀況，相當明顯解釋了為什麼大多數老年人堅信自己在夢中與他人交流，活著的或死去的，或者是神靈或英雄。這是一個根深蒂固難以剷除的迷信。在公元前六世紀的邊緣以弗所的赫拉克利特斯（Heraclitus of Ephesus）明確地反對它，在他經常晦澀不清的拼湊中難得的清晰表述。但是自以為是開明思想的主角的盧克雷修斯·卡洛斯（Lucretius Carus）仍把持著這公元前一世紀的迷信。在我們今天，這種情況可能很少見，但我懷疑它尚未滅絕。

（譯者註：這一段所談的是些怪理亂神，至今東方信徒還是許多。）

## 單一或多元

讓我談談完全不同的話題。我發現完全不可能形成一個想法，例如，我自己的意識心靈（我感覺是一體的）應該來自構建我身體的細胞（或其中一些）的意識整合而產生的，要不然，它如何在我一生的每一刻都是它們的結果。有人會認為，像我們每個人所有的“細胞聯邦體”，將是一次展示多元化卓越表現的絕佳機會，如果意識可以做到的話。如今，“聯邦”或“細胞狀態”（Zellstaat）一詞已不再被視為隱喻。聽謝靈頓說的：

要聲明的是，在組成我們的細胞中，每個都是一個個體以自我為中心生命，這不是空話。這不是僅為了方便描述為目的。細胞作為身體的組成部分，不僅是一個明顯界分的單元，而且是以其自身為中心的單元生命。它過著自己的生活… 細胞是單位生命，而我們的生命又是一個單位生命，完全由細胞生命組成。

但是，這個故事可以更詳細更具體地跟進。無論是大腦病理學還是關於感官知覺的生理學研究，都不含糊地主張將感覺中樞分開成區域，它們的深遠的獨立性令人驚訝，因為這將使我們期望找到這些生理區域與獨立的心理區域的相關性；但事實並非如此。以下是一個特別的特徵實例。如果您先以正常的方式睜開雙眼看遠處的風景，然後單單用右眼，閉上左眼，然後反過來，則沒有明顯的區別。在所有三種情況下，心理視覺空間都是相同的。現在，這很可能是由於這樣的事實，即刺激從視網膜上相應的神經末梢轉移到了大腦“感知被形成”的同一中心，例如在我家中，大門的把手和我妻子臥室那扇門的把手會激活位於廚房門上方的同一鈴。這將是最簡單的解釋；但這是錯誤的。

(譯者註：在第六章薛丁格解釋了視覺和聽覺的感官結構不同。這兩個例子不該被類比的。)

Sherrington 告訴我們有關閃爍閾值頻率的有趣的實驗。我將盡力向你簡要介紹。想像一下在實驗室中建立的微型燈塔，每秒發出很多閃光，例如 40 或 60 或 80 或 100。隨著增加閃光頻率，閃爍會以一定的頻率消失，具體依賴實驗細節；旁觀者，我們假設以正常方式用兩眼觀看，看到的是連續光。在給定的情況下讓此閾值頻率為每秒 60 次。現在，在第二個實驗中，沒有進行任何其他更改，一個合適的裝置僅允許每隔一次的閃光到達右眼，每隔一次的閃光到達左眼，因此每隻眼睛每秒僅接收 30 次閃光。如果刺激傳遞、導到同一個生理中心，那應該沒有區別：如果我在進門前按下把手按鈕，每隔兩秒鐘按一次，而我的妻子在她的臥室裡也做同樣的事情，但是與我交替，廚房的鈴會每秒響一次，就像我們中的一個人每秒按下他的按鈕或者我們兩個人每秒都這樣做一樣。但是，在第二個閃爍實驗中並非如此。右眼閃爍 30 次，左眼交替閃爍 30 次，遠遠不足以消除閃爍的感覺。如果雙眼睜開，則需要兩倍的頻率，即向右 60 和向左 60。讓我給你主要結論用謝靈頓自己的話：

這不是大腦機制的空間並聯合併兩個（訊號）報告…… 就像兩個觀察者一個觀察右眼圖像另一個左眼圖像，並且兩個觀察者的心靈被合併為一個心靈。好像右眼和左眼的感覺被單獨地表述，然後在心理上被組合成一個…… 好像每隻眼睛都有一個獨立的，具有相當高尚尊嚴的感官，在該感官中，基於該隻眼睛的心理過程甚至發展到完全的感性水平。這在生理上相當於視覺亞腦。將有兩個這樣的子腦，一個用於右眼，一個用於左眼。行動的同時性而不是結構上的聯合似乎提供了他們的精神合作。

(譯者註：此例有問題。耳朵處理訊號是分離的 (discrete)，而眼睛不同，在某個閾值之上又連續的錯覺。上述實驗如將頻率改為 20，再降為各眼 10，可能兩者都在閃爍。此外，當今對類神經網路的理解進步許多，最後的圖像似許多小河，每一代表一條神經，一階段一階段的匯合而成。腦只有一個！下面的結語回歸合理。)

接下來是非常籠統的考慮，在此我將再次僅選擇最具特色的段落：

是否因此有幾個準獨立的子腦基於幾種感覺的模式嗎？在屋頂大腦裡，古老的“五種”感覺與其相互被密不可分的融合，並進一步在更高層次的機制被吞噬，每種感覺都劃定在各自的區域中。相距多遠呢，整體心靈比對個別準獨立感知在時間裡並行的經驗匯集整合在心理上？……當涉及到“心靈”時，神經系統不會實行整合透過集中所以單細胞上的經驗。相反，它闡述了一個百萬級別的民主，其每個單元都是一個細胞……具體生命合成於子生命，雖然具有整合性，也揭示了其累加性質，並宣布自己是共同起作用的許多微小生命焦點一起行動……然而，當我們轉向心靈並沒有這一切。單個神經細胞永遠不會是一個微型大腦。身體的細胞結構不需要從“心靈”得到任何暗示。一個單一的腦細胞不能保證這種心理反應比屋頂頭腦的大量細胞片具有更統一的，非原子性的特徵。物質和能量似乎是顆粒結構，“生命”也是如此，但心靈並非如此。

（譯者註：腦或心靈無法指揮各器官的長成發育，但是整合它們傳遞的訊息。各器官是顆粒狀的分子原子，但是心靈不是。）

## 它在那裡

我引用了給您最深刻印象的段落。謝靈頓憑藉對生物體內實際發生情況的優越知識，被認為在悖論 paradox 中掙扎，在他的坦率和絕對的智能誠意中，他並沒有試圖匿藏或解釋（像其他許多人會做的，不，他們已經做了的），但他幾乎殘酷地揭露了這一點，清晰的知道這是使科學或哲學的任何問題更接近解決方案的唯一方法，同時有人在其論述糊上“美麗粉飾”的短語，這些人妨礙知識進展反而持久鞏固二律背反 antinomy（不是永遠，而是直到有人注意到你的詐術）。謝靈頓的悖論也是算術悖論，所以我相信與我在本章早些時候賦予的名稱有很大的關聯性，儘管並不完全相同。簡言稍前的結論，**心靈大世界是從眾多心亞靈思想中結晶出來的**。謝靈頓的思想是一個心靈，表面上看是基於許多細胞生命，或者換句話說，是基於多種亞腦 (sub-brain)，每一個亞腦似乎都具有如此高的尊嚴，以至於我們感覺被驅動的將一個亞心靈 (sub-mind) 聯繫一個亞腦。然而我們知道，亞心靈是一種殘暴的野獸，就像是多元意識的概念 --- 兩者在任何人的經驗中都沒有任何對應，也沒有任何可以想像的方式

（譯者註：**二律背反** antinomy 與**悖論** paradox 兩字一般被指為同義字，但是在康德的定義則不同。康德在《純粹理性批判》書中使用二律背反來談論兩個合理結論看似相互矛盾，但當看到它們來自兩個不同且排他的集合時，這可以解決，所以不存在悖論。只有不恰當地把一組中的一個想法強應用到另一個，才會導致看似悖論。**二律背反**發生於兩個個別定律之間；**悖論**發生於反邏輯的推論。以上一段的例子而言，**心靈大世界是從眾多心亞靈思想中結晶出來的**，這理論的判讀如果將人當做亞靈思想是可以理解的，但是進一步的邏輯推理將人當做世界，器官當作亞靈，或在往下推器官為世界，細胞為亞靈，就是悖論了。雖然往最高的大宇宙心靈合細胞有心靈我們都無法證實，但是諸多哲學宗教家可以想像並相信前者。下一段落正以宗教來支持此論點，而薛丁格也同意還是沒有科學證明。）

我認為，以上兩種悖論都將得到解決（我不假裝現在在此就能解決這些悖論）透過將東方個體本質學說吸納入西方科學體系。從本質上說，心靈是一個非凡的**密宗**。我應該說：所有心靈的數量是一。我敢稱它為堅不可摧，因為它有一個特殊的時間表，也就是說心靈永遠是現在。心靈沒有以前沒有以後。只有一個現在包含了回憶和期望。但是我同意我們的語言不足以表達這論點，並且我也同意，如果有人希望將**它**說清楚，我現在說的是宗教，不是科學---然而宗教不反對科學，反而得到了科學研究無私的支持與關注。

謝靈頓說：“人的心靈是我們星球這一面的最新產物。”

我當然同意，如果第一個詞（人的）被遺漏了，我不會同意。我們早些時候在第一章中討論過這個問題。這似乎是奇怪的，還不至於荒謬，想像那沉思的、有意識的心靈獨自反映了這正在“成為”的世界，而讓自己僅出現在其“成為”過程的某些時段，它應該已經附

隨在一個非常特殊的生物裝置（比如大腦），那裝置執行任務輔助特定形式的生命自我保護以致有利它們的生存和傳播：這後來者（人類）之前有許多其他形式的生命在沒有那個特殊裝置（大腦）的情況下維持自己。他們中只有一小部分（如果按物種計算的話）開始“給自己搞個大腦”。而在那之前，難道這一切都在空劇場裡表演嗎？不，我們可以稱之為一個甚至沒有人考慮過的世界嗎？當考古學家重建一個城市或一個久逝的文化時，他對過去的人類生活感興趣，對人類的行為、感覺、思想、感情，人類的歡樂和悲傷，在那地那時呈現。但是一個存在了數百萬年的世界，沒有任何心靈意識到它，思考它，它有什麼嗎東東？它存在過嗎？因為不要讓我們忘記：像我們的確說過的那樣，世界的形成反映在有意識的頭腦中只是陳腔濫調，一個短語，一個我們已經熟悉的隱喻。世界給了我們而且只有一次。什麼都沒有反映。原來和鏡子裡的圖像是一樣的。在空間和時間上延伸的世界不過是我們的描畫（Vorstellung）。經驗並沒有給我們最些微的，除此之外的，任何線索——伯克利先生很清楚。

但是，一個已經存在了數百萬年的世界的浪漫情節相當偶然地產生了大腦，在其中，我將自己視為幾乎悲劇性的延續，我想再次用謝靈頓的話來形容：

我們被告知宇宙的能量將要耗盡。它趨向致命的最終的平衡。生命不可能存在的平衡。然而，生命正在不停的進化。我們星球的範疇已經進化了並且正在進化。隨之而來的是心靈的發展。如果心靈不是一個能量系統，那麼宇宙的終結將如何影響它？可以毫髮無損嗎？據我們一直所知，有限的心靈依附於能源系統。當該能源系統停止運行時，與它一起運行的心靈呢？那個已經闡述並正在發展有限心靈的宇宙會讓心靈消失嗎？

這樣的考慮在某種程度上令人不安。使我們感到困惑的是有意識的心靈所獲得的好奇它的雙重角色。一方面，心靈是的舞台，也是唯一的舞台在其上整個世界過程發生，或者是所有一切的容器包含著它，而在容器外部沒有任何東西。另一方面，我們收集到某種印象，也許是假象，即在這個喧囂的世界中，意識心靈與某些非常特殊的器官（大腦）聯繫在一起，而毫無疑問，動植物生理學中最有趣且不是獨特的裝置；因為他們像其他許多人一樣，畢竟只是為了維護其主人的生活而服務；而正是由於這一點，他們才得以在自然選擇的物種形成過程中得到精心的發展。

（譯者註：如果心靈和器官一般服務宿主就沒有什麼可談的了！而人類不願相信這“事實”因為這太沮喪了。）

有時候畫家會在他的大畫中引入自己，詩人會在他的長詩中引入自己，一個謙遜的從屬角色。因此，我想《奧德賽》的詩人自己指的是吟遊史詩的失明詩人（荷馬本人），他在菲亞西亞人 Phaeacians 的大廳裡歌唱著特洛伊的戰鬥，使受虐的英雄流下了眼淚。同樣的，我們在尼伯龍根之歌中遇到了一位被懷疑是整部史詩作者的詩人，當他們穿越奧地利領土時。在丟勒的全聖圖畫中，兩圓圈的信徒圍繞著三位一體高高在天聚集禱告，在上面是蒙福的圈子，另一個是地球上人類的圈子。後者包括國王，皇帝和教皇，但如果我沒有記錯的話，還有藝術家本人的肖像，一個卑微的配角很可能會被遺漏。

在我看來，這似乎心靈是令人困惑的雙重角色的最好比喻。一方面，心靈是藝術家創造的整體；但是在完成的作品上，它是個微不足道的，缺席也不會影響整體效果的附件。

## 上帝是靈

直言無隱，我們必須聲明我們在此面對一個典型的二律背反，因為我們還無法在不使用我們自己的心靈而能夠成功地闡述自己對世界的理解，而世界圖景的產生者又正是我們的心靈，因此，心靈在世界中沒有位置。畢竟，將心靈強壓入其中的嘗試必然會產生一些荒謬。

早些時候我評論了這樣一個事實，即出於同樣的原因，物理世界圖像缺乏構成認知主題的所有感官品質。該模型是無色無聲且不能感覺到的。以同樣的方式和出於同樣的原因，科學界缺乏或被剝奪了所有與感知和感覺主題相連才有意義的事物。首先，我的意思是道德和審美價值，任何種類的價值以及與整個展示的含義和範圍有關的一切。所有這些不僅不存在，而且從純科學的角度來看，也不能有機地嵌入。如果試圖將其放置在裡面或上面，像是兒童在未著色的繪畫副本上著色，不會契合。因為對於進入這個世界模型所做的任何事情，不管你喜不喜歡都會以科學事實斷言；這是錯誤的。

（譯者註：任何的藝術作品，仿製者無法置入原作者的心靈。而事實上沒有兩個 Subject of Cognizance 心靈裡的世界是相同的。）

生命本身就是寶貴的。艾伯特·史威哲（Albert Schweitzer）框架道德的基本倫理為“敬畏生命”。大自然不敬重生命。大自然將生命視為世界上最沒有價值的東西。它的產量百萬巨大，但大部分被消滅或為棄放其他生物前的獵食。這恰恰是產生新生命形式的主要方法。

“你不應該遭受酷刑，你不應該造成痛苦！”大自然對這誡命全無意識。它的野獸依賴在爭執中相互折磨。

“沒有什麼是好是壞，但思想使然。”沒有自然發生的事情本身是好事還是壞事，它本身也不是美麗或醜陋的。價值缺乏了，尤其是意義和結尾缺乏。大自然不是有目的的運行。如果用德語我們會說，一種有目的（zweckmassig）生物調整以適應環境，我們知道這只是一種方便的表達方式。如果從字面上看，我們是錯誤的。我們在我們自己搞出來的世界圖景裡犯錯。在其中只有因果聯繫。

（譯者註：複習一下物競天擇。生物本身無法自我調整去適應環境。生物的存活與否由環境抉擇。）

最痛苦的是，我們所做的科學研究對於有關整個現象的含義和範圍都完全沉默了。我們越專注地看它，它看起來就越無目標和愚昧。正在進行的表演顯然僅會在沈思它的心靈裡獲得意義。但是，科學告訴我們有關這種關係的說法顯然是荒謬的：好像是心靈是由那個它正在觀看的演出產生的，而演出結束，當太陽終於降溫並且地球變成一片冰雪沙漠時，將會跟著它消失。

(譯者註：最後一句的兩個它代名不同主詞。谷歌翻譯的人工智慧技術被懵了。)

讓我簡要地提到臭名昭著的科學無神論，它當然是在同一標題下出現的。科學不得不一次又一次地遭受這種指責，但這指責是不公正的。沒有一個人的上帝可以構成世界模型的一部分，而這一部分的可及性必須以移除所有屬於個人的東西為代價。我們知道，當有上帝被體驗時，這是一個既有直接感官感知又有個人個性的真實事件。像他們（那些科學家）一樣，**祂**一定不在時空圖片中出現。我在時空的任何地方都找不到上帝---那是誠實的自然主義者（自然無色無味）告訴你的。為此，他招致神的責備在**祂**的教義問答中寫著：上帝是靈。

(譯者註：薛丁格的思想主軸是，上帝是靈。這靈上帝與我們共享。靈永遠在，無論我們的存活與否。人的物理身體是個容器，容器活著的時候靈進來像是光進入一個窗戶，離世那一剎那靈離開容器。我們的容器幫忙製作了一本相簿紀錄我們的劣跡與偶然的善念，被靈帶回給上帝。)

# 科學與宗教

## 《心靈與物質》第五章

### 理智翹翹板

科學可以提供有關宗教事務的信息嗎？科學研究的結果能否對那些有時困擾每個人的緊迫問題得到合理和令人滿意主張？我們中的一些人，尤其是健康快樂的年輕人，成功地將這些問題長期擱置一旁，年事高者，對沒有答案感到滿意，並且放棄尋找答案；而其他人一生都被困擾於科學與宗教在理智上的不協調，也嚴重戒慎於長期普及的迷信。我的意思主要是與“另一個世界”，以及“死後的生命”相關的所有問題。請注意，我當然不會嘗試回答這些問題，而只會回答更為謙虛的問題，即科學是否可以提供有關這些問題的任何信息，或是幫助我們---對我們中的許多人是無法避免的---來思考這些問題。

首先，以一種非常簡單的方式它肯定可以並且做到了。我記得看到過舊的照片，世界的地理地圖（如但丁神曲書裡），所以我相信，包括地獄，煉獄和天堂，前者位於地下深處，後者位於高高天空之上。這樣的表述並非純粹是寓言（也許在後來的時期，例如在杜勒著名的《諸聖日》中）。他們佐證了當時很受歡迎的粗略信念。今天，沒有教會要求信徒以這種唯物型式來解釋其教條，也不至於嚴肅的勸阻這種態度。這進步無可置疑的受到了知識的幫助，包括我們對地球內部（儘管很少），火山的性質，大氣的成分，太陽系的可能歷史以及銀河系和宇宙的結構的瞭解。任何有文化陶育的人都不會期待在他那空間的任何地區能夠找到這些教條式的虛構，可以讓我們調研取得；我敢說，即使在那個空間鄰近不可及的區域裡也找不到；即使相信這些現實（無科學佐證的現實），他（杜勒）也會給他們一種精神上的地位。我不會對虔誠的宗教人士說，這樣的啟蒙必須等待上述的科學發現，但是它們無疑有助於消除在這些問題上的唯物性迷信。

（譯者註：從在引號裡提到的杜勒到段落最後的代名詞他，相隔了 200 多個字啊。）

但是，這指的是一種相當原始的心態。有許多更有趣的觀點。科學最重要貢獻是克服令人困惑的問題：“我們到底是誰？我來自哪裡，我要去哪裡？”---或至少使我們的心靈歇息---我說，在我看來，科學為此提供的最顯著的幫助是對時間逐漸的理想化。考慮到這一點，三個人的名字得到我們的注意，儘管還有許多其他，包括非科學家，例如河馬的聖奧古斯丁和波伊休斯；這三位是柏拉圖，康德和愛因斯坦。

前兩位不是科學家，而是他們對哲學問題的敏銳奉獻，他們對世界濃厚的興趣源自科學。在柏拉圖而言，其貢獻來自數學“以及”幾何學（這個“以及”的連接詞在今天已經不合時宜，但我認為不是，在他那個時代）。是什麼賦予了柏拉圖畢生無與倫比的傑出成就，以至於在兩千多年後，其光芒四射無減？據我們所知，沒有任何關於數學或幾何圖形的特別發現是他的貢獻。他對物理和生命的物質世界的見識有時是奇妙的，但完全不如其他人

(從泰勒斯到德莫克利特的聖賢)，其中一些人活在他時代之前一個多世紀。在自然知識方面，他的學生亞里士多德 (Aristotle) 和 Theophrastus 大大超越了他。除了他虔誠的信徒在對話中的漫長篇章外，給人的印像是無緣無故地爭論，不想定義一個單詞的含義，而是相信單詞本身轉來轉去會自動顯示其內容。他的社會和政治烏托邦，在推行失敗後使他陷入了嚴重的危險，在我們這個時代 (1944) 很少有仰慕者，可悲的經歷過類似的事情。那麼，是什麼讓他成名呢？

(譯者註：倒數第二局的結構有問題。最後一個字句沒有主詞。但不妨礙理解。柏拉圖的貢獻為何？下節分解。)

### 柏拉圖 數學真理是永恆的

以我之見，他是第一個設想**永恆存在**的想法並強調它---違反理性---為現實，比我們的實際經驗更真實；他說，這，實際經驗是前者的一個影子，所有有經驗的現實都是從前者（永恆）中借來的。我說的是柏拉圖的形式（或觀念）理論。這理論是如何產生的？毫無疑問，這是由於他熟悉了巴門尼德 Parmenides 和埃利亞 Eleatics 的教義而引起的。但是同樣明顯的是，這彌合柏拉圖機敏與相投的脈絡，這與柏拉圖自己美麗的比喻中非常一致，即理性學習具有知識記憶的特性，而知識是以前曾擁有但在當時是潛在的，學習而不是發現全新的客觀真理。但是，巴門尼德的永恆的，無處不在和不變的“一”的思想在柏拉圖的腦海中變成了一種更有影響力的思想，即**思想領域**，它吸引了想像，想法，儘管這必然是一個謎。但我認為，這種想法是從非常真實的經歷中產生的，即是，他對數字和幾何圖形領域的啟示感到欽佩和敬畏---就像很多人追隨他和之前的畢達哥拉斯學派一樣。他意識到並深刻地吸收到了這些啟示的本質，這些啟示是通過純粹的邏輯推理展現出來的，這使我們熟悉了真正的關係，其真理不僅無懈可擊，而且明顯存在，永恆地；這種數學關係恆定維持，不論我們對它們如何檢驗。**數學真理是永恆的**，不是我們發現它時它才誕生。然而，它的發現是一個非常真實的事件，它可能是一種情感，像是從仙女得到偉大禮物。

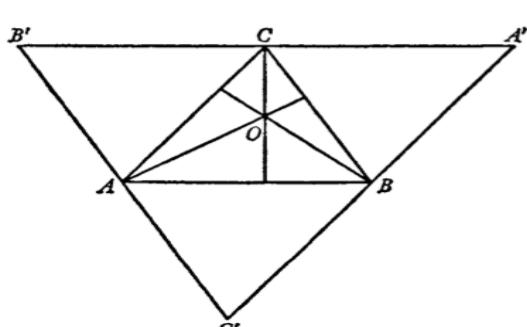


Fig. 2.

三角形 (ABC) 的三個高度交會在一個點 (O) 處。（高度是垂直的，從一個角垂直掉落到與它相對的一側，或者到其延長線。）乍看，人們不知道為什麼會交會於一點。任何三條線不見得會，它們通常形成一個三角形。現在切過每個角與其對邊平行畫線，以形成較大的三角形 A'B'C'。它由四個相等的三角形組成。ABC 的三個高度在較大的三角形中，垂直線在其側面的中間豎立，即它們的“對稱線”。現在，在 C 處豎立的點必須包含與 A' 和與 B' 的距離相同的所有點；在 B 處豎立的點包含與 A' 到 C' 的距離相同的所有點。因此，這兩個垂直線相交的點與所有三個角 A', B', C' 的距離相同，因此

立的點必須包含與 A' 和與 B' 的距離相同的所有點；在 B 處豎立的點包含與 A' 到 C' 的距離相同的所有點。因此，這兩個垂直線相交的點與所有三個角 A', B', C' 的距離相同，因此

也必須位於在 A 處豎立的垂直線上，因為該點包含與 B' 距離相同的所有點從 C' 開始。  
Q.E.D.

除 1 和 2 外，每個整數都在兩個質數的中間，或者是它們的算術平均值。例如

$$\begin{aligned} 8 &= (5 + 11)/2 = (3 + 13)/2 \\ 9 &= (5 + 13)/2 \\ 10 &= (7 + 13)/2 = (3 + 17)/2 \\ 11 &= (3 + 19)/2 \\ 13 &= (7 + 19)/2 = (3 + 23)/2 \\ 17 &= (11 + 23)/2 = (5 + 29)/2 = (3 + 31)/2 \\ 20 &= (11 + 29)/2 = (3 + 37)/2 \end{aligned}$$

如您所見，通常有不止一個解。該定理稱為戈德巴赫推測，儘管尚未得到證明，但被認為是正確的。

(譯者註：戈德巴赫推測 1742 年提出，現今還是沒有被證明，故不能稱之為定律。只能稱之為推測 conjecture.)

通過相加連續的奇數，因此首先只求 I，然後取  $I + 3 = 4$ ，然後取  $1 + 3 + 5 = 9$ ，然後取  $I + 3 + 5 + 7 = 16$ ，您總是得到一個平方數字，實際上您是通過這種方式獲得所有平方數的，始終是您添加的奇數個數的平方。為了掌握這種關係的普遍性，可以用總和替換與中間等距的每對總和（因此：第一個和最後一個，然後第一個但一個和最後一個，等等）。算術平均值，顯然等於求和數；因此，在以上示例的最後一個示例中： $4 + 4 + 4 + 4 = 4 \times 4$

### 康德 心靈創造可能的世界

現在讓我們轉向康德。他講授空間和時間的理想性已經成為眾所週知，這是他的基礎，即使不是他的學說最基礎的部分。像大多數學說一樣，它既不能被驗證也不能被推翻，但是它不會因此而無意義（相反地它有所得；如果一個學說可以簡單的被證明或推翻，則那它是微不足道的學說）。康德學說的含義是，在空間中分佈並以明確的時間順序在“前後”的發生，不是我們所感知世界本身的性質，而是與感知的心靈有關，在當前狀態下，無論如何，不能不根據這兩個索引指數，即空間與時間，來註冊任何提供給心靈的信息。這並不意味著心靈理解這些順序的安排不考慮任何經驗，或是先驗的，但是心靈發展這排序方案並將它們應用到發生的經驗中，特別是這一事實不能證明或暗示空間和時間是從“事物的內在”繼承來的一個排序方案，有人認為這方案促成了我們的經驗。

(譯者註：mind 一字代表心靈，而不是心靈的容器，譬如心房或大腦。)

並不難立論說這是哄騙。任何人都無法區別自己的感知領域，和造成感知事件的領域，因為無論他從整個故事獲得知識有多詳盡，故事只發生一次而不是兩次。重複是一種寓

言，主要是通過與其他人類甚至與動物的交流來暗示的，這表明他們在相同情況下的感知似乎與他自己的感知非常相似，除了在觀點上無足輕重的差異---從字面意義上來說觀點是“投影點”。但是，即使假設這迫使我們考慮是客觀存在的世界造成了我們的感知，像大多數人一樣，我們又該如何決定我們所有經驗的共同特徵是基於於我們的心靈結構，而不是被所有客觀存在的事物共享的特徵？不可否認，我們的感官感知建構了我們對事物的唯一知識。客觀世界仍然是一個假設，無論它是多麼自然。如果我們真的採納它，將我們感官感知的特徵歸咎於外部世界，而不是歸咎於我們自己，難道不是最自然的事嗎？

（譯者註：投影點 point of projection 是個好比喻，比喻外在世界在我們心靈上投射的一個地區。這個投射可能本身沒有空間時間概念，但是在發生後，當我們必須回憶，結構，紀錄，講述時，時空是必要的 index 否則無法與外在溝通？譬如我們的 GPS 座標或地址，本身毫無意義，是人制定的而不是自然存在的。但是沒有了它，我找不到你，你找不到我。）

但是，康德聲明的至為重要的意義並不在於在其合理地分配心靈及其對象的角色---世界---在它們之間“心靈形成世界觀念”的過程中，因為正如我剛才指出的那樣，幾乎不可能區分這兩者。偉大的事情是要形成一個思想---心靈或世界---可能具有我們無法掌握且不暗示時空觀念的其他展現的形式。這意味著擺脫我們古老的偏見。可能還有其他出現的順序，除了時空這樣。我相信是叔本華首先從康德那裡讀到這理念。這種解放為信仰，宗教意義上的，開闢了道路，而不會一直與我們所了解的世界經驗的清晰結果，和明確思想無誤地聲明，背道而馳。例如，說到至為重要的例子，我們所知道的經驗無誤使的凸顯這個信念，它無法倖免於身體的毀滅，正如我們所知道的，身體與生命密不可分。那麼，今生之“後”一無所有？不。不是透過經驗，我們知道它必然發生在空間和時間上。但是，按照時間無作用的出現順序，“後”這個概念是沒有意義的。純粹的思考，當然，不能保證我們這樣的事情（時間無作用）存在，但是它可以移開明顯障礙使得設想它有可能性。康德的分析就是這樣做的，依我心靈，這就是他的哲學重要性。

（譯者註：前與後，在空間裡是相對的，前後的決定依賴目標，也依賴視角。時間比較難以無誤的理解。總之，如果一個人完全沒有時空的意識或幻想，他/她可能無法與我們這些墮落於假象中的動物溝通吧！？）

（譯者註：嚴格來說，定律 theorem 與假說 conjecture 是不同的，前者已被證明或證實，後者尚未被證實或推翻。康德的工作可被稱為假說，假設，學說，但是不是定律。）

## 愛因斯坦 相對論

我現在在相同的背景下談論愛因斯坦。康德對科學的態度非常天真，因為如果你翻閱他的《科學的形而上學基礎》（Metaphysische Anfangsgrinde der Naturwissenschaft），您會同意。他接受了物理科學在他一生（1724-1804）所達到的形式，作為或多或少是最終的結論，他忙於從哲學上解釋物理的陳述。這種情況居然發生在偉大的天才身上，應該是對以後的哲學家示警。他清楚地表明空間必定是無限的，並堅信人類心靈的本性被賦予歐幾里

得總結的幾何特性。在歐幾里得空間中，一個軟體動物移動，也就是說，隨著時間的流逝物質的安排改變。對於康德來說，對於他那個時期的任何物理學家來說，空間和時間是兩個完全不同的概念，因此他毫不猶豫地將前者稱為我們的外部直覺的形式，並將時間稱為我們的內部直覺的形式（Anschaung）。認識到歐幾里得的無限空間不是觀察我們的經驗世界的必要方式，而空間和時間較好被視為四個維度的連續體，似乎打破了康德立論的基礎---但實際上並沒有損害他的哲較有價值的部分。

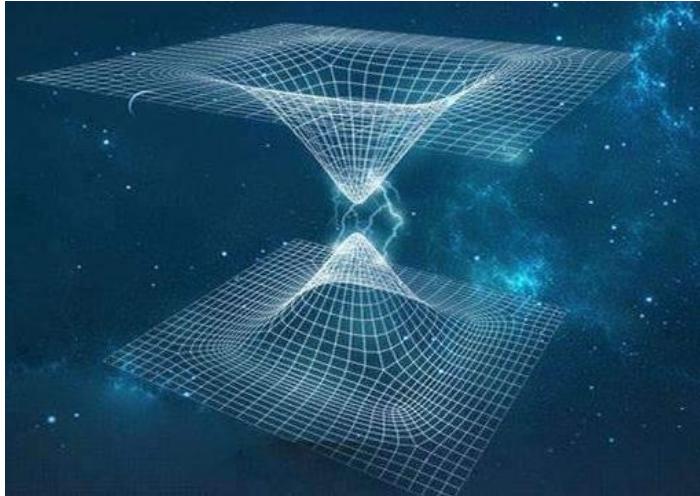
愛因斯坦（還有其他幾個人，例如 H. A. Lorentz，Poincare 和 Minkowski）得到了這個四維認可。他的發現對哲學家們，街上的男人，和畫室裡的仕女產生了巨大影響，這是由於他們的把它帶到前面：即使在我們的經驗範圍內，時空關係比康德的想像要複雜許多。跟在愛因斯坦屁股後面的又是所有前述的哲學家，街上的男人，和畫室裡的仕女們。

（譯者註：薛丁格諷刺的將有些言論比喻成時尚品品，被科學家和飲食男女追捧。可悲的不是僅僅追捧，可悲的是歷史上許多人把假說當成真理，而盲目狂熱的為了維護為真理，犧牲了千萬的被洗腦者。今天仍然如火如荼的進行中！）

新觀點對以前的時間概念影響最大。時間是“前與後”的概念。新的態度源於以下兩個根源：

- i. “之前和之後”的概念建立於“因果”關係。我們知道，或者至少我們已經形成了這個想法，一個事件 A 可以導致或至少修改另一個事件 B，因此，如果 A 不發生，那麼 B 不發生，至少不會以修改的形式不發生。例如，當砲彈爆炸時它殺死了一個坐在上面的人；而且，那爆炸在遠處聽到。殺戮與爆炸同時發生，在較遠的地方可能晚一點聽到爆炸聲。但可以肯定的是，沒有任何結果會發生更早。這是一個基本概念；確實，這是在日常生活用來決定兩個事件中那個發生較晚的方法，或者至少不是較早發生。區別完全基於結果不能早於原因的觀念。如果我們有理由認為 B 是由 A 引起的，或者至少它顯示了 A 的痕跡，或者即使（從某些間接證據）想見可以顯示出它顯示痕跡，那麼 B 肯定不早於比 A。
- ii. 請記住這一點。第二個根源是實驗和觀察證據，表明效應並未以任意高的速度傳播。有一個上限，真空中光的速度。從人的角度來看這速度很快，光在一秒鐘內繞赤道旋轉大約七次。很快，但不是無限，稱它為 c。將此作為對自然的基本事實的共識。因此以上述得出的“前後”或“早晚”之間的區別（基於因果關係）不是普遍適用的，在某些情況下會失效。用非數學語言很難解釋這一點。並不是說數學方案複雜。但是日常語言是有偏見的，因為它透徹的瀰漫時間概念---動詞無法使用如果你不用時態。

（譯者註：時間，時態。中文沒有時態，西方語言有。這麼說語言內的時態可能影響一個人對事件的看法，至少是敏銳度和精準度。）



痕跡不可能到達 A（當然，A 的任何痕跡都不能顯示在 B' 上）。

因此，在兩種情況下，互不干擾的關係完全相同。類 B' 與類 B 在與 A 的因果關係在概念上沒有區別。因此，如果我們要建立這種關係，而不是語言上的偏見，則是“前後”的基礎，那麼波段 B' 形成的一類事件既不早於也不晚於 A 事件。此類所佔據的時空區域稱為“潛在同時性”區域（相對於事件 A）。使用該表達式是因為可以採用一個時空框架，使得 A 與選定的特定 B 或特定 B' 同時發生。這是愛因斯坦的發現（以“狹義相對論”的名義命名，1905 年）。

現在這些已經成為我們物理學家非常具體的現實，就像在直角三角形上使用乘法表或畢達哥拉斯定理一樣，我們將它們用於日常工作中。有時我想知道為什麼他們在公眾和哲學家中引起如此巨大的轟動。我想就是這個意思，**狹義相對論將時間的冠冕摘下**，將我們從這嚴酷暴君強加在我們的“前後”鐵律中解救出來。確實，時間是我們最嚴厲的主人，將我們每個人的存在限制在一個狹窄的範圍內---七十或八十年---就像舊約五經那樣。被允許戲弄這樣一個宗主的至今無懈可擊規範，儘管是輕度的戲弄，似乎是一個很大的解脫，似乎鼓舞人們考慮，整個“時間表”可能並不是乍看下那麼的嚴肅。這個思想是一個宗教思想，不，我應該稱之為那（唯一的）宗教思想。

愛因斯坦還沒有---正如你有時聽到的那樣---駁斥康德關於時空理想化深思。相反的，他已朝著這個成就邁出了一大步。

(譯者註：狹義相對論基本上說一個物體如其直線運動速度為  $v$ ，其速度愈快，時間愈慢。 $v \geq 0$ ， $T' \geq T$ 。)

$$T' = T \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}$$

博爾茲曼熱統計理論- 個別是可逆的，但總體統計上幾乎是不可逆的

我已經談柏拉圖，康德和愛因斯坦對哲學和宗教觀的影響。現在，在康德和愛因斯坦之間，大約在愛因斯坦之前的一代人，物理科學目睹了一個重大事件，這看起來似乎足以引起起哲學家，一般街頭男人和畫室仕女們對相對論產生的思考。事實並非如此，我認為原因是這改變方向的理論極難理解，因此在三類人中很少有人掌握，最多只有一位或另一位哲學家吧。這事件歸功於美國的威拉德·吉布斯（Willard Gibbs）和奧地利路德維希·博爾茲曼（Ludwig Boltzmann）的名字。我現在要聊聊它。

除極少數例外（真的是例外），自然事件的方向是不可逆的。如果我們試圖想像一個時間序列與實際觀察到的完全相反---例如反向播一部電影---這種反向序列雖然很容易想像，但幾乎總是明顯與已建立的自然科學定律相矛盾。（例如鳥倒著飛。）

一切發生的一般性“方向性”都由熱力學或統計理論來解釋，這種解釋被人們譽為是最令人欽佩的成就。我無法在此加入有關物理理論的詳細信息，並且這對於掌握解釋的要點不是必需的。如果將不可逆性作為原子和分子微觀機制的基本特性，那麼這將是非常糟糕的。（原子分子微觀機制不能拿不可逆性來解釋，而必須用熱力統計學解釋）這不會比許多中世紀的純粹口頭解釋更好，例如：火由於其火熱的性質而炙手可熱。不。根據玻爾茲曼的說法，我們面臨著一種自然趨勢，即任何秩序狀態都會自行轉變為秩序較差的狀態，但不會相反。將經過細心安排的一組撲克牌作為一個比喻，從 7, 8, 9, 10, 王子, 皇后, 國王, 紅桃牌開始，然後一樣的鑽石牌依次排列，依次類推。如果這組井井有條，洗牌一次，兩次或三次後，它會逐漸變成隨機集。但這不是洗牌過程的內在屬性。給定所產生的無序集，洗牌過程是完全可以想到的，刪除它第一次洗牌效果並恢復原始順序。然而，每個人都期待第一個情況會發生，沒人期望第二個情況會發生 --- 是的，他可能必須等待很長時間才能機遇發生。

現在，這就是玻耳茲曼（Boltzmann）對自然界發生的一切事物的單向性（主要包括自然界從出生到死亡的生命史）的解釋的要旨。它的真正優點是，“時間的箭頭”（如愛丁頓所說的）在相互作用的機制中沒有作用，我們的洗牌機械行是個代表的比喻。這種行為，這種機制至今仍無辜於過去和未來的任何概念，它本身是完全可逆的，“箭頭” ---過去和未來的完全概念---是出於統計考慮而產生的。在我們使用卡片的比喻中，重點是，卡片只有一個或很少的有序排列，但有億億個無序排列。

（譯者註：精確計算，所有可能的 52 張卡的排列為  $52! = 806581751709438785716606368564037669752895054408832778240000000000000$ ，或  $8.06 \dots \times 10^{67}$ 。）

### 結語 心靈時間的永恆

然而，這個理論卻一次又一次地遭到反對，偶爾包括了極聰明的人的。反對派可以歸結為這一點：該理論在邏輯上是不嚴謹的。因為，如果基本機制沒有兩個時間方向的區分，而是完全對稱地機械性工作，那麼如何從它們的合作中產生整體的行為，一個整合的行為，

極強烈偏向一個方向？無論是什麼（理論）在一個方向成立，另一方向也應相等的成立。

如果這個論點是正確的，那似乎是致命的。因為它瞄被認為是該理論的主要優點的每一點：從可逆的基本機制中得出不可逆的事件。

該論點是完全合理，但不是致命的。該論點斷言一個方向成立也對時間相反方向成立，從一開始就將其作為一個完全對稱的變量引入。但是，您不能得出這樣的結論，即它在兩個方向上都具有大致相同的含義。在最謹慎的措辭中，一個人必須說，在任何特定情況下，它都適用於一個方向或另一個方向。這還必須加上：在我們所知道的世界的特定情況下，“枯竭”（使用偶爾被採用的短語）發生在一個方向上，這就是我們從過去到未來的方向。換句話說，必須允許熱量的統計理論根據其自身的定義自行決定時間的流向。

（這對物理學家的方法論產生了重大影響。**他絕不能引入任何獨立於時間的箭頭**，否則玻爾茲曼的美麗建築就會倒塌。）

（譯者註：還是有一個方向，物理性質的方向，上帝的方向。）

可能會擔心，在不同的物理系統中，時間的統計定義可能並不總是導致相同的時間方向。玻爾茲曼大膽地面對這種可能性。他堅持認為，如果宇宙充分擴展和/或存在足夠長的時間，那麼在世界遙遠的地方，**時間實際上可能是相反的**。有人爭論了這一點，但不再值得爭論了。玻爾茲曼至少不知道我們有什麼可能性，也就是說，我們所知道的宇宙既不足夠大，也沒有足夠大的歷史，以致無法大規模發生這種逆轉。我懇求允許不加詳細說明地補充說，在空間和時間上都非常小規模地觀察到了這種反轉（布朗運動，Smoluchowski）。

在我看來，“時間的統計理論”比相對論對時間哲學的影響更大。後者是革命性的，但它卻以其為前提的單向時間流保持不變，而統計理論則根據事件的順序來構建時間流。這意味著擺脫舊時代的暴政。我認為，我們在自己心靈思想內所構造的不能對我們的心靈思想擁有獨裁統治的權力，既不能使其脫穎而出也不能使其消滅。但是我敢肯定，有些人會稱此為神秘主義。因此，在充分認識到物理理論始終是相對的，它依賴於某些基本假設，我們可以，因而我相信，我斷言物理理論在現階段強烈表明“心靈時間”的堅不可摧性。

（譯者註：人體會毀壞，心靈時間不可摧。我們的心靈遲早裸裎相見。）

# 感官品質的奧秘

## 《心靈與物質》第六章

科學家半知不解，知其然而不知其所然

在這最後一章中，我想更詳細地說明在阿哺德拉 Abdera 的德摩克利特 Democritus 著名片段中已經注意到的非常奇怪的事態 --- 一方面，所有我們對周圍世界的知識，不是獲得於日常生活，就是揭示於最精心策劃和最細緻的實驗，完全依賴於即時的感官知覺，而另一面，這種知識卻無法揭示感官知覺與外在世界的關係，所以我們形成的所謂外在世界的圖片或模式裡，雖導引於科學的發現，但是缺乏所有感官品質。我認為該陳述的第一部分很容易被大家接受，但第二部分也許並不是經常被了解，這僅僅是因為非科學家通常對科學抱有崇高的敬意，並且相信科學家們能夠通過我們的“精妙的方法”來辨認出那東西，就它的本質而言，是任何人都不可能辨認出也永遠無法辨認出來的。（譯者註：當然沒有人能讀懂那東西或它是什麼？）

如果您問一個物理學家他對黃光的想法，他會告訴您它是波長在 590 微米左右的橫向電磁波。如果您問他：但是黃色從哪裡來？他會說：在我的概念中根本不是，而是這些振動，當它們撞擊健康的眼睛的視網膜時，會給那人的眼睛黃色的感覺。在進一步詢問時，您可能會聽到不同的波長會產生不同的顏色感，但並非所有波長都能產生，僅在大約 800 至 400 nm 波長之間。對物理學家來說，紅外線（大於 800 nm）和紫外線（小於 400 nm）與眼睛對之敏感的 800 至 400 nm 區域的物理現象幾乎相同。這特殊的選擇是如何產生的？顯然，它是對太陽輻射的一種適應，在該波長範圍內最強，但在兩端外下降。此外，最亮的顏色感覺，那黃光，出現在太陽輻射表現出最強的真實峰值的那個地方（在所述波長區域內）。

（譯者註：這裡的單位 uu 應該是 nm, nano-meter。單位 uu (unreal unit) 的定義是 2 公分，肯定不對。依照光譜單位為 nm 無誤。）

我們可能還會問（譯者註：我們會問這問題的機率為零）：波長 590 um 附近的輻射是唯一能產生黃色感覺的波長嗎？答案是：完全不是。如果將本身產生紅色感的 760 nm 波與一定量的 535 nm 產生綠色感的波混合，則該混合波產生的黃色與 590 nm 產生的黃不可分別。兩個相鄰的場，一個被混合光譜照亮，另一個由單一光譜光照明，看起來完全相同，您無法分辨出哪個是哪個。可以從波長預測這現象嗎 --- 這些物理，客觀的波長特性是否存在與數值的聯繫？當然不存在，混和顏色的圖表已憑實驗被繪製的；它被稱為顏色三角。但這不僅與波長有關。沒有一個通則說兩個不同波長的光混合與他們之間的波長匹配；例如，光譜兩個末端的“紅色”和“藍色”的混合物產生“紫色”，這不是任何單一光譜光能產生的。此外，所述圖表，顏色三角，因人而略有不同，並且對於某些人來說，相差很大，稱為反常三色性（非色盲）。

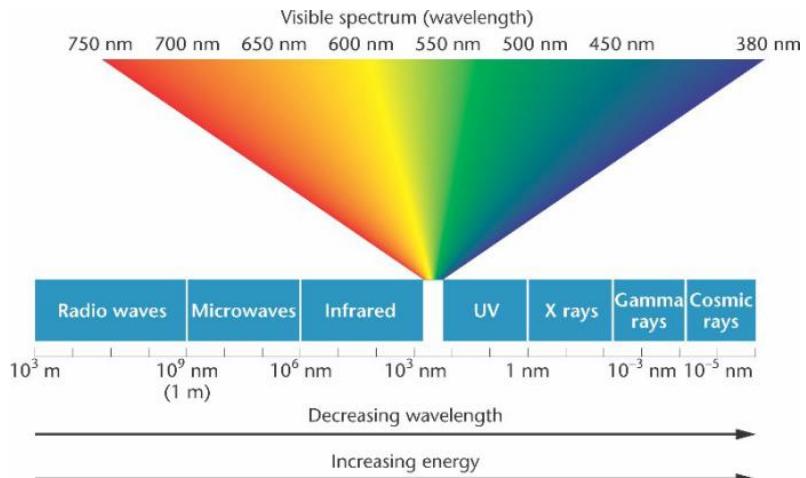
(譯者註：唐代李節《錢潭州疏言禪師詣太原求藏經詩序》：“抑能知其然，未知其所以然者也。吾請言之。”“論者不思釋氏扶世助化之大益，而疾其雕鰐彩繪之小費，吾故曰能知其然不知其所以然者也。”)

顏色的感覺物理學家對光波的客觀描述無法解釋。生理學家可以解釋嗎，如果他比視網膜專家更了解視網膜的運作以及它們在視神經束和大腦中建立的神經運作的知識？我不這麼認為。我們最多只能獲得關於哪些神經纖維被激發以及以何種比例被激發的客觀知識，也許甚至確切地知道它們在某些腦細胞中產生的過程---只要你的大腦在我們的特定方向或區域中記錄到黃色的感覺時。但是，即使如此深入的知識也無法告訴我們有關顏色的感覺，尤其是該方向上的黃色---相同的生理過程可能會導致產生甜味或其他任何感覺。我是要簡單地說，我們可以確定沒有一個神經運作過程的客觀描述包括特徵性的“黃色”或“甜味”，就像電磁波的客觀描述中也不包含這兩個特徵。

其他感覺也一樣。將我們剛剛調查過的色彩感知與聲音感知進行比較是非常有趣的。聲音通常是通過壓縮和膨脹的彈性波在空氣中傳播給我們的。它們的波長---或更準確地說是其頻率---決定了所聽到聲音的音調。（注意：生理相關性與頻率有關，與波長無關，在光的情況下也是如此，但是兩者實際上是彼此的倒數，因為在真空中和空氣中的傳播速度沒有感知差異。）我不需要告訴你，“聲音”的頻率範圍與“可見光”的頻率範圍有很大的不同，聲音的頻率範圍從每秒 12 或 16 到每秒 20,000 或 30,000，而光是幾千億的數量級。但是，聲音的相對範圍要寬的多，大約有 10 個八度音階（“可見光”勉強一個，因為幾千億除幾千億等於 1）；此外，它隨個人而變化，尤其是隨著年齡而變化：上限隨著年齡的增長而有規律地顯著降低。但是，關於聲音的最驚人的事實是，幾個不同頻率從不混合產生單一個中間音調，那中間音調直接由中間頻率產生。在很大程度上疊加的音頻（儘管同時）是分開感知的，尤其是音感高超的人。各種品質和強度的許多高音調（“泛音”）混合產生了所謂的音色（德語：Klangfarbe），通過該音色我們學會區分小提琴，軍號，教堂的鐘聲，鋼琴... 甚至可從一個單音符中聽到。

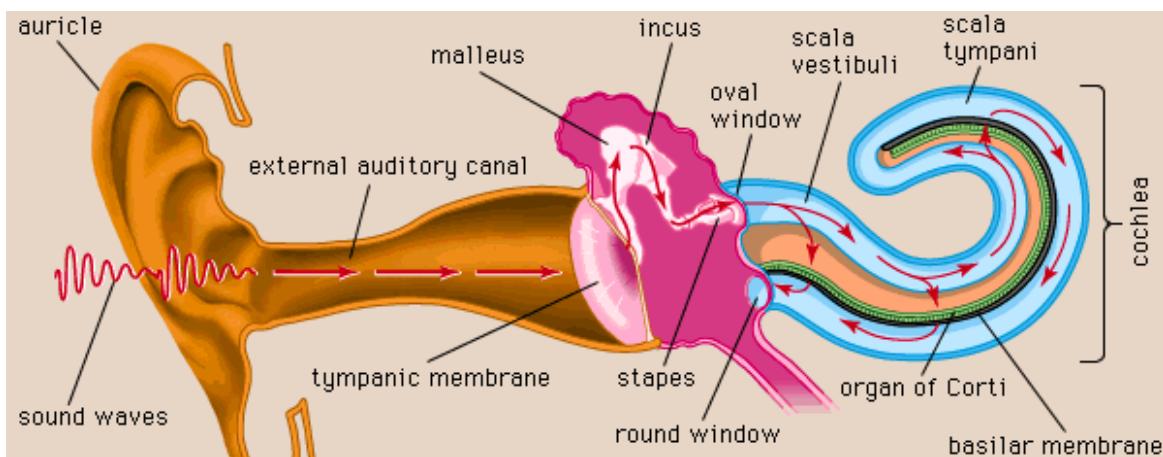
但是，即使噪音也有其音色，我們可以從中推斷出發生了什麼。甚至我的狗也很熟悉某個錫盒打開時所產生的異響，他偶爾會從盒裡拿到一塊餅乾。所有這些，協作頻率的比率都是非常重要的。如果它們都以相同的比率更改，例如播放留聲機的速度太慢或太快，您仍然能夠辨識發生的事情。然而，一些相關的區別取決於某些成分的絕對頻率。如果有人聲的留聲機唱片播放得太快，則母音會發生明顯可感的變化，尤其是“car”中的“a”變為“care”中的“a”。一個連續的頻率範圍總是不協調的，無論是按序列發出的聲音，例如警笛或嚎叫的貓，或是同時發出，但是很難實現，除非也許由許多警笛或一團嚎叫的貓來共同實現。這又與光感知的情況完全不同。我們通常感覺到的所有顏色都是由連續的混合物產生的；在繪畫或自然界中，色調層次的連續漸變有時是非常美的。

(譯者註：注意 spectral color spectrum is different from the color spaces, which are characterized by additive and subtractive color models.)



## 其他感官

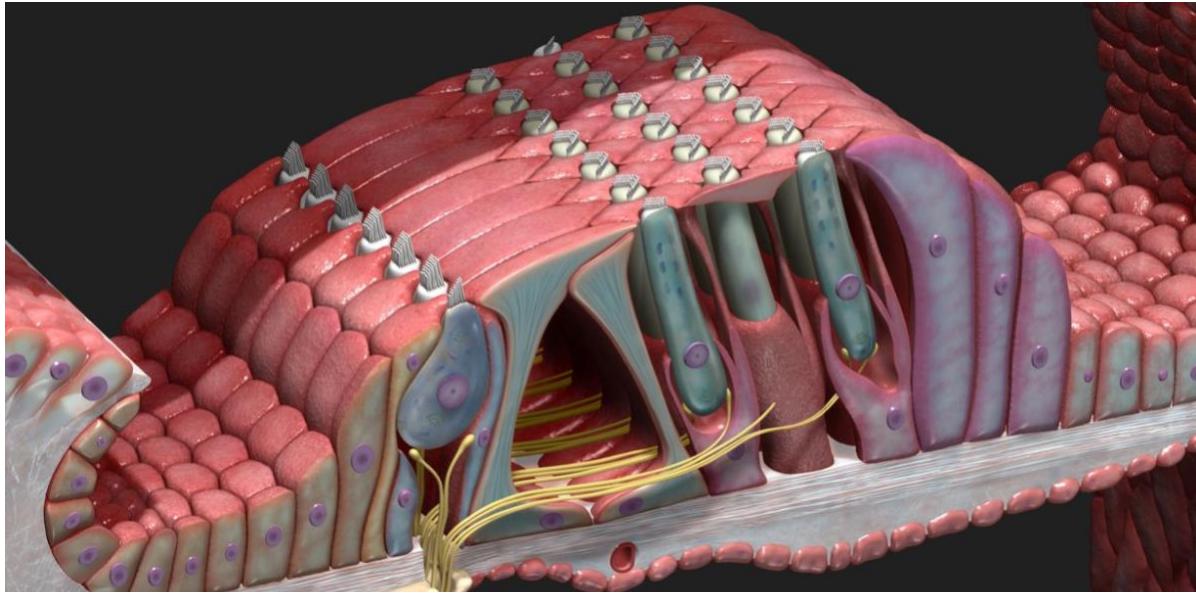
聲音的主要特徵已在耳朵的機制中得到很好的理解，與視網膜化學相比，我們對耳朵的機制有更好和更安全的知識。主要器官是耳蝸，一種盤繞的骨管，類似於某種類型海蝸牛的殼：一個微小的螺旋樓梯，隨著“上升”越來越窄。代替梯階（繼續我們的比喻）在蜿蜒的樓梯上伸展有彈性的纖維，形成膜，膜的寬度（或單根纖維的長度）從“底部”到“頂部”遞減。因此，就像豎琴或鋼琴的琴弦一樣，不同長度的纖維會機械地響應不同頻率的振動。對於一定頻率的膜，一定範圍內的較小區域---非僅一根纖維---會對較高頻率的另一區域（其中纖維較短）做出響應。在那組神經纖維中的每組中，必須建立一定頻率的機械振動，該眾所周知的神經衝動會傳播到大腦皮層的某些區域。我們已經了解到，所有神經的傳導過程幾乎都是相同的，且僅隨著激發強度的變化而變化；**後者**會影響脈衝的頻率，在我們的情況下，當然不能將**其**與聲音的頻率混淆（兩者彼此無關）。（譯註：後者應指強度或脈衝頻率，前者為聲音頻率。）



觀念並不像我們希望的那麼簡單。如果物理學家構造耳朵，以求為它的擁有者獲得他實際擁有的能夠精確分辨音高和音色的難以置信能力，那麼物理學家會以不同的方式構造它。但是也許他會回來原點。如果我們可以說耳蝸上的每個“弦”僅對進入振動的一個明確定義的頻率做出響應，那將變得更簡單更好。事實並非如此。但是為什麼不是這樣呢？因為這些“弦”的振動受到強烈**阻尼**。（註：阻尼（英語：damping）是指任何振動系統在振動中，由於外界作用（如流體阻力、摩擦力等）和/或系統本身固有的原因引起的振動幅度逐漸下降的特性，以及此一特性的量化表徵。源於維基百科）這必要的擴大了它們的共振範圍。我們的物理學家可能會以他所能控制的最小的阻尼來構造它們。但這將產生可怕的結果，即在產生的聲音停止時，聲音的感知幾乎不會立即停止。它會持續一段時間，直到耳蝸中阻尼不佳的共振器衰減。音高的辨別可以通過犧牲隨後聲音間的辨別來獲得。令人困惑的是，實際機制如何以最完善的方式協調兩者。（譯者註：如果一個單音不衰減，會直接干預到下一個音而造成災害，衰減的快還是會多少影響到下幾個音，但是因為強度降低，對聽者影響不大就是已經習慣了。造耳者居然奇妙的完善協調兩者：單音清楚又不影響後續之音。）

我在這裡做了一些詳細介紹，以使您感到物理學家的描述或生理學家的描述都不包含聲音感覺的任何特徵。任何此類描述都必須以類似此句子結尾，例如將神經衝動傳導到大腦的特定部分，然後在大腦中將它們記錄為聲音序列。我們可以跟蹤空氣中的壓力變化，因為它們會產生鼓膜的振動，我們可以看到它的運動是如何通過一串細小的骨骼鏈轉移到另一層膜上，並最終轉移到耳蝸內部由纖維組成的部分膜上的我們可以了解這種振動纖維如何在與之接觸的神經纖維中建立電和化學傳導過程。我們可以跟隨這種傳導到大腦皮層，然後我們甚至可能獲得一些關於那裡發生的事情的客觀知識，但是我們在任何地方都不會碰到這種“聲音的紀錄”的現象，這根本不包含在我們的科學圖景中，而實在一個人心靈中，而我們正在討論他的耳朵和大腦。

我們可以用類似的方式來討論碰觸，冷熱，氣味，和味道的感覺。後兩者，有時被稱為化學感覺（嗅覺可檢查氣態物質，味覺品嚐到液體的味道），與視覺感覺有共同點，即對無限可能的刺激做出有限反應的感官品質，就口味而言具有以下感官品質：苦，甜，酸，鹹及其他特殊的混合物。我相信，嗅覺比味覺更多樣化，尤其對於某些動物，它比人類要精緻得多。在動物界，物理或化學刺激的客觀特徵明顯改變了感覺。以蜜蜂為例，其色覺可以很好的達到紫外線範圍。它們是真正的三色視者（不是二色性，早期的實驗中似乎沒有注意到紫外線）。正如不久前在慕尼黑的馮·弗里施（von Frisch）發現的那樣，蜜蜂對光的偏振痕跡特別敏感，這是特別令人感興趣的。這以令人費解的精心方式幫助它們相對於太陽定向。人類對完全偏振的光與普通的非偏振光無法區分。已經發現蝙蝠對極高頻率的振動（“超音波”）敏感，遠遠超出了人類聽覺的上限；它們自己生產它，將其用作為“雷達”用以避免障礙。人類對冷熱的感覺表現出“**極端接觸**”的奇怪特徵：如果我們無意中觸摸了一個非常冷的物體，我們可能會暫時相信它很熱並且已經燒傷了手指。



大約 20 或 30 年前，美國的化學家發現了一種奇怪的化合物，我忘記了這種化學名稱，白色粉末，對某些人來說無味，但對其他人卻很苦。這個事實引起了人們濃厚的興趣，並且從那以後被廣泛研究。“品嚐者”的質量（對於此特定物質）是個人固有的，與任何其他條件無關。甚至，它是按照孟德爾定律繼承的，很像血型特徵的遺傳。就像後者一樣，您是“品嚐者”或“非品嚐者”似乎沒有暗示的有利或不利之處。兩個“等位基因”之一在雜合子中占主導地位，我相信它是品嚐者中的等位基因。在我看來，偶然發現的這種物質應該是獨一無二的。很有可能是在一個很普遍的意義上，並且在一個非常真實的意義上，“口味不同”！

現在讓我們回到光的情況，並進一步探究光的產生方式以及物理學家闡明其客觀特徵的方式。我認為，到現在為止，眾所周知，光通常是由電子產生的，特別是由原子在原子核周圍“做某事”的原子產生的。電子既不是紅色，也不是藍色，也不是其他任何顏色，質子即氰原子的原子核也是如此。但是，根據物理學家的說法，兩者在氰原子中的結合會產生一定波長離散陣列的電磁輻射。當被棱鏡或光柵隔開時，這種輻射的均勻成分會通過某些生理過程的介入而在觀察者中激發紅色，綠色，藍色，紫色的感覺，眾所周知，它們的一般特性足以斷言它們不是紅色，綠色或藍色，實際上神經元素受到刺激與否沒有顏色顯現；神經細胞呈現出白色或灰色無論是否受到顏色刺激，就顏色感覺而言肯定是不相關的，而色覺在個體的神經中伴隨著它們的興奮。（譯者註：最後的字句沒有必要來亂。）

然而，我們對氰原子輻射以及該輻射的客觀，物理性質的了解，是源於人們觀察到從發光的氰蒸氣獲得的光譜中某些位置的那些彩色光譜線。這獲得了第一個知識，但絕不是完整的知識。為了實現這一點，必須立即消除感覺，這是在這個典型示例中值得追求的。顏色本身並不能告訴您有關波長的任何信息。實際上，我們之前已經看到過，例如，如果我們不知道分光鏡的構造將其排除在外，那麼從物理學家的角度來看，一條黃色光譜線可能不是“單色”的，而是由許多不同的波長組成的。它會在光譜中的某個特定位置收集一定波長的光。無論從何處發出的光，那裡出現的光總是具有完全相同的顏色。即使這樣，顏色

感覺的質量也沒有提供任何直接線索來推斷物理性質和波長，除了說明我們對色調的辨別力相對差之外，這不能使物理學家滿意。先驗的是，藍色可能會被長波刺激，紅色會被短波刺激，而不是相反。

為了使我們更好地了解來自任何光源的光的物理特性，必須使用一種特殊的分光鏡。分解是通過衍射光柵實現的。棱鏡不能完成這任務，因為你事先不知道折射不同波長的角度。對於不同材質的棱鏡，它們是不同的。實際上，先驗的情況下，即使是棱鏡，你甚至都無法判辨出較強烈偏斜的輻射具有較短的波長，實際情況如此。

衍射光柵的原理比棱鏡的原理簡單得多。從關於光的基本物理假設---僅是光是波動現象---出發，如果你測量了每英寸光柵的等距溝槽的數量（通常為數千個），你則能夠說出確切的偏離角度對於給定的波長，因此可以反過來根據“光柵常數”和偏角來推斷波長。在某些情況下（尤其是在 Zeeman 和 Stark 效應中），某些光譜線是偏振的。為了完成這方面的物理描述，人眼完全不敏感，你先在光束的路徑上放置一個偏振器（尼科爾棱鏡），然後再分解光束；在使尼科爾棱鏡繞其軸緩慢旋轉時，對於棱鏡的某些方向，某些線上熄滅或將亮度減到最低，這顯示出其全部或部分偏振的方向（與光束垂直）。

一旦開發了整個技術，就可以將其擴展到遠超出可見光的範圍。發光蒸氣的光譜線絕不限於可見光區域，這在物理上是無法區分的。這些線形成了長的理論上的無限序列。每個系列的波長通過其特有的相對簡單的數學定律進行連接，該數學定律在整個系列中保持一致，而不會區分該系列中恰好位於可見光區域中的那部分。這些序列定律最初是憑經驗發現的，但現在從理論上可以理解。自然地，在可見光區域之外，照相底片必須代替眼睛。波長是從純粹的長度測量得出的：首先，一勞永逸地確定光柵常數，即相鄰溝槽之間的距離（每單位長度的溝槽數的倒數），然後通過測量線的位置在照相底片上，可以與照相裝置的已知尺寸一起計算出偏角。

這些都是眾所周知的事情，但是我想強調兩點很重要，它們適用於幾乎所有的物理測量。

我經常在這裡擴展了一定程度的事務狀態，通常是這樣說的：隨著測量技術的完善，觀察者逐漸被越來越複雜的設備所取代。現在，在當前情況下，這當然是不正確的。他並沒有被逐漸取代，但是從一開始就是如此。我試圖解釋說，觀察者對該現象的多彩印像不能提供絲毫物理性質線索。在獲得關於光及其物理成分的客觀物理性質的最粗略的定性知識之前，必須引入一種對光柵進行刻劃並測量一定長度和角度的裝置。這是相關的步驟。從本質上說，該設備後來逐漸精煉，同時基本上保持不變，這在認識論上並不重要，但是所取得的進步卻很大。（譯者註：這裡的進步表述數值精確度。）

第二點是觀察者永遠不會被儀器完全取代；因為如果他是，他顯然無知識的所獲。他必須已經構造了該儀器，並且在構造該儀器時或之後，他必須仔細測量其尺寸並檢查其運動部件（例如，支撐臂圍繞圓錐銷旋轉並沿圓形角度刻度滑動）以確定機芯的運動確實是預期的。的確，對於其中的某些測量和檢查，物理學家將依賴於生產和交付該儀器的工廠；儘

管如此，所有這些信息最終都可以追溯到活人的感官知覺，但是可能已經使用了許多巧妙的裝置來輔助工作。最後，觀察者在使用該儀器進行調查時必須在其上取得讀數，無論是直接在顯微鏡下測得的角度或距離的讀數，還是在照相底片上記錄的光譜線間的讀數。許多有用的設備可以輔助這項工作，例如在整個板上進行光度記錄以記錄其透明性，從而產生一個放大的圖，在該圖上可以輕易地讀取線條的位置。但是它們必須被讀取！觀察者的感官最終必須介入。最仔細的記錄，如果不檢視，不會告訴我們任何事情。

因此，我們回到了這種奇怪的狀態。雖然對現象的直接感官知覺並不能告訴我們其客觀物理性質（或我們通常稱呼的），而必須從一開始就丟棄為信息來源，但最終我們獲得的理論圖景完全取決於各種信息的複雜排列，所有這些信息都是通過直接的感官知覺獲得的。它駐留在他們身上，它為他們拼湊而成，但不能說它真的包含著他們。在使用這意念時，我們通常會忘記它們，除非以一種非常普遍的方式知道我們對光波的想法不是偶然的曲柄發明，而是基於實驗的。（譯者註：此段落的它，它，與它們需細分清楚。）

當我自己發現這種情況被公元前五世紀的偉大的德謨克利特清楚地理解時，我感到很驚訝，他絲毫不知道我告訴你們的任何物理測量設備（它們是我們的時代被使用的最簡單儀器）。

加侖努斯為我們的保留了一個片段（狄爾斯，第 125 頁），其中德謨克利特介紹智力與感官爭論什麼是“真實”的。前者說：“表面上有顏色的，表面上甜味的，表面上有苦味的，實際上只有原子和虛空”，感官對此反駁道：“可憐的智力，你希望打敗我們而同時你向我們借用你的證據嗎？你的勝利就是你的失敗。

在本章中，我嘗試通過取自最卑微的科學，即物理學的簡單例子來對比兩個普遍事實：  
(a) 所有科學知識都基於感官知覺，以及 (b) 儘管如此，科學觀點以這種方式形成的自然過程缺乏所有感官品質，因此無法解釋後者。讓我以一般性評論結束。

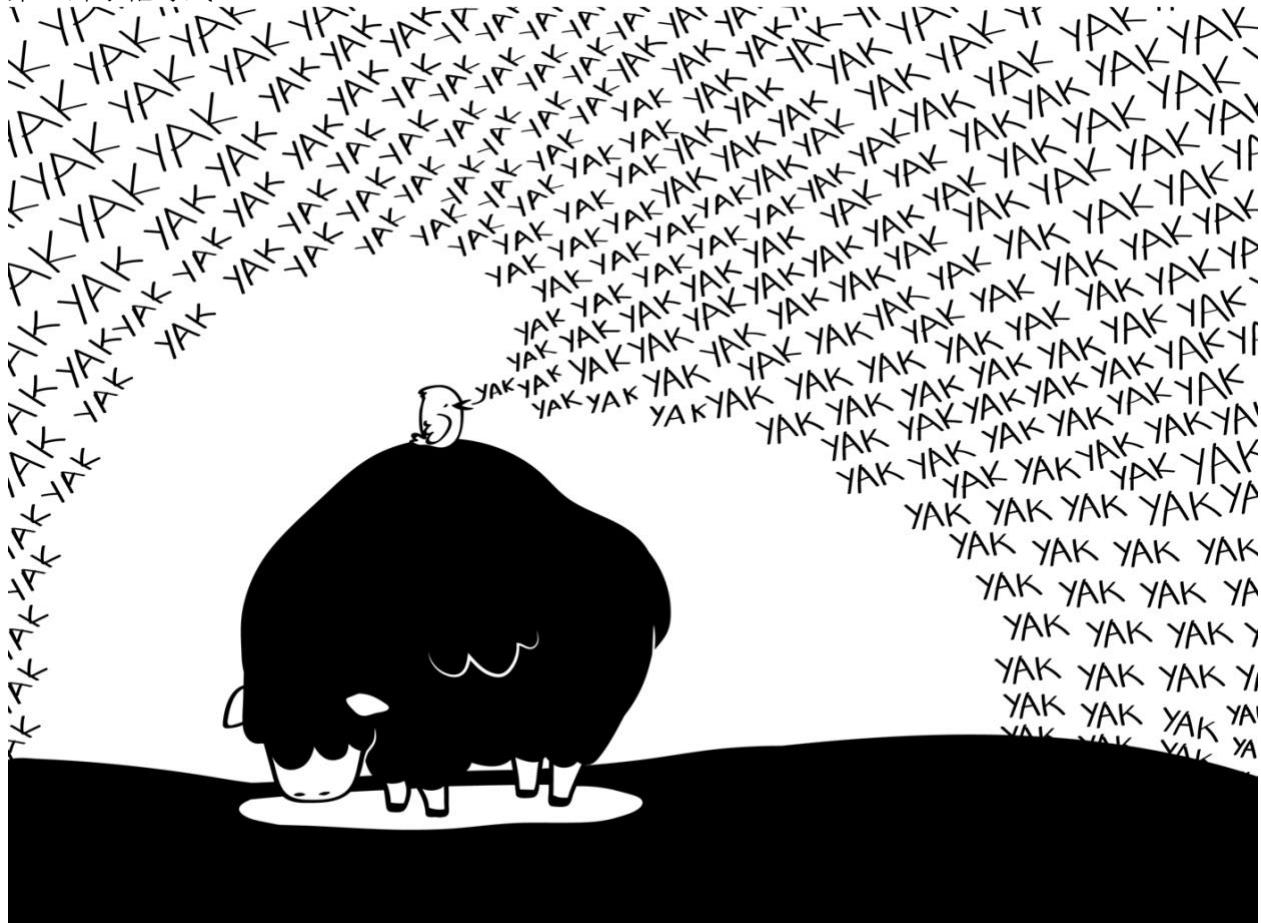
科學理論有助於對我們的觀察和實驗結果進行調查。每個科學家都知道，在至少形成一些關於它們的原始理論圖景之前，記住一組適度擴展的事實是多麼困難。因此，不足為奇的，在形成合理連貫的理論之後，他們並沒有描述他們發現的赤裸裸的事實或希望把這些信息傳達給讀者，反而給它們穿上理論術語的衣服，這絕不能歸咎於原始論文或教科書的作者。這個過程雖然對於我們以有序的模式記住事實非常有用，但往往會消除實際觀察和從中產生的理論之間的區別。由於前者總是具有某種感官品質，因此很容易認為理論可以解釋感官品質，當然，它們從不這樣做。

全文完

# 意識與心靈

## 譯者後記

第二薛丁格等式：Brahman = Atman.



犛牛與咕噥 Rosalind J. Chang

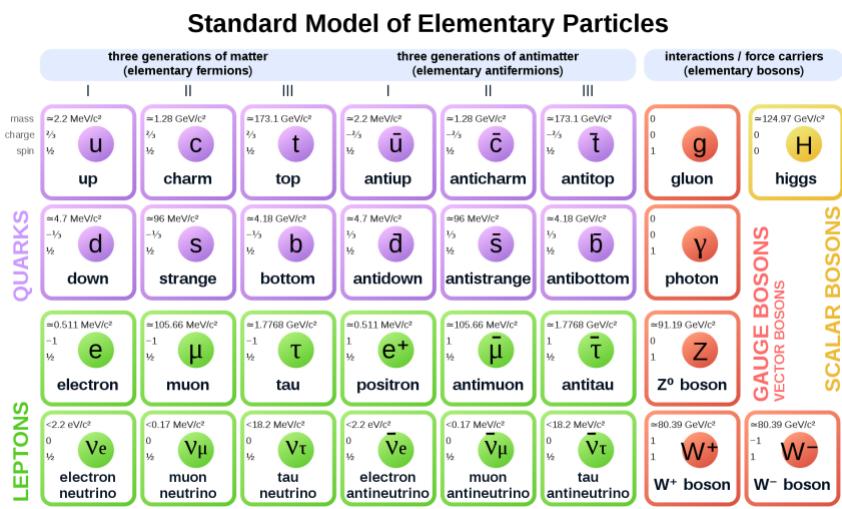
薛丁格的《生命是什麼》與《心靈與物質》，在 1944 和 1958 年由劍橋出版社分別出版。1992 年劍橋出版社將《心靈與物質》附在《生命是什麼》之後，而以《生命是什麼》為新書的名字。《生命是什麼》收集的是薛丁格 1943 年在都柏林三一學院發表的七個演講，而《心靈與物質》是他 1956 年在劍橋三一書院的六個演講。《生命是什麼》以物理理論探討生命科學，而《心靈與物質》進入了哲學範疇。在這後記裡，我針對意識與心靈這個我高度關注的議題，發表一些看法。

薛丁格為什麼會在 1944 年《生命是什麼》發表的十多年後有興趣探討意識與心靈，而進入了哲學的範疇呢？主要是因為量子力學對於亞元子的現象的解釋無法與現實世界的特質

彌合。譬如著名的“薛丁格的貓”的思想實驗，說明了量子疊加的駁論。又譬如觀察者之間交換訊息的速度快於光速。為了解釋這些現象，薛丁格與他的同時代的物理學家，包括愛因斯坦、海森堡 (Werner Heisenberg)、狄拉克 (Paul Dirac)，與玻爾 (Niels Bohr) 等，制定了量子力學的理論。這些顛覆性的理論，一方面可以用來準確地預測電子和其他亞原子粒子（見下圖）的行為；但另一方面，令古典學者，包括他們自己，感到暈眩與不適。海森堡 1971 年在《Physics and Beyond》期刊發表的一篇文章裡，記錄了薛丁格與玻爾的談話。當談到量子躍遷 (quantum jump) 時，薛丁格說：

“如果所有這些該死的量子躍遷真的存在，我應該很抱歉，我應該很抱歉我參與了量子理論研究。” (“If all this damned quantum jumping were really here to stay, I should be sorry, I should be sorry I ever got involved with quantum theory.”)

當然，此句子的充分條件“量子躍遷真的存在”是成立的。所以薛丁格的道歉貌似成立。但是細看充分條件隱藏了“該死的” (damned) 形容詞，這道歉是有條件的？

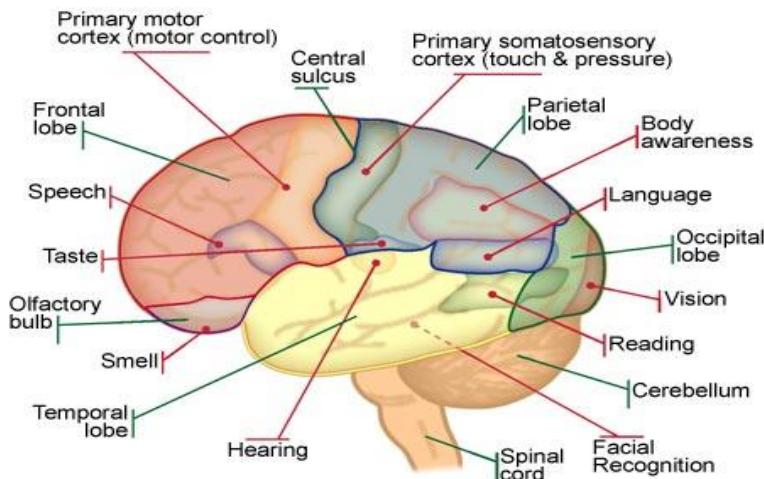


當量子力學理論質疑時間的存在，一顆粒子可以在兩個空間同時出現，個人與世界的既有觀念受到挑戰。在這個關鍵時刻，薛丁格經由德國哲學家叔本華的著作首次接觸到印度哲學的奧義書 (Upanishads)。奧義書主張：宇宙只有一個自我，而我們都與之合一。暫停！薛先生在《心靈與物質》第一章開宗明義聲

明：“無法證實、無從反駁的哲學理論對知識沒有價值？”但是卻支持無法證實、無從反駁的奧義書主張？讓我們一會兒理解的他的用意（請見 符號）。

在探討意識 (consciousness) 之前，讓我先做兩個聲明。第一，科學哲學心理學家至今仍然無法確定意識“住在”人體的哪一個部位。近年研究結果有的定位意識在大腦皮層內，有的定位在後皮質熱區裡。但是在某個軀體部位偵測到意識活動訊號僅代表那個部位可能參與了意識行為，不代表意識住在那裡。1980 年來許多實驗觀察到，即使腦部多個區域被手術移除，該個體仍然有正常的意識與記憶。基於這還是個沒有定論的問題，本文不討論意識的體內外定位。第二，本文假設意識是一個狀態 (state)。依照佛洛依德的定義，意識的四狀態為：有意識 consciousness、前意識 preconsciousness、潛意識 subconsciousness、與無意識 unconsciousness。我們只關注有意識與無意識兩個狀態。

接著讓我們定義三個名詞：感覺、感知、與記憶。首先，感覺 (sensation) 開始於感覺器官。一個感覺器官是對特定類型的刺激做出反應的特殊神經元。例如，進入眼睛感覺器官的光，會導致排列在眼睛後部的細胞發生化學變化。這些細胞以神經脈衝的形式向中樞神經系統傳遞信息。從感覺刺激能量到神經脈衝的變換稱為轉導。轉導代表了產生感覺的第一步。不同的感覺器官對不同的刺激做出反應，產生由中樞神經系統處理的信號。人的感覺器官有眼睛、耳朵、鼻子、嘴巴、與皮膚，分別替直覺、聽覺、嗅覺、味覺、與觸覺收集信號。薛丁格在《心靈與物質》第六章針對視覺與聽覺的品質做了精闢的分析。



Credit: Brainowensimage

感知 (perception) 需要整理傳入的感覺信息並且理解。為了讓感覺有用，我們必須首先為這些感覺賦予意義，這些意義創造了我們對這些感覺的感知。譬如，眼睛看到一個移動體，但感知需要理解此移動體的特徵，包括其大小、形狀、距離、速度等。對於上述的感覺的物體，一個可能的感知是行人正向路口快速移動。

將感覺和感知更準確地認定是持續發生的。如此，感覺結束的地方和感知開始的地方之界限更加流暢。的確，現代類神經網路的算法(neural network algorithms) 堆疊多層神經元，從單一輸入層，多層隱藏層，到單一輸出層。輸入層接收外部刺激，隱藏層運算刺激的特徵質，最後輸出層分類，賦予感知意義。拿類神經網路與我們的中樞神經系統構造相互參照，大腦半球的皮層是神經系統最重要的部分，保證了人體各器官的內部協調活動，以及人體與外界環境間的統一協調。左圖簡單的描寫腦部的結構與功能。腦部是由細胞建構的實體。小腦 (cerebellum) 掌管無意識行為包括平衡和器官運作。大腦可以概分成五個部分：枕葉 (optical lobe) 司視覺、頂葉司味覺與體感、顳葉司聽覺嗅覺、額葉掌管語言、皮層負責與感覺器官和隨意肌聯繫。

記憶是一個物理機制 (physical and mechanical mechanism)，它組織感知、儲存感知、進而檢索過去的感知。記憶不是由單個大腦區域支持的，而是由一組廣泛的大腦區域共同支持。然而，已知有一個大腦區域對記憶特別重要，它是大腦顳葉深處的一種結構，稱為海馬體。有多種方法可以研究大腦如何支持記憶，包括測試海馬體受損的患者。通過觀察他們倖免和受損功能的模式，我們可以更多地了解每個大腦區域對記憶的貢獻。另一種方法是使用核磁共振成像 MRI 技術研究記憶在大腦中的運作方式。我在 DeepQ Healthcare 擔任總經理時，應用了 MRI 及功能性 MRI 的訊號建立腦部三度空間的虛擬實境。醫生可以“行走在”虛擬的腦裡進行診斷。未來有關記憶甚至意識的研究，可以在三度空間內確切地觀察腦各部位的反應。

**時間**？如果我們只看單一感知，每一個個別感知沒有時間的概念。由於記憶媒介提供感知讀取與紀錄，必須加入索引 (index)。索引成就了先後的次序和“時間”。

**意識與心靈**，我們現在探討主題。

在討論解釋感覺、感知、記憶時，我們可以聯想到體內的實體，我們能夠以粒子或波形式 (wave-particle duality) 想像它們如何發生、與實體器官互動。在沒有聽過量子力學的“謬論”之前，我們生活地踏踏實實的。譬如我無法同時出現在工作地點和度假村。（雖然我的心靈可以。）我們充分的意識到時間，譬如今天早上我麵包烤得太久，焦了；明天下午三點得到機場接女兒。如果一如量子力學所預測的---粒子可同時出現在兩地，時間不存在，時空描述不可能---我們在現實世界經驗的時空是什麼呢？如果一個人果真可以同時出現在兩地，那麼所謂的不在場證明豈不是完全被顛覆了呢？而同時，量子力學已經在極其廣泛的實驗中經歷了極嚴格和精確的測試，未發現過任何矛盾。科學哲學家們試圖解釋量子力學理論對現實世界觀念的影響，但是許多流派有相互競爭的思想。經過近一個世紀的辯論和實驗，物理學家和哲學家在 2021 年今天仍未達成共識。物理學 2020 年諾貝爾獎羅傑·彭羅斯在他的《皇帝的新心靈》一書中明確的表述，人類現今的知識還不足以確切彌合這個裂隙。

回到薛丁格為何進入“無法證實、無從反駁”的哲學領域探討意識心靈，並且接受了奧義書主張？從薛丁格對波爾的互補定律的以下評語（收錄在沃爾特穆爾 1989 年出版的《Life and Thought》一書中）可以看出端倪：

“玻爾的觀點，即，時空的描述是不可能的，我不接受這個動議 (limine)。物理學不僅僅包括原子研究，科學也不僅僅包括物理學，生活也不僅僅包括科學。原子研究的目的是將我們有關於它的經驗和知識融入我們的其他思維中。所有這些其他的思維，就其與外部世界而言，都活躍在空間和時間中。如果它不能適應空間和時間，那麼它的整個目標就失敗了，人們不知道它真正服務於什麼目的。”

在未知領域裡發現新規則，就像是迷了路沒有地圖。我們必須不斷地探索 (explore)，建立假說，證實，然後再探索。針對「**意識，心靈是什麼？**」我參考薛丁格的看法以及近年來的發產來回應下列問題。讀者可以用個人經驗來核實薛丁格的見解，以理性來討論甚至反駁。請勿悖離柏拉圖第一性原則的思考方式喔（參考前言第 6、7 頁）。

1. 感覺形成感知，感知如何出入意識？
2. 意識與無意識的界線在哪？它們之間如何切換？
3. 意識與心靈的區別？一個心靈可以同時有多個意識嗎？
4. 意識或知識可遺傳學嗎？

## 一、感覺形成感知，感知如何出入意識？

廣義說，感覺來自感應儀器（sensors）。紐約城市學院理論物理教授加久道男（Michio Kaku）提出，意識生成之前需要取得資訊（information），而資訊來自感應儀器。任何有感應儀器的有機體都可能有意識。（某希臘古哲學流派認為無生命物體也有意識，在此不討論。）一個有機體的感應儀器數量愈多、愈多樣，收集的資訊愈複雜，則形成的意像也會相對複雜。譬如向日葵感應熱度轉向太陽以取得最大能源。植物的根伸向水源維持生命。感覺形成感知驅動了行為。而驅動的路徑可能經過意識也可能不經過意識。

薛丁格在《心靈與物質》第一章裡，舉了幾個例子佐證意識的出現多是為了學習新的技能。譬如學走路或騎腳踏車時，保持平衡是意識狀態下的目的。然而一旦學成，保持平衡的目的退出意識。我們平常走路騎腳踏車時，保持平衡的目標不呈現在意識中。換言之，面對新事物，意識參與了學習、與環境適應。當一系列事件以相同的方式頻繁地重複發生後，我們所參與的感覺，感知以及可能的反應行為，會逐漸從意識狀態中消失。但是，如果在這樣的重複中，追求目標的場合或環境條件不同於以前發生的重複事件，則那新目標會立即射入意識的範疇。我們每個人都可以根據個人經驗提供例子。譬如騎腳踏車時忽見行人衝出，騎士與行人立即個別將保持平衡避免碰撞的目標射入意識的範疇。立即的！因為他們從環境感知到的事件不是習慣性的。

我們的大腦和神經系統是粒子的建構。大腦和神經系統是容器，而意識已被證實了其有波的形式。我們所看到的世界不是客觀現實（reality）本身，而是經過感覺感知在畫布上的投射的意像。因為感覺器官接收的頻率（波長的倒數）有限，收取到的訊號不是世界的全貌。加上每個人的感覺器官構造不同，靈敏度不同，腦和中樞神經系統的結構不可能完全相同。這些不同就像不同的類神經網路模式有不同寬度、深度、與參數等等。即使他們接收完全相同的輸入，但是輸出的感知不會相同。而最後的意像是綜合所有不同感覺器官得出的感知，就好比綜合了多個類神經網路的輸出，然後投射在一片畫布上。整個過程是在無意識狀態下執行的。一直到一個“不可預期”事件扣下扳機。畫布上的意象射入意識範疇。意識開始綜合、分析、同時搜尋記憶、甚至要求某感覺器官提供更多信息，再研判、然後決定因應對策。

簡而言之，感覺器官收集訊號形成感知然後意象，意象潛伏於無意識狀態中。要從無意識狀態進入意識，必須被一個“不可預期”事件扣下扳機。意象射入意識，最終也許被寫入記憶也許被遺忘，然後那個意識鈍化、消失，被另一個取代。

**貝葉斯大腦** 大腦是一個貝葉斯推理機（Bayesian brain）的假說，在 1990 初年代成立雛形。圖靈獎得主 Geoffrey Hinton 建議，人工智慧的算法應該是生成模型（generative model）。同時，神經科學專家 Semir Zeki，使用腦電波圖（EEG）等儀器觀察在不同意識狀態下，大腦在不同的腦葉產生腦波。根據我們剛複習的腦部結構，我可以接受一個以視覺為主的意識不必考慮顳葉生成的嗅覺。Semir Zeki 近年使用虛擬實境做了更多實驗。實驗結果更加強了他對貝葉斯大腦假說的支持。但是許多學者反對，有些認為大腦能執行連他們都不懂的機率很荒謬，有些認為大腦無法正確的訂下貝葉斯先驗條件和估計先驗機率。贊成的一

方同意貝葉斯大腦的推理僅是近似的，因為人腦的資源有限、決策時間有限、以及偏見等等，先驗機率確實難以正確量化。讓我們可以靜觀未來發展吧。

## 二、意識與無意識間的界線與切換機制

薛丁格強調以下這個比喻，並要求我們劃下多道重點紅線：意識是一位老師。當我們進入一個陌生情狀，在無意識狀態的資料庫找不到對策時，無意識立即通知大腦把老師請出來。老師（意識）像精靈從瓶中顯現，先對收集到的信息進行分析再教導我們如何對應。當我們能夠應付自如，老師便歸回瓶中。當下一次我們進入一個相同的情況，熟練學成的武功在無意識狀態下被執行，老師不必再被請出。像有人自豪的說：“用臀部想都可以執行”，恭喜！那麼，老師被請出來送回去的物理、生理機制為何？

意識到無意識的切換可以用熱力學第二定律來解釋。一個密閉系統的熵在無干擾下持續升高，系統最終達到無意識的惰性 (inert) 狀態。反方向從無意識到意識的切換可以用量子躍遷解釋。類似薛丁格在《生命是什麼》第四章用圖十二解釋基因突變，無意識狀態在外在高於閥值的能源突然注入時，有機會躍遷進入意識狀態中。譬如我們坐在咖啡店室外深思，我們的眼睛雖然不停的在“看”，在收集訊號，但是視覺感知只在下意識中進行、我們的意識沈浸專注在沉思中。突然眼角出現一個物體快速接近，一剎那間，我們眼睛收到的訊號形成的感知不再被忽視，新意像立即射入意識範疇。意識判別是否造成威脅。如果是，意識判斷物體移動方向與速度。這個無意識到意識的切換速度比光速還快！生與死可能在一念間！

讀者現在可以試圖體會本文一開始展示的犛牛與咕哚圖畫的涵義。犛牛慵懶似乎沒有意識，咕哚試圖把犛牛的意識喚出，叫著它的名字 Yak、Yak。犛牛“醒了”，然後漸漸的它的意識又惰化了。咕哚幾次成功的喚醒犛牛後，呼喚成了慣性，犛牛再也無感了。就像子女沒有聽到父母的忠告（嘮叨）一般。他們不是故意的，是熱力學第二定律使然。此圖另一個意義是，咕哚 Yak 啼聲正是犛牛的英文名詞。咕哚與犛牛都不知道 Yak 在人類語言中的意義。人與人使用語言溝通也經常詞不達意，因為語言只能近似的表達意識中的意象。

由意識產生的判斷一定是利人利己的嗎？不。即使我們假設老師是萬能善良的，你我也不見得會依從。這是因為個體的身分 (identity) 總是注入主觀解釋。譬如種族歧視。此外，有機體的許多行動（譬如心跳，新陳代謝）不適合被意識管轄。回訪《生命是什麼》第六章開始的圖片內斯賓諾莎的名言：“身體不能驅動心靈去思考，心靈也不能驅動身體去運動…”。的確，我們不能控制五臟六腑的運作，我們無法以意識調控心率、血壓、或體溫等。我們能用意識來止痛嗎？我們可以在意識中關閉聽覺嗎？許多人體的運作是在無意識狀況下實行的。為什麼？因為意識會犯錯。那些用意識驅動心臟跳動的有機生物如果曾經存在，可能早被達爾文的物競天擇給淘汰了。此外，而最基本維繫生命的心跳、新陳代謝等，在胎盤階段能學嗎？胎盤沒有意識不可能學習。所以謝謝造物者神奇的恩典！

造物者給了我們的意識那些能夠依自由意志選擇的項目？容我們在第四節詳細討論。在那之前，做個小實驗。靜靜的坐下，我們可以用自由意志來決定我們未來一分鐘在心靈中呈現的意識嗎？即使我們的記憶給了我們慣性，無法在既有思路線上（譬如疫情的紛擾）立即跳脫出來。但是我們無法禁止我們“不想要的”意識射入心靈。思念、焦慮、等等感情的射入是量子力學的作用、而傷痛激情的遞減是熱力學第二定律的必然。我們經常束手無策，史丹佛大學的大學部學生，至少有四分之一尋求心理醫師的幫助。

### 三、意識 vs. 心靈（第二薛丁格等式）

薛丁格提出了構成科學方法基礎的兩個一般性原則，「自然的可理解性原則」和「客觀化原則」。薛丁格認為第一點“自然可以被理解”。但是第二點，稱之為客觀化，卻很難達成。他首先引用心理學家榮格（Jung）看法，同意不適合除去認知主體。榮格說：

“所有科學都是靈魂<sup>†</sup> (soul) 的功能，而靈魂為所有知識所根植。靈魂是所有宇宙奇蹟中最偉大的，它是世界作為對象的必要條件。令人極為驚訝的是，西方世界（除了非常罕見的例外）似乎對這想法不太尊重。外部認知對象的氾濫使所有認知主體都撤到背景，常常變得明顯不存在。”（<sup>†</sup>靈魂一字薛丁格極少提到或引用，只有在他的《什麼是生命》後記和《物質與心靈》第三章裡。）

榮格抱怨在物理學家的世界圖像中，為了服膺「客觀化原則」，排斥心靈 (mind)，疏忽靈魂 (soul)。薛丁格引述兩個對比例子作為補充。第一個是愛丁頓的“兩個寫字台”；一個是愛丁頓坐在那兒的熟悉舊家具，將他的胳膊靠在上面，另一個是科學的身體，不僅缺乏所有感官品質，而且還戳滿了孔；到目前為止，其中最大的部分是空虛的空間，只有虛無，散佈著無數微小的斑點，電子和原子核在旋轉，但它們之間的距離至少是其自身大小的至少 1,000 倍。在以出色的“塑型風格”將兩者進行對比之後，愛丁頓總結如下：

“在物理學世界中，我們觀看了熟悉生活的皮影表演。我的肘部陰影停在陰影桌上，同時陰影墨水流過陰影的紙張… 坦率的認識了物理科學只是與陰影世界有關，是近來物理界最顯著的進展之一。”

薛的第二個引用來自謝靈頓爵士（Charles Sherrington）發表的《物質世界的本質》。此書以誠實的態度探索物質與心靈之間相互作用的客觀證據而風靡一時。薛強調其“誠實”得特質。因為真理的追尋，確實需要非常嚴肅和真誠的努力，來尋找無法被人們深深信服的東西，因為在普遍的信念中它不存在。相關探討結果的摘要請參考該書第 357 頁：

心靈 (mind)，任何知覺可以指引的東西，走在我們的空間世界中比幽靈還幽靈。看不見，摸不著，甚至沒有輪廓；這不是一個“東西”。它沒有感官確認，而且永遠沒有。

用我自己的話來說，我會如此表述：心靈已經用自己的本質樹立了客觀世界，在自然哲學家的世界之外。心靈沒有其他方法應付這項艱鉅的任務，除非通過簡化的方式自我排除---撤退出概念創作。因此，後者（心靈創作的概念）不能限制其創建者（心靈）。

薛丁格引用物理學和心理學大老的意見，為的是指出一個事實，即“科學世界”已變得如此客觀，以至於沒有留下思想和直接感覺的空間。薛丁格大膽的進入探討心靈的領域，認為心靈是一體的、是永存的。每一個有機體內的心靈只是宇宙心靈的一個反應。這個論點需要一段時間靜坐來體會。先讓我用光來比喻心靈吧。

光普照世界，我們需要光的能源，直接或間接的來維繫生存。光、如此重要卻是免費的，我們不擁有它，白天打開窗戶光進入室內。我們把光反射給陰影中需要的人們，這是我們最卑微的慈善。我們依賴光，但是從不擁有、從不囤積、也從不帶走。心靈也是如此吧！因此薛丁格接受奧義書的主張：宇宙只有一個心靈，而我們都與之合一。我們的心靈像光一般，光沒有界線，心靈也沒有。心靈在軀體內也在軀體外，無所不在。我們可以看到億萬光年前的光，那光與眼前的光是一個，無限大無所不在！難道心靈不是嗎？在被稱為奧義書的古代印度文本中，薛丁格與他的量子物理同儕找到了他們理論的迴聲以及一個哲學基礎，以確保他們不再被量子力學的含義所迷惑。

而意識與心靈的關係為何？薛丁格在《生命是什麼》的後記，以及《物質與性靈》第四章提到“意識的心靈”（conscious mind）。所以可以確認兩個命題：第一、意識、心靈不是一體，意識是心靈的形容詞；第二、心靈可以處在意識、無意識、或其他狀態之中。薛丁格認為不論在清醒的時候或在睡夢中，在同一時間裡心靈只有一個意識。接下來這個引例非常有趣。薛說，在夢裡你與一些人在一起，除了你自己以外，其他人都不曾說話。你可能可以揣測他們的意念，但是你的心靈已經承接了你夢中的意識，它無法同時承接其他的意識。故，不可能有兩個人同時在夢裡說話。

總結本節討論：奧義書開始就認為 ATHMAN = BRAHMAN（個人自我等於無所不在無所不知的永恆自我），宇宙心靈永恆只有一個，自我心靈等於無所不在無所不知的永恆心靈。我們的意識是心靈的一個狀態。在一個軀體內，一個時間只有一個意識。意識來來去去，有些記載在記憶裡有些遺忘，而心靈永恆。這也是坊間傳誦的第二薛丁格等式：ATHMAN = BRAHMAN。（有關奧義書的更多細節，請參考維基百科等文獻。印度瑜伽大師 Sadhguru 的學說也深具啟發性。）

#### 四、意識、遺傳、與人類希望

解釋了意識與無意識狀態，我們應能接受除非寫入記憶，一個片段意識不能長存。即使我們的所學被寫入了記憶，記憶不會被寫回基因。換言之，一個人在世上的任何努力與作為不會改變基因。為了對此說法充分檢驗，讓我們先回到遺傳的討論。

我們先必須訪問有爭議的拉馬克 (Jean-Baptiste Lamarck) 主義。拉馬克主義的觀點為，親代生物體在其一生中通過---使用或廢棄---獲得的物理特徵傳遞給後代。它也被稱為後天特徵的繼承。薛丁格認為，在不改變達爾文主義基本假設的情況下，拉馬克主義必須修改。原來（錯誤）的拉馬克主義認為：器官（a）被使用，（b）因此得到改善，並且（c）改善傳遞給後代。薛丁格的修正為：器官（a）經歷了偶然的變化，（b）使用有助益的功能，通過積累或至少通過**強調選擇**，（c）世代相傳，所選擇的突變構成了持久的改善。根據朱利安·赫胥黎 (Julian Huxley) 的說法，拉馬克主義最引人注目的模擬是，啟動該過程的初始變異不是真正的突變，還不是可遺傳類型的突變。但是，如果有利可圖，它們可能會被他所謂的自然選擇所**強調**。拉馬克主意修改方案暗示我們在意識狀況中學成的技能被放在記憶裡。如果該技能是有益的，而且未來基因突變又恰巧吻合該新技術，則該突變會被**強調選擇**“捕獲”。

好，即使我暫時接受這個假說。但是沒有人看到任何的實證。譬如很多人學游泳而且游泳事實上有利生存。但是游泳在人類幾百萬年進化旅程中一直被重覆學習，還是它沒有因為被青睞而寫入基因。或許幾百萬年所有的隨機突變沒有游泳技能的突變，所以無從捕捉？也或許有嬰兒突變有腮，立刻被判為異類遭到殺害。總之，沒有證明，爭辯無謂。即使修正的拉馬克主意是對的，在極端歧視的人類社會裡還會是被“人替天擇”了！

如果我們在世的努力無法藉遺傳幫助人類進步，有其他的希望嗎？薛丁格悲觀的答案是“沒有希望！”薛丁格的兩個原因如下：

1. 優勝劣敗是達爾文進化論的基礎。但是在五千年前左右，人類戰爭的勝利者不見得是“較優”的一方。近代戰爭更不必說了，根本就是相互大規模以殺人科技進行無選擇性的屠殺。
2. 人道主義為人性的最崇高行為準則。人道主義的資源分配與達爾文主義的優勝劣敗不彌合。

二十一世紀基因工程的發展改變了基因突變的唯一的自然途徑。但是就像核能技術與人工智慧技術一樣，人類多了一項助人的科技也多了一條自我毀滅的途徑。

立基於“有序從無序”的熱力學和物理統計學，以及“有序從有序”量子基因學，薛丁格傾向於決定論。每個原子似乎自由移動，但是整體的趨勢是不能改變的---在統計物理學裡不可逆向的向衰亡收斂。

也許個人“感知”有自由，但是細想，這可能是個錯覺。一個人絕大部分的特徵與性質是命定的。除了基因遺傳不可選擇以外，你我的身分 (identity) 遺傳，包括國籍、種族、家庭、生理、心理狀態、經濟環境、以及最不可思議的**仇恨**皆不在自由意志的選項中。在人類社會裡，仇恨實質上是軟性遺傳的。你生在 A 國，A 國歷史要求你仇恨 B 國。就像武俠小說千篇一律的情節一般，故事開始總是一個國仇家恨悲劇的背景，主角一生以復仇（國仇、師父仇、家仇）為己任；否則不忠、不孝、不仁、不義等情感壓力變排山倒海而來。印度

瑜伽大師 Sadhguru 同意，生來的身分幾乎綁定了一個人的道路。是有突破者，但是鳳毛麟角！對絕大部份人真正能夠有高度自由選擇機會的，大概只有點餐吧！

薛丁格在《生命是什麼》的第七章結論：單個原子/分子的行為可能是隨機的，我們無法預測其行為，但是當數量眾多時，已知會收斂到最大熵。以此類推，我們不知道一滴小小的水珠跳躍在河床的岩石之間，會向左或向右流動。但是我們可以確定這條河流入大海。

但是我覺得還有唯一的一個希望：**歷史長河中的確是有突破者，雖然鳳毛麟角！人類進化靠的就是這些頑固的真理追求者！**

### 結語、一個尷尬的反證

薛丁格堅信宇宙只有一個心靈，你儂我儂。這對我是極大的鼓舞。根據熱力學第二定律，軀體必定退化，而心靈可以永存。你我可以不必浪費意識浪費時間整形、化妝、假裝，因為終究是要裸裎相對的！

但是攬局的是，薛丁格的情婦 Sheila May 離他而去時留下一封信，推翻了第二薛丁格等式：

我看著你的眼睛，尋找  
 所有的生命都在哪裡？噢.....  
 那裡 那個精神，你說  
 不再是你或我，而是  
 我們，一個思想  
 一個存在  
 .....  
 你可以一生愛我，但是  
 我們現在是兩個，不是一個

### 後記修改歷史：

V1：2021/11/20

V2：2021/11/26

# 附錄：歷史封面



## 譯者、設計者簡介

**Edward Y. Chang**, a pioneer of data-centric deep learning, is an adjunct professor at Stanford CS department since 2018. He also serves as an AI/NLP advisor at SmartNews and founded Ailly.ai, at both posts working on voice-based NLP. Prior to his current positions, Ed was the president of HTC Healthcare (DeepQ) from 2012 to 2021. Between 2006 and 2012 he served as a director of research at Google, leading research and development in areas including scalable machine learning, indoor localization, Google Q&A, and recommendation systems. Between 1999 and 2006, Ed was a tenured full professor of Electrical & Computer Engineering at the University of California, Santa Barbara. He joined UCSB in 1999 after receiving his MS in Computer Science and PhD in Electrical Engineering from Stanford University. He is a recipient of the NSF Career Award, Google Innovation Award, US\$1M Tricorder XPRIZE (AI for disease diagnosis) Award, and ACM SIGMM test-of-time paper honor (2001-2021). Ed is an ACM Fellow and IEEE Fellow for his contributions to scalable machine learning and healthcare.

**Rosalind J. Chang** is an artist and designer based in Los Angeles. She graduated from UCLA with a bachelor's in design media art and has worked at various design agencies including Stink Studios and B-Reel. She currently works at Instrument where she is on the team designing for Google products.