

大 學 用 書

# 自 然 自 然 學 科

張 先 辰 著

香 港 文 化 供 應 社 印 行

自然與自然科學

# 自與然自然科學

有著作權★不准翻印

民國三十六年二月港初版

基本定價三元五角

(外埠酌加郵運費)

著作人 張先辰

發行人 陳劭先

印刷者 嘉華印刷有限公司

香港德輔道西三〇八號  
電話：二五九四二

發行所 文化供應社

香港：九龍漢口道廿六號四樓  
桂林：桂西路三十號  
廣州：西湖路一〇二號  
上海：河南路三二八號

## 序 言

這本小書的前身原是四年之前爲廣西大學文法學院所編的「自然科學概論」的講義，在經濟系與政治系曾經重覆講授過兩年。當時聽講的學生因感油印有種種不便，頗望付印成書。但我以編寫匆促，再加戰時許多書籍無法找到，參考不週，在未經仔細修改整理以前，殊無將它問世的自信。後來「自然科學概論」課程停開，這部舊稿便也被擱置在書架上而了。

兩年以來，那些曾經聽過講的青年朋友在日常接談之間仍不斷向我表示他們對於這書出版的關心，其中途離開了學校的也屢屢來信以這書的出版消息爲問。這不免使我內心常起一種宿債未償似的歉然之感。而我自己，既曾在這裏面費過若干心血，自也不無敏帶自珍的意思。但其間因爲他種工作的繁忙和俗務的羈身，始終抽不出較充裕的時間來作一次細心的修改。因此，兩年的光陰便在負疚的心情中悄悄地拖延了過去。到了去年暑假，第一次聽講的那班學生竟然畢業離校，最後聽講的那班學生也將於今年結束他們四年間的學業。我感覺我不能再事拖延。加以文化供應社諸先生的鼓勵和催促，使我終於立下決心對舊稿整理了一番，更



名為「自然與自然科學」送它與世人相見。

關於這書的內容，值得在這裏提一下的有兩點：

近代自然科學除了產業上的非凡貢獻之外，在人類思想上最偉大的成就，莫過於從物質運動的本身說明了宇宙和生物的起源，又從生物進化的過程說明了人類發生的歷史。這書的第一編便以近代自然科學各部門的成果為根據，對物質運動和自然發展的各個過程作了一個系統的說明。其次，自然科學實即人類對自然之本質與法則的一種認識。自然科學發展的歷史，亦即是人類對自然之認識發展的歷史。但人類並非以「自然人」的身份去認識自然的，人類是以「社會存在」的資格通過生產勞動去接觸自然認識自然的。自然科學的發展不是一個自然過程，而是一個社會過程。因之，為了使自然科學的本質得到較明確的理解，這書第二編乃從社會經濟發展的相互關聯上去考察了自然科學歷史發展的過程。此其一。

其次，目前我國文化界最顯著的一種現象是，越是缺乏自然科學素養的人，越少接近自然科學的機緣，因為自然科學的那些乾燥的公式和深奧的問題，是往往令未入其門的人只好望洋興嘆的。同時，在他一方面，專攻自然科學的人又往往只埋頭於其所專攻的問題，學貴專精，這並非不好，但結果便難免於只見樹木而不見森林，不特對自然科學與其他部門學術間的關係

認識不足，即對自然科學各部門的成果也缺乏綜合的理解。這在科學化運動的推行上不能不說是一種急待補救的缺陷。如前所敘，這書原是以學習社會科學的人作為講授的對象的，所以對於自然科學的艱澀的公式和偏枯的問題會設法避免，而於其與哲學和社會科學相關涉的處所則不惜予以較詳細的說明。因此，著者在這裏不免懷着一個卑微的願望：對缺乏自然科學的素養的讀者，希望這書能幫助他關於自然和自然科學的智識獲得一個輪廓的理解；對專攻自然科學的讀者，則希望這書能幫助他關於近代自然科學之綜合的成果及其與哲學和社會科學的關係增進若干的認識。

著者自序於良豐西大 一九四七年一月十日

# 目次

## 第一編 自然的體系……………九

### 一 物質……………九

1. 物質的構造
2. 重量、質量、時間、空間
3. 物質的運動

### 二 宇宙的演變……………三三

1. 宇宙概觀
2. 太陽系
3. 宇宙創生論

### 三 地上生命的起源……………六六

### 四 生物的進化……………六三

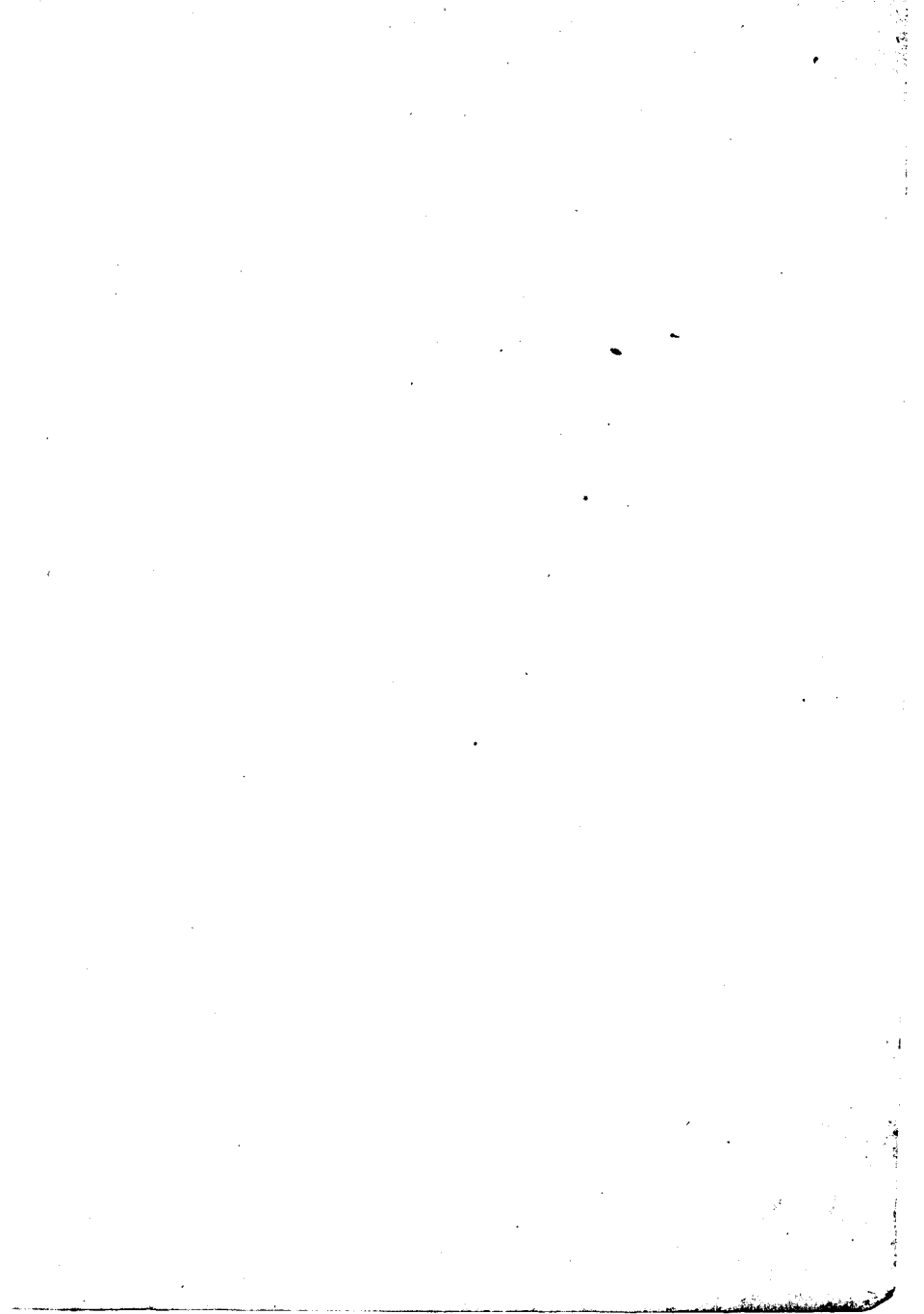
### 五 由動物到人類……………六一

### 六 精神作用的物質基礎……………九三

## 第二編 自然科學史論……………一〇四

一	原始人對自然的認識·····	一〇四
二	埃及人與巴比倫人的科學知識·····	一〇六
三	希臘人對於科學的貢獻·····	一一三
四	科學史上的空白·····	一一〇
五	文藝復興運動與地理的發現·····	一一三
六	近代自然科學之誕生·····	一四七
七	近代自然科學之發展(上)·····	一五〇
八	近代自然科學之發展(下)·····	一六五
九	餘論·····	一七三

自然與自然科學



# 目次

## 第一編 自然的體系……………九

### 一 物質……………九

1. 物質的構造
2. 重量、質量、時間、空間
3. 物質的運動

### 二 宇宙的演變……………三

1. 宇宙概觀
2. 太陽系
3. 宇宙創生論

### 三 地上生命的起源……………六

### 四 生物的進化……………六二

### 五 由動物到人類……………八一

### 六 精神作用的物質基礎……………九三

## 第二編 自然科學史論……………一〇四

一	原始人對自然的認識.....	一〇四
二	埃及人與巴比倫人的科學知識.....	二〇八
三	希臘人對於科學的貢獻.....	二二二
四	科學史上的空白.....	二二〇
五	文藝復興運動與地理的發現.....	二三三
六	近代自然科學之誕生.....	二四七
七	近代自然科學之發展(上).....	二五五
八	近代自然科學之發展(下).....	二六三
九	餘論.....	二七三



## 序 言

這本小書的前身原是四年之前爲廣西大學文法學院所編的「自然科學概論」的講義。在經濟系與政治系曾經重覆講授過兩年。當時聽講的學生因感油印有種種不便，頗望付印成書。但我以編寫匆促，再加戰時許多書籍無法找到，參考不週，在未經仔細修改整理以前，殊無將它問世的自信。後來「自然科學概論」課程停開，這部舊稿便被擱置在書架上。面了。

兩年以來，那些曾經聽過講的青年朋友在日常接談之間仍不斷向我表示他們對於這書出版的關心，其中中途離開了學校的也屢屢來信以這書的出版消息爲問。這不免使我內心常起一種宿債未償似的歉然之感。而我自己，既曾在這裏面費過若干心血，自也不無敝帚自珍的意思。但其間因爲他種工作的繁忙和俗務的羈身，始終抽不出較充裕的時間來作一次細心的修改。因此，兩年的光陰便在負疚的心情中悄悄地拖延了過去。到了去年暑間，第一次聽講的那班學生竟然畢業離校，最後聽講的那班學生也將於今年結束他們四年間的學業。我感覺我不能再事拖延，加以文化供應社諸先生的鼓勵和催促，使我終於立下決心對舊稿整理了一番，更

名為「自然與自然科學」送它與世人相見。

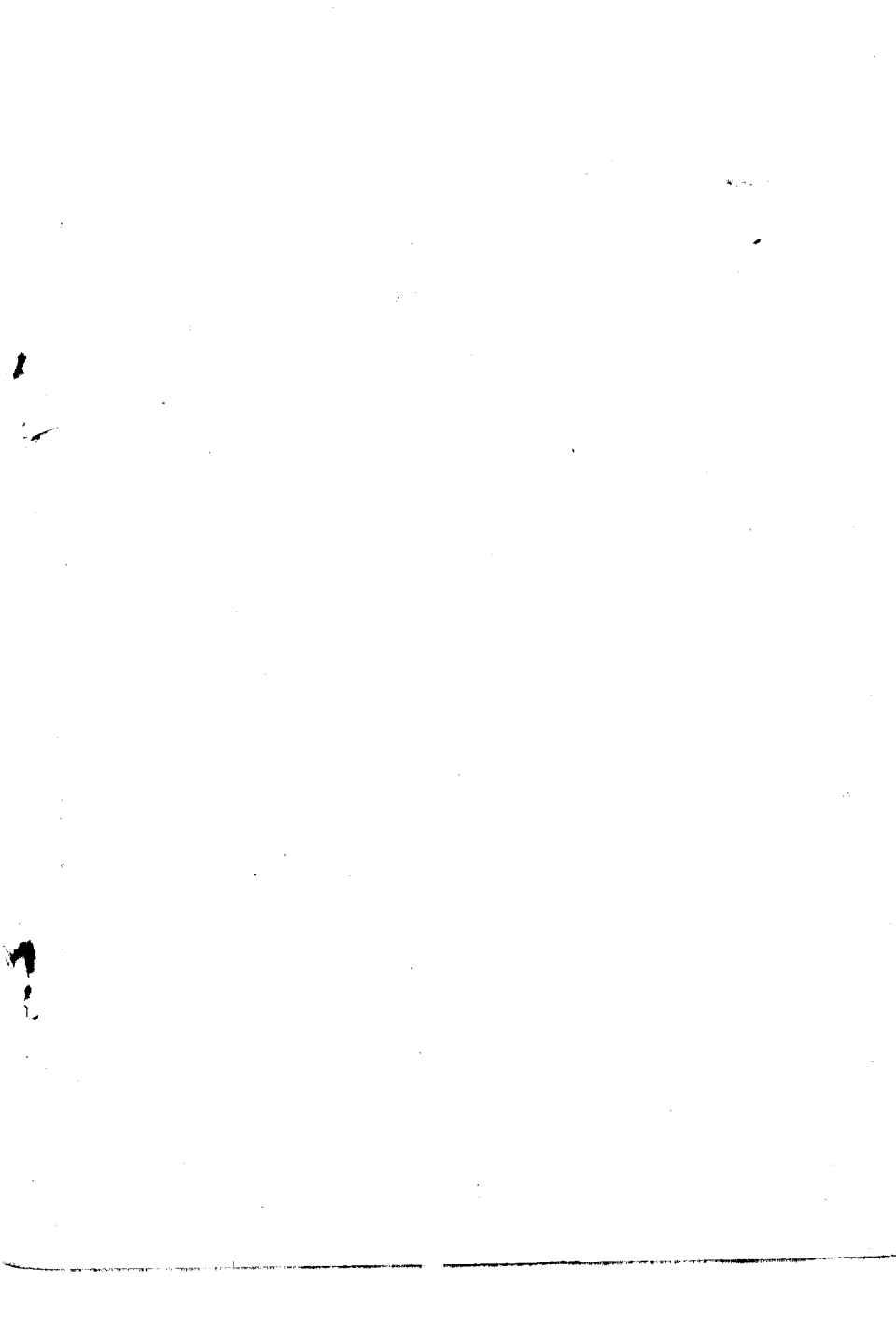
關於這書的內容，值得在這裏提一下的有兩點：

近代自然科學除了產業上的非凡貢獻之外，在人類思想上最偉大的成就，莫過於從物質運動的本身說明了宇宙和生物的起源，又從生物進化的過程說明了人類發生的歷史。這書的第一編便以近代自然科學各部門的成果為根據，對物質運動和自然發展的各個過程作了一個系統的說明。其次，自然科學實即人類對自然之本質與法則的一種認識。自然科學發展的歷史，亦即是人類對自然之認識發展的歷史。但人類並非以「自然人」的身份去認識自然的，人類是以「社會存在」的資格通過生產勞動去接觸自然認識自然的。自然科學的發展不是一個自然過程，而是一個社會過程。因之，為了使自然科學的本質得到較明確的理解，這書第二編乃從社會經濟發展的相互關聯上去考察了自然科學歷史發展的過程。此其一。

其次，目前我國文化界最顯著的一種現象是，越是缺乏自然科學素養的人，越少接近自然科學的機緣，因為自然科學的那些乾燥的公式和深奧的問題，是往往令未入其門的人只好望洋興嘆的。同時，在他一方面，專攻自然科學的人又往往只埋頭於其所專攻的問題，學貴專精，這並非不好，但結果便難免於只見樹木而不見森林，不特對自然科學與其他部門學術間的關係

認識不足，即對自然科學各部門的成果也缺乏綜合的理解。這在科學化運動的推行上不能不說是一種急待補救的缺陷。如前所敘，這書原是以學習社會科學的人作為講授的對象的，所以對於自然科學的艱澀的公式和偏枯的問題曾設法避免，而於其與哲學和社會科學相關涉的處所則不惜予以較詳細的說明。因此，著者在這裏不免懷着一個卑微的願望：對缺乏自然科學的素養的讀者，希望這書能幫助他關於自然和自然科學的智識獲得一個輪廓的理解；對專攻自然科學的讀者，則希望這書能幫助他關於近代自然科學之綜合的成果及其與哲學和社會科學的關係增進若干的認識。

著者自序於良豐西大一九四一年一月十日



## 第一編 自然的體系

### 一 物質

#### 物質的構造

根據哲學上的見解，物質是離開我們的意識而獨立的客觀地存在着的，可以通過感覺反映到我們意識中的東西。因之，宇宙間一切存在與現象，都是客觀物質之真實存在與其作用的结果。

自然科學的中心任務，便可以說是研究客觀地存在着的物質之構造和發展及其法則的。上述的哲學見解雖然是在具體的科學研究之上建立起來的，但自然科學不能以這種綜合的抽象的哲學見解為滿足，而要深入到物質的內部去，加以詳細的分析解剖，以圖獲得較詳確的認識。

自然科學研究的步驟，第一是觀察或實驗一切作為物質的存在與作用之表現的自然現象。第二是將觀察或實驗所得的材料記述下來而作成簡要的法則。第三是系統地對這些記述

下來的法則作一貫的說明，最後則又用新的觀察和實驗來校正過去所作的說明。所以自然科學的智識雖以精確為主，但却並不限於樸素的感覺事實。因為物質的大小，兩端都沒有絕對的極限，人類感覺所能直接認識的只是中間一個極窄狹的部分。我們要想對物質作更正確更普遍的認識，我們要想由相對的真理漸次逼近絕對真理，便只有打破直接的感覺材料的窄狹限制，而運用間接測量和思考去說明種種記述的事實。這種說明的根據便是假說。假說並不是幻想，不是任意可以製作出來的，而是從既知的事實產生，又須受新發見的事實的支持。假說所構成的圖像雖超乎直接的感覺事實之上，但仍以感覺事實為其根基。所以假說只要在實踐中不會碰着矛盾，便是相對的真理，便是客觀世界相對真實的模寫。

近代自然科學偉大的進步之一，便是一面雖根據着感性的材料，而一面又能擺脫了直接的感性材料的束縛，而深入到物質的為感覺所不能直接察知的領域裏去，以發掘物質潛藏的奧秘，窺探物質複雜的內容。因了豐富的材料發見，近代科學對於物質已構成了一幅相當精微的圖像，迥非過去的物質知識所能比擬。但這種圖像仍是不完全的，非絕對的。現在我們關於物質的知識，只不過表示人類對於自然世界認識的一個階段。物質內容豐富複雜，正如人類過去完全不會認識它一樣，現在也仍然不能完全認識它。雖然人類現在的智識較之過去已經大

為進步。將來，隨着生活實踐的進展，隨着一般自然科學的發達，我們對於物質內容所知當更精微深遠；客觀實在的物質之真像，當能更明確更清楚地被我們所認識。

近代科學對於物質認識最重要的根據，是從化學的事實上所得的兩個定律。第一，兩種元素化合時，他們質量的比是一定的。例如氫和氧化合而為水時，其重量之比常為 $1:8$ 。這叫做定比定律。第二，甲元素與乙元素化合，成二種以上的化合物時，對於一定量甲元素的乙元素之分量，互成簡單的比例。例如一氧化碳與二氧化碳，對於 $16$ 單位碳之氧的分量，在前一化合物中是 $16$ ，在後一化合物中是 $32$ ，其比例為 $1:2$ 。這叫做倍比定律。對於這種由事實所得的歸納法則之簡單與充分的解釋，即是假定每種元素由原子所構成。這種原子各有一定的質量。同一元素的原子，性質與質量都各相同，不同元素的原子，其質量與屬性，各不相同。構成一切物質的元素，據現在所知道的有九十二種。（其中有三種還沒發現）。所以原子也有九十二種。一切化合作用，都是種類不同的原子活動的結果。不同的原子相結合，乃構成一切化合之極小的基本單位，叫做分子。上述例子中所說的水，不管其來源如何，既都是由同樣的水分子所組成，而每一個水分子又是由一個氧原子和兩個氫原子所構成，所以每個水分子中氧與氫的重量成一定的比例，因而無論由怎樣得來的水，其中的氫氣重量當也成一定的比例。其他各種元素互相化合時所構

成之質量的比例，也可用同樣的方法去解釋。至於由於氧化碳及二氧化碳的例子所表現的倍比定律，用原子說也很易說明。一氧化碳（CO）的分子中含有一個氧原子及一個碳原子，而二氧化碳（CO<sub>2</sub>）的分子中含有兩個氧原子及一個碳原子。在這兩種不同的化合物分子中，對於一個碳原子，前者含有一個氧原子，後者含有兩個氧原子，即前者與後者中的氧原子成 1:2 的簡單比例關係，所以在這兩種不同化合物中，對於一定分量的碳，其所含的氧之重量互成 1:2 之簡單的比例，其他兩種元素化合成多種不同的化合物時，所生的倍比關係，也可用這樣的方法去說明。

原子說不特可以解釋各種化學變化，而且許多物理上的現象，也須在原子說的基礎上才能說明。

普通物質以固體、液體、氣體三種狀態而存在。宇宙間各種物質，只要使溫度與壓力增高或降低都有變成這三種狀態的可能。例如空氣在尋常溫度與壓力之下，固是氣體但在臨界溫度 140°C 以下加四十氣壓的壓力，便可成爲液體，到零下 218°C 並可構成固體。又如金屬在尋常溫度大都爲固體，溫度加高便可成液體。如使溫度增高，則也可使之氣化。汞在尋常溫度是液體（沸點 — 30°C）到 300°C 即成氣體，鉀的融點是 62°C，沸點是 720°C，金的融點是 1062°C，沸



沸點是 $100^{\circ}\text{C}$ 。從此看來，物質三態，不過是物質在不同的條件下之三種表現，並不能表示物質本來的相異。但物質為甚麼在不同的條件之下便有這種不同的表現呢？當其在作這種種表現時內部的狀態如何？要解答這個問題，就不能不借助於「分子」的概念。

分子與分子間有力作用着。這種力叫做分子力。固體分子間的距離很小，所以分子力作用大。各分子受這種力的影響，只能被束縛在一定的位置上，不能自由活動。在零下 $273^{\circ}\text{C}$ 時，分子完全靜止。（不過事實上現在還不能製出零下 $273^{\circ}\text{C}$ 的低溫。）隨着溫度的增高，分子的振動範圍也漸次加大。溫度增高到一定程度，固體分子便開始脫離位置上的束縛，而獲得比較廣大範圍的活動自由。這一定的溫度便是融點。物質在這種溫度下由固體轉化為液體。液體中分子運動雖較在固體中自由，但仍受相當的限制，不能任意與整個液體脫離關係。但在相當溫度和壓力下，在液體表面，運動激烈的分子，能向外面飛出。溫度愈高，液內分子運動速度大。分子自液體飛出液體外的亦愈多，這個現象，就是液體的蒸發。當溫度增高至一定程度，則液體內分子所獲的動能使分子能超越一切阻力而飛出液體的範圍。這種態度就是沸騰。這時的溫度稱做沸點。液態的物質在這時轉化為氣體。氣體中的分子，彼此距離較遠，其互相作用之力較微，所以常常以很大的速度運動着。空氣在 $0^{\circ}\text{C}$ 時以每秒 $447$ 米達的速度向各方面運動。

分子在運動的時候，第一，必互相衝突，第二，必與容器之壁衝突。一定容器以內所貯的數十萬數百萬個分子，碰到器壁而跳回。跳回的分，又互衝之後，去碰器壁，衝突於器壁時的打擊，便是作用於器壁的氣體壓力。在實驗中如果溫度不變，一定量氣體的壓力與體積成反比（波以爾定律）。因為體積如果減小，則分子的密度增大，因而對於器壁衝擊的次數增多，壓力當然增高。大如果體積不變，而增高溫度，則壓力也增加。因為體積一定，所以分子的密度不變。但溫度增高，則分子運動的速度增加，分子速度增加，則每秒間對於器壁每一單位面積的衝擊次數增加。結果氣體壓力當然加大。不但氣體的壓力是分子運動的結果，即是熱能也不外是分子運動的一種表現形態。所謂加熱於物體，實即是使其分子運動的速度加大。而分子運動速度加大，即其溫度增高。摩擦生熱，即是物體的機械動能變為分子的動能的轉化過程，而蒸氣機關的作工，則是分子動能向機械能的轉化。熱的傳播，也無非是分子動能的移轉過程而已。

分子雖然是一種假說，但因其能完滿解釋種種現象，並且隨着科學的發達，證明其存在的事實也漸次增加，所以這種假說也成為人所共認的真理了。證明分子真實存在的比較直接而明顯的事實是勃郎運動（Brownian movement）。英國植物學者勃郎（Brown）在1827年研究植物時，在顯微鏡下，發現了浮在水中，如塵埃那樣微小物體，作非常不規則的運動。經研

究的結果，知其既非微生物的作用，也不是枱或容器振動的關係，也不能把這種運動歸諸水的流動。因為假若是水的流動關係，那末相鄰的微點，必起同樣的運動。然而事實則恰相反對。這些微點各起獨立的運動。所以結果只能把這種現象的原因歸結到水的分子與微點衝突。因為水分子向各方面運動，而與微點衝突，其衝突的方向有時向左有時向右，很不規則。所以微點亦作不規則的運動。用400倍到500倍左右的普通顯微鏡，便可看見勃朗運動。這是分子真實存在的一個很好的佐證。

分子的絕對質量及其大小，也已用間接的方法測得。氫分子的半徑為  $2.55 \times 10^{-8}$  cm，氮為  $2.20 \times 10^{-8}$  cm，氧為  $3.5 \times 10^{-8}$  cm，氖為  $3.38 \times 10^{-8}$  cm，鎂為  $3.41 \times 10^{-8}$  cm，鈉為  $5.84 \times 10^{-8}$  cm，汞為  $5.86 \times 10^{-8}$  cm 等。由分子的大小，更進而算出氫分子質量為  $3.32 \times 10^{-24}$  克。其他各種元素的分子質量，都可由原子量的比例而算出。

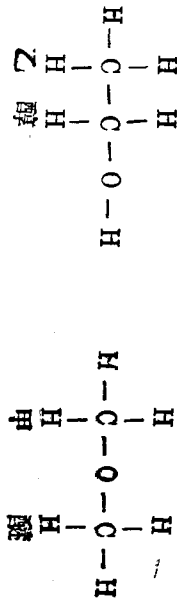
分子既在種種事實上獲得了存在的根據，那麼作為其成立之基礎的原子之存在，當也就沒有疑義了。

據現代科學所知，宇宙間的物質統為九十二種不同的元素所構成。而如上所說每一種元素的最小單位又是原子。所以龐雜陸離的物質世界，實際上就是九十二種不同的原子所組成。

物質世界的各種多樣的性質，祇是九十幾種簡單的原子所表現的狀態而已。

原子化合而成分子的時候，分子與原來的原子的性質已截然不同了。例如氫原子與氧原子化合而成水分子，則水分子的性質既不同於氫原子又不同於氧原子，也不是氫原子的性質與氧原子的性質之機械的總和。乃是氫原子與氧原子之更高級的綜合的產品。由同元素原子所構成的分子，也與原子的性質不同。例如氧分子的性質與氧原子便不相同。氧分子( $O_2$ )是由兩個氧原子所構成的，而臭氣分子( $O_3$ )是由三個氧原子所構成的，兩者的性質也很有差異。兩種或兩種以上不同的原子互相化合，構成多種的化合物時，因參加化合作用的原子的數目不同，結果所成的分子之性質也互相殊異。一氧化碳和二氧化碳同是氧與碳兩種原子相化合的分子，但因參加化合作用的氧原子數目不同，所以兩者的性質互異。在有機化合物中，這種例證更多，烷系列( $C_nH_{2n+2}$ )醇系列( $C_nH_{2n+2}O$ )酸系列( $C_nH_{2n}O_n$ )等，都是因為參加化合作用的原子數目之變化而發生性質的差異，以構成多數性質不同的分子。烷系列中最低的是沼氣( $CH_4$ )，而最高的是十六烷( $C_{16}H_{34}$ )，是無色的固體，在 $21^\circ$ 融解。在 $278^\circ$ 蒸發，在這兩者中間的分子，都各性質不同。其次，在有機化合物中，比較複雜化合物的分子雖各種所含原子之種類與數目都相同，但因原子結合的狀態不同，也可產生異性的分子。例如最

簡單的乙醇及甲醚，都由一氧原子二碳原子六氫原子所化合而成（ $C_2H_6O$ ），但因內部構造



不同。所以結果成爲性質不同的兩種分子了。這種化合物，叫做異性體。如果分子中包含碳原子數愈多則其所結成之異性分子種類亦愈多。分子最單純的是由兩個原子所結合而成，如氧氣（ $O_2$ ）氫氣（ $H_2$ ）氯化氫（ $HCl$ ）氯化鈉（ $NaCl$ ）氯化銅（ $CuO$ ）等。最複雜的如蛋白質分子及澱粉分子，則是由一千乃至一萬以上的原子所構成。

因此，世界上各種顏色，嗅味，硬度，融點，沸點，以至於有用無用等等屬性絕不相同的物質，都是由於九十多種不同的原子彼此結合的方法和數目相異所生的結果。物質的固、液、氣三種狀態，則是其在不同的溫度與壓力等外在條件下所表現的形式。礦物、植物、動物則只是各原子結合的複雜程度不同之產品。總之，九十多種不同的原子，實是構成絪縕萬彙的磚石。

但原子是否即物質的終極要素？原子究是不是不可分割的九十幾種原子彼此是否即絕

對地互相隔離，其間毫無相通的道路。這是一向被人懷疑着，而輒近科學上新發現的許多事實却又相繼給這些問題以否定的答覆。

十九世紀之初，有一個叫做普宰特 (Prout) 的化學家曾設一種假說，以為氫原子是一切他種原子構成的要素，一切原子都因其所含的氫原子數目不同之故而產生相異的性質。但若果如此，則一切原子的原子量必為氫原子量的整倍數。然而氦原子量為 4，氧原子量為 16，雖為整數，其他原子量如氮為 14，鉀為 39.1 多含不規則之小數，均非氫原子量 1.008 之整倍數。這個事情，在當時無法解釋，所以普氏的假說，不能成立。其次按照原子量的順序，將各原子排列起來，則各原子的化學性質間有相當的規律性。最普通表出此項規律性的，是門德雷葉夫 (Mendeliev) 與邁爾 (Lothar Meyer) 所發見的原子週期表。原子的化學屬性每隔九位便大致相似。例如氦 (He) 氖 (Ne) 氫 (Ar) 等性質彼此相似，而鋰 (Li) 鈉 (Na) 鉀 (K) 等也約略相同。原子的化學屬性與他們的原子量之間有週期變化的關係。這種性質與量間密切的關係當然很易令人想到原子的內部還有很複雜的組織，還包含着更細微的單位。

但進一步促進電子的觀念之產生的，是電解現象 (Electrolysis)。將電流通過能傳導的液體如鹽之溶液或酸溶液等，便能將其元素分解開來，使其一種由陽極析出，一種由陰極析

出。例如在食鹽溶液中通電，則鈉集于陰極，而氯氣自陽極放出，並且所通過的電流之量與被分解的物質之量間成一定的比例，這種現象，用「原子爲物質完整無缺不可分割的小質點」之假定，便不能解釋。在這裏只能假定一種比原子更小的電子，在溶液中與原子相結合使之成爲游子。原子與陰電子結合即爲陰游子，與陽電相結合即爲陰游子。在溶液中陰陽游子之數適等。當在此液內插入一陰極與陽極而通以電流時，則因電之吸力作用，陽游子趨向陰極，陰游子附集陽極，電流得以通過，而游子將所荷之電子卸交電極後即成爲中性原子分解而出。

電解現象雖引起電子的觀念，但仍不能算是電子存在的直接證據。可以作爲電子存在之真憑實據的，是真空放電的現象。由玻璃管的兩端插入白金絲，將其抽成真空，通以電流。則有帶陰電的細粒由陰極飛出。它的速度，因管中的真空程度而異，但總是非常大，約爲光速的十分之一至十分之三（光速每秒 300,000 呎，一秒間可以環繞地球七週半。）一電子的質量是  $9.109 \times 10^{-31}$  克，約等於氫原子質量的一千八百分之一，並且無論用何種方法從何種地方放射出來的電子都是一樣。最初一般人還以爲電子是一種原子，到後來放射物質發現了，才知道它是構成一切原子的成分。

有若干萬原子量約元素，如鐳（原子量 226.0）如鈾（原子量 238.2）釷（232.1）等，放

射出兩種粒子，名d粒子與B粒子。這些粒子的性質由實驗可以測知。B粒子是單純的陰電子，和由真空放電所得的電子一樣，以 $1/3$ 的光速進行，d粒子則更大且複雜了許多，帶二陽電子，其質量等於氦原子，經研究的結果，知道d粒子和B粒子都是由複雜的原子的核心放射出來的。它們證明原子的實際的分裂。放射元素每經一度的分裂，即變成另一種元素。例如鐳經過一整系的放射崩解之後，最後變成固定的鉛（原子量206）。這個事實證明了原子並非完整無缺不可分割的最後質點，其內部實含有異常複雜的構造。而成爲一切原子之共同的建築的磚石的則是陰電子與帶陽電的質子。

原子的內部詳細的情形怎樣現在還不能完全明白，但根據現代物理和化學上的各種智識，對於原子的內部也可構成大概的圖像。原子在尋常狀態是電氣的中和，即其中陰陽兩種電量相等。在原子的中心有帶陽電的原子核，在它的周圍有陰電子環繞着迴轉。所以原子的內部恰如一個小小的太陽系。原子核很小，但質量卻很大，原子質量的大部分是在陽電核。因此即使說陽電核的質量就是原子的質量，也無不可。原子核上的陽電荷，對於環繞着它的陰電子，總是維持着電力上的平衡，所以整個原子是中和的。

最簡單的原子是氫原子。氫原子的核心當作陽電荷的單位，稱爲質子（Proton），圍繞着



它迴轉的是一個陰電子。除了氫原子外，其他原子核心的組織也很複雜，氫原子核心由四個質子及兩個電子所組成，陰陽兩種電氣中和之後，還餘有兩個質子的陽電，所以在其周圍便有兩個陰電子環繞着，使整個原子的電量中和。原子核中質子愈多，則原子量亦愈大。各種原子的不同，則是由於在軌道上迴轉着的電子數目不同之故。如前所說，氫原子由一個質子的電核和環繞它的一個電子所組成，第二種的氦原子有兩個環繞的電子，第三種原子有三個，其餘依此類推，一直到鈾有九十二個環繞的電子。這種原子核周圍的電子數目，是和原子核中超過通電子之質子的數目相同的。這個數目稱為原子序數。由元素的原子序數可以看出它的化學性質。原子中的環繞的電子分配在種種軌道上運動着，當原子發生化合作用的時候，參預化合作用的為最外層軌道的電子。外層軌道上電子數相同的原子，化合屬性也相似。這便是元素的化合性質成為週期的變化的原因。

關於原子內部的構造，尤其是關於原子核心的構造情形，現在的科學知識還極幼稚。但一切種類原子的差異是由於其中所含電子與質子的數目及其配列方法之不同，則是無庸置疑的事。因之，據現在所知宇宙間一切物質的最後要素，並非九十二種不同的元素，而實為電子與質子。電子與質子當然也不是簡單的東西。其構造與屬性，必也異常複雜，只是我們現在還不

能明白知道。也許電子與質子也仍非絕對對立的東西，而爲另一種更原始的要素之不同的表現形態。宇宙間一切物質，雖紛紜萬狀，或竟爲一種單純的要素所構成，亦未可知。此則須待之於人類認識能力的進步，才可解決。

重量 質量 時間 空間

宇宙間的絃紜萬彙，由電子，原子，分子，結晶體，有機的細胞，思維的頭腦，到各種的物體，是物質發展不同的級段；而九十二種不同的元素，若干萬種不同的化合物，各種各樣的礦物植物動物以及氣體，液體，固體，則是物質在不同的組織配合中間與不同的外在條件之下所表現的形態。物質的各個發展階段，物質的各種表現形態，各有其特殊的性質。這種特質的存在，即是宇宙間物質之多樣性的根源。研究物質在各個發展階段及表現形態的特性的，是各個特殊部門的自然科學的任務。在這裏，我們只把一般物質的若干共同屬性提出來加以簡略的考察。

自拉瓦西 (Lavoisier) 以重量不滅的形式表現了物質不滅定律以後，重量即被當做物質的絕對屬性。以爲一定物質，無論在何地何時，都有一定的重量。重量增加了，物質也增加了。重量減少了，物質也減少了。重量消滅了，物質也消滅了。這種見解一直到最近還殘留在一部份爲形式理論所支配着的科學家腦中。例如有人把電子稱爲非物質的物體 (Nonmaterial

body)便是這種見解的遺毒。

重量只是物質在特定的環境裏所表現出來的屬性。它本身就是相對的，依着環境而變化的。同一物體，在高山上與在平地上重量便不相同。如把一個物體拿到一個與地球大小相同而密度為地球之兩倍的星球上去稱，它的重量比在地球上的重量大兩倍，反之，如把一個物體拿到一個為任何星球的引力所不達到的空中去，它便會喪失了所有的重量。但我們却不能說它就不再是物質了。它雖然沒有了重量，但物質仍是物質，這是很明顯的事情。

因此，質量這個屬性，較之重量更能表現物質的真象。所謂質量，是物體在運動時所表現的慣性。依牛頓的第一運動定律，物體受外力的作用方可改變其運動的速度與方向。

其速度改變之大小，不但視所加之力而異，也隨物體之慣性而異。設以同量之力加於本質相同而大小不等的兩個物體上，則大者的速度改變必較小者改變為小。又如加同一之力於大小相同之鐵球及木球上，則木球的速度改變必較鐵球的速度改變為大。這種事實，而因本質相同的物體，大者其慣性也大，小者其慣性也小。而鐵的慣性則比木的慣性大。普通稱慣性為質量 (Mass)。物體的質量不因所在之環境而異。例如先在地面置一物體於光滑的平面上加以一定的力而觀它的運動，然後將此物體移至高山頂上作同樣的實驗，結果它的運動情況完全如

前。如把一定物體拿到任何星球的引力所不能達到的地方，其質量仍然存在。簡括地說，重量要受物體所在地的外在的引力之大小而影響，而質量則只依存於物體的本質。所以質量較之重量是物質更普遍更本源之屬性。但在一定的地點，物體的重量與質量是密切地照應着的，兩者之間存在着很正確的比例關係，質量大的物體重量也大，質量小的物體重量也小，就用重量去代表質量也沒任何不妥當的地方。然而因此便說重量就是物質存在的要件，沒有重量就沒有物質，則是非常錯誤的。

質量雖然較之重量是物質更通更本源的屬性，然而質量也並非就是物質的本身，質量也仍然只是物質的一種屬性。依相對性原理講，質量只有相對的意義沒有絕對的意義。它是隨物體正在運動着的速度之大小而變化的。從鐳中放射出來的微粒子，因運動速度的增加，質量也跟着增加。這個事實便可證明上述的理論。在有光的速度之半的時候，一個電子（或其他任何物體）的質量增加七分之一。速度如達到光速的十分之九，質量便加兩倍半，若達到光速的百分之九十九，質量便等於靜止時的七倍，在高速速度中，質量增加得更快，假使物體的運動增加到光速，則它的重量便會變成無限大（這就是說物體的運動是無論如何不會達到光速的）。因此，在嚴格的意義上說，牛頓以來的質量不滅的定律，在這裏發生動搖了。我們知道在一

定的地點，物質不滅的法則，確實可藉重量不滅的形式表出來。因為在一定的地點重量的變化，很正確地與物質的「本質分量」之變化相照應。物質的「本質分量」在一切形態轉換中，不生不滅。沒有變化的時候，重量也沒有變化。物質不滅，便是重量不滅。但當地點不同時，即使物質的「本質分量」不生不滅，而重量却有變化了，所以重量不滅的形式，便不能代表物質不滅的法則。但質量不因環境之變而生變化，所以用質量不滅的形式去表現物質不滅的法則，便更加妥當。但如前所述，用質量不滅來表現物質不滅的法則，也不過是更加妥當而已，却仍非絕對妥當。因為當一個物體運動的速率增到很大的時候，雖然物質的「本質分量」沒有變化，但質量却發生變化了。質量不變的形式，不能在物體任何情狀之下去代表物質不滅的法則。所謂物質不滅的法則，是指物質在一切的形態轉換之中，在任何的環境與情況之中，都是不生不滅的。這個法則是一個絕對的法則，不生不滅是物質的絕對屬性。儘管重量與質量在不同的環境與情況裏面，有增有減，而物質的「本質分量」却始終是不生不滅，沒有變化的。

其次，物質有時空性。物質必須佔有一定的空間，物質必須存在於一定的時間。脫離了空時的物質是虛幻的，在實際上無法想像的。空間和時間是物質的根本形式，根本條件。反過來說，空間和時間也是依存於物質的。如果沒有物質的存在，則空間和時間也是不可思議的。高長寬三

個空間的因次都是實體的物質屬性。沒有物質，便沒有了高長寬，也便沒有了空間。時間的持續，只能從物質的發展變化上發見自己的意義，如果沒有了物質的發展變化，時間便成爲一個空洞的名詞。

物質是離開人類意識而獨立的客觀存在。空間與時間既是物質的必要屬性，既是物質的存在形式，所以也是離開人類的意識而獨立的客觀地存在着的東西。空間和時間決不像觀念論者所想的一樣，是人類意識的產物。像康德那樣把時空列爲直觀的形式，當做先驗的範疇，當然是一種錯誤。就這一點說，牛頓的見解倒比康德的見解較爲正確。他曾把時空當做獨立客觀的實在。

但牛頓及其他機械論者，因受了他們對於物質認識狹隘性的限制，在時空的認識上又從另一方面露出缺陷來。他們以爲空間是和物質對立的，某種外在的東西。他們把空間看做事物的單純的容器。他們把時間和空間分開來看，把時空當做互相獨立，沒有必然關聯的東西。以這個見解作爲前提，必然地會誘導出物體有絕對運動與絕對靜止之可能的結論。在絕對的空間裏，物體的運動當然便是絕對運動。在絕對空間裏的靜止，當然便是絕對的靜止。而從物質和空間分離了的時間，便只是絕對空虛之繼續。

事實上，時間和空間並非是如牛頓所想像那樣的「絕對者」。時間和空間仍要由物質的分布來決定。時間的屬性是跟着物質的狀態而變化的。依照相對性原理，空間和時空，常因觀測者的運動狀況而生變化。假定兩個物體都在運動，從其中一個看另一個，則可設想自己是靜止的，而他一個是運動的。從他一個看這一個，也可得到同樣的關係。例如飛機與汽車如沿同一方向運動，從飛機看汽車，可以自覺是靜止的，只是汽車在向後退。從汽車看飛機，則是覺得飛機在向前進。從靜止系看運動系的時間，比靜止系的時間長。其比為：

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

其中  $v$  是運動系的速

度， $c$  是光速。光速為一常數，等於每秒三十萬呎，從靜止系看運動系的長度，在運動的方向，比靜止系的短，其比為：

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

所以時空客觀地存在着的事實雖是絕對的，但其本身的大

小却是相對的，隨着物質運動的情況而變化的。

由上所述，時間的長短與空間的大小，是依存於物體的運動速度與光速的。但速度即是時間與長度兩個因次間的比例。所以時間與空間不能獨立存在。離開時間即無空間，離開空間即

無時間。而閔可夫斯基 (Minkowski 1864—1909) 的四次元的世界觀，使時與空間的統一性獲得更堅實的根據。

在一直線上如共設一原點，則其他一點之位置，即可由其對原點之距離而決定。在一平面上，點的位置，可由其離平面上互相垂直的二線 ( $x, y$  坐標) 之距離而決定。如在空間，則點的位置須由其與互相垂直的三直線 (即  $x, y, z$  坐標) 之距離而決定。在上述的第一第二第三場合裏的各點，稱為一次元二次元三次元。所以普通所謂的空間是三次元的空間。但在實際上，物質是運動不息的，欲完全表示物質所在點的位置，非將時間也舉出來不行。因為即使物體某時候在某一定點上，可由  $x, y, z$  三坐標關係去決定，但到了某一時候，也許它已移到別的地位也未可知。例如我們夜裏仰觀太空，由星光測知其星位置在某處 (由三次元所決定的點) 而實際上這星光也許是幾百年幾十年前發出的光，原來發光的星早已移到別處。所以欲將物體在空間的位置，完全表示，非于  $x, y, z$  三次元之外，再加上時間，一次元不可，在這四元元的系統中的一點稱為宇宙點，宇宙點的集合即是宇宙。

因此，時間與空間雖有區別，但不能絕對地離開，兩者在對立中有着統一。我們所能認識的宇宙中各種對象，無不是由時間與空間之統一而成。換言之，宇宙中的物質是不住地運動着的。



「運動即是時間與空間的統一。」所謂四次元的世界，即是運動着的世界。四次元的世界之發現，即是運動着的世界，運動着的物質之發現。

### 3. 物質的運動

運動是物質物的另一個主要而根本不可分離的屬性。無論何處無論何時都不曾有過無運動的物質，而且也不會有。一切的靜止，一切的均衡，都具有相對的意義，絕對的靜止物質是沒有的。如果把物質和運動分離開，而承認絕對靜止的物質之存在，則結果必然的會誘導出神祕的「最初之衝擊」而墮入無可救藥的神學的迷宮裏去。

在廣漠的宇宙中間，流星行星固然都在運動，就是恆星也並非靜止的東西。例如太陽，在太陽系中講雖然是靜止的，成爲整個太陽系固定的中心，但太陽系全體每秒十二英里半之速度約略向天琴座  $\delta$  星之方向進行。地球是一個行星，一面隨着太陽系全體之運動而運動，和環繞太陽的公轉，他方面又有自轉的運動，因而在地球上面的某一物體，從表面看是在機械的平衡之上，即是處在機械的靜止狀態之中的，但一方面它仍受着地球在宇宙中的運動的支配，而參與地球和全太陽系的運動，另一方面它包含着分子的振動，而默暗裏分子內部又有原子的運動，同時每一個原子裏的電子又以着可與光速相比擬的速度在不息地運行。所以不運

動的物質是不存在的。

以上所理解的運動，還只是單純的機械運動形態，所謂機械運動，即是物體的位置移動，物體的位置隨着時間的變化而變化，在位置變化的過程中，物體的性質是不變的。這一種單純的運動形態，當然不能包括盡物質所有的運動形態。物體在位置的變化中，還會發生質的變化。電子的運動會惹起原子的崩壞，而變更原子的性質，原子運動的結果產生化合與分解，使分子的性質發生變化。分子運動的結果，發生物質的固態、液態、汽態的差別。宇宙因物質的運動而產生星體的進化，地球因物質的運動而逐漸長成。物質的複雜運動促使生命的發生與進化，動植物的生長、榮枯、發育、衰老、死亡。運動不只是物體的單純的位置移動，不只是一種單調的循環，而且還以位置移動作為契機而產生質的變化。由於這種質的變化，宇宙才展開發展的過程的，如果物質單有位置的移動，而不在此移動中產生質的變化，則宇宙便將永遠停滯在原来的狀態之中，沒有任何的發展與進化了。

物質的運動是永久的，既不能被破壞，也不能被創出的。運動又可由這一個形態轉化為另一個形態。在形態的轉化過程中，運動是遵從不變量的相互關係，即某一形態的一定的運動量常常轉化成另一形態的一定的運動量。

在物理學與化學的研究裏，爲要找一種適合種種運動形態的尺度，便設定了「能力」(Energy) 這個概念。所以，所謂能力，實際上即不外是物質之運動量的尺度。電能即是表示電子運動的分量，化學能即是表示原子運動的分量，熱能是表示分子運動的分量，機械能則是表示機械運動的分量。能力的轉換，實即運動形態的轉換。由電能與化學能轉換爲熱能，不過是由電子運動與原子運動的形態轉化爲分子運動的形態。由熱能轉化爲機械的動能，無非是由分子運動的形態轉化爲普通物體運動的形態吧了。所謂潛能即不外是說有使物體發生運動的可能。例如說某一物體具有位能，即不外是說此物體如失掉了機械的平衡時，可能發生下落運動。說某物具有潛熱，即是說在一定條件之下，可能引起分子的劇烈運動。

機械的能量單位爲爾格 (erg) 即以一達因 (即能使一克質量之物體發生每秒一厘米的加速度之力) 之力行一厘米距離所具的能量。一千萬爾格爲一朱爾 (F. u. e.)。熱量的單位爲加路里 (Calorie) 即使一克的水溫度上昇攝氏一度的熱量。電能的單位叫做瓦 (Watt) 即電壓爲一弗由抵抗爲一歐之導線連結的時候，生一安的電流，在一秒間所具的電能。4.187 瓦的電能，可轉化爲一加路里的熱，一加路里的熱，可轉化爲  $4.187 \times 10^7$  爾格之機械能量。所以各種形態的能不特可以互相轉化，而且在轉化中間都可生一定的相當的他種能量出

來。例如一個完全與其他物體隔絕的系統裏如其所含的某一形態的能量減少的時候，則其所含的他種形態的能量必然增大，並且後者增大的分量與前者減少的分量，若用同樣的單位表示，必彼此相等。簡單地說，能量僅可以互變，不能從無中產生，也不從有中使之消滅。這叫做能量不滅原理。由此原理，則知宇宙間的能量之總和是不變的。

能量原來是物質運動量的尺度，能量不滅原理原來是物質運動量不滅的法則的表示形式。但普通對於能力這個概念都不能從原來的意義上去理解。在若干場合能力被理解為物質的運動量，而在其他若干場合，却又被理解為與物質無關的東西。這是一切神祕的觀念發生的根源。實際上，無物質的運動是不存在的，無物質的能力也不存在。傳播光與電波之媒介的以太，現在雖還不能知其底蘊，但其物質性是不可否定的。生命現象，雖然現在的科學還未完全曝露它的真象，但也只是一種較高級較複雜的物質運動形態。沒有物質，生命無所附托，植物須從陽光吸收熱能，方能繁榮滋長，動物須從外界攝取能放熱的食料，生命方能存續。人類如欲維持正常的精神活動，每日所消耗的一定量的熱能須取償于外界。而熱能，如上面所說，却是物質運動形態的一種。其他如社會的生產力，技術，科學等等的發展，也無不是物質運動的複雜的表現。

因此，宇宙間沒有無運動的物質，也沒有非物質的運動，運動是物質的絕對屬性之一。客觀

世界的一切現象，都是物質運動的表現。客觀現象的變化發展過程，都是物質運動形態轉化的過程。

第一是因為物質本身不生不滅，第二是因為物質運動量不生不滅，所以物質在運動過程中，某一形態消滅了，必有新的形態發生。反之，某一運動形態的產生，必有先行的運動形態之存在。這樣的物質運動形態之推移轉換的過程，便是客觀世界的一切現象之成為變化流變不息之聯鎖的根源。同時，任何物質體系，不能孤立存在，因而在運動過程中，必互相影響，互相作用，而構成現象間複雜錯綜的聯鎖關係。

## 二 宇宙的演變

### 1. 宇宙概觀

如上所述，形成世界的物質雖然永遠地存在着，但其存在的形式，自各個星辰以至于環繞我們一切物體，都不住的變化着。物質與能之總量雖無增減，但常時因一種形態向另一種形態移轉不息。土壤為植物所吸收，變為植物的構成分，植物為動物所攝取，成為動物體內的構成分，動物死後，發生分解，於是構成動物的物質又復歸于土壤。花崗石為風雨霜雪剝蝕破壞，變

爲粘土砂石，溶于河流江水中間，流沉海底，積壘埋壓，又造成岩層。陽光將地面及海上的水分蒸發，成爲空中的雲霧，又以雨雪的形成降落下來，成爲瀑布，成爲激流，經由江河而又流入海中。地球上的物質如是永遠地發生與破滅着，永遠地循環迴轉着，在循環迴轉中發展着。在大宇宙中，物質運動也取着同樣的途徑。不過，在整個的宇宙中，無論在時間上與在空間上一切都以着更巨大的規模進行而已。

全宇宙在空間說是無邊無界的，在時間上說是無始無終的。所謂邊界只不過是全宇宙中的某一個角落，某一細小的範圍之邊界罷了，例如地球之外還有龐大的太陽系。據最近所知太陽系最外側的行星是冥王星。但冥王星仍只是太陽系的邊界。太陽系在茫茫的大宇宙中，不過是滄海之一粟。在太陽系之外，最近的恆星是人馬星座的比鄰星（Proxima），距地球二十五萬億（ $25 \times 10^{13}$ ）英里。而世界上最大望遠鏡美國威爾遜山頂一百吋口徑的望遠鏡所能窺測的最遠距離是銀河外星雲，其中距離最遠的是一億光年。光每秒能行十八萬英里，約相當于地球七週半，太陽的光到達地球需時八分二十秒，這些星球所發的光以這樣大的速度向着無人居住的地球旅行，已經經過了他的旅程的百分之九十以上的時候，人類才開始出現於地球，其距離之大，實達到了不易的想像的程度。然我們仍沒有理由說這就是宇宙的境界，將來天文望遠

鏡更加增大時，我們當可窺測更遠的距離。空間實在是無涯際地存在着。

同樣，宇宙存在的時間也無法規定它的始終。我們只能在地球上根據種種材料推算地球的年齡，由各種方法推算的結果，知道地球的年齡約二十億年。而太陽的年齡則被推算爲八萬億年。據太陽的熱量漸減與地球繞日的軌道漸大的趨勢推算，地球在百萬億年以內，還可適宜于人類的生存，至于整個地球與太陽系的毀滅，當在更遠的將來之後，自地球的發生以至于地球的滅亡的時間，從我們人類看來，已經是夠長久了。但自整個宇宙看來，仍不過是短促的一瞬間。宇宙任何一個巨大的天體的壽命，都是若干百千萬億年。而比較巨大的天體之一次顯著變化，也需千年萬年之久。例如銀河系的自轉週期，便是二億五千萬年。但人類用望遠鏡研究天文學，僅僅有三百多年的歷史，在這三百多年的短短期間，宇宙可以說不會發生任何變化。——即使有任何變化，也是細微到不足稱道的。

因此，我們要想由直接的觀察來窺測宇宙演變的實跡，當然是不可能的事情，以人類短促的生活，決不能認知任何星體之誕生與長成各個過程的推演。要想達到上述的目的，我們不能應用別種方法。將現在同時存在的星體之各種形態加以研究，加以比較，則對於星體在各種年齡，在各個發展階段的情狀，也可獲得一個大概的圖相。比如要研究人體的發展過程，用不着

研究各個人身體一生的各個時期的構造，只要同時就小兒、青年以及老人的身體構造，分別加以研究，便可獲得人類身體全生涯中發展的輪廓了。我們要構成一幅天體順次發展圖，便也用不着生存幾十億年的長久時間去觀察天體的演變，而只要將現存天體的各種類型分別研究，將其相互比較，便可進而求其發展的規律。

將散布在廣漠的天宇之中的天體之構成加以研究的結果，我們可以發見其間可以分做三種不同的類型。第一種即是星雲。第二種是灼熱的恆星。太陽即是其中的一個。第三是暗星，地球是一個例子。

現今人類所能窺知之星雲，已有數十萬座。因其外形燦爛似明霞光霧，所以叫做星雲，實則與普通雲霧之間絕無共通的性質。有若干星雲本因多數星辰之聚集而成，只因距離太遠，肉眼不能將各個星體分別認出，所以看來融合如發光之霧。別種星雲則是由非常稀薄的瓦斯或塵埃狀的物質所組成。用分光鏡觀察星雲所發之光的結果，知道其組成之中包含地球上所曉得的許多物質。例如氫在各星雲中都存在，不過似乎是在一種特殊的情狀中間。

星雲距離地球極遠。大抵數百數千光年。其中多數皆很龐大，自其一端至另一端的距離，也動即若干光年。



從外觀上看來，星雲有各種各樣的形態。有的是完全無一定的形狀，有的則如被風所輕輕地吹拂着的夏雲似的，成爲長帶的形狀而飄浮在天空。有的則帶有如爲光所照耀着的環似的東西。其他的則如「星雲狀恆星」中央具有光輝的團塊，外端具有原始物質的殘留物。還有一種是螺旋狀星雲。其中有一稠密的核星，核星的周圍則有螺旋狀物質如臂似的圍繞着。將這種種形態的星雲加以比較，自然可達到一種結論，即此等形態似乎是代表星雲之發展的不同階段的。在混沌的狀態中間的沒有定形的星雲，似乎是在星雲發展的原始期中，其所有的物質還未集中到一定的中心。帶環的星雲和螺旋狀星雲，則物質開始其凝結的過程，漸漸向各核心凝集了。最後的星雲狀恆星，則是星雲的物質雖還未完集中於中心，但却是星雲到恆星之間的過渡星體。

所以，各種形態的星雲，是各在不同的發展階段之中。而其發展結局必要向新的恆星轉化。但恆星也並不是恆久不變的東西。它本身也有着發展的道路的。

恆星與星雲不同之點，周邊有顯著的境界，普通都是球形。茫茫大宇之中肉眼所能看見的恆星，約有六千個。恆星大抵與太陽相同，均能自發光輝。用分光鏡研究恆星所發光綫之結果，知構成太陽及其他恆星之元素，與構成地球的約略相同。恆星中和太陽一樣地自成一個家族，擁

有許多行星的是爲數不多的。恆星的大多數都是孤獨地運行于廣漠的空間的。恆星的大小各不相同。較太陽小的也有較太陽大的也很多。例如白鳥星座第六十一號星的容積只等於太陽的三分之一。而白特吉優斯星則大於太陽一億倍。但這種巨大的恆星密度却比較小。白特吉優斯容積雖大於太陽一億倍，而重量却只爲太陽的五十倍。因爲這一類的星體是巨大的瓦斯球體，內容的物質非常鬆散稀薄。

星光的顏色也各不一樣。就用普通的肉眼，也能辨知星光有赤色黃色白色之別。由星光之色，可以推知星體之溫度。正與由燒熱之鐵片的顏色可以判斷其溫度的事情相同。尋常燒鐵，初時鐵現赤色，繼而現黃色，終于發灰白的光輝。依學者的推定，白色星的溫度約爲一萬度，黃色星爲六千度，赤色星爲三千度。

星的密度和容積與溫度之間，存有一定的關係，容積最大，密度最小的星，具有比較低的溫度。容積中等，而具有更大密度的星，則具有更高的溫度。具有最大的密度而容積却小的星，溫度很低。這樣容積減小的時候，密度跟着增大。由大星向小星轉變的時候，溫度在最初漸漸升高，達到最高度之後，又漸漸降低。跟着這種溫度的變化，星光的顏色也發生變化。巨星普通放射赤色的光輝。中等大的星由黃色變爲白色。低溫的矮星則也和巨星一樣是赤色。

這一種事實，說明了星球是要經過種種發展的階段的。當星球由星雲內部誕生出來的時候，物質疏散稀薄，體積龐大，其後跟着時間的進展，逐漸凝縮。任何星球都要順次通過巨星，中等星和矮星的三個階段，正如同任何人都須經過青年，成人老人的時期一般。星的物質逐漸稠密化，其溫度便跟着逐漸上昇。最初溫度不高，現為赤色，溫度再向上昇，漸成黃色。溫度達到頂點，便成白熱狀態，放射白光。然而任何星體在空中都不住地由輻射作用而喪失熱能。最初星體由收縮作用而繼續產生的熱能，大於所喪失的分量。發展到一定的階段，熱能入不敷出，所以星體雖仍在繼續收縮，繼續有熱能產生，但溫度終于開始下降，再現為黃色，現為赤色。終竟成為無光的暗體變成地球一般的冷硬的東西。

恆星中間，有的由肉眼看似是單一的星體，用望遠鏡細看，則是極接近的兩個星體。這樣的星叫做連星。連星為數很多，在全體總星數中佔很重要的成分。

2. 太陽系

太陽是恆星中一個典型的例子。其溫度約為 $6,000^{\circ}\text{C}$ 。由分光術研究之結果，知其為黃色矮星，所以已經過了它的全盛時期，逐漸步入老境了。太陽中間具有地上的元素四十多種，就以鐵，鈉，鎂，鈣，氫等為最顯著。氮素是在太陽的光線中發現之後，才在地上發現。這一點足徵地球

的物質構成與太陽沒有差異。

太陽的直徑約等於地球赤道直徑的 109 倍，即 864,000 英里。重量是地球的 333,000 倍，而密度則比地球小。太陽也有自轉，週期約為 25 日。太陽和其他的恆星一樣，在大字之中運行。太陽系在大字中進行的方向是天琴座  $\alpha$  星（即織女星）前進，速度每秒 15.5 英里。太陽與地球相距 93,000,000 英里。即以一小時行六十英里的快車，晝夜不停，向太陽開去，要走二百年的時間，才能走到。

太陽系除太陽之外，還有九個行星。按牠們與太陽距離遠近的順序說，則自和太陽最接近的水星起，再向外數去，是金星，地球，火星，木星，土星，天王星，海王星，在太陽的最外側的是最近所發見的冥王星。其中水星最小，火星次之。金星較地球略小。水星，金星，地球及火星統稱為小行星羣。在火星軌道與木星軌道之間，有約達八百之數的微小行星羣，其中最大的一個直徑才四百八十英里。有百英里以上之直徑的共四個。越過微小行星羣，即是最大的行星木星，直徑有九萬英里左右，大於地球的直徑十一倍以上。木星之外的土星，大小僅次于木星，直徑七萬多英里。更外的天王星及海王星都較地球為大，直徑各約等於地球直徑的四倍。海王星略較天王星為大。關於冥王星現在不知道得很清楚，其體積大概比天王星為小。

由上所述，各行星的大小似乎與其在太陽系中的位置排列的次序有相當的關係。即是，離非十分嚴密，但大概可以說，自水星起，漸次增大，到木星達于極點。木星以外，自土星起又逐漸減小。到最外側的冥王星體積最小。

各行星在同心橢圓軌道上環繞太陽向同一方向運行。並且他們的軌道面差不多相同。即數星雖略有參差，也不過只作三度乃至七度的傾斜。所以此等行星大抵分布在含有太陽的一大平面上。並且在此平面上運行。但此等行星的軌道面，却不與太陽自轉赤道面嚴密一致，而與之成五六度的傾斜。

各行星自身都已不能發光，其所有的光輝都是太陽光線反射的結果。他們上面的溫度也差不多全憑太陽輻射而來的熱能去維持，因之，與太陽距離越近的溫度最高。水星與太陽距離最近，溫度最高。但因其自轉週期與公轉都是 $\infty$ 日，以致他的半個球面常常面對太陽，他一半面却常與太陽相背，所以熱冷極不均勻。溫的半球的溫度大概是 $33^{\circ}\text{C}$ ，他一半球則異常寒冷，並且永遠處於黑暗之中。金星較水星距太陽遠，但較地球更接近太陽，所以平均溫度應較地球為高。但金星表面為浮雲及塵土所蔽，故不易確實測定其自轉週期。若干天文學家都相信金星也同水星一樣，其一半面永向太陽，他半面則永與太陽相背，兩面的溫度必也有很大的差異。地球

外側的火星上的物理條件，有許多與地球相類似的。火星的自轉週期較地球略長，等於二十四小時又三十七分。因而在火星表面上，一定如我們在地球上所習知的似的晝暖夜寒地交替着。在赤道區域，正午底溫度最高達到 $20^{\circ}$ 以上，但到日沒的時候，溫度便降到冰點以下，從那時起一直到第二天，都在嚴寒凍結之中。在兩極地方，常在零下 $50^{\circ}$ 到 $70^{\circ}$ 。木星以外的大行星，溫度都非常低。木星表面大概是零下 $40^{\circ}$ 。土星與天王星表面約相當於零下 $30^{\circ}$ 及 $70^{\circ}$ 。這兩者的溫度似乎比單由太陽的熱源所能維持的溫度都要高。他們必具有他種內在的熱源。冥王星的溫度最低的場所接近零下 $230^{\circ}$ 。海王星則比這溫度略高。總之，這些大行星都非常冷，他們表面的水分，必全都凍結，所以應該沒有海與河存在，大氣中也沒有雨水和水蒸氣的痕跡。木星表面的氫氣大概是，由何種不易凝結的氣體所組成。遮蔽其上的雲霧或是凝結的二氧化碳分子或他種在冰點下沸騰的瓦斯體。土星密度在各行星中為最小，約等於地球密度的 $0.75$ 倍。天王星的密度較大，為地球密度的 $0.88$ 倍。木星的密度較大，為地球密度的 $0.94$ 。這些行星密度的低小，以及土星和天王星的能自為熱源之一部份，而木星表面顯現巨大的細斑等事實，可以暗示着這幾個行星的收縮程度還不若地球之甚。

地球之外，其他各星球之表面是否有生物的存在，實是人類所最注意的問題。生物生存的

必須條件爲空氣與水及適當的溫度和光線。恆星在盛年時代熱逾洪爐，溫度太高，生物當然無生存的可能。當他到了晚年，又必非常寒冷，黑暗無光，生物也不能生存下去。所以只有行星才是生物可能生存的場所。但其他的恆星的行星因距地太遠，其本身的有無遠成問題，至於上面到底適不適於生物的生存，更無從判斷。所以這裏只考察一下太陽系裏各星體上生物存在的可能性。木星，土星，天王星，海王星，冥王星溫度太低，水分且不能存在，生命自無發生與存續的可能。與太陽接近的水星與金星，因有一面爲永晝而他一面爲永夜，溫度高低懸殊，生物也難生存。但金星自轉週期如與公轉週期不同，則因他的溫度僅較太陽略高，而又有空氣存在，生物當有存在的可能。這事現在還是疑問。生物存在可能性最大的是火星。火星的溫度雖較地球略低，大氣亦較地球空氣略稀，但仍適于生物的存在。且它的自轉週期與地球相差很少，而公轉週期也約與地球相同，晝夜四季的交替都大致與地球相同。所以在火星上面生物存在的可能性比較大。

太陽系九大行星中間，具有衛星的佔六個。各行星所有衛星的數目互不相同。土星最多，除巨大的環狀體之外，還有衛星十個。其餘木星九，天王星四，火星二，地球與海王星各一。衛星的質體遠較行星爲小，所以冷凝的時期也早於行星，地球的衛星月球可作其他各衛星之典型例子。

由月球的狀況可以概見其他行星的衛星。月球自轉一週須二十七日夜，所以晝夜各約十四日之久，寒熱懸殊。在赤道附近，中午時溫度升高至 $110^{\circ}$ ，晚間降至零下 $80^{\circ}$ 。又其上無水分空氣存在，所以不能存有生物。

### 3 宇宙創生論

地球以至宇宙究從何而來？這是和人類史同樣古老的一個問題。在蒙昧時代，人類曾以鳥類或他種動物爲創世主。人智稍進以後，才以爲宇宙是神的創造物。基督教的「舊約創世紀」中說，神于六天中間創造天地，草木，禽獸和人類，在第七日才得休息。其他的野蠻民族中所流傳的關於宇宙起源的故事和基督教的說法相類似的很多。這都是人類對於自然認識能力幼稚時代的必然結果。但這種信念因基督教強力的護持，經過中世的黑暗時代，到十八世紀還籠罩着歐洲的人心。十八世紀中葉以後，康德1765年在其「天空史」裏，和拉普拉斯1776年在其「宇宙淺釋」裏所發表的星雲說，才開始對宇宙的起源作科學的解釋。

康德以爲太陽系原本是一座星雲。星雲在凝縮的過程中，分裂出一團一團的瓦斯塊，固結而成行星。拉普拉斯提供了同樣的意見。但是用更大的數學的正確性，並且更詳細的把這觀念展開。他以爲自轉不息的星雲，因爲收縮更加增加自轉的速度，所以成爲扁平的形態。更進一步



的收縮，便把赤道面的物質如同土星的環狀體那樣的遺置下來，而被棄的物質凝結起來，便成行星。中心的物質更加收縮，則赤道面上更有一層瓦斯被棄置。到後來太陽停止收縮，所以不再產生更多的行星了。由行星產生衛星，只是較小規模地反覆了同一的過程。

康德與拉普拉斯學說在十九世紀一世紀中被天文學者奉為圭臬。但天文智識的進步，在許多點上曝露了他們的學說的缺陷。然而他們是最初企圖着由物質運動本身，而不借助于任何外在的力量，去說明宇宙的起源的人。這是有重大的意義的。雖然到了二十世紀以後，他們的學說已經經過了若干的修正與補充，但在基本之點上，他們的說法仍舊是屹然不變的。

康德與拉普拉斯的假說，在1905年經過美國的天文學者莫爾敦（Moulton）及地質學者張伯林（Chamberlin）的修正，最近天文學者秦斯（Jeans）根據最新發現的天文事實，對宇宙的發展作下更完備的說明。

據秦斯的說法，從星雲直接產生的是恆星，由恆星再產生行星。並非整個太陽系一次便從星雲產生了出來的。宇宙的發展大概依照下述的過程。

無定形的星雲因為自轉與凝縮的結果，漸漸成為具有一定形狀的星雲。此等星雲如果全無自轉，必在它自身引力的作用之下變成圓的形狀。完全圓的星雲在大字中是有多數存在着。

的。星雲如稍具自轉運動，就必如地球一樣，取着稍成扁平的形狀。這種形狀的星雲在天文鏡頭之上，也被窺見了許多。如果自轉速度愈大，則扁平化的程度也愈高。到了一定的限度的時候，便有物質從赤道分裂出來。這種物質成爲瘤，成爲結節而存在着。周圍成有這樣的瘤和結節的星雲爲數很多。其次，自轉的星雲如受周圍其他天體之引力的影響，便因潮汐作用而使其物質向兩個反對方面流出。這樣便成了螺旋狀星雲。螺旋狀星雲兩臂中的物質，也漸漸凝集到一定的中心去，構成瘤和結節。這等的瘤和結節更加冷卻凝結而成星球，或星球的集團。但由數理計算的結果太陽的自轉速度決不能引起物質的分裂，所以把太陽系當作由星雲自轉而產生的說法是不可靠的。同時，據數理的計算，星雲所包含的實質須大于太陽的若干億倍方能存在。所以它所產生的不只是八九個弱小的行星，應當是若干百萬的太陽。

然則太陽系是怎樣產生的呢？依泰斯的意見，太陽系似乎是由潮汐作用而生。太陽從星雲產生而後，孤獨地在太空中進行着它的道程。在進程中間，偶然獲得了與其他巨大的天體相接近的機會。正如月球的引力使地球表面發生潮汐的現象一般，這巨大天體的引力也使太陽中的瓦斯狀物質成爲柱狀的東西噴射出來。經過相當時間之後，一邊是所遇的巨大的天體逐漸遠離，一邊瓦斯柱逐漸冷卻，而向若干的核心分化凝結，乃終成爲行星。

當新生的行星開始成爲個別獨立的物體而運動時，他們因受兩種引力的牽引而描劃着兩種非常複雜的軌道。這種趨向一直到外來天體的影響消失之後，還要繼續相當的期間。同時，行星誕生之後，必繼續冷卻，最大的行星，木星與土星當然冷卻得較慢，最小的行星冷卻得很速。後者非常迅速地失去熱，所以幾乎一誕生便立刻液體化，甚至于固體化。在這樣的狀態之下，各行星循着幾分不規則的軌道，通過太陽附近，以致從那些還未團結的行星上引起第二系列的潮汐，依着與上述相同的過程，然而在更小的規模上，產生衛星。最小的行星水星和冥王星因早已凝固，所以沒有衛星。而最大的行星木星和土星因冷卻較慢，以瓦斯狀態存在的時間較長，所以產生的衛星特多。

由上所述，太陽系是從太陽與其他一個不知名的天體偶然相接近而產生出來的，宇宙間其他的恆星却不一定個個有這樣的幸運。因之，據秦斯說恆星總數中只有極小一部分，也許千萬恆星中只有一個恆星因別的天體之接近而產生行星自成系統。別的一部分，則因自轉結果產生連星系統。但恆星大多數的命運，則既不自己分裂，又不爲其他的星球所分裂，只孤獨地在茫茫的太空之中，追尋自己的進路。

我們的地球和其他的行星當初從母體太陽分裂出來，開始獨立存在的時候，也是一個灼

熱的火球。其所有的構成物質，都在融解的狀態之中，甚至於有大部份是瓦斯的狀態。這種灼熱的瓦斯，包被着更加稠密的核心。在這個時候，我們的地球也同太陽一樣是輝煌的白色明星。不住地向冷暗的宇宙放散光熱。這樣不斷放射的結果，地球的溫度逐漸下降。經過長久的年月，溫度降到一定的限度，液狀的地球表面開始出現了若干固態的部分。此等固態的島嶼逐漸擴大，逐漸接合，構成了固體的大陸。跟着溫度的降落，地球的色彩也由白而黃，由黃而赤。溫度更加下降，終于使全球的表皮變為固體的硬殼。地球消失了任何的色彩與光輝，成為只從太陽接受光熱的暗體。在冷卻的過程中間，地球的體積也漸次縮小了。強硬的外殼便生出發裂，而形成山谷。溫度降落到百度以下的時候，大氣中的水蒸氣凝結成水，從空中落下，流貯谷中，形成原始的海洋。其後，地球又經過無數次的海涸陸沉，山遷谷變，才漸漸成為與現在相近的樣子。

### 三 地上生命的起源

在由上述過程所產生的地球上，生命如何發生出來的呢？要解答這個問題，我們且先將生命的本質，加以檢討。

人類自來即對於生命現象抱有一種神祕的觀念，以為生物和無生物之間有着絕對不可

超越的界限，從無生物無論如何不能產生有生物。因之地球上面的生物，決非起源於地球之上，而必在地球以外甚遠地方有其根源。基督教萬物由神創造的說法固是這種見解最顯著的代表。即著名的科學家如赫爾姆霍斯及克爾文諸人，也不相信生命最初能在地球上發生。他們以為地球生物的祖先，一種微細的生物，係來自別一世界，當初或居於隕星的裂縫中間，或游離於大宇的微塵質點中間，因而傳布到地球上面。這種見解雖然較之宗教家的意見略勝一籌，然在根本上仍橫有對於生命的神祕觀念。

生物與無生物，在本質上絕無區別。只要將生物體的一部分或全個有機體設法焙乾，並計算其乾燥前後的重量，便知構成生物體的成分約有一半是水。人體裏面有百分之五十的水分，昆蟲體中有百分之七十五，而水棲動物的水母，體中甚至有百分之九十五是水分。再將水分以外的物質加以燃燒分析，知道構成一切生物體的不過是碳、氮、氫、氧等元素和灰分。例如將乾燥的筋肉加以燃燒而分析其成分，知其中包含碳 51.1%，氮 7.4%，氫 13.3%，氧 24.0%，及殘餘灰分 4.2%。將灰分再加化學的分析，其中所含有硫、磷、鎂、鈣、鉀等。所以由生物體分析的結果看來，其中並沒有在無機自然中不存在的物質。即是從其構成的材料看，生物以及生命並無何等神祕的痕跡。

當然，生物雖然是由無機物構成的，但却並不是說只要把同樣種類同樣比例的無機元素揉合在一起，便可製造出生物或有機體。而是必須這些無機物在一定的結合形態之下，才能發生生命的現象。

將生物體施以更高級的分析，則知構成一切生物體的是脂肪，碳水化合物及蛋白質三大種類的化合物。由更進一步研究的結果，又知在生命的維持中，其中尤以蛋白質為最基本的要素。沒有脂肪和碳水化合物，有機體固然不能存在。但脂肪和碳水化合物只是次要的，只是對於全有機物體重要性較小的部份才是。由這兩類化合物構成的，而最重要的生命過程，却常常與蛋白質相聯結。因此，蛋白質是生命現象的最主要的擔負者，生命的基本屬性是蛋白質的屬性去規定的。

蛋白質的構造是現所知道的一切自然界物質中間最複雜的。其分子複雜的程度遠超乎脂肪與碳水化合物分子之上。有若干種蛋白質已由有機體中抽提出來。赤血球裏所含的血色素 Hemoglobin 便是一個例子。這種東西的分子量是 16669。由這巨大的分子量，可以想像其構造之複雜的情形。但有機體蛋白質分子構造複雜的程度各不相同，比較複雜的也有，比較簡單的也有，簡單的蛋白質不含硫及磷。硫與磷存於較複雜的蛋白質中。更複雜的蛋白質更

含有鐵及他種元素。在人體中由簡單的蛋白質構成的東西是軟骨、角質物及血清，構成肌肉、腦及神經的，是更複雜的蛋白質。蛋白質構造是無限多種多樣的。動植物種類的多樣性以及有機體中各部分的多樣性，都是從其所由構成的主要成分蛋白質構造之多樣性而生。現在所知的蛋白質已達百種以上。而實際存在的蛋白質種類當然比這個數目大得許多。

蛋白質之所以能成爲有機體的基本要素，是因爲它具有若干特殊的性質之故。蛋白質在有機體中的時候，常成爲一種叫做膠質的特殊狀態而存在。有機體最富於生活力的部分，常包含着多量的水分。普通都知道，水能溶解多量物質，蛋白質也是水能溶解的物質之一種。蛋白質分子在溶液中間，形成約略大小相同，用普通的顯微鏡還不能窺見的微小粒子。這樣的溶液便稱做膠質，蛋白質在這樣的狀態中間，具有極大的活動能力，容易發生複雜的反應，成爲複雜的生命現象的要因，膠質的第二種特徵是凝固的能力。這種凝固作用可因極細微的原由而起。一部分蛋白質的凝固作用是可逆的，由膠質溶液變爲凝固體，或由膠質凝固體變爲溶液，都只須極細微的溫度變化或振動便可發生。另一部分膠質的凝固作用是不可逆的，即凝固以後，便不能再轉爲溶液。這種膠質凝固體是生物體的可動性和可塑性以及保護柔軟部分的形態之功能的基礎。構成有機體中物的結締組織、骨與軟骨之主要支柱的，便是膠質凝固體。膠質溶液的

另一個性質，是在有機體中所起的觸媒作用。即膠質溶液能促進有機體中一切化學反應而其本身却不生變化。蛋白質生命現象因多種原因而發生變化。這也是生命現象的複雜性與易變性的基礎。總之蛋白質分子具有極複雜的組織，能發生多種多樣的變化，因而乃能成爲生命現象的物質基礎。

具有生命現象的生物體之特徵究竟是甚麼呢？動植物之所以和死的自然物不同，是因爲動植物能夠攝取養分，能夠長成，能夠繁殖。換言之，動植物除機械的運動外，更能營一種作爲生命之特徵的高級運動。這一種高級運動，實與構成有機體的蛋白質之物理化學的性質有密切的關聯。

如前所述，蛋白質有觸媒作用，可使由有機體外攝入無機物互相化合而構成蛋白質、脂肪及炭水化合物等營養素，構成促使生物長大及增殖的生活物質。其次蛋白質一則因爲分子量龐大，二則因爲分子量中含有碳和氮原子的原故，所以是很不安定的物質，非常容易分解。當受氧化的時候，蛋白質分子便分解成碳酸氣、炭素，及水等類的化合物。動物體的各細胞，常經過肺臟或腎臟而排出多量這種蛋白質的分解產物，就是蛋白質的這一特徵的表現。在生活物質分解過程中，不住地產生熱能，成爲維持經常的生命活動之能力（Energy）的來源。



生物體內生活物質的創造，即是所謂固化作用，生活物質的分解，即是所謂異化作用。這兩種作用構成生物體內新陳代謝的機能，新陳代謝是生物體最重要最基本的特徵。生物的其他一切的表徵，可以說都由新陳代謝的機能而起。有機體攝取外界的物質，而加以同化的結果，招致其自體的增大，這即是長成的原因。在多數植物及下等動物中間，增殖也直接起于營養及長成。例如變形蟲（又名阿米巴，Ameba）長成到一定的大小時，便起分裂，由一個變形蟲分裂成兩個獨立的變形蟲。這便是增殖。其他更高級生物的增殖作用，它的表現形式雖不盡如此簡單，然而却都須母體能維持新陳代謝的機能時，才得遂行。如果停止了新陳代謝的機能，則生命活動也跟着停止了，長成與增殖當然無法遂行。

所以，生物最基本的特徵，便是新陳代謝的機能，新陳代謝的機能，則是起源于構成有機體中之主要部分的蛋白質的化學性。而蛋白質卻不過是一種具有高度的複雜的組織之物質。因此所謂生命，只是高度地組織了的物質之屬性，只是物質發展到一定階段的結果。我們在生物體中，除了物質之複雜精密的構造而外，找不出任何「活力」或「靈魂」來。

雖然如此，人類現在的科學能力，到底還不能由無機自然創造生命。因此，有一班人至今還對生命抱着神祕觀念。他們相信生物體內有一種「活力」。生物之所以成爲生物，有機體之所

以成爲有機體，是因爲其中具有這種「活力」的原故。無機體中便缺乏這種「活力」。所以有機體和無機體之間存有不可超越的鴻溝。在百多年前，有機化學和無機化學的區別，便是在於前者所處理的對象是必須藉着「活力」才能產生的化合物，後者處理的對象則是單由人工也可創造的化合物。到了1828年，烏勒（Wohler）的尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 人工製造法之發現，開始推翻了上述的見解，因爲尿素原本是無機體內的蛋白質的分解物，而烏勒却用很簡單的無機物也將它製了出來。

但尿素還是比較簡單的東西。到了前世紀的中葉，一向所認爲只有藉「活力」的作用方能產生的脂肪和炭水化合物（糖）也用人工的方法由簡單的無機物可以製出了。過去那樣有機物與無機物的鴻溝，漸漸填平了。有機化學其後即改成了專研究炭素化合物的科學。不過，「活力」說者還是振振有詞的。他們說因脂肪和炭水化合物，雖也是比較高級的有機化合物，但在有機體中到底不如蛋白質那樣的重要，所以才能由人工製造。而蛋白質則因爲對於有機體的生命具有着決定的重要性，所以只有藉「活力」的助力，才能製造出來。

科學繼續的發展，給「活力」說者以進一步的打擊。最近德國的化學家愛彌兒費霞用人工的方法製造簡單的蛋白質。他製蛋白質時，模仿了動物體中蛋白質之形成過程的一部分。大

家都曉得，動物尋常是把植物當作食物而從其中攝取蛋白質的。這種蛋白質在動物體中發生分解，其成分即是胺基酸（Amino acids）。然後又由這種胺基酸，構成各有機體所特別需要的蛋白質。費霞造出了十九種胺基酸，獲得了具有最簡單的蛋白質之一切特徵的物質。固然，由這樣的人工方法所獲得的蛋白質的分子量，不過才四五千，因而這一類的人工蛋白質還不是有機體中具有一萬六千及更多的分子量那樣複雜的化合物，但科學在這裏至少已經發現了製造這樣高分子量蛋白質的門徑了。

在這一問題上，從另一方面投下一道光明的，是細胞學研究的進步。十六世紀的末期，因為擴大鏡的發明，動植物中的細胞，即被發現。然而對於細胞內部的情形及其在生物體中的地位，並無更進一步的智識。自前世紀以來，因為顯微鏡製造技術進步，（現在最精密的顯微鏡能使物像擴大三千倍）細胞的真象才因之漸明。

細胞的主要的部分是原形質（Protoplast）和細胞核。原形質是一種粘液。普通的細胞只有一個核，但具有兩個甚至三個核的也有。細胞的大小，依原形質的大小而定。核為一層極薄的核膜所包，核膜的內部還有一層薄薄的網，沿網散布着大小不同的顆粒，並且核的內部還有一個仁。所以核的構造非常複雜。除核之外，細胞還有細胞中樞及其他構成部分。動物體中的細

胞尋常並無胞膜而植物的細胞則具有胞膜，因之初以為動植物細胞是不相同的。後來發現幼嫩植物體中的細胞也無胞膜，到植物漸長大時它的細胞才獲得胞膜。所以知道動植物體內的細胞在基本點上仍是互相類似的。

在動植物的細胞構造以外，僅由一個單獨的細胞而成立的生物，也藉顯微鏡之力發現了。這種單細胞有機體，普通叫做微生物（Microorganism）微生物在許多點上和動植物體內的小塊，內部有核。阿米巴運動的時候，最初形成一個突起物，然後它的全身向着突起物流入，其後又形成新的突起物，又向新的突起物流入。阿米巴便以這樣形態變化的方法徐徐向各方面運動，所以叫做阿米巴（在希臘文中是變的意思，所以國語譯名變形虫）。

動植物——多細胞有機體的細胞尋常沒有自由運動的能力，但動物血中的白血球却也和阿米巴一樣，是容易變形，能夠運動的細胞。即是，白血球也是依着變化自身形態的方法而運動的。阿米巴在運動的途中，假如碰着了可資營養的分子時，使用自己的身體將其包圍，吸入原形質的內部，漸次加以蠶食，不能消化的殘物，便排出體外。白血球對付各種由外界侵入的病原體微生物和漸趨衰亡的血球細胞等，也採取同樣的方法，用自己的身體去包圍吞食。

一般細胞的增殖過程，全同阿米巴一樣。即是，攝取營養物質的結果，細胞逐漸增大。達到一定的限度，細胞便分裂為二。細胞這樣的長成和增殖，便是動植物長成的原因。

綜上所說，細胞是較之蛋白質分子更高度更複雜地組織了的物質。物質發展到這個階段，開始具體地顯現生命作用。蛋白質分子不過是生命發生的預備材料，而細胞却是生命之具體的負擔者。細胞是生物的基本單位，是生命最簡單的形態。一切有機體的組織和機關，都是以細胞作為磚石而建造起來的。但這一切事實，很容易令人推想到，原始的單細胞生物是現在一切多細胞生物的始祖，多細胞生物體是由單細胞生物發展而成的。

由胚種發達的法則，也可獲得同樣的結論。各種生物個體最初都是由單一的細胞逐漸發達起來的。例如人類，最初在母體之中，由一個單獨的母體細胞卵子和精蟲結合，漸次分裂增殖，通過種種階段，然後才成為胎兒。人的個體的發達如此，全人類過去發展的歷史，也應當遵循同樣的過程。即是人類也應是由原始的單細胞生物發達而來的。其次，由古生物學所獲的資料，也可證明上述的推測。地球上最古地層的礦物是由最低級的單細胞生物的殼所形成的，在這地層裏面，更高級生命形態的殘存物却不會發現。可見單細胞生物是地上最古的生物。一切多細胞生物都是單細胞生物發達進化的結果。

因此，地上生命最初發生的問題，可以歸結到單細胞生物發生的問題上去。

構造複雜的多細胞生物，既是由構造簡單的單細胞生物發展而來的，則單細胞生物也當非突然產生，必是更簡單的物質發展進化之結果。

大抵無生物質長期發展的結果，經過最複雜的化合物蛋白質分子的階段，再發展而成有生的細胞。最複雜的蛋白質分子是否一步便進化成為單細胞生物呢？現在多數的學者都以為還有一種比單細胞生物更簡單的生物，是蛋白質分子與單細胞之間的過渡形態。這種生物比單細胞生物更早出現於地球，而是從無機物自然發生的最初的生物。最近微生物學者所發現的噬菌體（Bacteriophage）便是最顯著的例子。各種噬菌體在化學分析和生理反應中都是純粹的蛋白質，但都具有不完全的生命現象。特種噬菌體能夠殺害某一種類的細菌，藉以迅速繁殖自己。所以他們常是介乎蛋白質與生物之間的物質。

在這裏可以回轉去考察生命在地上如何發生的問題了。如上所述，生命過程與蛋白質有着密切的關聯。現在地上存在的生物，根本上都是由蛋白質構成的。在最原始的生物出現以前，必先有蛋白質的存在。所以，要解決生命發生的問題，必先解決在怎樣的條件之下蛋白質方得發生的問題。

蛋白質存在最主要的條件，是適當的溫度。大多數的蛋白質在八十度到百度左右便凝固了。在四五百度的時候，複雜的有機化合物便要分解為更簡單的成分。其次一切有機體中一半以上的成分是水。細胞中的蛋白質便是膠質溶液。肉體生命現象的大部分，都須由膠質溶液的特性去說明。因而生命發生的另一個必需的條件是液態的水之存在。而水却是在溫度百度以下，才成為液狀的。所以，必須在地面的溫度降落到百度以下的時候，生命才開始發生。從古生物學的資料看，水棲生物最先發生，陸棲動植物的出現，是較後時期的事。由此可知，原始的海洋是生命的搖籃。根據上述的事實，我們可對蛋白質在地球上初發生的過程作如下的推想。

在瓦斯狀的星雲之溫度高於一萬度的時候，其構成成分各種元素還在蒸氣狀態之中，彼此不能互相化合。但因各元素比重不同，所以較重元素的蒸氣必集中在星雲的中心，而輕元素必殘留在星雲的表面。碳和鐵與其他金屬的蒸氣，在原始星雲中，大概是很相接近，甚或混合在一個地方。分析由天空落下的隕石，也可得到同樣的結論。隕石多由自然鐵所構成，在這種鐵中，常有碳混合存在。有時其中並且可發見金剛石的碎片。

原始星雲逐漸冷却進化，到了現今太陽的溫度時（ $6000^{\circ}\text{C}$ ），各種原素的原子，還在遊離狀態中間，化合物不能構成。但由分光鏡光譜（Spectrum）裏面的色帶可知比太陽溫度更低

的赤色星上，便有化合物的存在了。所以當地球的溫度達到了赤色星溫度的水準時，碳便與混合着的金屬相化合了。如此產生的化合物，即各種金屬碳化物。事實上，金屬碳化物確具有忍耐高溫而不分解的能力。

當時地球的表壳很不穩固，時常有火山爆發。從地心噴射出來在灼熱狀態中的金屬碳化物，與過熱的水蒸氣相接觸便形成生命發生過程第一階段的碳氫化合物。這樣形成的碳氫化合物，和空氣中的養氣相接觸，必發生養化作用。結果發生醛類及醇類等較複雜的有機化合物。另一方面，在白熱的溫度以下，氮與若干的金屬能夠化合。這種氮化合物與水相遇，便生阿摩尼亞。到地面的溫度降落到有醛類及醇類發生時，阿摩尼亞便與這等有機化合物相化合。結果由生物體之基本原素（碳，氫，氧，氮）所構成的物質便產生了。

地面的溫度繼續降低，空中的水蒸氣凝結成水，將上述各種化合物溶解，降落地面，流入海中。在海水中間，被溶解的各種各樣物質，彼此互相接觸的機會很多，因而在年長月久的時間經過中，於一定外在條件之下，蛋白質分子開始結成了。

地面的溫度，氣壓及其他各種條件繼續變化。這中間又經過若干千年萬年的時間，海水中各種蛋白質才又經過種種發展的階段，最後才形成我們所知的生命現象之最初的負擔者。



## ——單細胞生物。

總括的說，生命是高度的組織了的物質屬性。生物並不需要神助或天外飛來的胚芽，完全由無機自然物的發達進化而產生。無機的自然物之所以能發展到生物，第一是因為物質在運動過程中，同時發生多種多樣的性質變化。分子的性質不同於原子的性質，複雜化合物的性質不同於簡單化合物的性質。而嚴密地組織了的細胞之性質又不同於任何化合物的性質。物質在量的發展中發生質的變化。第二，地球自從母體誕生以來，各種物理條件不住地轉變，因而構成了物質不住地由這形態轉化另一形態的外因，使物質得以在各種各樣的組織形態中顯現其特有的屬性。第三，地球的年齡約在二十億年，而地球上生物的年齡，不過約三億年。所以自地球誕生到生物出現，其間經過了約十七億年的長久時間。換句話說，由無機自然物到生物間的每一段細微的進化，都是物質在自然的實驗室中幾十幾百萬年間所進行的各種各樣試驗的最後之結果。

因此，生物與無機自然物雖非絕對對立，但兩者却也並不是完全同樣的東西。從無機自然物到生物，其間要一個努力的跳躍。這個跳躍是大自然在若干億年的長期試驗裏完成的。所以，想以短促的時間在現在的自然界裏或實驗室中，從無機的自然物創造生命，當然是不可能的。

事情。「自然辯證法」的著者說：「欲用少許的污水，在二十四小時內，使自然發生它在數千年間方能發生的變化，恐是愚蠢的事吧。」如果因為現在的自然界裏和實驗室中不能進行生命的創造，便否認從無機自然物產生生物的可能，那當是更加愚蠢的事情。

#### 四 生物的進化

現在地上所有的生物，種類總計起來，當在一百萬以上。這樣種類繁多的生物，如在前章所述，都是由單細胞生物發展進化而來。但由單細胞生物進化到現在的各種較複雜的生物，其間曾經過怎樣的過程呢？對於這個問題解答的第一個根據是古生物學的材料。

當地球逐漸冷凝時，表面結成硬壳，雨水下降，形成海洋，地上最初所有的，只是堅硬的岩石和水而已。

這種原始的山，原始的陸地，不斷地受風雪雨水的沖洗剝蝕，受海浪怒潮的打擊，漸漸地崩裂，漸漸地破碎。資料堅硬的花崗石，片麻岩等，因所受太陽的熱力不甚平均，乃發生龜裂。滲入這種罅縫裏面的雨水凍結的時候，因膨脹乃使岩石破壞。同時水又可使岩石起一定的化學分解，改變其化學的組成。因這種種作用，堅硬岩石的一部分，漸成泥土，為水所溶解，所容納，流至

海中，逐漸沈積，而成沙岩、泥岩、水成岩等。經若干百千萬年之時間，愈積愈厚。其後因地殼收縮不均，原為海底的處所或突出現為陸地，原為陸地的處所，或下沈變為海洋，因而在海底形成的岩層，隆起介入大陸之間的很多。此等散在各地的岩層，經地質學家的精密研究的結果，其生成年代的順序，仍然可以攷知。

在各種岩層歷代累積形成的過程中間，當時動植物的殘片遺骸，往往被湮埋在泥土中間，成為化石，約略保持着原有的形狀。古生物學者即從各種岩層中將此等化石發掘出來，而加以整理比較。由化石在各岩層中分布的狀況，可以推定各種生物生存先後的順序。又將各層中的生物種類加以比較，則何種生物曾在何時繁殖，何時漸趨衰亡，也可推知。根據這一類的材料，知道沒有永久不變的生物種類，一切生物都是跟着時間的經過，由一種形態向他一種形態變化推移。

地質學者將地球岩層的歷史分為太古代，元古代，古生代，中生代，近生代等五個時期。在太古代與元古代的岩層中，一方面是因為原始生物體質軟弱，他方面因年代悠久屢次受壓力與熱力的重大變遷，這種脆弱的生物遺跡，難免泯滅，生物直接的跡象遺留的很少。所以僅由岩層中石灰、鐵、與黑鉛礦狀等的存在，而推知當時有動植物生存的可能。

古生物研究實際開始的時代是古生代，這個時代又細分為寒武紀，奧陶紀，志留紀，泥盆紀，石炭紀，及二疊紀。在寒武紀的岩層中，有最初的化石之存在。由這種化石，知道當時已發生海洋的無脊椎動物，其中主要的是海綿，水母類，蠕蟲，三葉蟲，甲殼動物，軟體動物等。海中的海藻亦已出現。陸地的植物，魚類及其他的脊椎動物，空中的昆蟲，還沒有存在的痕跡。在其次的奧陶紀中，三葉蟲極為繁盛，這類動物，為有節支，有觸角，身體分節的海生動物，有多數的附屬物和一角質的外殼，到古生代的末期，乃完全滅亡。在這個時期中，脊椎動物的代表者，真正的魚類開始出現。但最初的魚類如現今的鱈魚似的，只具有軟骨質的脊骨。在其次的志留紀中，硬脊骨魚類便盛極一時了。此時期發見了植物界的代表者羊齒科植物。在其次的泥盆紀中，動物開始向陸地移殖。肺魚和兩棲類，可說是由海洋侵入陸地的先鋒隊。肺魚是魚類與兩棲類間的過渡物，此物一面具有與魚相類之鰓，而同時又能用由浮袋變成之肺以呼吸乾燥的空氣。此物的苗裔現在還存在南美洲與非洲的若干地域裏。尋常在水中生活，與魚無異，炎熱之時池水乾涸，便用肺呼吸。兩棲類則是更高度發展的產物，如蝶蟬，蛙，蟾蜍等，在幼年時代用鰓呼吸，長成之後，便用肺呼吸了。此類動物一面類似水棲動物，一面又類似陸上動物，所以可看做水棲動物與陸上動物的過渡階級。

最古植物的殘片雖已發現在志留紀的地層中間，但到石灰紀的時候，植物才達到空前的茂盛程度。當時氣候炎熱，在卑溼的沼澤裏，巨大的石松和木賊成爲異常密茂的森林。這種原始的森林，後來便成爲地底下的煤礦，使若干千萬年以前日光的能力，保存至今，供給人類以巨大的能源。在上述的森林中，侵入陸地的節肢動物如蜈蚣，蜘蛛，蝎與昆蟲等異常繁多。爬蟲類在此時期開始出現。到其次的二疊紀爬蟲類逐漸繁盛，完全與水脫離關係，在陸地上消度其全部生活，這是動物界一大進步。

中生代，是爬蟲的黃金時代。此時無論海中陸上，甚至空中，都爲爬蟲類所佔領。這一族的動物，大抵皆軀體龐大。例如有一種叫做禽龍的，大約高有二十五英尺。還有一種戴域龍，竟長到百呎，高到三十呎。其他如魚龍，蛇頸龍，翼龍，鉅齒龍，三騎龍等，都是龐然大物。但此等動物體軀雖大，腦髓却很小。所以外表雖魁偉驚人，而智力並不發達。這或者便是這類生物之所以在中生代的末期不能逃出滅亡的命運之故。在三疊紀時有一種叫做恐龍的爬蟲，大小不一，小的小到如鼠一樣，大的大到腳長二十吋的也有。因其具有這樣易變的性質，所以被認爲是哺乳類與鳥類所從發生的遠祖。

翼龍雖是空中的征服者，但並不是鳥類的始祖。因爲他的兩翼並不是由羽毛構成，只是附

在前肢兩張皮膜，形狀與現在的蝙蝠相類似。鳥類是由爬蟲類的另一個分支發展而來的。在始祖鳥的化石沒有發現以前，一般生物學者雖相信鳥類係由爬蟲進化而來。但二者之間形體相差太遠，無過渡形態的證據，因而頗成疑問。後有一德國古生物學家，在巴威利亞（Bavaria）侏羅紀岩層中發見完全的骨骼兩具，埋藏處恰在爬蟲時代的中期，而鳥類還未出現。這種化石的形態非常奇異，介於爬蟲與鳥類之間。有羽毛及生毛的翅膀，近似現在的鳥類，但翅膀很短小，不適宜於飛翔，只可在樹幹間作短距離的滑動。在他一方面，這種動物又近似爬蟲無角質的喙，而牙床上滿佈與蜥蜴相彷彿的牙齒。無鳥類粗短的尾，而有類似蜥蜴的能彎曲的長尾。尾部生有平闊的羽毛，自各邊向中間交叉。又有爬蟲類的胸骨和肋骨，翅膀相當於獸類的前肢，尖端具有長爪。由這種特徵，可推知其是爬蟲類與鳥類之間的過渡形態，也即是鳥類的始祖，所以名之曰始祖鳥。

到中生代末期的白堊紀，最顯著的事情是巨大爬蟲的衰落，有花植物的茂盛，和小哺乳動物的繁殖。在古生代二疊紀，少數爬蟲如犬齒龍，形狀極似哺乳動物。在中生代初期的三疊紀岩層中，哺乳動物的遺跡很少，所以我們對於當時的哺乳動物的知識甚為貧弱。但到三疊紀的末期，以及侏羅紀中，哺乳動物逐漸繁盛。其一類樹居小食蟲動物，到此時乃分成多支，具有今日的肉

食哺乳動物，有蹄哺乳動物與猿猴類的各支派的傾向。到白堊紀的上期，哺乳動物分支益繁，能多方面的發達以適合於征服各種不同的環境了。這種發達的傾向，到新生代仍進行不已。

新生代分爲第三紀及第四紀。中生代的大怪物已經逐漸滅亡，繼起的動物都是較小的種類。過去的動物雖有龐大的軀體，但腦量淺小，而新興動物軀體雖很弱小，但腦量却很充足。這大概便是這兩類動物興亡的關鍵。這新興動物，便是哺乳類動物。新生代可說是哺乳類動物支配世界的時代。

在第三紀中，陸上爲如犀，象，獾等厚皮動物所支配，海中則有鯨，海獅，海牛等水棲動物游泳於其中。空中飛翔着蝙蝠，樹上跳躍着松鼠，地底有鼯鼠掘穴而居。哺乳類能很靈巧地適應着各種各樣的環境，所以能征服世界的各個角落。到了第四紀的前半，現在動植物界的種類大致已經形成。在爪哇島上的這時期的岩層中，猿猴與人類的中間形態的猿人之化石也發現了。

由上所說的事實看，動物發展的主要路線，可總括如下：單細胞生物——軟體動物——魚類——兩棲類——爬蟲類，由爬蟲類分支爲鳥類與哺乳類，從哺乳類裏，才產生人類。每一發展的階段，生物都分成無數的支派。大多數的生物支派，在發展的中途漸趨衰亡了。其種類到現在已經絕滅。有若干支派存留到現在仍約略保持着原來的形態，而若干支派却漸漸變化了，不再

保持原來的形體，而轉化成新的種類。例如爬蟲類中身軀巨大的動物，現在業已絕滅了。如鱷魚、蜥蜴等，到現在還有多少存留着原來的形狀。而其中的某些支派，却又進化而為鳥類及哺乳類了。哺乳類中，如毛象、巨犀等在第三紀末期便已絕滅了。如猿、猴、獅、豹等同族中的一種，却又進化而成人類。

另一方面，生物最初由海洋發生，其後漸由海洋侵入陸地。然後又由陸地侵入空中，這樣每一次顯著的環境變化，使得生物的形體也發生巨大的變化。由水到陸，使用肺部來代替鰓去呼吸，用四肢以代替鰭運載身體，由陸到空，有雙翼以代替前肢。否則，生理構造不能與環境相適應，生存便不可能。即同在陸地上面，各地的情狀也都不相同，各有其特殊的處所。生物為了適應這種種的特殊環境，應付種種特殊的生活，便具有稍稍特殊的形體。這便是種類繁多複雜的原因之一。現在的動物不下八十萬種。各種類動物從表面看是各具特徵，互相殊異；但如將他們的骨骼加以比較研究，便可發現他們之間的親族關係。例如魚、蛙、袋鼠、蜥蜴、龜、鳥、牛、人等物，在外表上是截然不同的東西。但身體構造在主要點上，却具有共同之點。第一他們都有內骨骼，有軟骨，背部中央有由脊椎連合而成的脊柱，脊柱又和四肢骨肋骨等相連接，腦為函狀的頭骨所包裹。第二，腦與脊髓組合而成的神經系統都位於軀幹背部。第三，胚胎時期都有鰓縫。因為



有這些共同的特點，所以同列爲脊椎動物。魚，蛙，袋鼠，蜥蜴，龜，鳥，牛，和人具有這樣共同的特點的事實，可以證明他們現在雖然彼此形態懸殊，在過去却曾屬於同一族類。而現在一切形態差異，一切繁多複雜的種類都是因爲要適應複雜的生活環境而生的。

除了上述的化石紀錄而外，生物進化論的另一個有力的證據是發生學的法則。一切動物在胚胎內發展的過程，略再現了其祖先自古代演變到現在所經歷的各個階段。一切動物的胚兒都從單一的卵細胞出發。種類在動物界發達的系統樹上所佔位置愈高，則胚兒所歷變化愈多。最簡單的單細胞生物，發達便停滯在第一個階段上。如爲多細胞有機體，則胚細胞於受胎後，逐漸長大，當一個細胞變爲兩個，由兩個變爲四個八個。因而由單細胞胚兒形成了包含多數細胞的小球。其後這種球狀體的一半向內凹進，形成極狀的東西。腔腸動物胚兒的發達便停止在這個階段。但更高級的魚類之胚兒，都要向更高的階段發展，胚體中間有脊骨，鰭和鰓也顯現出來。兩棲類，因在發達的過程中較魚類更前進一步，所以他的胚兒須經過魚類胚兒發展的各個過程。蛙之胚兒發展的過程，便是顯著的例子。到了春天，蛙產生蛙卵，但從蛙卵產生的並非水陸兩棲的蛙，而是具有尾鰭，鰭，游泳水中，與魚類相似的蝌蚪，經過相當時日，蝌蚪才脫尾生脚，變成蛙的形狀，即是胎兒在發展過程中，須經過魚的階段。由此可知兩棲類全綱具有魚類的祖先。

人類是地上生物發展最後的產物，所以人類胎兒在發達的過程中，要通過生物界歷史的發展之一切的基本階段。人類胎兒最初也是單一的細胞，稍後體中生腮呼吸器官，鰓瓣，鰓片，鰓動脈應有盡有，此事可證人類遠祖曾一度水居。胎兒發達到以後的階段，此種鰓呼吸器官，漸被捨棄。人類耳下的歐氏管，就是原始鰓瓣的遺跡。在第三四個月間，胎兒與未成熟的牛豬的胎兒相同。胎兒到第五個月，和類人猿的胎兒極相類似，兩者幾乎不能區別。第六個月的胎兒，全身和顏面爲毛所蔽。身上毛的生長方向與猿相同，此時期胎兒的手足不能區分。足的姆趾與其餘四趾相對向，此等特質有時在初生的嬰兒身上也可看出。如此胎兒在母體中以九個月的時間通過了動物界有數千萬萬年方得通過的種種階段，胎兒發達對於物種發達的這種依序性稱做發生學的法則。

動物界中還有許多現象，也可作發生學的法則之確證，例如尋常的健康的馬，有時所生的仔馬的腳不止一蹄，而有三蹄，在長時間大家都不能理解此事的原因，僅叫此種仔馬爲畸形，但到約六十年前，發見了數十萬年前生存之古代馬的化石。這種馬腳上本有三蹄，其後經過長時間的演變，有兩蹄逐漸退縮，才只餘一蹄而或爲現代的馬。所以偶然產生的三蹄馬，實是他在母胎中足蹄發達停滯，無意中保持了其遠祖的原形而已。

其次，人類的胎兒有時也有在母胎內未將自己身上所具的動物痕跡完全洗刷清淨便走出世來的。例如有的人還有留與人類的祖先類人猿相同的尾巴，這是在母胎內的時候尾部不會完全縮藏的結果。

綜上所述，可知高級生物實由低級生物進化而來，複雜繁多的種類實是簡單種類分歧發展的結果。地上生物並非如僧侶階級所倡的特殊造化論所云，自經造化主創造以後，便代代相承，身體之構造組織恆久不變。除上述的化石記錄與發生學的法則而外，生物地理學與比較解剖學替生物進化論添加緊固難拔的證例。到現在為止，生物進化的事實，已成爲一般的定論，再無否認反駁的可能了。

但生物何故能進化？生物演進的動力何在？對進化的事實能作適當的理論說明的是達爾文學說。達爾文學說的要點是「變異」與「選擇」。

凡生物所生的子女，大都異於父母，同時兄弟姊妹，也不能絕對相同。所以雖是同種的生物，也千差萬別，具有多樣不同的發展傾向，這樣變異的結果，其中有一部份在某一定的環境裏因所具的特點，便于得食，避害，獲偶及養育子孫，而另一部份却取着恰恰相反的發展方向。獲有有利的變異的，當然適于生存，得到勝利。而具有相反之變異方向的，必要走入劣敗的途徑。這種優

劣之分，在一二代中，或尚不十分顯著，但經百代千代，則優劣的特質積累起來，便可決定生物種類的盛衰興亡。因為生物在變異中所獲的優點劣點，可以遺傳給子孫。其具有不能適應環境之缺點的，漸被淘汰。其被自然選擇留下的，當然是能與環境相應的部分。經過無數代淘汰選擇的結果，則必使種類的性質發生影響，而漸有完全的新種發生。這樣發生的新種，因為是經過自然無數次淘汰選擇的結果，所以其體形必能與所在的环境相適應。現今地球上深海、高山、平地、熱帶、兩極的外在條件，千差萬別，而各處生長的生物的體形，都能與環境相適應，其構造之巧妙，設計之精當，往往使人驚嘆，所以特殊造化說者，即根據此點認為自然界絕不能盲目地產生如此精妙的結果，必是造物主在創造生物之時，按各地各時不同的環境，而賦生物以特殊的構造，使其與環境相適合。即生物體形的發生，必在冥冥之中受最高的造物主之目的意識所主宰，決不是盲目的因果法則所能說明。他們殊不知現在的一切生物，都是經過自然數千數百萬年選擇而生存的種，其餘較之現在的數目更多若干萬萬倍的生物種類，因與環境相抵觸，早已在過去為自然所淘汰，我們現在見不着了。例如北極的白熊和終年積雪地帶的銀狐，其毛色何以恰與環境相同？依進化論說，則因為在冰天雪地之中，熊類如為有色的，以目標顯著，易被其他小生物發見而趁早趨避，結果得食困難，漸趨滅亡。只有白色的熊才能獲得食物，得到生存繁殖的機

會，所以結果北極的熊類毛色是白的。狐類是小生物，如爲有色的，則在雪地裏面，不特獲食困難，而且目標顯著，易爲巨大生物所捕食。所以結果也只有銀色的才得存續，其餘的都爲自然所淘汰了。

所以生物的進化，種類的分歧，是物種變異，種性遺傳，及自然選擇三個因素作用的結果，其中物種變異與種性遺傳，本是兩個互相對立的因素，但在生物進化的過程中間，這兩個因素却相反相成，在對立性背後有着統一性的存在。如兩者缺一，則生物進化的法則便不能成立。因爲所謂遺傳，卽是同類生同類，鷄生鷄，鴨生鴨，種瓜得瓜，種豆得豆的意思。但如果生物界中只有遺傳一個因素在那裏作用，則始祖所生的子孫必個個全和始祖一樣，到現在恐怕地上仍只有單細胞生物。而所謂變異，卽無論種族關係怎樣密切，無論血緣怎樣接近，各生物個體仍有其獨特的個性，彼此不能絕對相同。俗語所謂一娘生九子，九子不像娘，便是這個因素作用的結果。但如只有變異一個因素的作用，則自生物的始祖起每代生物都和父母完全不同，而又彼此不同，地上的生物，只是無數千萬雜亂無章，彼此形體懸殊的個體，便不成其爲種，不成其爲類了。然而正因爲遺傳變異兩個因素同時作用，互相剋制，所以生物才在相同的種類之間有不同的個體，不同的個體之間有相同之種類。

自然選擇的工具，是生存競爭。生物的生殖能力是至可驚人的。動植物孳生的數目常較自然的生存手段所能充分供給的數目要多若干倍。例如設任蒲公英自由繁殖，使其個個種子都能繁衍下去，則數十代後，蒲公英的子孫，便可遮蔽地球全陸地的面積而有餘。概算起來，一年獲得兩個種子的植物，二十五年以後，便可獲得數萬的子孫。植物如此，動物亦然。一對青蠅，可生二千個蠅卵，孵出之後，至兩星期，又生長成生殖期成熟的青蠅。這二千青蠅，又能生二百萬蠅卵，每個蠅卵，又各孵出一個青蠅。高等生物，繁殖較緩，但如果所生的子孫都能繁衍，則經相當時間，其數也很可觀。例如象是繁殖很慢的動物，每對巨象每九十年中只生六只小象，但推算起來，這一對象的配偶之子孫，經五百年後，可達一百五十萬頭。生物的數目雖如此迅速地增加，但地球表面，及其所能供給的生活資料却有一定的限度，因此，生物的同類與同類，同類與異類之間，不能發生劇烈的競爭。在這種競爭的過程中間，大多數的弱者劣者敗亡了。只有極少數的優者強者，得以繼續生存。

例如一株蒲公英枯死之後，遺留的種子約有數百。數百新生的植物，不得不佔在從前一株植物所佔的場所。這當然是不可能的事情。於是落在地上的種子中，一部分全不發芽。這些種子是不會完滿成熟的種子，因而便成了劣者。另一部分的種子或因殼壁過厚，或因所落地位甚不

適宜，發芽較遲。這種發芽較遲的植物較之在適當的時機發芽的當然不易獲得充分的空氣和陽光，而終于未能長成，中途枯萎。即在適當的時機發芽的植物中間，也仍有激烈的競爭，其中在各種條件上不十分良好的，在競爭中終于招致了最後的敗亡。所以淘汰的結果，能夠生存長成，開花結實的百中不過一二而已。此種最後生存，得免淘汰的植物，有時仍須與他種植物競爭。設有他種植物侵入蒲公英生地，而且它的特性又較蒲公英更能適所在的環境，則蒲公英亦不能不歸于敗亡。這即是所謂優勝劣敗，適者生存，但這裏所謂優劣，並無絕對的意義。有時某一生物的特性在甲環境稱為優點的，在乙環境或竟變劣點，成為致敗的原因。反之，也有在甲環境被視為劣點的，到乙環境或竟成優點，反變成取勝的工具的。

生存競爭，不只以着同種之間與異種之間的鬥爭形態發生，在多數的場合，且以互助的形態而進行。例如昆蟲類的蜂與蟻，分工合作，共營生活，飛禽類中的雁，哺乳類中的羚羊，都是出則同陣，處則同居，共同工作，守望相助。因為這種生物，必須結成團體，互相幫助，方能免敵人的侵害，獲得必要的食物，保養子孫。換言之，生物的互相扶助，也是生存競爭的一種手段。此等生物，因為特殊的生理條件，欲獲得生存，不能不以互相扶助代替互相鬥爭而已。這種特性也是生物在長久的自然選擇中所得的最後結果。

生物經長期的自然選擇，將在變異中所得的有利特質代代遺傳下來，累積成與其生長的環境相適應的形質。但生物的環境，是不住地變化着的。深海變成陸地，密林變成沙漠，嚴寒的地帶變成風和日暖的地域，炎熱的氣候又變成冰雪深積的世紀。地球上自生物發生以來，真所謂滄海桑田，不知經過了多少度的變遷。這種環境的變遷，當然對生物加以更嚴格的選擇，更厲害的淘汰。生物在其形質上能夠適應新的環境，或能夠較迅速地變化自己的構造以適應新的環境的，便能獲得生存，繼續繁衍，其不能與新的環境相適應，或保守原來的形質的，便只有亡族滅種了。因而乃有新種產生。例如中生代本為爬虫的黃金時代，但到中生代末期，橫行地上的巨大爬蟲，竟驟然滅亡，代之而興的是哺乳類。這是什麼原故呢？哺乳類的祖先，本也是爬虫的一個支派。因為身體弱小，不能與巨大爬虫相競爭，為避免肉食恐龍的侵害，乃遠離沼澤平地，棲居荒蕪高原。因為空氣乾燥，氣候酷烈，長期演變的結果，這種小爬虫的身上漸有毛茸發生。到中生代與新生代交替的期間，地球氣候突變，長時間風和日暖之地面，忽為極端激烈的氣候所代替，夏熱而短，冬寒而長，原來在潤澤空氣溫和氣候中繁殖稱霸的巨大爬虫，至此不能抵抗酷烈氣候的壓迫，便趨滅亡。而中生代被迫害者的哺乳類，却因體蔽毛茸，能抵禦寒暑的變化，所以不僅免于滅亡，而且發展繁殖，成為地球上的霸主。



以上是達爾文生物進化論的要點，自一八五九年「物種原始」發表而後數十年來，生物學者所得的材料，莫不證明達氏生物進化學說的真實。但關於變異和遺傳的理論，則達氏遺留的問題還多。例如父母的性質與子女的性質既有一部分不同，又有一部分相同，則究竟何種性質是可以遺傳的，何種性質是不可以遺傳的呢？只有先天的性質可以遺傳呢？或是後天的習得性質也可以遺傳呢？換一句話說，變異是漸進的呢？或是突進的呢？這都是達爾文所不曾顧及或沒有完滿解決，須待其他的生物學者之補充與糾正的。

這在達爾文之前，倡後天習得性可以遺傳的，就有拉馬克的用進廢退之說。依拉馬克的理論，一個器官的發展和退縮，全憑用與不用以爲定。如果常常使用則漸趨發達，並且由這種努力所得的成績，可以一代一代的遺傳下去。如果廢置不用，則逐漸退化。這種退化的結果，也可傳之子孫。例如長頸鹿的頸部原與普通的鹿無異，後來因爲每代仰企高樹頸部乃逐漸延長，久之自成一新的族類。

赫胥黎曾比較家鴨野鴨的腿骨與翅骨之重量，發現家鴨腿骨較野鴨的腿骨爲重，而翅骨較野鴨的翅骨爲輕。他認爲這是用進廢退，後天習得性能夠直接遺傳的最好證據。因爲家鴨與野鴨雖同出一源，但因環境不同，家鴨走的時候多，飛的機會少，所以腿骨發達，翅骨退化。而野鴨

則恰相反對。他由新生岩層中的化石考察馬的發展歷史，知馬祖化石的足趾有五枚，較遲的岩層中，有三趾馬的化石，其足祇有三趾。更遲的岩層中的馬化石，足的中趾特大，左右兩趾已漸退縮。最遲的岩層中，已有今日所見的馬，中趾發達成蹄，左右兩趾已退化成微細的軟骨了。他以為這是因為馬時常馳驟，在馳驟中間中趾特別得力，所以中趾特別發達，其他各趾，逐漸退縮，最後竟只餘中趾了。

由後天習得性能夠遺傳的說法，環境對於生物，不僅使其個體的行為習慣和體魄構造發生變化，而且使這種變化能遺傳下去，因而影響物種的性質。

但近幾十年來，生物學者爲了證明拉馬克的學說曾舉行了很多的實驗，結果或完全相反，或以缺乏控制內部因子的能力而不能肯定。直到現在，還沒有一個健全的實驗，足以助證拉馬克學說的真實。反之，證明拉氏學說之虛偽的，却時有所聞。因而，後天習得性能夠遺傳的說法，是爲大多數生物學者所否認的。

對於生物遺傳問題貢獻價值最大的是奧地利人門德爾（Mendel）。他是與達爾文同時代的人，但他的著作一直湮沒到十九世紀末才惹起世人的注意。門氏對於植物遺傳曾加以系統的試驗，結果發見了有名的門德爾遺傳法則。爲了說明這個法則，他創立了遺傳性質單位說。

照他的說法，生物所具的各種遺傳性質，可以分解為許多單位。例如人類的膚色，髮形，眼珠的顏色，鼻樑的高度等等，在遺傳上都是各成單位。一個人的這一類特性，都是由父母兩方遺傳而來。不過從父母所稟受常常參差不齊。甲單位稟受于父，乙單位則稟受于母。波狀的髮形或得之于父，而短突的上唇則由母稟受而來。有時父或母的特點，僅在兒子身上發現，在女兒身上則暫時潛伏，到女兒的兒子又復現出。總而言之，在兩性雜種生殖的場合，生物遺傳性質單位綜錯配合，使第二代子女個體互相殊異，但遺傳性質單位數目一定，不能創造。換而言之，生物個體各種能夠遺傳的性質都是由上一代稟受而來的，其後天習得的性都是不能遺傳的。

近代反對習得性遺傳最力的當推威斯曼(A. Weismann)的生殖原質永存說。照這個理論說，一個生物の出發點，是生殖細胞。此種細胞係由精蟲和卵細胞結合而成，其中有細胞核，此細胞核中有生殖原質。當生殖細胞由一個分裂為兩個，兩個分裂為四個，四個分裂為八個……而發達成個體生物的時候，留着生殖原質發展為生殖細胞，以供第二代生殖之用，其餘的各部份則長成為軀體上的各部分機關，如四肢五臟之類的細胞。第二代的生殖細胞，也反復同一的過程。所以生物體中的細胞可分為兩類，一是軀體細胞，一是生殖細胞。環境對於生物的影響，只能及于軀體細胞，後天習得性只能使軀體細胞發生某種程度的變化。至于生殖細胞，則潛伏體

內，堂高籠遠，對外在環境的刺激，後天行為習慣的影響，深閉固拒，無動于中，但生物的種性只由生殖細胞遺傳，而軀體細胞不過是生殖細胞的附屬物，保護者。所以後天習得性當然不能遺傳。

門德爾和威斯曼的後天習得性是不能遺傳的學說，現在差不多已成了生物學界的定論。但如果這樣，生物的進化又如何可能呢？從地球上最初的單細胞生物，怎樣獲得各種新的性質，發展為目前種類繁多，組織複雜的生物呢？

荷蘭生物學家甫里斯（Hugo de Vries）研究月見草的遺傳現象，在繁殖八代之後，結有幾千種子，每代都有相當數目的突變個體發現。這種突變植物，與其原始親體相差很大，很不容易認出兩者間的親子關係。甫氏因而首創生物突變論，在1900年刊行突變論的第一部著作。他以為生物的進化是由于性質的突變，而不是由于性質的漸變。並且這種突變的性質是可以遺傳的。其後，多數生物學者沿着這個方向做了許多精確的實驗，大抵都證明甫氏學說的真實不誤。經精密研究的結果，並且知道生物形質的突變是由于生殖細胞中的染色體或因基的突變。生殖細胞內部何以會發生這樣的突變呢？數年以前，米勒（Muller）曾用X光線照射果蠅，襲擊它的種細胞，發現因基突變發生的次數較之未受刺激的約達一百五十倍。在米勒的實驗之

後，其他的生物學者也常以X光線和鐳放射線照射各種動物與植物，產生很多的因基突變。自然界中發生的銳利光線很多，當是刺戟因基，使生物發生突變最重要的原因。

總括起來說，無論何種生物，在繁衍的過程中間，形質常有突變。但形質的突變非常盲目，有些突變完全無益，有些突變則甚至於有害，致命的突變也屢見不鮮。大多數的突變無關重要，不過顏色、形態、身體的毛髮發生些許的改變而已。有益的突變也偶爾發生。在生存競爭中間，獲有益變化的個體較之維持原狀或獲得有害變化的個體，當然更適於生存，容易得到繁殖的機會。反之，那維持原狀或獲得有害變化的個體，自必較易成爲自然淘汰的目標。這個過程是非常緩和的，決沒有我們所想像的那樣迅速。但這一類變化既能夠一代一代的遺傳下去，在幾萬萬年悠久的時間裏，生物的進化便隨着地球表面情況的變化，而形成了。

## 五 由動物到人類

如前章所述，古生物學與胚胎學研究的結果，確證了目前一切高級的生物，一切複雜的種類，都是由更低級更簡單的有機體發展進化而來，即是號稱萬物之靈的人類，也不能逃此例外。雖然正同許多地位崇高的人喜歡諱飾自己卑微的出身一樣，虛偽的自尊心也往往使人

類不願意承認自己的祖先是獸類。但更多的科學的事實却日益證實了人類與動物之間的親族關係。人類身體上有許多多餘的器官，現在證明是遠祖遺留下來的東西。其中最顯著的是大小腸連結處的盲腸。這種盲腸不但對於人體毫無用處，而且往往成爲致命病症之盲腸炎的根源。盲腸現在對於人類雖然有害無益，但當人類的祖先還是動物的時候，却也曾有過重要的功用，因爲他可以幫助消化器官消化最難消化的纖維質。盲腸在許多草食哺乳動物如兔的體中仍爲極大的器官，仍有很大的功用，人類因爲進化的結果，食料與前不同，盲腸廢置不用，便逐漸退化，成爲贅疣了。又如我們頭上的兩隻耳朵，在我們祖先的身體上，本是可以自由轉動，以收集由各方傳來的音波的，現在也失掉了作用，漸漸退縮，除了少數的例外，普通人的耳朵都不能轉動了。還有些畸形發展的人們，他們身上的許多特徵，只是人類很早以前的祖先才具有的。這種特徵在科學上叫做獸形，即是從前祖先形體再現的意思。例如有許多女子不只有一對乳頭，而是有許多對，有時甚至有六對。又有些人且有一條尾巴，並且相當的長，例如美國從前有個小孩子的尾巴長到 12 吋。此外人類的行爲性情，也往往保留着許多獸類的遺跡。普通把這一類的遺跡叫獸性獸行。

由此可見，人類雖比其他的動物具有更複雜精巧的器官，具有更高級的心智，雖是萬物之

靈，但仍是動物中間的一種，不過在生存競爭的過程中間，最爲幸運，最爲成績優異而已。

然而由動物中間怎樣產生了人類的人類最近的祖先是甚麼呢？十八世紀瑞典的生物學家林納，在「自然的體系中」，說人與猿猴在許多特徵上互相類似，因而把人類與猿猴同屬於哺乳類中的靈長類。自此以後，科學又繼續提供了許多材料，證明人類與猿猴之間的血統關係，人類與猿猴相同的疾病，人類所特患的病菌，如肺癆病菌，也能侵害猿猴。面部的若干表情，人類與猿猴也相似。人類與猿之間，不特在外表上有許多相同之點，就在內部的構造與骨骼的形狀上，也有很多類似的地方。內部的骨骼都由二百塊構造與組成成分相同的骨骼所組成，他們都有三百條筋以司運動，他們的神經系都由最好的灰白質所構成，他們的心臟都具有四個心腔，他們的咀嚼器同是三十二個牙齒，幫助消化作用的唾液，胃液，腸液，和胰液，兩者都相同。其次，根據化學分析與移注血液，也可證明人與猿之間的親屬關係。把某一動物的血液移注到種屬相同的動物血管中，可以互相合諧，不生傷害。移注到異種屬動物的血管中，則被注射的動物便中毒而死。因爲同屬動物的血液彼此相同，不起反應，異屬動物的血，彼此不同，其間起一定的化學反應之故。例如以馬血注入驢血中，以野兔的血注入家兔血中，都無反應。如以人血注入兔血，二者便混合而生沈澱。在實驗中發見，以人血注入人猿體中，後者並無傷害。但把人血注入低級

猿猴的體中，後者便中毒而死。這些事情可以證明，高等猿猴和人猿，是人類最接近的親屬。人類最近的祖先是猿猴類中的一個支派。

現在地球上共有四種人猿，即生長在非洲的黑猩猩，和大猩猩（*Chim Panzee*）生長在蘇門達臘和婆羅洲的猩猩，長生在印度支那半島南部和附近各島嶼的長臂猿（*Gibbon*）。這些動物，雖然在許多點上與人類有着最接近的血緣關係，但都不是人類最近的祖先，他們同人類同是在新時代第三紀的地層中所發掘出來的類人猿的後裔。

從化石上去研究人類遠祖的譜系，我們得追溯到中生代末期和新生代初期。我們已在前章說過，爬蟲分支之後成爲鳥類與哺乳類。哺乳類又分三支，在空中的是蝙蝠，在水中的是鯨，在陸地的是食蟲動物。食蟲動物留存至今還有刺猬，鼯鼠等。到新生代初期，食蟲動物又分做食肉類（如虎貓犬等）食草類（如馬牛象等）齧齒類（如兔松鼠等）及靈長類。在第三紀初期地層中發見的獺（或稱半猴）大概是靈長類的始祖。其後經過若干萬年的長時間，在許多半猴的化石中，又發見真正的猿猴，這類猿猴分爲兩類，一類是廣鼻猿，居住新大陸（美洲），一類是狹鼻猿，居住舊大陸（亞洲非洲），前者鼻頭扁平，鼻腔寬大，鼻孔歪在兩旁，具有三十六枚牙齒。後者鼻腔窄狹，鼻孔向下，也同人類一樣，具有三十二枚牙齒，狹鼻猿類又分出支派。第一個分



支是低級猿，有尾，如現代的狒狒，就為其中的一個例子。第二個分支是高級猿，包括現在的黑猩猩、猩猩、長臂猿，和大猩猩等人猿。其正支則演進為人類。由此看來，人類在動物界裏最近的祖先是第三紀時代在舊世界所生長的狹鼻猿，而黑猩猩、猩猩、大猩猩，和長臂猿等人猿類則是人類的堂兄弟。

但由猿猴到人類，其間無疑地有着很遠的距離。黑猩猩的腦容積不過600C.C.，而最低級人類的腦容積都在1200C.C.以上。人類與黑猩猩的共同祖先之腦容積，決不會較黑猩猩更大。從這樣的祖先，大概不能一步變成人類，其間必還存有種種的階梯。近代在世界各處發掘所得的結果，雖還不能把從猿猴演進到人類每一個階梯，每一個過程詳盡告訴我們，但已足使我們得到其間的大概線索了。

1894年，荷蘭的軍醫都波士(DuBois)在爪哇特里尼爾(Trinil)村旁的大河岸上，發現了數枚殘缺不全的猿人的骨骼斷片。經專家研究的結果，斷定其腦容為950C.C.，又因其包載大腦的前部發育不良，所以其智力很低。但由其大腿骨的構造，知其能直立如人，無須前肢支持體重，手足已開始分工。故叫牠做直立猿人。最近數年前，(Sass)都波士在爪哇又發現直立猿人的遺骨四百餘箱，更加證實了上述的推斷。不過在直立猿人骨殖的旁邊，沒有發見任何的工具，可

知此物手足雖已分工，但還未經常地使用工具（或者僅使用容易腐爛的木器）。

關於直立猿人的問題，最初頗曾引起了激烈的論爭，一部分保守的學者不願意承認這樣與猿猴相類，智力低弱的動物做祖先，而以爲特里尼爾的骨骼是長臂猿或其他類人猿的骨骼。自1936年新的發見公佈而後，便無人再懷疑直立猿人是我們的能知道的範圍裏的，由猿猴向人類演進的過程中的第一個階梯，即是直立猿人是現在所發掘出來的，猿猴與人類之間的第一環。由包含它的地層看，大約在五十萬年前，即相當于第一冰雪時代。

對於否認直立猿人屬於人類的人們最致命的一個打擊，是最近北京猿人的發見。1921年，北京政府農商部地質調查所顧問瑞典人安特生（J. H. Anderson）在離北平五十公里的周口店一個石灰洞裏，從事採集調查的時候，偶然發現了一片石英。而此地附近並不產石英，這片石英必從別處帶來的，因而喚起一般的注意。到1922年，茲旦斯基（Zdarsky）博士又在此發現一個大白齒和一個小白齒，1928年又發現了幾個牙齒和頭蓋骨片及兩個下顎骨，次年發表文氏更發現一個完全的頭蓋骨，推定是個十八歲女子的頭蓋骨。後來經中外學者數年的發掘調查，結果又在鴿子堂一個洞窟裏發現了大批的化石，其中有二十五種以上特殊的化石是北京猿人的骨骼。據研究結果，認定北京猿人的腦骨和顎骨與直立猿人的很相類似，只是顎骨很

高，脛骨很尖。並且北京猿人的腦容積有 $1250\text{C.C.}$ ，較直立猿人的（僅為 $950\text{C.C.}$ ）要大，因此北京猿人比直立猿人更高一級。

而最值得注意的是，在直立猿人化石旁邊無任何工具發現，但和北京猿人的骨骼一處發現的，同時還有二千多種工具。其中有粗製的瑪瑙、水晶、弓弩、小鹿角做的匕首、鹿腦殼做好的杯盤。所以北京猿人是真正的人，是佛蘭克林所謂的「製造工具的動物」。除北京猿人的遺骨和工具外，在周口店的洞穴裏還找到了灰層，這些灰層有若干處所堆積到七米突之厚。這事情可證明北京猿人已知道用火了。由灰層及其他殘留物堆積的厚度，可知北京猿人在這個地方曾居住過幾千年的時光。他們世代相傳，以洞穴為家。又由此處所發現的七十多種哺乳動物的遺骸看，他們不但可以捕捉各種弱小動物，有時還可以獵取成羣的巨獸，可見他們是過着集團生活的，否則他們便不能獲得多數的巨獸。

北京猿人的身體上雖然還具有許多猿猴的特徵，但由其製造工具，和利用火的兩件事講，我們不能不承認他們是現所知道的真正人類的最初形態。北京猿人存在的時期，大概在四十萬年以前。

其次，1907年叔騰沙克博士(Schoetensack)在德國的海德爾堡(Heidelberg)附近發

現了人的下顎骨與牙齒。牙齒顯然與我們的相同。但下顎骨則介乎人類與猴類之間。此種人被稱為能德爾堡人。和他們的遺骸一道發現的有許多在歐洲久已絕跡的動物如象犀，野牛，獅等的遺骸和粗糙的石器。其年代約在三十萬年前。

遠在達爾文的「物種原始」還沒發表的1856年，在德國的內安得塔爾(Neanderthal)流域，發現了內安得塔爾人的骸骨，此種人大約生於二十五萬年前。其後，在比利時，在直不羅陀，在瓜哇，在巴勒斯坦，在俄國，都陸續有內安得塔爾式人的遺骨和遺跡的發現。根據這些豐富的材料，可知內安得塔爾人肢體鬆弛，身材短小，手比現代人的為長，腿比現代人的為短，兩腿不能合併攏來，步行姿態頗覺蹣跚。眉稜骨很高，下顎很短。所以他們的外表三分像人，七分像猿猴。但腦很大，竟等于1200C.C.。可知比北京猿人更進步了許多。其所造石器頗精巧而有特別的式樣，已知用火，並用許多東西殉葬死人，可知他們已具有種種迷信的觀念。並且他們必是營社會生活，從事社會生產。此種人既曾有一個時期遍佈到世界各處。可見他們能夠適應各種複雜的地理條件。由這些特質，他們已充分地具有更進而發展為現代的人類的可能。

上面所述的直立猿人，北京猿人，海德爾堡人和內安得塔爾人，不過是太古人類遺跡的一鱗半爪，地層中間還有着異常豐富的埋藏，等待我們去發掘研究。因之，關於人類怎樣跳出動物

的圈子，而成爲「百獸之王」的各個過程，還留着許多不曾解決的問題。例如爪哇的直立人猿，北京猿人，海德爾堡人和內安得塔爾人，彼此間是否直系親屬，他們是不是現代人類的直系遠祖，現在還不能斷定。但是，不論從生理構造上或從智力發展的程度講，上面的四種人都是可以代表由猿猴進化人類的四個不同的階段的。由這四個不同的階段看，我們知道在第三紀發現的狹鼻猿一支，開始以着與其他獸類不同的方向向前發展起來。每經幾萬或幾十幾萬年的時間，他們的生理構造便遠離猿猴一步，而與現代的人類接近一步。同時，他們的腦和手也一步一步地發展起來。

他們這種發展的原動力在何處呢？

人類遠祖自由哺乳類分支出來，而自成靈長類的特別一族起，即棲居樹間。經數百萬年長時間樹居生活結果，此一類動物所具的特性乃逐漸成形。樹居生活第一結果，是養成兩腳直立的習慣，使手逐漸解放，或向上攀援，或懸掛枝上，或摘取果實，或抱持孩兒，得自由運用的機會。樹居生活的第二個影響是使大姆指與大腳趾向其他手指腳趾對開，以攀援攫握。自由靈活的手既逐漸獲得，攝取食物的時候，便不需突出的嘴唇與尖長的牙齒，因而喙乃向後退縮，腦顯得以增大，智力得以發達。樹居生活的另一個影響是頭向左右轉捩能力的增加，因而聆聲察物有很

大的便利。視覺、聽覺、觸覺日益重要而發達，腦髓也愈變複雜，這些影響是很重要的，因為由此所得的特性使是獸類向人類轉化的預備條件，如果缺乏這些特性，人類將永不能從獸類的圈子跳出。但如僅具這些特性，人類也算不能超過猿猴類的水準。他們必須從樹林復歸平地，才能進一步發展他們的特質。

上面所說最古人類的遺跡，都是在第三紀與第四紀的過渡時期，即是相當於地球上第一冰河時期。存在於冰河時代以前的人類遺跡，現在還未發現過，可見冰雪侵襲對人類的發生是有着極重要的意義的。因為這是使我們的遠祖離開樹林而跑到平地的原因。

在第三紀後期，當我們的遠祖狹鼻猿獲得了上述的各種特性，縱橫森林的時候，北半球漸入冰雪時期，冰河徐緩然而堅定地向南侵襲。於是地面的情形發生極大的變遷，一切的山川草木，漸成冰天雪地。森林毀滅，樹木稀疏，果實減少，人類的遠祖乃為飢寒所迫，不能不離開樹枝，走到平地。在上面已經說過，猿猴的兩足已能支持體重，可以直立。但在樹上生活的時候，直立行走雖已可能，然而只是很偶然的事情。當他們被迫着跑到地上的時候，身體便儘可能地利用着直立的姿勢，以便騰出兩隻自由的手，來禦敵獲食，久而久之，直立便成爲一種正常的姿勢，兩手的運動更加靈巧自由了。

在冰河時代，地面的情況非常險惡。不但氣候酷寒，食物稀少，而且到處都有軀體龐大的四牙象和劍齒虎橫行。原始的人類在這樣險惡環境中，既缺巨大的體力銳利的齒爪以禦敵取勝，所以便不能不運用唯一的特長——一雙自由的手以爭取生存。

當初也許是在極偶然的情形中發現木棒石子可以幫助自己獲食禦侮，其後經長時間的反復試驗，使他們對於木棒石子的效用的必然性漸漸發生信心，於是乃以這些東西當做補助自然器官之不足的工具了。幾萬幾十萬年的時間，飛快地過去了，人類所能使用的天然工具的種類日益增多，他們的手更加靈巧，智力更加發達了。他們不只使用天然的工具，並且漸漸按一定目的從事於工具的製作了。

製造工具是猿猴轉化爲人類的一個主要關鍵。許多調查會證明，使用工具不是人類所獨擅的本領，長臂猿、黑猩猩和猩猩也有都能使用簡單的工具。只有按照一定的目的製造勞動工具才是人類所特有的能力。因為能夠製造工具，我們的祖先便不特打破了自己天然器官的限制，並且也不爲天然工具的既成形式所束縛。他們在自然界的地位昇高了，生活改善了，他們從此便以另一種姿態去參加生存競爭；優劣勝敗不再決之於他們的生理上的特質，而決之於他們的腦和手的運用了。因而他們的進步乃達到空前未有的速率。

由此可知，從人猿轉化爲人類，手是一個推動機。然而手之獲得高度的發展，又是由於勞動的結果。所以恩格斯說「勞動創造了人」。

勞動不僅促進手的發展，並且也磨練了視聽觸等感官，使自由粗糙進爲精確。同時，腦髓及身體其他有關的部分，也相應的發生了迅速的進步。加以火的發明，一邊使食物的種類複雜化，一邊使食物的消化變得容易，因而營養豐富，更供給腦髓與身體其他部分發展所必要的物質。並且原始人類的勞動不是孤立的勞動，而常常是社會的勞動。大概是由於體力弱小的原故，我們的遠祖在森林生活時代，便已營着相當的社會生活。現在非洲的黑猩猩和大猩猩，便是成羣結隊，過着集團生活的。從各地發掘來的遺跡看，從人類最古的祖先起，便是社會的動物。這一點在由猿猴轉化爲人類的過程上，是具有極重要的意義的。因爲營着社會生活，所以我們在生存競爭的過程中，從勞動所獲的一切特質優點，不必僅藉各個體的生理遺傳，而可以由全社會的社會遺傳去貯蓄積累。隨着腦髓、口腔、喉腔等器官的進步，在協同勞動過程中，需要互相招呼，簡單的言語乃逐漸發生。言語的發生，乃使社會的遺傳更得容易遂行。因此，人類便愈益在動物中間成爲獨特的種類，人類愈益不再像動物似的用改變自己生理構造的笨拙方法去適應自然，而僅藉自己手與腦的運用，藉社會組織的改進，去征服自然控制自然了。



## 六 精神作用的物質基礎

人類對於自己的精神作用同對於自己的生命現象一樣常常感到神祕。這種神祕之感便是一切宗教教義以及觀念論的根源。一切宗教教義以及觀念論在表面和枝節上儘管有若干的差異。但在其中中心點則都是一致地相信精神可以脫離物質而獨立存在，和精神可以支配物質的。

所謂精神作用，不外是感覺，知覺，感情，思維，意志，動作等心理活動及其相互間的調和關係之總稱。而此等活動在人體中是有其相應的物質構造做基礎的。這即是神經系統。

神經系統可分為三個部分。即感覺神經，中樞神經及運動神經。接受外部物質的刺戟的是我們的感官，將感官所獲的刺戟傳達給神經中樞的，則是感覺神經。例如我們的眼睛的構造，本與照相機相同，不過照相機將外界的形相反映在乾板上而之後，其作用便已完成。但眼睛則在網膜上面還散布着視神經末梢，外界的光線經過眼珠射到網膜上面之後，刺戟視神經末梢，視神經乃將這種刺戟傳達給神經系統的中樞機關去。我們才有顏色形相等的知覺。同樣，嗅神經的末梢分佈於鼻的粘膜中間。擴散在空氣中的物質微點接觸到鼻粘膜時，刺戟嗅神經的末梢，

嗅神經將這種刺戟向神經中樞傳達，我們的嗅覺才成立。其他如味覺聽覺觸覺等，也是由同樣的方法而成立的。這些把外界物質的刺戟傳達到我們的神經的中樞去的，視覺神經，嗅覺神經，味覺神經，聽覺神經，觸覺神經等，總稱為感覺神經，是我們的知覺所由獲得的徑路。假如身體某一部份的感覺神經受到傷害，則該部分雖仍運動，但感覺的能力便要傷失了。普通的瘧疾症便是很好的例子。

感覺神經將外部的刺戟傳達到神經中樞以後，神經中樞內部的物質乃起一種運動，又經運動神經而傳達到手足唇舌等器官的筋肉，使之伸縮而發生一定的運動。所以運動神經是一端集中於中樞機關，另一端分佈到全身各運動器官的筋肉裏去的，一種傳達由中樞部所發的命令的東西。所以如果說感覺神經是輸入神經，則運動神經便是輸出神經，而聯絡感覺運動兩種神經。收發內外刺戟的，則是中樞神經。

神經中樞包含腦髓及脊髓兩部。其中的腦髓最為重要，為一切高級的精神活動之主要器官。一個人的記憶，思維，意志等，都與腦髓的活動相關聯。我們常常看見頭腦受了打擊震動的人，便失掉了意識，飲酒過量，陷於酩酊狀態的醉人，便是因為酒精的毒性侵入腦髓，使之失掉了自制力，而成為興奮放縱的結果。如果酒精分量增到了一定程度，便可使他完全失掉意識。又如阿

片等藥物也能毒害腦的組織。所以服用阿片的人，精神活動必發生一種變態。我們每日睡眠的時候，精神完全停止活動，陷于無意識的狀態中間，這也是由腦中毒而起的一種精神變態。不過這裏所中的毒不是由外部來的，而是由一天活動之後，在有機體中所現的有害物質而生的。腦髓受了損傷的時候，也是有一定的精神變態和他照應着的。普通所稱的精神病和神經病，便是很好的例子。當神經病患者死了以後，剖開他的頭蓋而加以檢查的時候，大抵是因爲大腦組織受了一定的損傷。在戰爭中或在其他場合中頭部負傷的人，往往或失掉了記憶力，或精神活動陷入衰弱的狀態。

對於若干動物，是可以設法將牠的腦髓取去。而觀察它的精神狀態的。例如蘇俄嘗有一個科學家將雞的腦髓挖出，雞仍能繼續生存若干時日，但精神却發生很大的變態了。除非將這個雞的頭部壓入穀粒中間，它不知道食。它的眼睛可說是視而不見。它不看見，或更確切的說，它不能理解「穀」這個東西。它雖然保存着在木上棲息的欲望，但不知道走回雞棚，只在院子中做着飛上棲木的姿勢。這樣繼續無意識跳躍了幾次之後，便在院子中歇息了。這事情證明了腦髓喪失了，但存在于脊髓裏的若干能力却仍舊保留在那裏。將猿猴施以同樣的手術，猿猴也同雞一樣地失去了意識，陷入異常的精神狀態中間。但在猿猴的場合，它的有機體被手術破壞過大，

兩天之後便死了。

這種實驗對於人類還不能施行。因為如果取了人類的腦髓，影響過于強烈，不能不傷害到生命。所以關於人類喪失腦髓後究竟會發生甚麼現象，我們只能利用偶然的機會去從事觀察。成人沒有腦髓而仍能生存的還未發見。但曾有一個小孩則缺乏腦髓而仍能長到四歲的年齡。他雖然生存着，但全無意識，正同植物一樣。這是有肉體無精神而仍能生存的一個例子。其他像天生的白癡是因為腦髓發育不充分。這已是周知的事情。

科學不特告訴我們腦髓是全部高級精神作用的發源地。根據種種的研究的結果，我們並且知道，腦髓各部分與各種精神生活之間有着非常細微確實的照應。腦部某一部分受了傷害的時候，必有某一定種類的精神病象發生。例如腦充血或在後頭葉上發腫的時候，我們對於所聽到的事情的記憶力雖然還保存着，但對於所讀所看的事物却完全喪失了記憶能力。如設法使動物陷入睡眠中間，然後剖開它的頭蓋，用電刺戟它腦髓的各部分，則隨電刺戟部位之不同，身體各處的肌肉相繼發生收縮作用。如將腦髓各部分分別破壞，則隨破壞部位之不同，動物醒來之後，或停止某一器官的運動作用，或喪失某一部分的感覺能力。因而，腦髓中何部專司何種機能，大致可以發現出來。

由上所述，可知精神作用是神經系統所顯示的物質屬性。要想再進一步尋求這構造奇妙的神經組織是怎樣得來，而明瞭其在各進化階段所顯示的精神作用，我們須將下等動物的神經組織及精神作用加以考察。然後逐步上昇，而及于較高級的動物，最後再講到人類。

原生動物如阿米巴，全體是一個微小的細胞，無口無腹無筋肉，無任何分化的器官，當然沒有神經。但阿米巴在一定的環境中間，仍能發生一定的動作。例如在阿米巴的附近置一微點的水藻，則阿米巴即趨近水藻而將其吞食。如在阿米巴的附近置少許的鹽粒，則阿米巴即避離他去。置阿米巴于淡水中間，則阿米巴完全靜止不動，成爲圓形。由此可見阿米巴只有機械的動作。外部給以刺戟，即發生反應，外部沒有刺戟的時候，便沒有動作。阿米巴所生的反作用，係由外部的物理化學變化所惹起。

更複雜的腔腸動物中的水母等的反作用雖仍無主動性質，但已有神經系統的萌芽了。身體的全表面滿布着神經細胞，各神經細胞間用分枝互相連結。外界的刺戟被表面的神經細胞所感知，再由神經細胞分枝傳達全身的肌肉纖維而使其發生收縮。神經系統之存在使身體一部分受到刺戟而引起全身的收縮。這樣與神經系統相關聯着的，對外刺戟所生的反應，稱爲反射運動。一定的刺戟，常生一定的反射運動，其間繼起續發的關係，恆常不變。所以反射運動缺乏

主動性質。

更高級的動物例如昆虫的反作用則較腔腸動物已進步了許多。昆虫的神經系統頗為複雜。昆虫體中並非如在腔腸動物體中似的各個神經細胞互相連結而構成神經網。而是在身體各部由兩個以上的神經細胞聚積而構成若干的神經節。各神經節由中間神經的細胞的分枝而結合。神經系統這樣複雜化的結果，於是動物的反作用也跟着複雜了。腔腸動物對於外部一切刺戟，全體的肉都發生運動。但昆虫則應着刺戟的性質而僅有身體的某一部分發生動作。在腔腸動物的場合裏，一次刺戟只引起一種反作用。在昆虫的場合裏，則一種反作用被惹起之後，便有一系列的反作用連續發生。一種叫做螟蛉的蜂子產卵期的活動，便是很好的例子。螟蛉先用泥築一個小窩，然後尋覓一匹別的昆虫的幼虫而將其捕獲，跟着以就有一種獨特的姿勢用自己螫將它的俘虜的腹部三對神經節的聯絡切斷，結果它的俘虜便陷入痺癱不動的狀態之中。它乃將這個俘虜運到泥窩的入口放下，它自己先進窩中查看一回，然後將捕獲品曳入窩中，而在它身上一定的位置產卵，最後乃將泥窩封閉，螟蛉的動作雖如此複雜，但其程序却是非常呆板的，它不能適應環境的變化。如果在螟蛉入窩查看的時候，將它的俘虜移開，它雖略加搜尋，但隨時即若無其事似的，仍舊按部就班，將空虛的泥窩封閉。

螳螂的反射運動是同一條鎖練似的，一環一環地在互相連結着。其中一個動作發生之後，其他一切的動作也必跟着發生。動物這種連鎖的反射運用叫做本能。本能是先天的，祖先所遺傳的，為同種的動物所共有的。蜂的構巢，蜘蛛的張網，候鳥的遷移，都是由本能而生的動作，無須任何的傳授者的。即使在此等動物剛一生出之後，便將它放在與同類相隔離的環境中養育，使它無任何學習的機會，當它長大到一定的時期，便因內部有機體發育的影響，本能也會逐漸自動地醒覺。

最後，我們到達了最高級的動物——脊椎動物。一切脊椎動物神經系統所共有的特色，是軀體背部有一條脊椎，脊椎的前端擴大而成腦腔，腦腔內含着腦髓。由腦部延長到脊椎裏的部分，便是腦髓。由腦髓與脊髓分出的神經，散佈于脊椎動物全身各個器官，各個部分。在一切脊椎動物中脊髓的構造，大致相同。腦髓的構造則在各級脊椎動物中，有着很大的差異。尤其是大腦半球的體積和表面褶紋很明顯地隨着動物所屬等級的上升而逐漸增大。下級脊椎動物的大腦半球，可以說完全是司嗅覺的器官，所以其樹皮部或外表，就叫做嗅覺樹皮部或原腦膜。到了哺乳動物，大腦半球便更加增大而獲得許多新的機能，除嗅覺之外，一切身體的感覺和筋肉的活動，都在它的管理之下。這些新得的部分就組成所謂意志樹皮部或新腦膜，而成為高等

動物神經系統中的最重要的部分。隨着脊椎動物神經系統的複雜的程度照應着，他們的反作用也跟着複雜化了。俄國的心理學者巴夫洛夫研究的結果，發現犬在先天的反射運動以外，又有在生活中獲的新的反射運動的可能了。巴夫洛夫研究的是大的消化腺。他在犬身上做了種種的設備，對於犬的唾液的分泌狀態可以真接觀察。本來只要犬一看見食物，唾液便一定流出的。這種反射運動，巴氏稱做無條件的反射運動，是與生俱來的。如在每次給食的時候，同時鳴鈴，當初因為給食的原故，當然有唾液流出。但鳴鈴次數增多之後，則結果雖僅有鈴聲而無食物，犬的唾液也同樣分泌。這種新得的反射運動，稱做條件的反射運動。無條件的反射運動，在脊髓及長橢圓形的腦髓等較低級的神經系統的作用之下便可發生。而條件的反射運動，則是較高級的精神活動，須有較發達的大腦半球之存在方可出現。如果這樣所得的條件反射運動不時常練習，便不能常久維持，而將逐漸衰弱。

巴氏又發現根據既得的條件反射運動，可進而獲得新的條件反射運動。例如犬既獲得因鈴聲而分泌唾液的條件反射運動，設當每次鳴鈴的時候，同時又開燃電燈，給以光線的刺激，則結果雖無食物與鈴聲，僅有電燈光線，犬即分泌唾液。這樣的反射運動稱為第二次條件的反射運動。犬可獲得第三次的條件反射運動。



構成新的反射運動的能力。使動物在生活中獲得適應複雜變化之環境之可能。動物從此可以在生活中利用若干的經驗與教訓，以從事于生存競爭了。

人類的神經系統，與高等猿猴類的神經系統除大腦外，無多大的差異。凡與感覺及無條件的反射運動有直接關係的部分幾乎完全相同。但人類的大腦則特別發達，褶褶極多，所以表面積很大，約莫分布有9,200,000,000個神經細胞。而其前額部的聯想中樞與言語中樞尤為發達，成爲人類獨特的高級精神的基礎。人類在初生的時候，司感覺與運動的神經相當發達，但司聯想與言語的中樞則毫不發達，與高等類人猿相同。所以人類的精神活動也是在先天反射運動的基礎之上發展起來的。嬰孩剛一從母體誕生，便具有吸乳的反射運動，只要將乳頭或與乳頭類似的東西塞入嬰兒的口中，它便發生一聯串的動作。其他如飢則啼，痛則哭，見光則注視，都是單純的反射。嬰兒生後幾箇月中，隨着腦髓的發達，便開始獲得條件的反射運動了。他漸能認識他的母親似的，一接近母親便停止哭泣了。因爲平常大抵母親走近之後，接着便會授乳，嬰兒吸乳便得到安靜飽足，如此經過多回，最後只要母親一出現，便可慰住嬰兒了。

其後嬰兒所獲條件反射運動的數量漸次增多，漸次複雜，他的精神生活漸趨豐富。結果他的行爲乃獲得成人行爲的一切特徵。這一種精神作用發展的階段，是完全與大腦半球的發展

相照應的。

人類神經系統與精神作用的一切特徵，都是幾萬年來社會生活的產品。社會生活招致了言語器官的高度發展。而言語則是抽象思維能力的基石。言語可以代表某一類的事物與行爲。因而使人類可以對複雜繁多的印象容易加以辨認。例如一說「蛋」的時候，我們腦中便現出具有一定的顏色，一定的嗅味，一定的形狀的物體的表象。一說到「走」，便可使我們想一定的物體與用一定的方法運動的情形。因此言語乃使條件反射運動更加豐富更加複雜。第一，任一個簡單的言語，都可比鈴聲容易引起一聯串的反射動作。在前述的例裏，鈴聲只能引起唾液分泌。言語則稍加變化，其所引起的反射運動就會改變方向，因而條件的反射運動便更加豐富。其次，藉言語的幫助，條件的反射之連鎖不必一一由自身在生活經驗中去學習，可以很容易地由一人傳給他人。因而任何辛苦所得的經驗，都可成爲多數人的財產。同時，一切生活的經驗，都可代代相傳。因而社會的經驗愈益貯蓄積累，個人精神生活的範圍愈益擴張，愈益複雜多樣。

因此，人類與高等動物間的精神生活，並無絕對的差異。只是人類因爲具有發生較複雜較豐富的反射運動的神經組織，所以獲得了構成抽象的概念及抽象思維的能力而已。

總括的說，人類的精神作用，是神經系統高度發展所生的必然結果。精神不特不能脫離物

質而獨立，不特不能支配物質，而且正同生命現象一般，是精密的組織了的物質所顯示的一種屬性。不過神經系統，尤其人類的大腦較之單一的細胞複雜了若干千萬倍，所以人類的精神作用也較原生動物的生命現象更爲複雜更爲精妙了。

## 第二編 自然科學史論

### 一 原始人對自然的認識

自然科學史總括起來，可以說是人類對於自然認識發展的歷史。人類是在對於自然的鬥爭過程中使自己對自然的認識發展起來的。但人類對自然的認識不一定常常正確，當人類的生產力在很低的階段，自然力作爲一種日常生活裏的外部支配力而存在着的時候，這種自然力乃以一種荒唐無稽的宗教幻想的形式反映到人類的頭腦中。原始人對於自然的崇拜，便是人類對於自然的錯誤認識的很好的例證。

原始人以爲一切自然現象都爲一定的神靈所支配着的。司太陽的有太陽神，司風的有風神，司雨的有雨神，山有山神，河有河神。這些神靈，有喜怒哀樂的情感，有爲所欲爲的威力。人類對之尊崇祈求則賜福，對之輕蔑獲罪則降災。人類爲求神靈保佑，爲求福祉安寧，不能不發生崇拜自然的意識。

但自然崇拜的意識並非如自然主義的宗教起源論者所說的似的，是由原始人對於自然

的一種單純的恐怖之感，敬畏之念而生的。它是在一定的條件之下的產品，由宗教考古學研究的結果，知道自然崇拜的意識，是發生于靈魂信仰（Animism）及祖先崇拜等迷信之後。人類在採集經濟時代根本沒有靈魂的觀念，更沒有任何宗教的信仰。靈魂信仰是在人類原始的生產技術發達，男子由採集進到狩獵，女子則開始從事農業，由不住地游蕩轉化到在一定的地方定住相當時期的時候發生的。至于圖騰信仰（Totemism）與祖先崇拜，則是普拉魯亞家族直接發展到氏族制度的時候的產品。

到了農業與畜牧成爲社會經濟生活的要素的時候，新的宗教形態——自然崇拜便出現了。在圖騰信仰時代，或者關於狩獵，或爲了其他的經濟上的必要，便已經向圖騰始祖或具有人形的始祖祈禱求助過了。例如禱懇久雨速停，或祈求天氣晴朗之類。在新的歷史階段中，牧畜，尤其是農業，對於天候形態依賴更切。在農業中間，人類自己勞動的結果以至於自己生命的延續，幾乎一任天候的安排。農民對自然的關係與圖騰信仰時代的獵人對自然的關係完全不同。農民用一種與圖騰時代的獵人不同的眼光去觀察太陽與風霜雨雪。在這種情狀之下，乃發生對于自然的敬畏之情。即是，在農業與牧畜的生產基礎上，自然崇拜的宗教形態才出現的。

所以這裏的自然並不是與「自然人」對立着的自然，這裏的自然力並不是作爲一種與

「自然人」對立着的自然力而被敬畏着的，自然崇拜並不是由于人類對自然所生的單純的恐怖敬畏之念而成立。自然崇拜是在當時的生產力規定下成立的。雷電暴風對於當時人類的農業生產及其生活本身成爲一種威脅而存在着，太陽、甘霖則對農業生產及生活成爲恩惠而存在着。同時當時的人類對於這些自然力量的本質是完全無知的，因之，自然力乃以一種在當時人的意識所能接受的限度內的宗教形式裏被人類所誤解着。

這種宗教的誤解對人類社會是有害無益的。它使知識不能發展爲科學，它阻礙了人類對於自然法則獲取正確的把握與理解。因而它障礙了人類走向支配自然力的途徑，使人類停止在愚昧的狀態。

但不管宗教怎樣蒙蔽了人類的智力，阻礙了文化的進步，原始人在生活的實踐當中，在勞動過程中，在對自然的鬥爭與接觸中，經過無數次的成功與失敗，也漸漸地獲得了若干支配自然的力量。在第一編中，我們已講到原始人製造簡單的工具，發明火的用法。這些事情就是人類對自然正確地認識與對自然力正確地使用的開始。這些能力，都是人類在對自然鬥爭的過程中，因生活的迫切需要，經長久的返復試驗，然後將經驗蓄貯累積起來而獲得的。人類在製造一種工具之前，必先生活的經驗中對於製造該種工具的材料與使用該種工具的環境，以及製

造該種工具有關的自然法則，必已具備相當的經驗。例如就原始人製造獨木舟與弓矢而論，在製造獨木舟之前，他們雖不能有現代物理學上的「浮力」的概念，但必已在經驗中知木材之類的東西在水面可以浮起，且知人在木上用力可使其向前進行的事實。同樣，在製造弓矢之前，人類必已在經驗中知某種物體具有彈力張力，並且在一定形式中將其組合起來，便可發生遠射的力量。這些知識用現代人的眼光看起來當然是異常粗淺的知識，但在人類文化史上講則其重要性與現代的科學知識沒有兩樣。原始人對於水的浮力，以及火的利用，與十八世紀的蒸汽力及十九世紀的電力的利用，同是表示人類對於自然力的利用，同是表示人類對於自然的支配過程。不同的只是下面的一點，十八世紀對於蒸汽的性質，十九世紀對於電的性質，早已有了一高度的了解。蒸汽力與電力的利用，不過是把已知原理應用到機械上的結果。其實現的過程是演繹的。但原始人雖知道木材在水面能夠浮起的事實，但終沒有「浮力」這個概念，雖知道用火的方法，但終不知火為何物。原始人對於自然力的利用，純粹是經驗的結果，因而常是知其然而不知其所以然的，所以終為經驗所局限。

同樣，原始人在艱苦的經驗中發明了牧畜與農業，完成了對自然更進一步的支配。其後人類在生活實踐中，在勞動過程中將經驗積累起來，因之對自然的支配力量乃逐漸發展。

如前所說，這個階段的人類並未意識到自己對自然的支配力量。他們以為他們對自然之所以能夠加以利用，是由神靈的恩惠。然而他們在實踐中日益增長着對自然的支配力量的本身，却不住地對他們的謬誤的宗教意識起着批判的作用。他一方面，科學則從實踐中生長了起來。

## 二 埃及人與巴比倫人的科學知識

人類社會進到以畜牧農業為生產中心的階段以後，生產力發展較速，乃逐漸脫離野蠻的狀態，文字開始發明。因之，人類在生活中所獲的科學知識，漸有記載，留傳後世。

世界開化最早的古國有五：即中國，印度，埃及，巴比倫，希臘，對於科學知識，都各有相當的貢獻。但近代的自然科學源淵於希臘文化，而希臘文化又源淵於埃及與巴比倫，所以我們從埃及人與巴比倫的科學知識講起。

埃及人在紀元前約5000年便已發展了相當高度的文化。人類社會在文化的初期，因為自身力量薄弱，所以地理環境對之有很大的影響。埃及的文化，便與地理環境有密切的關係。埃及位於非洲北部，在尼羅河的下游。這條河上游兩岸多山，每年七月到十月之間，天降淫雨，連綿不



絕，河水泛濫，溢出兩岸。到水退之後，兩岸平原因淤泥沉積變成沃土，埃及人就在這沃土上發展了最早的定住農業。對於河水泛濫時期的預測，關係他們的生命財產非常重大，加以農業上的需要，因而引起他們去注意天上的日月星辰，故埃及人對於日蝕與月蝕有頗為詳細的記載，又曾發現天狼星之出現與尼羅河的泛濫同時。幾何學最初也發源於埃及。原因是尼羅河泛濫的時候，兩岸土地常有被沖沒的危險，水退之後必須從新測量寬窄，以爲統治者徵收租稅的標準。所以幾何（*Geometria*）一字，原爲測地之義。由此乃有各種求面積法與圓周率的發現。

同時，因爲埃及擁有廣大肥沃的土地的原故，農業生產力相當發達，在他方面即有大量的剩餘勞動的存在。這種剩餘勞動的佔有者，不是生產者本身，却是當時的奴隸的領有者貴族地主。這些貴族之上又有最高的埃及王。埃及王和他的臣下貴族們，因爲擁有太多的剩餘勞動，於是乃從事於廟宇與金字塔的建造。金字塔之最大者，所用的石塊達數百萬。此種建築工事，當然需要相當正確之數學與機械學的知識，同時對於保藏統治者從民間徵課而來的租稅（當時是現物租稅）之倉庫所需要的容積，以及上述建築工程中若干人畜在一定時期裏所需要的食物數量，都有計算的必要。這些事情都促進數學發達的原因。

由埃及的木乃伊，可知當時對於人體防腐術的精明。又由古籍（*Ebers Papyrus*）所載，

可知埃及人對於醫術有頗科，眼科，齒科等，專門的醫生，對於目所不能看見的內科疾病，也有專門的研究。其所使用的藥品很多，動物的內臟和各種鹽類礦物，也被用作醫藥品。蓖麻子油的作用瀉藥，也始於此時。

較埃及略遲，在亞洲與非洲交界的附近，幼發拉底河與底格里斯河流域，美索不達米亞的平原上，有巴比倫文化的出現。因為幼發拉底與底格里斯兩河的灌溉，巴比倫的土地非常肥沃，因此也就發展了定住的農業。農業水利及季節轉變的關係自非常密切。古代人類，都是一樣，把河水的漲落和季節的轉變都聯繫到天體星辰的變化上去。由此乃發生兩種結果，一面如前章所述的，發生物神崇拜，奉祀自然的神靈以祈豐收，和求免洪水之災。他一方面則對天體星辰的運動加以嚴密的注意，而因發生了占星術。巴比倫人就因為是以農業為其生產要素的原故，祀神與占星的工作在社會裏佔了很重要的地位。具有這類專門知識的人，漸漸握得了社會支配的權力，成為統治階級。所以巴比倫的王同時就是祭司。其他各級官吏同時兼着祭司的職務。祭司之下有自由民，自由民之下有多數在田野上替主人們耕作着的奴隸。巴比倫的天文學，就是在這種社會的背景前面發生的。

巴比倫用與我國滴漏相同的方法，測定太陽經過其直徑距離所需要的時間等於其經過

周天所需要的時間（卽一晝夜）的七百二十分之一。後又分一日爲十二刻，每刻爲二小時，每小時又分爲六十分，每分分爲六十秒。現在所用的時間分割方法，卽是沿用此制。由氣候的循環轉變，而有將一年作爲365日的近似決定。又由綿亙許多世紀的觀察記錄，發現了六千五百八十五天（十八年）爲日蝕重行周復的期間。

在他方面，巴比倫手工業和商業，也相當發達，常有隸商與邊境其他民族貿易，因此一面與其他民族接觸，容易輸入外來的文化，尤其埃及的文化對於巴比倫人有很深的影響。在另一方面，因爲貿易上的需要，計量，秤重的制度，算數的方法，都跟着發達，這都是科學思想發達的要素。巴比倫人已使用數十萬的大數目。巴比倫人遺跡上，有如下的平方表：

1.....1	2.....4	3.....9	7.....49
9.....81	10.....100	11.....121	1.....1

因此，可以推知當時除使用十進法外，更使用六十進法。這事情大概與上述的時間分割制有關。巴比倫人又曾求出圓周率的近似值  $\frac{22}{7}$ 。

綜上所敘，可以明白埃及與巴比倫人的科學智識都是應着當時社會統治者的要求和以當時的社會生產要素農業爲中心而發生的，卽是科學智識的產生，在當時是應着社會的實際

需要的。同時，在他一方面，這使科學智識發生的原因，也就成爲科學智識發展的限制。科學不能再在這實際要求之上，獲得更進一步的發展。所以埃及巴比倫人的科學的智識，必須等到希臘人承受了過去，才能發展到更高一個階段。

### 三 希臘人對科學的貢獻

希臘南臨地中海，東面愛琴海，西臨愛奧尼海（Ionian Sea），海岸犬牙相錯，島嶼羅列，所以很擅水上交通的便利。因爲這樣特殊的地理條件，與亞非兩洲都是一水之隔，所以很容易接受地中海沿岸古代各進步民族文化上的遺產，他方面又很容易吸收同時代的鄰近諸優秀民族的智識與技術，用不着全部都由自己去創造。因此，歐非亞沿地中海各民族的文化，就如泉水之匯流於海似的相聚合而爲希臘民族所容納消化，開出人類前所未有的燦爛的文化之奇花，替後世的歐洲留下了豐富的思想寶藏。但希臘之所能夠吸收外來文化，其更主要的原因實應當到當時的希臘的社會形態裏去尋求。

希臘社會是個典型的奴隸社會。社會裏的奴隸在人口總數裏佔極重要的一個比例，奴隸的領有者貴族和自由民只佔很少的成分。這些奴主們當然就是社會的支配者。社會裏各部門

的勞動農業、工業，一部分的商業，甚至於醫生等幾乎全由奴隸們擔任。奴主們及其扈從們在奴隸勞動的土壤之上，可有餘暇以專心致志於文學、藝術、哲學與科學的探求。這實是希臘文化之所以能夠發達的一個原因。所以恩格斯說，「沒有奴隸制度，就沒有希臘國家，也就沒有希臘的技術和科學。」但希臘的奴隸社會與埃及及巴比倫奴隸社會的性質略有不同。埃及巴比倫的奴隸勞動領域只是農業，奴隸的直接所有者是貴族地主階級。所以他們所要求的文化，所需要的科學智識，只以能適應他們的農業生產爲止境，不再更深一層去追求。他們在意識上有着非常濃厚的宗教的色彩。反之，希臘則因其本國地狹人多，所以在很早便領有了許多的殖民地。（如小亞細亞南意大利色雷斯等地。）這些殖民地與本國間，殖民地與殖民地間，殖民地與異邦間，展發了極活潑的貿易關係。於是商業、航海業，和工業同時發達。奴隸除在田野耕作外，復被大規模地使用於工場的勞動。其後，工業上奴隸的勞動且變成希臘經濟上的主要部分。奴隸所有者與工商業這種相結合的事實，在希臘的文化發展上，尤其是在自然科學的發展上有極重要的影響。工商業的奴隸所有者們要求着生產力的發展，他們對抗着舊的氏族諸關係，及民族的特權貴族。他們在一定的限度內具有着與近代市民階級相類似的進步性。

希臘的自然科學，與希臘的藝術哲學等其他文化部門一樣，是在上述的社會基礎上發生

發展的。而自然科學的發展，尤其是與當時的經濟活動有極密切的關係。因為當時相當廣大範圍的商業活動，於是使商品的生產不只在質且在量上也要求不斷的進步。這事情只有從生產技術的改良生產能力的提高上才能達到目的。結果當然促進了對於自然科學智識的進步。同時隨着廣大的商業活動而發生的航海和軍事活動，也是促進自然科學智識發達的原因。應着這一些社會的需要，所以希臘人一面熱心於學習及吸收非亞兩洲古代進步民族的科學智識，一面從其自己社會生產勞動的經驗裏，使科學更進一步地發展。

如我們現在所知，希臘自然科學並非全部都包括到以實用為目的的範疇裏去的。希臘人對於自然的抽象的理論解釋，也具有異常的熱心與興味。這種傾向一方面使自然科學進到一個新的階段，即從一羣零碎的應用智識進到稍具系統的學問。另一方面，自然科學的研究又成為希臘唯物哲學的根基。這不消說是由於當時的較為進步的工商階級不滿意于宗教的迷信，而對於宇宙和自然要求新的解釋之結果。但希臘民族所特有的明晰的推理的天才，也不可否認地是相當重要的原因。

在紀元前六世紀前後，希臘的諸殖民地中，最優越的是以米勒都斯城為中心的伊奧尼亞（小亞細亞）。伊奧尼亞各個都市的商業勢力那時已壓倒了腓力基人，形成了地中海沿岸歐

非亞三大陸的貿易中心地。這裏聚集着三大陸的生產品，活潑地展開了工商業的活動。在這個進步的經濟的環境裏，產生了自然哲學學派，同時也就產生了希臘最初的自然科學。其中最重要的代表，是被稱做「哲學的創始者」的泰爾斯（Thales, 64—545 B.C.）

泰爾斯曾到埃及等處遊歷，接受埃及人的幾何學的遺產，而更青出於藍，發揚光大，別放異彩。等邊三角形的兩底角相等。兩線相交，其對頂角相等。凡直角的角度都相等。圓的直徑，平分圓為二等分。在半圓的所作的三角形，為直角三角形等原理，都是泰氏所發明的。他又應用相似三角形的原理，測量金字塔的高度。他對天文學也有很詳確的智識，曾預算中了紀元前五百八十五年某月某日的日蝕，引起世界的驚奇，因而被推為希臘七賢中間的一個。泰爾斯既慣於旅行，多次航海，而生長的地方又近海邊，所以水對於他當然有極深刻的印象。而他又見水凝結則為冰，沉澱則為土，蒸發則為氣，所以以為水應當是萬物的根源。大地不過是浮在水面上的一圓盤。泰氏在這裏奠定以物質為萬物之根源的初期希臘哲學的基礎，開始了對於宗教的神祕思想的鬥爭。

較泰爾斯稍後的，有畢達哥拉士（Pythagoras 580—500 B.C.）。畢氏主要的貢獻是有名的畢達哥拉士定律（Pythagoras Theorem）即幾何學上的勾方加股方等於弦方的

發明。埃及人的引繩術，僅知用勾三股四弦五可得直角三角形。到了畢氏纔發明這個普遍的定律。但是他的證明方法，却不傳于後世。畢氏在天文學上，曾發現啓明星和黃昏星，又謂月上面之所以有光，是由于太陽光的反照。其後他的子弟斐羅倫（Phidians）以着日的由東而西，並不是日的自動，乃是地球由西向東進行的結果。天體裏面，除恆星不動之外，地、日、月、和金、水、火、木、土、五大行星都圍繞着火團而運行。這實是地動說的嚆矢。

紀元前五世紀間，雅典人將波斯的侵略軍隊擊敗以後，雅典成爲希臘的中心，國勢日隆，文化也有長足的發展，這個時代乃有黃金時代之稱。這個時代百說雜呈，學者輩出，對於後世的自然科學，留下了不少有價值的暗示。其中最顯著的例子有德摩克拉圖（Democritus 460—370 B.C.）的原子說與希坡克拉底（Hippocrates 460—? B.C.）的合理的醫學。

德摩克拉圖的原子論，是綜合了從來希臘的自然哲學而得的成果。在這裏面，他給宇宙本體以極徹底的唯物的解釋。據他看來，世界是由無限多數的實體結合的，萬有可分爲無限微細的小粒子，這種小粒子，非人類的感官所能察知。因爲牠們已經小到不能再分割的程度，所以叫做「原子」（Atom，即不可分割的意思）。世界上除了原子與空間之外，甚麼都不存在。他認爲存在的任何東西都不會消滅，一切的變化，祇不過是各部份的分離及結合的現象而已。一切事



物的差異。是由構成他的原子的數目，大小，形狀及順序的差異而來。原子沒有質的差異，也沒有任何「內的狀態」。至於靈魂則由火一樣的精緻圓滑的原子所構成。這樣的原子，最易於運動。換句話說，靈魂也祇不過是特殊的物質。這種學說自然是——一種臆想，但在道爾頓(Dalton 1766—1844)的原子論沒出世之前影響很大，同時與現代科學暗合的地方頗多。

古代的人迷信鬼神，遇有疾病就以爲是鬼神作祟，所以治病不用醫藥而用符咒。希臘人也不能脫離這種習俗。希坡克拉底是德氏的弟子，承受他的唯物論的精神。他以爲疾病是自然的現象，並非超自然的現象。醫治的方法，只有從其發生的原因去精密觀察纔能得到。他以爲人體有自己療病的功能，只要能夠自己保養，不用湯藥也可痊癒。這是後世自然療法法的嚆矢。他對生理學也曾有相當的研究。

唯心論確立的大哲學家柏拉圖(Plato 427—347 B.C.)對於數學的興味很濃厚。他最大貢獻是在他的對於數學的提倡，使後希臘的數學有長足的進步。柏氏也曾發明了點爲線之界，線爲面之界，面爲體之界和等量減等量，所餘之量仍等的兩個定律，在柏氏以前的證幾何的人都用綜合法，柏氏始創分析法，即設未知爲已知，由而求得確證的方法。

柏氏的弟子亞里斯多德(Aristoteles 384—322 B.C.)綜合了他以前的希臘的學術，

加以整理組織，使成爲系統的學問。他對於科學不倦地詮索，探究，尤其是對於自然科學方面，具有很豐富的智識。他開始站在實驗主義的立場上對自然作嚴密的觀察。亞氏在自然科學方面的貢獻最大的第一要推生物學。他曾採集多數的動植物，加以仔細的觀察，比較，然後爲之分類別類。他在其所著的植物史中所述的植物種類，數達五百以上，他承認畢達哥拉斯月上的光亮係由太陽光反射而來之說，從而主張大地與月都是球體。他的證據是，當月蝕的時候，如大地是方形則地影不應成弧形；地影既成弧形，則地爲球體可知。其次，人向北行的時候，南方之星漸低，北方之星漸高，向南行的時候恰相反對。此種現象實由於大地是球體的原故。月亮有朔望上弦下弦的分別，也是因其爲一球體，環繞地球運行時角度變化的原故。他在力學方面，對於槓桿原理與力之平行四邊形法則，也有頗爲確切的見解，亞氏又爲論理學的鼻祖。其論理學以三段論法（演譯法）爲最著名。歸納法也經他發明，但未被重視。亞氏在學術上的造就既極淵博，對於後代的影響非常強大，在近代的自然科學誕生之前，一般人差不多都相信他的學說。但他的學說如上面所敘的合於真理的固也不少，而觀察膚淺，理論謬誤的也很多。這些謬誤的理論，到後來就變成了近代的自然科學發展的障礙。例如他在生物學上的自然發生說（Spontaneous Generation）以爲草可變蛙，在天文學上，則以地球爲宇宙的中心，常住不動，日月星辰繞之

運行。這種學說很迎合了中世紀人的心理，因而阻礙了哥白尼（Copernicus）伽利略（Galileo）時代的科學的發達。他的論理學也因為偏重三段論法之故，有易令人含置內容，專注形式的弊病。

亞氏之後，最有名的科學家算是歐克里德（Euclid 330—275 B. C.）和亞幾默德（Archimedes 312—287 B. C.）。

歐克里德所著的「幾何原理」為古代幾何學智識的結晶。同時也幾乎成了兩千餘年來幾何學的聖典。至今在幾何學中，仍佔有很高的位置。因此書的編制由簡而繁，秩序整然；而解題作圖，證明又有一定的步驟；對於假設、公理、公證、公證論述復極詳明。但其給與後世人的影響，不僅在於它是一本完善的幾何學教科書這一點，而且在於它把希臘人的明晰的推理的思想方法教給了後人。此書在明末由教士利瑪竇傳入中國，經徐光啓翻譯了前六卷，後七卷則在同治間由李善蘭翻譯出來。中國從前也有勾股學一類零星的書籍，但獲觀系統的幾何學，則是從這本書開始的。

亞幾默德為數學家兼理學家。他的名字與他的液體靜力學中的重要的定律，亞幾默德原理（Archimedes Principle）共垂不朽。此一原理即一切物體進入液體裏面的時候，必減輕

其重量，而所減去之重量，即等於此物體所排開之液體的重量。他又發明槓桿原理，並會應用複滑輪及齒輪的助力起動重物。傳說他曾發明種種戰具。他又會應用數學原理，求得球圓柱及圓椎體等的面積和容積。因之他死後也用圓椎作為墓碑。

希臘的奴隸社會發展到一定的階段，內部的矛盾便展開起來，而漸漸地發生着自己腐蝕的作用。一面是奴隸所有者們生活的頹然，漸漸與生產離遠，失掉了原來蓬勃的生氣，同時奴隸們則在沉重的壓迫之下工作，根本對生產不感興趣，因而社會生產力就失掉了再向前發展的動力。他方面，奴隸制度會相當的促進了商品生產的發展，但工商業發達的結果，財富集中到少數人的手中，自由民不能以自己的勞動與奴隸勞動競爭，便逐漸沒落下去。這樣奴隸生產的衰頹，自由民的衰落，使雅典國家因希臘的奴隸社會喪失了存在的基礎和支柱，因而便解體了。希臘的自然科學，便也在這裏碰到了它的限制，而終於不能替後人留下更多一點的遺產來。

#### 四 科學史上的空白

從希臘的瓦解到文藝復興的前夜，中間經過了千二百年長久的時間，自然科學簡直完全陷在停滯裏面。在這期間，不特在對於自然的本質和法則的認識上，找不到任何超越于希臘

人之上的成就，就是勉強可以拿來和希臘的科學家相比並的學者，也是寥寥星晨。一般的自然科學史的作者，便只好在希臘和近代之間，把幾個羅馬人的科學成績和八九世紀阿拉伯人的科學活動舉了出來，以資點綴。除此以外，就不能不在科學史上留下了廣大的空白。

羅馬人代希臘而起，建設了偉大的帝國，可是在科學等學術事業上，羅馬人並非希臘人的承繼者。羅馬的自然科學家，最普遍被舉出來的是維特魯維阿（*Viruvius* 約14 B.C.—1）和格林（*Galen* 130 A. D.—210）兩人。

維特魯維阿是一個工程建築家，著有建築學一書，根據希臘人所有各方面的科學智識，討論建築上的各種問題。其後此書成爲中世紀建築學上唯一的傑作，十六世紀以前的建築學者都奉爲聖典，所以維氏有建築學始祖之稱。格林本是希臘人，爲羅馬的大醫學家及生理學家。他曾解剖兔貓等小動物，以研究生物體內的構造，因而發現了運動神經與感覺神經。他到十六世紀爲止還是生理學上的權威。其他可稱羅馬的科學家的都不曾有比維氏和格林更高的成就。羅馬人可說是重實用的民族，他們對於政治，對於法律，對於建築，對於軍事，較之對於抽象的學問具有更多的熱情與趣味。上面所舉的兩人，前者是從事政治事業的人，後者則是一個醫生。他們的科學研究，都不過是由他們的實際事業而引起的。

羅馬帝國滅亡以後，歐洲的政治權力爲封建王侯所掌握，而一切精神生活則全歸基督教會所支配，在歷史上現出了所謂「黑暗時代」，哲學被貶爲「神學的婢女」，而自然科學更被視爲魔鬼的事業，被打到「地獄」裏去了。

到了七世紀前半期，在亞洲的阿拉伯半島西南海岸的一個地方也門（Yemen）建設了新的回教國家。這個阿拉伯的回教國家，在手工業與商業相當發展的情況之下，發生了對於領土與市場的新要求，這事情乃成爲了「右手執劍，左手執可蘭經」的侵略政策的物質基礎。八世紀，阿拉伯人在一切征服地上，形成了龐大的帝國，空前地擴張了商業範圍，使阿拉伯成爲了方面到地中海，一方面到印度洋和中國沿岸各商路的樞紐。向外擴張的結果，另一方面又促進工商業的發達。因此，回教對於一切學術研究與基督教不同，取着比較寬容的態度，當歐洲的學術文化，正在茫茫黑夜之中的時候，阿拉伯人却替自然科學放射出了一線的光明。

阿拉伯人因爲商業上的便利，容易吸收世界各處的智識。東方科學智識之傳入歐洲，阿拉伯人媒介之力居多。八三〇年前後，奧卡力斯密所著奧氏代數學（Algebra of Alkarismi）是以印度人的代數學爲根據的。後世「代數學」（Algebra）的名稱，就是發源於此。又有人說指南針與火藥的智識，也是由阿拉伯人傳到西方去的。其次，阿拉伯人在九世紀的時候，用阿拉

伯文字彙譯希臘的數學，天文學，哲學等書籍，保存古籍之功不小。

阿拉伯人對於外國的科學智識既盡量吸收，對其本國人的研究，當然不會壓迫仇視。他們對於自然科學最主要的貢獻，是在數學，天文，物理化學等各方面。其中尤以關於光學的成績最好。有個叫做奧海岑（Al-Hayen 985—1038）的人，曾發明光線的反射和屈折定理。他以為在暗室裏面之所以不能看見東西，是因為光綫不能反射到我們眼裏來的原故。把錢放在杯底，最初不能看見，到把水注進去時就可以看見，是光綫屈折作用的結果。黃昏日落，地上之所以還有片刻的光明，也是由於光綫的反射屈折。其次，阿拉伯人曾製造了不少的天文學上的儀器。至於關於化學方面，阿拉伯人的貢獻更多。不過阿拉伯人研究化學的目的，却並不是想探求物質的本質，而在於尋求神祕的「哲人之石」和仙丹。他們相信「哲人之石」可使賤金屬變為貴金屬，使水銀變成黃金，而仙丹則可以延年益壽。於是為了尋求這類的東西，他們從事於辛勤的化鍊工作。在化鍊中間，他們雖終不曾獲得了不老的仙丹和點金的靈石，却在無意之中收獲到了許多化學上的成果。（1）蒸餾昇華結晶，清瀉等方法的發明。（2）幾種酸和鹼類的製造。這在以後的化學上留下了很重要的影響。但就全體說阿拉伯人的科學活動僅發散了若干片斷的光輝，如同出現在天空的彗星似的，並不會給人類留下何等永續的統系的結果，便來而又去了。

我們在這裏且回轉來考察一下下面的兩個問題：(1)羅馬帝國代希臘而興，也會發展了相當高度的文化，爲甚麼羅馬却不是希臘自然科學的承繼者？換句話說，羅馬爲甚麼不能把希臘的自然科學全盤接收了去，而加以發揚光大，獲得更高的發展與完成？(2)在中世紀的長久期間，歐洲的自然科學爲甚麼那樣無聲無臭，沒有絲毫的發展？

在這裏，我們首先須知道希臘的工商業奴隸社會雖曾有過黃金時代，可是在它的內部却並不會含孕過更高級形態的社會的胎芽。羅馬社會雖也與希臘社會同樣，是建築在奴隸勞動之上的，但在本質上兩者之間仍有着很大的差異。羅馬這奴隸社會既不完全與希臘的奴隸社會同其本質，也不是希臘奴隸社會直接的承繼者。僅僅是當希臘的奴隸社會內部的矛盾日益深化，日益展開的時候，羅馬人的軍事力量加以外來的壓迫，促進了它的崩潰解體的作用而已。因此羅馬人也就不不是希臘自然科學的必然的承繼人。

如在上一節所述，希臘奴隸社會的特徵，是在於奴隸社會的勞動的與工商業相結合，尤其是具有相當規模的奴隸手工工場和工商業奴隸領主的存在。但羅馬國民從最初起就是戰鬥的國民，他們經過了無數次的對外戰爭，成就了無數次的征服事業，終於在紀元前二世紀間，建設了一個亘延歐非亞三洲的大帝國，而把羅馬作爲這個帝國的中心地。羅馬人對於領土無限



制地侵略擴張，對於征服地的財物和人民，則無限制地掠奪俘虜。這些被俘虜的異邦人被運回羅馬以後，完全被當作奴隸而在市場上販賣。如此，財貨和奴隸像洪水似的從征服地流入羅馬，而羅馬的公民便把他們生活的安樂寄托在殖民地的賦貢和奴隸的血汗上頭。我們已經看見希臘的奴隸制度使統治者得到閒暇的時間，從事於一切高尚的生活，從事於藝術與科學的研究。而羅馬的統治者却不用着從事於這一方面的活動。羅馬一切精緻的工業品都是特別由東方輸入的，所以手工業的退步與時俱進，同時羅馬又把埃及當做穀倉，從外邦運回賤價的五穀以摧殘本國的獨立農民，使他們陷入破產。羅馬不特從外邦取得糧食，並且也從外邦取得精神勞動，取得科學與藝術。奴隸不僅從事於畜牧業、葡萄業、園藝以及其他一切貴族富豪的生活享樂上所需的諸種勞動，並且大部份的精神勞動也是由奴隸擔任的。當時東方與希臘受過高深教育的貴族被作為奴隸輸入羅馬，他們就在那裏從事精神工作。所以羅馬的公民不特與體力勞動完全分離了，並且與精神勞動也完全分離了。

這事情的必然的結果是，在統治階級一方面，因為沉溺在浪費奢侈優遊懶惰的生活中間，對於科學當然失掉了研究的興趣，同時他們也沒有研究的必要。因為他們生活的享受是建築在殖民地的賦貢與低賤的奴隸勞動之上的原故，所以他們如果要求生活的改良進步，便只有

加緊對外的侵略與擴大對奴隸的榨取，而不會想到自然力的利用與生產技術的改良。在奴隸階級一方面，終日處在主人的鞭笞和虐待之下，對於勞動更不特不會感覺到絲毫的興趣，而且是時常懷着滿腹的厭惡和憤恨。羅馬時代屢次的奴隸反抗暴動，就是奴隸不堪虐待和壓迫的證明。在這樣的情狀之下，當然沒有改進勞動方法，發明新式工具的可能。因之科學發展的刺戟也就不會存在。

羅馬當時由奴隸制度所造成的相當的生產力的發展，和對外的商業的高度的發達，事實上是確實有過的。但當時的奴隸經濟的全部的成果只成爲奴隸所有者們驕奢淫佚，酒食徵逐的資料，其本身與當時的商業並無何等有機的關聯。而商業發展則建築在羅馬人對於東方的精致工藝品之享樂消費的基礎上。換句話說，羅馬人從被征服地搜括，掠奪到大量的貨幣，又把這些貨幣去購買外邦的工藝品。這種商業的發達是畸形的，是純粹消費的，對於國民經濟並沒有甚麼補益。總之，當時羅馬商業的發達並沒有與工業相結合，商業並沒有建立在工業的基礎之上。羅馬社會的經濟基礎並不是工商業。羅馬的成長，羅馬的繁榮，並不是基於他自身的工商業的發展，它主要地因爲征服而繁榮，因爲征服而強大。羅馬人是和生產游離着的。「商業和工業，不是征服世界的羅馬人的工作」。在這種情況之下，自然科學當然不會被羅馬人所重視，不

會在羅馬獲得更高度的發達。就是在希臘人全部的科學遺產中間，也只有與醫學建築等有關的實用部分，纔爲羅馬人所接收利用。

羅馬既然是托足于殖民地的賦貢和廣大的奴隸勞動之上的，那麽當它內部的矛盾日益擴大加深而外來的財富和奴隸的源泉又逐漸枯竭的時候，這個國家便無法避免地走上崩潰的道路了。事實上羅馬在它的社會自身的頹廢腐敗的過程中，也會力圖自救，可是終於徒勞無功，不能挽回它滅亡的命運。所以在四世紀的末年，日爾曼人挾着他們強健的武力與尋覓疆土的慾望向羅馬的邊界衝進來時，後者就支持不住了。日爾曼人的侵入就是指示一種曾經極盛一時的文化的告終，這種文化是因爲它自己內部的矛盾發展之結果而趨入滅亡的。

可是羅馬社會的企圖自救掙扎，雖然不會挽回整個的危局，却在無意之中孕育了一種新的社會經濟狀態的胚形。即是當羅馬的奴隸死亡日多，輸入的數目又一天一天地減少的時候，大部分的耕地便日見荒蕪。於是羅馬人覺得與其把自己的土地用衰弱的奴隸來耕種，不如讓比較自由的農民來種植，反而可以獲得更大的報酬。於是他們把從前的奴隸，殘存的窮苦農民，以及因避蠻族的侵襲而逃來的邊界居民去耕種，把他們稱做移民(Colonist)。但是這些土地的所有權並不會讓給他們，他們對於地主起初發生一種自由的貨幣租地關係，但這種佃農

不能夠付出租金，於是漸地轉化爲一種賦役關係。即是，移民必須將他們的生產物的一部分送給地主，作爲租稅，並且於一定時期中將他們的勞動力供給地主，作爲他們自己所獲的另一部分生產物的報酬。移民的負擔既極沉重，他們幾乎不能維持最低限度的生活。於是爲了防止他們的逃亡起見，後來（885年）由康士担丁大帝宣布了移民不得擅離所居土地，他們只能在他們主人所有地的範圍娶取妻室，他們的後代是生而處於隸屬的關係裏的，無論他們盡了甚麼義務，都不能從土地獲得解放。換句話說，他們轉化爲農奴了。這一種農奴的形態，就成爲了以後封建經濟的主要支柱。

羅馬崩落以後，代之而興的是封建制度的社會。統制着黑暗的中世紀的是各種封建的關係。

當日爾曼人侵入羅馬的時候，因爲長年的征戰的原故，原來的暫時選出的軍事領袖，已成爲世襲王公的了。他們把征服的土地人民作爲自己私有的財產。同時爲了行使統治權及進行戰爭起見，他們不能缺少一羣圍繞在左右的臣僚和部將。但這些臣僚和部將既然替君主效勞服務，當然不能不對之有相當的報酬。在純粹的自然經濟時代，貨幣未興，最主要的財產是土地和人民，所以報酬的方法就只有裂土而封。這樣分賜給部屬的土地叫做封地。這些封地起初可

以收回，但後來竟變成世襲的了。大批的土地和居民落入一般大官的手中，因此產生了許多大地主，是爲封建的諸侯。君主對這些諸侯所要求的是絕對忠實的服從，尤其是戰時的兵役的義務。諸侯之下當然又有部屬家臣。他們又各從諸侯獲得一塊小小的封土。他們對於主人的呼喚有隨時應召的義務。再在這些小領土之下的便是勞苦的農民。

日爾曼人到了在崩落中的羅馬，便發現了在羅馬所完成的農奴制度正是他們所要求的，於是馬上便把這種制度推行到他們勢力所及的各地去了。

所以，中世紀的封建制度是由日爾曼族的軍事組織與羅馬末期社會經濟諸關係的特殊綜合所產生的。

羅馬帝國之轉化爲日爾曼諸國家，封建制度的成立，基督教教會在中間起了很重要的作用。它對征服者教以取高度的羅馬生產技術爲已有的方法，並且做他們的嚮導，基督教跟着封建制度的成長，使自己也適應地發展起來了。基督教將封建的統治關係加以神化聖化，而對被統治的羣衆則散布麻醉的迷藥。這樣基督教就成了封建制度的意識形態之中心。因而對於反封建意識的一切精神活動極盡其壓迫阻礙的能事。在相當的範圍它對自然科學的停滯當然具有頗大的影響。但自然科學停滯的根本原因，我們還得到封建社會的經濟結構裏去找。

封建制度的主要特徵是身分的支配關係，是經濟外的強制，是孤立的自然經濟。

封建的生產方式雖是農業和手工業的結合，但農業在社會經濟中却佔着主導的地位。古代希臘羅馬的社會是從都市和領地出發的，而中世的封建社會經濟却是從農村出發的。這時直接加入生產的，已不是奴隸而是農奴的小農。農奴不像奴隸那樣是直接供別人作爲勞動手段而所有着的財產，他們本身還是農業工具的所有者。不過他們儘管是這樣的所有者，却仍不是自由民，而是在封建領主的土地上被經濟外的強制所束縛着的。就是農奴因爲身分的關係，是生來便是束縛在土地上的附屬物。封建的生產樣式，即勞動力與生產手段相結合的樣式是在封建諸侯的大土地所有，和封建農奴承領的零碎土地的耕作中，表現着它的核心。它的特徵是孤立的自然經濟。不特各領主的領土間在經濟上互相孤立，沒有任何聯繫，即是在同一領主的領地內地分成若干孤立的莊園。這種莊園除了向領主貢獻租稅，提供勞役之外，就把內部的生產物來滿足低度的生活慾望，即各自構成一個簡單的自給自足的經濟單位。各莊園之間，正有所謂「雞犬之聲相聞其民至老死不相往來」之概。這種經濟形態，是基於封建領主使用超經濟的強制把農民束縛在土地上及農業勞動和手工業勞動的相結合而形成的。因之封建的勞動形態是勞動的自然形態，勞動是直接爲了生產使用價值。而封建的支配階級則把農奴的

整個剩餘勞動加以收奪。他們在農奴的自然經濟的單純再生產之上度着幽閒的歲月。

另一方面在中世紀後期，跟着封建制度的完全發達，都市逐漸建立，於是又發生了都市中的手工業的封建組織。這種組織即是基爾特。店東、工匠、和徒弟的身分關係被嚴格地規定着的生產方法，生產品的質和量被嚴格地限制着。

總之，在封建社會裏，一切都是靜止的凝固的。在農村則生產建築在農奴的體力勞動之上，機械技術，根本不被重視，一般的技術，也很貧弱，所以對於技術的改良，科學的發明，不感覺得需要。而寄生的領主也以掠奪農奴體力勞動為主體，沒有利用新的生產技術之衝動，甚至於爲了固守其自給自足的封鎖的經濟利益之故，還有禁止新的生產技術和科學之應用的傾向。因爲他們懼怕新的生產技術會擾亂封建的社會秩序，破壞他們現在的支配關係，危害他們的統治地位。由於與這同樣的原因，在中國的古代和中世的封建時代裏，均以重農輕商工爲政策。所謂奇技淫巧，擱之不用，手工業者的地位被抑壓在社會的最下層。在他一方面，基爾特組織下的手工業者因爲市場窄狹的原故，也沒有改良工作技術，提高生產能力的興趣，並且後來爲了維持自身的生存之故，對於新的機械常常抱着敵視的態度，有時甚至於對其採取激烈的破壞行動。所要，在封建時代，根本沒有促進生產技術的要求，一切使實用科學進步的刺激都不存在，實用

科學當然不能超越現實的社會要求而向前發展了。

實用科學既是停滯不進的，科學理論當然也沒有單獨發展的可能。同時自然經濟，是意味着生產力低下，世界認識的狹隘，所以一般地，不會有科學認識的發展。加以當時封建束縛，使得人們的生活更狹隘化，於是種種落後的宗教迷信觀念（精靈說的，咒術的，自然崇拜諸觀念）及追求幻想的幸福的宗教觀念（天國的思想），一般地支配着人們的意識。此外，經濟外的強制，封建的身分制度需要權力的絕對化，於是地上的權力，便不能不由神力來聖化。因此，基督教於以成立。基督教會在中世的封建制度下，構成封建統治的最本質部分，基督教的信仰，成了維持並強化封建關係所不可缺少的意識支柱。這時候，不只是科學，舉凡哲學，藝術等的精神活動，都被基督教所箝制了，歪曲了。只有與基督教的意識相合的，替封建的支配機關作精神上的辯護的，才能成立。否則，如果想對自然作真正的認識與理解，就因為與基督教的意識相抵觸，而被視為異端遭到迫害。

因此，中世紀的一切意識活動，都隸屬於教會的權力之下，這是中世紀的決定的特徵。這時候科學也和哲學一樣，只不過是教會的忠順奴婢而已。這當然就是意味着科學的完全退步，科學的死亡。所以後人呼整個中世紀為「黑暗時代」，為「實現了的無理性時代」。因為科學而



成爲教會的奴婢，不許絲毫跳出信仰所定的範圍，它本身已根本並非科學了。所以，科學史上的廣大空白，並不是偶然發生的事情。

## 五 文藝復興運動與地理的發現

雖然一般以封鎖的靜止的自然經濟作爲中世紀封建社會的特質，但事實上到了中世紀的後期，封建制度達到爛熟期以後，在社會的內部一種恆常的交換關係已開始在生長了。商業發展的三要契機，是由於人口的繁殖和生產力的緩慢，然而累積的發展，以及封建領主及其扈從們財富日增，奢侈慾望也日益複雜增高，同時教會的生活也趨向豪華，而他方面此各種慾望又非其各自領土內生產的物資所能滿足，於是乃不能不仰給於異土。最初在商業中所經營的最主要的商品，也和在古代一樣，是東方的產物，商人則以意大利人和猶太人爲最多。從十世紀到十一世紀，歐洲各國戰爭停息，於是在各國的內部，各國之間，以及各國與東方之間，漸漸展開了活潑的交換關係。這種商業發達的結果，一方面是都市位置的漸趨重要，他方面是自然經濟的逐漸解體與貨幣經濟的抬頭。

都市裏的手工業的同業組合（基爾特）雖如前章所述，成爲保守勢力的一個分枝，但終

於阻不住他一方面貨幣經濟所帶來的社會進展的車輪。

隨着商業的興盛，貨幣的功能日益增加，封建的統治者們愈益覺得貨幣的重要，而對貨幣抱着一種強烈的渴望。其結果是一部分莊園中的現物賦貢開始改爲貨幣賦貢，以及一部分的剩餘農產品以商品的姿態而出現於市場，同時，這些事實，在他方面又給勞動生產力以一個向前發展的衝動。

這時候，社會裏的財產不僅限於土地了，除土地之外大量的動產的存在也成爲可能。換言之，商業資本和高利貸資本逐漸成立了，土地在經濟裏的比重開始減小，土地領有者們渴望着貨幣，而貨幣卻並不集中在他們的手中。

從1096年到1291年之間，一共出征了七次的「十字軍」，在表面上雖說是中世基督教教會權力強化，歐洲人爲興奮的宗教狂熱所鼓動的結果，而事實上則有着更根本的原因。即是第一，當時僧侶的和世俗的封建領主及其日趨貧窮的家臣們，爲追求貨幣的渴望所驅迫，羣起而向幻想中的東方作冒險之舉。第二，隨着社會情勢的轉變，人心逐漸醒覺，對於傳統的束縛與壓制漸感不滿，大家都想到東方去別尋事業發展才力發揮的途徑。第三，新興的商業階層希望着確保東方商品的來源和交通。總之，十字軍的時代是表現經濟變革開始的時代。

十字軍的結果，反轉來又使歐洲社會各方面發生巨大的變革。第一是商業的更加發達，若干巨大的商業都市迅速地長成起來了。意大利是當時歐洲與東方的通路。意大利的商人由東方取得大批的商品，經海道運回意大利，再由該處循陸路分銷到中西歐。東方的生產物如美麗的毛織物、天鵝絨、絹絲、胡椒，其他的調味香料、藥材、顏料、沒藥、皮貨、珠寶、金製的精巧品、象牙武器等類的東西，都是歐洲人士所愛好歡迎的商品，因而源源不絕地輸入西方。因此意大利地中海沿岸如威尼斯、熱內亞等地和佛洛連斯都成爲非常富裕繁榮的大都市。同時，大量的財富漸漸集中到市民階級的手中，而市民在經濟上的勢力與地位一經高漲，他們在政治上對於獨力與自由的要求也高漲起來了。第二，在反對的一方面，是封建貴族的零落。這事情又可由兩方面去看，即是因爲長久的征伐，大部分的封建侯伯和武士都在東方死亡了。其次，因貨幣經濟的發展與軍事行動的結果，封建的領主們漸爲高利貸資本所支配，因而喪失了他們原有的威信與勢力。十字軍的第三個結果，是東方的文化與技術輸入歐洲，希臘古代的文化遺產也被發見被注意了。結果人文主義和自然科學的精神在那裏播下種子。當時歐洲商品經濟的發展培養了這個種子的發芽和長成。因之，在他一方面必然地會引起傳統的基督教教會權威及其御用的經院哲學的動搖。

靜止的封鎖的自然經濟在封建社會的發展過程中，漸為貨幣經濟所代替，自給自足的封建生產被商品生產所驅逐。

商業的發達，不僅由於歐洲與東方的貿易的興隆，各國內地也因為都市的生長而在都市與農村之間發生了密切的交換關係。即是，都市人口的增多，對於農產物發生廣大的需要，同時在農村則對工業生產物的需要也跟着增高，農村與都市在經濟上的溝渠日深，因而兩者間的經濟聯繫一天比一天緊密。許多的都市失掉了原來農村的面貌，而成為工商業的中心。除了上述的意大利諸都市而外，巴爾的克海沿岸北德意志的漢堡同盟諸都市也很著名。跟着商業的發展，作為交換工具的貨幣當然也普遍流通起來。事實上當時金銀貨幣的使用已經一般化。這一些事實當然在他一方面招致農村的激烈變化。國際的以及國內的交換關係愈益緊密，貨幣在社會經濟中的地位愈益重要，則各國的封建領主們愈益感覺到從農民身上課取贖身金而使其解放為有利。這事情又惹起農村的階級分化和刺戟了農業勞動的生產力之改進。農村的農具改良了，耕作方法進步了，牧畜，工業用植物等的栽培發達了，農村的生產不再以供給狹隘的莊園之消費為目的，而以供給廣大的國內與國外的市場為目的了。同時因為商業的興隆，各都市相互間聯絡起來，交換的範圍日益擴大，地方的限制漸歸消滅。都市裏的基爾特到了十四

及十五世紀之間，因為內部矛盾的發展和外部客觀的情勢的變遷而開始崩壞了。代之而起的是建築在分業與農村內的副業之基礎上的工場手工業（Manufacture）。總之，過去阻礙着產業發展的各種桎梏，漸漸地毀壞了。

產業和商業的這種發展的過程，同時也就是封建制度漸次崩潰，基督教會信仰失墜的過程。當時意大利諸都市和德意志諸同盟都市的脫離封建諸侯的統治而獲得了政治上的獨立與自由的事實，可為明證。但這並不是資本主義的生產關係跳上了支配地位，這不過僅僅是近代經濟機構勝利的開端而已。事實上封建的統治和教會的權力依然存續着。工場手工業雖已漸漸出現，產業資本却還沒有確立。但商人資本已經在社會上取得優勢的地位，而成為封建政權的一個强有力的敵對勢力，商人資本對封建生產樣式給了一個破壞作用。商品交換愈益發展，貨幣的力量愈大，愈益促進封建的生產諸關係之解體的過程。商人資本對封建權力的一種事實上的批判。因此跟着十三世紀，十四世紀，十五世紀的商人資本的出現，對於統治着整個中世歐洲的封建意識的新的批判，新的見解也抬頭了。就是說，非宗教的自然認識，合理的思維，人類本位的思想發生了。這是近代的自然科學誕生的前兆。

總之，十字軍以後的二三世紀間，是舊的社會推移到新的社會的過渡期。封建的生產關係，

封建的社會意識，漸漸動搖了，沒落了，在封建制度的內部，孕育着近代社會的胎芽，因此，近代的自然科學，也在封建的母胎內開始萌芽了。

產業的發展，必然地引起社會對於生產技術改進的要求，而促進對於自然科學的研究和發明。同時自然科學的研究和發明，又促進產業的發展。因而，十二世紀以後，在實用科學上，產生了許多發明，例如齒輪發動的時鐘，在十二世紀就發明了，羅盤針也在十二世紀由阿拉伯人傳入歐洲，眼鏡，玻璃鏡和製紙法則在十三世紀已發明了。在他一方面，因為工商業的發展，社會裏新的勢力的長成，封建意識及教會御用的經院哲學的動搖，人們漸漸對傳統的信仰發生懷疑，因而對於宇宙要求合理的解釋，並熱心對自然作具體的進步的研究。代表這種傾向的，是首先衝破經院哲學的束縛，而成爲近代科學誕生的先驅的羅哲培根（Roger Bacon 1214—1294）

培根是英國人，曾做過佛朗西斯派的修道僧，並曾留學於巴黎大學，得了神學博士的學位。在巴黎的時候，他醉心於研究阿拉伯的學者，特別是奧海岑和亞微瑟那（Avicenna）這對他一生的自然科學的精神，有很大的影響。其後他雖替教會做事，却從不會減少他對自然科學研究的興趣，即是在教會的迫害之下，他也不曾把他自然科學的主張丟掉。

他對光學有很高深造，他曾構想了一種擴大鏡，並用光線反射屈折之理，解釋虹的現象。他又嘗引用亞里斯多德的地球圓形之說，這給了後來哥倫布的遠征一個刺激。但他最主要的貢獻，是在於他的竭力提倡實驗主義（Experimentalism）。當時的經院學派的學者對於學術沒有創造，沒有深研，有的祇是對於傳統的既成的教理的盲目的崇拜，他們以信仰代替智識，這時沒有試驗，沒有批判，也用不着人們自己去思索，去研究。古人已經替我們解決了一切的問題了。做學問的唯一的途徑就是熟讀經典和古書。培根的意見却和經院哲學的方式相反。他堅決要求從實驗和觀察中去獲得事物的科學智識。他認為實驗科學是獲得智識的唯一方法。他以為由實驗而得的經驗，便可推理，由推理可得結論，結論既得，更須實驗以證實之。由此所得智識，方為真知。據培根看來，世界充滿着先入的成見，如權威、習慣、空言、缺乏自我批判等，即其證例。真理是和既成的見解，盲目的隨從，勢不兩立的。人必須學習關於源泉的東西，所以如想理解自然，就非用物理學及天文學的器械去研究不可。這樣，他完全和經院哲學者們相反，首先要求，從經驗來的認識，才是最完全的學問，君臨於萬學之上的女皇，就是實驗科學。

從培根的實驗主義的思想中，可以看出近代自然科學的精神對神學及其御用哲學鬥爭的發端。他的思想的活動，表現着近代的自然科學在封建社會的母胎裏的一種胎動，因而預示

新時代的快要來臨。他因爲這一種進步的思想，差不多終身都在受着迫害，曾被判處了十年的監禁之刑。他的思想既反映當時社會近步要素，其不容於保守的權力和爲傳統思想所籠罩的羣衆，毋寧說是當然的事情。培根的科學思想的發生，僅僅表現着封建的社會意識的一種破綻而已。封建社會意識的勢力在當時仍然十分強大。便是培根自身，一邊固然強調着實驗主義的精神，同時在另一方面仍然不曾完全拋去他對於宗教的信仰。他說，除了用類人的科學能夠認識的自然的因果性外，還有超自然的創者首的神的因果性；除了外的經驗外，還有受着神的靈感支配的内部經驗。更高的理性，只有靠神力才可能。他的這一種不澈底的思想之存在，是當時過渡期中的社會關係的必然的反映。封建社會意識的澈底清算，近代意識的自然科學的誕生，還要經過文藝復興運動的激盪，和地理大發現的刺戟之後才能實現。

如上面所述「十字軍」使得意大利諸都市勃興起來。其中熱內亞與威尼斯因濱海之利運輸業特別發達，因而在十三、四、五世紀間成爲歐非亞三洲商品的集散地。執掌了地中海商業的牛耳。在近代資本主義發達中起着巨大作用的股份公司，便是發源於當時熱內亞與威尼斯的 *Compagnia* 的組織的。至於佛羅倫斯則是陸上都市，沒有海運之便，因之它的發展與上述兩地方略有不同。佛羅倫斯最初是高利貸資本活躍的地方，後來，由於商業之一的進展及



貨幣經濟的發達，匯兌，存款，等業務的需要也跟着發生，佛羅倫斯的高利貸業乃逐漸長成而以銀行業的姿態出現於世。在十三、四世紀間，佛羅倫斯諸銀行對羅馬教廷及各地方寺院之巨大放款，以及漸次支配教會的財政權，是歷史上有名的事情。但因了社會經濟的進展，佛羅倫斯的經濟重心漸由高利貸性的資本轉變為工商資本。從十四世紀初起，佛羅倫斯成為毛織業的中心地。佛羅倫斯從毛織物業隆盛的弗蘭德斯地方輸入毛織物，而再加上精製，然後向東方及歐洲各國輸出。佛羅倫斯精製品工業的毛織物業之所以能夠獲得高度的發展，是因為當時東方及歐洲各國對於品質華美的精製毛織物的廣大需要，及佛羅倫斯工人的精巧技術和分工協業的工廠組織。因為毛織物業的發達，於是染色業和其他的補助工業以及商業與金融業也相應發達了。十四、五世紀間，佛羅倫斯的金幣在世界市場上獲得國際貨幣的地位，佛羅倫斯的使臣在埃及王下面的外國使臣中佔了首席。佛羅倫斯當時在經濟上所佔的地位由此可見一斑。

替中世和近代的歷史劃了一道鮮明的界限的文藝復興運動，就是發源於站在當時經濟界的最前綫的意大利的。

文藝復興是以復興希臘古典文化的形式，起於十四五世紀之間，替這個運動做前導的是但丁(Dante, 1265—1321) 樸喀西奧(Boccaccio 1313—1375) 和配特拉加(Petrarcha

1301—1374) 三詩人。但丁的神曲，從其題材上說雖是中世的，但從其感覺與素材的處理上說，却已暗示着近代的精神。樸喀西奧有名的十日談，則具着反對傳統的禮教，反對宗教的禁慾主義的內容，和大胆地主張着自由活潑的人類性的精神。這些前導者已經開始了對中世的非理性的基督教教義，對思想上的一切狹隘的形式主義，對一切陳腐的傳統觀念作着鬥爭，而為近代的科學精神作了準備。文藝復興的精神從十五世紀到十六世紀，在黎奧那多·達·芬奇 (Leonardo da Vinci 1452—1519) 拉法埃洛 (Raffaello 1483—1520) 米吉蘭格爾 (Michelangelo 1474—1563) 等人的藝術中開起花來。文藝復興時代的文化，是對封建制度作鬥爭的都市市民的意識形態。它的特徵在一方面是衝破中世紀的教權的束縛，和經院派哲學的藩籬，對於陳舊的桎梏的破壞，在他一方面，則是對於自然之客觀的研究和認識，對於人類的理性與感情，對於個人之發展與活動的尊重。這一種新的精神，被人叫做人文主義，即是強調着人類性，以人類為本位去對抗封建的束縛，對抗中世教會的人生觀，世界觀，把自然從宗教的神學的掩蔽之下解放出來，在另一方面，則以蒐集古典，瀏覽古典，研究古代文化以提高人類的教養，而企圖恢復古代希臘人尊崇現實，服從理性，愛重自由，追求真知的精神。

文藝復興之所以發源意大利，實決不是偶然的事情。意大利諸都市在當時是資本家的生

產發展得最早的地方。換句話說，封建體制在意大利的諸都市受着貨幣經濟的侵蝕和由於新興的資本階級的成長，最先發生動搖。因而作為封建制度的意識形態的基督教會的統制力也表現出鬆懈和破綻。而新興的工商業階級則對於宇宙，對於人生要求新的認識和理解。同時君士但丁堡本來在幾世紀之間都是古代希臘文化的保藏庫，恰在當時受着鄂斯曼土耳其的威脅，多數學者，便從東羅馬帝國，攜帶了許多古籍逃到意大利來，並有一部分人在意大利各大學中講授希臘的學問。因了這種機緣，意大利諸都市乃首先發生以「古典復興」的形式而表現出來的文藝復興運動。事實的文藝復興的支持者，是當時新興的市民階級。那個佛羅倫斯銀行界的巨擘，同時又是政治集權支配者的麥地奇(Medici)族，便是文藝復興運動的著名的獎勵者。至於文藝復興運動之所以必須採取古典復興的形式，也是在它的社會基礎中，具有內在的理由的。上面已經說過，古代希臘文化的各種偉大成就是在以奴隸勞動與工商業相結合，即工商業資本的發達中，有其物質的社會基礎的。因此，當意大利的市民階級逐漸成長起來開始對於阻礙他們的發展的中世紀思想進行批判的時候，就極自然地從古代的希臘文化中，抓取了他們反對封建意識形態的鬥爭武器了。即是說，古代希臘文化和文藝復興運動期的文化在其發生的社會基礎上有着相似點，因此產生了兩種文化的相似性。但這兩種文化也只是相似而

已。古代的商品生產，因為當時人類活動範圍的窄狹，及奴隸制的構造的原故，是有着發展上不可逾越的界限的，可是文藝復興時代的商品生產卻具有着遼遠廣大的發展的前途，所以古代希臘文化，古代希臘的自然科學，終於中途夭折了，而經過文藝復興後的近代文化，近代的自然科學却能夠開花結果實放出燦爛的光輝。

文藝復興運動自意大利發端而後，由於當時歐洲商品經濟的普遍的發展和對於文藝復興運動所具的新的精神的社會的要求，所以很快地便越過了阿爾卑斯山而傳到中欧，西歐，成爲全歐洲的一種偉大的文化運動。文藝復興運動是以反抗基督教的非理性的超現實的教義爲其根本精神的，所以結果使人心從宗教的神學的傳統觀念解放出來，而成爲人類理性的醒覺，使人類相信自己的感覺和理性。這對於自然科學發展的貢獻很大，因爲它打破了基督教對於自然的一切神祕的解釋，而使人類尊重自己的觀察和自己的經驗，使人類對自然作直接的研究。雖然基督教會爲了維持封建的體制，爲了保持大衆對教會的信仰，不得不利用政治力量作最後的掙扎，對自然科學者濫施迫害，對自然科學竭力抑壓，但自然科學在諸種社會情勢的開展之下，終於衝破了教會沈重的壓迫，以着不可抑遏的氣勢生長起來了。

與文藝復興同時，另一個促成近代自然科學之誕生的有力的原因，是十五世紀到十六世

紀的地理上的各種發現。由於當時歐洲工商業普遍發展的結果，作為商品交換之媒介的貴金屬漸漸感到不足。商品的市場和原料的來源也漸漸有過于狹窄，不能適應當時的工商業的無限制發展的慾望之感。這種對於金銀礦的獲得，市場的擴張，和原料來源的發現的強烈要求，乃成為十五六世紀地理上諸發現的主因。加以如上所述，意大利諸都市工商業的繁榮，大部分依存於其對東方的貿易上。但在十五世紀的中葉，因為土耳其人的擾亂，把溝通東方的商業路線截斷了。同時，由於往來東方的旅行者和商人回到歐洲後對於中國和印度的富庶繁華誇大描寫，使歐洲人在幻想中把東方當做充滿寶藏的地方，因而加強了他們對於東方的嚮往之情。在另一方面，自十三世紀以來，歐洲人的船舶已漸漸習慣於遠距離的航海，他們常常由地中海經過直布羅陀出到大西洋。其中有多數的船舶且遠向兩行，達到非洲的大陸。這種經驗擴大了他們的眼界，磨鍊了他們的技術。海上圓形的天涯，以及船身和船桅出現與隱沒的次序，使得一部分優秀的水手漸漸發生地球為一個球體的觀念，容易接收古人及當時人所主張的地球為一個球體的學說。因而在上述的社會情形中，乃產生向西方航行可以達到印度的思想。一部分大胆的人，並且作着實現這種思想的企圖。這些人中間的最幸運的一個，就是有名的航海業者哥倫布。

哥倫布經過艱苦的奮鬥，獲得了西班牙女王伊沙伯拉（Queen Isabella）和商人的援助，克服了一切的困難和戰勝了教會的阻撓，於1492年八月以三隻小形的船舶和一百二十名水手，開始橫斷大西洋的航行。船在大洋上行行了七十多天，終於發現了中央美洲的羣島，哥倫布始終相信他所發現的地方就是印度的一部分，因此把那些島嶼叫做西印度，而把美洲的居民叫做印第安人（Indians）而在稍後的1497年七月，在葡萄牙政府的支持之下，由喀瑪（Vasco da Gama）所率領的遠征隊，沿着非洲的海岸，繞過好望角，經過印度洋而於翌年一月達到了真正的印度。因而葡萄牙人獲得了對印度的貿易特權。西班牙政府為爭取這種特權，仍繼續抱着向西航行以發現到達印度的最短航路的希望。在1498年，委託葡萄牙人麥哲倫（Magellan）作環繞世界的遠征。這個遠征隊橫過大西洋，繞過南美洲（麥哲倫在中途為土人所殺了，而殘留隊員仍舊繼續前進）渡過太平洋，費了三年的時間，才由印度洋繞好望角於1522年回到西班牙，完成了最初的地球周航，替地圓說作了事實的證明。

這連接不斷的地理上的發現，對於經濟、文化、宗教、政治、各方面所生的影響異常深切強大。而這些影響又都成直接地或間接地有利於近代自然科學的誕生。近代自然科學誕生的各種條件，經過了文藝復興，經過了十五、十六世紀間地理上的諸發現，已經準備完畢了。

## 六 近代自然科學之誕生

自哥倫布發現新大陸以來，地爲球形之說，因已有事實上的證據，故不再需理論的辯爭。即教會中人，也不再固執「地面是平板的」的成見，但他們仍堅持地球是宇宙的中心，並且浮在太空之中，固定不動，日月諸星，環繞地球而運行。因爲只有這樣才不致與聖經相矛盾，而當時他們又是把聖經當作一切科學知識之源泉的。不過因爲時勢的進展，教會的解釋只能麻醉一般羣衆，再不能籠絡住愛真理求真知的前進的人士心胸了。

加以從十六世紀初年起，因爲世界地理的相繼發現，商業範圍的擴張，航海業的發達，人們的注意力，從地球移到天體，1543年哥白尼（Nicolas Copernicus 1473—1543）對時代的大著天體運行之道路（*De Revolutionibus Orbium Coelestium*）公布於世，這可算是近代自然科學呱呱墮地的第一聲，相傳哥氏的著作早已完成，但因畏懼教會的迫害，遲遲不敢刊布，直到晚年，才敢拿去付印，及到印成，他僅獲一見，便溘然長逝了。所以他本身幸得逃脫教會的譴責，但其後有若干相信他的學說，承繼他的遺緒的學者，却爲教會的火刑與監禁所苦。

哥氏天文學的主要點如下：（1）天文學說的三個假定 a，宇宙爲一球體，b，地球爲一個球

體，c. 行星運動，爲不變速度之圓運動。(2) 相對運動說：凡感物體位置的變遷，都是由於運動所生的結果。這種運動，或屬於觀察者自身，或屬於被觀察的物體，或由兩者同時發生的不同樣的運動。但如果兩者的運動方向與速度都同，則兩者間相對關係毫無變化，雙方都不感覺有何種運動。(3) 地球的運動：由相對運動的道理，並根據畢達哥拉斯派的天文學說，創立地動說，謂地球每日繞其軸心自轉一次，每年繞太陽公轉一週，又由地球之公轉，以解釋一年中季候變遷的現象。(4) 太陽系的排列：哥氏以爲地球是繞日六大行星中的一個。這六大行星在太陽系裏的排列次序是：水星、金星、地球、火星、木星、土星。水星離日最近，軌道最小，八十八日便可繞日一週，土星距日最遠，軌道最大，須三十年才可繞日一週。而月則是環繞地球的一個衛星。

哥白尼是對天體現象作精密的系統的說明的第一人。他的學說奠定了近代自然科學的礎石，實無異於自然科學對基督教義的獨立宣言。自他的著作公布而後，自然科學就完全由宗教手中解放出來了。所以哥德說：「在一切發見當中，或許沒有比哥白尼的學說給人類精神上的作用更大的了。」（色彩論）

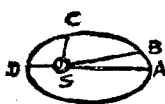
哥氏的學說既取消了地球在宇宙中的優越地位，同時又毀壞了上帝所托足的天堂，所以雖然他的朋友異常小心謹慎，以極謙恭的態度在他的著作的序文裏說是把他那本書獻給教



皇陛下，而教會對他仍不諒解，而斥他的學說爲「完全背叛聖經之虛偽的畢達哥拉斯主義」並且用種種嚴刑峻法去處罰他的信奉者們。他的學說的最有名的犧牲者，是哲學家布呂諾（Bruno 1548—1600）。布呂諾是意大利人，他因爲辯護哥白尼的學說，主張宇宙的無限性，反對神與自然的分離，因而終生受着教會的迫害，過着飄流的生活。最後終於在威尼斯爲教會所捕，在羅馬被監禁七年之後，就火刑而死。當他接到火刑宣告的時候，他對裁判官說：「我想你是懷着我比我接到這個宣告時更大的恐怖才下這個宣告的。」

踏着哥氏的足跡前進，在理論上和實驗上發展了哥氏的學說的是刻卜勒（Johann Kepler 1571—1630）和加利略（Galileo 1564—1642）。刻卜勒曾做過丹麥占星屬天文家泰柯柏拉（Tycho Brahe）的助手。泰柯在天文學上沒有什麼特殊的功績，但他利用政府的力量，建築了歐洲最初的天文台，並製造了許多觀象儀器，因之在天文材料的蒐集上，貢獻頗大。刻卜勒便是在他的薰陶之下，並利用他的天文設備和根據他所得的天文材料而發明了不朽的天體運行三定律。即是（1）行星繞日，遵橢圓軌道而行，而太陽則在橢圓的一個焦點上；（2）如自一行星在一定時間內所行路程的兩端作線至太陽所在的焦點，其所包含的面積相等。如圖所示，設行星自D點至C點所需的時間等於自B點至A點所需的時間，則SDC面積等於SAB

的面積。(3)兩行星繞日一週，所需的時間的平方，與其軌道大徑的一半之立方成正比例。



刻卜勒的第一律，修正了哥白尼的行星橢圓軌道而運行之說。由他第二律，打破了由來行星以等速運行的說法。刻卜勒第一第二兩定律都是由觀察火星運行所得的材料而發明的，他這三個定律，一面建築在哥白尼的系統的基礎上，而他又為以後牛頓的引力定律的根基。

伽利略在天文學上的功績，則是在於用觀測器械在事實上證明了哥白尼系統的真實無誤。1609年荷蘭人發明望遠鏡。伽利略根據這種發明加以研究，改良，終於製成了能夠放大三十倍的望遠鏡。於是他利用這種器械，作天體的觀測，而發現月球表面明暗不勻，凹凸不平，具有深壑高山，與地球表面無異，同時發現太陽上面也有多數斑點的存在。因此，在事實上，證明了日月也並非晶瑩皓潔毫無瑕疵的東西，打破了當時人以爲日月是神聖完美之物的謬誤觀念。他又發現木星的四個衛星和土星的兩個衛星，以及金星表面的光亮也同月球一樣，有盈虛缺圓的變化，這些事實都同傳統的亞里斯多德天體完美無缺的學說和基督教的教義相矛盾，而替哥白尼的天文系統作註解和證明的。因爲伽利略的社會地位很高，和他那種爲真理而鬥爭的熱情，終于不可避免地引起了保守勢力的嫌忌，而遭受到教會異端裁判所嚴刑威脅。他當時已到

了七十的高齡，並且他對於柏呂諾的一生的命運和道得非常清楚，所以他終于在表面上屈服了，他承認悔過，並且不再宣揚哥白尼的「邪說」，然而他仍須在監禁或監視的不自由環境之中度其風燭殘年。

加利略在科學上的貢獻，不只在天文學上的成就，他同時又是奠定動力學基礎的人。在他以前，一般人都相信亞里斯多德「兩種物體由上墜下，重者快而輕者慢」之說，加氏從比薩（Pisa）的斜塔上用輕重不同的兩個鉛球作同時下落的實驗，結果兩球同時着地，打破傳統謬說，成爲科學史上的佳話。關於落體運動，他發明了有名的定律三條：（一）落體所經過的距離，與其所經過的時間之平方成正比；（二）落體的速度，與其所經過的時間成正比；（三）物在空中，其加速度一定不變，與物體的輕重無關。加氏又曾發明下懸物體擺動的週期，與下懸的繩長成正比，這是後世時計鐘擺的濫觴。平常抽水機可抽水上升，古人不明其理，以爲是「自然忌真空」。加氏發現抽水上升至三十二呎時就不能再昇，乃說自然界忌恨真空，但不能超過三十呎的界限。其後他的學生脫利徹里（Torricelli 1608—1647）根據這個實驗的事實，而發現空氣的壓力。此外，加氏對於光學聲學，都有相當的研究。他可算是近世物理學的前驅。

與加利略時間約略相同，有英人吉爾伯特（William Gilbert 1544—1603），首建近代

電磁學的根基。當時一般人已經知道琥珀拾芥和磁石吸鐵的事實，吉氏才辨別前者為電力後者為磁力。他並發現他種物體如玻璃硫磺樹膠之類摩擦後都能生電，吸引他物。磁針常指南北。當時人莫明其故，或以為是北極星所主宰，或以為受天神的支配。吉氏以為是地球本身的特性使然。因而用磁石造成一球，以磁針放在球的北極，則針的南極與之相吸，放在球的南極，則針的北極與之相吸，得到「同極相斥，異極相吸」的結論。他由此推論地球本身是一大磁石，所以磁針的南極趨近地球的北極，磁針的北極趨近地球的南極。

誕生期的近代科學的特徵的第一點是在實驗的基礎之上，對自然作系統的研究。古代希臘人的自然哲學純然是由天才的直觀而建立的。他們往往觀照了自然的全體，而遺漏了對於自然的各個部份的精密探求。而在阿拉伯人的科學發見和方法裏面，雖也有極有價值的貢獻，但其成就是散漫的，零碎的，且其大部分都無何等效果而終。只有到了近代，才在精密的實驗基礎之上，對自然作系統的研究。其次古代的自然研究，因作為其物質基礎之社會本身的狹隘的限制之故，終於只替後人留下若干的暗示便夭折了，中斷了。而近代的科學則因地理發現的結果，舊世界的界限打破了，人類活動的範圍擴大了，近世產業發展的基礎因手工業向工場手工業之推移而建立了。換言之，因為近代社會內在地包含着向更高階段發展的可能性的緣故，

所以近代科學也具有着遠大的前程。

第二，近代科學是在基督教教會和封建社會一切保守勢力的嚴厲壓迫之下誕生的。近代科學的奠基者們大概都是爲異端裁判所的監獄和火刑場所迫害或威脅着的，因爲他們要將真理教給世人，所以他們的學說被禁止受人信仰，他們的著作被禁止刊行。不過，儘管如此，教會和保守者們的魔手終於阻遏不住時代的潮流，掩蔽不住宇宙的真理，近代自然科學終歸健康地發育起來了。

第三，近代自然科學黎明期的主要任務是現成的素材之克服。「古代遺下了歐克里德的幾何學和托勒密（Ptolemy）的天文系統，阿拉伯人遺下了小數法，和代數學初步，阿拉伯數字和鍊金術。而基督教却甚麼也沒留下。在此種狀態之下，必然地是地球及天體的力學，及作其補助科學的數學之發見與完成在最原始的自然科學中佔了第一位。」換言之，近代自然科學最初發展起來的是關於地球及天體運行的天體力學。因爲宇宙的現象是人類自古以來便以極大的關心去凝視着的現象，人類曾在各種的文化階段對之作過各樣的解釋。到了人類的生活範圍擴大到一定的限度，所得的材料相當豐富的時候，必然地會對於宇宙發生正確的，近乎真實的解釋。十五六世紀間航海的發達，地理諸發現的完成，觀測器械的進步，構成了天體力學

誕生的條件，也就是促成了人類最初對於物質的最簡單的運動法則之正確的把握。

第四，近世的自然科學大致地可以說是產生在意大利的，上面所述的幾個初期代表的自然科學家，大抵不是意大利人，便會深受意大利文化的影響。我們同樣可以在前章關於文藝復興運動之所發源于意大利的解釋中去求得它的原因。但自十六世紀末年以後，世界交換的範圍由地中海移到大西洋，商業的中心地也由佛羅倫斯移到倫敦。因之科學的研究，科學的活動也由意大利移到英國了。但其後跟着近代市民社會之世界規模地擴張，近代的自然科學也國際地長成起來了。

## 七 自然科學之發展（上）

自然科學在成熟的社會條件之下，反抗着基督教的壓迫，以着堅定的姿態誕生了而後，只要它誕生時的社會條件繼續存在，則它之要以更大的速度和更寬的範圍向前發展，可以說是必然的事情。換句話說，在這裏困難的是在於它的誕生期的各種原因與情事的說明，假如這個初步的工作得到完成，則以後的問題便容易解決了！

在事實上，近代市民社會自地理諸發現相繼完成之後，便突飛地從封建的舊壳裏蛻化了

出來。市民階級從經濟起，在政治和精神文化等各方面，都漸漸代替封建貴族而成為主要的勢力，取得了領導的地位。這樣的社會情勢的開展，在各方面都有利於自然科學的長成。即是一方面在整個中世紀會是封建意識形態的代表機關的基督教，經過宗教改革而後，已發生了變質作用，乖巧地變成了適合於市民階級的要求的宗教，不再對自然科學濫施壓迫，不再是自然科學發展的障礙了。在他一方面，隨着產業的巨大發展，人類與自然接觸的機會更加頻繁，需要利用自然力量的處所更多，即是需要解決的科學問題一天一天的增加了。因而，市民階級益發對於物質屬性與自然現象的研究感到迫切的要求。稱爲近代自然科學家之搖籃的許多科學團體如倫敦皇家學會（1645年），巴黎皇家科學會（1686年），柏林，普魯士科學會（1700年）都跟着產業的發展而組織起來，並且在市民階級全力的支持之下而獲得發展的事實，可爲例證。同時，人類在地球表面活動範圍擴大，使科學的素材益加豐富，使人類可以從各種角度，在各種環境裏去觀察自然，研究自然，因而擴大對於自然認識的範圍，增深對於自然理解的程度。加以印刷術的進步，和各國民間接觸機會的頻繁，使科學智識的交換變得容易，因而各部門科學的發達互相影響，互相刺戟，結果，促進了整個自然科學進步的速率。總之，自哥白尼加利略的時代以後，社會條件一天一天變得更有利於自然科學的長成，更適合於自然科學的發展了。

自然科學的發展，大概可以自哥白尼起到十八世紀前半止，為第一期。這一期裏，除上述的哥白尼與伽利略之外，最重要的成果，第一是自然科學研究方法論的發展；第二是數學的基本原理的確定和牛頓的力學系統的完成。

十五六世紀來的自然科學的生長，使人類對於自然的研究這件事獲得實際反省的機會。由這種反省的結果，乃有科學方法論的確立。如前所述，古代的亞里士多德，中世的羅賓培根，都會對自然科學的方法有所論述。但當時因嚴格意義的自然科學研究的事實還沒存在，所以他們的論述，終不免於空泛疏略，僅是一種理論上的見解。到了十七世紀，佛蘭息斯培根（Francis Bacon 1560—1628），才根據比較豐富的科學事實，建立起精密實際的科學方法。他的方法論是以他的經驗論的唯物哲學為基礎的。他以為自然有其獨立的存在和客觀的法則。人類的只惟推理不能使自然的存在和法則有絲毫的更變。所以我們要接近自然的真理，我們只有去觀察、實驗、分析、歸納，自然的各種現象才能達到目的。他在1520年針對着亞里士多德的邏輯學工具（Organum）著了一本叫做新工具（Novum Organum）的書，在其中對中世紀為人所濫用了的三段論法大加攻擊，以為那決不是真正的求知的方法。他以為只有歸納法才是真正的科學研究方法。因為自然的本質和法則既是客觀的存在，則只有感覺才是一切智識



的源泉，從我們的感覺中才能反映出客觀世界的真象。所以科學的研究法，第一步是儘量搜集感覺上的各種經驗事實。第二步是將這些事實加以分析比較。其次則綜合概括以推求現象間的因果關係。換句話說，即是由感覺的個別經驗，漸次上昇到普遍的公理的方法，即是歸納方法。除了這方面的中心理論之外，他對自然科學實際的方法，也曾有很精詳的規定，大大地充實了科學方法論的內容。約略與他同時，笛卡兒（Rene Descartes 1596—1650）對於科學的方法的發展，也有相當的功績。就中他所特別強調的科學假說（Scientific Hypothesis）對於後世科學進步之貢獻尤為廣大。

跟着科學的方法的確立，人類對於自然科學開始意識地作有計劃有系統的研究。自然科學至此才宣告和形而上學脫離，至此才成實驗的科學。這事情在一方面使自然科學從此獲得更長足的發展，在他方面又是劃分近代自然科學和古代自然科學的一道鴻溝。

天文學和力學的發達特早的事實，在農業和航海業中對於天文智識的廣大需要，以及農業鑛業等的排水工程，建築工程，和手工工場的機械的應用裏可以找得原因。而數學則是在天文學和力學的研究裏必要不可缺的工具，因而也隨着上述兩門科學的發展而比較地先於其他各部門科學生長起來了。在十七世紀中間，最基本的數學原理，大致都確立了。笛卡兒鎔幾何

代數於一爐，而發明了解析幾何，納披爾（John Napier 1550—1617）創作對數表。而牛頓與來布尼茲（Gottfried William Leibnitz 1646—1716）差不多在相同的時期裏，各自獨立地發明了微分學與積分學。

在上一章裏，已經講到刻卜勒補充並修正了哥白尼的天文學說，發明有名的天文學三大定律。但這三條定律，只是比較精密地概括了行星運行的現象，却並不曾將這些現象加以一貫的解釋。比刻卜勒造成一個更果決的前進，把這些行星運動的現象，用一條單獨的定律去加以一貫的解釋的，是牛頓（1643—1717）。他的定律即是萬有引力定律。他明示如每個行星與太陽間互有引力，並且這種引力與兩者的質量的乘積成正比，而與兩者間的距離的平方成反比時，則各行星的運動可以計算。刻卜勒的三條定律可以解釋。牛頓並認為這種引力，不只是天體間所互有，即任何兩質量間也有這種引力的存在。所以自蘋果下墜的現象，以及伽利略的落體定律，都可用這個定律去解釋。換句話，這萬有引力乃是自然普遍的力，這個萬有引力定律，乃是普遍應用到地上天空的定律。牛頓既成立萬有引力說，於1680年，復構成運動三定律。即（1）凡物體如不加外力，則靜者恆靜，而在運動中者，恆依直線等速進行。（2）凡物體加以外力，則其運動量之改變與外力成正比，其改變之方向，與外力之方向相同。（3）凡物體受外力

作用，則恆起一相等之反作用。前兩律的意義爲當時一般學者所公認，只不過由牛頓加整理概括成簡明的定律而已。第三律則是牛頓所獨自發明。這三條定律與上述的萬有引力定律一同構成了天文學和個體力學的骨幹。牛頓力學系統之完成，可以說是十七世紀中自然科學成就的最高峯。

此外，在這時期裏，除了光學因爲天文學實踐的要求而得到相當的發展是個例外，自然科學的其餘各部門大都還距離完成之域相當遙遠。化學經貝翹（Jean J. Becher 1635—1682）及施塔爾（George E. Stahl 1660—1734）等人的努力，僅剛以燃素說（Phlogiston Theory）爲中心而從鍊金術和神祕的醫藥化學中解放了出來。氣體力學自脫里拆利發現了空氣的壓力，創製了水銀氣壓表，證明了真空存在的可能而後，雖又經巴斯加（Blaise Pascal 1623—1662）和葛利克（Otto Von Guericke 1602—1682）對空氣壓力的存在，才加以更確切的證明，以及波義耳（Robert Boyle 1627—1691）和馬略特（Edme Mariotte 1020—1684）兩人在約略相同的時期裏各自獨立發見「氣體之容積與其所受之壓力成反比」的定律，建立了相當的基礎，但終因當時化學的發展還極幼稚，對於物質分子本身茫無所知，所以不能夠從分子運動的概念中去把握氣體力學的各種現象。地質學還沒跳出鐵

物學的萌芽階段，古生物學也完全沒有成立。在生物的領域裏，則雖經哈維（William Harvey 1578—1657）發現血液循環，替解剖學建下了根基，但植物學、動物學則還在龐大的材料之蒐集過程中。各種生存形態的相互比較，和其地理分布等的研究，則還未被顧及。到這時期之末，林納（Karl van Linné 1707—1778）的自然系統（1737年）刊，佈集過去的動物學及植物學的材料和智識之大成，對生物加以精密的分類和系統的命名，才替後世的生物學定下了一個基礎。

這一期的自然科學的主要特徵，是獨特的機械的自然觀。成爲這個自然觀的核心的，是「自然乃絕絕不變的」的見解。依這見解說，自然的現象只有空間的並列，沒有時間的發展。如將自然的創生起源的問題暫置不問時，則自然自成立以後便一直原樣不變地存在下去。照牛頓說，各個行星和衛星自神祕的「最初的衝擊」而後，便一直循着各自的橢圓軌道，沒有止極地轉動下去，各恆星由「普遍的引力」互相牽引着，永遠靜坐於固定的星座之上。地球自萬物創造之日以來，至今依然一切如舊，今日的五大洲是原來就已有在着的了。並且各洲上面自古以來便有着同一的山岳、谿谷、河川、氣候、和同樣的動物和植物。同樣地，依照林納的意見，一切的動物和植物的種類相互間都有截然不同的界限，並且自創生的時候决定了之後，除因人爲的方

法使之變換而外，各種類便永無變化的可能。某一種類的生物只產生同一種類的東西。總之，在自然界裏面，一切的變化，一切的發展，是完全被否定着的。自然界裏現在一切的東西，都與最初時所有的相類，並且一直到世界的末日，萬物都仍舊應該沒有甚麼變化的地方。

十八世紀前半的自然科學在素材的認識上，以及在素材的採擇分類上，其精深的程度已經遠勝過古代希臘，但在素材的理念的克服上，換言之，即在全體自然觀上說，則遠遜於古代希臘。照希臘哲學者的意見，世界在本質上是由混沌生出，是發展了的，長成着的東西。然而依照十八世紀前半的自然科學者們的意見，則自然是一成不變的東西。由此推論下去，很容易地把科學擲回神學的懷抱裏去。因而在牛頓和林納都把自然當做是神的創造物。假定萬物之間有着互相牽引的引力，並且這引力的物質之本質的屬性，則使行星以很大的速度循着橢圓軌道進行的，離心力又從何而來的呢？動植物的無數的種類是如何生的呢？自然自身既是沒有發展，一成不變的，則自然科學對此等疑問的解答，便只能歸之於萬物創造主的責任。即是，行星的離心力是發源於神祕的「最初之衝擊」，而動植物的種類則出於神的創造。在這時期的初期，哥白尼加利略的自然科學是向神學的一種挑戰狀，而到了牛頓和林納，自然科學本身，雖然獲得了若干的發展與進步，而全體的自然觀，却反而墮進宗教的迷宮。

這事情是在當時種種的限制下面發生的。到十八世紀前半止，產業革命的各種條件雖在一天一天的生長，漸漸地趨於成熟，但究還沒經過產業革命的突變過程，生產上仍以手工工場爲主要形態。換句話說，在經濟情狀上說，這時期還只是中世社會與嚴格意義的近世社會的過渡期。生產上自然法則普遍的利用主要地還只限於機械方面。所以除了天文學與數學而外，當時獲得了較高發展的只有機械學密切關聯着的力學，其次，自然科學研究的對象，從一方面去看，可以概括在廣義的運動這個概念中。因爲作爲物質之內在的屬性看的運動，可以將自宇宙裏所起的一切變化與過程起（即單純的位置變更）到思維的過程爲止，一律加以包括。關於運動之性質的研究，當然要從其中的最單純的，最低級的形態，即感官所易觸及的粗大的物體之運動出發。如不理解低級形態的運動，則對於更高級的更複雜形態的運動，就無法說明。在自然科學發展的第一期裏，單純的位置變更的理論，即關於天體與地上各物體的力學，剛才形成。關於更高級形態的運動，當然不能理解。所以在當時關於分子運動的氣體力學和關於原子運動的化學，還只剛達萌芽的階段，不過局限於若干表面的現象的理解，至對於根本的理論，則還缺乏把握的能力。同樣，必須在研究支配無生命的自然界之各種運動形態各部門科學達到相當高度的完成之後，對表現生命過程的各種更高級的運動形態，才能獲得正確的認識。在上述

的物理化學還在幼稚的狀態裏的時期裏，則關於有機體的各種科學即生物學的各個部門，當然很難得到高度的發展。同時，地質學和古生物學也還沒出世。所以由於當時所提供的此等素樸的科學材料的限制，使自然科學本身還不能產生一個發展的變化的宇宙觀出來。即是，自然科學者把自然看做是靜止的東西，不能認識運動是物質的屬性之一，不能理解自然在其本身即是具有發展的能力的事實。

## 八 近代自然科學之發展（下）

封建制度雖然自十字軍時代起，便已開始解體的過程，近代社會的要素，雖然自十字軍時代起便已開始萌芽發展，但封建勢力的完全崩潰，嚴格意義的近代社會的成立，却須等到十八世紀後半的「產業革命」之後才得實現。「產業革命」在人類過去的歷史中較之任何其他變化更為深切巨大。自經過「產業革命」以後，人類文化的各部門，都為之面目一新。在自然科學的領域中，自也不能例外。自十八世紀的後半起，自然科學的發展，於速度上說，則有一日千里之勢，於程度上說，則益入精微，逐漸摧毀了牛頓時代的機械自然觀，對自然漸漸獲得了辯證的了解。所以自產業革命而後，自然科學的發展乃達到一個新的階段，走進一個新的時期。

所謂「產業革命」實不外是生產上的技術革命，由自然科學的成果之實際的應用而發生。因而皮毛地觀察時，很容易引起技術制約社會和自然科學萬能的結論，而生出把近代市民社會的一切功過都歸於自然科學的謬見來。

事實上，如果我們在以上各章所屢次的指出過似的，自然科學，決不是超越社會的環境而發生發展的東西。自然科學也不過是人類的意德沃洛吉的一種，它的誕生和發展必然地也須受一定的社會條件的支配，它必須在一定的社會的條件之下才能誕生，在一定的社會要求之下才能發展，同時自然科學的成果必須在一定的經濟發展階段才能與生產相結合。換言之，科學的技術雖能通過勞動生產而影響社會；但科學技術的能否與生產相結合，却又須受社會條件之制約。所以「產業革命」的終極原因並不是自然科學的成果——技術本身，而是當時使這種技術與生產可以相結合的社會經濟條件。

十八世紀的產業革命是發生在資本主義之祖國的英吉利。其具體的內容，即是工廠中的機器之應用，使手工業一變而為機器工業。這種機器的最主要部分的完成，是1769年瓦特（James Watt 1736—1819）的蒸汽機關的發明。普通一提到產業革命，便無不聯想到瓦特這個名字。因而，往往有人以為產業革命是瓦特的天才的腦力所造成。天才在歷史上的影響，當然



不能完全否定，但天才如沒有適當的環境，他的天才也無從發揮。蒸汽機關的發明，無疑地是瓦特的天才對於人類的恩賜。但瓦特如不生於十八世紀的英國，而生於十八世紀以前，或其他比英國生產落後的國家，他未必能完成他的發明，即使能夠完成，也不一定能使產業發生革命。

但瓦特爲甚麼恰恰產生在十八世紀的英國呢？十八世紀的英國何以使瓦特的發明有完成與應用的可能性和必然性呢？

第一，所有的完全機器都是由三個本質不同的部分所構成的，即是工作機，傳力機，及發動機。英國當時最初使用機器的是從紡織工業開始的。英國自地理上諸發現完成，並且一戰而勝西班牙（十六世紀），再戰而勝荷蘭（十七世紀），三戰而勝法蘭西（七年戰爭）之後，便獨佔了海外市場的大部分，掌握了世界商業的霸權。加以由於農村手工業的繼續崩解，形成了廣大的國內市場。因而停滯在舊式生產技術之下的棉布工業生產漸有供不應求之勢。這事情成爲新的技術之發明的動因。在1733年到1737年之間開伊（John Kay, 1704—1764）發明了飛梭，而1735年偉亞特（John Wyatt 1700—1766）發明了紡紗機，成爲紡織工業上機械使用的嚆矢。到了1760年以後，棉紗需要量一天一天的增加，更促進了紡紗機械種種的改良與發明。其中最重要的要算是阿克賴特（Sir Richard Arkwright 1732—1792）在1768年

根據上述的偉亞特紡紗機的原理所發明的水力紡紗機 (The Water Frame) 這種機器，與上述各種機器不同，不用人類的手足去轉運，而利用水力為原動力，適宜於大規模的工場經營。但以水力為原動力，則工廠的位置，須受水流的限制。即工廠必須建築在有瀑布或河流的地方，而且水力不能任意增大，不足之時，無法補充。所以在這個時期裏可以為人類所支配而移動自如的發動機非常需要。因而瓦特的蒸汽機關發明之後，在1785年便應用到紡紗工業上了。由此可見瓦特的蒸汽機關是在實際的需要之下完成的。

第二，瓦特的蒸汽機關，並不是瓦特所獨創。人類知道蒸汽的力量，實是很早的事情。在紀元前二世紀，希臘人希羅 (Hero of Alexandria) 即曾著希羅氣體學一書，論述蒸汽機的原理。到了十七世紀初年，研究蒸汽機的人漸多。1698年英人薩佛禮 (Thomas Savery 1650—1715) 把前人的蒸汽機加以改造，製造蒸汽抽水機，為鑛場排水之用。後來英人紐孔們 (Newcomen 1663—1727) 又加改良，而製成效力更大的抽水機。瓦特的蒸汽機關，實根據紐孔們的舊蒸汽機關改造而成，可見得蒸汽機關並不是瓦特的天才的獨創，不過瓦特在許多前人的研究基礎之上，加以改造而使它和當時實際需要相結合罷了。

第三，機器的使用，只在大規模的產業經營，須有充足的資本，衆多的供使用的勞動者，豐富

的原料，和廣大的市場等條件之下才可實現。這些使機器的生產技術和生產能夠相結合的條件，在當時的英國，經過了十六世紀以來原始資本積蓄過程，一邊是海外貴金屬的巨量流入，一邊是國內財富的移轉到少數人手裏，大工業經營的資本已充分地存在。同時，在財富移轉過程的另一方面，則是大部分人喪失了生產工具，尤其是農民受圈地運動（Enclosure）的壓迫而離開了農村，成為兩重意義的自由無產者，在都市裏構成了商品勞動力的無盡的源泉，其次，如上所述，因為英國的殖民地滿布世界，以及國內農業的較早由小經營改變為大經營，所以市場和原料都很快可以供新式機器大工業的自由發展。總之，十八世紀的英國，因為充分地備具了機器工業的條件的原故，所以各種的機器發明，各種自然科學的成果，很快地便與生產相結合，很快地便被實際地採用了。

由此可見，產業革命，實是當時英國社會經濟條件發展到一定階段所產生的必然的結果。瓦特不過適逢其會，在其中演了一個主要的角色而已。即使沒有瓦特，也許在當時的英國，有別人來代他完成那個任務吧。換言之，產業革命表面雖然似乎是科學技術的產品，實際則這種科學技術的完成與發展又完全為各種社會經濟條件所制約着的。

自紡織工業採用了各種機器而後，生產力一天一天地增高，因而與這種工業密切相關的

漂白業、印布業、染色業也就不能墨守成法，有改用新式技術的必要。這當然促使化學工業發生巨大的變革。加之蒸汽機關本不是一種為某一特定目的之使用的發明，實是在一切大工業裏都可以使用的一種原動力。這種原動力在紡織工業裏使用成功之後，其他各工業部門也羣起倣效，相繼採用了。其主要的影響是，因為機器製造業的興隆，而引起煤鐵工業的發達，因為商品流通速度及數量的同時增大，而引起交通機關的改造。總之，十八世紀後半紡織工業裏機器的採用，結果逐漸引起了其他各工業部門的技術革命。因為新的生產技術較之舊的生產技術能提供更多利潤，所以使得這種技術革命以更大的速度及更廣的範圍進行。並且到了十九世紀以後，漸漸超越了英國的境界，而傳播到世界各國了。

在這個過程中間，自然科學與生產結合的密切，自然科學在實用上所生效果的巨大達到了驚人的程度，因而在社會的迫切要求和種種刺激之下，科學探究的領域一天一天地擴大了，新奇的發明一件一件地完成了。而實用科學的進展，必然地會引起理論科學的發達。同時，自然科學各部門的獨立發展的結果，必然地會產生合理的綜合的整體的自然觀。這便是構成產業革命以後的時期中自然科學發展之各種特徵的基礎。

在1765年，康德（Immanuel Kant 1724—1804）已倡星雲之說，最初打破了牛頓時代

硬化的自然觀了。但康德是哲學家，他的學說對於科學界並無直接的影響。到了後來拉普萊斯（Laplace 1749—1827）和候失爾（Herchel 1785—1822）才更充實了星雲說的內容。而使其獲得科學上的根據。加以其後天文學上的各種發現，例如恆星有固有的運動，天體所具的物質與地上物質的化學性相同，以及灼熱狀態的星雲的存在等事實的證明，更確證了這個學說的真實。因而，神祕的「最初之衝擊」取消了。地球和太陽系並不是固定的永恆不變的東西，它們在時間的經過裏生長起來，也會在時間的經過裏發展下去的。

如果僅僅太陽系和地球在時間上有着發展的歷史，而棲息在地球表面的動植物却一成不變，則豈不是非常矛盾的事情？自十九世紀初期起，地質學成立了，古生物學發展了，不只是顯示了繼續地層層累積而成的地層，並在各個地層之中，殘存的貝殼，絕種了的動物的骨骼，絕種了的植物的幹莖，葉片和果實也發現了。到了雷耶爾（Lyell 1797—1875）把這一類地質學的智識聯貫起來，更建立了一種，與「有機物的種類係固定不變的」的假定不相容的理論。同時，化學的進步，1828年烏勒（Wöhler 1800—1882）對於有機體產物尿素之人工的合成，把無機的自然與有機的自然在化學上的鴻溝取消了。在生物學研究的領域內，則自十八世紀後半以來，因為大規模的學術旅行和探險舉行了，世界各地的各種新奇的動植物被蒐集了。在

他一方面，解剖學，生理學的進步，顯微鏡的應用，細胞的發現，對於所蒐集的豐富的材具有應用精密比較方法的可能。一方面按地理分布之不同而加以比較，以究研各特產動植物的生存條件，他方面將各種不同的有機體按其關係相同的器官加以比較，以尋求其演變的痕跡。這種研究所及的範圍越廣，進行的程度愈深，則過去硬化的生物觀與發現的事實之間的矛盾愈益深刻。不特動植物的種與種之間漸漸消失了原有的界限，而且對於若干有機體，究竟屬於植物界或屬於動物界，也不能貿然答覆。這一領域裏的研究成果與上述的地質學裏所獲的材料聯結起來，很自然地會構成生物進化的理論。實際上，在這一方面俄爾夫（C. F. Wolff）於1759年，已開始對物種的永續性加以最初的攻讞，而提倡着生物進化的理論。但他的見解只不過是一種天才的臆說，到後來經過拉馬克（Lamarck 1774—1829）等人的研究，進化論才獲得確實的基礎。而使這個學說，得到圓滿的完成的，則是達爾文（Charles Darwin 1809—1882）達爾文在1859年出版的物種的原始，對於世界所生的影響，正不亞於哥白尼的天體運行之道路。它不僅摧毀了上帝造人的神祕謬說，並且連有加利略以來的機械的硬化的自然觀也推翻了。宇宙，太陽系和地球是進化的，地球上棲息着的動植物也是進化的。一切硬化東西都解消了。一切固定的東西都蒸發了。整個的自然永遠在不息的流變之中。

在這中間，化學與物理學的進步，也從另一方面增深了人類對於自然本質的理解程度。關於原子爲物質的終極的要素的學說，自希臘德摩克里圖斯以來，到文藝復興以後，仍爲許多自然科學家所採用。但這種素樸的舊原子說，並無實驗的根據，僅是一種認識本性上所要求的獨斷的原理。最初採用原子概念來解釋化學現象的是波義爾。但他的解釋牽強附會的地方很多，既缺實驗的根據，又不能用數量來規定其間的精密關係。一直到道爾頓(Dalton 1766—1844)才確立了科學的原子學說，以解釋一切化學的現象。他在1803年發表以氣原子量的十六分之一爲標準的二十幾種元素的原子量。他的學說成立不久，又有新的事實及重要的學說的發生。1808年給呂薩克(Gay-Lussac 1778—1850)發見各種氣體在等溫等壓之下以簡單的體積比例相化合，其結果所生的化合物和成分的體積也成很簡單的比例。於是亞佛加德羅(Avogadro 1776—1826)創分子說，以作說明。這分子說，不只能解釋化學的事實，且可說明當時所知的一切物理現象，但後來跟着光學和電磁學不住的進步，新事實的發現，漸不能用原子說作完滿的解釋。十九世紀末年，二十世紀初年，放射性物質的相繼發現，證明原子也不是不可分的東西，而各種原子都由電子所構成。二十世紀以來，原子的內部漸成爲科學家研究的對象，於是漸知每個原子內部複雜的程度也，正不亞於整個的太陽系統。

除了對於物質的本體的智識精深的發展而外，關於各種能力間的關聯也漸獲得統一的解釋了。古來以爲熱是一種流動的物質，自蒸汽力被廣泛地應用而後，熱力與生活之關係日益密切，漸爲科學家所注意。到1798年，倫敦德（Rumford 1763—1814）創分子運動說，以爲熱乃是分子運動的一種表現。後經卡諾（Carnot 1796—1882）邁爾（Mayer 1814—1878）及佳爾（Joule 1818—1889）的研究，在1843年前後發現功與熱互變的事實，因而求得了熱的工作當量。到了1847年，赫爾姆霍斯（Helmholtz 1821—1894）更根據卡諾、邁爾、佳爾三氏研究之結果推廣而爲能力不滅的定律而確定自然界作用的力其總量恆一定不變。機械能、光、電、磁、及化學能等，在一定條件之下，可以互相轉換而無損失。宇宙間的一切動象，都是能力不同形態的表現，能力的形態雖可以變化，但不能創生，也不能消滅。所以各種能力都可換做機械當量，而消失了各種能力間的終極的差別。

自此以後，物理學上又開闢新的途徑。馬克斯維爾（Maxwell 1831—1879）對於電磁現象研究的結果，知光波與電磁波的波長雖不全同但性質則無差異。他因而倡光的電磁說。其後赫芝（Hertz 1857—1894）求得電磁波的測驗法，發現電磁波的速度與光速相同，只是波長不同，而且電磁波又能反射屈折，與光波極相類似。近年無線電之發明與利用，便發源於這裏。



但在這裏關於傳播光波與電磁波的媒質，乃近代新物理學中研究論爭的焦點。

總括地說，自產業革命而後，自然科學不僅在範圍上有着多方面的廣大的發展，更是在程度上也已由低級運動而研究到高級運動的現象和本質。不僅是有形的，感官所能觸及的運動爲科學考察的對象，便是分子、原子、和電子的運動以及有機體的生命過程也成爲科學研究的素材了。因爲研究範圍的擴大與深入，這個時期整個的自然觀也有了突躍的發展。十八世紀牛頓時代的機械的自然觀被突破了，克服了。自然不再被當做靜止的東西，而被認爲發展的過程；自然的各部門和它們的現象不再被當做互不相通的絕對的對立物，而在對立的背後看到了它們統一的本質了。

## 九 餘 論

徵之於自然科學發展的歷史：人類在自然界的生活實踐實是人類對於自然的認識（即自然科學）發展的原動力。人類在生產、勞動中作用於自然，而認識它的性質和法則。其後以這種智識作爲勞動的指針，根據這新的勞動所得的新的經驗的反省，使過去的認識，更加正確，內容更加豐富。如果發現過去的智識與新的經驗相矛盾，那就是根據新的經驗去改變舊的認識。

自然科學就是這樣實踐與認識交互作用中間向前發展的。因之人類在自然裏的生活實踐，一方面是測定人類對於自然的認識，真偽之規準，是真理的天秤，他一方面是促進自然科學發展的原動力。

所謂實驗便是把實踐過程壓縮洗練，捨象其與所欲研究的事象無關的部分，而僅將與所欲研究的事象有關的部分放在一種單純化的裝置中間，使其作用出來，以檢證某一定理論的真偽。所以實驗就是抽象化了的實踐。人類在十六七世紀近代的自然科學發生以前，僅在對自然的生活實踐上（勞動）促使自然科學的智識前進。在那時期中，自然科學的智識與勞動的關係，是容易看出的。十六七世紀以後實驗的方法的使用，當然表示人類開始意識地有計劃地對自然加以研究了，替自然科學劃了一個新的時代，使它獲得了空前的進步。然而人們却漸漸以為在自然科學上只有實驗是重要的，實踐（勞動）是沒有關係的，不特是忘記了自然科學發展的歷史，而且也忽視了自然科學上研究主題的選擇和材料的蒐集都不能不托之于生產技術的實踐的事實了。

科學的智識雖然能把自然法則告訴人類使其遵從它，利用它，進而克服自然，雖然科學智識是生產技術發展所不可缺的契機，但因科學的發展本身却又原是應技術上之要求或為技

術的進步所刺激而引起的原故，所以在終極的意義上，科學的進步又是爲生產技術的發展所制約着的。他一方面，技術這東西却又並非可以自由自在地在一切社會經濟機構之下任意發展的。技術的發展雖也可促使社會經濟機構向前進展。但它須在一定的社會經濟條件之下，方能與生產相結合而發揮其作用。因之，生產技術又須受社會經濟機構的制約。換言之，固然科學的發展，可以通過技術的發展，影響到社會的機構，而促其發展，但科學的發展終極地仍爲特定的社會經濟機構所制約着的。

因此，在中古時期，一面因封建社會中自然經濟盛行，生產技術無進步之必要，加以當時的統治者不特不需要生產技術的發展，而且使農奴們在窄狹的範圍裏長遠地實行單純再生產，爲了維持他們的統治秩序，他們並且竭力去防止生產技術的發達，抑壓科學思想的生長。所以亘中古的時期，科學沉淪于茫茫黑夜之中。

近世科學完全是資本主義社會的產物。市民階級爲了進行對封建制度的鬥爭，爲了打擊封建制度之偉大的國際中心羅馬天主教會，需要意識鬥爭之武器的科學。同時市民階級爲要發展它的工業生產，需要一種研究自然的性質和運動方法的科學。因而科學誕生了。經過產業革命，自然科學被廣泛地應用，產業得突飛的發展，市民階級在社會上獲得了支配的權力，自由

競爭成爲社會經濟的原則。市民階級爲了要利用新的技術來作爲獲取超額利潤和打敗競爭者的法寶，爲了要利用機器來作爲鎮壓勞動者反抗的武器，所以技術與科學更得到飛躍的發展。

資本主義引起了近代自然科學的誕生，促進了近代自然科學的發展，使自然科學的成果普遍應用於人類生活的各方面，使自然科學的常識普及到社會的各階層。這是資本主義對於人類最偉大的貢獻之一。

但資本主義發展到獨佔的階段以後，對於自然科學便漸失了初戀的熱情了。獨佔揚棄了競爭，獨佔使資本家再用不着從生產方法的改進上去獲取超額利潤。因而，他們不特不再鼓勵新的發明，並且有時候還要忌恨新的發明的出現。

其次，如前所說，科學是在中世基督教會的壓迫之下，以着宗教批判者的姿態而誕生出來的。它並且曾作爲反教會反封建的意識的武器而爲市民階級所寵愛過。跟着資本主義的發展，這個關係也起了變化了。第一，產業革命以後，市民階級對封建勢力取得壓倒的優勢。封建制度是決定崩潰了。它不再是市民階級的可怕的敵人。第二，在這個時期中間，基督教會也順應着新的環境改變了它的性質。它本身已變得無害於市民社會了。在他一方面，產業革命產生了一個

大工業的資產階級，同時也產生了一個更廣大的工廠的工人階級。這個階級在產業革命從一個生產部門擴大到另一個生產部門的同一比例上，繼續地發展了它的數量。數量的發展，引起了力量的膨脹。經過英國1832年以後選舉法修正運動和大陸的1848年革命以後，工人階級帶着自己的要求踏上了歷史的舞台，勢力一天一天地強大，漸成爲市民階級不容忽視的敵人。于是市民階級在這時候感覺到利用宗教來訓練工人階級，和緩他們的不平意識，養成他們的服從心理的必要。因而基督教會又獲得了新的社會機能。這是耶穌基督在現代社會復活的祕密。

在這樣的情勢之下，科學技術的發展雖然並未完全停頓，但最近半世紀來，不特已經不能維持十九世紀前半的加速度，即等速的發展也不能維持了。並且和平工業生產技術的發展遠不及因帝國主義備戰的必要而激發的軍事工業生產技術的發展。因而這一時期自然科學的發展，與產業革命期的發展比較起來，也令人不勝今昔之感。至於綜合各部門自然科學的成果而構成的整體的自然觀跟着耶穌復活而更日益與市民社會無緣了。例如十九世紀末葉以來，大叫着「物理學之危機」以及「物質之消滅」，從而否定獨立于我們意識之外的客觀實在，把科學的認識當作爲了生活實踐之故而創出的象徵，記號或符號，視科學的原理原則爲純粹的精神產物——這一個傾向，以及立脚於這一個傾向之上的信仰主義和理性主義的潮流，都可

算是上述的頹廢期市民社會的意識表現。

然而，在另一方面，作為整個的社會勞動生產力推進要素之一的自然科學和作為人類對客觀世界認識尺度的自然科學，仍然為一切要求進步追求真理的人們所珍視的。所以，自然科學一面雖然受着冷遇，一面仍不能說已經陷于停頓之中。二十世紀以來，遺傳學方面的進展，相對論的發明，原子構造研究的深入等，都是自然科學史上的稀有的成果，在人類自然的發展上，貢獻尤大。自然科學，正同人類社會一樣，不管它目前的道路是如何艱險崎嶇，是仍舊繼續向前躍進的。

香港文化供應社印行

# 大學用書

中國社會史教程	鄧初民著	八元七角
日本歷史教程	早川二郎著 張蔭桐譯	九元
科學概論	石兆棠著	七元
自然與自然科學	張先辰著	三元五角
教學原理	王士略著	二元
教育生物學	張栗原遺著	四元五角
學習心理學	阮鏡清著	四元
中國文學史	譚丕謨著	印刷中
文藝鑑賞論	胡仲持譯	五元五角
租稅論	周伯棣著	再版中