

# 第 1 單元

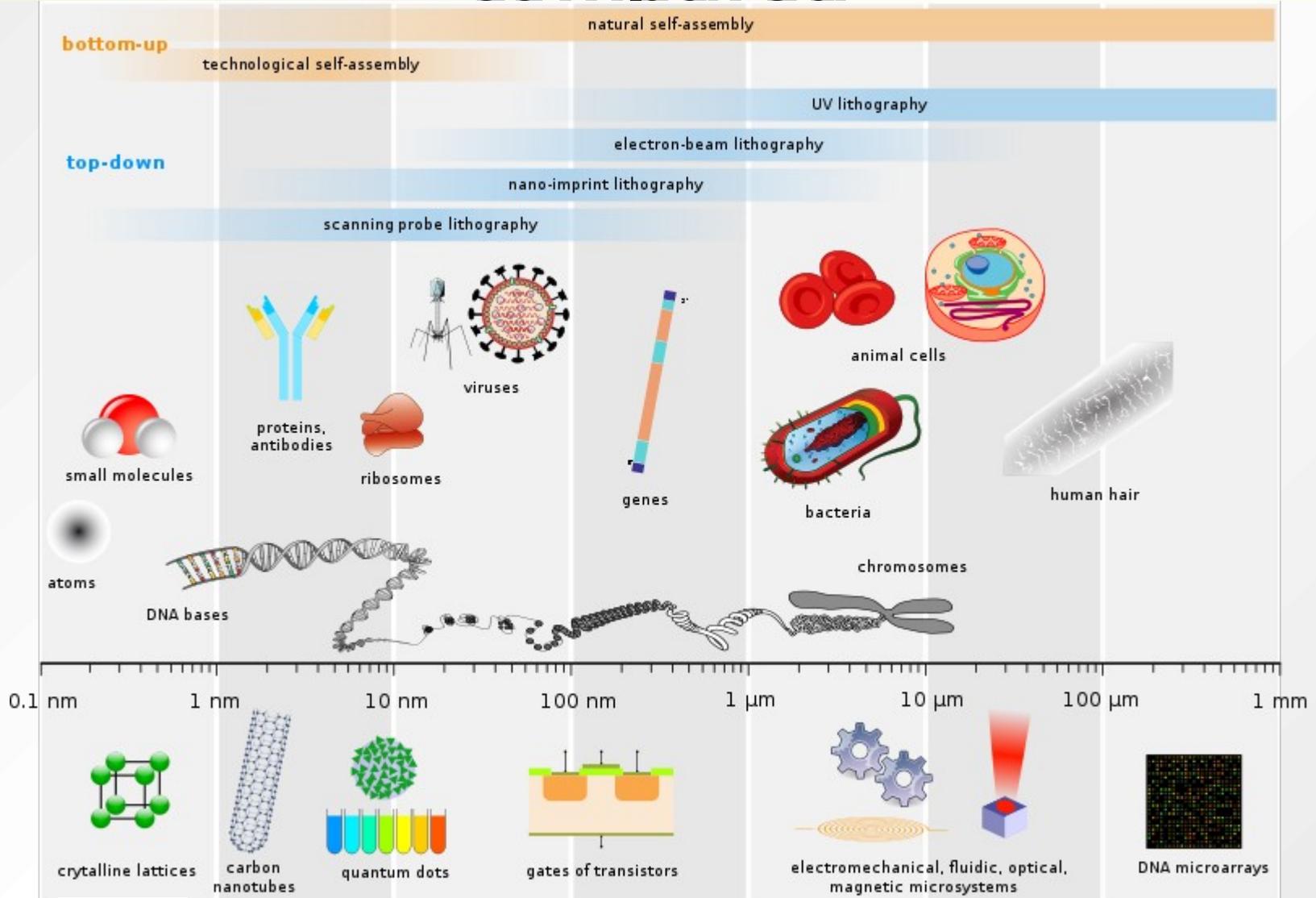
## 生命是甚麼

授課教師 羅竹芳



【本著作除另有註明外，採取創用 CC 「姓名標示－非商業性－相同方式分享」台灣 2.5 版授權釋出】

# Biological and technological scales compared

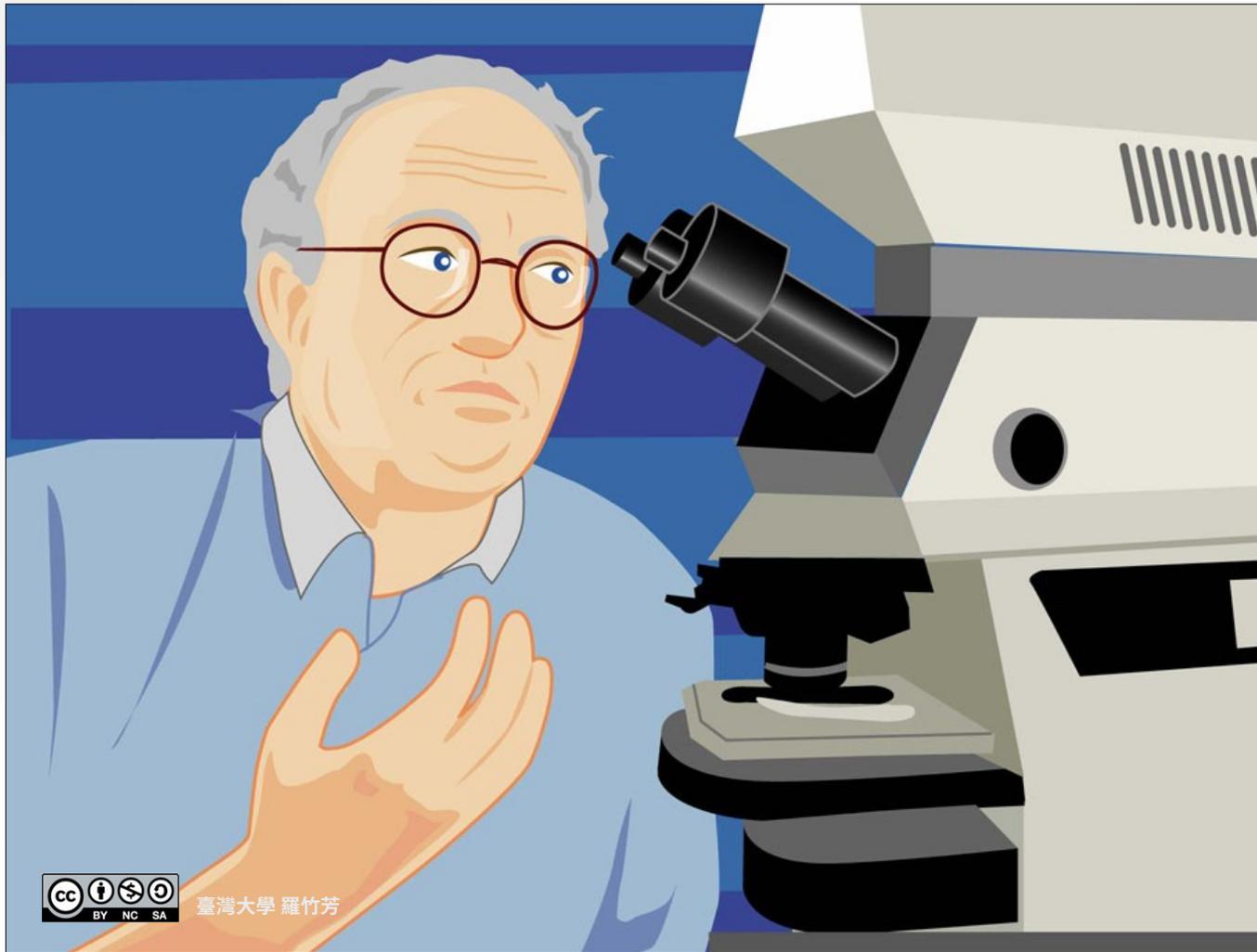


# 一粒細胞見世界 作者 - 倫斯伯格 序言精華

- ◆ 社會支持基礎科學的研究，並不只是為了滿足科學家的好奇心，納稅人都有權利來分享這些知識。
- ◆ 追求實用的同時，**非科學家**也不要忘了，**知識本身也是無價之寶**，並不一定要有特別的用途，因為人類天生就充滿了好奇心。
- ◆ 拿到研究經費的科學家，正是替我們作尋找答案的工作；當他們獲得新發現時，我們也不禁要跟他們一起歡呼。
- ◆ 科學的成果，就像交響樂、詩賦、繪畫、或其他偉大的作品一樣，滋潤並昇華了我們的生命。

出自：『序 - 知識是無價之寶，一粒細胞見世界，倫司柏格著，涂可欣譯，第一～二頁，天下遠見出版社股份有限公司，2005年。』

# 倫斯伯格



# 生命的組織層級



灰頭飛狐不是狐

# 生命的組織層級

生態系層級 (尤加利森林)

群聚層級 (尤加利森林)

族群層級

個體層級

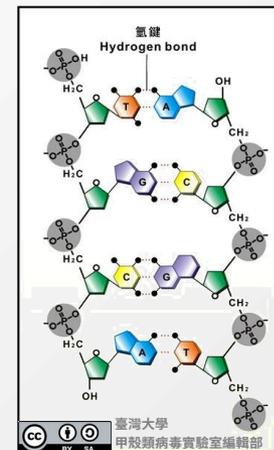
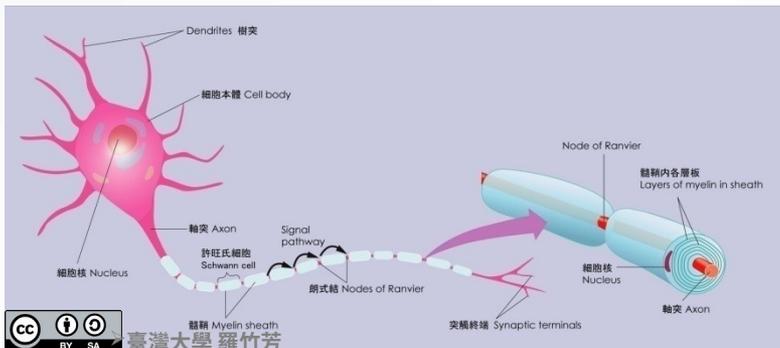
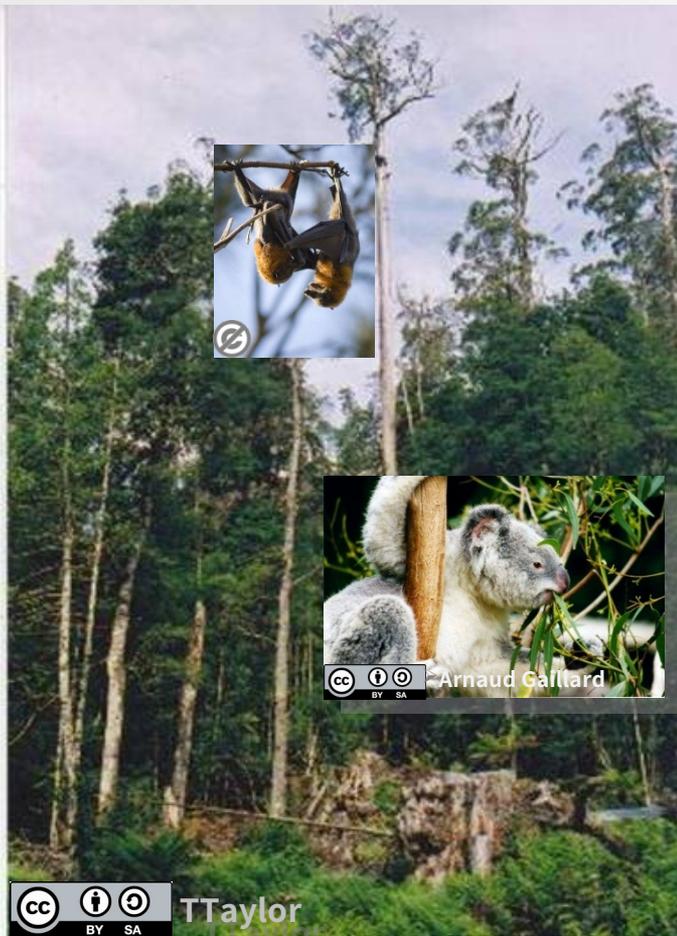
系統層級

器官層級

組織層級

細胞層級

分子層級



# 生物科學研究方法二大主流



Mnolf  
Mnolf

灰頭飛狐與幼狐

## ■ 探索生物科學

### (Discovery Science)

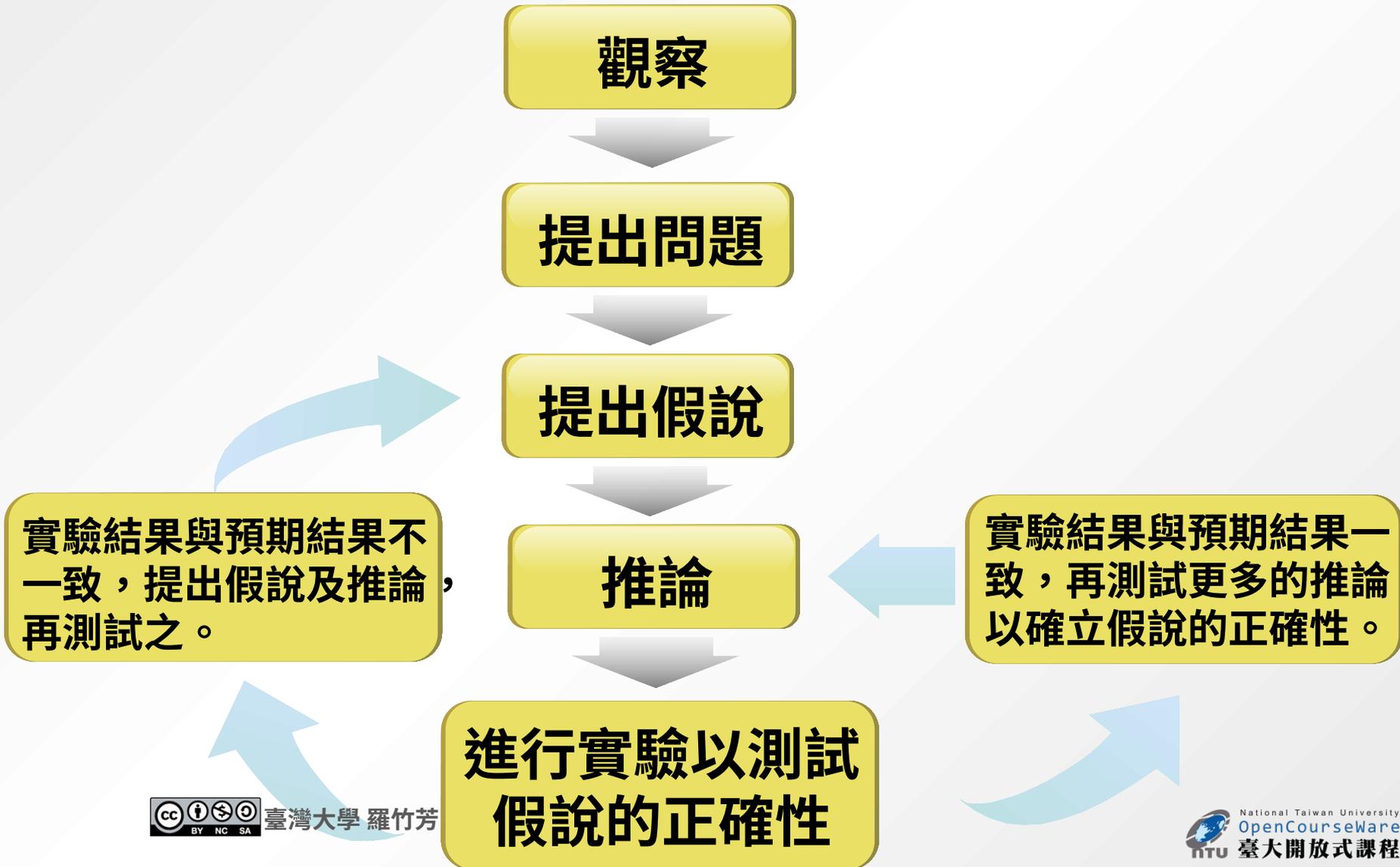
提出具重複性觀察與測量數據  
詮釋自然現象

## ■ 由假說推動的科學

### (Hypothesis - Driven Science)

對一個問題提出可能的答案  
(假說) ，再設計實驗以測試  
假說的正確性

# 生命科學的研究方法



- **觀察**：我的手電筒不亮了！
- **問題**：為甚麼手電筒不會亮？
- **假說**：手電筒的電池已經沒電了。
- **推論**：更換電池後，手電筒會亮。
- **實驗**：更換新的電池。
- **預期結果**：手電筒應該會亮！



# 生物科學的研究例子：斑馬蜘蛛與雪莓蠅



斑馬蜘蛛 (a jumping spider)



雪莓蠅

## 觀察：

1. 當競爭者存在時，斑馬蜘蛛會搖擺牠們的腳。
2. 某些特定的蠅類，當斑馬蜘蛛接近牠們時，牠們也會搖擺他們的翅膀，並且其翅膀上的花色樣式很像斑馬蜘蛛的腳。

## 問題：

1. 蠅類翅膀的花色樣式其功能為何？而其搖擺行為的功能又為何？

## 假說：

翅膀的花色及搖擺翅膀的行為會增加蠅類的生存機會。

## 推論：

**假若**這個假說是對的。

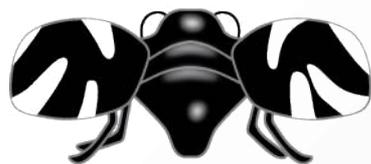
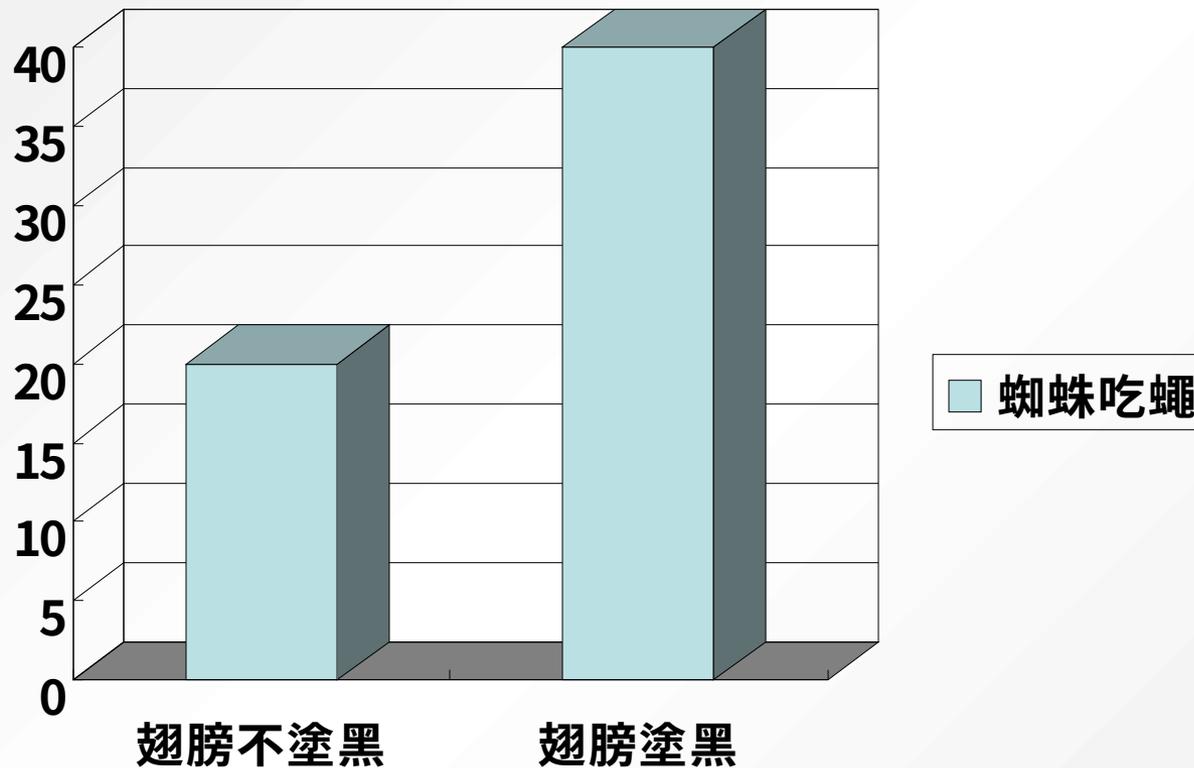
## 實驗：

將實驗組中蠅類的翅膀用染劑全染（以致於沒有花色）。

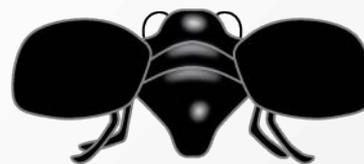
## 預期結果：

**那麼**斑馬蜘蛛猛撲到實驗組蠅類的頻率會高過對照組的正常蠅類。

蜘蛛跳到蠅體上之百分比



對照組



實驗組

# 生物有那些形式？

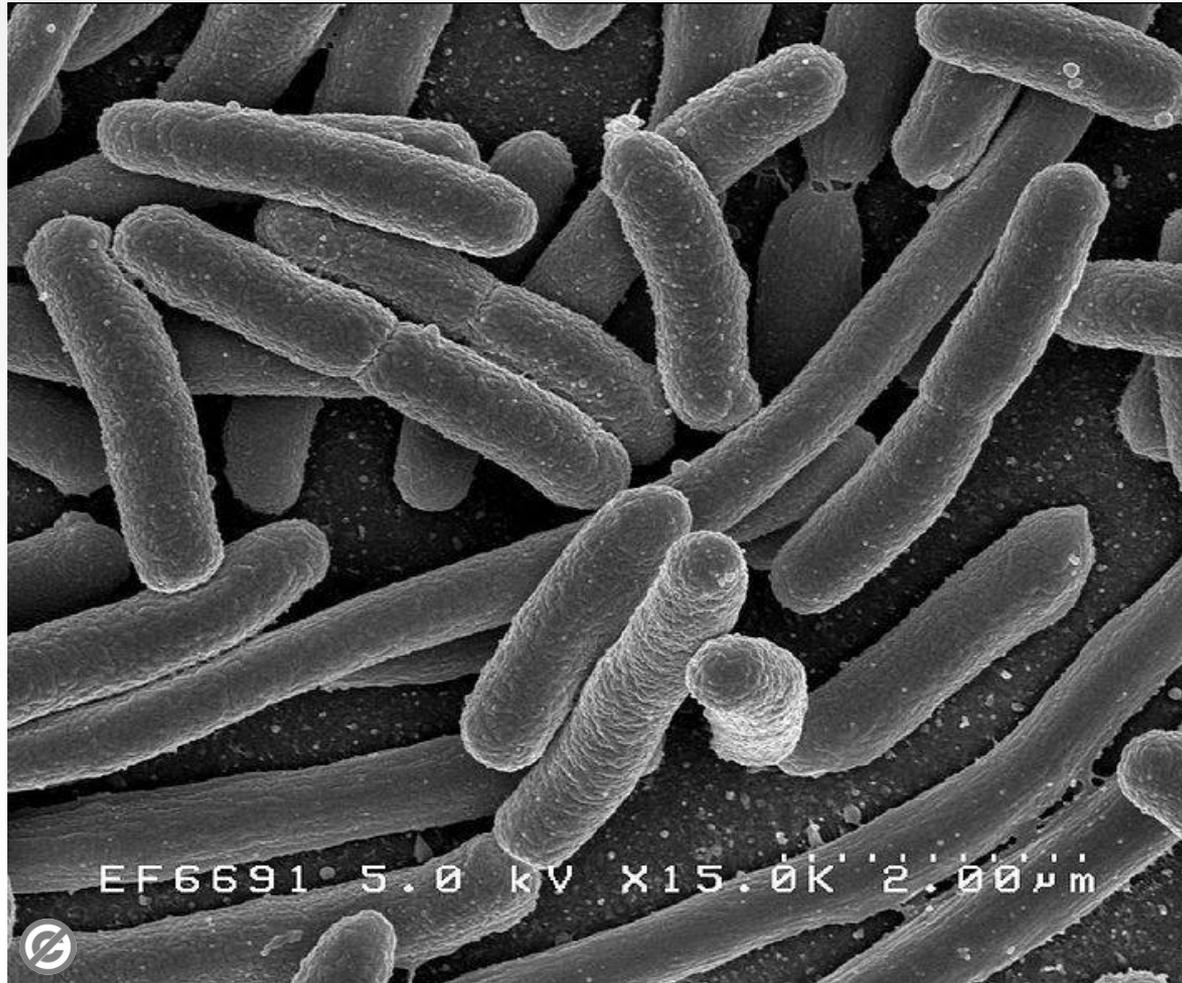
細菌類群  
( Domain Bacteria )  
(真細菌)

古菌類群  
( Domain Archaea )  
(古細菌)

真核類群  
( Domain Eukary  
a )  
◆(真核生物)  
植物 真菌 動物 原生生物

共同始祖  
( Universal ancestor )

# 細菌（細菌界）：原 生物



# 古細菌 (古細菌界) : 原 生物



Halobacteria sp. strain NRC-1, each cell about 5  $\mu\text{m}$  in length.- 古細菌古首次發現了  
在極端環境下，如火山溫泉



古細菌首次在極端環境下被發現，如火山溫泉

# 蕈（真菌）：真核生物



臺灣大學 王重雄

# 原生生物：真核生物



# 植物 / 動物：真核生物



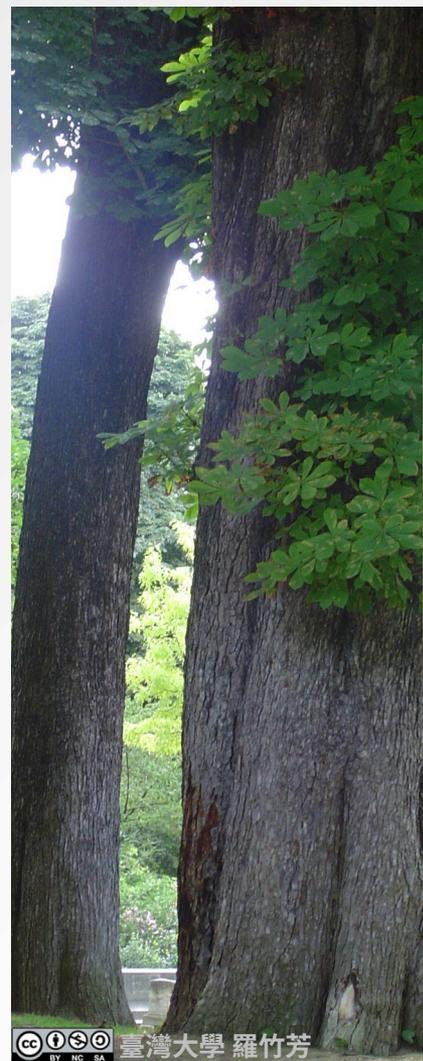
# 樹獼的習性 (影片 2'33)



臺灣大學 羅竹芳



# 生命的共同特徵

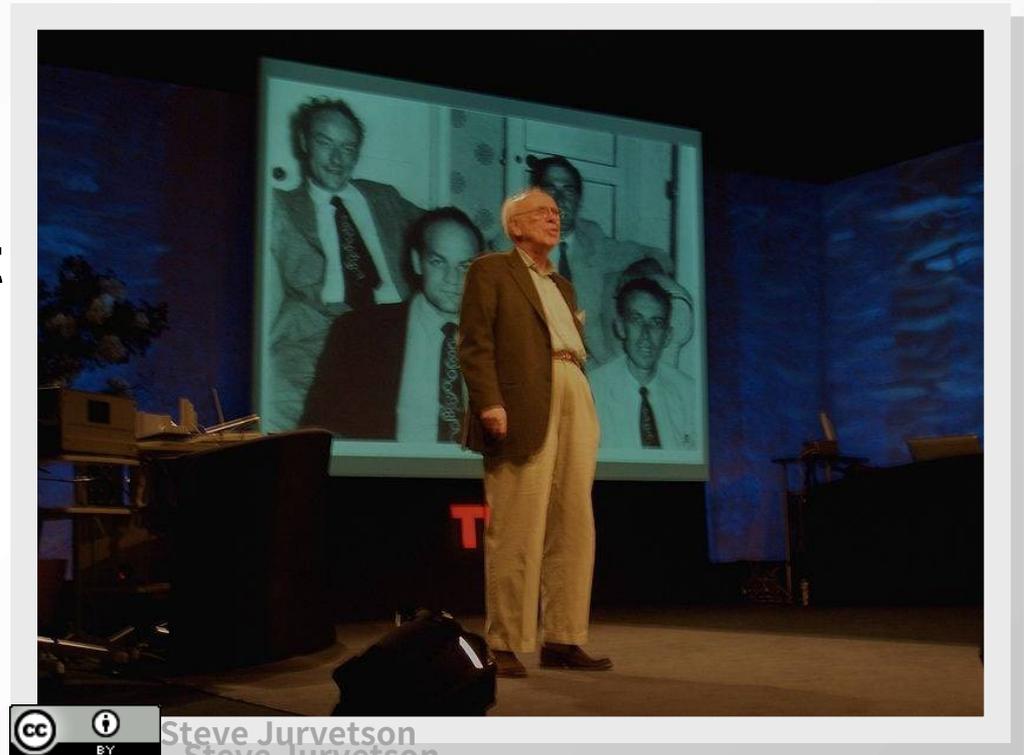


# James D. Watson

I was born curious. I liked explanations. And so if you wanted an explanation for life, it had to be about the **molecular basis for life.**

我天生就好奇，喜歡有所解釋。

如果你想對生命有所解釋，就一定得從生命的分子基礎著手。



Steve Jurvetson  
Steve Jurvetson

# 生命分子

- 在自然的情況下，只有**活細胞**才能合成**醣類、脂類、蛋白質和核酸**，所以是生命現象特有的分子
- 細胞以此四類有機分子為基礎，經由**代謝作用**製造出**細胞結構與功能**有關的有機化合物
- 細胞內**所有分子**所產生的**化學反應**的總合即**產生命現象**

# 生命的基本單位—細胞

## 使用顯微鏡讓我們得以窺睨細胞的世界

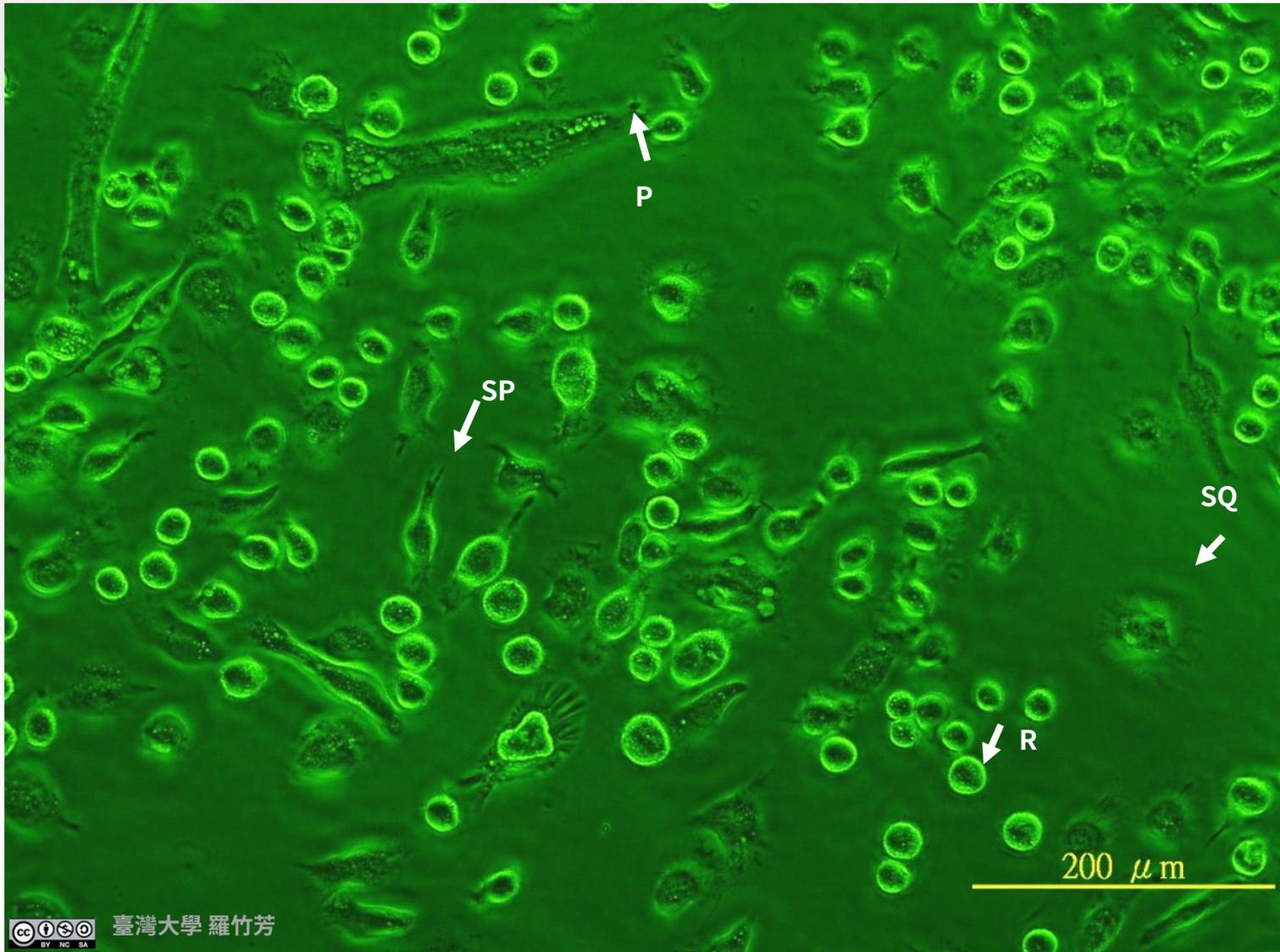


一種原生生物 -

A freshwater paramecium under phase contrast illumination.



# 黑角舞蛾 細胞之基本形態



R: round shape

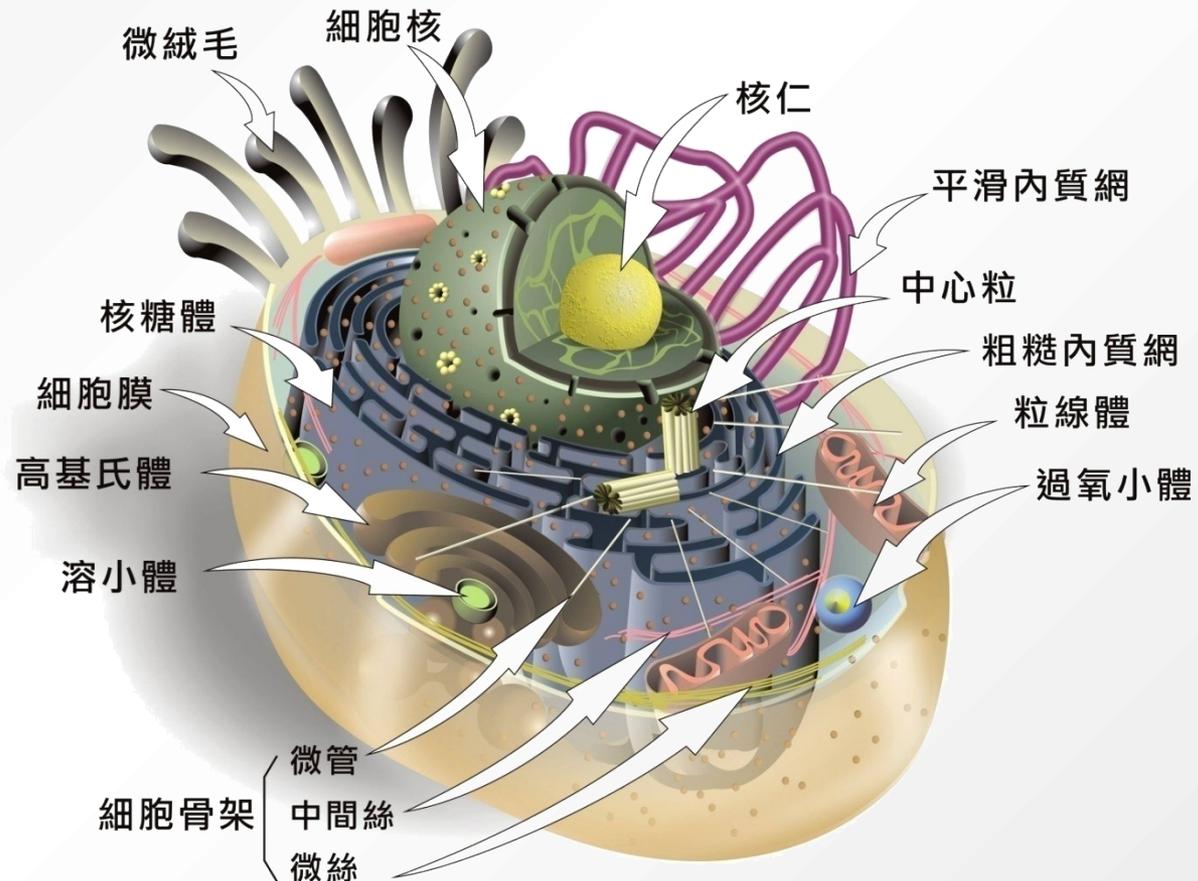
P:  
polymorpho  
us  
shape

SP: spindle  
shape

SQ: squamous  
shape

# 真核細胞胞器依功能分為四類

## 動物細胞



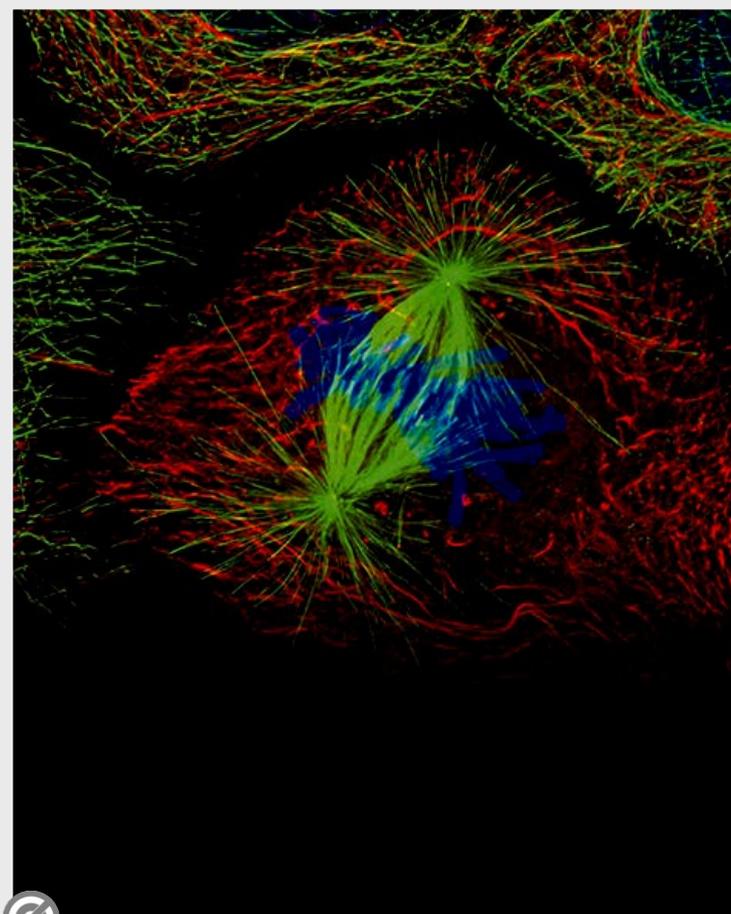
# 細胞生命現象

- ◆ 細胞的四大類胞器形成工作團隊，  
大家協力工作產生了細胞的生命現象。
- ◆ 細胞是產生生命現象的最小單位。

# 人體的細胞 (影片 5'48)

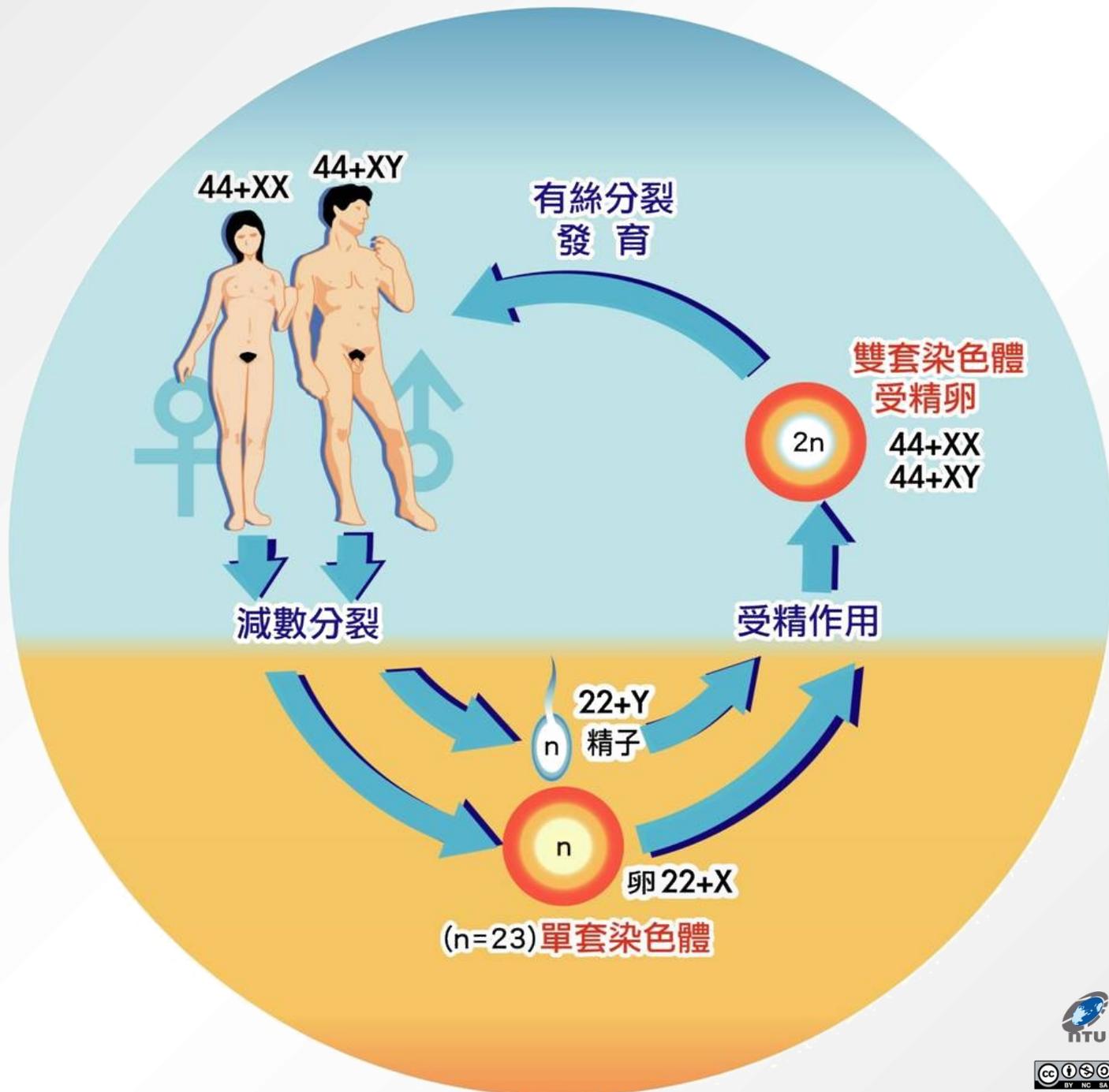


# 細胞分裂與增殖

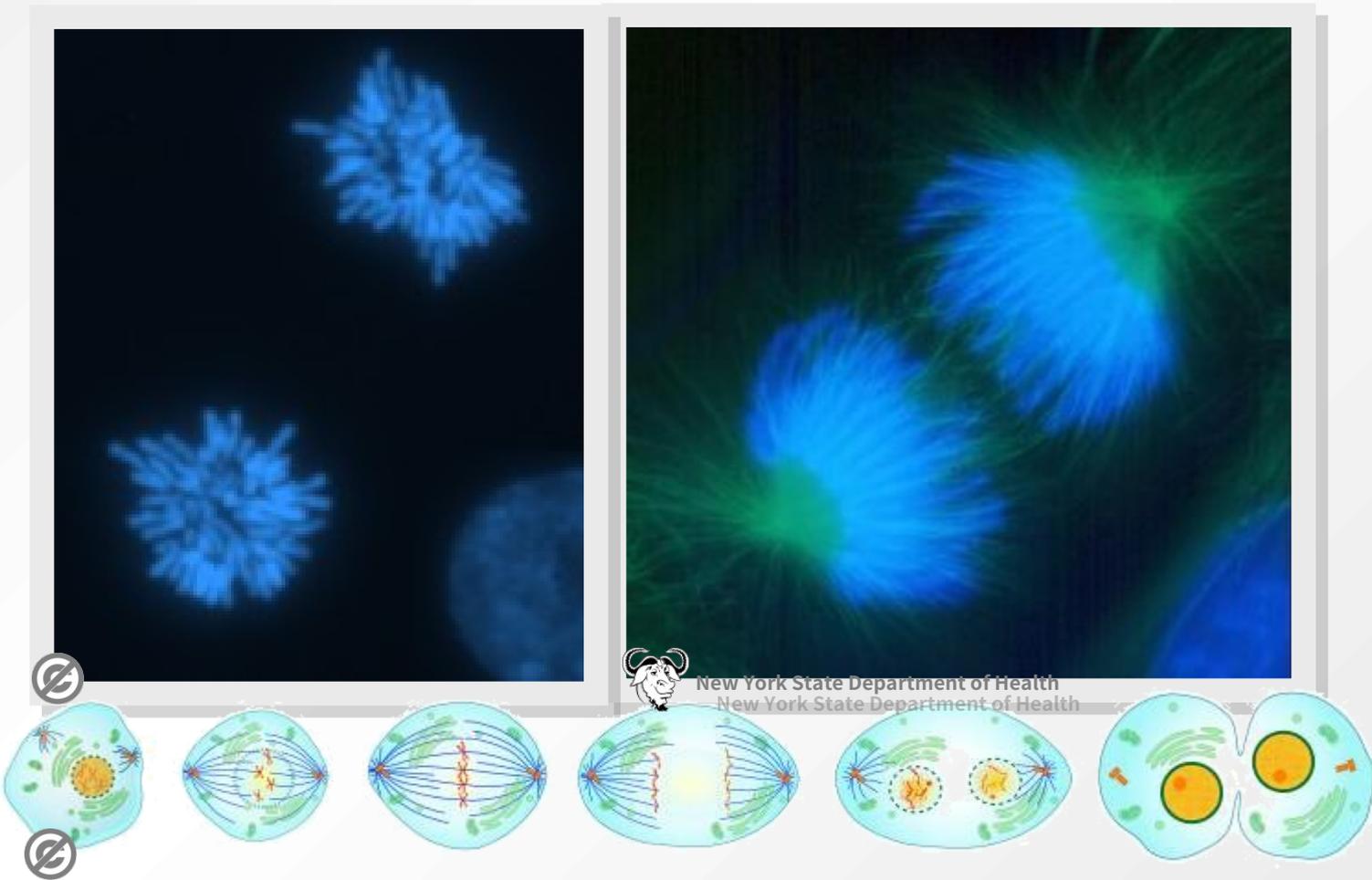


Minami Himemiya  
Minami Himemiya

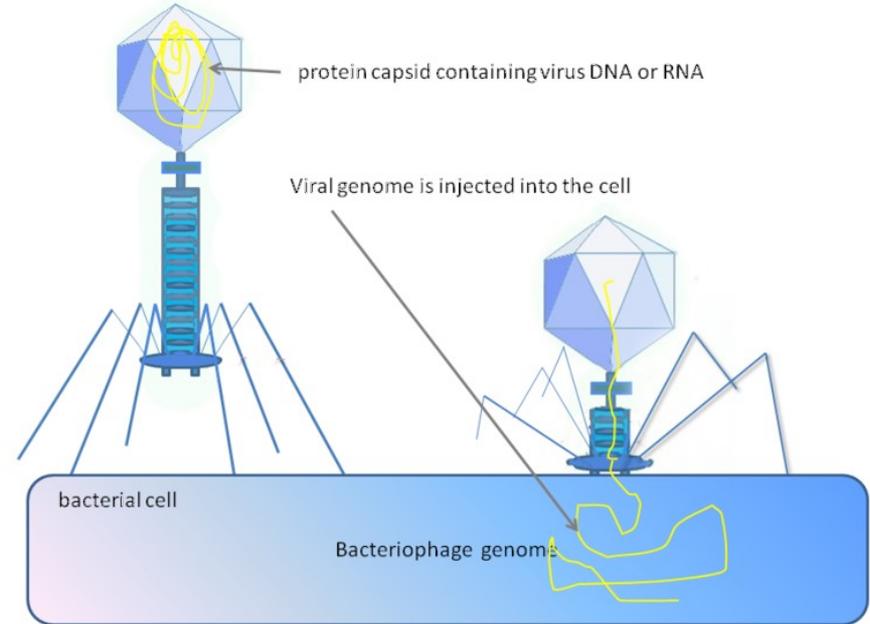
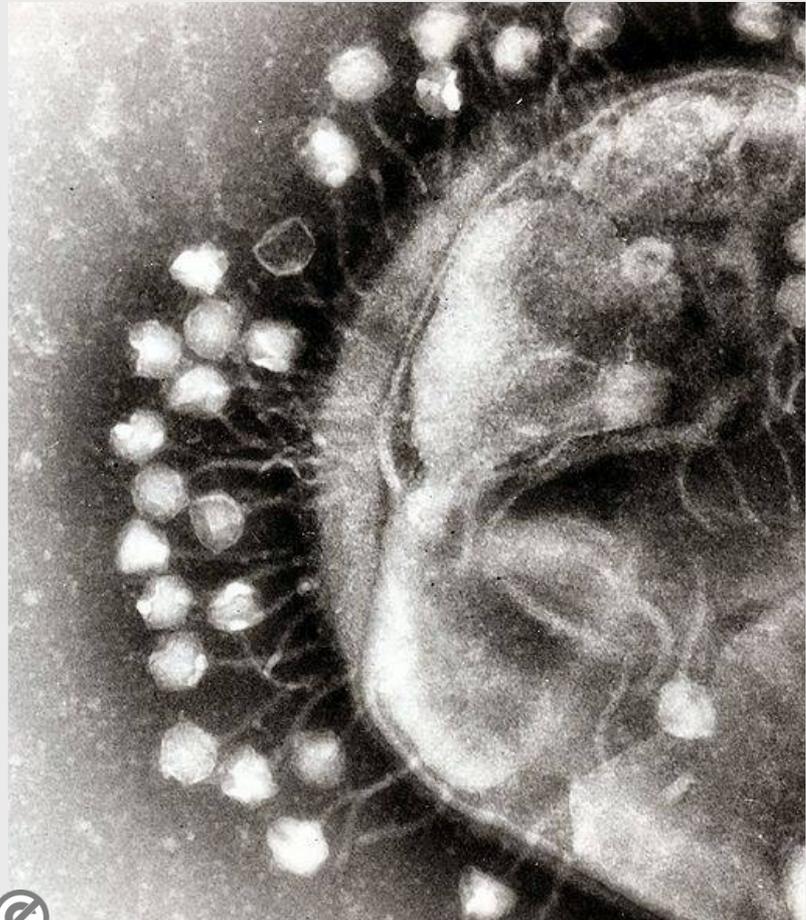




# 什麼是我們的遺傳物質？

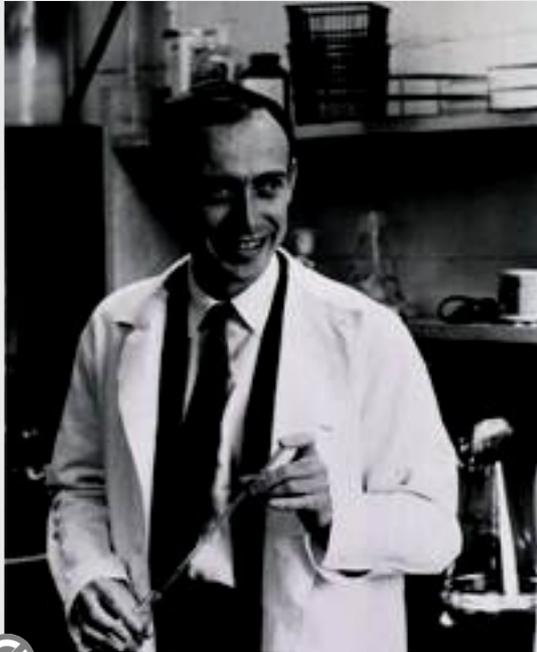


# 1952 年 Alfred Hershey 和 Martha Chase 的實驗

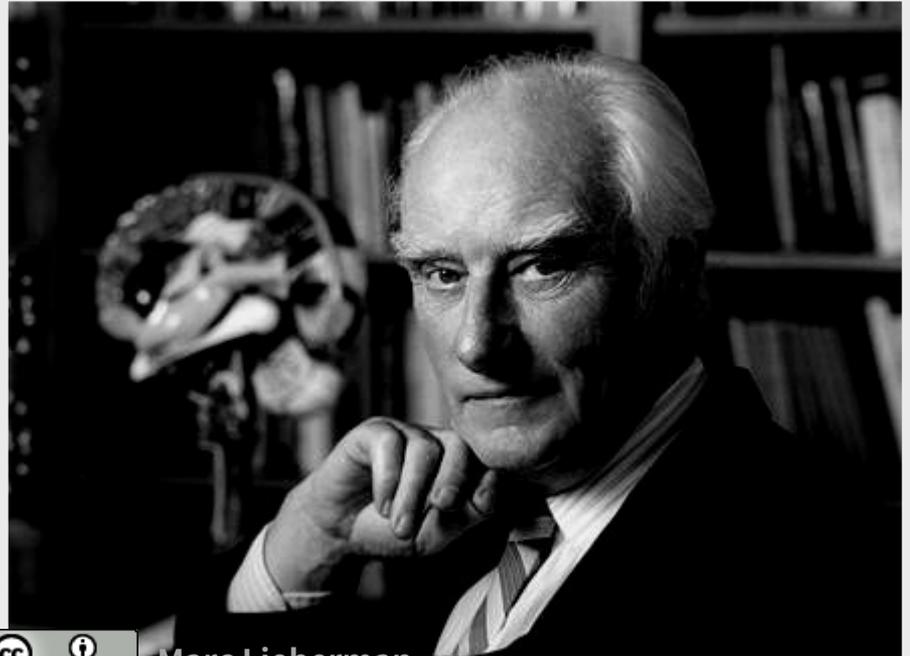


Graham Colm Talk





**華森**  
**(James D. Watson)**



Marc Lieberman  
Marc Lieberman

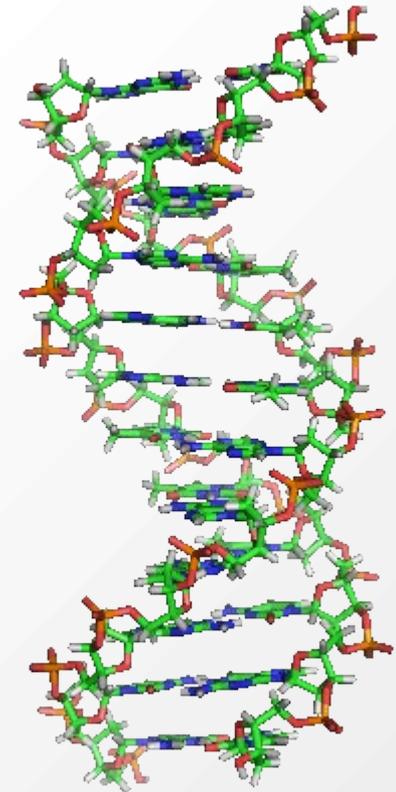
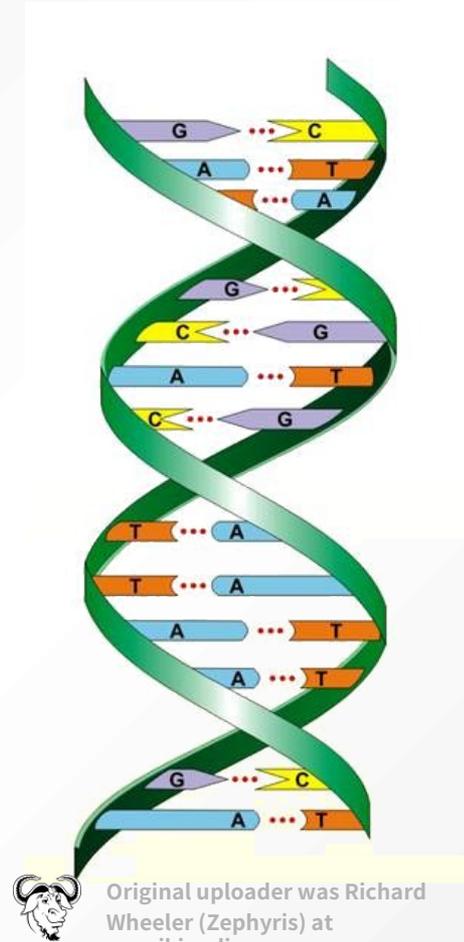
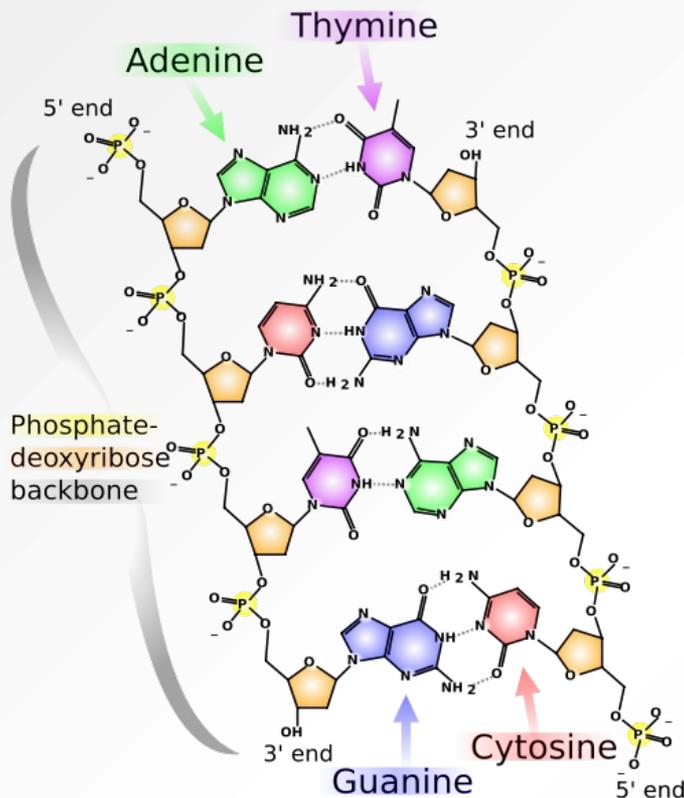
**克里克**  
**(Francis H. C. Crick)**



**羅莎琳·法蘭克林**  
**(Rosalind Elsie Franklin)**

1. 羅莎琳·法蘭克林的第 51 號 DNA 照片是公認「有史以來拍得最漂亮的 X 光繞射相片之一」。照片在她不知情之下，輾轉傳道華森手上他一眼便瞭解這是 DNA 螺旋的明證。
2. 1953 年，華森與克里克解開雙螺旋結構，史上稱之為 20 世紀生物學最重大的發現之一。克里克曾如此說明：「我們之所以能摸索出 DNA 的結構，是基於韋爾金斯、法蘭克林以及與他們合作的人員所提供的 X 光繞射相片……」。
3. 1962 年，華森、克里克與威爾金斯榮獲諾貝爾生理醫學獎。但無人知曉羅莎琳的貢獻。1958 年羅莎琳卵巢癌早逝，此事她也從未為自己辯解。遲至 1968 年，華森在其自傳《雙螺旋》講述這段歷史。
4. 當代中相關的科學家各自都對解開雙螺旋結構存在不同的貢獻，科學家彼此間的互動，亦值得借鏡。

# DNA 是雙股核酸分子形成雙螺旋結構 (Double helix)



Structure created with Chemtool, exported to SVG, then further edited with Inkscape.  
Structure created with Chemtool, exported to SVG, then further edited with Inkscape.  
Structure created with Chemtool, exported to SVG, then further edited with Inkscape.

**局部化學結構**

Original uploader was Richard Wheeler (Zephyris) at en.wikipedia

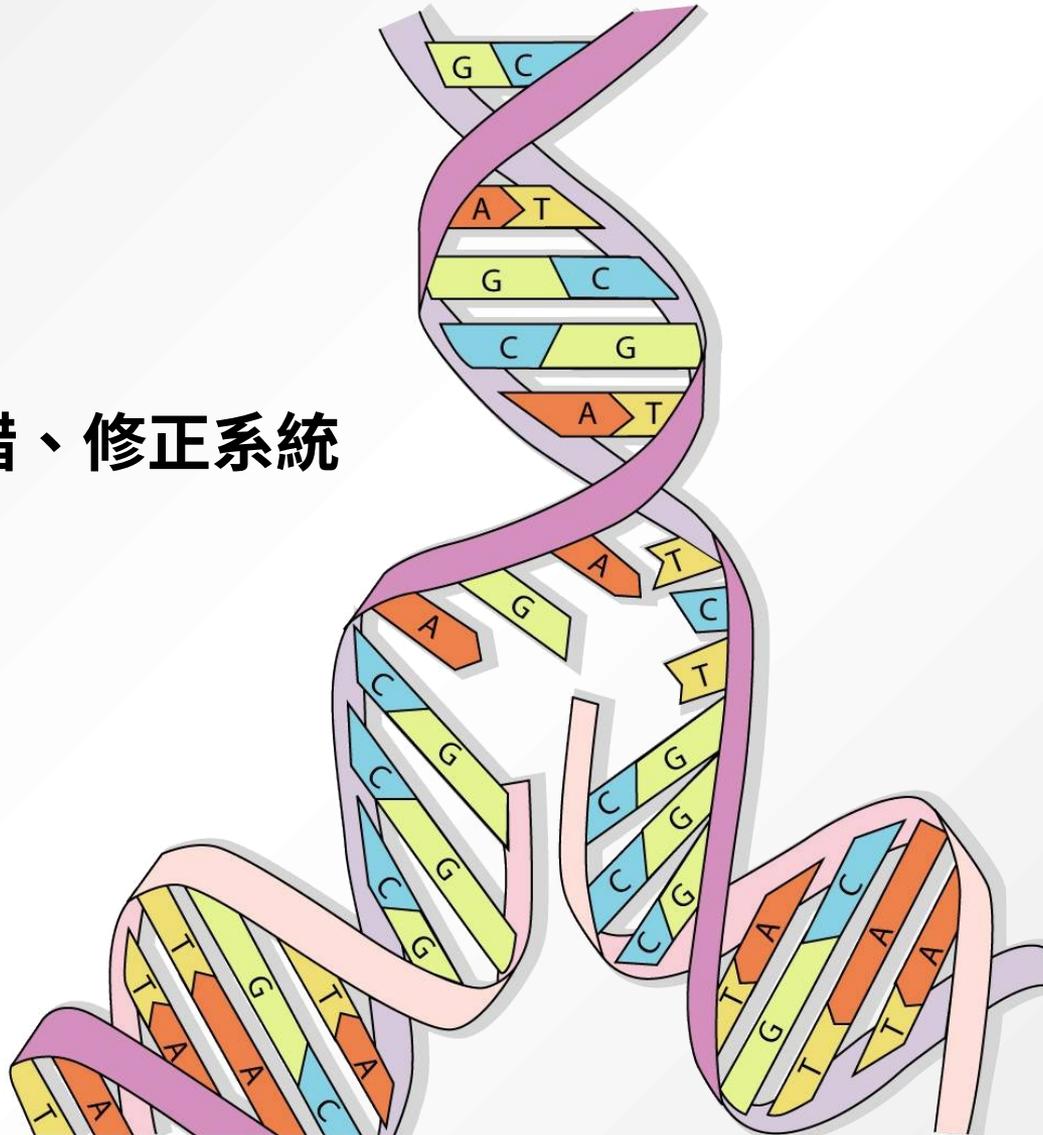
**絲帶模型**

臺灣大學 羅竹芳

**電腦模型**

# DNA 複製不易犯錯

具有偵錯、修正系統



# DNA (影片 2'16)



# 蛋白質合成作用

核酸語言

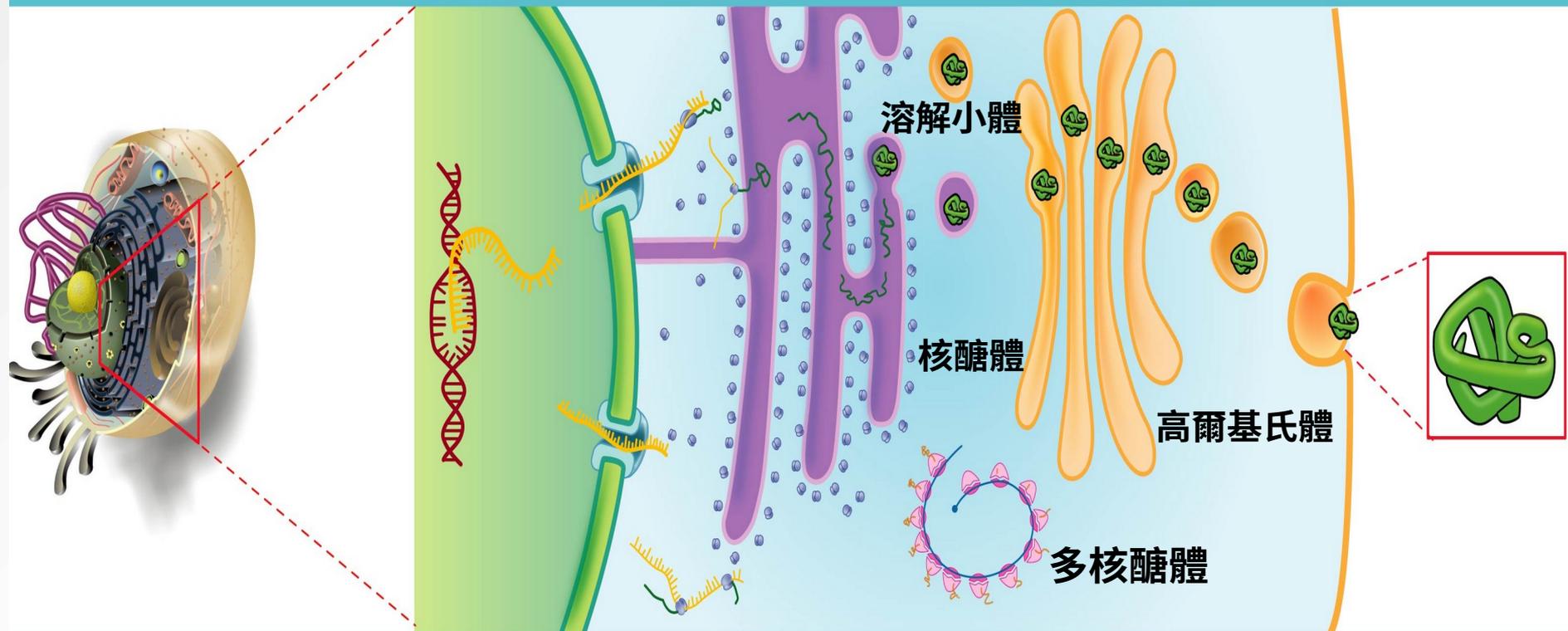


蛋白質語言

轉錄作用  
細胞核

粗糙內質網

細胞膜



溶解小體

核糖體

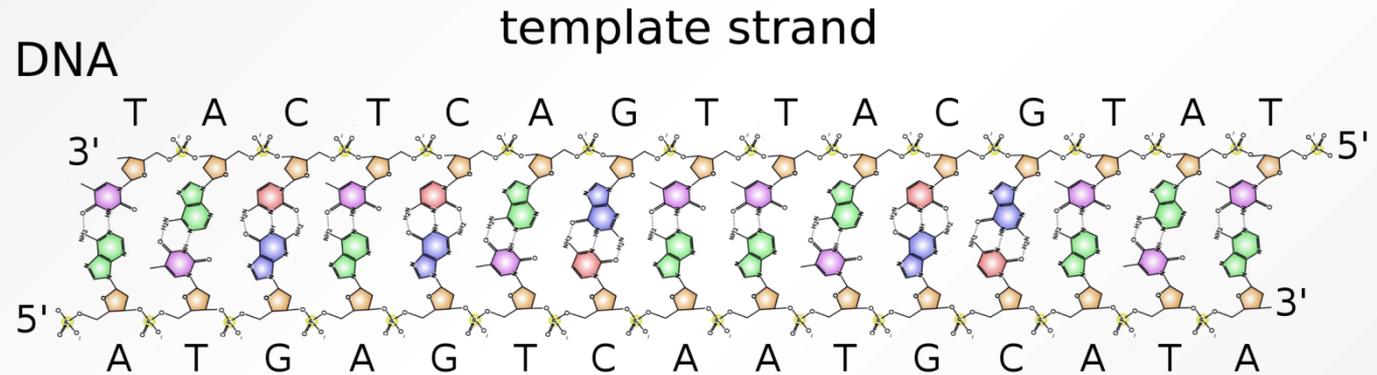
高爾基氏體

多核糖體

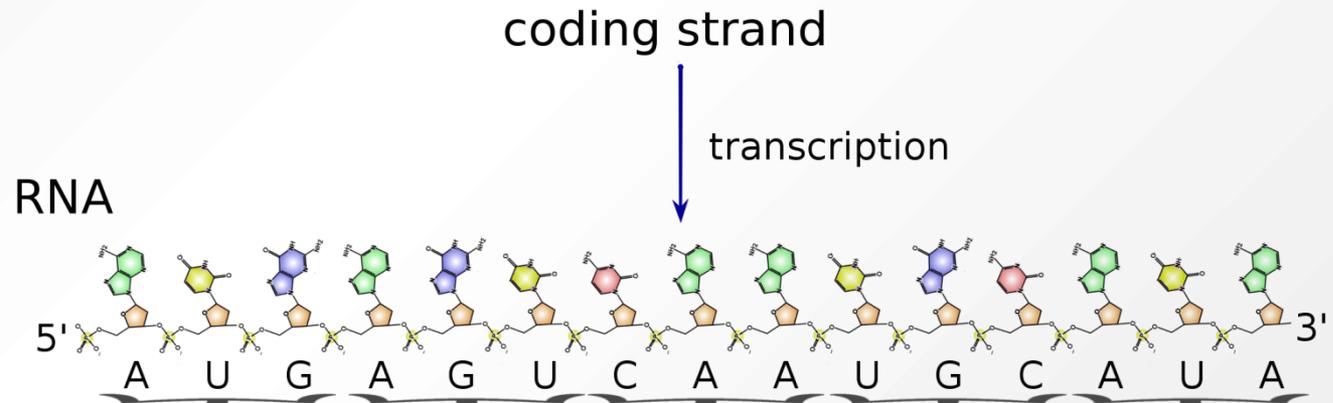
轉譯作用

# 核酸語言 vs 蛋白質語言

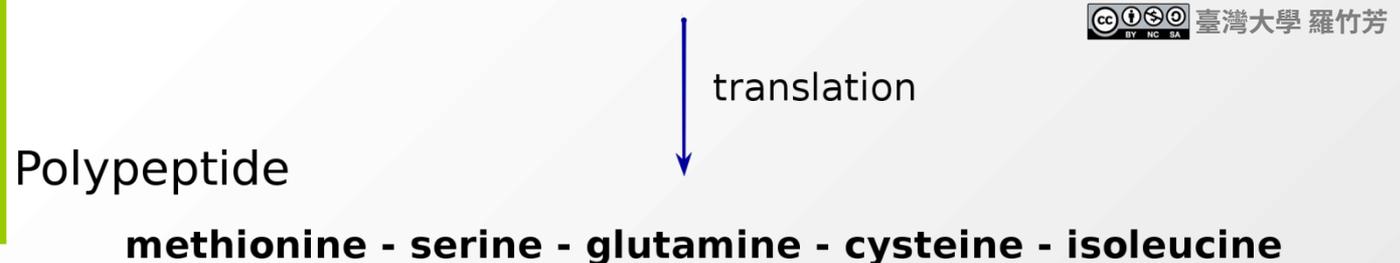
基因



將遺傳訊息  
由 DNA 傳  
到 RNA

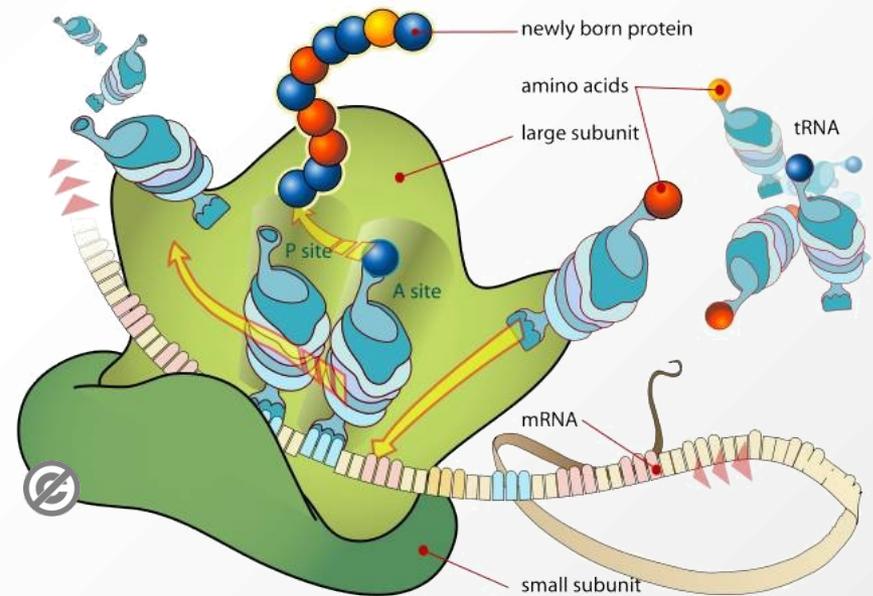


將遺傳訊息  
由 RNA 傳  
到蛋白質



# 核酸語言

- ◆ DNA 語言是由 ATGC 四個字母 (代表四種核苷酸) 編寫，每三個字母組成一個字，所以可以寫出  $4^3$  (64 個字)
- ◆ 由這 64 個字編寫出一大本書，內容都是指令訊息，指導細胞進行所有反應，以產生生命現象

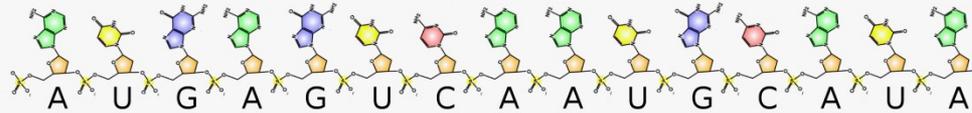


# 蛋白質語言

- ◆ 藉由信差分子 (messenger RNA) ， DNA 將其指令訊息傳給蛋白質，決定每一**蛋白質的胺基酸排列次序**，進而決定其功能 ( 將核酸語言轉變為蛋白質語言 )
- ◆ 蛋白質由 20 種胺基酸聚合而成，因此蛋白質語言是用 20 個字母編寫 ( 每一字母代表一種胺基酸 ) ，每一種蛋白質都有其特有的胺基酸排列次序
- ◆ **蛋白質是指令的執行者**，構築細胞及發揮細胞生理、生化功能

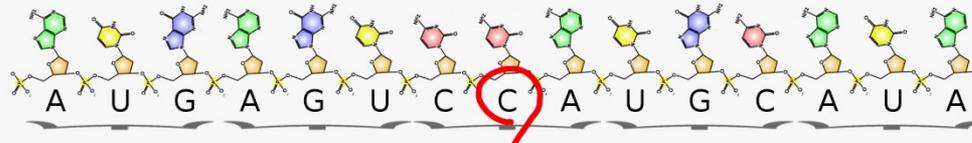
# 突變 (mutation)

正常基因



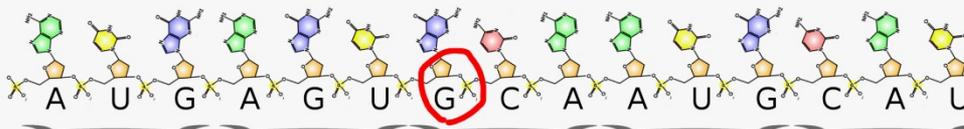
methionine - serine - glutamine - cysteine - isoleucine  
("wild type")

鹼基替代



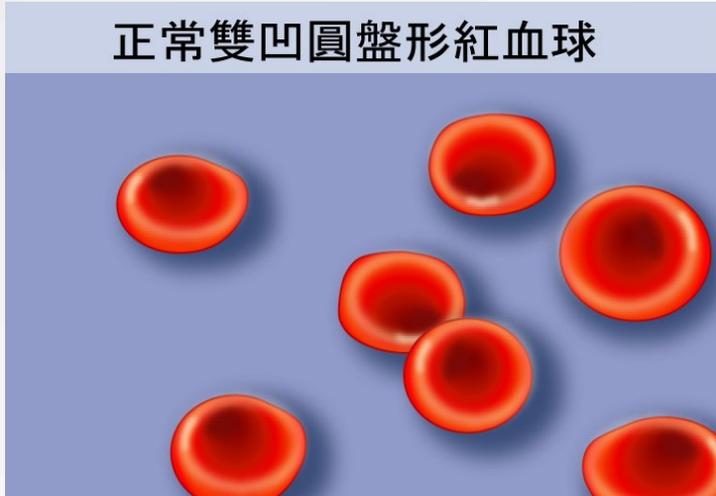
methionine - serine - proline - cysteine - isoleucine  
(point mutation)

鹼基刪除

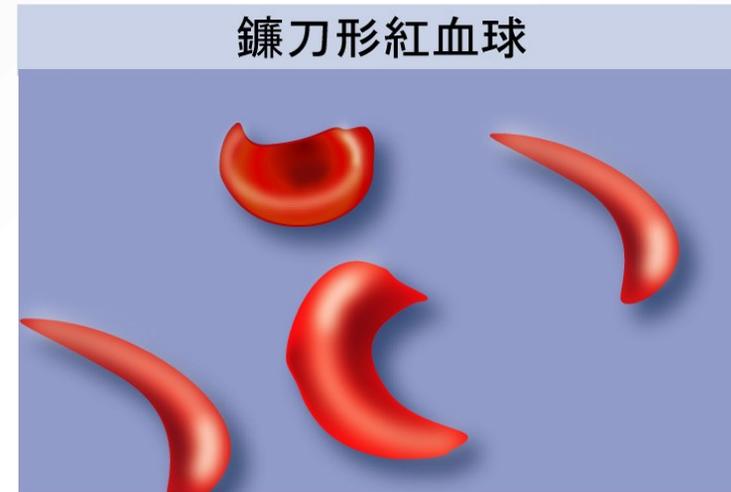


methionine - serine - alanine - methionine - histidine  
("frameshift" by insertion)

# 正常雙凹圓盤形紅血球



# 鐮刀形紅血球



DNA

-- C C T G A G G A G --

-- C C T G T G G A G --

蛋白質



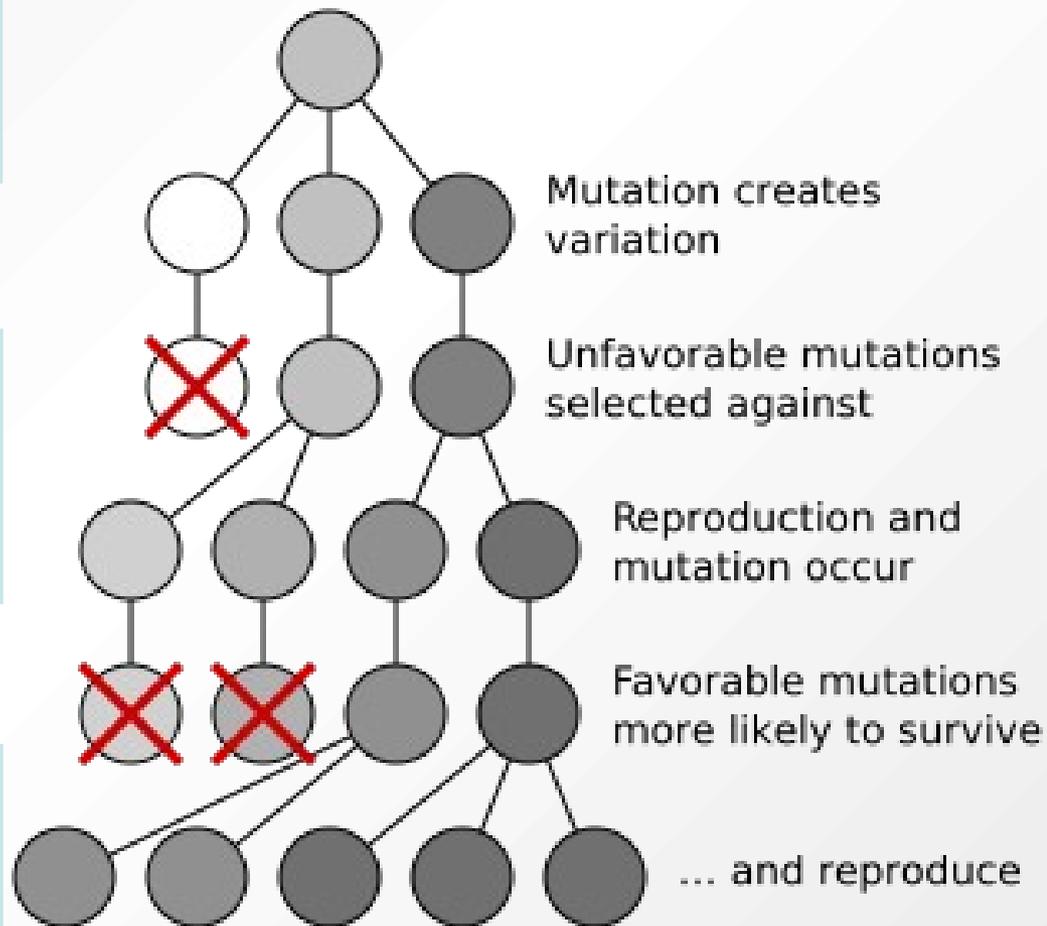
麩胺酸 Glutamic acid

纈胺酸 Valine

# 突變：演化原動力

## 演化與天擇

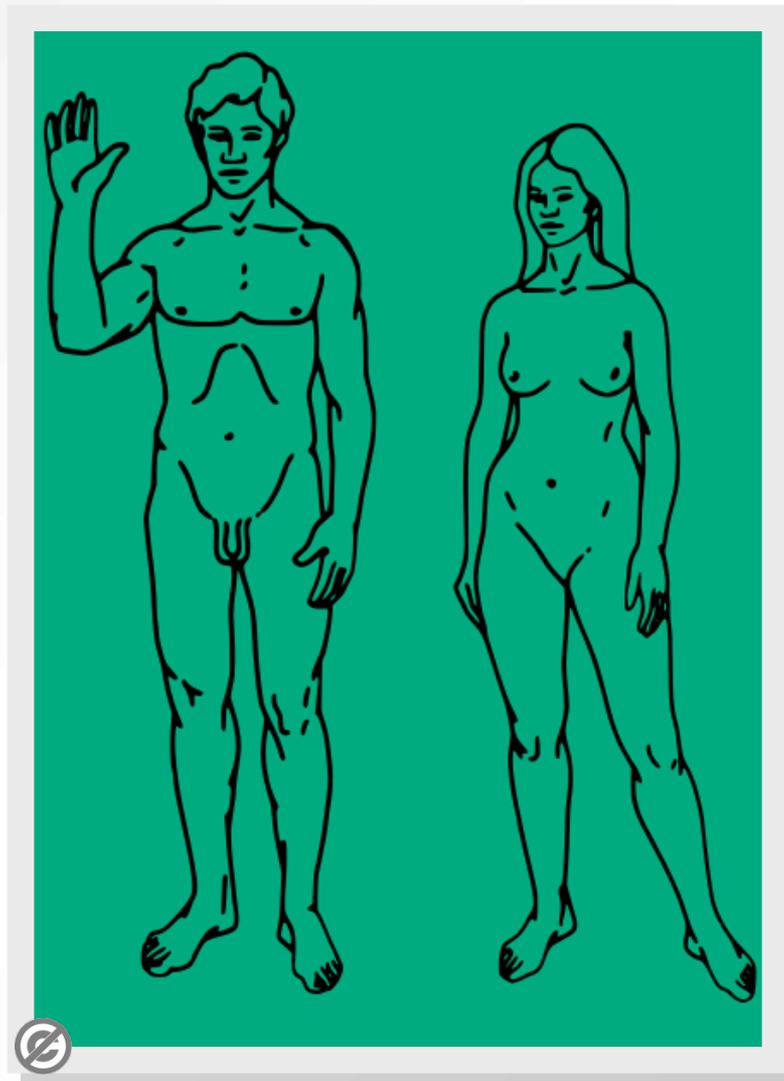
## 適者生存



# 所有生物的共同特徵

1. **有秩序：**  
所有的生物皆具有複雜的組織性。
2. **具調節性：**  
生物體的調節機制可使其內在環境維持在恆定狀態 (homeostasis)。
3. **生長與發育**
4. **能量利用**
5. **對於環境的感應能力**
6. **具生殖能力：**  
所有生物皆有其獨特 DNA，且 DNA 可以進行精確複製。
7. **演化能力：**  
從四十億年前生命誕生開始，演化的改變一直是生命獨特的中心特徵。

# 人類的”生” (影片 8'15)



# 思考議題：人文與科學

- ◆ 接受演化的概念後，對於我們人類在生物圈中的定位，會造成什麼樣的影響？對於傳統東西方宗教的觀點有何衝擊？
- ◆ 如果一個人的行為或人格特質經檢查後被認定為是「由基因異常所造成」，那這個人應該要為他的行為負責嗎？（例：情緒化、慣竊、內向……）
- ◆ 聽過了 DNA 發現的歷史，你現在對科學家的行事以及科學社群中的互動模式跟過去有何不同的感覺？有何新的體悟？

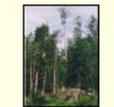
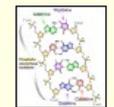
# 參考書目

- ❖ Neil A. Campbell, Jane B. Reece, Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky, Robert B. Jackson (2008). *Biology*. Eighth edition. Chapter 2~5. San Francisco: Benjamin Cummings.
- ❖ Peter H. Raven, George B. Johnson (2002). *Biology*. 6th edition, Chapter 14. Boston Burr Ridge: McGraw Hill.
- ❖ James D. Watson, Andrew Berry. (2003). *DNA*. Random House, Inc., New York.
- ❖ Julie Clayton and Carina Dennis. (2003). *50 Years of DNA*. Palgrave Macmillan
- ❖ 楊玉齡譯 (1997) 、波拉克 (Robert Pollack) 著。DNA 的語言。台北市：天下文化出版社。
- ❖ 楊玉齡譯 (1997) 、馬杜克斯 (Brenda Maddox) 著。DNA 光環背後的奇女子－羅莎琳·法蘭克林的一生。台北市：天下文化出版社。

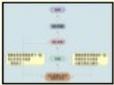
# 參考影片

- ❖ DISCOVERY 影集。協和國際多媒體股份有限公司出版。人體的構造 (DVD) —人類的”生”
- ❖ DISCOVERY 影集。協和國際多媒體股份有限公司出版。新世紀醫學 4 人體透視—人體的細胞
- ❖ 美國國家地理學會製作。協和國際多媒體出版 哺乳類進攻植物界—樹懶的習性
- ❖ 百禾文化 生物學：研究生命的科學第二集：細胞 - 構造及功能。
- ❖ 百禾文化 生物學：研究生命的科學第五集：遺傳學—遺傳的分子與基礎。

# 版權頁 7-1

作品	授權條件	作者/ 來源
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Guillaume Paumier, Philip Ronan, NIH, Artur Jan Fijalkowski, Jerome Walker, Michael David Jones, Tyler Heal, Mariana Ruiz, Science Primer (National Center for Biotechnology Information), Liquid_2003, Arne Nordmann &amp; The Tango! Desktop Project</li> <li><a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Biological_and_technological_scales_compared-en.svg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Biological_and_technological_scales_compared-en.svg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Daniel Vianna Mr.Rocks</li> <li><a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Flying_bat_with_tree_orig.JPG">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Flying_bat_with_tree_orig.JPG</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Adam Myhill</li> <li><a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Pteropus_vampyrus_3.jpg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Pteropus_vampyrus_3.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Daniel Vianna Mr. Rocks</li> <li><a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Hanging_flying_foxes.JPG">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Hanging_flying_foxes.JPG</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Arnaud Gaillard</li> <li><a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Koala-ag1.jpg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Koala-ag1.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>TTaylor</li> <li><a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Tasmania_logging_16_Steve_a_tree_in_danger.jpg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Tasmania_logging_16_Steve_a_tree_in_danger.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Originally uploaded by Madprime</li> <li>Please credit "Madeleine Price Ball" if used in a commercial context.</li> <li><a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_chemical_structure.svg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_chemical_structure.svg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mnolf</li> <li><a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Pteropus_conspicillatus_with_baby.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Pteropus_conspicillatus_with_baby.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>

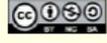
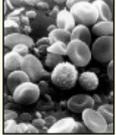
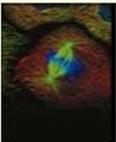
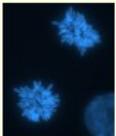
# 版權頁 7-2

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ngari.norway</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Jumping-spider.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Jumping-spider.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Credit: Rocky Mountain Laboratories, NIAID, NIH</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/File:EscherichiaColi_NIAID.jpg">http://en.wikipedia.org/wiki/File:EscherichiaColi_NIAID.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● T.J. Kirn, M.J. Lafferty, C.M.P Sandoe and R.K. Taylor, 2000, "Delineation of pilin domains required for bacterial association into microcolonies and intestinal colonization", Molecular Microbiology, Vol. 35(4):896-910</li> <li>● Ronald Taylor, Tom Kirn, Louisa Howard</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Cholera_bacteria_SEM.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Cholera_bacteria_SEM.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Carol Stoker NASA</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Rio_tinto_river_CarolStoker_NASA_Ames_Research_Center.jpg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Rio_tinto_river_CarolStoker_NASA_Ames_Research_Center.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 王重雄</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 柑橘類</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Protist_collage.jpg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Protist_collage.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>

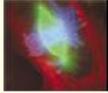
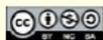
# 版權頁 7-3

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vincent</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Mononchidae_eating_a_Mononchidae_1.jpg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Mononchidae_eating_a_Mononchidae_1.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學昆蟲所 王重雄</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>

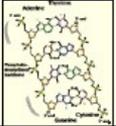
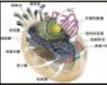
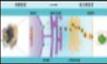
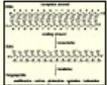
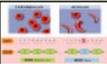
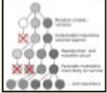
# 版權頁 7-4

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Steve Jurvetson</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Watson%E2%80%99s_Inner_Child.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Watson%E2%80%99s_Inner_Child.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Original uploader was Nebarnix at en.wikipedia</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paramecium_contractile_vacuoles.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paramecium_contractile_vacuoles.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Bruce Wetzel (photographer). Harry Schaefer (photographer)</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:SEM_blood_cells.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:SEM_blood_cells.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Minami Himemiya</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Lancelet%27s_embryo,_4_cells.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Lancelet%27s_embryo,_4_cells.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reo On</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Vizualizace_bun%C4%9B%C4%8Dn%C3%A9ho_d%C4%9Blen%C3%AD.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Vizualizace_bun%C4%9B%C4%8Dn%C3%A9ho_d%C4%9Blen%C3%AD.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● JamMan</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Telophase_of_the_HT1080_cell_line.PNG">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Telophase_of_the_HT1080_cell_line.PNG</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>

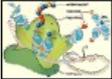
# 版權頁 7-5

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● New York State Department of Health</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mitosis-fluorescent.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mitosis-fluorescent.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> <li>● <i>GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation</i></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● LadyofHats</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:MITOSIS_cells_sequence.svg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:MITOSIS_cells_sequence.svg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Graham Colm Talk</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Phage_injecting_its_genome_into_bacterial_cell.png">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Phage_injecting_its_genome_into_bacterial_cell.png</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● en:User:GrahamColm</li> <li>● <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Phage.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Phage.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● National Library of Medicine</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:JamesDWatson.jpg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:JamesDWatson.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Marc Lieberman</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Francis_Crick.png">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Francis_Crick.png</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Unknown</li> <li>● <a href="http://www.nlm.nih.gov/news/press_releases/images/rosalindfranklin_small.jpg">http://www.nlm.nih.gov/news/press_releases/images/rosalindfranklin_small.jpg</a></li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Rosalind_Franklin.jpg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Rosalind_Franklin.jpg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>

# 版權頁 7-6

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Structure created with Chemtool, exported to SVG, then further edited with Inkscape.</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:DNA_chemical_structure.svg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:DNA_chemical_structure.svg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Original uploader was Richard Wheeler (Zephyris) at en.wikipedia</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/File:DNA_orbit_animated.gif">http://en.wikipedia.org/wiki/File:DNA_orbit_animated.gif</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺灣大學 羅竹芳</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Elembis</li> <li>● <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mutation_and_selection_diagram.svg">http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mutation_and_selection_diagram.svg</a> 2009/08/20 visited.</li> </ul>

# 版權頁 7-7

		<ul style="list-style-type: none"><li>• /</li><li>• <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/File:PPlaquecloseup.svg">http://en.wikipedia.org/wiki/File:PPlaquecloseup.svg</a> 2009/08/20 visited.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• LadyofHats</li><li>• <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Ribosome_mRNA_translation_en.svg">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Ribosome_mRNA_translation_en.svg</a> 2009/08/20 visited.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• 臺灣大學 羅竹芳</li></ul>