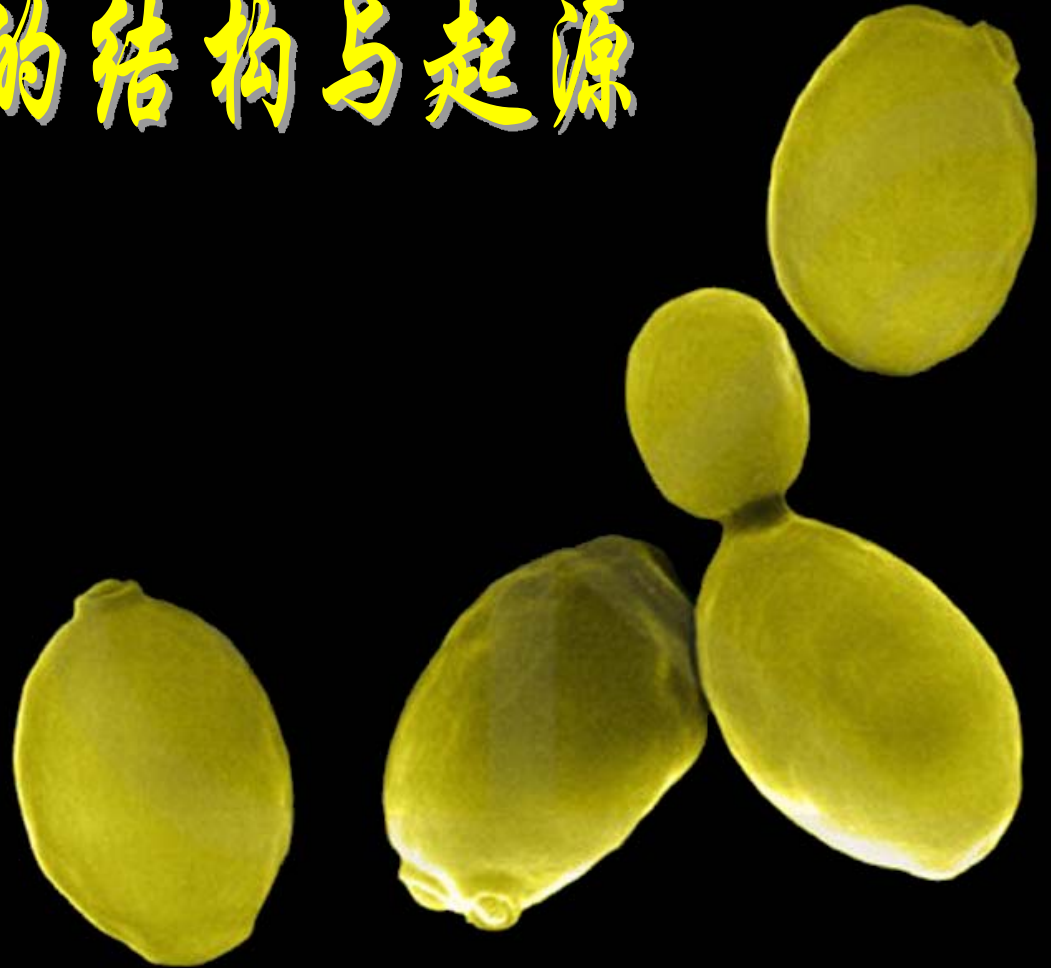




<http://www.cella.cn>

# 第三章 细胞的结构与起源



**STRUCTURES AND ORIGIN OF THE CELL**

# 内容提要

- 第一节 细胞的化学组成与形态
- 第二节 真核细胞
- 第三节 原核细胞与古细菌
- 第四节 病毒与蛋白质感染因子
- 第五节 细胞的起源与演化



细胞是：

- 构成有机体的基本单位，具有自我复制的能力，是有机体生长发育的基础；
- 代谢与功能的基本单位，具有完整的代谢和调节体系，不同的细胞执行不同的功能；
- 遗传的基本单位，具有发育的全能性。





<http://www.cella.cn>

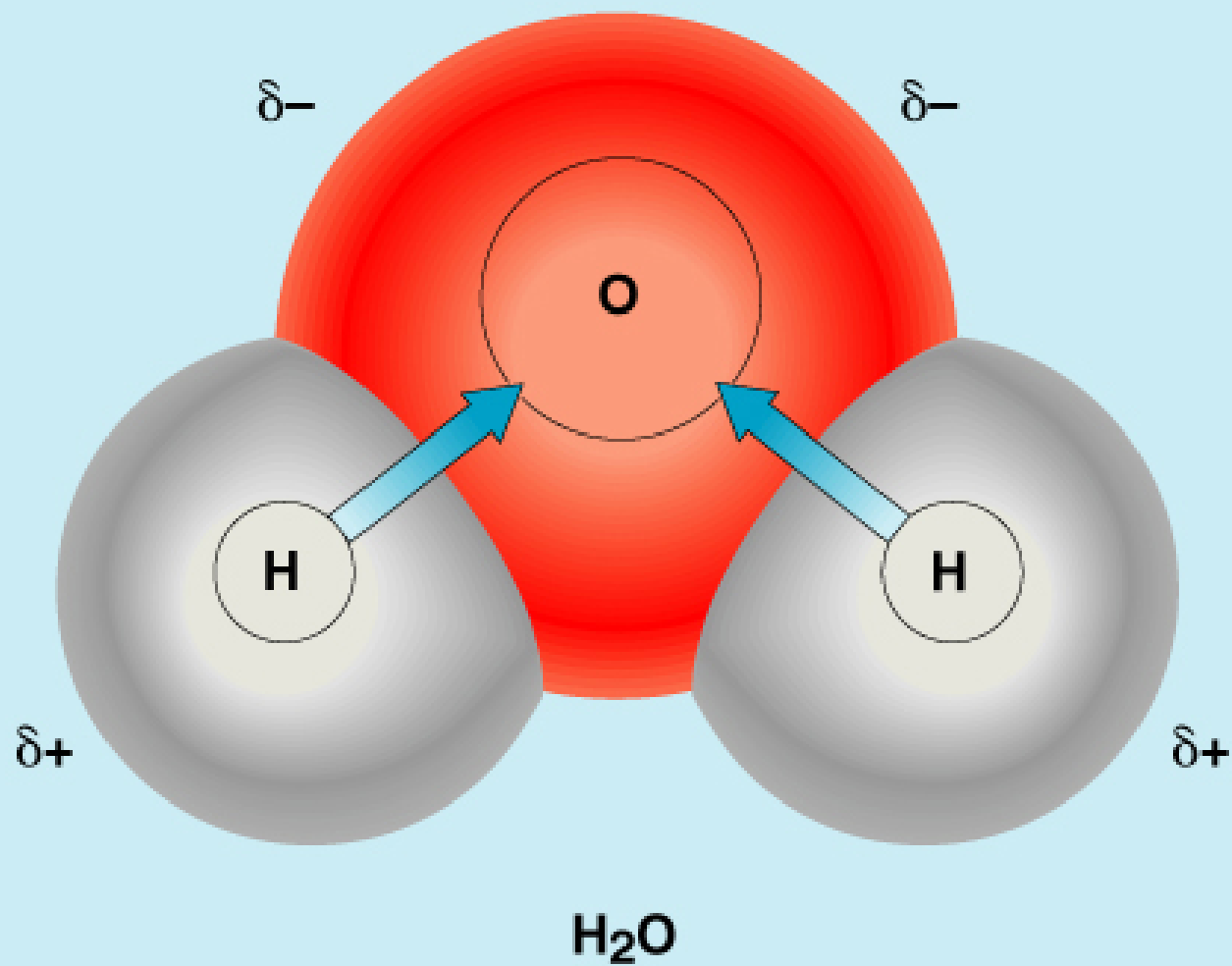
# 第一节 细胞的化学组成与形态

## 一、细胞的化学组成



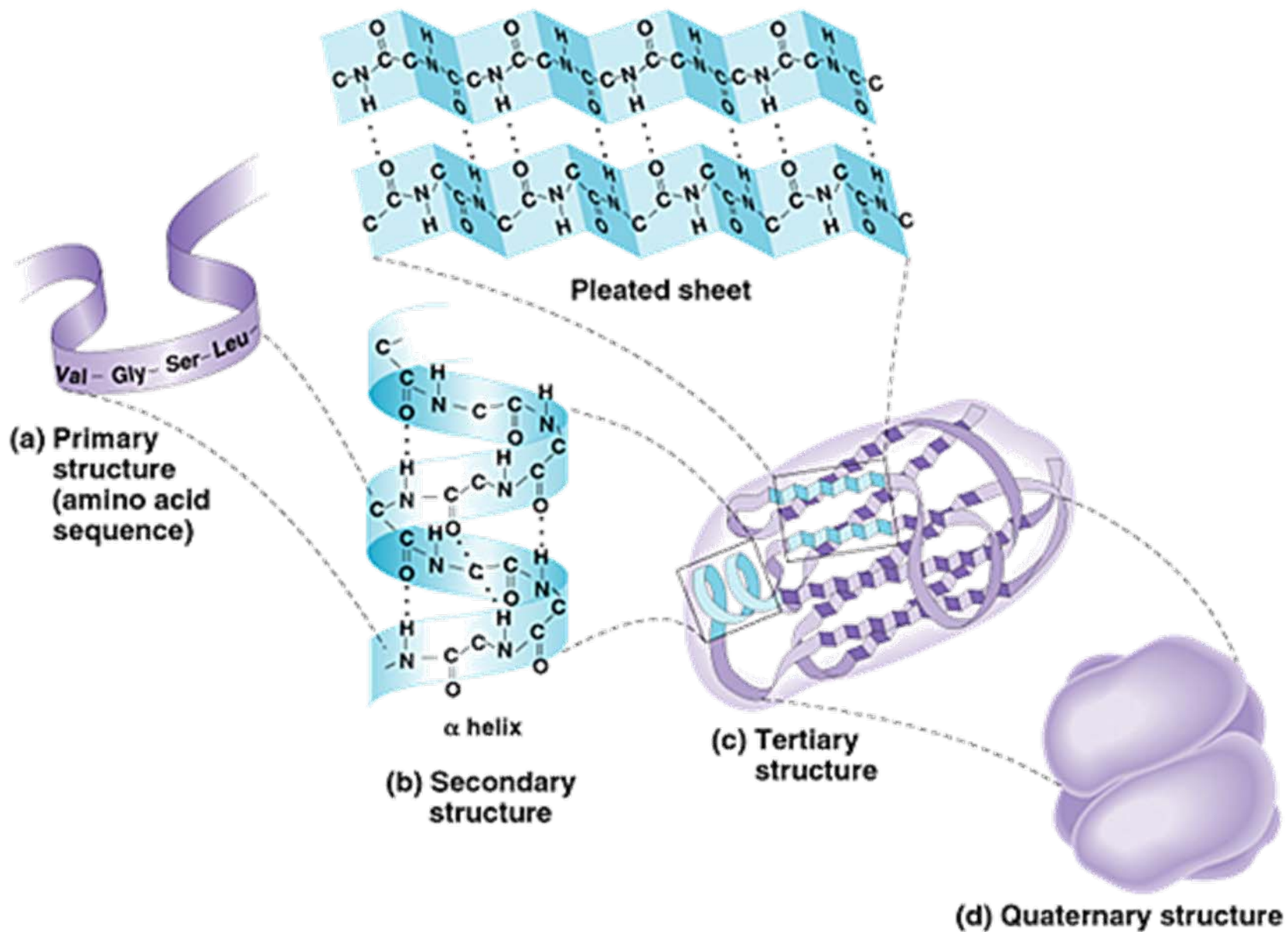
- 构成细胞的基本元素有：O、C、H、N、S、K、Ca、P、Mg等，其中前四种元素占90%以上。
- 细胞的无机物主要有水和无机盐。
- 水约占细胞重量的75%-80%，其中游离水约95%，其余为结合水。
- 无机盐的含量约为1%，主要以离子形式存在。





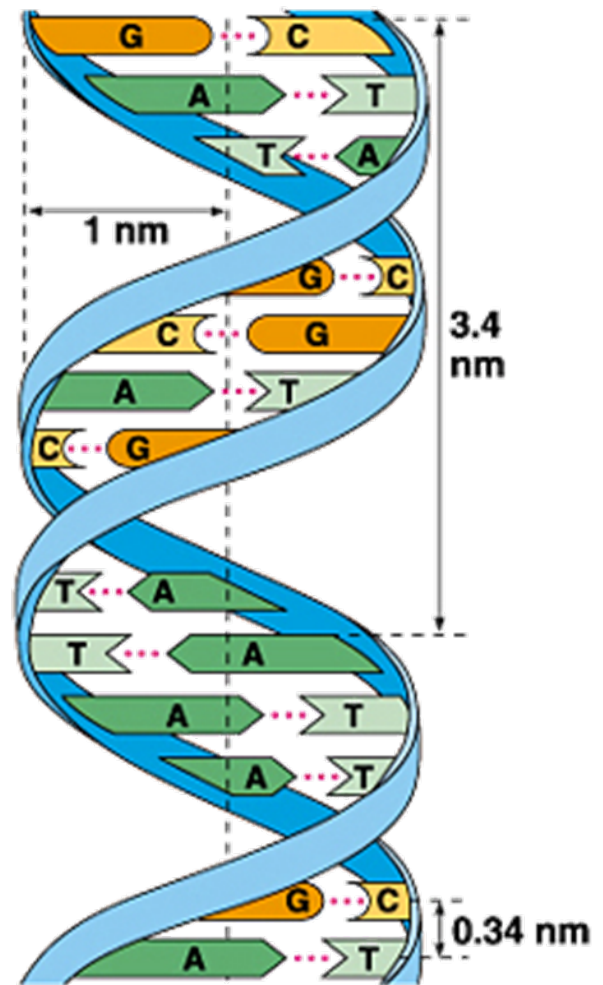
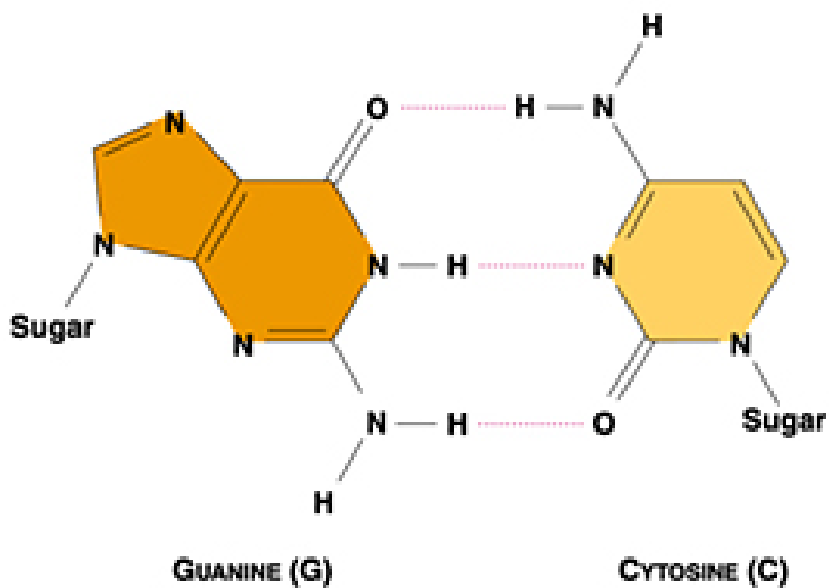
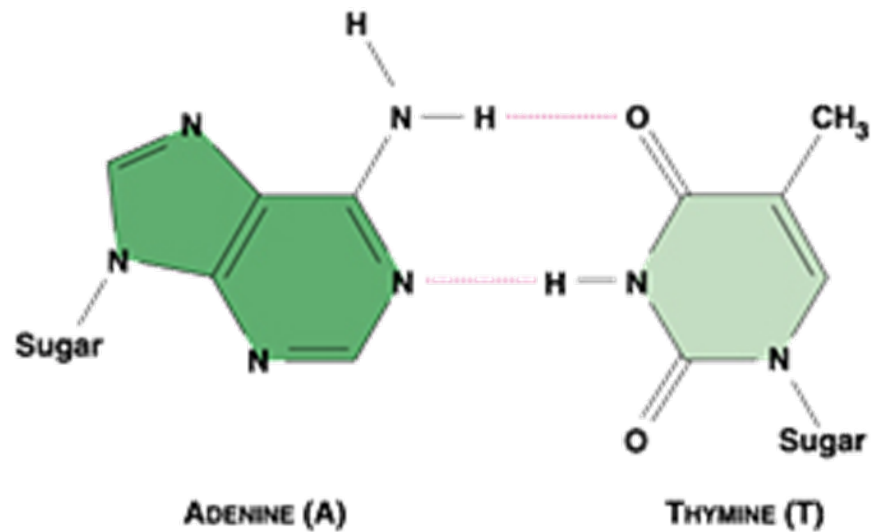
- 细胞的有机物主要有蛋白质、核酸、脂类和糖，约占细胞干重的90%以上。
- 一个细胞中约有 $10^4$ 种蛋白质，分子的数达 $10^{11}$ 。
- 蛋白质是细胞的结构成分，也是细胞功能的实现者。生化反应的催化剂——酶是蛋白质。





- 核酸包括DNA和RNA，DNA是遗传信息复制、传递和基因转录的模板，RNA参与蛋白质的合成。
- 生物体全部基因序列及其间隔称为基因组genome.
- 原核生物的基因组大小约600Kb-9.5Mb，真核生物的约为3Mb-140000Mb。
- 一个能够独立生存的细胞需要约500个基因。



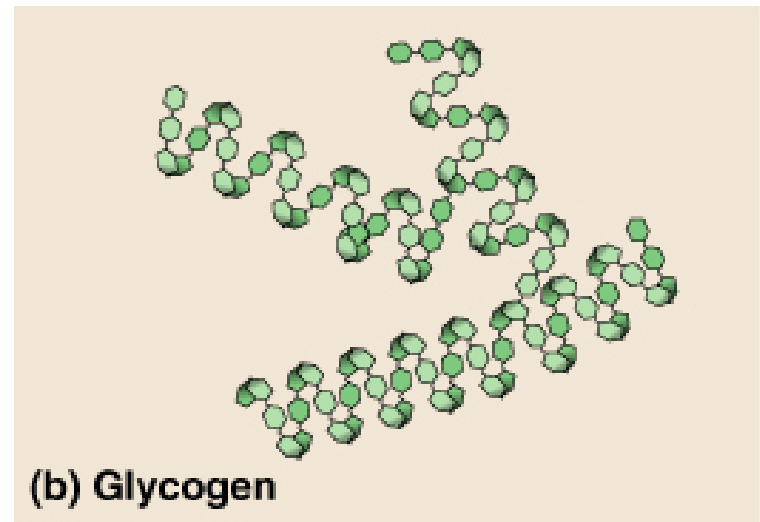
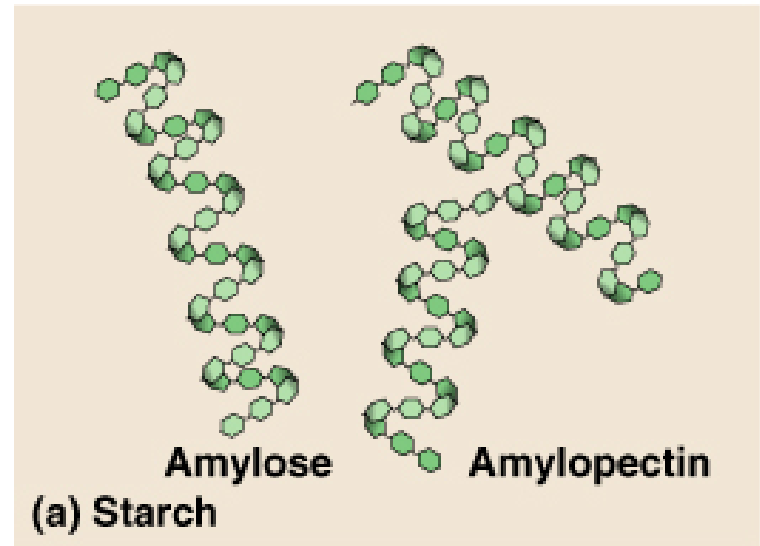
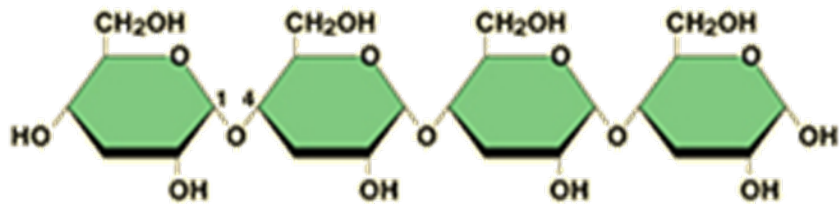


(a)

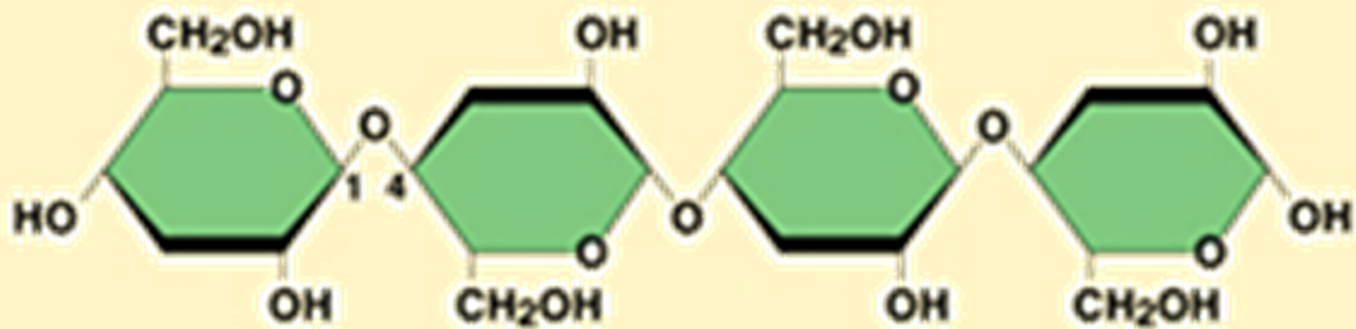
- 细胞中的糖类有单糖和多糖。
- 重要的五碳糖为核糖，重要的六碳糖为葡萄糖。  
多糖有：营养储备多糖，如淀粉、糖原；结构多糖，如纤维素、几丁质。
- 脂类包括：脂肪酸、中性脂肪、类固醇、蜡、磷酸甘油酯、鞘磷脂、糖脂、类胡萝卜素等。脂类参与组成细胞膜和细胞通信，也是重要的能量储备物质。



# 营养储备多糖 ——淀粉、糖元



## 结构多糖——纤维素



## 二、三类不同的细胞

- 真核细胞eukaryotic cell: 具有核被膜nuclear envelope和核仁nucleolus。
- 原核细胞prokaryotic cell: 核区nuclear region没有核膜，称其为nucleoid、nuclear body、nucleoplasm、bacterial nucleus。
- 古细菌archaebacteria，既不同于原核细胞也不同于真核细胞，属于生命的第三种形式。

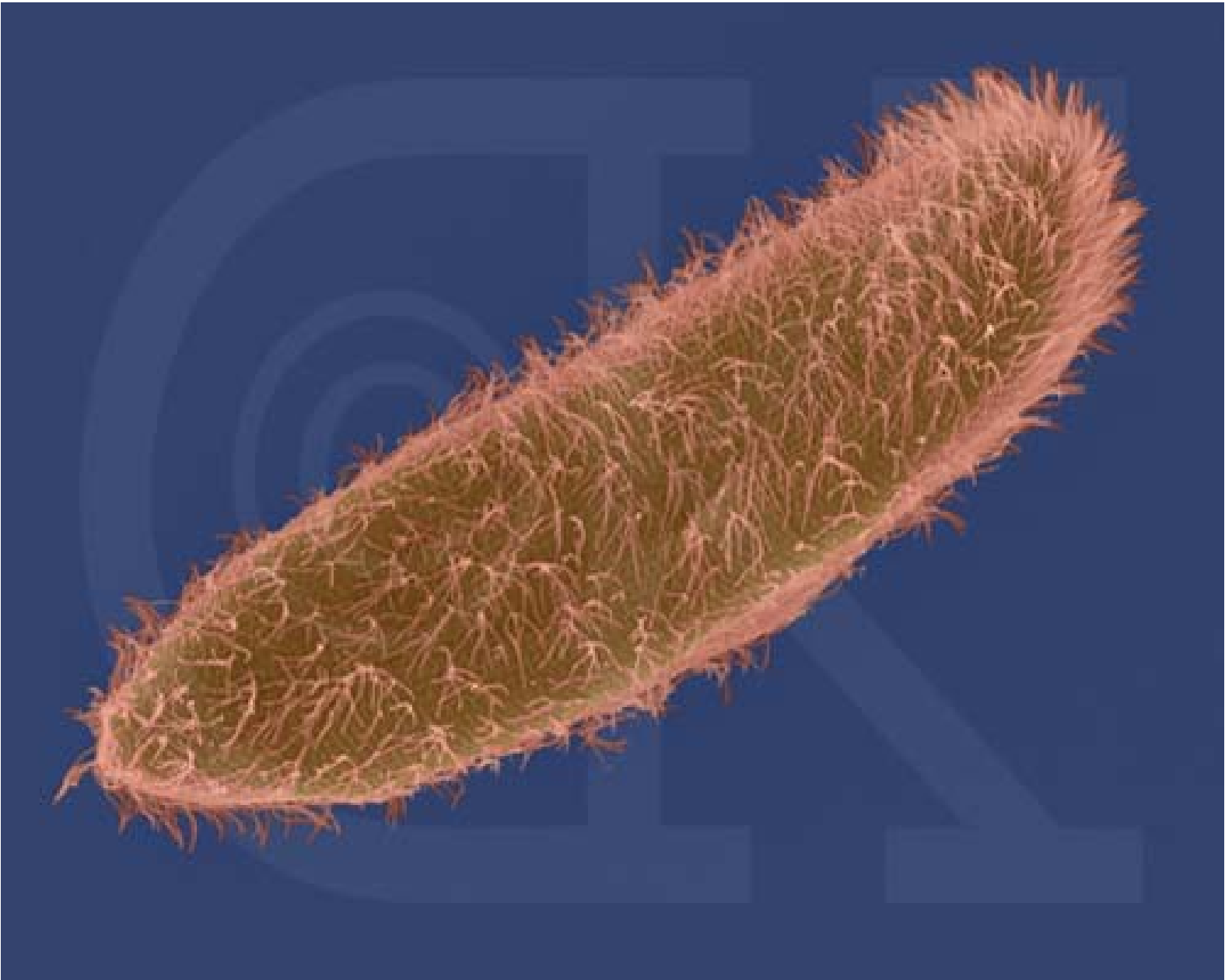


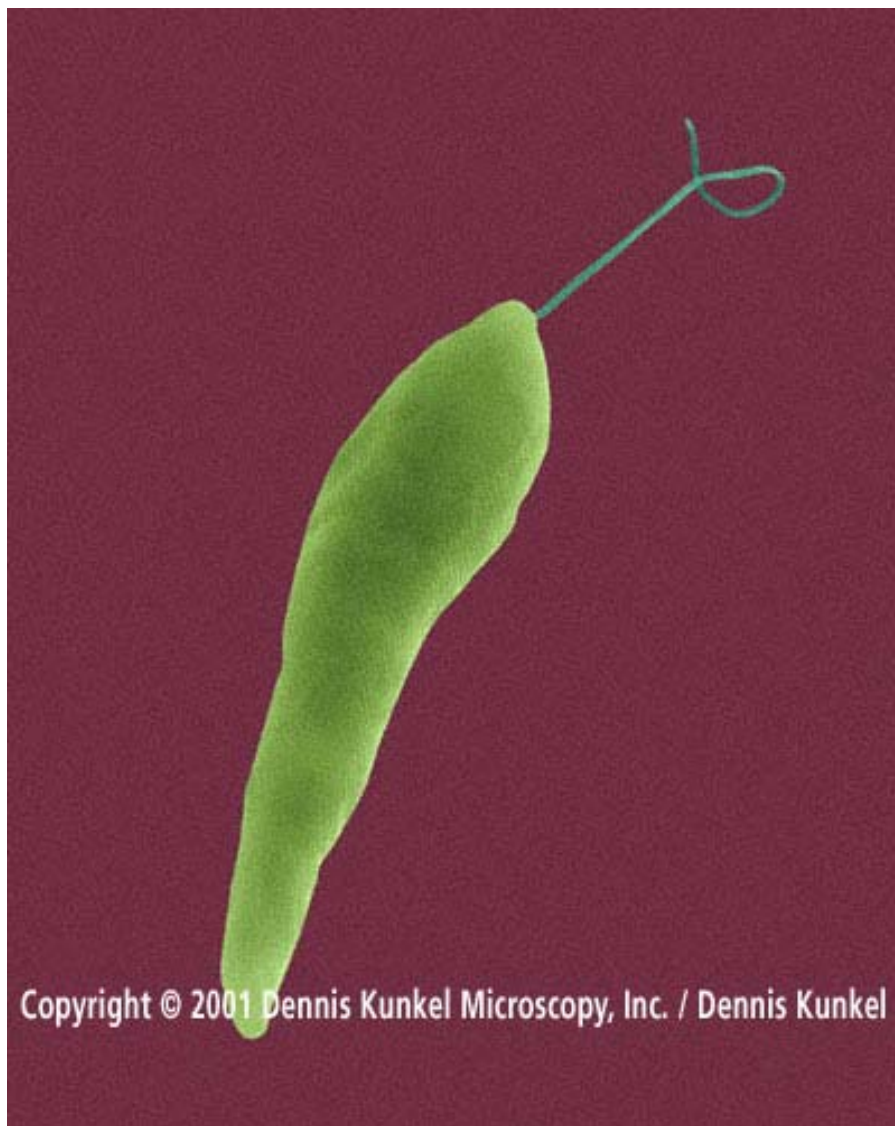
### 三、细胞的形状和大小

- 单细胞生物的形态通常与细胞外沉积物有关。
- 高等生物细胞的形状与细胞功能及细胞间的相互作用有关。
- 细胞骨架对于细胞形态的构建维持具有重要作用。
- 高等动物的细胞离开有机体分散存在时，形状往往发生变化。如平滑肌细胞在体内呈梭形，而在离体培养时则可成多角形。

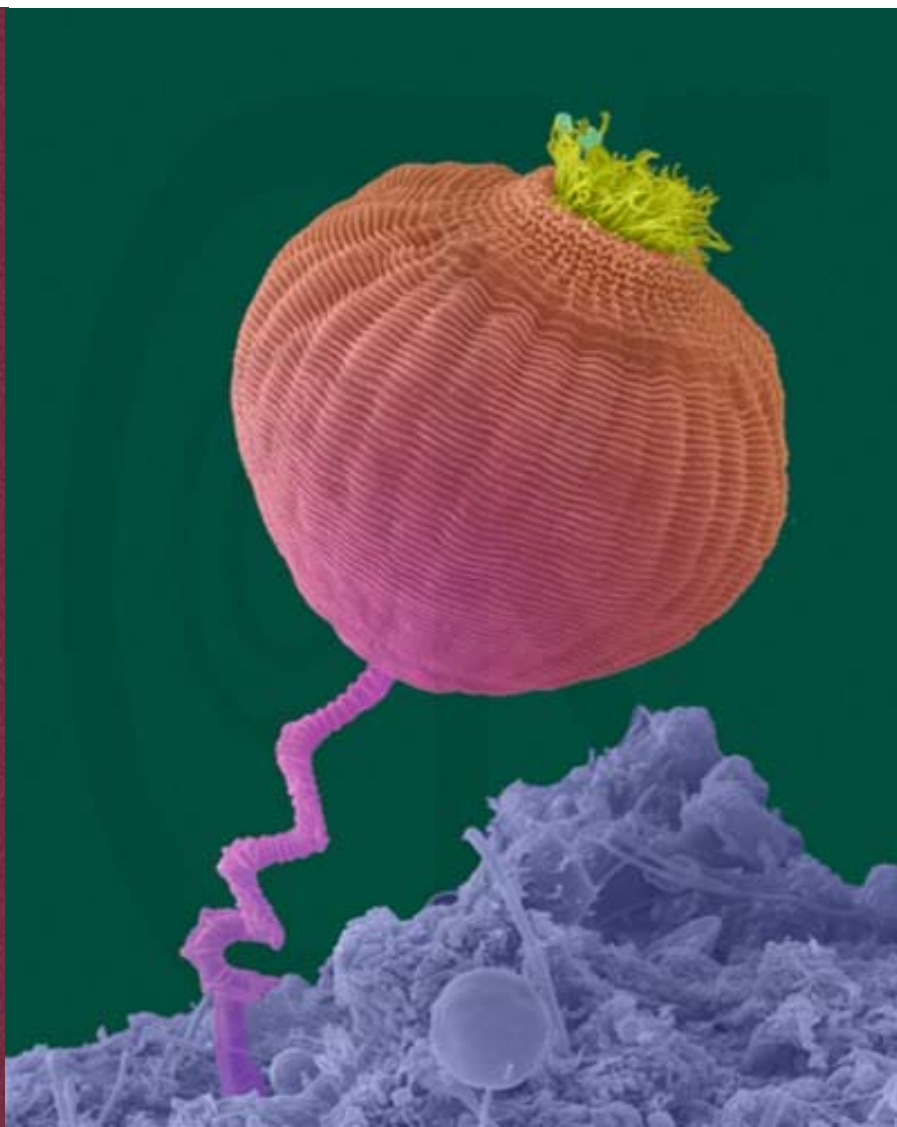


# 草履虫

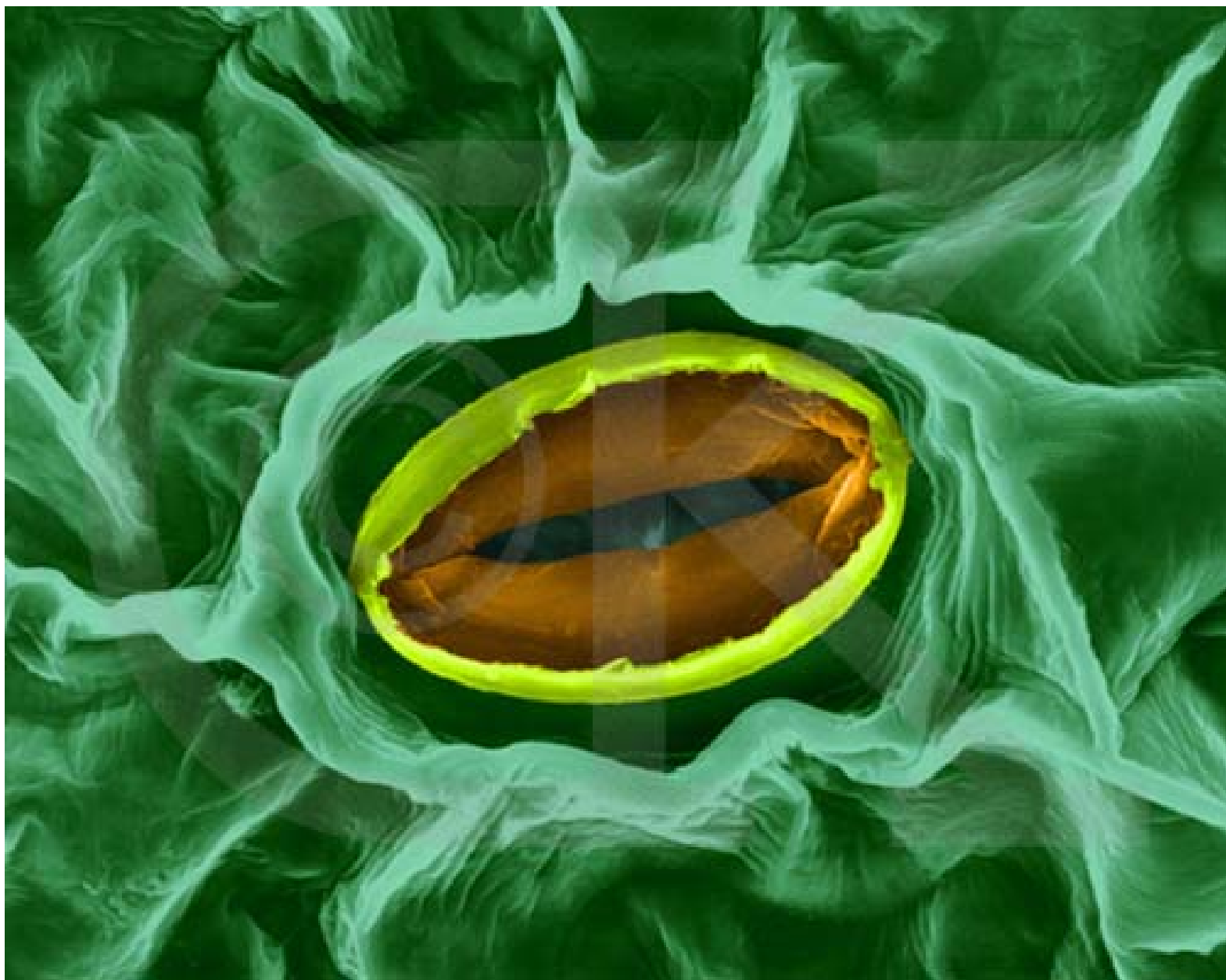




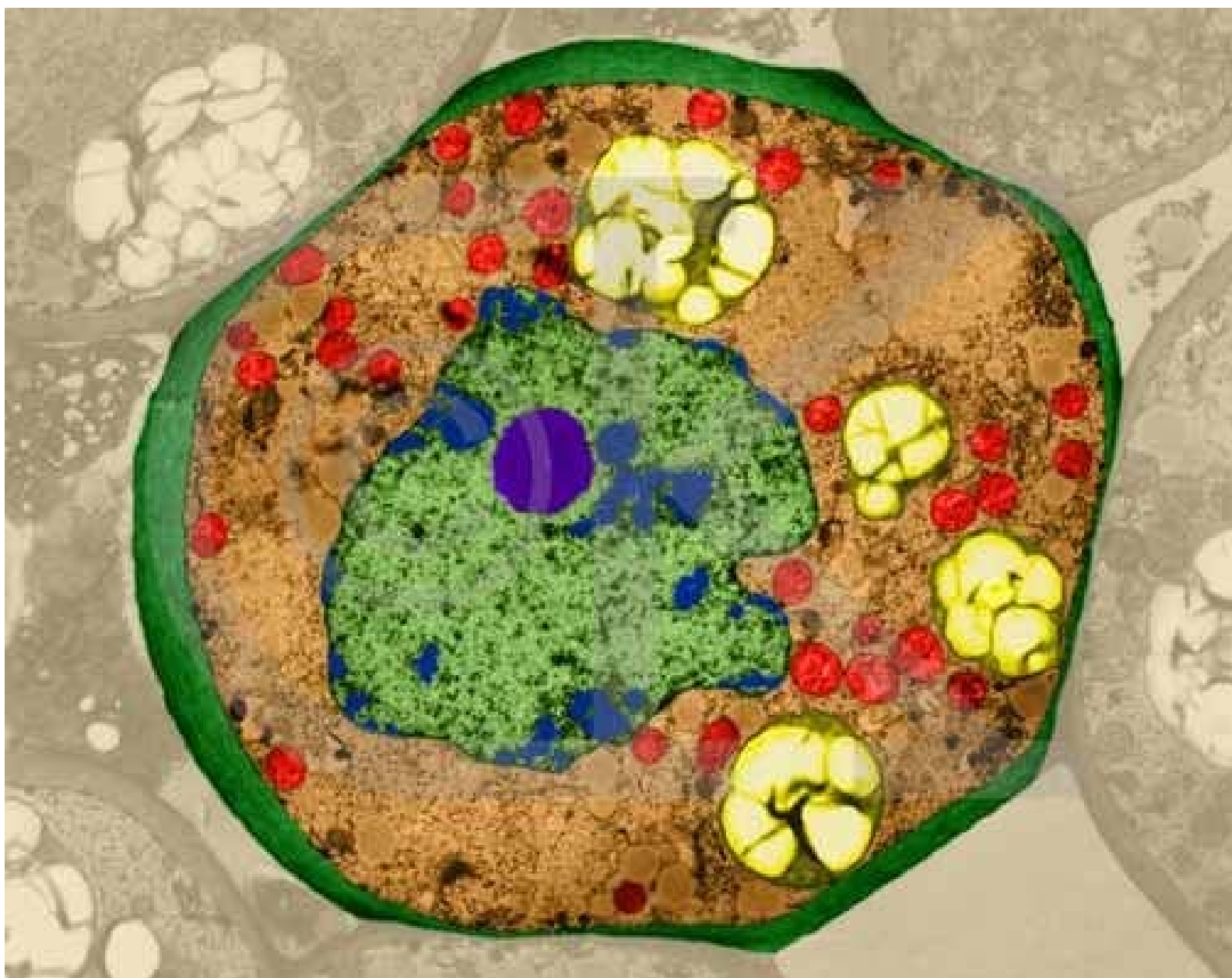
眼 虫



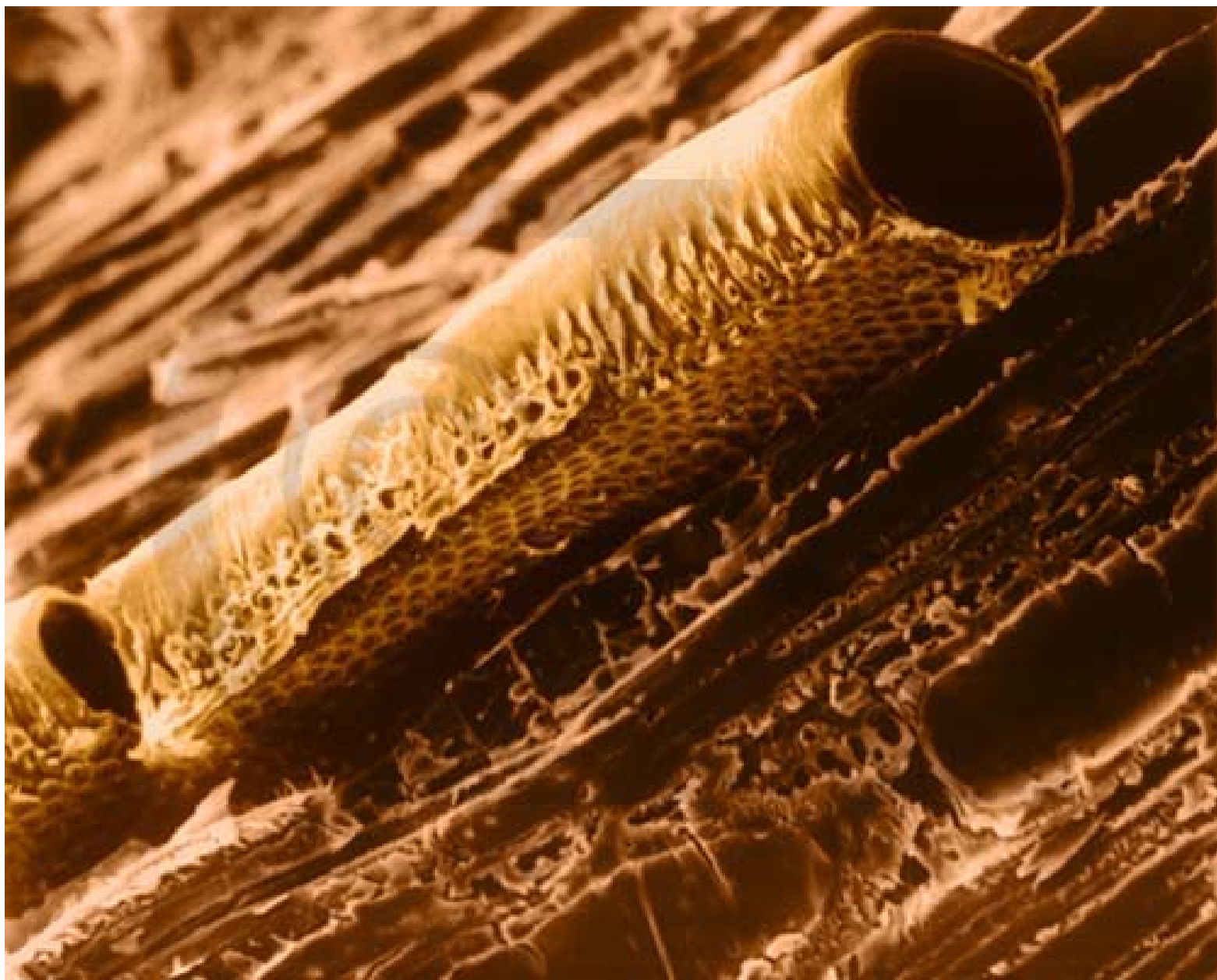
钟形虫



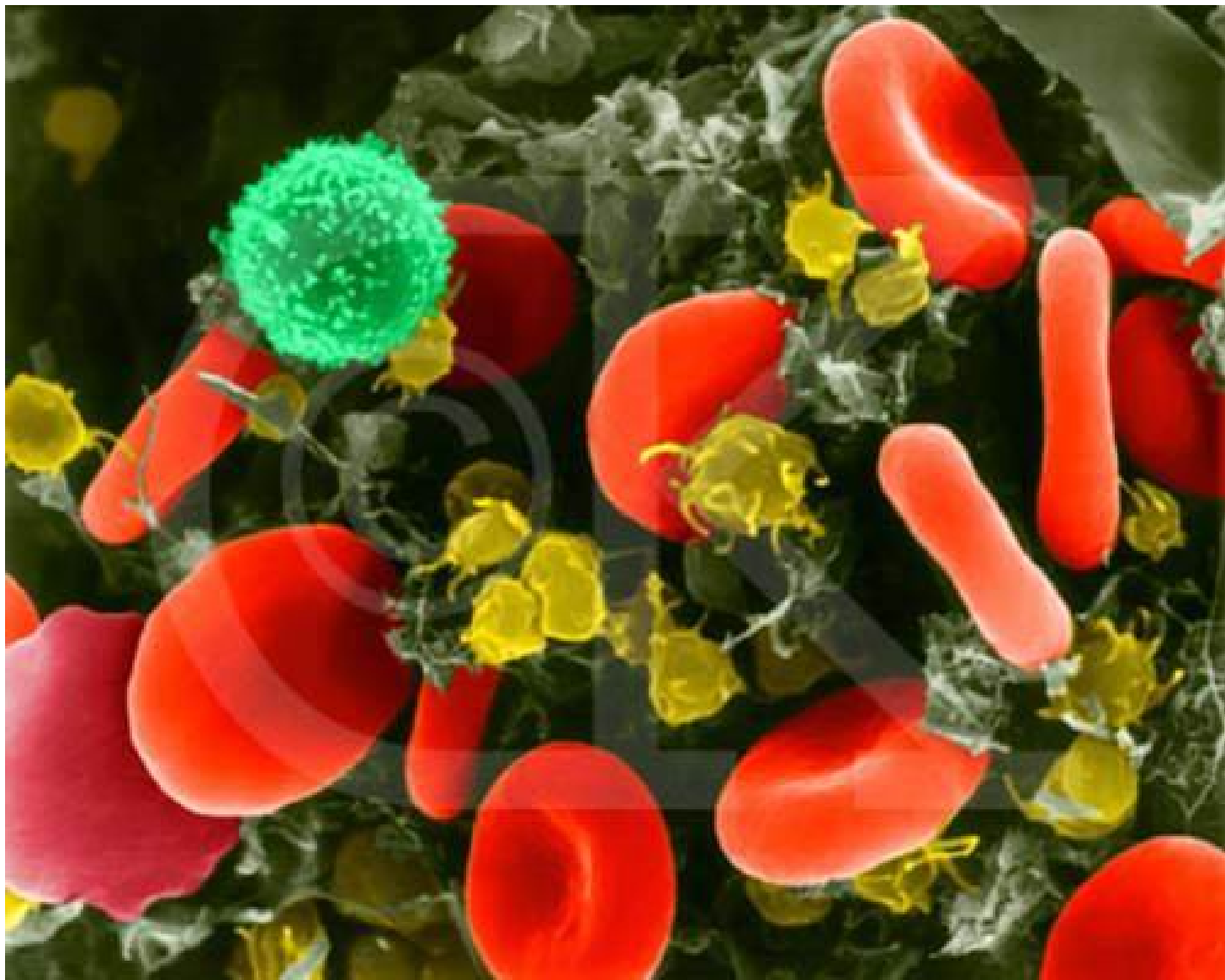
植物气孔细胞



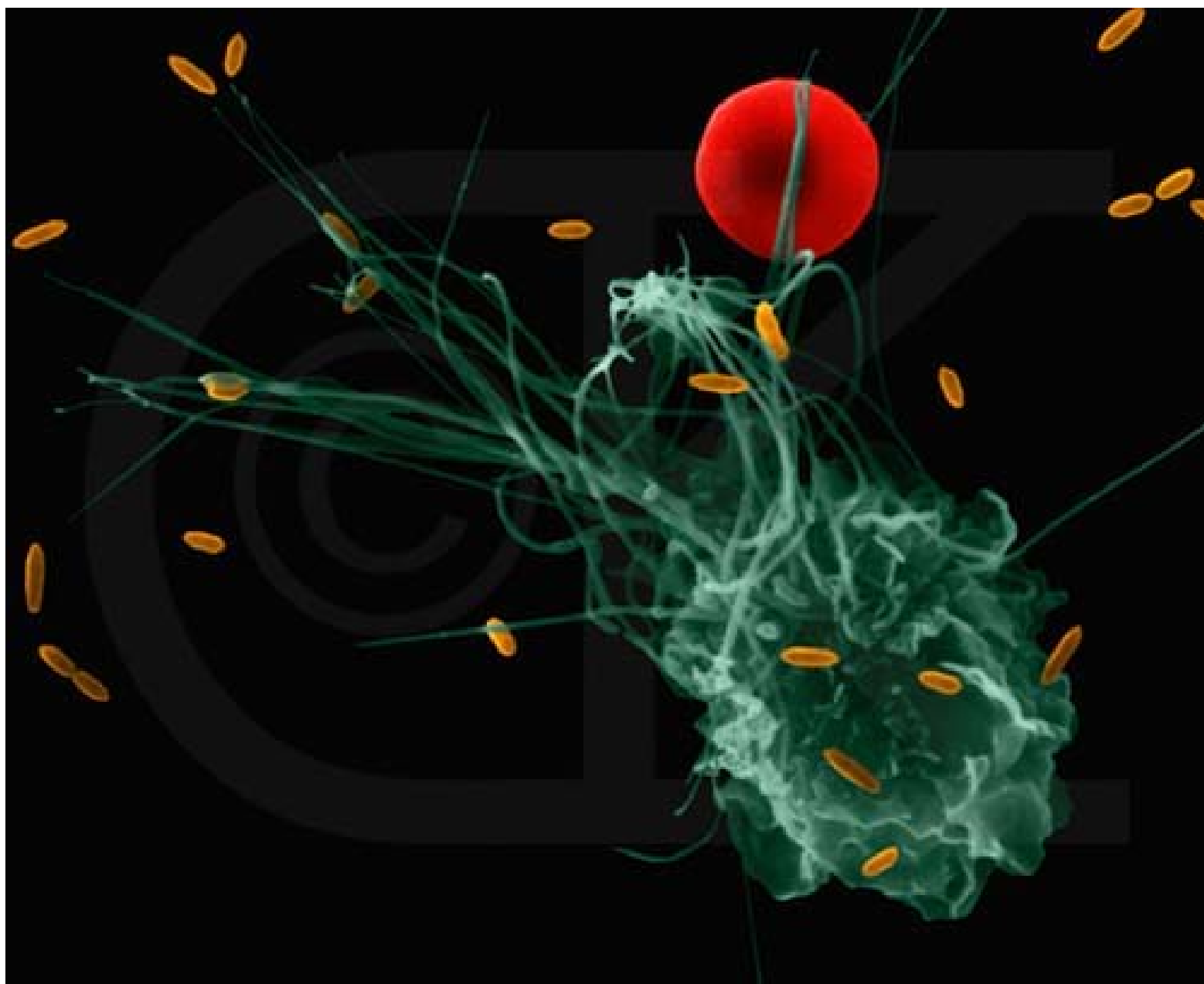
植物薄壁细胞



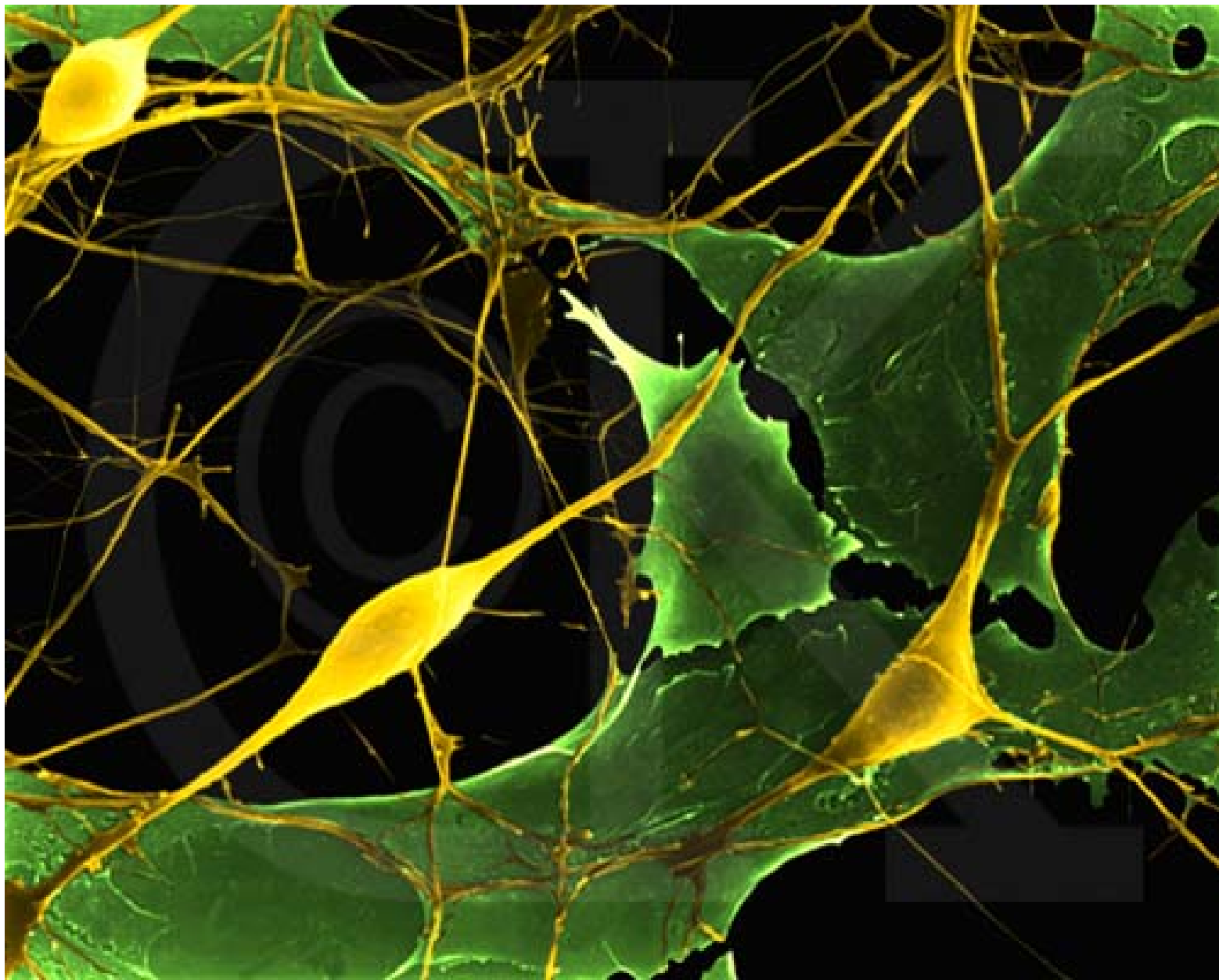
木材中的导管



人类红细胞

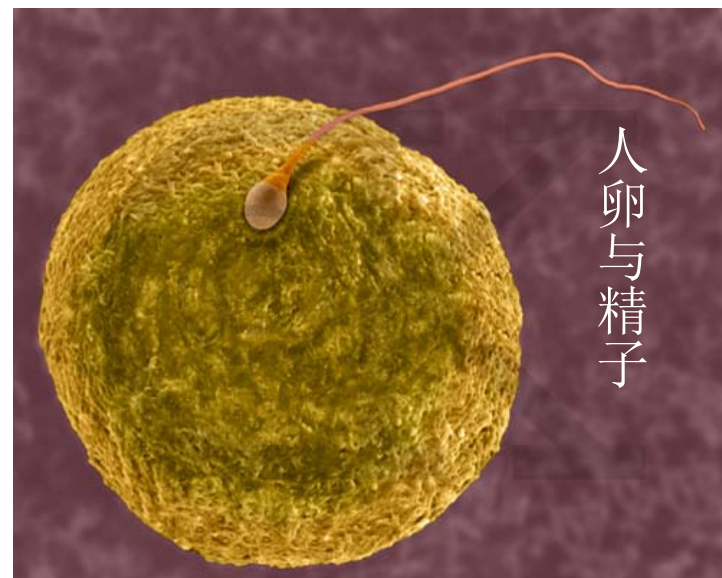


巨噬细胞



神经元细胞

动植物细胞在 $20\sim 30\mu\text{m}$ 间；  
真核细胞体积大于原核细胞；  
卵细胞大于体细胞。



人卵与精子

## 几种细胞的大小

名称	人卵	口腔上皮细胞	肝细胞	红细胞	变形虫	海胆卵	伤寒菌	肺炎球菌
$\mu\text{m}$	120	75	20	7	100	70	$2.4\times 0.5$	$0.2\times 0.1$



<http://www.cella.cn>

## 第二节 真核细胞

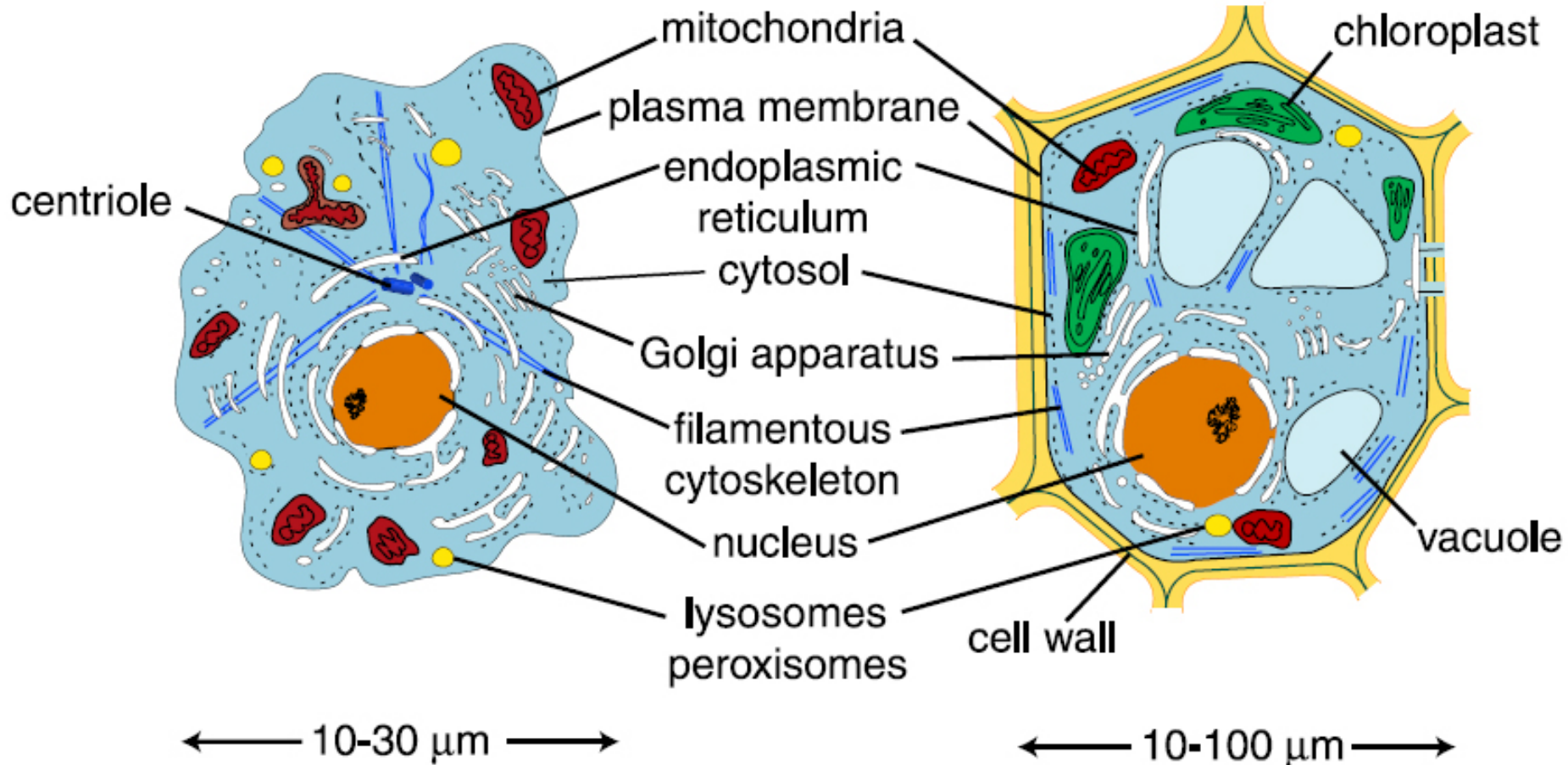


## ANIMAL CELL

thin section of generalized  
animal cell

## PLANT CELL

thin section of generalized  
cell from higher plant



# 一、基本结构

- 从形态学分为三部分：
- 质膜（plasma membrane）。
- 细胞核（nucleus）：具有核被膜和核仁。核仁是形成核糖体的结构域（domain），呈小球状。
- 细胞质（cytoplasm）：包括细胞器和细胞质基质（cytoplasmic matrix）/胞质溶胶（cytosol）。



# 肝细胞中细胞质组分所占的体积百分比

细胞质成分	体积百分比
细胞质基质	54
线粒体	22
粗面内质网	9
光面内质网和高尔基体	6
细胞核	6
过氧化物酶体	1
溶酶体	1
内体	1



## 二、细胞器

- 细胞器（organelle）：细胞内特定的功能结构域，有两类，一类是膜围成的，构成内膜系统。另一类细胞器是没有膜包围的。
- 主要细胞器有：①endoplasmic reticulum、②Golgi body; Golgi apparatus、③lysosome、④endosome、⑤mitochondrion、⑥chloroplast、⑦peroxisome、⑧cytoskeleton、⑨centriole、⑩ribosome。

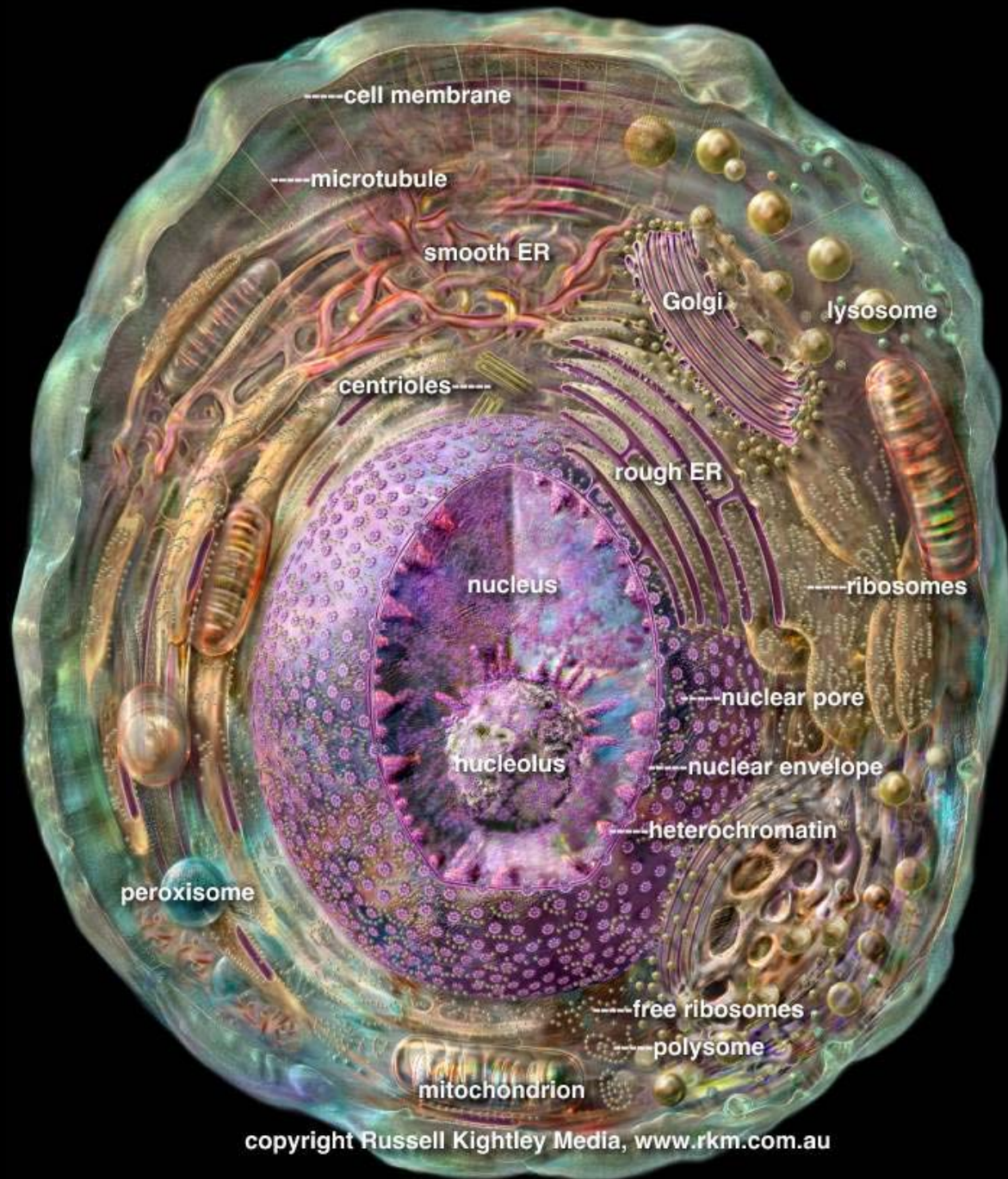


# 三、细胞质基质

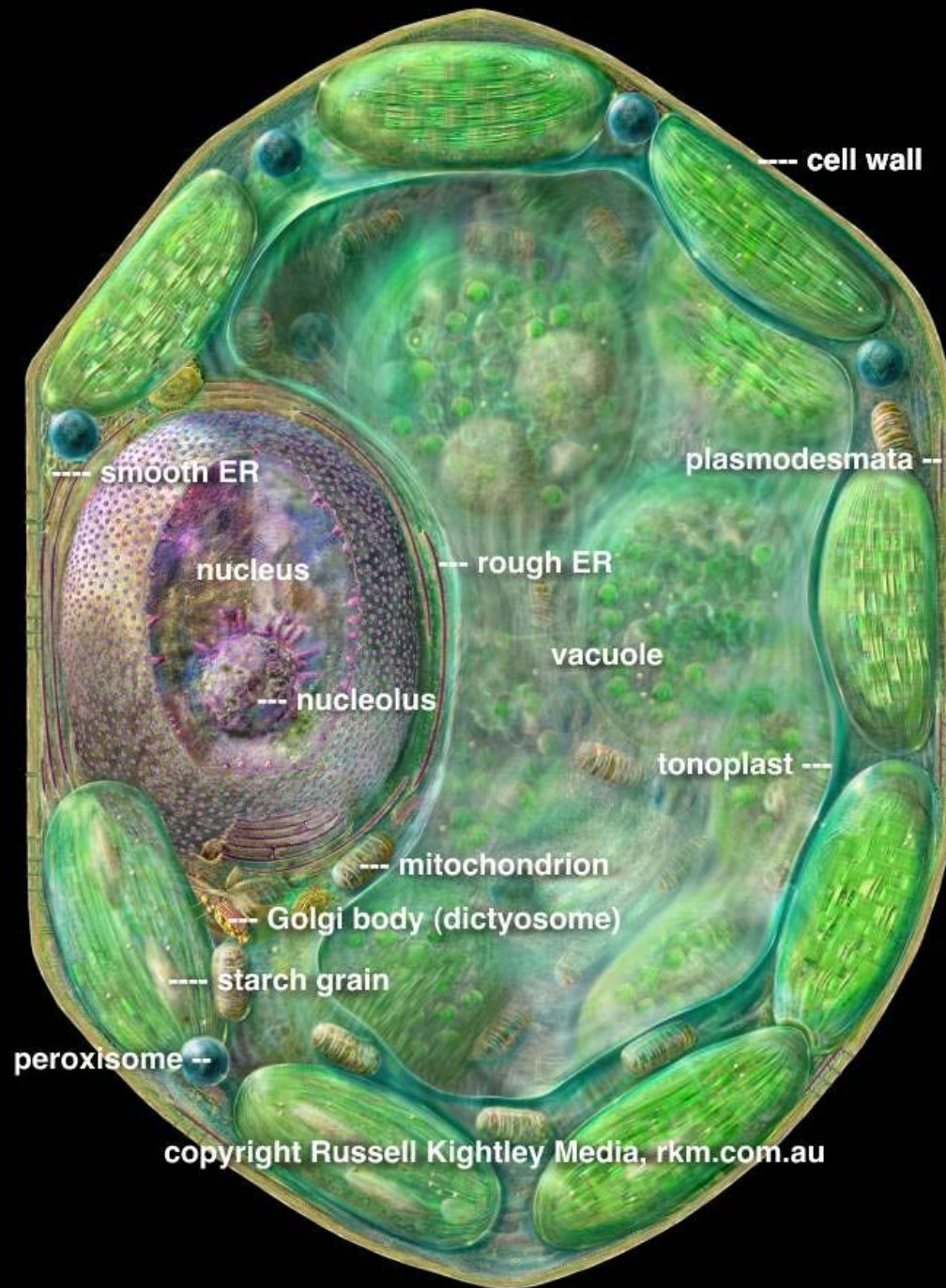
1. 维持细胞内相对稳定的离子环境。
2. 完成重要的代谢过程，如①蛋白质合成；②核苷酸合成；③脂肪酸合成；④糖酵解；⑤磷酸戊糖途径；⑥糖原代谢；⑦信号转导。
3. 供给细胞器行使其功能所需要的底物。
4. 控制基因的表达，参与细胞的分化。
5. 蛋白质的合成、加工、运输和选择性降解。



# Animal cell



# Plant cell

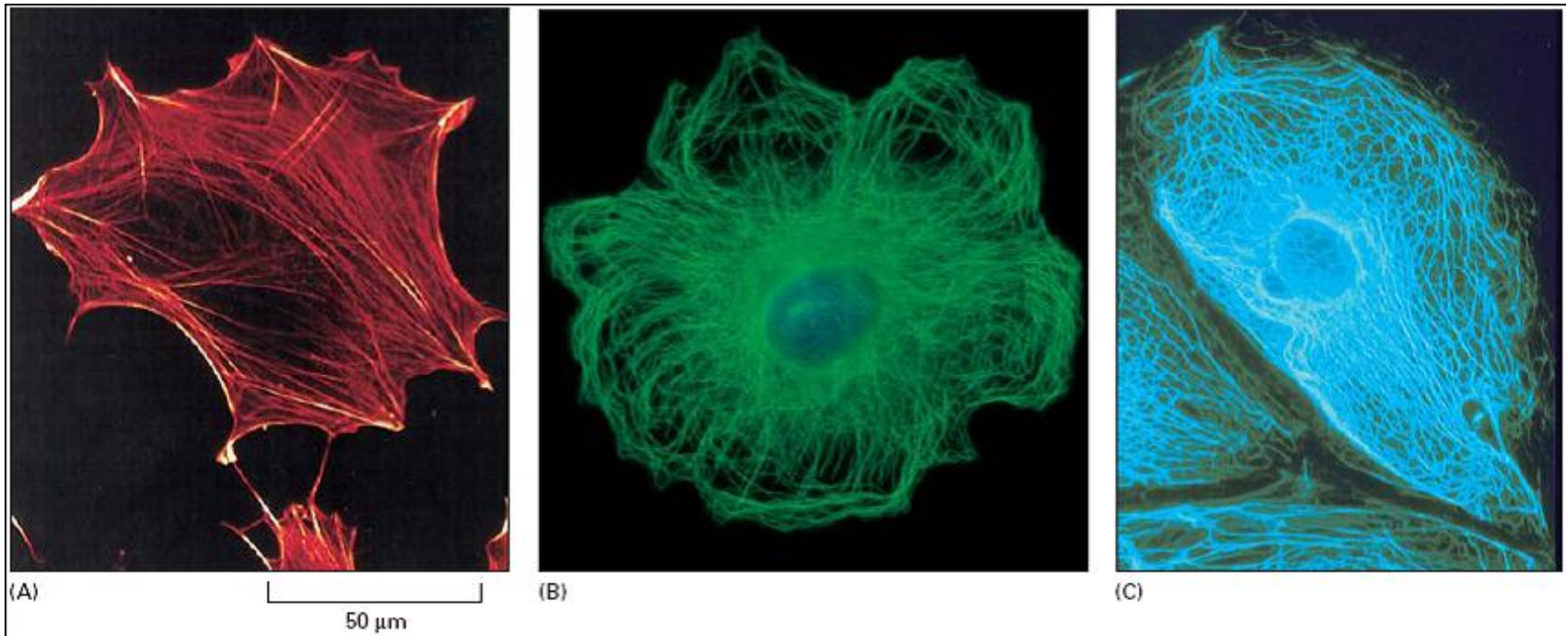


# 四、细胞的网络化结构

- ① 代谢网络 (metabolic network)
- ② 运输网络 (transport network)
- ③ 生物膜网络 (biomembrane network)
- ④ 细胞骨架网络 (cytoskeleton network)
- ⑤ 信号转导网络 (signal transduction network)



# cytoskeleton network



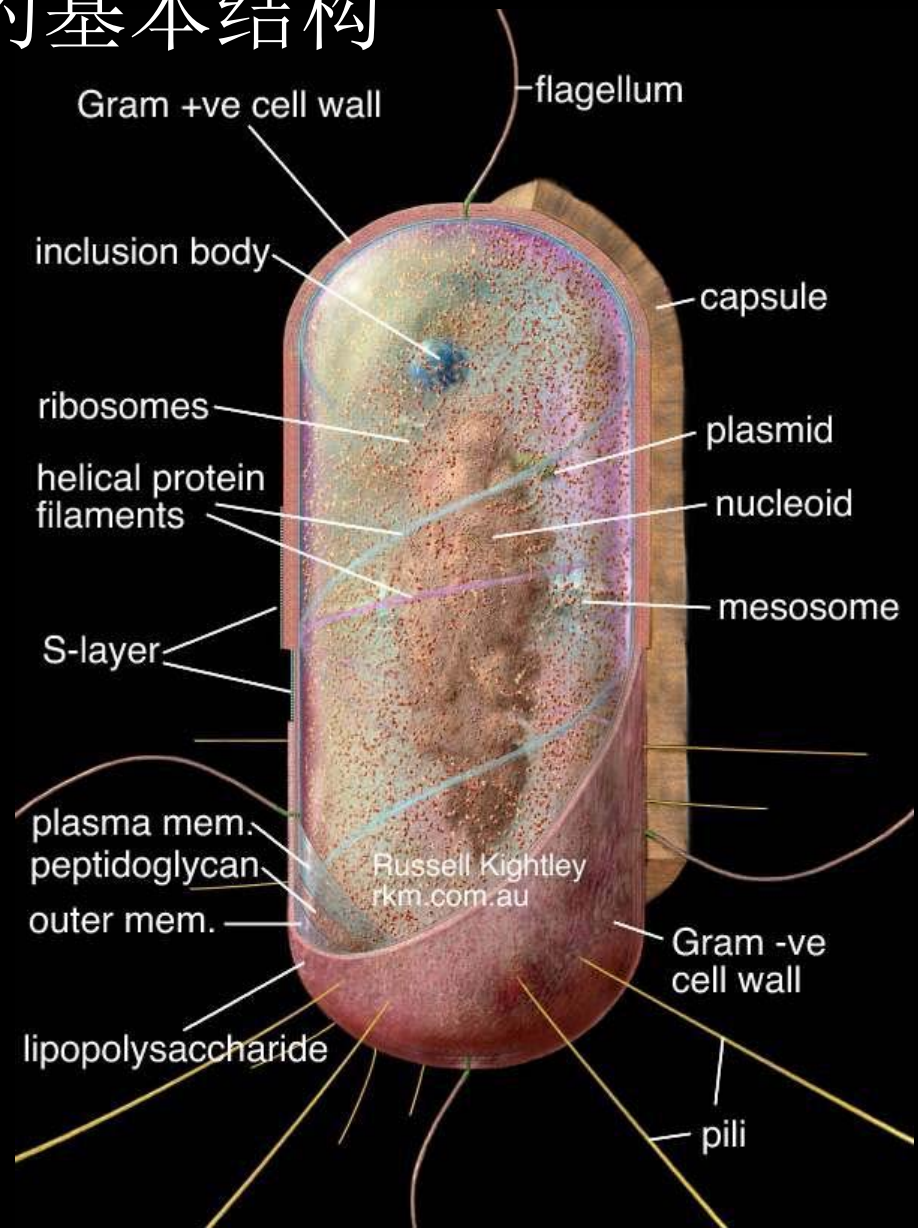
# 第三节 原核细胞与古细胞

- 原核细胞没有核膜，DNA为裸露的环状分子，通常没有结合蛋白。没有恒定的内膜系统，核糖体为70S型，通常称为细菌（bacterium）。
- 古细胞（archaeal cell）形态上与原核细胞相似，但并不意味着它们是最古老的细胞类型。



# 一、细菌的基本结构

- 分布最广、数量最多。
- 分为：球菌、杆菌和螺旋菌（弧形菌）。
- 直径0.5~5 $\mu\text{m}$ 之间。





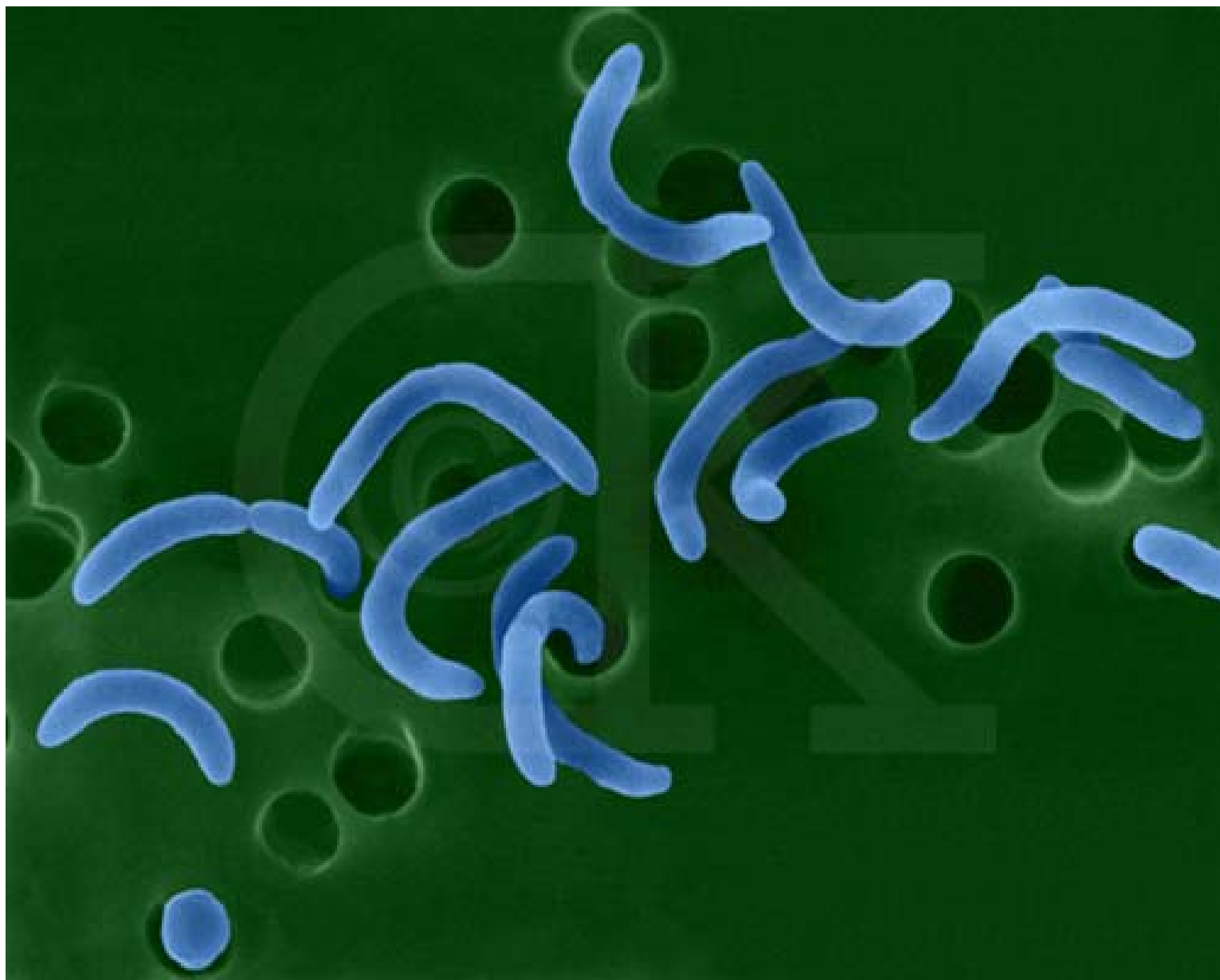
大肠杆菌



淋病球菌



肉毒梭菌



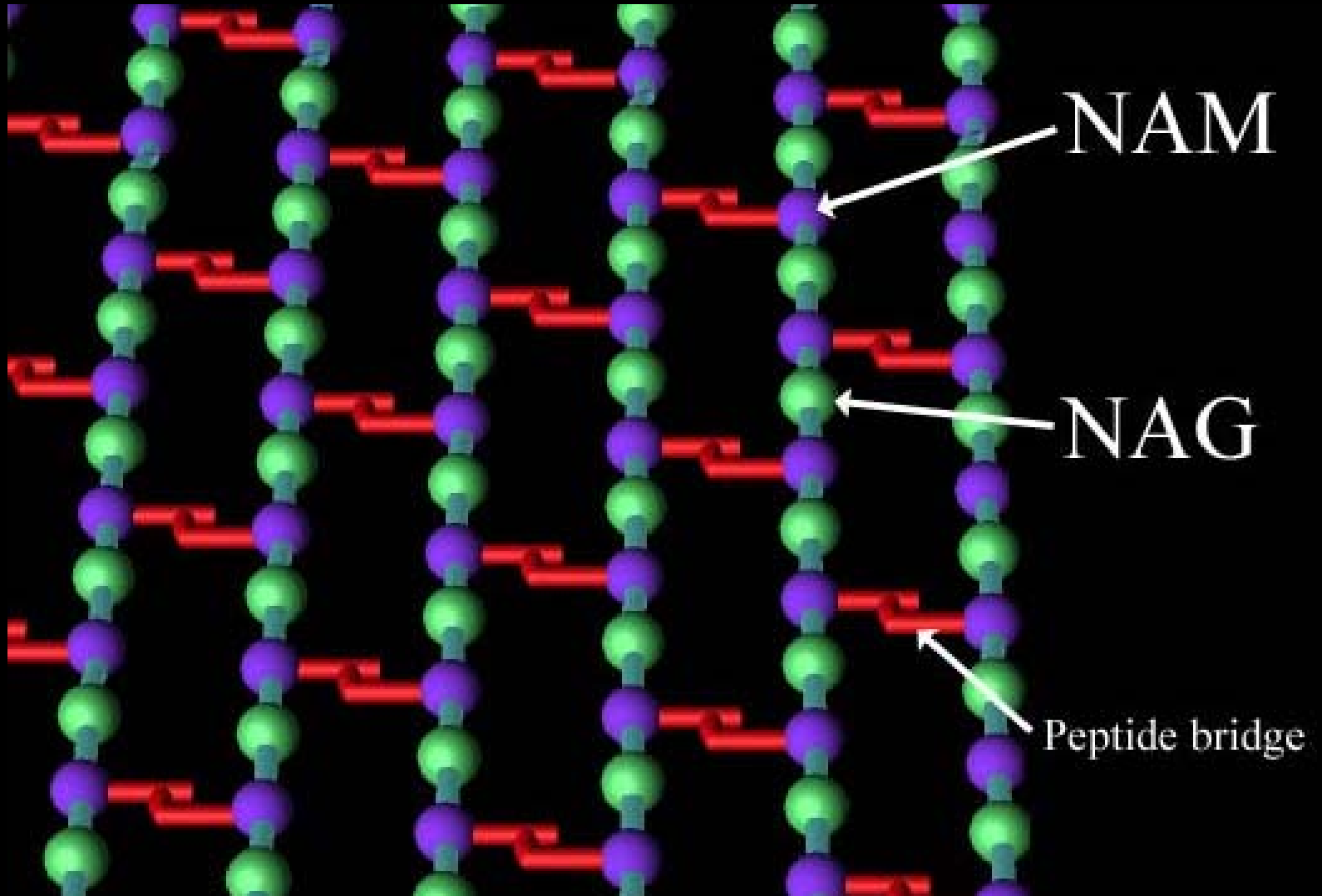
弧形霍乱菌

1、细胞壁：主要成分是肽聚糖，由NAG和NAM双糖单元以 $\beta$ （1-4）糖苷键连接成大分子。NAM上有四肽侧链，相邻聚糖纤维间的短肽通过肽桥（Gram+）或肽键（Gram-）桥接起来，形成了肽聚糖片层。

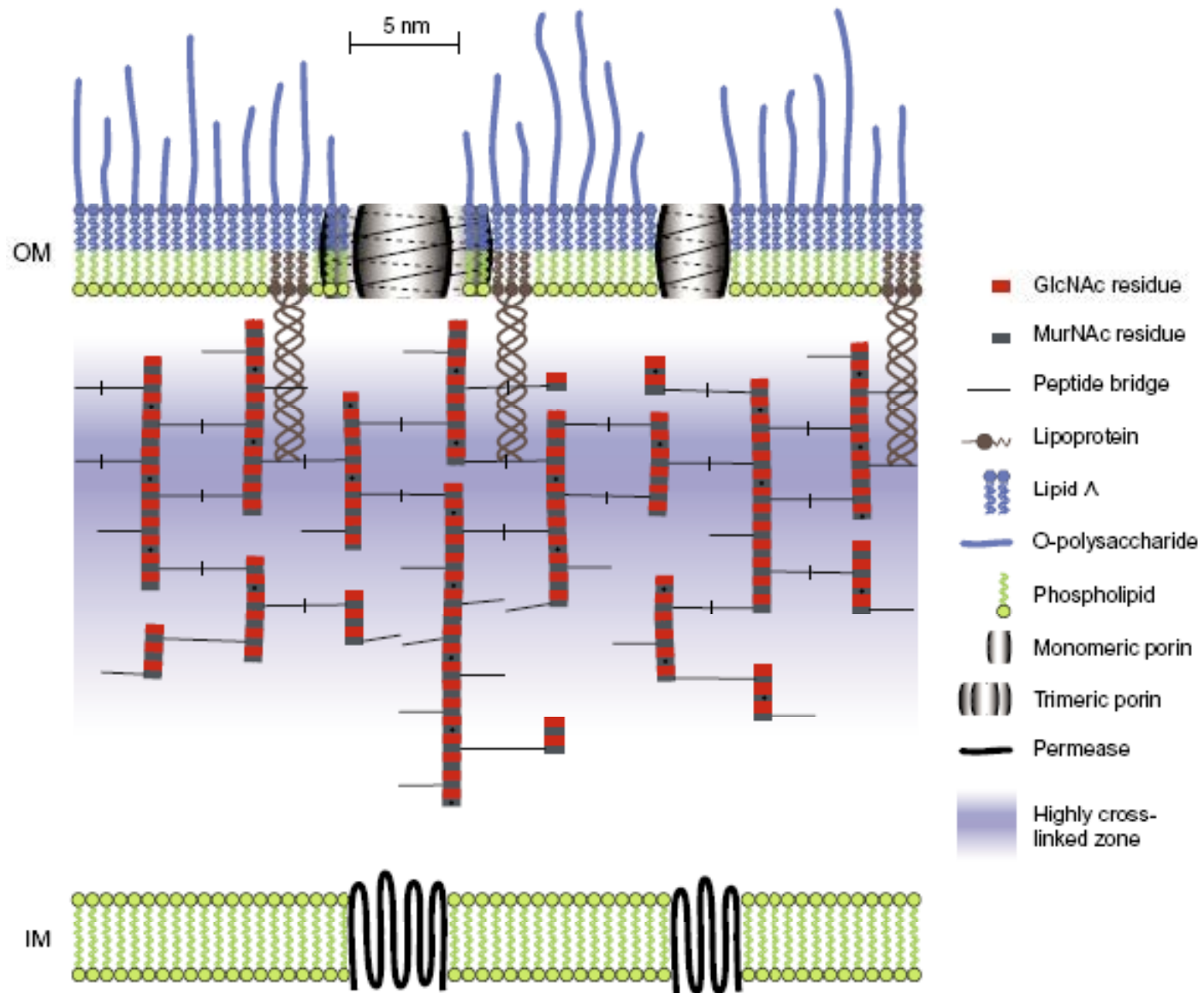
革兰氏阳性菌细胞壁厚约20-80nm，有15-50层肽聚糖片层，含20-40%的磷壁酸。革兰氏阴性菌细胞壁厚约10nm，仅2-3层肽聚糖，另外还有脂多糖、细菌外膜和脂蛋白。



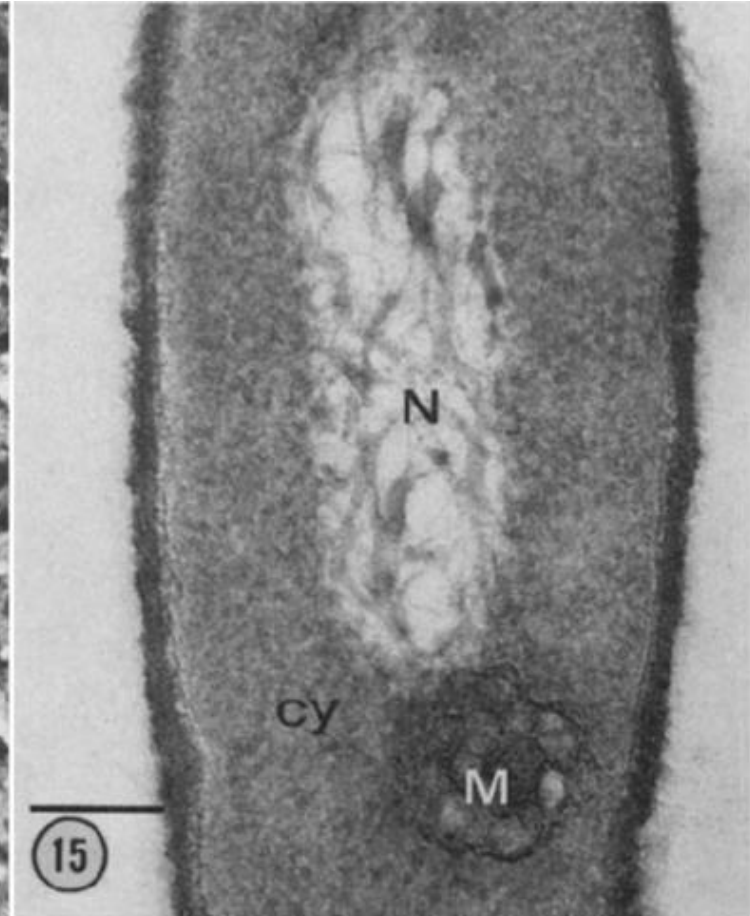
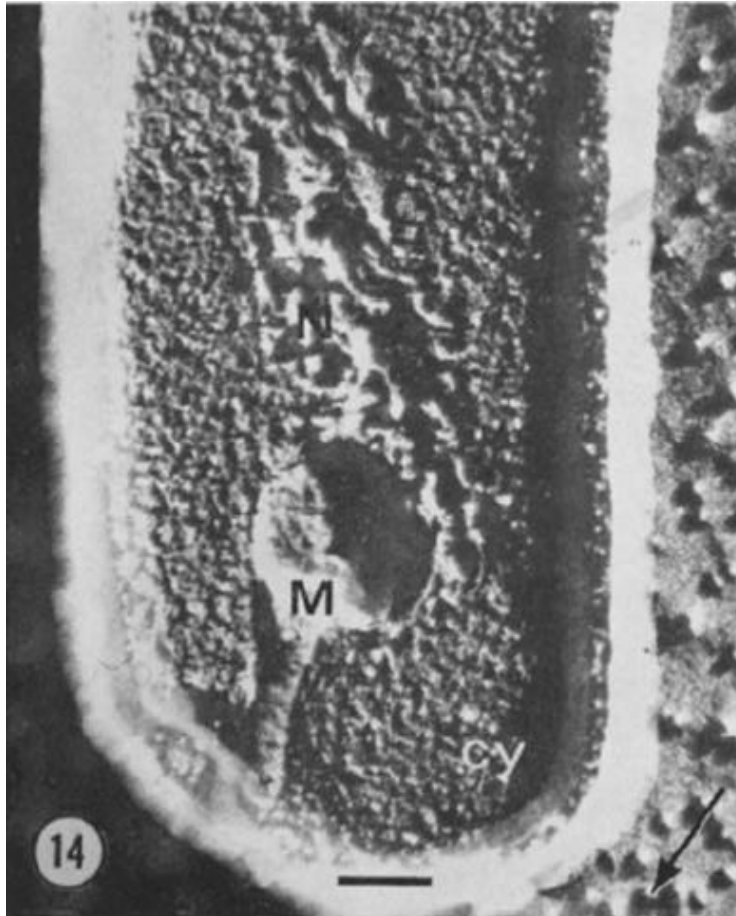
# Gram positive bacterial cell wall

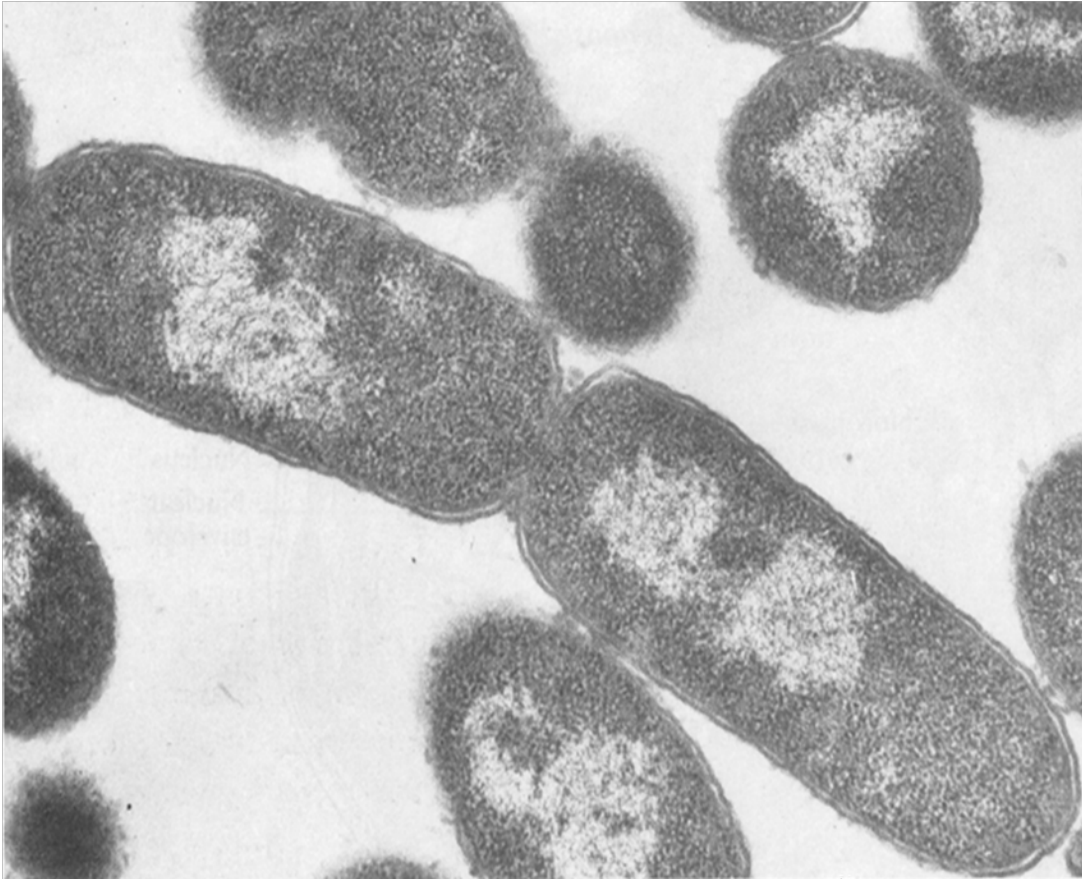


# Gram negative bacterial cell wall



# mesosome





大肠杆菌

低电子密度区  
为拟核

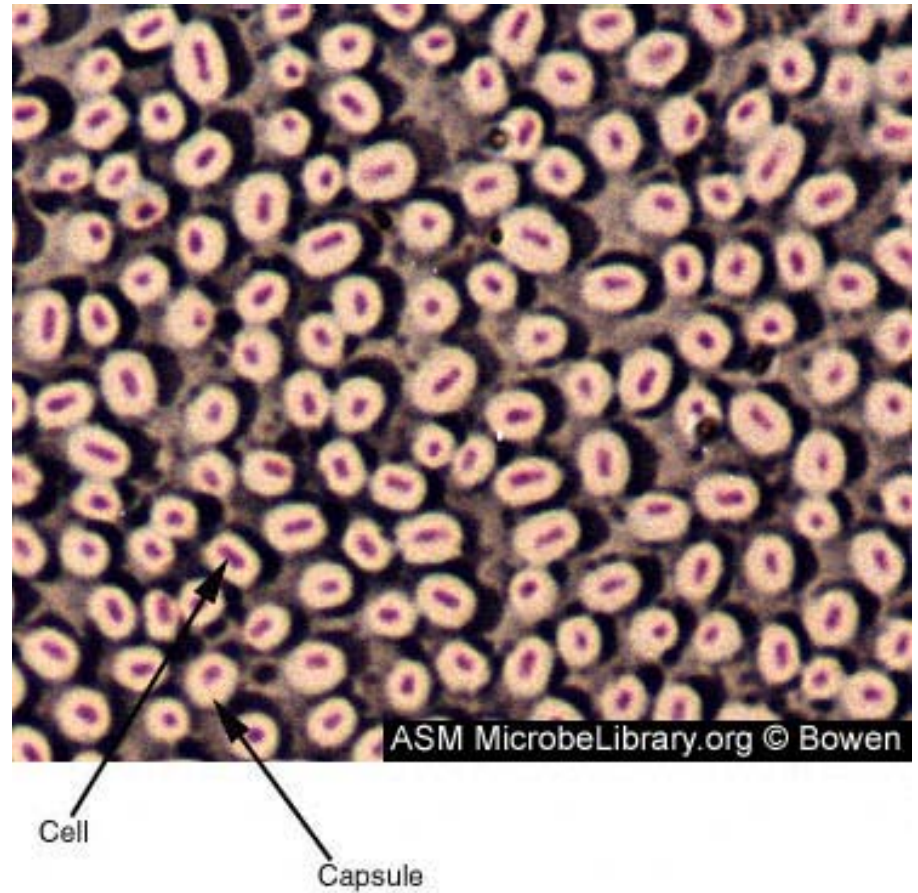
- 4、核糖体：
- 约含5000~50000个。
- 部分附着在细胞膜内侧，大部分游离于细胞质中。
- 沉降系数为70S。
- 小亚单位(30S)对四环素、链霉素敏感，大亚单位(50S)对红霉素、氯霉素敏感。



- 5、**质粒**(plasmid) :
- 除核区DNA外，可进行自主复制的遗传因子；
- 是裸露的环状DNA，遗传信息量2~200个基因；
- 能进行自我复制，有时能整合到核DNA中去；
- 质粒常用作基因重组与基因转移的载体。



- 6、荚膜（capsule）：  
细菌最外表的一层多糖类物质。
- 功能：抵御不良环境；  
保护自身不受吞噬；选择性的粘附到特定细胞的表面上。

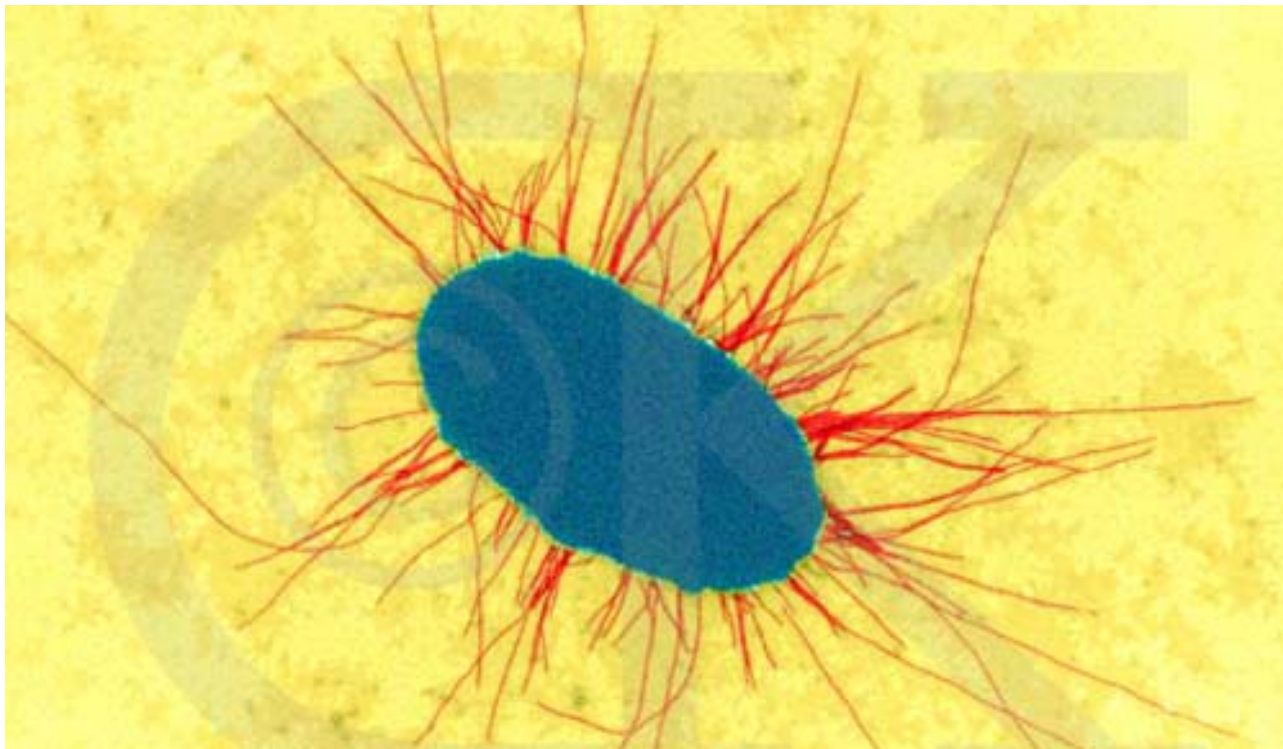


**Negative stained bacteria**

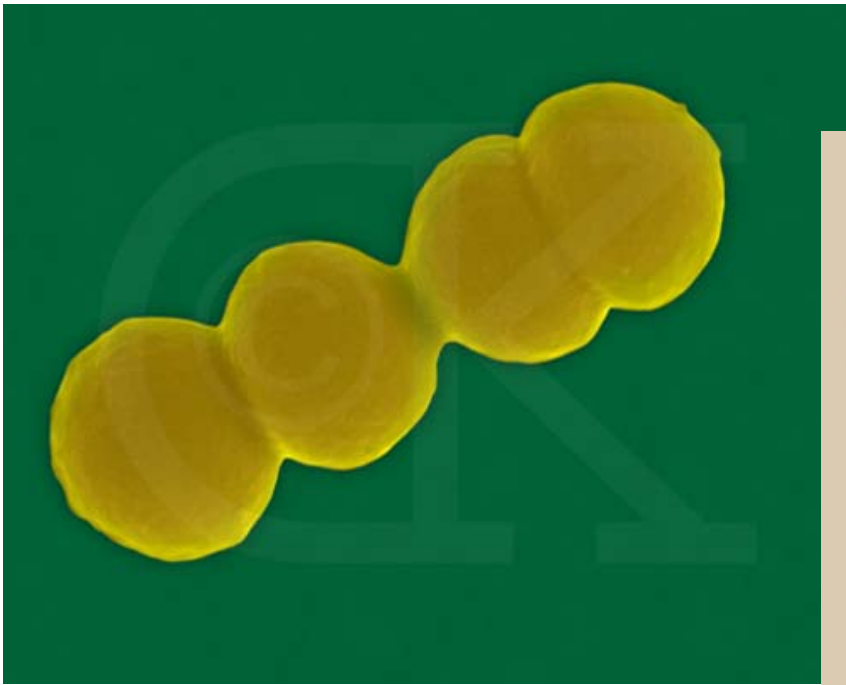
- 7、鞭毛：细菌的运动器官，由鞭毛蛋白构成。



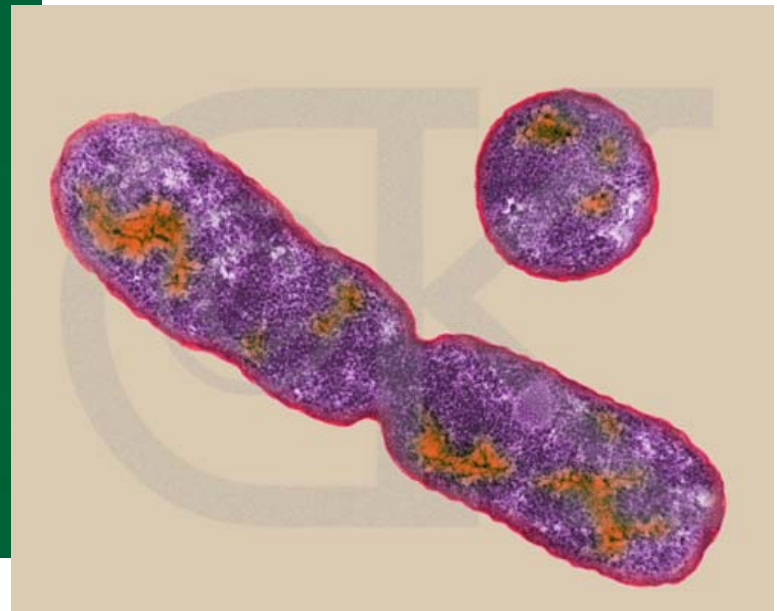
- 8、菌毛：菌体表面极细的蛋白纤毛，与运动无关。分为普通菌毛和性菌毛两类。前者与吸附和侵染宿主有关，后者为中空管子，与传递遗传物质有关。



- 9、**繁殖**：以二分裂繁殖。某些细菌处于不利的环境，或耗尽营养时，形成内生孢子，又称芽孢。

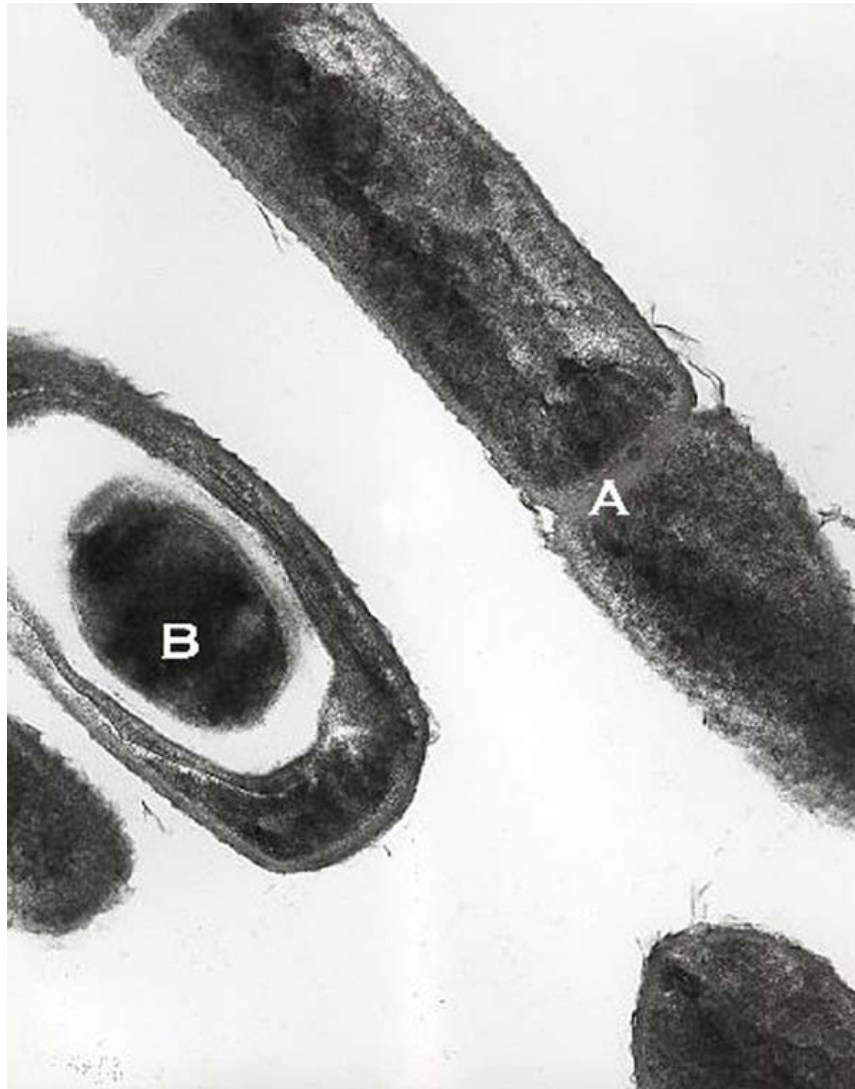


分裂中的链球菌



分裂中的大肠杆菌

# The spore of *Bacillus anthracis*

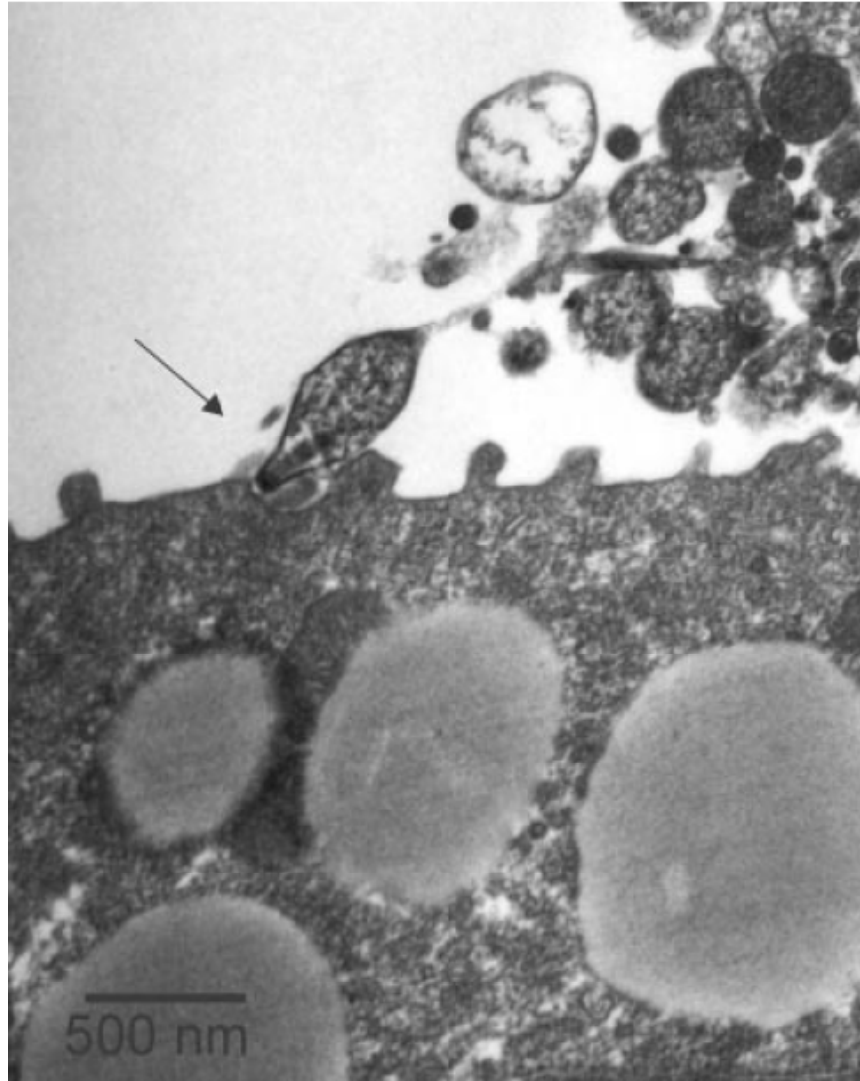


## 二、支原体 mycoplasma

- 大小 $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ ，可通过滤菌器、无细胞壁。
- 细胞膜中胆固醇含量较多，约占36%，凡能作用于胆固醇的物质（如两性霉素B、皂素等）均可引起支原体膜的破坏而使支原体死亡。
- 基因组为环状双链DNA，分子量小，合成与代谢很有限，肺炎支原体寄生于细胞表面。



# 肺炎支原体感染仓鼠气管组织的TEM照片

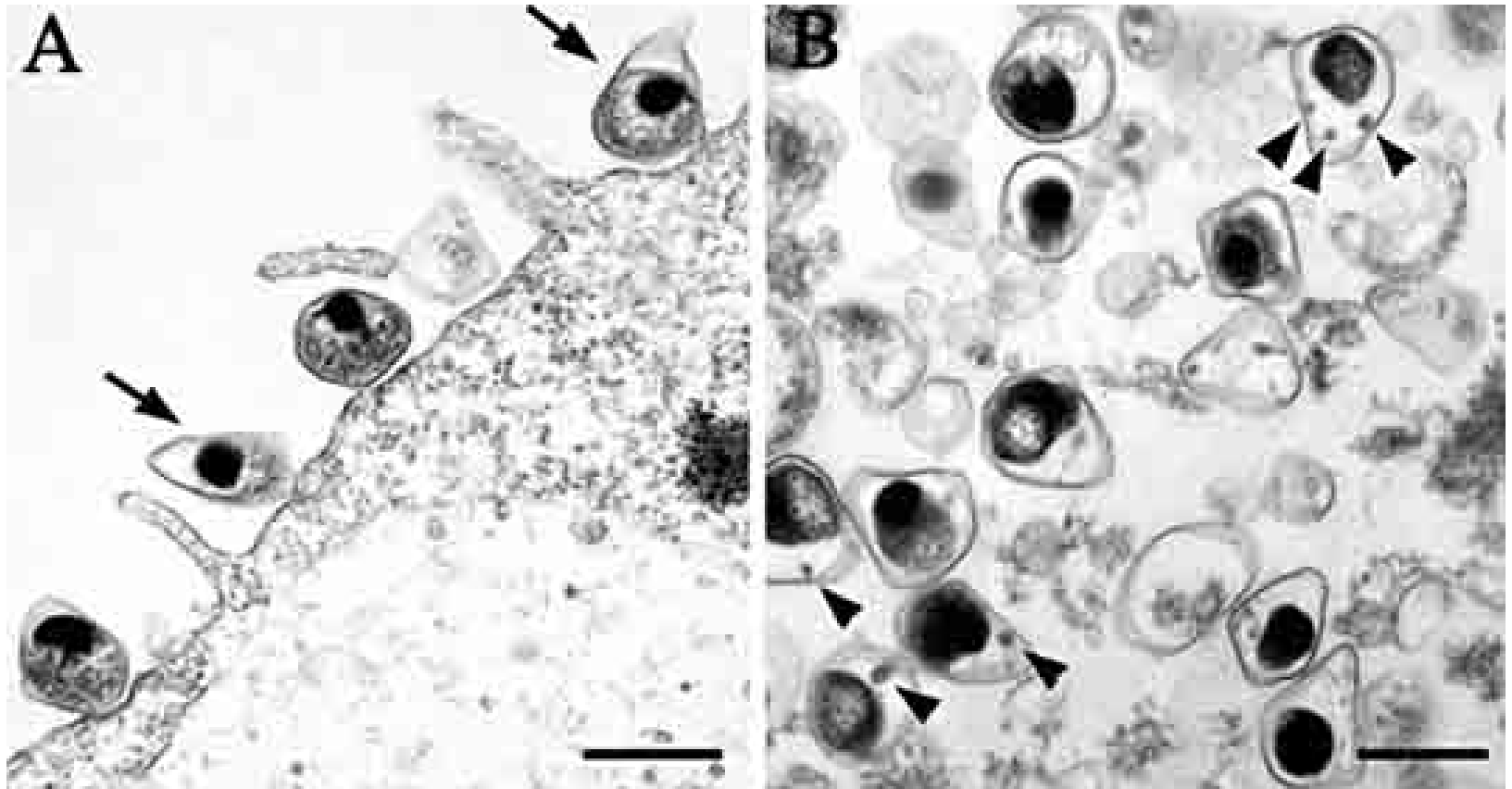


### 三、衣原体和立克次氏体

- 衣原体（Chlamydia）直径0.2-0.3 $\mu\text{m}$ ，能通过滤菌膜。立克次氏体（Rickettsia）略大。有细胞壁，在寄主细胞内生活，有摄能寄生物之称。
- 砂眼衣原体起初被认为是大型病毒，1956年，我国汤飞凡等首次分离到沙眼病原体。
- 立克次氏体无滤过性，合成能力较强，且不形成包涵体。



***Chlamydia pneumoniae* associated with macrophages (RAW cells). A. Typical pear shaped EBs (arrows) are shown at the macrophage surface. B. Intracellular EBs.**





附着在内皮细胞表面的立克次氏体和细胞内包含立克次氏体的内吞体。

## 四、蓝藻

- 又称蓝细菌，光合作用类似于高等植物，不同于光合细菌。没有叶绿体，但有质膜内陷形成的捕光装置。
- DNA分子环状，遗传信息可与高等植物相比。
- 体积大，直径 $10\mu\text{m}$ 左右，颤藻可达 $70\mu\text{m}$ 。
- 属单细胞生物，有些以丝状细胞群体存在，如：发菜。



# Cyanobacteria

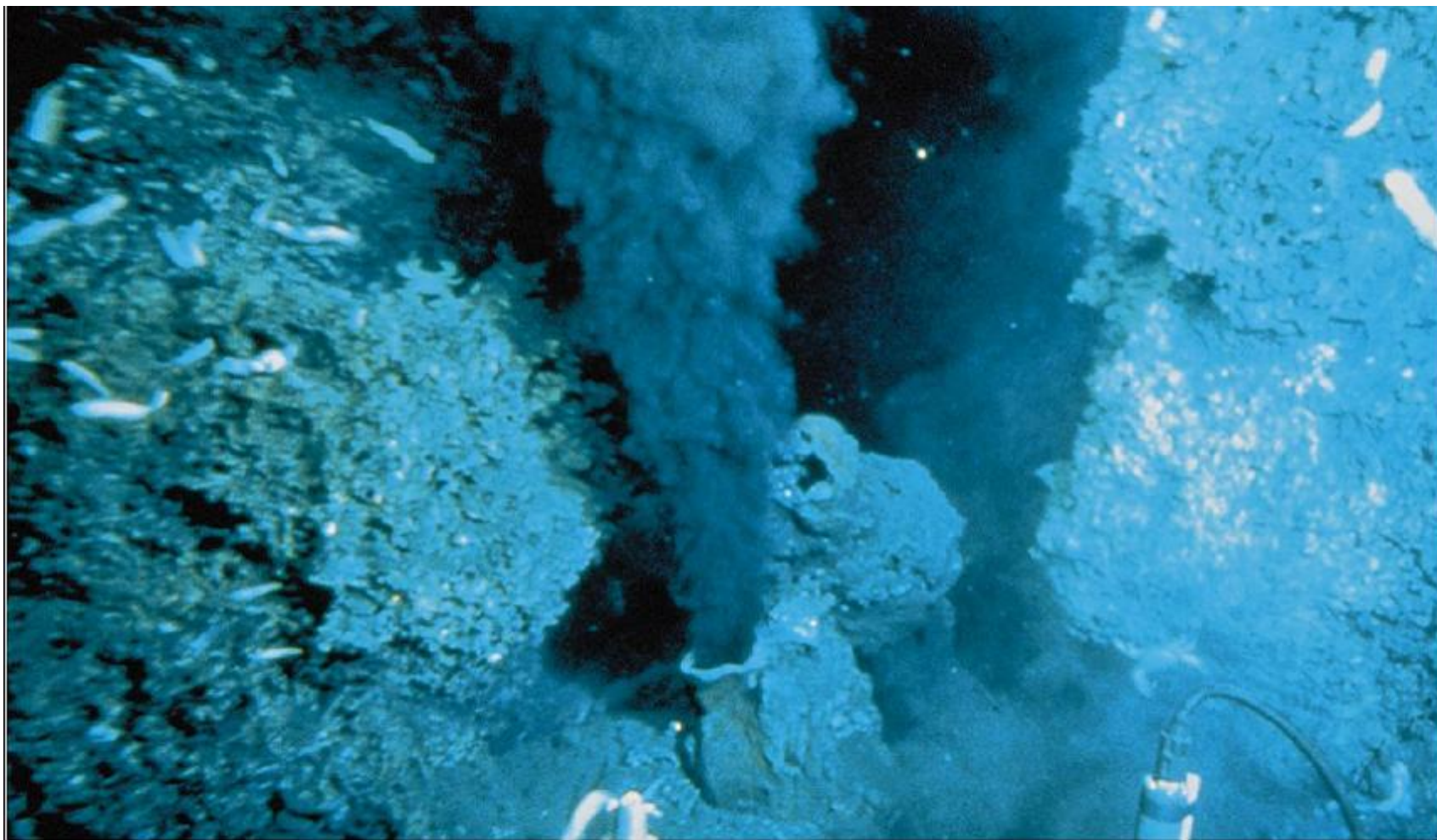


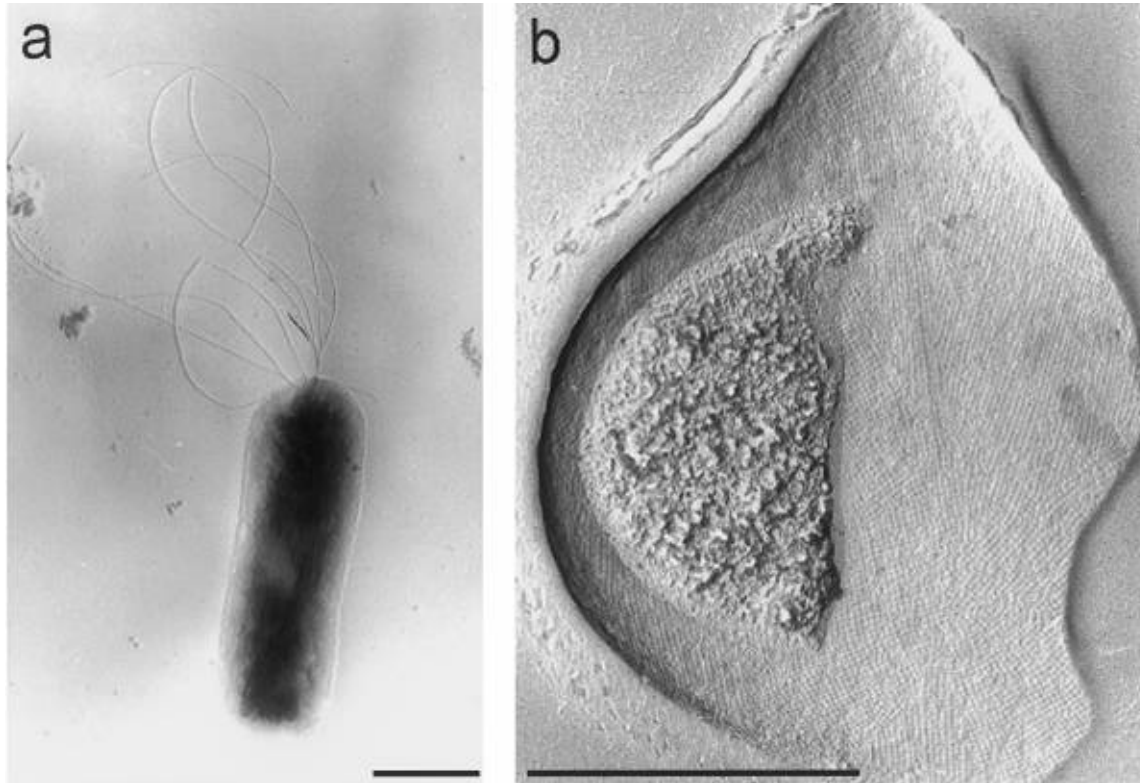
## 五、古细菌（archaebacterium）

- 无核膜及内膜系统；
- 以甲硫氨酸起始蛋白质合成、核糖体对氯霉素不敏感、RNA聚合酶和真核细胞的相似、具有内含子和组蛋白。
- 细胞膜中的脂类不可皂化，细胞壁不含肽聚糖。
- 生活在极端环境中，如：产甲烷菌、极端嗜盐菌、极端嗜热菌。



海底烟筒附近也具有古细菌





*Pyrolobus fumarii* 可以生活在 90 -113℃，pH 4.0-6.5。其最适生存温度为106℃，低于85℃和高于115℃则不生长，能在121℃的高温中存活1小时。

- 各类生物能忍受的上限温度:
- 古细菌113℃
- 细菌90℃
- 真菌60℃
- 藻类55-60℃
- 原生动物56℃
- 维管束植物49℃
- 鱼类和其他水生脊椎动物38℃





<http://www.cella.cn>

# 第四节

## 病毒与蛋白质感染因子



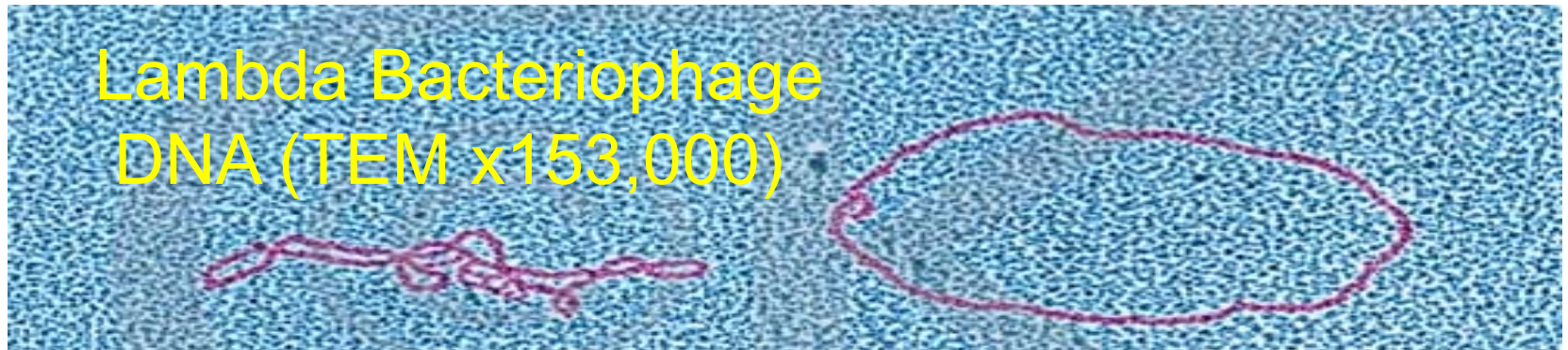
# 一、病毒的基本特征

- ①个体微小，20~30nm之间，可通过滤菌器，大多数病毒必须用电镜才能看见；
- ②含DNA或RNA，没有含两种核酸的病毒；
- ③专营细胞内寄生生活；
- ④具有受体连结蛋白 (receptor binding protein) 。



## 二、病毒的结构

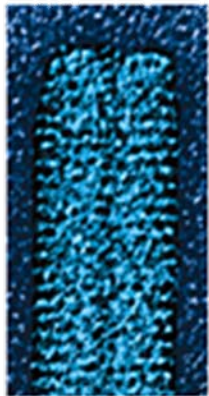
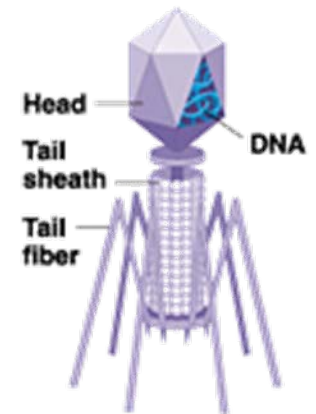
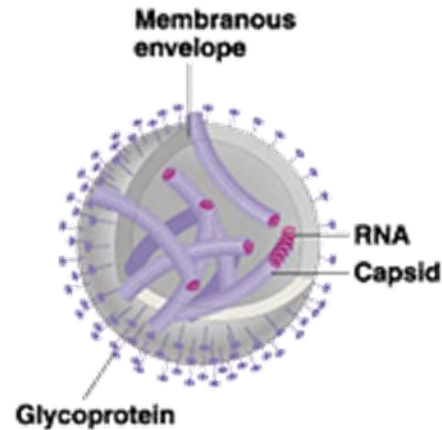
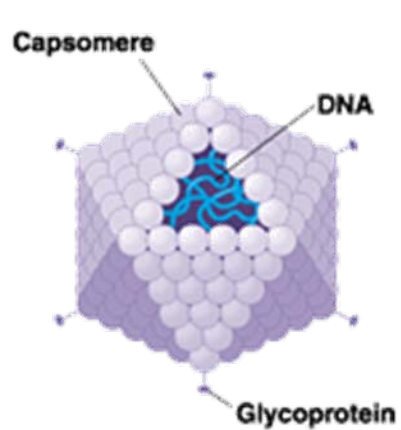
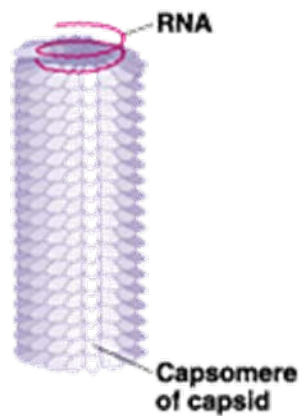
- 由核酸(DNA或RNA)芯和蛋白质衣壳(capsid)构成，称核衣壳(nucleocapsid)。
- 基因组小，少的只含有3个基因，多可达300个。



- 有的病毒衣壳外面有**被膜(envelope)**，来源于宿主细胞的质膜，被膜中含有病毒融合蛋白。
- 组成病毒衣壳的亚单位称**壳微粒(capsomer)**。
- 一个成熟有感染性的病毒颗粒称“病毒体”(**virion**)。其装配形式有**二十面体对称、螺旋对称和复合对称**三种类型。

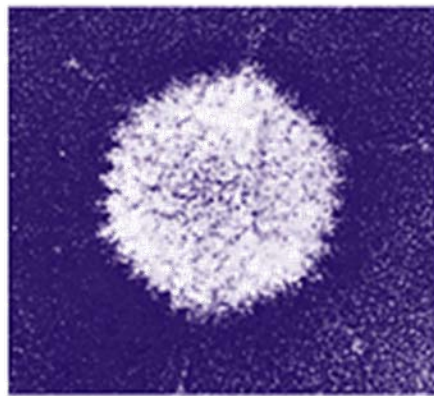


# Viruses



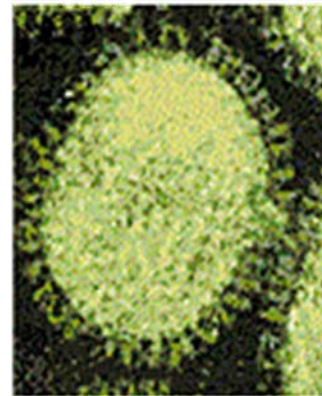
10  $\mu\text{m}$

(a) Tobacco mosaic virus



50  $\mu\text{m}$

(b) Adenovirus



25  $\mu\text{m}$

(c) Influenza virus

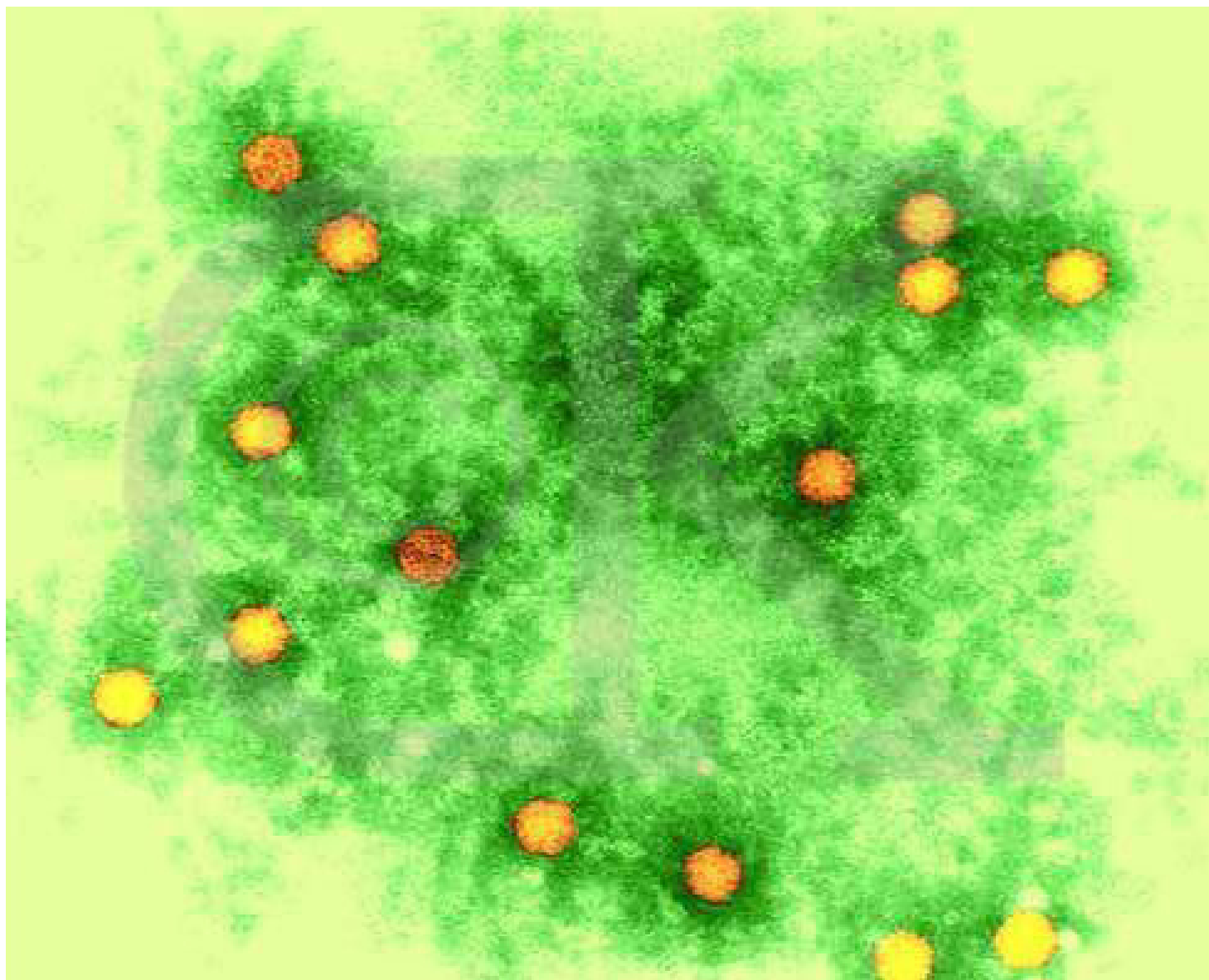


50  $\mu\text{m}$

(d) T-even bacteriophage

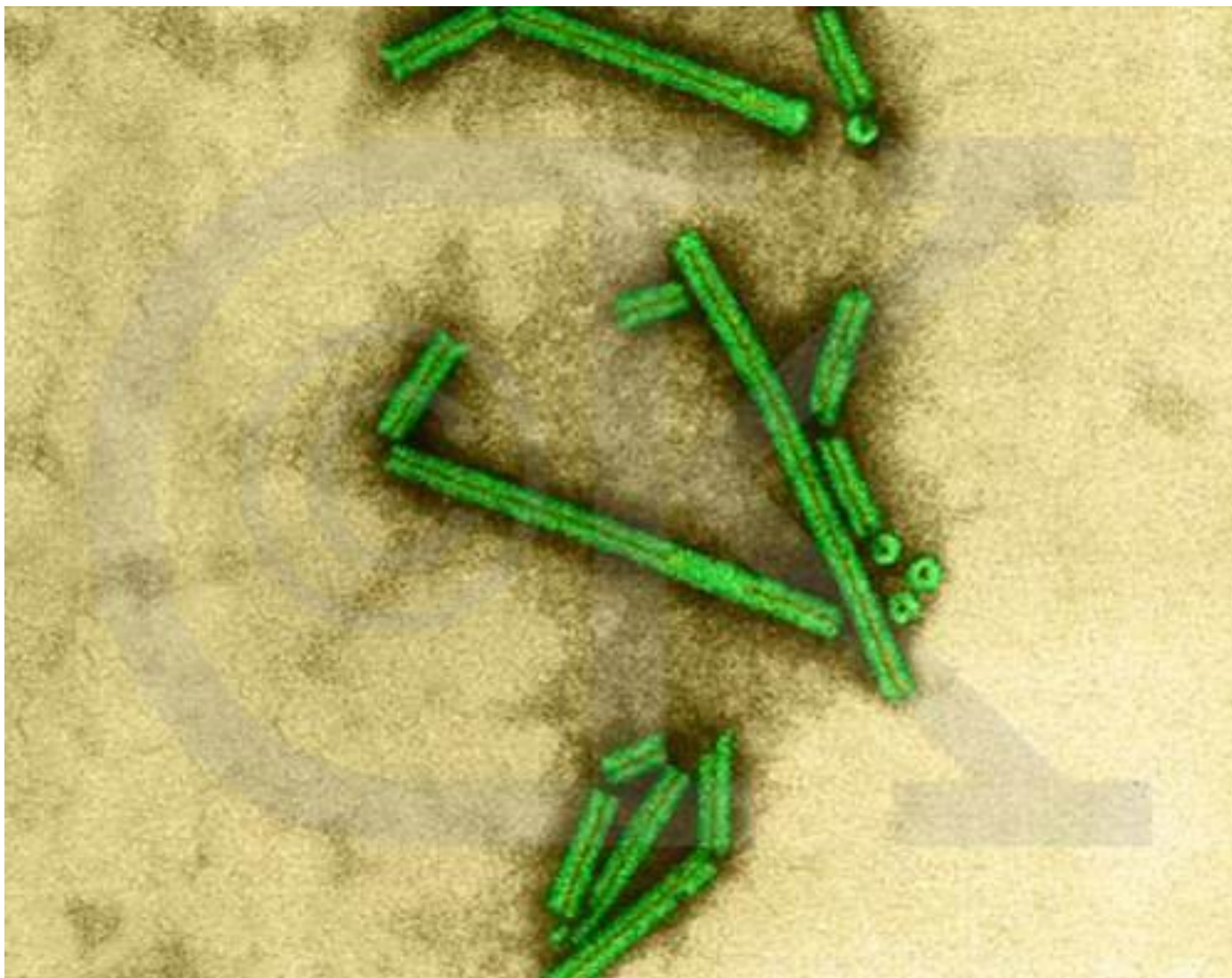
- 病毒有五种形态：①球形：大多数人类和动物病毒，如脊髓灰质炎病毒；②丝形：多见于植物病毒，如烟草花叶病病毒；③弹形：形似子弹头，如狂犬病病毒。④砖形：如痘病毒；⑤蝌蚪形：如噬菌体。
- 其中①为二十面体对称；②、③为螺旋对称；④、⑤复合对称。



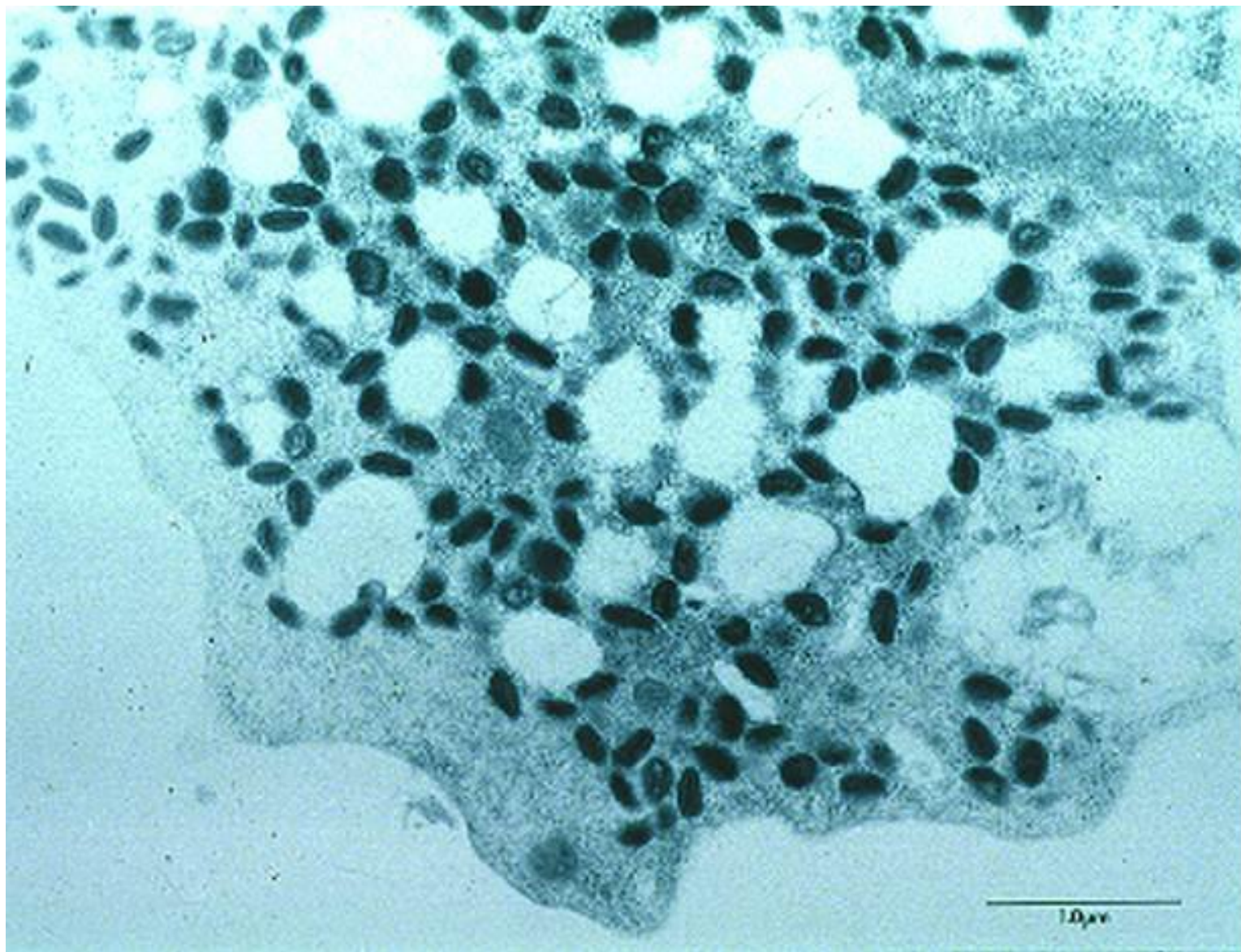


脊髓灰质炎病毒 球形病毒

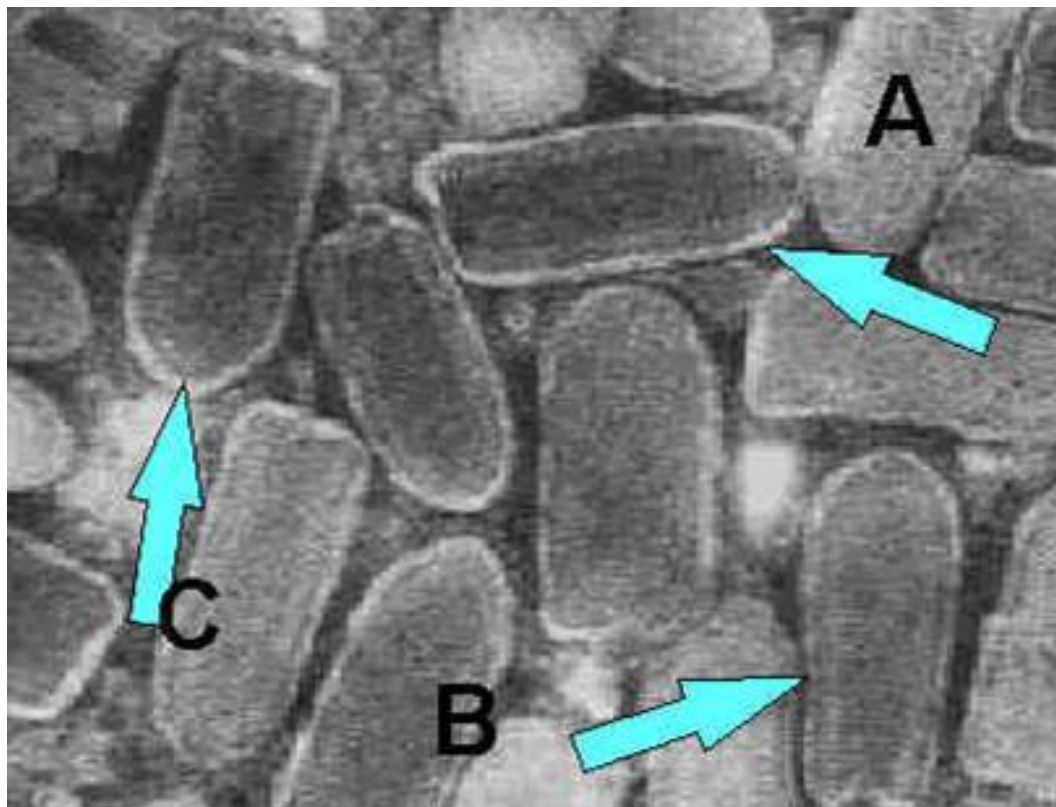
# 烟草花叶病毒 线形病毒

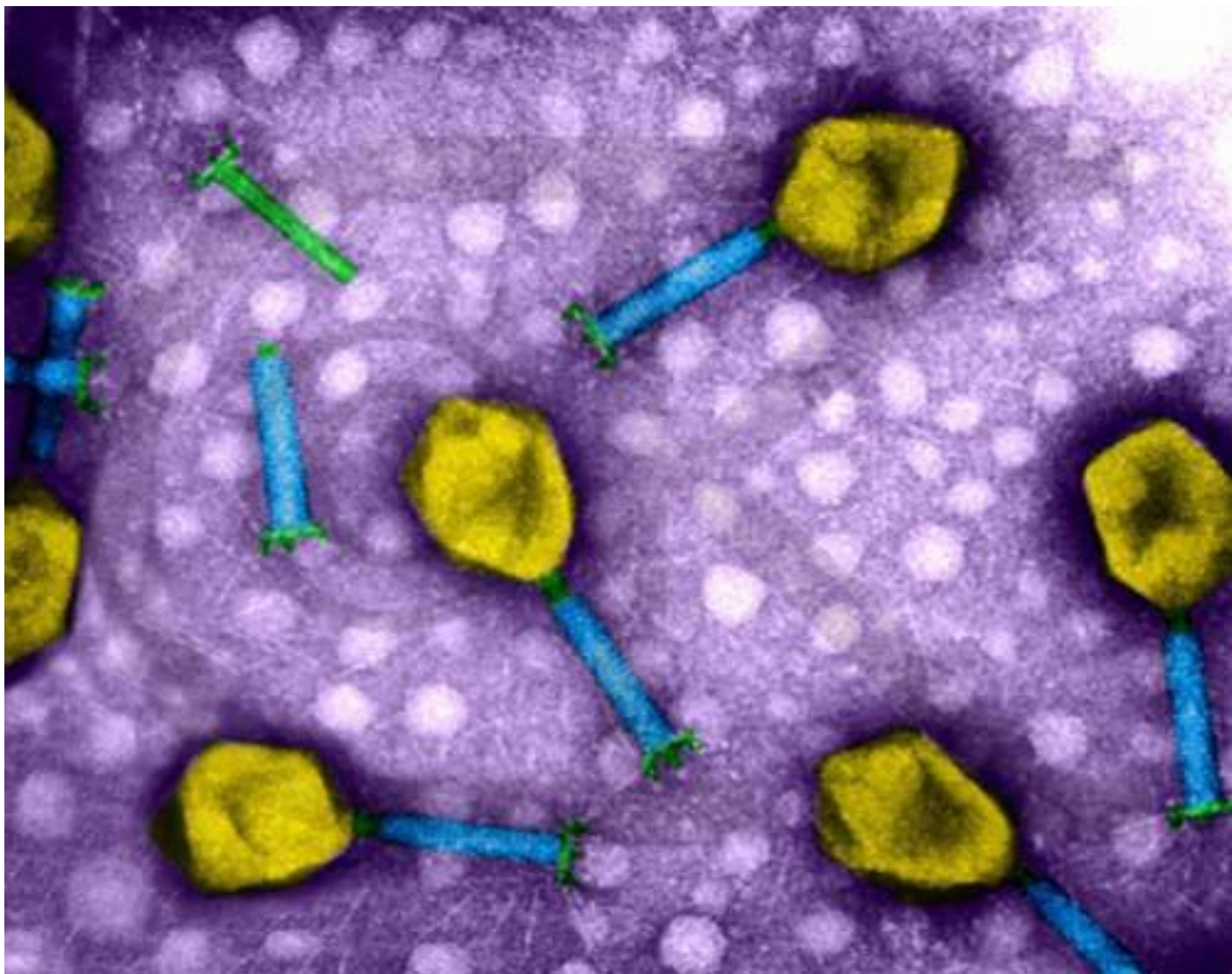


# 痘病毒 砖形病毒

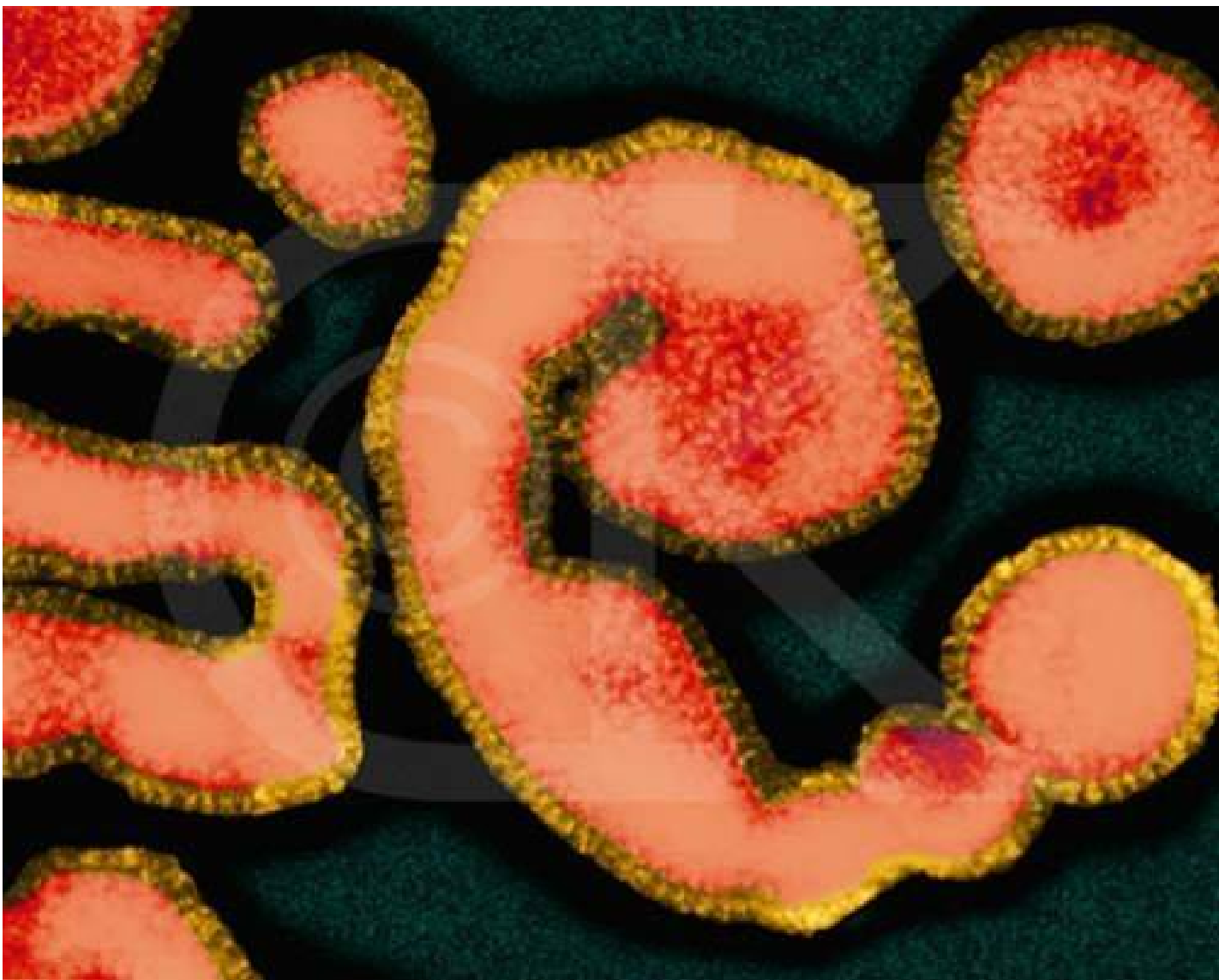


# 狂犬病毒 子弹形病毒





蝌蚪形噬菌体



流感病毒 丝状有被膜的病毒

- 病毒只有在侵入细胞以后才表现出生命现象，生活周期可分为两个阶段：
- **细胞外阶段**，以成熟的病毒粒子形式存在；
- **细胞内阶段**，即**感染阶段**，进行复制和繁殖；
- 根据寄生的宿主不同，病毒可分为：**动物病毒、植物病毒、细菌病毒(即噬菌体)**。



• 可将病毒分为6类:

1. 双链 $\pm$ DNA $\rightarrow$ +mRNA $\rightarrow$ 蛋白, 如天花病毒。

2. 单链+DNA $\rightarrow$  $\pm$ DNA $\rightarrow$ +RNA $\rightarrow$ 蛋白, 如细小DNA病毒。

3. 双链 $\pm$ RNA $\rightarrow$ +mRNA $\rightarrow$ 蛋白, 如呼肠孤病毒。

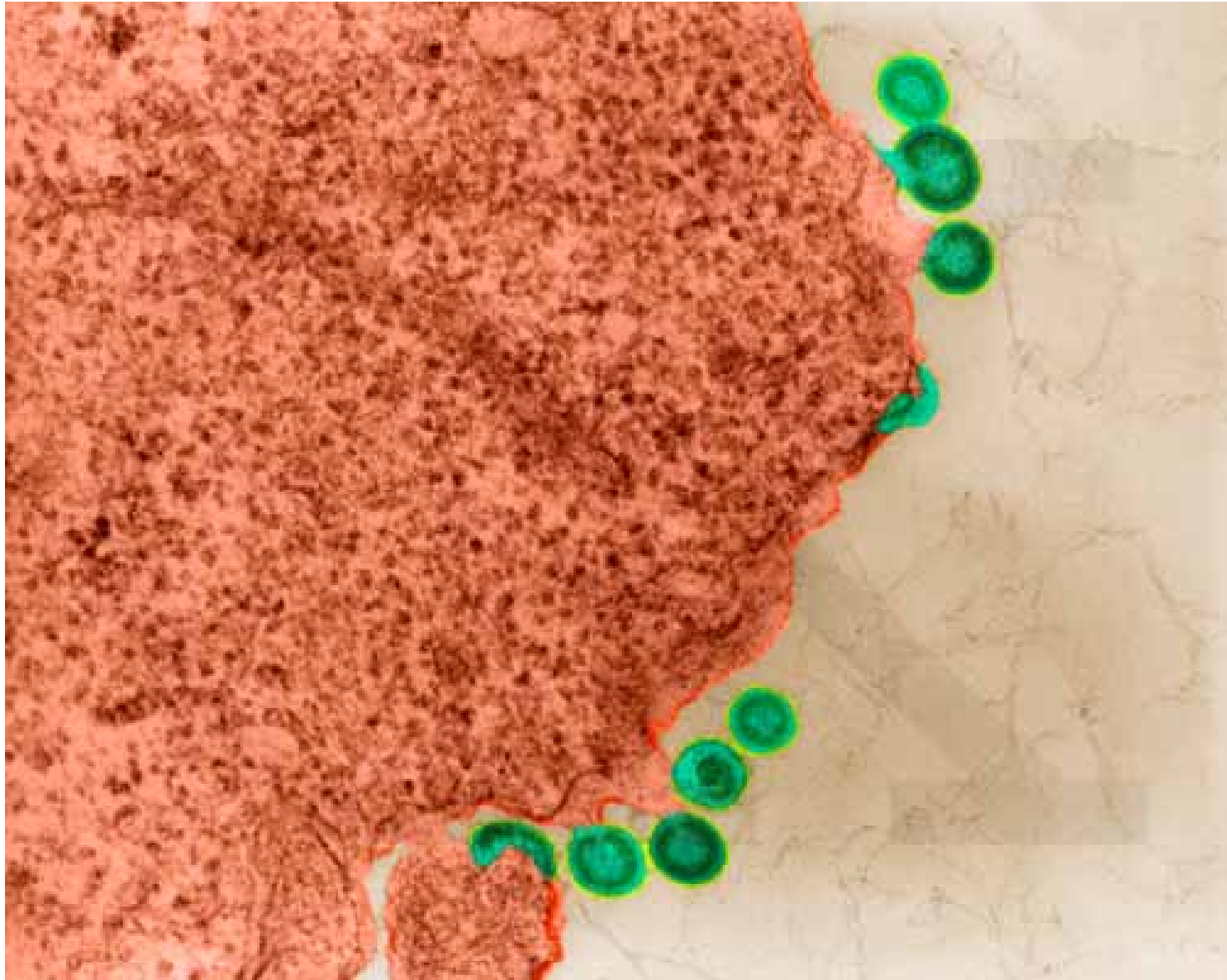
4. 单链+RNA $\rightarrow$ -RNA $\rightarrow$ +RNA $\rightarrow$ 蛋白, 如脊髓灰质炎病毒。

5. 单链-RNA $\rightarrow$ +RNA $\rightarrow$ +蛋白质, 如流感病毒。

6. 单链+RNA $\rightarrow$ DNA $\rightarrow$  $\pm$ DNA $\rightarrow$ +mRNA $\rightarrow$ 蛋白, 即逆转录病毒 (retrovirus)。



# 逆转录病毒的生活史



### 三、类病毒

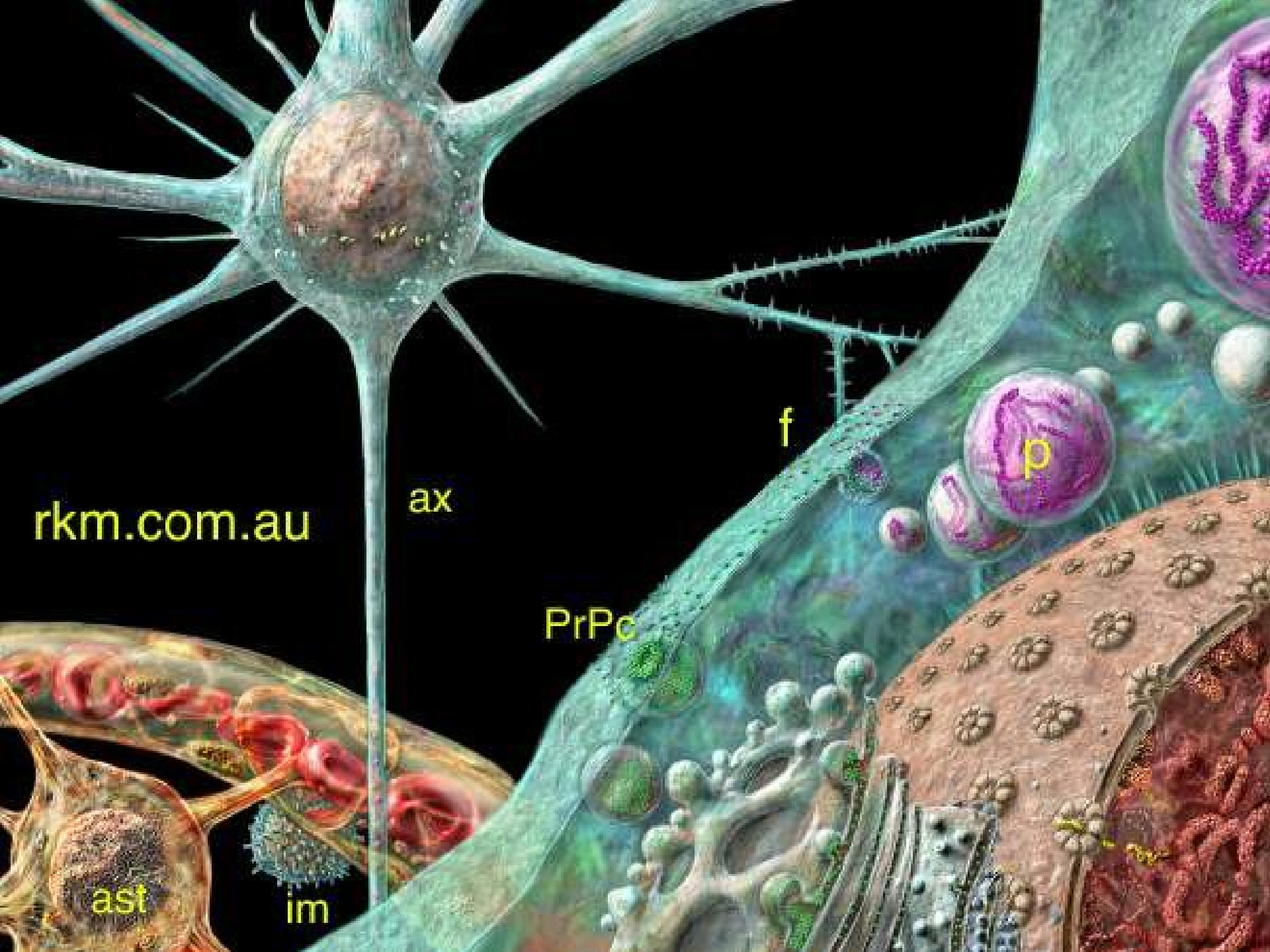
- 仅为一裸露的RNA分子，无衣壳蛋白。
- 不能像病毒那样感染细胞，只有当植物细胞受到损伤，失去膜屏障，才能在供体植株与受体植株间传染。
- 马铃薯锤管类病毒是仅359个核苷酸的单链环状RNA分子，分子长约40~50nm。



## 四、蛋白质感染因子

- Prusiner 1982年发现于患羊瘙痒病（scrapie）的仓鼠，命名为prion。因此获1997年诺贝尔奖。
- prion (PrP)由Prnp基因编码，位于人20号、小鼠2号染色体。这种蛋白质存在于神经元和神经胶质细胞表面，可能起信号转导作用。正常Prnp基因产物为PrP<sup>c</sup>蛋白，对蛋白酶很敏感，具有致病作用的是PrP<sup>Sc</sup>蛋白。





rkm.com.au

ax

f

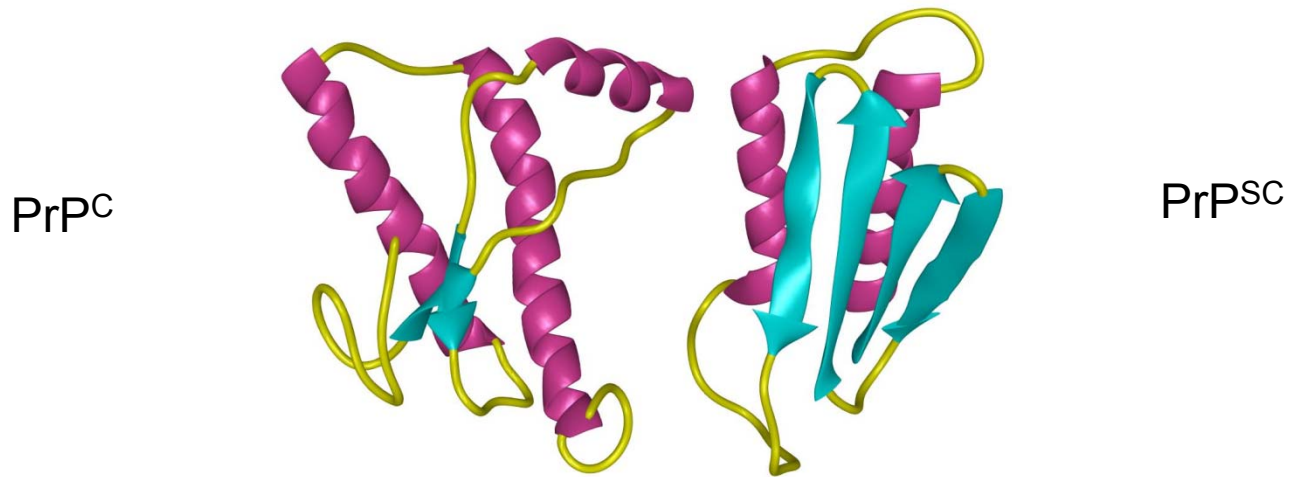
PrPc

p

ast

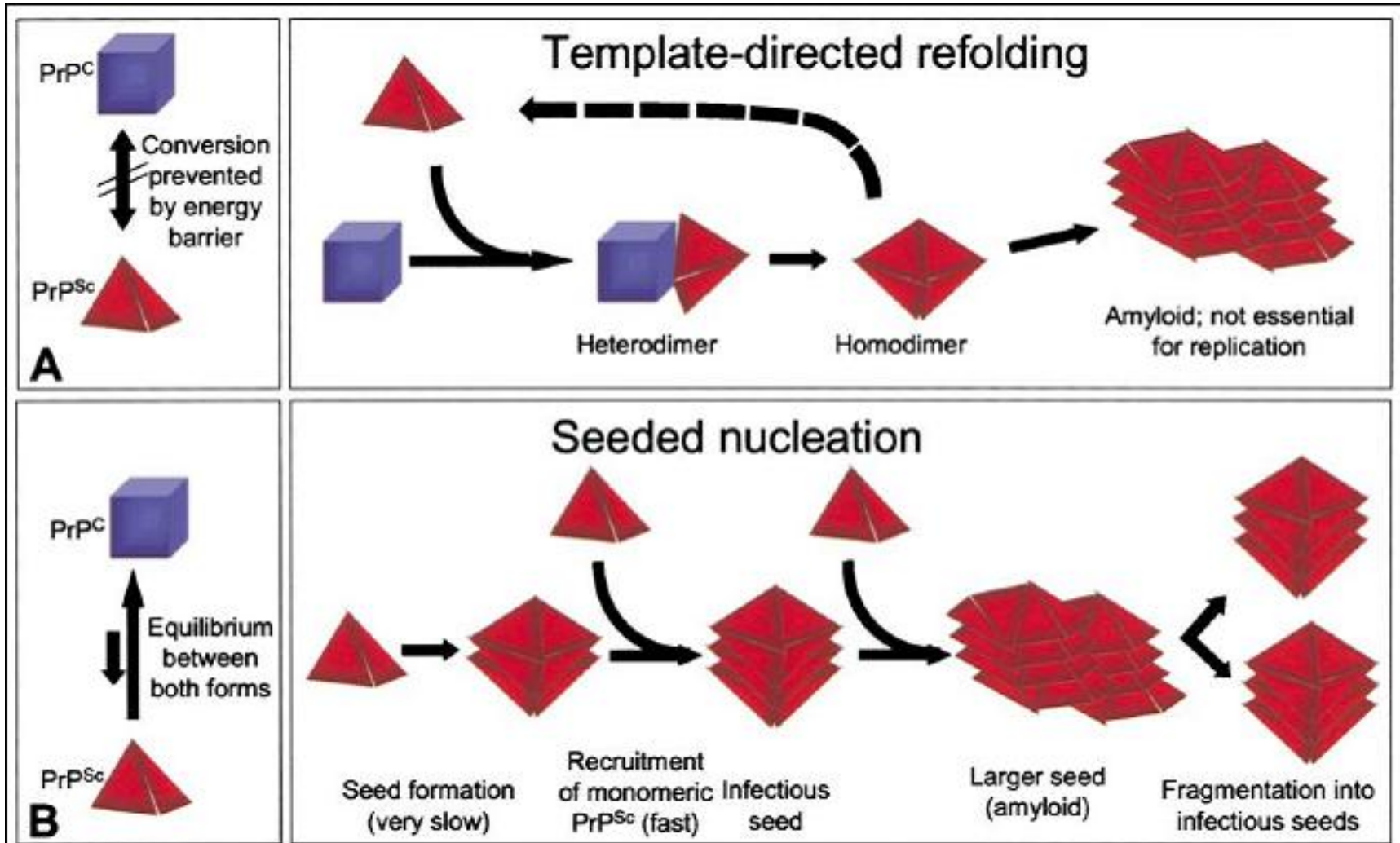
im

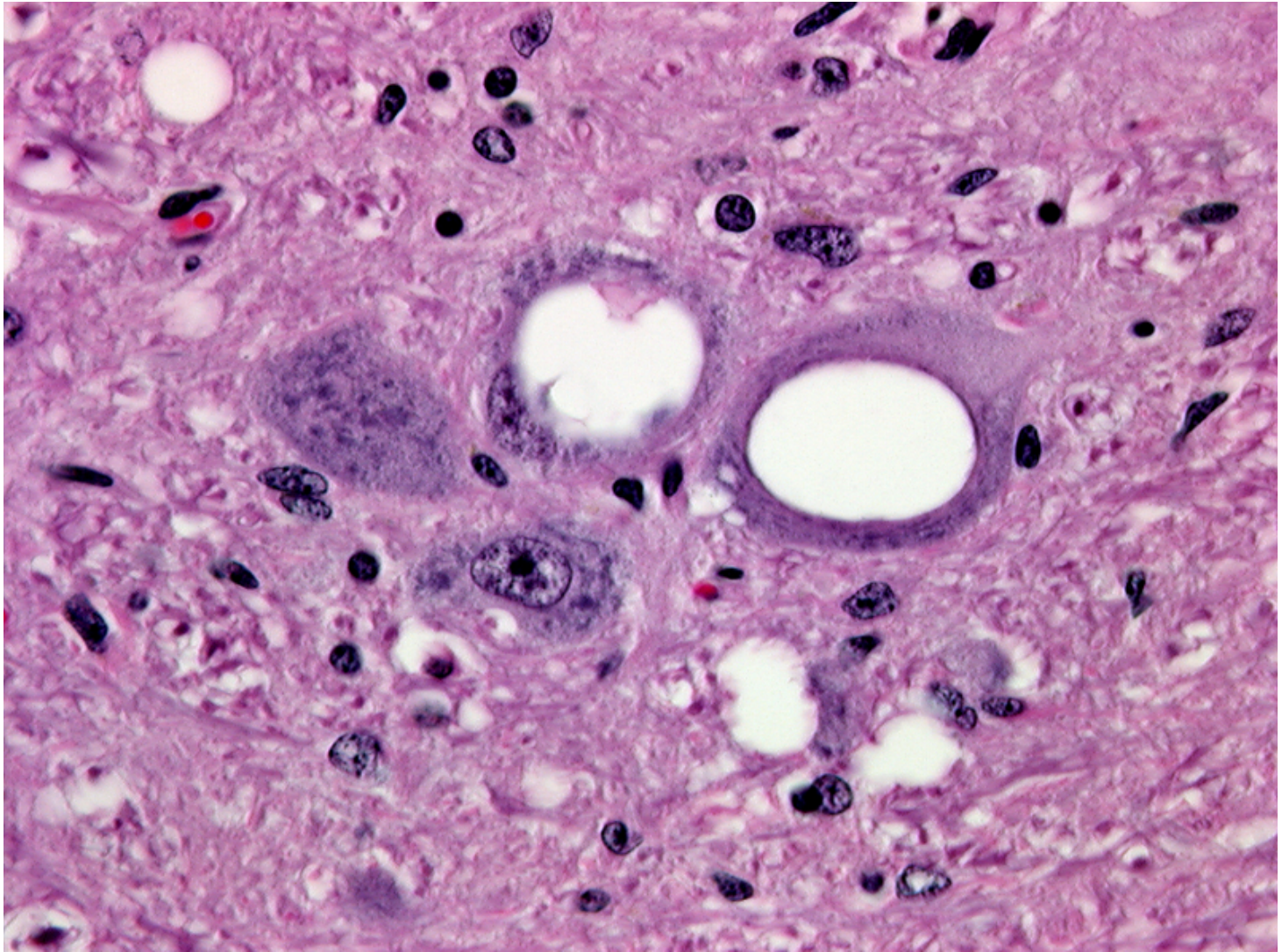
- PRION



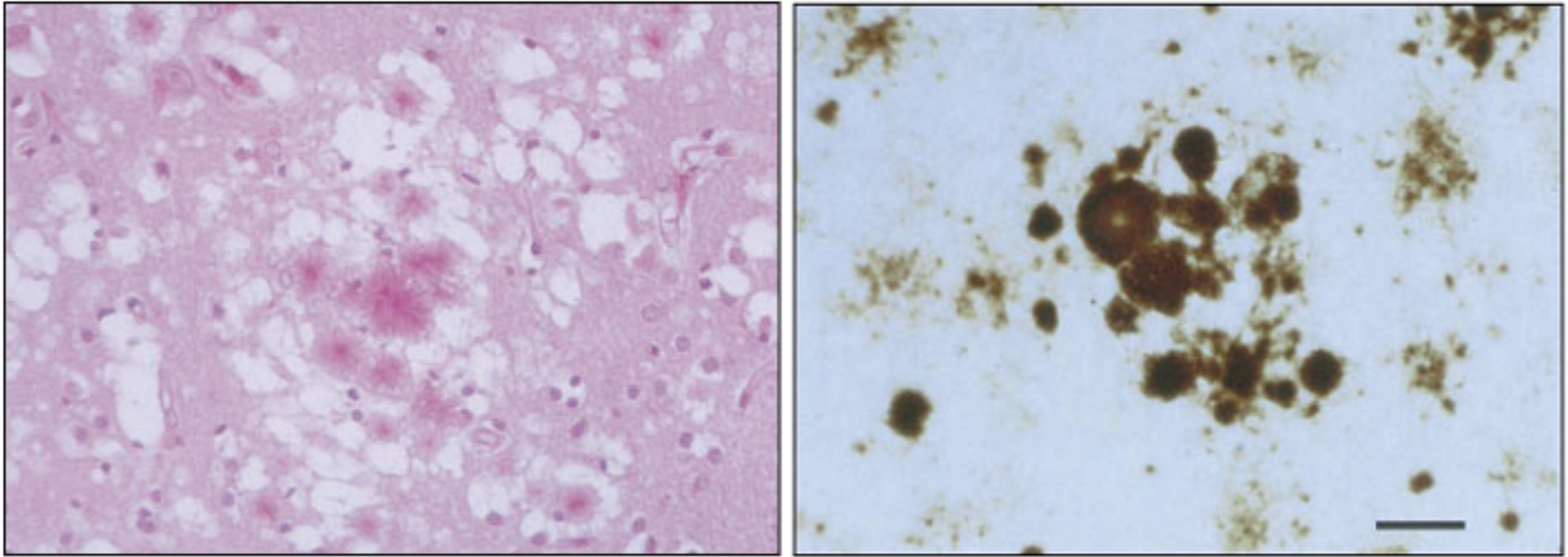
$\text{PrP}^{\text{Sc}}$ 与 $\text{PrP}^{\text{C}}$ 均由253-4个氨基酸组成， $\text{PrP}^{\text{C}}$ 具有43%的 $\alpha$ 螺旋，3%的 $\beta$ 折叠，而 $\text{PrP}^{\text{Sc}}$ 具有34% $\alpha$ 螺旋，43%的 $\beta$ 折叠。动物被感染后， $\text{PrP}^{\text{Sc}}$ 蛋白堆积在脑组织中，形成不溶的淀粉样蛋白沉淀，无法被蛋白酶分解，引起神经细胞凋亡（apoptosis）。

# PrP<sup>Sc</sup>的增殖





病羊神经组织的海绵状损伤



vCJD病人大脑组织切片，左、海绵状病变及周围的沉淀斑，  
右、淀粉样蛋白沉淀，短线表示50um。引自Stanley B.  
Prusiner 1997

目前已知的人类PRION疾病主要有：

- 克-雅二氏病（CJD）：自身PrP变异；
- 变异型克-雅氏病（vCJD）：PRION感染；
- GSS综合征：由Prnp基因缺陷；
- 克鲁病（Kuru）：PRION感染；
- 致死性家族性失眠症（FFI）：Prnp基因变异。





<http://www.cella.cn>

## 第五节 细胞的起源与演化



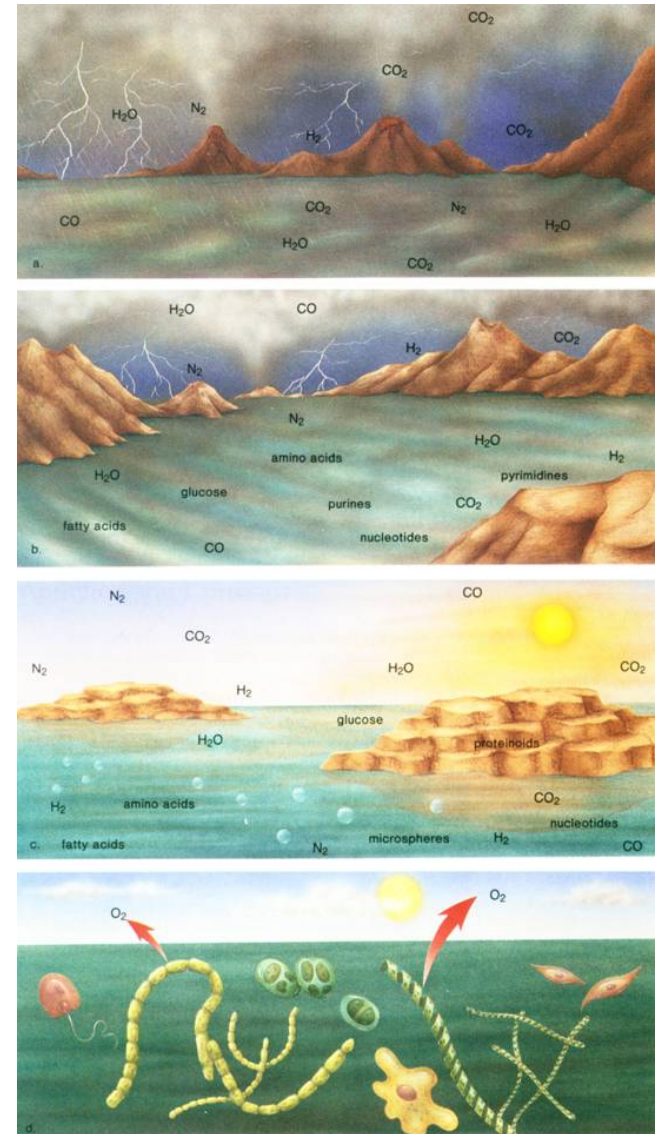
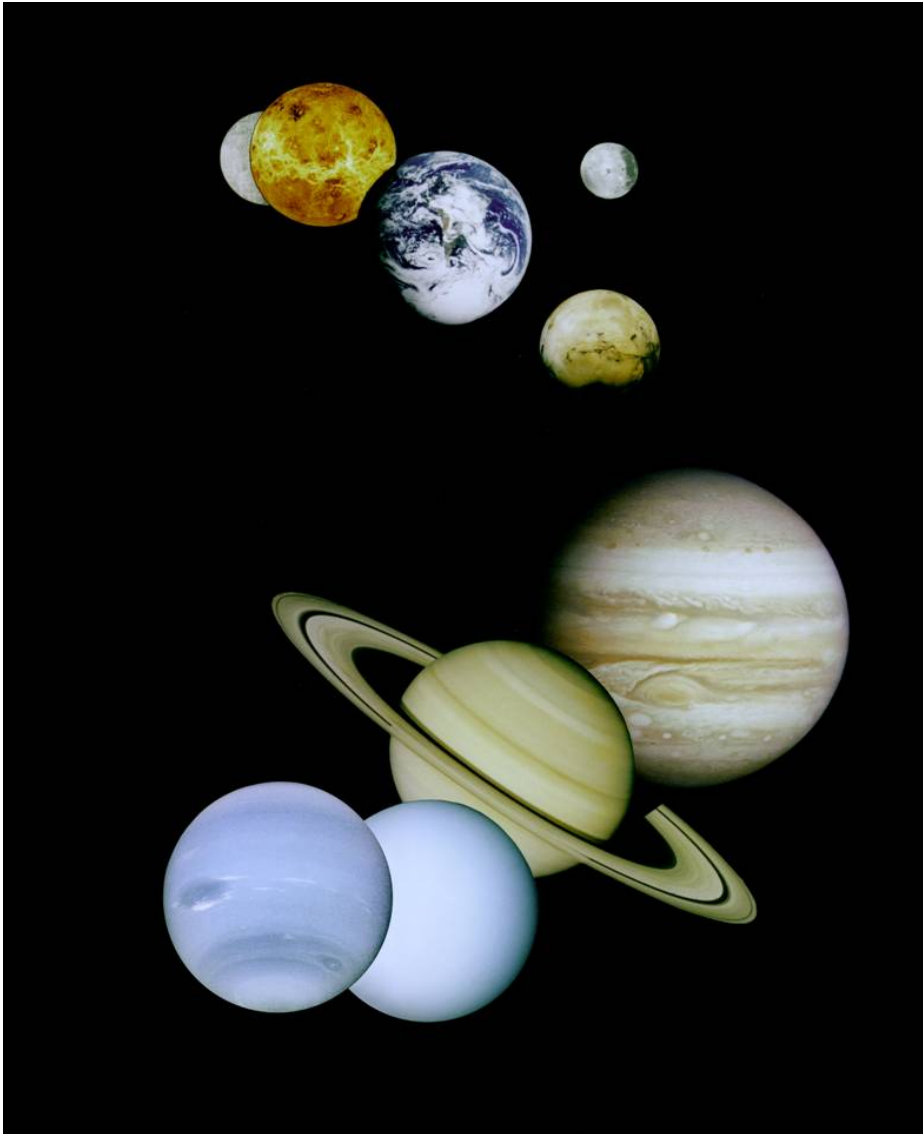
Dr Tian 2008

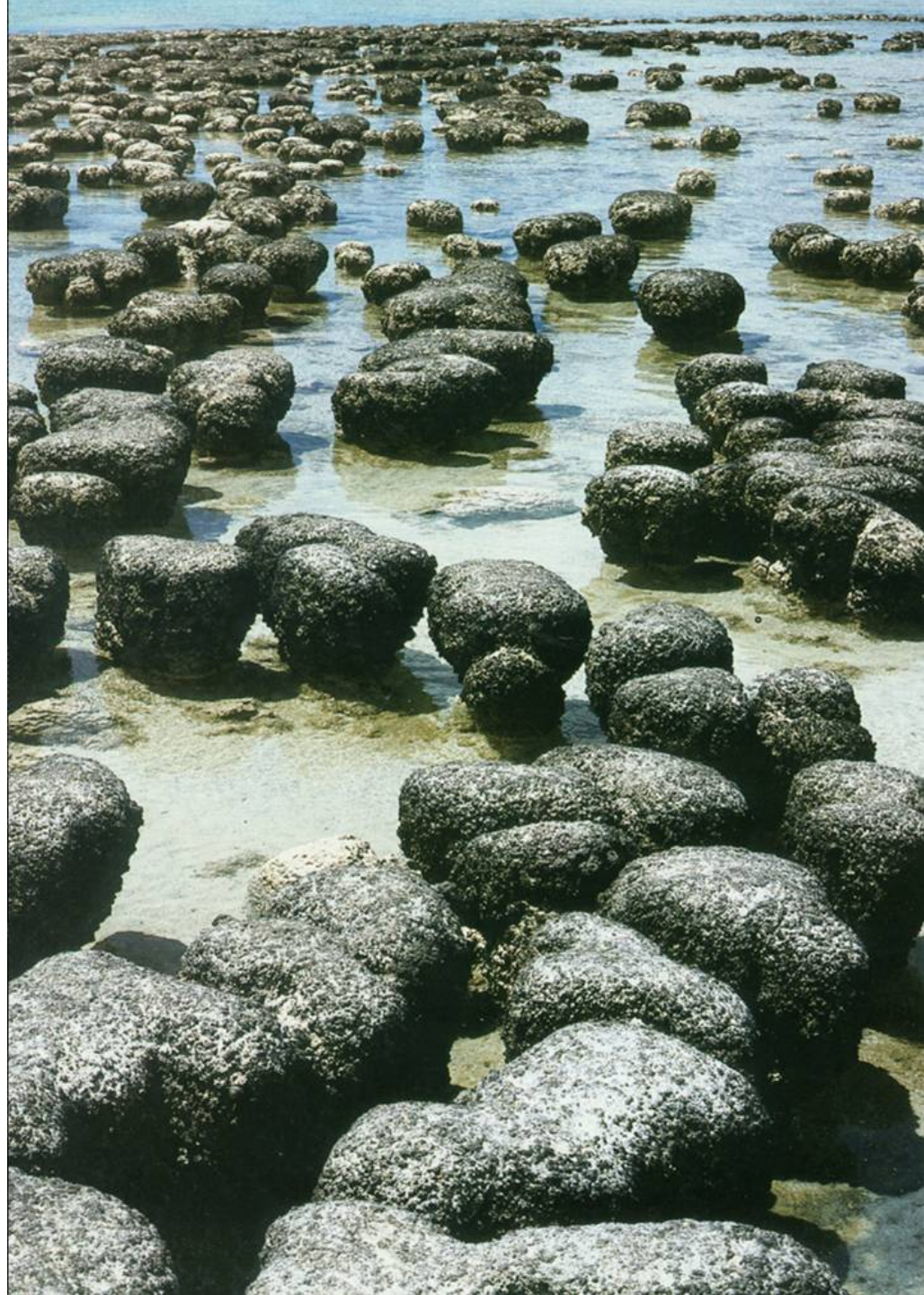
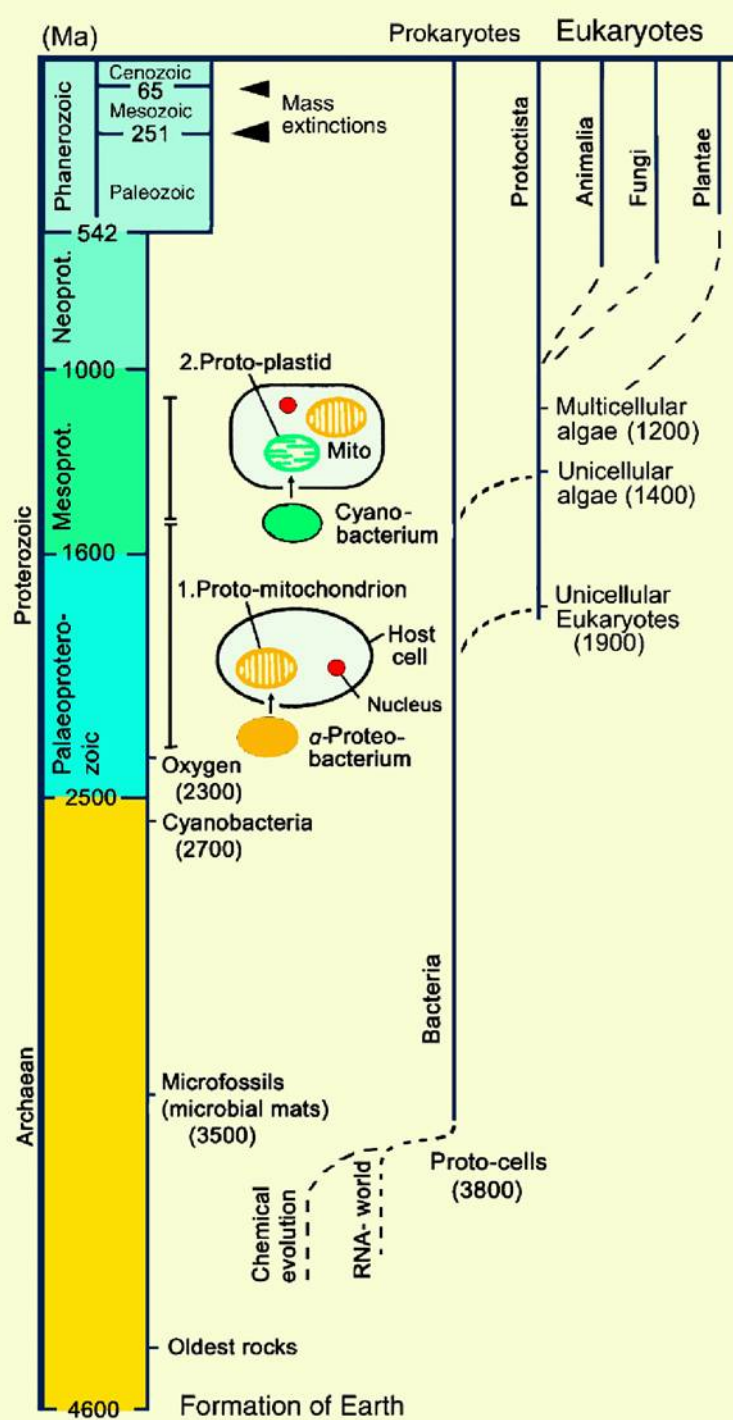
# 一、生命的化学进化

- 1、无机元素在火山爆发、光照和闪电的作用下形成了有机小分子；
- 2、有机小分子形成大量有机大分子；
- 3、有机大分子演化为具生命形式的多分子体系；
- 4、约在38亿年前，多分子体系演变成原始生命，这之前称为生命的化学进化阶段。

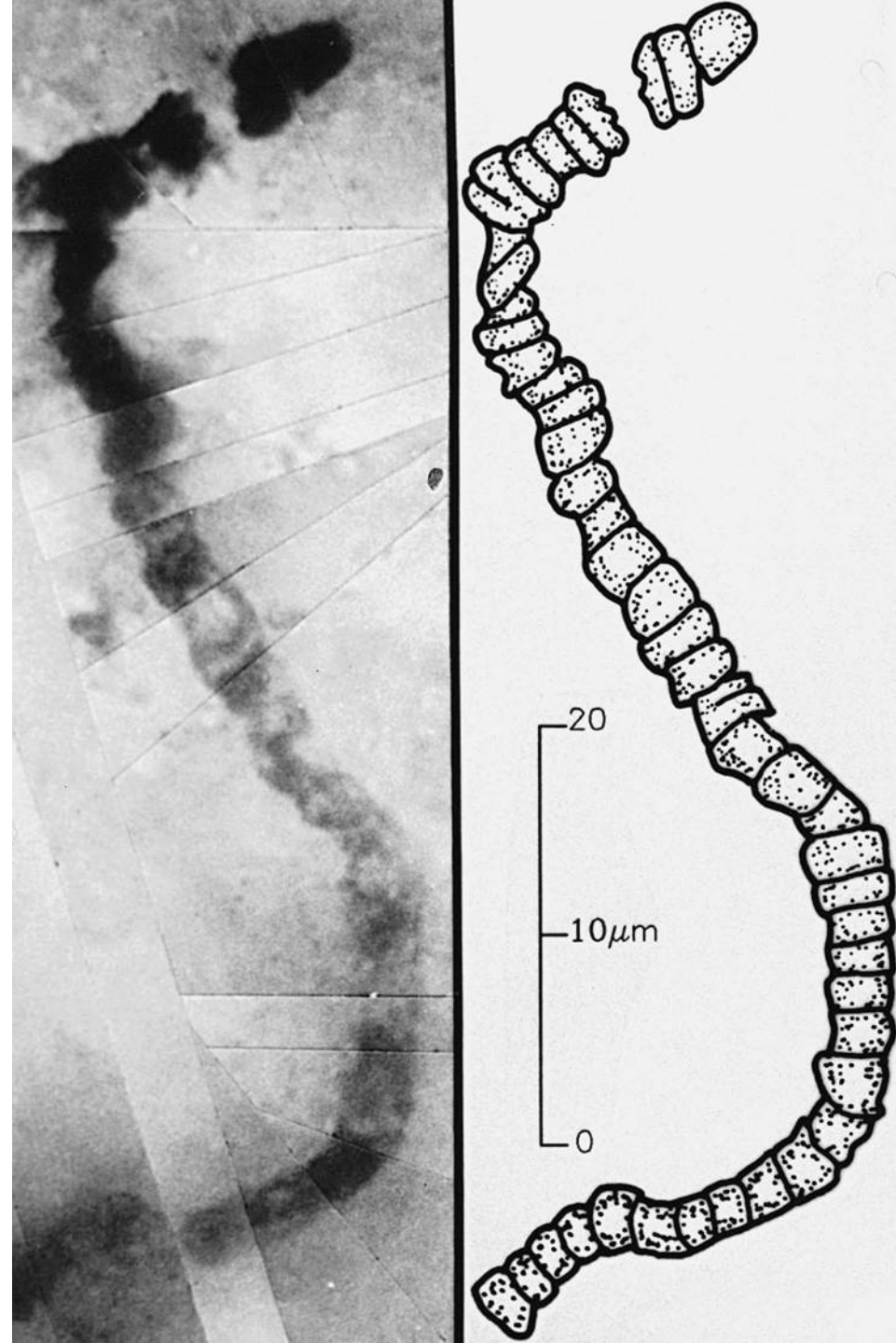


# The Birth of Life





发现于澳大利亚西部燧  
石中的*Primaevifilum*  
*amoenum*

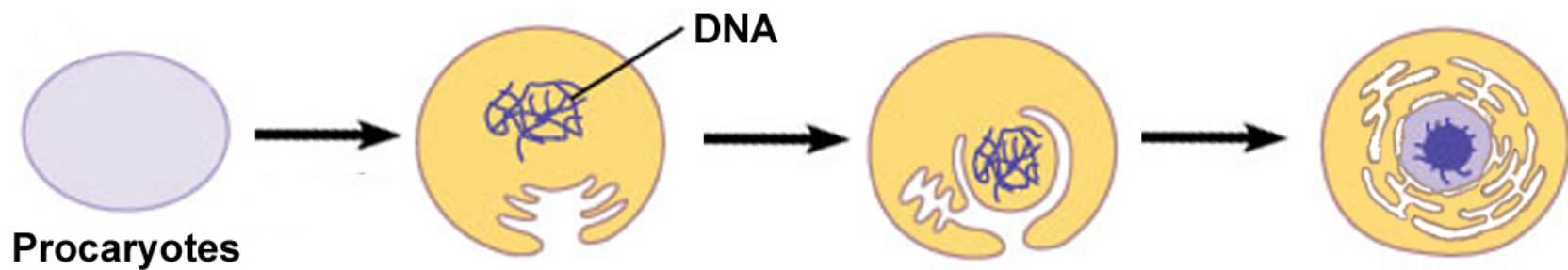


## 二、真核细胞的起源

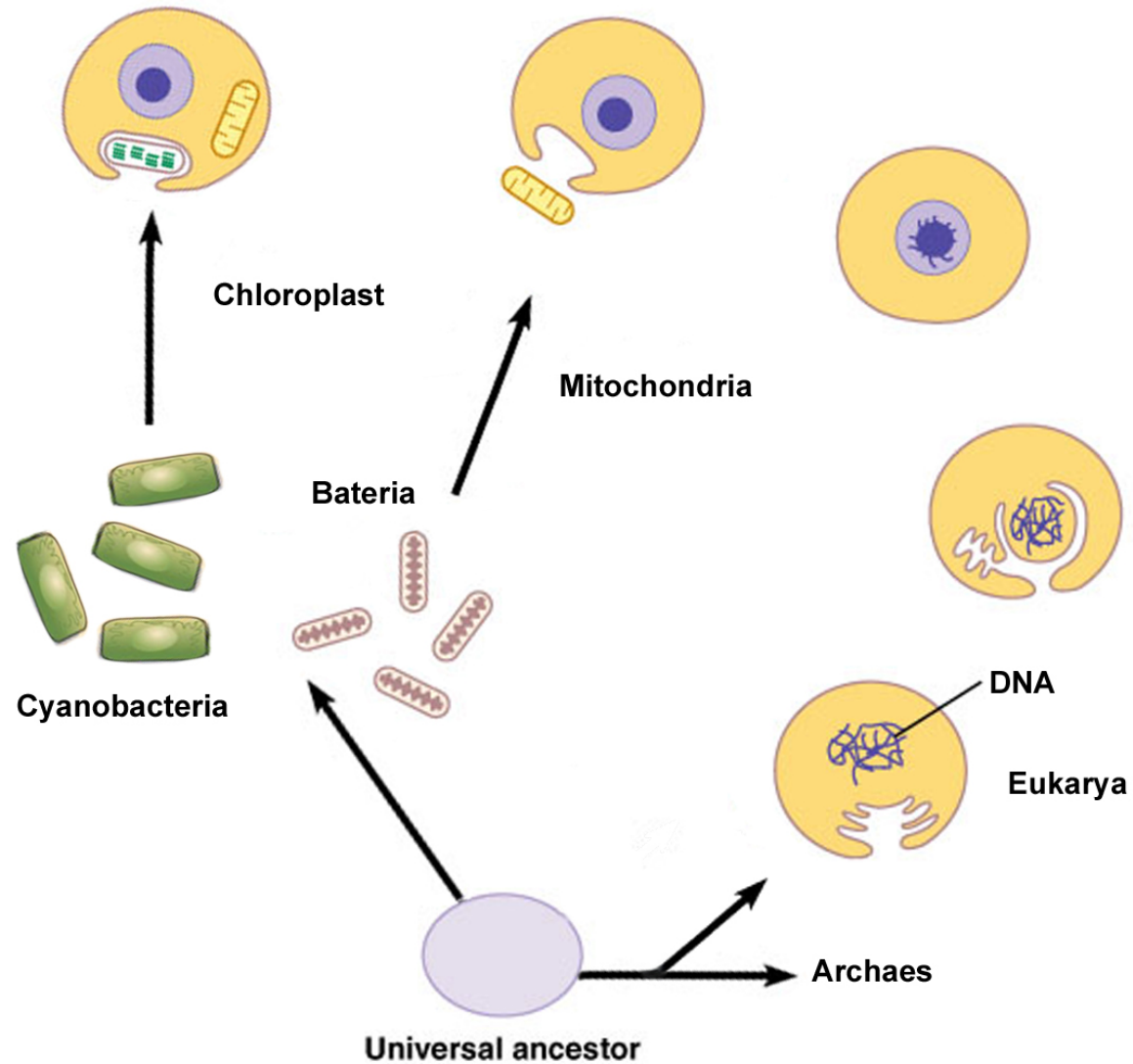
- 已知最古老的真核生物化石标本（acritarchs）采自于我国，距今18-19亿年。
- 真核细胞与原核细胞和古细胞最最本质的区别在于真核细胞具有复杂的内膜系统。
- 关于内膜的起源主要有自生autogenesis和内共生endosymbiosis两种学说。



## 细胞核的形成（自生说）



# 线粒体与叶绿体的形成（内共生说）



- 支持线粒体和叶绿体内共生起源的主要证据有：
  - ①具有双层膜和环状DNA，就像原核细胞；
  - ②叶绿体DNA序列与蓝藻相似，而线粒体DNA序列与 $\alpha$ -变形菌相似；
  - ③核糖体为70S型，对细菌蛋白质合成抑制剂氯霉素敏感，蛋白质合成于N-甲酰甲硫氨酸；
  - ④RNA聚合酶可被利福平、链霉素等抑制；



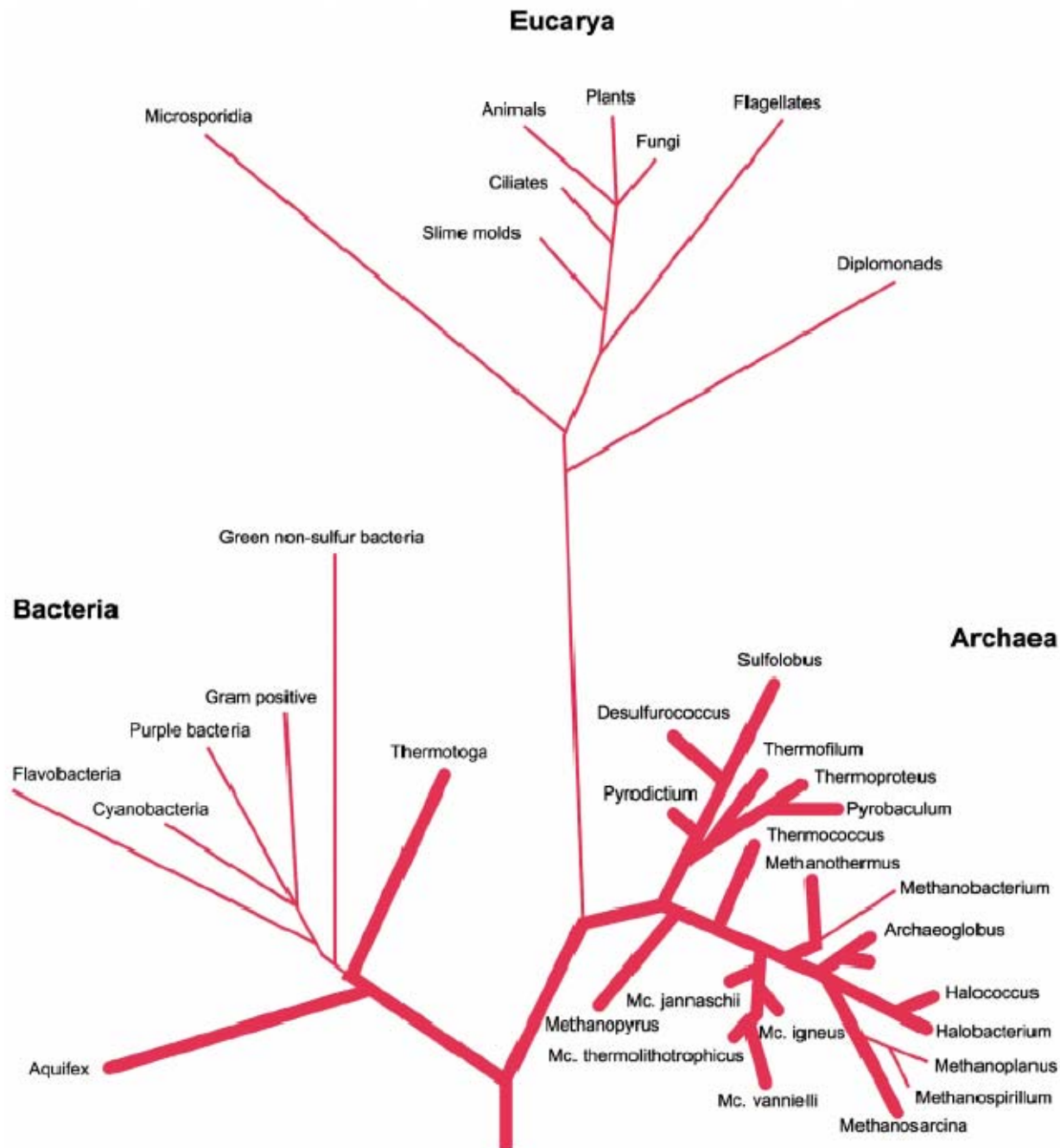


*Cyanophora paradoxa*细胞中的蓝色体

## 二、细胞结构与生物分类

- 1970s, C. Woese根据SSUrRNA序列同源性的比较, 提出将生命划分为3个大类, 即: 真细菌 (Eubacteria)、真核生物 (Eucaryotes) 和古细菌 (Archaea)。
- 1996年, Bult等发表詹氏甲烷球菌的全基因组序列, 证明它是介于细菌和真核细胞之间的生命体, 即生命的第3种形式。





# 生物分类系统

三界系统 Haeckel 1894	五界系统 Whittaker 1959	六界系统 Woese 1977	三类生物 Woese 1990
原生生物 Protista	原核生物 Monera	真细菌 Eubacteria	细菌 Bacteria
		古细菌 Archaeobacteria	古细菌 Archaea
	原生生物 Protista	原生生物 Protista	真核生物 Eukarya
植物 Plantae	真菌 Fungi	真菌 Fungi	
	植物 Plantae	植物 Plantae	
动物 Animalia	动物 Animalia	动物 Animalia	

# 三、病毒的分类地位

- 病毒必需寄生于细胞，才能表现出生命现象，因此，进化上病毒的出现不可能早于细胞；
- 病毒基因组与其寄主基因组结构相似；
- 病毒组成与细胞内的核糖核蛋白（RNP）相似；
- 病毒可能是细胞内“逃逸”出来的一些基因及蛋白质的复合体。

