

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

第3章 细胞的基本形态结构与功能

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研



重点

- **细胞之间的区别**：原核细胞与真核细胞、动物细胞与植物细胞；
- **主要细胞器的结构与功能**：细胞核、线粒体、叶绿体、内质网、高尔基体、溶酶体；
- **生物膜**：结构组成与功能、流动镶嵌模型特点；
- **物质运输**：主动运输的特点、 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ 泵。



一、细胞的基本结构与功能

1. 细胞的发现

- 1665年，英国人罗伯特虎克 (Robert Hooke) 利用自制的显微镜发现软木塞是由密排的蜂窝状小室组成 (死细胞壁)，命名细胞 (Cell)。

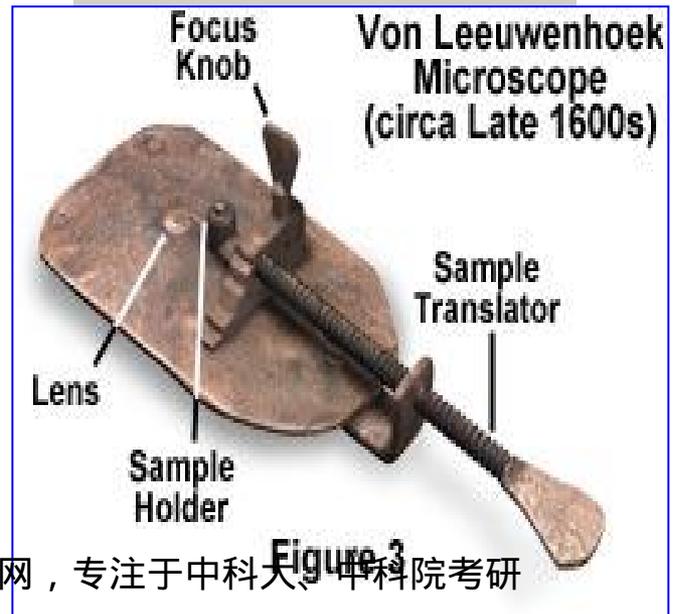
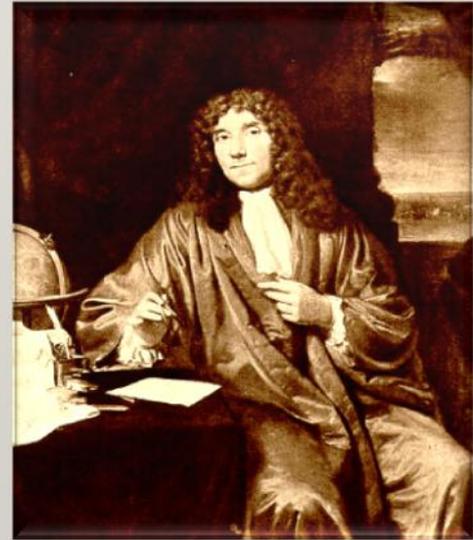


Figure 1.1 The discovery of cells. Microscope used by Robert Hooke, with lamp and condenser for illumination of the object. (Inset) Hooke's drawing of a thin slice of cork, showing the honeycomb-like network of "cells." (From The Granger Collection; (inset) Carbis-Bettmann.)

一、细胞的基本结构与功能

1. 细胞的发现

- 1674年，荷兰学者列文虎克（A. V. Leeuwenhoek）利用自制显微镜观察污水、牙垢时发现了细菌及一些小动物（原生动物）（活细胞）。
- 将人们的认识引入微观世界。



2. 细胞学说

- 1838年，德国植物学家施莱登（**M. J. Schleiden**）发表论文“论植物的发生”，指出细胞是一切植物结构的基本单位。
- 1839年，德国动物学家施旺（**T. Schwann**）发表论文“显微研究”，指出动物和植物结构的基本单位都是细胞。
- 1858年，德国生物学家微耳和（**R. Virchow**）提出：“细胞来自细胞”这一名言，即细胞只能来自细胞，而不能从无生命的物质自然发生。建立了“细胞病理学”
- 1880年，德国动物学家魏斯曼（**A. Weissmann**）进一步指出，所有细胞都可以追溯到远古时代的一个共同祖先，即细胞是连续的、历史进化而来的。提出著名的“种质论”

● 细胞学说的内涵

- ① 所有生物都是由细胞和细胞产物所构成；
- ② 新细胞只能由原来的细胞经分裂而产生；
- ③ 所有细胞都具有基本相同的化学组成和代谢活性；
- ④ 生物体总的活性可以看成是组成生物体的各相关细胞的相互作用和集体活动的总和。



3. 细胞学说的意义

- ① 从细胞角度把整个有机体统一起来；
- ② 证明了动物和植物都是由细胞起源的；
- ③ 证明了达尔文的生物进化论观点，打击了唯心论和神创论。
- ④ 奠定了生物学的基础：细胞学说是生命世界有机结构多样性的统一，从哲学推断走向自然科学论证。

细胞学说被认为是19世纪自然科学的重大发现之一。

4. 细胞的基本概念

- 细胞是生命活动的基本单位
- 细胞是物质、能量和信息过程结合的综合体
- 细胞是生物形态结构、生理功能和生长发育、遗传的基本单位



5. 细胞的数量、大小和形态

➤ 细胞数量

① 单细胞生物仅一个细胞，大小与细胞体积成正比。

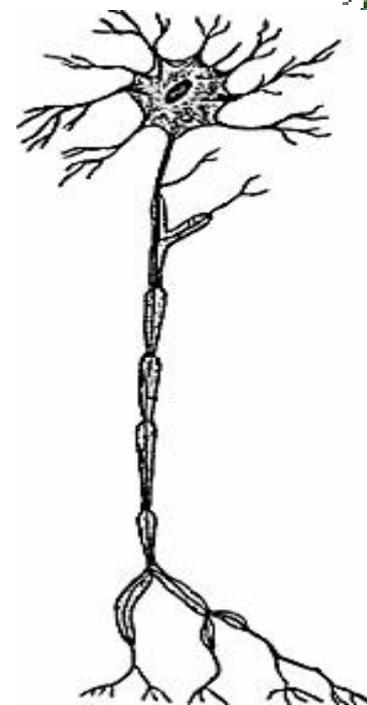
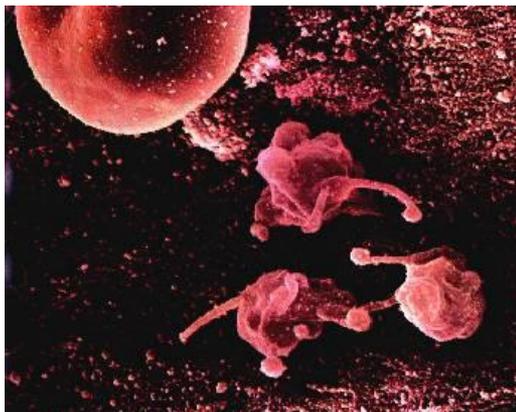
② 多细胞生物的细胞数量一般与生物体个体大小有关，个体越大细胞数目越多。

如：新生儿约有 2×10^{12} 个

成年人约有 10^{14} 个

➤ 细胞大小

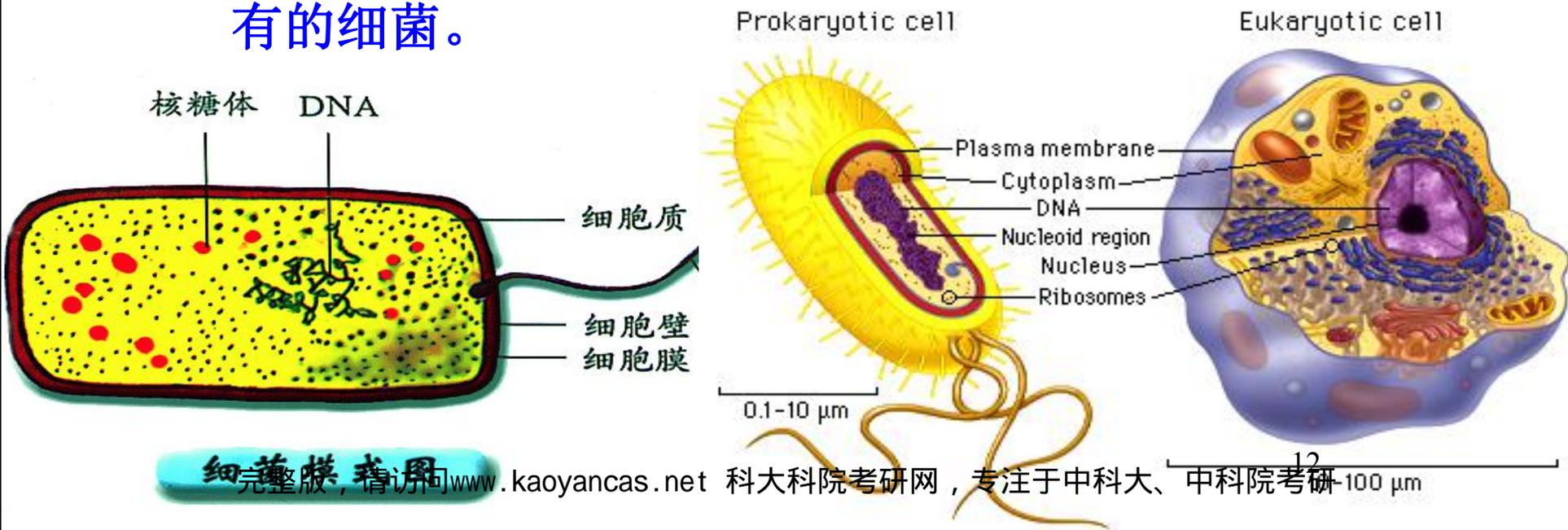
- 支原体：直径100 nm，最简单、体积最小的原核细胞
- 鸟卵：肉眼可见，最大的真核细胞
- 神经细胞：胞体直径不过0.1 mm，但发出的纤维可长达1 m



6. 细胞的基本形态结构

➤ 原核细胞与原核生物

- 原核细胞: 不含细胞核(nucleus), 遗传信息量小, 仅由一个环状DNA构成信息载体。
- 没有分化出以膜为基础的具有专门结构与功能的细胞器和细胞核膜。
- 原核细胞所形成的生物称为原核生物, 包括所有的细菌。



- 细胞的基本结构是由细胞膜、细胞质和细胞核三部分组成。
- 真核细胞：有细胞核，含有以核酸（DNA或RNA）与蛋白质为主要成分的遗传信息表达系统：染色质、核仁、核糖体。
- 以脂质及蛋白质成分为基础的生物膜结构系统：细胞膜、核膜、线粒体、叶绿体、溶酶体、内质网、高尔基体等。
- 由特异蛋白分子装配构成的细胞骨架系统：微管、微丝、中间纤维、细胞核骨架。
- 真核细胞构成的生物称为真核生物，包括动物、植物、真菌以及介于动植物之间的原生生物。

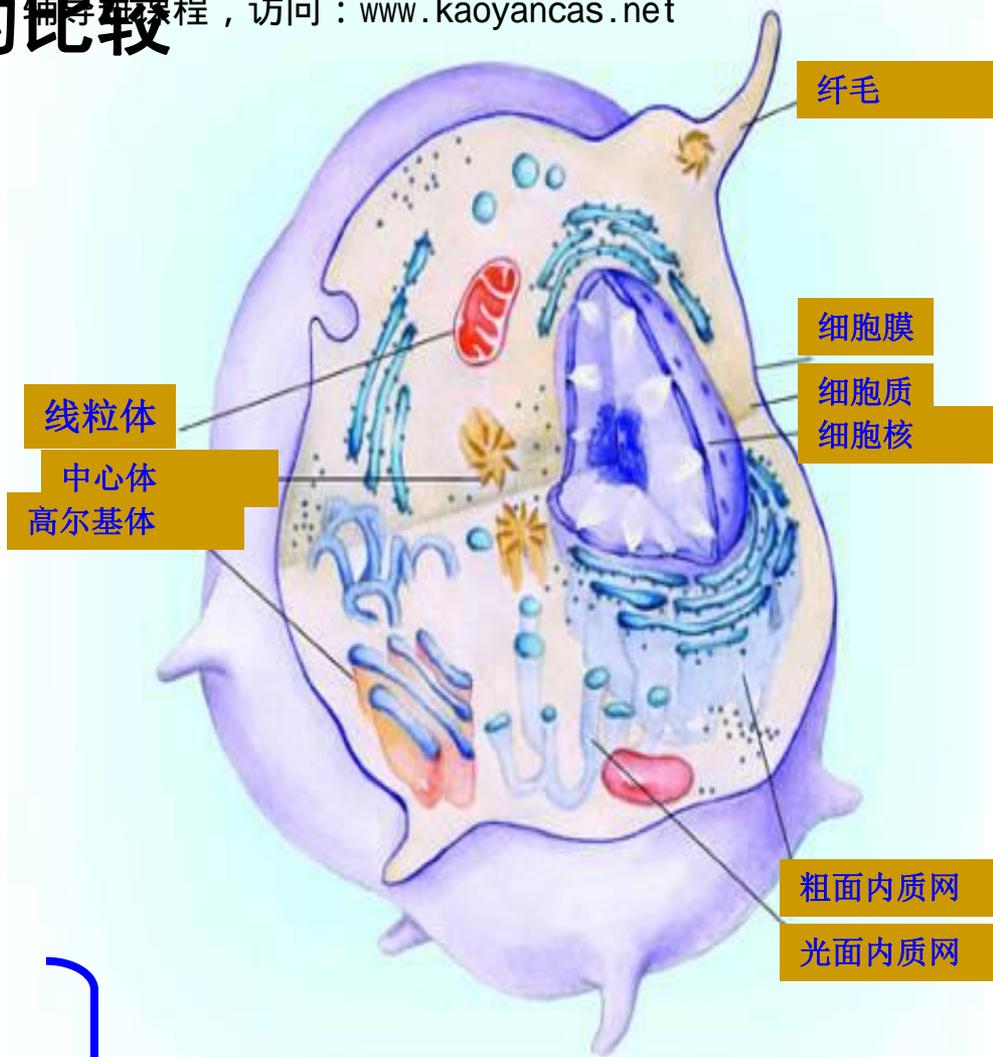
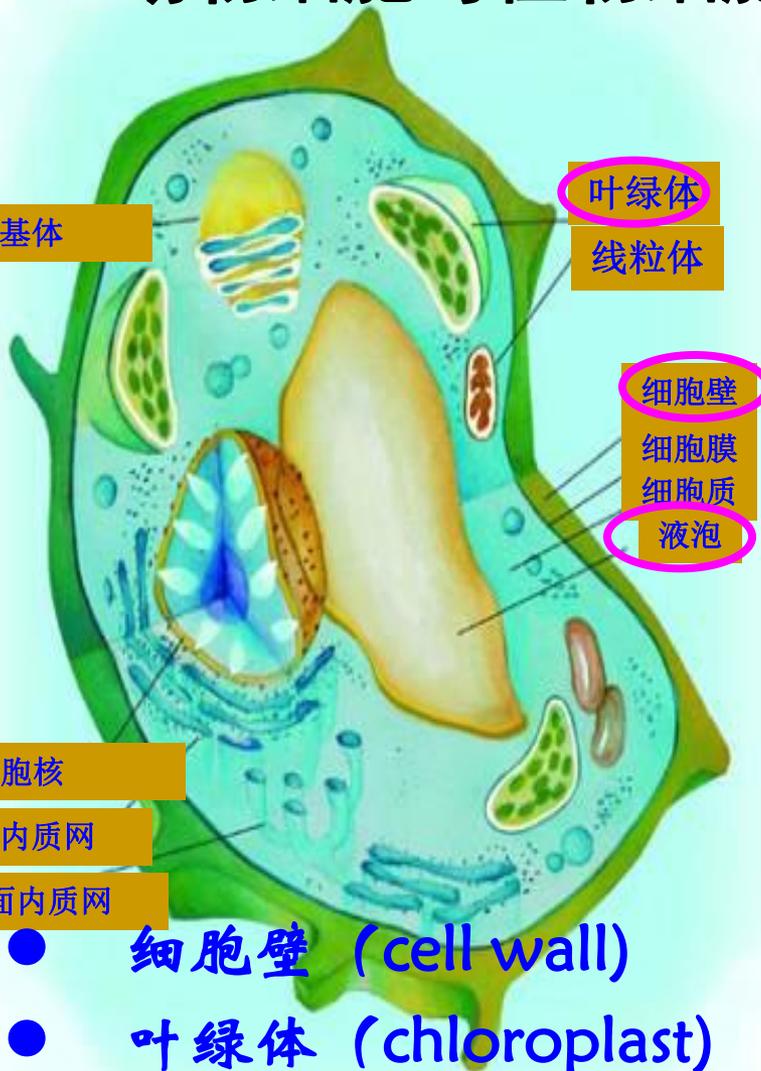
➤ 原核细胞与真核细胞的区别

	原核细胞	真核细胞
● 细胞大小	很小（1-10微米）	较大（10-100微米）
● 细胞核	无核膜（称“类核”）	有核膜
● 遗传系统	DNA不与蛋白质结合 只有一条DNA染色质	DNA与蛋白质结合 有二条以上染色体
● 细胞器	无	有
● 细胞骨架	无	有
● 核糖体	70S	80S
● 核外DNA	裸露的质粒DNA	线粒体DNA，叶绿体DNA

沉降系数（**S**）：大分子或颗粒在超速离心时的沉降行为，其大小与颗粒的密度、形状、沉降介质的密度均有关。蛋白质、核酸等生物大分子的**S**实际上时常在 10^{-13} 秒左右，故把沉降系数 10^{-13} 秒称为一个**Svedberg**单位，简写**S**，量纲为秒。

动物细胞与植物细胞的比较

辅导课程，访问：www.kaoyancas.net

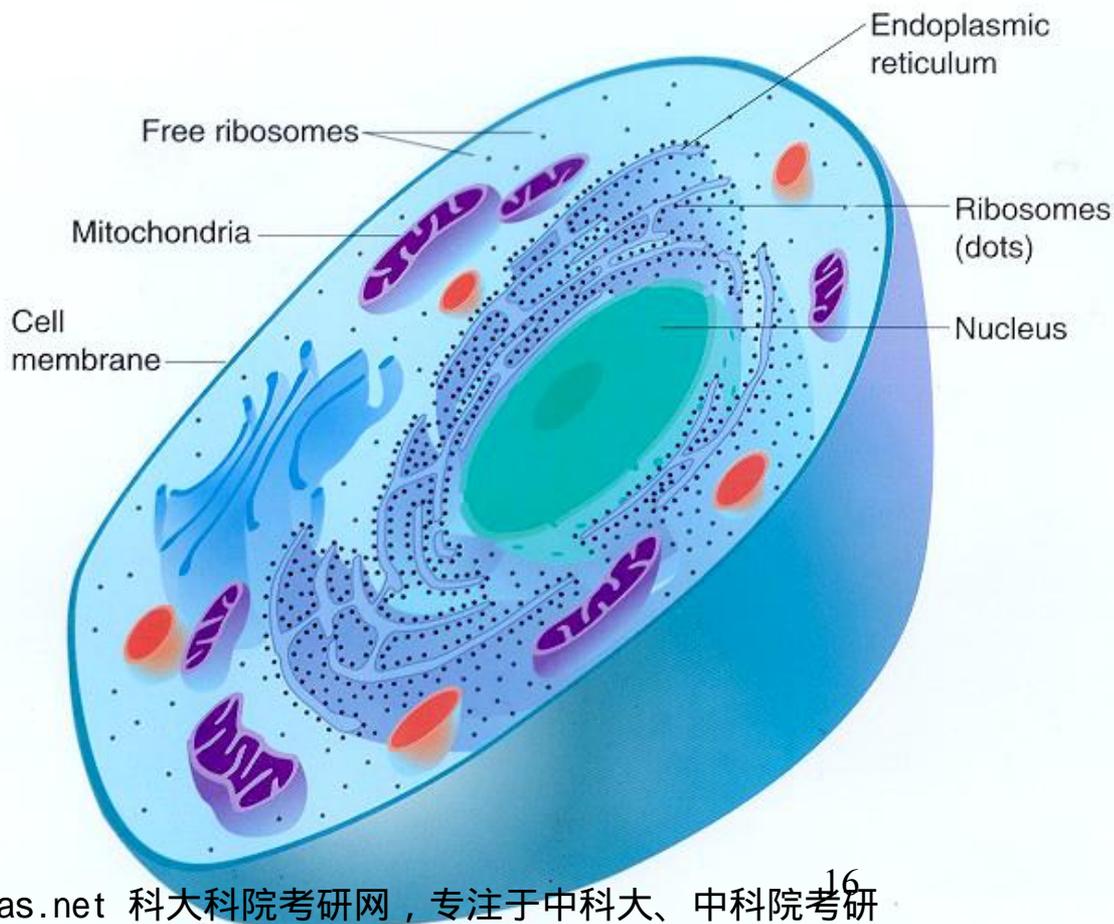


- 细胞壁 (cell wall)
- 叶绿体 (chloroplast)
- 大液泡 (vacuole)
- 胞间连丝 (plasmodesmata)

植物细胞特有结构

真核细胞的结构与功能

- ❑ 细胞膜和细胞壁
- ❑ 细胞核
- ❑ 细胞质和细胞器



(1) 细胞膜和细胞壁

● 细胞膜（质膜）

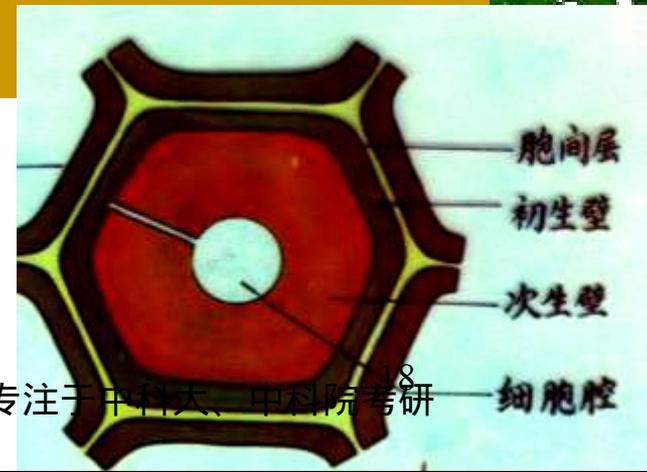
① 厚度通常为7-8nm

② 半透性或选择性透性，即有选择地允许物质通过扩散、渗透和主动运输等方式出入细胞。

③ 大多质膜上存在激素受体、抗原结合点以及其他有关细胞识别的位点，在激素作用、免疫反应和细胞通讯等过程中起重要作用。

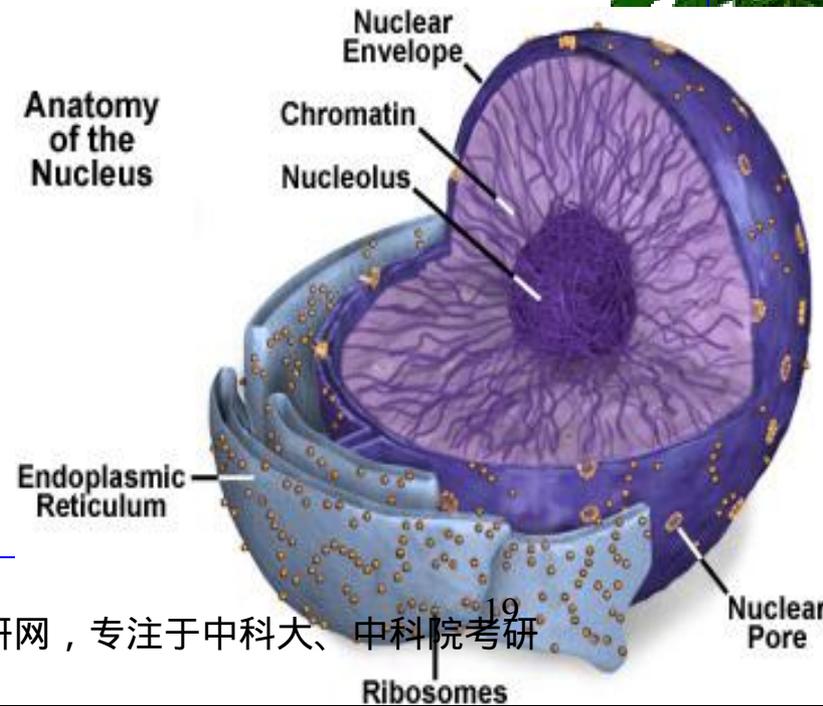
● 细胞壁

- ① 植物细胞膜之外的无生命结构，主要由纤维素组成，都是细胞分泌的产物。
- ② 功能：支持和保护，同时还能防止细胞吸涨而破裂，保持细胞正常形态。
- ③ 初生细胞壁簿而有弹性，能随细胞的生长而延伸。待到细胞长大，在初生细胞壁内侧长出另一层细胞壁，即次生细胞壁，或厚或簿，其硬度与色泽因植物、组织而不同。
- ④ 相邻细胞细胞壁上有小孔，细胞质通过小孔而彼此相通，这种细胞质的连接称胞间连丝。



(2) 细胞核

- ❑ 一切真核细胞都有完整的细胞核
- ❑ 大多数细胞是单核的
- ❑ 细胞核在细胞的**代谢**、**生长**和**分化**中起重要作用
- ❑ **细胞控制中心**：遗传物质主要位于细胞核
- ❑ 细胞核包括：
核被膜、**核基质**、**染色质**和**核仁**

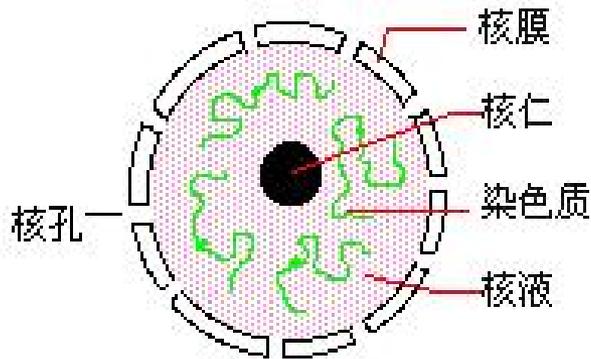
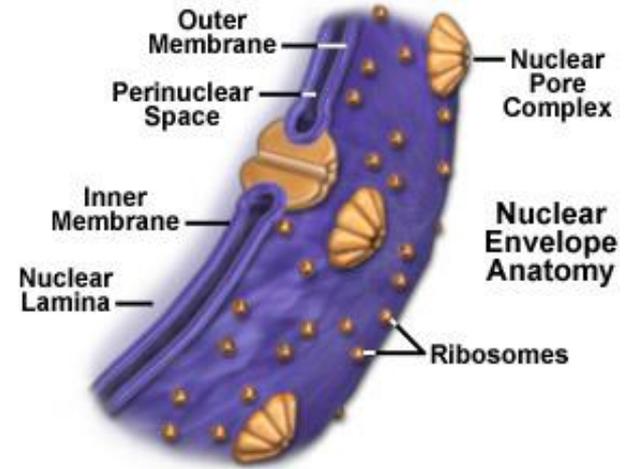


(2) 细胞核的基本结构

①核被膜

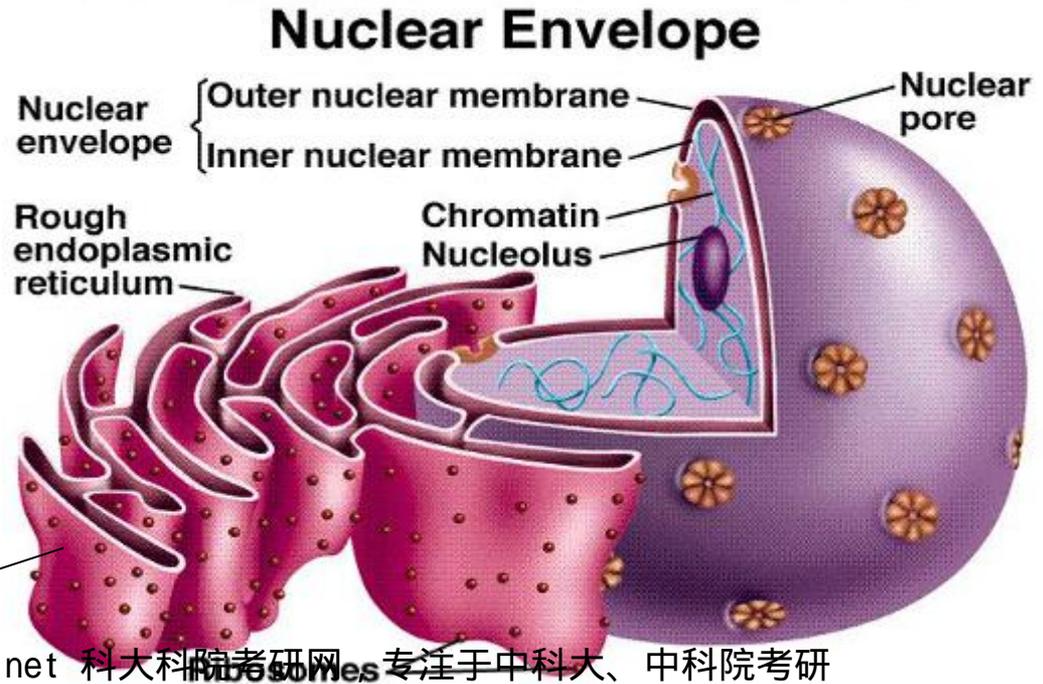
核被膜结构复杂，包括核膜和核纤层两部分。

- 核膜由两层膜组成，厚7-8nm。两膜之间的核周腔宽约10-50nm。很多种细胞的外膜延伸而与糙面内质网相连，外膜上附有许多核糖体颗粒，因此外膜实为围核的内质网部分。

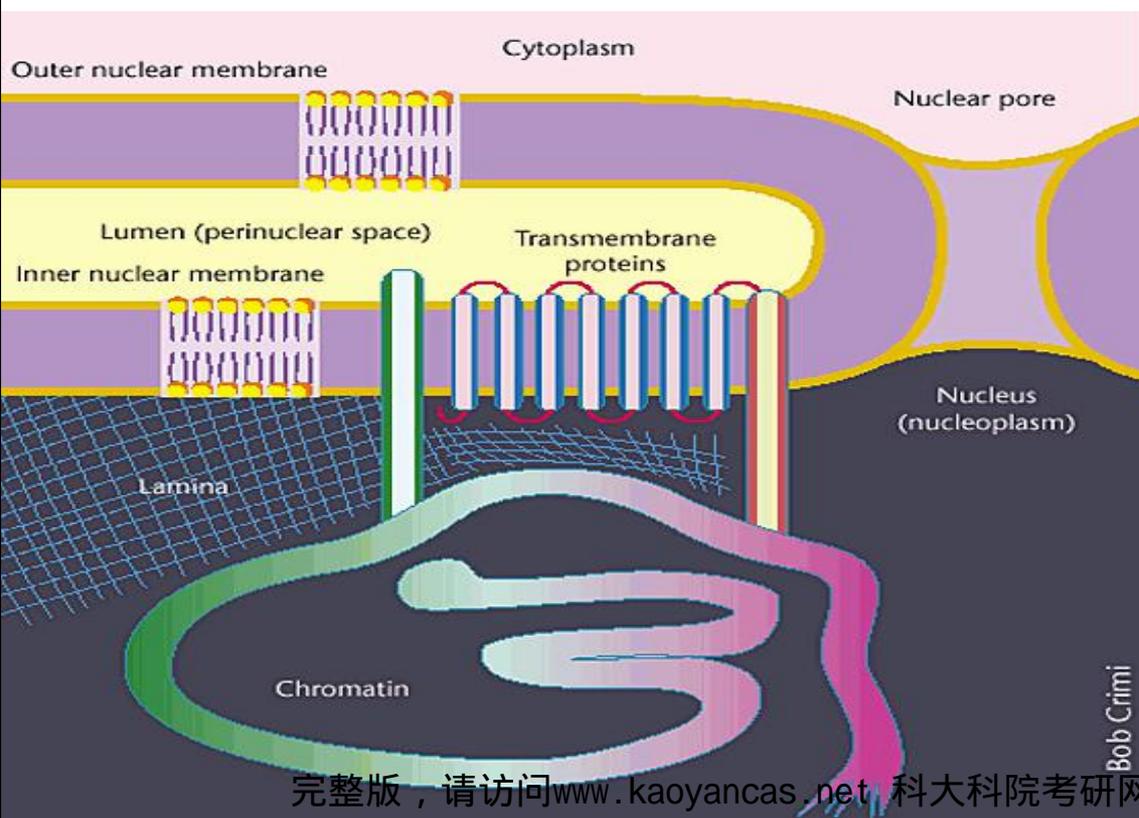
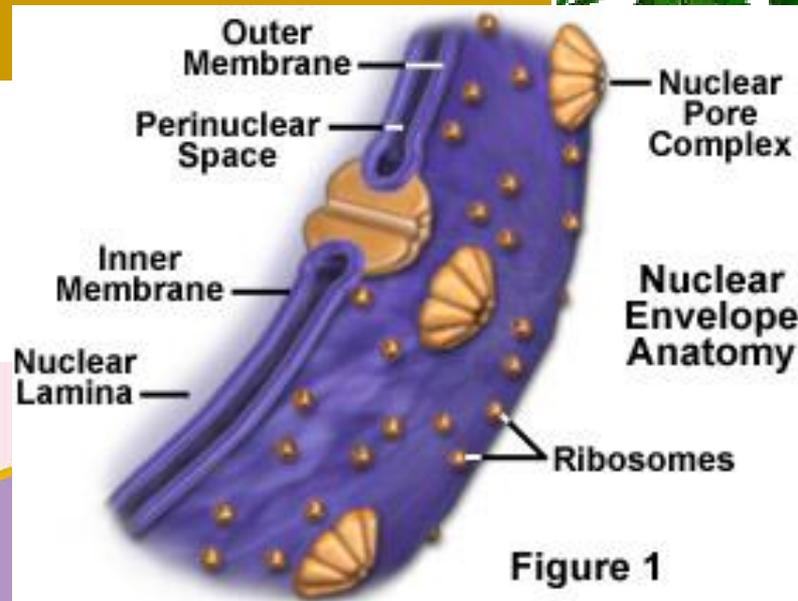


细胞核的结构

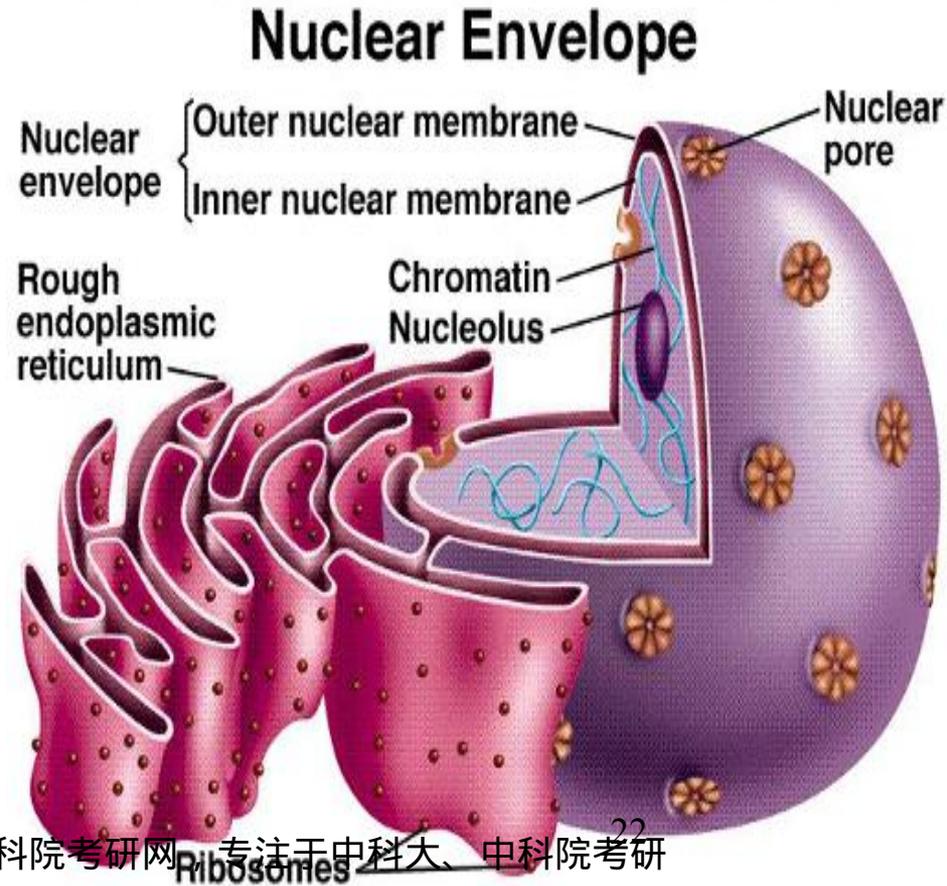
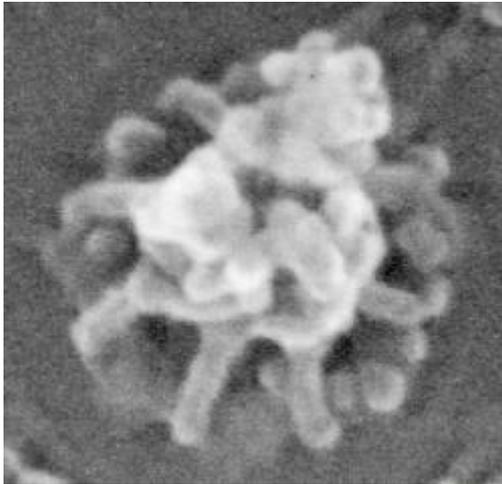
粗内质网



●核纤层(Nuclear Lamina):核膜内面连接的纤维质部分,其厚薄因细胞而异,其成分是一种纤维蛋白,称核纤层蛋白。



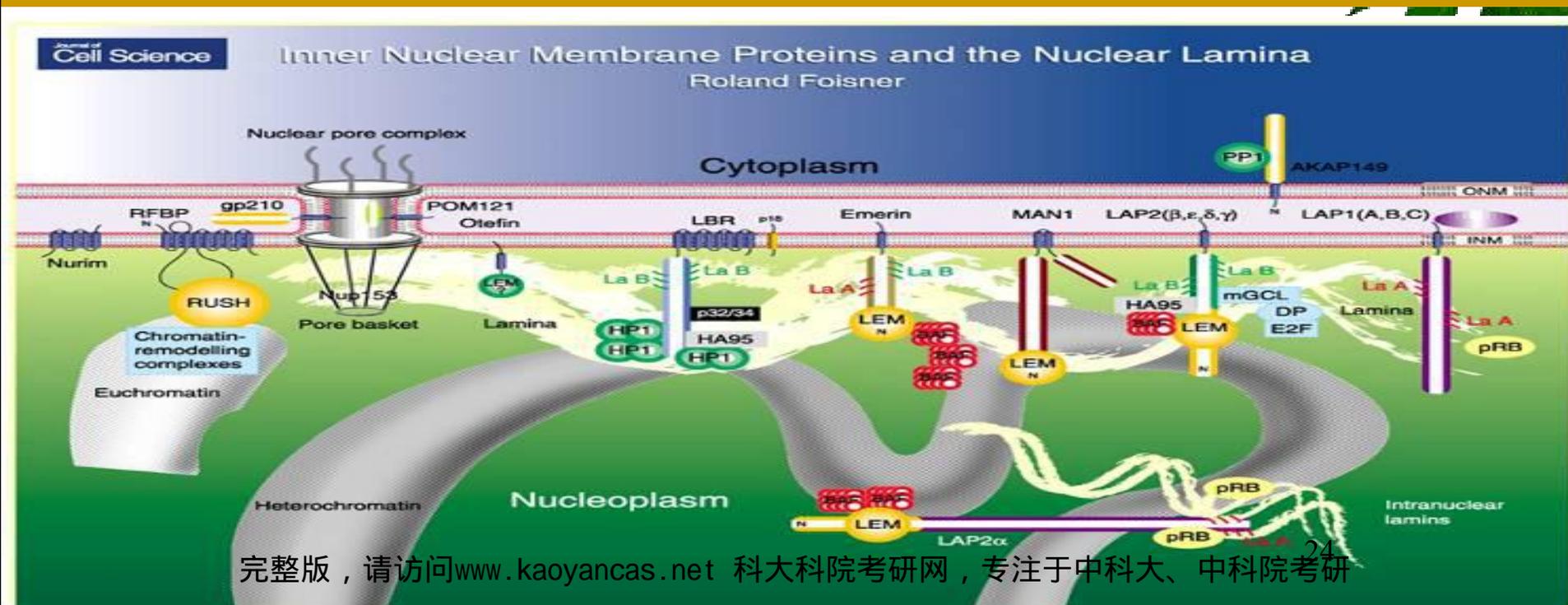
●核孔(Nuclear pore): 核膜上分布的小孔, 直径50-100nm, 数目不定, 一般均有几千个。在大的细胞, 如两栖类卵母细胞, 核孔可达百万。核孔构造复杂, 含100种以上蛋白质, 并与核纤层紧密结合, 成为核孔复合体。



核被膜的功能

高价值真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

- a) 构成细胞核、细胞质之间的天然选择性屏障，避免生命活动的彼此干扰，保护DNA不受细胞骨架运动所产生的机械力的损伤；
- b) 细胞核与细胞质之间的物质交换与信息交流。

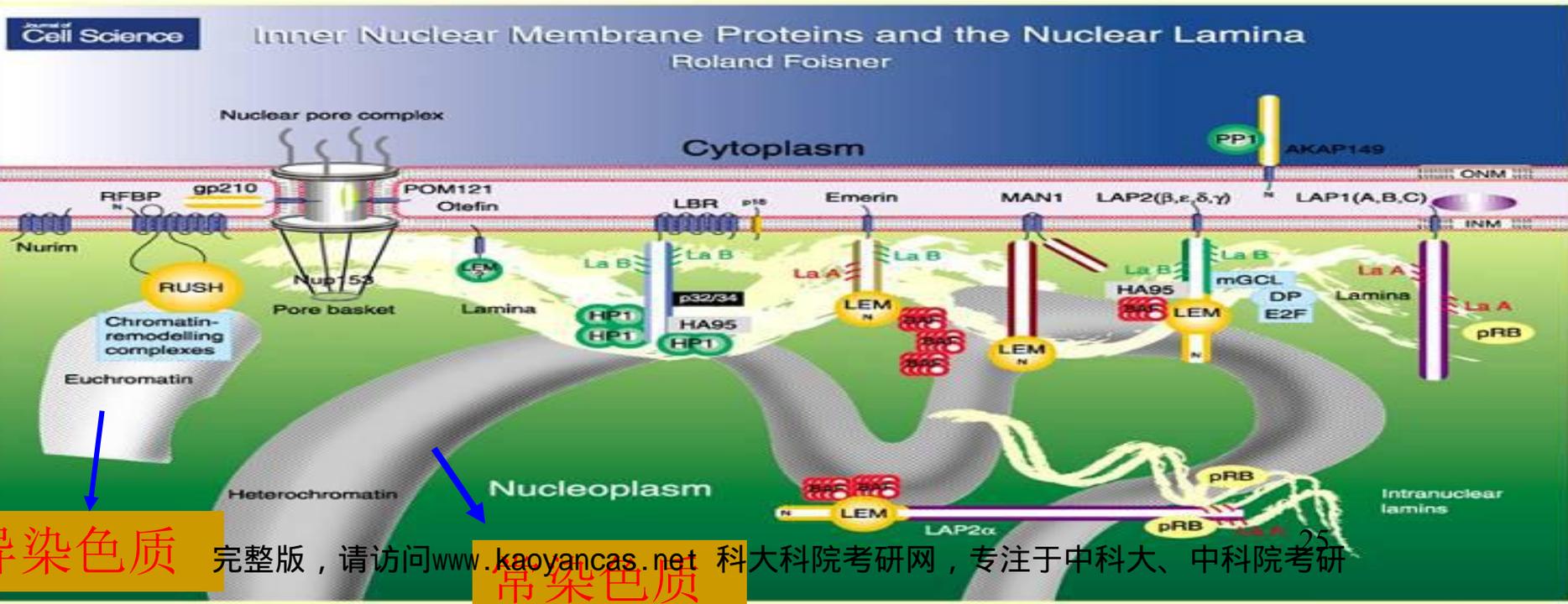


完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

② 染色质 (Chromatin)

与参考价值真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

- 染色质的组成：主要是DNA和蛋白质（组蛋白与非组蛋白），也含有少量RNA。
- 染色质分类：
 - 常染色质是DNA长链分子展开的部分，非常纤细，染色也较淡。
 - 异染色质是DNA长链分子紧缩盘绕的部分，成较大的、深染团块。

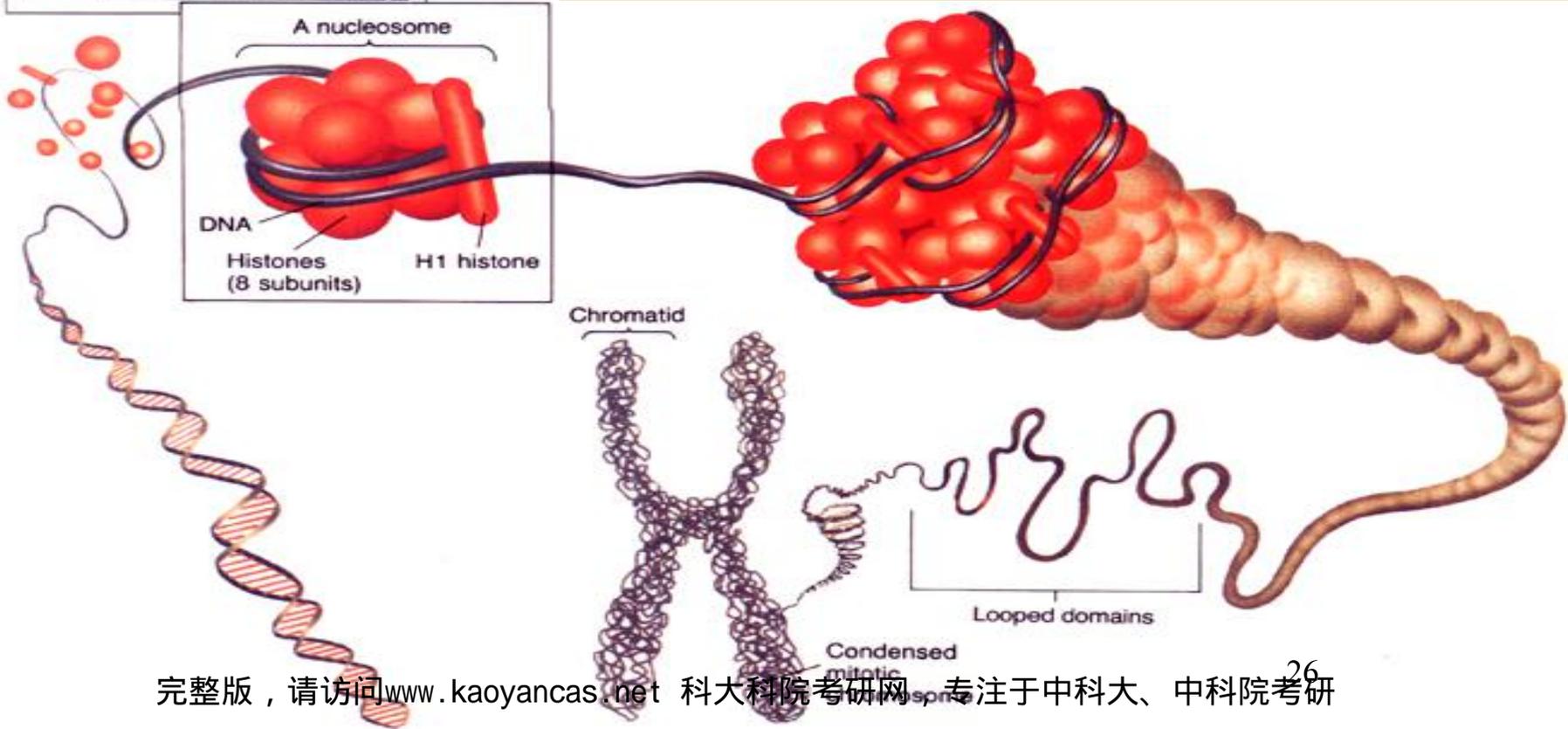
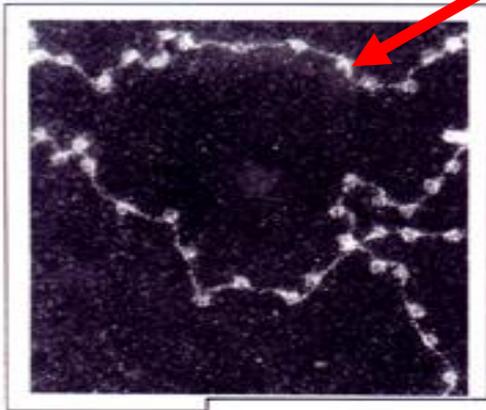


② 染色质

有价值的真题、答案、

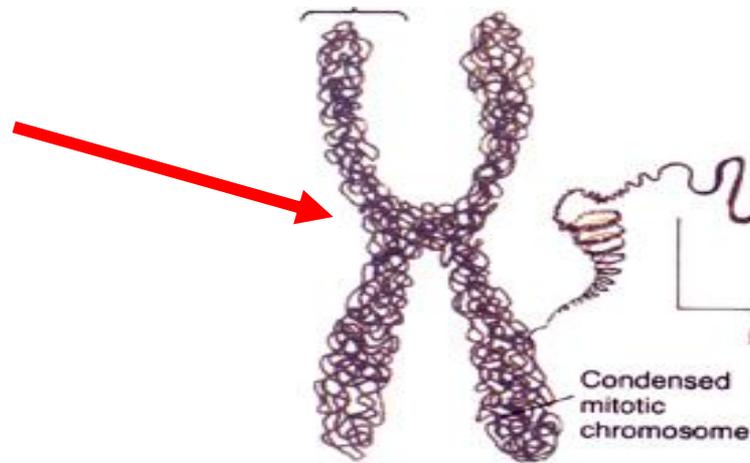
核小体 (nucleosome)：电镜下染色质成串珠状的细丝，小珠成为核小体。其核心部分由4对组蛋白分子构成(H2A、H2B、H3和H4各2个)，DNA分子链缠绕在核小体核心的外周。各核小体之间由同一DNA分子相连接。

学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



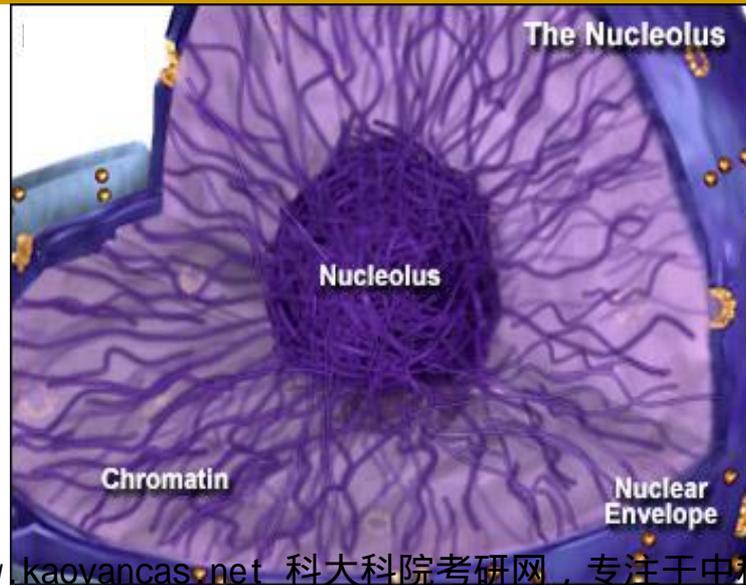
染色体：

细胞分裂时，染色质进一步浓缩，形成在光学显微镜下可见的染色体。



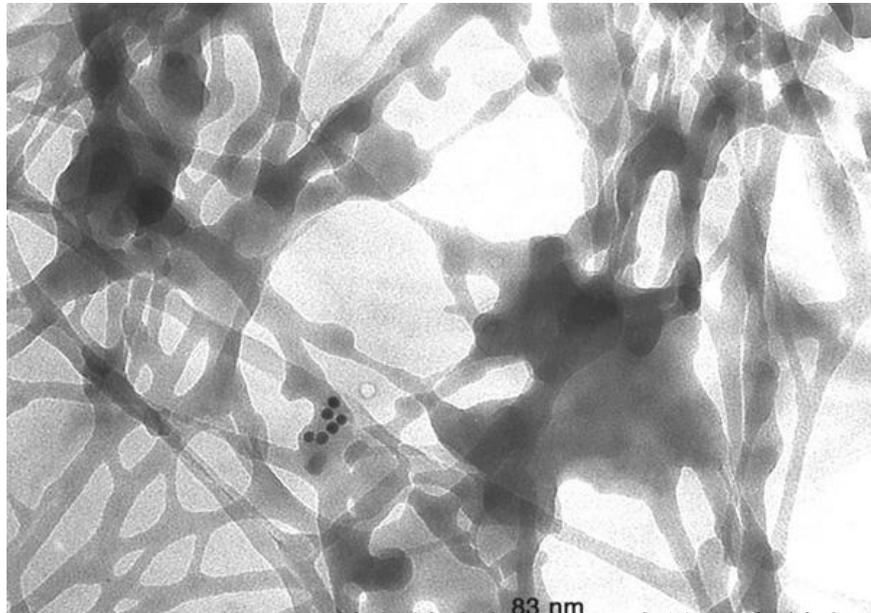
③ 核仁 (nucleolus)

- 圆形或椭圆形的颗粒状结构，无外膜，各种生物中数目固定（1-2个）
- 富含蛋白质和RNA（rRNA，核糖体RNA）
- 由某一个或几个特定染色体的核仁组织区形成，核仁组织区是rDNA的所在之处
- 转录rRNA和组装核糖体单位



④ 核基质

- 传统上认为核基质是富含蛋白质的透明液体，染色质和核仁等都浸浮其中。
- 现已证实，核基质是成纤维状的网，布满于细胞核中，网孔中充满液体。网的成分是蛋白质。核基质是核的支架，并为染色质提供附着的场所。



(3) 细胞质和细胞器

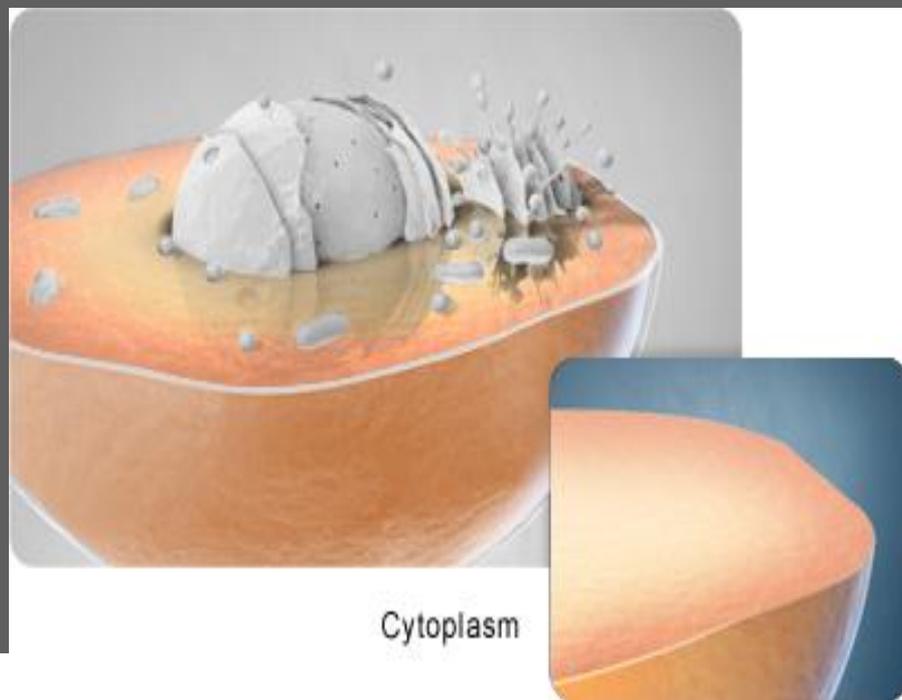
□ **细胞质 (cytoplasm)**：质膜内，细胞核外

➤ **细胞溶胶 (cytosol)**：质膜与细胞核之间透明、黏稠、高度有序、动态平衡的物质，含各种细胞器和细胞骨架。

➤ **细胞器 (cell organelle)**

- 内质网和核糖体
- 高尔基体
- 溶酶体
- 线粒体
- 质体
- 微体
- 液泡
- 中心粒

➤ **细胞骨架 (cytoskeleton)**

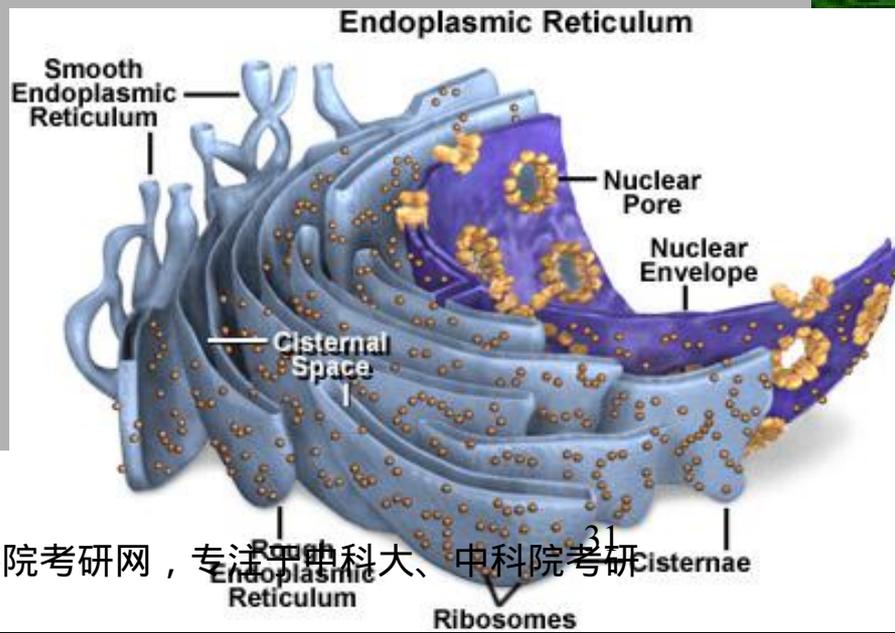


(3) 细胞质和细胞器

① 内质网和核糖体

- **内质网 (endoplasmic reticulum)**：细胞质内一系列囊腔和细管，彼此相通，形成的一个隔离于细胞溶质的膜系统（占细胞总膜面积的一半）
- **核糖体 (ribosome)**：细胞合成蛋白质的场所

内质网 {
光面内质网 (SER)
糙面内质网 (RER)



(3) 细胞质和细胞器



① 内质网和核糖体

➤ 光面内质网 (smooth ER)

无核糖体颗粒，脂质合成的主要场所，降解有毒分子

合成脂肪、磷脂 —— 脂肪细胞

合成甾体类激素 —— 睾丸、肾上腺细胞

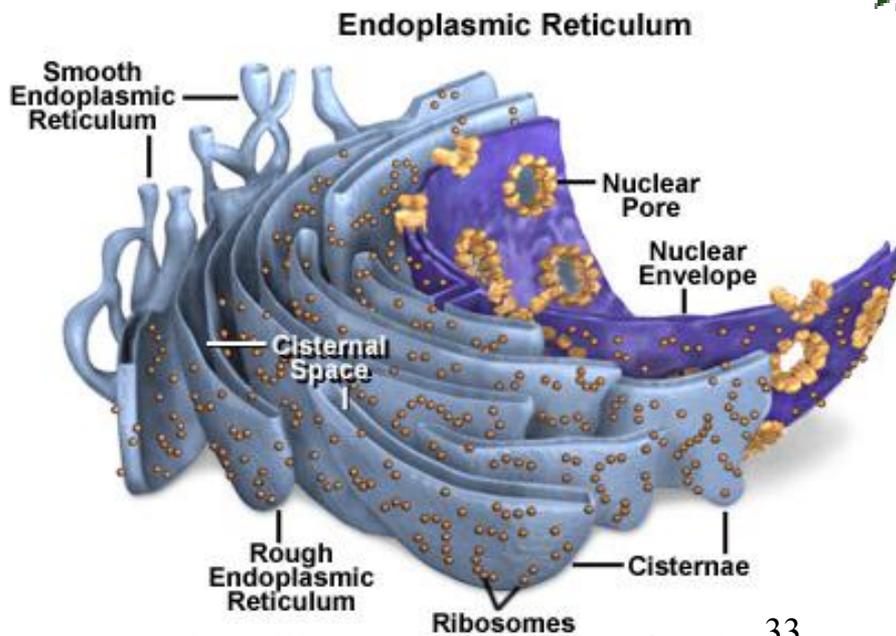
(3) 细胞质和细胞器

① 内质网和核糖体

➤ 糙面内质网 (rough ER)

富有核糖体颗粒，合成并转运蛋白质

蛋白质都是在核糖体上合成的



(3) 细胞质和细胞器

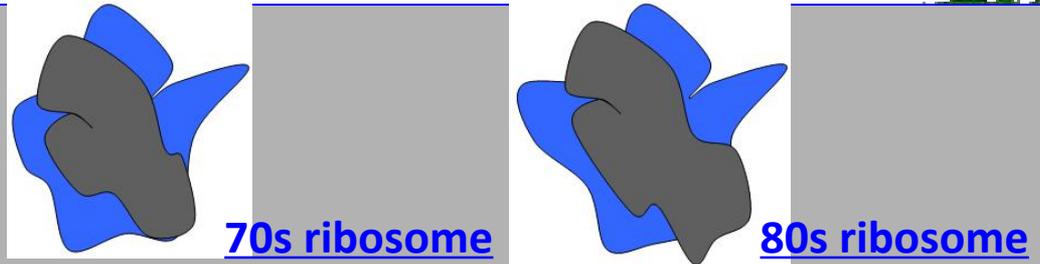
① 内质网和核糖体

➤ 核糖体

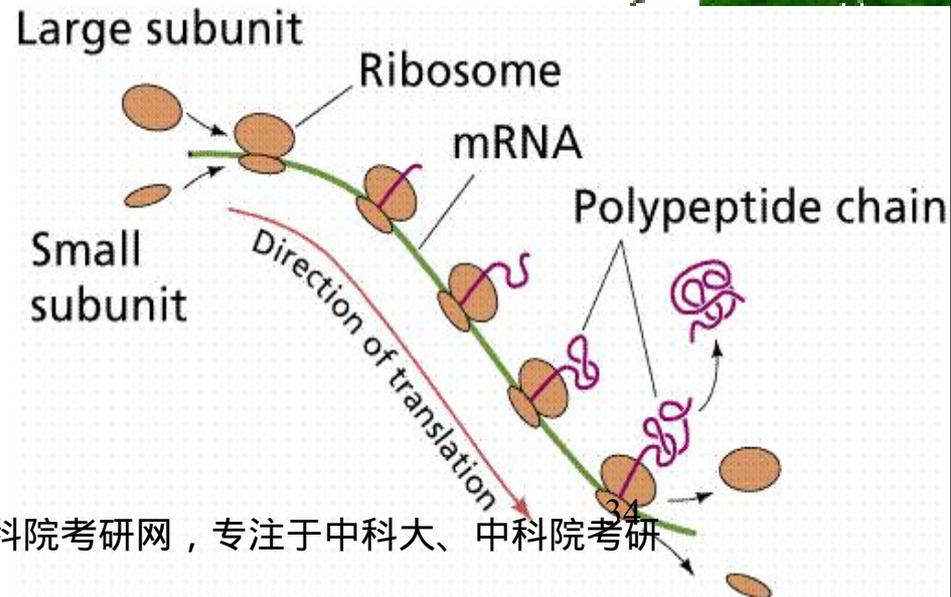
唯一功能：按照**mRNA**的指令由氨基酸合成多肽链

分类：70S核糖体（原核细胞），80S核糖体（真核细胞）

构成：均由大、小两个亚单位构成



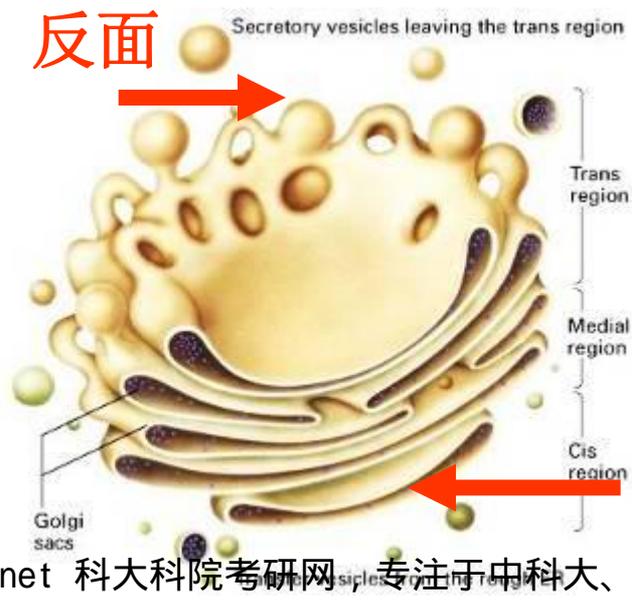
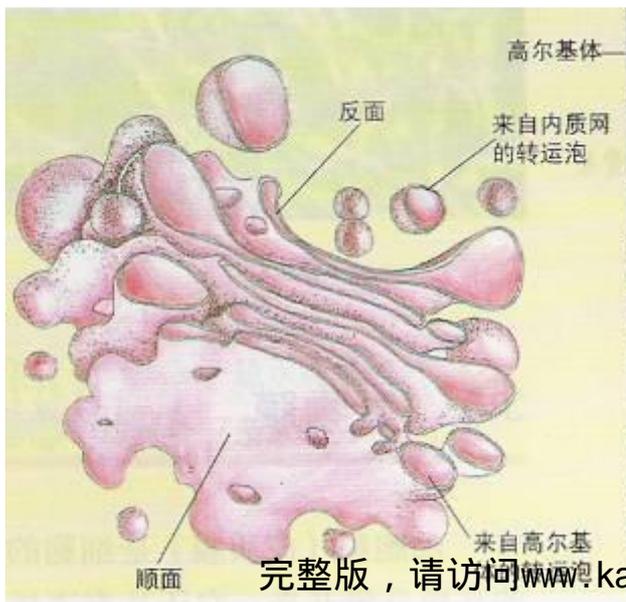
只有当小亚单位与**mRNA**结合后，大亚单位才与小亚单位结合成完整的核糖体；肽链合成终止后，大小亚单位解离



② 高尔基体

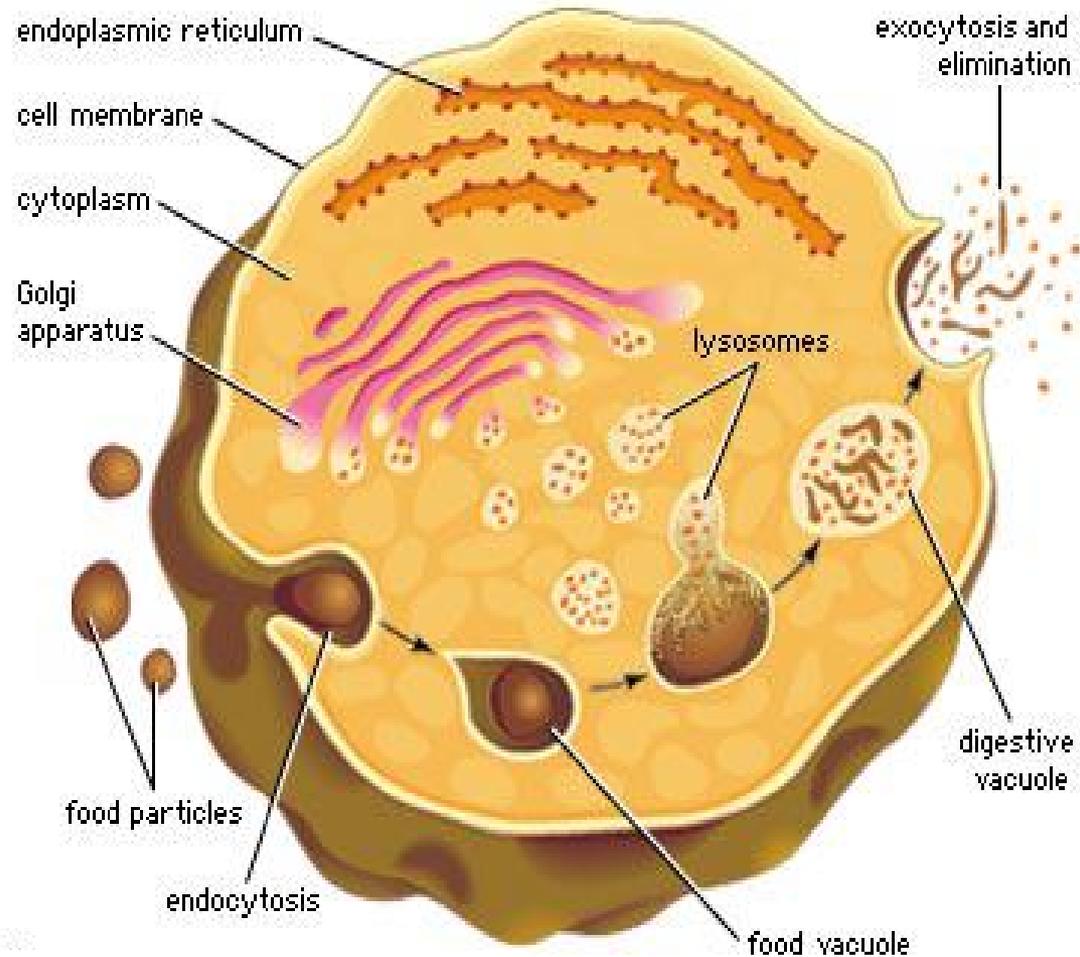
真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

- 高尔基体的形态结构：
 - a) 由扁平囊和大小不等囊泡组成
 - b) 具有极性的细胞器：形成面或顺面（Cis面）、成熟面或反面（Trans面）
- 高尔基体的功能：将内质网合成的蛋白质进行加工、分类、包装，然后分门别类地送到细胞特定的部位或分泌到细胞外，还能够合成多糖。



③溶酶体 (lysosome)

- 动物、真菌和一些植物细胞中有一类由单层膜围绕、内含多种酸性水解酶类的囊泡状细胞器，由高尔基体断裂产生
- 主要功能：进行细胞内消化，消化从外界吞入的颗粒以及细胞本身产生的碎渣，清除无用生物大分子、衰老细胞器及损伤死亡的细胞
- 异质性细胞器：不同溶酶体形态不同、大小不同、所含水解酶种类也可能不同



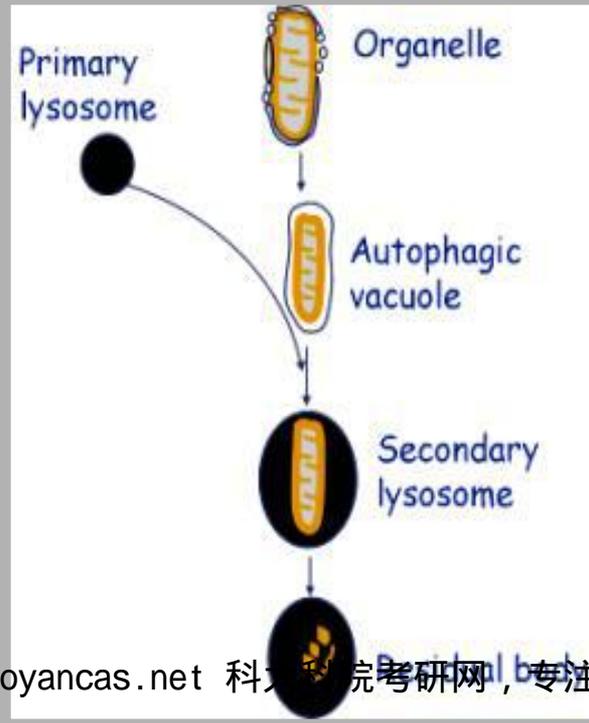
③溶酶体 (lysosome)

➤ 分类:

初级溶酶体: 球形，内容物均一，不含明显颗粒物

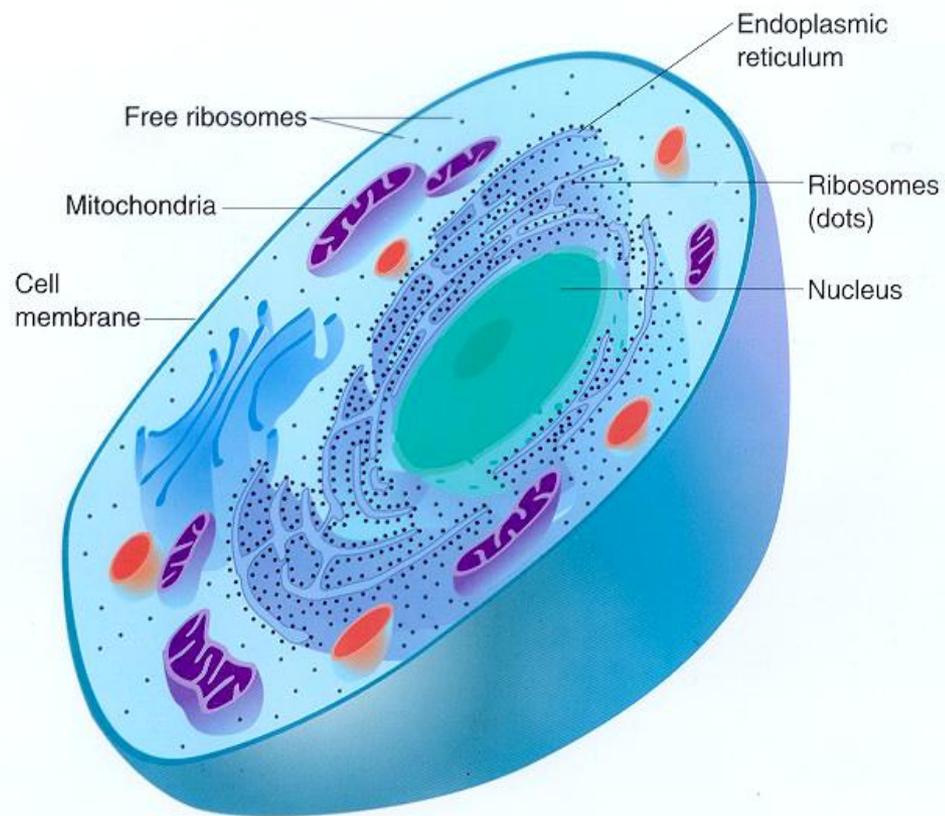
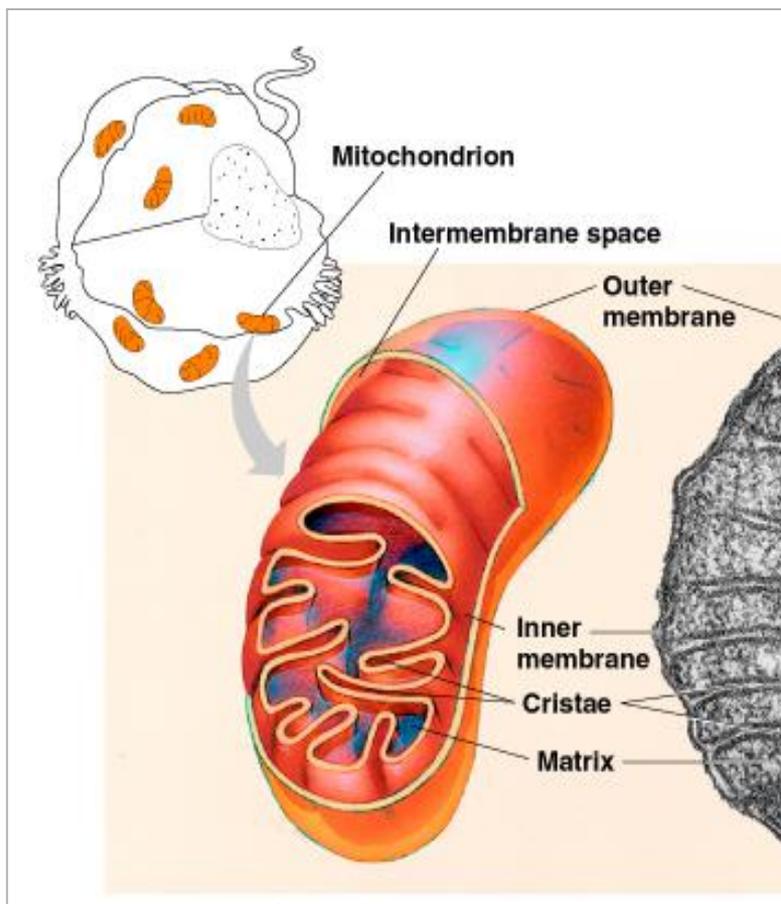
次级溶酶体: 由初级溶酶体和细胞内的自噬泡或异噬泡、胞饮泡或吞噬泡融合形成；形态不规则，内部结构复杂，含颗粒、膜片、乃至细胞器等

残余小体: 未被消化的物质残存在溶酶体中，以类似胞吐的方式排出胞外



④ 线粒体 **mitochondrion** 高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

- 由内膜和外膜包裹的囊状结构，囊内是液态的基质。
- 外膜平整，内膜向内折入形成一些嵴，内膜面上有ATP酶复合体。



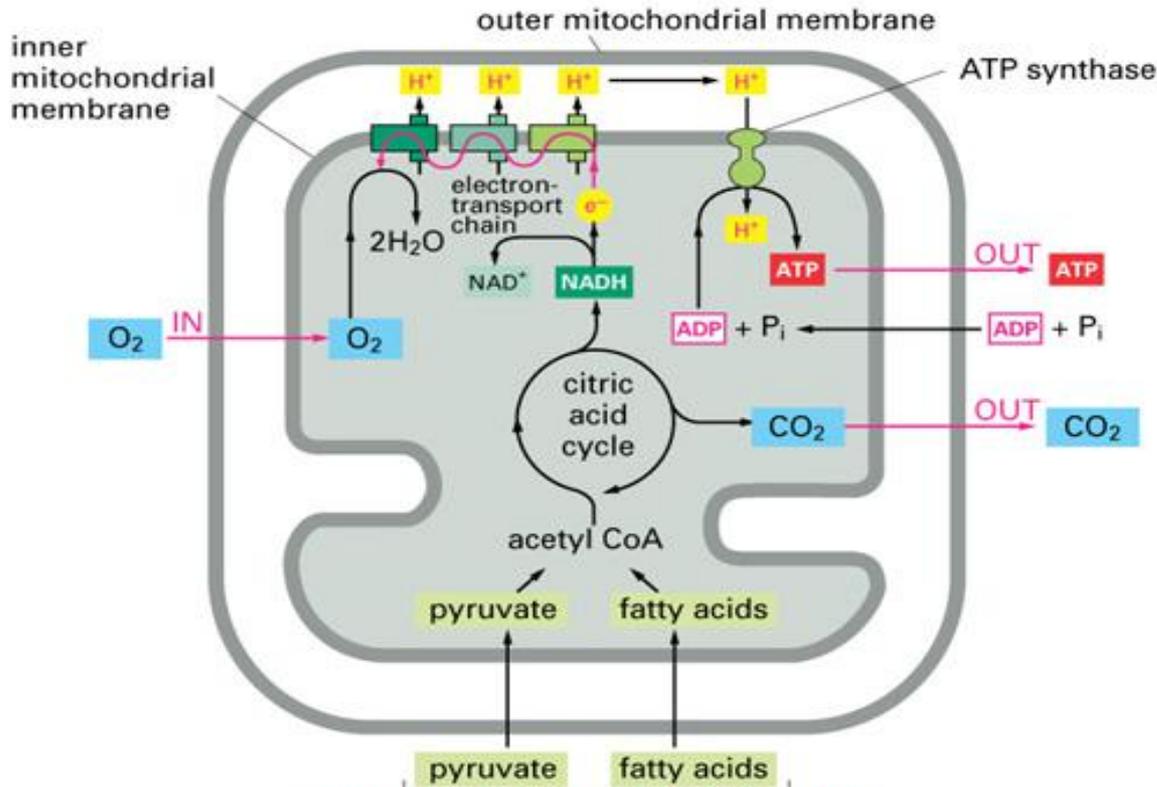
④

线粒体mitochondrion

参考价值的真题 答案 学长笔记 辅导班课程 访问 www.kaoyancas.net

●细胞呼吸并产生ATP的重要场所。

细胞的“动力工厂”通过氧化磷酸化作用，将贮存在糖类或脂肪中的化学能转变为细胞代谢可直接利用的能量分子——ATP（三磷酸腺苷）



- 线粒体基质中还含有DNA分子和核糖体。

线粒体中还存在**DNA**、**RNA**、**DNA聚合酶**、**RNA聚合酶**、**核糖体**、**氨基酸活化酶**等进行**DNA复制**、**转录**和**蛋白质翻译**的全套装备，说明线粒体**具有独立的遗传体系**，**能编码合成13种多肽**。但线粒体的绝大多数蛋白质都由**核基因**编码，在胞质核糖体合成。

④

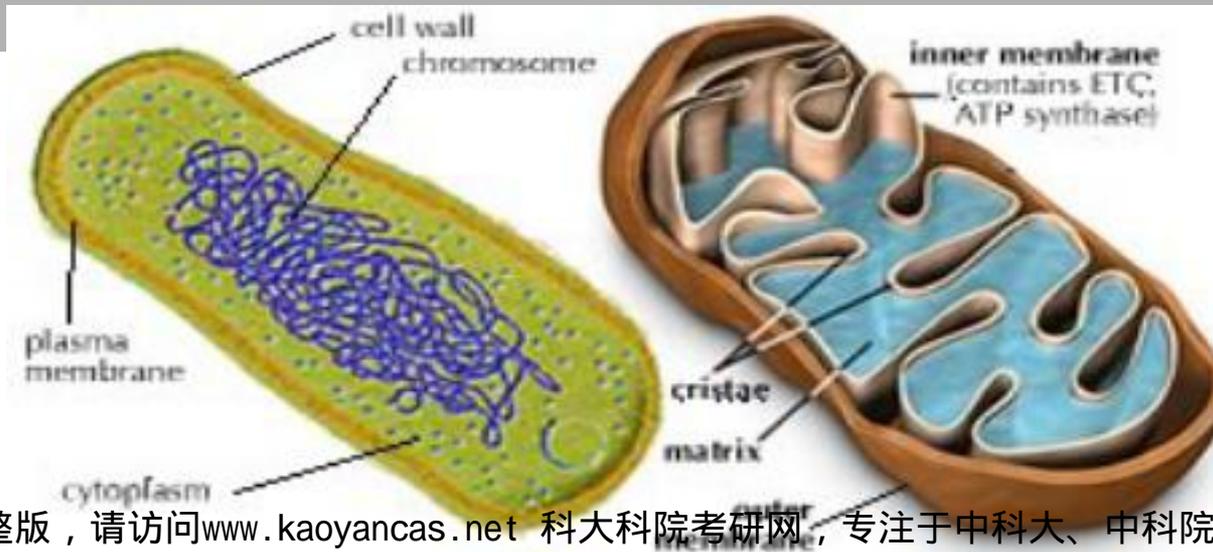
线粒体mitochondrion

考研价值的真题 答案 学长笔记 辅导班课程 访问 www.kaoyancas.net

● 线粒体可能起源于内共生

线粒体在形态，染色反应、化学组成、物理性质、活动状态、遗传体系等方面，都很像细菌。

需氧细菌被原始真核细胞吞噬以后，互利共生。在进化过程中，好氧细菌逐步丧失了独立性，并将大量遗传信息转移到宿主细胞中，经过漫长的岁月演变成线粒体



完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

⑤ 质体plastid

植物细胞的细胞器

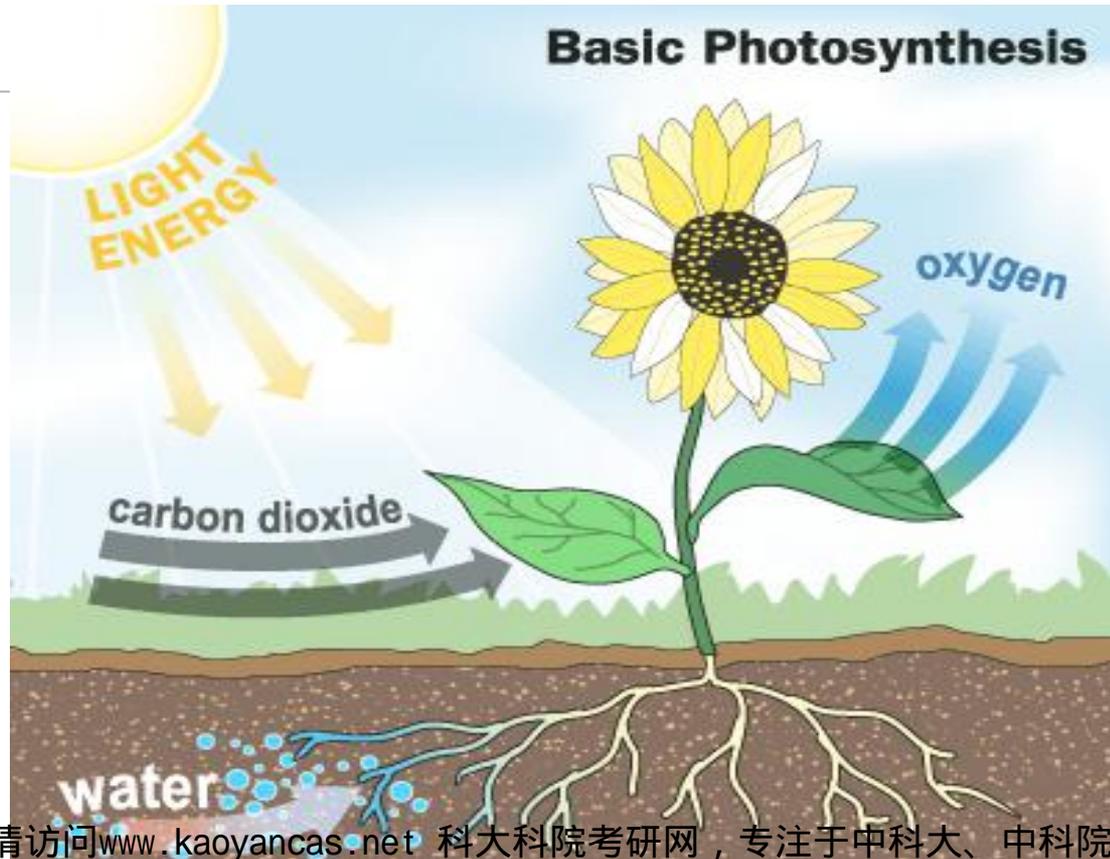
- 白色体：主要存在于分生组织以及不见光的细胞中，如马铃薯的块茎中的淀粉。
- 有色体：含有各种色素，花、水果的颜色。



⑤ 质体plastid

叶绿体chloroplast：最重要的有色体

光合作用的场所，将光能转变为化学能同化二氧化碳和水，合成糖，同时产生分子氧。



⑤ 质体plastid

叶绿体的结构

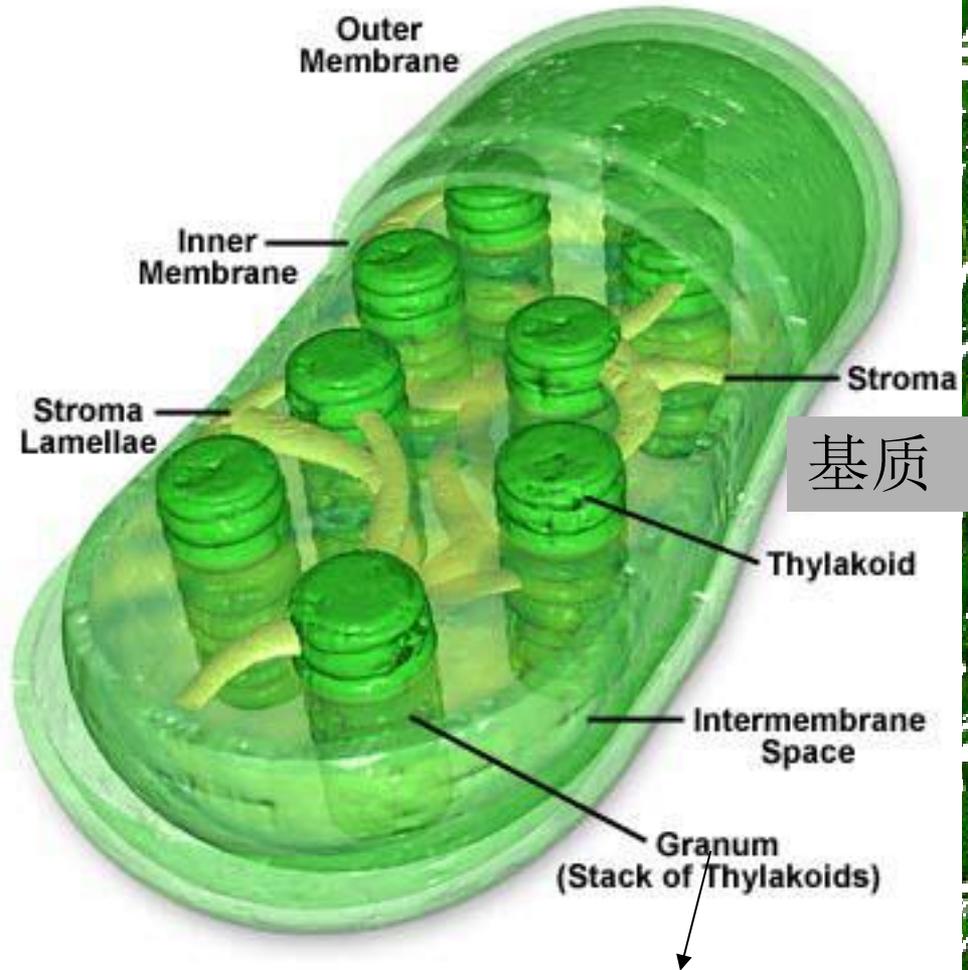
叶绿体膜（外膜和内膜）

类囊体（thylakoid）

基粒类囊体

基质类囊体

基质（stroma）



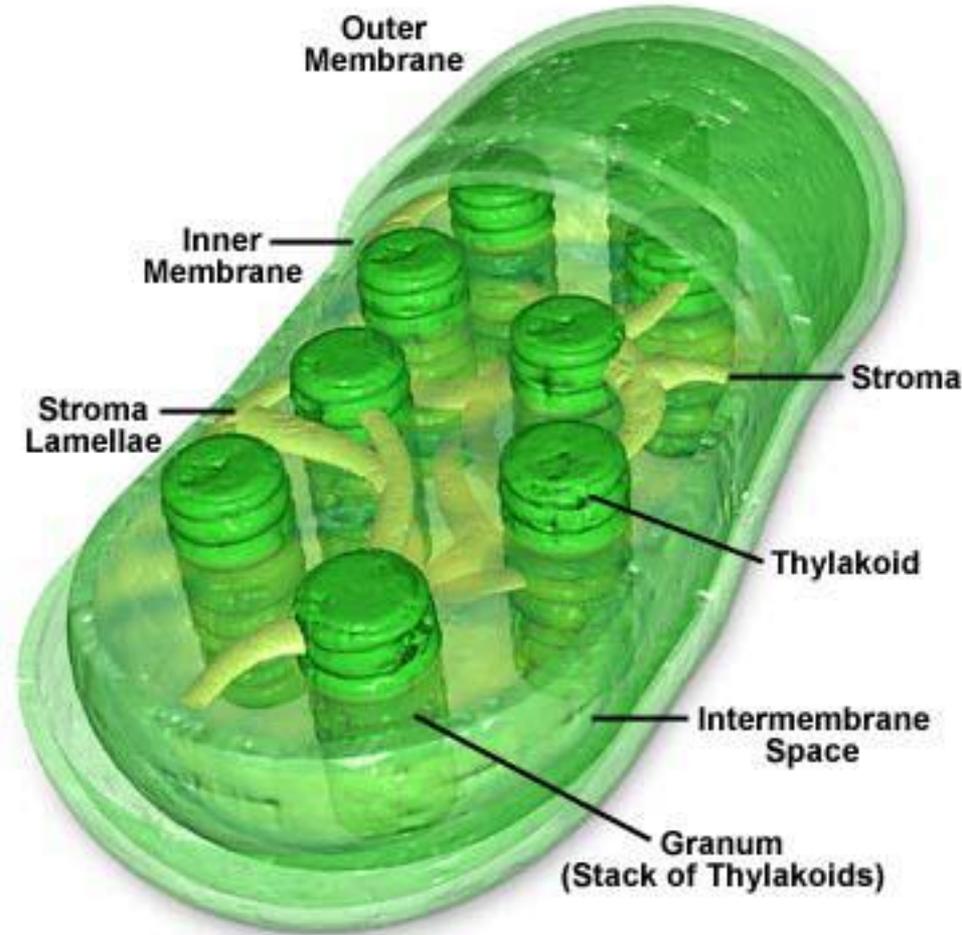
光反应——类囊体膜上进行

暗反应——基质中进行

⑤ 质体 plastid

叶绿体的结构

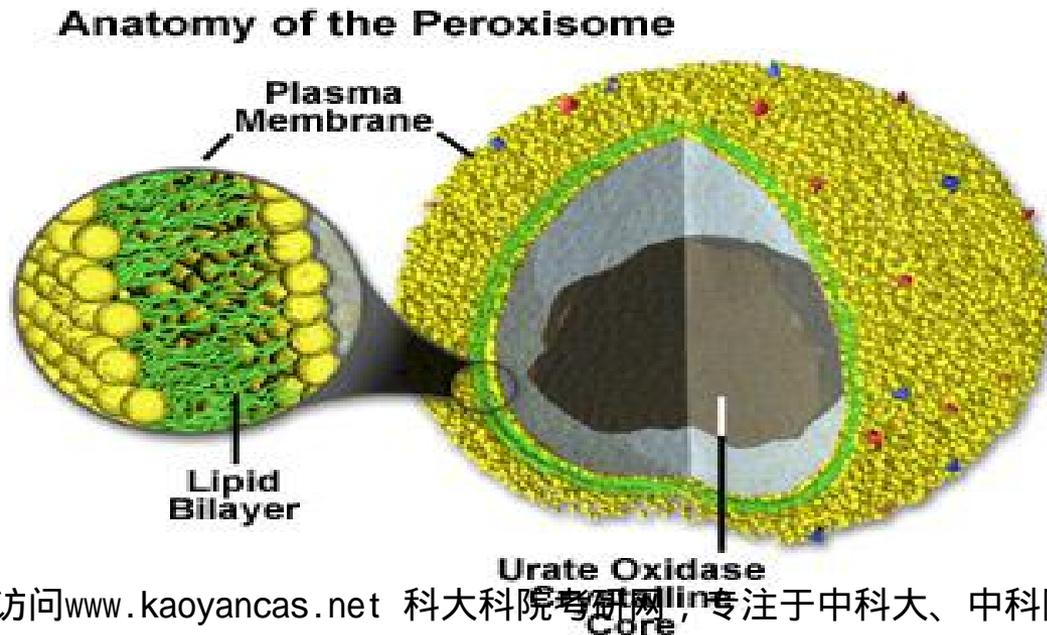
两层膜、内部是一个复杂的膜系统，由一系列排列整齐的扁平囊组成，即类囊体。有些类囊体有规律地重叠在一起称为基粒。光合作用的色素和电子传递系统都位于类囊体膜上。在各基粒之间还有埋藏于基质中的基质类囊体，与基粒类囊体相连，从而使各类囊体的腔彼此相通。



与线粒体一样，叶绿体也有环状的DNA和核糖体，能合成某些蛋白质！

⑥ 微体 **microbody**

- 单层膜围成的一类泡状结构，内含的酶不同于溶酶体，外部形态与溶酶体相似。
- 过氧化物酶体 **peroxisome**：动植物细胞均含有，氧化分解脂肪酸、酒精等。
- 乙醛酸循环体 **glyoxisome**：植物细胞中的一种微体，能够将脂类转化成糖类，种子萌发过程中很活跃。



⑦

液泡vacuole

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

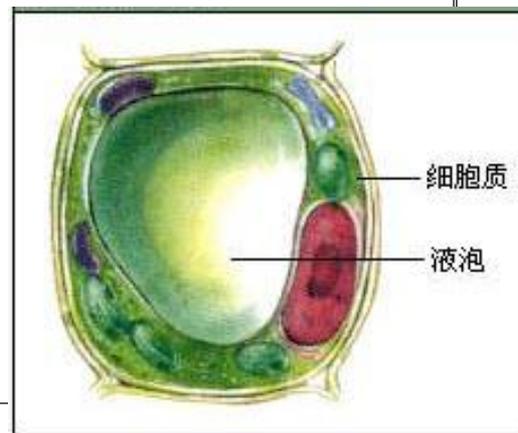
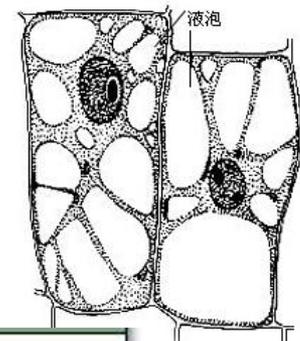
➤ 植物细胞单层膜包被的充满细胞液（cell sap）的囊泡

➤ 功能：

细胞液是高渗的，使细胞吸涨饱满

含有花色素苷，决定花、果、叶的颜色

贮存代谢废物



⑧ 细胞骨架

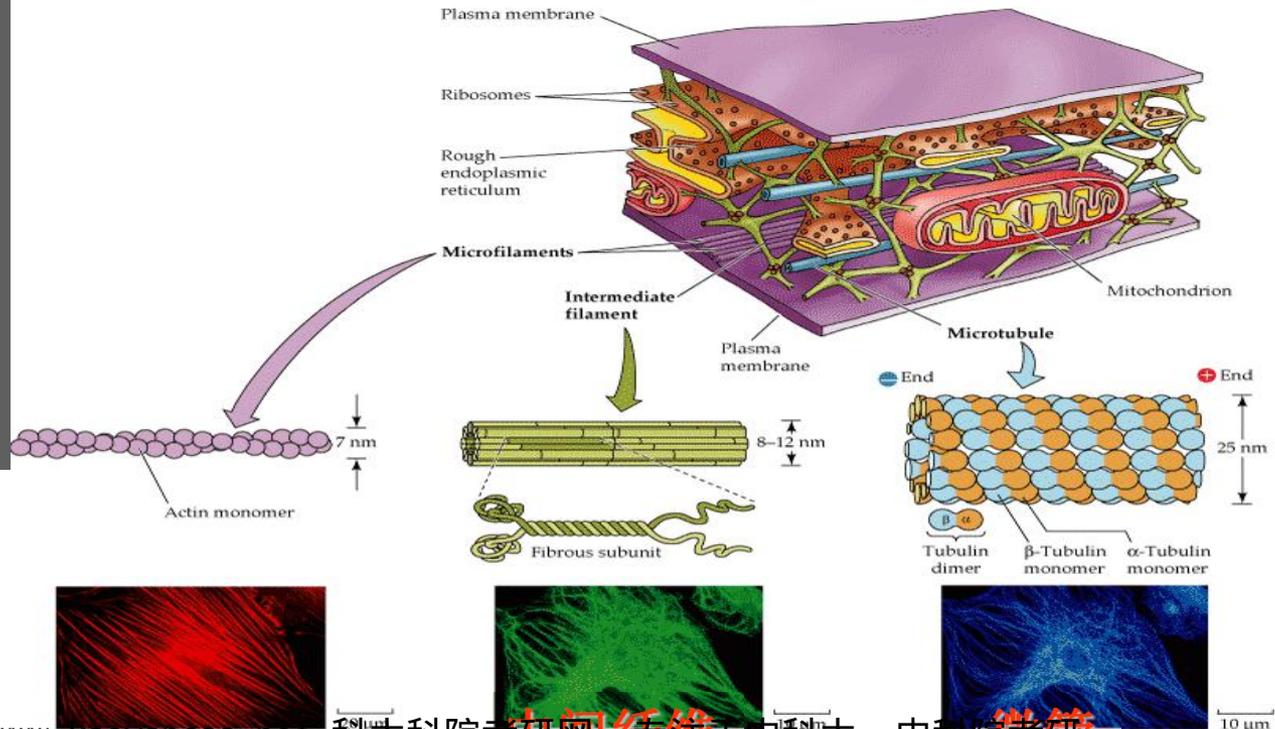
分布在真核细胞内的由3类蛋白质纤维构成的网状结构支架，与细胞器的空间分布、功能活动、物质运输、能量转换及信息传递等有关，在细胞中起到“骨骼和肌肉”作用。

★ 蛋白纤维：

微管

微丝

中间纤维

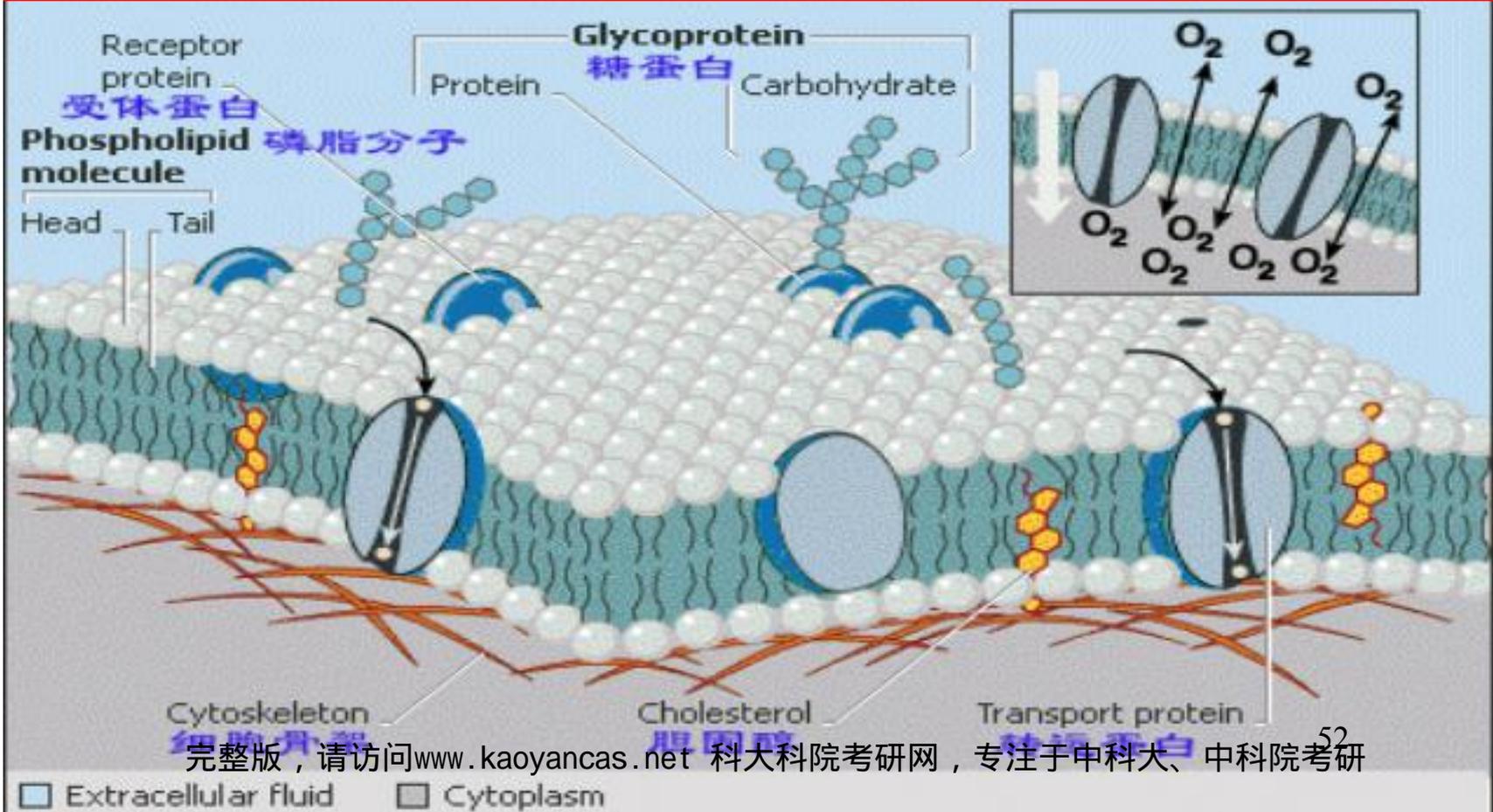


小结：细胞核与细胞器的功能

- **细胞核**—“中心调度室”，细胞生命活动的“控制中心”
- **核糖体**—蛋白质生产的“机器”
- **内质网**--合成蛋白质、脂类和糖类的“生产车间”
- **高尔基体**--生物大分子加工、包装的“加工车间”
- **线粒体和叶绿体**--产能的动力车间”
- **溶酶体**—“回收车间”和“保卫处”
- **细胞骨架系统**（MF、MT、IF）--“支架、运输、运动系统”
- **生物膜系统**--膜流，生产“流水线”和“传送带”。

一、生物膜——流动镶嵌模型

- 生物膜结构特点
- 生物膜的骨架是脂双层
- 蛋白质以不同方式镶嵌脂双层中，执行膜的许多重要功能
- 质膜表面有少量糖类分子——糖脂和糖蛋白



一、生物膜—流动镶嵌模型

4. 糖和糖萼

➤ 膜糖：细胞膜表面的糖

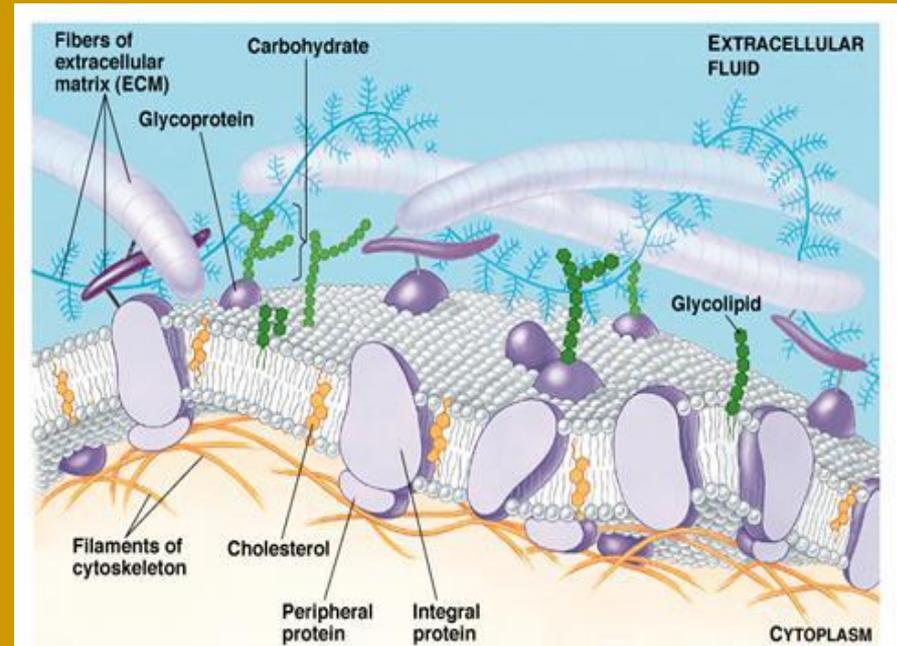
➤ 分类

糖蛋白：与膜蛋白结合而成

糖脂：与脂质结合而成

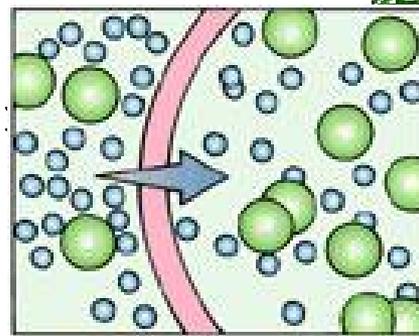
➤ 成分：半乳糖、甘露糖、半乳糖胺、葡萄糖胺、葡萄糖、唾液酸等

➤ 功能：与细胞识别有关；固定膜中的蛋白质



三、物质的跨膜转运

- ❑ 细胞膜防止了细胞内外物质自由进出细胞，保证了细胞内环境相对稳定，使各种生化反应能有序运行
- ❑ 然而，细胞必须与周围环境发生信息、物质、能量交换，才能完成特定的生理功能
- ❑ 物质出入细胞穿过细胞膜的方式主要有：
 - 扩散：单纯扩散、易化扩散（协助扩散）、
 - 主动运输
 - 胞吞作用和胞吐作用



三、物质的跨膜转运

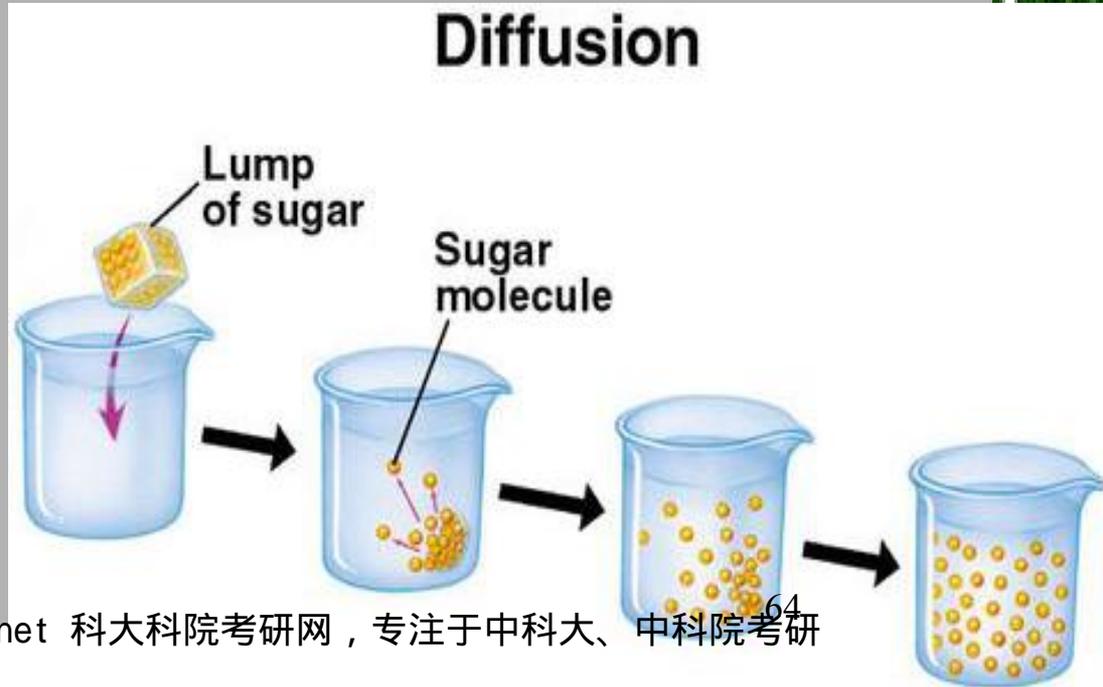
□ 扩散 (diffusion) :

物质分子从相对高浓度的区域移动到低浓度的区域

- 分子的跨膜扩散速度不仅取决于分子的浓度梯度，还与分子的大小、疏水性和电性有关

- 分类：

单纯扩散
易化扩散
渗透

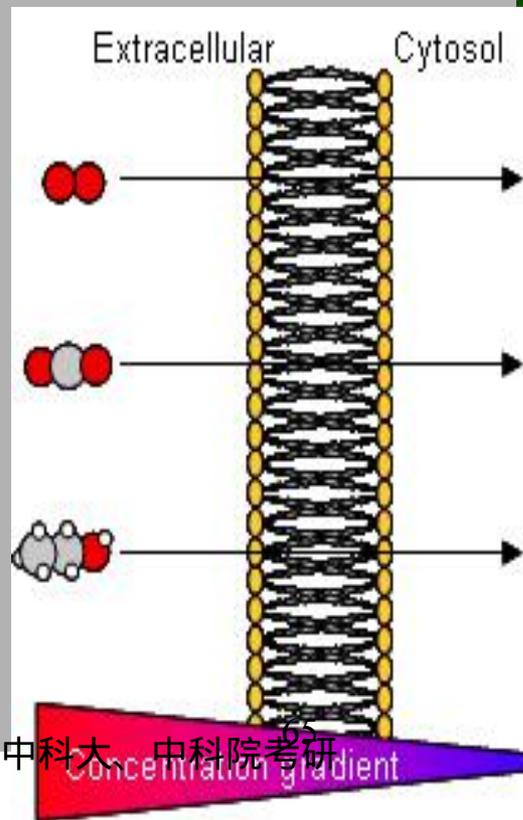


三、物质的跨膜转运

□ 单纯扩散 (simple diffusion)

即自由扩散

- 特点：沿浓度梯度扩散、不需要提供能量、没有膜蛋白的协助
扩散速率随浓度梯度的增加而等比提高
- 以单纯扩散透过的物质：
非极性的小分子，如 O_2 、 CO_2 、 N_2 ；
不带电荷的极性小分子，如尿素、甘油等



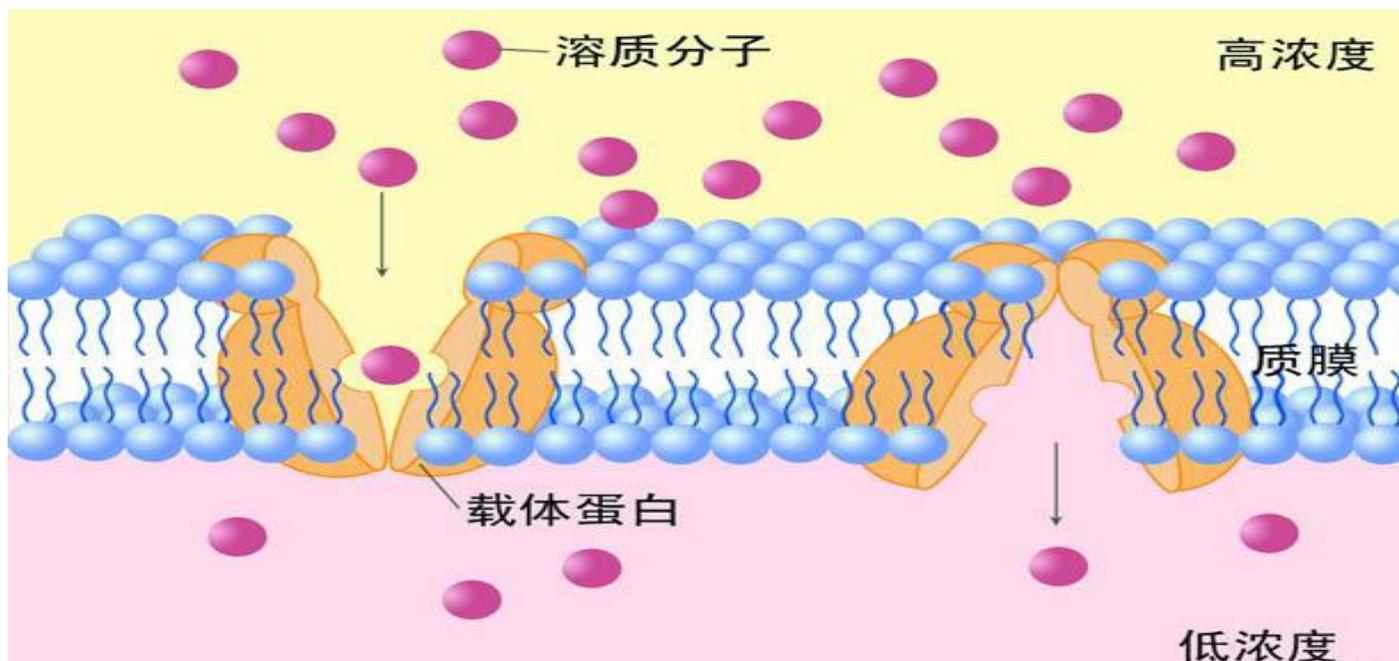
三、物质的跨膜转运

□ 易化扩散（**facilitated diffusion**）：也称协助扩散

特点：沿浓度梯度扩散、不需要提供能量

但需特异性转运膜蛋白协助

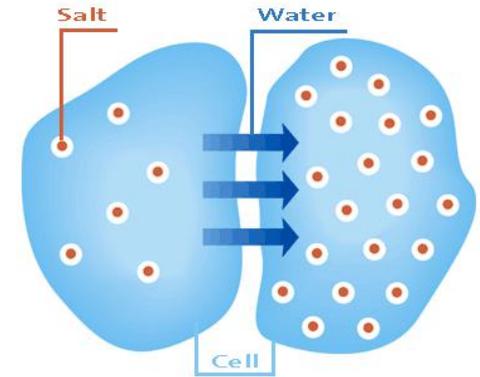
比自由扩散转运速率高、存在**最大转运速率**



三、物质的跨膜转运

□ 渗透（osmosis）

专指水分子的跨膜扩散，是水分子从高浓度（
而进入低浓度（如蔗糖溶液）一侧的扩散。

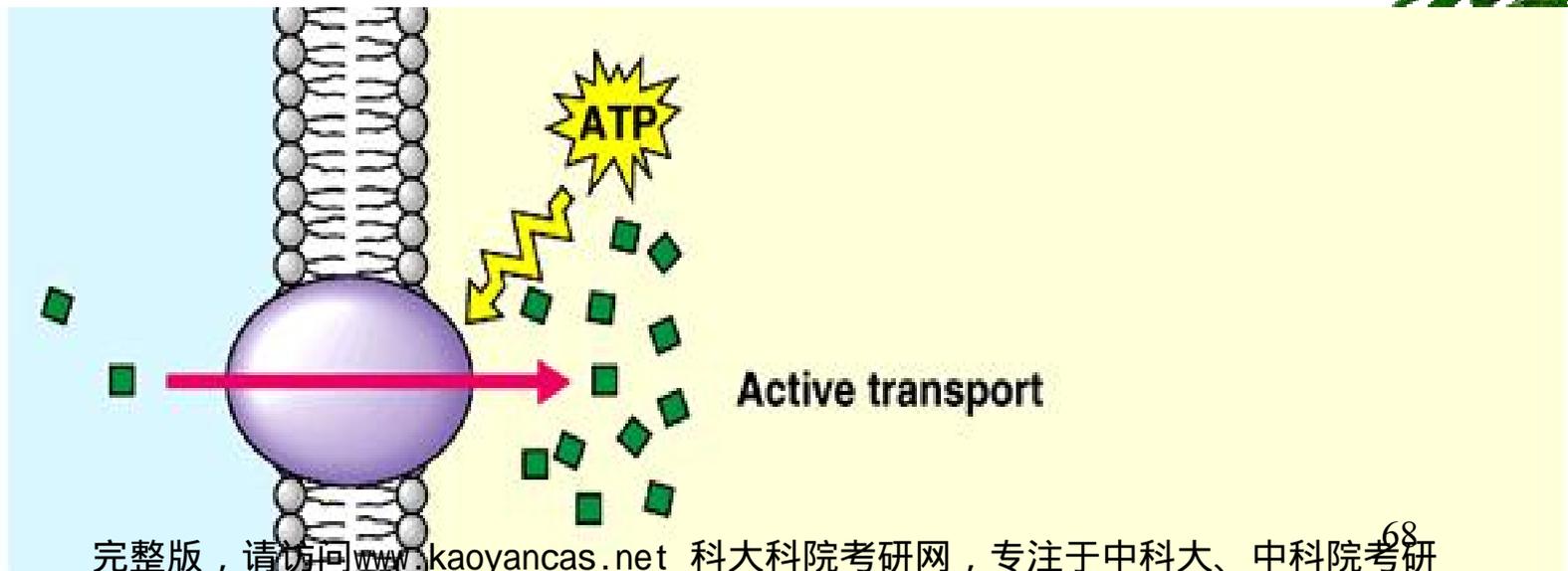


三、物质的跨膜转运

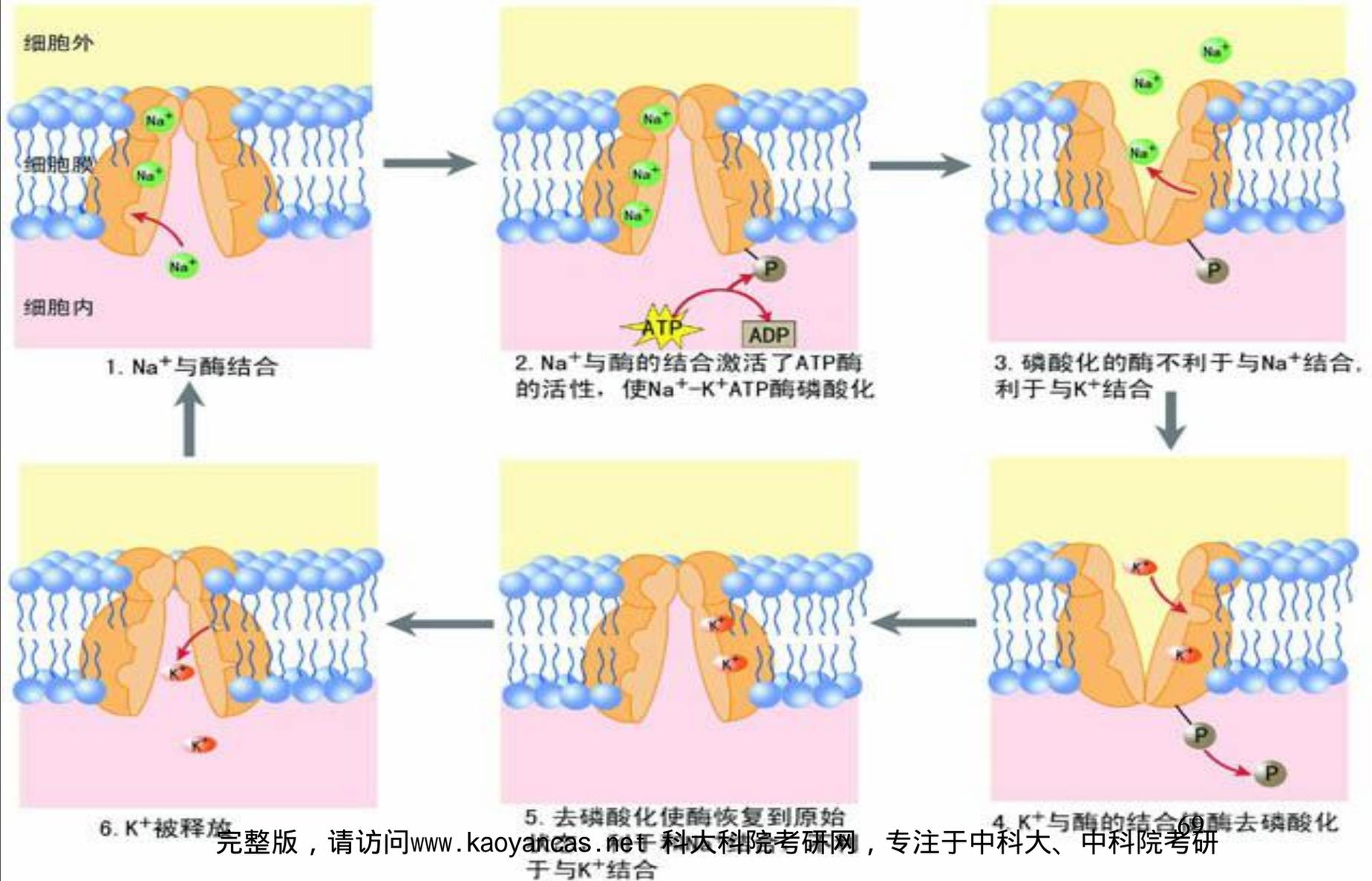
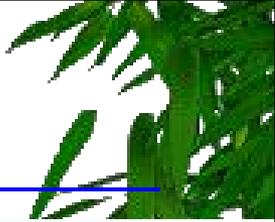
□ 主动转运 (active transport)

- 细胞**逆**浓度梯度或电化学梯度运输物质
- 特点：

逆浓度梯度运输、需要能量、需要载体蛋白（Na-K泵，Ca泵，质子泵）



主动转运 active transport



胞吞和胞吐作用

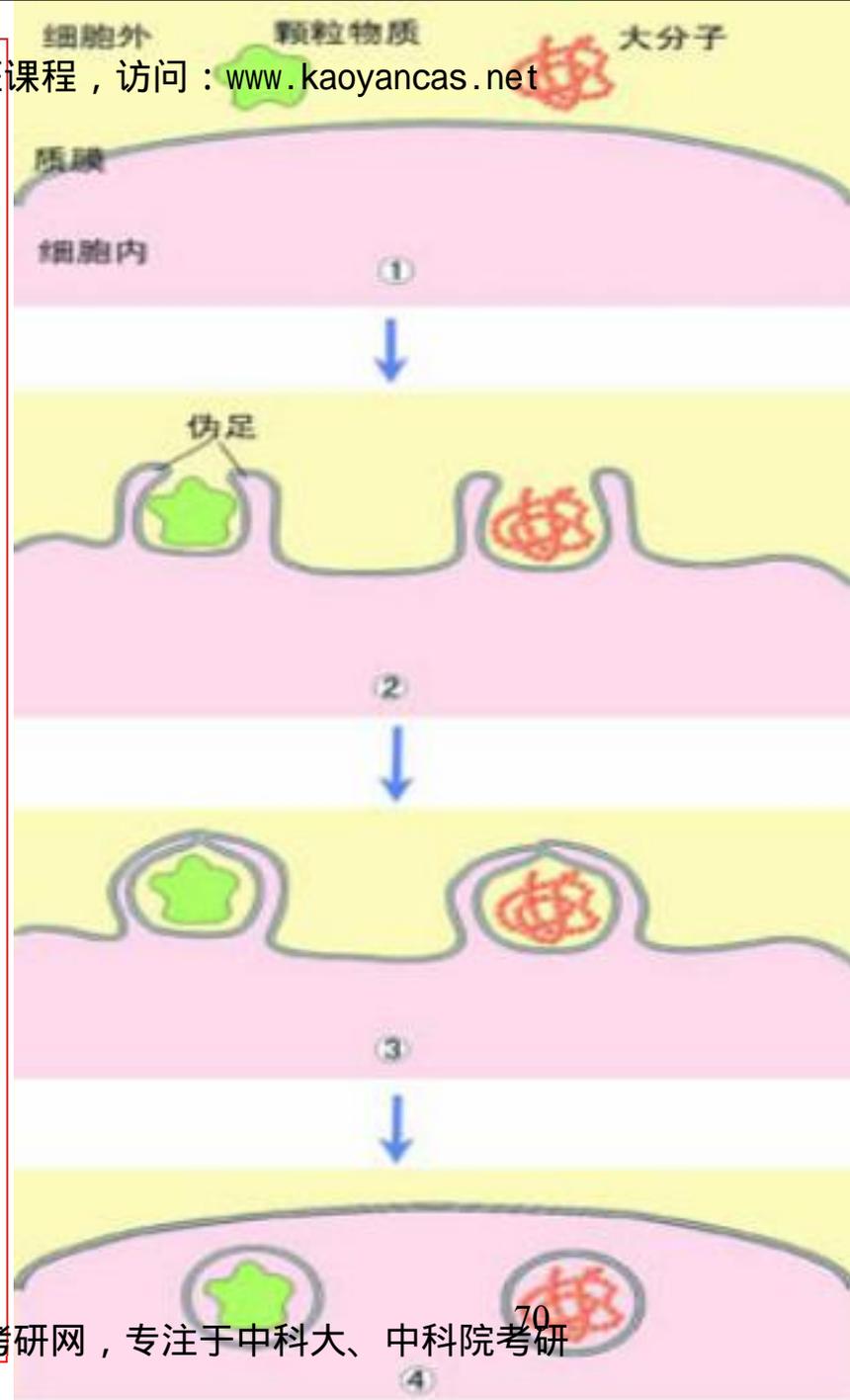
——生物大分子或颗粒物的运输

➤ 胞吞作用(endocytosis)

{ 吞噬作用
胞饮作用

➤ 细胞吞噬固体颗粒的作用称为**吞噬作用(phagocytosis)**，如草履虫、变形虫吞噬细菌和其它食物颗粒，白细胞吞噬细菌、细胞碎片以及衰老的红细胞

➤ 细胞吞入液体和直径小于 $0.2\mu\text{m}$ 生物大分子（蛋白质分子）的过程称为**胞饮作用(pinocytosis)**



四、细胞连接 该部分内容自学

➤ 细胞与细胞间、细胞与细胞外空间的结构关系称为细胞连接。

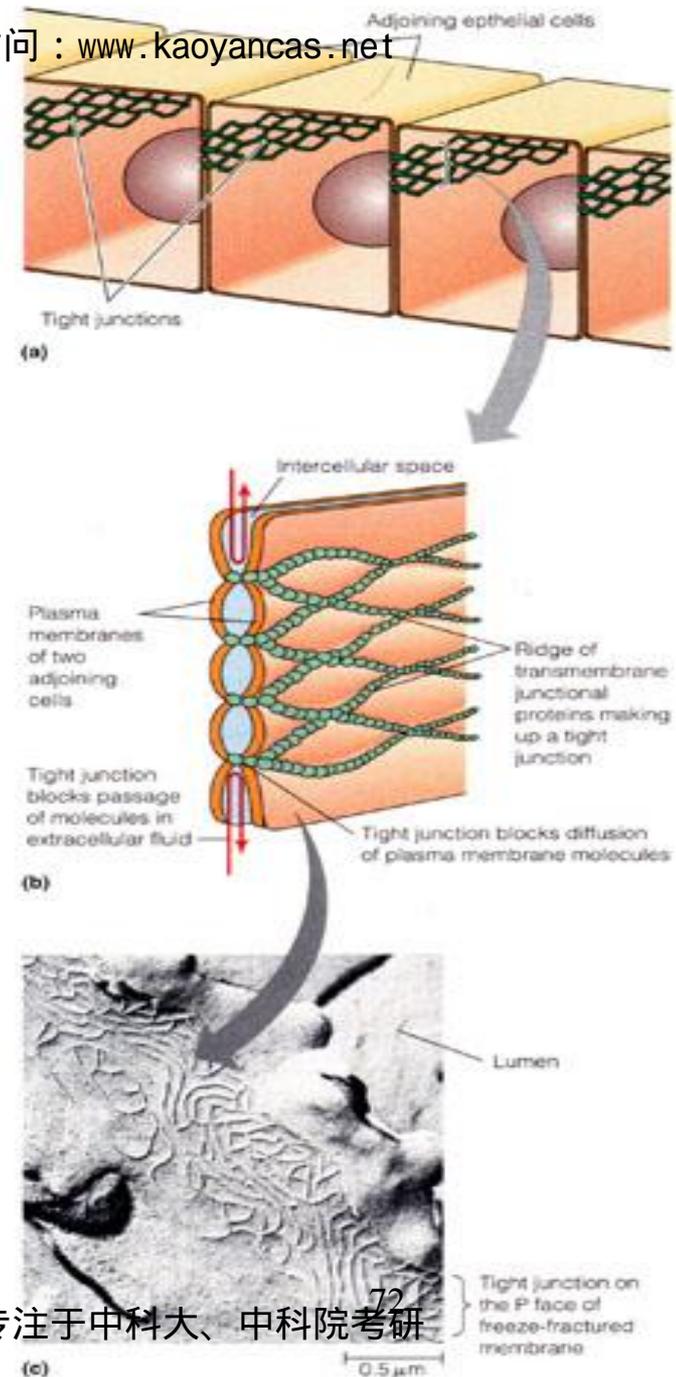
- ① 紧密连接
- ② 桥粒
- ③ 间隙连接
- ④ 胞间连丝



① 紧密连接 (封闭连接)

紧密连接 (Tight junction):

- a. 带状，相邻细胞的细胞膜内蛋白质“嵴”相贴。细胞膜融合。
- b. 封闭10nm宽的胞间隙。
- c. 常存在于体内各种屏障内。



②桥粒

高价值真题、答案、学长笔记、辅导班资料、访问 www.kaoyancas.net

盘状，很牢固。支撑作用。
桥粒在表皮细胞间大量存在，构成细胞间桥。

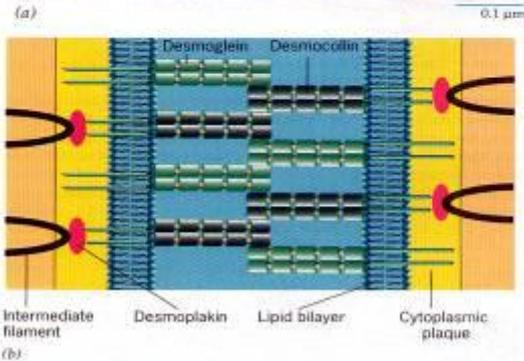
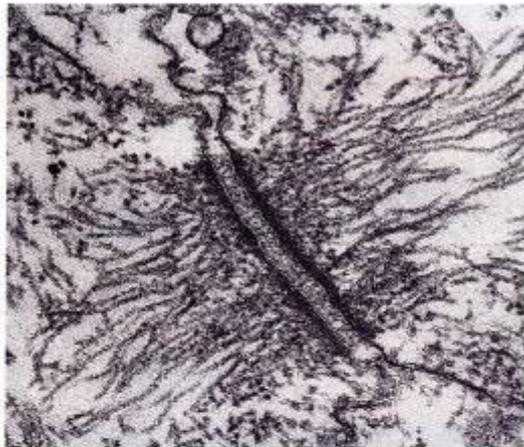
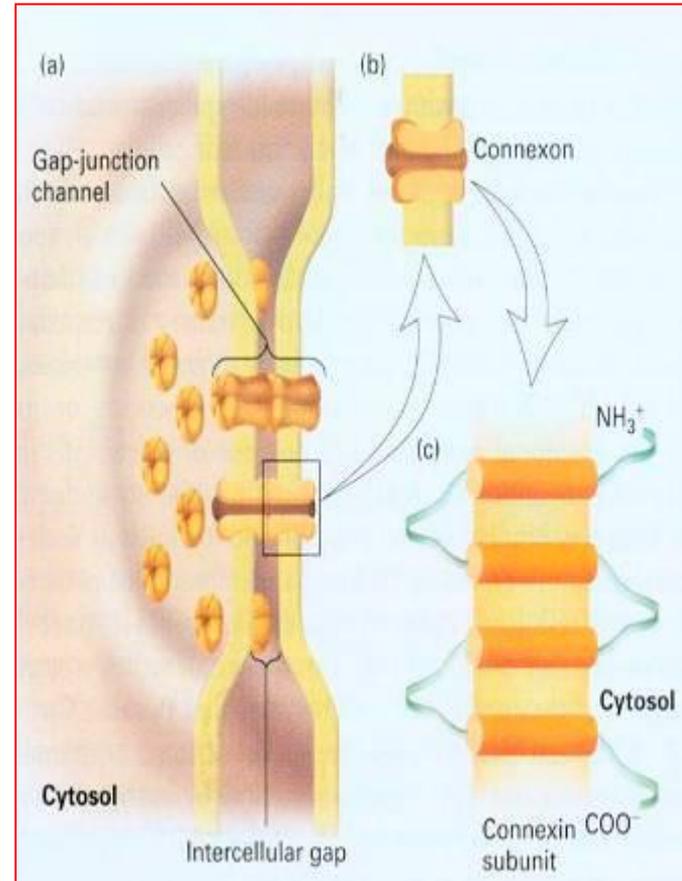


Figure 7.27 The structure of a desmosome. (a) Electron micrograph of a desmosome from newt epidermis. (b) Schematic model of the molecular architecture of a desmosome. (a: From Douglas E. Kelly, J. Cell Biol. 28:51, 1966; by copyright permission of the Rockefeller University Press.)

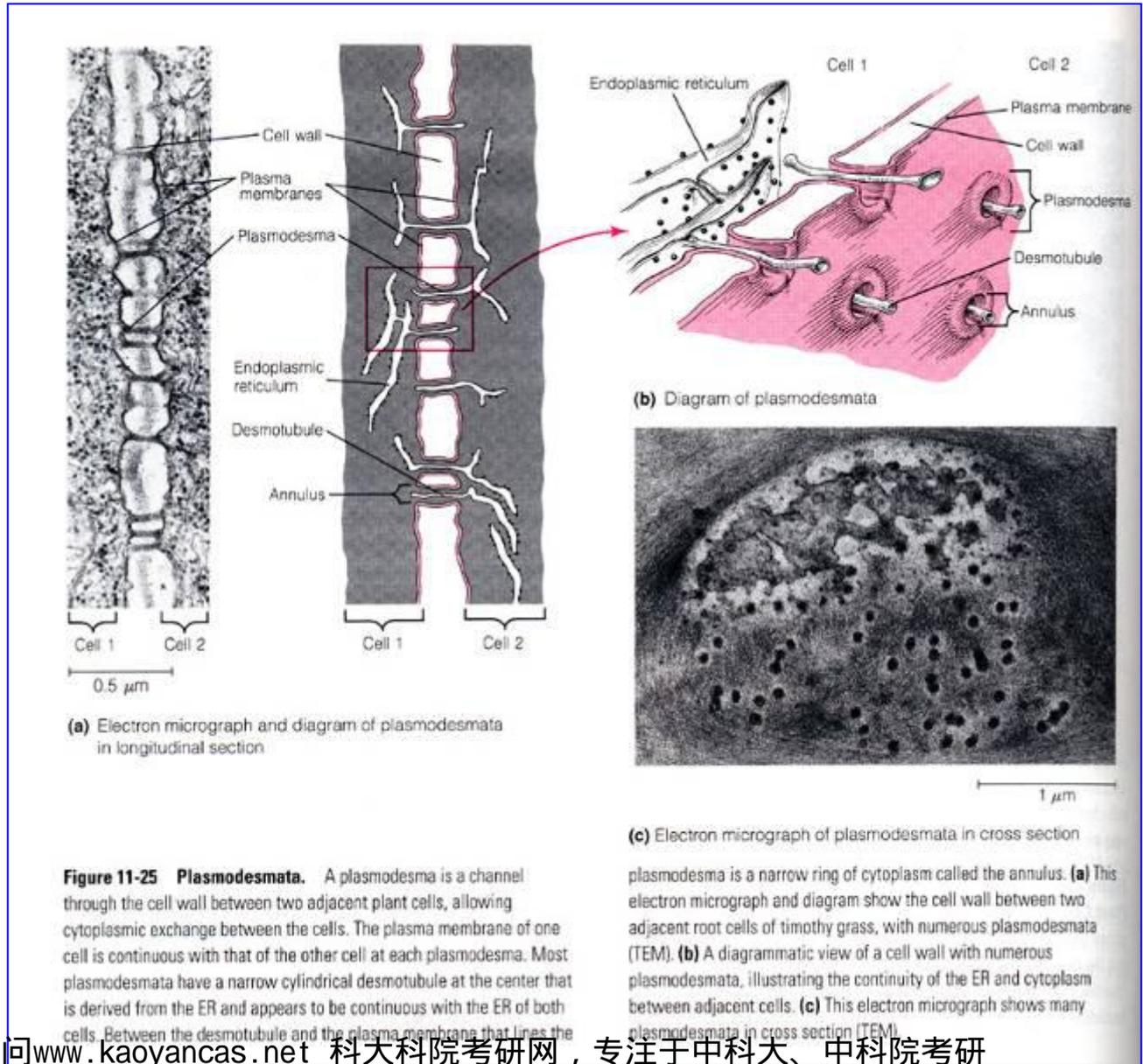
③间隙连接（通讯连接）

有2-3 nm胞间隙；中间有1.5nm的亲水性通道；进行信息交换。



④胞间连丝

植物细胞壁上的管道，使相邻细胞的细胞膜相连、内质网相通。



思考题

1. 原核细胞与真核细胞的主要区别？
2. 简述细胞核的基本结构与功能。
3. 单层膜细胞器和双层膜细胞器分别包括哪些细胞器？
4. 简述线粒体与叶绿体的结构与功能。
5. 细胞骨架包括哪三类蛋白纤维？
6. 简述生物膜的流动镶嵌模型及其特点。
7. 简述 Na^+-K^+ 泵的主要内容及主动转运的特点。