

# 第十章 遗传物质的分子基础

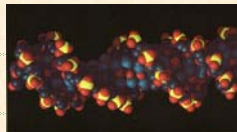


## 本章重点

- \*1. DNA作为遗传物质的3个直接证据;
- 2. 核酸的化学结构 (DNA、RNA) ;
- \*3. 原核生物和真核生物染色体的分子结构;
- 4. DNA的半保留复制和特点;
- 5. 三种RNA分子的合成、转录及加工;
- 6. 遗传密码与蛋白质翻译。



## 第一节 DNA作为主要遗传物质的证据



### 一、DNA作为主要遗传物质的间接证据:

基因存在于染色体上(真核生物):

染色体	蛋白质	约占66%	
	核酸	脱氧核糖核酸(DNA)	约占27%
		核糖核酸(RNA)	约占6%
	其它: 如脂质和无机物质	少量	



### 1. 含量:

DNA含量恒定。体细胞DNA含量是配子DNA的一倍; 多倍体DNA含量倍增, 但细胞内蛋白质含量不恒定。

### 2. 代谢:

利用放射性与非放射性元素进行标记, 发现: DNA分子代谢较稳定; 其它分子一边形成、同时又一边分解。

### 3. 突变:

紫外线诱发突变时, 最有效波长均为2600埃; 与DNA所吸收的紫外线光谱一致; 证明基因突变与DNA分子的变异密切联系。



### 4. 分布:

①. DNA是所有生物染色体所共有:

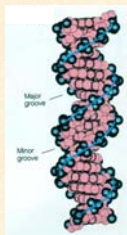
噬菌体、病毒、植物、人类等。

②. 而蛋白质则不同:

噬菌体、病毒、细菌的蛋白质一般不存在于染色体上, 而真核生物染色体中有核蛋白组成。



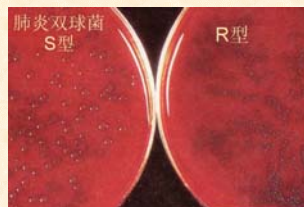
## 二、DNA作为主要遗传物质的直接证据



### 1. 细菌的转化:

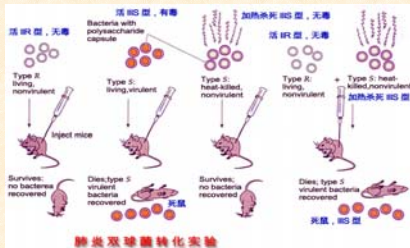
肺炎双球菌      特征      抗原型 (稳定)

**粗糙型(R)** 无荚膜、粗糙菌落、**无毒**    I R、II R  
**光滑型(S)** 有荚膜、光滑菌落、**有毒**    I S、II S、III S



### (1). 格里菲斯(Griffith F., 1928): 肺炎双球菌定向转化试验。

- ① 无毒II R型 → 小鼠成活 → 重现II R型
- ② 有毒III S型 → 小鼠死亡 → 重现III S型
- ③ 有毒III S型(65°C杀死) → 小鼠成活 → 无细菌
- ④ 无毒II R型 + 有毒III S型(65°C杀死) → 小鼠 → 死亡 → 重现III S型



#### 结论:

在加热杀死的III S型肺炎双球菌中有较耐高温的转化物质能够进入II R型 → IIR型转变为III S型 → 无毒转变为有毒。

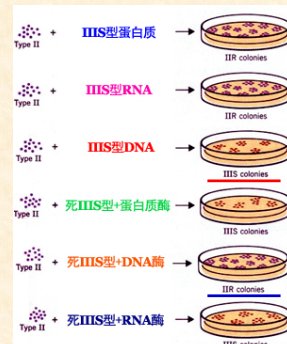
### (2). 阿委瑞(Avery O. T., 1944)试验:

用生物化学方法证明这种活性物质是DNA。

正实验: 三个

负实验: 三个

结论: 遗传物质DNA是转化因子。



### 2. 噬菌体的侵染与繁殖:

赫尔歇(Hershey A.)等用同位素<sup>32</sup>P和<sup>35</sup>S验证DNA是遗传物质。

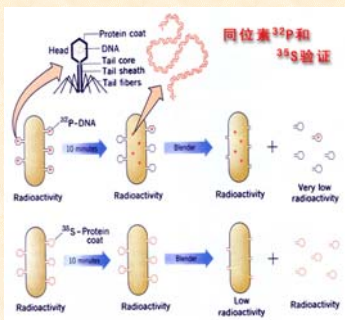
#### 原理:

P存在于DNA, 而不存于蛋白质; S存在于蛋白质, 不存于DNA。

- ①. <sup>32</sup>P标记T<sub>2</sub>噬菌体;
- ②. <sup>35</sup>S标记T<sub>2</sub>噬菌体。

#### 结论:

进入菌内的是DNA; DNA进入细胞内才能产生完整的噬菌体。



### 3. 烟草花叶病毒的感染和繁殖:

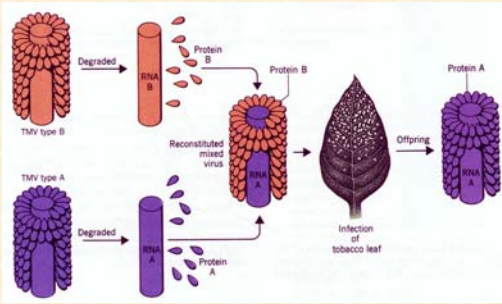
烟草花叶病毒简称TMV (Tobacco Mosaic Virus)。

TMV的蛋白质外壳和单螺旋RNA接种:

- TMV蛋白质 → 烟草 → 不发病;
- TMV RNA → 烟草 → 发病 → 新的TMV;
- TMV RNA + RNA酶 → 烟草 → 不发病。



### 佛兰科尔-康拉特-辛格(Frankel-Conrat-Singer)试验:



**结论:** 提供RNA的亲本决定了其后代的RNA和蛋白质。  
在不含DNA的TMV中, RNA就是遗传物质。

## 第二节 核酸的化学结构

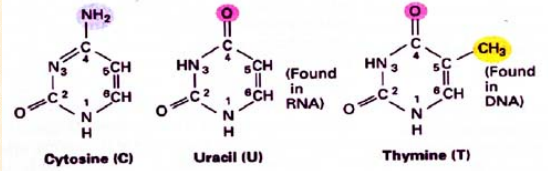
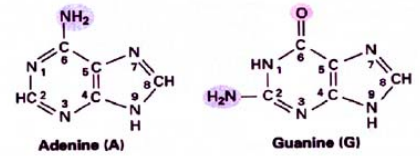
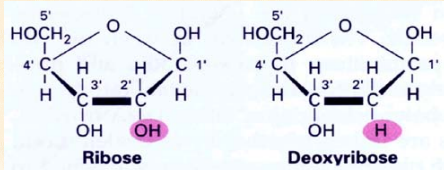


### 一、两种核酸及其分布:

#### 1. 核酸:

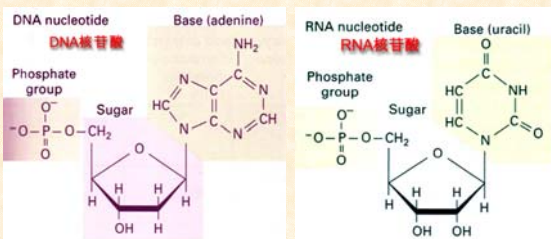
以**核苷酸**为单元构成的多聚体, 是一种高分子化合物。

核苷酸 { 五碳糖: 脱氧核糖、核糖  
磷酸 } 鸟嘌呤、腺嘌呤  
环状的含氮碱基 { 胞嘧啶、胸腺嘧啶和尿嘧啶



### DNA 核苷酸

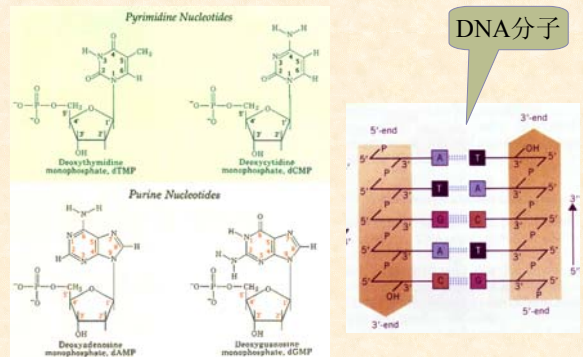
### RNA 核苷酸



五碳糖: 脱氧核糖  
碱基: A、T、C、G

五碳糖: 核糖  
碱基: A、U、C、G

### DNA四种脱氧核苷酸



DNA分子

## 2. 分布:

**高等植物:** DNA存在于染色体, 叶绿体、线粒体中;

RNA在核(核仁、染色体)、细胞质中。

**细菌:** DNA和RNA。

**噬菌体:** 多数只有DNA。

**植物病毒:** 多数只有RNA。

**动物病毒:** 有些含RNA、有些含DNA。



## 二、DNA的分子结构:

### (一)、DNA双螺旋结构:

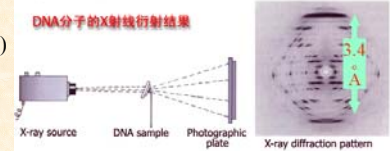
1953年, 沃森(Watson J. D.)  
和克里克(Crick F. H. C.) 提出DNA



**双螺旋结构模型**。主要依据为:

碱基互补配对的规律以及DNA分子的X射线衍射结果。

沃森和克里克  
与威尔肯斯(Wilkins)  
一起**获得诺贝尔奖**  
(1962)。

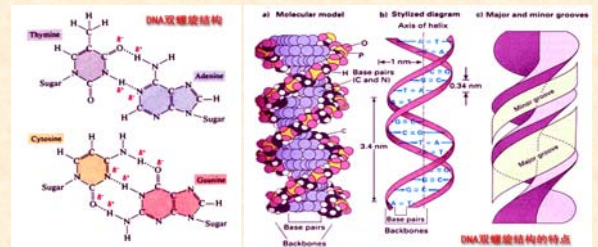


电子显微镜下的人类DNA

在电子显微镜下的人类DNA

### 特点:

1. 两条互补多核酸链、在同一轴上互相盘旋;
2. 双链具有反向平行的特点;
3. **碱基配对原则**为: A=T、G=C, 双螺旋直径约20Å, 螺距为34Å(10个碱基对)。



## 4. A-T、G-C排列方法有 以下四种:

A-T 或 G-C 或

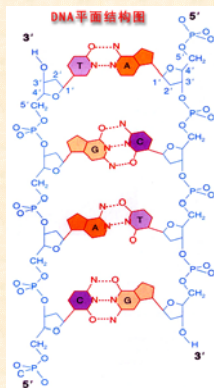
G-C A-T

C-G 或 A-T

A-T C-G

设某一段DNA分子链有

1000对碱基, 则有 $4^{1000}$ 种不同  
排列组合, 就可能有 $4^{1000}$ 种  
不同性质的基因。



## 5. 物种:

(1) 同物种中的DNA的碱基含量不同:

物种	G	A	C	T	A+G/T+C	G+C/A+T
人	19.9	30.9	19.8	29.4	1.03	0.66
小麦	23.8	25.6	24.6	26.0	0.97	0.94
洋葱	18.4	31.8	18.2	31.3	1.01	0.58
菜豆	20.6	29.7	20.1	29.6	1.01	0.69
酵母	18.3	31.7	17.4	32.6	1.00	0.56
大肠杆菌	26.0	24.7	25.7	23.6	1.02	1.07
T <sub>2</sub> 噬菌体	18.2	32.5	16.8	32.5	1.02	0.54

- ①. DNA分子上的**碱基顺序**是一致的, 一般保持不变才能保持该物种的遗传特性的稳定;
- ②. 在特殊条件下, 碱基顺序改变, 出现遗传变异。

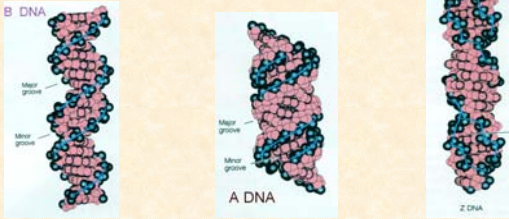


## (二)、DNA构型:

**B-DNA:** 生理状态下, 每螺圈10.4个碱基对, 右手螺旋;

**A-DNA:** 高盐浓度下, 每螺圈11个碱基对, 右手螺旋;

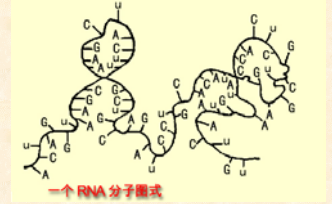
**Z-DNA:** 序列富含GC, 嘌呤和嘧啶交替出现, 每螺圈12个碱基对, 左手螺旋。



## 三、RNA分子结构:

### 与DNA的区别

- ① U代替T;
- ② 核糖代替脱氧核糖;
- ③ 一般以单链存在。



## 第三节 染色体的分子结构



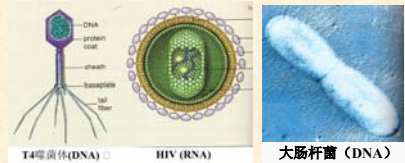
## 一、原核生物的染色体:

### 1. 特点:

#### (1). 染色体简单:

**DNA分子:** 如细菌、多数噬菌体和多数动物病毒;

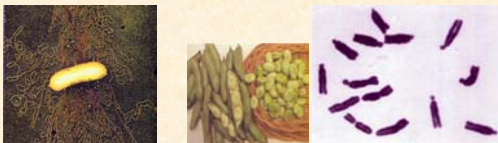
**RNA分子:** 如植物病毒、某些噬菌体和动物病毒。



### (2). 遗传信息含量少:

只有一条染色体, 且DNA含量远低于真核生物。

- **大肠杆菌 (*E. coli*)** 只有一个**环状**染色体, 其DNA分子含核苷酸对为 $3 \times 10^6$ , 长度1.1mm。
- **蚕豆配子**中染色体( $n=6$ )的核苷酸对为 $2 \times 10^{10}$ , 长度6000mm。

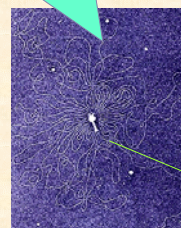


### 2. 结构:

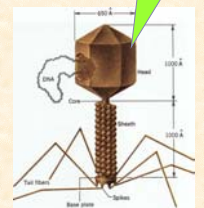
#### (1). 噬菌体的染色体结构:

T<sub>2</sub>噬菌体的环状DNA长达500000Å

T<sub>2</sub>噬菌体头部直径为1000Å



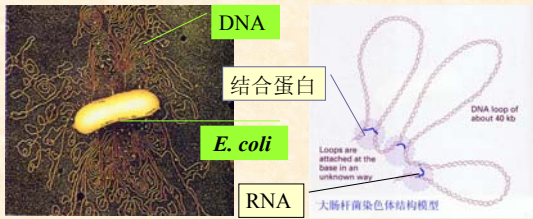
T<sub>2</sub>噬菌体



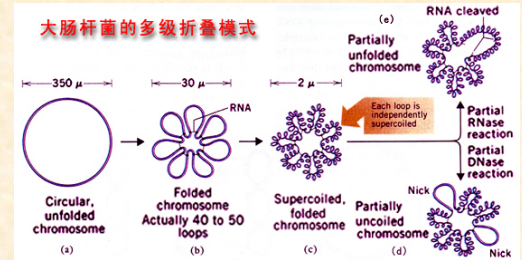
## (2). 大肠杆菌的染色体结构:

### 染色体DNA 结合物质:

几种DNA结合蛋白、RNA。



## 大肠杆菌的多级折叠模式

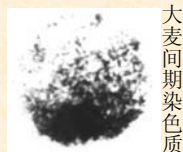


## 二、真核生物的染色体:

### (一)、染色质的基本结构:

#### 1. 组成:

- (1). **DNA**: 占染色质重量的30~40%;
- (2). **蛋白质**: **组蛋白**含量比例与DNA相近, 结构上起决定作用;  
**非组蛋白**与基因的调控有关。
- (3). **其它**: RNA和一些脂类。



大麦间期染色质

## 2. 结构:

- 奥林斯(Olins A. L., 1974, 1978)
- 柯恩伯格(Kornberg R. D., 1974, 1977)
- 钱朋(Chambon P., 1978)

通过电镜观察和研究, 提出染色质结构的**串珠模型**。

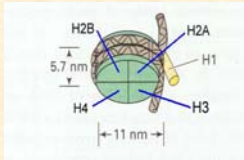


### 染色质的基本结构单元:

**核小体**: 由H<sub>2</sub>A、H<sub>2</sub>B、H<sub>3</sub>和H<sub>4</sub>4种组蛋白构成。

**连接丝**: DNA双链 + H<sub>1</sub>组蛋白。

{	<b>组蛋白</b>	H <sub>1</sub> 53个氨基酸
	H <sub>2</sub> A 129个氨基酸	
	H <sub>2</sub> B 125个氨基酸	
	H <sub>3</sub> 133个氨基酸	
	H <sub>4</sub> 102个氨基酸	



1个核小体(绕有1.75圈DNA) + 连接丝 → 约200bpDNA。

**组蛋白在进化上很保守**, 亲缘关系很远的生物差异很小。

如H<sub>4</sub>: 牛、豌豆均是102个氨基酸, 其中仅2个氨基酸不一样。

### (二)、染色质的种类:

#### (1). 根据染色反应:

- **异染色质**: 染色质线中**染色很深**的区段;
- **常染色质**: 染色质线中**染色很浅**的区段。

二者化学性质相同, 但核酸紧缩程度和含量不同, 电镜下二者是连续的。

#### (2). 染色深浅不同的原因:

- 间期**异染色质**区段的染色线仍**紧密卷曲**, 故染色深, 呈惰性状态;
- **常染色质**区段的染色线**解旋松散**, 故色浅, 呈活跃状态。这一现象称为**异固缩**(在同染色体上所表现的收缩差别)。



(3). 异染色质的类型:

**组成型异染色质:**

主要为卫星DNA, 构成染色体特殊区域, 如着丝点等。



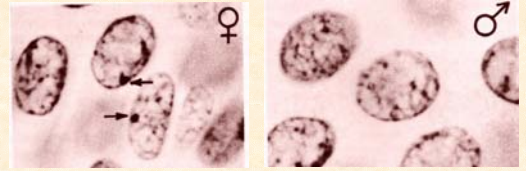
**兼性异染色质:**

存在于染色体的任何部位, 在某类细胞中表现为异染色质状态, 而在另一类细胞中表现为常染色质状态, 如哺乳动物的X染色体。

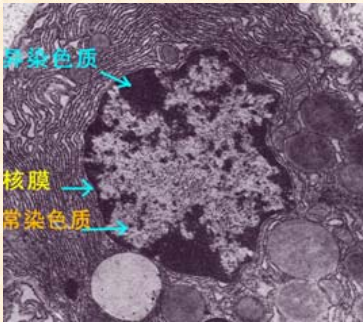


**人类巴氏小体 (箭头):**

女性细胞中的一个X染色体异染色质化 → 关闭其携带基因的表达。



**蝙蝠胃内膜细胞间期细胞中的染色质分布**



**常染色质和异染色质的区别**

种类	常染色质	异染色质
染色	浅	深
间期	分散	卷曲
位置	臂间	近着丝点和端部
复制	早	迟
状态	活跃	惰性



(三)、染色体的结构模型:

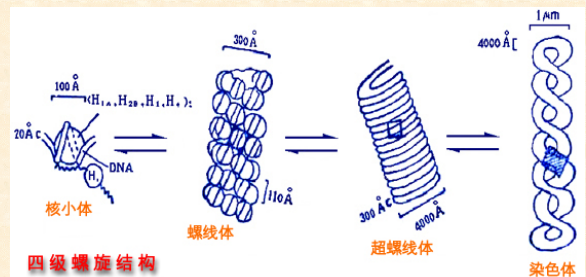
有丝分裂中期观察, 核中染色质卷缩成一定形状:

1条染色体 → 2条染色单体 (即1条染色单体由1条染色线组成)。

染色质  $\xrightarrow{\text{螺旋化}}$  染色体



**1. 四级螺旋结构 (Bak A. L., 1977):**



## DNA 双螺旋化

为前一级长度的

↓ H<sub>2</sub>A、H<sub>2</sub>B、H<sub>3</sub>、H<sub>4</sub>

1/7 一级 核小体

↓ 螺旋化 + H<sub>1</sub>

1/6 二级 螺线体

↓ 超螺旋化和卷缩

1/40 三级 超螺旋体

↓ 折叠螺旋化

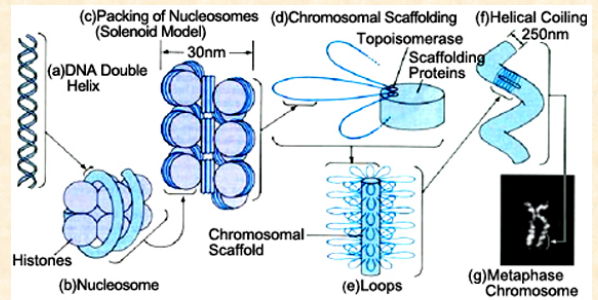
1/5 四级 染色体

计1/8400

四级螺旋化后DNA双链长度可压缩8000~10000倍。



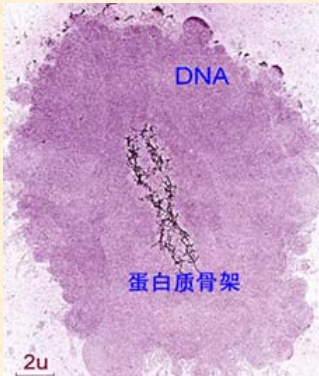
## 2. 染色体骨架-放射环结构模型 (Painta J. 和 Coffey D., 1984) :



染色体骨架—放射环结构模型

## 中期染色体去除组蛋白后的电镜图片:

中间为两个非组蛋白形成的两个支架。



## 四、染色体的结构:

### 1. 染色体的染色质线数目:

☛ **单线论:** 即一个染色体包含两个染色单体, 分别是单线的。

**原核生物:** 染色体就是一条DNA分子;

**真核生物:** 每条染色体含有2条染色质线。

☛ **多线论:** 部分生物上有许多亚染色质线。

**百合:** 2、4、6、8、16条。

**紫鸭跖草:** 有64或128条。



## 2. 染色体上的异染色质区:

染色质线  $\xrightarrow[\text{压缩}]{\text{卷曲}}$  染色体



故也有异染色质区出现(染色深)。其中:

- **茅膏菜**的异染色质区位于染色体末端;
- **蚕豆、番茄、月见草**异染色质区位于着丝点附近;
- **玉米**异染色质区位于着丝点二边或一边。如玉米**第7对染色体长臂**和**着丝点**处有一段明显而膨大的异染色区。

## 蚕豆中期染色体

HSG-C带示异染色质分布:

主要分布于着丝点附近和末端。





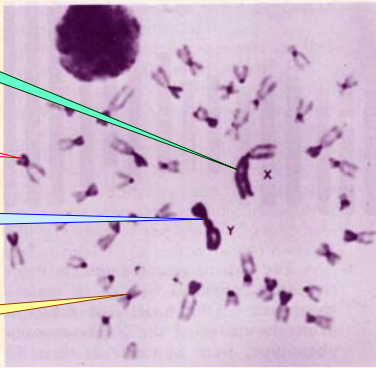
## 叙利亚仓鼠中期染色体：异染色质分布

X染色体长臂

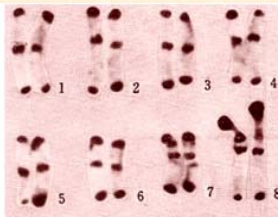
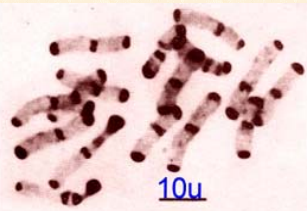
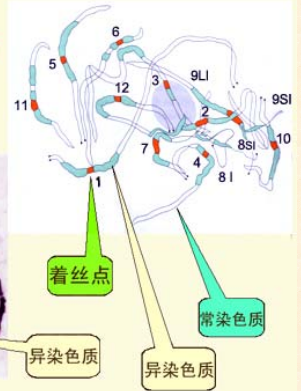
整个短臂

整个Y染色体

着丝点



## 番茄粗线期染色质分布



异染色质主要分布于着丝点区和端部

大葱根尖C带及带型图

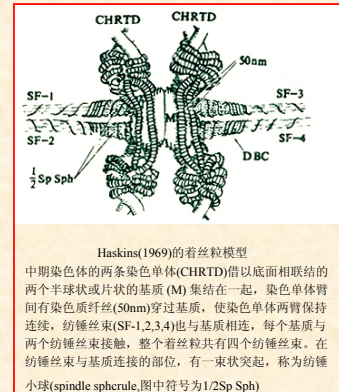
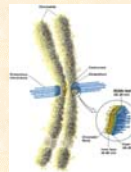


## (三)、着丝粒和端体：

### 1. 着丝粒(centromere)：

#### (1). 功能：

细胞有丝分裂和无丝分裂过程中，在纺锤丝牵引下，准确将染色体拉向子细胞。



Haskins(1969)的着丝粒模型  
中期染色体的两条染色单体(CHRTD)借以底面相联结的两个半球状或片状的基质(M)集结在一起,染色单体臂间有染色质纤维(50nm)穿过基质,使染色单体两臂保持连续,纺锤丝束(SF-1,2,3,4)也与基质相连,每个基质与两个纺锤丝束接触,整个着丝粒共有四个纺锤丝束。在纺锤丝束与基质连接的部位,有一束状突起,称为纺锤小球(spindle spherule,图中符号为1/2Sp Sph)

### (2). 结构：

	成分 I	成分 II	成分 III
CEN 3	ATAAGTCACATGAT	← 88bp(93%AT) →	TGATTCCGAA
CEN11	ATAAGTCACATGAT	← 89bp(94%AT) →	TGATTCCGAA
CEN 4	AAAGTCACATGCT	← 82bp(93%AT) →	TGATTACCGAA

#### 酵母的三个着丝点序列

- \* 由110~120bp的DNA链组成的区域；
- \* 三个部分组成：二边为保守边界序列，中间为90个bp左右序列，富含AT。

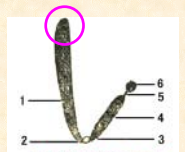
### 2. 端体 (telomere)：

#### (1). 功能：

防止染色体末端为DNA酶切；

防止染色体末端与其他DNA分子的结合；

使染色体末端在DNA复制过程中保持完整。



中期染色体形态示意图

1. 长臂
2. 主缢痕
3. 着丝点
4. 短臂
5. 次缢痕
6. 端体



## (2). 结构:

存在串联重复序列:  $5'-T_{1-4}-A_{0-1}-G_{1-8}-3'$

人类: TTAGGG

嗜热四膜虫: TTGGG

拟南芥: TTTAGGG

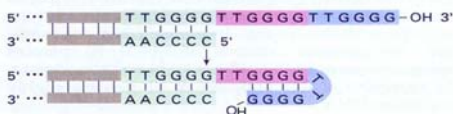
重复次数在不同生物、同一生物的不同染色体不同。



## 第四节 DNA的复制



Russell, 1994 Telomere sequence at the ends of *Tetrahymena* chromosomes. 四膜虫: TTGGGG



## 一、DNA复制的一般特点:

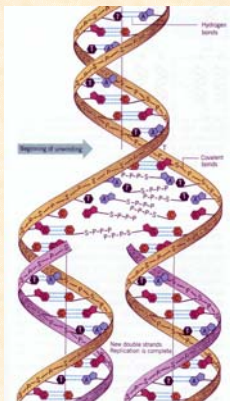
### (-)、半保留复制:

#### 1. 瓦特森(Watson J. D.)等提出的DNA半保留复制方式。

其方法为:

- ①. 一端沿氢键逐渐断开;
- ②. 以单链为模板, 碱基互补;
- ③. 氢键结合, 聚合酶等连接;
- ④. 形成新的互补链;
- ⑤. 形成了两个新DNA分子。

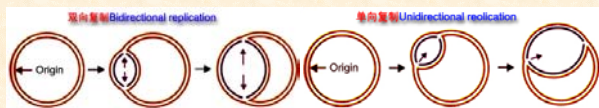
DNA的这种复制方式对保持生物遗传的稳定性是非常重要的。



## (-)、复制起点和复制方向:

### 1. 原核生物

- \* 绝大多数细菌和病毒: 只有一个复制起点, 控制整个染色体的复制, 且为双向复制。
- \* 噬菌体 $P_2$ : 其DNA的复制是沿一个方向进行的。
- \* 复制子: 在同一个复制起点控制下的一段DNA序列。

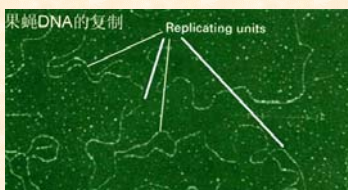


## 2. 真核生物

\* 每条染色体的DNA复制都是**多起点**, 多个复制起点共同控制整个染色体的复制;

\* 每条染色体有**多个复制子**;

\* 且为**双向复制**;



## 二、原核生物DNA合成:

### (-)、有关DNA合成的酶:

- 共性:** 只有 $5' \rightarrow 3'$ 聚合酶的功能, DNA链只能由 $5'$ 向 $3'$ 延伸; DNA合成必须在**引物**引导下进行; 具有**外切酶的活性**、合成过程中的**错误校正功能**。

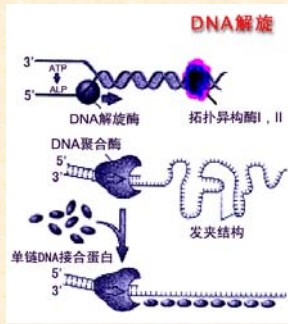
大肠杆菌 DNA 聚合酶 I、II 和 III 的性质比较

	聚合酶 I	聚合酶 II	聚合酶 III
$5' \rightarrow 3'$ 聚合酶活性	+	+	+
$3' \rightarrow 5'$ 外切酶活性	+	+	+
$5' \rightarrow 3'$ 外切酶活性	+	-	+
新生链合成	-	-	-
相对分子质量 ( $\times 10^3$ )	103	90	900
细胞内分子数	400	?	10~20
生物学活性	1	0.05	15
已知的结构基因	poly (A)	poly (B)	poly (C) (dnaE, N, Z, X, Q)

## (二)、DNA复制过程

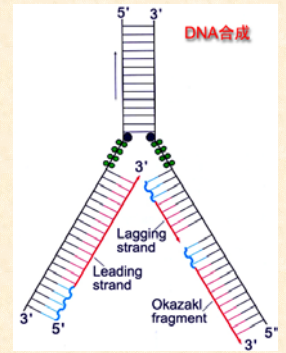
### 1. DNA双螺旋的解链

- \* DNA解旋酶在ATP供能下，每分钟旋转3000次解开双螺旋；
- \* 单链DNA结合蛋白马上结合在分开的单链上，以避免产生单链内配对；
- \* DNA拓扑异构酶来解决由于复制叉的推进而产生超螺旋的问题。



### 2. DNA合成的开始

合成DNA片段之前，先由RNA聚合酶合成一小段RNA引物(约有20个碱基对) → DNA聚合酶才开始起作用合成DNA片段。

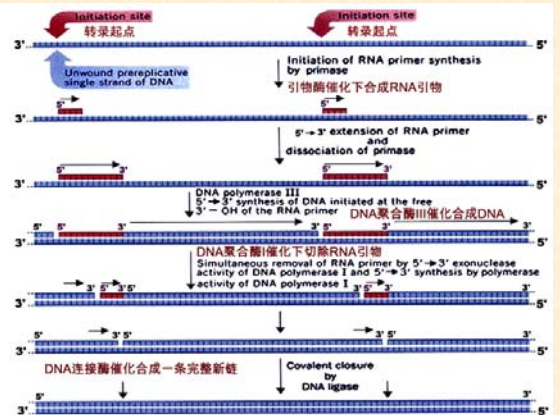
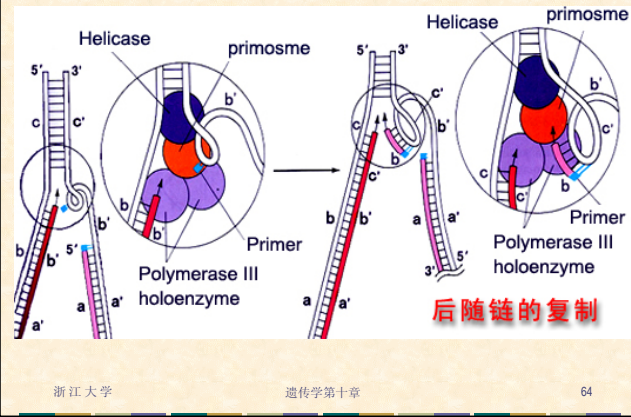
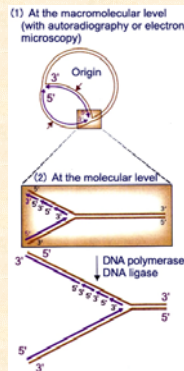


### 3. 后随链的不连续复制

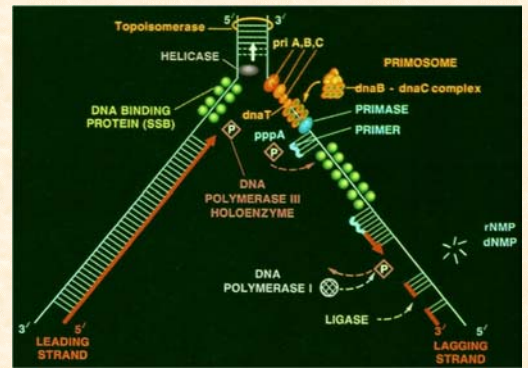
- ∴ DNA聚合酶，以5' → 3' 方向发挥作用；
- ∴ 从3' → 5' 合成方向的一条链，就会遇到困难。

考恩伯格 (Kornberg A., 1967) 提出不连续复制假说：

在3' → 5' 方向链上，仍按从5' → 3' 的方向一段一段地合成DNA单链小片段“冈崎片段”(1000~2000bp) → 由连接酶连接这些片段 → 形成一条连续的单链。



### 复制叉结构：



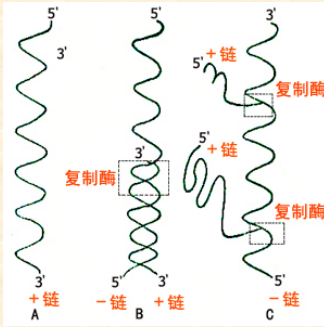
#### 4. RNA病毒中RNA的自我复制:

##### (1). 单链RNA病毒

先以自己 (+ 链) 为模板合成一条互补单链 (-链) → 形成双螺旋的复制型。

(2). -链从 +链模板中释放出来。

(3). 以一链为模板复制一条互补的 +链 → 形成一条新的病毒RNA。



### 三、真核生物DNA合成的特点

#### 真核生物与原核生物DNA合成的区别

区别	原核生物	真核生物
DNA合成的时期	整个细胞生长过程	细胞周期的S期
复制起点数	单个	多个
RNA引物长度	10-60 核苷酸	10 核苷酸
冈崎片段长度	1000-2000 核苷酸	100-150 核苷酸
前导链与后随链的合成	聚合酶 III 同时控制	聚合酶 $\delta$ 控制前导链 聚合酶 $\alpha$ 控制后随链

## 第五节 RNA的转录及加工



### 一、三种RNA分子

信使RNA (mRNA)

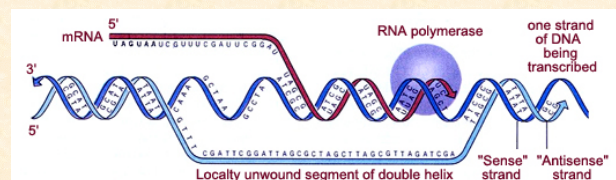
转移RNA (tRNA)

核糖体RNA (rRNA)



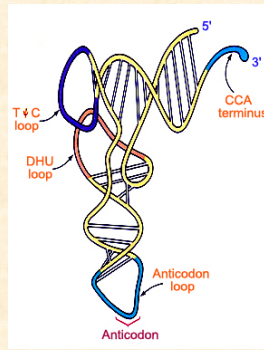
### (-)、mRNA:

#### 遗传信息的携带者



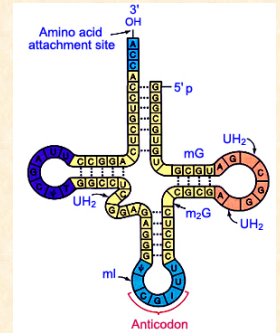
## (二)、tRNA:

- ① 分子量为25000~30000;
- ② 70~90个核苷酸组成;
- ③ 稀有碱基, 如假尿嘧啶等。



## tRNA结构:

- 5'末端具有G (大部分) 或C;
- 3'末端都以ACC结尾;
- 一个富有鸟嘌呤的环;
- 一个反密码子环;
- 一个胸腺嘧啶环;



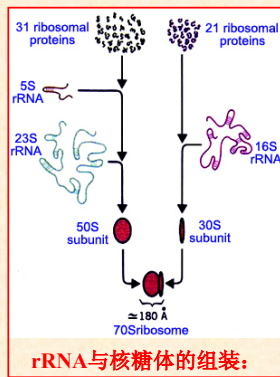
## (三)、rRNA

### 原核生物rRNA (3种):

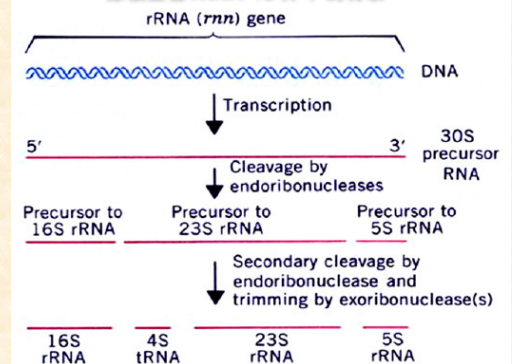
- 5S: 120个核苷酸;
- 16S: 1540个核苷酸;
- 23S: 2900个核苷酸。

### 真核生物rRNA (4种):

- 5S: 120个核苷酸;
- 5.8S: 160个核苷酸;
- 18S: 1900个核苷酸;
- 28S: 4700个核苷酸。



### 原核生物 rRNA (3种) 的转录



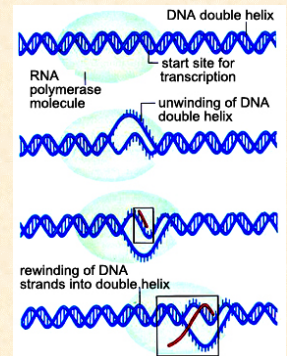
## 二、RNA合成的一般特点:



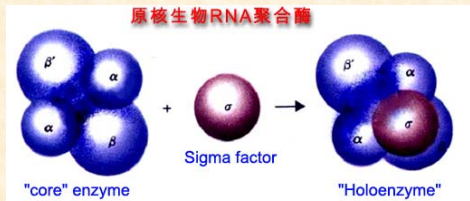
区别	RNA 合成	DNA 合成
所用的原料	核苷三磷酸	脱氧核苷三磷酸
模板数目	一条 DNA 链	二条 DNA 链
引物	不需要	引物的引导
RNA 聚合酶	一种酶	三种酶

## 三、原核生物RNA的合成:

- ① RNA链的起始;
- ② RNA链的延伸;
- ③ RNA链的终止及新链的释放;



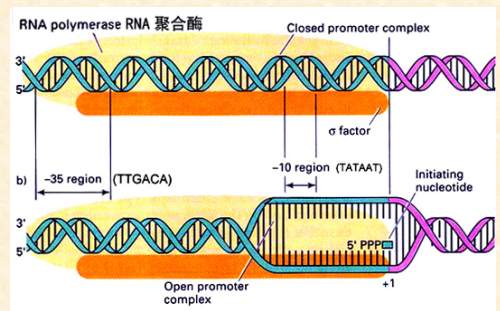
## (一)、RNA聚合酶:



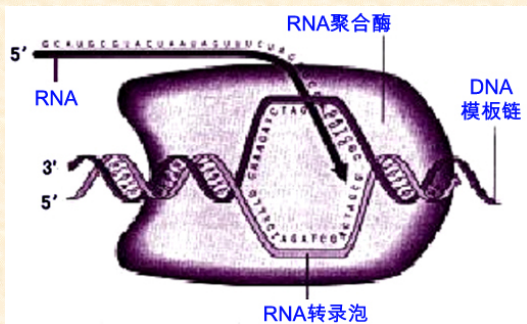
- α亚基与四聚体核心酶形成有关;
- β亚基存在核苷三磷酸的结合位点;
- β'含有与DNA模板结合的位点;
- σ因子只与RNA转录的起始有关。



## (二)、RNA链合成的起始:

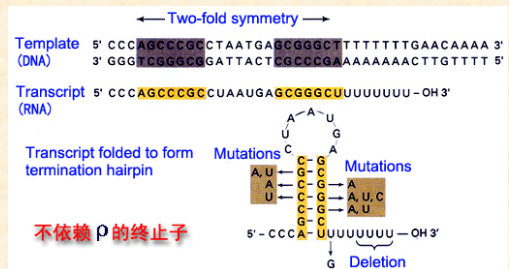


## (三)、RNA链的延伸:

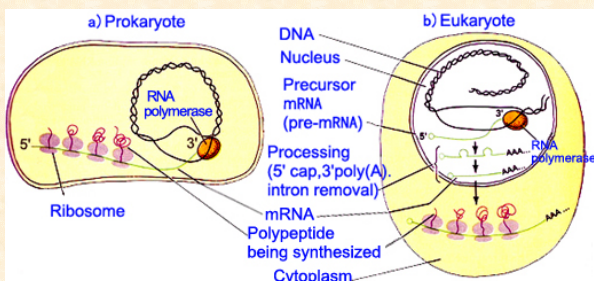


## (四)、RNA链的终止

- ① 依赖ρ因子的终止;
- ② 不依赖ρ因子的终止。



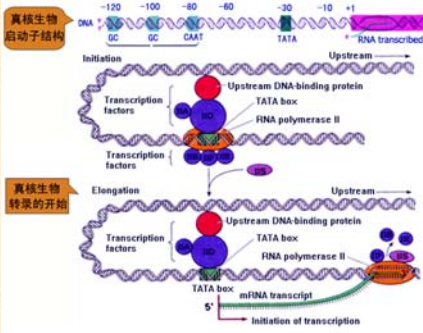
## 四、真核生物RNA的转录及加工:



## (一)、原核生物与真核生物RNA转录的区别

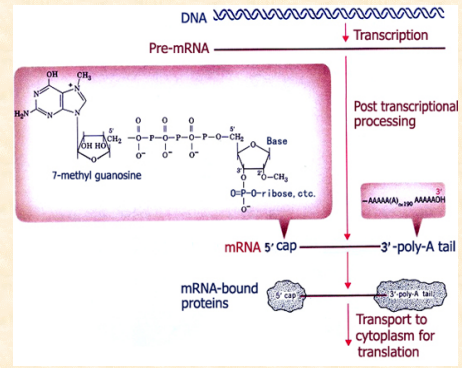
1. 真核生物RNA的转录是在细胞核内, 翻译在细胞质中进行; 原核生物则在核区同时进行转录和翻译;
2. 真核生物一个mRNA只编码一个基因; 原核生物一个mRNA编码多个基因;
3. 真核生物有RNA聚合酶 I、II、III等三种不同的酶; 原核生物则只有一种RNA聚合酶;
4. 真核生物中转录的起始更复杂, RNA的合成需要转录因子的协助进行转录; 原核生物则较为简单;
5. 真核生物的mRNA转录后进行加工, 然后运送到细胞质中进行翻译; 原核生物无需进行加工, 边转录边翻译。

Promoter elements (modules) for a eukaryotic protein-coding gene transcribed by RNA polymerase II. Each promoter element has a different function in transcription. The DNA sequences between the elements are not important for the transcription process. Transcription factors bind to the elements when the gene is transcribed.



## (二)、真核生物RNA转录后的加工

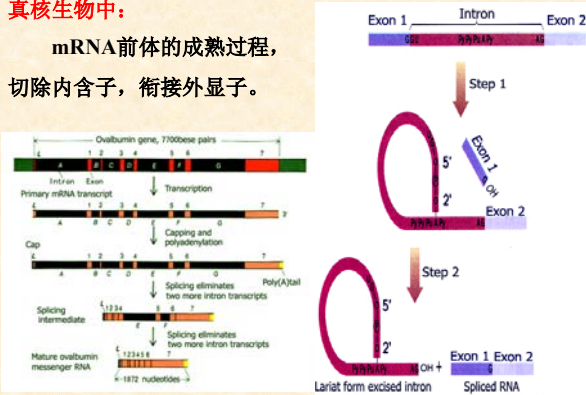
- 5'端戴帽;
- 3'端加尾;
- 内含子剪切。



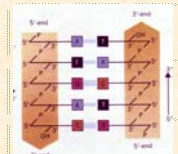
### 真核生物中:

mRNA前体的成熟过程,

切除内含子, 衔接外显子。



## 第六节 遗传密码与蛋白质的翻译



### 一、遗传密码:

#### (一)、密码子与氨基酸

DNA分子碱基只有4种, 而蛋白质氨基酸有20种。

∴ 碱基与氨基酸之间不可能一一对应。

1.  $4^1=4$ 种: 缺16种氨基酸;
2.  $4^2=16$ 种: 比现存的20种氨基酸还缺4种;
3.  $4^3=64$ 种: 由三个碱基一起组成的密码子能够形成64种组合, 20种氨基酸多出44种。

**简并:** 一个氨基酸由二个或二个以上的三联体密码所决定的现象。

**三联体或密码子:** 代表一个氨基酸的三个一组的核苷酸。

#### (二)、遗传密码字典

每一个三联体密码所翻译的氨基酸是什么呢?

从1961年开始, 在大量试验的基础上, 分别利用64个已知三联体密码, 找到了相对应的氨基酸。

1966~1967年, 完成了全部遗传密码表, 如UGG为色氨酸。



FIRST (5') LETTER	SECOND LETTER				THIRD (3') LETTER
	U	C	A	G	
U	UUU } Phe	UUC } UCU } Ser	UAU } Tyr	UGU } Cys	U
	UUC } UCU } Ser	UCC } UAC } Tyr	UAG } UGA } Opal (terminator)	UGC } UGG } Trp	C
	UUA } Leu	UCA } UAA } Ochre (terminator)	UAG } UAG } Amber (terminator)	UGA } UGA } Opal (terminator)	A
	UUG } UCG } G	UAG } UAG } Amber (terminator)	UGG } UGG } Trp	UGG } UGG } Trp	G
C	CUU } Leu	CCU } CAC } His	CAU } His	CGU } Arg	U
	CUU } Leu	CCU } CAC } His	CAC } His	CGC } Arg	C
	CUA } Leu	CCA } CAA } Gln	CAA } Gln	CGA } Arg	A
	CUG } Leu	CCG } CAG } Gln	CAG } Gln	CGG } Arg	G
A	AUU } Ileu	ACU } AUA } Met (initiator)	AUU } Ileu	AGU } Ser	U
	AUC } Ileu	ACC } The	AAC } Asn	AGC } Ser	C
	AUA } Ileu	ACA } AAA } Lys	AAA } Lys	AGA } Arg	A
	AUG } Met (initiator)	ACG } AAG } Lys	AAG } Lys	AGG } Arg	G
G	GUU } Val	GCU } Ala	GAU } Asp	GGU } Gly	U
	GUC } Val	GCC } Ala	GAC } Asp	GGC } Gly	C
	GUA } Val	GCA } Ala	GAA } Asp	GGA } Gly	A
	GUG } Val	GCG } Ala	GAG } Asp	GGG } Gly	G

\*Each triplet nucleotide sequence or codon refers to the nucleotide sequence in mRNA (not DNA) that specifies the incorporation of the indicated amino acid or polypeptide chain termination.

### (三)、遗传密码的基本特征:



#### 1. 遗传密码为三联体:

三个碱基决定一种氨基酸;

61个为有意密码, 起始密码为GUG、AUG(甲硫氨酸);

3个为无意密码, UAA、UAG、UGA为蛋白质合成终止信号。

#### 2. 遗传密码间不能重复:

在一个mRNA上每个碱基只属于一个密码子; 均以3个一组形成氨基酸密码。

### 3. 遗传密码间无逗号:

AUG GUA CUG UCA .....

甲硫氨酸 缬氨酸 亮氨酸 丝氨酸



① 密码子与密码子之间无逗号, 按三个三个的顺序一直阅读下去, 不漏读不重复。

② 如果中间某个碱基增加或缺失后, 阅读就会按新的顺序进行下去, 最终形成的多肽链就与原先的完全不一样(称为移码突变)。

AUG UAC UGU CA

甲硫氨酸 酪氨酸 半胱氨酸



### 4. 简并性:

#### ①. 简并现象:

色氨酸(UGG)和甲硫氨酸(AUG)例外, 仅一个三联体密码; 其余氨基酸都有一种以上的密码子。

②. 61个为有意密码, 起始密码为GUG、AUG(甲硫氨酸)。3个为无意密码, UAA、UAG、UGA为蛋白质合成终止信号。

#### ③. 简并现象的意义:

同义的密码子越多, 生物遗传的稳定性也越大。

如: UCU→UCC或UCA或UCG, 均为丝氨酸。



### 5. 遗传密码的有序性:

决定同一个氨基酸或性质相近的不同氨基酸的多个密码子中, 第1个和第2个碱基的重要性大于第3个碱基, 往往只是最后一个碱基发生变化。

例如: 脯氨酸 (pro): CCU、CCA、CCC、CCG。



### 6. 通用性:

① 在整个生物界中, 从病毒到人类, 遗传密码通用。

4个基本碱基符号→所有氨基酸→所有蛋白质→生物种类、生物体性状。

② 1980年以后发现:

具有自我复制能力的线粒体tRNA(转移核糖核酸)在阅读个别密码子时有不同的翻译方式。

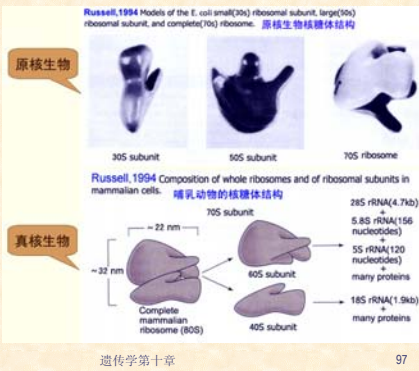
如: 酵母、链孢霉与哺乳动物的线粒体。





## 二、蛋白质的合成:

### (一)、核糖体:

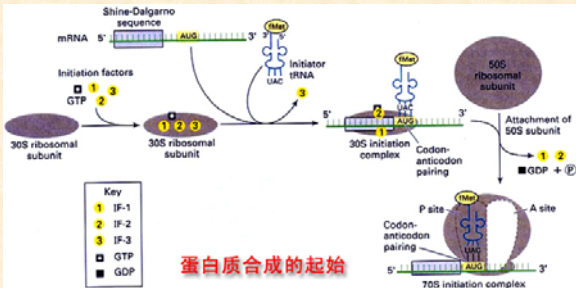


### 原核生物与真核生物核糖体的区别

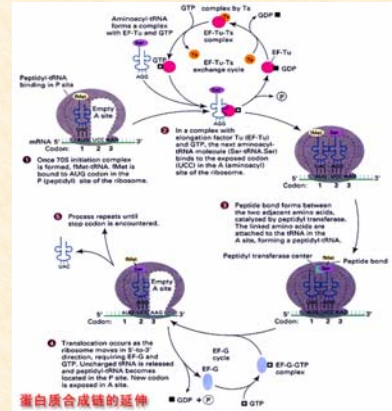
区别	原核生物	真核生物
大亚基	50S	60S
小亚基	30S	40S
rRNA	大亚基: 5S、23S 小亚基: 16S	大亚基: 5S、5.8S、28S 小亚基: 18S
多肽	大亚基: 31 小亚基: 21	大亚基: 49 小亚基: 33

### (二)、核糖体中合成蛋白质:

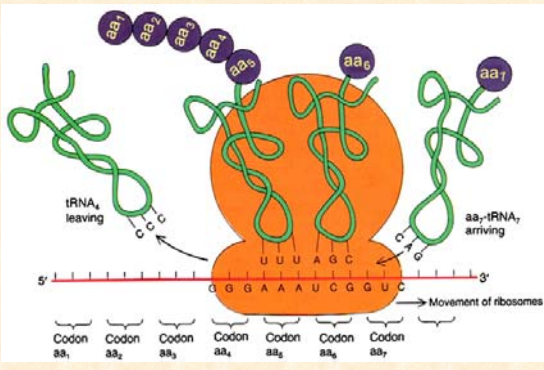
#### ① 多肽链的起始:



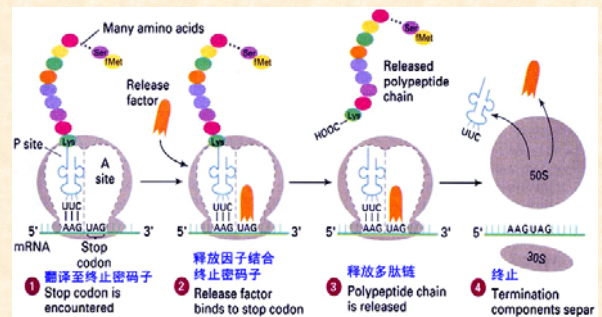
#### ② 多肽链的延伸



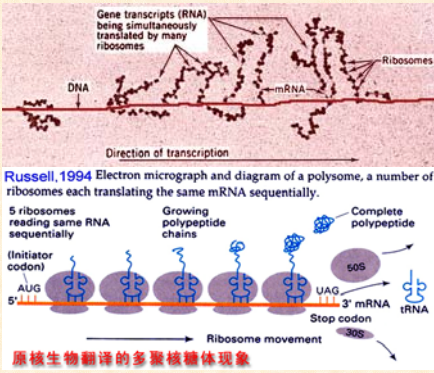
### 在核体上合成蛋白质:



#### ③ 多肽链的终止:



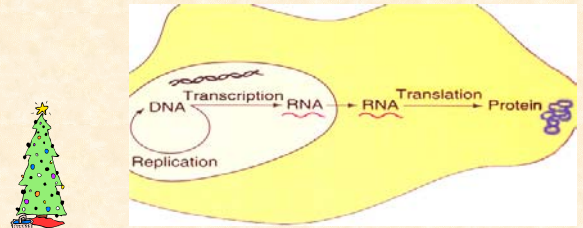
④ 多聚核糖体提高蛋白质的合成效率:



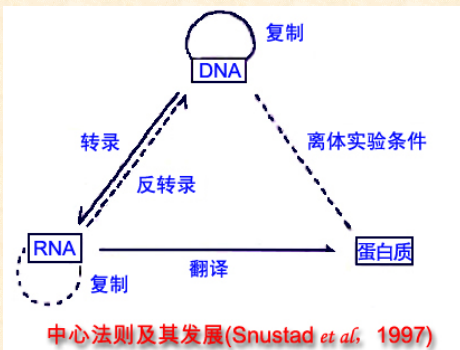
三、中心法则及其发展:

1. 中心法则: 从噬菌体到真核生物整个生物界共同遵循的规律。

遗传信息 DNA → mRNA → 蛋白质的转录和翻译, 以及遗传信息从 DNA → DNA 的复制过程。

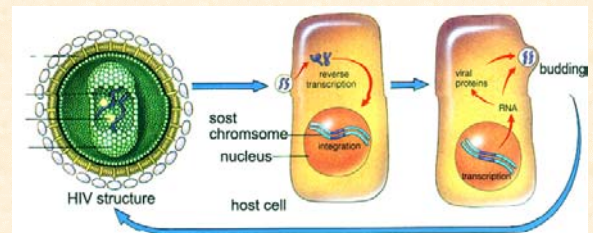


2. 中心法则的发展:



(1). RNA的反转录

RNA肿瘤病毒: 反转录酶, 以RNA为模板来合成DNA。如: HIV病毒RNA经反转录成DNA, 然后整合到人类染色体中。对于遗传工程上基因的酶促合成、致癌机理研究有重要作用。增加中心法则中遗传信息的流向, 丰富了中心法则内容。



(2). RNA的自我复制:

大部分RNA病毒还可以把RNA直接复制成RNA。

(3). DNA指导的蛋白质合成:

60年代中期, 麦克斯 (McCarthy) 和 荷勒 (Holland): 试验体系中加入抗生素等, 变性的单链DNA在离体条件下可以直接与核糖体结合, 指导蛋白质的合成。



本章小结

1. DNA是主要的遗传物质:

间接证据(4个)  
直接证据(3个)

2. 核酸的化学结构:

DNA的分子结构, 双螺旋结构, 自我复制。

3. 染色体的分子结构:

原核生物染色体结构模型:  
真核生物染色体的折叠模型。



#### 4. DNA的复制:

DNA的半保留复制;

真核与原核生物的复制特点。

#### 5. RNA的转录及加工:

三种RNA分子;

原核生物RNA合成的特点;

真核生物RNA的转录及加工。

#### 6. 遗传密码与蛋白质的翻译:

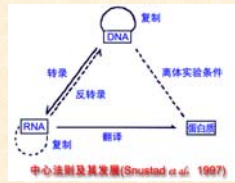
**遗传密码:** 指三联体, 它是遗传信息的记录;

**遗传信息:** 核苷酸一定的排列顺序;

**三联体:** 由三个碱基决定一个氨基酸的密码子;

**简并:** 一个以上三联体密码决定一个氨基酸的现象;

**中心法则**及其发展。



[第一章 绪言](#)

[第二章 遗传的细胞学基础](#)

[第三章 孟德尔遗传](#)

[第四章 连锁遗传和性连锁](#)

[第五章 数量性状遗传](#)

[第六章 基因突变](#)

[第七章 染色体变异](#)

[第八章 细胞质遗传](#)

[第九章 细菌和病毒的遗传](#)

[第十章 遗传物质的分子基础](#)

[第十一章 基因表达与调控](#)

[第十二章 基因工程与基因组学](#)

[第十三章 遗传与发育](#)

[第十四章 群体遗传与进化](#)

[返回首页](#)

