

CH 4.1 基因指导蛋白质的合成

Y. K. Fu

1

1

本节聚集

- 基因是如何指导蛋白质合成的？
- 中心法则如何描述遗传信息的传递规律的？
- 几乎所有生物共用同一套密码子的事实，给我们什么启示？

2

2

问题探讨

美国科幻电影《侏罗纪公园》曾轰动一时。影片围绕着虚构的“侏罗纪公园”，展现了丰富而新奇的科学幻想：各种各样的恐龙飞奔跳跃、相互争斗，而这些复活的恐龙是科学家利用提取的恐龙DNA还原而来的。



电影《侏罗纪公园》中的恐龙

3

3

问题探讨

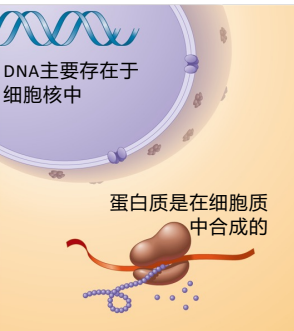
从原理上分析，利用已灭绝生物的DNA，真的能够使它们复活吗？

【提示】一种生物的整套DNA中储存着该种生物生长、发育等生命活动所需的全部遗传信息，也可以说是构建生物体的蓝图。但是，从DNA到具有各种性状的生物体，需要通过极其复杂的基因表达及调控过程才能实现。因此，在可预见的将来，利用DNA来使灭绝的生物复活仍是难以做到的。

4

4

基因如何指导蛋白质的合成？



科学家推测：在DNA和蛋白质之间，还有一种中间物质充当信使。

5

5

基因如何指导蛋白质的合成？

资料1：1955年，Brachet用RNA酶分解变形虫细胞中的RNA，蛋白质合成停止。再加入RNA后，细胞又可重新合成蛋白质。



推论1：RNA参与蛋白质合成。

6

6

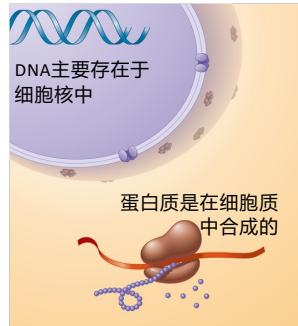
基因如何指导蛋白质的合成？

资料2：1955年，Goldstein和Plaut用含放射性标记尿嘧啶的培养液培养变形虫细胞，检测发现放射性先出现在细胞核，随后出现在细胞质。

推论2：RNA先出现在细胞核，后出现在细胞质。

7

基因如何指导蛋白质的合成？

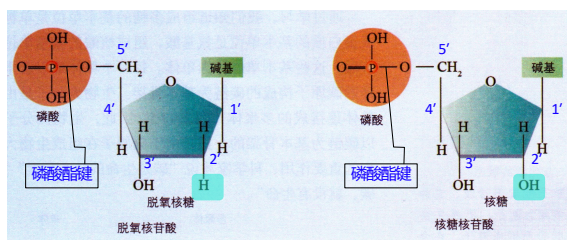


科学家推测：在DNA和蛋白质之间，还有一种中间物质充当信使。后来发现细胞中的确有这样的物质，它就是RNA。

8

CH 4.1.1 遗传信息的转录

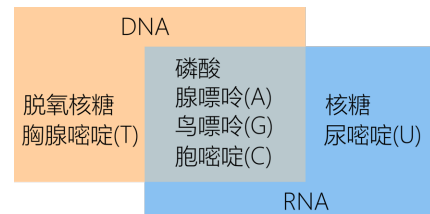
Q1：RNA是什么物质？为什么RNA适于作DNA的信使呢



▲ 图 2-15 脱氧核苷酸和核糖核苷酸

9

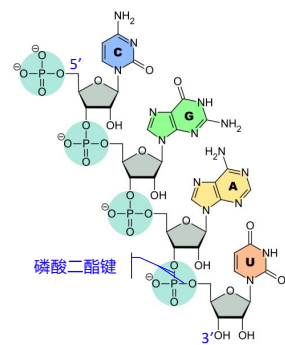
CH 4.1.1 遗传信息的转录



DNA与RNA在化学组成上的区别

10

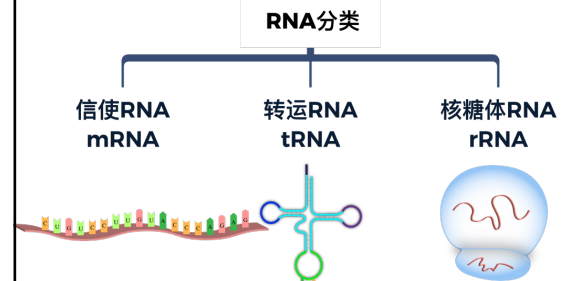
CH 4.1.1 遗传信息的转录



RNA具备准确传递遗传信息的可能。
RNA一般是单链，而且比DNA短，因此能够通过核孔。

11

CH 4.1.1 遗传信息的转录

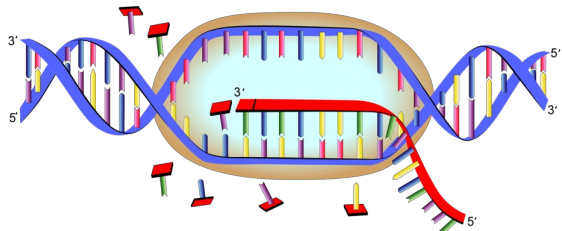


Q2：DNA的遗传信息是怎样传递给mRNA的？

12

CH 4.1.1 遗传信息的转录

RNA是在细胞核中，通过**RNA聚合酶**以**DNA的一条链**为模板合成的，这一过程叫做**转录**（transcription）。

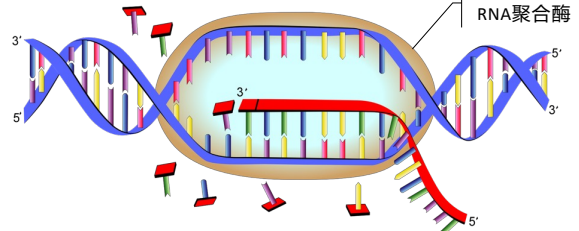


13

13

CH 4.1.1 遗传信息的转录

①：RNA聚合酶与编码这个蛋白质的一段DNA结合

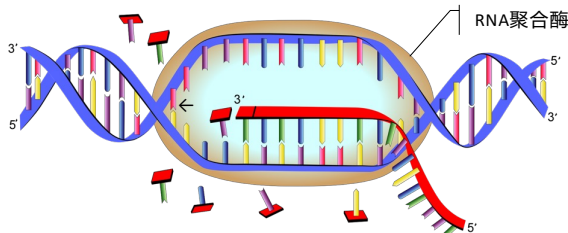


14

14

CH 4.1.1 遗传信息的转录

①：DNA双螺旋链**解开**，碱基暴露出来。

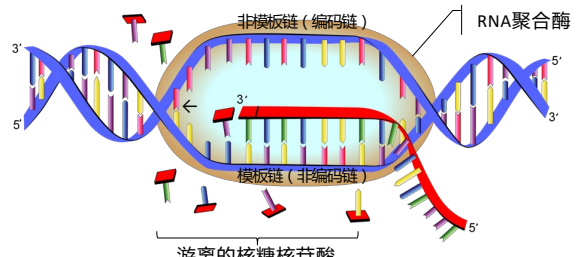


15

15

CH 4.1.1 遗传信息的转录

②：游离的核糖核苷酸与DNA模板链上的碱基互补配对，在RNA聚合酶的作用下开始mRNA的合成。

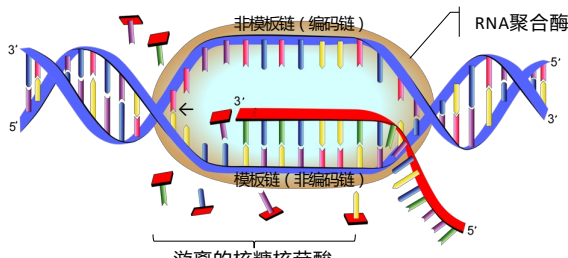


16

16

CH 4.1.1 遗传信息的转录

③：新结合的核糖核苷酸**连接**到正在合成的mRNA分子上。

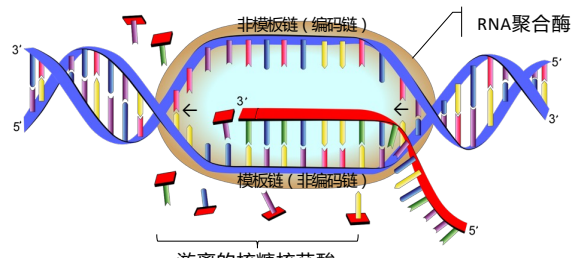


17

17

CH 4.1.1 遗传信息的转录

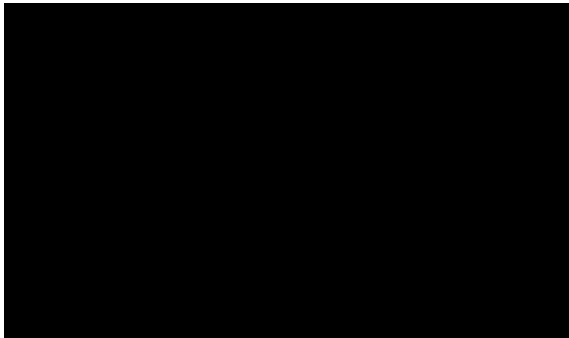
④：合成的mRNA从DNA链上释放。而后，DNA双螺旋恢复。



18

18

CH 4.1.1 遗传信息的转录

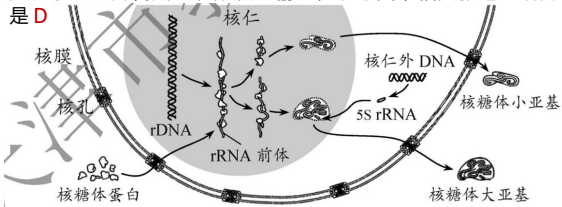


19

19

2020年天津卷第8题

完整的核糖体由大、小两个亚基组成。下图为真核细胞核糖体大、小亚基的合成、装配及运输过程示意图，相关叙述正确的是 **D**



- A. 上图所示过程可发生在有丝分裂中期
- B. 细胞的遗传信息主要储存于rDNA中
- C. 核仁是合成rRNA和核糖体蛋白的场所
- D. 核糖体亚基在细胞核中装配完成后由核孔运出

20

20

小结：DNA复制 v.s. 转录 v.s. 翻译

	DNA复制	转录	翻译
场所	细胞核（主要）	细胞核（主要）	
模板	两条母链	模板链（非编码链）	
原料	dNTPs	NTPs	
酶	解旋酶、DNA聚合酶	RNA聚合酶	
能量	ATP、dNTPs	NTPs（有ATP）	
碱基互补配对	A=T; T=A G≡C; C≡G	A=U; T=A G≡C; C≡G	
产物	DNA	RNA	

21

21

思考·讨论：遗传信息的转录过程

1. 转录与DNA复制有什么共同之处？这对保证遗传信息的准确转录有什么意义？

【提示】可以从所需条件、过程中的具体步骤所表现出的规律等角度进行分析。例如，转录与复制都需要模板、都遵循碱基互补配对原则，等等。其中，碱基互补配对原则能够保证遗传信息传递的准确性。

22

22

思考·讨论：遗传信息的转录过程

2. 与DNA复制相比，转录所需要的原料和酶各有什么不同？

DNA复制所需要的原料是4种游离的脱氧核苷酸，所需要的酶是解旋酶和DNA聚合酶；转录所需要的原料是4种游离的核糖核苷酸，所需要的酶是RNA聚合酶。

23

23

思考·讨论：遗传信息的转录过程

3. 转录成的RNA的碱基序列，与DNA两条单链的碱基序列各有哪些异同？

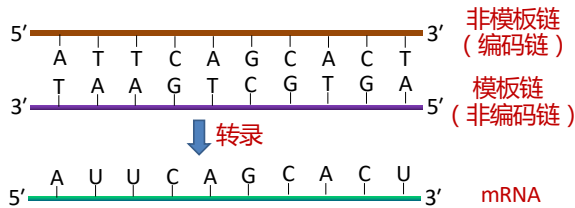
【提示】转录时，游离的核糖核苷酸与DNA模板链上的碱基互补配对。因此，转录成的RNA的碱基与DNA模板链的碱基是互补配对的关系。该RNA的碱基序列与DNA另一条链（非模板链）的碱基序列的区别是RNA链上的碱基U，对应在非模板链上的碱基是T。

24

24

思考·讨论：遗传信息的转录过程

3. 转录成的RNA的碱基序列，与DNA两条单链的碱基序列各有哪些异同？



25

CH 4.1.2 遗传信息的翻译

mRNA合成以后，通过核孔进入细胞质中。**游离在细胞质中各种氨基酸，就以mRNA为模板合成具有一定氨基酸顺序的蛋白质，这一过程叫作翻译（translation）。**

Q3：碱基和氨基酸之间的对应关系是怎样的？

碱基→氨基酸对应关系	最多编码的氨基酸种类
1个碱基→1个氨基酸	4
2个碱基→1个氨基酸	16
3个碱基→1个氨基酸	64
4个碱基→1个氨基酸	256

26

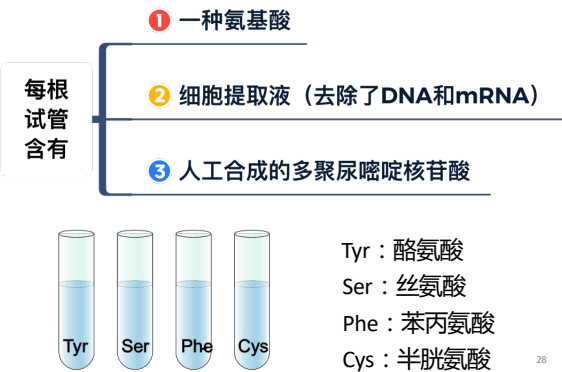
克里克，1961



- ①遗传密码中3个碱基编码一个氨基酸。
- ②遗传密码从一个固定的起点开始，以非重叠的方式阅读，密码子之间没有分隔符。

27

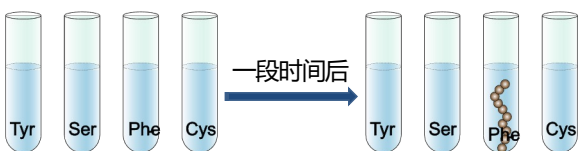
尼伦伯格 & 马太，1961



28

尼伦伯格 & 马太，1961

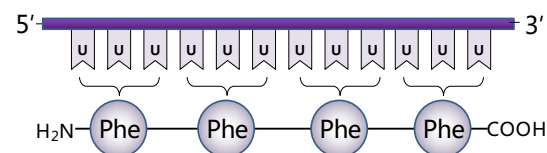
结果：加入了苯丙氨酸的试管中出现了多聚苯丙氨酸的肽链。



29

尼伦伯格 & 马太，1961

结论：UUU是对应苯丙氨酸的密码子



30

尼伦伯格 & 马太, 1961

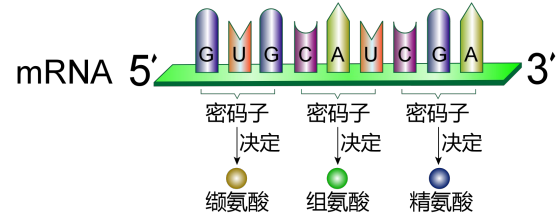
马太
J. H. Matthaei
1929—尼伦伯格
M. W. Nirenberg
1927—2010

31

31

密码子

mRNA上3个相邻的碱基决定1个氨基酸，每3个这样的碱基叫做1个密码子。



32

32

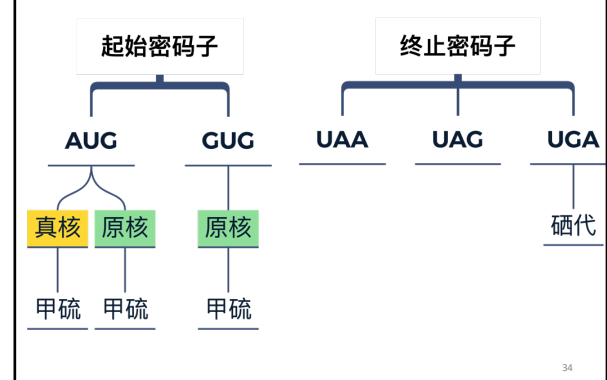
密码子表

第一个碱基	第二个碱基				第三个碱基
	U	C	A	G	
U	苯丙 苯丙 亮 亮	丝 丝 丝 丝	酪 酪 终止 终止	半胱 半胱 色 色	U C A G
C	亮 亮 亮 亮	脯 脯 脯 脯	组 组 谷 谷	精 精 精 精	U C A G
A	异亮 异亮 异亮 甲硫 (起始)	苏 苏 苏 苏	天 天 赖 赖	丝 丝 精 精	U C A G
G	缬 缬 缬 缬 甲硫 (起始)	丙 丙 丙 丙	天 天 冬 冬 谷 谷	甘 甘 甘 甘	U C A G

33

35

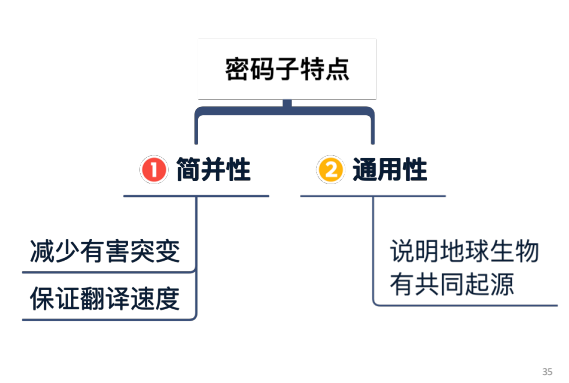
密码子表



34

34

密码子表



35

思考·讨论：分析密码子的特点

1.从密码子表可以看出，像苯丙氨酸、亮氨酸这样，绝大多数氨基酸都有几个密码子，这一现象称作密码子的简并。你认为密码子的简并对生物体的生存发展有什么意义？

可以从增强密码子容错性的角度来解释，当密码子中有一个碱基改变时，由于密码子的简并性，可能并不会改变其对应的氨基酸；也可以从密码子的使用频率来考虑，当某种氨基酸使用频率高时，几种不同的密码子都编码同一种氨基酸可以保证翻译的速度。

36

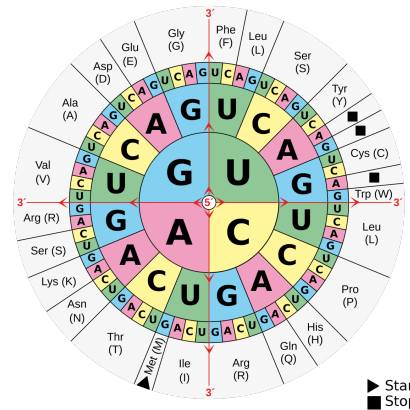
36

思考·讨论：分析密码子的特点

2.几乎所有的生物体都共用上述密码子。依据这一事实，你能想到什么？

根据这一事实能想到地球上几乎所有的生物都共用一套遗传密码，说明当今生物可能有着共同的起源，或生命在本质上是统一的，等等。

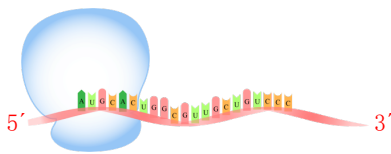
37



38

And now,

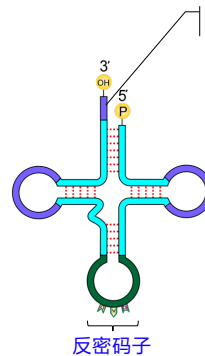
mRNA通过核孔进入细胞质，与核糖体结合，组装成合成蛋白质的生产线。



Q4：游离在细胞质中的氨基酸，是怎样被运输到合成蛋白质的“生产线”上的呢？

39

tRNA



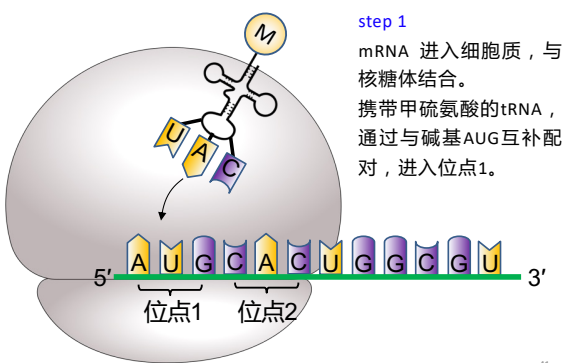
结合氨基酸的部位

比mRNA小得多，分子结构也很特别：RNA链经过折叠，看上去像三叶草的叶形，其一端是携带氨基酸的部分，另一端有3个相邻的碱基（反密码子）

反密码子

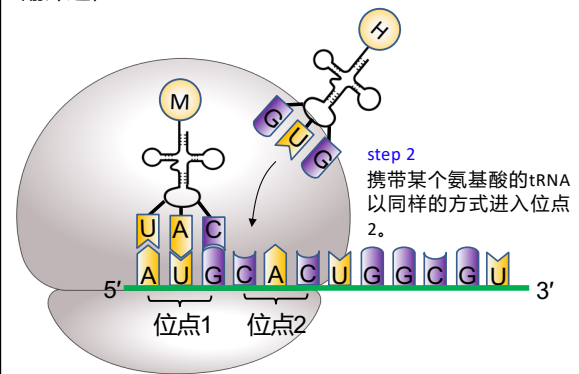
40

翻译过程



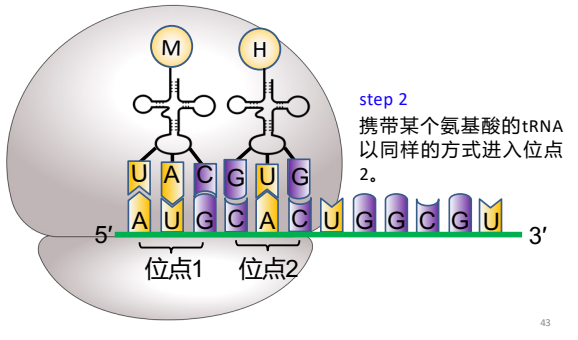
41

翻译过程

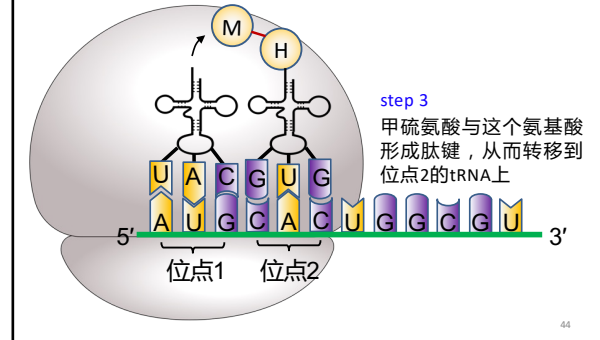


42

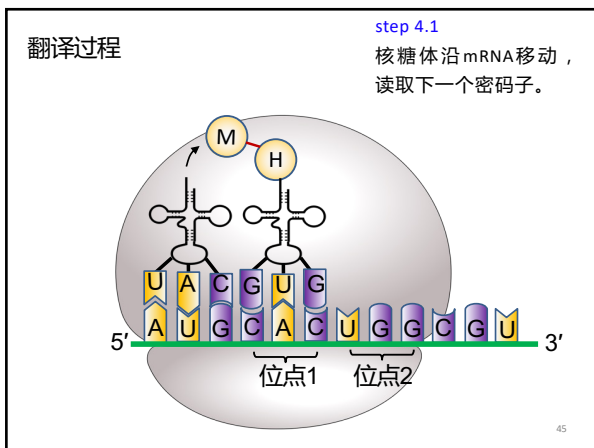
翻译过程



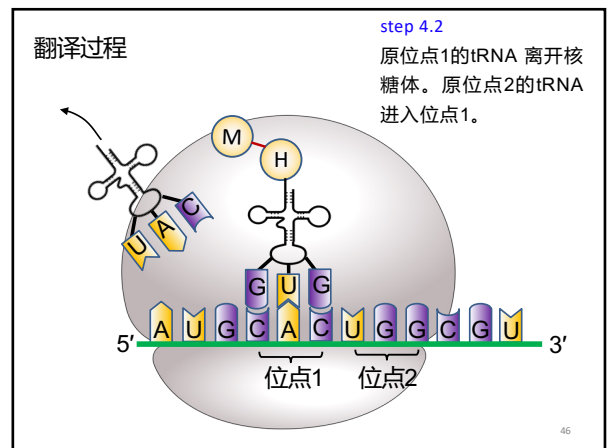
翻译过程



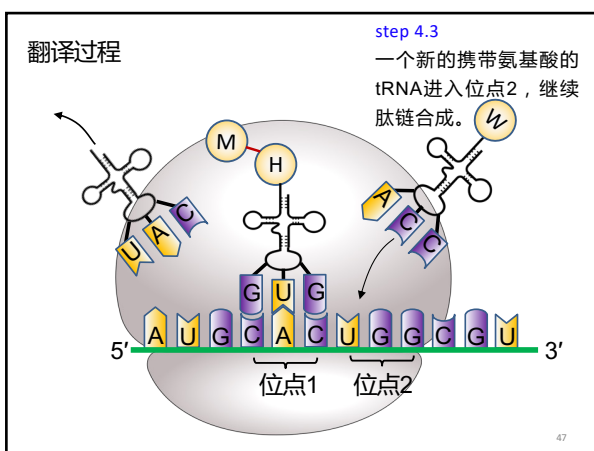
翻译过程



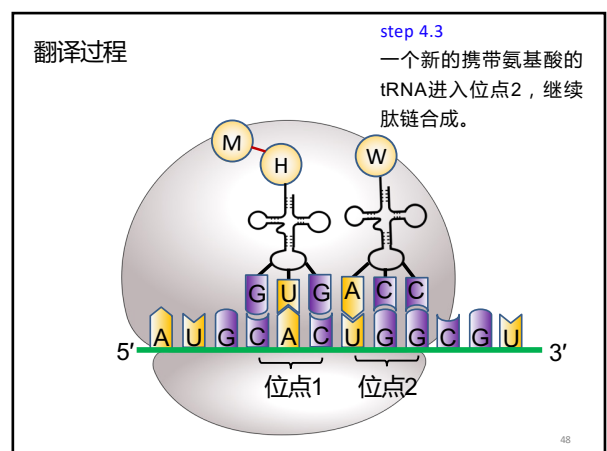
翻译过程



翻译过程



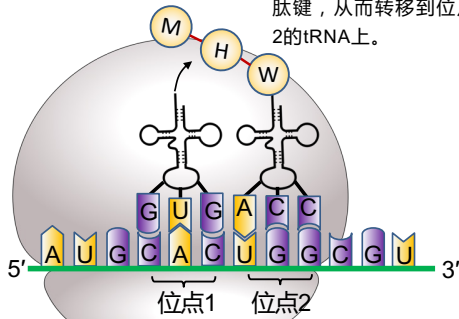
翻译过程



翻译过程

step 5

二肽与这个氨基酸形成肽键，从而转移到位点2的tRNA上。



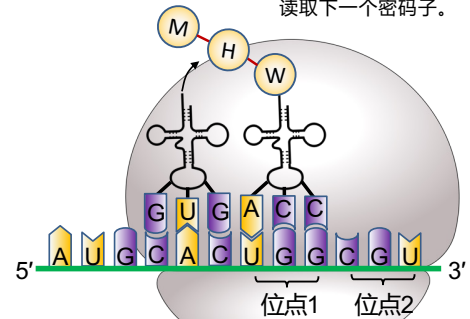
49

549

翻译过程

step 6.1

核糖体沿mRNA移动，读取下一个密码子。



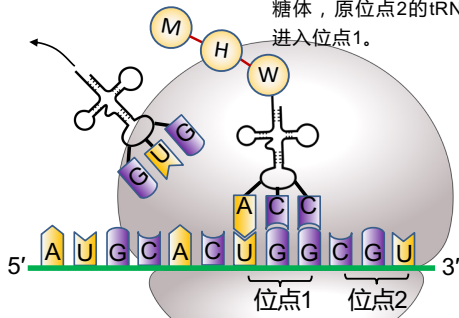
50

550

翻译过程

step 6.2

原位点1的tRNA离开核糖体，原位点2的tRNA进入位点1。



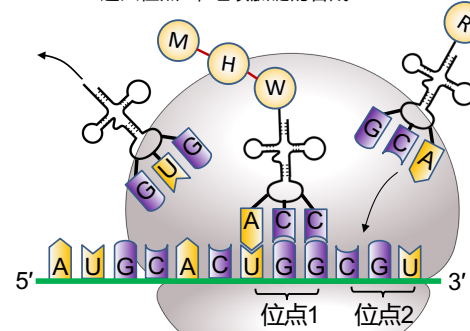
51

551

翻译过程

step 6.3 一个新的携带氨基酸的tRNA

进入位点2，继续肽链的合成

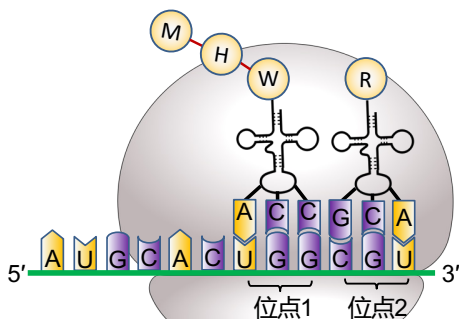


52

552

翻译过程

step 6.3 一个新的携带氨基酸的tRNA
进入位点2，继续肽链的合成

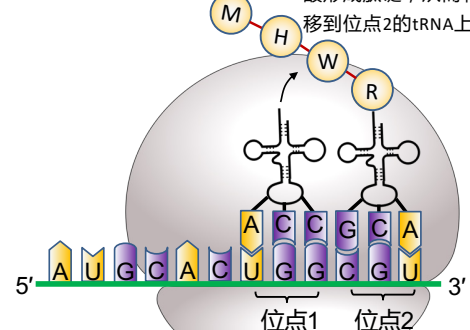


53

553

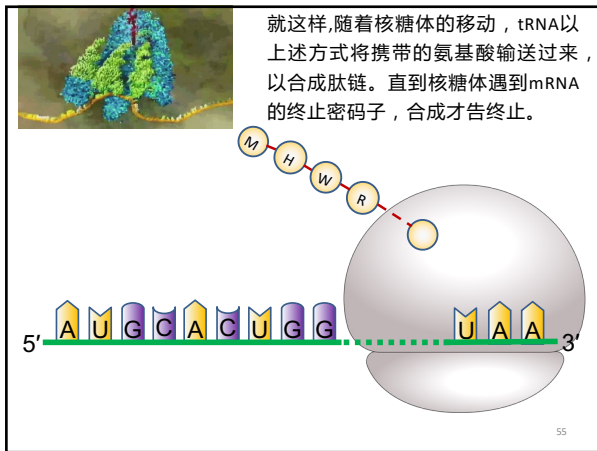
翻译过程

step 7 三肽与这个氨基酸
形成肽键，从而转
移到位点2的tRNA上。

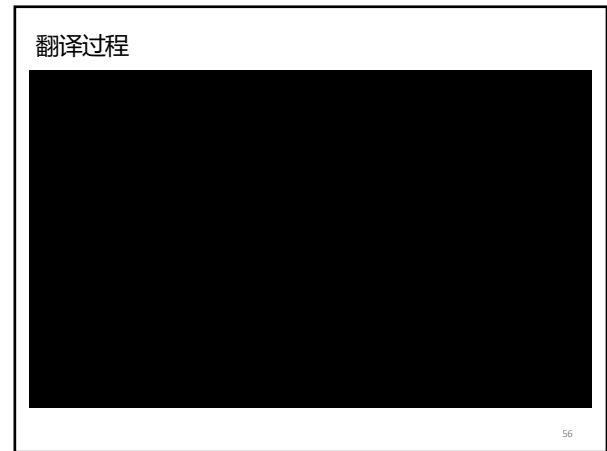


54

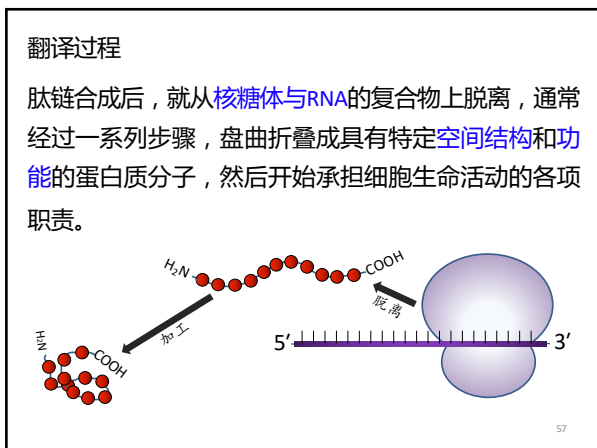
554



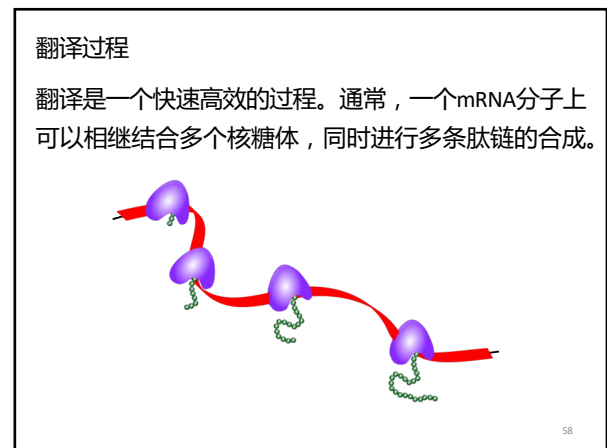
55



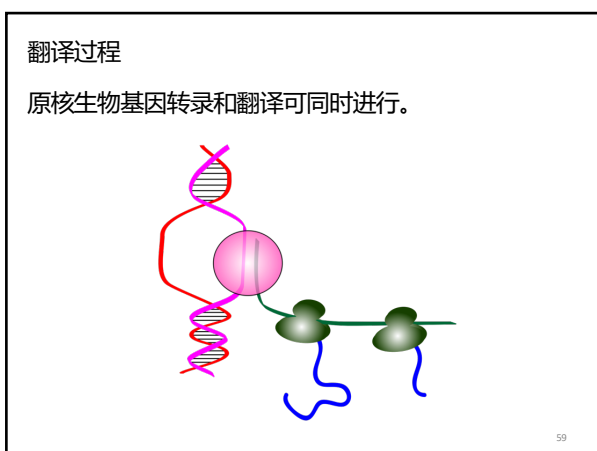
56



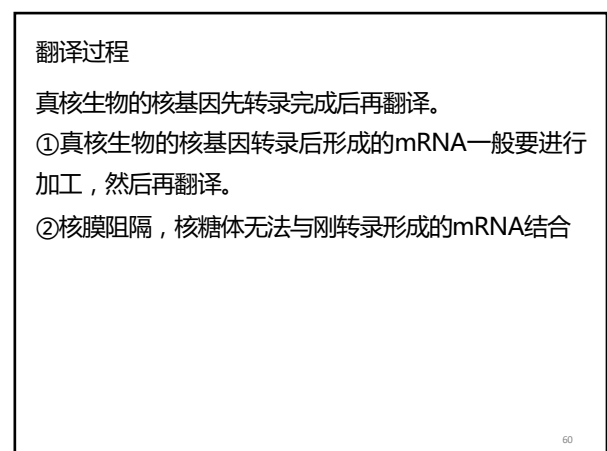
57



58

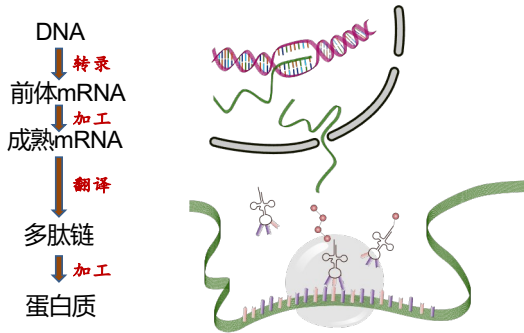


59



60

小结：转录+翻译过程



61

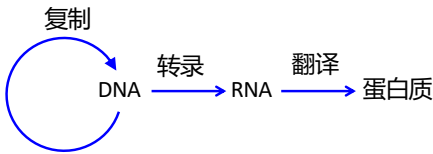
小结：DNA复制 v.s. 转录 v.s. 翻译

	DNA复制	转录	翻译
场所	细胞核（主要）	细胞核（主要）	核糖体
模板	两条母链	模板链（非编码链）	mRNA
原料	dNTPs	NTPs	21种氨基酸
酶	解旋酶、DNA聚合酶	RNA聚合酶	多种酶
能量	ATP、dNTPs	NTPs（有ATP）	ATP等
碱基互补配对	A=T; T=A G=C; C=G	A=U; T=A G=C; C=G	A=U; U=A G=C; C=G
产物	DNA	RNA	蛋白质

62

CH 4.1.3 中心法则

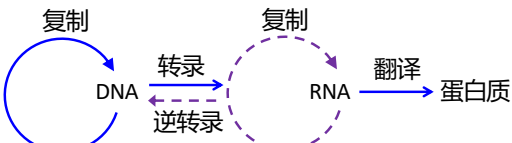
克里克，1957：**遗传信息可以从DNA流向DNA，即DNA的复制；也可以从DNA流向RNA，进而流向蛋白质，即遗传信息的转录和翻译。**



63

CH 4.1.3 中心法则

补充：少数生物（如一些RNA病毒）的遗传信息可以从RNA流向RNA以及从RNA流向DNA。



中心法则图解（虚线表示少数生物的遗传信息的流向）

64

CH 4.1.3 中心法则

在遗传信息的流动过程中，DNA、RNA是信息的载体，蛋白质是信息的表达产物，而ATP为信息的流动提供能量，可见，**生命是物质、能量和信息的统一体。**

65

练习与应用：一、概念检测

1. 基因的表达包括遗传信息的转录和翻译两个过程。判断下列相关表述是否正确。

（1）DNA转录形成的mRNA，与母链碱基的组成、排列顺序都是相同的。✗

（2）一个密码子只能对应一种氨基酸，一种氨基酸必然有多个密码子。✗

66

练习与应用：一、概念检测

2. 密码子决定了蛋白质的氨基酸种类以及翻译的起始和终止。密码子是指 **D**
- A. 基因上3个相邻的碱基
 - B. DNA上3个相邻的碱基
 - C. tRNA上3个相邻的碱基
 - D. mRNA上3个相邻的碱基

67

67

练习与应用：二、拓展应用

红霉素、环丙沙星、利福平等抗菌药物能够抑制细菌的生长，它们的抗菌机制如下表所示，请结合本节内容说明这些抗菌药物可用于治疗疾病的道理。

抗菌药物	抗菌机制
红霉素	能与核糖体结合，抑制肽链延伸
环丙沙星	抑制细菌DNA的复制
利福平	抑制细菌RNA聚合酶的活性

68

68

练习与应用：二、拓展应用

【提示】题中的三种抗生素都是通过阻止遗传信息的传递和表达，来干扰细菌蛋白质的合成，进而抑制细菌生长的。具体而言，红霉素影响翻译过程，环丙沙星影响复制过程，利福平影响转录过程。

69

69