

CH 4.1 基因指导蛋白质的合成

Y. K. Fu

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。



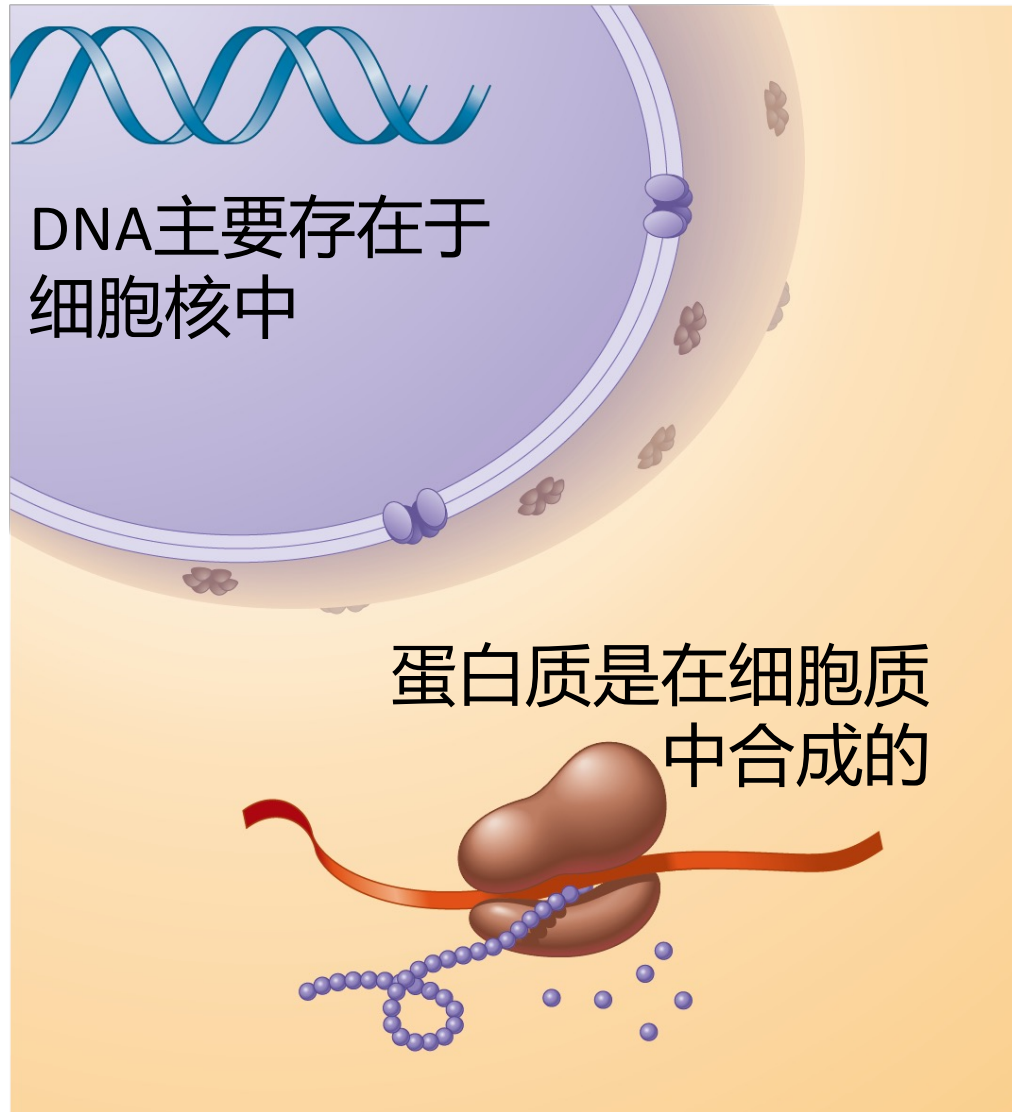
电影《侏罗纪公园》
中的恐龙

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。

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。

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。



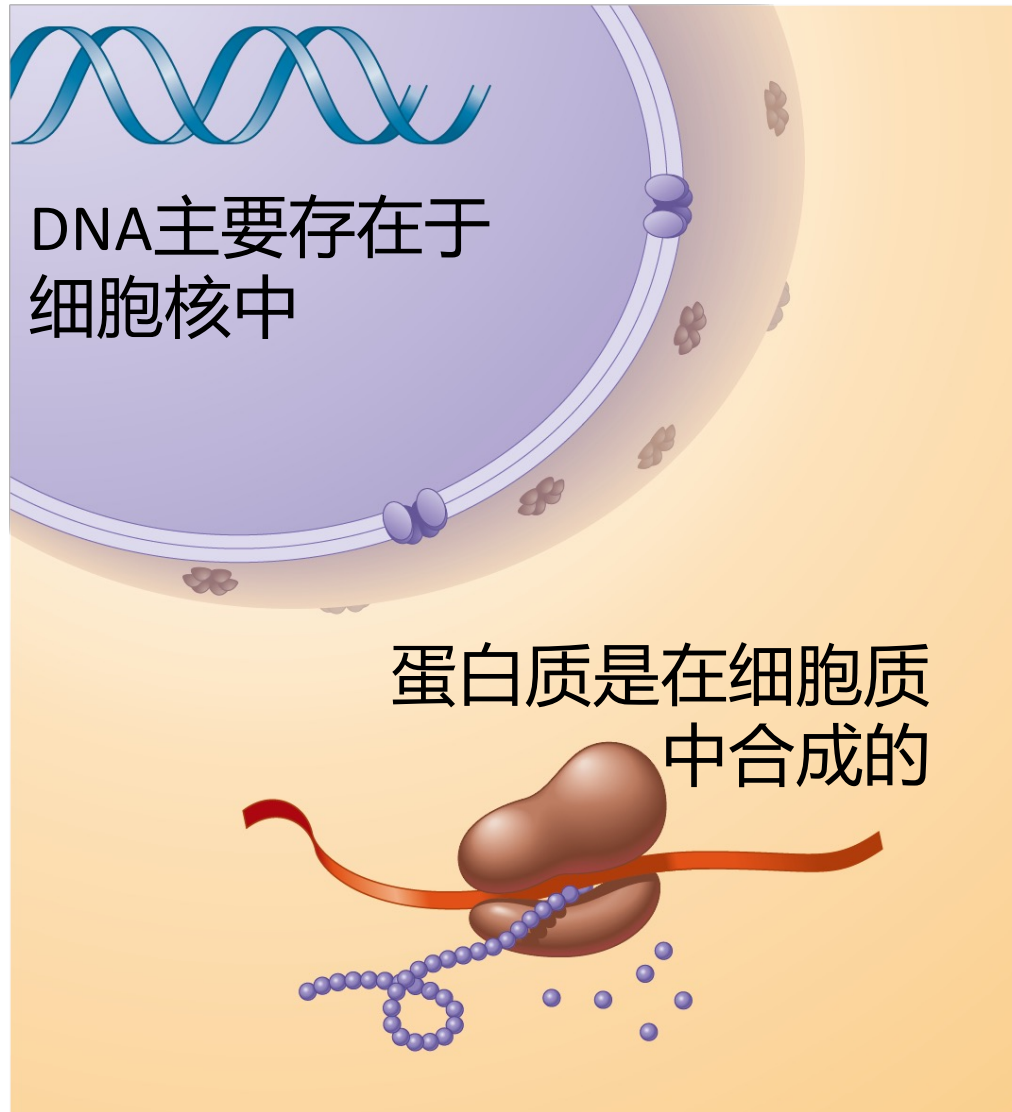
推论1：RNA参与蛋白质合成。

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。

基因如何指导蛋白质的合成？

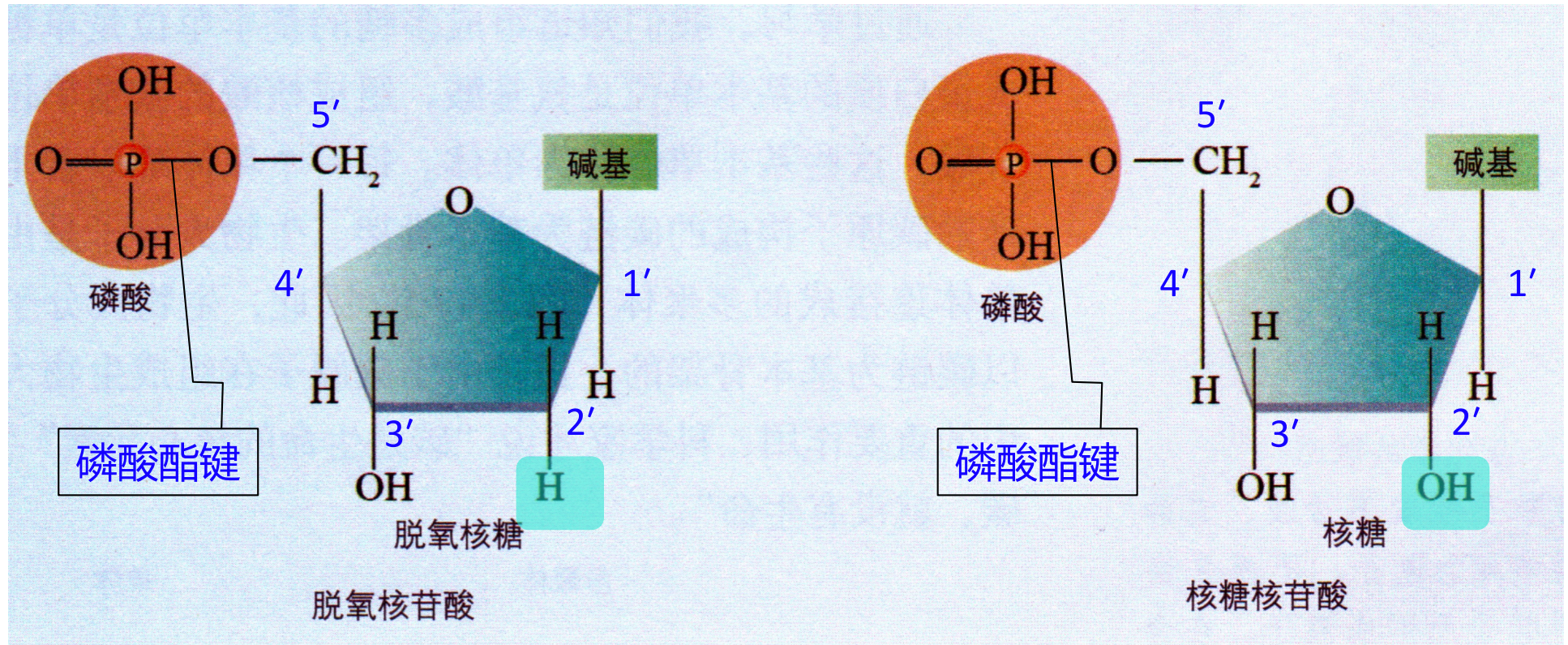


科学家推测：在DNA和蛋白质之间，还有一种中间物质充当信使。

后来发现细胞中的确有这样的物质，它就是RNA。

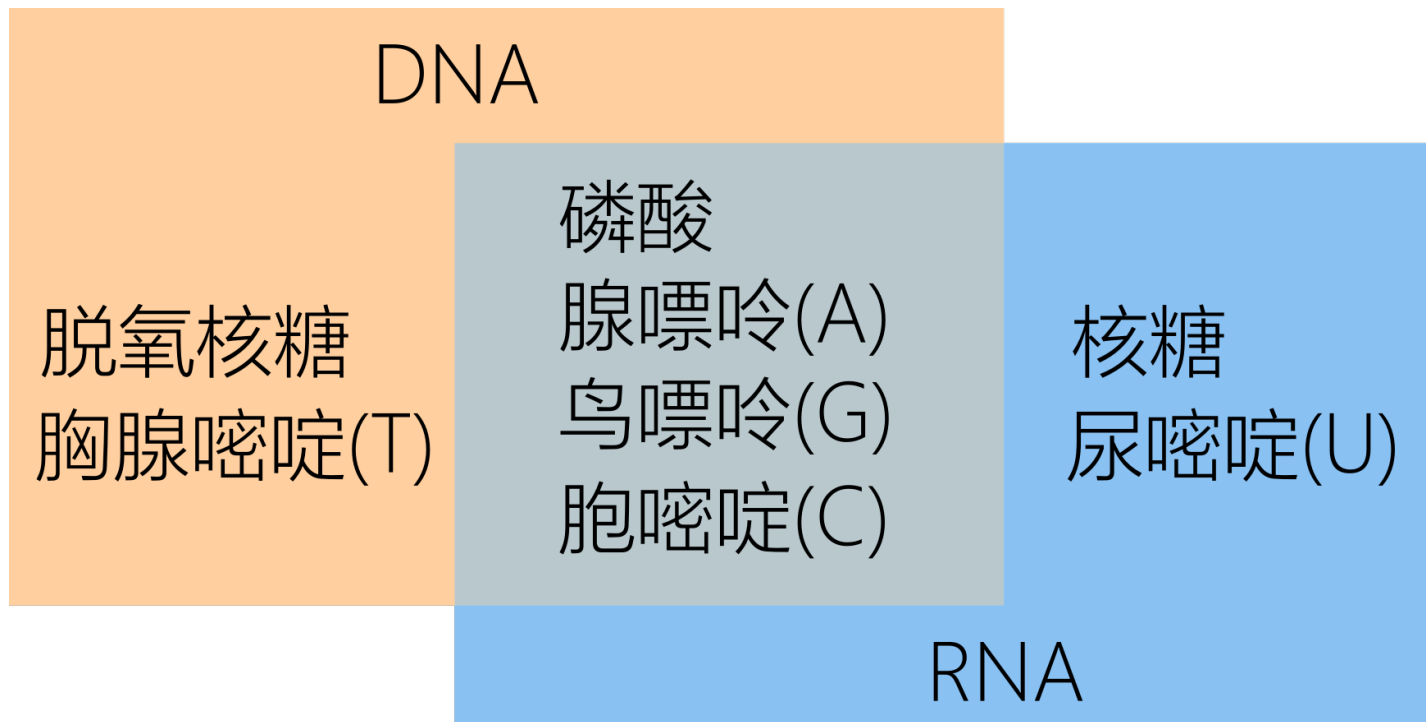
CH 4.1.1 遗传信息的转录

Q1：RNA是什么物质？为什么RNA适于作DNA的信使呢



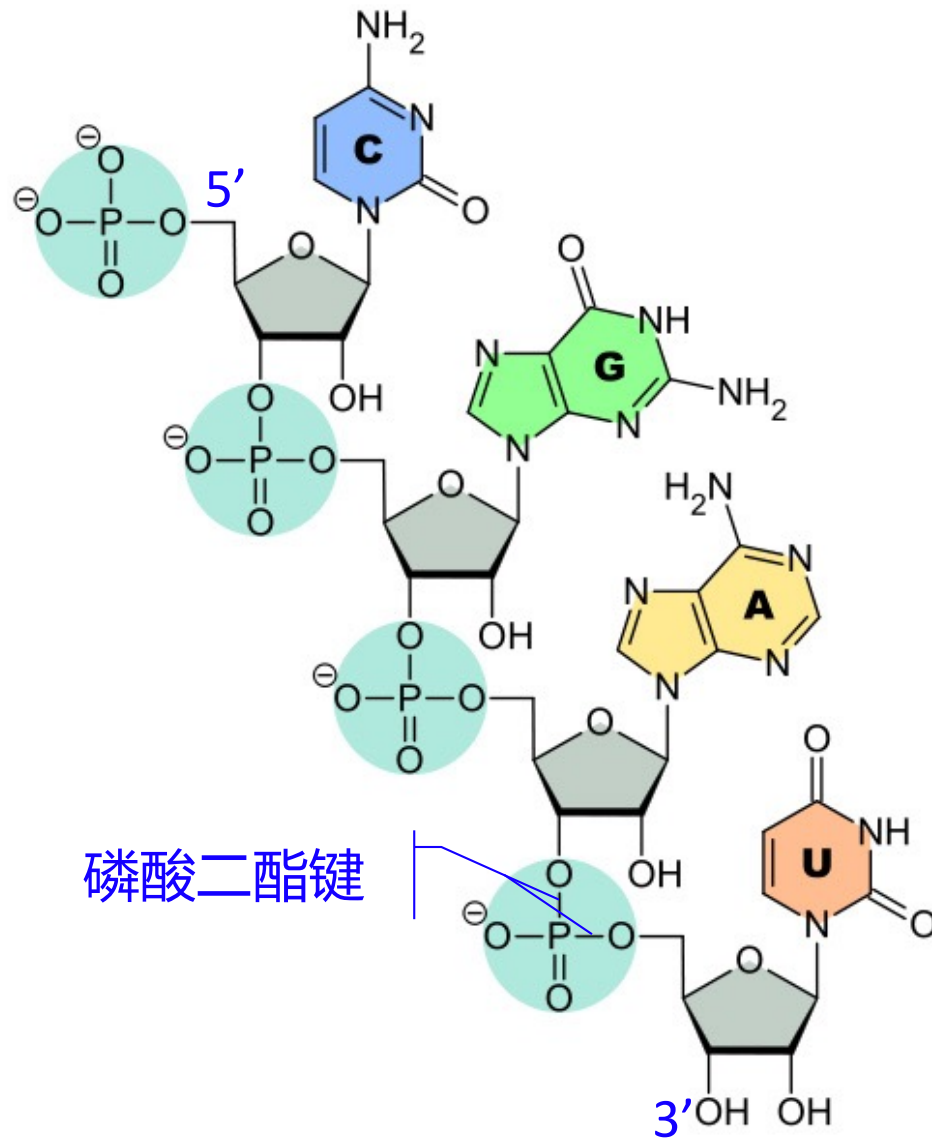
▲ 图 2-15 脱氧核苷酸和核糖核苷酸

CH 4.1.1 遗传信息的转录



DNA与RNA在化学组成上的区别

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。

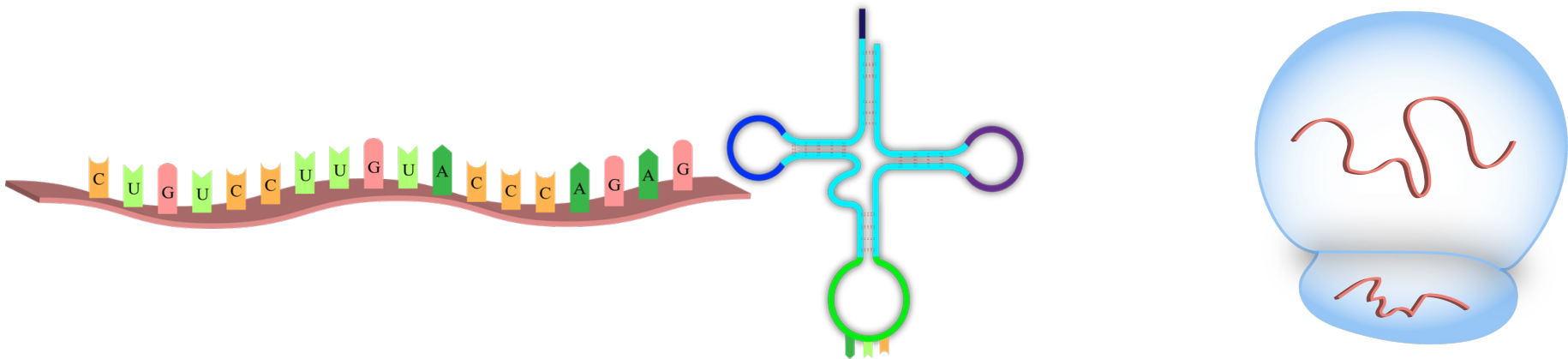
CH 4.1.1 遗传信息的转录

RNA分类

信使RNA
mRNA

转运RNA
tRNA

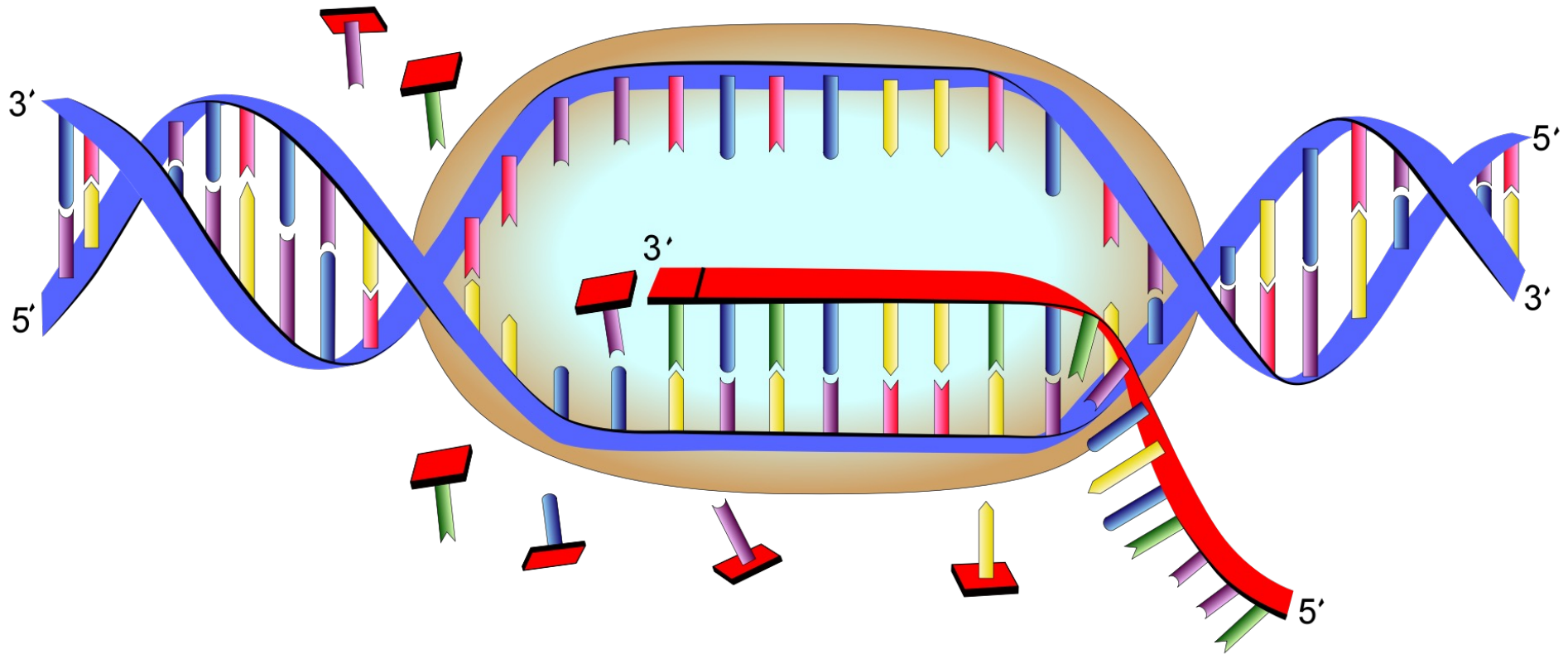
核糖体RNA
rRNA



Q2：DNA的遗传信息是怎样传递给mRNA的？

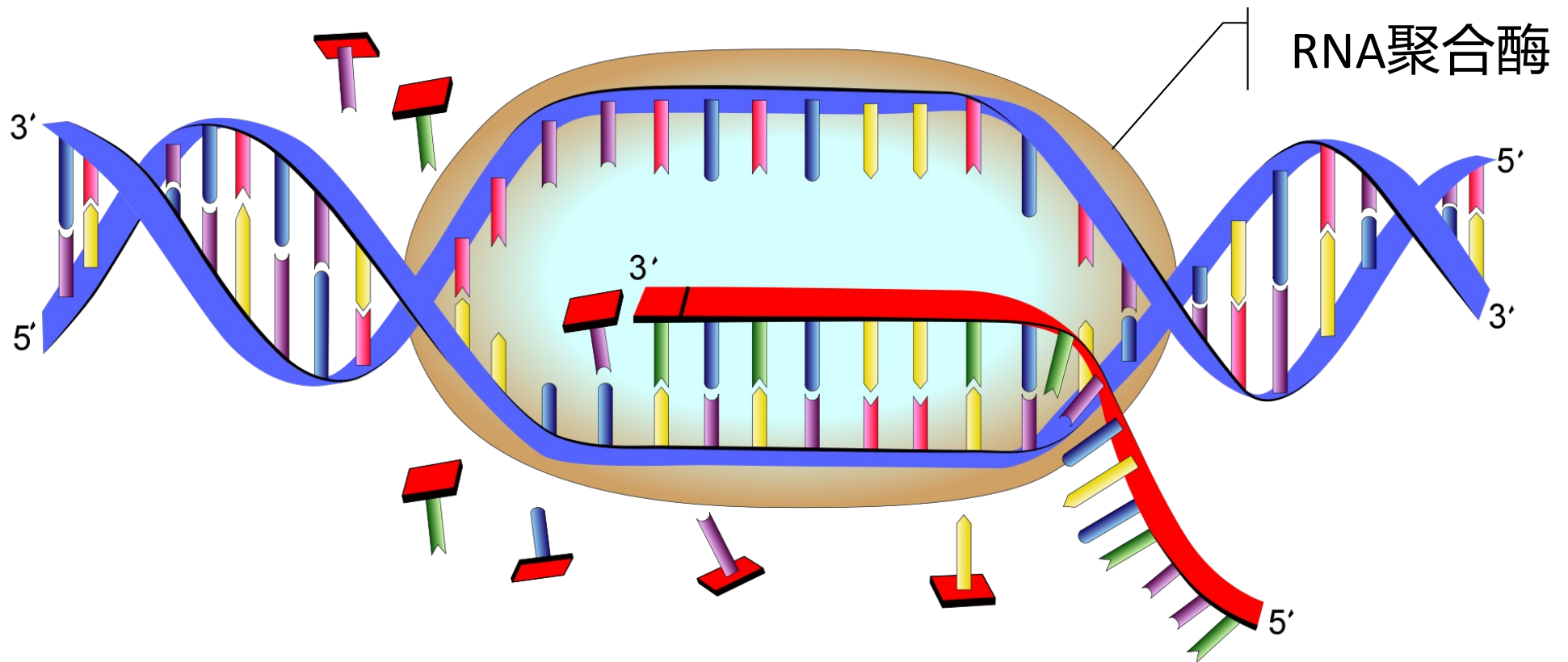
CH 4.1.1 遗传信息的转录

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）。



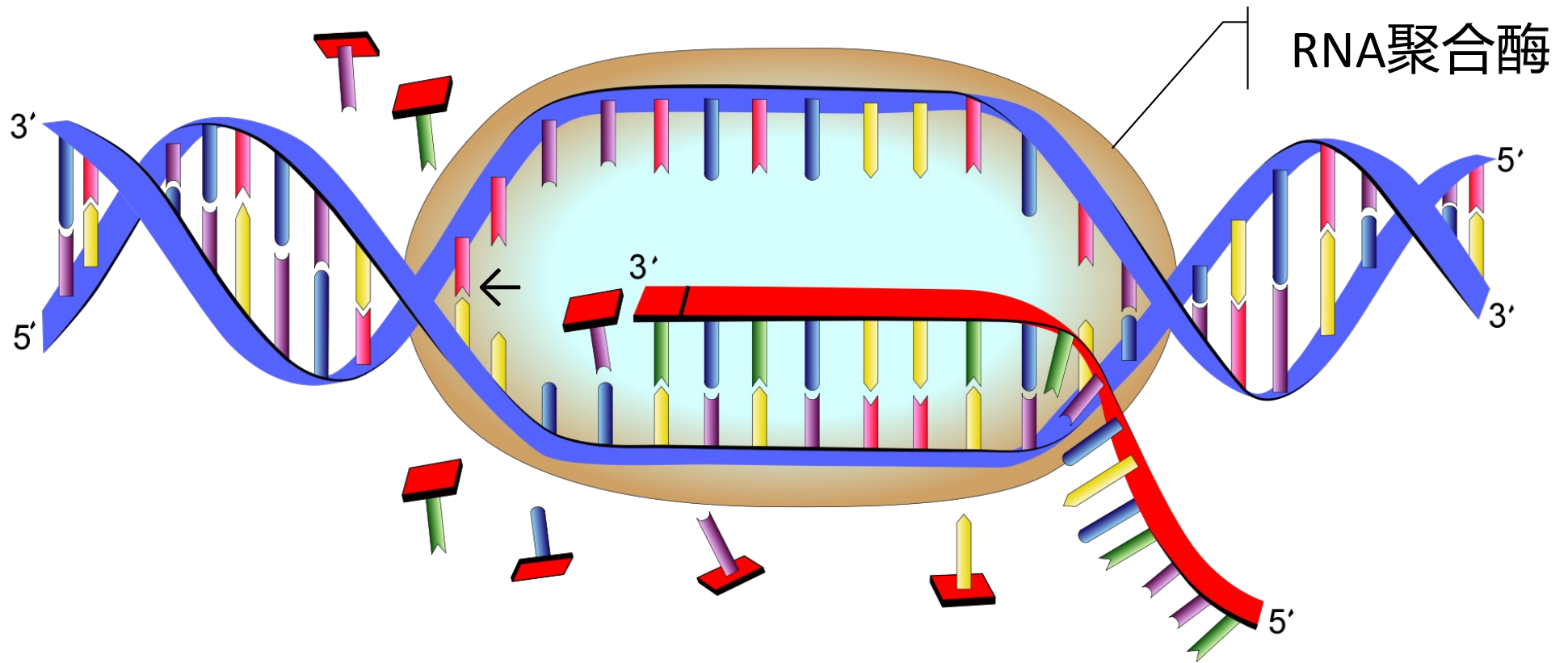
CH 4.1.1 遗传信息的转录

0 : RNA聚合酶与编码这个蛋白质的一段DNA结合



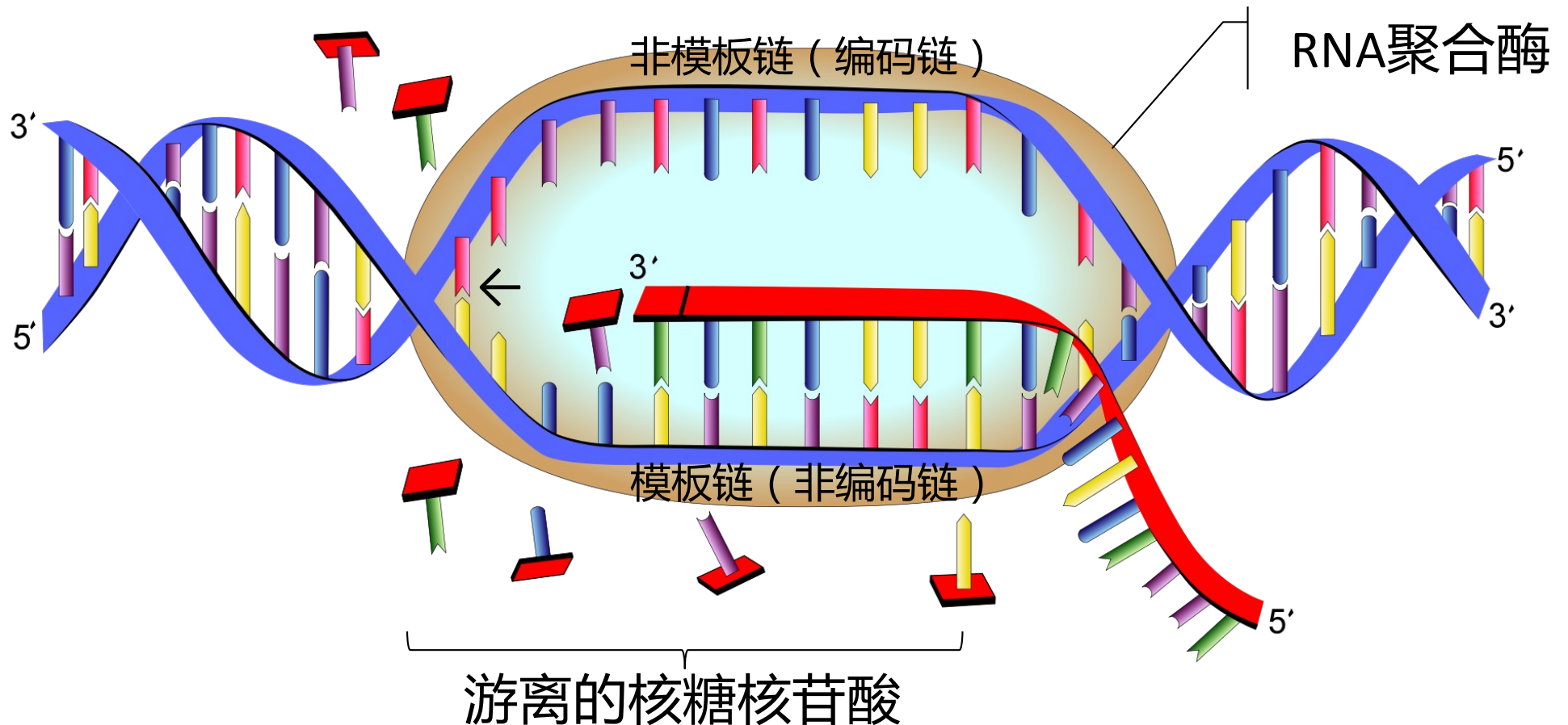
CH 4.1.1 遗传信息的转录

①：DNA双螺旋链解开，碱基暴露出来。



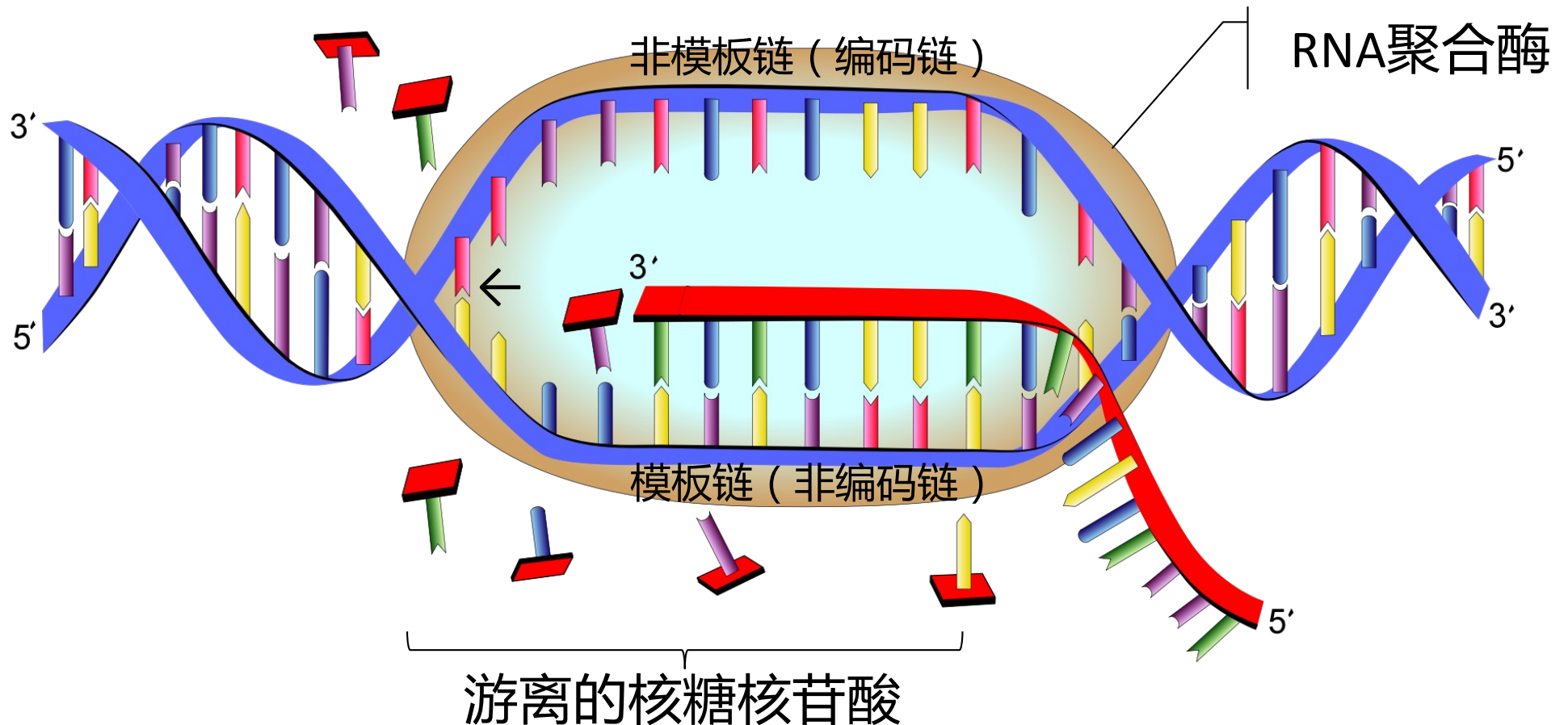
CH 4.1.1 遗传信息的转录

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。



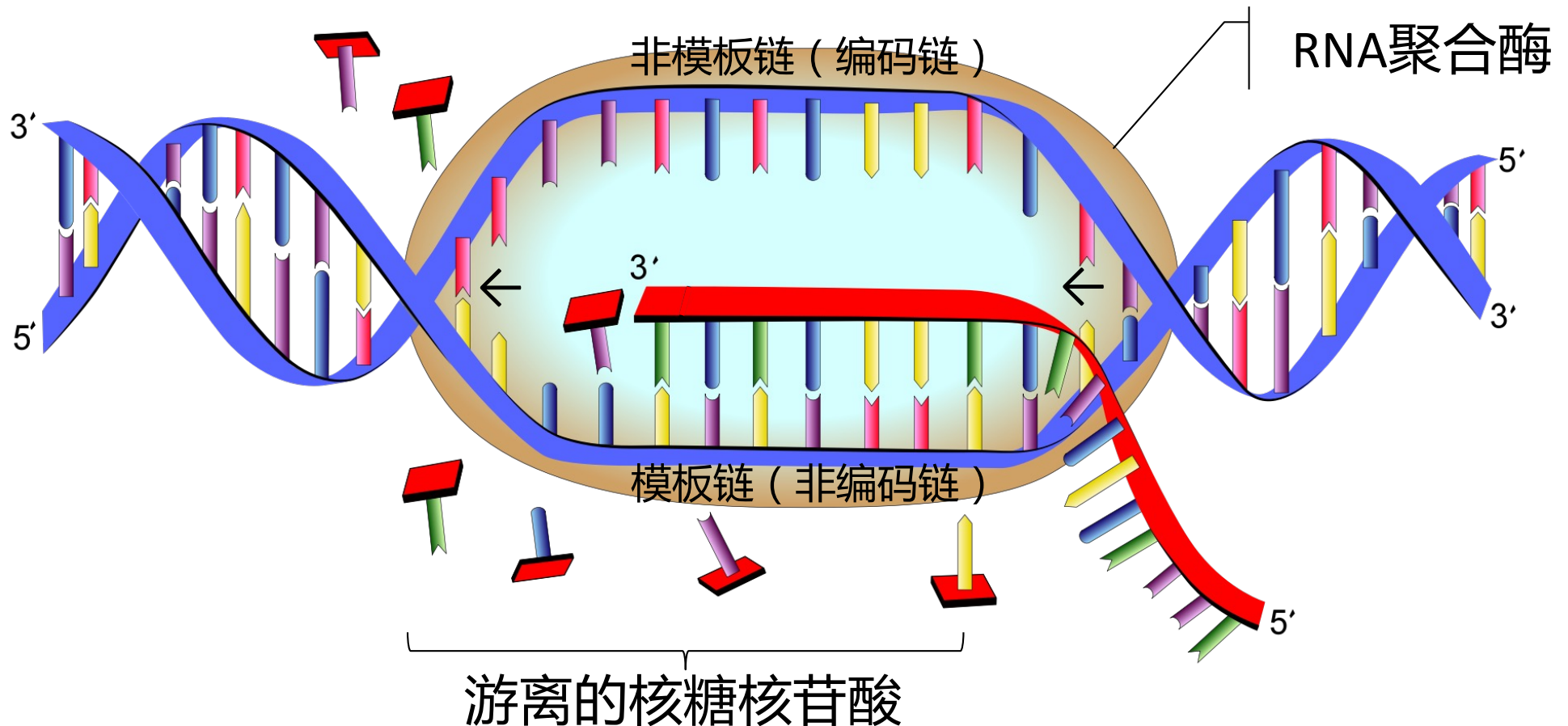
CH 4.1.1 遗传信息的转录

③：新结合的核糖核苷酸**连接**到正在合成的mRNA分子上。

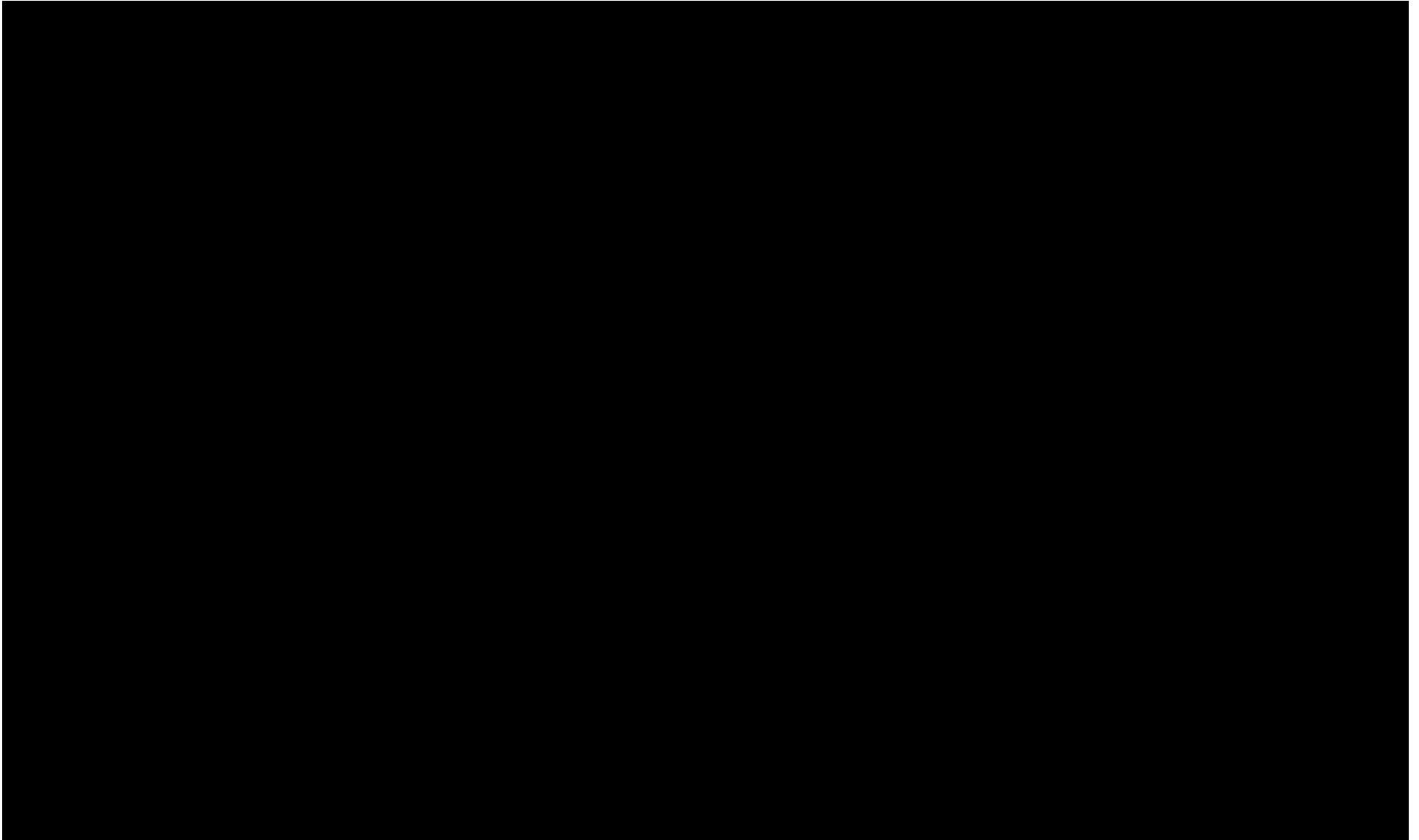


CH 4.1.1 遗传信息的转录

④：合成的mRNA从DNA链上释放。而后，DNA双螺旋恢复。

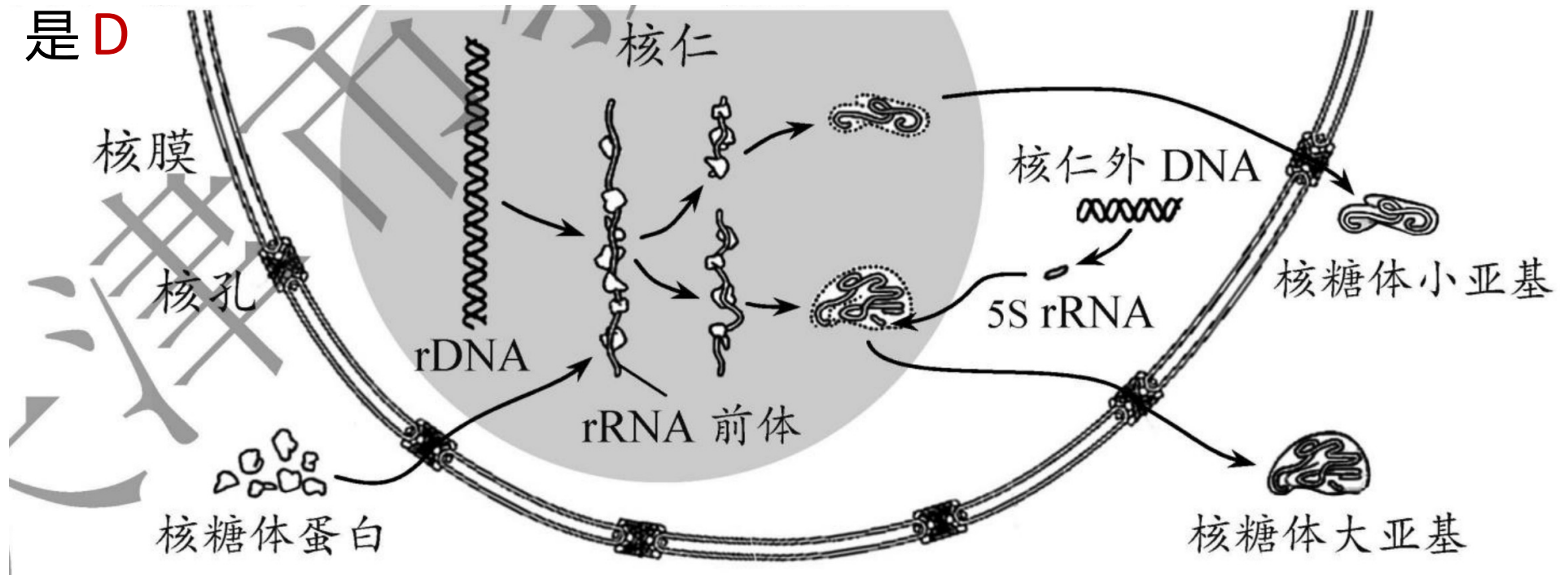


CH 4.1.1 遗传信息的转录



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

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	



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。

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。

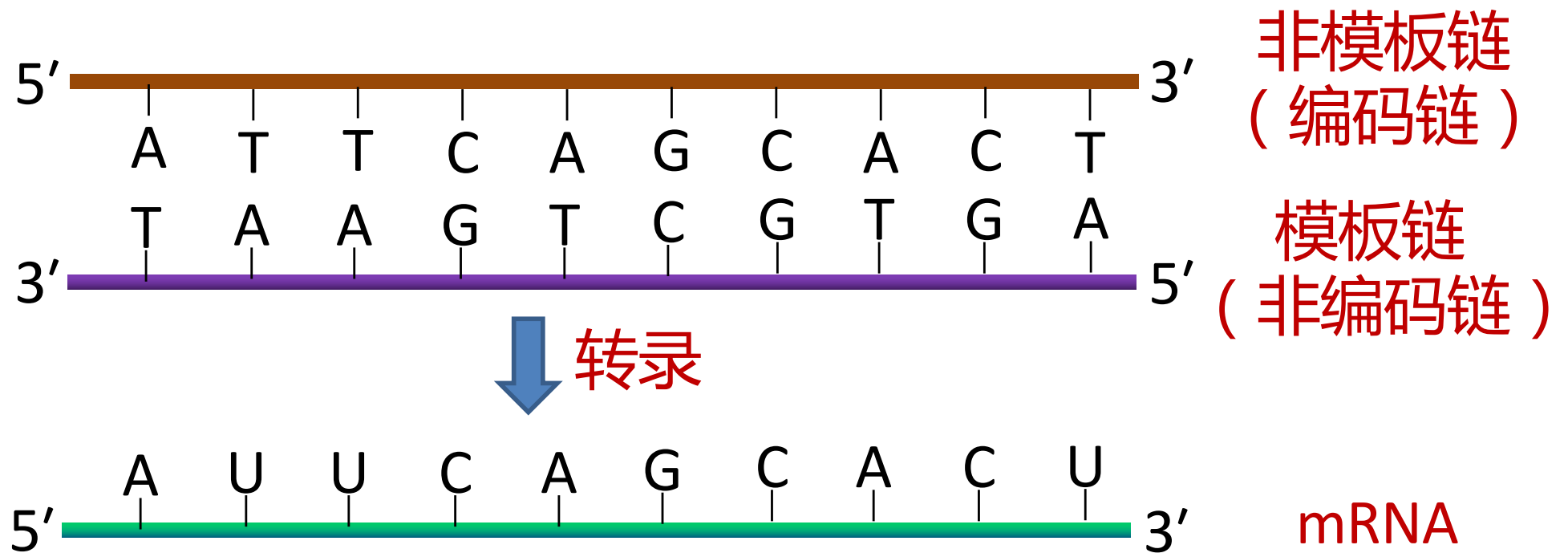
思考·讨论：遗传信息的转录过程

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。

🧠 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？



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

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。

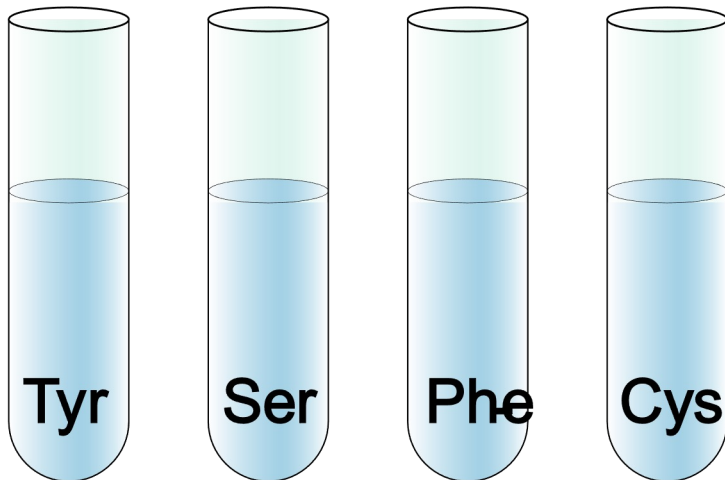
尼伦伯格 & 马太，1961

① 一种氨基酸

每根
试管
含有

② 细胞提取液（去除了DNA和mRNA）

③ 人工合成的多聚尿嘧啶核苷酸



Tyr：酪氨酸

Ser：丝氨酸

Phe：苯丙氨酸

Cys：半胱氨酸

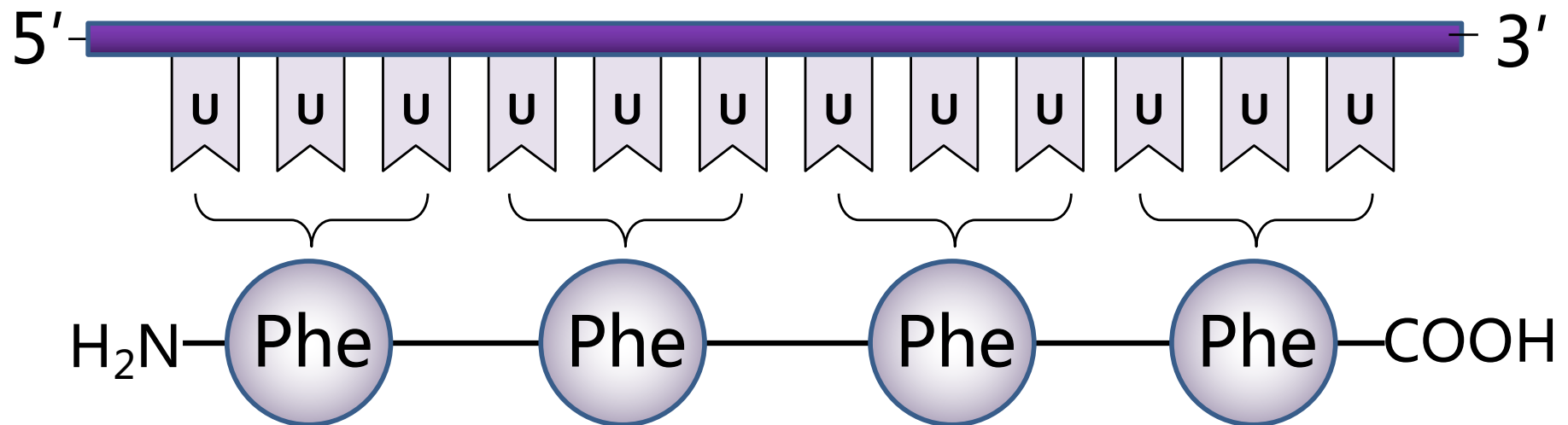
尼伦伯格 & 马太，1961

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。

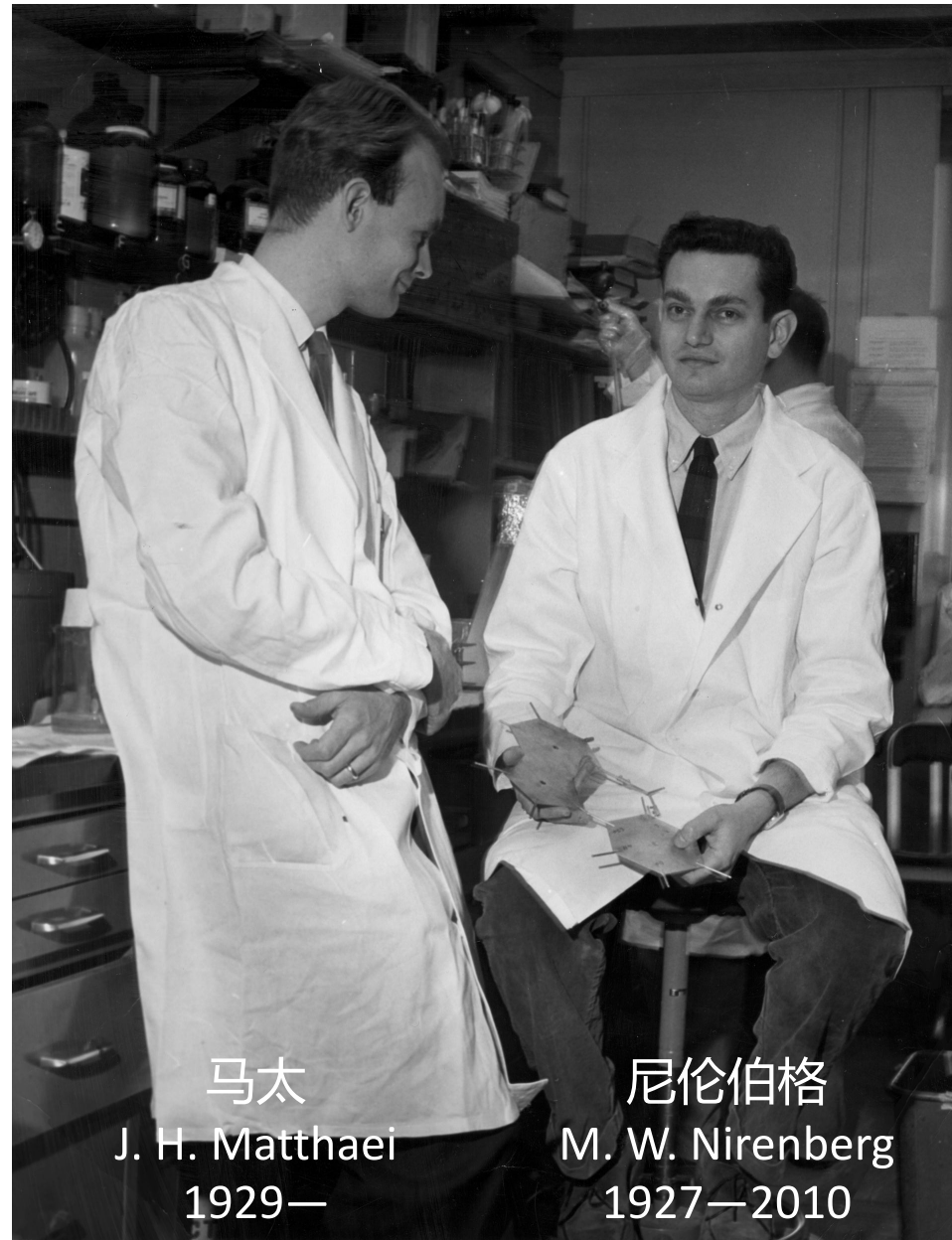


尼伦伯格 & 马太, 1961

结论：UUU是对应苯丙氨酸的密码子



尼伦伯格 & 马太, 1961

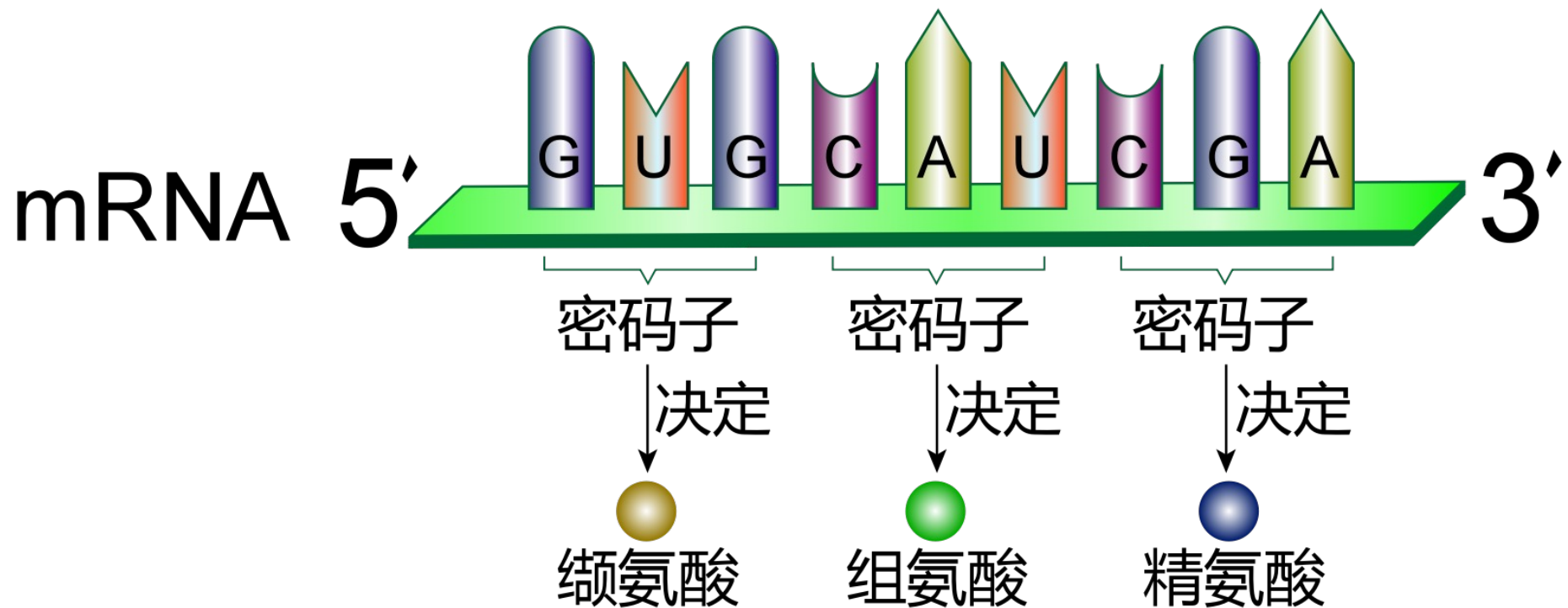


马太
J. H. Matthaei
1929—

尼伦伯格
M. W. Nirenberg
1927—2010

密码子 

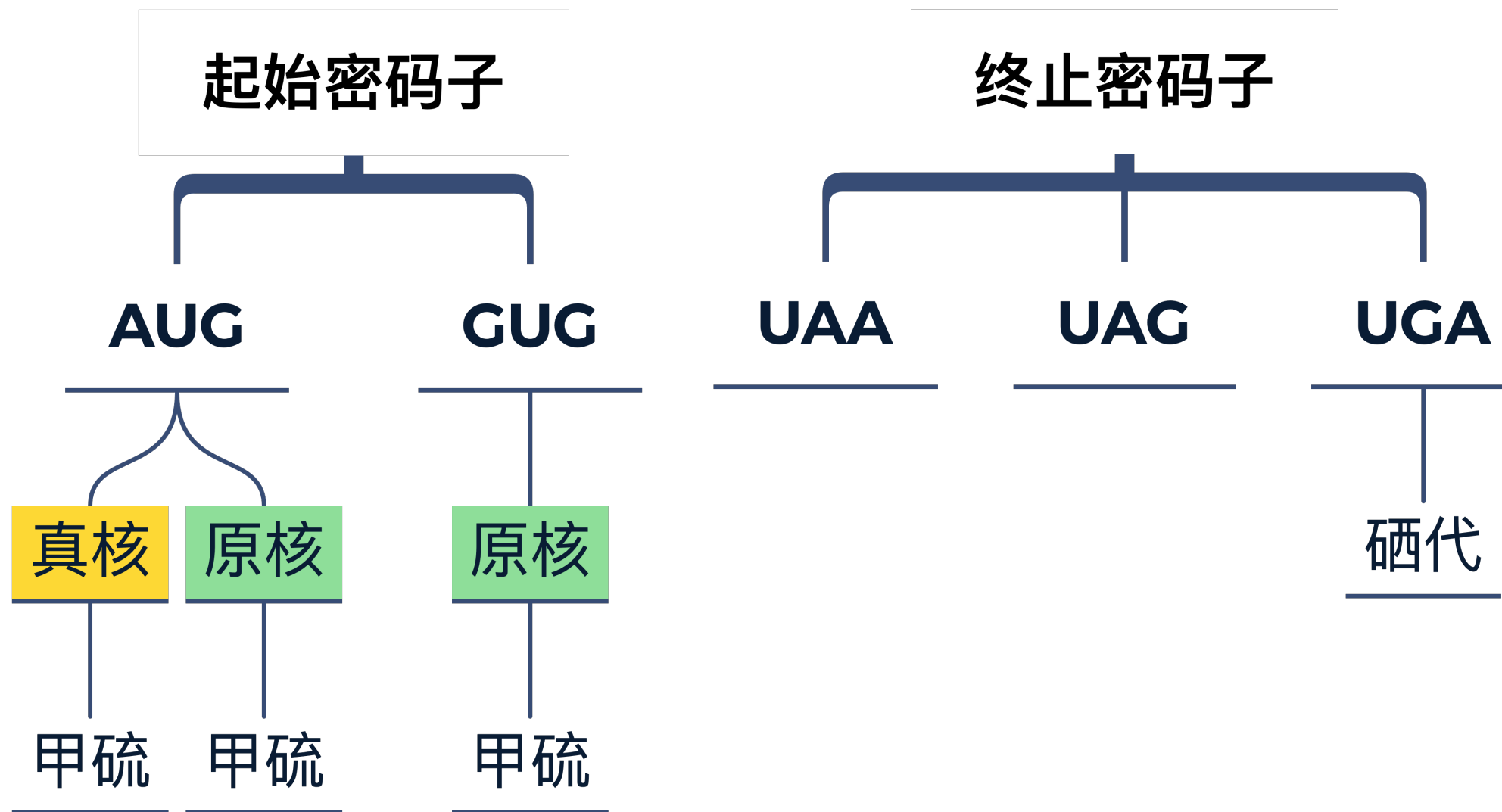
mRNA上3个相邻的碱基决定1个氨基酸，每3个这样的碱基叫做1个密码子。



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 丝丝	酪酪 酪酪 终止 终止	半胱 半胱 终止、硒代 色	U C A G
C	亮亮 亮亮 亮亮	脯脯 脯脯 脯脯	组组 组组 谷酰 谷酰	精精 精精 精精	U C A G
A	异亮 异亮 异亮 甲硫（起始）	苏苏 苏苏 苏苏	天酰 天酰 赖赖 赖赖	丝丝 丝丝 精精 精精	U C A G
G	缬缬 缬缬 缬缬 缬、甲硫（起始）	丙丙 丙丙 丙丙	天冬 天冬 谷谷 谷谷	甘甘 甘甘 甘甘 甘甘	U C A G

密码子表



密码子表



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？

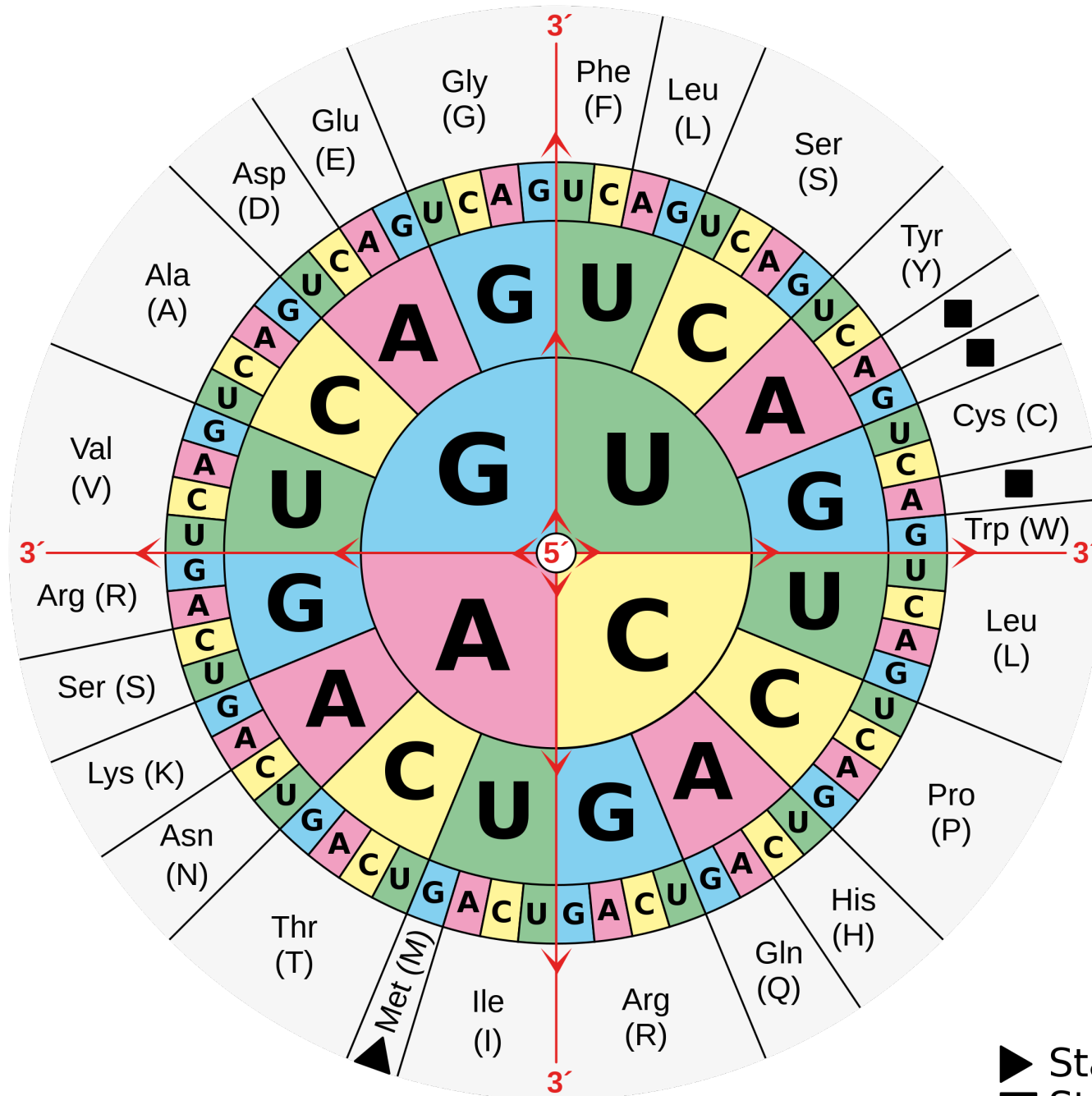
可以从增强密码子容错性的角度来解释，当密码子中有一个碱基改变时，由于密码子的简并性，可能并不会改变其对应的氨基酸；也可以从密码子的使用频率来考虑，当某种氨基酸使用频率高时，几种不同的密码子都编码同一种氨基酸可以保证翻译的速度。



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？

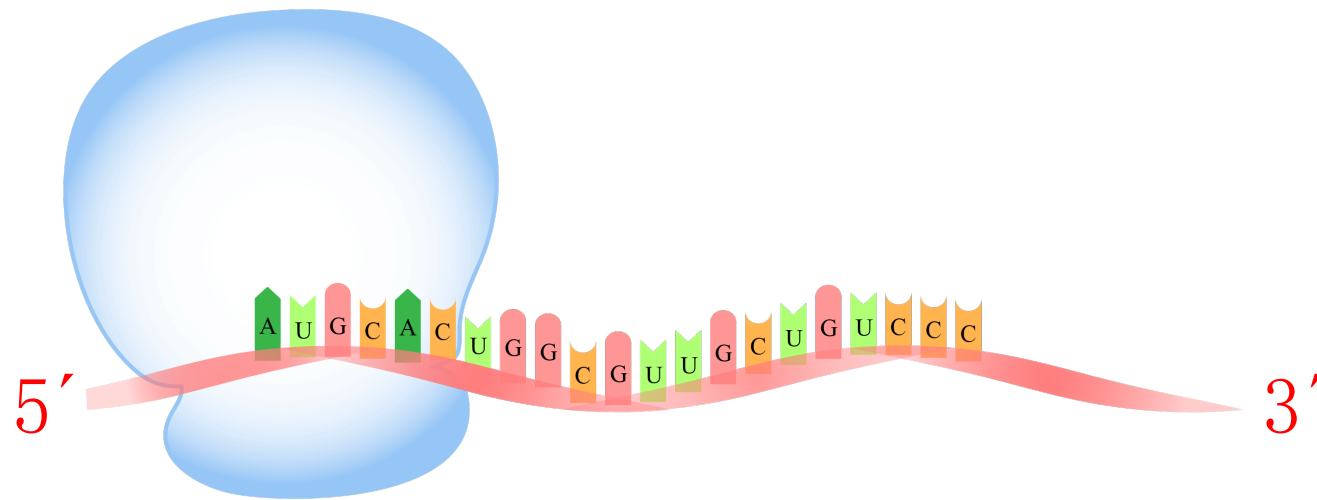
根据这一事实能想到地球上几乎所有的生物都共用一套遗传密码，说明当今生物可能有着共同的起源，或生命在本质上是统一的，等等。



► Start
■ Stop

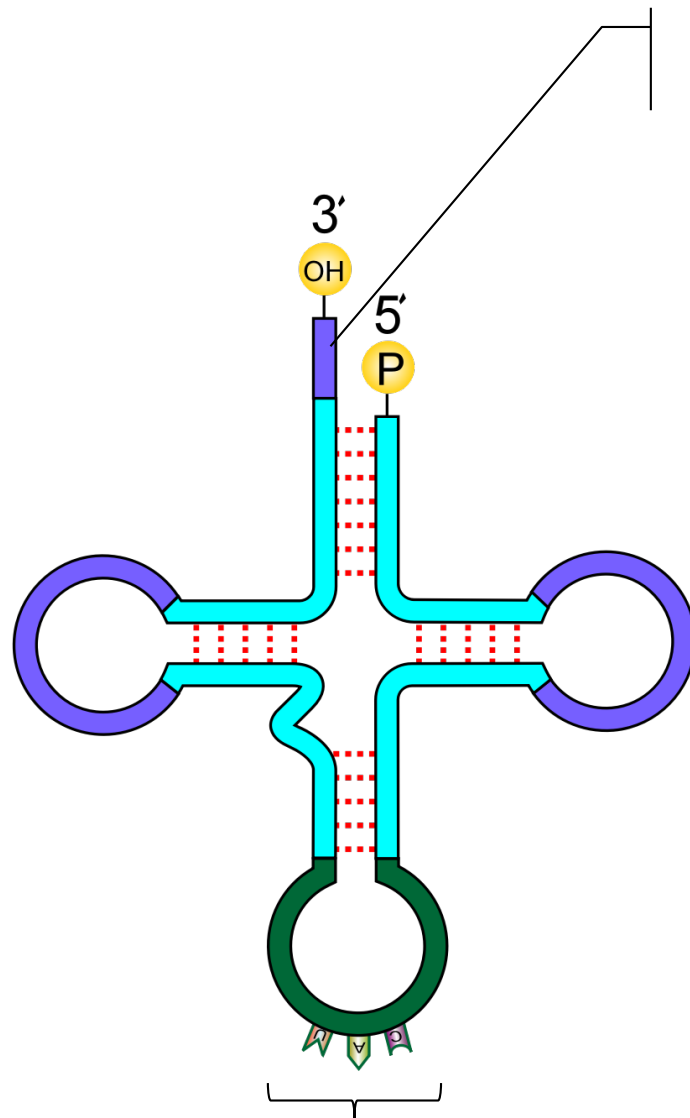
And now,

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？

tRNA

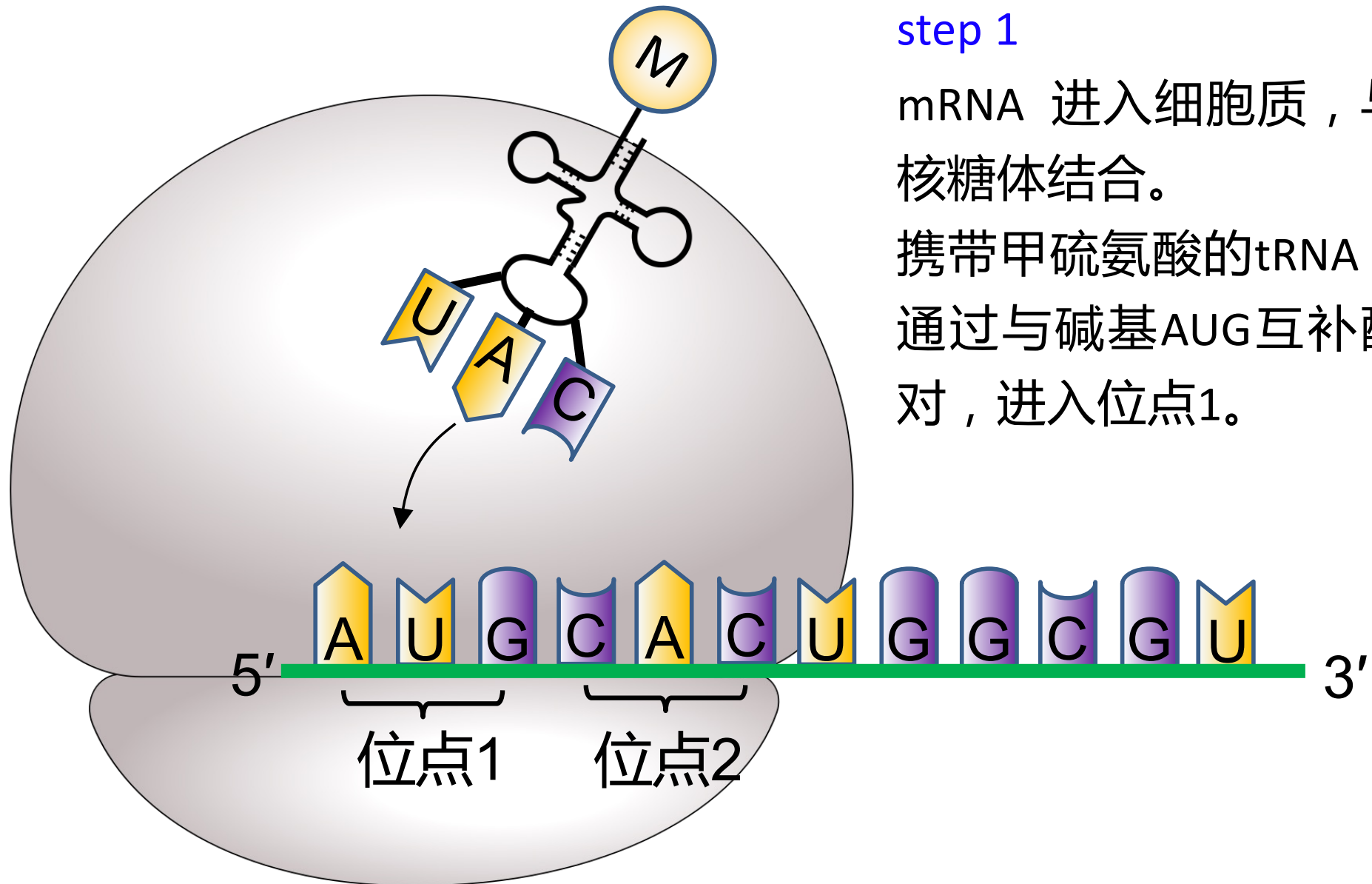


结合氨基酸的部位

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

翻译过程

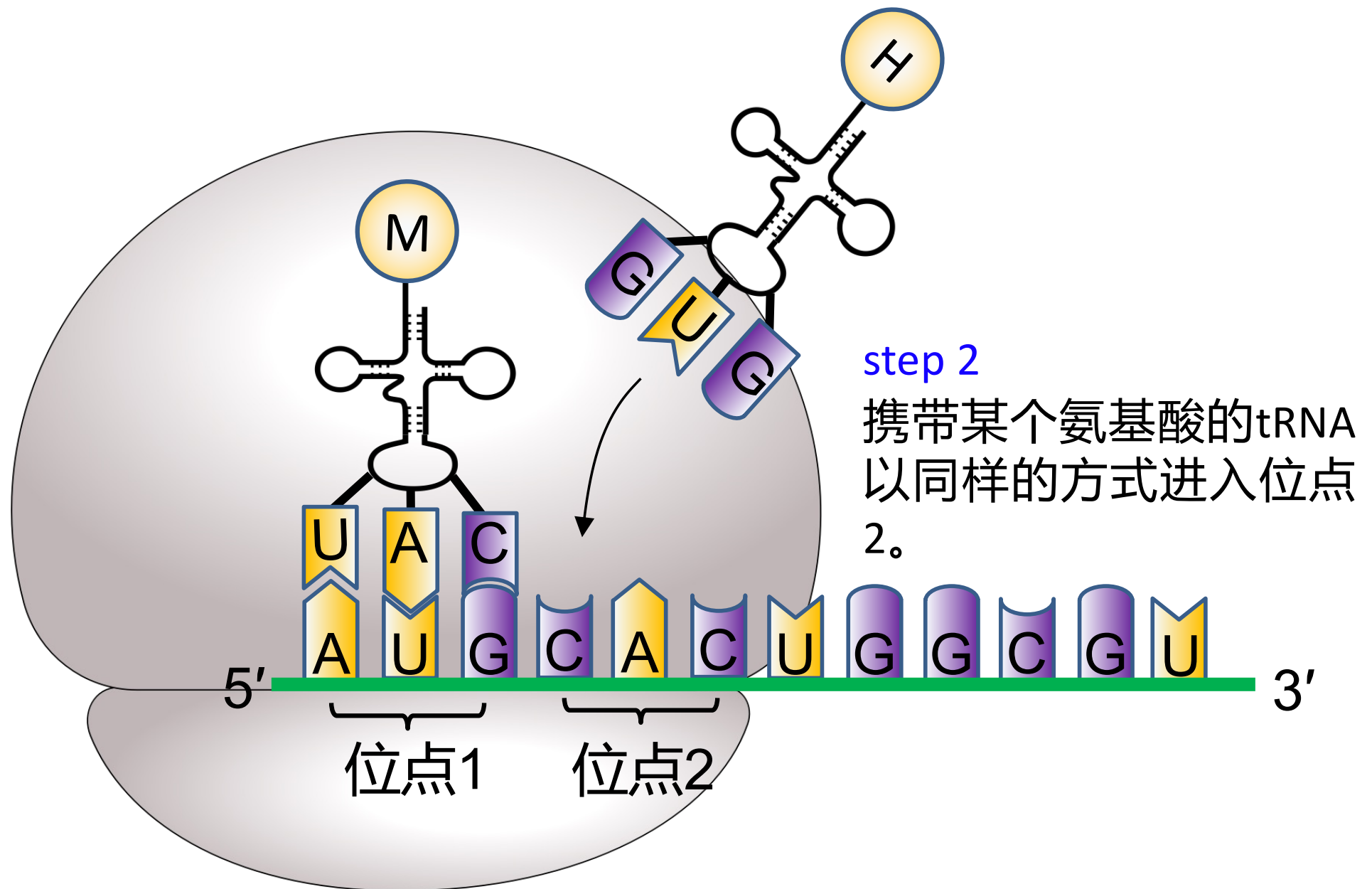


step 1

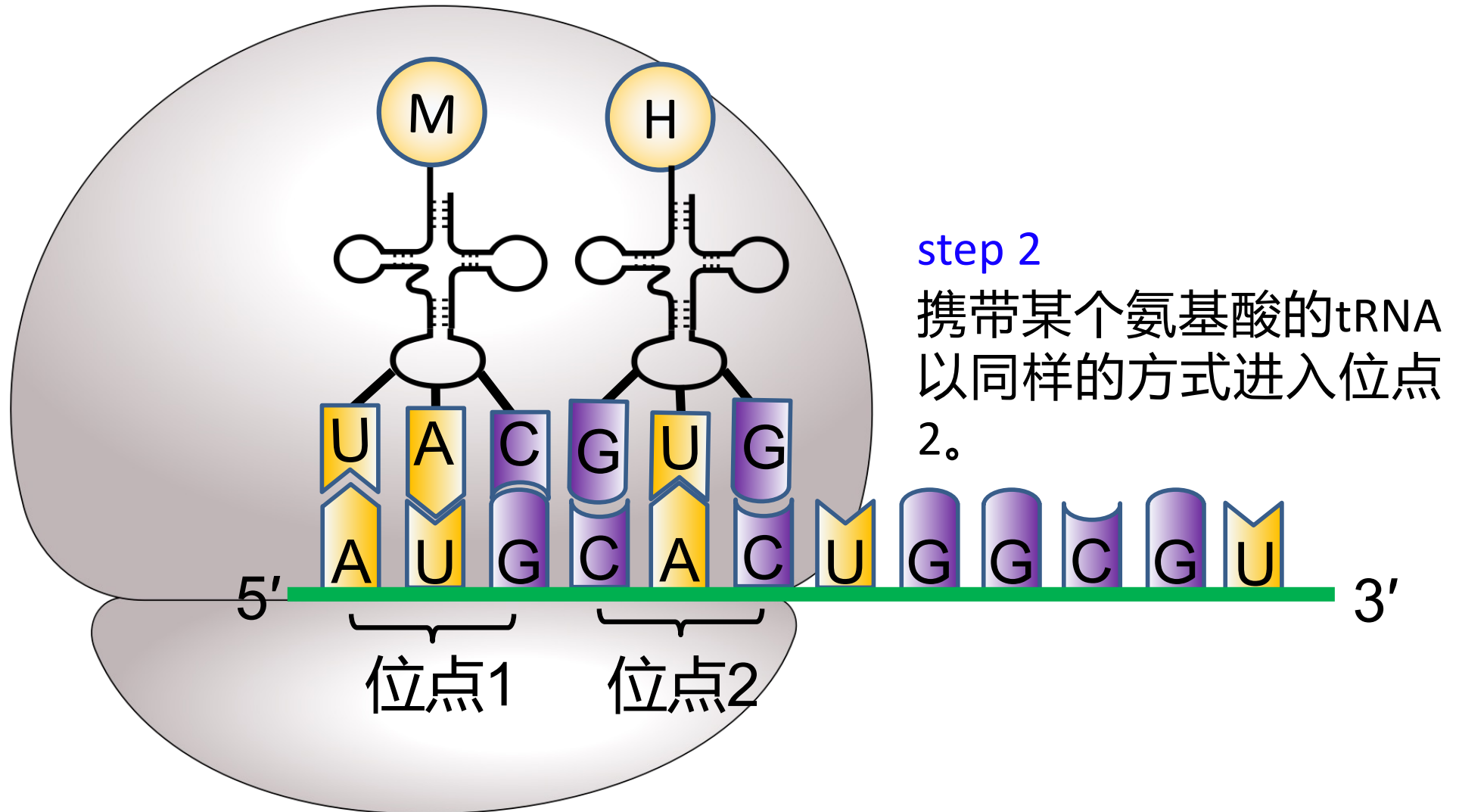
mRNA 进入细胞质，与核糖体结合。

携带甲硫氨酸的tRNA，通过与碱基AUG互补配对，进入位点1。

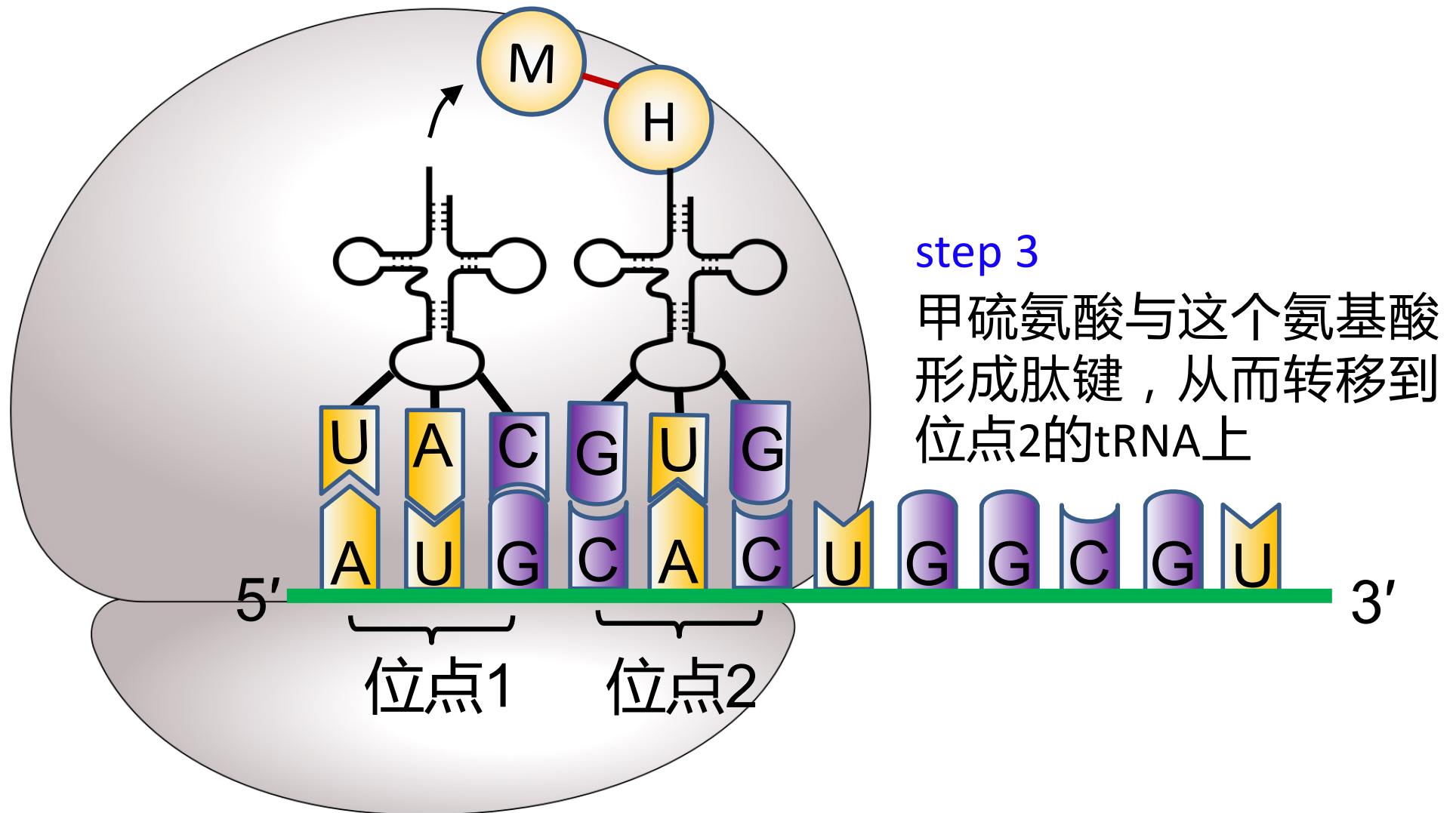
翻译过程



翻译过程



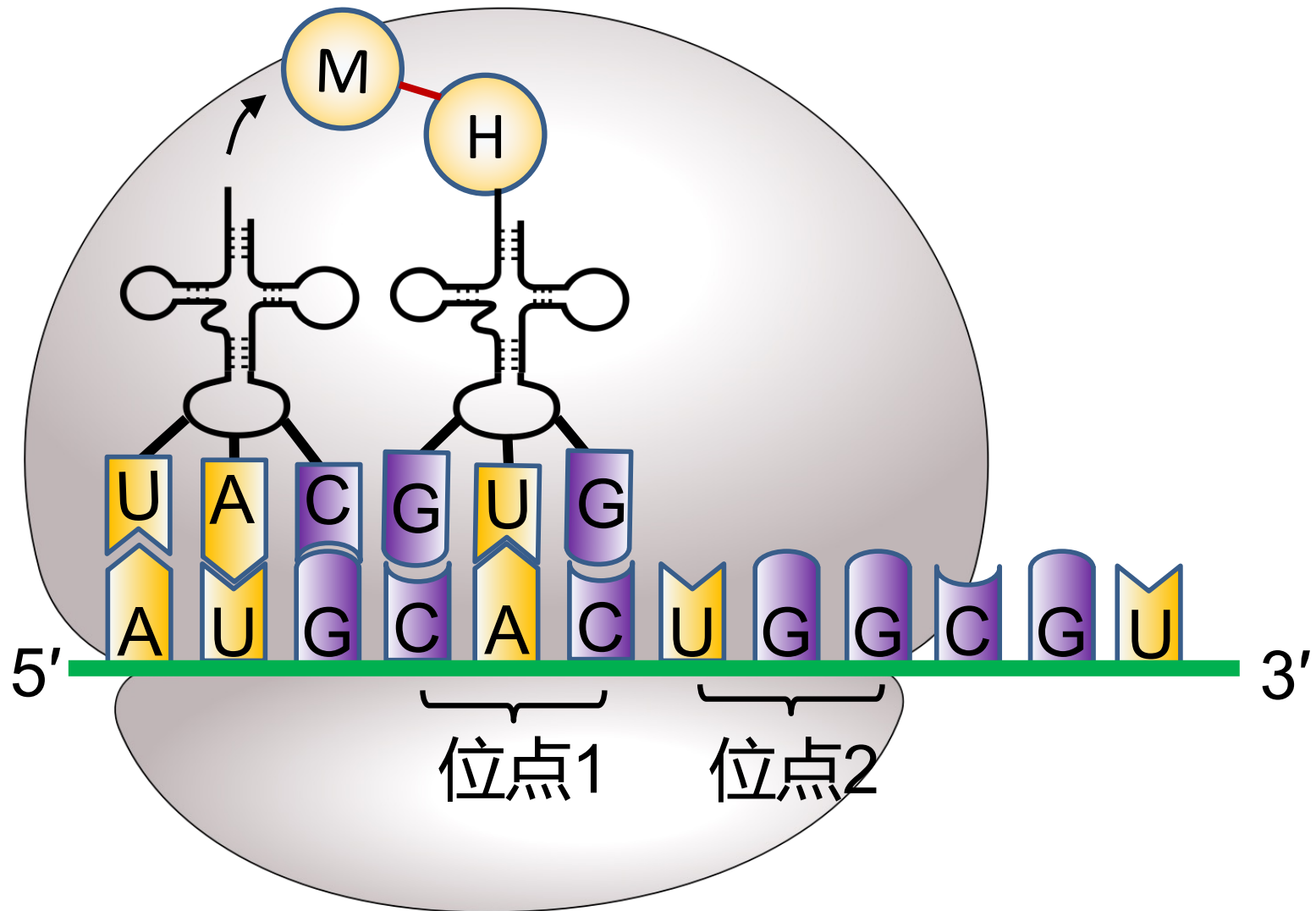
翻译过程



翻译过程

step 4.1

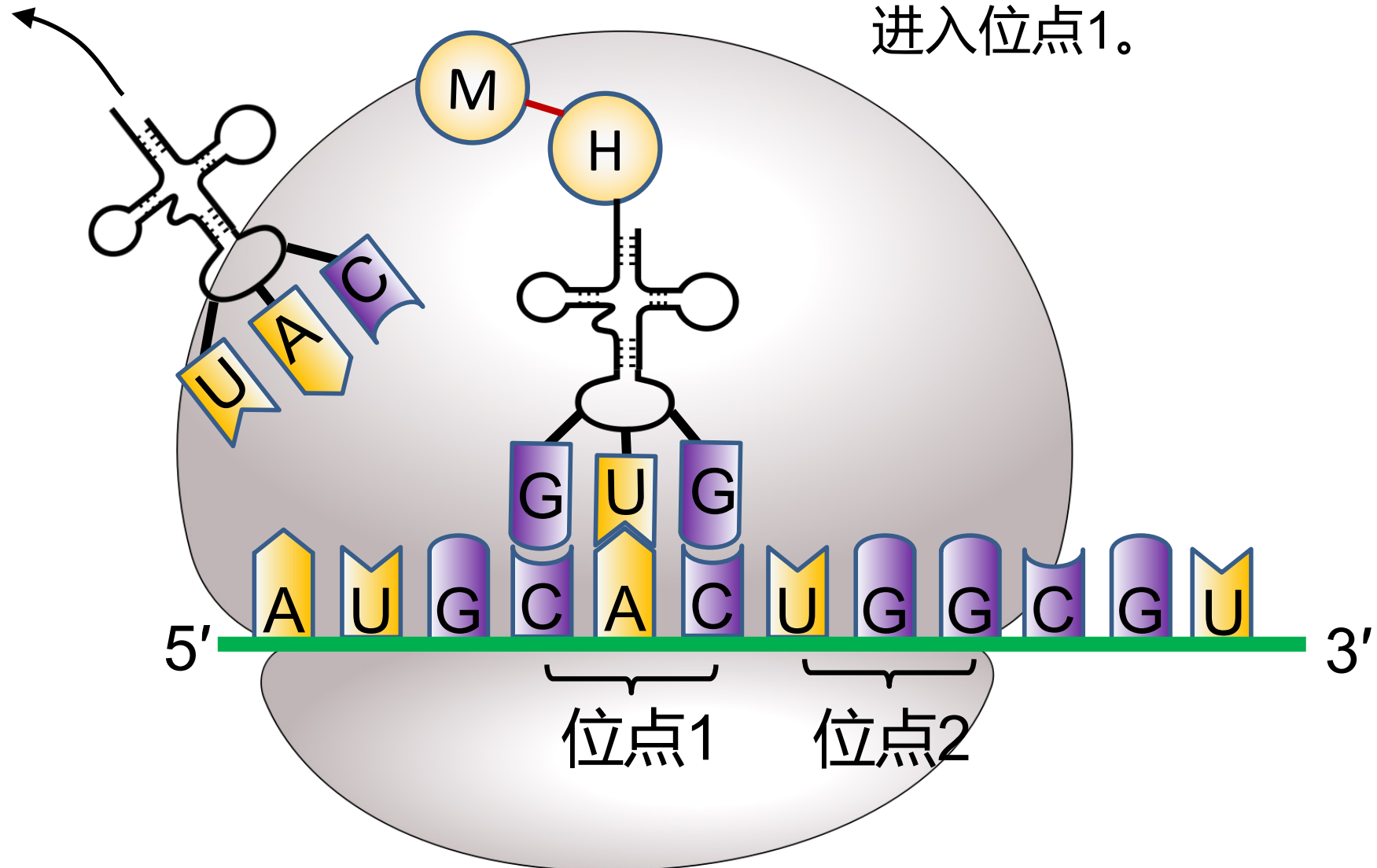
核糖体沿mRNA移动，
读取下一个密码子。



翻译过程

step 4.2

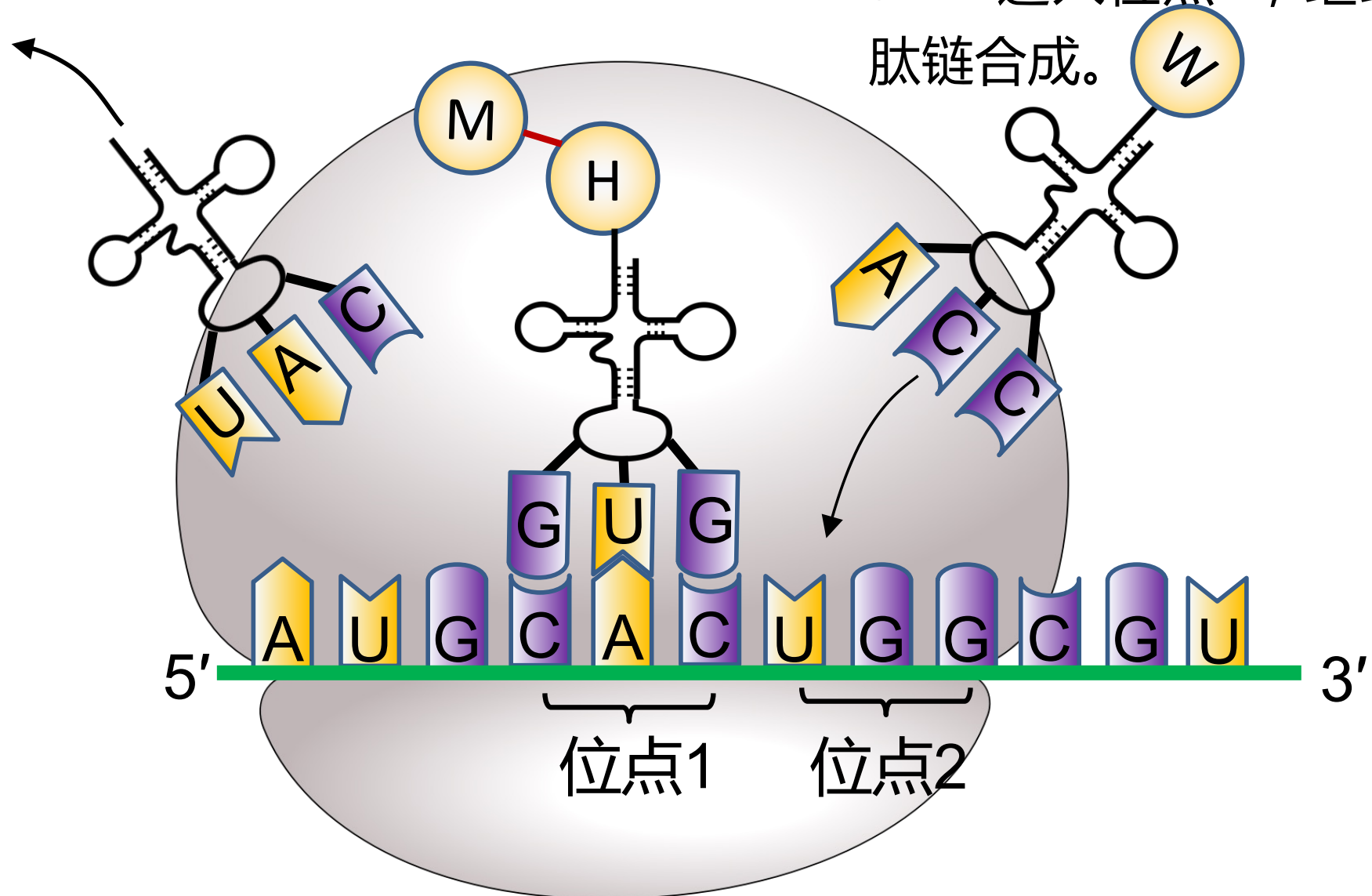
原位点1的tRNA 离开核糖体。原位点2的tRNA 进入位点1。



翻译过程

step 4.3

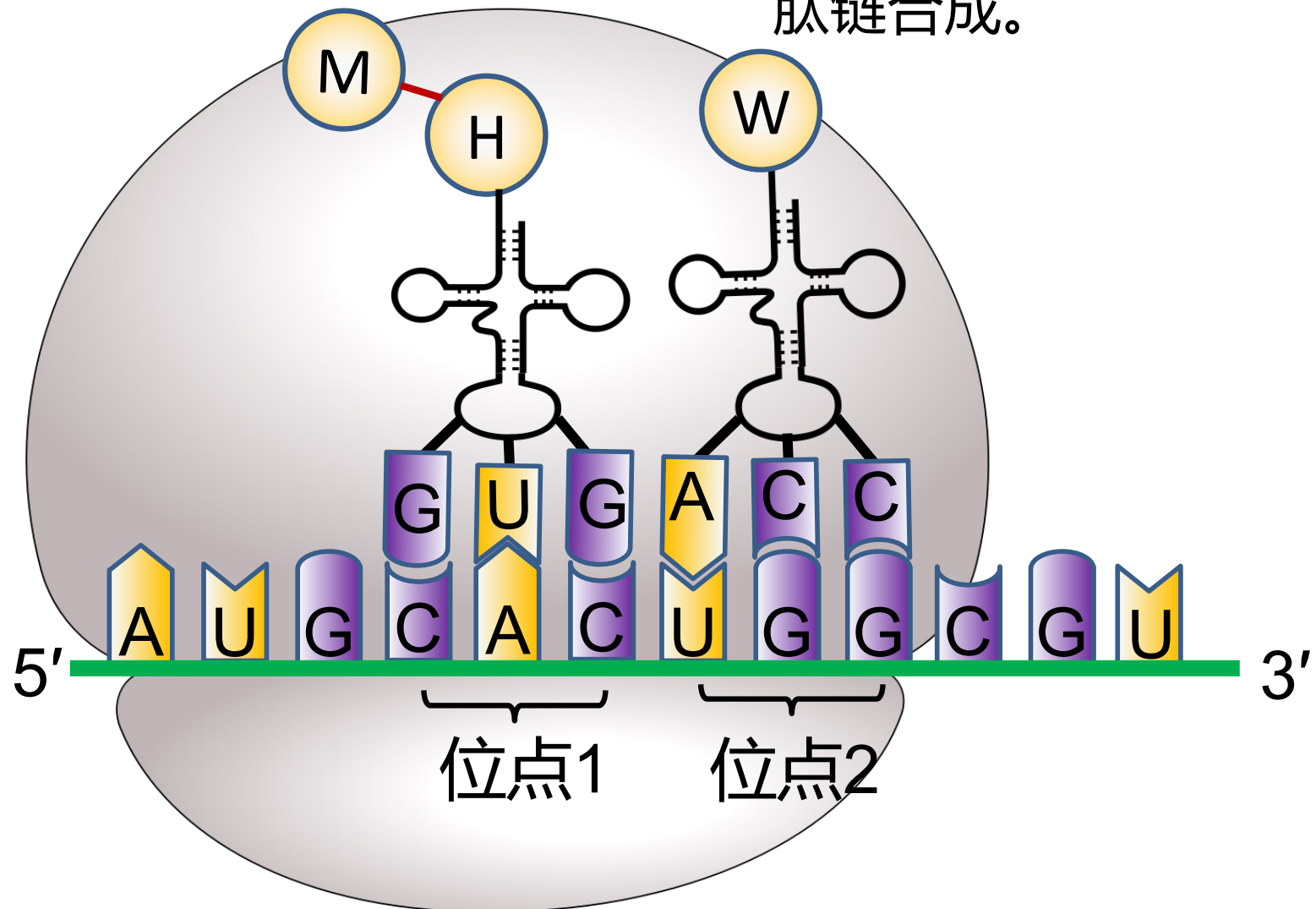
一个新的携带氨基酸的 tRNA 进入位点2，继续肽链合成。



翻译过程

step 4.3

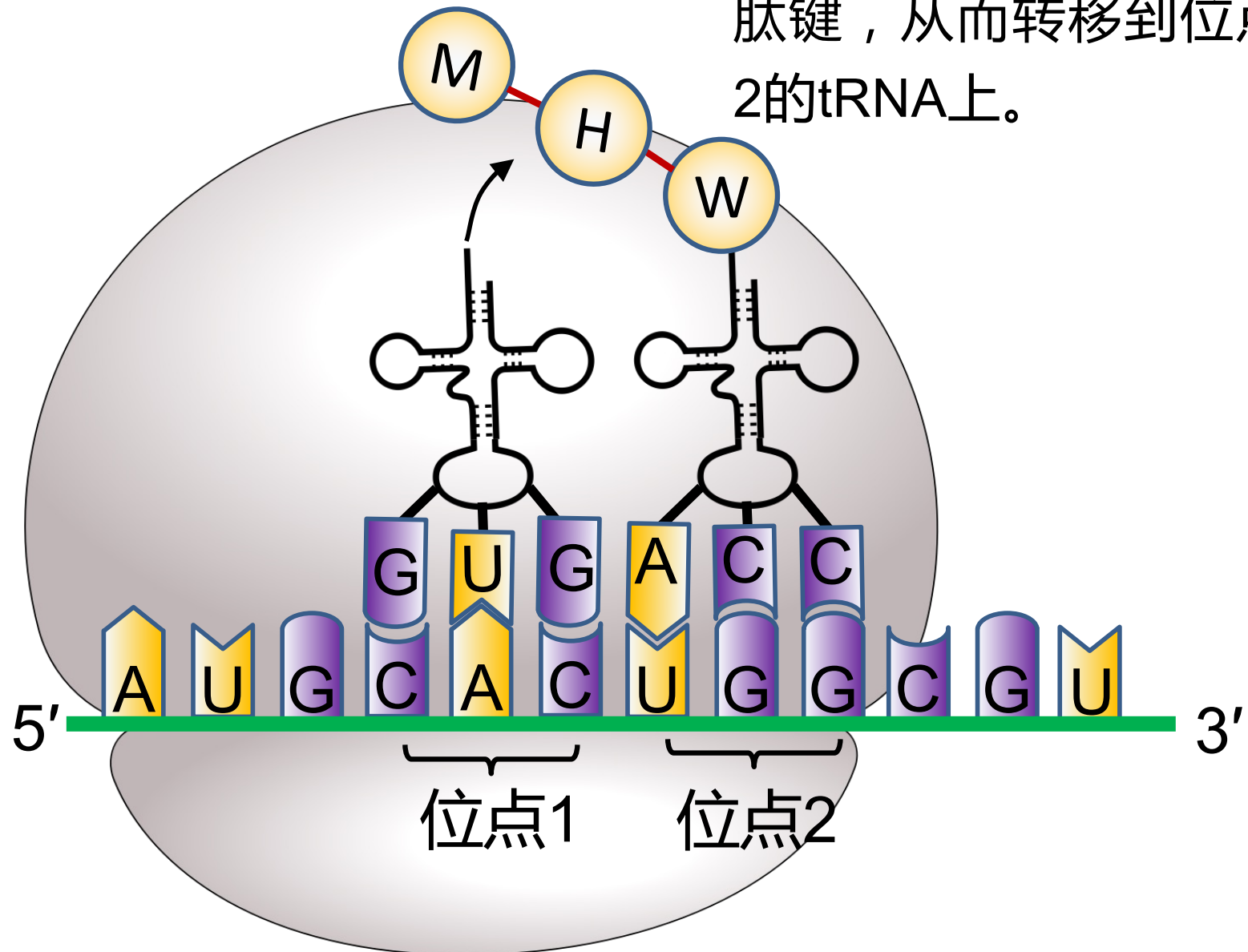
一个新的携带氨基酸的 tRNA 进入位点2，继续肽链合成。



翻译过程

step 5

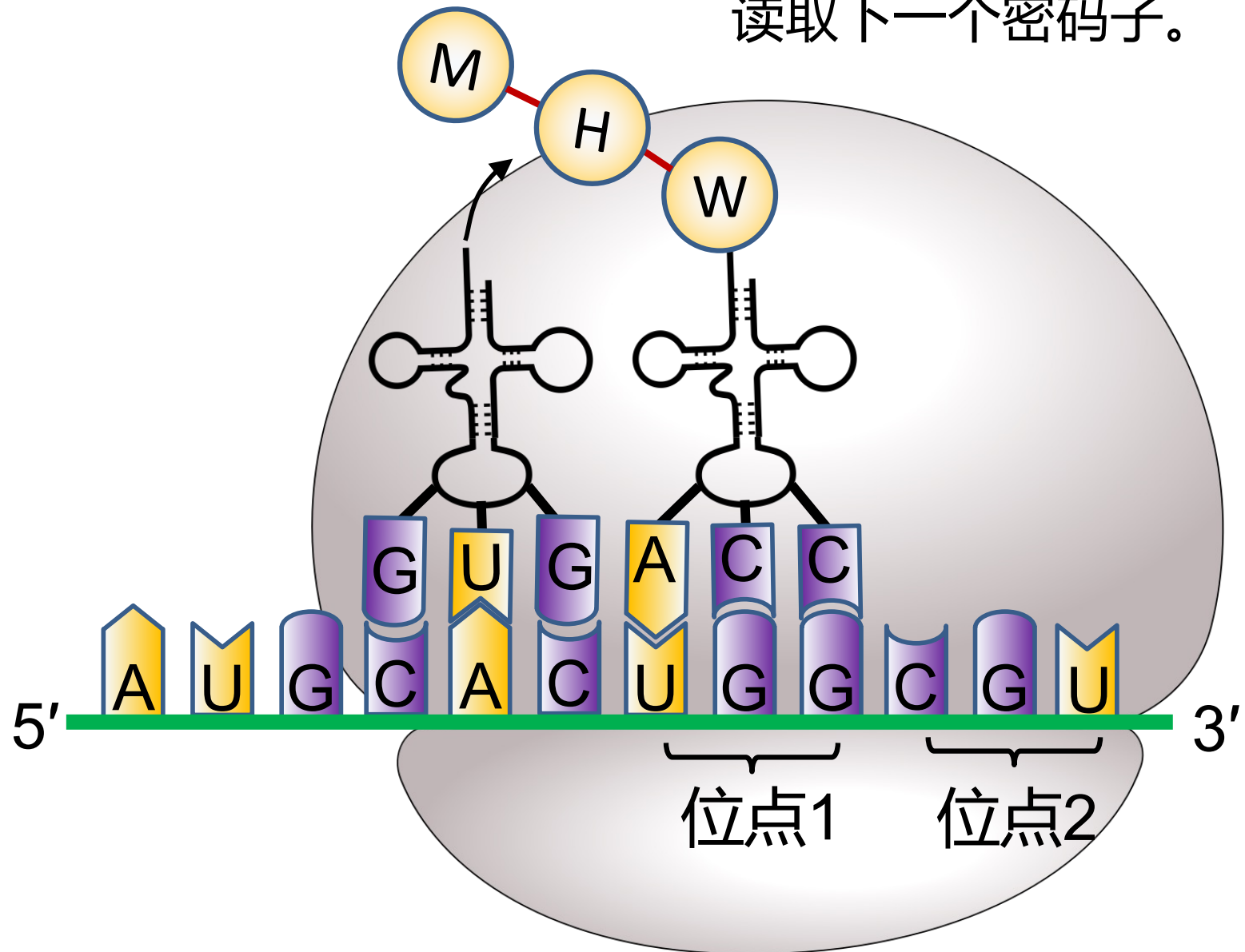
二肽与这个氨基酸形成肽键，从而转移到位点2的tRNA上。



翻译过程

step 6.1

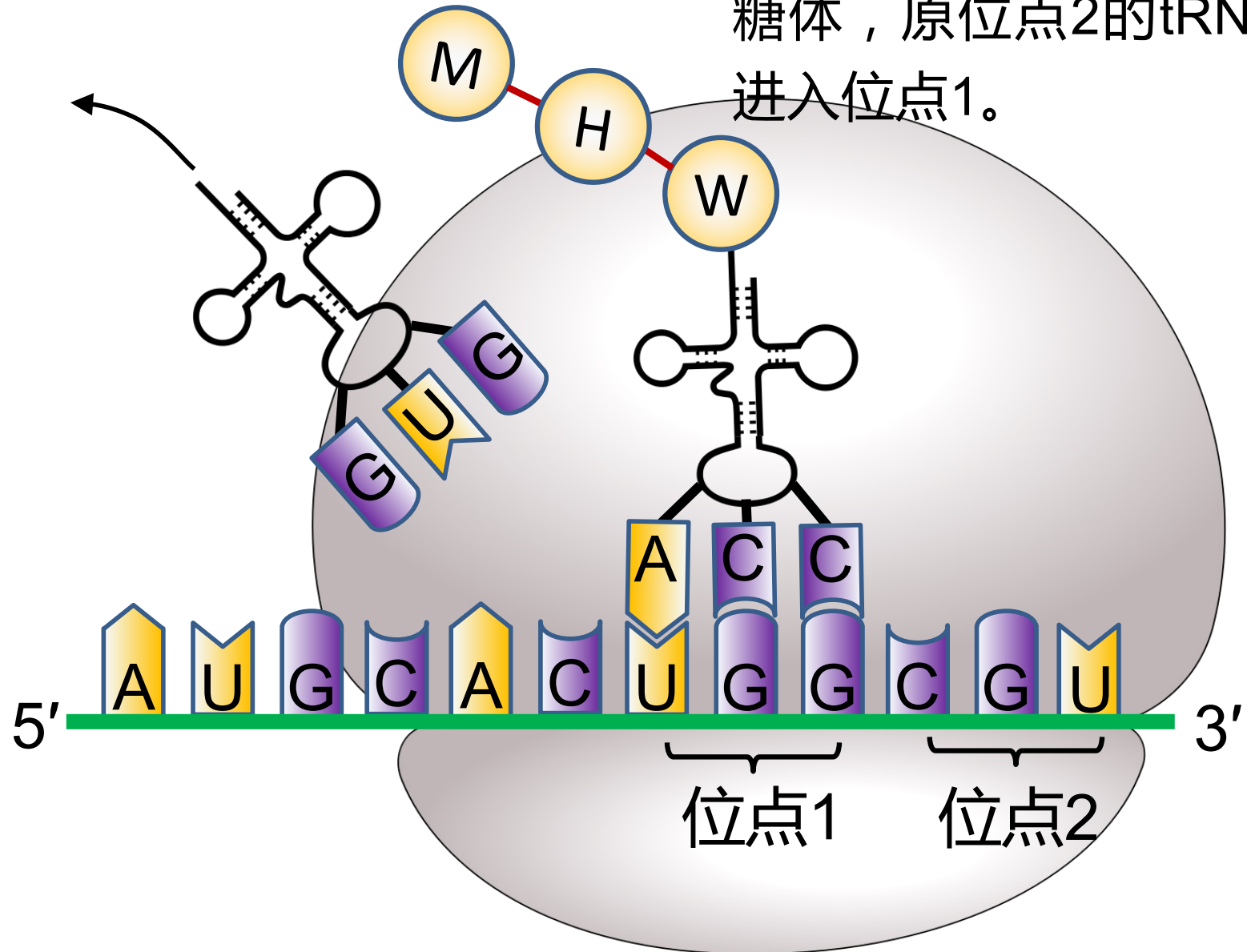
核糖体沿mRNA移动，
读取下一个密码子。



翻译过程

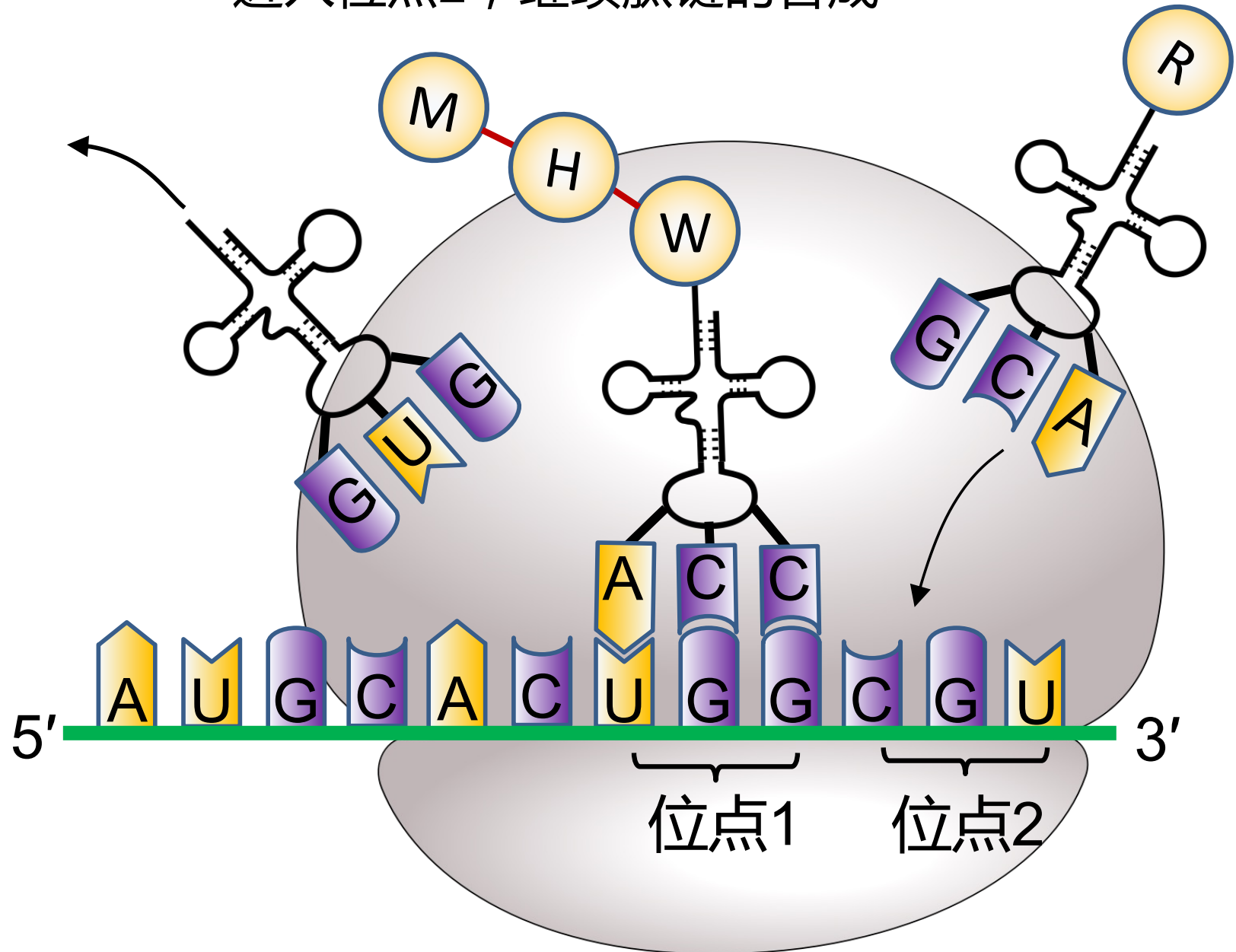
step 6.2

原位点1的tRNA离开核糖体，原位点2的tRNA进入位点1。



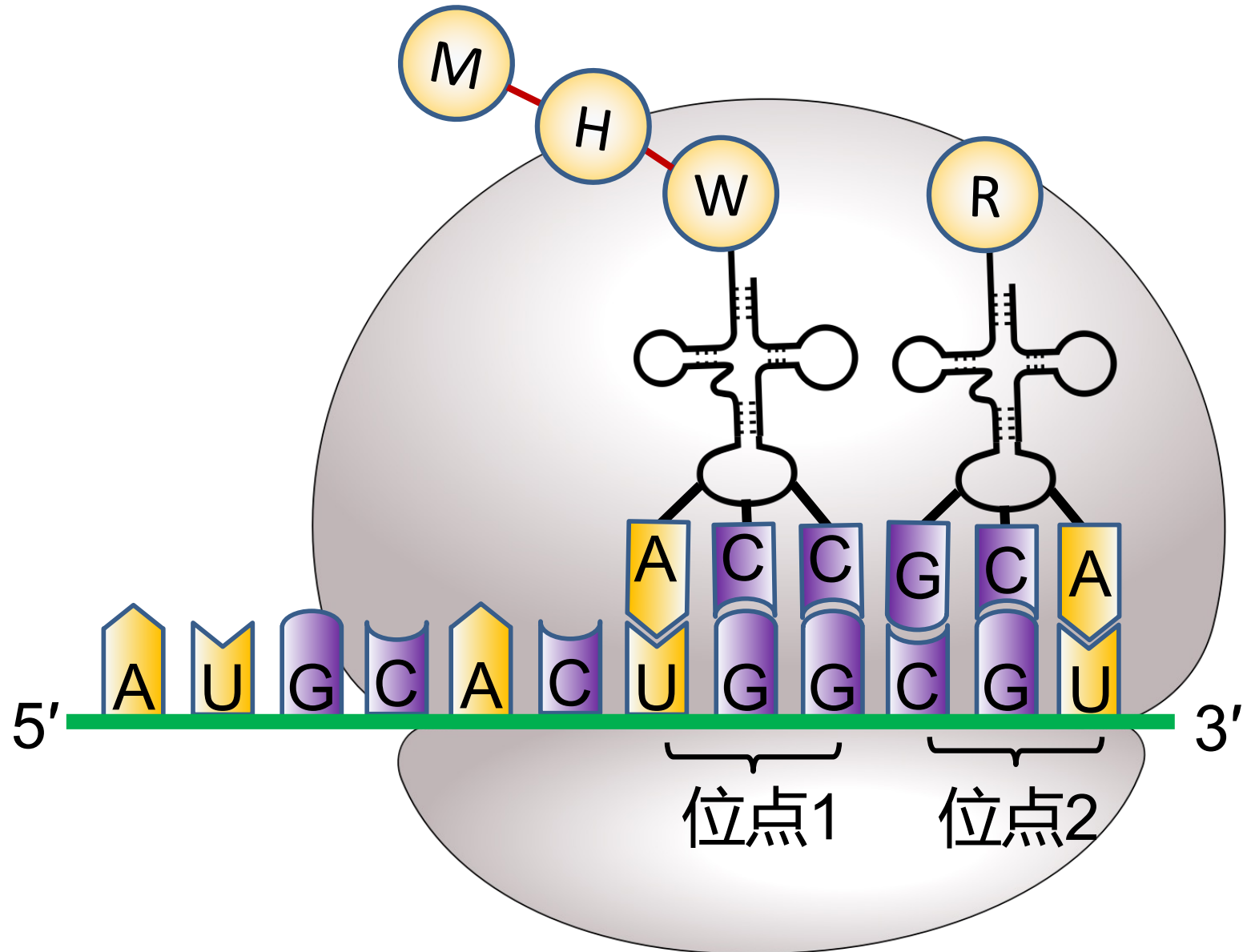
翻译过程

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



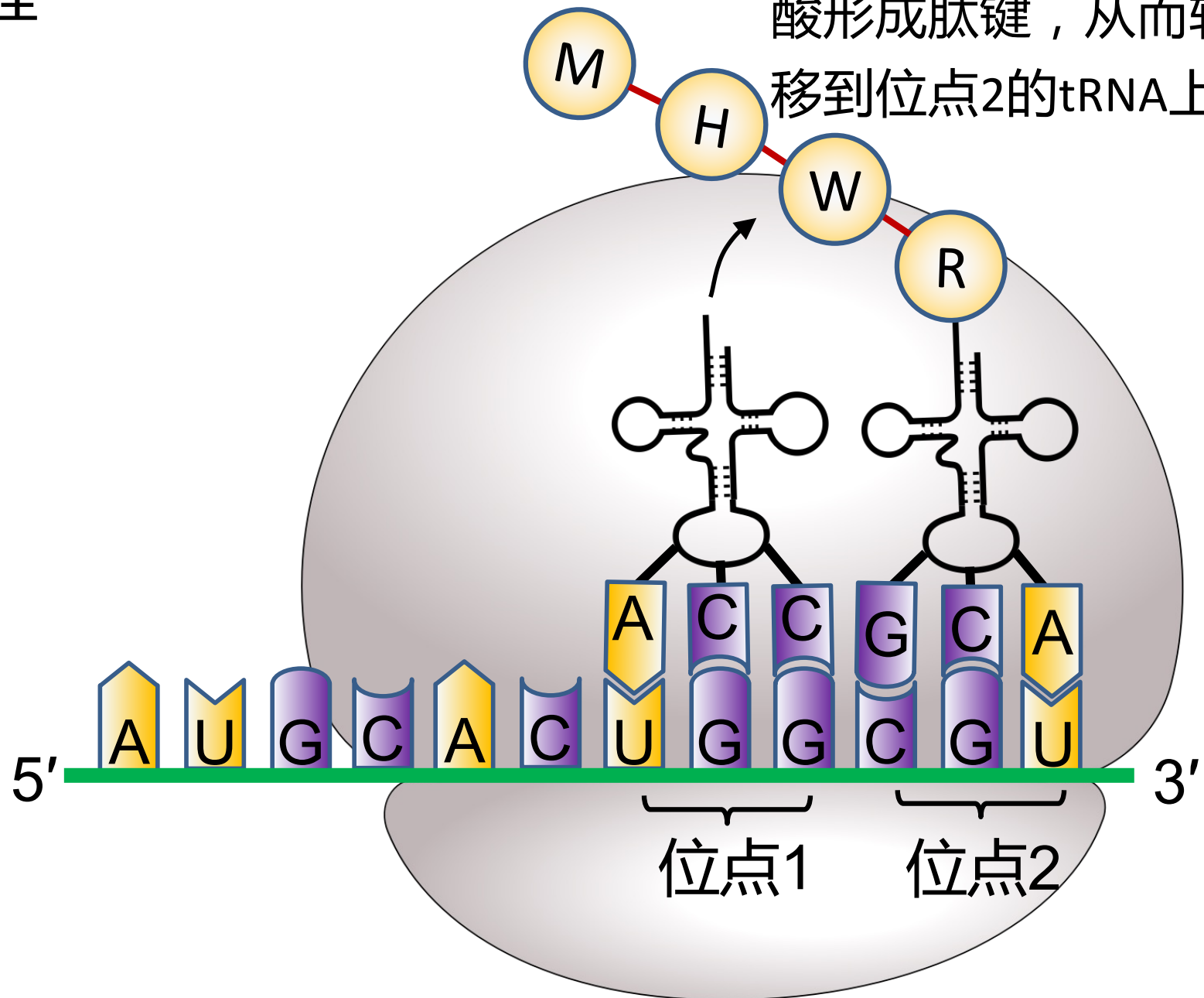
翻译过程

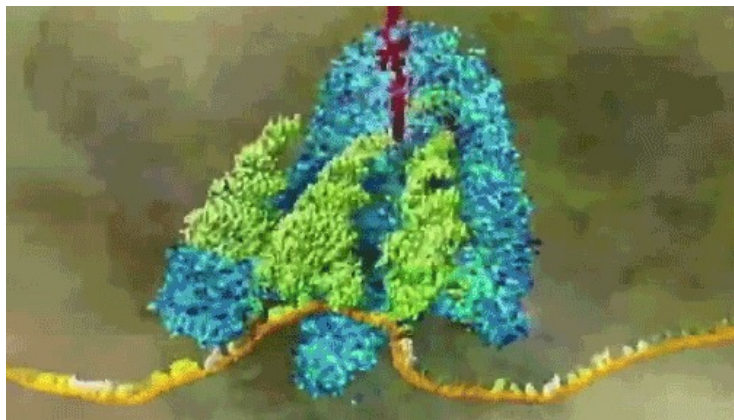
step 6.3 一个新的携带氨基酸的tRNA
进入位点2，继续肽链的合成



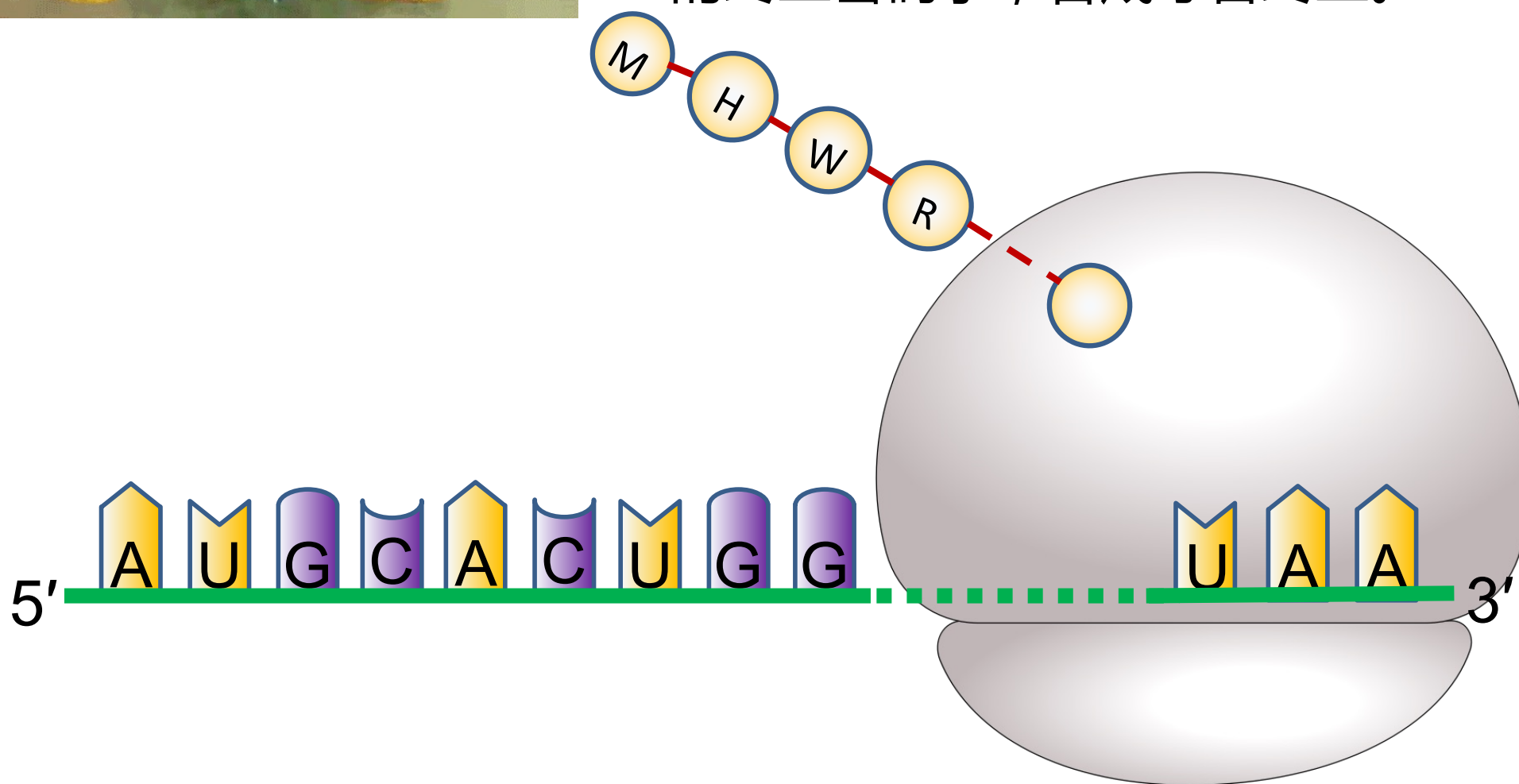
翻译过程

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。

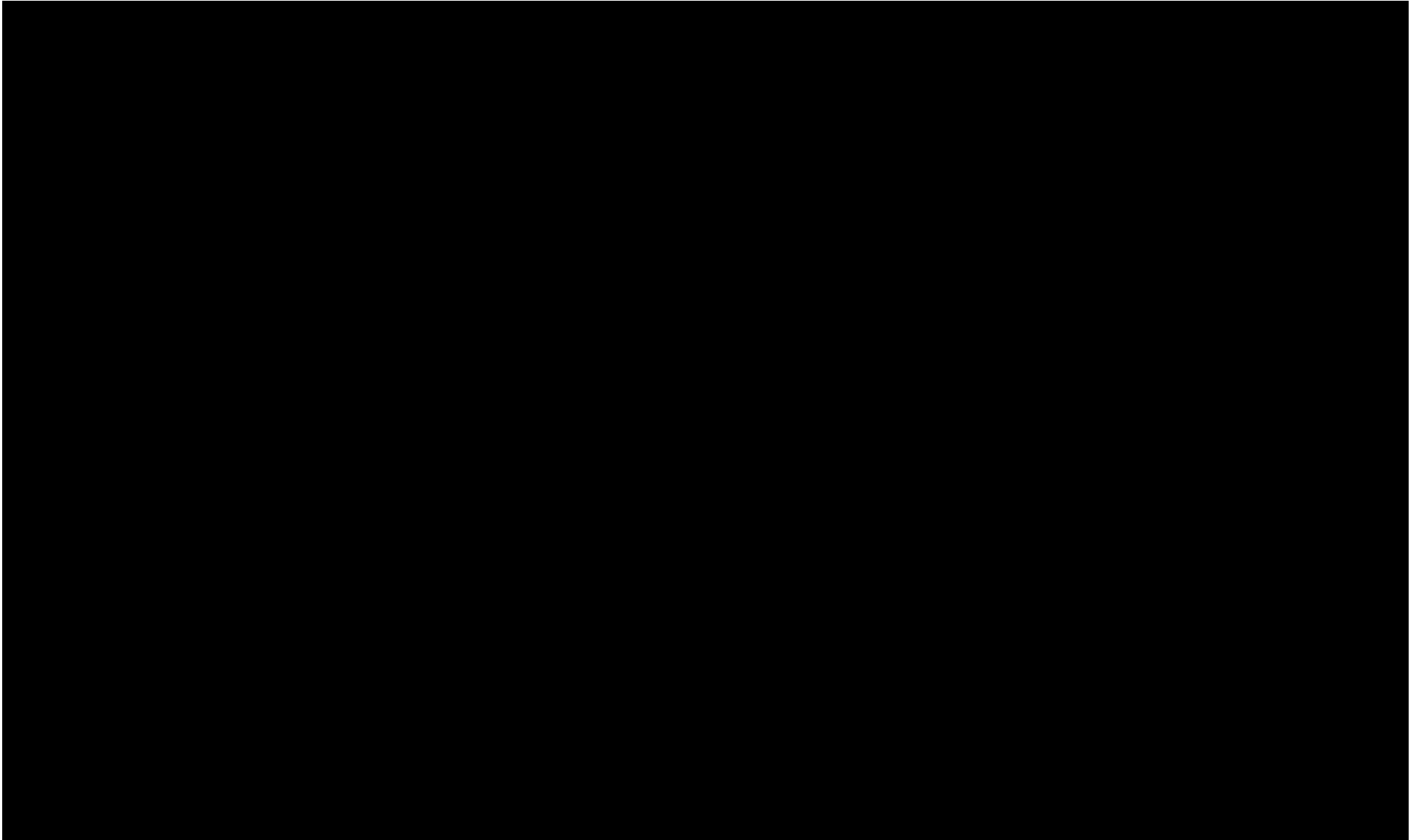




就这样,随着核糖体的移动, tRNA以
上述方式将携带的氨基酸输送过来,
以合成肽链。直到核糖体遇到mRNA
的终止密码子,合成才告终止。

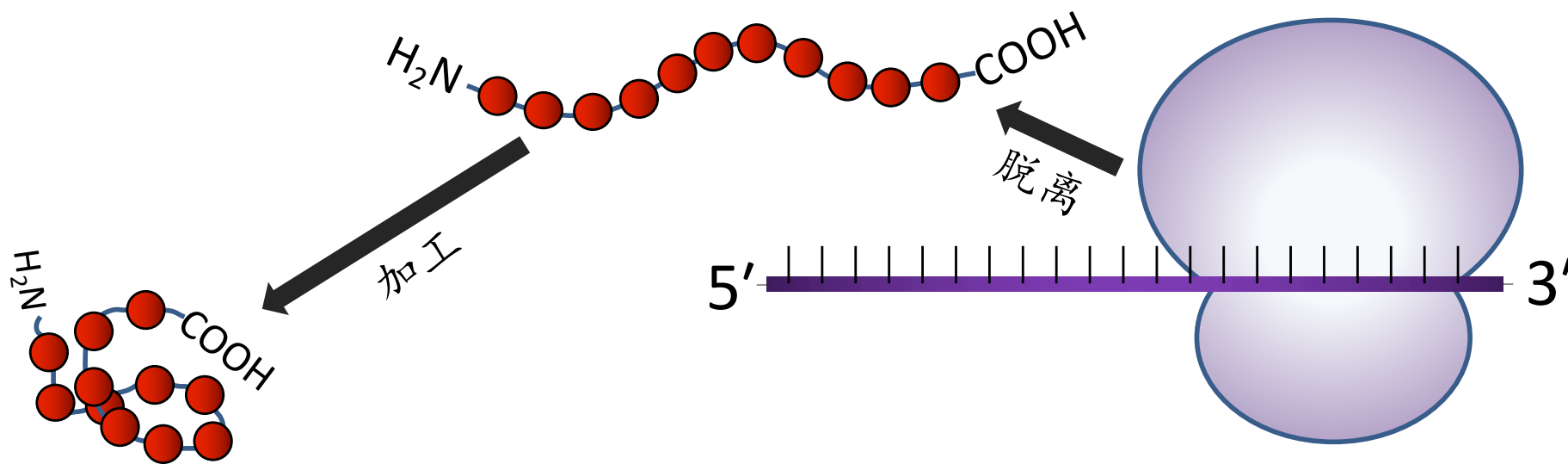


翻译过程



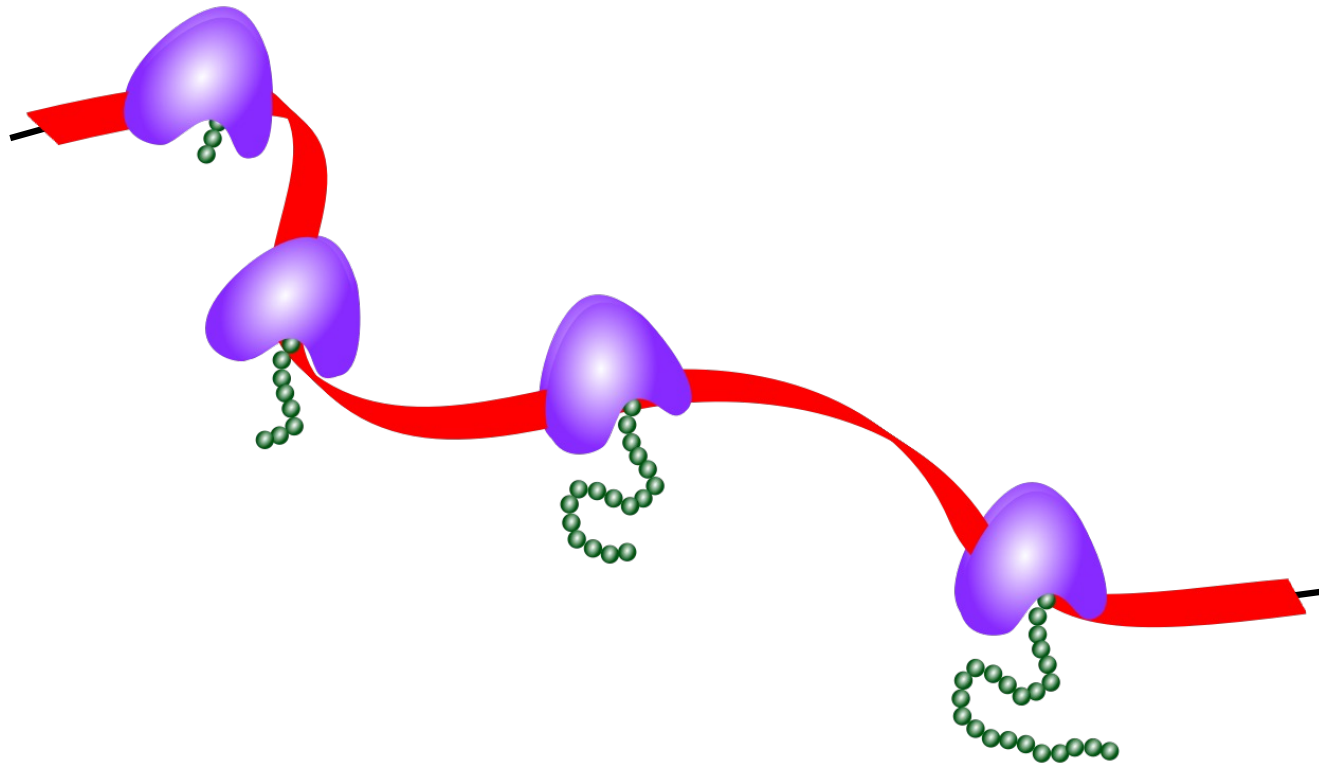
翻译过程

肽链合成后，就从核糖体与RNA的复合物上脱离，通常经过一系列步骤，盘曲折叠成具有特定空间结构和功能的蛋白质分子，然后开始承担细胞生命活动的各项职责。



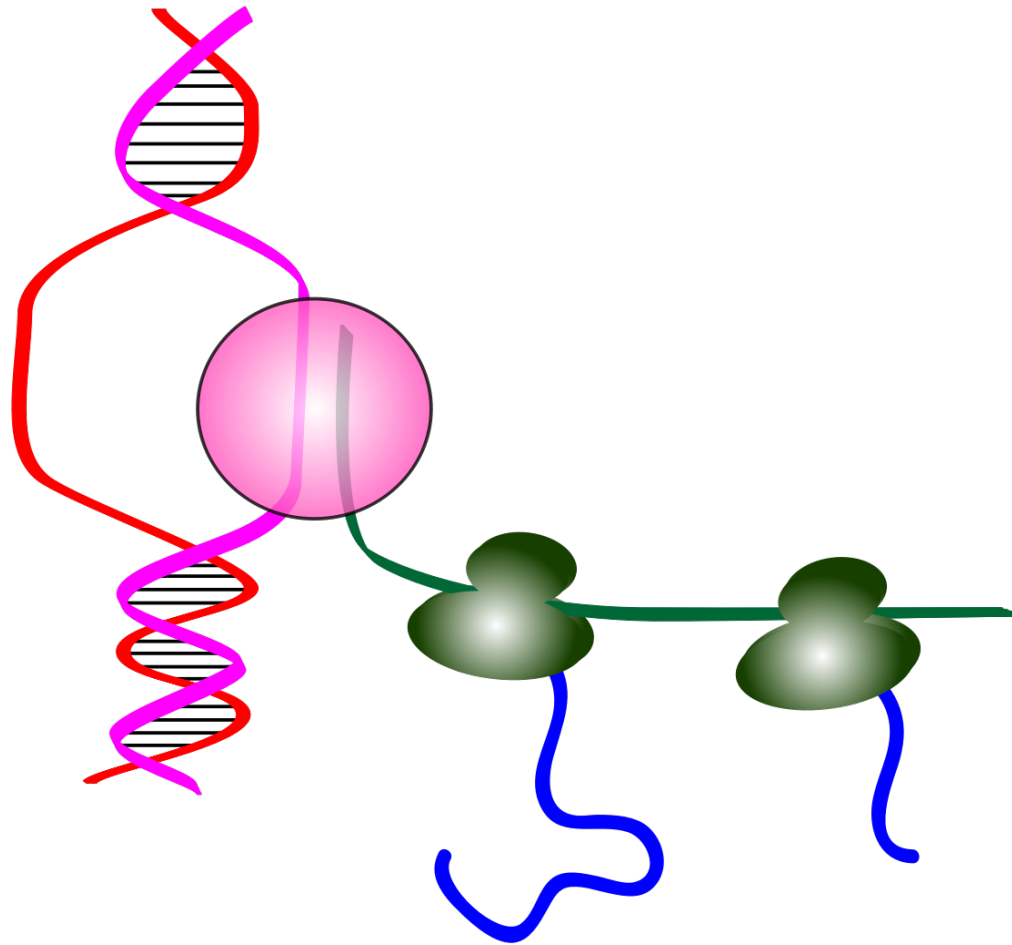
翻译过程

翻译是一个快速高效的过程。通常，一个mRNA分子上可以相继结合多个核糖体，同时进行多条肽链的合成。



翻译过程

原核生物基因转录和翻译可同时进行。



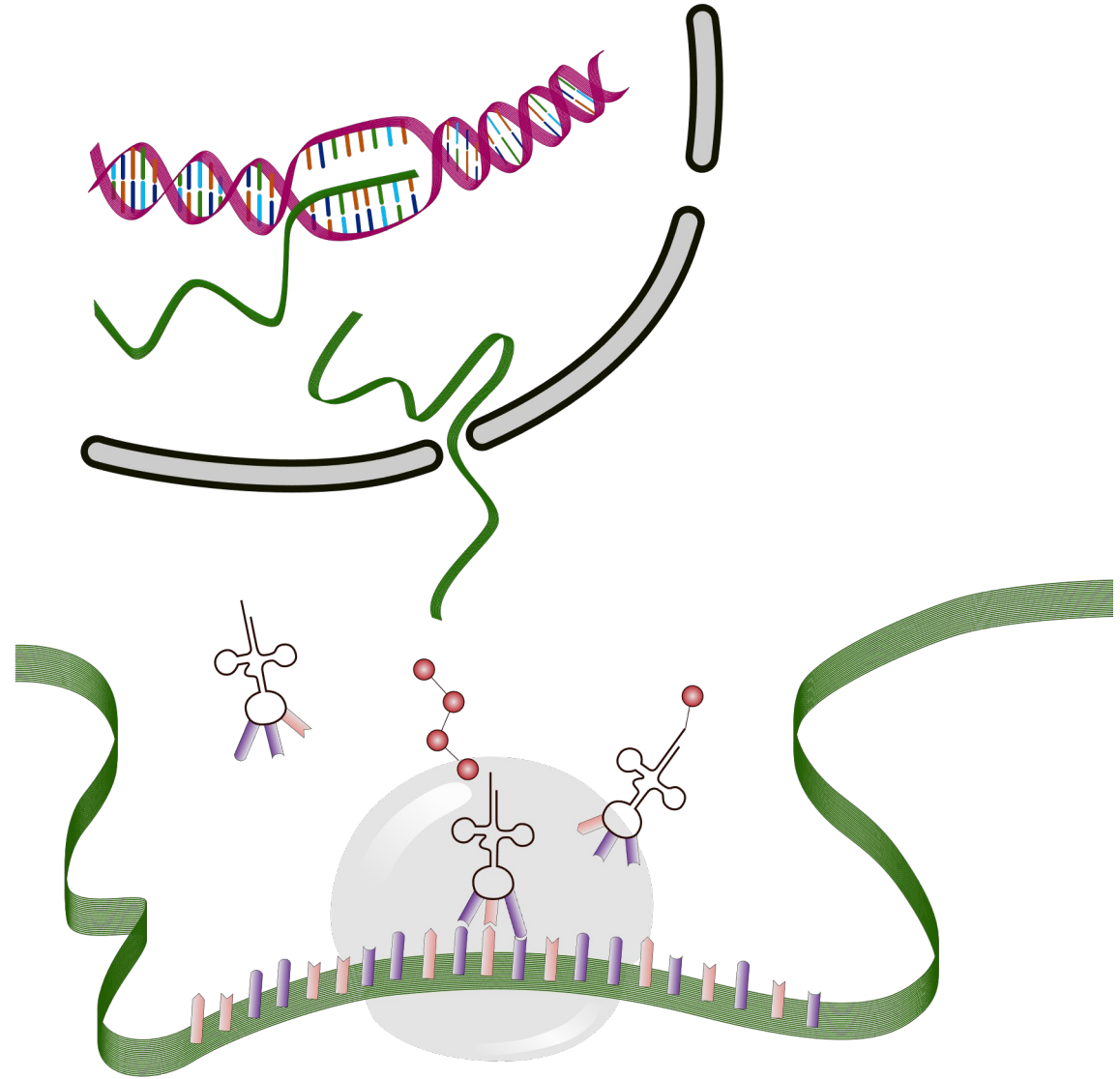
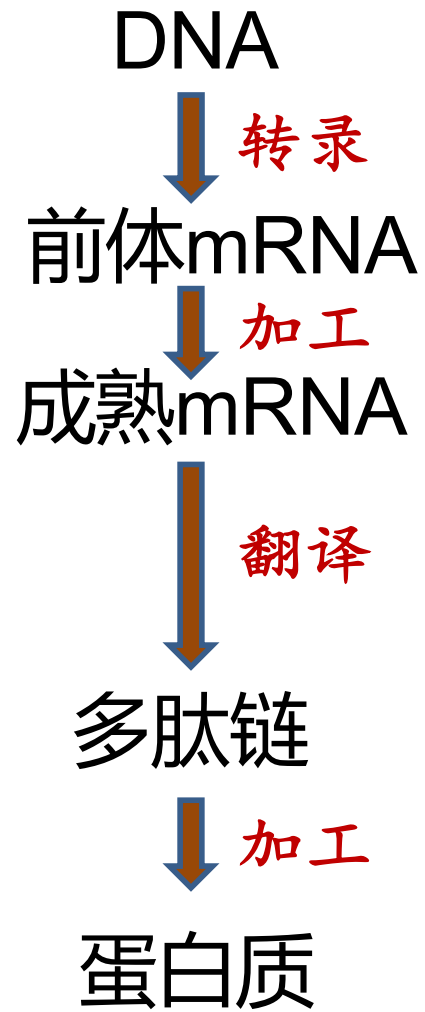
翻译过程

真核生物的核基因先转录完成后再翻译。

①真核生物的核基因转录后形成的mRNA一般要进行加工，然后再翻译。

②核膜阻隔，核糖体无法与刚转录形成的mRNA结合

小结：转录+翻译过程

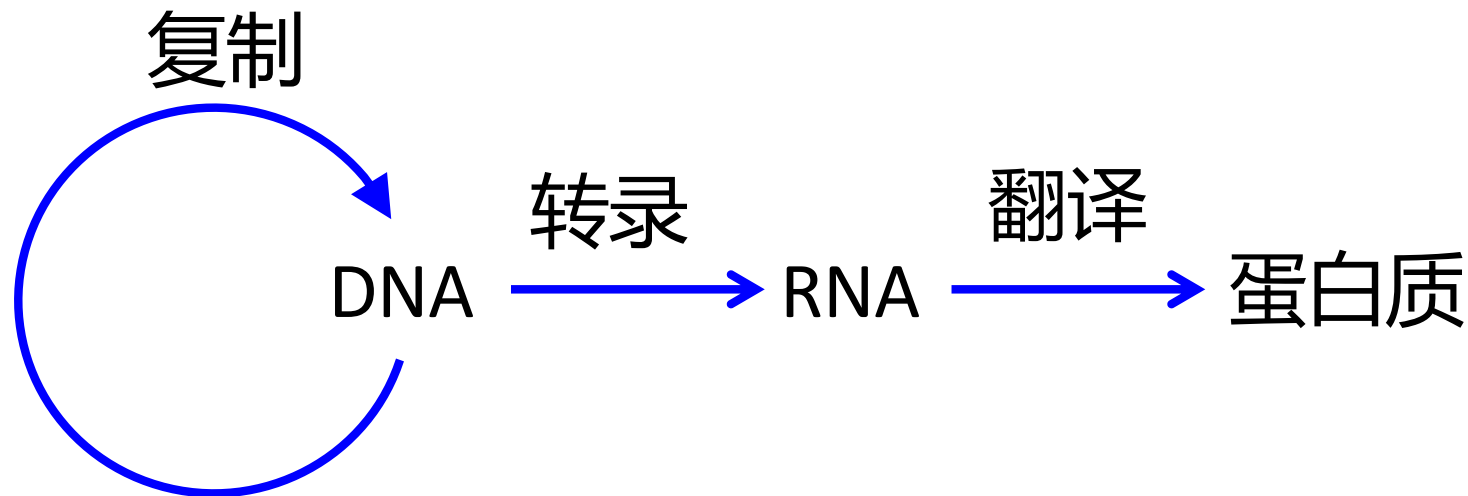


小结：DNA复制 v.s. 转录 v.s. 翻译

	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

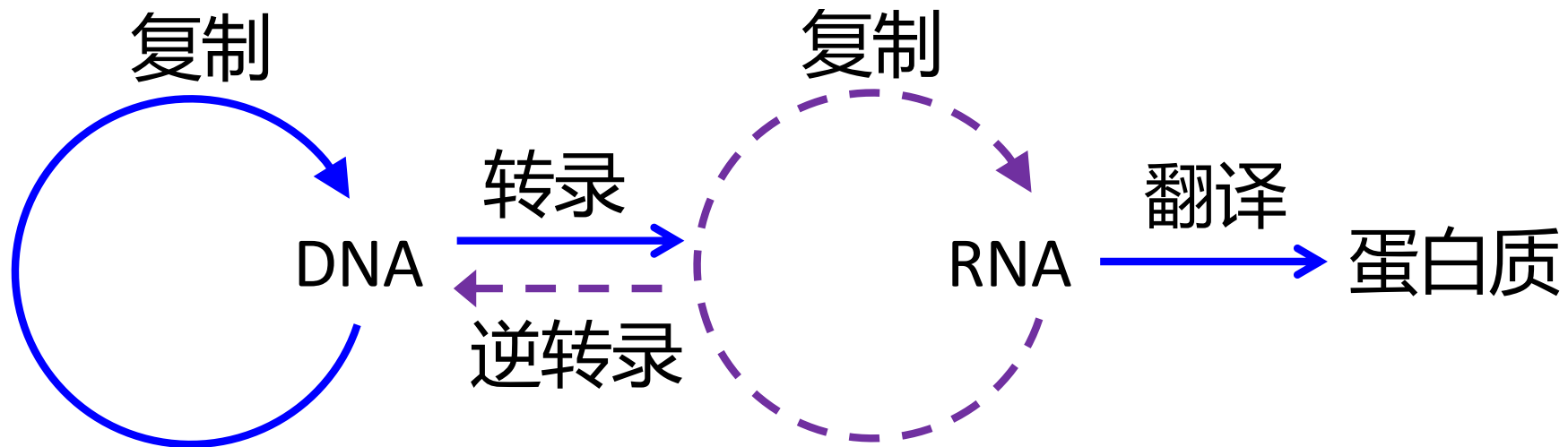
CH 4.1.3 中心法则

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。**



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）

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。**

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。 ×

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

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

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。