



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

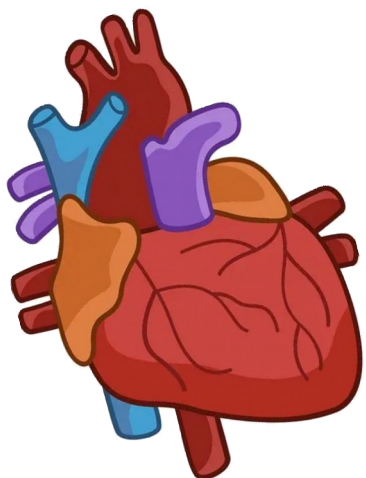
高中生物学一轮复习

26. 基因的表达及细胞分化的本质

广州市玉岩中学 夏思诗

研究发现，高度分化的心肌细胞不再增殖。**ARC 基因**在心肌细胞中特异性表达形成**凋亡抑制因子（蛋白质）**，抑制其凋亡以维持细胞正常数量。

当心肌细胞缺血、缺氧时，**ARC 基因**表达量下降，导致心肌细胞死亡，造成心力衰竭。

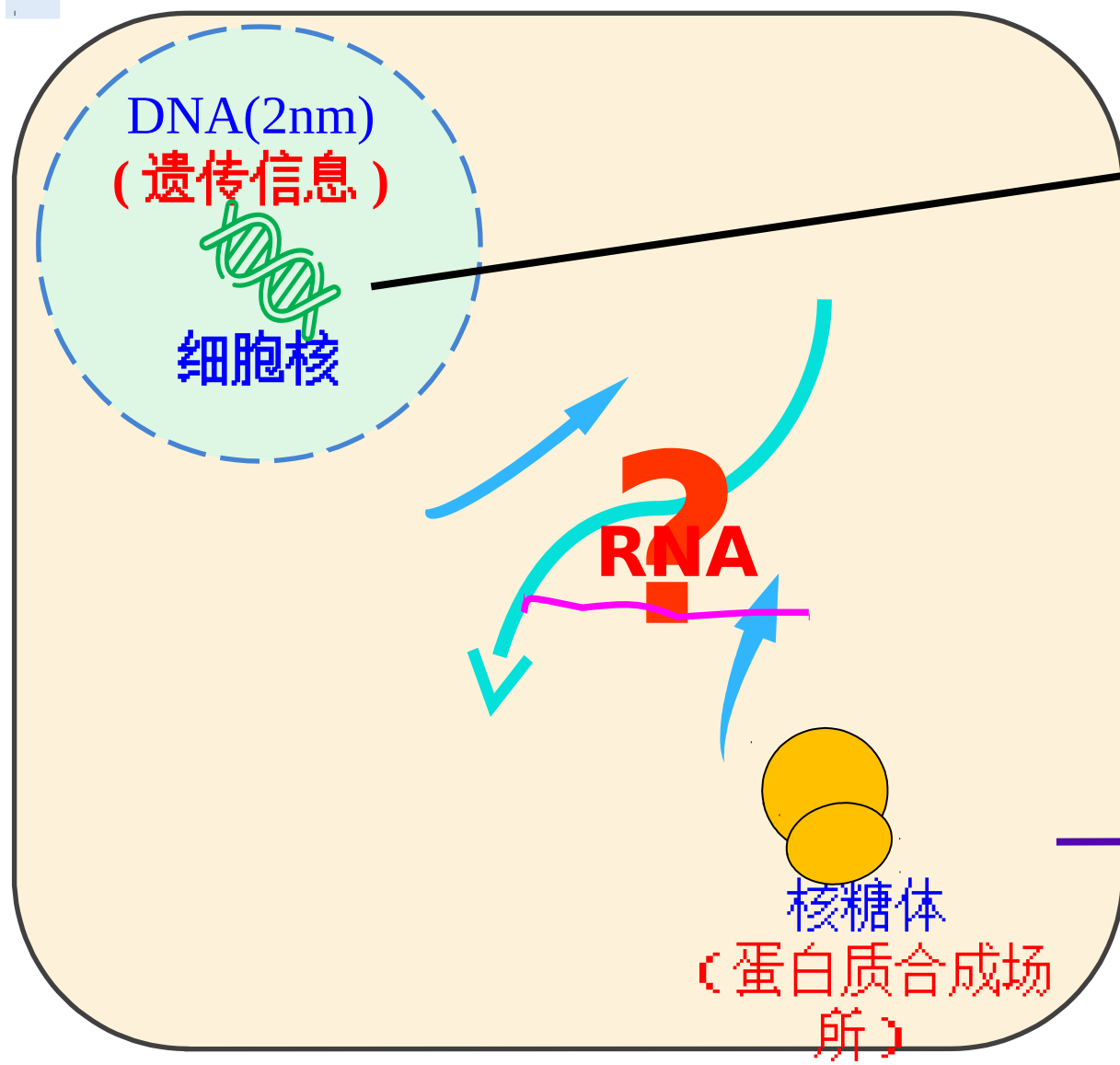


ARC 基因如何指导蛋白质合成的呢？

基因指导蛋白质的合成



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN



DNA



皇帝不出宫



大哥，送信去啊？

核糖体



地方官员

蛋白质

基因指导蛋白质的合成



黄浦教研
HUANGPU JIAOYAN

1 RNA 的结构

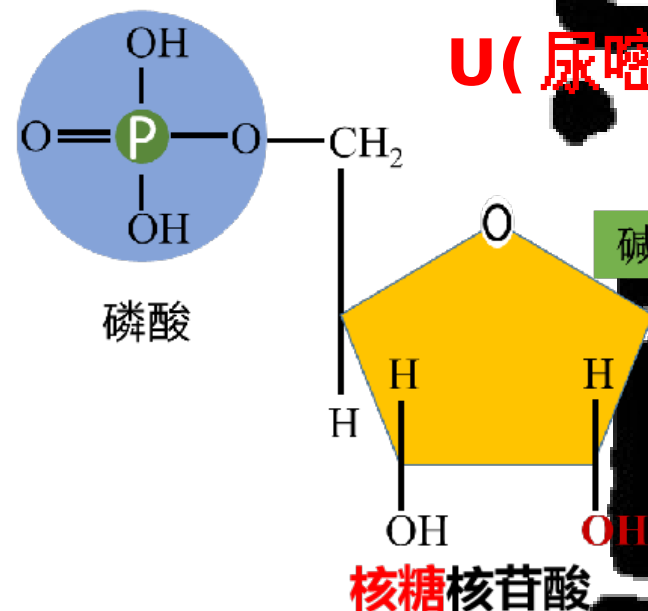
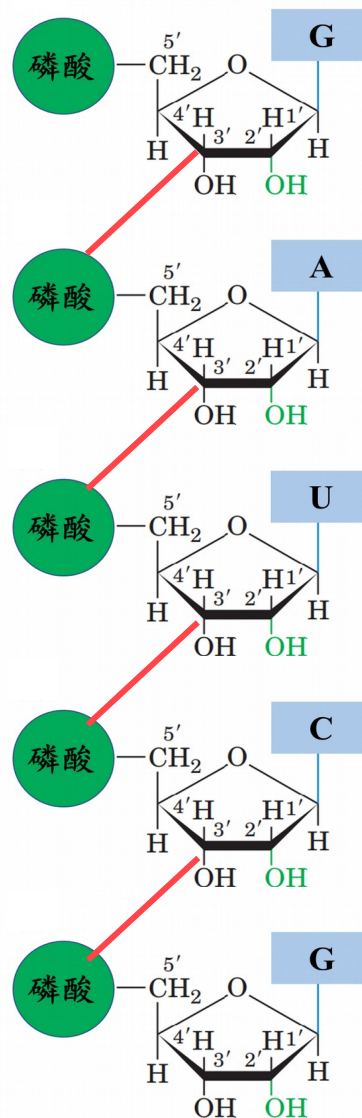
元素组成：**C、H、O、N、P**

化学组成：**磷酸、核糖、碱基**

基本单位：**4种核糖核苷酸**

脱水缩合

RNA：

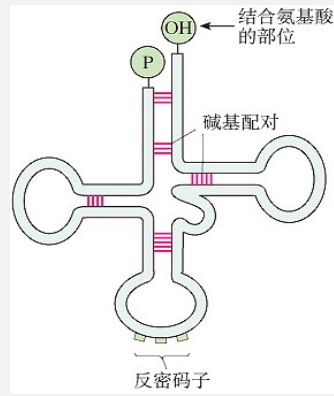
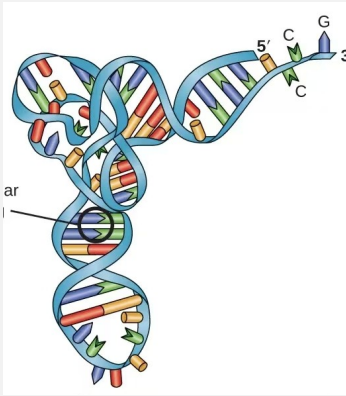
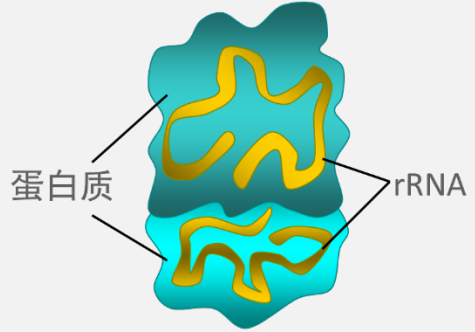


A(腺嘌呤)
G(鸟嘌呤)
C(胞嘧啶)
U(尿嘧啶)

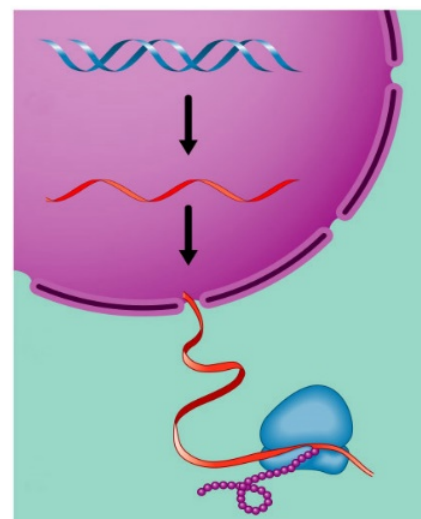
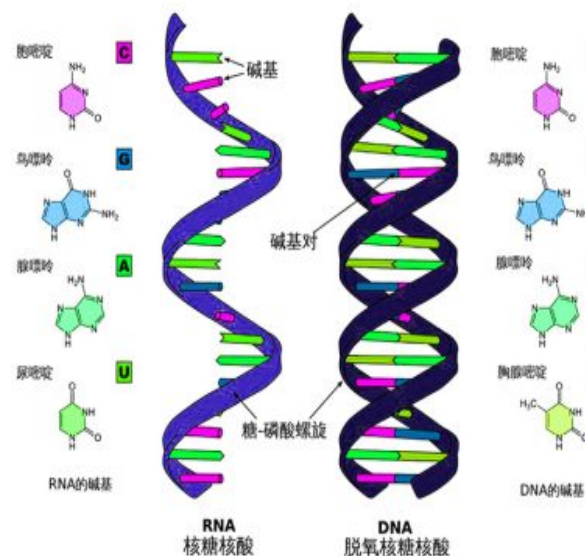
2 | 种类及功能：

⑤ 酶：少数酶为 RNA，起催化作用

④ 病毒 RNA：RNA 病毒的遗传物质

种类	mRNA	tRNA	rRNA
名称	① 信使 RNA	② 转运 RNA	③ 核糖体 RNA
结构	单链	单链 部分碱基配对形成氢键	单链
示意图		 	
功能	翻译的直接模板	识别密码子、转运氨基酸	组成核糖体
共同点	① 都是转录产物	② 基本单位相同	③ 都与翻译过程有关

RNA 适宜作 DNA 的信使的原因：



DNA

T	A	C	G	T	G	A	C	C	G	C	A
A	T	G	C	A	C	T	G	G	C	G	T

RNA

A	U	G	C	A	C	U	G	G	C	G	U
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

RNA 与 DNA 之间的遗传

“碱基互补配对原则”

它由核糖核苷酸连接而成，可以携带遗传信息。

RNA 一般是单链，而且比 DNA 短，因此能够通过核孔进入细胞质

RNA 为单链结构，不稳定，易降解，使得完全使用的 RNA 能迅速分解，保证生命活动的有序进行



如何设计一个实验说明 RNA 可能就是基因与蛋白质之间的信使

- 实验思路：** 加入 RNA 酶降解细胞中的 RNA，观察蛋白质合成情况（**减法原理**）；
- 预期结果：** 再加入从细胞提取的 RNA，观察蛋白质的合成情况（**自身对照**）。加入 RNA 酶降解细胞中的 RNA 后，蛋白质合成停止，再加入细胞中提取的 RNA 后，细胞又可重新合成蛋白质。
- 实验证据：** ①1955 年，Brachet 用洋葱根尖和变形虫进行了实验；加入 RNA 酶降解细胞中的 RNA，则蛋白质合成就停止，再加入从酵母中提取的 RNA，则又可以重新合成一些蛋白质。
②1955 年，Goldstein 和 Plaut 用放射性同位素标记变形虫 RNA 的原料，发现放射性都在核内，然后将细胞核转移到未标记的变形虫中。经过一段时间发现放射性已在细胞质中。
- 实验结论：** RNA 就是基因与蛋白质之间的信使。

遗传信息的转录过程



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

1

定义

在细胞核中，通过 RNA 聚合酶 以 DNA 的一条链 为模板合成 RNA 过程

2

条件

- 模板：DNA 的一条链
- 原料：4 种核糖核苷酸
- 能量：ATP
- 酶：RNA 聚合酶等
- 原则：碱基互补配对原则

转录

遗传信息的转录过程



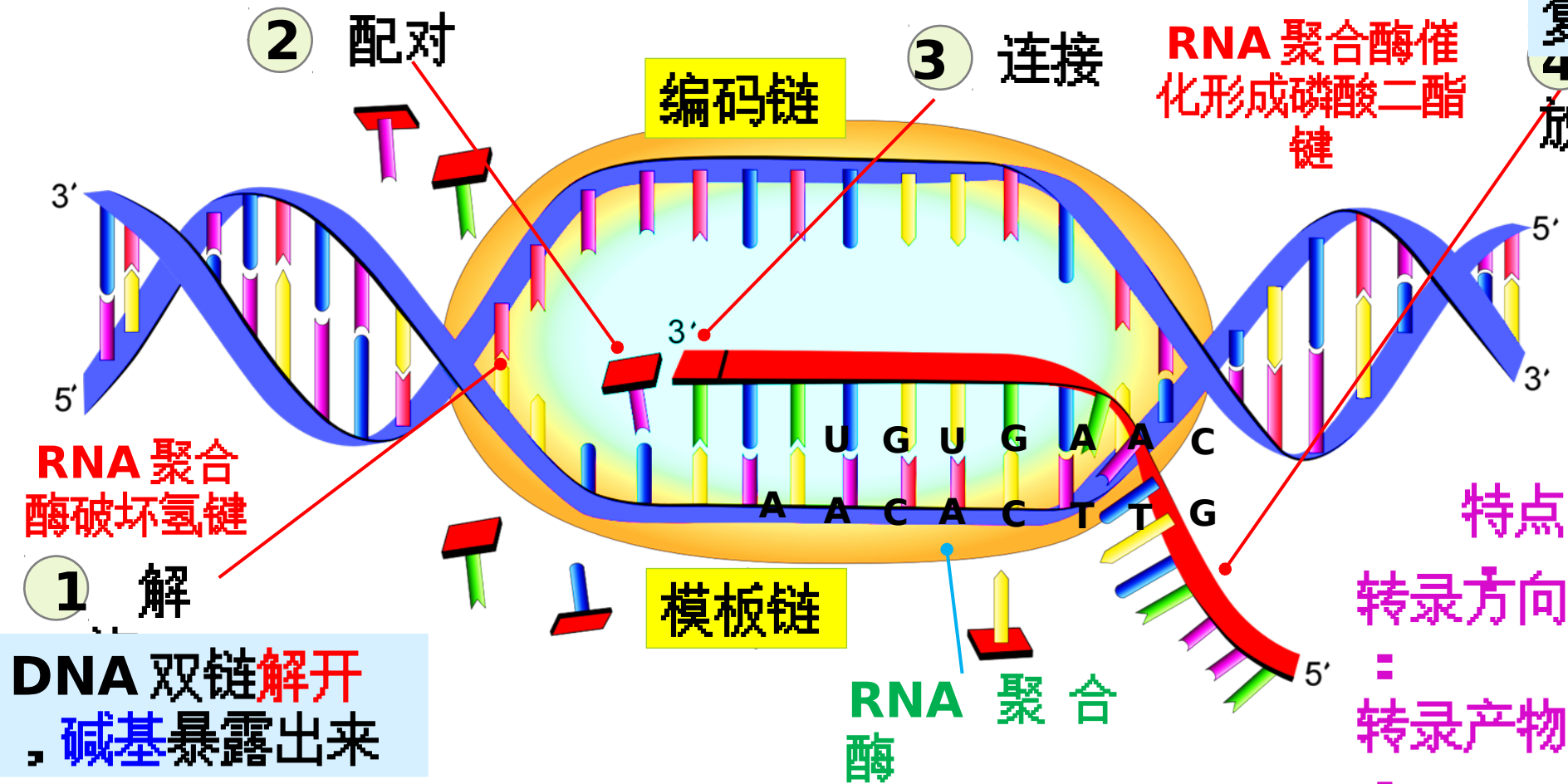
黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

3 | 过程

游离的核糖核苷酸与 DNA 模板链上的**碱基互补配对**

新结合的核糖核苷酸**连接**到正在合成的 RNA 分子上

合成的 RNA 从 DNA 链上**释放**，而后 DNA 双螺旋恢**复**原样



完成下表，尝试比较复制和转录



项目		复制	转录
场所		细胞核（主要） 线粒体，叶绿体	细胞核（主要） 线粒体，叶绿体
条件	模板	DNA 的两条链	DNA 的一条链
	原料	4 种游离的脱氧核苷酸	4 种游离的核糖核苷酸
	能量	ATP	ATP
	酶	解旋酶、DNA 聚合酶等	RNA 聚合酶（有解旋功能）
碱基互补配对方式		A-T、T-A、G-C、C-G	A-U、T-A、G-C、C-G
新链合成方向		5'→3'	5'→3'
产物		2 个 DNA	RNA
遗传信息的流动		DNA→DNA	DNA→mRNA

典型例题



黄浦教研
HUANGPUJIAOYAN

1.(2026·湖南卷)某基因的转录模板链部分序列为 5'-GGCTACATGC-3'。下列叙述正确的是()

- A . 若基因碱基序列发生改变,则生物体的性状发生改变
- B . 转录产物部分序列为 5'-GCAUGUAGCC-3'
- C . DNA 的甲基化修饰不能遗传给后代
- D . 该基因复制与转录都需要 4 种游离的脱氧核苷酸

下图是心肌细胞中的一段 DNA 序列，据图回答以下问题。

编码链 [与模板链互补的一条链]

1 链 --ATGCATGCAT..... CATCCATAAC
CATGCATCCATGC---

2 链 GTACGTAGTAGGTATTG
GTAGGTACG---

模板链 基因 ARC

转录

mRNA1 AUGCAU.....CCAUAA

1. 标出 ARC 基因的模板链。分析 mRNA 与模板链、编码链之间的碱基序列关系？
2. 为提高转录效率，ARC 基因的两条链是否都可以作为转录的模板链？
3. 标出 H 基因的模板链。分析一个 DNA 分子上不同基因的模板链是否相同？
4. 人的心肌细胞和胰岛 B 细胞中相同的 DNA 分子进行转录时，产生的 mRNA 是否相同？请分析原因 基因的选择性表达

转录

编码链 [mRNA 携带从 DNA 编码链得到的遗传
1 链 信息]

模板链

--ATGCATGCAT..... CATCCATAACCATC CCTAAGGATAG CCAGCCCAGATG
CATGCATCCATGC---

2 链 **模板链** **基因** **ARC** **胰岛素基因** **编码链** **基因** **其他基因**

转录

mRNA1 AUGCAU.....CCAUAA

转录

GGUCUAC.....GUA **mRNA2**

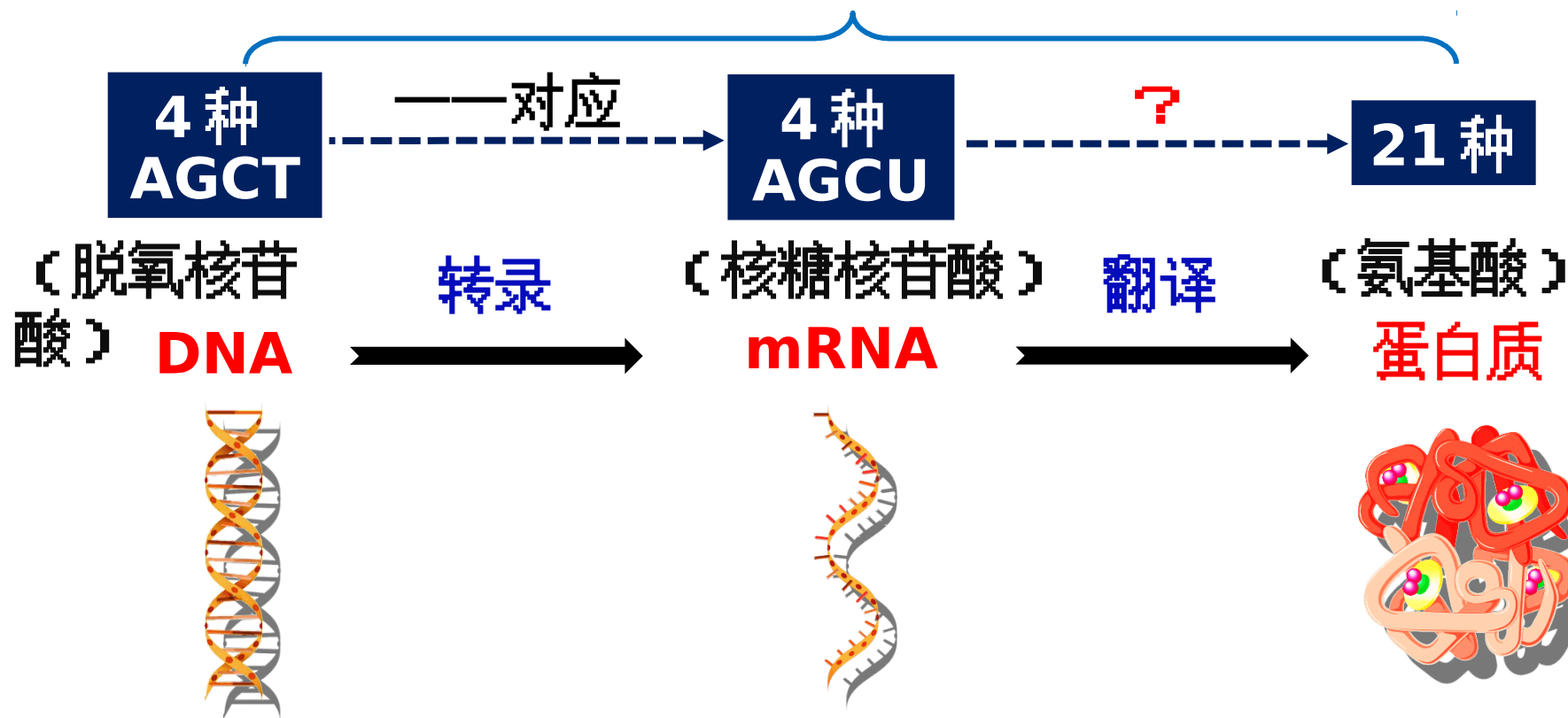
1. 转录以**基因**为单位。
2. DNA 分子上基因的两条链中只有一**条链**是转录的模板链，不同基因之间哪条链是模板链不是**固定不变**的。
3. 一个 DNA 分子中某个基因转录时，**其他基因不一定也在进行转录**。

遗传信息的翻译



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

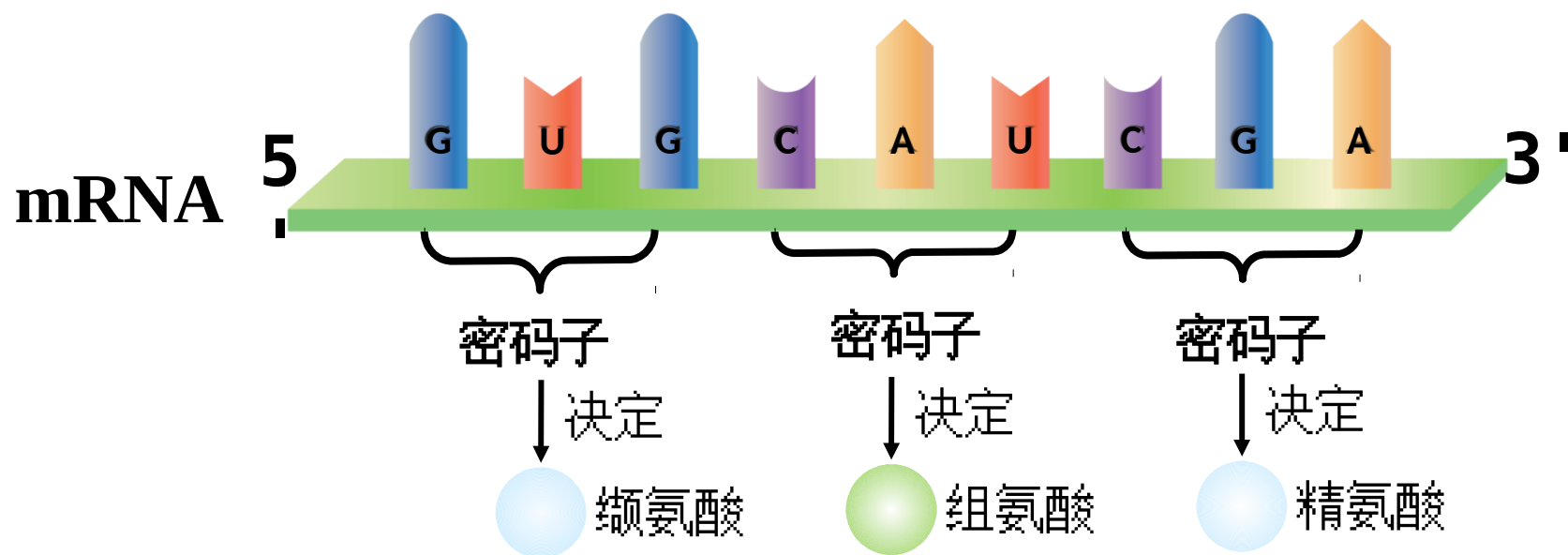
基因指导蛋白质的合成



4 种碱基如何决定 **21 种氨基酸** ?

1

密码子：



(1) 定义

mRNA 上决定一个氨基酸的**三个相邻的碱基**

(2) 位置

mRNA 上

(2) 认读

密码子认读是从 **mRNA 的 5'→3'**, 相邻的密码子**无间隔、不重叠**

遗传信息的翻译

第一个碱基	第二个碱基				第三个碱基
	U	C	A	G	
U	苯丙氨酸 苯丙氨酸 亮氨酸 亮氨酸	丝氨酸 丝氨酸 丝氨酸 丝氨酸	酪氨酸 酪氨酸 终止 终止	半胱氨酸 半胱氨酸 终止 色氨酸	U C A G
C	亮氨酸 亮氨酸 亮氨酸 亮氨酸	脯氨酸 脯氨酸 脯氨酸 脯氨酸	组氨酸 组氨酸 谷氨酰胺 谷氨酰胺	精氨酸 精氨酸 精氨酸 精氨酸	U C A G
A	异亮氨酸 异亮氨酸 异亮氨酸 甲硫氨酸 (起始)	苏氨酸 苏氨酸 苏氨酸 苏氨酸	天冬酰胺 天冬酰胺 赖氨酸 赖氨酸	丝氨酸 丝氨酸 精氨酸 精氨酸	U C A G
G	缬氨酸 缬氨酸 缬氨酸 缬氨酸、甲硫	丙氨酸 丙氨酸 丙氨酸 丙氨酸	天冬氨酸 天冬氨酸 谷氨酸 谷氨酸	甘氨酸 甘氨酸 甘氨酸 甘氨酸	U C A

1、密码子的个数：
共 64(4³) 个密码子

- 2、密码子的种类：
- (1) 起始密码子：2 个
AUG (甲硫氨酸)、GUG (缬氨酸、甲硫氨酸)
 - (2) 终止密码子：3 个
(UAA/UAG/UGA)
 - (3) 编码氨基酸的密码子：61 或 62 个

遗传信息的翻译

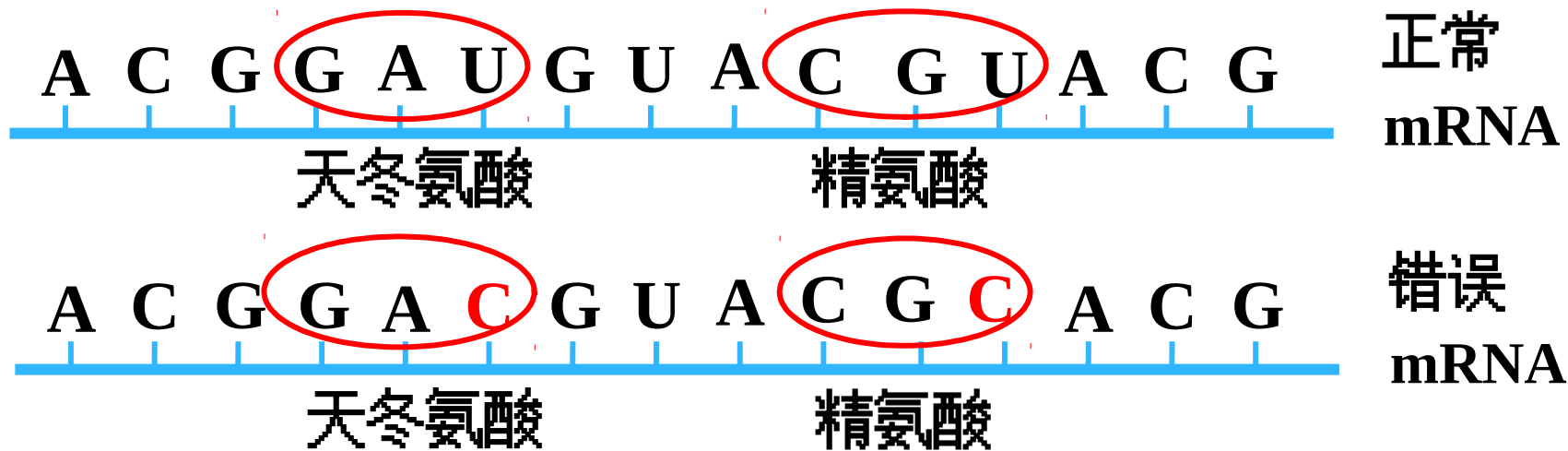
第一个碱基	第二个碱基				第三个碱基
	U	C	A	G	
U	苯丙氨酸 苯丙氨酸 亮氨酸	丝氨酸	酪氨酸 终止	半胱氨酸 终止 色氨酸	U C A G
C	亮氨酸	脯氨酸	组氨酸 谷氨酰胺	精氨酸	U C A G
A	异亮氨酸 亮氨酸 甲硫氨酸 (起始)	苏氨酸	天冬酰胺 赖氨酸	丝氨酸 精氨酸	U C A G
G	缬氨酸 缬氨酸 缬氨酸、甲硫氨酸	丙氨酸	天冬氨酸 谷氨酸	甘氨酸	U C A

3、密码子与氨基酸的关系：

- ① 专一性
① 1 种密码子只能决定 1 种 氨基酸
- ② 简并性
② 1 种氨基酸可能由 1 种或几种 密码子决定
- ③ 通用性
几乎所有的生物都共用一套密码子

分析密码子的特点

1. 绝大多数氨基酸都有几个密码子，密码子的简并性对生物体的生存发展有什么意义？



增强密码子的容错性。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。

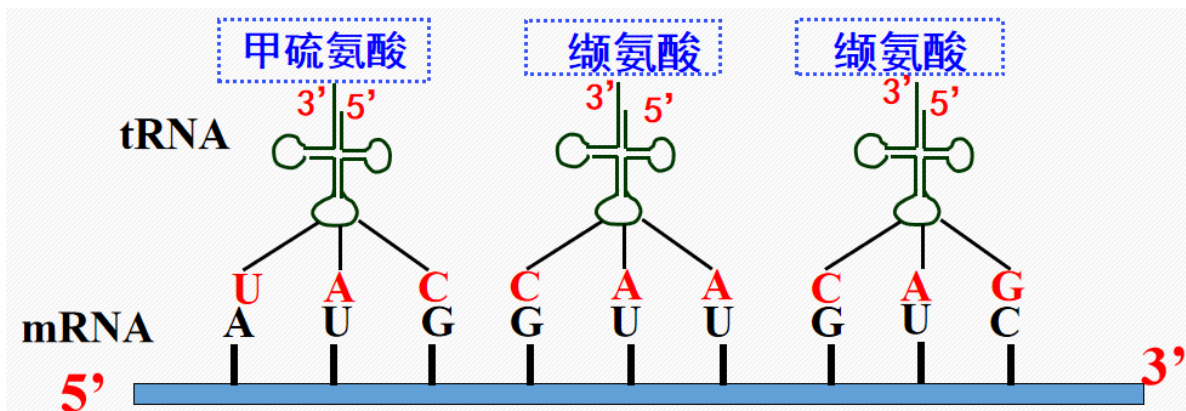
遗传信息的翻译

2 | tRNA :

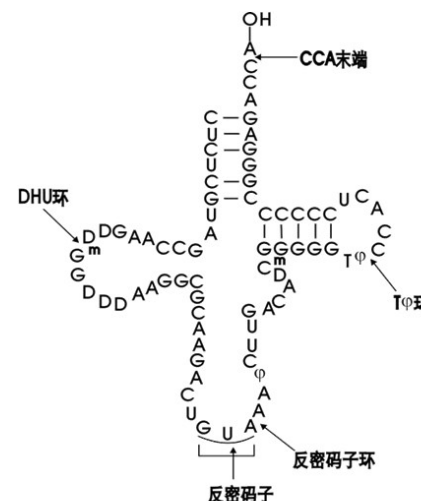
(1) 形态 : RNA 单链经折叠 (形成氢键) , 形成三叶草结构

(2) 功能 : 识别并转运特定的氨基酸

➤ 氨基酸与 tRNA 是否是一一对应的关系呢?



每种 tRNA 只能识别并转运 一种 氨基酸 ;
而一种氨基酸可由 一或多 种 tRNA 转运 ;



典型例题



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

3.(2024·湖北卷) 编码某蛋白质的基因有两条链，一条是模板链（指导 mRNA 合成），其互补链是编码链。若编码链的一段序列为 $5' - \text{ATG} - 3'$ ，则该序列所对应的反密码子是（A）

A. $5' - \text{CAU} - 3'$ B. $5' - \text{UAC} - 3'$ C. $5' - \text{TAC} - 3'$ D. $5' - \text{AUG} - 3'$

编码链： $5' - \text{ATG}$

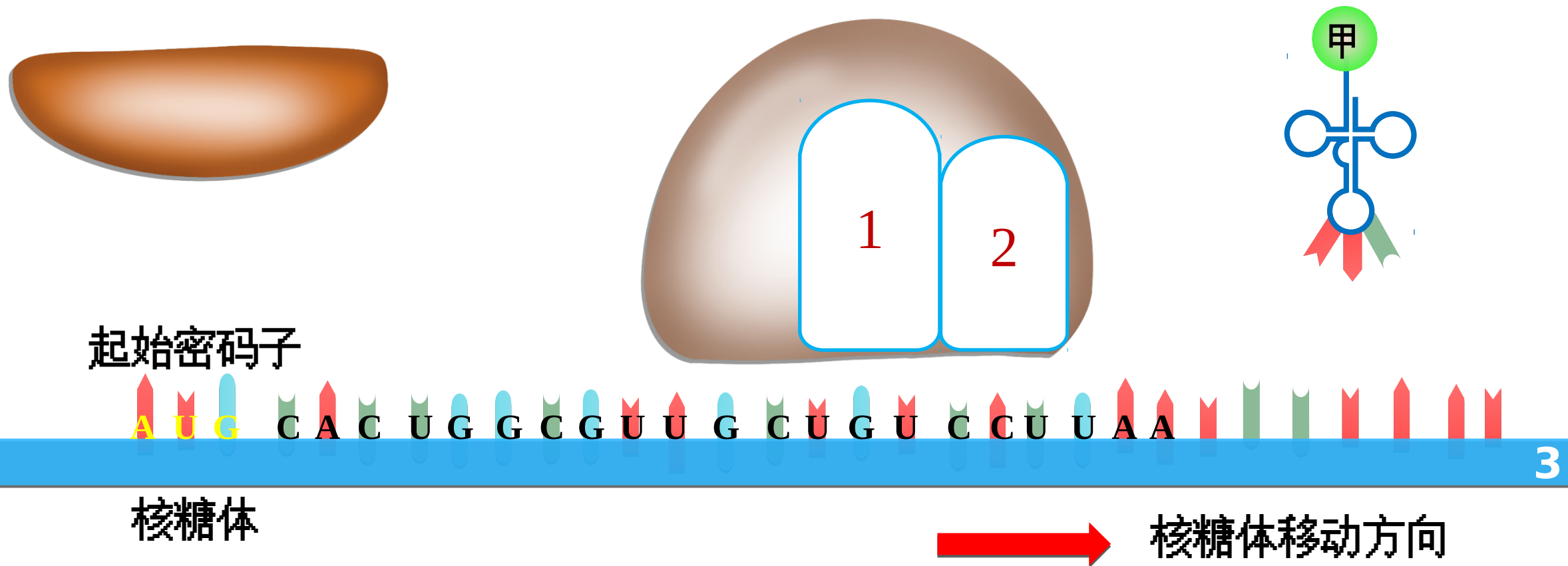
模板链： $3' - \text{TAC} -$

$5'$
mRNA： $5' - \text{AUG} - 3'$ （密码子）

tRNA： $3' - \text{UAC} - 5'$ （反密码子）

考点三：遗传信息的翻译

3 | 翻译的过程：

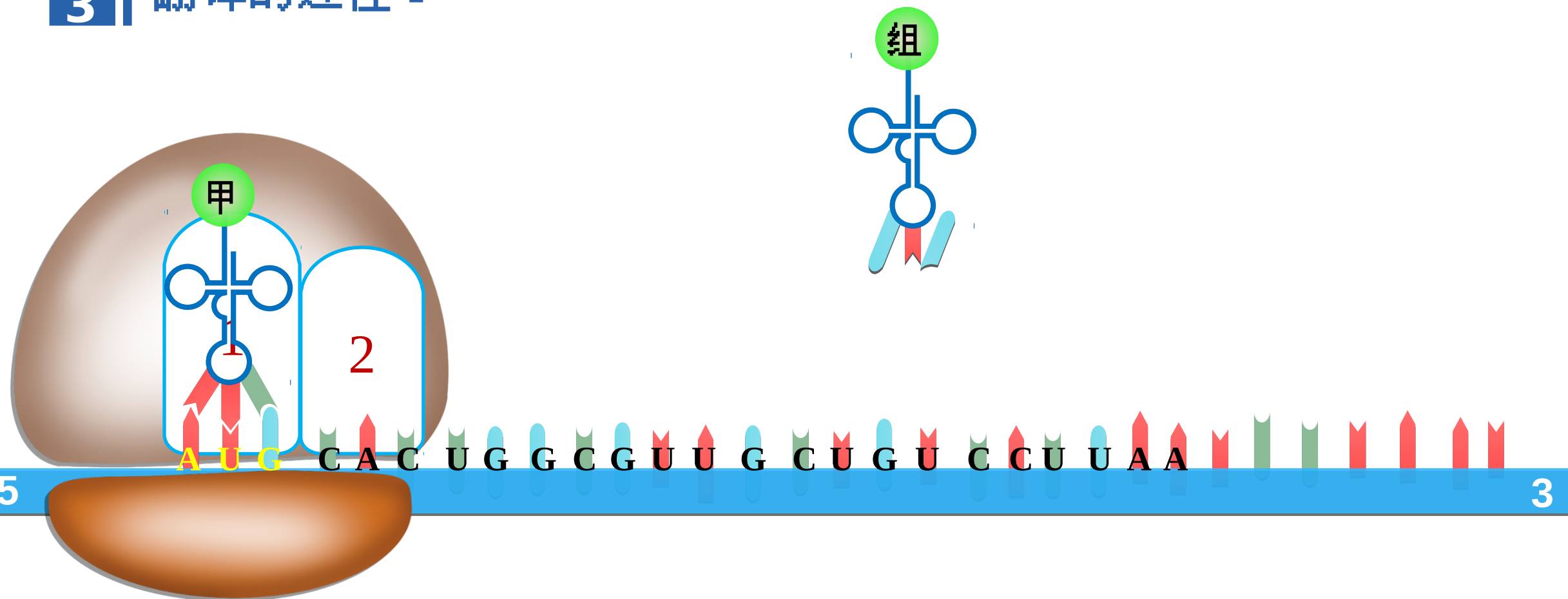


① 起始

mRNA 进入细胞质，与核糖体结合；

携带甲硫氨酸的 tRNA 通过与 mRNA 上的碱基互补配对进入位点 1。

3 | 翻译的过程：

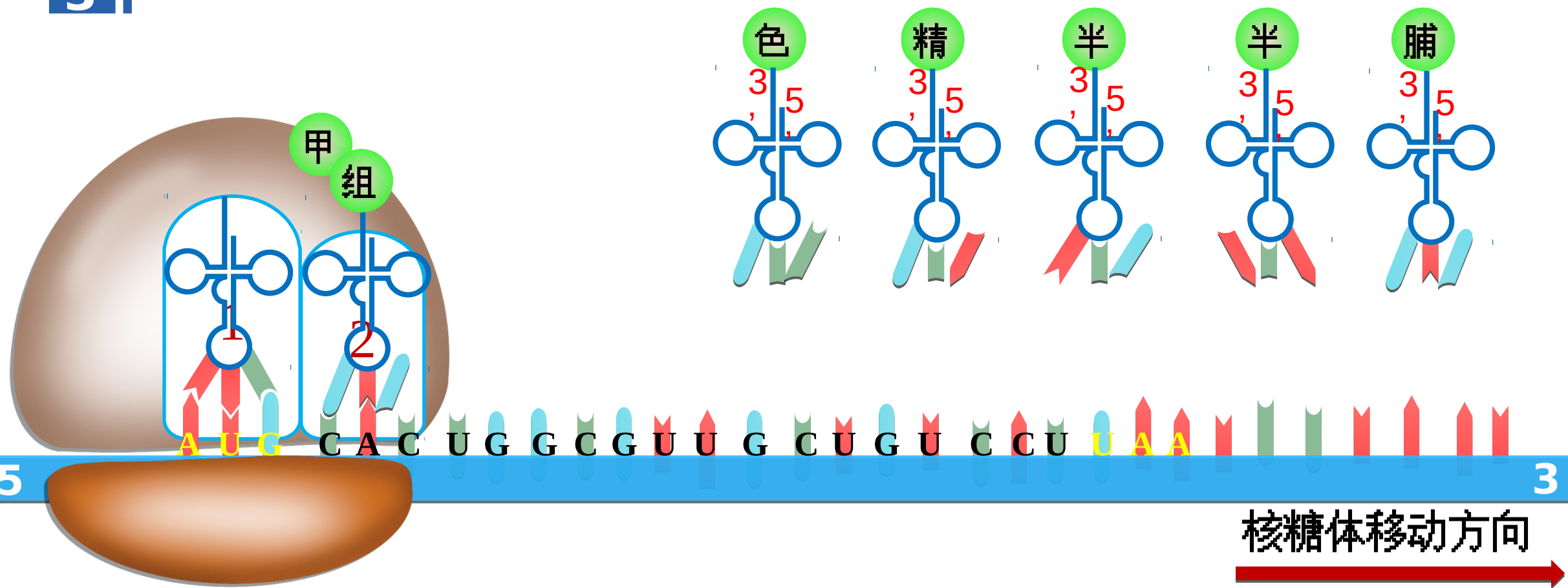


携带某个氨基酸的 tRNA 以同样的方法进入位点 2。

② 运输

通过脱水缩合形成肽键，甲硫氨酸被转移到位点 2 的 tRNA 上。

3 | 翻译的过程：



④ 停止

直至核糖体读取到 mRNA 上的终止密码子，合成才告终止。

⑤ 脱离

肽链合成后的 tRNA 离开核糖体，最后由折叠成具有特定空间结构和功能的携带氨基酸的 tRNA 进入位点 2，继续肽链的合成。

3 | 翻译的过程：

(1) 数量关系：

1 个 mRNA 可相继结合多个核糖体，同时进行多条肽链的合成。

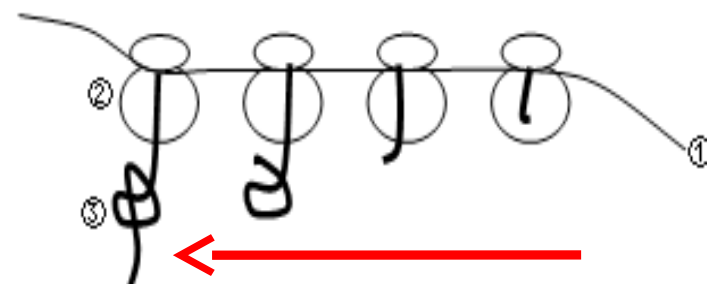
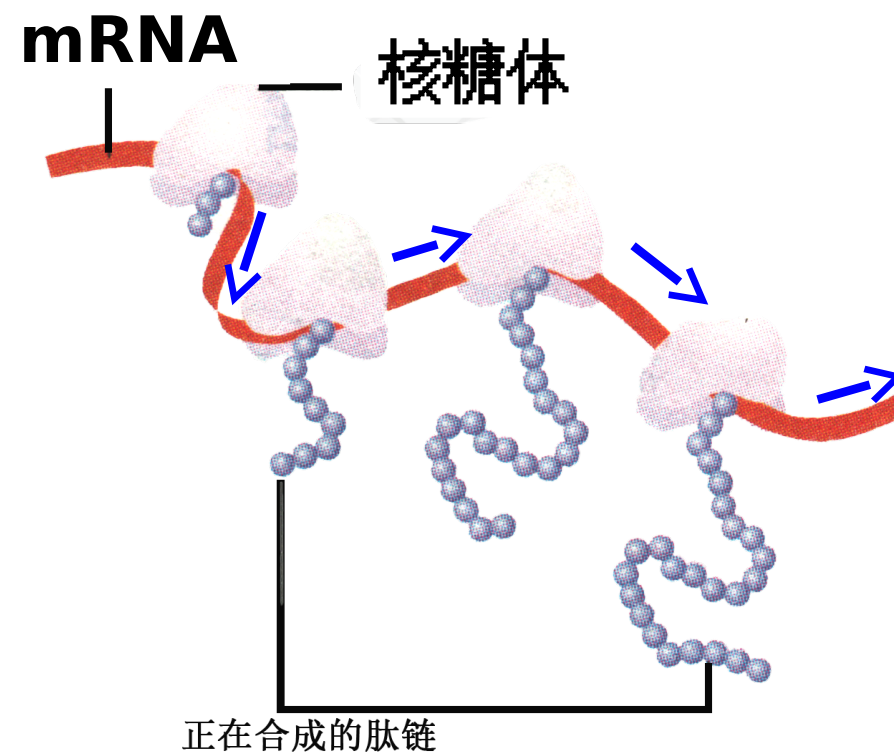
(2) 方向 由肽链 短 → 肽链 长 的方向进行

(3) 意义

少量的 mRNA 分子可以迅速合成出大量的蛋白质。

(4) 结果

这样合成的多条肽链的氨基酸序列有何关系？
相同。因为是以同一个 mRNA 为模板翻译出来的。



典型例题



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

4.(2025·广东·高考真题)VHL基因的一个碱基发生突变,使其编码区中某CCA〔编码脯氨酸〕变成CCG〔编码脯氨酸〕,导致合成的mRNA变短,引发VHL综合征。该突变〔**D**〕

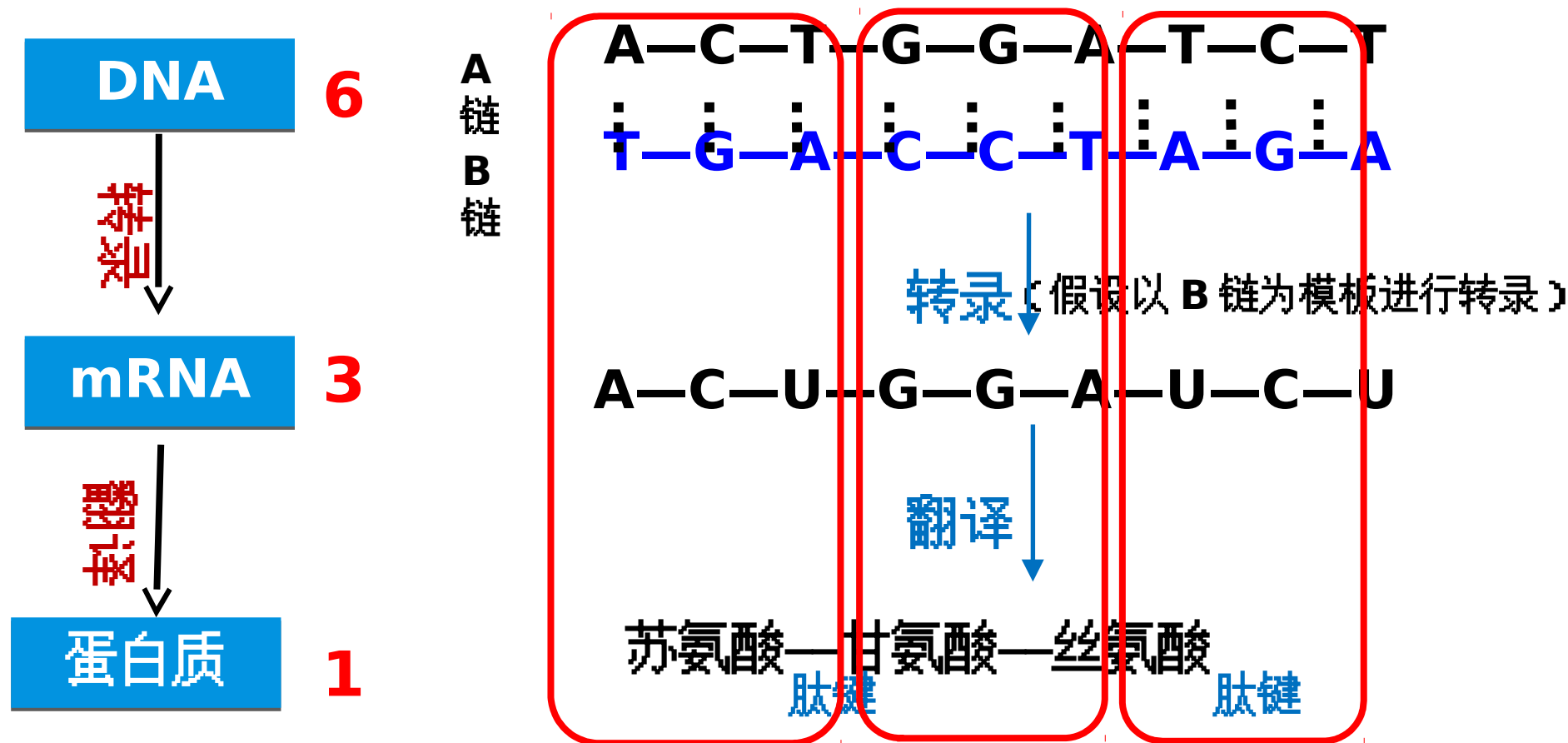
- A . 改变了DNA序列中嘧啶的数目
- B . 没有体现密码子的简并性
- C . 影响了VHL基因的转录起始
- D . 改变了VHL基因表达的蛋白序列

基因的表达过程中碱基与氨基酸的数量关系



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

基因中的碱基数 : mRNA 中的碱基数 : 蛋白质中的氨基酸数 **6:3:1**

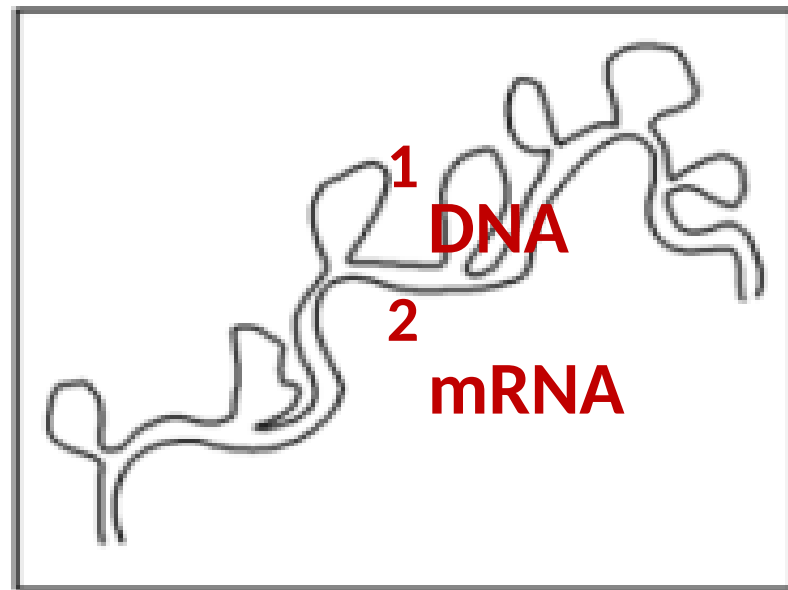


若 mRNA 上有 n 个碱基，转录产生它的基因中至少有 $2n$ 个碱基，
该 mRNA 指导合成的蛋白质中最多有 $n/3$ 个氨基酸

ARC 基因刚刚转录出的 mRNA 能直接用于翻译吗？

资料：科学家发现 **ARC** 基因刚转录出来的 **RNA** 全长有 **4500** 个碱基，而翻译成的凋亡抑制因子仅由 **167** 个氨基酸组成。

① 获取该基因的双链 **DNA** 片段及其转录形成的 **mRNA**；②加热 **DNA** 双链使其成为单链，并与细胞质中提取的 **mRNA** 按照碱基配对原则形成双链分子；③染色、制片，电镜观察，可观察到右图中结果。



根据资料，思考下列问题：

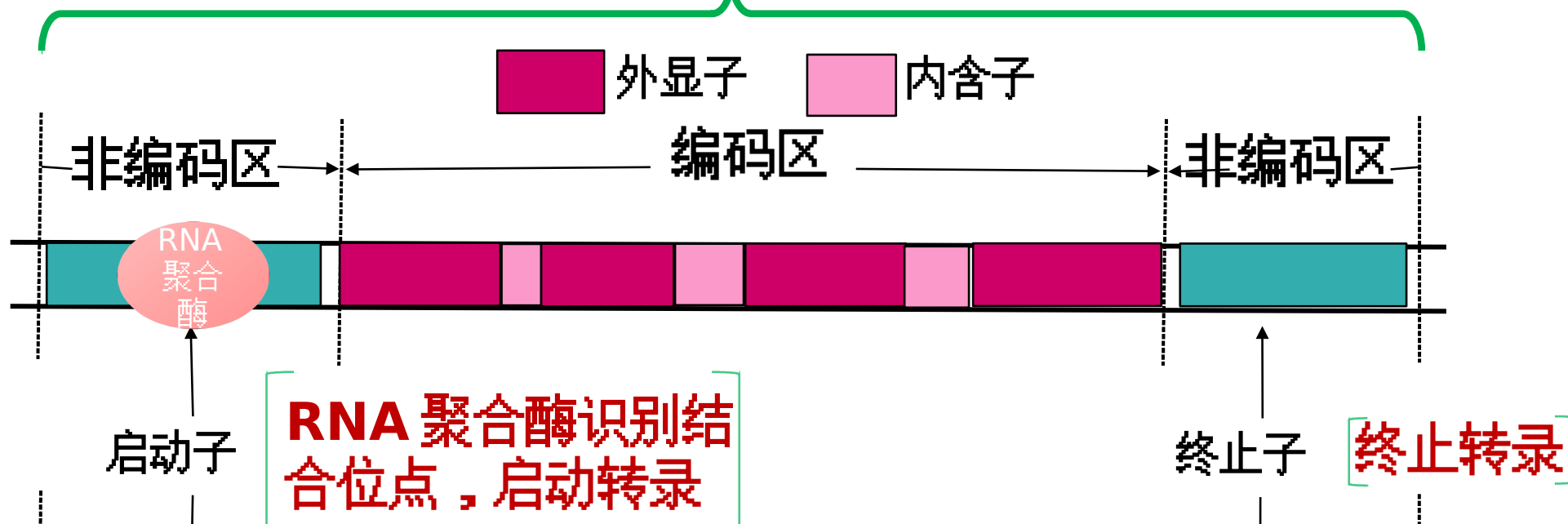
1. 据资料分析图中 1、2 分别是什么物质？
2. 分析图中现象出现的原因？

基因的表达

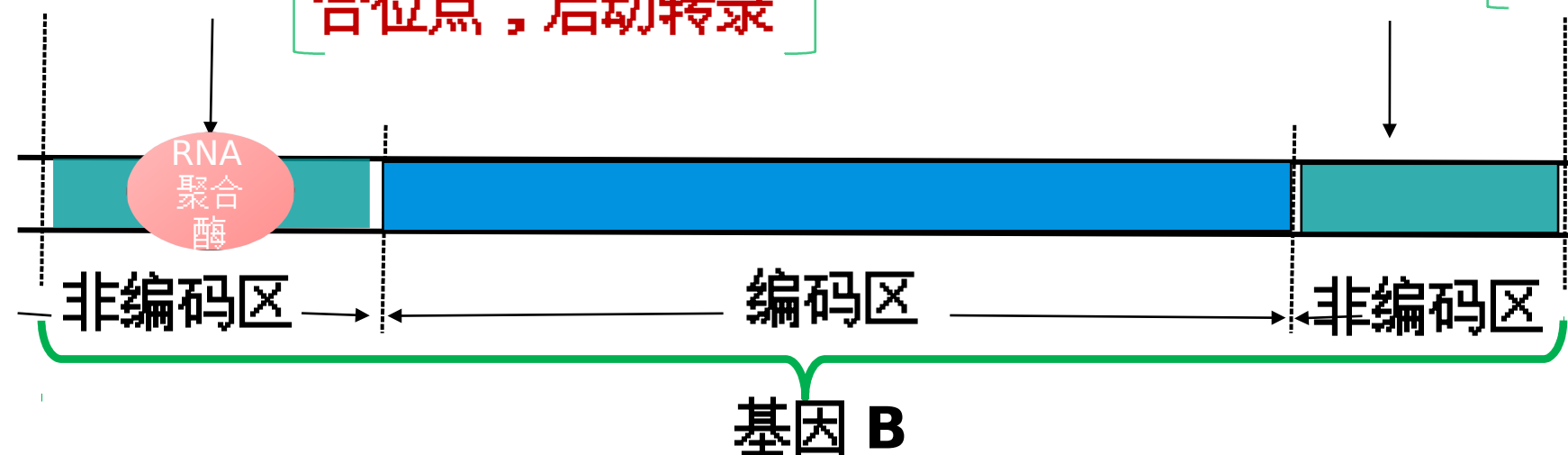


真核细胞和原核细胞基因结构的区别： 基因 **ARC**

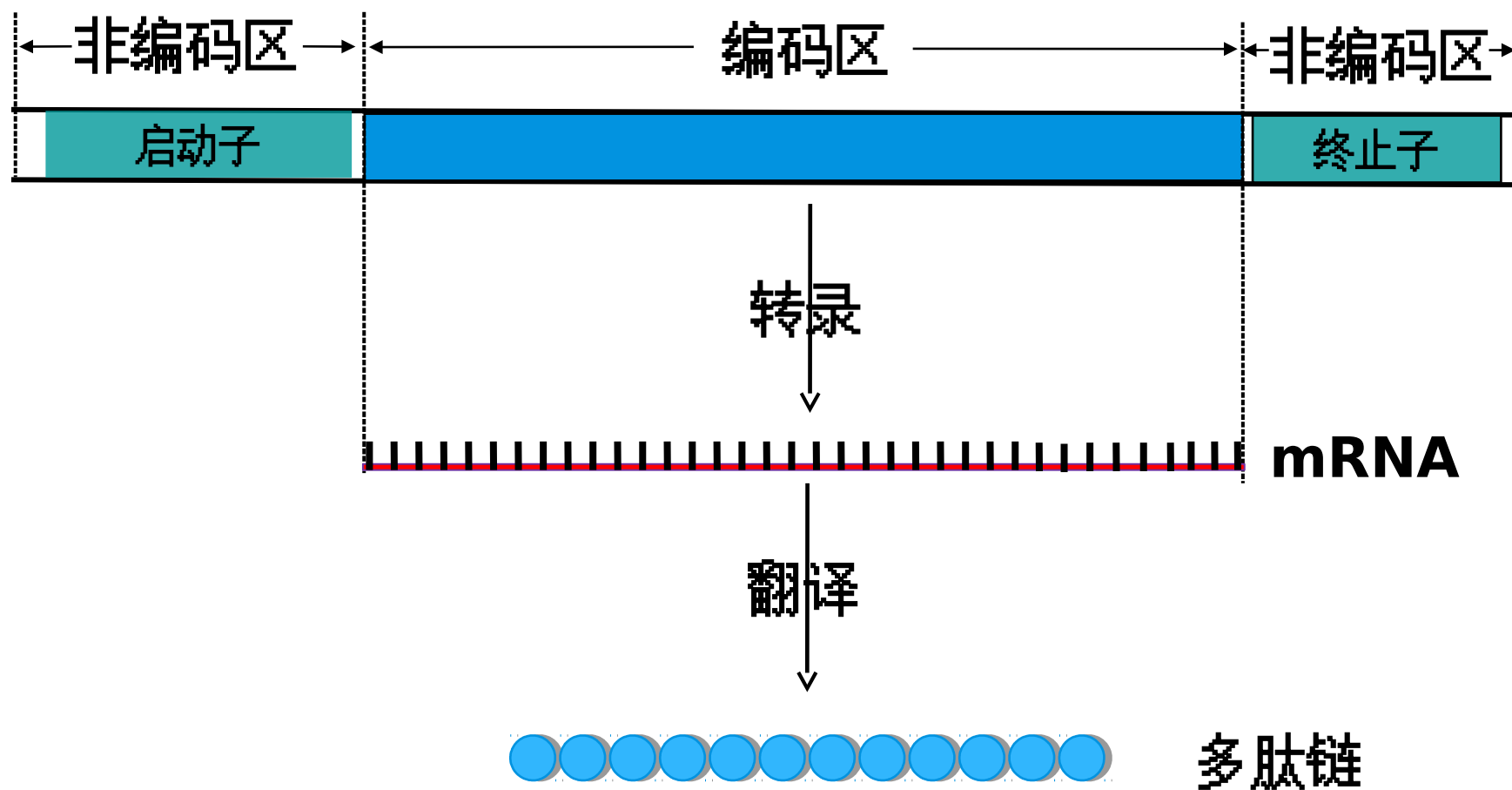
真核细胞
基因结构



原核细胞
基因结构



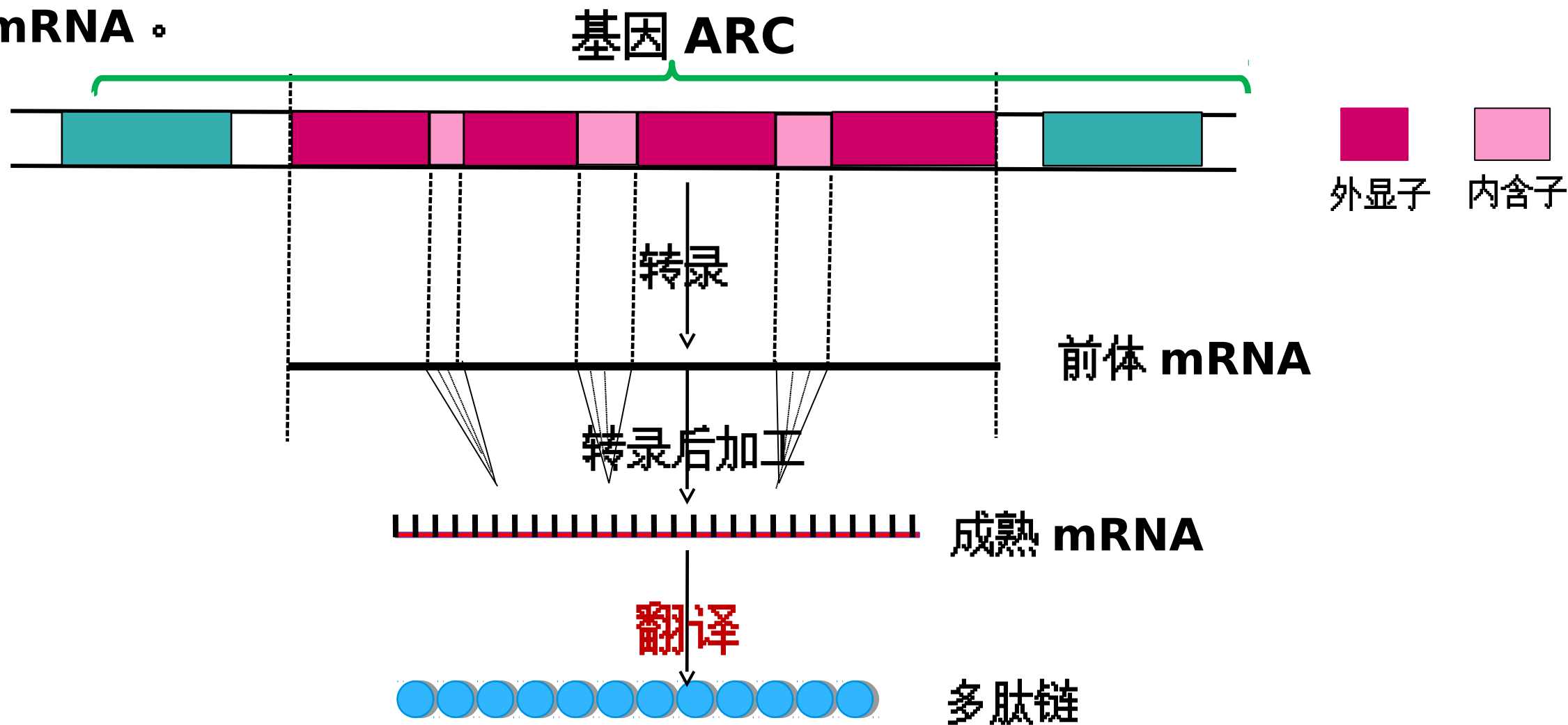
原核生物基因的表达



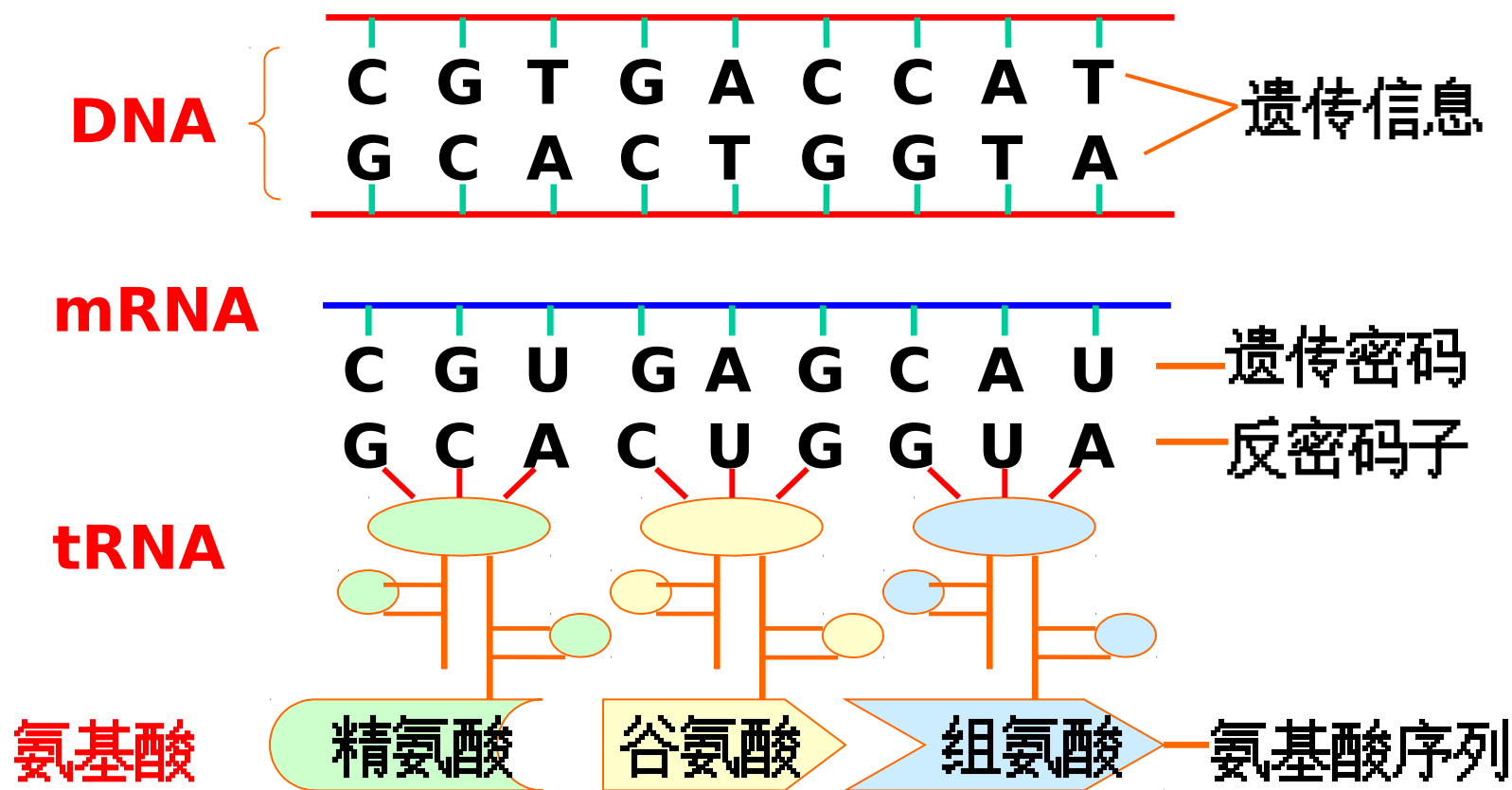
真核生物基因的表达



真核生物的一个基因中既含有**编码氨基酸的外显子**，又含有**不编码氨基酸的内含子**，而且外显子与内含子都被转录，这样形成的 **RNA** 称为**前体 mRNA**。



4 | 数量关系：



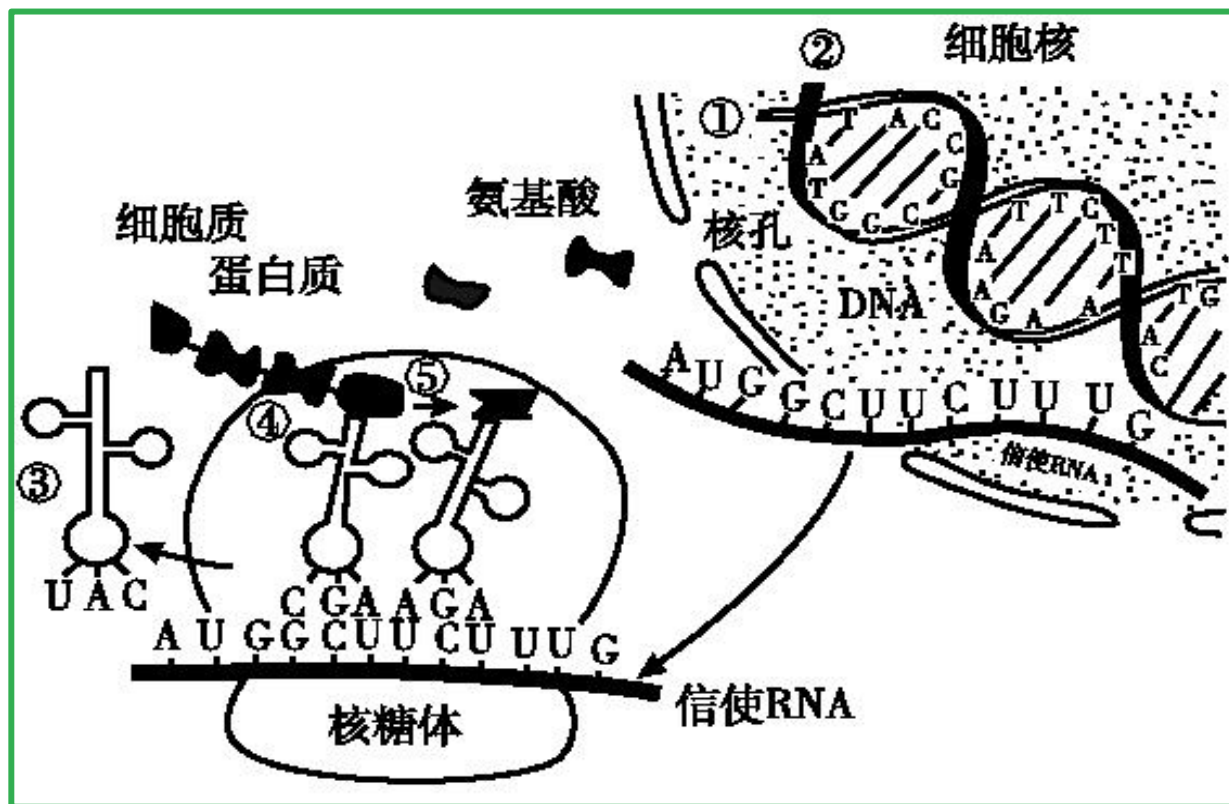
实际基因表达过程中的数量关系不符合 **6:3:1** 的原因：

- ① 由 **内含子** 转录而来的 **RNA** 片段会被切除。
- ② **终止密码子** 不编码氨基酸。
- ③ 合成的肽链在加工过程中可能会被 **剪切掉部分氨基酸**。

基因的碱基 : mRNA 的碱基 : 氨基酸 = **6 : 3 : 1**

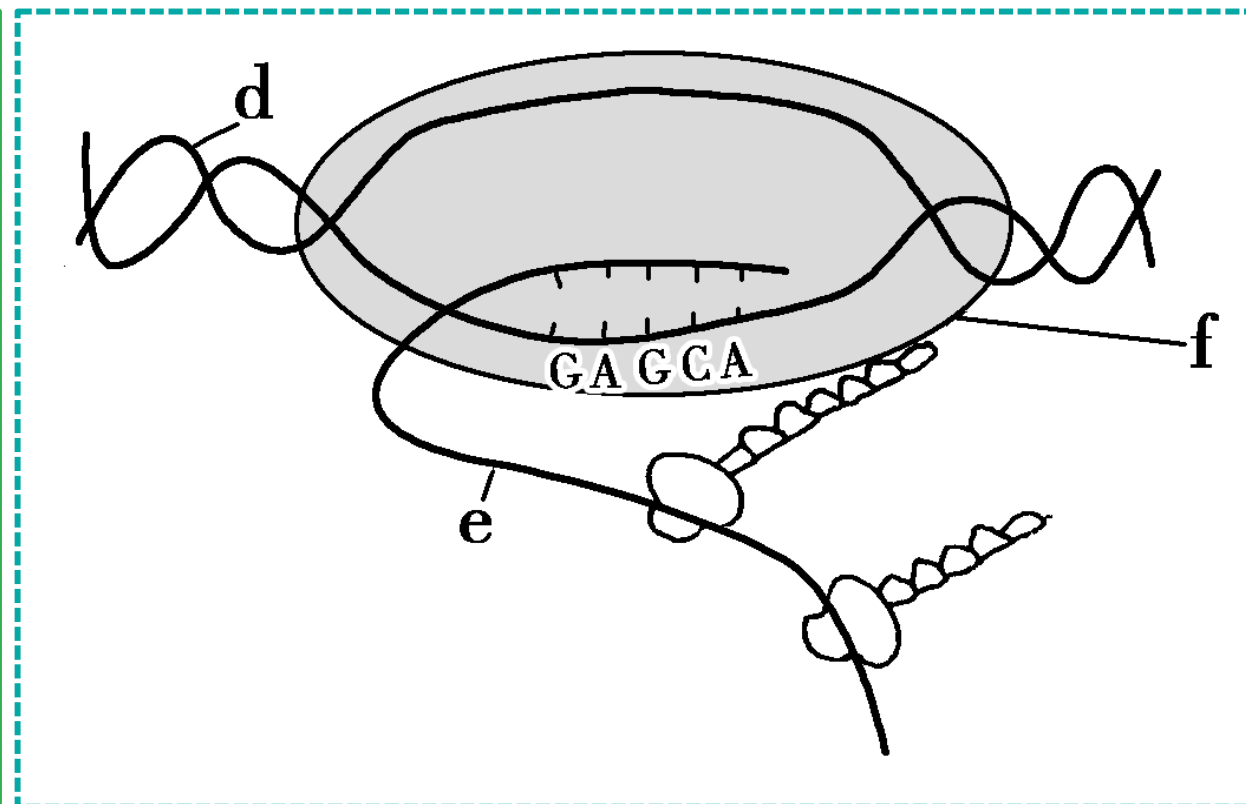
5 | 真核细胞和原核细胞转录、翻译的区别

真核细胞



先转录，后翻译

原核细胞



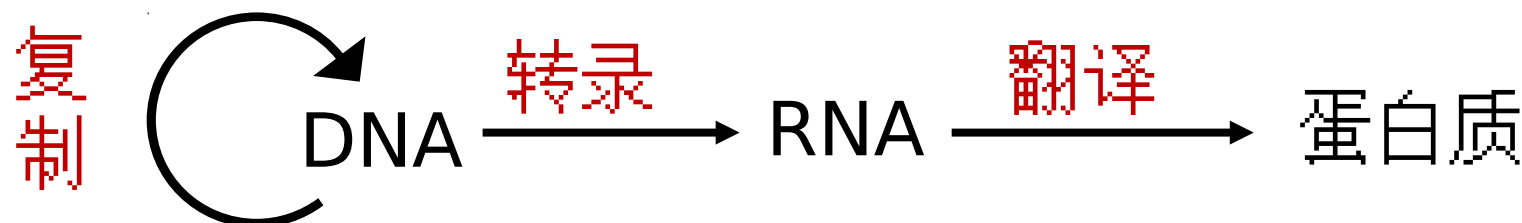
边转录边翻译

中心法则

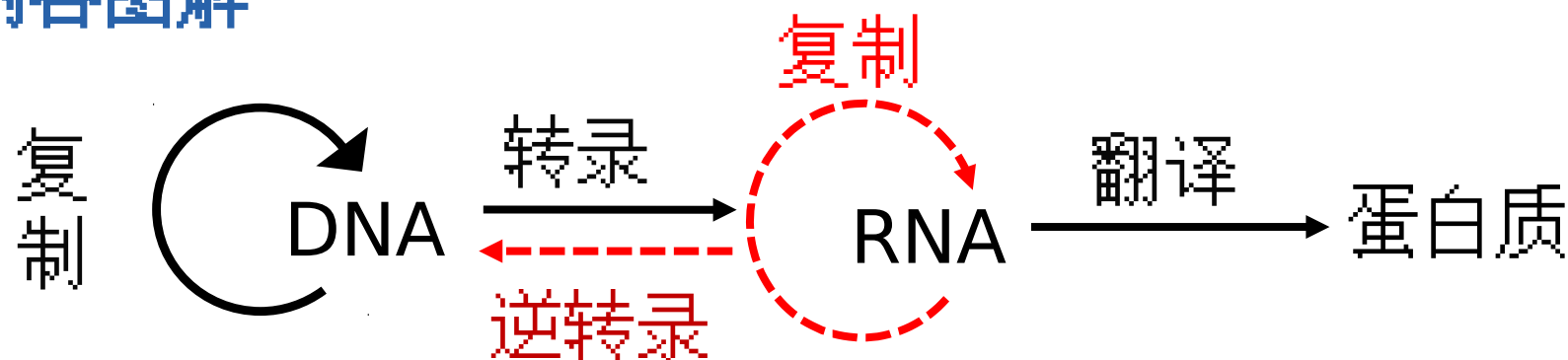


黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

1 | 提出者 克里克



2 | 补充后的内容图解



在遗传信息的流动过程中

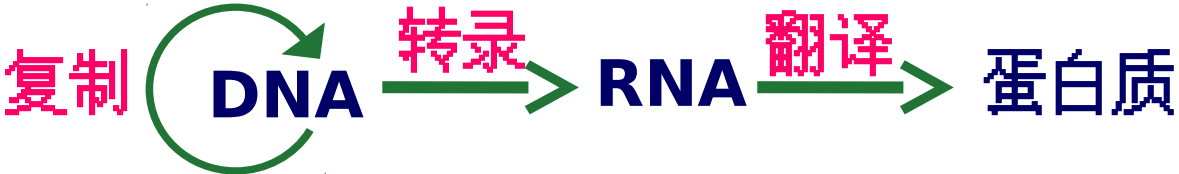
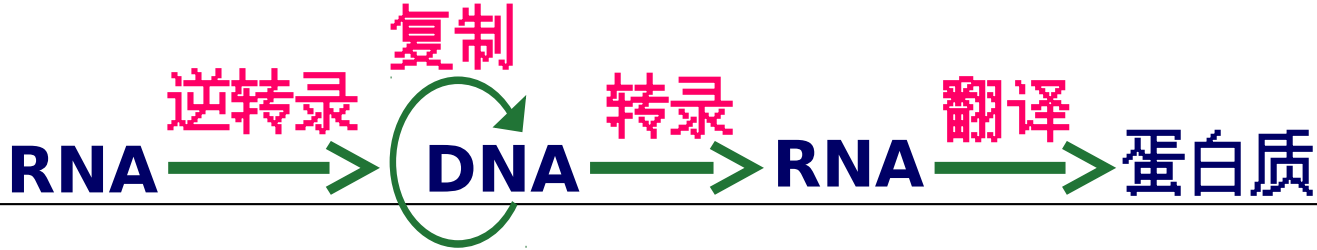
DNA、RNA 是信

蛋白质 是信息的表

ATP 为信息的流动提供能量

生命是物质、能量和信息的统一体

3 | 各种生物遗传信息的传递途径

生物种类	举例	遗传信息的传递过程
DNA 病毒、能分裂的细胞生物	受精卵	
高度分化的细胞	小肠上皮细胞	
RNA 病毒（复制）	烟草花叶病毒	
RNA 病毒（逆转录）	HIV	

典型例题

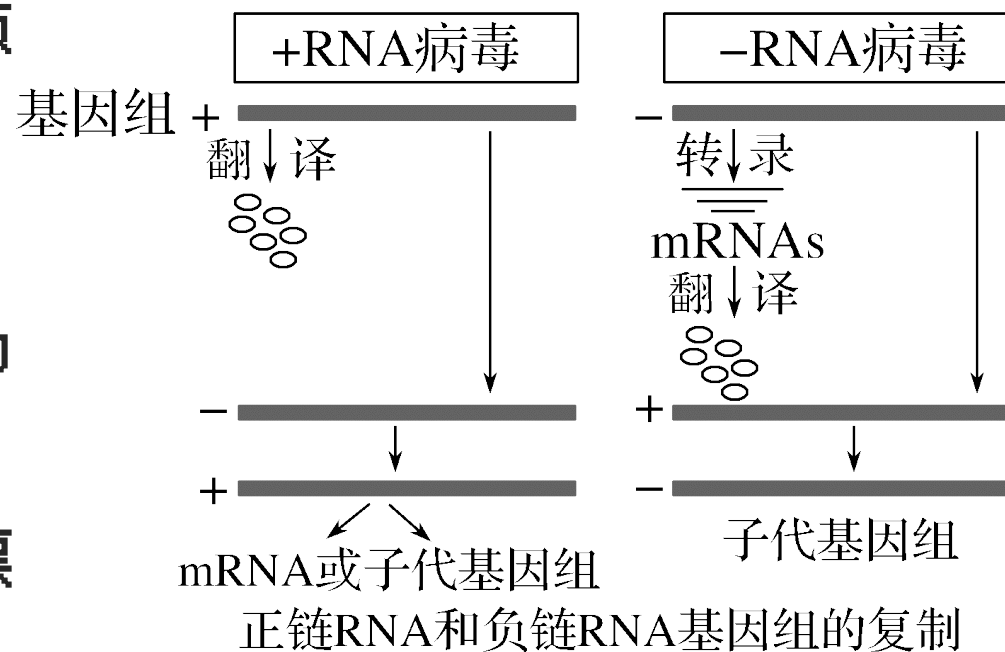
5.(2025·河南安阳名校调研)RNA 复制是以 RNA 为模板合成 RNA 的过程，发生在许多 RNA 病毒的生活史中。能进行 RNA 复制的单链 RNA 病毒分为正链 RNA(+RNA) 病毒和负链 RNA(-RNA) 病毒。下图为正链 RNA 和负链 RNA 基因组的复制过程，相关说法正确的是 ()

A. 在 +RNA 病毒感染宿主细胞后翻译生成的物质可能是以 DNA 为模板的 RNA 聚合酶

B. -RNA 病毒的增殖过程需要逆转录酶的参与

C. 合成 -RNA 和 +RNA 以及蛋白质的原料和场所均由宿主细胞提供

D. +RNA 病毒复制产生一个 +RNA 所消耗的嘌呤碱基总数和嘧啶碱基总数不相等





黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

谢谢

