

CH 3.3 DNA的复制

Y. K. Fu



本节聚焦

- 怎样证明DNA是半保留复制的？
- DNA的复制过程是怎样的？
- DNA的半保留复制对遗传信息的稳定传递有什么意义？

问题探讨

沃森和克里克在发表DNA 双螺旋结构的那篇著名短文的结尾处写道：“值得注意的是，我们提出的这种碱基特异性配对方式，暗示着遗传物质进行复制的一种可能的机制。

‘It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.’

《核酸的分子结构》论文节选

问题探讨

1.碱基互补配对原则暗示DNA的复制机制可能是怎样的？

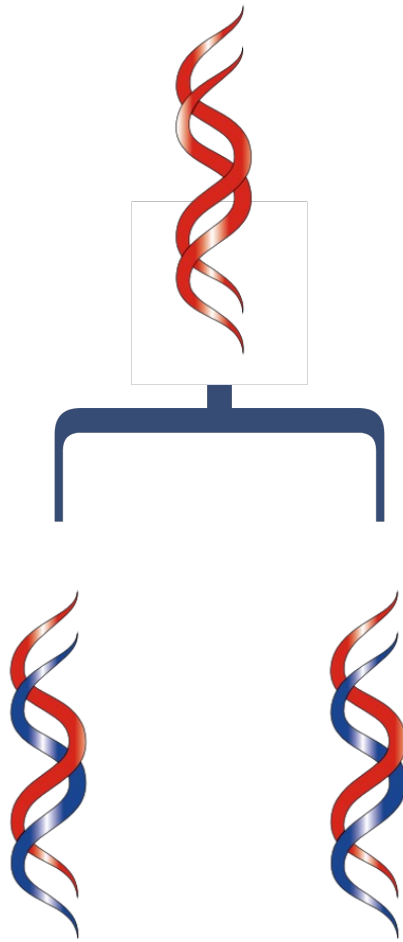
碱基互补配对原则是指DNA两条链的碱基之间有准确的一一对应关系，暗示DNA的复制可能需要先解开DNA双螺旋的两条链，然后通过碱基互补配对合成互补链。

2.这句话中为什么要用“可能”二字？这反映科学研究具有什么特点？

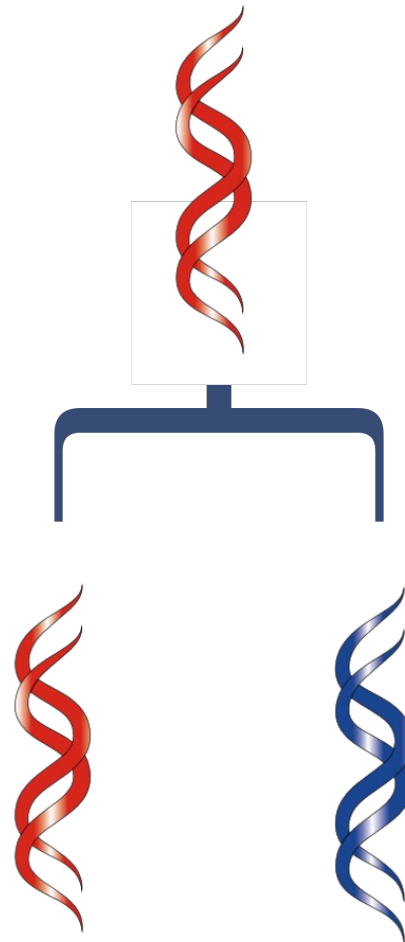
科学研究需要大胆的想象，但是得出结论必须建立在确凿的证据之上。

CH 3.3.1 对DNA复制的推测（假说—演绎法）

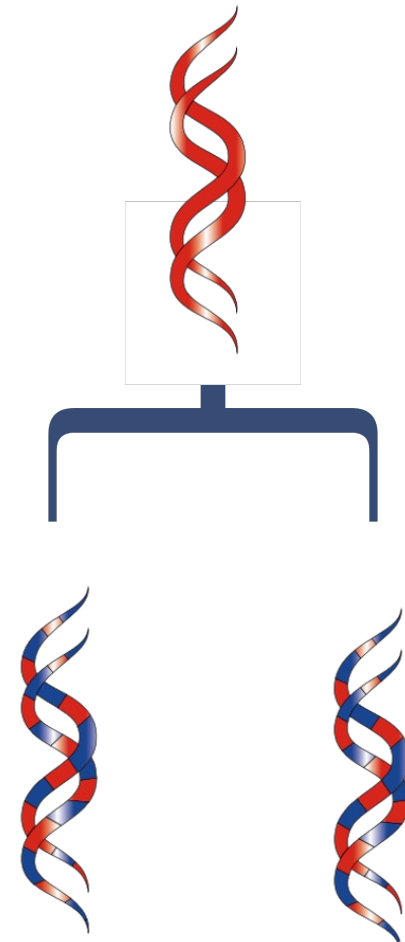
①半保留复制



②全保留复制



③弥散复制



CH 3.3.2 DNA半保留复制的实验证据

1958年，美国生物学家梅塞尔森和斯塔爾以大肠杆菌为实验材料，运用同位素标记技术设计了一个巧妙的实验。

^{15}N 和 ^{14}N 是N元素的两种稳定同位素，这两种同位素的相对原子质量不同，含 ^{15}N 的DNA比含 ^{14}N 的DNA密度大。



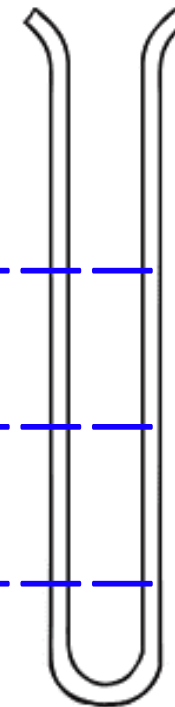
CH 3.3.2 DNA半保留复制的实验证据

因此，利用（密度梯度）离心技术可以在试管中区分含有不同N元素的DNA。

在 ^{14}N 培养基中多次传代： $^{14}\text{N}/^{14}\text{N}$ ———

$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ———

在 ^{15}N 培养基中多次传代： $^{15}\text{N}/^{15}\text{N}$ ———

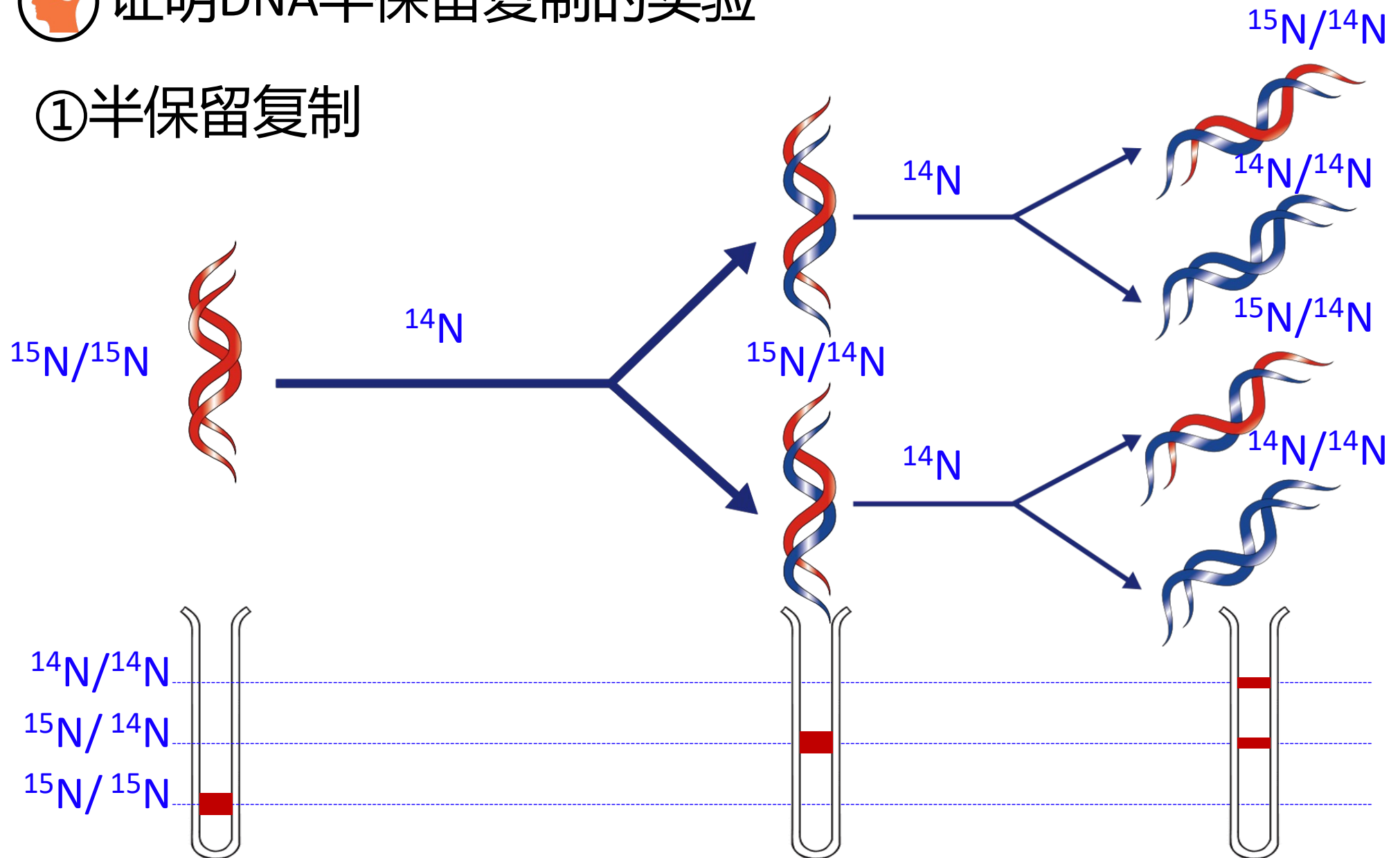


密度
低

高

①证明DNA半保留复制的实验

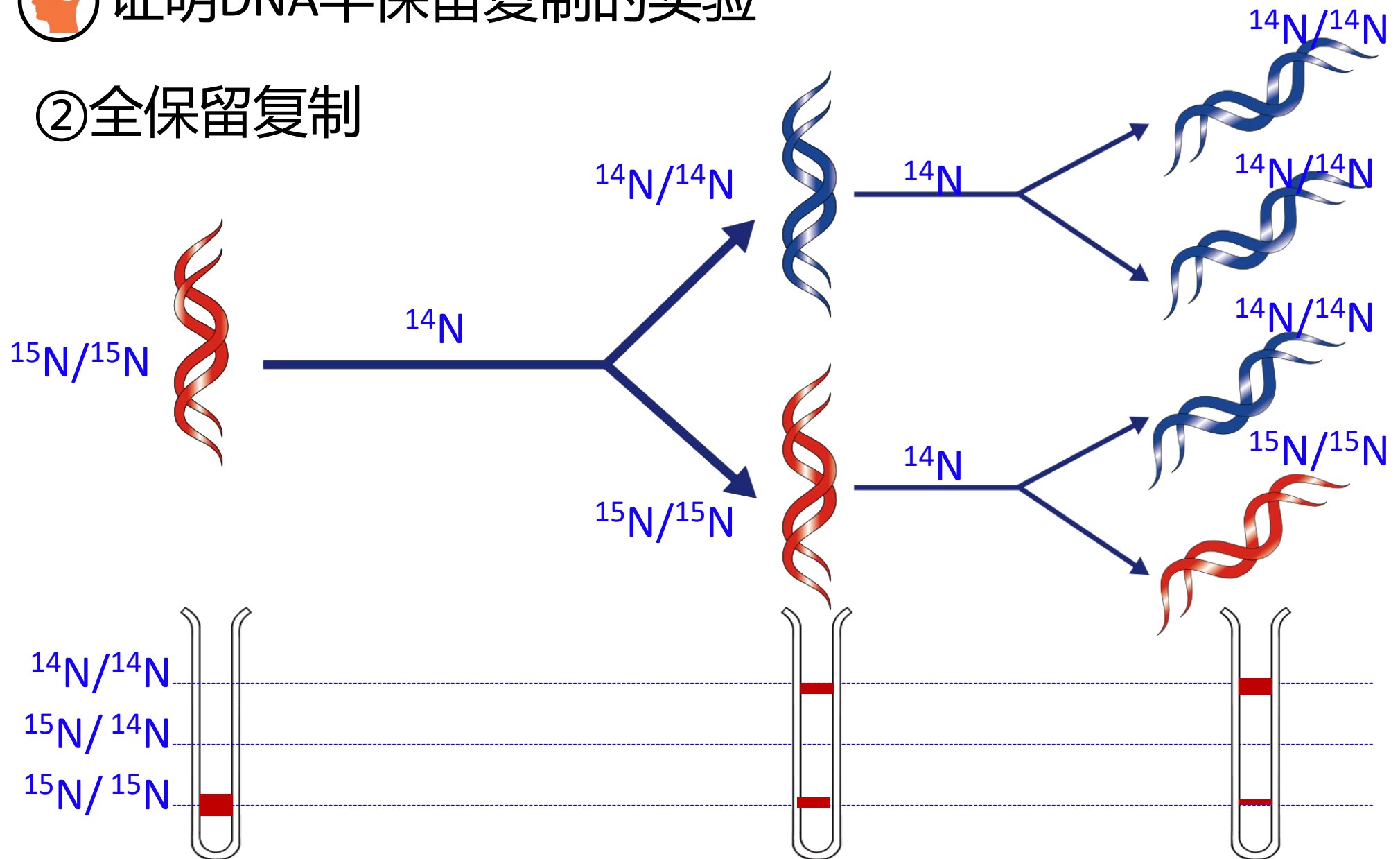
①半保留复制



如果继续传代，条带位置如何变化？

①证明DNA半保留复制的实验

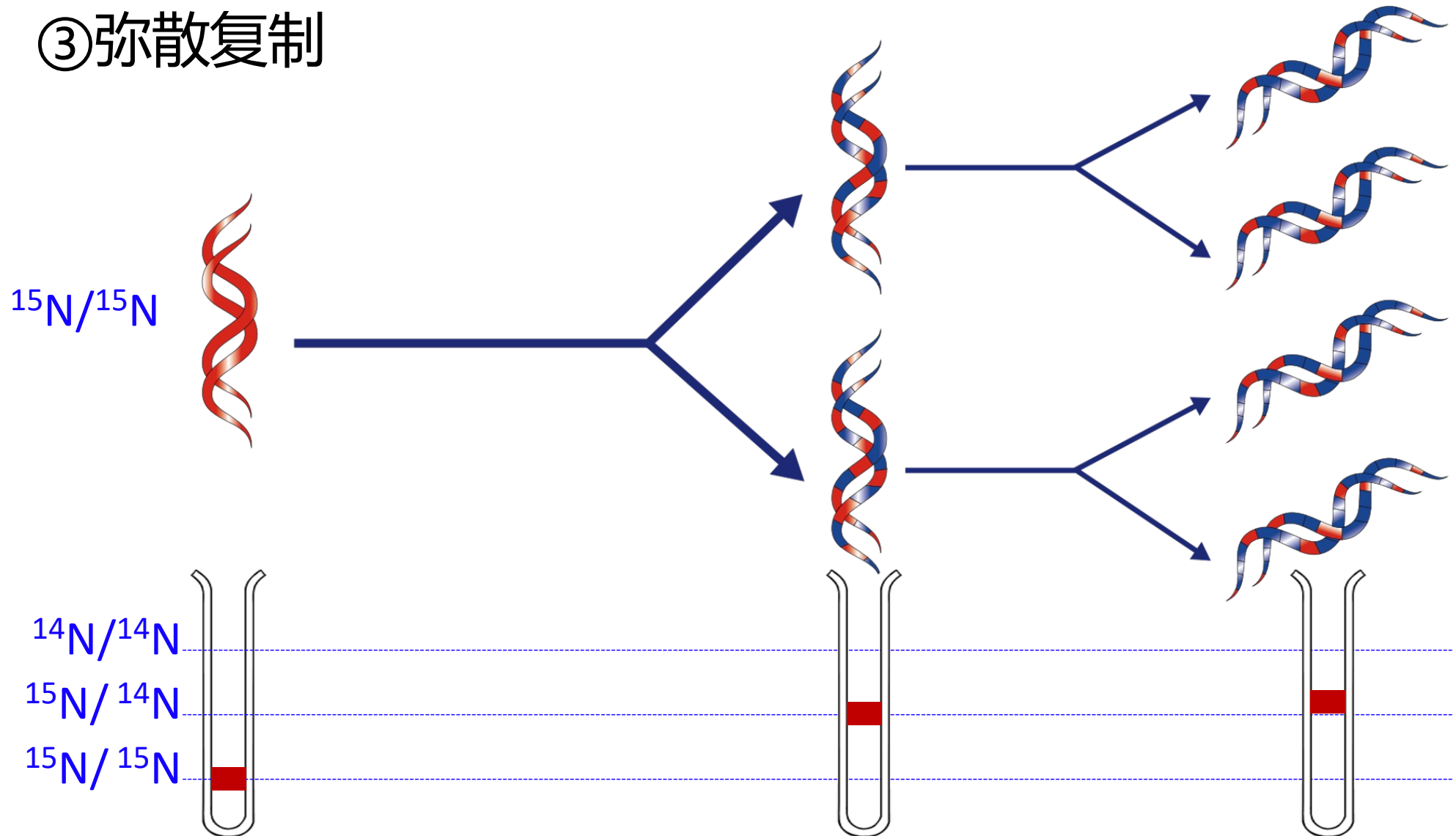
②全保留复制



如果继续传代，条带位置如何变化？

① 证明DNA半保留复制的实验

③ 弥散复制



如果继续传代，条带位置如何变化？

证明DNA半保留复制的实验

传代	①半保留复制	②全保留复制	③弥散复制
初代目	下4	下4	下4
一代目	中4	下2+上2	中4
二代目	中2+上2	下1+上3	中上4

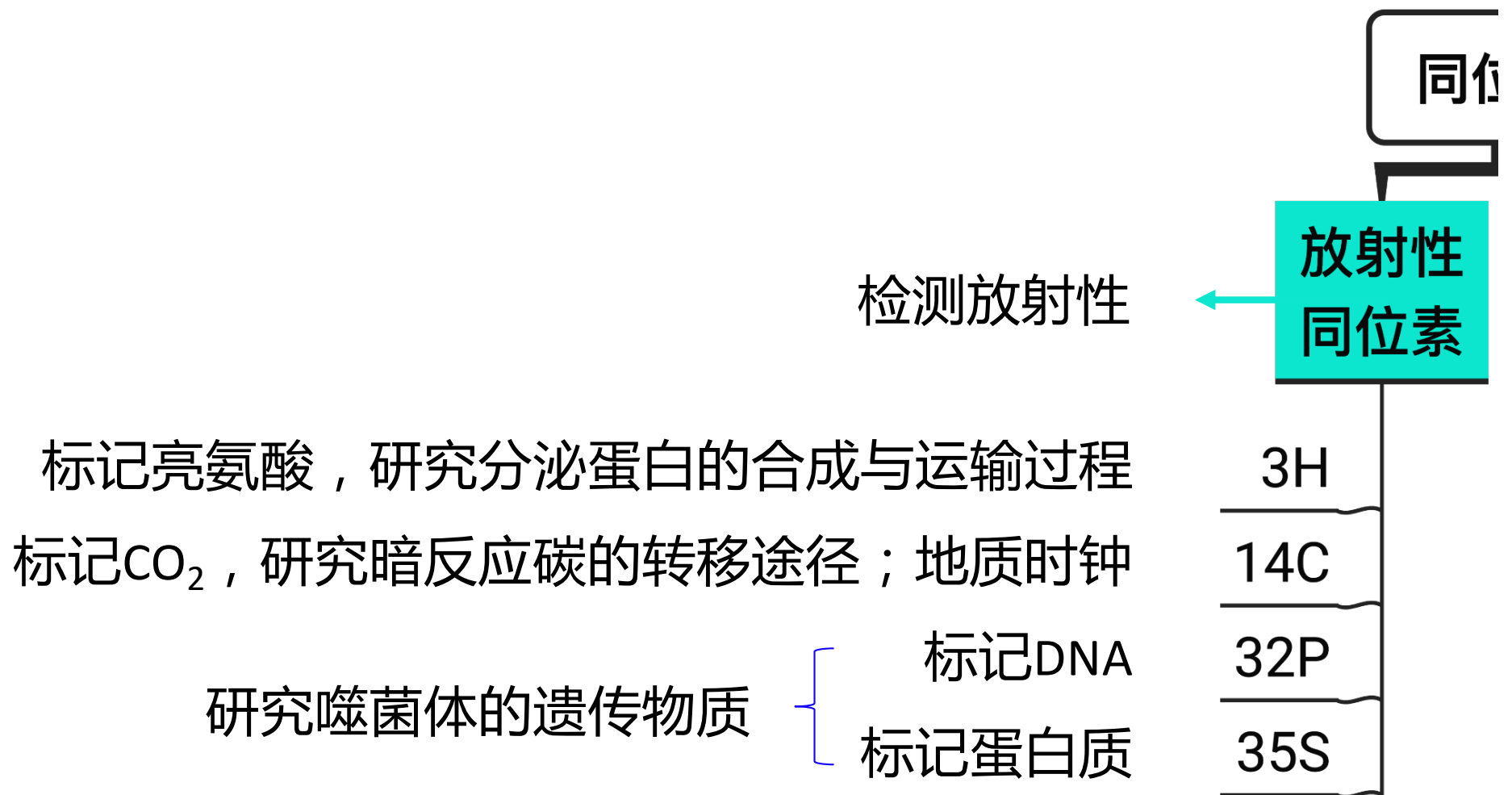
实验验证：

实验结果符合假设①

得出结论：

DNA的复制是以半保留的方式进行的。

同位素（质子数相同、中子数不同）标记法



位素

稳定
同位素

检测密度或相对分子质量

18O

标记H₂O、CO₂，研究光合产物O₂中氧原子的来源。

15N

标记DNA，研究DNA复制方式。

讨论

1.请运用演绎推理来分析实验过程，完成上述实验预期，填写图中的方框。

细胞分裂一次后，方框中填 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -DNA；细胞再分裂一次后，试管上部的方框中填 $^{14}\text{N}/^{14}\text{N}$ -DNA，试管中部的方框中填 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -DNA。

讨论

2.假如全保留复制是正确的，实验预期又会是怎样的？

假如全保留复制是正确的，第一代的结果：一半的细胞中DNA是 $^{15}\text{N}/^{15}\text{N}$ -DNA，另一半的细胞中DNA是 $^{14}\text{N}/^{14}\text{N}$ -DNA；第二代的结果：1/4的细胞中DNA是 $^{15}\text{N}/^{15}\text{N}$ ，3/4的细胞中DNA是 $^{14}\text{N}/^{14}\text{N}$ -DNA。

P055 旁栏

3.第一代只出现一条居中的DNA条带，这个结果排除了哪种复制方式？

第一代只出现一条居中的DNA条带，这个结果排除了全保留复制的方式。

4. 可否只做第一次传代实验，不做第二次传代实验？
不可以，第二次传代实验排除弥散复制。

讨论

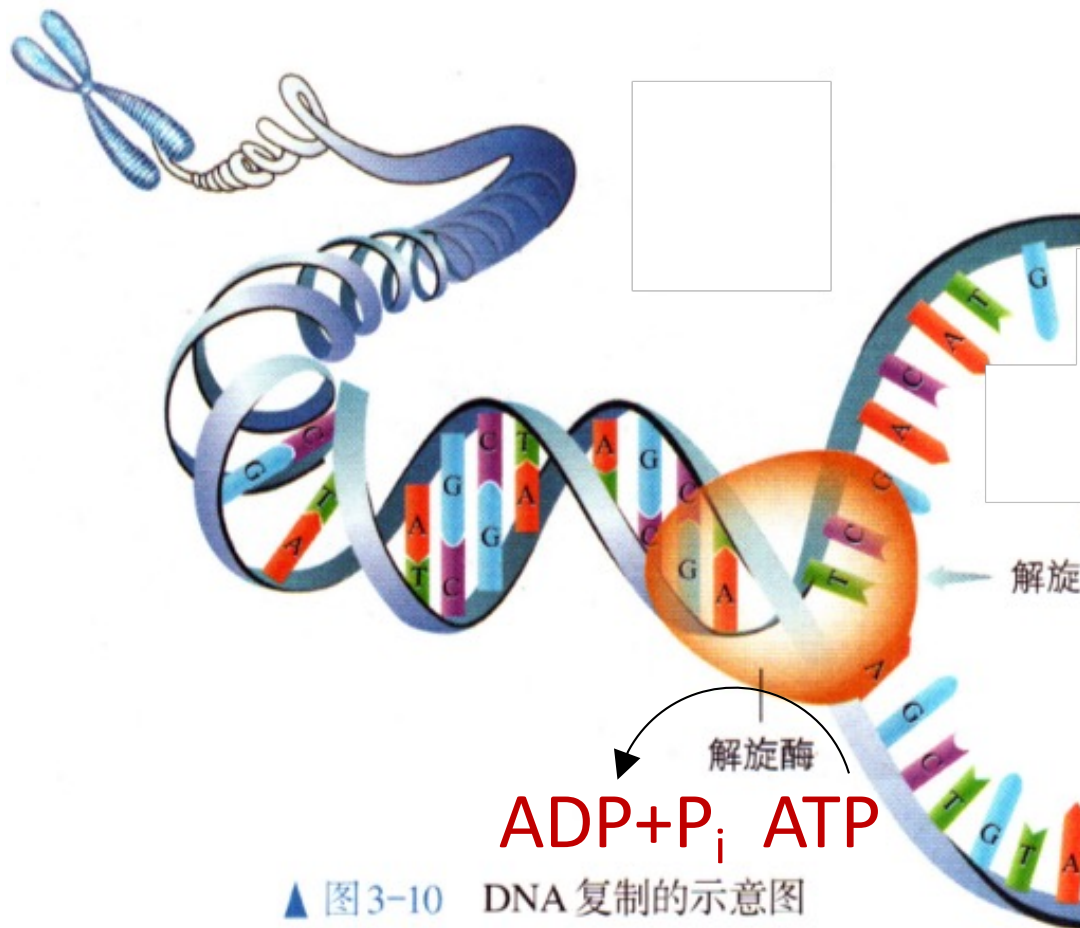
5. 如何解释赫尔希—蔡斯实验（必修二P045）中， ^{32}P 标记噬菌体组，子代噬菌体仅有部分检测到放射性？

半保留复制而非弥散复制。

6. 能否用 ^{32}P 代替 ^{15}N 来开展梅塞尔森—斯塔尔实验？

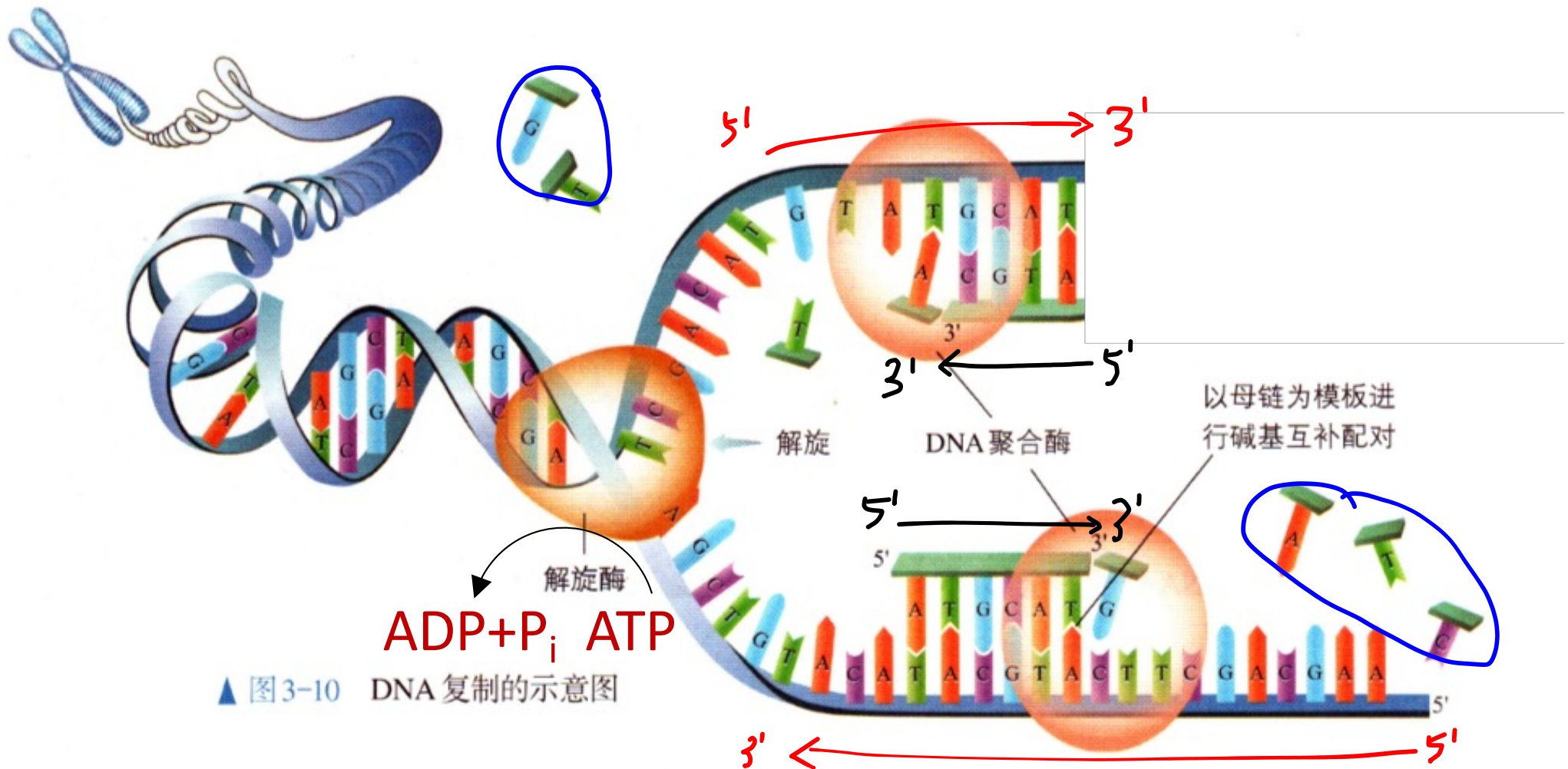
CH 3.3.3 DNA的复制过程

①解旋：解旋酶，消耗能量



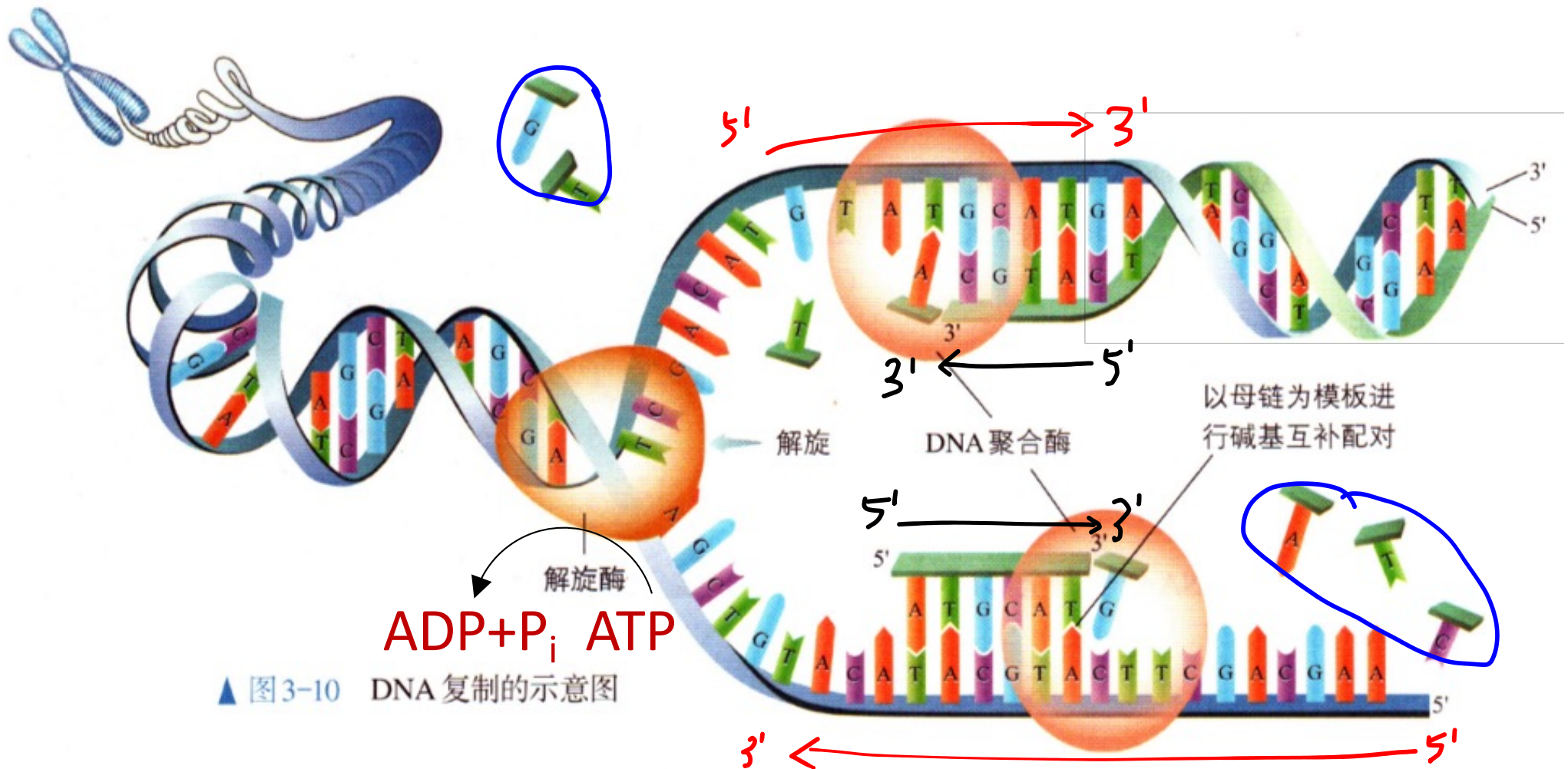
CH 3.3.3 DNA的复制过程

②合成：两条母链为模板，4种脱氧核苷酸（dNTPs）为原料，碱基互补配对原则，合成两条子链



CH 3.3.3 DNA的复制过程

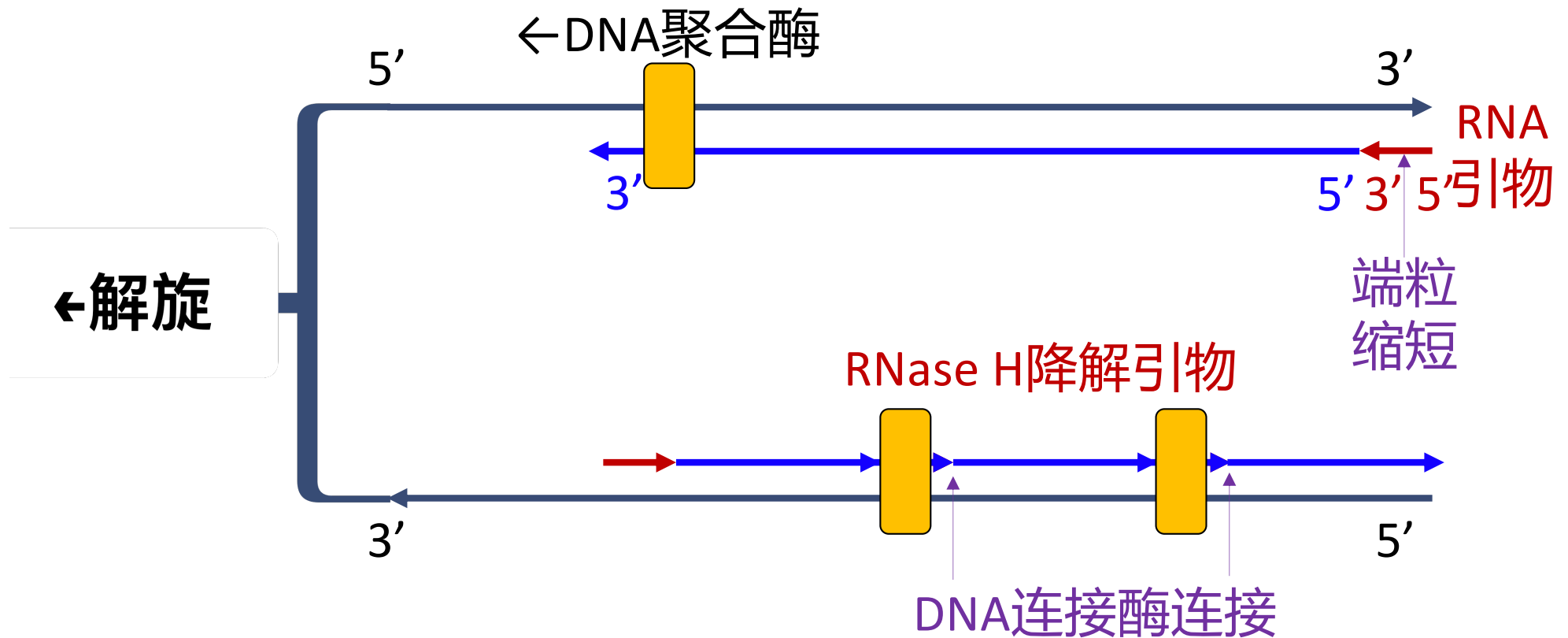
③复旋：每条新链与其对应的模板链盘绕形成螺旋结构。



▲ 图3-10 DNA复制的示意图

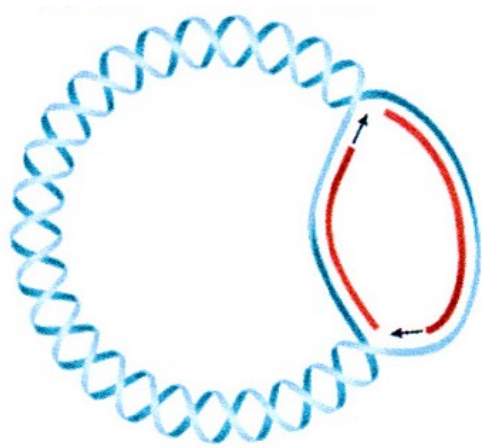
CH 3.3.3 DNA的复制过程

拓展：

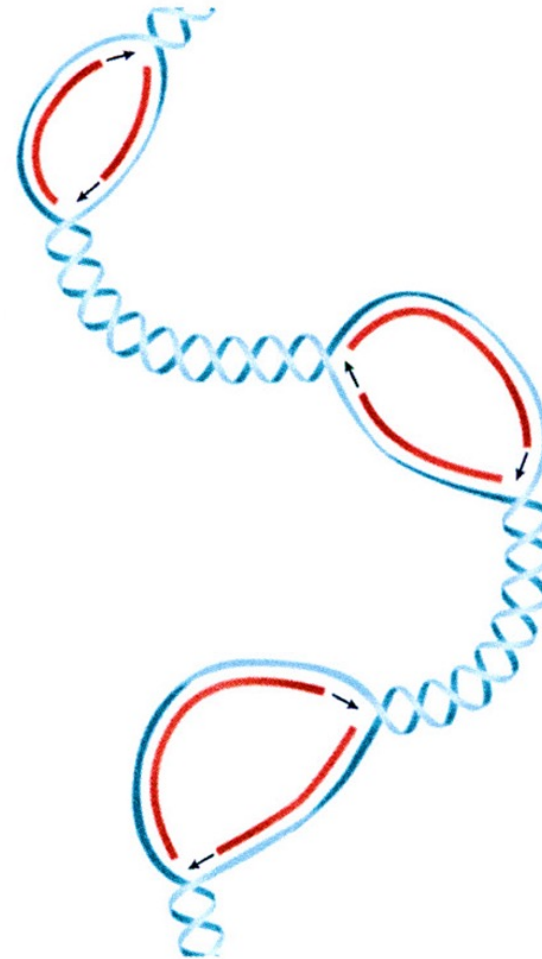


冈崎片段 (Okazaki fragment)

CH 3.3.3 DNA的复制过程

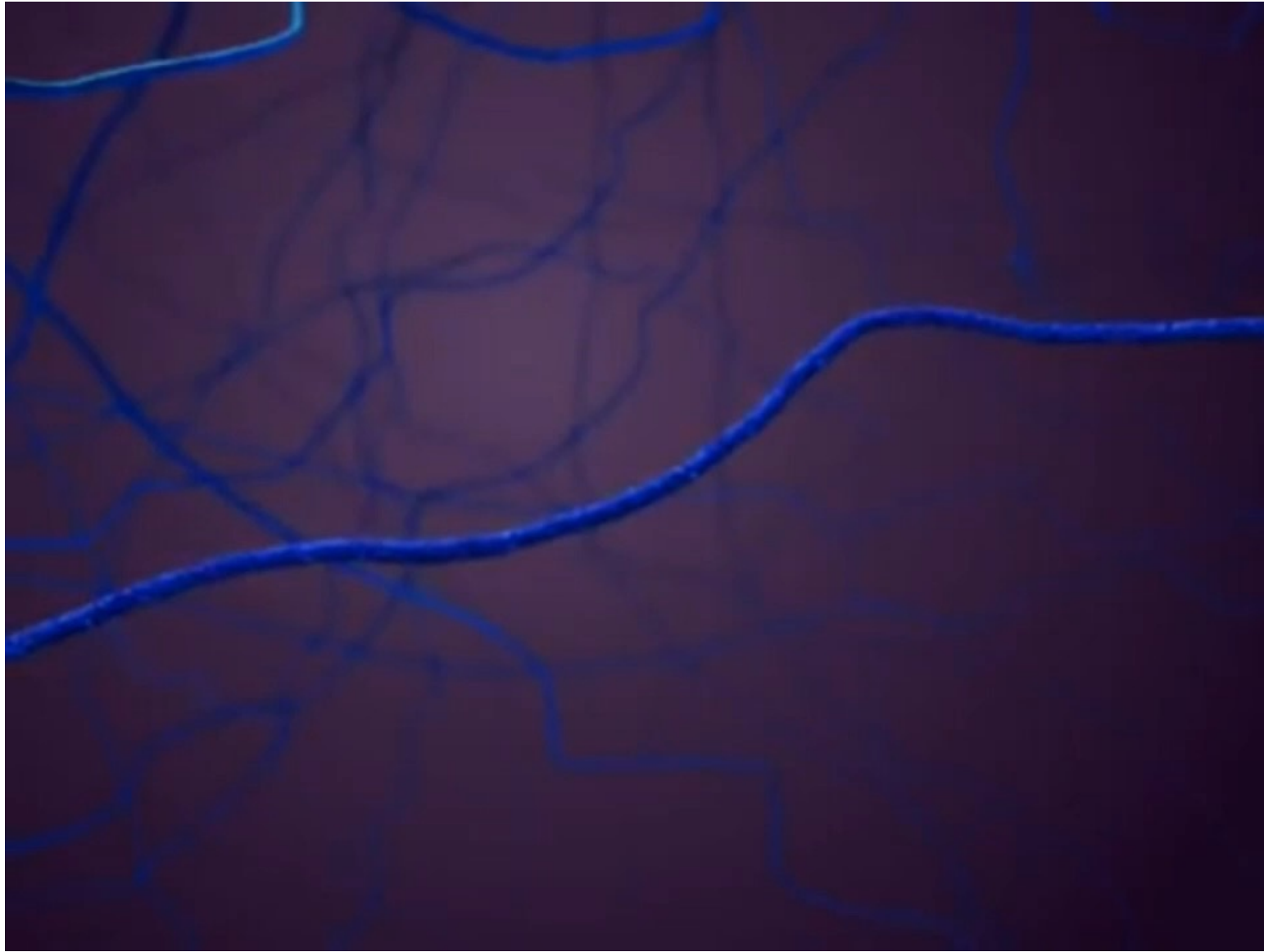


原核生物：
单起点双向复制



真核生物：
多起点双向复制

CH 3.3.3 DNA的复制过程



CH 3.3.3 DNA的复制过程

小结：DNA复制是一个**边解旋边复制**的过程，需要**模板、原料、能量和酶**等基本条件。DNA独特的双螺旋结构，为复制提供了精确的模板，通过碱基互补配对，保证了复制能够准确地进行。

练习与应用：一、概念检测

1.DNA复制是在为细胞分裂进行必要的物质准备。据此判断下列相关表述是否正确。

(1) DNA复制与染色体复制是分别独立进行的。 ×

(2) 在细胞有丝分裂的中期，每条染色体是由两条染色单体组成的，所以DNA的复制也是在这个时期完成的。 ×

练习与应用：一、概念检测

2.DNA复制保证了亲子代间遗传信息的连续性。下列关于DNA复制的叙述，正确的是 **B**

A.复制均在细胞核内进行

B.碱基互补配对原则保证了复制的准确性

C.1个DNA分子复制1次产生4个DNA分子

D.游离的脱氧核苷酸在解旋酶的作用下合成子链

练习与应用：一、概念检测

3.将DNA双链都被 ^{15}N 标记的大肠杆菌放在含有 ^{14}N 的培养基中培养，使其分裂3次，下列叙述正确的是 **C**

A.所有的大肠杆菌都含有 ^{15}N

B.含有 ^{15}N 的大肠杆菌占全部大肠杆菌的比例为 $1/2$

C.含有 ^{15}N 的大肠杆菌占全部大肠杆菌的比例为 $1/4$

D.含有 ^{15}N 的DNA分子占全部DNA分子的比例为 $1/8$

练习与应用：二、拓展应用

1.虽然DNA复制通过碱基互补配对在很大程度上保证了复制的准确性，但是，DNA平均每复制 10^9 个碱基对，就会产生1个错误。请根据这一数据计算，约有31.6亿个碱基对的人类基因组复制时可能产生多少个错误？这些错误可能产生什么影响？

可能有6个碱基发生错误。产生的影响可能很大，也可能没有影响。

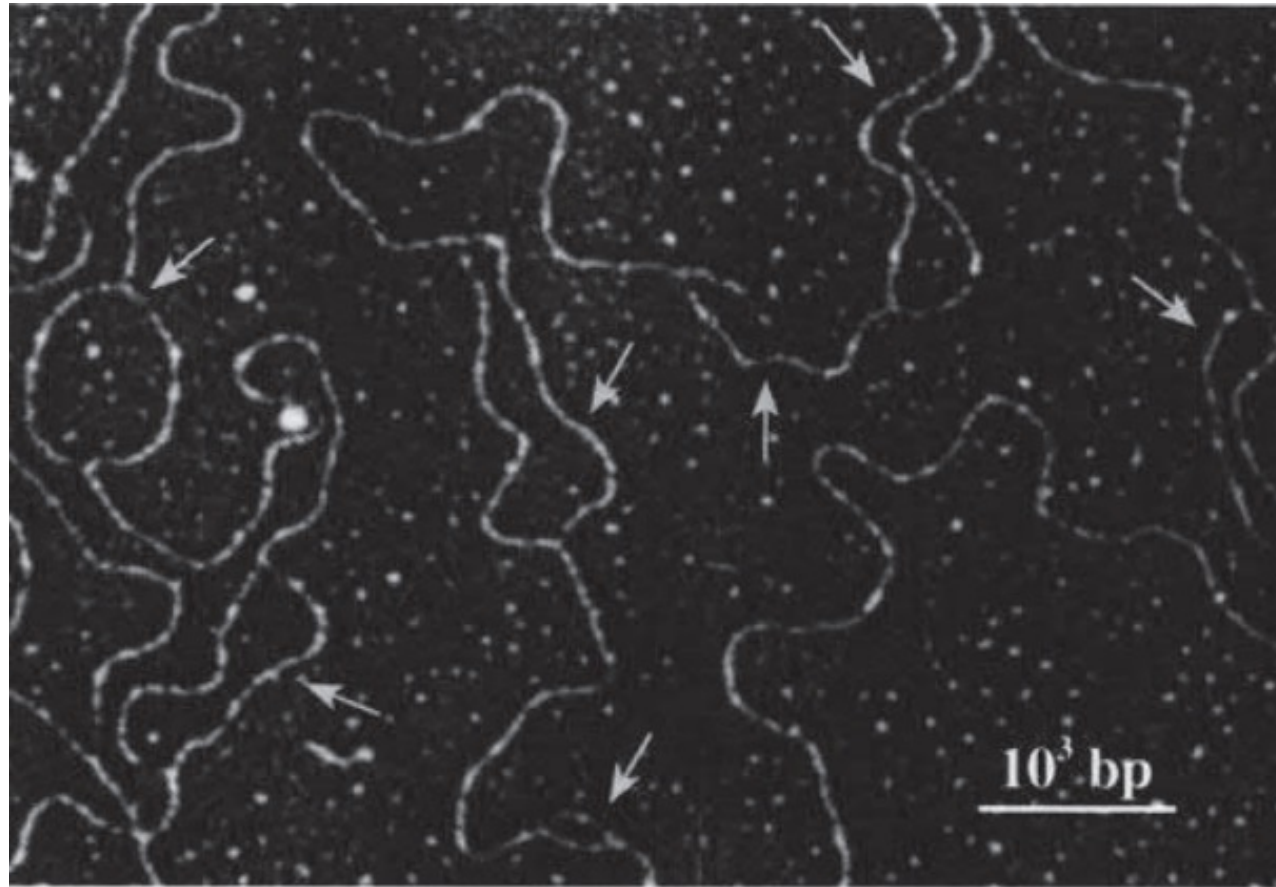
练习与应用：二、拓展应用

2. 已知果蝇的基因组大小为 18×10^8 bp（bp表示碱基对），真核细胞中DNA复制的速率一般为50-100 bp/s。

下图为果蝇DNA的电镜照片，图中的泡状结构叫作DNA复制泡，是DNA上正在复制的部分。请你推测果蝇DNA形成多个复制泡的原因。

说明果蝇的DNA有多个复制起点，可同时从不同起点开始DNA的复制，由此加快DNA复制的速率，为细胞分裂做好物质准备。

练习与应用：二、拓展应用



果蝇DNA的电镜照片