

CH 6.1 细胞的增殖

Y. K. Fu





本节聚焦

- 细胞通过什么方式增殖？
- 什么叫做细胞周期？
- 细胞有丝分裂的过程是怎样的？它有什么生物学意义？



问题探讨

象与鼠的个体大小相差十分悬殊。

1. 请推测象与鼠相应器官或组织的细胞大小是否也有很大差异。



象与鼠

象与鼠相应器官和组织的细胞在大小上无明显差异。

2. 生物体的长大，是靠细胞数量的增多还是靠细胞体积的增大？

生物体的长大，既靠细胞生长增大细胞的体积，也要靠细胞分裂增加细胞的数量。



问题探讨

多细胞生物体的生长

细胞生长

细胞分裂

同种类细胞体积无明显差异

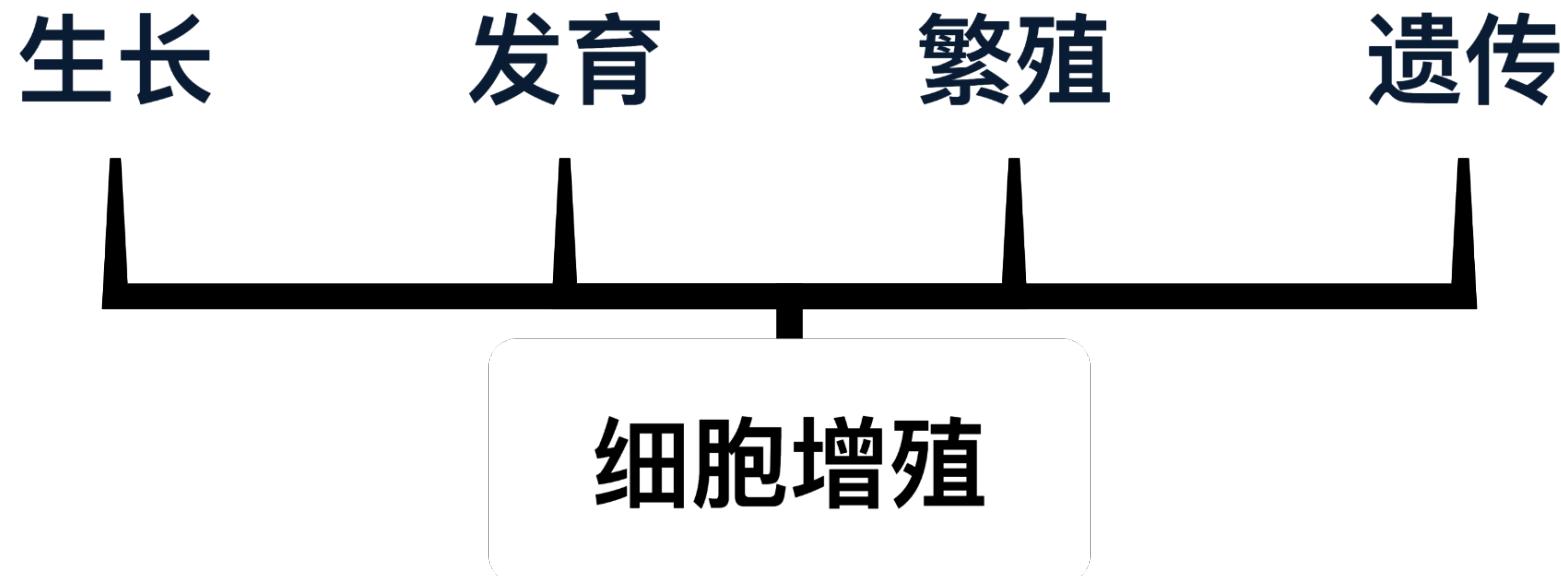
细胞体积增大

主要决定因素

细胞数量增多

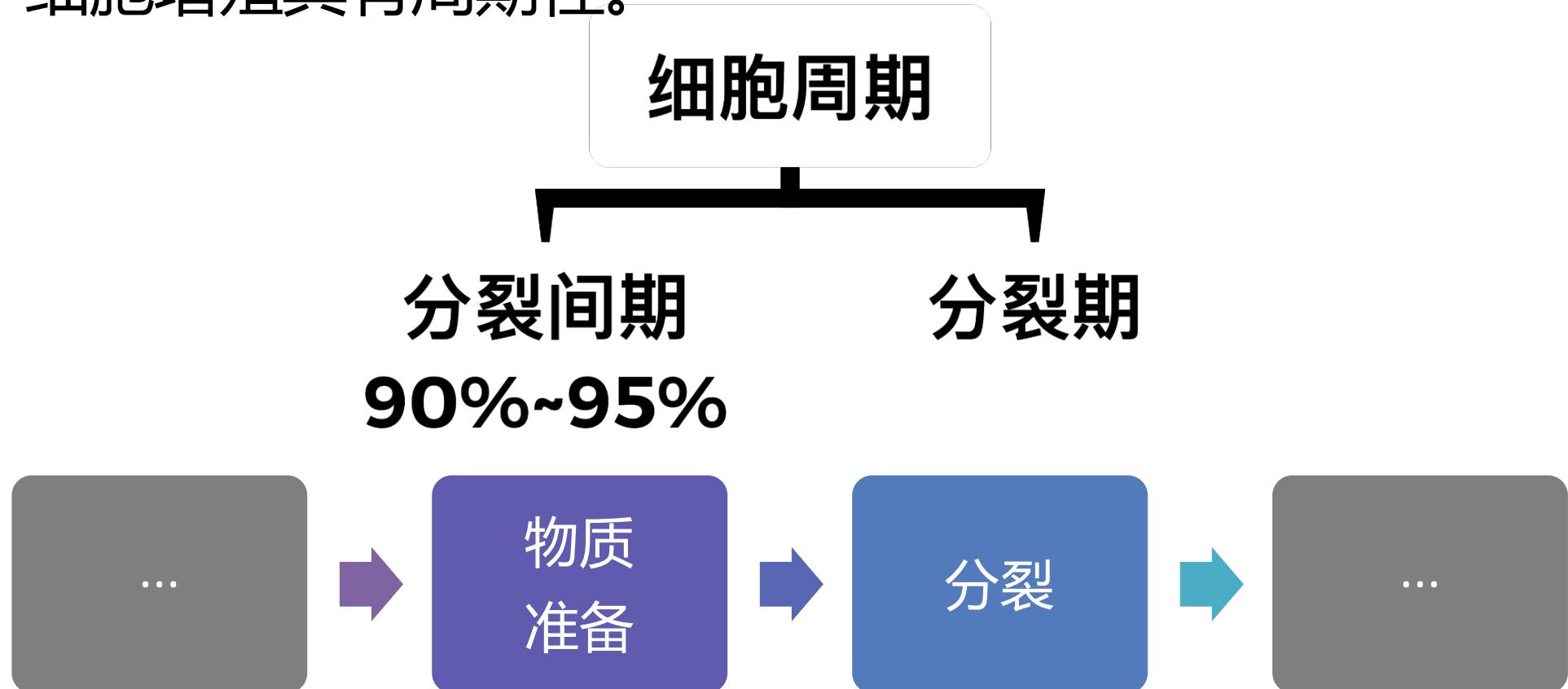
CH 6.1.1 细胞增殖

细胞通过细胞分裂增加细胞数量的过程，叫做细胞增殖（cell proliferation）。



CH 6.1.2 细胞周期

细胞增殖具有周期性。



连续分裂的细胞，从一次分裂完成时开始，到下一次分裂完成时为止，为一个细胞周期 (cell cycle) 。

表6-1 不同细胞的细胞周期持续时间/h

细胞类型	分裂间期	分裂期	细胞周期
蚕豆根尖分生区细胞	15.3	2.0	17.3
小鼠十二指肠上皮细胞	13.5	1.8	15.3
人的肝细胞	21	1	22
人的宫颈癌细胞	20.5	1.5	22

受精卵，干细胞，植物分生区、形成层细胞，动物生发层细胞，癌细胞有细胞周期。

高度分化细胞（如神经细胞）不再分裂，没有细胞周期。

细胞

分裂间期90%~95%



为DNA复制做
准备 (生长)

DNA复制

为分裂期做准备
(中心体完成复制)

DNA复制、蛋白质合成、细胞适度生长

周期

分裂期：真核细胞主要进行**有丝分裂**

前期

中期

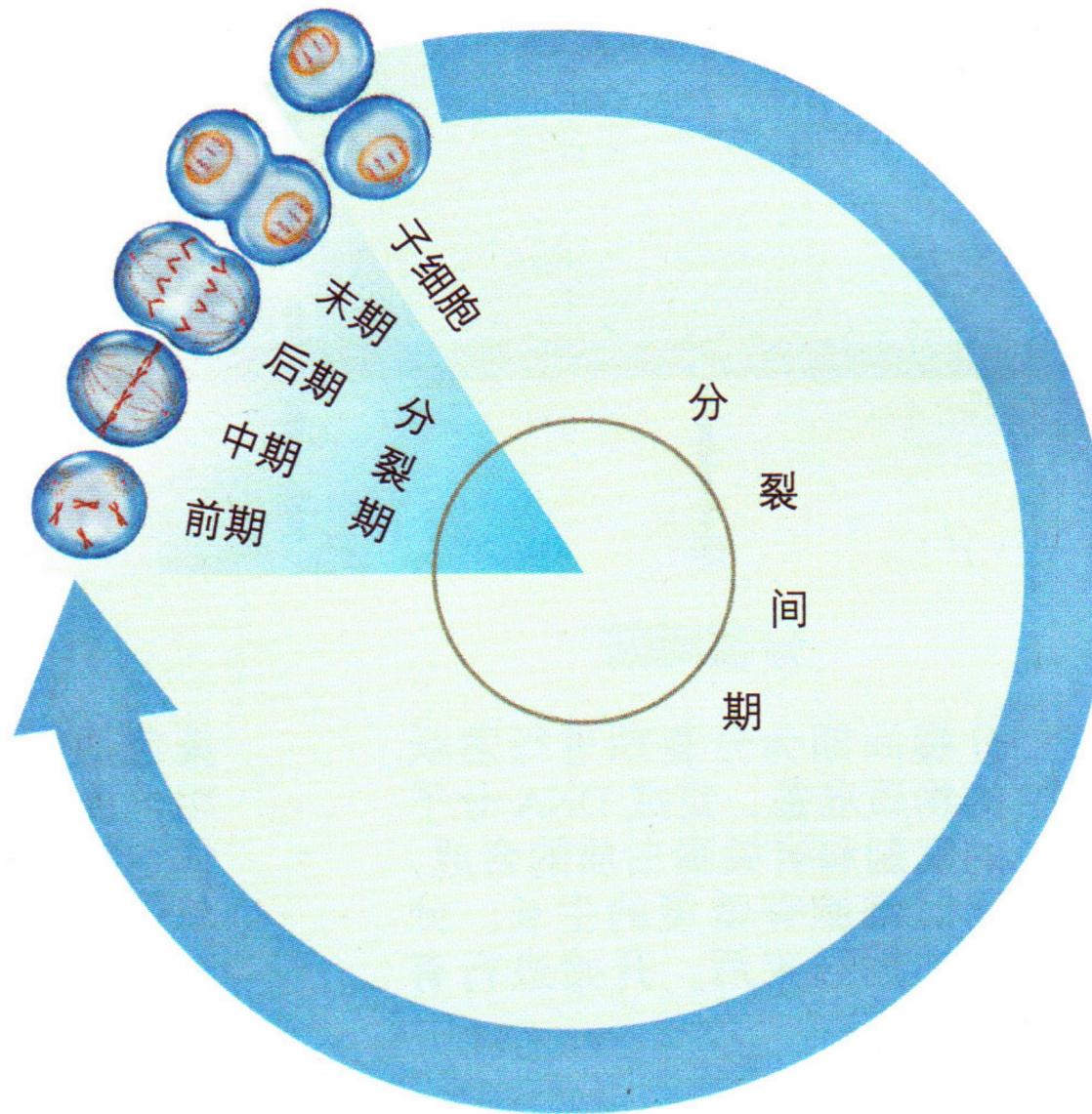
后期

末期

Q：分裂期有没有其他分裂方式？

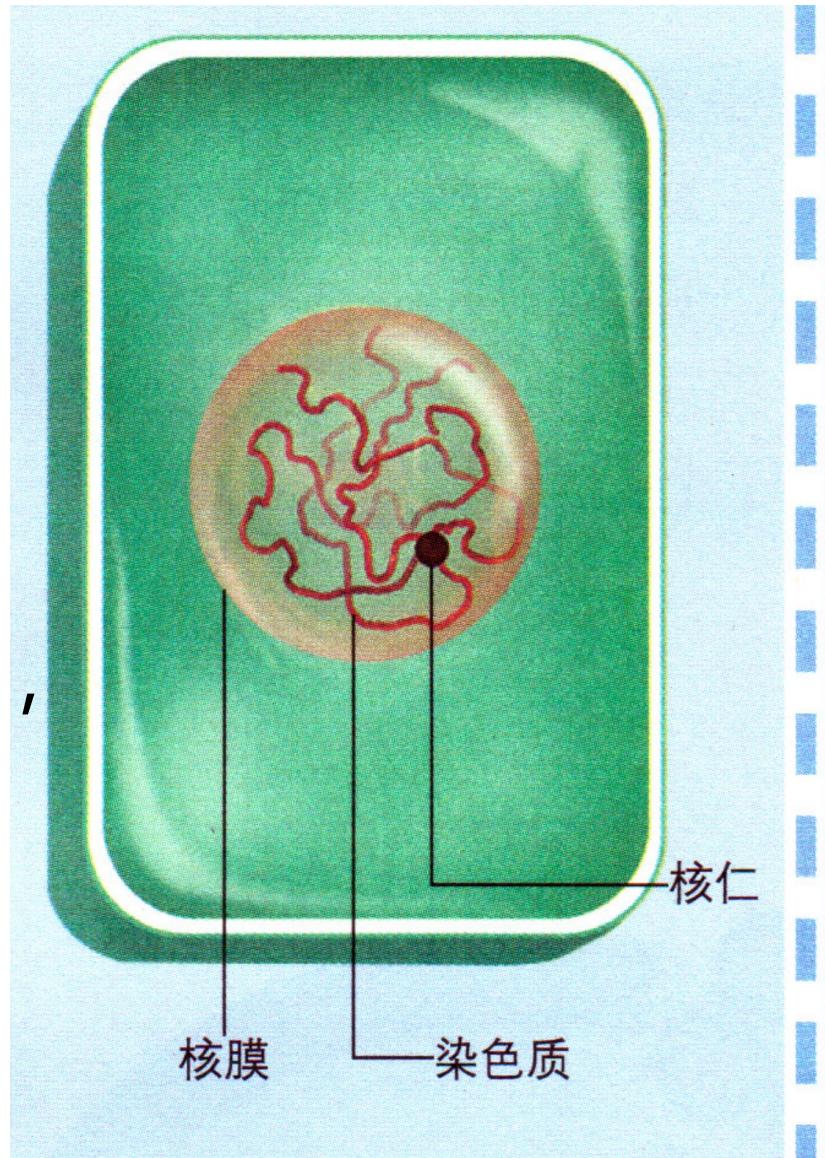
蛙红细胞：无丝分裂

图6—1 细胞周期 (以进行有丝分裂的细胞为例)



CH 6.1.3 有丝分裂——间期（不属于有丝分裂范畴）

分裂间期为分裂期进行活跃的物质准备，完成DNA分子的复制和有关蛋白质的合成，同时细胞有适度的生长。分裂间期结束后，开始进行有丝分裂。

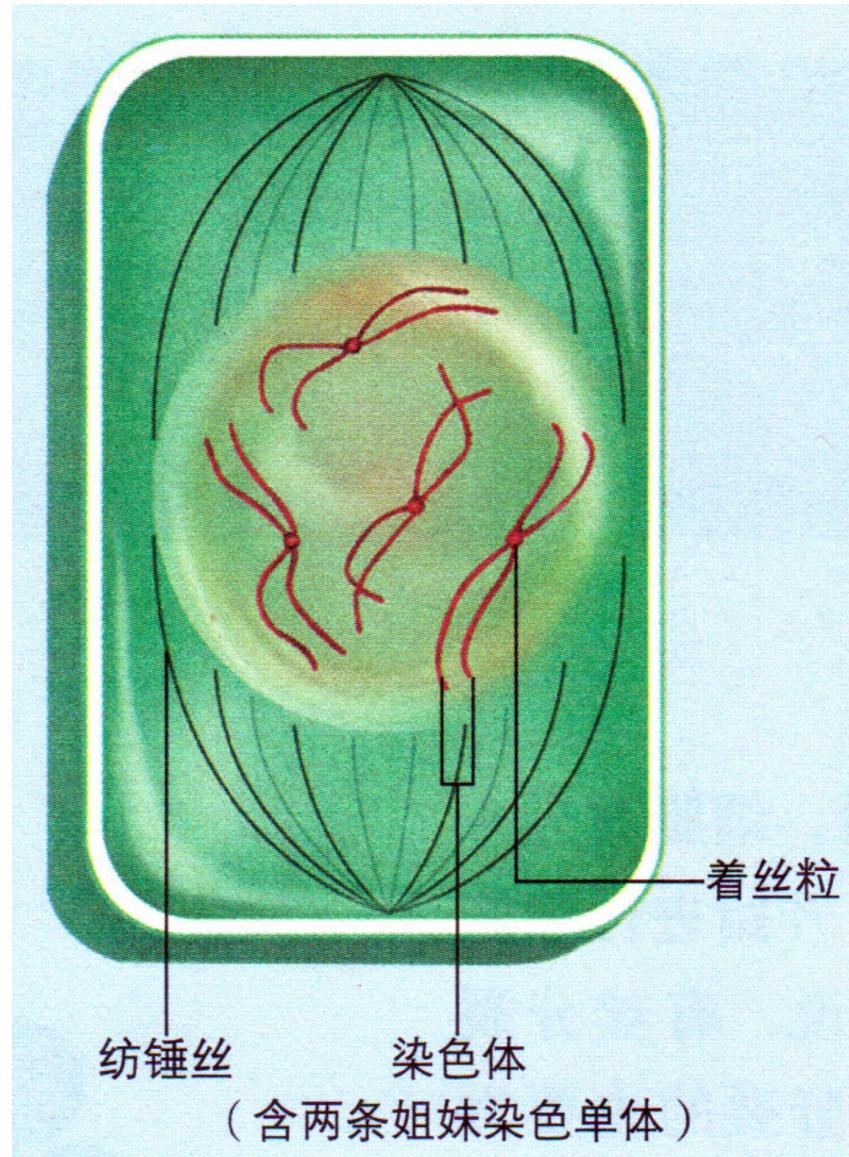


CH 6.1.3 有丝分裂——前期

染色质丝螺旋缠绕，缩短变粗，成为染色体。

每条染色体包括两条并列的姐妹染色单体，这两条染色单体由一个共同的着丝粒连接着。

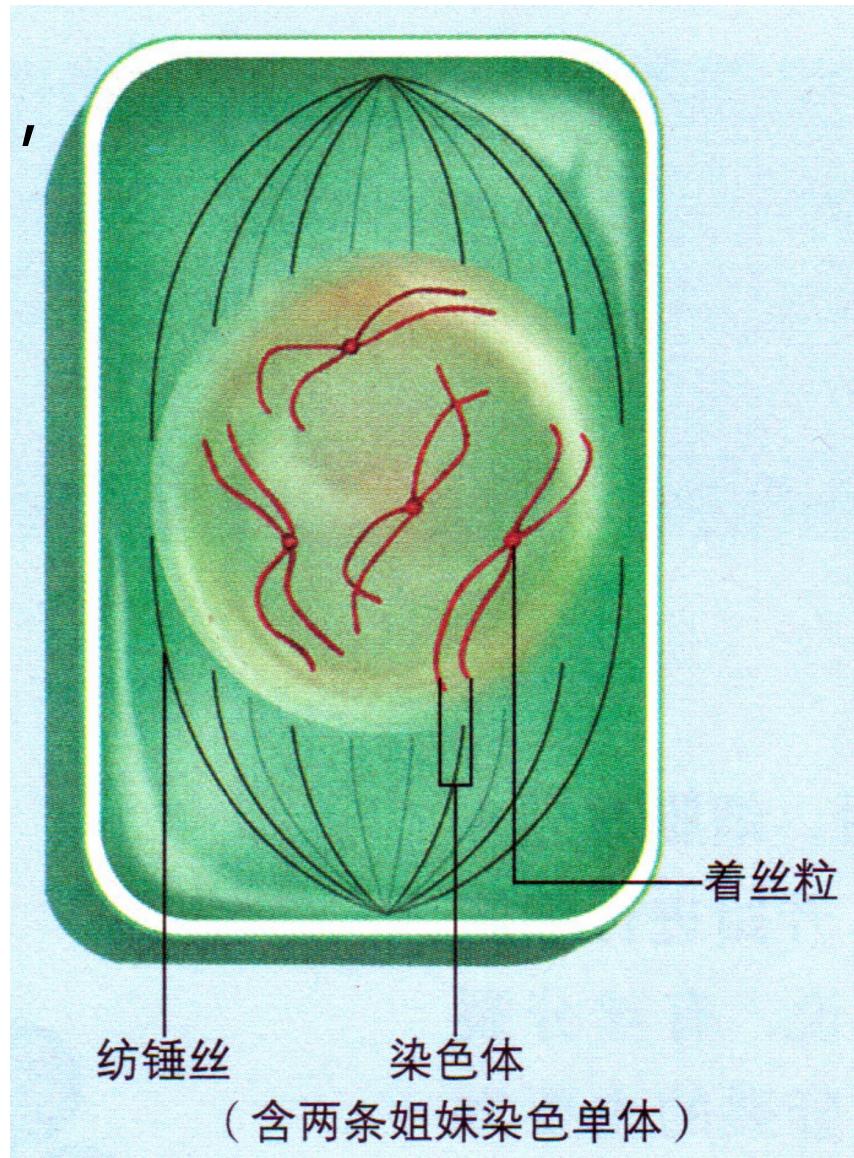
核仁逐渐解体，核膜逐渐消失。



CH 6.1.3 有丝分裂——前期

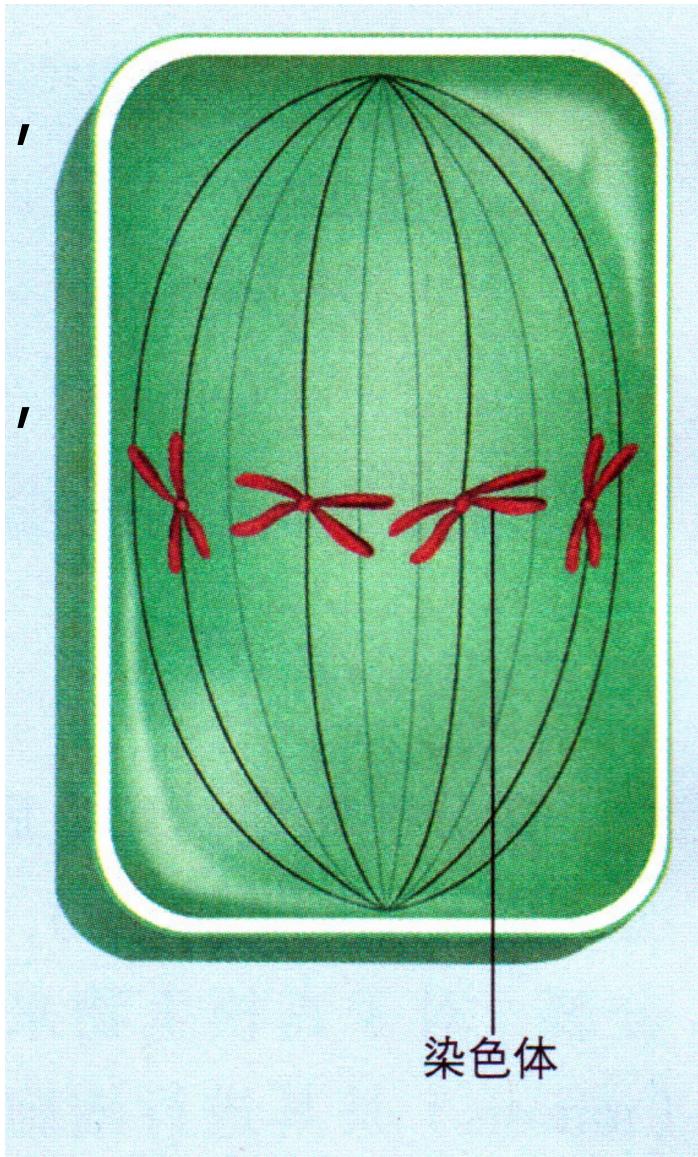
从细胞的两极发出**纺锤丝**，
形成一个梭形的**纺锤体**。

口诀：**膜仁消失现两体**。



CH 6.1.3 有丝分裂——中期

每条染色体的着丝粒两侧，
都有纺锤丝附着在上面，
纺锤丝牵引着染色体运动，
使每条染色体的着丝粒排列在细胞中央的一个平面上。

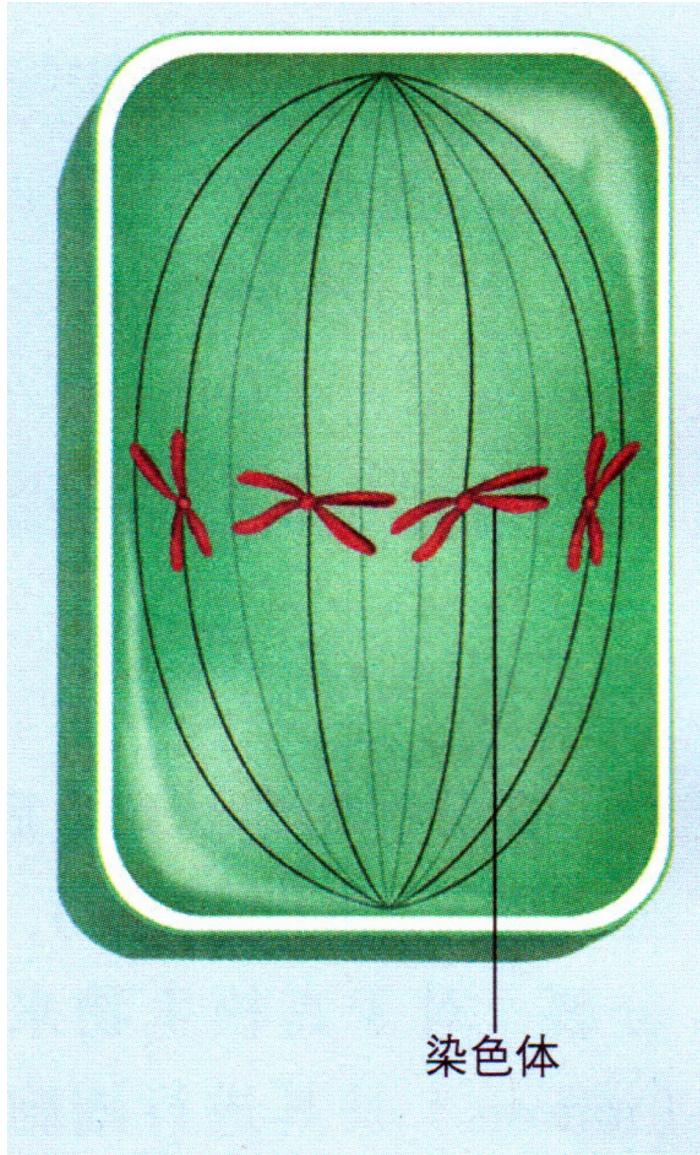


CH 6.1.3 有丝分裂——中期

这个平面与纺锤体的中轴相垂直，类似于地球上赤道的位置，称为**赤道板**。

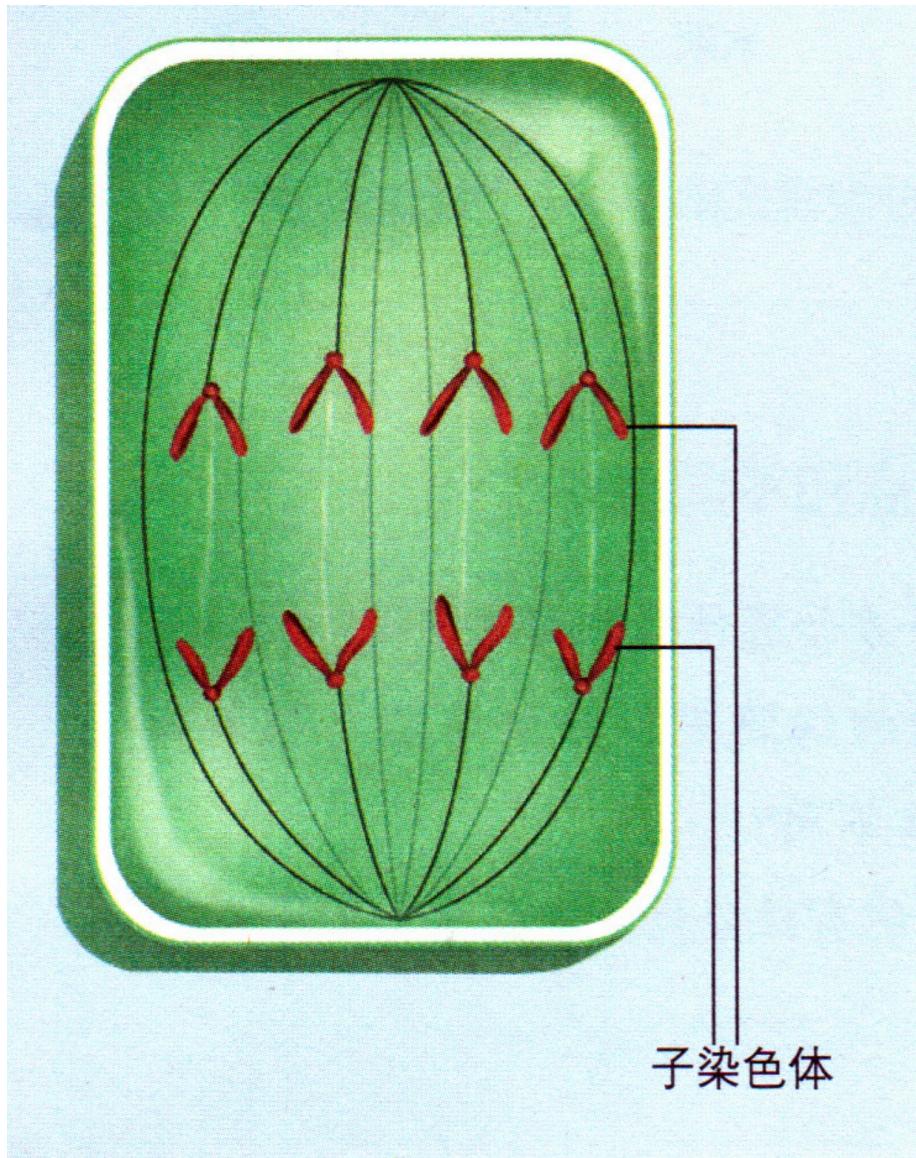
中期染色体形态稳定，数目清晰，便于观察

口诀：**形定数晰赤道齐**



CH 6.1.3 有丝分裂——后期

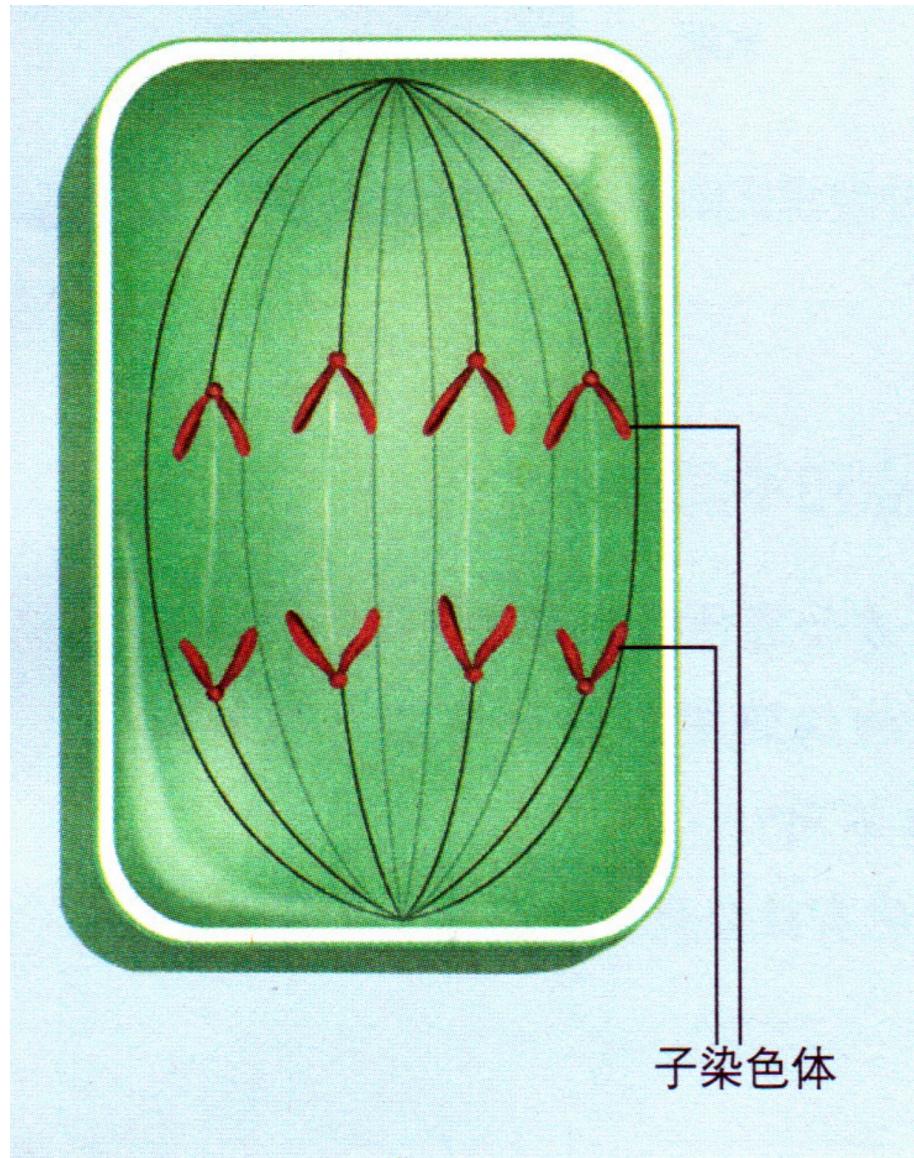
每个着丝粒分裂成两个，姐妹染色单体分开，成为两条（子）染色体，由纺锤丝牵引着分别向细胞的两极移动，结果是细胞的两极各有一套染色体。



CH 6.1.3 有丝分裂——后期

这两套染色体的形态和数目完全相同，每一套染色体与分裂前亲代细胞中的染色体的形态和数目也相同。

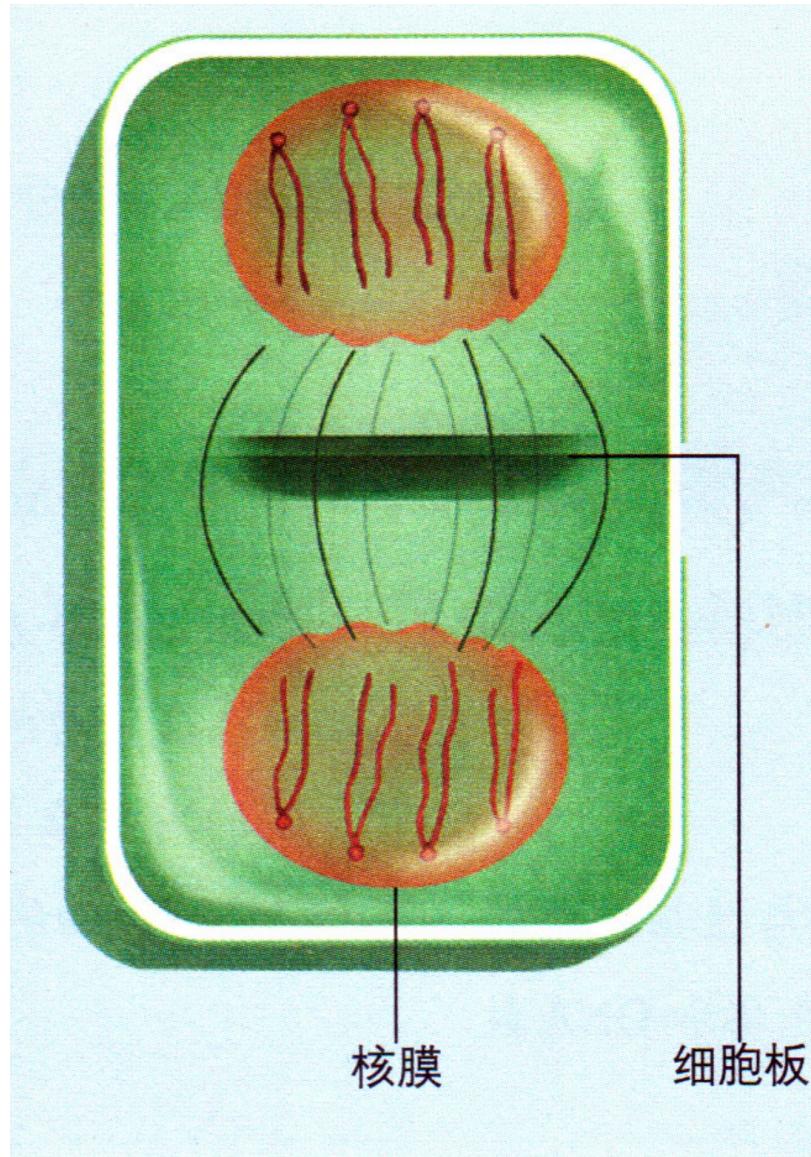
口诀：粒裂体增均两极



CH 6.1.3 有丝分裂——末期

这两套染色体分别到达细胞的两极以后，每条染色体逐渐变成细长而盘曲的染色质丝。

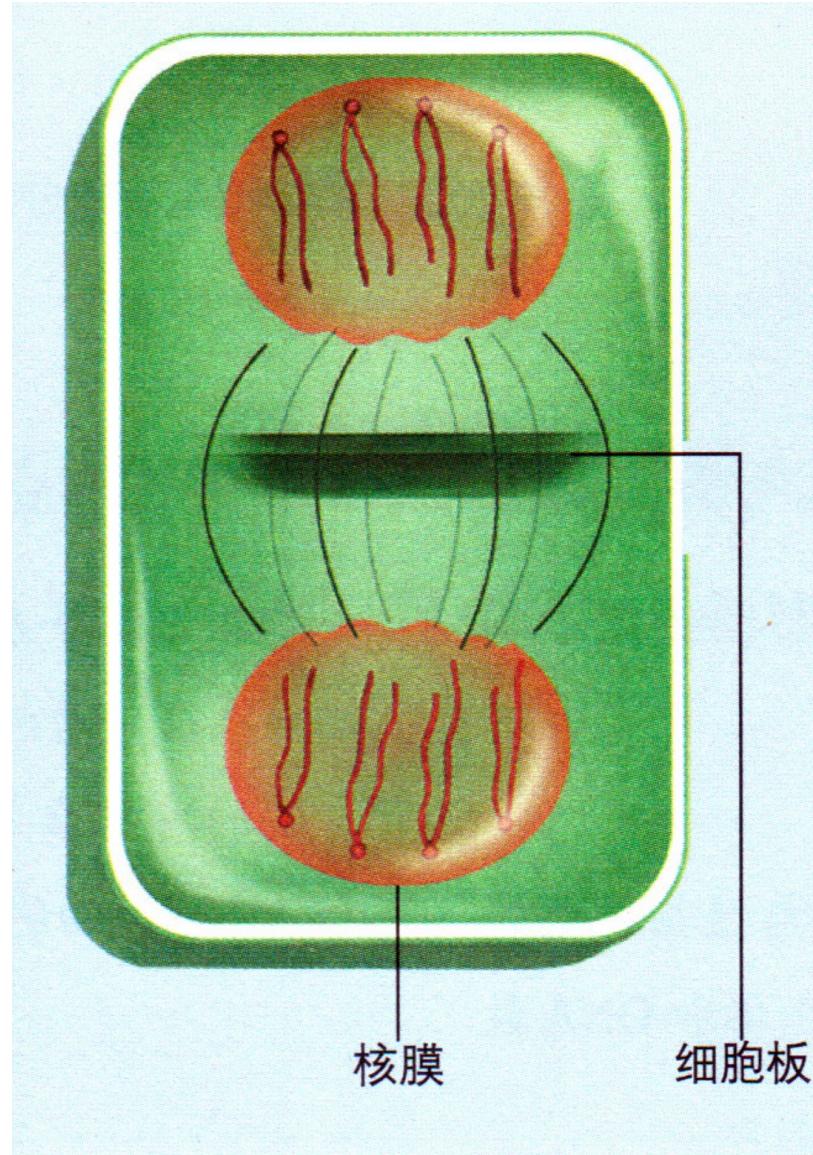
同时，纺锤丝逐渐消失，出现了新的核膜和核仁。



CH 6.1.3 有丝分裂——末期

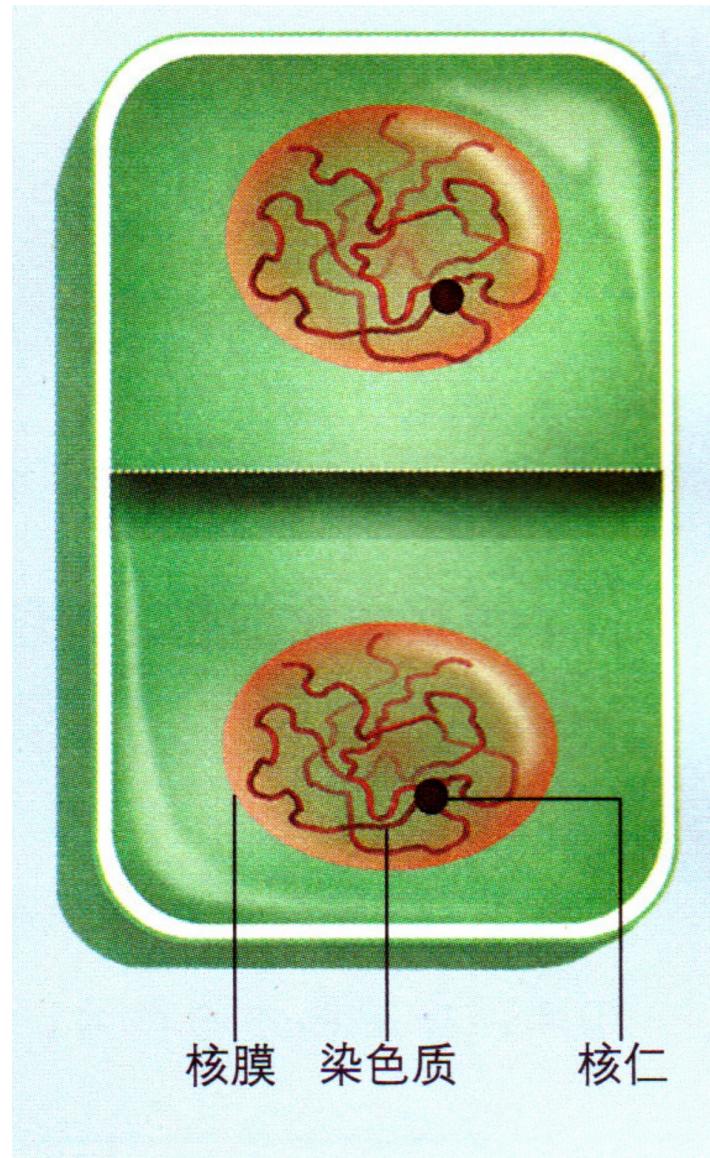
这时候，在赤道板的位置出现一个**细胞板**，细胞板逐渐扩展，形成新的细胞壁。

口诀：**两消两现重新起**

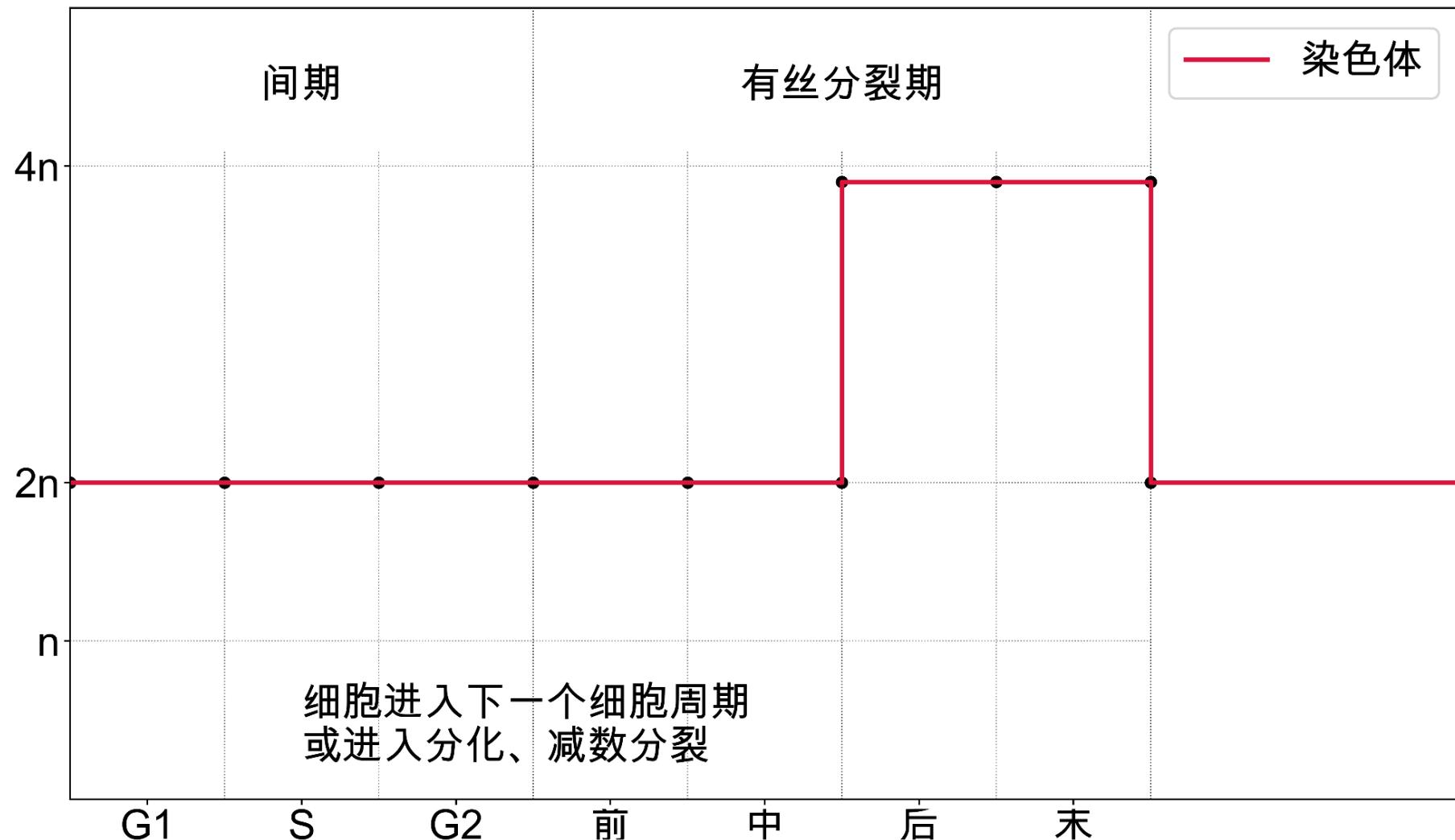


CH 6.1.3 有丝分裂——子细胞（不属于有丝分裂范畴）

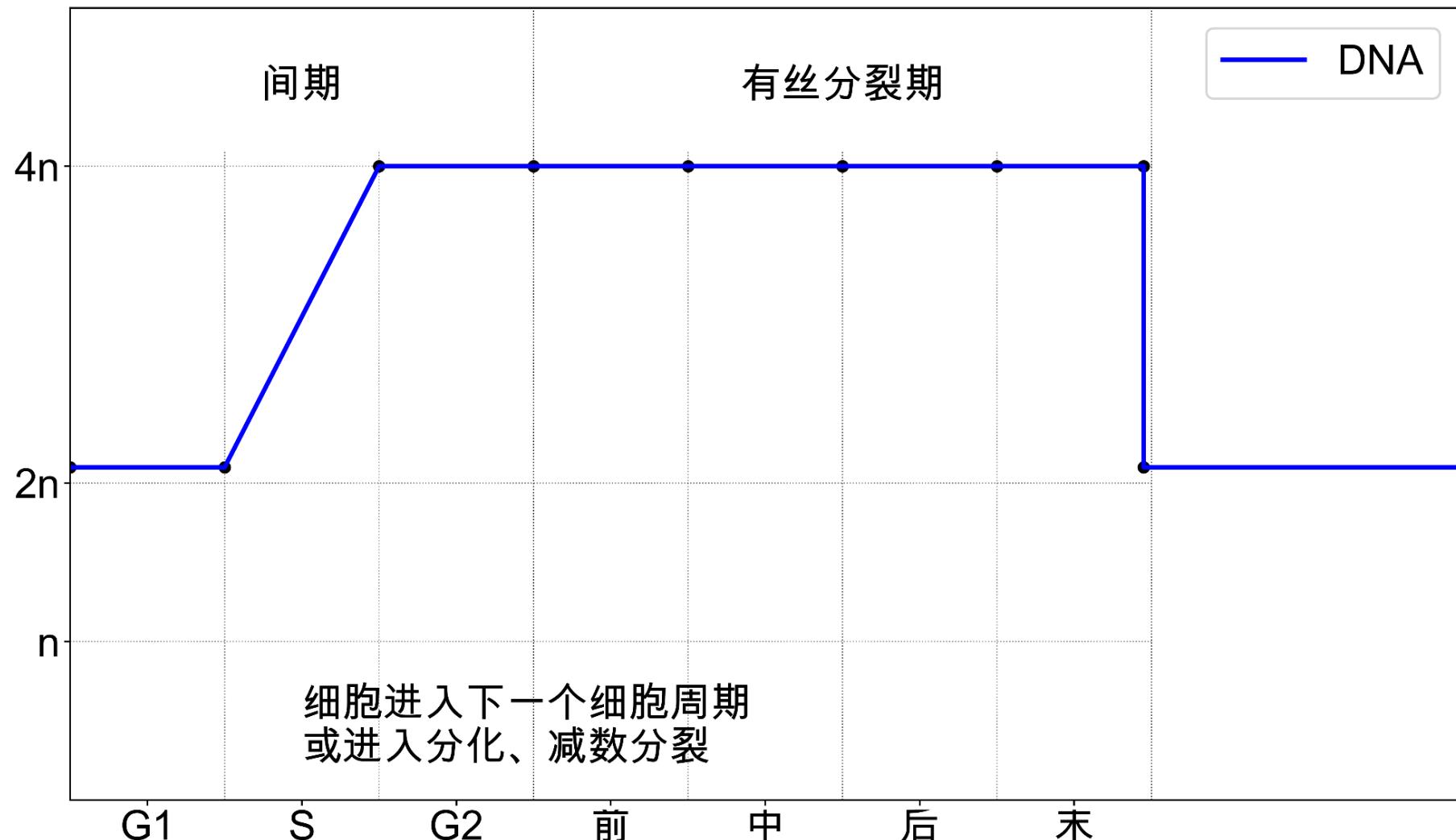
一个细胞分裂成为两个子细胞，每个子细胞中含有的染色体数目与亲代细胞相等。分裂后形成的子细胞若继续分裂，就进入下一个细胞周期的分裂间期状态。



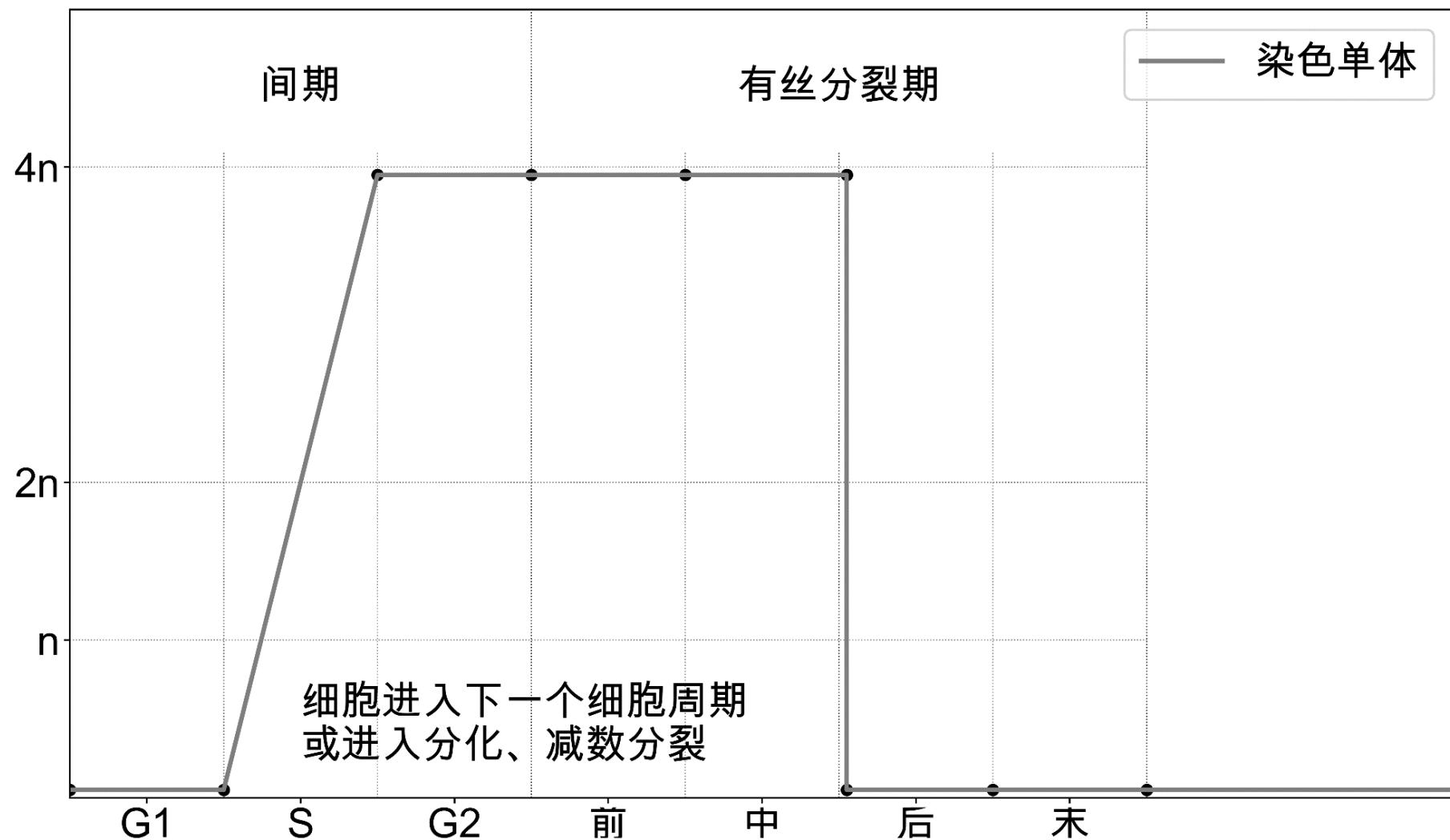
Q : 一个细胞周期中染色体数目变化 ?



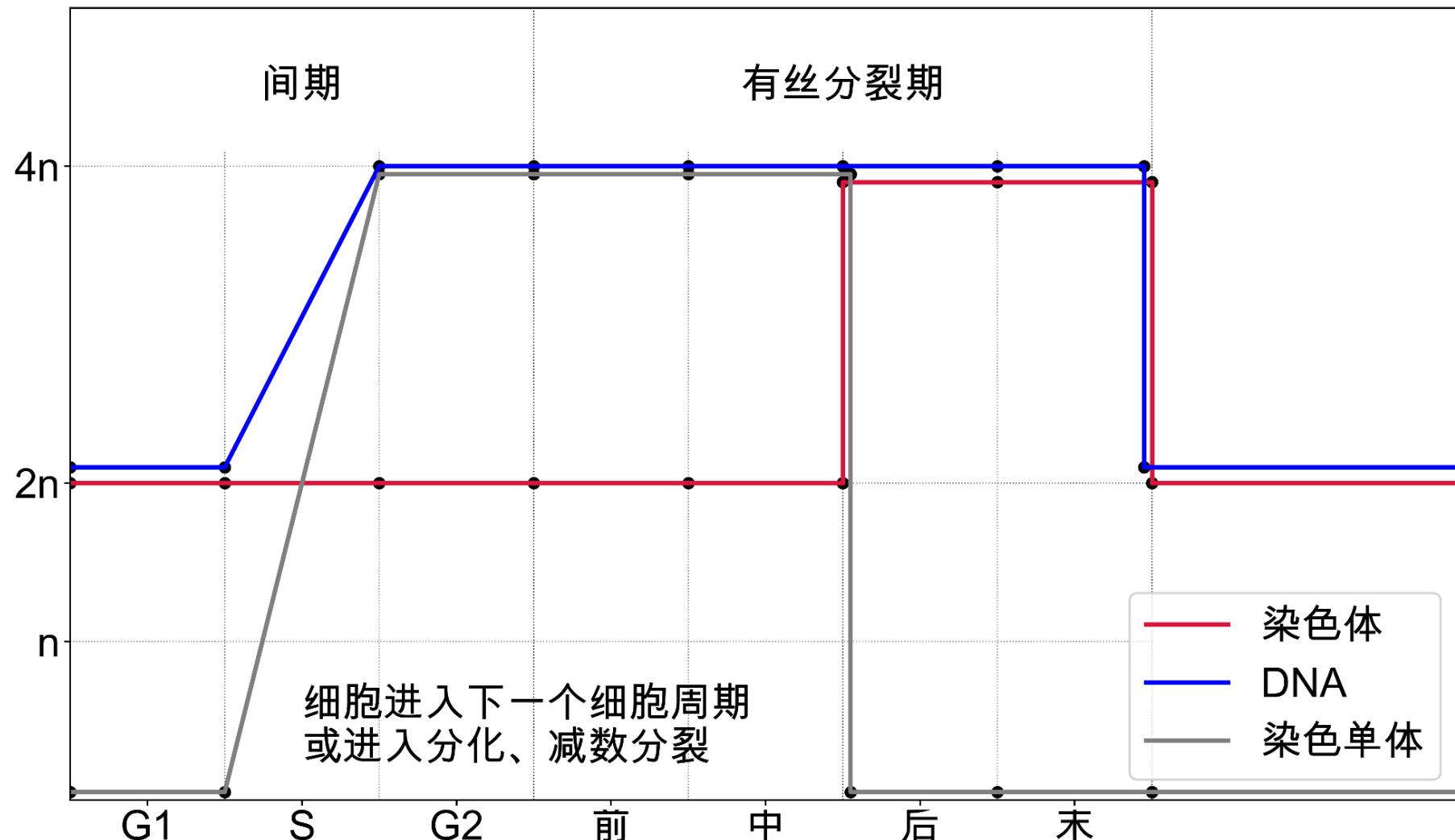
Q : 一个细胞周期中DNA数目变化 ?



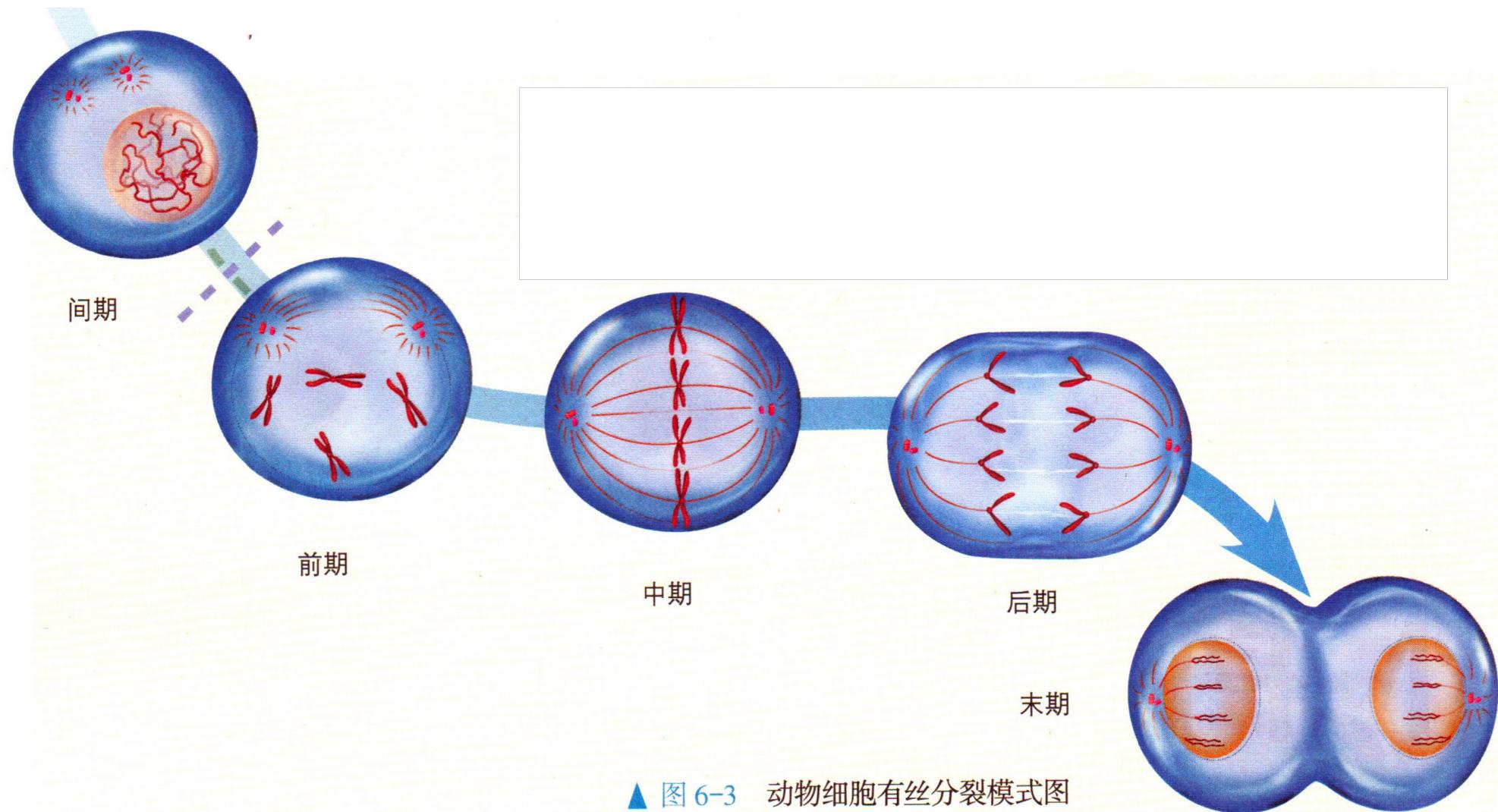
Q：一个细胞周期中染色单体数目变化？



Q : 一个细胞周期中染色体、DNA、染色单体数目变化 ?



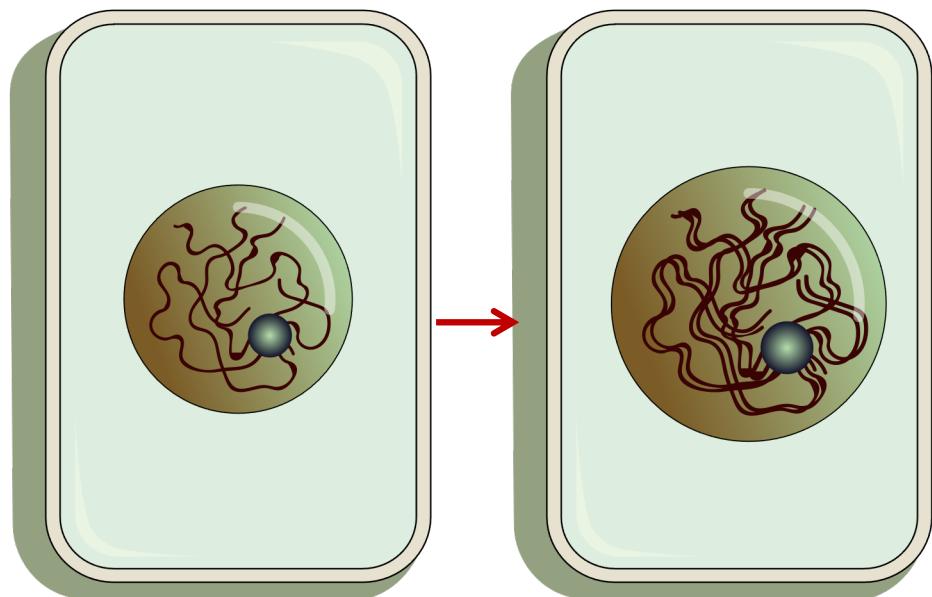
动物细胞有丝分裂过程



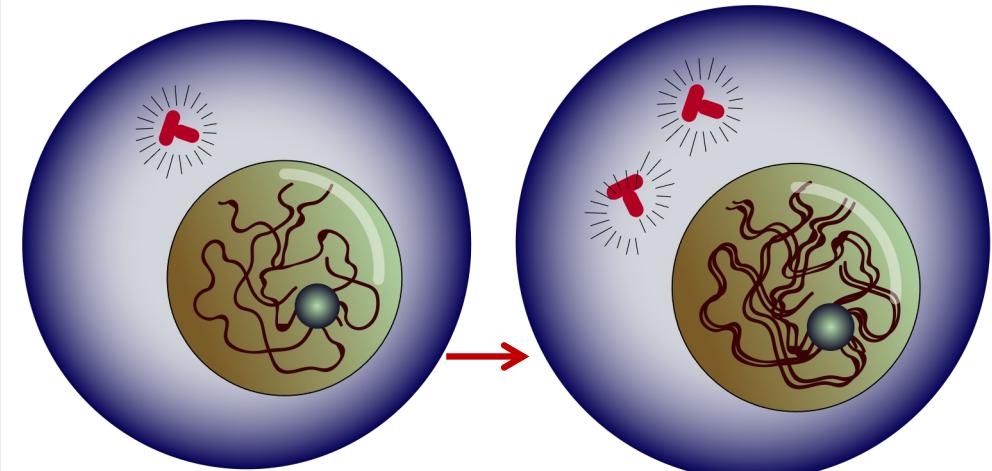
▲ 图 6-3 动物细胞有丝分裂模式图

分裂间期

植物细胞



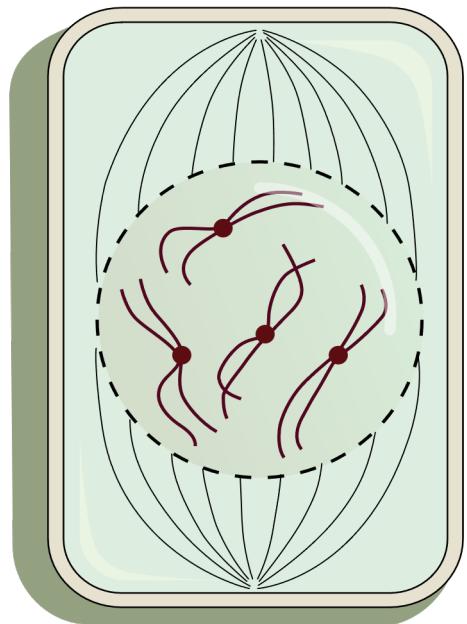
动物细胞



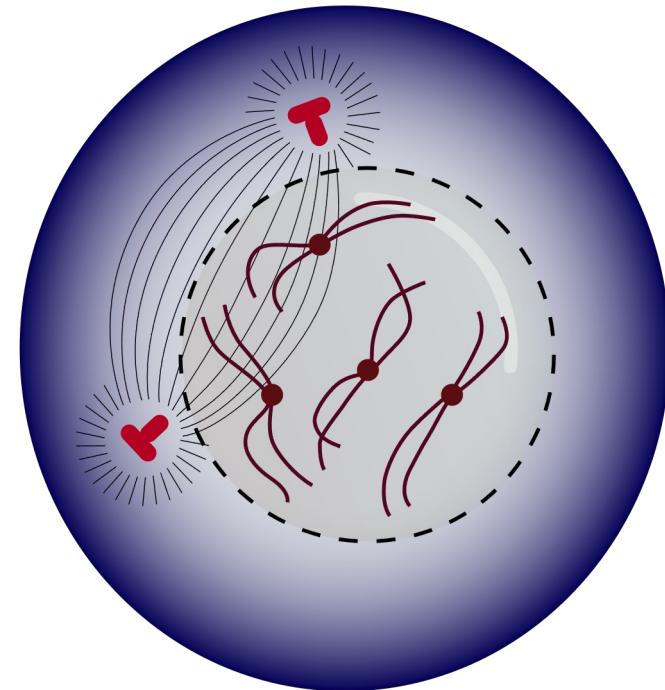
中心体=中心粒×2+周围物质
中心体进行了复制

有丝分裂前期

植物细胞



动物细胞

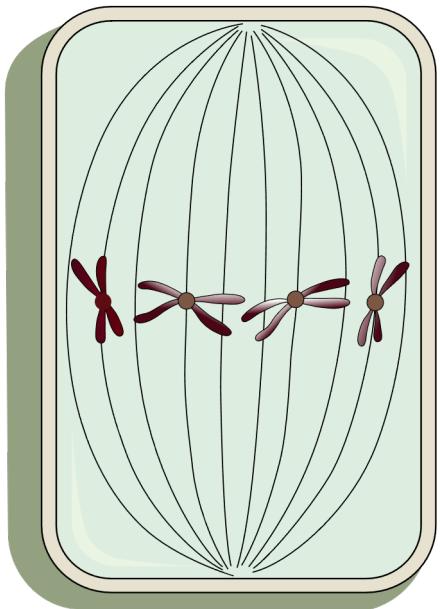


从细胞的两极发出**纺锤丝**，形成一个梭形的纺锤体。

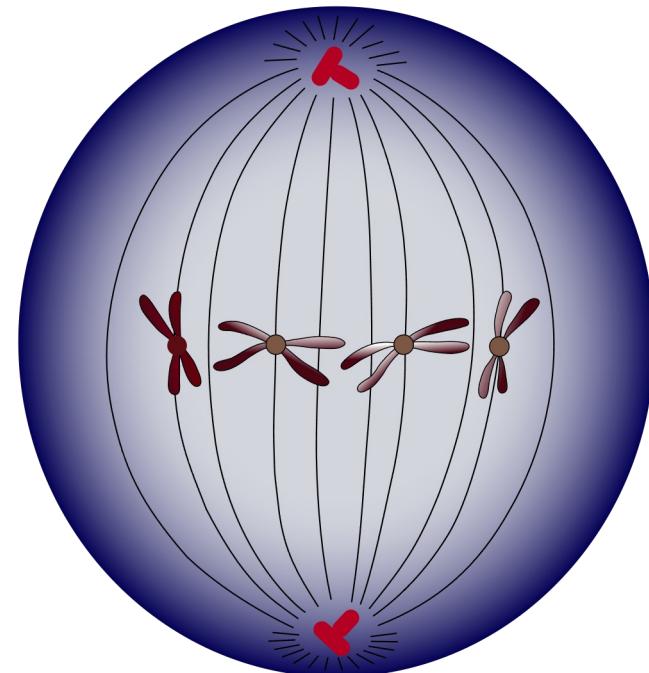
两组中心粒移向细胞两极；
两组中心粒周围发出**星射线**；
星射线形成纺锤体

有丝分裂中期

植物细胞

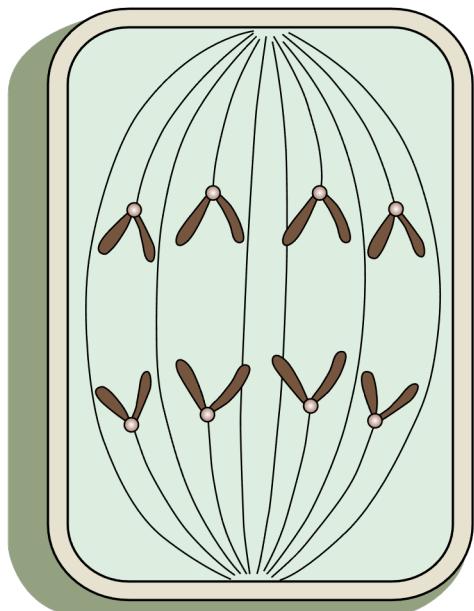


动物细胞

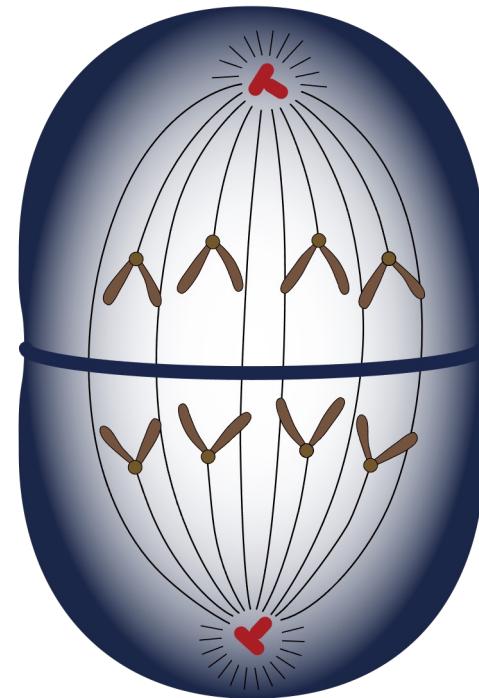


有丝分裂后期

植物细胞

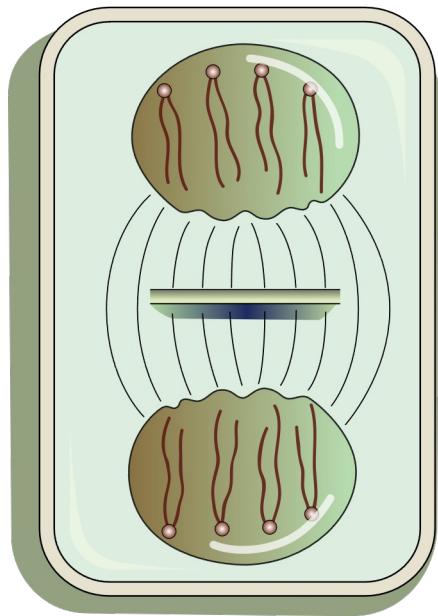


动物细胞

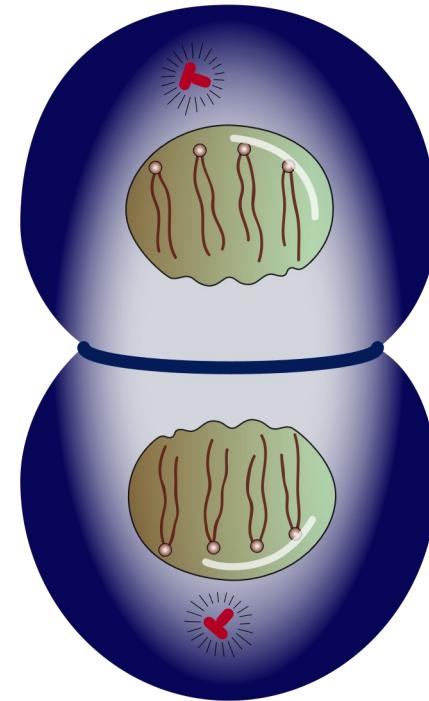


有丝分裂末期

植物细胞



动物细胞

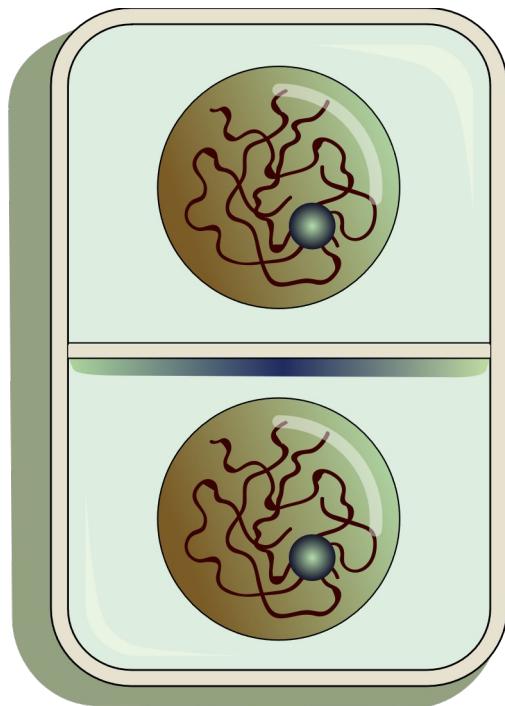


在赤道板的位置出现一个
细胞板，细胞板逐渐扩展，把细胞
形成新的细胞壁。

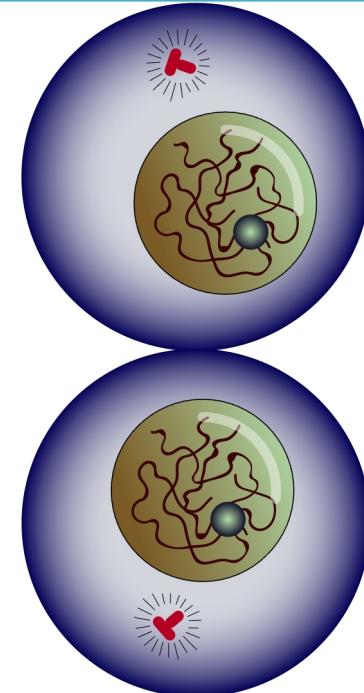
细胞膜从细胞中部向内凹陷，
把细胞缢裂成两个子细胞。

有丝分裂末期（结束时）

植物细胞



动物细胞

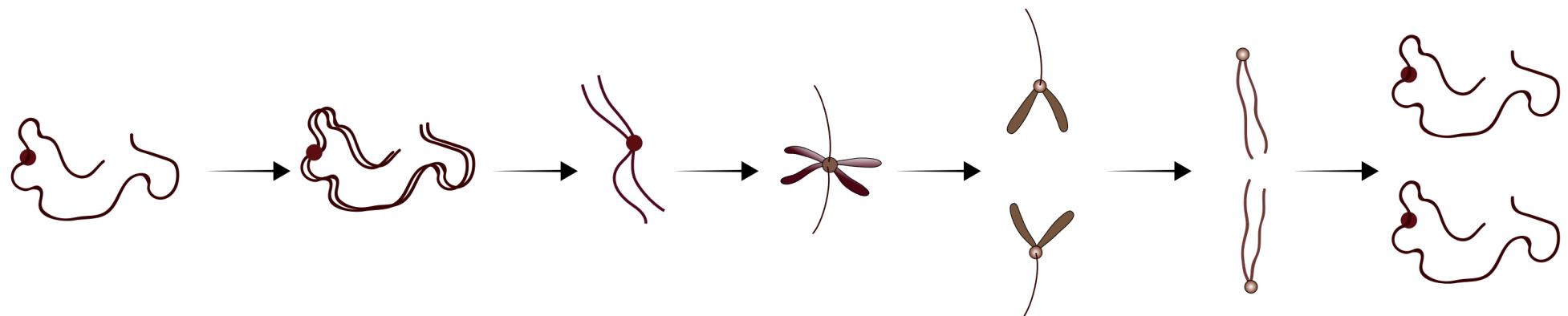


在赤道板的位置出现一个
细胞板，细胞板逐渐扩展，把细胞
形成新的细胞壁。

细胞膜从细胞中部向内凹陷，
把细胞缢裂成两个子细胞。

有丝分裂的意义

将亲代细胞的染色体经过复制（关键是DNA的复制）之后，精确地平均分配到两个子细胞中。在细胞的亲代和子代之间保持了遗传性状的稳定。





思考·讨论：动植物细胞有丝分裂的相同点和不同点

1. 动物细胞的有丝分裂与植物细胞的相比，在染色体行为、染色体和DNA数量的变化等方面有什么共同的规律？

动物细胞有丝分裂和植物细胞有丝分裂在染色体的行为、染色体和DNA数量变化的共同规律是：

- ① 在前期，染色质丝螺旋缠绕，缩短变粗形成染色体，每条染色体由两条并列的姐妹染色单体组成，此时染色体的数量不变，但DNA的数量较体细胞加倍；
- ② 在中期，染色体的着丝粒都排列在赤道板上；
- ③ 在后期，染色体的着丝粒分裂成两个，两条姐妹染色单体分开，在纺锤丝的牵引下分别移向细胞的两极，此时染色体的数量加倍，而DNA的数量保持不变；
- ④ 在末期，染色体逐渐变成细长而盘曲的染色质丝，末期结束后子细胞中染色体和DNA的数量与亲代相同。



思考·讨论：动植物细胞有丝分裂的相同点和不同点

2. 动物细胞有丝分过程与植物细胞的有什么不同？

动物细胞的有丝分裂过程与植物细胞的不同点是：第一，动物细胞有由一对中心粒构成的中心体，中心粒在间期倍增，成为两组。进入分裂期后，两组中心粒分别移向细胞两极。在这两组中心粒的周围，发出大量放射状的星射线，两组中心粒之间的星射线形成了纺锤体；第二，动物细胞分裂的末期不形成细胞板，而是细胞膜从细胞的中部向内凹陷，最后把细胞缢裂成两部分，每部分都含有一个细胞核。



思考·讨论：动植物细胞有丝分裂的相同点和不同点

3. 有丝分裂的重要意义是什么？

细胞有丝分裂的重要意义是：将亲代细胞的染色体经过复制（关键是DNA的复制）之后，精确地平均分配到两个子细胞中。由于染色体上有遗传物质DNA，因而在细胞的亲代和子代之间保持了遗传的稳定性。

动物细胞能否无限次分裂

**体细胞分裂50~60次
(Hayflick limit)**

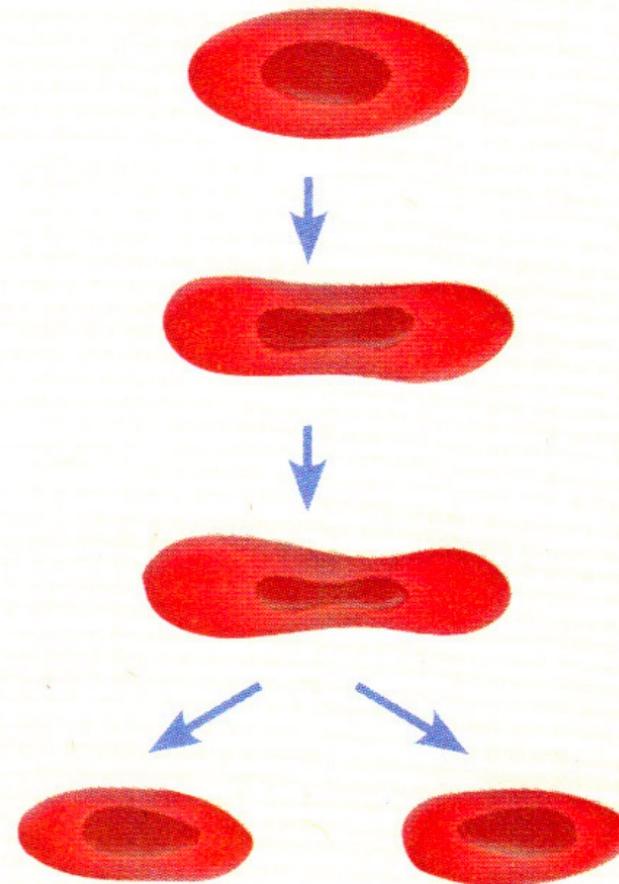


致癌因子作用于细胞



癌细胞, 可无限分裂

无丝分裂

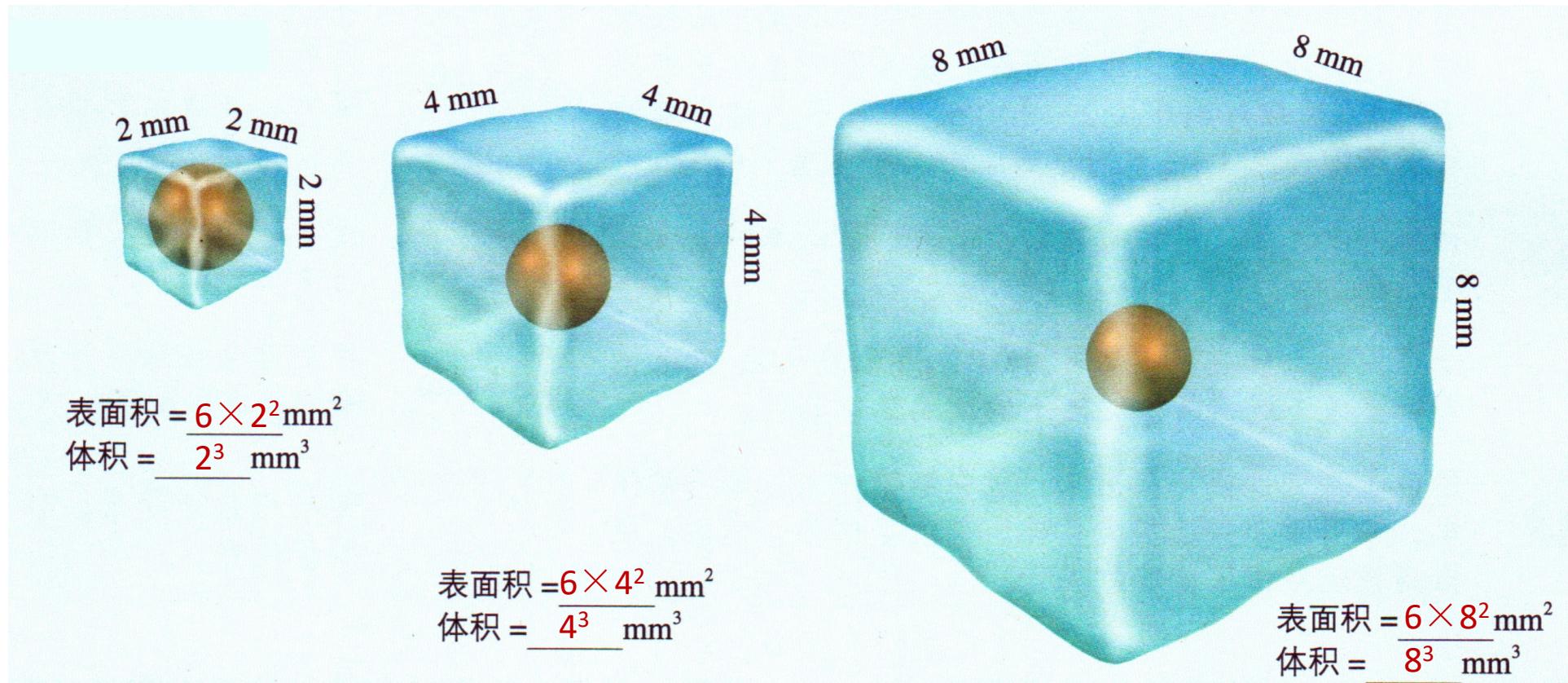


蛙的红细胞无丝分裂示意图



思维训练：运用模型作解释

1. 现有3个大小不同的细胞模型，如下图所示，计算每个“细胞”的表面积与体积的比值。

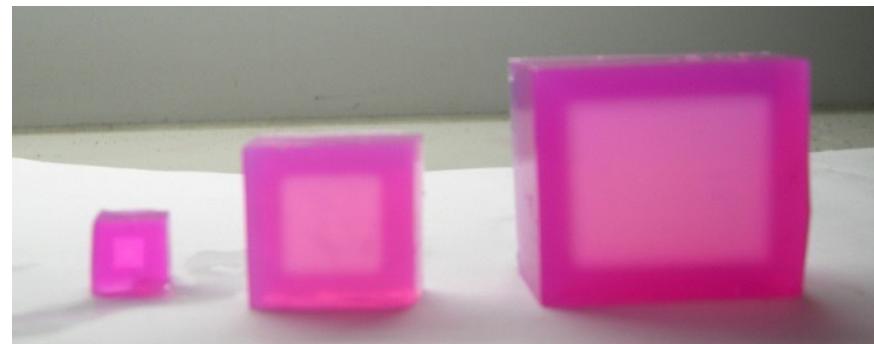


假定边长为L，表面积/体积（比表面积）= $6 \times L^2 / L^3 = 6 / L$



思维训练：运用模型作解释

2. 物质在细胞中扩散速率是一定的，假定某种物质如葡萄糖通过“细胞膜”后，向内扩散的深度为0.5 mm。计算这3个“细胞”中物质扩散的体积与整个“细胞”体积的比值。



细胞边长 L (mm)	2	4	8
细胞体积 V (mm^3)	8	64	512
未扩散区域边长 L' (mm)	1	3	7
未扩散区域体积 V' (mm^3)	1	27	343
扩散区域体积 $V-V'$ (mm^3)	7	37	169
扩散区域体积/细胞体积 $(V-V')/V$	87.5%	57.8%	33.0%



思维训练：运用模型作解释

Q1. 细胞的表面积和体积的比值与细胞的大小有什么关系？

细胞越小，表面积与体积的比值越大。

Q2. 从物质运输的效率看，细胞为什么不能太大？

细胞越大，表面积与体积的比值越小，物质运输的效率就越低。

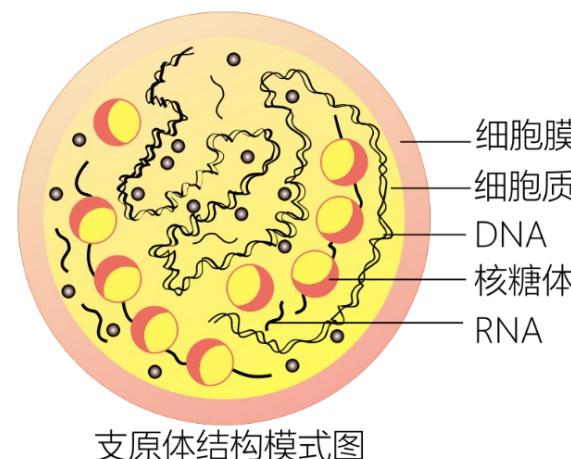


思维训练：运用模型作解释

Q3. 细胞越小，越有利于细胞与外界的物质交换，那么，细胞是越小越好吗？

细胞不是越小越好，因为细胞中有众多的必需物质和细胞器，细胞太小，就没有足够的空间，细胞就不能进行相应的生命活动，发挥出相应的生理功能。

支原体可能是最小、最简单的单细胞生物（必修一P012）。

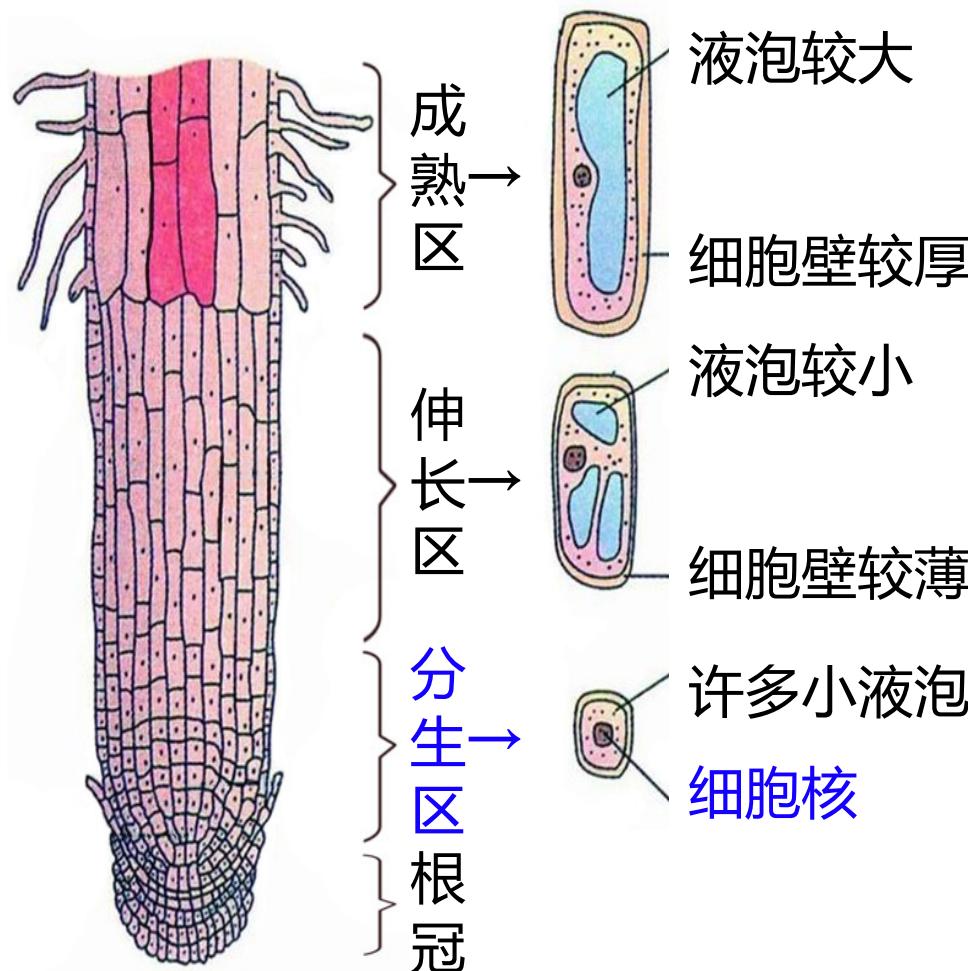




探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•原理

1. 高等植物体内，有丝分裂常见于根尖、芽尖等分生区细胞。





探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•原理

2. 由于各个细胞的分裂是独立进行的，因此在同一分生组织中可以看到处于不同分裂时期的细胞。

通过在高倍显微镜下观察各个时期细胞内染色体的存在状态，就可以判断这些细胞分别处于有丝分裂的哪个时期。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•原理

3. 染色体容易被碱性染料（如甲紫[龙胆紫]溶液，醋酸洋红[胭脂红]溶液）染色。

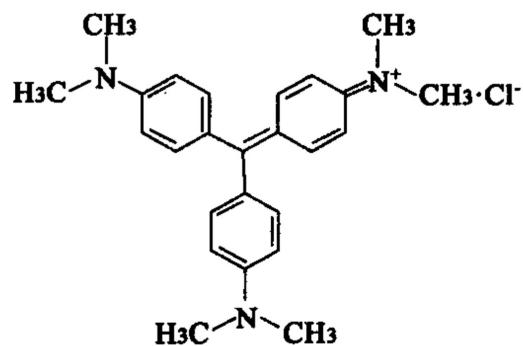


图 1 龙胆紫的分子结构式

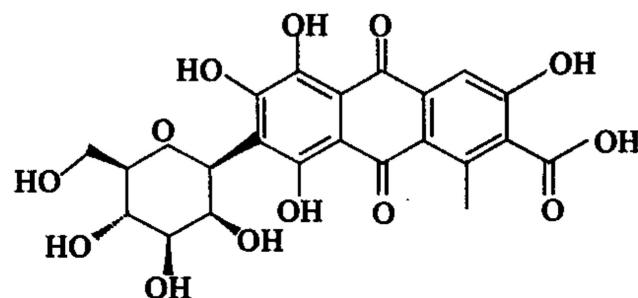


图 2 洋红的分子结构式



胭脂虫雌虫

染料解离后带正电荷为碱性染料，反之为酸性染料。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•目的要求

1. 制作洋葱根尖细胞有丝分裂装片。
2. 观察植物细胞有丝分裂过程，识别有丝分裂的不同时期，比较细胞周期中不同时期的时间长短。
3. 绘制植物细胞有丝分裂简图。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

材料用具

洋葱
葱
蒜

清水
玻璃皿

观察材料

① 解离

② 漂洗

质量分数15% 盐酸

体积分数95% 酒精

剪刀、玻璃皿

1:1混合使用



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

镊子

载玻片、盖玻片

显微镜

③ 染色

④ 制片

甲紫 (0.01、0.02 g/mL)

醋酸洋红

玻璃皿

溶解在醋酸里



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤

一、洋葱根尖的培养

在上实验课之前的3~4 d，取洋葱一个，放在广口瓶上。瓶内装满清水，让洋葱的底部接触到瓶内的水面。把这个装置放在温暖的地方培养。待根长约5 cm时，取生长健壮的根尖制成临时装片观察。

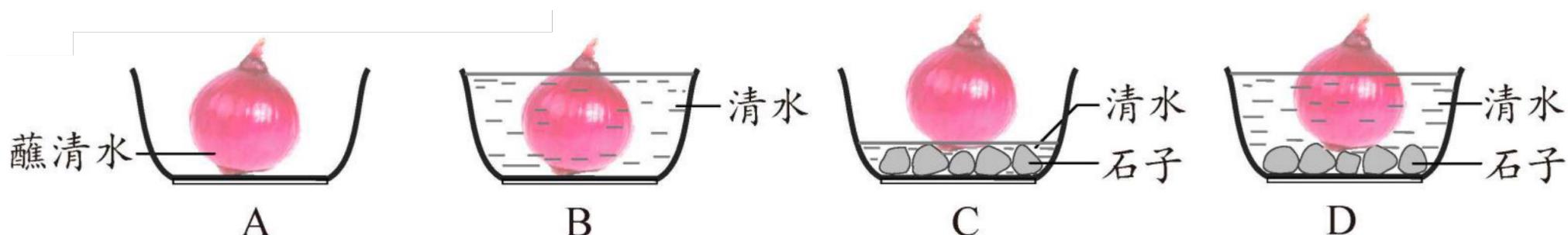




探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

20年天津卷第4题

某同学居家学习期间，准备洋葱根尖有丝分裂实验材料。在下列方法中（每天换一次水），根尖生长状况最好的是 **C**





探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤

二、装片的制作：解离→漂洗→染色→制片

过程	方法	时间	目的
解离	上午10时至下午2时（洋葱根尖分生区有较多的细胞处于分裂期，这会因洋葱品种、室温等的差异而有所不同），剪取洋葱根尖2~3 mm，立即放入盛有盐酸和酒精混合液（1:1）的玻璃皿中，在室温下解离。	3~5 min	用药液使组织中的细胞相互分离开来。

Q：为何只截取根尖2—3 mm？有利于找到分生区细胞



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤

二、装片的制作：解离→漂洗→染色→制片

过程	方法	时间	目的
漂洗	待根尖软化后，用镊子取出，放入盛有清水的玻璃皿中漂洗。	~10 min	洗去药液，防止解离过度。

Q：漂洗可以防止过酸无法染色吗？

A：不可以。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤

二、装片的制作：解离→漂洗→染色→制片

过程	方法	时间	目的
染色	把根尖放入盛有质量浓度为0.01 g/mL或0.02 g/mL的甲紫溶液（或醋酸洋红液）的玻璃皿中染色。	3~5 min	甲紫溶液或醋酸洋红液能使染色体着色。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤

二、装片的制作：解离→漂洗→染色→制片

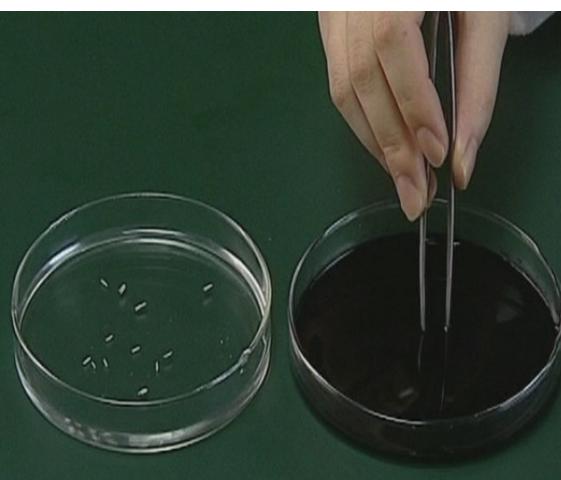
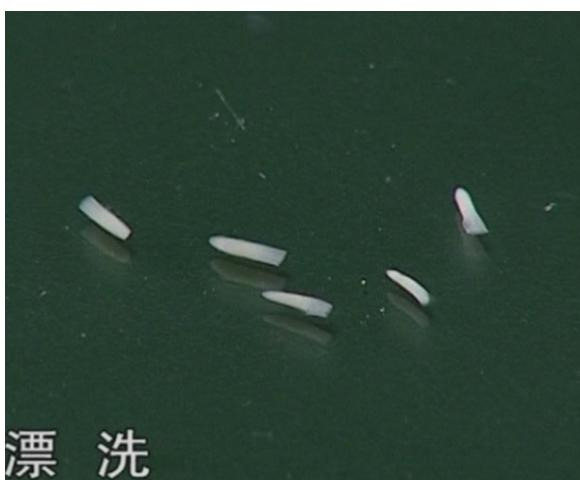
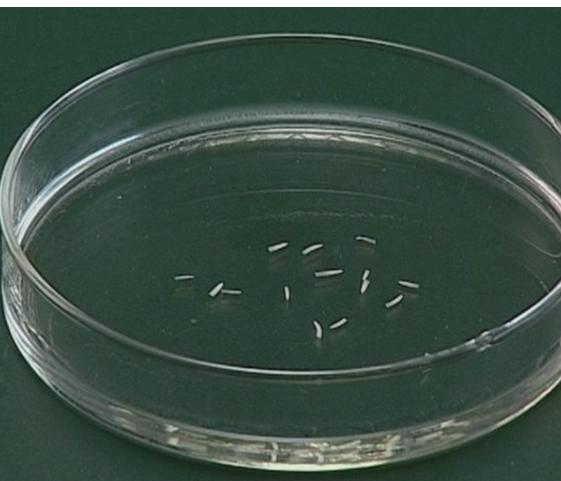
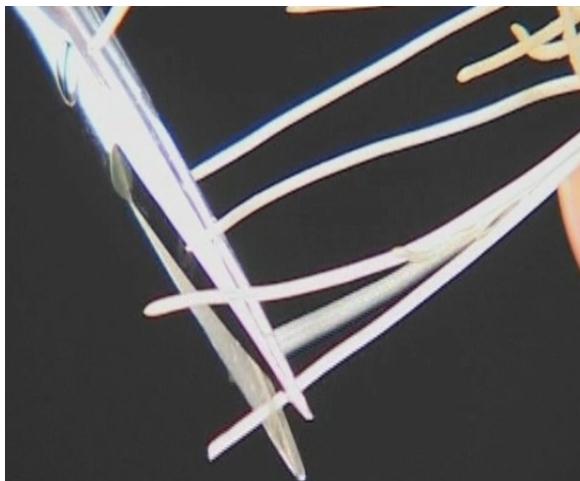
过程	方法	时间	目的
制片	用镊子将这段根尖取出来，放在载玻片上，加一滴清水，用 镊子尖 把根尖弄碎，盖上盖玻片。然后，用拇指轻轻地 按压 盖玻片。		使细胞分散开，有利于观察。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤

二、装片的制作：解离→漂洗→染色→制片

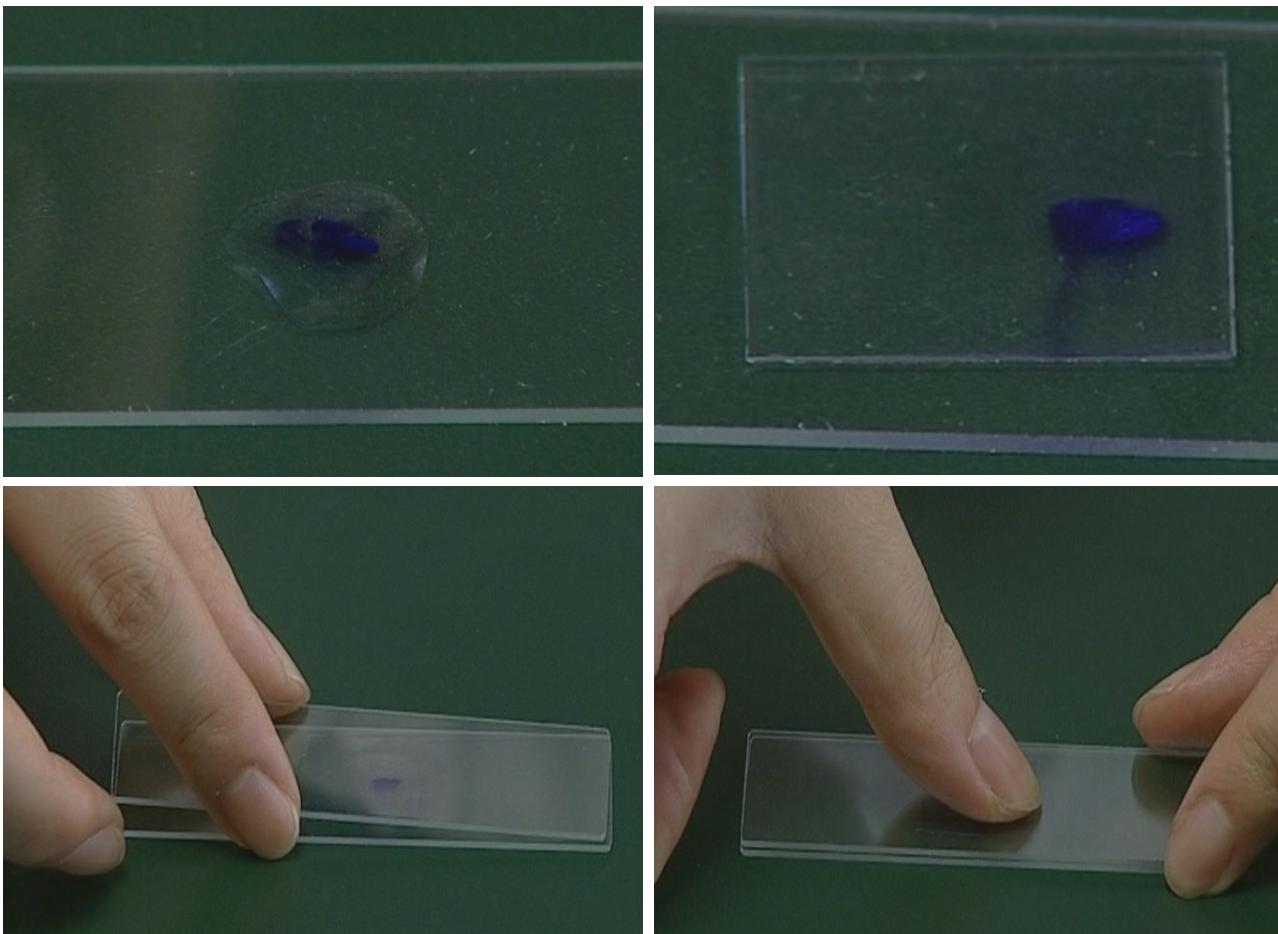




探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤

二、装片的制作：解离→漂洗→染色→制片





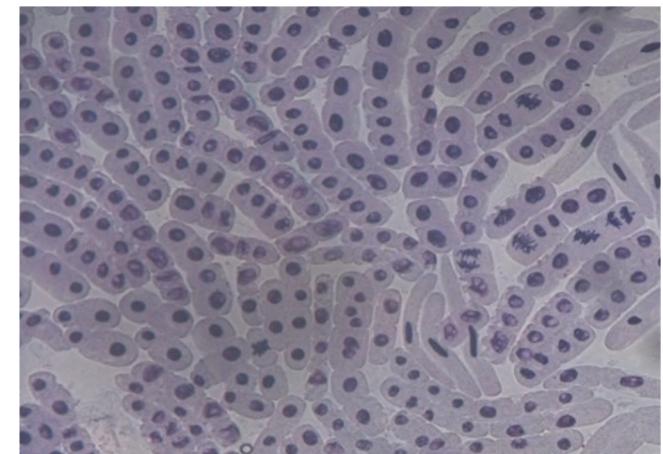
探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤：三、洋葱根尖细胞有丝分裂的观察

1. 显微镜观察

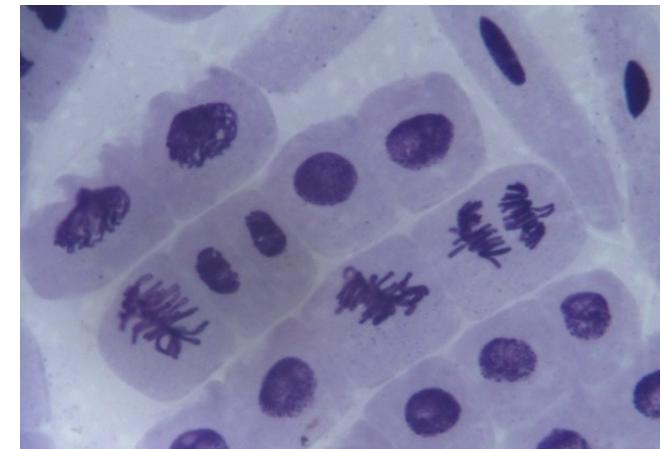
先低倍镜

- 扫视整个装片
- 找到分生区细胞
(正方形，排列紧密)



再高倍镜

- 先找分裂中期细胞
- 再找前期后期末期细胞

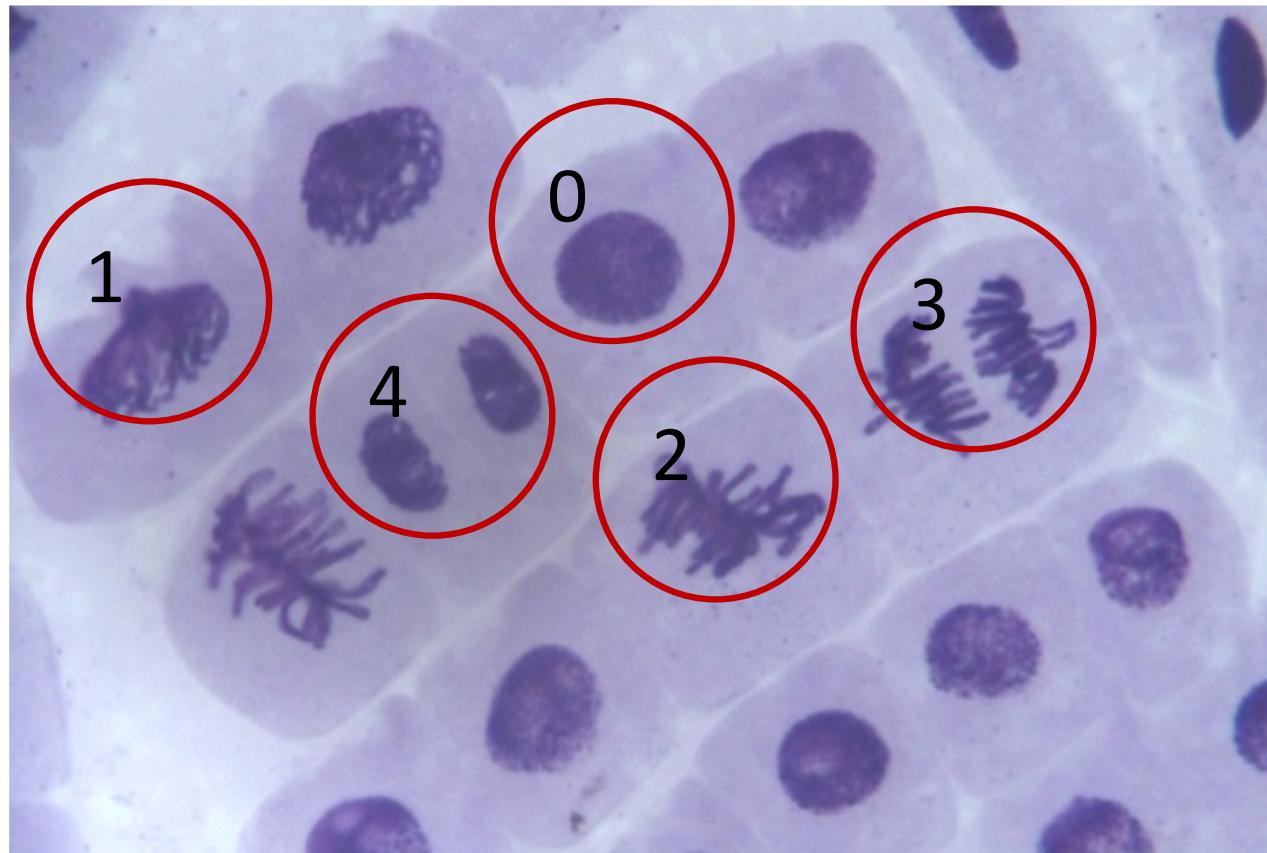




探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤

2. 如果自制装片的效果不太理想，可以观察洋葱根尖有丝分裂固定装片。





探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•方法步骤

3. 调节显微镜的放大倍数，使你能够在视野中同时看到约50个细胞，仔细统计视野中处于各个时期的细胞数，记录在表“样本1”中。

把视野移动到分生区一个新的区域再统计，然后记录在记录表“样本2”中。对数据进行整理，填入表中。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

细胞周期	样本1	样本2	总数	每一时期的细胞数/计数细胞的总数
分裂间期				
分裂期	前期			
	中期			
	后期			
	末期			
计数细胞的总数				

Q：本实验所观察到的细胞还能继续分裂吗？不能，在解离时已将细胞杀死。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

- 方法步骤

四、绘图

绘制出植物细胞有丝分裂中期简图。

五、有条件的学校，可以观察[马蛔虫受精卵](#)的有丝分裂固定装片。

- 结论

根据观察结果，用自己的语言描述细胞周期各个时期的特点。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•讨论

1. 在你的观察结果中，处于哪一时期的细胞最多，为什么？

处于分裂间期的细胞最多，因为细胞周期的大部分时间处于分裂间期。



探究·实践：观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

•讨论

2.如何比较细胞周期中不同时期的时间长短？你可以数一数视野中5个不同时期的细胞数。统计全班结果，求每个时期细胞数目的平均值。（提示：洋葱根尖细胞染色体数目为8对，一个细胞周期大约需要12 h）

某时期的细胞数占计数细胞总数的比例越大，该时期的时间越长。

练习与应用：一、概念检测

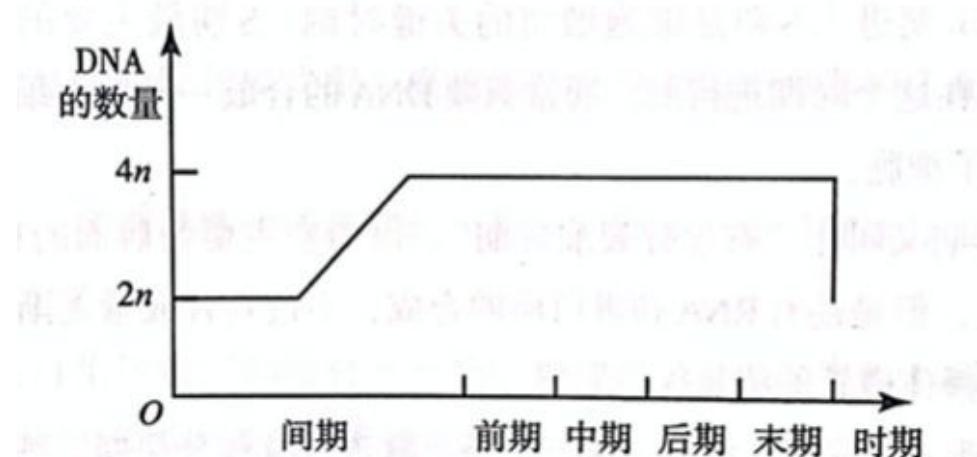
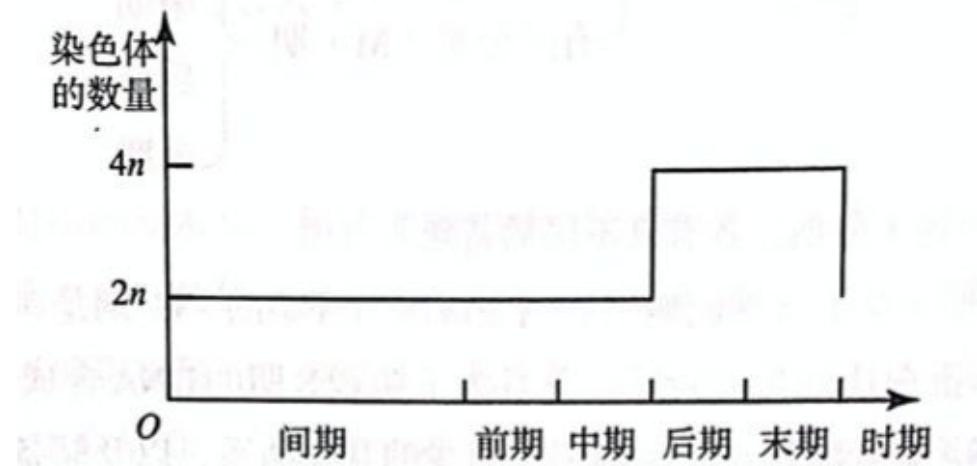
1. 洋葱根尖细胞中有16条染色体。判断下列相关表述是否正确

(1) 在显微镜下观察洋葱根尖细胞时，发现处于分裂期的细胞数量较多。 ×

(2) 在细胞周期的分裂间期中，细胞要进行染色体复制，复制后染色体为32条。 ×

练习与应用：一、概念检测

2. 在下面的坐标图中画出进行有丝分裂细胞的细胞周期中染色体和DNA的数量变化曲线。



练习与应用：二、拓展应用

1. 在细胞周期中，分裂间期持续的时间明显比分裂期长，你能对此作出合理的解释吗？

分裂间期持续时间明显比分裂期长，这是因为在分裂间期，细胞要进行DNA分子的复制和有关蛋白质的合成，即为分裂期进行物质准备，这都需要时间。

练习与应用：二、拓展应用

2. 细胞周期是靠细胞内部精确的调控实现的。如果这种调控出现异常，就可能导致细胞的癌变。因此，研究细胞周期的调控机制对防治癌症有重要意义。感兴趣的同学可以收集这方面的资料，了解其新进展。

略。