

经全国中小学教材审定委员会  
2004年初审通过

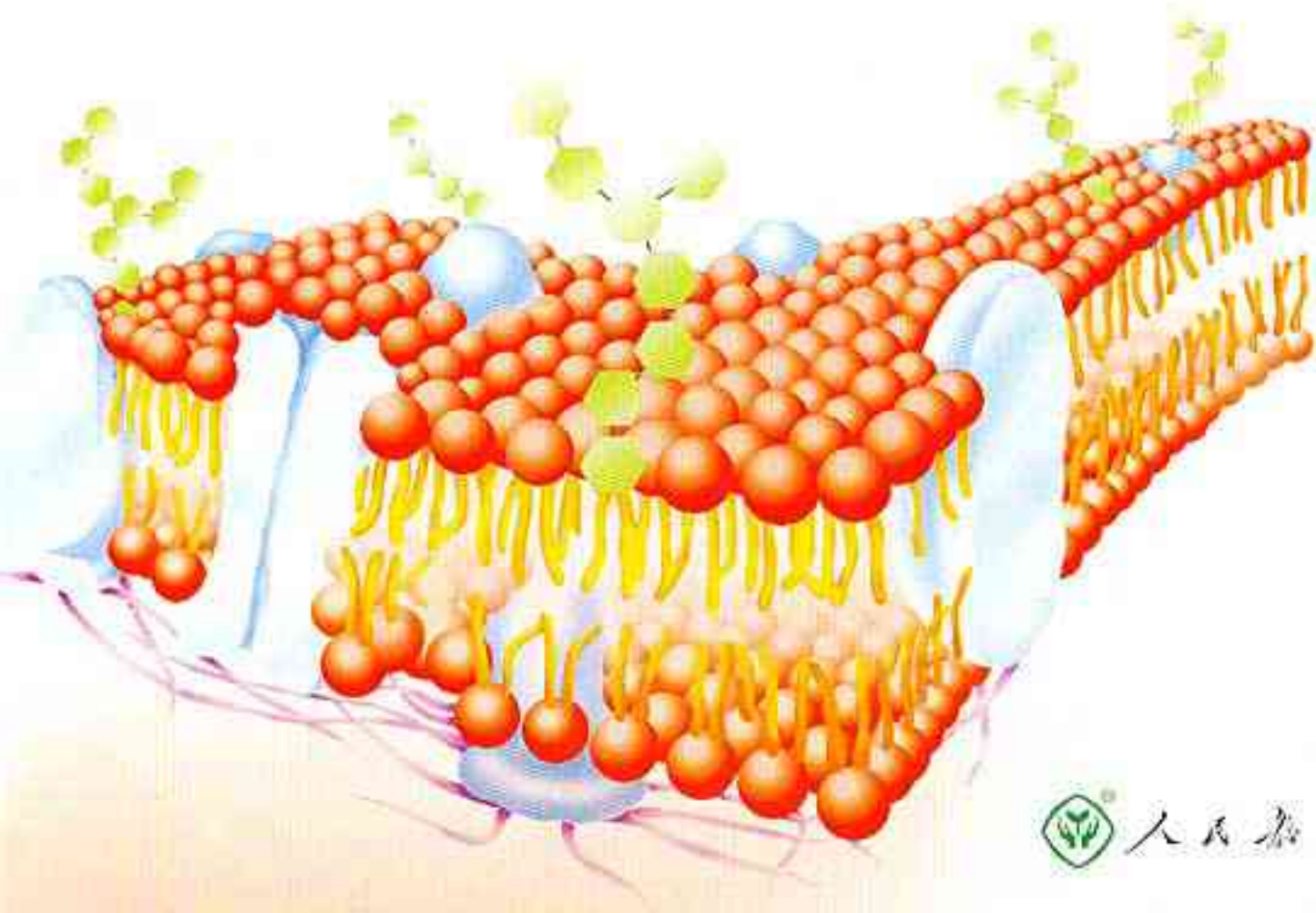
普通高中课程标准实验教科书

# 生物 1

必修

## 分子与细胞

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
生物课程教材研究开发中心



人民教育出版社

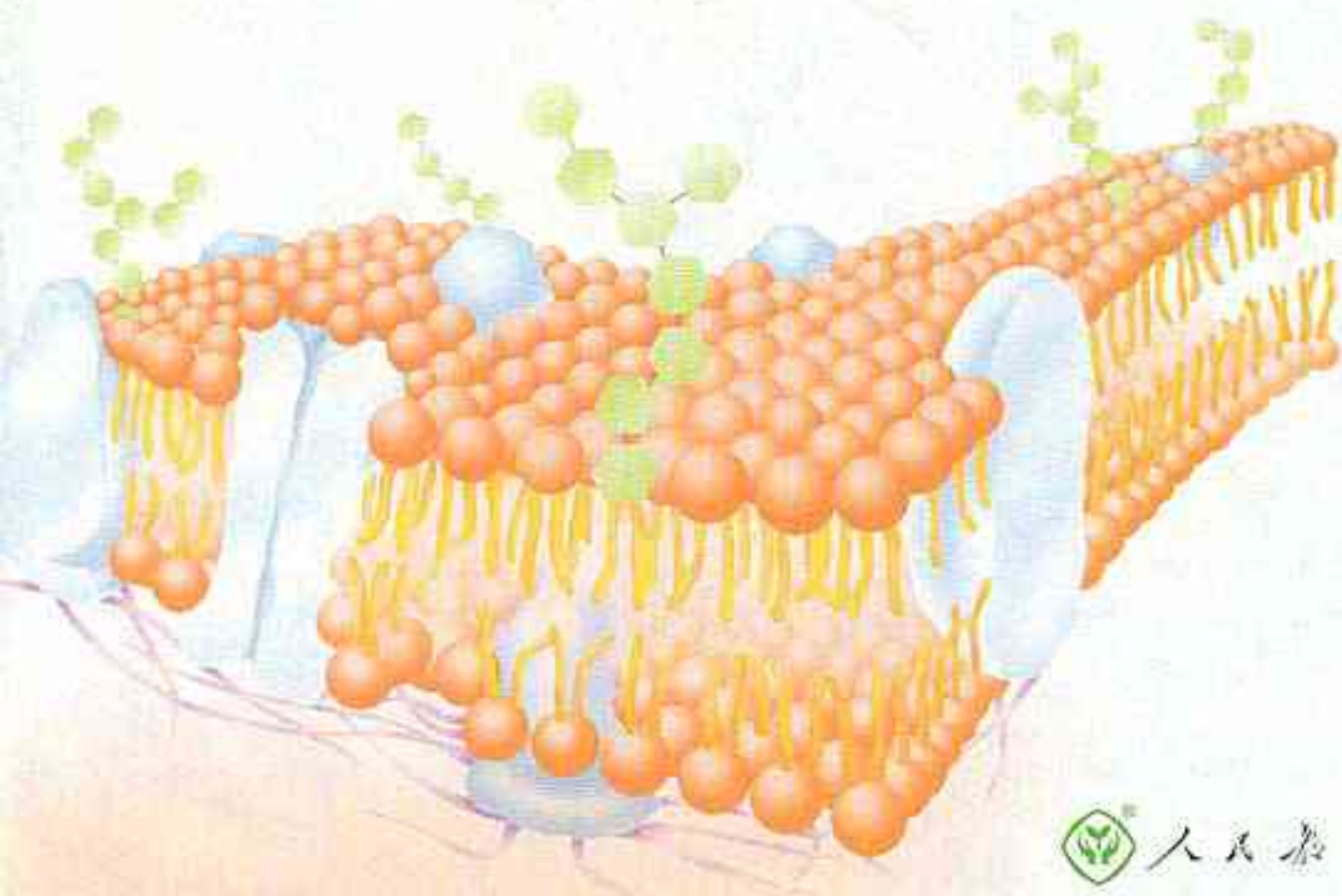
普通高中课程标准实验教科书

# 生物 1

必修

## 分子与细胞

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
生物课程教材研究开发中心



人民教育出版社



普通高中课程标准实验教科书

生物 1

必修

分子与细胞

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
生物课程教材研究中心

\*

人民教育出版社 出版发行

(北京沙滩后街 55 号 邮编: 100009)

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京北人羽新胶印有限责任公司印刷 全国新华书店经销

\*

开本: 890 毫米  $\times$  1 240 毫米 1/16 印张: 8.75 字数: 182 000

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 7-107-17670-6

G · 10759 (课)

定价: 11.30 元

著作权所有 · 请勿擅用本书制作各类出版物 · 违者必究

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系调换。

(联系地址: 北京市方庄小区芳城园三区 13 号楼 邮编: 100078)

## 主 编

朱正威 赵占良

## 编写人员

朱正威 张 怡 张 华 李 红 鲍平秋  
刘 真 李明霞 孙 晖 桑建利

## 责任编辑

李 红

## 美术编辑

林荣桓

## 插图绘制

刘 菊 姜吉维等

## 设计排版

北京大洋立恒设计有限公司

## 摄影或提供照片

邹承鲁 朱 京 张 怡 王 莉  
李 红 张军霞 王伟光 赵占良  
孙 晖 魏秀华 中国图片网等



# 目 录

科学家访谈 探索生物大分子的奥秘

## 第1章 走近细胞 ..... 1

第1节 从生物圈到细胞 ..... 2

第2节 细胞的多样性和统一性 ..... 7

科学前沿 组装细胞 ..... 12

## 第2章 组成细胞的分子 ..... 15

第1节 细胞中的元素和化合物 ..... 16

第2节 生命活动的主要承担者——蛋白质 ..... 20

科学史话 世界上第一个人工合成蛋白质的诞生 ..... 24

科学前沿 国际人类蛋白质组计划 ..... 25

第3节 遗传信息的携带者——核酸 ..... 26

第4节 细胞中的糖类和脂质 ..... 30

第5节 细胞中的无机物 ..... 34

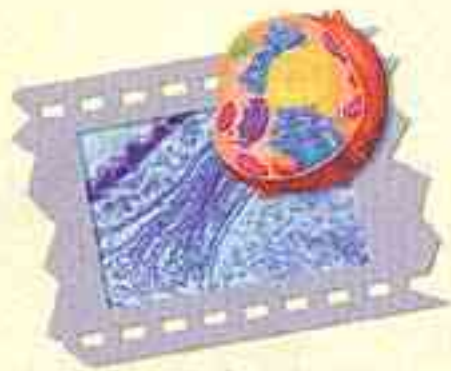
## 第3章 细胞的基本结构 ..... 39

第1节 细胞膜——系统的边界 ..... 40

第2节 细胞器——系统内的分工合作 ..... 44

科学家的故事 细胞世界探微三例 ..... 51

第3节 细胞核——系统的控制中心 ..... 52







# 探索生物大分子的奥秘

——与邹承鲁院士的一席谈

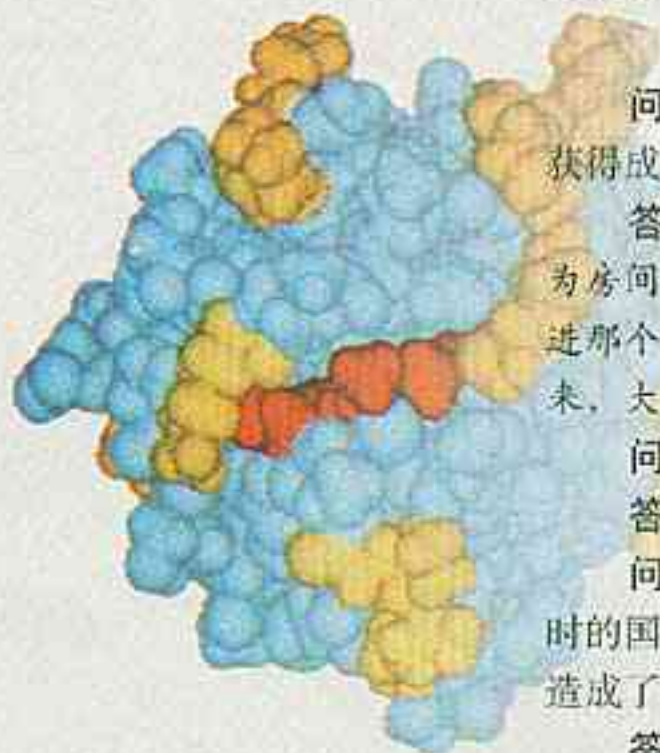


邹承鲁

江苏无锡人，生物化学家。中国科学院院士，第三世界科学院院士。他做学问所遵循的基本原则是：努力追求科学真理，避免追求新闻价值，跟踪最新发展前沿，不断提高水平，勤奋工作，永不自满。

邹承鲁院士已经80多岁了，但他每天都要工作6~7个小时。我们在他的办公室采访了他。

邹院士的工作与蛋白质有密切关系。蛋白质是重要的生命物质，是生物体所特有的生物大分子。天然蛋白质都是生物合成的。如果能够人工合成蛋白质，将打破生物界与非生物界的界限，极大地推进人类对生物大分子的研究和应用。世界上第一个人工合成的蛋白质——具有生物活性的结晶牛胰岛素，是由我国科学家完成的。这一壮举已载入史册，成为生物科学发展历程中一个重要的里程碑。邹院士是这项工作的主要参加者，因此我们的采访围绕这一话题展开。



问：人工合成牛胰岛素是在1965年成功的，您还记得获得成功的那一刻的情景吗？

答：当然记得。最后的实验是在一个房间里进行的，因为房间小，所以在里面工作的人不多。当时只允许三个人进那个房间，其他人都在外面等候。实验成功的消息传出来，大家都激动得欢呼雀跃起来。

问：那一刻，您最大的感受是什么？

答：终于完成了。

问：这项课题是1958年确定，1965年完成的。按照当时的国情，实验室设备条件应该还是比较简陋的，这给你们造成了很多困难吧？

答：条件是很差。就像拿20世纪60年代的北京和现



在北京比吧。不过这项工作还是得到了领导的大力支持。在经费等各个方面都尽可能地给予保证。

问：在这么困难的条件下，你们是怎么想到做这个高难度的课题的？是其他科学家的工作让你们感觉有一定的把握吗？

答：没有，只是凭一股热情。当时大家就是有一个愿望，做出一项重大的科研成果，为祖国发展做贡献。记得当时参加选题讨论的人很多，气氛非常热烈，记不得是我还是别人，提出了“人工合成胰岛素”这个课题。课题一提出，就得到大家的一致响应。因为全世界还没有人做成过，所以说这一课题是非常有挑战性的，它需要有很大的勇气和创新思维，这对科研工作者来说是很有吸引力的。

问：蛋白质在生物体内非常多，为什么还要人工合成呢？直接提取不是更方便吗？

答：19世纪尿素人工合成的成功，曾被认为打破了生命物质与非生命物质之间的界限。但是尿素并没有生物活性。而胰岛素是结构复杂并且具有特定生物功能的蛋白质分子。胰岛素的人工合成，才能真正算得上打破生命物质与非生命物质的界限，是人工改造生命的一个重要里程碑。在一定意义上讲，这一成就对科学发展的影响是超前的。当然，现在对于蛋白质结构与功能关系的研究已经进展得非常快了。

问：您觉得在那样一个年代，取得科研成就最重要的因素是什么？

答：锲而不舍的精神。不光是那个年代，现在进行科学研究同样需要锲而不舍。

问：当时在实验室里，你们做了多少次实验？是不是经历了很多次失败？

答：搞科学研究，失败是不可避免的。合成胰岛素的过程中，因为一开始思路就比较正确，我印象里失败的次数不是很多。

问：为了保证设计的实验方案尽可能科学、合理，你们事先做了哪些工作？



结晶牛胰岛素







答：当时我们查阅了大量的文献，了解人家做过的实验，有哪些成功的经验，是怎么失败的，分析别人失败的原因，然后再制定我们的实验方案。事实证明，这是很有必要的，可以避免少走很多弯路。牛胰岛素合成得以顺利进行，与科学的工作方法是分不开的。

问：您在人工合成胰岛素，蛋白质结构和功能的研究，以及酶学方面都有许多成就，可以说您的一生都在研究生物大分子。您是不是对生物大分子情有独钟呢？

答：我在上中学的时候，就对各种生命现象特别好奇。虽然我在西南联大上大学时念的是化学系，但是我一直对生命科学怀着浓厚的兴趣。随着学习和研究的深入，我发现许多生命科学的问题，都要到细胞中寻找答案，而对细胞生命活动规律的阐明，又必须建立在阐明生物大分子结构和功能的基础上。所以我一生都在从事生物大分子的研究。

我最想对高中生说的话：  
办老实事，说老实话，做老实人！

邹承鲁

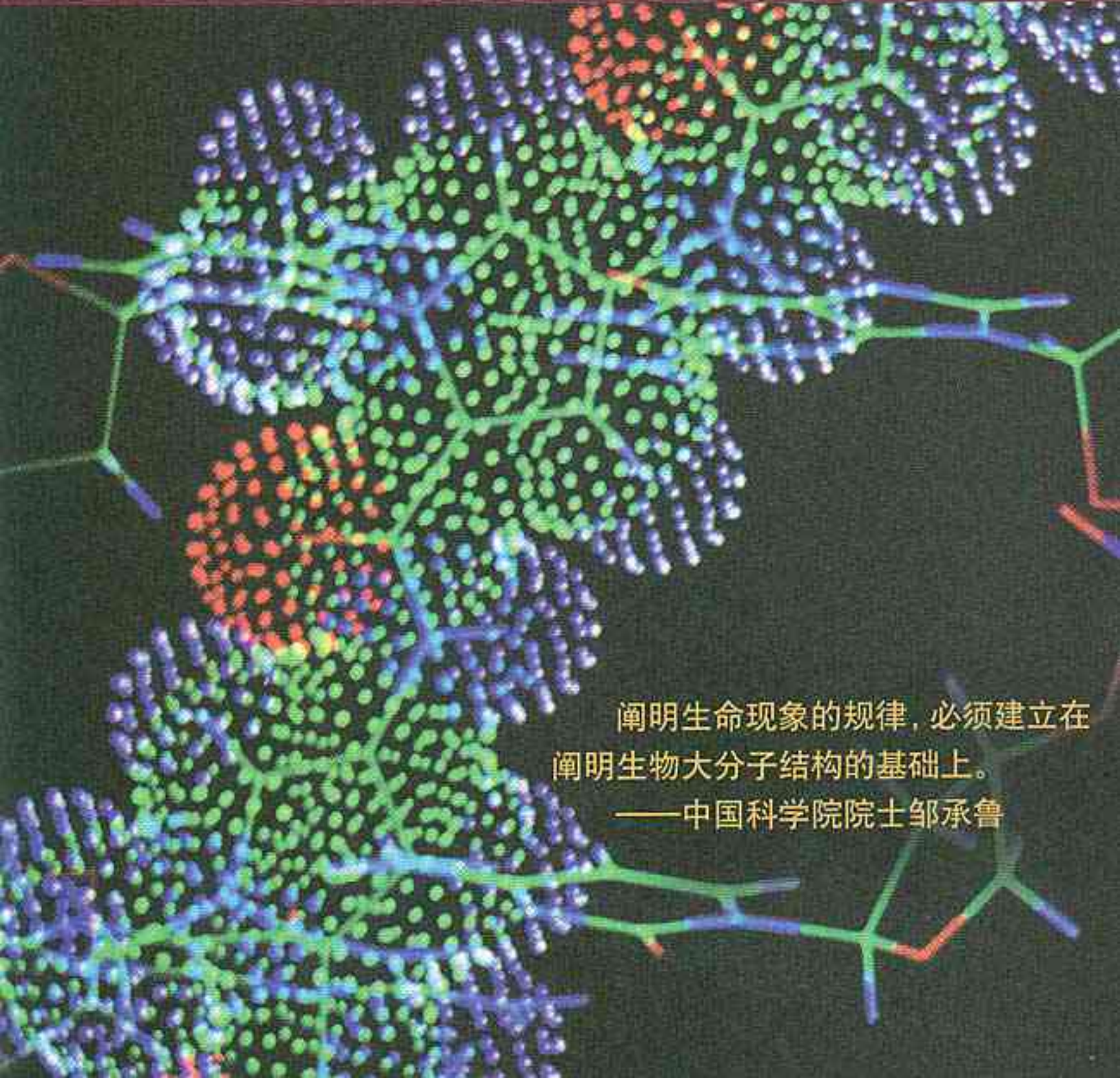
2004年1月



# 第2章 组成细胞的分子

同自然界的许多物体一样，细胞也是由分子组成的。细胞为什么能表现出生命的特征？是组成它的分子有什么特殊之处吗？这些分子在非生命物体中能不能找到？组成这些分子的元素，在非生命物体中能不能找到？这些分子又是怎样构成细胞的呢？

要认识细胞这个基本的生命系统，首先要分析这个系统的物质成分——组成细胞的分子。



阐明生命现象的规律，必须建立在  
阐明生物大分子结构的基础上。

——中国科学院院士邹承鲁



# 第1节 细胞中的元素和化合物

## 问题探讨

比较组成地壳和组成细胞的部分元素的含量，你能提出什么问题？就自己提出的问题与其他同学交流。

• Si在某些植物细胞中含量较多，如硅藻、禾本科植物。

元素	地壳	细胞
O	48.60	65.0
Si	26.30	极少*
C	0.087	18.0
N	0.03	3.0
H	0.76	10.0

组成地壳和组成细胞的部分元素含量(%)表

## 本节聚焦

- 组成细胞的主要元素是什么？
- 组成细胞的重要化合物有哪些？
- 怎样检测生物组织中的糖类、脂肪和蛋白质？

生物体总是和外界环境进行着物质交换，归根结底是有选择地从无机自然界获取各种物质来组成自身。因此，组成细胞的化学元素，在无机自然界中都能够找到，没有一种化学元素为细胞所特有。但是，细胞与非生物相比，各种元素的相对含量又大不相同。

## 组成细胞的元素

对组成细胞的成分进行化学分析是件复杂的事情，要应用化学、物理、生物学的各种方法。而且各种生物的细胞不同，同一生物的细胞又有多种类型，其成分也不尽相同。以下引用的各种成分及含量都是大致而言，以了解其概况。

细胞中常见的化学元素有20多种，其中有些含量较多，如C、H、O、N、P、S、K、Ca、Mg等，称为大量元素(macroelement)；有些含量很少，如Fe、Mn、Zn、Cu、B、Mo等，被称为微量元素(microelement)。图2-1和图2-2分别是人体细胞鲜重和干重的主要元素含量。无论是鲜重还是干重，组成细胞的元素中C、O、H、N这四种元素的含量最多，在干重中C的含量达到48.4%。这表明C是构成细胞的基本元素。这对生命有什么意义呢？学完本章，你就会得到答案。



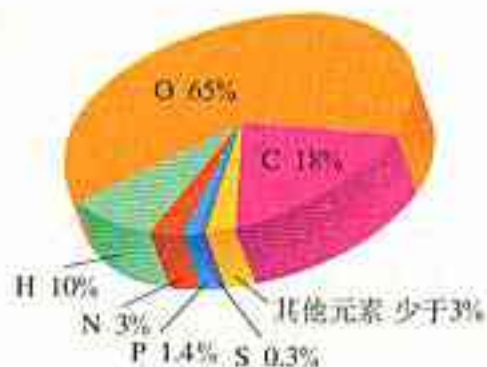


图2-1 组成人体细胞的主要元素（占细胞鲜重的百分比）

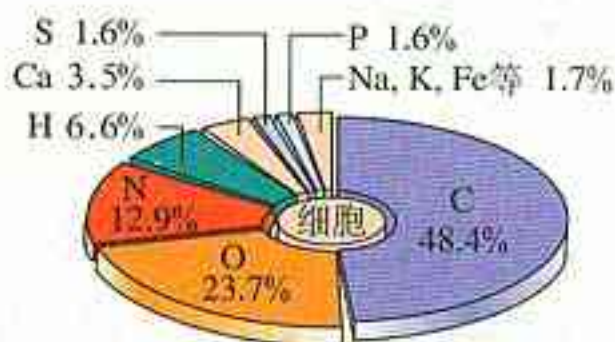
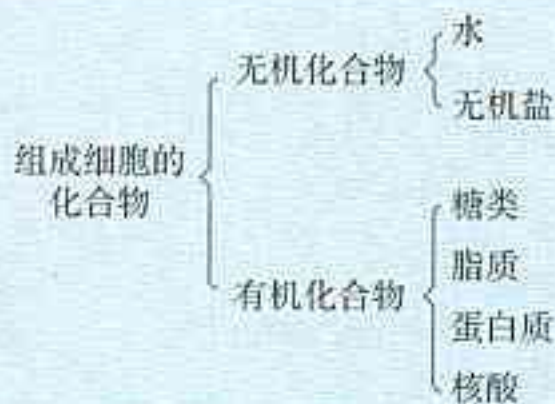


图2-2 组成人体细胞的主要元素（占细胞干重的百分比）

## 组成细胞的化合物

组成细胞的各种元素大多以化合物的形式存在。请阅读下列表解，了解组成细胞的主要化合物及其相对含量。



化合物	质量分数 / %
水	占85 - 90
无机盐	占1 - 1.5
蛋白质	占7 - 10
脂 质	占1 - 2
糖类和核酸	占1 - 1.5



### 思考与讨论

1. 有机化合物和无机化合物有什么区别？举例说明。
2. 细胞内最多的有机化合物和无机化合物分别是哪一种，你能推测它们对生命的意义吗？
3. 并不是所有细胞中化合物的含量都一样。根据你的生活经验，说说哪些植物器官的细胞中富含糖类、脂质或蛋白质？怎样从植物器官中提取这些化合物？

这些思考和讨论题，你不一定能回答得很好，但你已经开始探讨这些化合物对生命的意义了。在下面的实验中，你将检测到生物组织中含有的糖类、脂肪和蛋白质等有机化合物。





## 实验

# 检测生物组织中的糖类、脂肪和蛋白质

某些化学试剂能够使生物组织中的有关有机化合物产生特定的颜色反应。糖类中的还原糖(如葡萄糖、果糖),与斐林试剂发生作用,生成砖红色沉淀。脂肪可以被苏丹Ⅲ染液染成橘黄色(或被苏丹Ⅳ染液染成红色)。淀粉遇碘变蓝色。蛋白质与双缩脲试剂发生作用,产生紫色反应。因此,可以根据与某些化学试剂所产生的颜色反应,检测生物组织中糖类、脂肪或蛋白质的存在。

### 目的要求

尝试用化学试剂检测生物组织中糖类、脂肪和蛋白质。

### 材料用具

1. 实验材料: 苹果或梨匀浆, 马铃薯匀浆, 花生种子, 花生种子匀浆, 豆浆, 鲜肝提取液。

2. 仪器: 双面刀片, 试管(最好用刻度试管), 试管架, 试管夹, 大小烧杯, 小量筒, 滴管, 酒精灯, 三脚架, 石棉网, 火柴, 载玻片, 盖玻片, 毛笔, 吸水纸, 显微镜。

3. 试剂: 斐林试剂(甲液: 质量浓度为0.1 g/mL的NaOH溶液, 乙液: 质量浓度为0.05 g/mL的CuSO<sub>4</sub>溶液), 苏丹Ⅲ或苏丹Ⅳ染液, 双缩脲试剂(A液: 质量浓度为0.1 g/mL

的NaOH溶液, B液: 质量浓度为0.01 g/mL的CuSO<sub>4</sub>溶液), 体积分数为50%的酒精溶液, 碘液, 蒸馏水。

### 方法步骤

1. 实验材料、仪器和试剂的选择 每小组从老师提供的实验材料中选择一两种, 预测其中含有哪些有机化合物, 再选择所需要的仪器和试剂。

2. 设计记录表格, 记录预测结果, 然后按照实验步骤进行检测, 用“+”或“-”记录实测结果。

#### 3. 检测的方法步骤

##### (1) 还原糖的检测和观察

① 向试管内注入2 mL待测组织样液。

② 向试管内注入1 mL斐林试剂(甲乙液等量混合均匀后再注入)。

③ 将试管放入盛有50~65℃温水的大烧杯中加热约2 min。

④ 观察试管中出现的颜色变化。

##### (2) 脂肪的检测和观察

① 方法一: 向待测组织样液中滴加3滴苏丹Ⅲ染液, 观察样液被染色的情况。

② 方法二: 制作子叶临时切片, 用显微镜观察子叶细胞的着色情况(以花生为例)。

取材 取一粒浸泡过花生种子, 去掉种皮。

待测样品 \ 成分	还原糖	脂肪	蛋白质	淀粉
	*			
	#			

\* 处填写预测结果; # 处填写实测结果。



**切片** 用刀片在花生子叶的横断面上平行切下若干薄片，放入盛有清水的培养皿中待用。

**制片** 从培养皿中选取最薄的切片，用毛笔蘸取放在载玻片中央；在花生子叶薄片上滴2~3滴苏丹Ⅲ染液，染色3 min（如果用苏丹Ⅳ染液，染色1 min）；用吸水纸吸去染液，再滴加1~2滴体积分数为50%的酒精溶液，洗去浮色；用吸水纸吸去花生子叶周围的酒精，滴一滴蒸馏水，盖上盖玻片，制成临时装片。

**观察** 在低倍显微镜下找到花生子叶的最薄处，移到视野中央，将影像调节清楚；换高倍镜观察，视野中被染成橘黄色的脂肪颗粒清晰可见。

### (3) 蛋白质的检测和观察

① 向试管内注入待测组织样液2 mL。

② 向试管内注入双缩脲试剂A液1 mL，摇匀。

③ 向试管内注入双缩脲试剂B液4滴，摇匀。

④ 可见组织样液变成紫色。

### (4) 淀粉的检测和观察

① 用试管取2 mL待测组织样液。

② 向试管内滴加2滴碘液，观察颜色变化。

## 讨论

1. 你的预测与实测结果是否一致？

2. 小组间交流实验结果。你有什么发现？

3. 全班共检测了多少种生物材料？这些生物材料中有机化合物的种类、含量一样吗？这对我们选择食物有什么启发？



# 练习

## 一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

(1) 组成细胞的元素有C、H、O、N等20多种，其中C是最基本的元素。 ( )

(2) 构成细胞膜、细胞质和细胞核的主要化合物是有机物，水和无机盐在活细胞中并不重要。 ( )

2. 将下列试剂与相应的待测样品、相应的实验结果用线连接起来。

苏丹Ⅲ染液	豆浆	砖红色沉淀
斐林试剂	马铃薯汁	橘黄色
双缩脲试剂	葡萄汁	蓝色
碘液	花生子叶	紫色

3. 科学家在研究生物体的化学成分时，发现组成生物体的元素在非生物界中也都存在，这一事实主要说明：

- A. 生物与非生物没有区别；
- B. 生物界与非生物界具有统一性；
- C. 生物来源于非生物；
- D. 生物界与非生物界具有差异性。

答 [ ]

## 二、拓展题

1. 组成细胞的元素追根溯源来自无机环境，为什么细胞内各种元素的比例与无机环境的大不相同？

2. 将细胞内含有的各种物质配齐，并按照它们在细胞中的比例放在一个试管中，能构成一个生命系统吗？为什么？



## 第2节 生命活动的主要承担者——蛋白质

### 问题探讨

当你购买某些食品时，包装上常附有食品成分说明。你会发现蛋白质是许多食品的重要成分，有时你还会看到添加某些氨基酸的食品。

#### 讨论：

1. 你能够说出多少种富含蛋白质的食品？
2. 你知道蛋白质在生命活动中的主要作用有哪些？
3. 为什么有些食品中要添加某些氨基酸？



富含蛋白质的食物

### 本节聚焦

- 氨基酸的结构有什么特点？
- 为什么细胞中蛋白质的种类如此多样？
- 为什么说蛋白质是生命活动的主要承担者？

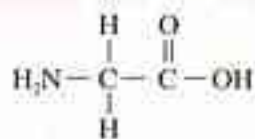
组成细胞的有机物中含量最多的就是蛋白质(protein)。“protein”一词源自拉丁文“proteus”，意思是“首要的物质”。我们平时所吃的食物中，一般都含有蛋白质，肉、蛋、奶和大豆制品中蛋白质含量尤其丰富。蛋白质必需经过消化，成为各种氨基酸，才能被人体吸收和利用。

### 氨基酸及其种类

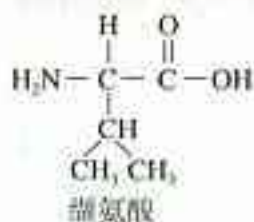
氨基酸(amino acid)是组成蛋白质的基本单位。在生物体中组成蛋白质的氨基酸约有20种。氨基酸的结构有什么特点呢？

### 思考与讨论

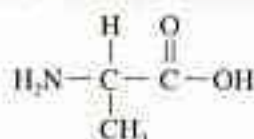
观察下列几种氨基酸的结构。



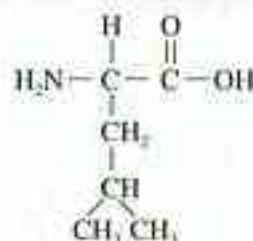
甘氨酸



缬氨酸



丙氨酸



亮氨酸

#### 讨论：

1. 这些氨基酸的结构具有什么共同特点？
2. “氨基酸”这一名词与其分子结构有对应关系吗？



其他氨基酸的分子结构与以上4种相似,即每种氨基酸分子至少都含有一个氨基( $-\text{NH}_2$ )和一个羧基( $-\text{COOH}$ ),并且都有一个氨基和一个羧基连接在同一个碳原子上。这个碳原子还连接一个氢原子和一个侧链基团,这个侧链基团用R表示(图2-3)。各种氨基酸之间的区别在于R基的不同,如甘氨酸上的R基是一个氢原子( $-\text{H}$ ),丙氨酸上的R基是一个甲基( $-\text{CH}_3$ )。



图2-3 氨基酸分子结构通式

**与生活的联系** 有8种氨基酸是人体细胞不能合成的(婴儿有9种,多出来的一种是组氨酸),必须从外界环境中直接获取,这些氨基酸叫做必需氨基酸,如赖氨酸、苯丙氨酸等。因此,在评价各种食物中蛋白质成分的营养价值时,人们格外注重其中必需氨基酸的含量。例如,谷类蛋白质,尤其是玉米的蛋白质中缺少赖氨酸,因此以玉米为主食的人群,特别是儿童应额外补充赖氨酸。经常食用奶制品、肉类、蛋类和大豆制品,一般是不会缺乏必需氨基酸的。另外12种氨基酸是人体细胞能够合成的,叫做非必需氨基酸。

## 蛋白质的结构及其多样性

蛋白质是以氨基酸为基本单位构成的生物大分子。据统计,生物界的蛋白质种类多达 $10^{10} \sim 10^{12}$ 种,它们参与组成生物体和细胞的各种结构,执行多种多样的功能。

20种氨基酸是怎样构成种类如此众多的蛋白质的呢?请仔细观察下面由氨基酸形成结构复杂的蛋白质的示意图。

### ► 相关信息

牛胰岛素由51个氨基酸组成,相对分子质量为5700。人血红蛋白相对分子质量为64500,肌球蛋白相对分子质量为470000,组成它们的氨基酸的数量更多。

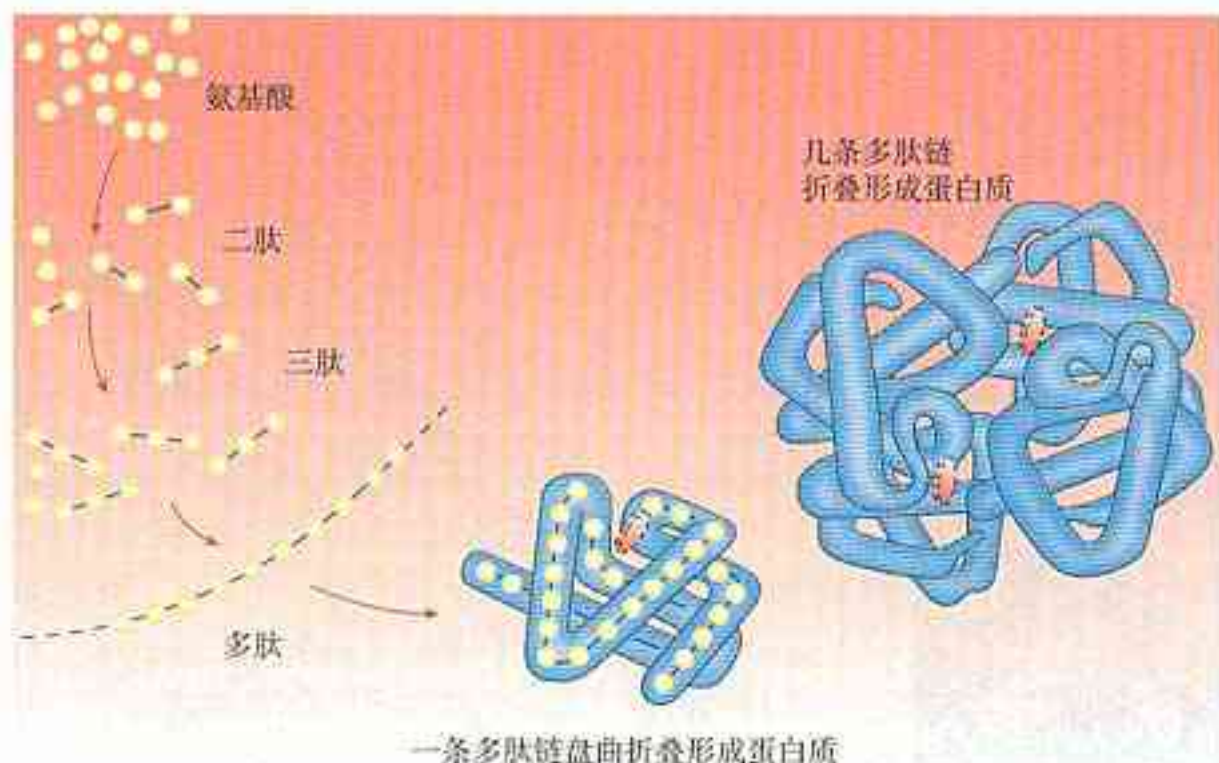


图2-4 由氨基酸形成蛋白质的示意图





## 思考与讨论

1. 观察图2-4, 说说从氨基酸到蛋白质大致有哪些结构层次。

2. 进入人体消化道的蛋白质食物, 要经过哪些消化酶的作用才能分解为氨基酸? 这些氨基酸进入人体细胞后, 得经过怎样的过程才能变为人体的蛋白质? 人体的蛋白质和食物中的

蛋白质会一样吗?

3. 如果用20个不同的字母分别代表20种氨基酸, 若写出由10个氨基酸组成的长链, 可以写出多少条互不相同的长链? 试着说出蛋白质种类多种多样的原因(提示: 一个蛋白质分子往往含有成百上千个氨基酸)。

$n$ 个氨基酸形成一条肽链时, 脱掉几个水分子? 形成几个肽键? 如果 $n$ 个氨基酸形成 $m$ 条肽链呢?

氨基酸分子互相结合的方式是: 一个氨基酸分子的羧基( $-\text{COOH}$ )和另一个氨基酸分子的氨基( $-\text{NH}_2$ )相连接, 同时脱去一分子的水, 这种结合方式叫做脱水缩合。连接两个氨基酸分子的化学键( $-\text{NH}-\text{CO}-$ )叫做肽键。由两个氨基酸分子缩合而成的化合物, 叫做二肽(图2-5)。

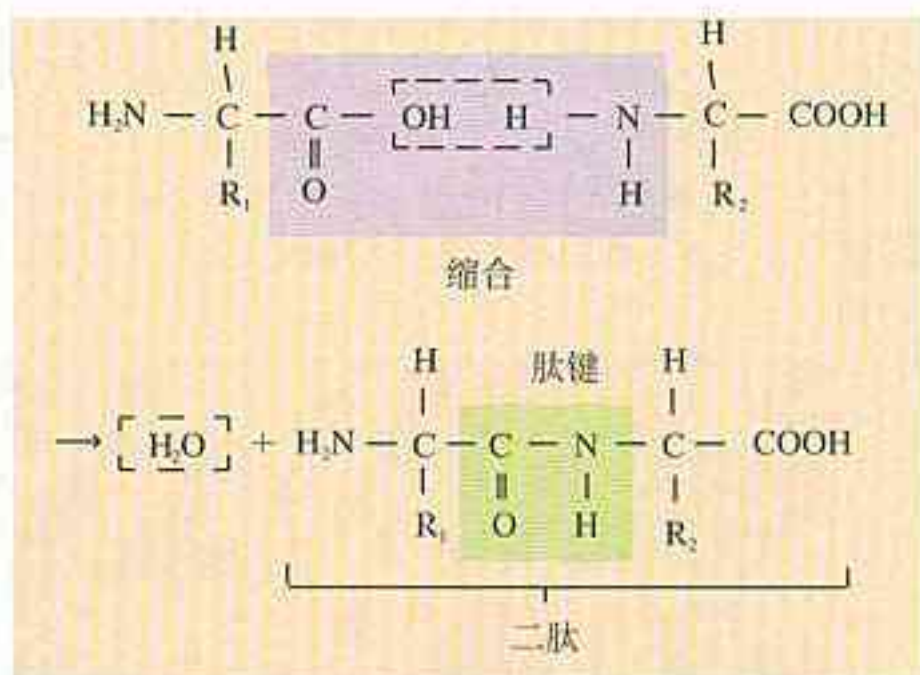


图2-5 氨基酸脱水缩合示意图

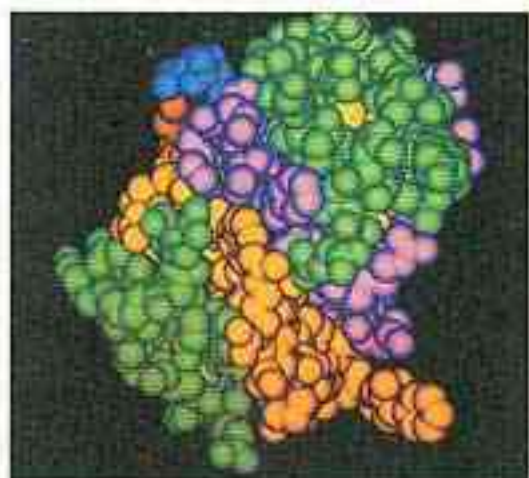


图2-6 某种胰岛素空间结构示意图

以此类推, 由多个氨基酸分子缩合而成的, 含有多个肽键的化合物, 叫做多肽。多肽通常呈链状结构, 叫做肽链。肽链能盘曲、折叠, 形成有一定空间结构的蛋白质分子。许多蛋白质分子含有几条肽链, 它们通过一定的化学键互相结合在一起。这些肽链不呈直线, 也不在同一个平面上, 形成更为复杂的空间结构。例如, 胰岛素是一种蛋白质, 含两条多肽链, 它的空间结构如图2-6。



在细胞内，每种氨基酸的数目成百上千，氨基酸形成多肽链时，不同种类氨基酸的排列顺序千变万化，多肽链的盘曲、折叠方式及其形成的空间结构千差万别，因此，蛋白质分子的结构是极其多样的。这就是细胞中蛋白质种类繁多的原因。

## 知识链接

为什么蛋白质中氨基酸有这样或那样的排列顺序？这是由细胞核中贮存的遗传信息决定的。参见本书第3章和《遗传与进化》第4章。

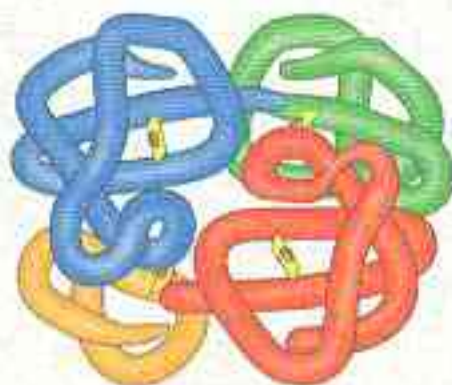
**与生活的联系** 在鸡蛋清中加入一些食盐，就会看到白色的絮状物，这是在食盐的作用下析出的蛋白质。兑水稀释后，你会发现絮状物消失。在上述过程中，蛋白质结构没有发生变化。但是把鸡蛋煮熟后，蛋白质发生变性，就不能恢复原来的状态了。原因是高温使蛋白质分子的空间结构变得伸展、松散，容易被蛋白酶水解。因此，吃熟鸡蛋容易消化。

## 蛋白质的功能

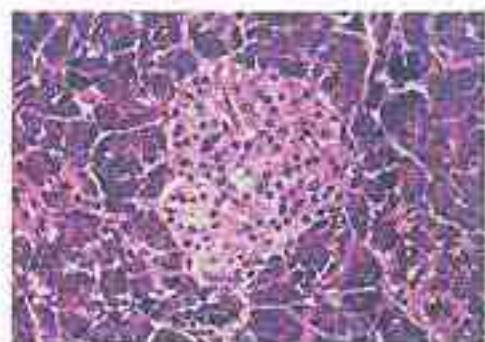
蛋白质的结构多种多样，在细胞中承担的功能也是多种多样的（图2-7）。



许多蛋白质是构成细胞和生物体结构的重要物质，称为结构蛋白。如羽毛、肌肉、头发、蛛丝等的成分主要是蛋白质。



有些蛋白质具有运输载体的功能（上图是血红蛋白，能运输氧）。

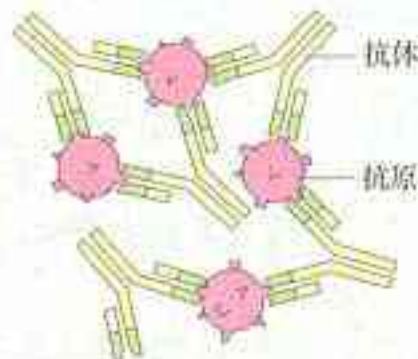


有些蛋白质起信息传递作用，能够调节机体的生命活动，如胰岛素（图中中央浅色区域的部分细胞分泌胰岛素）。

图2-7 蛋白质的主要功能示例



细胞内的化学反应离不开酶的催化。绝大多数酶都是蛋白质（上图所示为胃蛋白酶结晶）。



有些蛋白质有免疫功能。人体内的抗体是蛋白质，可以帮助人体抵御病菌和病毒等抗原的侵害。



对于图 2-7, 你还能作出补充吗?

蛋白质的功能还有许多。可以说, 一切生命活动都离不开蛋白质, 蛋白质是生命活动的主要承担者。



## 练习

### 一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

(1) 蛋白质水解的最终产物是氨基酸。( )

(2) 两个氨基酸是通过脱水缩合的方式聚合在一起的。( )

2. 下列物质中, 属于氨基酸的是:

A.  $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$  ;

B.  $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$  ;

C.  $\text{NH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$  ;

D.  $\text{HOOC}-\underset{\text{COOH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  .

答 [ ]

3. 胰岛素分子有 A、B 两条多肽链, A 链有 21 个氨基酸, B 链有 30 个氨基酸, 胰岛素分子中肽键的数目是:

A. 48 个;

B. 49 个;

C. 50 个;

D. 51 个.

答 [ ]

### 二、拓展题

人的红细胞和心肌细胞的主要成分都是蛋白质, 但这两种细胞的功能却完全不同。请根据本节内容对这种现象作出解释。



## 科学史话

### 世界上第一个人工合成蛋白质的诞生

早在 19 世纪初, 人们已经认识到, 证明一种物质的分子结构最直接的方法, 是在实验室中直接合成这种分子。19 世纪中叶, 科学家陆续用无机物合成了一些有机物, 但是还不能合成蛋白质。1886 年, 俄国一位科学家尝试用氨基酸“装配”蛋白质。他先将蛋白质分解, 把得到的氨基酸放进试管里, 加进一些促进蛋白质合成的物质。过一段时间后, 试管里出现了乳白色的沉淀物。当时整个科学界轰动了, 以为找到了人工合成蛋白质的方法, 实际上这些沉淀物只是一些氨基

酸分子随机连接形成的多肽。

在探索过程中, 科学家逐渐认识到, 要想快速、准确地合成蛋白质, 首先要弄清蛋白质中氨基酸的排列顺序。例如, 一个由 20 种、500 个氨基酸组成的蛋白质, 它的氨基酸的排列顺序就可能是  $20^{500}$  种。也就是说, 如果不清楚氨基酸的排列顺序, 可能需要拼接  $20^{500}$  次, 才有可能获得所需要的蛋白质。后来, 英国科学家桑格 (F. Sanger) 经过 10 年的努力, 终于在 1953 年测得了牛胰岛素全部氨基酸的排列顺序。



20世纪初人们就发现胰岛素能治疗糖尿病。由于胰岛素在牛、羊等动物体内含量很少,很难通过提取来大量制备,因此,人们梦想着有一天能用人工方法来合成胰岛素。

1958年,我国科学家提出人工合成胰岛素。当时国际上最高的科研水平,也只能合成由19个氨基酸组成的多肽。胰岛素虽然是相对分子质量较小的蛋白质,但是也由17种、51个氨基酸、两条多肽链组成。这项艰巨的任务由北京和上海两地的科研小组共同承担。经过集体研究,科研人员决定先把天然胰岛素的两条链拆开,

摸索将两条链合在一起的方法。然后再分别合成两条链,最后将两条人工链合在一起。经过6年零9个月的不懈努力,我国科学家终于在1965年完成了结晶牛胰岛素的全部合成,更令人振奋的是,合成的胰岛素具有与天然胰岛素一样的生物活性!中国科学家依靠集体的智慧和力量,摘取了第一顶人工合成蛋白质的桂冠。



## 科学前沿

### 国际人类蛋白质组计划

在人类基因组计划完成后,人类基因组绝大部分基因及其功能,都有待于在蛋白质层面予以揭示和阐明。如果人类能够从个体、器官、组织、细胞等生命系统的各个层次,研究蛋白质的结构和功能,就有可能找到连接基因、蛋白质与发育及有关疾病的纽带,真正揭开人体的奥秘。

2003年12月15日,继人类基因组计划之后的又一项大规模的国际性科技工程——“人类蛋白质组计划”(简称HPP)宣布正式启动。首批行动计划包括由我国科学家牵头的“人类肝脏蛋白质组计划”和由美国科学家牵头的“人类血浆蛋白质组计划”。“国际人类蛋白质组”组织的总部设在我国首都北京。这是我国科学家第一次领衔国际重大科研协作计划。

我国是肝病多发的国家之一,每年死于肝病的人都有数十万之多,乙型肝炎病毒携带者占人口的比例相当高,每年用于肝病的医疗费用数额巨大。人类肝脏蛋白质组计划的实施,将极大地提高肝病的治疗和预防水平,降低医疗费用,同时,将使我国在以肝炎、肝癌为代表的重大肝病的诊断、防治与新药研制领域取得突破性进展,并不断提高我国生物医药产业的创新能力和国际竞争力。

如果你想了解中国科学家在人类肝脏蛋白质组计划实施中取得的成果,请登陆蛋白质组研究分析中心网站 <http://www.proteomics.ac.cn/> 和国家生物医学分析中心蛋白质组学网 <http://www.proteomics.com.cn/>。



# 第3节 遗传信息的携带者——核酸

## 问题探讨

DNA指纹法在案件侦破工作中有着重要的用途。刑侦人员将从案发现场得到的血液、头发等样品中提取的DNA，与犯罪嫌疑人的DNA进行比较，就有可能为案件的侦破提供证据。

### 讨论：

1. 试着说出DNA的中文全名。为什么DNA能够提供犯罪嫌疑人的信息？
2. 你还能说出DNA鉴定技术在其他方面的应用吗？
3. 如果得到了DNA方面的证据，是否还需要其他证据呢？

DNA 指纹检测

## 本节聚焦

- DNA与RNA有什么异同？
- 核酸的基本组成单位是什么？
- 核苷酸的排列顺序与遗传信息有什么关系？

核酸 (nucleic acid) 包括两大类：一类是脱氧核糖核酸 (deoxyribonucleic acid)，简称DNA；一类是核糖核酸 (ribonucleic acid)，简称RNA。核酸是细胞内携带遗传信息的物质，在生物体的遗传、变异和蛋白质的生物合成中具有极其重要的作用。

## 核酸在细胞中的分布

核酸存在于所有的细胞中，我们首先来观察核酸在细胞中的分布。



## 实验

### 观察DNA和RNA在细胞中的分布

DNA主要分布在细胞核内，RNA大部分存在于细胞质中。甲基绿和吡罗红两种染色剂对DNA和RNA的亲和力不同，甲基绿使DNA呈现绿色，吡罗红使RNA呈现红色。利用甲基绿、吡罗红混合染色剂将细胞染色，可以显示DNA和RNA在细胞中的分布。盐酸能够改变细胞膜

的通透性，加速染色剂进入细胞，同时使染色体中的DNA与蛋白质分离，有利于DNA与染色剂结合。

### 目的要求

初步掌握观察DNA和RNA在细胞中分布的方法。



## 材料用具

人的口腔上皮细胞（也可用其他动物或植物细胞代替）。

大烧杯，小烧杯，温度计，滴管，消毒牙签，载玻片，盖玻片，铁架台，石棉网，火柴，酒精灯，吸水纸，显微镜。

质量分数为0.9%的NaCl溶液，质量分数为8%的盐酸，吡罗红甲基绿染色剂（取A液20 mL，B液80 mL配成染色剂，使用时现配。A液：取吡罗红甲基绿粉1 g，加入100 mL蒸馏水中溶解，放入棕色瓶中备用。B液：取乙酸钠16.4 g，用蒸馏水溶解至1 000 mL。取乙酸12 mL，用蒸馏水稀释至1 000 mL。取稀释的乙酸钠溶液30 mL和乙酸20 mL，加蒸馏水50 mL，配成pH为4.8的溶液），蒸馏水。

## 方法步骤

### 一、取口腔上皮细胞制片

1. 在洁净的载玻片上，滴一滴质量分数为0.9%的NaCl溶液。

2. 用消毒牙签在自己漱净的口腔内侧壁上轻轻地刮几下，把牙签上附有碎屑的一端，放在上述载玻片上的液滴中涂抹几下。

3. 点燃酒精灯，将涂有口腔上皮细胞的载玻片烘干。

### 二、水解

1. 在小烧杯中加入30 mL质量分数为8%的盐酸，将烘干的载玻片放入小烧杯中。

2. 在大烧杯中加入30℃温水。

3. 将盛有盐酸和载玻片的小烧杯放在大烧杯中保温5 min。

### 三、冲洗涂片

用蒸馏水的缓水流冲洗载玻片10 s。

### 四、染色

1. 用吸水纸吸去载玻片上的水分。

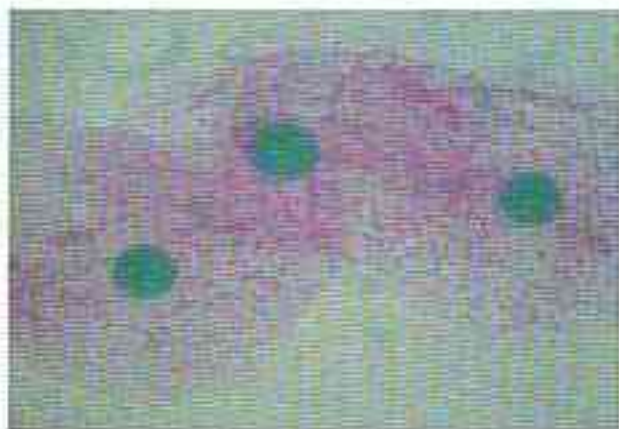
2. 将吡罗红甲基绿染色剂滴2滴在载玻片上，染色5 min。

3. 吸去多余染色剂，盖上盖玻片。

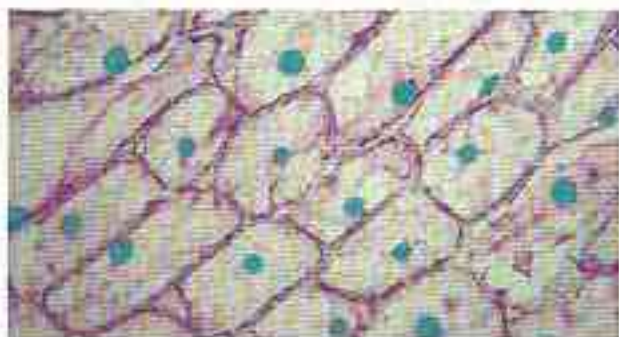
### 五、观察

1. 低倍镜观察：选择染色均匀、色泽浅的区域，移至视野中央，将物像调节清晰。

2. 换用高倍物镜观察：调节细准焦螺旋，观察细胞核和细胞质的染色情况。实验结果说明了什么？



人的口腔上皮细胞中  
DNA、RNA分布的状况



洋葱鳞片叶内表皮细胞中  
DNA、RNA分布的状况

## 结论

真核细胞的DNA主要分布在细胞核中。线粒体、叶绿体内也含有少量的DNA。RNA主要分布在细胞质中。

原核细胞的DNA位于细胞内的什么部位？



## 核酸是由核苷酸连接而成的长链

核酸同蛋白质一样，也是生物大分子。核酸的相对分子质量很大，大约是几十万至几百万。核酸水解后得到许多核苷酸，实验证明，核苷酸是核酸的基本组成单位，即组成核酸分子的单体。一个核苷酸是由一分子含氮的碱基、一分子五碳糖和一分子磷酸组成的。根据五碳糖的不同，可以将核苷酸分为脱氧核糖核苷酸（简称脱氧核苷酸）和核糖核苷酸（图2-8）。

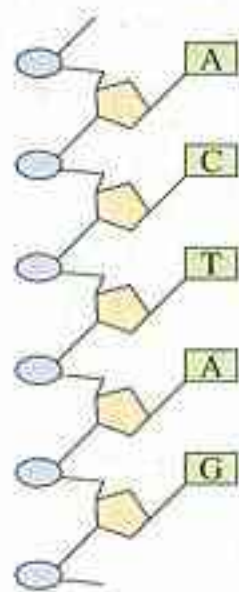


图 2-9 脱氧核苷酸长链

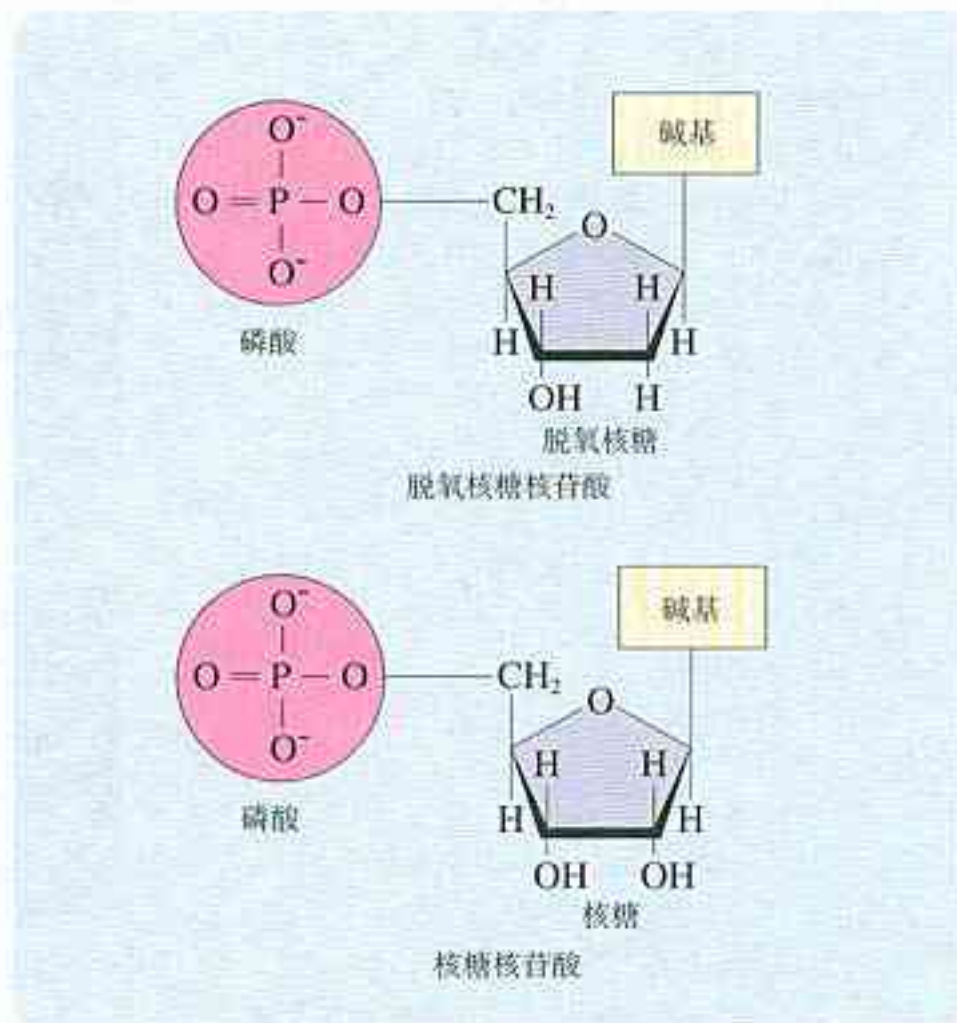


图 2-8 脱氧核糖核苷酸和核糖核苷酸

每个核酸分子是由几十个乃至上亿个核苷酸连接而成的长链。DNA是由脱氧核苷酸连接而成的长链（图2-9），RNA则由核糖核苷酸连接而成。在绝大多数生物体的细胞中，DNA由两条核苷酸链构成。RNA由一条核苷酸链构成。

DNA和RNA各含有4种碱基，但是组成二者的碱基种类有所不同（图2-10）。



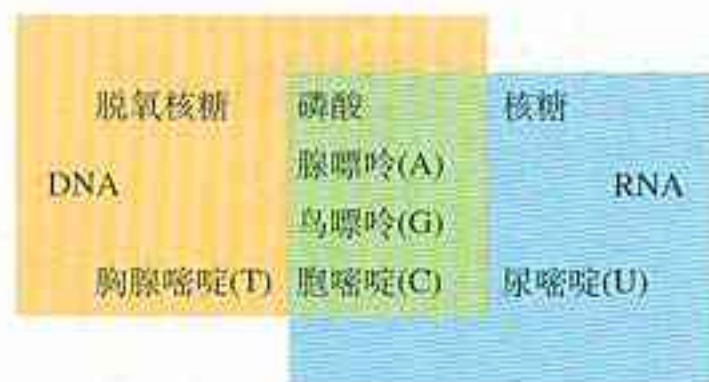


图2-10 DNA与RNA在化学组成上的区别

从本节开始对DNA指纹的探讨,你已经知道绝大多数的生物,其遗传信息就贮存在DNA分子中,而且每个个体的DNA的脱氧核苷酸序列各有特点。只要想一想:组成DNA的脱氧核苷酸虽然只有4种,但若数量不限,在连成长链时,排列顺序就是极其多样化的,它的信息容量自然也就非常大了。部分病毒的遗传信息,直接贮存在RNA中,如HIV、SARS病毒等。

### ► 知识链接

DNA和RNA与生物遗传的关系,参见《遗传与进化》第3、4章。



## 练习

### 一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

(1) DNA和RNA都能携带遗传信息。( )

(2) DNA和RNA的基本组成单位都是核苷酸。( )

(3) DNA只分布在细胞核内, RNA只分布在细胞质中。( )

2. 细胞内组成DNA的五碳糖是:

- A. 核糖; B. 葡萄糖;  
C. 脱氧核糖; D. 麦芽糖。

答 [ ]

3. 豌豆叶肉细胞中的核酸,含有的碱基种类是:

A. 1种;

B. 4种;

C. 5种;

D. 8种。

答 [ ]

### 二、拓展题

随着生活水平的提高,人们对营养保健品日益关注。一些厂家看准了这个市场,不断推出维生素类、卵磷脂等营养品,现在,连核酸保健品都上市了。请你到医药商店或家庭附近的超市做一个调查,统计核酸保健品的种类,收集说明书,结合已有的知识,对核酸保健品的功效做一个评价。如果你是一个投资者,你会将资金投入核酸保健品的开发中吗?为什么?



# 第4节 细胞中的糖类和脂质

## 问题探讨

左图是我们平日膳食的几种主要食物。

### 讨论:

1. 这些食物含有的热量一样吗?
2. 当你在学校参加运动会消耗了大量体力时,你认为图中能尽快地为你补充能量的物质是什么?说明你的理由。

平日膳食的几种主要食物

## 本节聚焦

- 细胞中的糖类主要有哪几类? 在细胞中起什么作用?
- 细胞中的脂质主要有哪几类? 在细胞中起什么作用?
- 生物大分子以什么结构为骨架?

## 知识链接

体外燃烧 1 g 葡萄糖释放出约 16 kJ 的能量。葡萄糖是生物体内的“燃料”。与我们体外各种能够燃烧的燃料不同的是,葡萄糖在细胞内的“燃烧”过程被称为“无火焰”过程。能量是通过一系列化学反应逐步释放出来的。详见本书第 5 章第 3 节。

如同任何机器的运转都需要外界提供能量一样,细胞的生命活动也需要能量来维持。很多种物质都可以为细胞的生活提供能量,其中糖类是主要的能源物质。

## 细胞中的糖类

说到糖,我们并不陌生,可以说出一串糖的名字:绵白糖、砂糖、冰糖、葡萄糖等。其实,除了这些我们熟知的糖以外,淀粉、纤维素等也属于糖类。这些糖类的分子有什么相同和不同之处呢?淀粉、纤维素并不甜,为什么也属于糖类呢?

糖类(carbohydrate)分子都是由C、H、O三种元素构成的。因为多数糖类分子中氢原子和氧原子之比是2:1,类似水分子,因而糖类又称为“碳水化合物”。

糖类大致可以分为单糖、二糖和多糖等几类。

**单糖** 人在患急性肠炎时,往往采取静脉输液治疗,输液的成分中就含有葡萄糖( $C_6H_{12}O_6$ )。葡萄糖是细胞生命活动所需要的主要能源物质,常被形容为“生命的燃料”。

葡萄糖不能水解,可直接被细胞吸收。像这样不能水解的糖就是单糖。常见的单糖还有果糖、半乳糖、核糖和脱氧核糖等。

**二糖** 二糖( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )由两分子单糖脱水缩合而成(图2-11),二糖必须水解成单糖才能被细胞吸收。生活中最常见的二糖是蔗糖,红糖、白糖、冰糖等都是由蔗糖加





图2-11 几种二糖的组成示意图

工制成的。蔗糖在糖料作物甘蔗和甜菜里含量丰富，大多数水果和蔬菜也含有蔗糖。常见的二糖还有在发芽的小麦等谷粒中含量丰富的麦芽糖，人和动物乳汁中含量丰富的乳糖。

**多糖** 生物体内的糖类绝大多数以多糖 ( $(C_6H_{10}O_5)_n$ ) 的形式存在。淀粉是最常见的多糖。植物通过光合作用产生淀粉，作为植物体内的储能物质存在于植物细胞中。粮食作物玉米、小麦、水稻的种子中含有丰富的淀粉，淀粉还大量存在于马铃薯、山药、甘薯等植物变态的茎或根以及一些植物的果实中。淀粉不易溶于水，人们食用的淀粉，必须经过消化分解成葡萄糖，才能被细胞吸收利用。

食物中的淀粉水解后变成葡萄糖，这些葡萄糖成为人和动物体合成动物多糖——糖原的原料。糖原主要分布在人和动物的肝脏和肌肉中，是人和动物细胞的储能物质。当细胞生命活动消耗了能量，人和动物血液中葡萄糖低于正常含量时，糖原便分解产生葡萄糖及时补充。

你注意过棉花、棕榈和麻类植物吗？它们都有长长的纤维细丝，还有那些分布在其他植物茎秆和枝叶中的纤维，以及所有植物细胞的细胞壁，构成它们的主要成分都是纤维素。纤维素也是多糖，不溶于水，在人和动物体内很难被消化，即使草食类动物有发达的消化器官，也需借助某些微生物的帮忙才能分解这类多糖。与淀粉和糖原一样，纤维素也是由许多葡萄糖连接而成的。如图2-12所示，构成它们的基本单位都是葡萄糖分子。

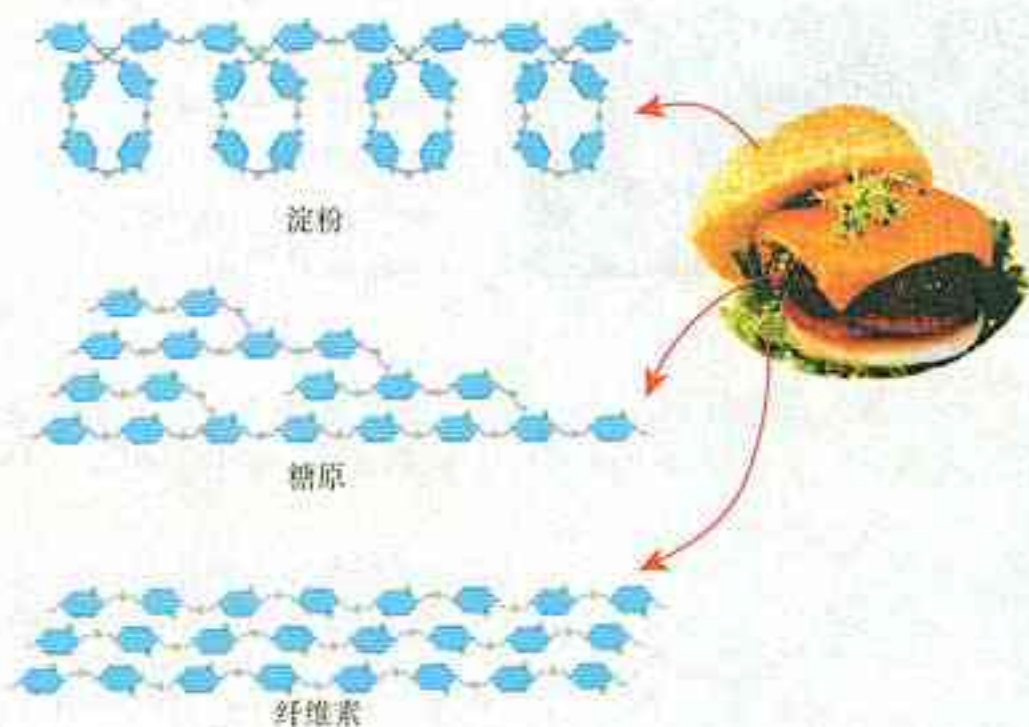


图2-12 几种多糖的分子组成示意图

糖尿病人的饮食受到严格的限制，受限制的并不仅仅是甜味食品，米饭和馒头等主食都需定量摄取，为什么？





图2-13 动物脂肪细胞中贮存的脂肪（染成橘黄色）

## 细胞中的脂质

你注意过肉类食品中的肥肉吗？肥肉的主要成分是脂肪（图2-13）；食用植物油是从油料作物中提取的，其主要成分也是脂肪。脂肪是脂质（lipid）的一种。脂质存在于所有细胞中，是组成细胞和生物体的重要有机化合物。与糖类相似，组成脂质的化学元素主要是C、H、O，有些脂质还含有P和N。所不同的是脂质分子中氧的含量远远少于糖类，而氢的含量更多。常见的脂质有脂肪、磷脂和固醇等，它们的分子结构差异很大，通常都不溶于水，而溶于脂溶性有机溶剂，如丙酮、氯仿、乙醚等。

**脂肪** 脂肪是最常见的脂质。请根据已有的生活经验，讨论以下问题。

### 思考与讨论

1. 在人和动物体内，脂肪主要分布在哪些部位？
2. 请说出脂肪含量比较高的几种植物。脂肪主要分布在这些植物的什么器官中？
3. 脂肪对细胞和生物体可能有哪些作用？
4. 关于脂肪，你还想了解哪些问题？请提出来与同学和老师讨论交流。

熊在入冬之前要吃大量的食物。熊冬眠时靠体内的什么物质提供能量。维持基本的生命活动？



图2-14 海豹

1 g 糖原氧化分解释放出约17 kJ的能量，而1 g 脂肪可以放出约39 kJ的能量。脂肪是细胞内良好的储能物质，当生命活动需要时可以分解利用。

脂肪不仅是储能物质，还是一种很好的绝热体。生活在海洋中的大型哺乳动物如鲸、海豹（图2-14）等，皮下有厚厚的脂肪层，起到保温的作用。生活在南极寒冷环境中的企鹅，体内脂肪可厚达4 cm。分布在内脏器官周围的脂肪还具有缓冲和减压的作用，可以保护内脏器官。

**与生活的联系** 当人过多地摄入脂肪类食物又缺少运动时，就有可能导致肥胖。体内脂肪过多将增加内脏器官尤其是心脏的负担。因此，脂肪类食物的摄入应适度。

**磷脂** 磷脂是构成细胞膜的重要成分，也是构成多种细胞器膜的重要成分。在人和动物的脑、卵细胞、肝脏以及大豆的种子中含量丰富。

**固醇** 固醇类物质包括胆固醇、性激素和维生素D等。胆固醇是构成细胞膜的重要成分，在人体内还参与血液中



脂质的运输；性激素能促进人和动物生殖器官的发育以及生殖细胞的形成；维生素D能有效地促进人和动物肠道对钙和磷的吸收。

**与生活的联系** 胆固醇在许多动物性食物中含量丰富。饮食中如果过多地摄入胆固醇，会在血管壁上形成沉积，造成血管堵塞，危及生命。因此，膳食中要注意限制高胆固醇类食物(如动物内脏、蛋黄等)的过量摄入。

## 生物大分子以碳链为骨架

多糖、蛋白质、核酸等都是生物大分子，都是由许多基本的组成单位连接而成的，这些基本单位称为单体，这些生物大分子又称为单体的多聚体。例如，组成多糖的单体是单糖，组成蛋白质的单体是氨基酸，组成核酸的单体是核苷酸。每一个单体都以若干个相连的碳原子构成的碳链为基本骨架，由许多单体连接成多聚体。正是由于碳原子在组成生物大分子中的重要作用，科学家才说“碳是生命的核心元素”，“没有碳，就没有生命”。



## 练习

### 一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

(1) 磷脂是所有细胞必不可少的脂质。  
( )

(2) 所有细胞的组成成分都含有纤维素。  
( )

2. 细胞通过呼吸作用分解糖类并释放能量，主要是利用：

- A. 麦芽糖； B. 核糖；  
C. 葡萄糖； D. 蔗糖。

答 [ ]

3. 谷物中含量丰富的多糖是：

- A. 糖原和纤维素； B. 淀粉和糖原；  
C. 淀粉和纤维素； D. 蔗糖和麦芽糖。

答 [ ]

4. 组成糖原、淀粉、纤维素的单体都是：

- A. 核糖； B. 半乳糖；  
C. 葡萄糖； D. 脱氧核糖。

答 [ ]

5. 在人和动物皮下含量丰富的储能物质是：

- A. 糖原； B. 淀粉；  
C. 脂肪； D. 蛋白质。

答 [ ]

### 二、拓展题

1. 为什么等量的脂肪比糖类含能量多，却不是生物体利用的主要能源物质？你能通过查找资料回答这个问题吗？

2. 葡萄糖可以口服，也可以通过静脉注射进入人体细胞。蔗糖是否也可以呢？为什么？



## 第5节 细胞中的无机物

### 问题探讨

左侧是某种运动员饮料中的化学成分表。

#### 讨论：

1. 计算每升饮料中水占多少。水在细胞中起什么作用？

2. 表中哪些成分属于无机盐？为什么要在运动员喝的饮料中添加无机盐？无机盐在细胞的生活中起什么作用？

成分	质量浓度 / g·L <sup>-1</sup>
蔗糖	30
其他糖类	10
柠檬酸	10
柠檬香精	0.8
氯化钠	1.0
氯化钾	0.1
磷酸二氢钠	0.1
磷酸二氢钾	0.1
碳酸氢钠	0.1

运动员饮料中的化学成分

### 本节聚焦

- 水在细胞中以什么形式存在？
- 水在细胞中的作用是什么？
- 大多数无机盐在细胞中以什么形式存在？
- 为什么细胞中的无机盐含量很少，作用却很重要？

### 细胞中的水

人们普遍认为地球上最早的生命是在海洋中孕育的，生命从一开始就离不开水。干燥的种子必须吸足水才能萌发。人的胚胎也要浸润在羊水中发育。沙漠里的仙人掌，身处如此干旱的环境，它那肥硕的变态茎中仍贮存着大量的水分。

干旱可以使植物枯萎，人体老化的特征之一是身体细胞的含水量明显下降（图2-15）。水是构成细胞的重要无机化合物。水在细胞的各种化学成分中含量最多。生物体的含水量随着生物种类的不同有所差别，一般为60%~95%，水母的含水量达到97%（图2-16）。生物体在不同的生长发



图2-15 幼儿和老年人



图2-16 水母



育期,含水量也不同。例如,幼儿身体的含水量远远高于成年人身体的含水量(图2-17),植物幼嫩部分比老熟部分含水量更多。

水在细胞中以两种形式存在。一部分水与细胞内的其他物质相结合,叫做结合水。结合水是细胞结构的重要组成部分,大约占细胞内全部水分的4.5%。细胞中绝大部分的水以游离的形式存在,可以自由流动,叫做自由水。自由水是细胞内的良好溶剂,许多种物质溶解在这部分水中,细胞内的许多生物化学反应也都需要有水的参与。多细胞生物体的绝大多数细胞,必须浸润在以水为基础的液体环境中。水在生物体内的流动,可以把营养物质运送到各个细胞,同时也把各个细胞在新陈代谢中产生的废物,运送到排泄器官或者直接排出体外。总之,各种生物体的一切生命活动都离不开水。

### 细胞中的无机盐

当你烘干一粒小麦种子,然后点燃烧尽,最终会得到一些灰白色的灰烬,这些灰烬就是小麦种子中的无机盐。人和动物体内也含有无机盐。

细胞中大多数无机盐以离子的形式存在,含量较多的阳离子有 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 等,阴离子有 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 等。

与水不同,无机盐是细胞中含量少的无机物,仅占细胞鲜重的1%~1.5%。它们在细胞中有什么作用呢?

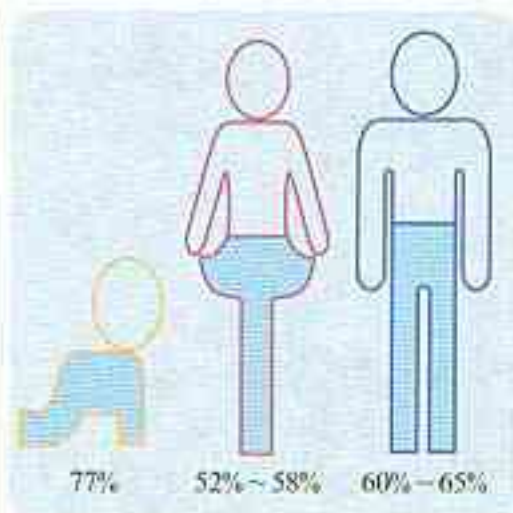
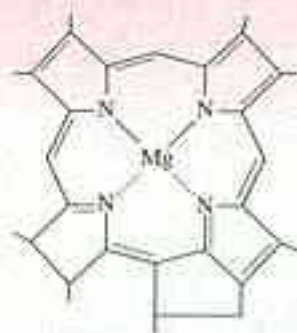


图2-17 幼儿和成人体内的含水量

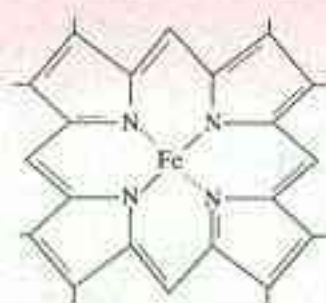
根据自己的已有的知识和生活经验,你还能举出哪些实例,说明生命活动离不开水?



### 思考与讨论



一种叶绿素分子  
(局部)



血红蛋白分子  
(局部)

观察一种叶绿素分子和血红蛋白分子局部结构简图。

讨论:

1. 有一种贫血症叫缺铁性贫血,为什么缺铁会导致贫血?
2. 植物体缺镁会影响光合作用,为什么?



现在有许多食盐都是加碘的。  
为什么要在食盐中加碘呢？

许多种无机盐对于维持细胞和生物体的生命活动有重要作用。例如，哺乳动物的血液中必须含有一定量的钙离子，如果钙离子的含量太低，会出现抽搐等症状。生物体内的无机盐离子，必须保持一定的量，这对维持细胞的酸碱平衡非常重要。

**与生活的联系** 患急性肠炎的病人脱水时需要及时补充水分，同时也需要补充体内丢失的无机盐，因此，输入葡萄糖盐水是常见的治疗方法。大量出汗会排出过多的无机盐，导致体内的水盐平衡和酸碱平衡失调，这时应多喝淡盐水。

不同种类的细胞中化合物的种类有差别吗？各种化合物的含量有差别吗？

细胞是多种元素和化合物构成的生命系统。C、H、O、N等化学元素在细胞内含量丰富，是构成细胞中主要化合物的基础；以碳链为骨架的糖类、脂质、蛋白质、核酸等有机化合物，构成细胞生命大厦的基本框架；糖类和脂肪提供了生命活动的主要能源；水和无机盐与其他物质一道，共同承担起构建细胞、参与细胞生命活动等重要功能。活细胞中的这些化合物，含量和比例处在不断变化之中，但又保持相对稳定，以保证细胞生命活动的正常进行。

### 技能训练

### 设计实验

在本章的学习中，我们根据课本上的实验指导，完成了糖类、脂肪、蛋白质三类物质的检测实验。结合该实验想一想，科学地设计实验方案应该注意哪些问题？

查找资料，了解某一种植物（如小麦）生长

发育需要哪些无机盐。设计实验，证明某一种或某几种无机盐是这种植物生长发育所必需的。



## 练习

### 一、基础题

1. 细胞中含量最多的化合物是：

- A. 蛋白质；      B. 淀粉；  
C. 水；          D. 糖原。

答 1 1

2. 水在生物体的许多化学反应中充当：

- A. 溶剂；          B. 催化剂；  
C. 载体；          D. 还原剂。

答 1 1



3. 下列离子中哪一种不是细胞需要的?

- A.  $\text{Cl}^-$ ;                  B.  $\text{Fe}^{2+}$ ;  
C.  $\text{SO}_4^{2-}$ ;                D.  $\text{Pb}^{2+}$ 。

答 [     ]

## 二、拓展题

医用生理盐水是质量分数为0.9%的氯化钠溶液。生理盐水的含义是什么? 在什么情况下需要用生理盐水?

## 本章小结

细胞是由分子组成的,而分子又是由原子构成的。组成细胞的化学元素有20多种,C、O、H、N的含量最多,其中C是构成细胞的基本元素。

元素可以组成不同的化合物,包括水、无机盐等无机物,和糖类、脂质、蛋白质、核酸等有机物。蛋白质、核酸和多糖分别以氨基酸、核苷酸和单糖为单体组成多聚体,相对分子质量很大,称为生物大分子。生物大分子以碳链为骨架。

蛋白质是生命活动的主要承担者。需要着重理解的是,20种左右的氨基酸是怎样组成结构和功能极其多样的蛋白质的。核酸是遗传信息的携带者。要了解它的种类、分布,以及由4种核苷酸组成的千差万别的核酸与遗传信息的关系。糖类和脂质也是细胞结构的重要组成部分,糖类和脂肪还是生命活动的主要能源物质。水是细胞结构的重要组成部分,以结合水和自由水两种形式存在。细胞的一切生命活动都离不开水。细胞中的无机盐多以离子的形式存在。一些无机盐是细胞内复杂化合物的重要组成部分,许多种无机盐对于维持细胞和生物体的生命活动有非常重要的作用。

本章还学习了利用不同的显色剂检测细胞中的糖类、脂肪、蛋白质、DNA和RNA,并用显微镜观察了DNA和RNA在细胞中的分布。希望能引起你对实验方法的关注,特别是化学、物理方法在生物学研究中的应用。组成细胞的分子的知识,突出表明了生命的物质性。生物体的复杂结构和生命活动的奥秘,归根结底都是物质的存在和运动变化。此外联系日常生活的事例,还有助于从细胞水平和分子水平了解一些基本的保健常识。

### 网站登录

<http://www.zgxl.net/sljk/imgbody/>  
<http://www.ntem.com.cn/kjxx2/>  
<http://database.cpst.net.cn/popul/lifes/>  
<http://www.people.com.cn/GB/kejiao/>



# 自我检测

## 一、概念检测

### 判断题

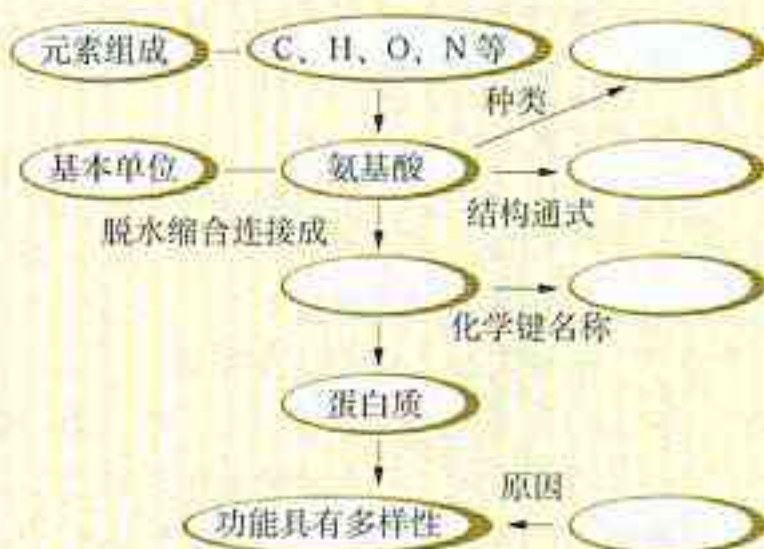
1. 组成细胞的元素同样存在于自然环境中,说明生物与非生物具有统一性。 ( )
2. 细胞中包括蛋白质、核酸在内的有机物都能为细胞的生命活动提供能量。 ( )
3. 细胞中含量最多的化合物是蛋白质。 ( )
4. 蛋白质是细胞和生物体功能的重要体现者。 ( )
5. 核酸是一切生物的遗传物质,仅存在于细胞核中。 ( )
6. 脂质中的胆固醇是对生物体有害的物质。 ( )

### 选择题

1. 在植物和动物细胞内都具有的糖类是:  
A. 葡萄糖; B. 蔗糖;  
C. 麦芽糖; D. 乳糖。  
答 [ ]
2. 下列能够聚合形成DNA分子的物质是:  
A. 脱氧核糖; B. 脱氧核苷酸;  
C. 氨基酸; D. 含氮碱基。  
答 [ ]
3. 下列哪种物质的合成过程需要供给氮源:  
A. 糖原; B. 淀粉;  
C. 脂肪; D. 胰岛素。  
答 [ ]
4. 夏季酷暑时分,在室外作业的人们应多饮用:  
A. 盐汽水; B. 牛奶;  
C. 纯净水; D. 果汁。  
答 [ ]

## 画概念图

完成下面有关蛋白质分子的概念图。



## 二、知识迁移

刚收获的玉米种子在阳光下晒干,重量减轻,这个过程损失的主要是\_\_\_\_\_,这样的种子在条件适宜时,仍能萌发成幼苗。把晒干后的种子放在一洁净的试管中加热,试管壁上有水珠出现,这些水主要是\_\_\_\_\_,这样的种子将不能萌发。代谢旺盛的细胞内\_\_\_\_\_的含量相对高些。

## 三、技能应用

20种氨基酸在组成肽链时真的有多种多样的形式吗?请你用适当的方式加以解释。例如,可用恰当的比喻来解释,或以数学计算的方法来表示,或以计算机编程来演示等。

## 四、思维拓展

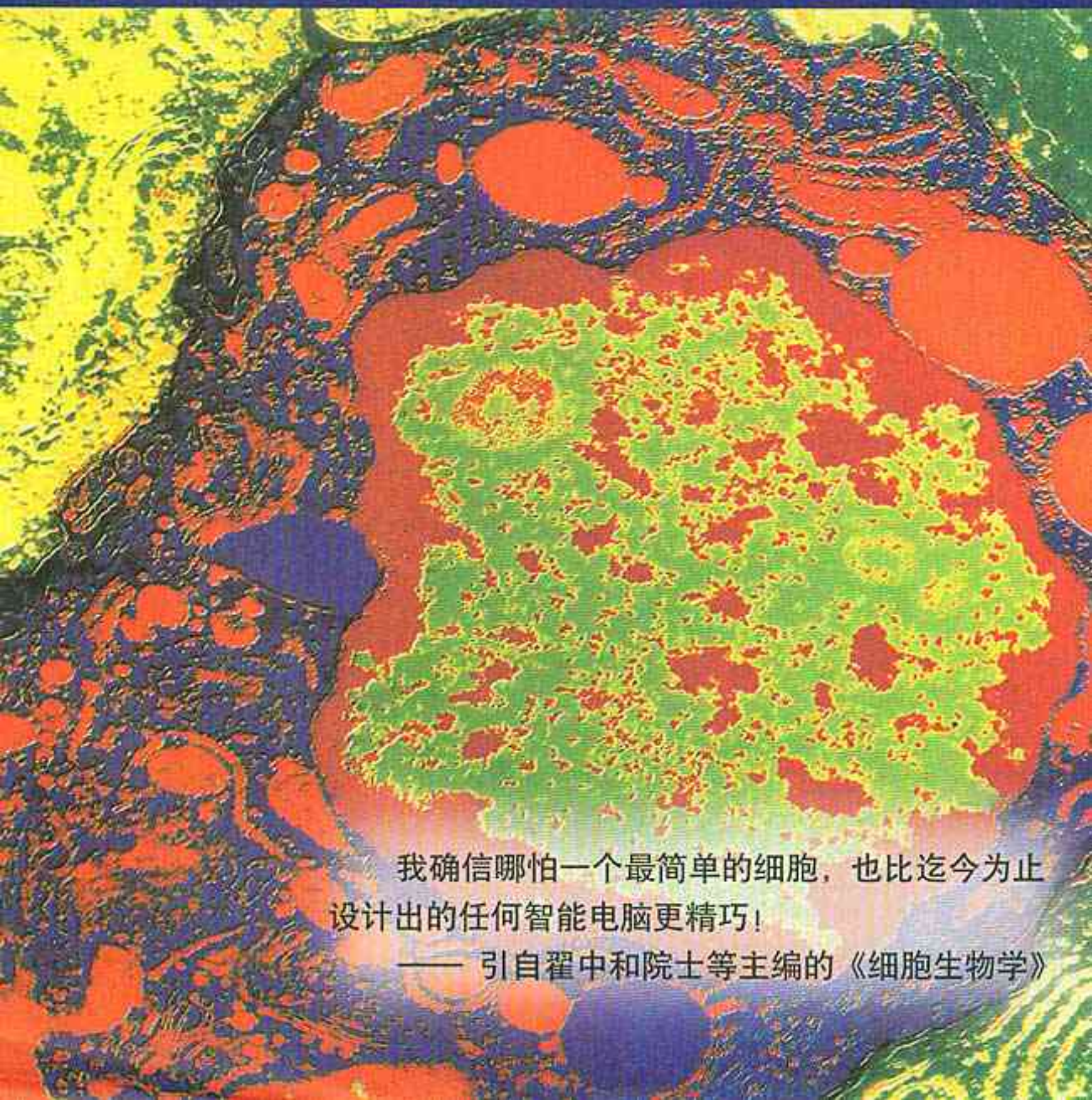
1969年,人们在坠落于澳大利亚启逊镇的陨石中发现了氨基酸,这些氨基酸不是来自地球。由此你可以作出什么推测?



# 第 3 章 细胞的基本结构

你有过这样的经历吗？自己心爱的自行车出了毛病，你将一些零件拆卸下来，却发现再组装成原样并非易事。细胞的结构可比自行车复杂多了。虽然人类对细胞中的物质和结构已经有了深入的了解，但是至今也未实现人工组装细胞。

不同的事实揭示同样的道理：系统不是其组分的简单堆砌，而是通过组分间结构和功能的密切联系，形成的统一整体。



我确信哪怕一个最简单的细胞，也比迄今为止设计出的任何智能电脑更精巧！

——引自翟中和院士等主编的《细胞生物学》



# 第1节 细胞膜——系统的边界

## 问题探讨

左侧图是光学显微镜下观察到的未经染色的动物细胞。

### 讨论：

1. 你怎样区分显微镜视野中的气泡和细胞？  
光学显微镜下能看见细胞膜吗？
2. 科学家用电子显微镜清晰地观察到细胞膜之前，已经能够确定细胞膜的存在了。请你推测一下，科学家是怎样确定细胞膜的存在？



光镜下未经染色的动物细胞

## 本节聚焦

- 细胞膜的主要成分是什么？
- 怎样获得细胞膜？
- 细胞膜具有哪些功能？

任何系统都有边界。例如，使人体内部与外界分隔开的皮肤和黏膜，就是人体的边界；一个国家有陆地、海域、领空的边界。边界对系统的稳态至关重要。细胞作为一个基本的生命系统，它的边界就是细胞膜（cell membrane）。

## 细胞膜的成分

研究细胞膜的化学组成，首先要把细胞膜与细胞的其他组分分离开。怎样获得细胞膜呢？



## 实验

### 体验制备细胞膜的方法

动物细胞没有细胞壁，因此选择动物细胞制备细胞膜更容易。

怎样才能获得细胞膜？用针扎破，让细胞内的物质流出来？用镊子把细胞膜剥下来？细胞太小了，这些方法不太可行。细胞内的物质是有一定浓度的，如果把细胞放在清水里，水会进入细胞，把细胞涨破，细胞内的

物质流出来，这样就可以得到细胞膜了。

细胞核和许多细胞器也有膜，这些膜会与细胞膜混在一起。怎样把细胞膜与细胞器膜分离开？科学家发现，人和其他哺乳动物成熟的红细胞中没有细胞核和众多的细胞器。用这样的红细胞作实验材料，这个问题就迎刃而解了。





### 目的要求

体验用哺乳动物红细胞制备细胞膜的方法和过程。

### 材料用具

猪(或牛、羊、人)的新鲜的红细胞稀释液(血液加适量的生理盐水)。

蒸馏水, 滴管, 吸水纸, 载玻片, 盖玻片, 显微镜。

### 方法步骤

1. 用滴管吸取少量红细胞稀释液, 滴一小滴在载玻片上, 盖上盖玻片, 制成临时装片。

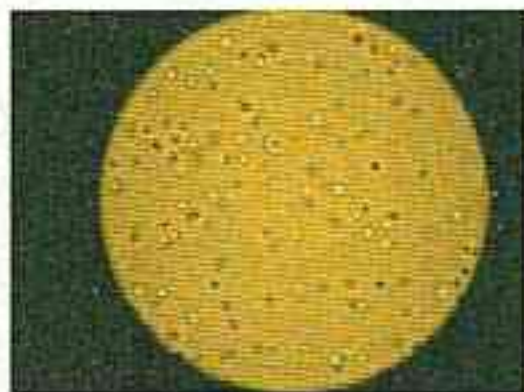
2. 在高倍镜下观察, 待观察清晰时, 在盖玻片的一侧滴一滴蒸馏水, 同时在另一侧用吸水纸小心吸引, 注意不要把细胞吸跑。上述操作均在载物台上进行, 并持续观察细胞的变化。可以看到近水的部分红细胞发生变化: 凹陷消失, 细胞体积增大, 很快细胞破裂, 内容物流出。

### 讨论

如果上述实验在试管中进行, 细胞破裂后, 还需用什么方法才能获得较纯的细胞膜?



人正常红细胞的光镜照片



人部分红细胞已涨破的光镜照片

许多有关细胞膜化学组成的资料, 都来自对哺乳动物红细胞膜的研究。研究发现, 细胞膜主要由脂质和蛋白质组成。此外, 还有少量的糖类。其中脂质约占细胞膜总量的50%, 蛋白质约占40%, 糖类占2%~10%。在组成细胞膜的脂质中, 磷脂最丰富。蛋白质在细胞膜行使功能时起重要作用, 因此, 功能越复杂的细胞膜, 蛋白质的种类和数量越多。

**与生活的联系** 癌细胞的恶性增殖和转移与癌细胞膜成分的改变有关。细胞在癌变的过程中, 细胞膜的成分发生改变, 产生甲胎蛋白(AFP)、癌胚抗原(CEA)等物质。因此, 在检查癌症的验血报告单上, 有AFP、CEA等检测项目。如果这些指标超过正常值, 应做进一步检查, 以确定体内是否出现了癌细胞。

### 相关信息

在发育成熟过程中, 哺乳动物红细胞的核逐渐退化, 并从细胞中排出, 为能携带氧的血红蛋白腾出空间。人的红细胞只能存活120 d左右。

中国医学科学院 肿瘤医院 中国协和医科大学 肿瘤医院 Cancer Hospital Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College					
检验报告单					
姓名	性别	年龄	科室	床号	日期
张小明	男	45	肿瘤科	101	2017.10.10
检验项目					
甲胎蛋白(AFP)	15.2	参考值	0-10	结果	异常
癌胚抗原(CEA)	7.8	参考值	0-5	结果	异常
糖类抗原125(CA125)	4.5	参考值	0-35	结果	正常
糖类抗原199(CA199)	12.1	参考值	0-37	结果	正常
糖类抗原242(CA242)	1.2	参考值	0-10	结果	正常
糖类抗原153(CA153)	1.5	参考值	0-15	结果	正常
糖类抗原125(CA125)	1.2	参考值	0-35	结果	正常





图 3-1 原始海洋景观图

## 细胞膜的功能

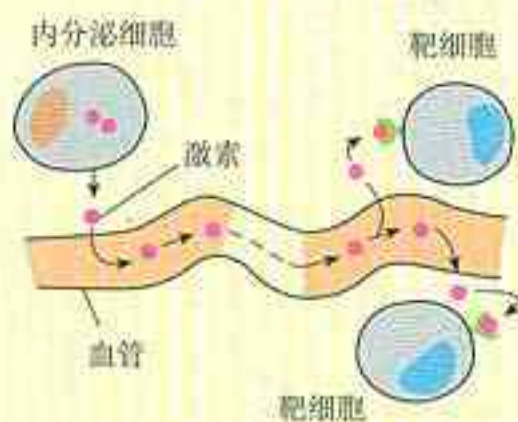
作为系统的边界，细胞膜在细胞的生命活动中起什么作用呢？

**将细胞与外界环境分隔开** 人们普遍认为生命起源于原始的海洋（图 3-1），原始海洋中的有机物逐渐聚集并且相互作用，演化出原始的生命。在原始海洋这盆稀薄的热汤中，膜的出现是生命起源过程中至关重要的阶段，它将生命物质与外界环境分隔开，产生了原始细胞，并成为相对独立的系统。细胞膜保障了细胞内部环境的相对稳定。

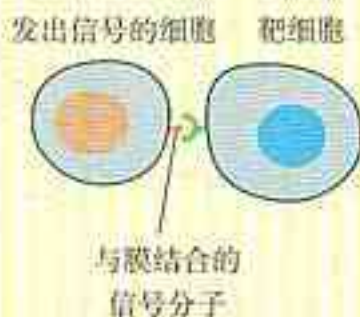
**控制物质进出细胞** 细胞膜像海关或边防检查站，对进出细胞的物质进行严格的“检查”。细胞需要的营养物质可以从外界进入细胞；细胞不需要，或者对细胞有害的物质不容易进入细胞。抗体、激素等物质在细胞内合成后，分泌到细胞外，细胞产生的废物也要排到细胞外；但是细胞内的核酸等重要成分却不会流失到细胞外。当然，细胞膜的控制作用是相对的，环境中一些对细胞有害的物质有可能进入；有些病毒、病菌也能侵入细胞，使生物体患病。

**进行细胞间的信息交流** 在多细胞生物体内，各个细胞都不是孤立存在的，它们之间必须保持功能的协调，才能使生物体健康地生存。这种协调性的实现不仅依赖于物质和能量的交换，也有赖于信息的交流。

细胞间信息交流的方式多种多样，如图 3-2 所示。



细胞分泌的化学物质（如激素），随血液到达全身各处，与靶细胞的细胞膜表面的受体结合，将信息传递给靶细胞。



相邻两个细胞的细胞膜接触，信息从一个细胞传递给另一个细胞。例如，精子和卵细胞之间的识别和结合。



相邻两个细胞之间形成通道，携带信息的物质通过通道进入另一个细胞。例如，高等植物细胞之间通过胞间连丝相互连接，也有信息交流的作用。

图 3-2 细胞间信息交流的方式举例



多细胞生物体是一个繁忙而有序的细胞社会。如果没有信息交流,生物体不可能作为一个整体完成生命活动。细胞间的信息交流,大多与细胞膜的结构和功能有关。

除了以上提到的几种功能外,你认为细胞膜还可能具有哪些功能?

植物细胞在细胞膜的外面还有一层细胞壁,它的化学成分主要是纤维素和果胶。细胞壁对植物细胞有支持和保护作用。

## 知识链接

在学习细胞间的信息交流时,要了解更多关于激素的知识。参见《稳态与环境》第2章和第3章。



## 练习

### 一、基础题

1. 科学家常用哺乳动物红细胞作材料来研究细胞膜的组成,是因为:

- A. 哺乳动物红细胞容易得到;
- B. 哺乳动物红细胞在水中容易涨破;
- C. 哺乳动物成熟的红细胞内没有核膜,线粒体膜等膜结构;
- D. 哺乳动物红细胞的细胞膜在光学显微镜下容易观察到。

答 [ ]

2. 组成细胞膜的主要成分是:

- A. 磷脂、蛋白质、糖类;
- B. 糖脂、糖蛋白;
- C. 脂质、蛋白质、无机盐;
- D. 磷脂、蛋白质、核酸。

答 [ ]

3. 下列哪一项不属于细胞膜的功能?

- A. 控制物质进出细胞;

B. 将胰岛细胞形成的胰岛素,分泌到胰岛细胞外;

- C. 提高细胞内化学反应的速率;
- D. 作为系统的边界,维持细胞内环境的稳定。

答 [ ]

### 二、拓展题

1. 解释不易理解的陌生事物时,人们常用类比的方法,将陌生的事物与熟悉的事物作比较。有人在解释细胞膜时,把它与窗纱进行类比:窗纱能把昆虫挡在外面,同时窗纱上的小洞又能让空气进出。你认为这种类比有什么合理之处,有没有不妥当的地方?

2. 科研上鉴别死细胞和活细胞,常用“染色排除法”。例如,用台盼蓝染色,死的动物细胞会被染成蓝色,而活的动物细胞不着色,从而判断细胞是否死亡。你能解释“染色排除法”的原理吗?



## 第2节 细胞器——系统内的分工合作

### 问题探讨

工厂一般都由若干个车间和部门组成。例如，有采购原料的部门，对原材料进行初加工的车间，生产产品的车间，质检部门，销售部门，为产品生产提供设计图的部门，负责动力供应的部门，等等。

#### 讨论：

1. 一件优质产品是如何通过各车间和部门之间的配合生产出来的？
2. 细胞内也存在类似的部门或车间吗？你能举出例子吗？



忙碌的车间

### 本节聚焦

- 细胞器有什么功能？
- 细胞器之间是怎样分工合作的？
- 什么是生物膜系统？它具有什么功能？

细胞在生命活动中发生着物质和能量的复杂变化。细胞内部就像一个繁忙的工厂，在细胞质中有许多忙碌不停的“车间”，这些“车间”都有一定的结构，如线粒体、叶绿体、内质网、高尔基体、核糖体、溶酶体等，它们统称为细胞器 (organelle)。

### 分离各种细胞器的方法

研究细胞内各种细胞器的组成成分和功能，需要将这些细胞器分离出来。常用的方法是差速离心法：将细胞膜破坏后，形成由各种细胞器和细胞中其他物质组成的匀浆；将匀浆放入离心管中，用高速离心机在不同的转速下进行离心，利用不同的离心速度所产生的不同离心力，就能将各种细胞器分离开。

### 细胞器之间的分工

各种细胞器的形态、结构不同，在功能上也各有分工 (图3-3—图3-7)。



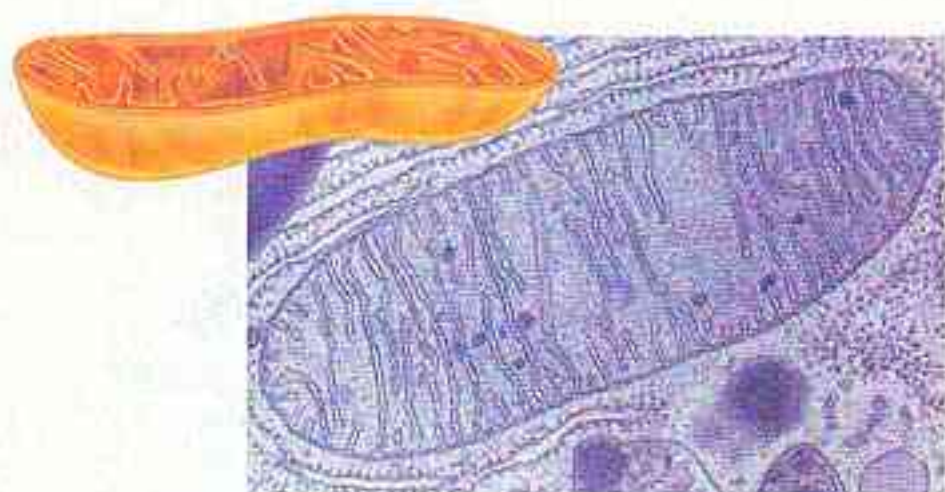


图3-3 线粒体

线粒体是细胞进行有氧呼吸的主要场所，是细胞的“动力车间”。细胞生命活动所需的能量，大约95%来自线粒体。

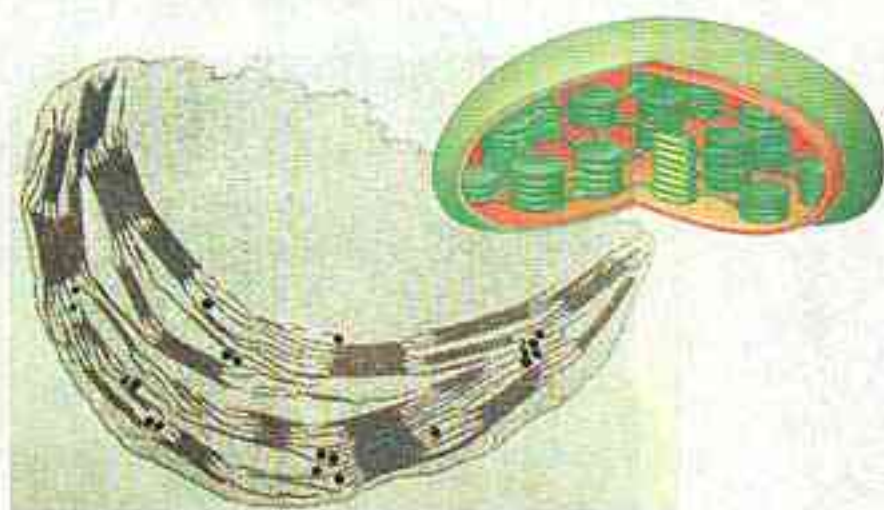


图3-4 叶绿体

叶绿体是绿色植物能进行光合作用的细胞含有的细胞器，是植物细胞的“养料制造车间”和“能量转换站”。

❓ 飞翔鸟类胸肌细胞中线粒体的数量比不飞翔鸟类的多。运动员肌细胞线粒体的数量比缺乏锻炼的人多。在体外培养细胞时，新生细胞比衰老细胞或病变细胞的线粒体多。为什么？

#### ► 知识链接

关于线粒体的结构和功能，详见本书第5章第3节。

关于叶绿体的结构和功能，详见本书第5章第4节。



图3-5 内质网

内质网是由膜连接而成的网状结构，是细胞内蛋白质合成和加工，以及脂质合成的“车间”。





图3-6 高尔基体

高尔基体主要是对来自内质网的蛋白质进行加工、分类和包装的“车间”及“发送站”。



图3-7 动物细胞(左)和植物细胞(右)亚显微结构模式图

### ► 相关信息

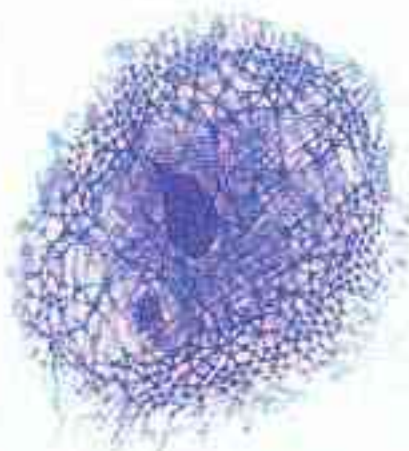
科学家发现有40种以上的疾病是由于溶酶体内缺乏某种酶产生的，如工矿企业常见的职业病——硅肺。当肺部吸入硅尘( $\text{SiO}_2$ )后，硅尘被吞噬细胞吞噬，吞噬细胞中的溶酶体缺乏分解硅尘的酶，而硅尘却能破坏溶酶体膜，使其中的水解酶释放出来，破坏细胞结构，使细胞死亡，最终导致肺的功能受损。

在图3-7中不仅可以看到线粒体、叶绿体、内质网、高尔基体，还可以看到核糖体、溶酶体、液泡、中心体等细胞器。核糖体有的附着在内质网上，有的游离分布在细胞质中，是“生产蛋白质的机器”。溶酶体是“消化车间”，内部含有多种水解酶，能分解衰老、损伤的细胞器，吞噬并杀死侵入细胞的病毒或病菌。被溶酶体分解后的产物，如果是对细胞有用的物质，细胞可以再利用，废物则被排出细胞外。液泡主要存在于植物细胞中，内有细胞液，含糖类、无机盐、色素和蛋白质等物质，可以调节植物细胞内的环境，充盈的液泡还可以使植物细胞保持坚挺。中心体见于动物和某些低等植物的细胞，由两个互相垂直排列的中心粒及周围物质组成，与细胞的有丝分裂有关。



在细胞质中,除了细胞器外,还有呈胶质状态的细胞质基质,由水、无机盐、脂质、糖类、氨基酸、核苷酸和多种酶等组成。在细胞质基质中也进行着多种化学反应。

真核细胞中有维持细胞形态、保持细胞内部结构有序性的细胞骨架。细胞骨架是由蛋白质纤维组成的网架结构,与细胞运动、分裂、分化以及物质运输、能量转换、信息传递等生命活动密切相关。



细胞骨架



## 实验

### 用高倍显微镜观察叶绿体和线粒体

叶肉细胞中的叶绿体,散布于细胞质中,呈绿色,扁平的椭球形或球形。可以在高倍显微镜下观察它的形态和分布。

线粒体普遍存在于植物细胞和动物细胞中。线粒体的形态多样,有短棒状、圆球状、线形、哑铃形等。健那绿(Janus green B)染液是专一性染线粒体的活细胞染料,可以使活细胞中的线粒体呈现蓝绿色,而细胞质接近无色。线粒体能在健那绿染液中维持活性数小时,通过染色,可以在高倍显微镜下观察到生活状态的线粒体的形态和分布。

#### 目的要求

使用高倍显微镜观察叶绿体、线粒体的形态和分布。

#### 材料用具

新鲜的藓类的叶(或菠菜叶、黑藻叶等)。

新配制的质量分数为1%的健那绿染液(将0.5 g 健那绿溶解于50 mL 生理盐水中,加温到30~40℃,使其充分溶解)。

显微镜,载玻片,盖玻片,滴管,镊子,消毒牙签。

#### 方法步骤

1. 制作藓类叶片临时装片 在洁净的载玻片中央滴一滴清水。用镊子取一片藓类的小叶,或者取菠菜叶稍带些叶肉的下表皮,放入水滴中,盖上盖玻片。

注意:临时装片中的叶片不能放干了,要随

时保持有水状态。

2. 观察叶绿体 将制作好的叶片临时装片放在低倍显微镜下观察,找到叶片细胞后,换用高倍镜,仔细观察叶片细胞内叶绿体的形态和分布情况。

3. 制作人的口腔上皮细胞临时装片 在洁净的载玻片中央滴一滴健那绿染液。用消毒牙签在自己漱净的口腔内侧壁上轻轻地刮几下,把牙签上附有碎屑的一端,放在染液中涂抹几下,盖上盖玻片。

4. 观察线粒体 在高倍镜下观察经过染色的人的口腔上皮细胞临时装片,可以看到蓝绿色的线粒体,细胞质接近无色。



高倍显微镜下的叶绿体 高倍显微镜下的线粒体(已染色)

#### 讨论

描述叶绿体和线粒体的形态和分布。根据实验效果,评价操作的优缺点。



## 细胞器之间的协调配合

细胞内有許多条“生产线”。每一条“生产线”都需要若干细胞器的相互配合。分泌蛋白的合成和运输就是一个例子。

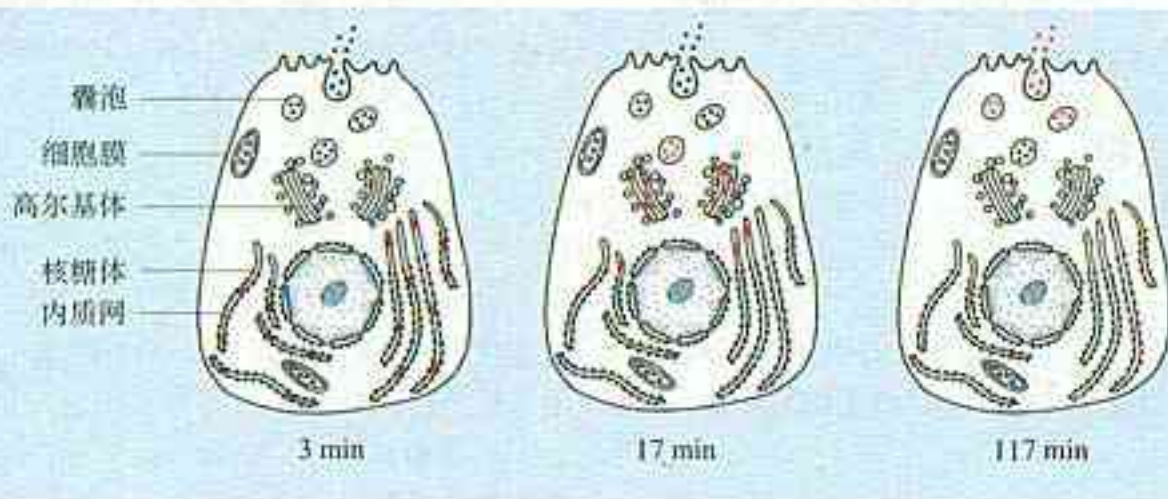


### 资料分析

#### 分泌蛋白的合成和运输

有些蛋白质是在细胞内合成后，分泌到细胞外起作用的，这类蛋白质叫做分泌蛋白，如消化酶、抗体和一部分激素。科学家在研究分泌蛋白的合成和分泌时，做过这样一个实验。他们在豚鼠的胰腺腺泡细胞中注射 $^3\text{H}$ 标记的亮

氨酸，3 min后，被标记的亮氨酸出现在附着有核糖体的内质网中；17 min后，出现在高尔基体中；117 min后，出现在靠近细胞膜内侧的运输蛋白质的囊泡中，以及释放到细胞外的分泌物中。



豚鼠胰腺腺泡细胞分泌物形成过程图解

(黑点代表未被标记的分泌蛋白，红点代表被标记的分泌蛋白)

#### 讨论：

1. 分泌蛋白是在哪里合成的？
2. 分泌蛋白从合成至分泌到细胞外，经过了哪些细胞器或细胞结构？尝试描述分泌

蛋白的合成和运输过程。

3. 分泌蛋白合成和分泌的过程中需要能量吗？能量由哪里提供？

分泌蛋白最初是在内质网上的核糖体中由氨基酸形成肽链，肽链进入内质网进行加工，形成有一定空间结构的蛋白质。内质网可以“出芽”，也就是鼓出由膜形成的囊泡，包裹着要运输的蛋白质，离开内质网，到达高尔基体，与高尔基体膜融合，囊泡膜成为高尔基体膜的一部分。高尔基体还能对蛋白质做进一步的修饰加工，然后形成包裹着



蛋白质的囊泡。囊泡移动到细胞膜，与细胞膜融合，将蛋白质分泌到细胞外（图3-8）。在分泌蛋白的合成、加工和运输的过程中，需要消耗能量。这些能量的供给来自线粒体。

在细胞内，许多由膜构成的囊泡就像深海中的潜艇，在细胞中穿梭往来，繁忙地运输着“货物”，而高尔基体在其中起重要的交通枢纽作用。

### 细胞的生物膜系统

在细胞中，许多细胞器都有膜，如内质网、高尔基体、线粒体、叶绿体、溶酶体等，这些细胞器膜和细胞膜、核膜等结构，共同构成细胞的生物膜系统(biomembrane system)。这些生物膜的组成成分和结构很相似，在结构和功能上紧密联系（图3-9），进一步体现了细胞内各种结构之间的协调配合。

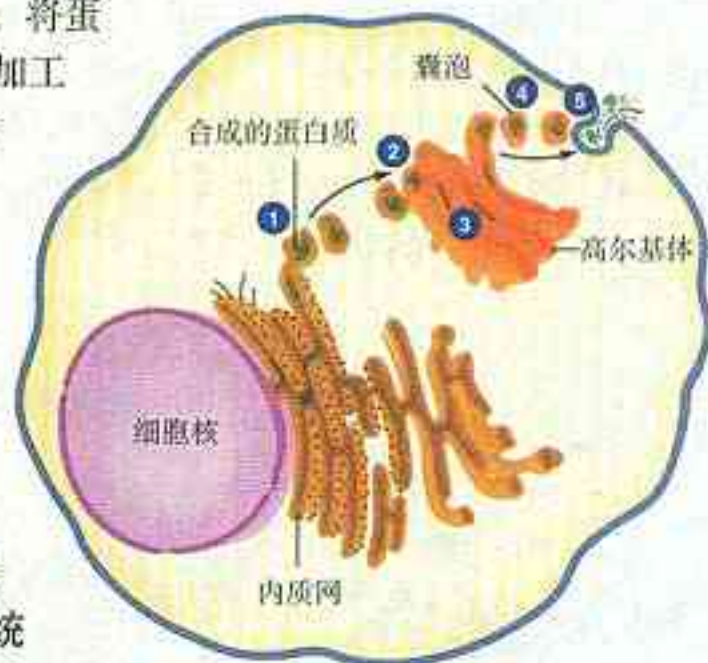


图3-8 合成的分泌蛋白运输到细胞外的过程示意图  
(1~5表示合成和运输的顺序)



图3-9 内质网膜与细胞膜、核膜的联系

生物膜系统在细胞的生命活动中作用极为重要。首先，细胞膜不仅使细胞具有一个相对稳定的内部环境，同时在细胞与外部环境进行物质运输、能量转换和信息传递的过程中起着决定性作用。第二，许多重要的化学反应都在生物膜上进行，这些化学反应需要酶的参与，广阔的膜面积为多种酶提供了大量的附着位点。第三，细胞内的生物膜把各种细胞器分隔开，如同一个个小的区室，这样就使得细胞内能够同时进行多种化学反应，而不会互相干扰，保证了细胞生命活动高效、有序地进行。

#### ► 相关信息

一种新的制药工艺是，根据生物膜的特性，将磷脂制成很小的球，让这些小球包裹着药物，运输到患病部位，通过小球膜和细胞膜的融合，将药物送入细胞，从而达到治疗疾病的目的。



**与社会的联系** 人工合成的膜材料已用于疾病的治疗。例如，肾功能发生障碍时，由于代谢废物不能排出，患者会出现水肿、尿毒症。目前常用的治疗方法，是采用透析型人工肾替代病变的肾脏行使功能，其中起关键作用的血液透析膜就是一种人工合成的膜材料。当病人的血液流经人工肾时，血液透析膜能够把病人血液中的代谢废物透析掉，让干净的血液返回病人体内。



## 练习

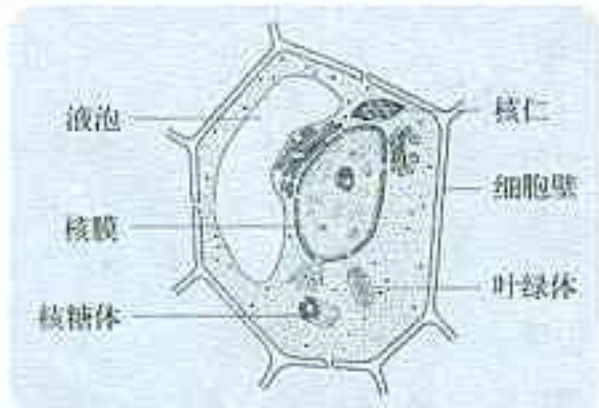
### 一、基础题

1. 找出图中的错误，写在图下的横线上。



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. 在唾液腺细胞中，参与合成并分泌唾液淀粉酶的细胞器有：

- A. 线粒体、中心体、高尔基体、内质网；
- B. 内质网、核糖体、叶绿体、高尔基体；
- C. 内质网、核糖体、高尔基体、线粒体；
- D. 内质网、核糖体、高尔基体、中心体。

答 [ ]

3. 在成人心肌细胞中的数量显著多于腹肌细胞中数量的细胞器是：

- A. 核糖体；
- B. 线粒体；
- C. 内质网；
- D. 高尔基体。

答 [ ]

4. 下列有关生物膜的叙述，不正确的是：

- A. 膜的组成成分可以从内质网膜转移到高尔基体膜，再转移到细胞膜；
- B. 各种生物膜的化学组成和结构相似；
- C. 生物膜是对生物体内所有膜结构的统称；
- D. 生物膜既各司其职，又相互协作，共同完成细胞的生理功能。

答 [ ]

### 二、拓展题

溶酶体内含有多种水解酶，为什么溶酶体膜不被分解？尝试提出一种假说，解释这种现象。如有可能，通过查阅资料验证你的假说。





## 细胞世界探微三例

1974年，在世人瞩目的诺贝尔生理学或医学奖的领奖台上，同时站立着三位细胞生物学家：美国的克劳德(A. Claude)，比利时的德迪夫(R. de Duve)和罗马尼亚的帕拉德(G. E. Palade)。

### 勇于探幽入微的克劳德



克劳德

在细胞学说创立后的100年间，人们对细胞的研究基本停留在简单观察和形态描述的水平。细胞在生物学家的眼中多多少少还像一团胶状物，里面杂乱地散布着一些含混不清

的东西。克劳德决心把细胞内部的组分分离开，探索细胞内组分的结构和功能。当时分离细胞器所遇到的困难是今天的人们难以想像的。许多人对他的冷嘲热讽，认为把好好的细胞弄碎是毫无意义的。但是克劳德坚信，要深入了解细胞的秘密，就必须将细胞内的组分分离出来。经过艰苦的努力，他终于摸索出采用不同的转速对破碎的细胞进行离心的方法，将细胞内的不同组分分开。这就是一直沿用至今的定性定量分离细胞组分的经典方法。

### 具有敏锐洞察力的德迪夫

1949年，德迪夫正在研究胰岛素对大鼠肝组织的作用。当这一研究接近尾声时，一个偶然的现象使他困惑不解。有一种酸性水解酶，刚从肝组织分离出来的时候活性并不高，但是保存5天后，活性出



德迪夫

人意料地大大提高了。德迪夫想：这种酶一定存在于细胞内的某个“容器”中，从“容器”中释放出来后才表现出活性。德迪夫凭借敏锐的洞察力，觉察到这其中一定隐藏着不同寻常的奥秘。他继续做了许多实验，结果证实了他的推测：这种酶被包在完整的膜内，当膜破裂后，酶得以释放出来。酶的潜伏状态与包裹它的膜结构的完整性有关。不久以后，其他科学家用电子显微镜和细胞化学方法，证实了德迪夫的发现。1956年，科学家正式将这种新发现的细胞器命名为溶酶体。

### 善于利用先进技术手段的帕拉德

帕拉德是克劳德的学生和助手。他改进了电子

显微镜样品固定技术，并应用于动物细胞超微结构的研究，发现了核糖体和线粒体的结构。不仅如此，他还将对细胞结构和功能的静态描述，引向动态研究。



帕拉德

1960年，帕拉德向人们描绘了一幅生动的细胞“超微活动图”，形象地揭示出分泌蛋白合成并运输到细胞外的过程。他的图示尽管精到，但毕竟是一种推测，实际过程究竟如何呢？后来，帕拉德及其同事设计了用同位素示踪技术证实蛋白质合成过程的实验，也就是课文的资料分析里介绍的实验，证明了他的推断。这个实验后来成为生物学史上最精彩的实验之一。帕拉德的成功再次说明：现代科学的重大突破，与技术的革新和进步是密不可分的。

上述事例说明，科学研究离不开探索精神、理性思维和技术手段的结合。



# 第3节 细胞核——系统的控制中心

## 问题探讨

你能指出左侧照片中哪部分结构是细胞核吗？  
根据你已有的知识和经验，讨论以下问题。

### 讨论：

1. 细胞核在细胞中起什么作用？发挥自己的想像力，把细胞核比喻成什么才既形象又贴切？
2. 没有细胞核，细胞还能存活吗？
3. 没有细胞核，细胞还能合成蛋白质吗？
4. 没有细胞核，细胞还能生长和分裂吗？

细胞电镜照片

## 本节聚焦

- 细胞核有什么功能？
- 细胞核的形态结构是怎样的？
- 为什么说细胞核是细胞的遗传信息库？

用光学显微镜观察细胞，最容易注意到的就是细胞核(nucleus)。除了高等植物成熟的筛管细胞和哺乳动物成熟红细胞等极少数细胞外，真核细胞都有细胞核。细胞核在细胞的生命活动中起什么作用呢？

## 细胞核的功能

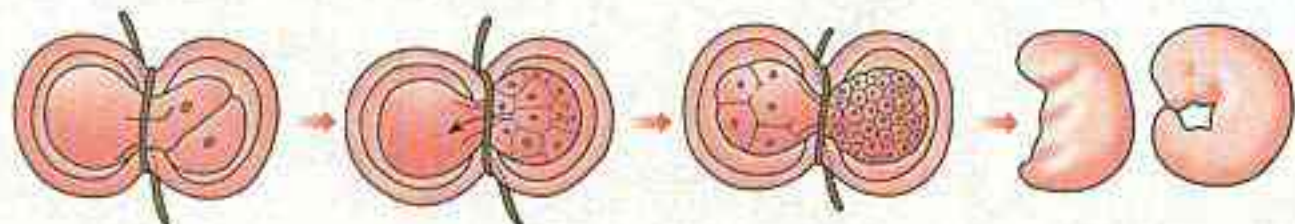
### 资料分析

### 细胞核具有什么功能？

资料1：科学家用黑白两种美西螈（一种两栖动物）做实验，将黑色美西螈胚胎细胞的细胞核取出来，移植到白色美西螈的去核卵细胞中。移植后长大的美西螈，全部是黑色的。

资料2：科学家用头发将蝾螈的受精卵横缢为有核和无核的两半，中间只有很少的细胞质

相连。结果，有核的一半能分裂，无核的一半则停止分裂。当有核的一半分裂到16~32个细胞时，如果这时一个细胞核挤到无核的一半，这一半也会开始分裂。最后两半都能发育成正常的胚胎，只是原来无核的一半发育得慢一些。



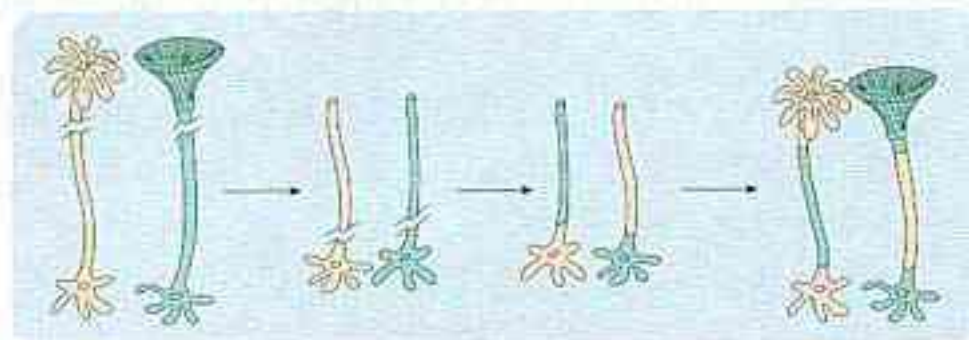
蝾螈受精卵横缢实验



资料3: 科学家做过这样的实验。将变形虫切成两半,一半有核,一半无核。无核的一半虽然仍能消化已经吞噬的食物,但不能摄取食物;对外界刺激不再发生反应;电镜下可以观察到退化的高尔基体、内质网等。有核的一半情况则大不相同,照样摄食,对刺激仍有反应,失去的伸缩泡可以再生,还能生长和分裂。如果用

显微钩针将有核一半的细胞核钩出,这一半的行为就会像上述无核的一半一样。如果及时植入同种变形虫的另一个核,各种生命活动又会恢复。

资料4: 伞藻由“帽”、柄和假根三部分构成,细胞核在基部。科学家用伞形帽和菊花形帽两种伞藻做嫁接和核移植实验,如下图。



伞藻嫁接实验



伞藻核移植实验

### 讨论:

1. 资料1说明美西螈皮肤的颜色是由细胞核还是由细胞质控制的?结合初中学过的有关多利羊产生过程的知识,你认为生物体性状的遗传主要是由细胞核还是由细胞质控制的?为什么?

2. 从资料2可以看出细胞核与细胞的分裂、分化有什么关系?

3. 分析资料3你可以得出什么结论?

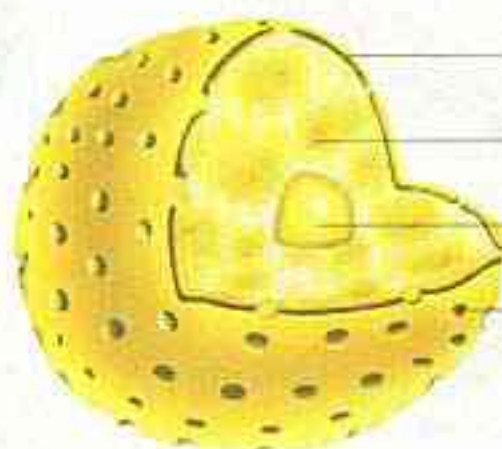
4. 资料4说明生物体形态结构的建成,主要与细胞核还是细胞质有关?

5. 你认为细胞核具有什么功能?

细胞核是真核细胞内最大的、也是最重要的细胞器。大量的事实表明,细胞核控制着细胞的代谢和遗传。因此,有人把细胞核比喻为细胞的“大脑”,细胞的“控制中心”。细胞核为什么能成为细胞的“控制中心”呢?

### 细胞核的结构

细胞核能够控制细胞的代谢和遗传,是与细胞核的结构分不开的(图3-10)。



核膜(双层膜,把核内物质与细胞质分开)

染色质(由DNA和蛋白质组成,DNA是遗传信息的载体)

核仁(与某种RNA的合成以及核糖体的形成有关)

核孔(实现核质之间频繁的物质交换和信息交流)

图3-10 细胞核结构模式图



## 知识链接

有关DNA的知识,参见本书第2章第3节和《遗传与进化》第3、4章。



同一个生物体内所有细胞的“蓝图”都是一样的吗?如果是一样的,为什么体内细胞的形态、功能如此多样?结构也不完全相同?

细胞核中有DNA,DNA和蛋白质紧密结合成染色质。染色质是极细的丝状物,因容易被碱性染料染成深色而得名。细胞分裂时,细胞核解体,染色质高度螺旋化,缩短变粗,成为光学显微镜下清晰可见的圆柱状或杆状的染色体(chromosome)。细胞分裂结束时,染色体解螺旋,重新成为细丝状的染色质,被包围在新形成的细胞核里。因此,染色质和染色体是同一种物质在细胞不同时期的两种存在状态。

DNA上贮存着遗传信息。在细胞分裂时,DNA携带的遗传信息从亲代细胞传递给子代细胞,保证了亲子代细胞在遗传性状上的一致性。

遗传信息就像细胞生命活动的“蓝图”,细胞依据这个“蓝图”,进行物质合成、能量转换和信息交流,完成生长、发育、衰老和凋亡。正是由于这张“蓝图”储藏在细胞核里,细胞核才具有控制细胞代谢的功能。

因此,对细胞核功能的较为全面的阐述应该是:细胞核是遗传信息库,是细胞代谢和遗传的控制中心。



## 模型建构

### 尝试制作真核细胞的三维结构模型

**模型方法** 模型是人们为了某种特定目的而对认识对象所作的一种简化的概括性的描述,这种描述可以是定性的,也可以是定量的;有的借助于具体的实物或其他形象化的手段,有的则通过抽象的形式来表达。模型的形式很多,包括物理模型、概念模型、数学模型等。以实物或图画形式直观地表达认识对象的特征,这种模型就是物理模型。沃森和克里克制作的著名的DNA双螺旋结构模型,就是物理模型,它形象而概括地反映了所有DNA分子结构的共同特征。

#### 目的要求

1. 尝试制作真核细胞的三维结构模型。
2. 体验建构模型的过程。

#### 材料用具

根据本小组模拟制作模型的种类选择材料用具。例如,制作计算机三维动画模型,需要配



备安装了制作三维动画软件的计算机；制作实物模型，可用泡沫塑料、木块、纸板、纸片、塑料袋、布、线绳、细铁丝、大头针等材料。



北京某中学制作的细胞模型



北京自然博物馆展出的细胞模型

1. 通过讨论确定本小组制作的真核细胞三维结构模型的种类(如计算机模型、实物模型)，规格(如模型大小、模型展示的是细胞的全部还是部分)。

2. 确定使用的材料用具。真实的细胞颜色并不鲜艳，但是同学们可以用不同的颜色区分不同的细胞结构，使细胞各部分的结构特点更突出，便于观察。

3. 在动手制作之前，小组内对设计方案做进一步讨论、细化，包括各种细胞结构如何制作，细胞结构之间如何连接，等等。确定制作模型的实施过程和具体分工。

4. 按照分工制作各部分配件，然后将配件组合在一起，逐步完成真核细胞模型的制作。

5. 按照设计方案对制作的模型进行检查，修补存在的缺陷。

#### 表达和交流

在班级内交流各小组制作的模型，从科学性、艺术性、成本低廉等方面对各小组的模型作出评价。

在设计并制作细胞模型时，科学性、准确性应该是第一位的，其次才是模型的美观与否。

细胞作为基本的生命系统，其结构复杂而精巧；各组分之间分工合作成为一个整体，使生命活动能够在变化的环境中自我调控、高度有序地进行。这是几十亿年进化的产物。细胞既是生物体结构的基本单位，也是生物体代谢和遗传的基本单位。





## 技能训练

### 解释数据

为了研究细胞核是否为活细胞所必需，一位生物学家做了这样的实验。他研究了100个细胞，把每个细胞都分成两部分，一部分含有细胞

核，另一部分没有细胞核。所有的细胞都放在一定的条件下培养。他得到下面的实验数据。

时间/d	细胞无核部分的存活个数
1	81
2	62
3	20
4	0

时间/d	细胞有核部分的存活个数
1	79
2	78
3	77
4	74
10	67
30	65

#### 讨论：

1. 如果你是这位生物学家，你怎样解释上述数据？你能得出什么结论？

2. 有人质疑这位生物学家，要求他对这么多细胞有核部分的死亡作出合乎逻辑的解释。请你尝试为这位生物学家辩护，替他作出解释。



## 练习

### 一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

(1) 控制细胞器进行物质合成、能量转换等的指令，主要是通过核孔从细胞核到达细胞质的。  
( )

(2) 拍摄洋葱鳞片叶表皮细胞的显微照片就是建构了细胞的物理模型。  
( )

2. 细胞核内行使遗传功能的结构是：

- A. 核膜；
- B. 核孔；
- C. 染色质；
- D. 核仁。

答 [ ]

3. 下列关于细胞核的说法，不正确的是：
- A. 细胞核是遗传物质贮存和复制的场所；
  - B. 细胞核控制细胞的代谢和遗传；
  - C. 细胞核位于细胞的正中央，所以它是细胞的控制中心；
  - D. DNA主要存在于细胞核内。

答 [ ]

### 二、拓展题

从母牛甲的体细胞中取出细胞核，注入到母牛乙去核的卵细胞中，融合后的细胞经卵裂形成早期胚胎，将胚胎植入母牛丙的子宫内。出生小牛的各种性状，大多像甲，像乙，像丙，还是无法预测？为什么？



## 本章小结

细胞作为基本的生命系统，具有系统的一般特征：有边界，有系统内各组分的分工合作，有控制中心起调控作用。

细胞的边界是细胞膜。细胞膜并不仅仅是把细胞内外环境分隔开，活细胞的细胞膜还具有控制物质进出、实现细胞间信息交流等功能。

在细胞质中有线粒体、叶绿体、高尔基体、内质网、核糖体、溶酶体等细胞器。动物细胞和植物细胞的细胞器有所不同。这些细胞器既有分工，又有合作。在系统的控制中心，也是最大的细胞器——细胞核的统一调控下，细胞的各部分结构协调配合，共同完成代谢、遗传等各项生命活动。

认识细胞的结构，了解细胞的功能，离不开细致的观察和富有创造性的实验，同时还需要借助光学显微镜、电子显微镜等能延伸人类视觉深度的仪器设备，并依赖于细胞组分分离技术和显微制片技术的不断改进。

面对细胞这样的肉眼看不见的微观世界，人类历经数百年的探幽入微，取得了丰硕的成果，其中不少成果已经走进人们的生活。每一项成果的取得都来之不易，需要探索精神、理性思维和技术手段的结合。

### 网站登录

<http://pck.bio.ncue.edu.tw/pckweb/database/data>

<http://www.cellsalive.com>

<http://www.bioon.com/cellbio.htm>

<http://www.shuku.net:8080/novels/zatan/cells/cells.html>



# 自我检测

## 一、概念检测

### 判断题

1. 染色体和染色质是不同物质在同一时期细胞中的两种形态。 ( )
2. 细胞内各种细胞器之间各司其职,互不联系。 ( )

### 选择题

活细胞中,与酶的合成和分泌直接有关的细胞器是:

- A. 核糖体和高尔基体;
- B. 中心体和高尔基体;
- C. 核糖体、内质网和高尔基体;
- D. 高尔基体和溶酶体。

答 [ ]

### 连线题

将下列细胞结构与对应的功能用线连接起来。

线粒体	遗传信息库
溶酶体	进行光合作用
细胞壁	控制物质进出细胞
染色质	合成蛋白质
核糖体	支持和保护植物细胞
细胞膜	为细胞生命活动提供能量
中心体	分解衰老、损伤的细胞器
内质网	蛋白质的合成和加工,脂质的合成
细胞核	蛋白质的加工、分类、包装及运输
叶绿体	遗传物质的主要载体
高尔基体	与动物细胞的有丝分裂有关

## 画概念图

将动物细胞中各种结构的名称及其相互关系,以概念图的形式表示出来。

## 二、知识迁移

新宰的畜、禽,如果马上把肉做熟了吃,肉老而口味不好,过一段时间再煮,肉反而鲜嫩。这可能与肌细胞内哪一种细胞器的作用有关?

## 三、技能应用

用光学显微镜观察未经染色的动物细胞,在明亮的视野下很难看清细胞的边缘和细胞核。如果把视野调暗,可以看得比较清晰。你想试一试吗?你可以制备自己的口腔上皮细胞临时装片进行观察。想一想要把视野调暗,应该怎样操作?

## 四、思维拓展

1. 科学研究证实,在精细胞变形为精子的过程中,精子的头部几乎只保留了细胞核,部分细胞质变成精子的颈部和尾部,大部分细胞质及多数细胞器被丢弃,但全部线粒体被保留下来,并集中在尾的基部。对这一现象你将作怎样的解释?

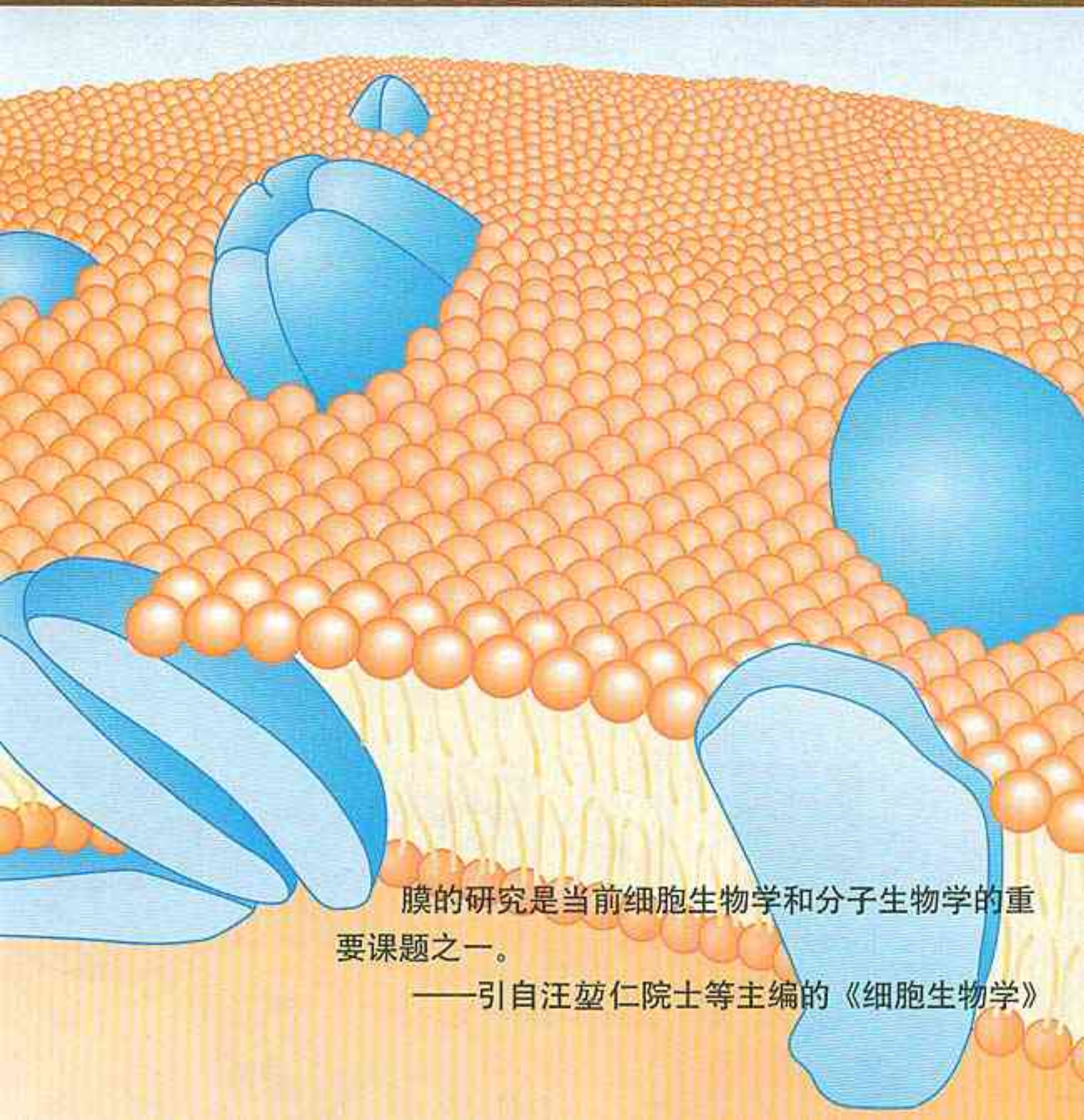
2. 有的生物学家推测,在生物进化过程中,真核细胞内部的膜很可能来自细胞膜。你同意这种推测吗?依据是什么?



# 第4章 细胞的物质输入和输出

细胞是一个开放的系统，每时每刻都与环境进行着物质的交换。物质的进进出出都要经过细胞的边界——细胞膜。细胞内外的许多物质并不能自由地出入细胞，细胞膜能够对进出细胞的物质进行选择。

这一层薄薄的细胞膜为什么能够控制物质的出入呢？



膜的研究是当前细胞生物学和分子生物学的重要课题之一。

——引自汪堃仁院士等主编的《细胞生物学》



# 第1节 物质跨膜运输的实例

## 问题探讨

在一个长颈漏斗的漏斗口外密封上一层玻璃纸，往漏斗内注入蔗糖溶液，然后将漏斗浸入盛有清水的烧杯中，使漏斗管内外的液面高度相等。过一段时间后，会出现如左图所示现象。

玻璃纸（又叫赛璐玢）是一种半透膜，水分子可以透过它，而蔗糖分子则不能。

### 讨论：

1. 漏斗管内的液面为什么会升高？
2. 如果用一层纱布代替玻璃纸，漏斗管内的液面还会升高吗？
3. 如果烧杯中不是清水，而是同样浓度的蔗糖溶液，结果会怎样？



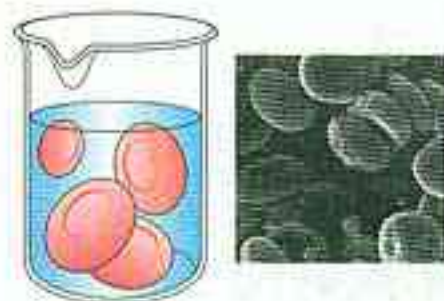
## 本节聚焦

- 细胞在什么情况下吸水或失水？
- 植物细胞的质壁分离与复原现象说明什么？
- 为什么说细胞膜是选择透过性膜？

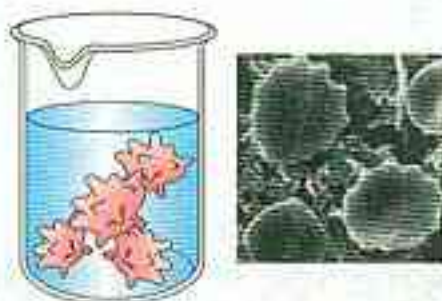
细胞与环境进行物质交换必须经过细胞膜。我们知道，细胞内外的物质含量有很大差别，这与细胞膜的作用有什么关系呢？不同物质的跨膜运输有什么不同的特点呢？水是活细胞中含量最多的物质，让我们先来分析水是怎样进出细胞的。

## 细胞的吸水和失水

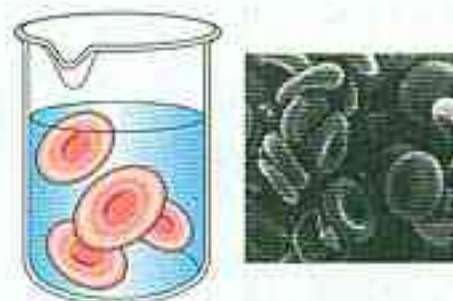
回忆以哺乳动物红细胞为材料制备细胞膜的实验，并分析下图所示实验现象（图4-1）。



当外界溶液的浓度比细胞质的浓度低时，细胞吸水膨胀。



当外界溶液的浓度比细胞质的浓度高时，细胞失水皱缩。



当外界溶液的浓度与细胞质的浓度相同时，水分进出细胞处于动态平衡。

图4-1 水分进出哺乳动物红细胞的状况





### 思考与讨论

1. 红细胞内的血红蛋白等有机物能够透过细胞膜吗?
2. 红细胞的细胞膜是不是相当于“问题探讨”中所说的半透膜?
3. 当外界溶液的浓度低时,红细胞一定会由于吸水而涨破吗?
4. 红细胞吸水或失水的多少取决于什么条件?

其他动物细胞的吸水和失水的原理与红细胞是一样的。

**与生活的联系** 你吃比较咸的食物时,例如你吃腌制的咸菜,连续嗑带盐的瓜子等,你的口腔和唇的黏膜有什么感觉?为什么?

植物细胞吸水和失水的情况是怎样的呢?我们知道,植物细胞的结构与动物细胞有明显的区别(图4-2)。成熟的植物细胞由于中央液泡占据了细胞的大部分空间,将细胞质挤成一薄层,所以细胞内的液体环境主要指的是液泡里面的细胞液。细胞膜和液泡膜以及两层膜之间的细胞质称为原生质层。水分进出细胞要经过原生质层。原生质层是不是相当于一层半透膜呢?植物细胞还具有细胞壁,它对细胞的吸水和失水有没有影响呢?

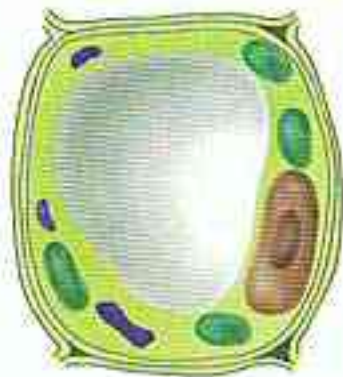


图4-2 成熟的植物细胞模式图



### 探究

#### 植物细胞的吸水和失水

当你把白菜剁碎准备做馅时,常常要放一些盐。稍等一会儿就可见到有水分渗出。对农作物施肥过多,会造成“烧苗”现象。

##### 提出问题

1. 根据上文并通过深入思考,提出你想探究的问题。将问题写出来,与本小组同学交流,看看其他同学能否准确理解你的意思,考虑是否需要问题的表述进行修改。

2. 小组内讨论各自提出的问题的探究

价值。确定本小组要探究的问题。

##### 参考案例

一位同学提出:“植物细胞会出现失水的情况吗?”另一位同学提出:“植物细胞在什么情况下会失水?”通过讨论,大家觉得第二个问题更有探究的价值。

##### 作出假设

根据已有的知识和生活经验,对提出的问



题作出尝试性的回答,也就是作出假设。

#### 参考案例

某小组提出的问题是:“原生质层相当于一层半透膜吗?”针对这一问题,他们作出的假设是:“原生质层相当于一层半透膜。”他们的理由是:植物细胞膜和液泡膜都是生物膜,它们具有与红细胞的细胞膜基本相同的化学组成和结构;做菜馅时因为放了盐,菜中的水分大量流出,这与红细胞失水很相似。

#### 设计实验

你所作的假设即使是有依据的,也仅仅是一种推测。这种推测是否正确,还需要实验来检验。

#### 参考案例

某同学为了检验“原生质层相当于一层半透膜”这一假设,设计了如下实验。其基本思路是:将植物细胞浸润在较高浓度的蔗糖溶液中,观察其大小的变化;再将细胞浸润在清水中,观察其大小的变化。他预期的结果是:由于原生质层相当于一层半透膜,水分子可以自由透过,而蔗糖分子不能透过,因此,在蔗糖溶液中植物细胞的中央液泡会变小,细胞皱缩;在清水中植物细胞的中央液泡会变大,细胞膨胀。按照这样的思路,他写出了如下实验方案。

#### 材料用具

紫色的洋葱鳞片叶。

刀片,镊子,滴管,载玻片,盖玻片,吸水纸,显微镜。

质量浓度为0.3 g/mL的蔗糖溶液,清水。

#### 方法步骤

1. 制作洋葱鳞片叶外表皮的临时装片。
2. 用低倍显微镜观察洋葱鳞片叶表皮细胞中紫色的中央液泡的大小,以及原生质层的位置。
3. 从盖玻片的一侧滴入蔗糖溶液,在盖玻片的另一侧用吸水纸吸引。这样重复几次,盖玻片下面的洋葱鳞片叶表皮就浸润在蔗糖溶液中。

4. 用低倍显微镜观察,看细胞的中央液泡是否逐渐变小,原生质层在什么位置,细胞大小是否变化。

5. 在盖玻片的一侧滴入清水,在盖玻片的另一侧用吸水纸吸引。这样重复几次,洋葱鳞片叶表皮又浸润在清水中。

6. 用低倍显微镜观察,看中央液泡是否逐渐变大,原生质层的位置有没有变化,细胞的大小有没有变化。

请你仔细分析该同学的实验方案,并与本小组同学讨论制订本小组的实验方案,对实验结果作出预期。

#### 进行实验

按照实验方案认真操作,仔细观察,将每一步的观察结果记录下来。

	中央液泡大小	原生质层的位置	细胞大小
蔗糖溶液			
清水			

#### 分析结果,得出结论

1. 实验结果与你的预期相吻合吗?它是否支持你所作的假设?如果有的结果与预期不同,你认为应当怎样解释?

2. 假如细胞壁相当于一层半透膜,实验结果会有什么不同?

3. 如果没有细胞壁,实验结果会有什么不同?

4. 本小组的结论是什么?

#### 表达和交流

将本小组探究的问题、过程、结果和结论与其他小组交流,听取他们的质疑并进行解释。如果有必要,对本小组的实验方案进行修改。

#### 进一步探究

植物细胞会由于过多吸水而涨破吗?



植物细胞的原生质层相当于一层半透膜。当细胞液的浓度小于外界溶液的浓度时，细胞液中的水分就透过原生质层进入外界溶液中，使细胞壁和原生质层都出现一定程度的收缩。由于原生质层比细胞壁的伸缩性大，当细胞不断失水时，原生质层就会与细胞壁逐渐分离开来，也就是逐渐发生了质壁分离。当细胞液的浓度大于外界溶液的浓度时，外界溶液中的水分就透过原生质层进入细胞液中，整个原生质层就会慢慢地恢复成原来的状态，使植物细胞逐渐发生质壁分离的复原（图4-3）。

### ► 相关信息

细胞壁是全透性的，水分子和溶解在水里的物质都能够自由通过。

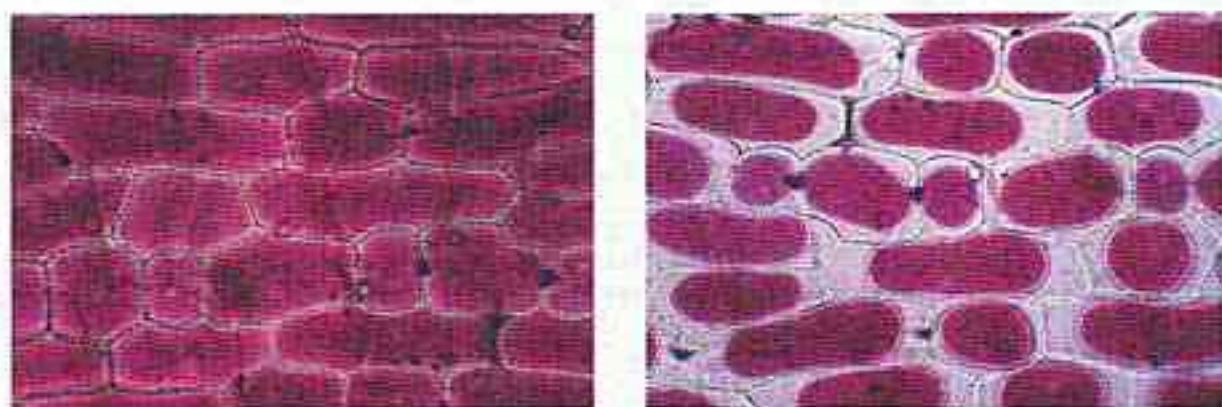


图4-3 植物细胞的质壁分离  
(左图表示刚开始发生质壁分离，右图表示已明显发生质壁分离)

## 物质跨膜运输的其他实例

细胞的吸水和失水是水分子顺相对含量的梯度跨膜运输的过程。其他物质的跨膜运输是怎样的呢？

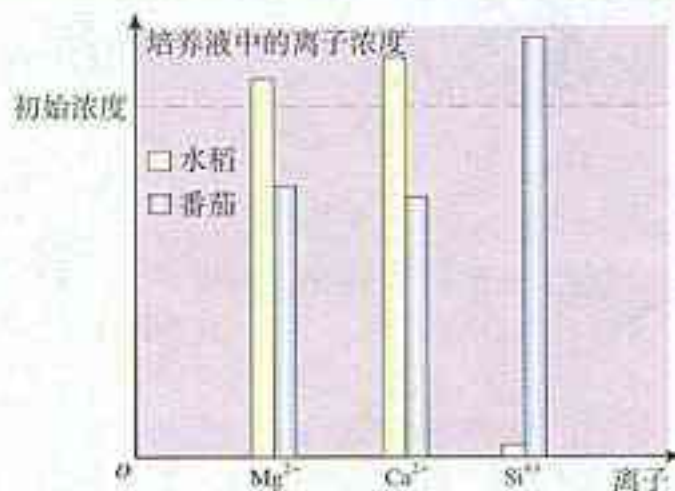


### 资料分析

## 物质跨膜运输的特点

科学家做过这样的实验：准备好含  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Si}^{4+}$  的培养液，将番茄和水稻分别放在上述培养液中培养。一段时间后，番茄培养液中的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  浓度下降，水稻培养液中的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  浓度增高。 $\text{Si}^{4+}$  的情况刚好相反：水稻吸收大量的  $\text{Si}^{4+}$ ，而番茄几乎不吸收  $\text{Si}^{4+}$ 。

人体甲状腺滤泡上皮细胞具有很强的摄取碘的能力。血液中碘的质量浓度为  $250 \text{ mg/L}$ ，而甲状腺滤泡上皮细胞内碘浓度比血液高  $20 \sim 25$  倍。





不同微生物对不同矿物质的吸收表现出较大的差异。

几种微生物体内的矿物质含量  
(占全部矿物质的%)

微生物	$P_2O_5$	$K_2O$
大肠杆菌	33.99	12.95
圆褐固氮菌	4.93	2.41
酵母菌	51.09	38.66
米曲霉	48.55	28.16

### 讨论

1. 水稻培养液里的 $Ca^{2+}$ 和 $Mg^{2+}$ 浓度为什么会增高?
2. 不同作物对无机盐的吸收有差异吗?
3. 水分子跨膜运输是顺相对含量梯度的, 其他物质的跨膜运输也是这样吗?
4. 细胞对物质的吸收有选择吗? 如果有, 这种选择性有普遍性吗?

从以上实例可以看出, 物质跨膜运输并不都是顺相对含量梯度的, 而且细胞对于物质的输入和输出有选择性。可以说细胞膜和其他生物膜都是选择透过性膜, 这种膜可以让水分子自由通过, 一些离子和小分子也可以通过, 而其他的离子、小分子和大分子则不能通过。生物膜的这一特性, 与细胞的生命活动密切相关, 是活细胞的一个重要特征。



固体果汁饮料 汽水

**与社会的联系** 不同的饮料浓度不同。浓度低的饮料可以用来补充体内水分, 浓度高的饮料可能使机体细胞脱水。生产高浓度饮料的厂家能够宣传他们的产品很解渴吗? 饮料的包装说明中应当给消费者哪些关于浓度的信息?

## 练习

### 一、基础题

判断下列表述是否正确。

1. 细胞膜和液泡膜都是选择透过性膜。( )
2. 水分子进出细胞, 取决于细胞内外液体的浓度差。( )
3. 小分子物质都能通过细胞膜, 大分子物质则不能。( )

### 二、拓展题

轮作是农业生产中经常使用的方法。农民在同一块田里种植的作物种类会因年份有所不同, 也就是有计划地更换作物种类来种。这与作物根系对矿质营养元素的选择性吸收有什么关系吗?



## 第2节 生物膜的流动镶嵌模型

### 问题探讨



制作细胞模型

在制作真核细胞三维结构模型的活动中，某小组同学分别用三种材料做细胞膜：塑料袋、普通布和弹力布。

#### 讨论：

1. 根据结构与功能相适应的观点分析，用哪种材料做细胞膜，更适于体现细胞膜的功能？
2. 你还能想出更好的材料做细胞膜吗？

从物质跨膜运输的实例可以看出，生物膜对物质进出细胞是有选择性的。为什么生物膜能够控制物质的进出？这与生物膜的结构有什么关系？当年科学家正是怀着对物质跨膜运输现象产生的疑问，开始探索生物膜结构的。

### 对生物膜结构的探索历程

19世纪末，欧文顿(E.Overton)曾用500多种化学物质对植物细胞的通透性进行过上万次的实验，发现细胞膜对不同物质的通透性不一样：凡是可溶于脂质的物质，比不能溶于脂质的物质更容易通过细胞膜进入细胞。于是他提出：膜是由脂质组成的。

20世纪初，科学家第一次将膜从哺乳动物的红细胞中分离出来。化学分析表明，膜的主要成分是脂质和蛋白质。1925年，两位荷兰科学家用丙酮从人的红细胞中提取脂质，在空气—水界面上铺展成单分子层，测得单分子层的面积恰为红细胞表面积的2倍。他们由此得出结论：细胞膜中的脂质分子必然排列为连续的两层！

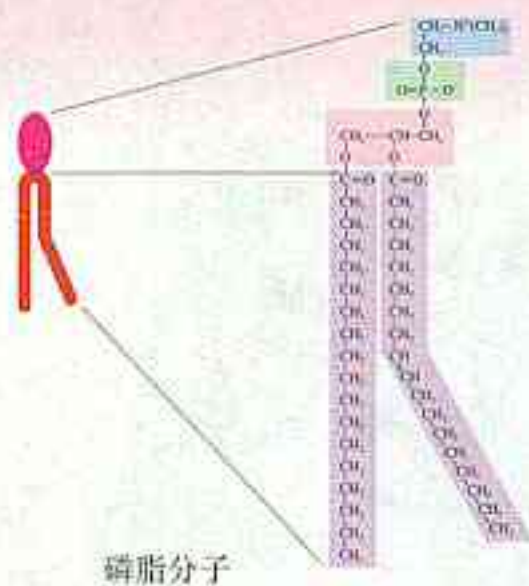
### 本节聚焦

- 生物膜流动镶嵌模型的基本内容是什么？
- 通过分析科学家建立生物膜模型的过程，你对科学的过程和方法有哪些领悟？





1. 最初认识到细胞膜是由脂质组成的, 是通过对现象的推理分析, 还是通过对膜成分的提取和鉴定?



**提出假说** 膜的成分和结构的初步阐明,最初都是先根据实验现象和有关知识,提出假说,而不是通过实验观察直接证实的。假说的提出要有实验和观察的依据,同时还需要严谨的推理和大胆想像。假说需要通过观察和实验进一步验证和完善。



图4-4 细胞膜结构的电镜照片



形虫的变形运动这样的现象都不好解释。

随着新的技术手段不断运用于生物膜的研究,科学家发现膜蛋白并不是全部平铺在脂质表面,有的蛋白质是镶嵌在脂质双分子层中的。

1970年,科学家用发绿色荧光的染料标记小鼠细胞表面的蛋白质分子,用发红色荧光的染料标记人细胞表面的蛋白质分子,将小鼠细胞和人细胞融合。这两种细胞刚融合时,融合细胞的一半发绿色荧光,另一半发红色荧光。在 $37^{\circ}\text{C}$ 下经过40 min,两种颜色的荧光均匀分布(图4-5)。这一实验,以及相关的其他实验证据表明细胞膜具有流动性。

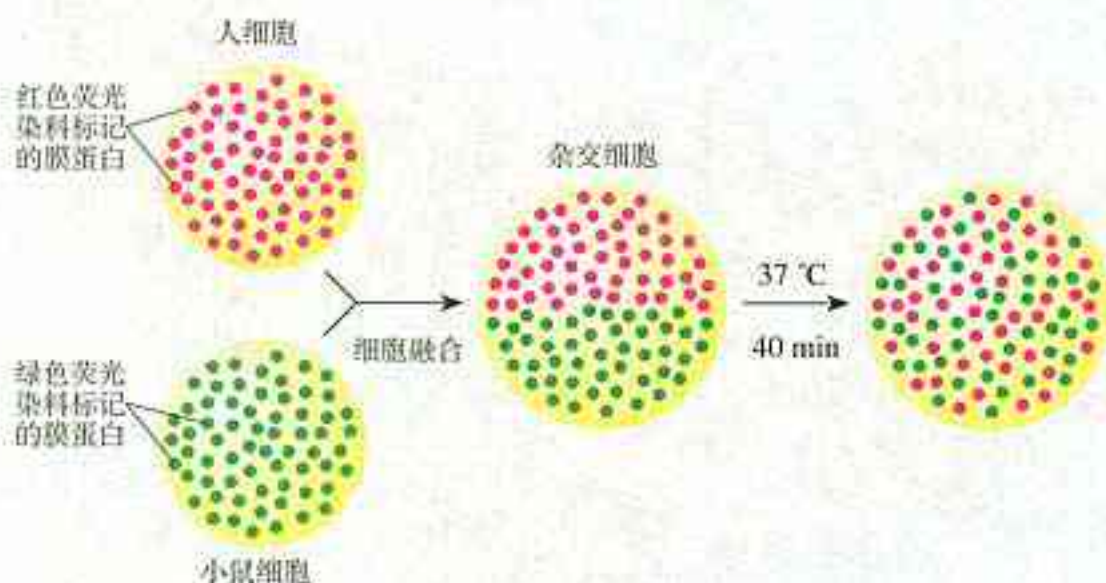


图4-5 荧光标记的小鼠细胞和人细胞融合实验示意图

在新的观察和实验证据的基础上,又有学者提出了一些关于生物膜的分子结构模型。其中,1972年桑格(S.J. Singer)和尼克森(G.Nicolson)提出的流动镶嵌模型为大多数人所接受。



### 思考与讨论

1. 在建立生物膜模型的过程中,实验技术的进步起到怎样的作用?

2. 在建立生物膜模型的过程中,结构与功能相适应的观点是如何得到体现的?



### ► 想像空间

发挥自己的空间想像能力，想像一个近似球形的细胞，其细胞膜的磷脂双分子层的三维立体结构。

## 流动镶嵌模型的基本内容

生物膜的流动镶嵌模型 (fluid mosaic model) 认为，磷脂双分子层构成了膜的基本支架，这个支架不是静止的。磷脂双分子层是轻油般的流体，具有流动性。蛋白质分子有的镶嵌在磷脂双分子层表面，有的部分或全部嵌入磷脂双分子层中，有的横跨整个磷脂双分子层。大多数蛋白质分子也是可以运动的 (图4-6)。

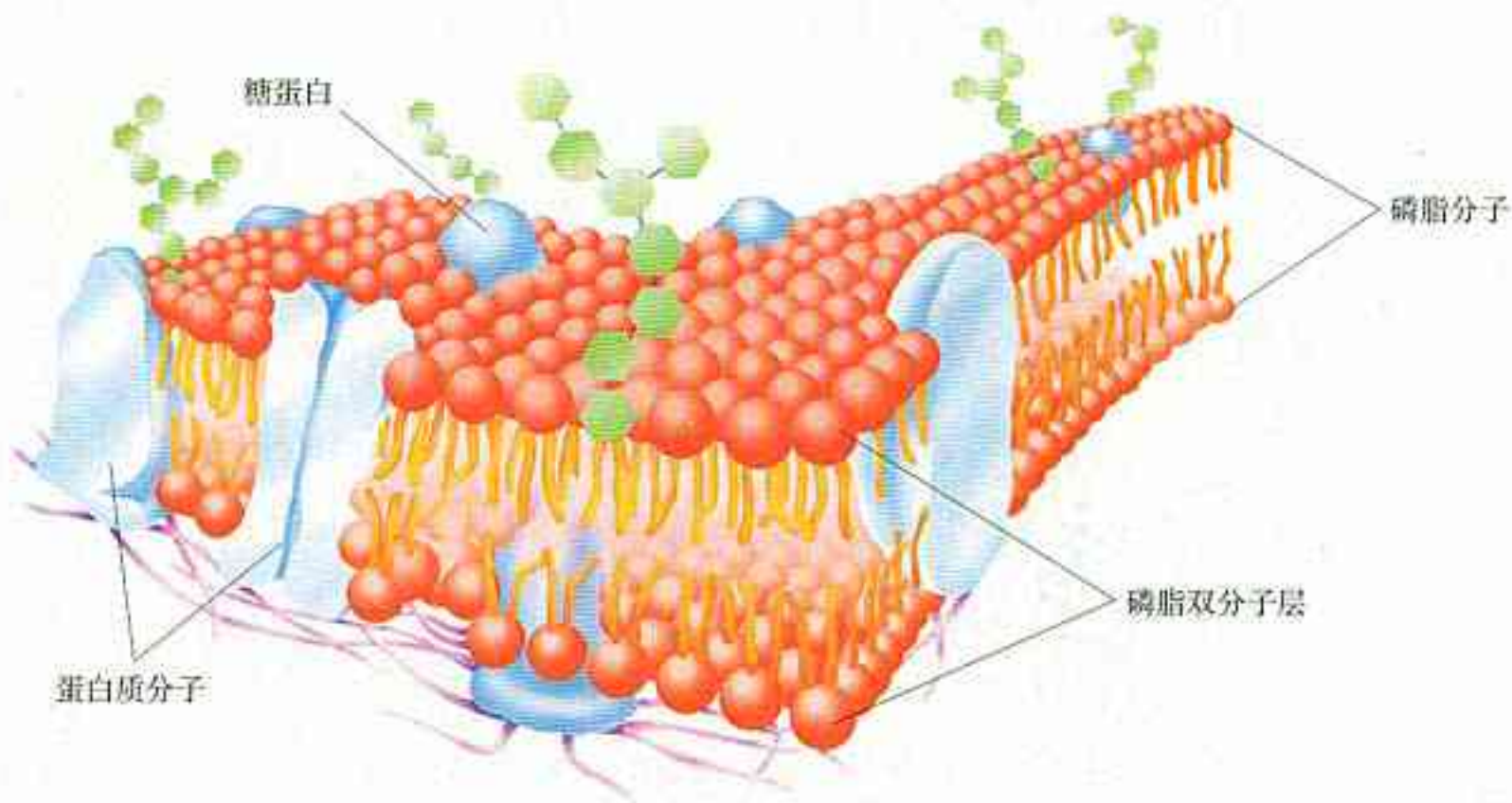


图4-6 生物膜的结构模型示意图

在细胞膜的外表，有一层由细胞膜上的蛋白质与糖类结合形成的糖蛋白，叫做糖被。它在细胞生命活动中具有重要的功能。例如，消化道和呼吸道上皮细胞表面的糖蛋白有保护和润滑作用；糖被与细胞表面的识别有密切关系。经研究发现，动物细胞表面糖蛋白的识别作用，好比是细胞与细胞之间，或者细胞与其他大分子之间，互相联络用的文字或语言。除糖蛋白外，细胞膜表面还有糖类和脂质分子结合成的糖脂。





## 练习

### 一、基础题

1. 对细胞膜的研究为什么是从生理功能——膜的通透性开始的?

2. 科学家在实验中发现:脂溶性物质能够优先通过细胞膜,并且细胞膜会被溶解脂质的溶剂溶解,也会被蛋白酶分解。这些事实说明,组成细胞膜的物质中有\_\_\_\_\_。

3. 流动镶嵌模型与蛋白质—脂质—蛋白质三层结构模型有何异同?

4. 生物膜的结构特点是:

- A. 构成生物膜的磷脂分子可以运动;
- B. 构成生物膜的蛋白质分子可以运动;

C. 构成生物膜的磷脂分子和蛋白质分子是静止的;

D. 构成生物膜的磷脂分子和大多数蛋白质分子可以运动。

答 [ ]

### 二、拓展题

1. 分析生物膜模型的建立和完善过程,你受到哪些启示?

2. 生物膜的流动镶嵌模型是否已完美无缺?说说你的看法。



### 课外制作

#### 利用废旧物品制作生物膜模型

为了对生物膜的分子组成和空间结构有更形象的认识。不妨试做一个流动镶嵌模型。

用包裹中药丸的球形蜡质盒做磷脂分子的头部。去掉药盒表面的腊壳,用解剖针在盒子两半的扣合处打两个孔,穿过铁丝或电线,使铁丝或电线成为磷脂分子的尾部。再在盒子扣合处以及与盒子扣合处相垂直的方向打上两组孔(每组两个孔)。每一个盒子都这样做。用较长的铁丝把盒子穿起来,并扣上两半盒子,排列在一个水平面上,这就做好了“磷脂单分子层”。

用同样的方法再做一个“磷脂单分子层”,这样就做成“磷脂双分子层”。

用什么材料做蛋白质呢?可以收集废旧包装材料,如包装电器的硬质泡沫塑料,它很容易

被你加工成需要的形状。一些“蛋白质”可以“漂浮”在膜的两侧,另一些可以“嵌入”或“贯穿”膜。可以用贯穿膜的“蛋白质”来帮助固定磷脂双分子层,穿铁丝的时候把它们穿上就是了。也许你有更好的材料或想法,希望你能尝试一下。





## 第3节 物质跨膜运输的方式

### 问题探讨

左图所示为人工的无蛋白质的脂双层膜对不同分子的通透性。

#### 讨论：

1. 什么样的分子能够通过脂双层？什么样的分子不能通过？

2. 葡萄糖不能通过无蛋白质的脂双层，但是，小肠上皮细胞能大量吸收葡萄糖，对此该如何解释？

3. 观察此图，联系已有知识，你还能提出其他问题吗？能不能对所提出的问题作出尝试性的回答？



### 本节聚焦

- 物质跨膜运输的方式有哪几种？
- 两种被动运输的方式有什么异同？
- 主动运输与被动运输的区别是什么？这对于细胞的生活有什么意义？

### 相关信息

除了水、氧、二氧化碳外，甘油、乙醇、苯等物质也可以通过自由扩散进出细胞。

我们知道，将两种溶液连通时，溶质分子会从高浓度一侧向低浓度一侧扩散。往清水中滴一滴蓝墨水，清水很快就变为蓝色，这就是扩散。物质进出细胞，既有顺浓度梯度的扩散，统称为被动运输 (passive transport)；也有逆浓度梯度的运输，称为主动运输 (active transport)。此外还有其他运输方式。

### 被动运输

你已经知道，水分子进出细胞取决于细胞内外溶液的浓度差。氧和二氧化碳也是如此。这些物质的分子很小，很容易自由地通过细胞膜的磷脂双分子层。当肺泡内氧的浓度大于肺泡细胞内部氧的浓度时，氧便通过扩散作用进入肺泡细胞内部。细胞内由于呼吸作用使二氧化碳浓度升高时，二氧化碳便通过扩散作用排出细胞，进入体液。像这样，物质通过简单的扩散作用进出细胞，叫做自由扩散 (free diffusion) (图 4-7)。

离子和一些较大的分子如葡萄糖等，不能自由地通过细胞膜。镶嵌在膜上的一些特殊的蛋白质，能够协助葡萄糖等一些物质顺浓度梯度跨膜运输。进出细胞的物质借助



载体蛋白的扩散,叫做协助扩散(facilitated diffusion)。自由扩散和协助扩散统称为被动运输。

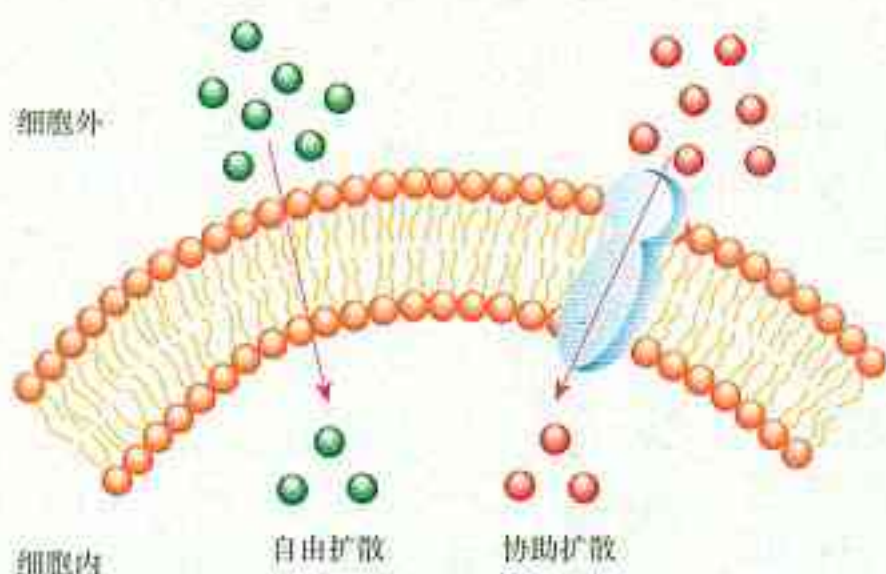


图4-7 自由扩散和协助扩散示意图



### 思考与讨论

1. 自由扩散和协助扩散需要消耗能量吗?为什么?
2. 自由扩散与协助扩散有什么异同?
3. 为什么自由扩散和协助扩散被称为被动运输?

## 主动运输

细胞通过被动运输吸收物质时,虽然不需要消耗能量,但需要膜两侧的浓度差。而一般情况下,植物根系所处的土壤溶液中,植物需要的很多矿质元素离子的浓度总是低于细胞液的浓度。例如,水生植物丽藻的细胞液中 $K^+$ 浓度比它们生活的池水高1 065倍,其他多种离子的浓度也比池水高得多(表4-1)。又如,轮藻细胞中 $K^+$ 的浓度比周围水环境高63倍。再如,人红细胞中 $K^+$ 的浓度比血浆高30倍, $Na^+$ 的浓度却只有血浆的1/6。

这些离子为什么能逆浓度梯度运输呢?

$Na^+$ 、 $K^+$ 和 $Ca^{2+}$ 等离子,都不能自由地通过磷脂双分子层,它们从低浓度一侧运输到高浓度一侧,需要载体蛋白的协助,同时还需要消耗细胞内化学反应所释放的能量,这种方式叫做主动运输(图4-8)。主动运输普遍存在于动植物和微生物细胞中,保证了活细胞能够按照生命活动的需

表4-1 丽藻细胞液与池水的多种离子浓度比

离子	细胞液浓度 / 池水浓度
$(H_2PO_4)^-$	18 050
$K^+$	1 065
$Cl^-$	100
$Na^+$	46
$SO_4^{2-}$	25
$Ca^{2+}$	13
$Mg^{2+}$	10



### ► 知识链接

图4-8中ATP水解为ADP和 $P_i$ 时放能,供主动运输利用。请参见本书第5章第2节。

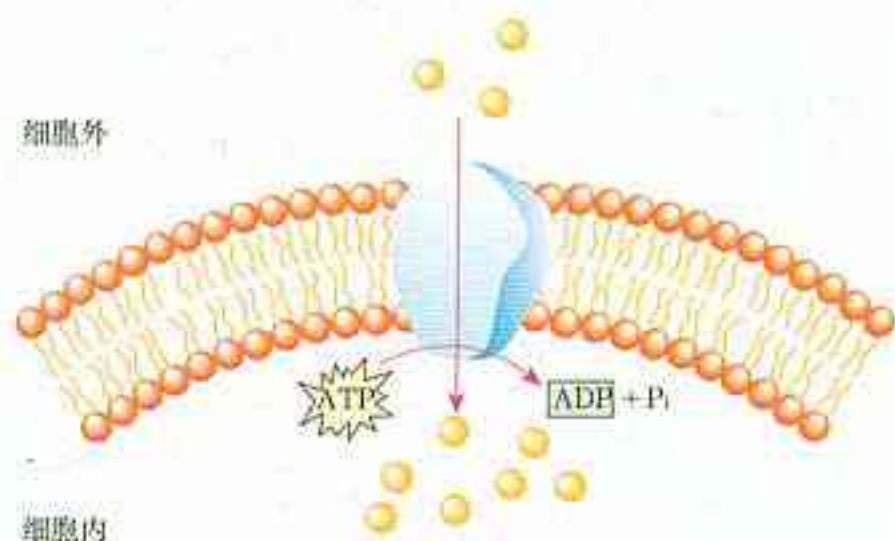


图4-8 主动运输示意图

要,主动选择吸收所需要的营养物质,排出代谢废物和对细胞有害的物质。

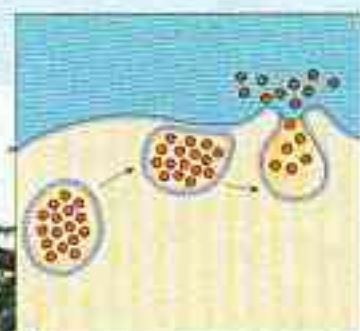
载体蛋白虽然能够帮助许多离子和小的分子通过细胞膜,但是,对于像蛋白质这样的大分子的运输却无能为力。可是大部分细胞能够摄入和排出特定的大分子。这些大分子是怎样进出细胞的?

当细胞摄取大分子时,首先是大分子附着在细胞膜表面,这部分细胞膜内陷形成小囊,包围着大分子。然后小囊从细胞膜上分离下来,形成囊泡,进入细胞内部,这种现象叫胞吞。细胞需要外排的大分子,先在细胞内形成囊泡,囊泡移动到细胞膜处,与细胞膜融合,将大分子排出细胞,这种现象叫胞吐。

人体的白细胞能吞噬入侵的细菌、细胞碎片及衰老的红细胞,这是细胞的什么作用?对于人体有什么意义?



胞吞



胞吐





**与社会联系** 20世纪80年代,人们认识到一种叫做囊性纤维病的遗传病的发生,是由于有的细胞中某种蛋白质结构异常,影响了 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 的跨膜运输。1996年,研究人员发现,肺部细胞外侧 $\text{Na}^+$ 的聚积会使肺易受细菌伤害。这一发现给囊性纤维病的治疗带来了新的希望。请你通过搜集资料,了解与细胞膜有关的疾病的研究进展。

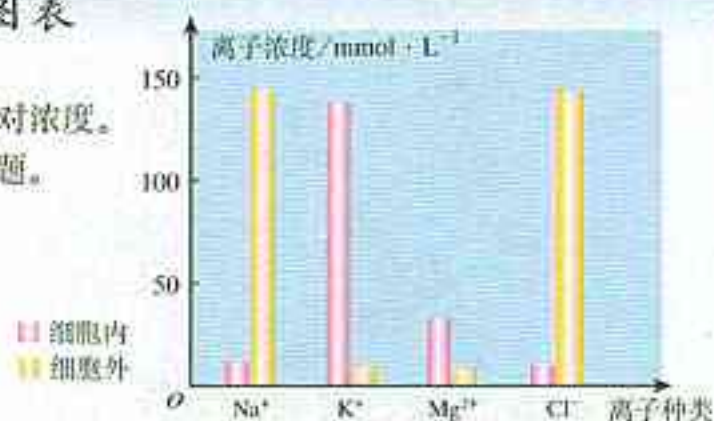


### 技能训练

#### 解读图表

右图表示的是一个动物细胞内外不同离子的相对浓度。分析图表提供的信息,结合本章所学知识,回答问题。

1. 哪种离子通过主动运输进入细胞?
2. 哪种离子通过主动运输排出细胞?
3. 你是如何作出以上判断的?



## 练习

### 一、基础题

1. 下列关于物质跨膜运输的描述,正确的是:

- A. 相对分子质量小的物质或离子都可以通过自由扩散进入细胞内;
- B. 大分子有机物要通过载体蛋白的转运才能进入细胞内,并且要消耗能量;
- C. 协助扩散和自由扩散都是顺浓度梯度进行的,既不需要消耗能量,也不需要膜上的载体蛋白;
- D. 主动运输发生在细胞逆浓度梯度吸收物质时,既要消耗细胞的能量,也需要依靠膜上的载体蛋白。

答 [ ]

2. 下列说法中错误的是:

- A. 果脯在腌制中慢慢变甜,是细胞主动吸收糖分的结果;
- B. 水分子进出细胞是通过自由扩散;
- C. 葡萄糖进入红细胞需要载体蛋白的帮助,但不消耗能量,属于协助扩散;
- D. 大肠杆菌吸收 $\text{K}^+$ 属于主动运输,既消耗能量,又需要膜上的载体蛋白。

答 [ ]

### 二、拓展题

低温环境会影响物质的跨膜运输吗?为什么?





### 授予诺贝尔化学奖的通道蛋白研究



麦金农

2003 年的诺贝尔化学奖授予了研究细胞膜通道蛋白的科学家。什么是通道蛋白呢？这项研究有什么重要意义呢？

通道蛋白是一类跨越细胞膜磷脂双分子层的蛋白质。它包含两大类：水通道和离子通道。

磷脂双分子层内部是疏水的，几乎阻碍所有水溶性分子通过。但是，在细胞必须与外界交换的物质中，有许多是水溶性的。早在 100 多年前，人们就推测细胞中存在特殊的输送水分子的通道。直到 1988 年，美国科学家阿格雷 (P. Agre) 才成功地将构成水通道的蛋白质分离出来，证实了人们的

推测。水通道与人体体液平衡的维持密切相关，例如，肾小球的滤过作用和肾小管的重吸收作用，都与水通道的结构和功能有直接关系。

离子通道是由蛋白质复合物构成的。一种离子通道只允许一种离子通过。并且只有在对特定刺激发生反应时才瞬时开放。离子通道与神经信息的传递、神经系统和肌肉方面的疾病密切相关，但是由于长期以来不清楚它的结构，进一步的研究很难开展。直到 1998 年，美国科学家麦金农 (R. Mackinon) 才测出了钾离子通道的立体结构。2003 年 10 月 8 日，阿格雷和麦金农同时获得了诺贝尔化学奖。

近些年来，诺贝尔化学奖屡屡授予生物科学领域的科学家，你怎样看待这一事实呢？



JOHNS HOPKINS

阿格雷



## 本章小结

物质的输入和输出都必须经过细胞膜。细胞膜对进出细胞的物质具有选择性，是一种选择透过性膜。其他生物膜也是选择透过性膜。

生物膜的选择透过性与它的成分和结构密切相关。关于生物膜的结构，目前为大多数人所接受的是流动镶嵌模型。这个模型认为，磷脂双分子层是膜的基本支架，具有流动性。蛋白质分子有的镶在磷脂双分子层表面，有的部分或全部嵌入磷脂双分子层中，有的横跨整个磷脂双分子层。大多数蛋白质分子也是可以运动的。

物质跨膜运输的方式主要分为两类：被动运输和主动运输。被动运输包括自由扩散和协助扩散，它们都是顺浓度梯度运输的过程，不需要消耗细胞的能量，但是协助扩散需要载体蛋白的协助。主动运输是逆浓度梯度运输的过程，需要消耗细胞的能量，还需要载体蛋白的协助。

科学家研究生物膜结构的历程，是从物质跨膜运输的现象开始的。分析成分是了解结构的基础，现象和功能又提供了探究结构的线索。人们在实验观察的基础上提出假说，又通过进一步的实验来修正假说，其中方法和技术的进步起到关键的作用。这也说明科学是一个动态发展的过程，这一过程是无止境的。

### 网站登录

<http://www.zgxl.net>

<http://www.swbcn.com>

<http://news.sina.com.cn/w/2003-10-08/>

<http://www2.cqums.edu.cn/php/html/download/cell/>

<http://des.cmu.edu.cn/jiaoxue/kecheng/>



# 自我检测

## 一、概念检测

### 判断题

1. 协助扩散和主动运输都需要细胞膜上的同一种载体蛋白。 ( )
2. 只有小分子物质和离子能通过协助扩散和自由扩散进入细胞。 ( )
3. 较大的分子,如葡萄糖等,只有通过主动运输才能进入细胞。 ( )
4. 所有的细胞都具有相同的细胞膜结构,即由磷脂分子构成膜的基本支架,“嵌入”支架或“漂浮”在支架两侧的蛋白质的种类和数量相同。 ( )
5. 当细胞内外存在浓度差时,细胞就会发生质壁分离或复原。 ( )

### 选择题

1. 将刚萎蔫的菜叶放入清水中,菜叶细胞中的水分能够得到恢复的原因属于:  
A. 主动吸水;  
B. 主动运输;  
C. 自由扩散和主动运输;  
D. 自由扩散。  
答 [ ]
2. 下列物质通过细胞膜时需要载体的是:  
A. 水分子进入根毛细胞;  
B. 氧进入肺泡细胞;  
C.  $K^+$  被吸收进入小肠绒毛上皮细胞;  
D. 二氧化碳进入毛细血管。  
答 [ ]

## 画概念图

在下面的概念图中填写适当的词。



## 二、知识迁移

小肠绒毛上皮细胞能够从消化了的食物中吸收葡萄糖,却很难吸收相对分子质量比葡萄糖小的木糖,这个事实说明细胞膜具有什么特性?这与细胞的生活有什么关系?

## 三、技能应用

温度高低会提高或降低水分通过半透膜的扩散速率吗?请你提出假设,并设计检验该假设的实验方案。

## 四、思维拓展

在顺浓度梯度的情况下,葡萄糖、氨基酸等分子可以通过协助扩散进入细胞。当细胞外葡萄糖或氨基酸的浓度低于细胞内时,细胞还能吸收这些营养物质吗?你还能提出其他问题吗?



# 第5章 细胞的能量供应和利用

细胞的主动运输需要能量。细胞内有机物的合成需要能量。肌细胞的收缩需要能量……细胞作为一个基本的生命系统，只有不断输入能量，才能维持生命活动的有序性。

太阳能是几乎所有生命系统中能量的最终源头。外界能量输入细胞，并为细胞所利用，都要经过复杂的化学反应。



新叶伸向和煦的阳光，  
蚱蜢觊觎绿叶的芬芳，  
它们为生存而获取能量，  
能量在细胞里流转激荡。



# 第1节 降低化学反应活化能的酶

## 问题探讨

1783年,意大利科学家斯帕兰札尼(L. Spallanzani, 1729—1799)做了一个巧妙的实验:将肉块放入小巧的金属笼内,然后让鹰把小笼子吞下去。过一段时间后,他把小笼子取出来,发现笼内的肉块消失了。

### 讨论:

1. 这个实验要解决什么问题?
2. 是什么物质使肉块消失了?
3. 怎样才能证明你的推测?



斯帕兰札尼在研究鹰的消化作用

## 一 酶的作用和本质

对细胞来说,能量的获得和利用都必须通过化学反应。细胞中每时每刻都进行着许多化学反应,统称为细胞代谢(cellular metabolism)。

### 酶在细胞代谢中的作用

细胞代谢是细胞生命活动的基础,但代谢过程中也会产生对细胞有害的物质,如过氧化氢。幸而细胞中含有一种物质,能将过氧化氢及时分解,变成氧和水。这种物质就是过氧化氢酶。

### 本节聚焦

- 细胞代谢为什么离不开酶?
- 酶是什么?
- 科学家是怎样研究酶的本质的?



## 实验

### 比较过氧化氢在不同条件下的分解

新鲜肝脏中有较多的过氧化氢酶。经计算,质量分数为3.5%的 $\text{FeCl}_3$ 溶液和质量分数为20%的肝脏研磨液相比,每滴 $\text{FeCl}_3$ 溶液中的 $\text{Fe}^{3+}$ 数,大约是每滴研磨液中过氧化氢酶分子数的25万倍。

#### 目的要求

通过比较过氧化氢在不同条件下分解的快慢,了解过氧化氢酶的作用和意义。

#### 材料用具

新鲜的质量分数为20%的肝脏(如猪肝、鸡



肝) 研磨液。

量筒, 试管, 滴管, 试管架, 卫生香, 火柴, 酒精灯, 试管夹, 大烧杯, 三脚架, 石棉网, 温度计。

新配制的体积分数为3%的过氧化氢溶液, 质量分数为3.5%的 $\text{FeCl}_3$ 溶液。

### 方法步骤

1. 取4支洁净的试管, 分别编上序号1、2、3、4, 向各试管内分别加入2 mL过氧化氢溶液, 按序号依次放置在试管架上。

2. 将2号试管放在90℃左右的水浴中加热, 观察气泡冒出的情况, 并与1号试管作比较。

3. 向3号试管内滴入2滴 $\text{FeCl}_3$ 溶液, 向4号试管内滴入2滴肝脏研磨液, 仔细观察哪支试管产生的气泡多。

4. 2~3 min后, 将点燃的卫生香分别放入这两支试管内液面的上方, 观察哪支试管中的卫生香燃烧猛烈。

### 讨论

1. 与1号试管相比, 2号试管出现什么不同的现象? 这一现象说明什么?

2. 在细胞内, 能通过加热来提高反应速率吗?

3. 3号和4号试管未经加热, 也有大量气泡产生, 这说明什么?

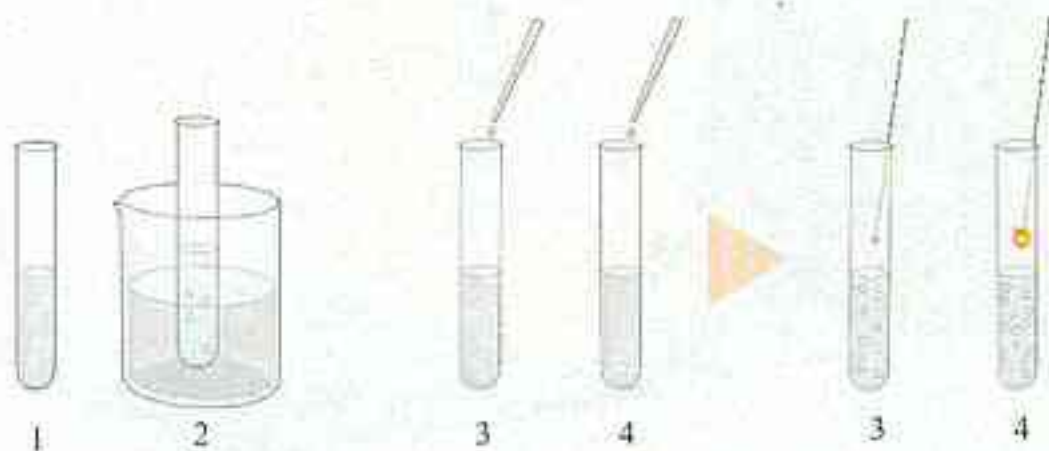
4. 3号试管与4号试管相比, 哪支试管中的反应速率快? 这说明什么? 为什么说酶对于细胞内化学反应的顺利进行至关重要?

### 结论

通过对实验结果的分析 and 讨论, 你对于酶的作用形成了哪些认识? 请将结论写下来。

本实验的结论: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



### 控制变量

实验过程中可以变化的因素称为变量。其中人为改变的变量称做自变量, 上述实验中氯化铁溶液和肝脏研磨液, 都属于自变量; 随着自变量的变化而变化的变量称做因变量, 上述实验中酶的活性 (以过氧化氢分解速率来表示) 就是因变量。除自变量外, 实验过程中可能还会存在一些可变因素, 对实验结果造成影响, 这些变量称为无关变量。

除了一个因素以外, 其余因素都保持不变的实验叫做对照实验。上述实验中只有催化剂是改变的, 其余因素 (如反应物的性质和浓度) 都没有变化。对照实验一般要设置对照组和实验组, 上述实验中的1号试管就是对照组, 2号、3号和4号试管是实验组。在对照实验中, 除了要观察的变量外, 其他变量都应当始终保持相同。



加热促使过氧化氢分解，是因为加热使过氧化氢分子得到能量，从常态转变为容易分解的活跃状态。分子从常态转变为容易发生化学反应的活跃状态所需要的能量称为活化能（activation energy）。

$\text{Fe}^{3+}$  和过氧化氢酶促使过氧化氢分解，但它们并未供给过氧化氢能量，而是降低了过氧化氢分解反应的活化能。如果把化学反应比作驾车翻越一座高山，加热加压相当于给汽车加大油门，用催化剂则相当于帮司机找到一条穿山隧道（图 5-1）。同无机催化剂相比，酶（enzyme）降低活化能的作用更显著，因而催化效率更高（图 5-2）。



图 5-1 走隧道需要的能量少

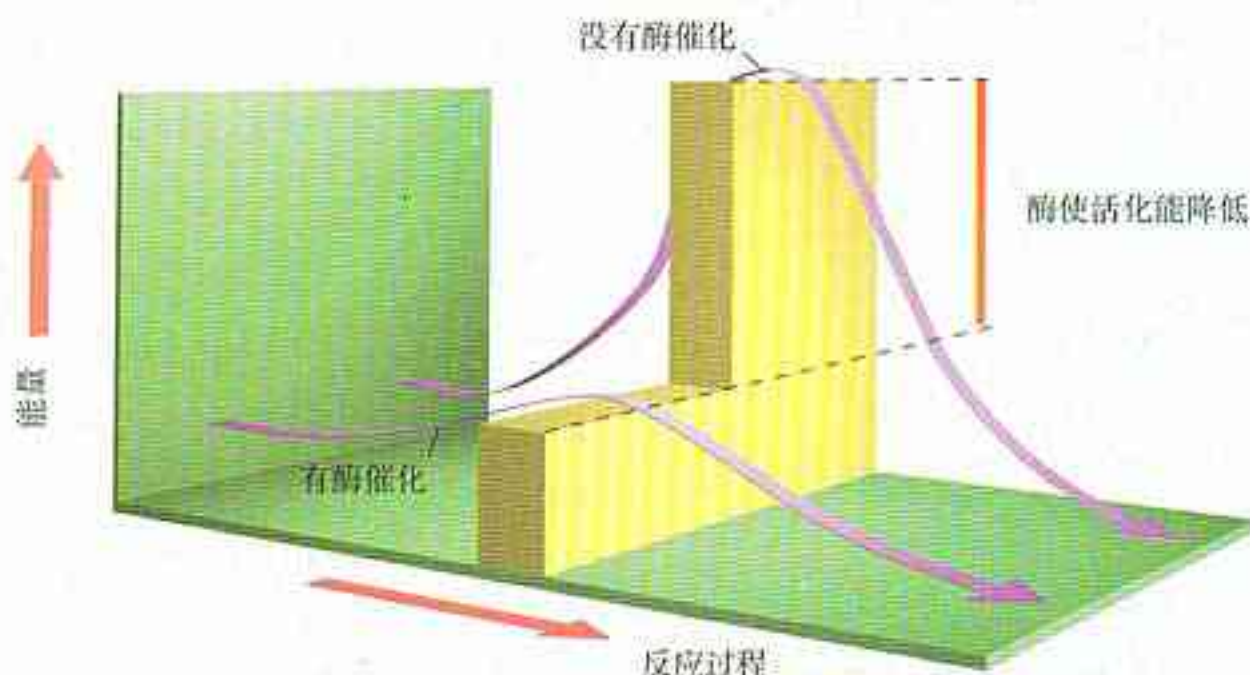


图 5-2 酶降低化学反应活化能的图解

正是由于酶的催化作用，细胞代谢才能在温和条件下快速进行。

### 酶的本质

酶到底是什么物质呢？19 世纪以前，人们还不知道酶为何物。19 世纪以后，随着对酿酒中发酵过程的深入研究，才逐渐揭开了酶的“面纱”。





## 资料分析

### 关于酶本质的探索

在19世纪,酿酒业在欧洲经济中占有重要地位。但是,酿出的葡萄酒经常莫名其妙地变酸。受这一问题困扰,科学界非常重视对发酵过程的研究。



酒怎么变酸了?

当时人们已经知道,酿酒就是让糖类通过发酵变成酒精和二氧化碳。糖类是怎么变成酒精的呢?许多化学家都相信这是一个纯化学过程,与生命活动无关。

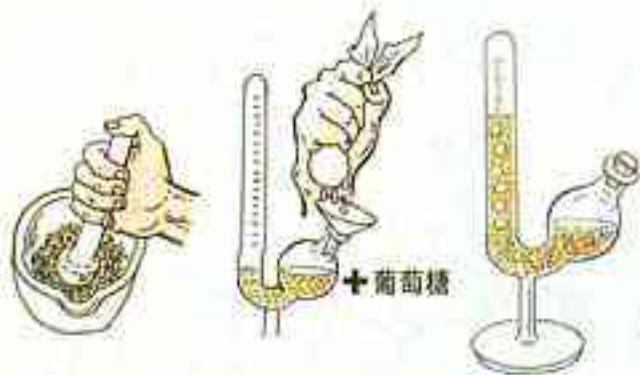
1857年,法国微生物学家巴斯德(L. Pasteur, 1822—1895)通过显微镜观察,提出酿酒中的发酵是由于酵母细胞的存在,没有活细胞的参与,糖类是不可能变成酒精的。德国化学家李比希(J. V. Liebig, 1803—1873)却坚持认为引起发酵的是酵母细胞中的某些物质,但



巴斯德在显微镜下观察到酵母细胞

这些物质只有在酵母细胞死亡并裂解后才能发挥作用。两种观点争执不下。

结束这一争论的是德国化学家毕希纳(E. Buchner, 1860—1917)。他把酵母细胞放在石英砂中用力研磨,加水搅拌,再进行加压过滤,得到不含酵母细胞的提取液。在这些汁液中加入葡萄糖,一段时间后就冒出气泡,糖液居然变成了酒。这一结果跟糖液中含有活酵母细胞是一样的。他将酵母细胞中引起发酵的物质称为酿酶。



毕希纳实验示意图

毕希纳虽然从细胞中获得了含有酶的提取液,但是提取液中还含有许多其他物质,无法直接对酶进行鉴定。有些科学家推测酶是蛋白质,并试图将酶从提取液中分离出来,得到纯酶,但由于技术上的困难都未成功。因此,酶究竟是什么物质,仍然是不解之谜。

美国科学家萨姆纳(J. B. Sumner, 1887—1955)也认为酶是蛋白质。1917年,他从资料中得知刀豆种子中脲酶含量相当高(这种酶能使尿素分解成氨和二氧化碳),便决定从刀豆种子中提取纯酶。他尝试了各种方法,历经一次又一次的失败,终于在1926年的一天清晨惊喜地发现,在用丙酮作溶剂的提取液中出现了结晶,这说明提取物达到了一定的纯度。这种结晶溶于水后能够催化尿素分解成氨和二氧化碳。然后他又用多种方法证明脲酶是蛋白质。



后来,科学家又相继获得胃蛋白酶、胰蛋白酶等许多酶的结晶,并证明这些酶都是蛋白质。

20世纪80年代,美国科学家切赫(T.R. Cech, 1947—)和奥特曼(S. Altman, 1939—)发现少数RNA也具有生物催化功能。

#### 讨论:

1. 巴斯德和李比希的观点各有什么积极意义?各有什么局限性?
2. 科学发展过程中出现争论是正常的。

试分析巴斯德和李比希之间出现争论的原因是什么,这一争论对后人进一步研究酶的本质起到了什么作用?

3. 从毕希纳的实验可以得出什么结论?
4. 萨姆纳历时9年才证明脲酶是蛋白质,并因此荣获诺贝尔化学奖。你认为他成功的主要原因是什么?
5. 请给酶下一个较完整的定义。

“在科学上没有平坦的大道,只有不畏劳苦沿着陡峭山路攀登的人,才有希望达到光辉的顶点”。结合本节课的学习,谈谈你对马克思这句话的理解。

## 练习

### 一、基础题

1. 仔细阅读本节的“资料分析”,通过完成下列图解,体会巴斯德、李比希、毕希纳、萨姆纳的观点之间的逻辑关系;写一篇短文,谈谈对科学发展过程的认识。



2. 为什么说酶是细胞代谢所必需的?说出两条理由。

3. 下列关于酶的表述,全面而准确的是:
- A. 酶不能脱离生物体起作用;
  - B. 酶是蛋白质;
  - C. 酶与无机催化剂没有本质区别;
  - D. 酶是活细胞产生的有催化作用的有机物。

答 [     ]

### 二、拓展题

1. 给你一份某种酶的结晶,你能设计实验鉴定它是不是蛋白质吗?请简略写出实验步骤。想一想,在萨姆纳之前,为什么很难鉴定酶的本质?

2. 你想知道哪些RNA具有生物催化活性吗?是否还存在具有催化活性的DNA呢?请查阅资料或点击 [www.pep.com.cn](http://www.pep.com.cn)。



## 二 酶的特性

酶的化学本质不同于无机催化剂。酶是活细胞产生的具有催化作用的有机物，其中绝大多数酶是蛋白质。酶的催化功能与无机催化剂有什么不同呢？

### 酶具有高效性

通过上节课的学习，你已经知道酶具有高效性。大量的实验数据表明，酶的催化效率大约是无机催化剂的 $10^7 \sim 10^{13}$ 倍。这对细胞有什么意义呢？设想一下，假如细胞中过氧化氢酶的催化效率很低会怎样？你在打球或赛跑时，肌细胞需要大量的能量供应，如果有关的酶催化效率很低，供能的化学反应只能慢悠悠地进行，你还能跑那么快吗？

### 酶具有专一性

过氧化氢酶只能催化过氧化氢分解，不能催化其他化学反应。脲酶除了催化尿素分解外，对其他化学反应也不起作用。每一种酶只能催化一种或一类化学反应。这就像一把钥匙开一把锁一样。设想你刚刚住进一家旅馆，如果这个旅馆的客人每人一把万能钥匙，那会出现怎样的情形？细胞代谢能够有条不紊地进行，与酶的专一性是分不开的。

许多无机催化剂能在高温、高压、强酸或强碱条件下催化化学反应。酶起催化作用需要怎样的条件呢？

### 本节聚焦

- 酶有哪些特性？
- 酶的活性受哪些条件的影响？

### ► 学科交叉

无机催化剂催化的反应范围比较广。例如，酸既能催化蛋白质水解，也能催化脂肪水解，还能催化淀粉水解。你还能举出化学课上学过的其他例子吗？

### ► 相关信息

目前已发现的酶有4 000多种，它们分别催化不同的化学反应。



### 探究

## 影响酶活性的条件

细胞中几乎所有的化学反应都是由酶来催化的。酶对化学反应的催化效率称为酶活性(enzyme activity)。细胞都生活在一定的环境中，环境条件的改变会不会影响细胞内酶的活性呢？

初中做消化酶实验时，需要控制温度等实验条件。加酶洗衣粉的包装袋上，往往注明这种洗衣粉的适用温度范围。

唾液淀粉酶、胃蛋白酶等消化酶都是在消化道中起作用的。不同部位消化液的pH不一样。唾液的pH为6.2~7.4，胃液的pH为0.9~

1.5，小肠液的pH为7.6。唾液淀粉酶会随唾液流入胃，胃蛋白酶会随食糜进入小肠。

读了上述文字，你能提出什么问题吗？

### 提出问题

在小组内交流每个人想探究的问题，讨论这些问题有没有探究价值，能不能通过探究找到答案。将问题用文字表述出来，并简要说明与该问题有关的背景知识。

### 作出假设

针对提出的问题作出假设，并说明作出



假设的依据(别忘了酶一般是蛋白质,蛋白质的结构和性质你已经了解)。将所作假设记录下来。

### 材料用具

下面列出的材料用具供选用,你可以根据实验方案进行增删。

质量分数为2%的新配制的淀粉酶溶液,新鲜的质量分数为20%的肝脏(如猪肝、鸡肝)研磨液。

质量分数为3%的可溶性淀粉溶液,体积分数为3%的过氧化氢溶液,质量分数为5%的盐酸,质量分数为5%的NaOH溶液,热水,蒸馏水,冰块,碘液,斐林试剂。

试管,量筒,小烧杯,大烧杯,滴管,试管夹,酒精灯,三脚架,石棉网,温度计,pH试纸,火柴。

(建议用淀粉酶探究温度对酶活性的影响,用过氧化氢酶探究pH对酶活性的影响。)

### 设计实验

1. 选择哪一种酶作实验材料?为什么选择这种酶?

2. 根据自己作出的假设,你预期会看到怎样的实验结果?比如酶活性升高或降低时,会出现什么实验现象?将预期的实验结果写下来。

3. 本实验的自变量是什么?因变量是什么?用什么方法控制自变量?怎样观察或检测因变量?

4. 对照组怎样设置?是否需要重复实验?

5. 如果你想探究pH对酶活性的影响,你将设定哪几个pH数值?怎样将不同溶液的pH分别调到设定的数值?怎样排除温度和其他因素对实验结果的干扰?

如果探究温度对酶活性的影响,你将设定哪几个温度?怎样将不同溶液的温度分别调到设定的数值?怎样排除pH和其他因素对实验结果的干扰?

6. 经讨论,形成小组的实验方案。并列

材料用具清单,设计好记录实验数据的表格。

### 进行实验

按实验方案进行操作,仔细观察,认真记录。

### 分析结果

1. 哪支试管中酶的活性最高?你是怎样得出这一结论的?

2. 实验结果与你预期的结果一致吗?你作出的假设是否得到了确认?

### 结论和应用

1. 通过这个探究,你们小组的结论是:

2. 尝试应用酶的化学本质的知识,解释本小组的结论。

3. 你认为在酶制品的贮藏、运输和使用过程中,应该注意什么问题?为什么?

### 表达和交流

1. 与其他小组交流探究的过程和结论,以及提出的新问题。

2. 听取其他小组的质询,进行必要的答辩、反思和修改。

3. 交流时应当注意具体情况具体分析,如不同酶的最适条件可能是不一样的。

### 进一步探究

不同温度或pH条件下酶的活性差别有多大?感兴趣的话,建议你进行定量实验:用出现同一结果所需的时间来表示酶的活性,并根据实验数据绘制不同条件下酶活性的曲线图。

除温度和pH外,还有哪些条件影响酶的活性?感兴趣的同学,可以查找有关资料。

! 应该用水浴控制温度,不可直接加热。使用酸、碱溶液时,务必注意安全。



pH试纸及数值表



## 酶的作用条件较温和

通过实验可以看出,溶液的温度和pH都对酶的活性有影响。酶所催化的化学反应一般是在比较温和的条件下进行的。科学家采用定量分析的方法,分别在不同的温度和pH条件下测定同一种酶的活性,根据所得到的数据绘制成曲线图(图5-3,图5-4)。分析这两个曲线图可以看出,在最适宜的温度和pH条件下,酶的活性最高。温度和pH偏高或偏低,酶活性都会明显降低。

酶为什么这么“娇气”?

### 知识链接

在人和动物体内,酶的活性与内环境的相对稳定有密切关系,详见《稳态与环境》。

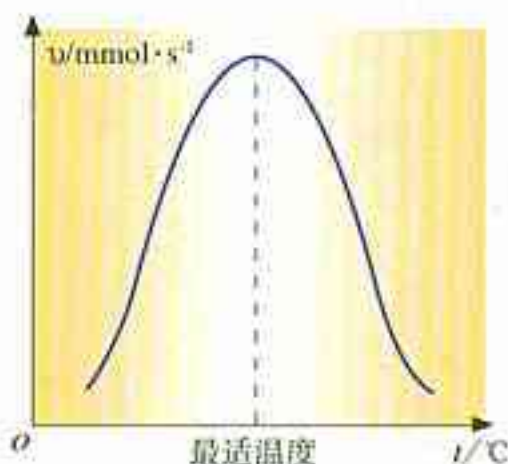


图5-3 酶活性受温度影响示意图

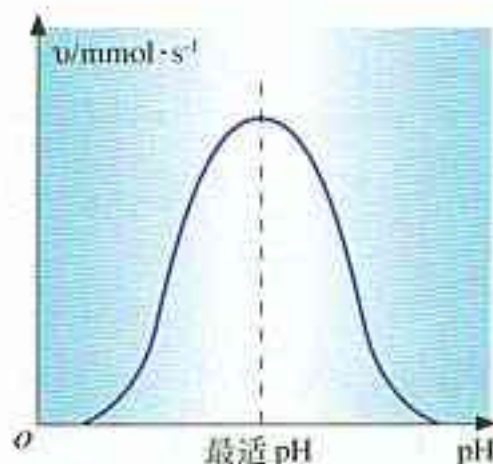


图5-4 酶活性受pH影响示意图

一般来说,动物体内的酶最适温度在 $35\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间;植物体内的酶最适温度在 $40\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间;细菌和真菌体内的酶最适温度差别较大,有的酶最适温度可高达 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

动物体内的酶最适pH大多在 $6.5\sim 8.0$ 之间,但也有例外,如胃蛋白酶的最适pH为 $1.5$ ;植物体内的酶最适pH大多在 $4.5\sim 6.5$ 之间。

过酸、过碱或温度过高,还会使酶的空间结构遭到破坏,使酶永久失活。 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右的低温虽然使酶的活性明显降低,但能使酶的空间结构保持稳定,在适宜的温度下酶的活性可以恢复。因此,酶制剂适于在低温( $0\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ )下保存。

**与社会的联系** 20世纪60年代以前,医院里用的葡萄糖是用盐酸催化淀粉水解的方法来生产的,生产过程需要在 $245\text{ kPa}$ 的高压和 $140\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温下进行,并且需要耐酸的设备。60年代以后改用酶法生产。想一想,用酶来水解淀粉生产葡萄糖有什么优越性? 还有哪些产品可以用酶法生产?





## 练习

### 一、基础题

1. 能够促使唾液淀粉酶水解的酶是:

- A. 淀粉酶;      B. 蛋白酶;  
C. 脂肪酶;      D. 麦芽糖酶。

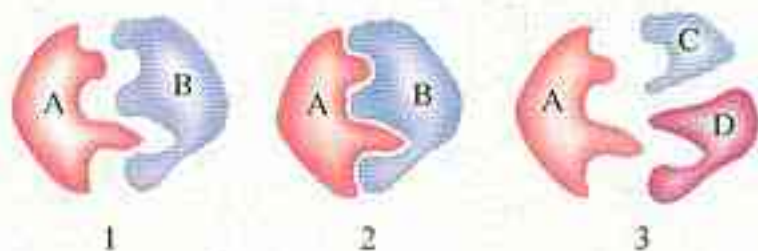
答 [ ]

2. 在植物细胞工程中常常需要去掉细胞壁。在不损伤植物细胞内部结构的情况下,下列哪种物质可用于去除细胞壁?

- A. 蛋白酶;      B. 纤维素酶;  
C. 盐酸;      D. 淀粉酶。

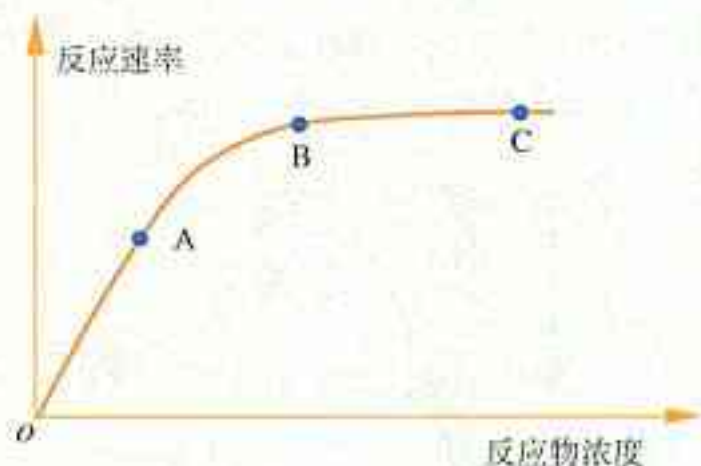
答 [ ]

3. 下图表示的是某类酶作用的模型。尝试用文字描述这个模型。这个模型能解释酶的什么特性?



### 二、拓展题

1. 下图表示的是在最适温度下,反应物浓度对酶所催化的化学反应速率的影响。



(1) 请解释在A、B、C三点时该化学反应的状况。

(2) 如果在A点时温度升高10℃,曲线会发生什么变化?为什么?请画出变化后的曲线。

(3) 如果在B点时往反应混合物中加入少量同样的酶,曲线会发生什么变化?为什么?请画出相应的曲线。

2. 请设计一则加酶洗衣粉的商业广告,广告时间1 min。设计广告时,既要注意广告用语的科学性,又要给人以美的享受;既反映产品的科技含量,又有浓郁的生活气息,还要符合广告法。





## 酶为生活添姿彩



加酶洗衣粉比普通洗衣粉有更强的去污能力，把衣物清洗得更加干净鲜亮。加酶洗衣粉中的酶可不是直接来自生物体的，而是经过酶工程改造的产品，比一般的酶稳定性强。

溶菌酶能够溶解细菌的细胞壁，具有抗菌消炎的作用。在临床上与抗生素复合使用，能增强抗生素的疗效。



果胶酶能分解果肉细胞壁中的果胶，提高果汁产量，使果汁变得清亮。

残留在牙缝里的食物残渣是细菌的美食，也是导致龋齿的祸根。含酶牙膏可以分解细菌，使我们牙齿亮洁，口气清新。



多酶片中含有多种消化酶，你消化不良时可以服用。



自然界中存在的酶并不完全适于在生活和生产上应用。科学家利用酶工程技术对酶进行改造，使之更加符合人们的需要。





## 第2节 细胞的能量“通货”——ATP



### 问题探讨

“银烛秋光冷画屏，轻罗小扇扑流萤。天阶夜色凉如水，卧看牵牛织女星。”让我们重温唐代诗人杜牧这情景交融的诗句，想像夜空中与星光媲美的点点流萤，思考有关的生物学问题。

#### 讨论：

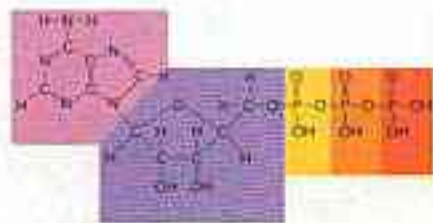
1. 萤火虫发光的生物学意义是什么？
2. 萤火虫体内有特殊的发光物质吗？
3. 萤火虫发光的过程有能量的转换吗？

### 本节聚焦

- 为什么说ATP是细胞的能量“通货”？
- ATP与ADP是怎样相互转化的？这有什么意义？
- 细胞中的哪些生命活动需要ATP提供能量？

### ► 相关信息

ATP的英文全称是adenosine triphosphate。adenosine是腺苷，由腺嘌呤和核糖结合而成。tri是三的意思。phosphate是磷酸盐。ATP的结构式是：



物质的主动运输需要能量，肌肉收缩需要能量，细胞内还有许多化学反应是需要能量的，这些能量从哪里来呢？我们知道，细胞中的糖类、脂肪等有机物都储存着化学能，但是直接给细胞的生命活动提供能量的却是另一种有机物——ATP。

### ATP分子中具有高能磷酸键

ATP是三磷酸腺苷的英文名称缩写。ATP分子的结构式可以简写成A—P~P~P，其中A代表腺苷，P代表磷酸基团，~代表一种特殊的化学键，叫做高能磷酸键，ATP分子中大量的能量就储存在高能磷酸键中。ATP可以水解，这实际上是指ATP分子中高能磷酸键的水解。高能磷酸键水解时释放的能量多达30.54 kJ/mol，所以说ATP是细胞内的一种高能磷酸化合物。

### ATP和ADP可以相互转化

ATP的化学性质不稳定。在有关酶的催化作用下，ATP分子中远离A的那个高能磷酸键很容易水解，于是，远离A的那个P就脱离开来，形成游离的Pi（磷酸），同时，储存在这个高能磷酸键中的能量释放出来，ATP就转化成ADP（二磷酸腺苷的英文名称缩写）。在有关酶的催



化作用下,ADP可以接受能量,同时与一个游离的 $\text{P}_i$ 结合,重新形成ATP(图5-5)。对细胞的正常生活来说,ATP与ADP的这种相互转化,是时刻不停地发生并且处于动态平衡之中的。据测算,一个人在激烈运动的状态下,每分约有0.5 kg的ATP转化成ADP,释放能量,供运动之需。生成的ADP,又可在一定条件下转化成ATP。细胞内ATP与ADP相互转化的能量供应机制,是生物界的共性。

那么,在ADP转化成ATP的过程中,所需要的能量从哪里来呢?对于动物、人、真菌和大多数细菌来说,均来自细胞进行呼吸作用时有机物分解所释放的能量;对于绿色植物来说,除了依赖呼吸作用所释放的能量外,在叶绿体内进行光合作用时,ADP转化为ATP还利用了光能(图5-6)。

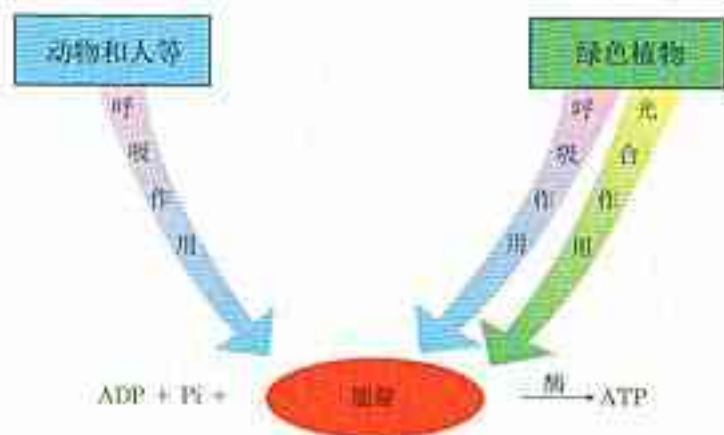


图5-6 ADP转化成ATP时所需能量的主要来源

## ATP 的利用

细胞中绝大多数需要能量的生命活动都是由ATP直接提供能量的。阅读图5-7,你能对它进行补充和完善吗?

萤火虫尾部的发光细胞中含有荧光素和荧光素酶。荧光素接受ATP提供的能量后就被激活。在荧光素酶的催化作用下,激活的荧光素与氧发生化学反应,形成氧化荧光素并且发出荧光。

细胞内的化学反应有些是需要吸收能量的,有些是释放能量的。吸能反应总是与ATP水解的反应相联系,由ATP水解提供能量;放能反应总是与ATP的合成相联系,释放的能量储存在ATP中。也就是说,能量通过ATP分子在吸能反应和放能反应之间循环流通。因此,可以形象地把ATP比喻成细胞内流通的能量“通货”。



图5-5 ATP与ADP相互转化示意图

## 知识链接

有关光合作用吸收光能用于ADP转化为ATP的内容,请参见本章第4节。





用于细胞的主动运输( $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 通过主动运输进入番茄细胞时要消耗能量)



用于生物发电(如电鳗)、发光



用于肌细胞收缩



用于细胞内各种吸能反应



用于大脑思考

ATP

图 5-7 ATP 的利用举例



### 思考与讨论

在细胞内, 1 mol 葡萄糖彻底氧化分解后, 释放出 2 870 kJ 的能量。

1. 计算: 1 分子葡萄糖所含的能量是 1 分

子 ATP 所含能量的多少倍?

2. 有人说, 如果把糖类和脂肪比作大额支票, ATP 则相当于现金。你认为这种比喻有道理吗?

正是由于细胞内具有 ATP 这种能量“通货”, 细胞才能及时而持续地满足各项生命活动对能量的需求。



## 练习

### 一、基础题

1. ATP 的结构式可以简写成:

- A.  $\text{A}-\text{P}-\text{P} \sim \text{P}$ ; B.  $\text{A}-\text{P} \sim \text{P}-\text{P}$ ;  
C.  $\text{A} \sim \text{P}-\text{P}-\text{P}$ ; D.  $\text{A} \sim \text{P}-\text{P} \sim \text{P}$ .

答 [ ]

2. 就细胞中的吸能反应和放能反应各举出一个实例, 并说明这些实例分别与 ATP 和 ADP 的相互转化有什么关系。

3. 同样是储存能量的分子, ATP 与葡萄糖具有不同的特点。请你概括出 ATP 具有哪几个特点。

### 二、拓展题

植物、动物、细菌和真菌的细胞内, 都是以 ATP 作为能量“通货”的, 这是否也说明生物界的统一性? 这对你理解生命的起源和生物的进化有什么启示?



# 第3节 ATP的主要来源——细胞呼吸

## 问题探讨



拉瓦锡等在研究人的呼吸作用

18世纪,法国化学家拉瓦锡(A.L.Lavoisier)发现物质燃烧需要氧气,并且把呼吸作用比作碳和氢的“缓慢燃烧过程”。后来人们发现,呼吸作用的实质是细胞内有机物的氧化分解,并且释放能量。

### 讨论:

1. 呼吸作用与物质的燃烧有什么共同点?
2. 呼吸作用能够像燃料在体外燃烧那么剧烈吗?
3. 在无氧条件下,细胞还能够通过呼吸作用释放能量吗?

细胞的能量“通货”是ATP。ATP分子高能磷酸键中能量的主要来源是呼吸作用。由于呼吸作用是在细胞内进行的,因此也叫细胞呼吸(cell respiration)。

细胞呼吸是指有机物在细胞内经过一系列的氧化分解,生成二氧化碳或其他产物,释放出能量并生成ATP的过程。

## 细胞呼吸的方式

细胞呼吸是否需要氧?生物在有氧和无氧条件下是否都能进行细胞呼吸呢?

## 本节聚焦

- 什么是细胞呼吸?它与ATP的形成有什么关系?
- 有氧呼吸与无氧呼吸各有什么特点?
- 细胞呼吸原理在生产和生活中有哪些应用?



## 探究

## 探究酵母菌细胞呼吸的方式

酵母菌是一种单细胞真菌,在有氧和无氧的条件下都能生存,属于兼性厌氧菌,因此便于用来研究细胞呼吸的不同方式。

在本探究活动中,你需要设计和进行对比实验,分析有氧条件下和无氧条件下酵母菌细胞呼吸的情况。

### 提出问题

1. 在小组内说一说你了解哪些有关酵母菌的知识。
2. 想一想关于酵母菌细胞呼吸的方式,自己有哪些不清楚的地方,提出要探究的问题。



### 参考案例

有一位同学说他知道酵母菌能使葡萄糖发酵产生酒精，但是不清楚这一过程是在有氧条件下还是在无氧条件下进行的；另一位同学说他知道酵母菌的细胞呼吸会产生  $\text{CO}_2$ ，但是不知道不同条件下产生的  $\text{CO}_2$  是否一样多。

### 作出假设

根据自己已有的知识和生活经验，针对所提出的问题作出假设。

### 设计实验

通过小组讨论，先确定实验的总体思路，再逐步细化，写出包括材料用具和方法步骤在内的实验方案。请特别关注以下问题。

1. 怎样控制有氧和无氧的条件？
2. 怎样鉴定有无酒精产生？怎样鉴定有无  $\text{CO}_2$  产生？如何比较  $\text{CO}_2$  产生的多少？
3. 怎样保证酵母菌在整个实验过程中能正常生活？

### 参考资料

1. 酵母菌培养液的配制 取 20 g 新鲜的食用酵母菌，分成两等份，分别放入锥形瓶 A (500 mL) 和锥形瓶 B (500 mL) 中。分别向瓶中注入 240 mL 质量分数为 5% 的葡萄糖溶液。

2. 检测  $\text{CO}_2$  的产生 用锥形瓶和其他材料用具组装好实验装置 (如图)，并连通橡皮球 (或气泵)，让空气间断而持续地依次通过 3 个锥形瓶 (约 50 min)。然后将实验装置放到 25~35 °C 的环境中培养 8~10 h。

$\text{CO}_2$  可使澄清石灰水变混浊，也可使溴麝

香草酚蓝水溶液由蓝变绿再变黄。根据石灰水混浊程度或溴麝香草酚蓝水溶液变成黄色的时间长短，可以检测酵母菌培养液中  $\text{CO}_2$  的产生情况。想一想，除了这两种检测方法，还有没有其他方法？

3. 检测酒精的产生 橙色的重铬酸钾溶液，在酸性条件下与乙醇 (俗称酒精) 发生化学反应，变成灰绿色。具体做法是：各取 2 mL 酵母菌培养液的滤液，分别注入 2 支干净的试管中。向试管中分别滴加 0.5 mL 溶有 0.1 g 重铬酸钾的浓硫酸

! 浓硫酸有腐蚀性，往试管中滴加浓硫酸时要缓慢、小心。

溶液 (体积分数为 95%~97%) 并轻轻振荡，使它们混合均匀。观察试管中溶液的颜色变化。

### 进行实验

请老师对实验方案提出意见，待老师认可后开始做实验。由于实验需要时间较长，观察的项目和次数要事先计划好，并做好记录。

### 结论、交流和应用

1. 根据实验结果得出本小组的结论。然后，用简明而科学的语言，在班里说出酵母菌的细胞呼吸有几种方式，每种方式的条件和产物有什么区别。

2. 重铬酸钾可以检测有无酒精存在。想一想，这一原理在日常生活中可以有什么用处？



B 瓶应封口放置一段时间后，再连通盛有澄清石灰水的锥形瓶。想一想，这是为什么？



**对比实验** 设置两个或两个以上的实验组，通过对结果的比较分析，来探究某种因素与实验对象的关系，这样的实验叫做对比实验。在本节课的探究活动中，需要设置有氧和无氧两种条件，探究酵母菌在不同氧气条件下细胞呼吸的方式，这两个实验组的结果都是事先未知的，通过对比可以看出氧气条件对细胞呼吸的影响。对比实验也是科学探究中常用的方法之一。

酵母菌在有氧和无氧条件下都能进行细胞呼吸。在有氧条件下，酵母菌通过细胞呼吸产生大量的二氧化碳和水；在无氧条件下，酵母菌通过细胞呼吸产生酒精，还产生少量的二氧化碳。

科学家通过大量的实验证实，细胞呼吸可分为有氧呼吸（aerobic respiration）和无氧呼吸（anaerobic respiration）两种类型。

## 有氧呼吸

对于绝大多数生物来说，有氧呼吸是细胞呼吸的主要形式，这一过程必须有氧的参与。有氧呼吸的主要场所是线粒体。线粒体具有内、外两层膜（图5-8），内膜的某些部位向线粒体的内腔折叠形成嵴，嵴使内膜的表面积大大增加。嵴的周围充满了液态的基质。线粒体的内膜上和基质中含有许多种与有氧呼吸有关的酶。

一般地说，线粒体均匀地分布在细胞质中。但是，活细胞中的线粒体往往可以定向地运动到代谢比较旺盛的部位。肌细胞内的肌质网就是由大量变形的线粒体组成的，肌质网显然有利于对肌细胞的能量供应。

有氧呼吸最常利用的物质是葡萄糖，其反应式可以简写成：



有氧呼吸的全过程十分复杂，可以概括地分为三个阶段，每个阶段的反应都有相应的酶催化（图5-9）。

第一个阶段是，1分子的葡萄糖分解成2分子的丙酮

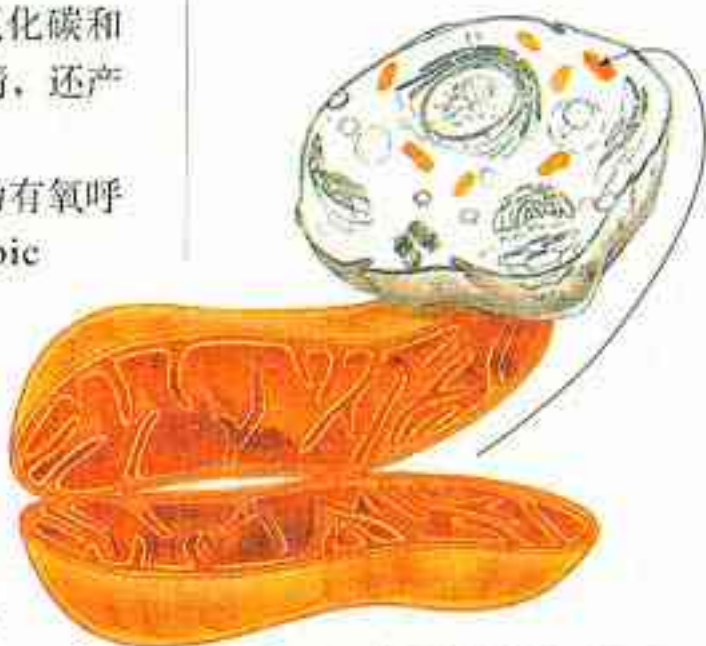


图5-8 线粒体的结构示意图

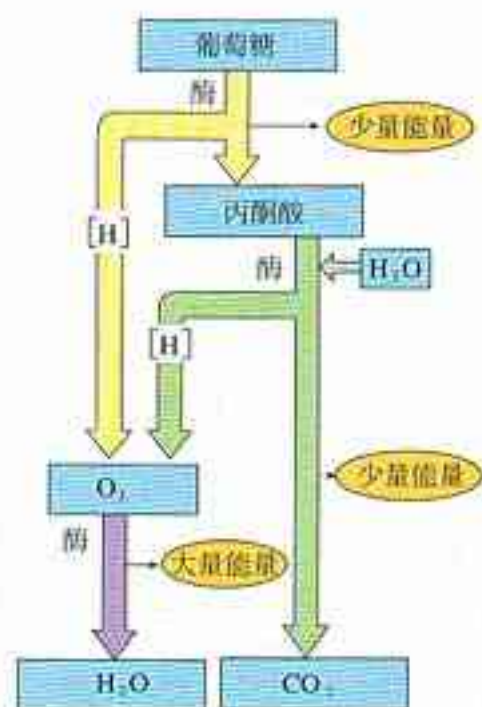


图5-9 有氧呼吸过程的图解



### ► 相关信息

这里的[H]是一种十分简化的表示方式。这一过程实际上是氧化型辅酶I ( $\text{NAD}^+$ ) 转化成还原型辅酶I ( $\text{NADH}$ )。

### ► 学科交叉

热力学第二定律指出,没有任何一种过程的能量转换效率是100%。蒸汽机和内燃机的热效率,大约分别是5%~8%和25%。

### ► 相关信息

1 mol 葡萄糖在分解成乳酸以后,只释放出196.65 kJ的能量,其中只有61.08 kJ的能量储存在ATP中,近69%的能量都以热能的形式散失了。

酸,产生少量的[H],并且释放出少量的能量。这一阶段不需要氧的参与,是在细胞质基质中进行的。

第二个阶段是,丙酮酸和水彻底分解成二氧化碳和[H],并释放出少量的能量。这一阶段不需要氧的参与,是在线粒体基质中进行的。

第三个阶段是,上述两个阶段产生的[H],经过一系列的反应,与氧结合形成水,同时释放出大量的能量。这一阶段需要氧的参与,是在线粒体内膜上进行的。

概括地说,有氧呼吸是指细胞在氧的参与下,通过多种酶的催化作用,把葡萄糖等有机物彻底氧化分解,产生二氧化碳和水,释放能量,生成许多ATP的过程。同有机物在生物体外的燃烧相比,有氧呼吸具有不同的特点:有氧呼吸是在温和的条件下进行的;有机物中的能量是经过一系列的化学反应逐步释放的;这些能量有相当一部分储存在ATP中。

在细胞内,1 mol 的葡萄糖彻底氧化分解以后,可使1161 kJ左右的能量储存在ATP中,其余的能量则以热能的形式散失掉了。请你计算一下,有氧呼吸的能量转换效率大约是多少,这些能量大约能使多少个ADP转化为ATP?

## 无氧呼吸

除酵母菌以外,还有许多种细菌和真菌能够进行无氧呼吸。此外,马铃薯块茎、苹果果实等植物器官的细胞以及动物骨骼肌的肌细胞等,除了能够进行有氧呼吸,在缺氧条件下也能进行无氧呼吸。一般地说,无氧呼吸最常利用的物质也是葡萄糖。

无氧呼吸的全过程,可以概括地分为两个阶段,这两个阶段需要不同酶的催化,但都是在细胞质基质中进行的。

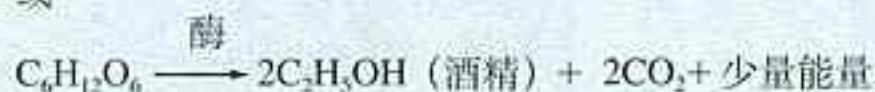
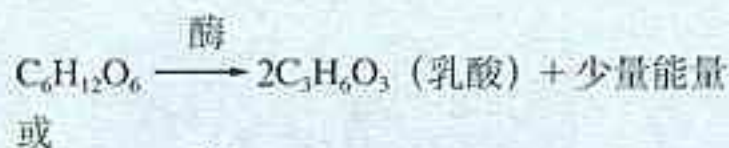
第一个阶段与有氧呼吸的第一个阶段完全相同。

第二个阶段是,丙酮酸在不同酶的催化作用下,分解成酒精和二氧化碳,或者转化成乳酸。

无论是分解成酒精和二氧化碳或者是转化成乳酸,无氧呼吸都只在第一阶段释放出少量的能量,生成少量ATP。葡萄糖分子中的大部分能量则存留在酒精或乳酸中。

无氧呼吸的反应式可以概括为以下两种:





酵母菌、乳酸菌等微生物的无氧呼吸也叫做发酵。产生酒精的叫做酒精发酵；产生乳酸的叫做乳酸发酵。

请你参照有氧呼吸的概念，用准确而简练的语言概括无氧呼吸的定义，并尝试设计一个比较有氧呼吸和无氧呼吸异同点的简明表解。

### 细胞呼吸原理的应用

请你分析下面的资料，了解细胞呼吸的原理在生活和生产中的应用。

无氧呼吸产生的乳酸或酒精对细胞有害吗？例如，用酵母菌使葡萄汁发酵产生葡萄酒，当酒精含量达到12%~16%时，发酵就停止了，为什么？还有其他例子吗？



#### 资料分析

#### 分析细胞呼吸原理的应用



包扎伤口时，需要选用透气的消毒纱布或松软的“创可贴”等敷料。



花盆里的土壤板结后，空气不足，会影响根系生长，需要及时松土透气。



利用麦芽、葡萄、粮食和酵母菌以及发酵罐等，在控制通气的情况下，可以生产各种酒；利用淀粉、醋酸杆菌或谷氨酸棒状杆菌以及发酵罐，在控制通气的情况下，可以生产食醋或味精。



稻田也需要定期排水，否则水稻幼根因缺氧而变黑、腐烂。





破伤风由破伤风芽孢杆菌引起。这种病菌只能进行无氧呼吸。皮肤破损较深或被锈钉扎伤后，病菌就容易大量繁殖。(遇到这种情况，需要及时到医院治疗，如清理伤口、敷药并注射破伤风抗毒血清。)

### 讨论：

1. 任选上述2~3个实例，分析人们在生产和生活中应用了细胞呼吸原理的哪些



提倡慢跑等有氧运动的原因之一，是不致因剧烈运动导致氧的不足，而使肌细胞因无氧呼吸产生大量乳酸。乳酸的大量积累会使肌肉酸胀乏力。

方面？

2. 生活和生产中还有哪些应用细胞呼吸原理的事例？试再举一两例加以说明。

## 练习

### 一、基础题

1. 关于有氧呼吸的特点（与无氧呼吸相比），下列表述中不正确的是：

- A. 需要多种酶参与；
- B. 释放二氧化碳；
- C. 分解有机物不彻底；
- D. 生成大量的ATP。

答 [ ]

2. 将酵母菌培养液进行离心处理。把沉淀的酵母菌破碎后，再次离心处理为只含有酵母菌细胞质基质的上清液和只含有酵母菌细胞器的沉淀物两部分，与未离心处理过的酵母菌培养液分别放入甲、乙、丙3个试管中，并向这3个试管内同时滴入等量、等浓度的葡萄糖溶液。在有氧的条件下，

最终能通过细胞呼吸产生  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的试管是：

- A. 甲； B. 丙；
- C. 甲和乙； D. 丙和乙。

答 [ ]

3. 有氧呼吸过程是否含有无氧呼吸的步骤？联想到地球早期大气中氧的缺乏以及原核细胞没有线粒体，这对你有什么启示？

4. 能不能说细胞呼吸是ATP的全部来源？为什么？

### 二、拓展题

人（还有鸟类和哺乳类）能保持体温的相对稳定。体温的维持和细胞呼吸是怎样的关系？是否也需要ATP水解供能？



## 第4节 能量之源——光与光合作用

### 问题探讨



温室中红色日光灯

有些蔬菜大棚用红色或蓝色的塑料薄膜代替普通塑料薄膜。有的温室内悬挂发红色或蓝色光的灯管。

#### 讨论:

1. 用这种方法有什么好处? 不同颜色的光照对植物的光合作用会有影响吗?

2. 为什么不使用绿色的塑料薄膜或补充绿色光源?

### 一 捕获光能的色素和结构

追根溯源, 对绝大多数生物来说, 活细胞所需能量的最终源头是来自太阳的光能。将光能转换成细胞能够利用的化学能的是光合作用(photosynthesis)。进行光合作用的细胞, 首先要能够捕获光能。

#### 捕获光能的色素

我们知道, 玉米中有时会出现白化苗。白化苗由于不能进行光合作用, 待种子中贮存的养分耗尽就会死亡。可见光合作用与细胞中的色素有关。

绿叶中有哪些色素呢?

#### 本节聚焦

- 捕获光能的色素有哪些?
- 叶绿体的结构是怎样的?
- 叶绿体的结构有哪些适于进行光合作用的特点?



#### 实验

### 绿叶中色素的提取和分离

绿叶中的色素能够溶解在有机溶剂无水乙醇中, 所以, 可以用无水乙醇提取绿叶中的色素。绿叶中的色素不只一种, 它们都能溶解在层

析液中。然而, 它们在层析液中的溶解度不同: 溶解度高的随层析液在滤纸上扩散得快, 反之则慢。这样, 几分之一之后, 绿叶中的色素就会随着



层析液在滤纸上的扩散而分离开。

### 目的要求

1. 进行绿叶中色素的提取和分离。
2. 探究绿叶中含有几种色素。

### 材料用具

新鲜的绿叶(如菠菜的绿叶)。

干燥的定性滤纸, 试管, 棉塞, 试管架, 研钵, 玻璃漏斗, 尼龙布, 毛细吸管, 剪刀, 药勺, 量筒(10 mL), 天平。

无水乙醇(如果没有无水乙醇, 也可用体积分数为95%的乙醇, 但要加入适量的无水碳酸钠, 以除去乙醇中的水分), 层析液(由20份在60~90℃下分馏出来的石油醚、2份丙酮和1份苯混合而成。93号汽油也可代用), 二氧化硅和碳酸钙。

### 方法步骤

#### 1. 提取绿叶中的色素

- (1) 称取5g的绿叶, 剪碎, 放入研钵中。
- (2) 向研钵中放入少许二氧化硅和碳酸钙, 再加入10 mL无水乙醇, 进行迅速、充分的研磨。(二氧化硅有助于研磨得充分, 碳酸钙可防止研磨中色素被破坏。)

(3) 将研磨液迅速倒入玻璃漏斗(漏斗基部放一块单层尼龙布)中进行过滤。将滤液收集到试管中, 及时用棉塞将试管口塞严。

#### 2. 制备滤纸条

将干燥的定性滤纸剪成长与宽略小于试管长与宽的滤纸条, 将滤纸条的一端剪去两角, 放入试管下端, 并在距这一端1 cm处用铅笔画一条细的横线。

#### 3. 画滤液细线

用毛细吸管吸取少量滤液, 沿铅笔线均匀地画出一条细线。待滤液干后, 再画一两次。

#### 4. 分离绿叶中的色素

将3 mL层析液倒入试管中, 将滤纸条(有滤液细线的一端朝下)轻轻插入层析液中, 随后用棉塞塞紧试管口。注意, 不能让滤液细线触及层析液。(也可用小烧杯代替试管, 用培养皿盖住小烧杯。)

为避免过多吸入层析液中的挥发性物质, 本实验应在通风条件下进行。实验结束时及时用肥皂洗手。

#### 5. 观察与记录

观察试管内滤纸条上出现了几条色素带, 以及每条色素带的颜色。将观察结果记录下来。

### 讨论

1. 滤纸条上有几条不同颜色的色带? 其排序怎样? 宽窄如何? 这说明了什么?
2. 滤纸上的滤液细线, 为什么不能触及层析液?

绿叶中的色素有4种, 它们可以归纳为两类:



这四种色素对光的吸收有什么差别呢?

将绿叶中的4种色素溶液, 分别放在阳光和三棱镜之间, 从连续光谱中可以看到不同波长的光被吸收的情况:



叶绿素a和叶绿素b主要吸收蓝紫光 and 红光,胡萝卜素和叶黄素主要吸收蓝紫光(图5-10)。这些色素吸收的光都可用于光合作用。因为叶绿素对绿光吸收最少,绿光被反射出来,所以叶片呈现绿色。

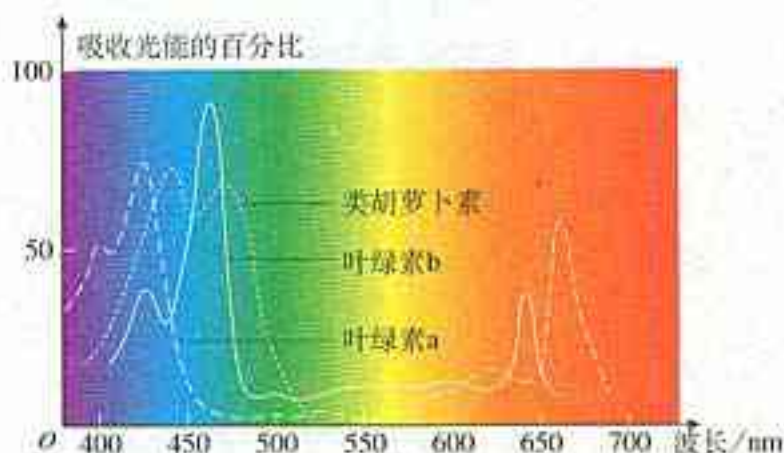


图5-10 叶绿素和类胡萝卜素的吸收光谱

## ► 学科交叉

光是一种电磁波。可见光的波长范围大约是390~760 nm。不同波长的光,颜色不同。波长小于390 nm的光是紫外光,波长大于760 nm的光是红外光。一般情况下,光合作用所利用的光都是可见光。

**与社会的联系** 根据上述不同色素对不同波长的光的吸收特点,想一想,温室或大棚种植蔬菜时,应选择什么颜色的玻璃、塑料薄膜或补充光源?

这些捕捉光能的色素存在于细胞中什么部位呢?

1817年,两位法国科学家首次从植物中分离出叶绿素,当时并不清楚叶绿素在植物细胞中的分布情况。1865年,德国植物学家萨克斯(J.von Sachs,1832—1897)研究叶绿素在光合作用中的功能时,发现叶绿素并非普遍分布在植物的整个细胞中,而是集中在一个个更小的结构里,后来人们称之为叶绿体。

## 叶绿体的结构

在光学显微镜下观察,水稻、柑橘等被子植物的叶绿体一般呈扁平的椭球形或球形。在电子显微镜下观察,可以看到叶绿体的外表有双层膜,内部有许多基粒,基粒与基粒之间充满了基质。每个基粒都由一个个圆饼状的囊状结构堆叠而成(图5-11)。这些囊状结构称为类囊体。吸收光能的四种色素,就分布在类囊体的薄膜上。

每个基粒都含有两个以上的类囊体,多者可达100个以上。叶绿体内有如此多的基粒和类囊体,极大地扩展了受光面积。据计算,1g菠菜叶片中的类囊体的总面积竟达 $60\text{ m}^2$ 左右。

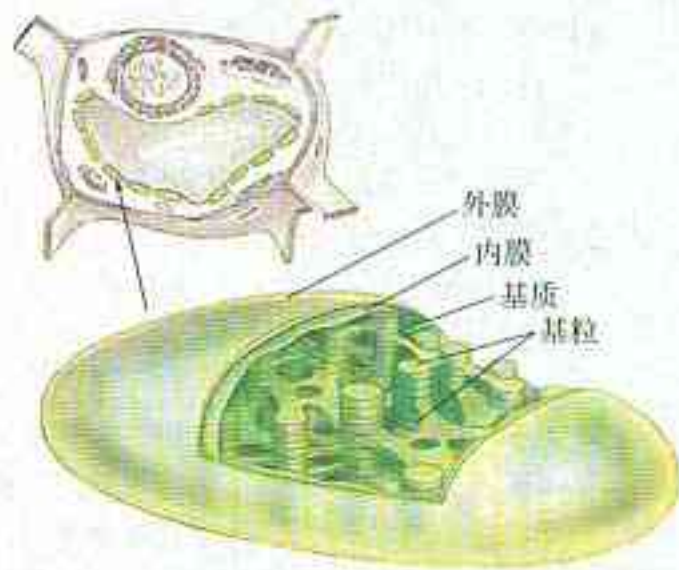


图5-11 叶绿体立体结构示意图



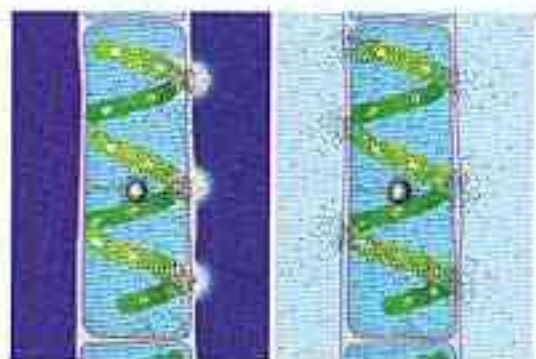


### 资料分析

## 叶绿体的功能

**资料1** 1880年,美国科学家恩格尔曼(G.Engelmann, 1809—1884)把载有水绵和好氧细菌的临时装片放在没有空气的黑暗环境中,然后用极细的光束照射水绵。他发现细菌只向叶绿体被光束照射到的部位集中;如果临时装片暴露在光下,细菌则分布在叶绿体所有受光的部位。

**资料2** 在类囊体上和基质中,含有多种进行光合作用所必需的酶。



恩格尔曼的实验示意图

### 讨论:

1. 恩格尔曼实验的结论是什么?
2. 恩格尔曼的实验方法有什么巧妙之处?
3. 从资料2可以得出什么推论?

叶绿体是进行光合作用的场所。它内部的巨大膜表面上,不仅分布着许多吸收光能的色素分子,还有许多进行光合作用所必需的酶。



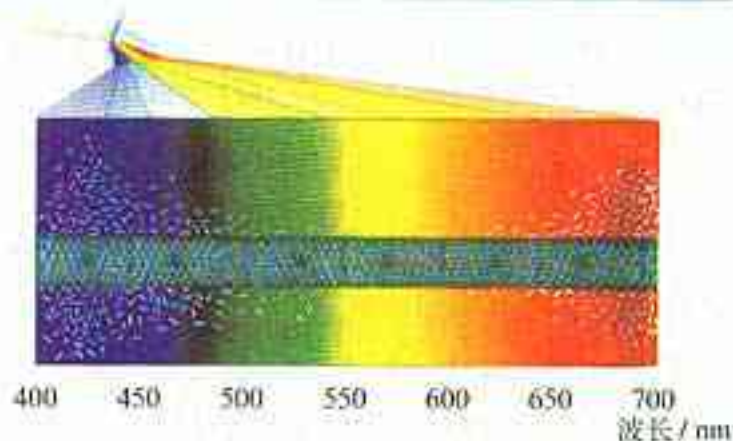
## 练习

### 一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。
  - (1) 叶绿体中只有叶绿素能够吸收光能。( )
  - (2) 叶绿体的内部有巨大的膜表面。( )
2. 吸收光能的色素分布在:
  - A. 叶绿体的外膜上;
  - B. 类囊体的薄膜上;
  - C. 叶绿体的内膜上;
  - D. 叶绿体的基质中。

答 [ ]

3. 恩格尔曼在证明光合作用放氧部位是叶绿体后,紧接着又做了一个实验:他用透过三棱镜的光照射水绵临时装片,惊奇地发现大量的好氧细菌聚集在红光和蓝光区域。从这一实验你能得出什么结论?



恩格尔曼的第二个实验

### 二、拓展题

1. 植物体吸收光能的色素,除存在于叶片的一些细胞中外,还存在于哪些部位的细胞之中?
2. 海洋中的藻类植物,习惯上依其颜色分为绿藻、褐藻和红藻,它们在海水中的垂直分布依次是浅、中、深,这与光能的捕获有关吗?



## 二 光合作用的原理和应用

我们知道,光合作用是指绿色植物通过叶绿体,利用光能,把二氧化碳和水转化成储存着能量的有机物,并且释放出氧气的过程。人们得出这一认识经历了漫长的探索历程;对光合作用更深层次的探索,目前仍在进行。

### 光合作用的探究历程

直到18世纪中期,人们一直以为只有土壤中的水分是植物建造自身的原料,而没有考虑到植物能否从空气中得到什么。1771年,英国科学家普利斯特利(J.Priestley, 1733—1804)通过实验证实,植物可以更新因蜡烛燃烧或小白鼠呼吸而变得污浊的空气(图5-12)。但是,他没有发现光在植物更新空气中的作用,而是将空气的更新归因于植物的生长。当时有人重复普利斯特利的实验,却得到完全相反的结论,认为植物跟动物一样能使空气变污浊。这一结论引起人们的关注。

#### 本节聚焦

- 人类是怎样认识到光合作用原理的?
- 什么是光反应阶段? 什么是暗反应阶段?
- 光合作用受哪些外界因素的影响?
- 什么是化能合成作用?

为什么有人认为植物也能使空气变污浊?



图5-12 普利斯特利的实验

1779年,荷兰科学家英格豪斯(J.Ingen-housz)做了500多次植物更新空气的实验,结果发现:普利斯特利的实验只有在阳光照射下才能成功;植物体只有绿叶才能更新污浊的空气。然而,由于当时化学发展水平的限制,人们尚不了解植物吸收和释放的究竟是什么气体。直到1785年,由于发现了空气的组成,人们才明确绿叶在光下放出的气体是氧气,吸收的是二氧化碳。

在这一过程中,光能哪里去了? 1845年,德国科学家梅耶(R.Mayer)根据能量转换和守恒定律明确指出,植物在进行光合作用时,把光能转换成化学能储存起来。

光能转换成化学能,贮存于什么物质中呢? 也就是植

#### 学科交叉

回忆学过的化学知识,想一想,空气的组成是怎样发现的? 这对研究光合作用有什么意义?





图 5-13 证明光合作用产生淀粉的实验

物在吸收水分和二氧化碳、释放氧气的过程中，还产生了什么物质呢？这一问题迟迟未能解决。

1864年，德国植物学家萨克斯做了一个实验：他把绿叶先在暗处放置几小时，目的是消耗掉叶片中的营养物质。然后，他让叶片一半曝光，另一半遮光。过一段时间后，他用碘蒸气处理这片叶，发现曝光的一半呈深蓝色，遮光的一半则没有颜色变化。这一实验成功地证明光合作物的产物除氧气外还有淀粉（图 5-13）。

光合作用的原料有水和二氧化碳，那么，光合作用释放的氧气到底是来自二氧化碳还是水？人们曾一度认为这些氧气是来自同是气体的二氧化碳。

随着技术的进步，人们发现了放射性同位素，这为解决氧气来自水还是二氧化碳提供了研究手段。1939年，美国科学家鲁宾（S.Ruben）和卡门（M.Kamen）利用同位素标记法进行了探究。他们用氧的同位素 $^{18}\text{O}$ 分别标记 $\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CO}_2$ ，使它们分别成为 $\text{H}_2^{18}\text{O}$ 和 $\text{C}^{18}\text{O}_2$ 。然后进行两组实验：第一组向植物提供 $\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{C}^{18}\text{O}_2$ ；第二组向同种植物提供 $\text{H}_2^{18}\text{O}$ 和 $\text{CO}_2$ 。在其他条件都相同的情况下，他们分析了两组实验释放的氧气。结果表明，第一组释放的氧气全部是 $\text{O}_2$ ；第二组释放的氧气全部是 $^{18}\text{O}_2$ 。这一实验有力地证明光合作用释放的氧气来自水。

**同位素标记法** 放射性同位素可用于追踪物质的运行和变化规律。用放射性同位素标记的化合物，化学性质不会改变。科学家通过追踪放射性同位素标记的化合物，可以弄清化学反应的详细过程。这种方法叫做同位素标记法。



图 5-14 卡尔文

光合作用产生的有机物又是怎样合成的呢？进入20世纪40年代，科学家开始用放射性同位素 $^{14}\text{C}$ 做实验研究这一问题。美国科学家卡尔文（M.Calvin, 1911—）（图 5-14）等用小球藻（一种单细胞的绿藻）做实验：用 $^{14}\text{C}$ 标记的 $^{14}\text{CO}_2$ ，供小球藻进行光合作用，然后追踪检测其放射性，最终探明了 $\text{CO}_2$ 中的碳在光合作用中转化成有机物中碳的途径，这一途径称为卡尔文循环。





## 思考与讨论

1. 光合作用的原料、产物、场所和条件是什么？你能用一个化学反应式表示出来吗？

2. 从人类对光合作用的探究历程来看，生物学的发展与物理学和化学有什么联系？与技

术手段的进步有什么关系？试举例说明。

3. 分析人类对光合作用的探究历程，你还有哪些感悟？请与同学交流。

## 光合作用的过程

光合作用的过程，可以用下面的反应式来概括，其中的  $(\text{CH}_2\text{O})$  表示糖类。



光合作用的过程是十分复杂的，它包括一系列化学反应。根据是否需要光能，这些化学反应可以概括地分为光反应和暗反应两个阶段。

**光反应阶段** 光合作用第一个阶段中的化学反应，必须有光才能进行，这个阶段叫做光反应阶段。光反应阶段的化学反应是在类囊体的薄膜上进行的。

叶绿体中光合色素吸收的光能，有两方面用途：一是将水分解成氧和  $[\text{H}]$ ，氧直接以分子的形式释放出去， $[\text{H}]$  则被传递到叶绿体内的基质中，作为活泼的还原剂，参与到暗反应阶段的化学反应中去；二是在有关酶的催化作用下，促成  $\text{ADP}$  与  $\text{P}_i$  发生化学反应，形成  $\text{ATP}$ 。这样，光能就转变为储存在  $\text{ATP}$  中的化学能。这些  $\text{ATP}$  将参与光合作用第二个阶段的化学反应（图 5-15）。

### ► 相关信息

这里的  $[\text{H}]$  是一种十分简化的表示方式。这一过程实际上是辅酶 II ( $\text{NADP}^+$ ) 与电子和质子 ( $\text{H}^+$ ) 结合，形成还原型辅酶 II ( $\text{NADPH}$ )。

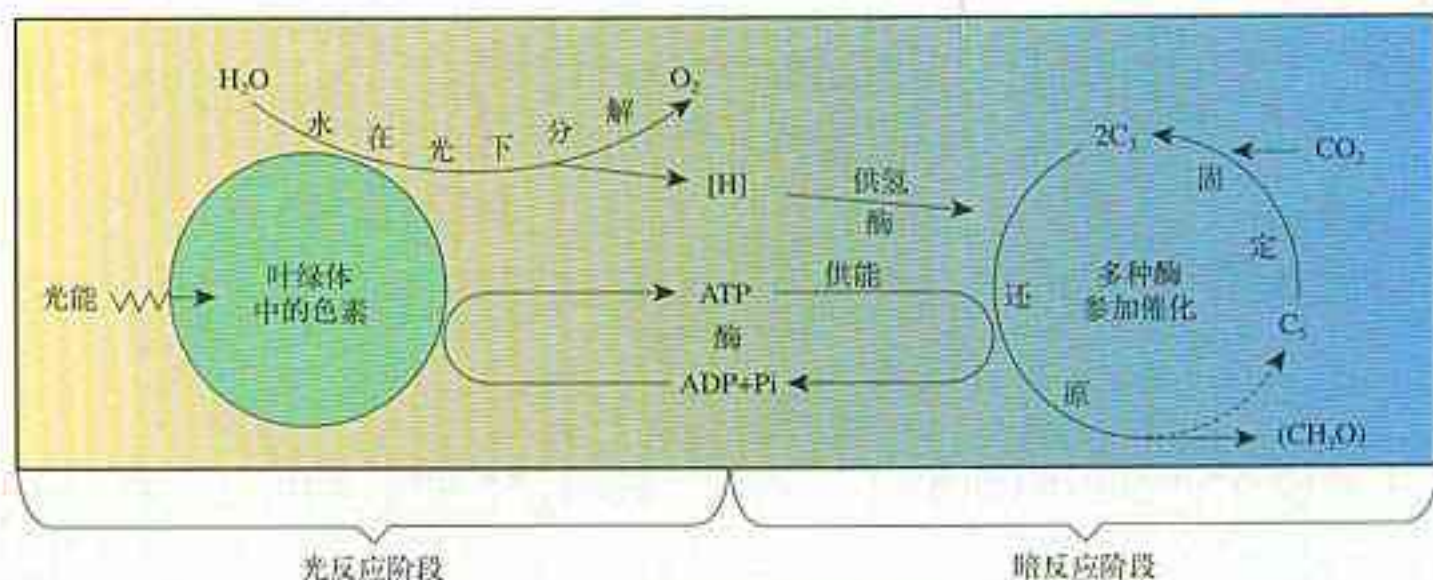



图 5-15 光合作用过程的图解



**暗反应阶段** 光合作用第二个阶段中的化学反应，没有光都可以进行，这个阶段叫做暗反应阶段。暗反应阶段的化学反应是在叶绿体内的基质中进行的。

在暗反应阶段中，绿叶通过气孔从外界吸收进来的二氧化碳，不能直接被  $[H]$  还原。它必须首先与植物体内的  $C_5$ （一种五碳化合物）结合，这个过程叫做二氧化碳的固定。一个二氧化碳分子被一个  $C_5$  分子固定以后，很快形成两个  $C_3$ （一种三碳化合物）分子。在有关酶的催化作用下， $C_3$  接受 ATP 释放的能量并且被  $[H]$  还原。随后，一些接受能量并被还原的  $C_3$  经过一系列变化，形成糖类；另一些接受能量并被还原的  $C_3$  则经过一系列的化学变化，又形成  $C_5$ ，从而使暗反应阶段的化学反应持续地进行下去。



### 思考与讨论

1. 光反应阶段和暗反应阶段在所需条件、进行场所、发生的物质变化和能量转换等方面有什么区别？
2. 光反应阶段和暗反应阶段之间的物质和能量的联系是怎样的？

由此可见，在光合作用的过程中，光反应阶段与暗反应阶段既有区别又紧密联系，是缺一不可的整体。

### 光合作用原理的应用

农业生产上许多增加农作物产量的措施，是为了提高光合作用的强度（简单地说，是指植物在单位时间内通过光合作用制造糖类的数量）。例如，控制光照的强弱和温度的高低，适当增加作物环境中二氧化碳的浓度，等等。这些通过调控环境因素来增加光合作用强度的措施究竟有多大成效？怎样才能做到合理的控制呢？



### 探究

#### 环境因素对光合作用强度的影响

空气中二氧化碳的浓度，土壤中水分的多少，光照的长短与强弱、光的成分以及温度的高低等，都是影响光合作用强度的外界因素。光合作用的强度可以通过测定一定时间内原料消耗



或产物生成的数量来定量地表示。

### 提示

农业生产上有许多提高农作物光合作用强度的措施。请你通过调查和搜集资料,了解这些措施,分析各项措施分别是改变了影响光合作用的什么因素。再选择其中一种因素,通过实验探究它对光合作用强度的影响。

### 参考案例

探究光照强弱对光合作用强度的影响

材料用具

打孔器,注射器,40 W 台灯,烧杯,绿叶(如菠菜叶片)。

方法步骤

1. 取生长旺盛的绿叶,用直径为1 cm 的打孔器打出小圆形叶片30片(注意避开大的叶脉)。

2. 将小圆形叶片置于注射器内,并让注射器吸入清水,待排出注射器内残留的空气后,用

手堵住注射器前端的小孔并缓缓拉动活塞,使小圆形叶片内的气体逸出。这一步骤可重复几次。

3. 将内部气体逸出的小圆形叶片,放入黑暗处盛有清水的烧杯中待用。这样的叶片因为细胞间隙充满了水,所以全都沉到水底。

4. 取3只小烧杯,分别倒入20 mL 富含二氧化碳的清水(事先可用口通过玻璃管向清水内吹气)。

5. 分别向3只小烧杯中各放入10片小圆形叶片,然后分别对这3个实验装置进行强、中、弱三种光照(3盏40 W 台灯分别向3个实验装置照射,光照强弱可通过调节台灯与实验装置间的距离来决定)。

6. 观察并记录同一时间段内各实验装置中小圆形叶片浮起的数量。

请你参照案例中的思路,通过小组讨论,确定并实施本小组的实验方案,力求探索出提高农作物光合作用强度的有效而实用的措施。

## 化能合成作用

绿色植物以光为能源、以二氧化碳和水为原料合成糖类,糖类中储存着由光能转换来的能量。因此,绿色植物属于自养生物。相反,人、动物、真菌以及大多数细菌,细胞中没有叶绿素,不能进行光合作用,它们只能利用环境中现成的有机物来维持自身的生命活动,它们属于异养生物。

除了绿色植物,自然界中少数种类的细菌,虽然细胞内没有叶绿素,不能进行光合作用,但是能够利用体外环境中的某些无机物氧化时所释放的能量来制造有机物,这种合成作用,叫做化能合成作用,这些细菌也属于自养生物。例如,生活在土壤中的硝化细菌(图5-16),不能利用光能,但是能将土壤中的氨( $\text{NH}_3$ )氧化成亚硝酸( $\text{HNO}_2$ ),进而将亚硝酸氧化成硝酸( $\text{HNO}_3$ )。硝化细菌能够利用这两个化学反应中释放出的化学能,将二氧化碳和水合成为糖类,这些糖类可供硝化细菌维持自身的生命活动。



图5-16 电子显微镜下的一种硝化细菌





## 练习

### 一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

(1) 光合作用释放的氧气来自水。 ( )

(2) 自养生物是专指能够通过光合作用制造有机物的生物。 ( )

2. 光合作用发生的部位是:

A. 叶绿素; B. 叶绿体;  
C. 类囊体的薄膜; D. 叶绿体的基质。

答 [ ]

3. 光合作用中形成ATP的部位是:

A. 叶绿体外膜; B. 叶绿体内膜;  
C. 叶绿体基质; D. 类囊体。

答 [ ]

4. 下列物质中, 暗反应阶段所必需的是:

A. 叶绿素; B. ADP; C. ATP; D.  $O_2$ 。

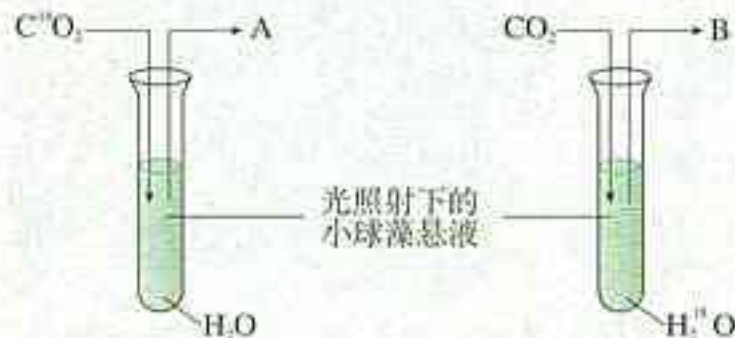
答 [ ]

5. 科学家用含有 $^{14}C$ 的二氧化碳来追踪光合作用中的碳原子, 这种碳原子的转移途径是:

A. 二氧化碳→叶绿素→ADP;  
B. 二氧化碳→叶绿体→ATP;  
C. 二氧化碳→乙醇→糖类;  
D. 二氧化碳→三碳化合物→糖类。

答 [ ]

6. 下图是利用小球藻进行光合作用实验的示意图。图中A物质和B物质的相对分子质量的比是:



A. 1:2; B. 8:9; C. 2:1; D. 9:8。

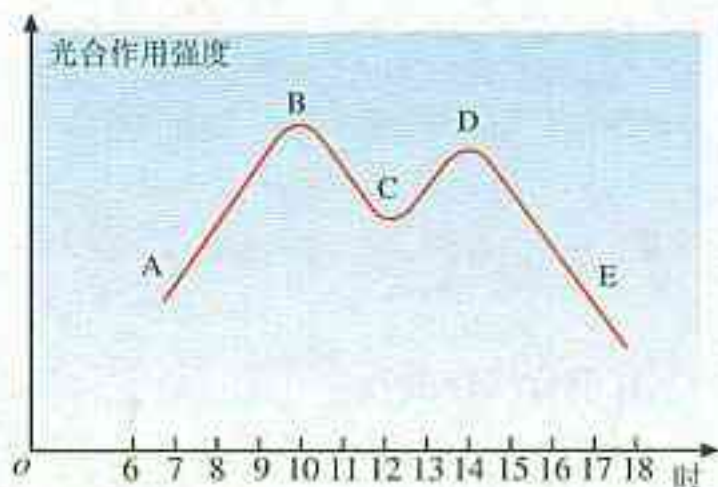
答 [ ]

7. 光合作用中光反应阶段和暗反应阶段的能量来源各是什么?

8. 假如白天突然中断了二氧化碳的供应, 叶绿体内首先积累起来的物质是什么?

### 二、拓展题

1. 下图是夏季晴朗的白天, 某种绿色植物叶片光合作用强度的曲线图。分析曲线图并回答:



(1) 为什么7~10时的光合作用强度不断增强?

(2) 为什么12时左右的光合作用强度明显减弱?

(3) 为什么14~17时的光合作用强度不断下降?

2. 在农业生产中, 无论是大田栽培还是温室栽培, 都要考虑光能的充分和合理利用。你可以通过实际调查或资料收集, 了解许多方法和措施, 汇总成文, 相互交流。



## 本章小结

细胞作为基本的生命系统，只有不断地获取并利用能量，才能正常运行。细胞的能量获取和利用要经历复杂的物质变化，而且是在温和的条件下有序地进行的。这就离不开生物催化剂——酶。同无机催化剂相比，酶降低了化学反应的活化能。绝大多数酶是蛋白质。酶的催化作用具有专一性、高效性，并对温度、pH等条件有严格的要求。

ATP是一种高能磷酸化合物，在细胞中，它与ADP的相互转化实现贮能和放能，从而保证细胞各项生命活动的能量供应。生成ATP的途径主要有两条：一条是植物体内含有叶绿体的细胞，在光合作用的光反应阶段生成ATP；另一条是所有活细胞都能通过细胞呼吸生成ATP。

细胞呼吸分有氧呼吸和无氧呼吸两种类型。这两种类型的共同点是：在酶的催化作用下，分解有机物，释放能量。但是，前者需要氧和线粒体的参与，有机物彻底氧化释放的能量比后者多。

光合作用在植物体含有叶绿体的细胞中进行。捕获光能的色素位于叶绿体内类囊体的薄膜上。光合作用的光反应阶段，也发生在类囊体的薄膜上，暗反应阶段则发生在叶绿体的基质中。光合作用最终使光能转换为化学能，贮存在生成的糖类中。

本章有较多的实验和探究活动，在设计和实施时，应善于鉴别自变量和因变量，控制自变量，观察和检测因变量的变化，并设置对照组和重复实验，这些都是基本的科学方法。在提取、分离、检测一些物质时，既要理解原理，又要掌握基本的操作技能。

关于探索酶本质的历史，光合作用探究历程的回顾，说明科学是在实验和争论中前进的。科学工作者既要继承前人的科学成果，善于汲取不同的学术见解，又要富有创新精神，锲而不舍，促进科学的发展。

酶、细胞呼吸、光合作用的科学知识与我们的生活、生产紧密相关，要关注这些原理的应用，特别是要关注在生产中如何提高光合作用的强度。

### 网站登录

<http://bikp.gov.cn>

<http://cpst.net.cn>

<http://database.cpst.net>



# 自我检测

## 一、概念检测

### 判断题

1. ATP能够及时转化成ADP,这有效地保证了细胞内能量的供应。( )
2. 无氧呼吸与有氧呼吸是细胞内两个完全不同的过程。( )
3. 能否直接或间接利用光能,是光合作用和化能合成作用的根本区别。( )

### 选择题

1. 下列试管中加入碘液后变成蓝色的是:

试管号	试管中的内容物	条件
1	2 mL 淀粉溶液 + 2 mL 唾液	37 °C, 5 min
2	2 mL 淀粉溶液 + 2 mL 清水	37 °C, 5 min
3	2 mL 淀粉溶液 + 2 mL 稀释的唾液	37 °C, 5 min
4	2 mL 淀粉溶液 + 2 mL 唾液	95 °C, 5 min
5	2 mL 淀粉溶液 + 2 mL 唾液 + 3 滴盐酸	37 °C, 5 min

- A. 1、2、3; B. 2、3、4;  
C. 3、4、5; D. 2、4、5。

答 [ ]

2. 叶绿体与线粒体在结构和功能上的相同点是:

① 具有双层膜; ② 分解有机物, 释放能量;  
③ 产生氧气; ④ 水作为生理功能的一种原料; ⑤ 含有DNA; ⑥ 内部含有酶。

- A. ①, ②, ④, ⑥; B. ③, ④, ⑤, ⑥;

- C. ②, ③, ④, ⑤; D. ①, ④, ⑤, ⑥。

答 [ ]

### 画概念图

画一个概念图, 将呼吸、呼吸作用、细胞呼吸、有氧呼吸和无氧呼吸这5个概念之间的内在联系表示清楚(概念的下面可加注少量文字)。

## 二、知识迁移

松土是许多地方农作物栽培中经常使用的一项措施。分析农田松土给农作物自身的生长、当地的水土保持以及全球气候变暖等方面可能带来的各种影响, 并指出如何尽量减少可能出现的不利影响。

## 三、技能应用

1. 请你参照探究酵母菌细胞呼吸的方式中的实验装置, 设计和实施同时探究两个因素的一组对照实验, 也就是探究20 °C下分别培养6 h和12 h以及50 °C下分别培养6 h和12 h酵母菌细胞呼吸的情况, 看哪种温度和培养时间产生的CO<sub>2</sub>多。

2. 请你设计并填写一个表格, 简明而清晰地体现出你对光合作用与细胞呼吸之间主要区别和内在联系的理解。

## 四、思维拓展

哈密瓜盛产于新疆的哈密地区。在哈密地区农作物的生长季节里, 阳光充沛、昼夜温差大。请你分析当地盛产的哈密瓜为什么特别甜? 你的家乡或社区如果想种哈密瓜并使瓜甜, 你认为应当采取哪些措施?



# 第1节 细胞的增殖

## 问题探讨

象与鼠的个体大小相差十分悬殊。

### 讨论:

1. 请推测象与鼠相应器官和组织的细胞大小差异如何?
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?



象与鼠

## 本节聚焦

- 细胞为什么不能无限长大?
- 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?
- 细胞的无丝分裂有什么特点?

多细胞生物体体积的增大,即生物体的生长,既靠细胞生长增大细胞的体积,还要靠细胞分裂增加细胞的数量。事实上,不同动(植)物同类器官或组织的细胞大小一般无明显差异,器官大小主要决定于细胞数量的多少。

## 细胞不能无限长大

你想过没有,细胞为什么都那么微小呢? 什么因素限制了细胞的长大? 你可能会说,细胞体积越大,需要的营养物质越多,需要排出的代谢废物也越多,物质的输入和输出会遇到困难。但是,随着细胞的长大,细胞膜的面积不也在扩大吗? 让我们通过下面的模拟实验来探讨。



## 实验

### 细胞大小与物质运输的关系

#### 目的要求

通过探究细胞大小,即细胞的表面积与体积之比,与物质运输效率之间的关系,探讨细胞不能无限长大的原因。

#### 材料用具

3 cm × 3 cm × 6 cm 的含酚酞的琼脂块 (NaOH 和酚酞相遇,呈紫红色)。塑料餐刀,防护手套,毫米尺,塑料勺,纸巾,烧杯。质量分



数为0.1%的NaOH溶液。

### 方法步骤

1. 用塑料餐刀将琼脂块切成三块边长分别为3 cm、2 cm、1 cm的正方体。

2. 将3块琼脂块放在烧杯内,加入NaOH溶液,将琼脂块淹没,浸泡10 min。用塑料勺不时翻动琼脂块。注意:不要用勺子将琼脂块切开或挖动其表面。

3. 戴上手套,用塑料勺将琼脂块从NaOH

溶液中取出来。用纸巾把它们吸干,用塑料刀把琼脂块切成两半。观察切面,测量每一块上NaOH扩散的深度。记录测量结果。每两次操作之间必须把刀擦干。

4. 根据测量结果进行计算,并填写下表。

NaOH有腐蚀性,应避免与皮肤和眼睛等接触。如溅洒出来,应立即用水冲洗溅洒处,并告诉老师。

琼脂块的边长/cm	表面积/cm <sup>2</sup>	体积/cm <sup>3</sup>	比值(表面积/体积)	NaOH扩散的深度/cm	比值(NaOH扩散的体积/整个琼脂块的体积)
3					
2					
1					

### 结论

琼脂块的表面积与体积之比随着琼脂块的增大而\_\_\_\_\_; NaOH扩散的体积与整个琼脂块的体积之比随着琼脂块的增大而\_\_\_\_\_。

### 讨论

1. 有什么证据说明NaOH扩散进琼脂块了? NaOH在每一琼脂块内扩散的速率是否相同? 为什么?

2. 大多数高等动植物细胞的直径为20~

30 μm。请计算直径分别为20 μm和30 μm的细胞的表面积与体积之比。

3. 在相同时间内,物质扩散进细胞的体积与细胞的总体积之比可以反映细胞的物质运输的效率。细胞的物质运输的效率与细胞大小之间是什么关系? 为什么多细胞生物体是由许多细胞而不是由少数体积更大的细胞构成的? 为什么细胞越大,物质运输的效率越低?

通过模拟实验可以看出,细胞体积越大,其相对表面积越小,细胞的物质运输的效率就越低。细胞表面积与体积的关系限制了细胞的长大。限制细胞长大的因素还有哪些呢? 例如,细胞核是细胞的控制中心。一般来说,细胞核中的DNA是不会随着细胞体积的扩大而增加的。如果细胞太大,细胞核的“负担”就会过重。

随着对后面内容的学习,你对这一问题的理解会更加深入。

## 细胞通过分裂进行增殖

单细胞生物体通过细胞增殖而繁衍。多细胞生物从受

### 批判性思维

既然细胞越小,细胞表面积相对就越大,细胞的物质运输的效率就越高,细胞体积不是越小越好吗?(提示:有人估计完成细胞的各项功能至少需要100种酶,每个酶促反应须占有直径约50 nm的空间。每个核糖体直径为10~20 nm。)



## 知识链接

减数分裂是一种特殊方式的有丝分裂，它与有性生殖细胞的形成有关。相关内容参见《遗传与进化》第2章。

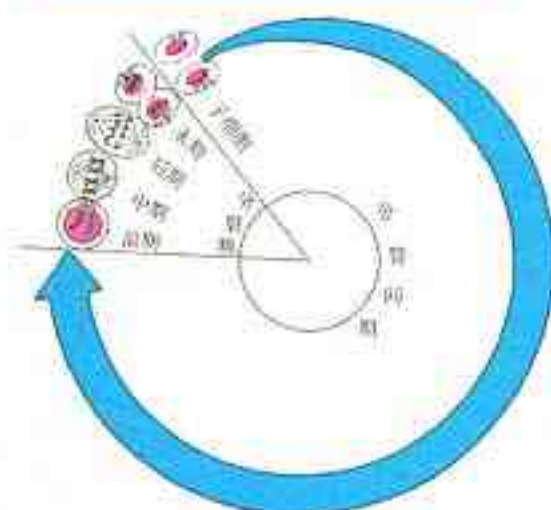


图6-1 有丝分裂细胞周期

精卵开始，要经过细胞的增殖和分化逐渐发育为成体。生物体内，也不断地有细胞衰老死亡，需要通过细胞增殖加以补充。因此，细胞增殖是重要的细胞生命活动，是生物体生长、发育、繁殖、遗传的基础。

细胞以分裂的方式进行增殖。细胞在分裂之前，必须进行一定的物质准备。细胞增殖 (cell proliferation) 包括物质准备和细胞分裂整个连续的过程。

真核细胞的分裂方式有三种：有丝分裂、无丝分裂、减数分裂。

## 有丝分裂

有丝分裂 (mitosis) 是真核生物进行细胞分裂的主要方式。细胞进行有丝分裂具有周期性。即连续分裂的细胞，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) (图6-1)。一个细胞周期包括两个阶段：分裂间期和分裂期。

从细胞在一次分裂结束之后到下一次分裂之前，是分裂间期 (interphase)。细胞周期的大部分时间处于分裂间期 (表6-1)，大约占细胞周期的90%~95%。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。

表6-1 不同细胞的细胞周期持续时间 (t/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

在分裂间期结束之后，就进入分裂期 (mitotic phase)。分裂期是一个连续的过程，人们为了研究方便，把分裂期分为四个时期：前期、中期、后期、末期。下面以高等植物细胞为例，了解有丝分裂期的过程 (图6-2，图6-3)。

前期：间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点连接着 (图6-4)。核仁逐渐解体，核膜逐渐消失。从细胞的两极发出纺锤丝，形成一个梭形的纺锤体。染色体散乱地分布在纺锤体的中央。

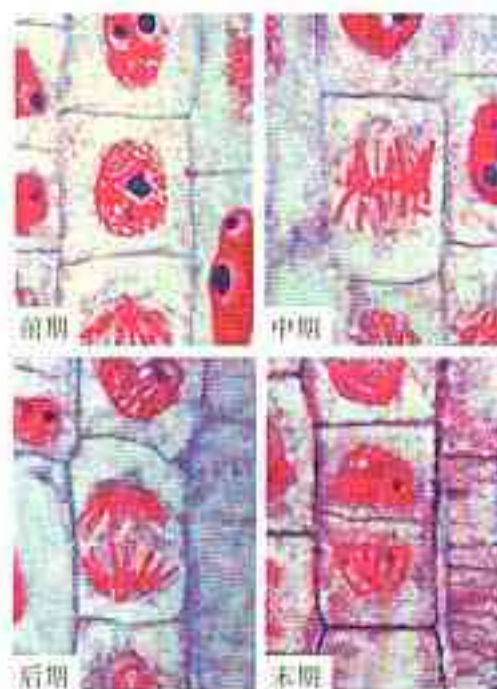


图6-2 植物细胞有丝分裂显微照片



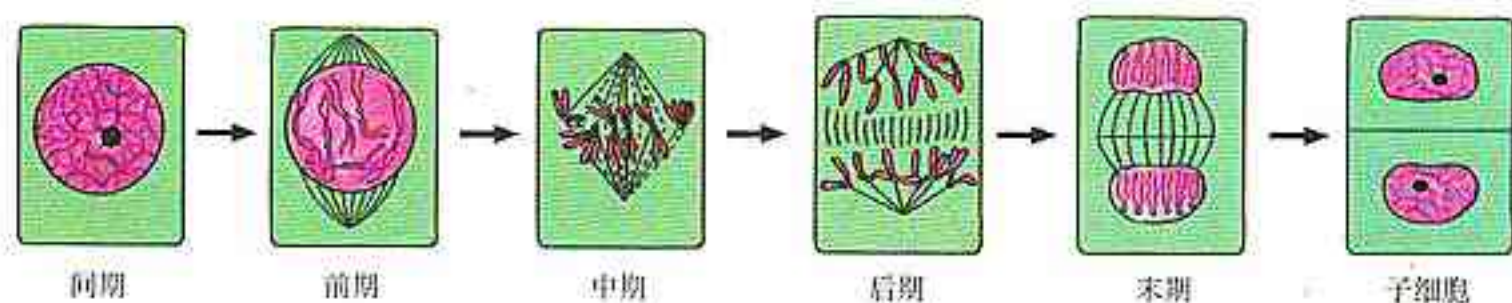


图6-3 植物细胞有丝分裂模式图

中期：每条染色体的着丝点的两侧，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点排列在细胞中央的一个平面上。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。中期染色体的形态比较稳定，数目比较清晰，便于观察。

后期：每个着丝点分裂成两个，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。这时细胞核中的染色体就平均分配到了细胞的两极，使细胞的两极各有一套染色体。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。

末期：当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。核膜把染色体包围起来，形成了两个新的细胞核。这时候，在赤道板的位置出现了一个细胞板，细胞板由细胞的中央向四周扩展，逐渐形成了新的细胞壁。最后，一个细胞分裂成为两个子细胞。大多数子细胞进入下一个细胞周期的分裂间期状态。

动物细胞有丝分裂的过程，与植物细胞的基本相同（图6-5，图6-6）。不同的特点是：第一，动物细胞有一对由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，一组中心粒位置不变，另一组中心粒移向细胞的另一极。在这两组中心粒的周围，发出无数条放射状的星射线，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。这样，一个细胞就分裂成了两个子细胞。

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（实质为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

有丝分裂的丝是指的什么？结合下文，理解它所起的作用。

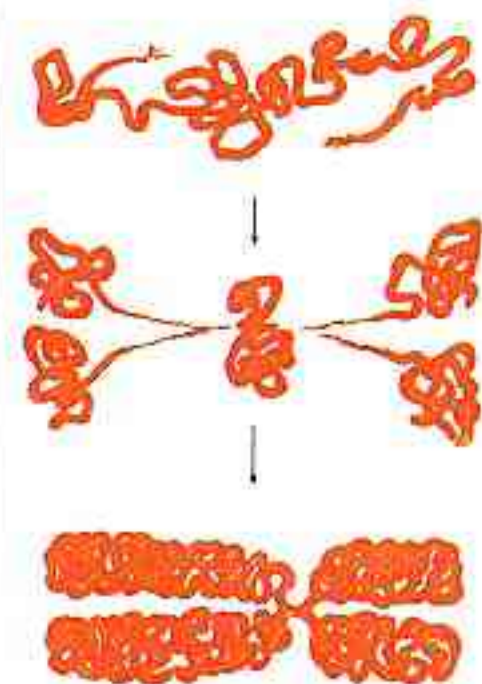


图6-4 染色体与姐妹染色单体  
上：分裂间期，染色体解开螺旋，呈细丝状（染色质形态）。中：分裂间期，细胞内部正在完成DNA分子的复制和有关蛋白质的合成。下：分裂期的前期，在分裂间期复制的每一条染色体，实际上包含着两条并列着的姐妹染色单体。



图6-5 动物细胞有丝分裂显微照片



的亲代和子代之间保持了遗传性状稳定性。可见，细胞的有丝分裂对于生物的遗传有重要意义。

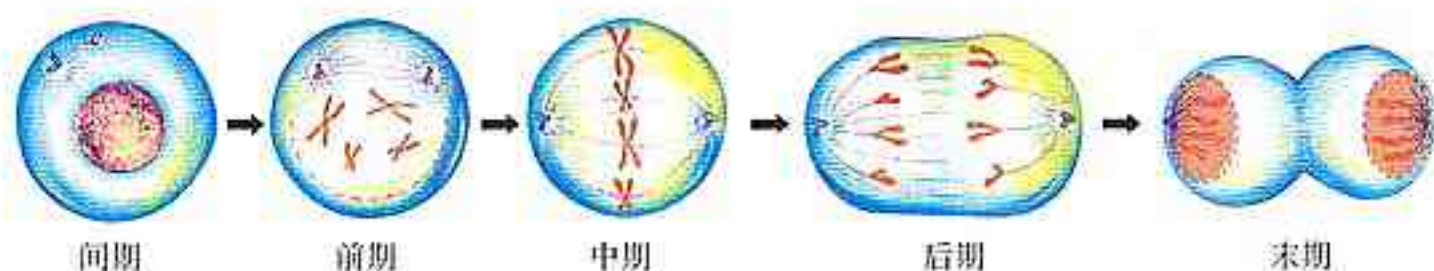


图6-6 动物细胞有丝分裂模式图

### 无丝分裂

细胞无丝分裂的过程比较简单，一般是细胞核先延长，核的中部向内凹进，缢裂成为两个细胞核；接着，整个细胞从中部缢裂成两部分，形成两个子细胞。因为在分裂过程中没有出现纺锤丝和染色体的变化，所以叫做无丝分裂。例如，蛙的红细胞的无丝分裂（图6-7）。

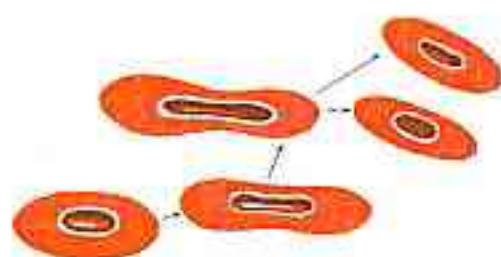


图6-7 蛙的红细胞的无丝分裂



### 技能训练

#### 解释现象

在有些个体较大的原生动物（如草履虫）的细胞中，会出现两个细胞核。有些原生动物的细胞中有用于收集和排泄废物的伸缩泡。



请根据本节所学知识，对这些现象作出解释。

## 练习

### 一、基础题

1. 比较3个正方体模型，哪一个模型更能表示生物体细胞大小和数量的状况？

答 [ ]



A  
边长4 cm



B  
边长2 cm



C  
边长1 cm



2. DNA复制发生在:

A. 间期; B. 前期; C. 中期; D. 后期。

答 [ ]

3. 有丝分裂过程中, 着丝点分裂发生在:

A. 间期; B. 前期; C. 中期; D. 后期。

答 [ ]

4. 动物细胞的有丝分裂过程与植物细胞明显不同的是:(可选多项)

A. 间期有染色体的复制;

B. 后期有着丝点的分裂;

C. 中心粒周围出现星射线, 形成纺锤体;

D. 后期到末期染色体平均分配到两个子细胞中;

E. 末期在细胞的中部不形成细胞板。

答 [ ]

5. 关于无丝分裂名称的由来, 主要原因是:

A. 细胞分裂过程比较简单;

B. 分裂过程中无纺锤丝和染色体的出现;

C. 分裂时细胞核先延长缢裂;

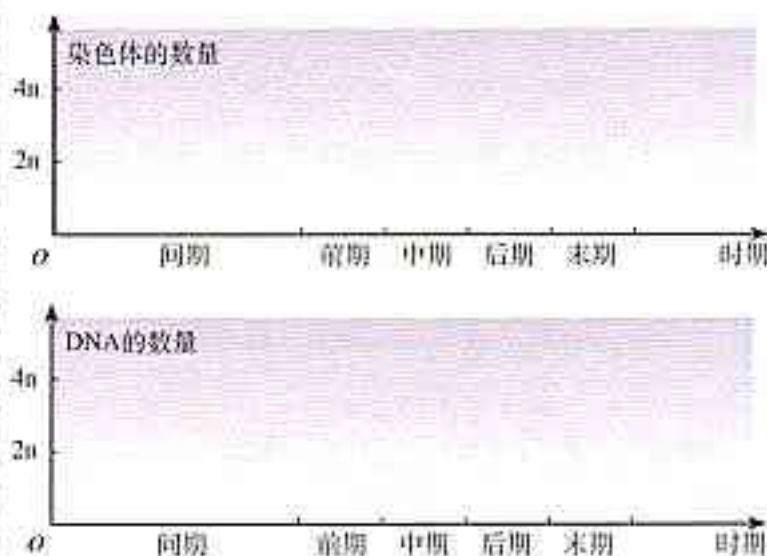
D. 分裂时整个细胞缢裂为两部分。

答 [ ]

## 二、拓展题

1. 细胞作为生命活动的基本单位, 其体积大小必然适应其代谢活动的要求, 应有一定限度, 因此高等动植物细胞的直径大约为几十微米。但也有例外, 如卵细胞就特别大, 鸵鸟卵细胞直径为5 cm, 鸡卵细胞2~3 cm, 人卵细胞200  $\mu\text{m}$ 。卵细胞为什么比较大呢?

2. 在下面的坐标图中画出有丝分裂染色体和DNA的数量变化曲线。



## 实验

### 观察根尖分生组织细胞的有丝分裂

在高等植物体内, 有丝分裂常见于根尖、芽尖等分生区细胞。由于各个细胞的分裂是独立进行的, 因此在同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(或染色质)的存在状态, 就可以判断这些细胞各处于有丝分裂的哪个时期, 进而认识有丝分裂的完整过程。染色体容易被碱性染料(如龙胆紫溶液)着色。

#### 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的过程, 识别有丝分裂的不同时期, 比较细胞周期不同时期的时间长短。

3. 绘制植物细胞有丝分裂简图。

#### 材料用具

洋葱(可用葱、蒜代替)。

显微镜, 载玻片, 盖玻片, 玻璃皿, 剪子, 镊子, 滴管。

质量分数为15%的盐酸, 体积分数为95%的酒精, 质量浓度为0.01 g/mL或0.02 g/mL的龙胆紫溶液(将龙胆紫溶解在质量分数为2%的醋酸溶液中配制而成)或醋酸洋红液, 洋葱根尖细胞有丝分裂固定装片。

#### 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。

## 二、装片的制作

制作流程为：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（洋葱根尖分生区细胞处于分裂期的较多，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。
漂洗	待根尖酥软后，用镊子取出，放入盛有清水的玻璃皿中漂洗。	约10 min	洗去药液，防止解离过度。
染色	把根尖放进盛有质量浓度为0.01 g/mL或0.02 g/mL的龙胆紫溶液（或醋酸洋红液）的玻璃皿中染色。	3~5 min	龙胆紫溶液或醋酸洋红液能使染色体着色。
制片	用镊子将这段根尖取出来，放在载玻片上，加一滴清水，并用镊子尖把根尖弄碎，盖上盖玻片，在盖玻片上再加一片载玻片。然后，用拇指轻轻地按压载玻片。		使细胞分散开来，有利于观察。

## 三、洋葱根尖细胞有丝分裂的观察

1. 把制成的装片先放在低倍镜下观察，扫视整个装片，找到分生区细胞：细胞呈正方形，排列紧密。再换成高倍镜仔细观察，首先找出分裂中期的细胞，然后再找前期、后期、末期的细胞，注意观察各时期细胞内染色体形态和分布的特点。最后观察分裂间期的细胞。

2. 如果自制装片效果不太理想，可以观察洋葱根尖固定装片。

3. 调节显微镜的放大倍数，使你能够在视野里同时看到约50个细胞，仔细统计视野中处于各时期的细胞数，记录在记录表“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。

## 四、绘图

绘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。

记 录 表

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
间期				
分裂期	前期			
	中期			
	后期			
	末期			
	计数细胞的总数			

## 结论

根据观察结果，用自己的语言描述植物细胞有丝分裂各个时期的特点。

## 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？

2. 如何比较细胞周期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目，统计全班的结果，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。）



## 第2节 细胞的分化

### 问题探讨

在我们体内，红细胞的寿命为120 d左右，白细胞的寿命为5—7 d。这些血细胞都是失去分裂能力的细胞。

白血病患者的血液中出现大量的异常白细胞，而正常的血细胞明显减少。通过骨髓移植可以有效地治疗白血病。

#### 讨论：

1. 为什么健康人的血细胞数量不会随着血细胞的死亡而减少？

2. 骨髓与血细胞的形成有什么关系？

白血病患儿

多细胞生物体从小长大，不仅有细胞数量的增加，还有细胞在结构和功能上的分化。即使在成熟的个体中，仍有一些细胞具有产生不同种类的新细胞的能力。

### 细胞分化及其意义

在胚胎发育的早期，各个细胞彼此相似。通过细胞的有丝分裂，细胞的数量越来越多。与此同时，这些细胞又逐渐向不同的方向变化。例如，在动物胚胎发育过程中，红细胞和心肌细胞都来自一群相似的胚胎细胞。后来，有的细胞发育为红细胞，合成运输氧的血红蛋白；有的细胞发育为心肌细胞，合成行使运动功能的蛋白（图6-8）。又如，在同一个植物体中，叶肉细胞的细胞质中有大量的叶绿体，能够进行光合作用；表皮细胞具有保护功能，细胞质中没有叶绿体，而在细胞壁上形成明显的角质层；贮藏细胞没有叶绿体，也没有角质层，但有体积较大的液泡，细胞中贮藏着许多营养物质（图6-9）。追根溯源，同一植物体的这些细胞也都来自一群彼此相似的早期胚细胞。

在个体发育中，由一个或一种细胞增殖产生的后代，在

### 本节聚焦

- 什么是细胞分化？
- 细胞分化的生物学意义是什么？
- 什么是细胞的全能性？

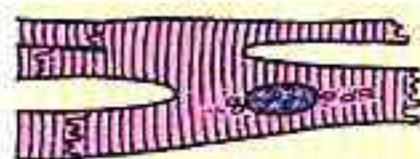


图6-8 红细胞（上）和心肌细胞（下）

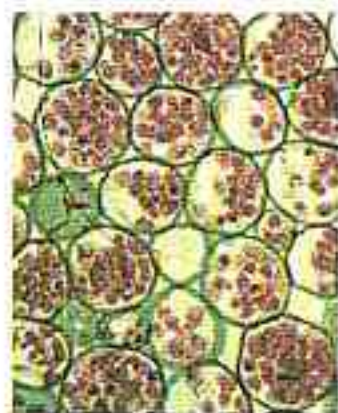




叶肉细胞



表皮细胞



贮藏细胞

图6-9 植物体的不同细胞

形态、结构和生理功能上发生稳定性差异的过程，叫做细胞分化 (cell differentiation)。细胞分化是一种持久性的变化，一般来说，分化了的细胞将一直保持分化后的状态，直到死亡。

细胞分化是生物界中普遍存在的生命现象，是生物个体发育的基础。多细胞生物体在生长发育过程中，如果仅仅有细胞的增殖，而没有细胞的分化，就不可能形成具有特定形态、结构和功能的组织和器官 (图6-10)，生物体也就不可能正常发育。细胞分化使多细胞生物体中的细胞趋向专门化，有利于提高各种生理功能的效率。

就一个个体来说，各种细胞具有完全相同的遗传信息，但形态、结构和功能却有很大差异，这是怎么回事呢？原来，在个体发育过程中，不同的细胞中遗传信息的执行情况是不同的，例如，在红细胞中，与血红蛋白合成有关的基因处于活动状态，与肌动蛋白 (肌细胞中的一种蛋白质) 合成有关的基因则处于关闭状态；在肌细胞中则相反。



结肠黏膜上皮



骨



神经组织



肾小体

图6-10 分化的细胞可形成不同的组织和器官

### 细胞的全能性

早期胚胎通过细胞分化逐渐发育，形成各种组织和器官。如果给予一定的条件，这些组织和器官中高度分化的细

你还能举出细胞分化的其他实例吗？

### 想像空间

大家今天都是高中生，将来可能从事各种职业。想一想，现代社会中有多少种职业？如果没有职业分工，社会的运转状况会是怎样的？你个人的生活会与现在有什么不同？



胞，还能像早期胚胎细胞那样，再分化成其他细胞吗？

1958年，美国科学家斯图尔德（F. C. Steward）取胡萝卜韧皮部的一些细胞，放入含有植物激素、无机盐和糖类等物质的培养液中培养，结果这些细胞旺盛地分裂和生长，形成一个细胞团块，继而分化出根、茎和叶，移栽到花盆后，长成了一株新的植株（图6-11）。

这个实验表明，高度分化的植物细胞仍然具有发育成完整植株的能力，这就是细胞的全能性。细胞的全能性（totipotency）是指已经分化的

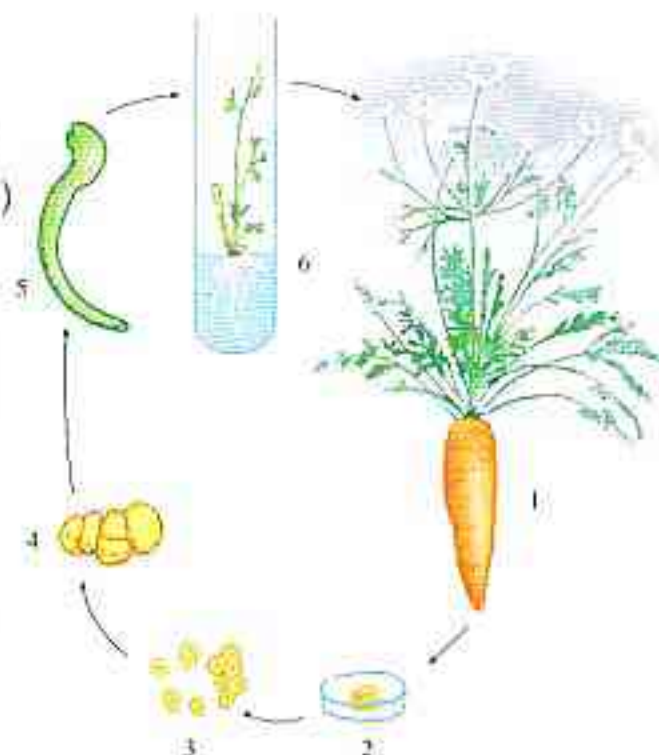
细胞，仍然具有发育成完整个体的潜能。现在人们可以利用植物细胞的全能性，通过植物组织培养的方法，快速繁殖花卉和蔬菜等作物，拯救珍稀濒危物种，还可以和基因工程结合培育作物新类型。

同植物组织培养相比，在动物中做类似的实验要复杂和困难得多。科学家曾用非洲爪蟾的蝌蚪做实验，将它的肠上皮细胞的核移植到去核的卵细胞中，结果获得了新的个体。我们熟悉的克隆羊多利，是将乳腺细胞的核移植到去核的卵细胞中培育成的，这说明已分化的动物体细胞的细胞核是具有全能性的。但是，到目前为止，人们还没有成功地将单个已分化的动物体细胞培养成新的个体。

动物和人体内有没有具有分裂和分化能力的细胞呢？正如植物体内分生组织的细胞具有分化能力一样，动物和人体内仍保留着少数具有分裂和分化能力的细胞，这些细胞叫做干细胞（stem cell）。例如，人的骨髓中有许多造血干细胞，它们能够通过增殖和分化，不断产生红细胞、白细胞和血小板，补充到血液中去（图6-12）。



组织培养形成的  
胡萝卜植株



胡萝卜经组织培养产生完整  
植株示意图  
(1-6表示操作顺序)

图6-11 胡萝卜的组织培养

#### ► 相关信息

受精卵和早期胚胎细胞都是具有全能性的细胞。

❓ 动物体细胞的细胞核为什么具有全能性？

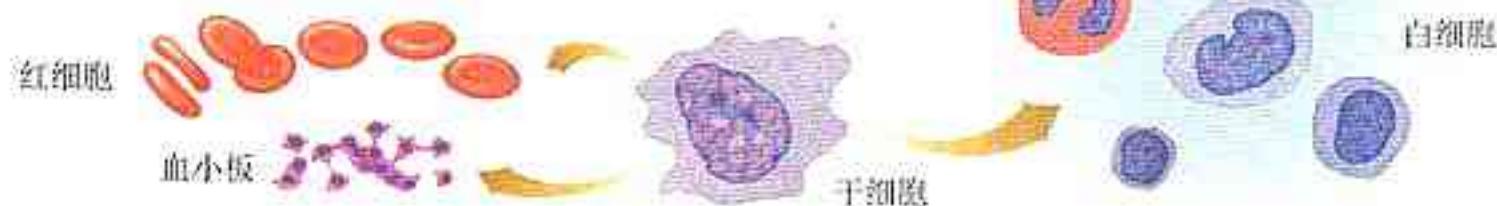


图6-12 骨髓中造血干细胞分化出各种血细胞



**与社会的联系** 人体许多疾病或意外伤害，都是由于组织或器官受到损伤而引起的。如果能够在体外保存和培养各种干细胞，使之形成组织或器官，不就可以对受到损伤的组织或器官进行修复或更换了吗？这正是许多科学家目前研究的课题。



### 资料搜集和分析

## 干细胞研究进展与人类健康

1999年，美国《科学》杂志将干细胞的研究推举为21世纪最重要的研究领域之一，并且排在“人类基因组计划”之前，位列第一。干细胞的研究为什么如此重要呢？

请你通过报纸、刊物、书籍、互联网等途径搜集有关干细胞的资料。把收集到的资料以多

种形式在班级内交流，如分组讨论、召开班级研讨会、制作黑板报、举行图片资料展等。

### 讨论：

1. 什么是干细胞？干细胞可以分为哪几类？
2. 根据你所搜集到的资料分析干细胞的研究有哪些意义？你能举一两个例子来说明吗？



## 练习

### 一、基础题

1. 细胞增殖是以细胞分裂的方式使细胞\_\_\_\_\_，分裂完成后\_\_\_\_\_保持不变，使后代在形态、结构和功能上保持了相似性；细胞分化则是形态、结构、功能发生\_\_\_\_\_的过程。

2. 细胞的全能性是指：

- A. 细胞具有全面的生理功能；
- B. 细胞既能分化，也能恢复到分化前的状态；
- C. 已经分化的细胞仍然具有发育成完整个体的潜能；

D. 已经分化的细胞全部能进一步分化。

答 1 1

### 二、拓展题

1. 你能举出细胞全能性在生产 and 生活中应用的例子吗？

2. 人类寄希望于利用干细胞的分离和体外培养，在体外培育出组织和器官，并最终通过组织或器官移植实现对临床疾病的治疗。为什么在这样的技术中不能用肌细胞来代替干细胞呢？



# 第3节 细胞的衰老和凋亡

## 问题探讨



老年人在晨练

衰老是生物界的普遍现象。衰老的人体通常表现出细胞数目减少、肌肉萎缩、行动迟缓等特征。

### 讨论:

1. 人体的衰老还表现出哪些特征?
2. 老年人体内有没有幼嫩的细胞? 年轻人体内有没有衰老的细胞?
3. 人体衰老与细胞衰老有什么关系?

生长和衰老, 出生和死亡, 都是生物界的正常现象, 生物的个体是如此, 作为基本生命系统的细胞也是如此。

### 个体衰老与细胞衰老的关系

对于单细胞生物体来说, 细胞的衰老或死亡就是个体的衰老或死亡; 但对多细胞生物来说, 细胞的衰老和死亡与个体的衰老和死亡并不是一回事。多细胞生物体内的细胞总是在不断更新着, 总有一部分细胞处于衰老或走向死亡的状态。然而从总体上看, 个体衰老的过程也是组成个体的细胞普遍衰老的过程。有人做过这样的实验, 体外培养的人体某种细胞, 最多分裂 50 次左右就停止分裂了, 并且丧失了正常的功能。这说明细胞会随着分裂次数的增多而衰老。老年人骨折后愈合得慢, 与成骨细胞的衰老也有关系。关于个体衰老与细胞衰老的关系, 你还能举出其他实例吗?

### 细胞衰老的特征

细胞衰老的过程是细胞的生理状态和化学反应发生复杂变化的过程, 最终表现为细胞的形态、结构和功能发生

### 本节聚焦

- 个体衰老与细胞衰老有什么关系?
- 细胞衰老的特征是什么?
- 细胞衰老的原因有哪些?
- 细胞凋亡的含义是什么? 它与细胞坏死有什么区别?

### ► 相关信息

人体细胞每天的更新率为 1%—2%。也就是说, 每 100 个细胞当中, 每天有 1—2 个细胞更新。其中肝细胞寿命约为 18 个月, 皮肤细胞的寿命为十多天, 消化道内壁细胞寿命只有几十个小时。



为什么老年人皮肤上会长“老年斑”？



端粒

(图中染色体为红色，黄色荧光显示染色体两端的端粒。)

变化。衰老的细胞主要具有以下特征。

细胞内的水分减少，结果使细胞萎缩，体积变小，细胞新陈代谢的速率减慢。

细胞内多种酶的活性降低。例如，由于头发基部的黑色素细胞衰老，细胞中的酪氨酸酶活性降低，黑色素合成减少，所以老人的头发会变白。

细胞内的色素会随着细胞衰老而逐渐积累，它们会妨碍细胞内物质的交流和传递，影响细胞正常的生理功能。

细胞内呼吸速率减慢，细胞核的体积增大，核膜内折，染色质收缩、染色加深。

细胞膜通透性改变，使物质运输功能降低。

### 细胞衰老的原因

20世纪90年代以来，关于细胞衰老机制的研究取得了重大进展。科学家提出了许多假说，目前为大家普遍接受的是自由基学说和端粒学说。

**自由基学说** 我们通常把异常活泼的带电分子或基团称为自由基。自由基含有未配对电子，表现出高度的反应活性。在生命活动中，细胞不断进行各种氧化反应，在这些反应中很容易产生自由基。此外，辐射以及有害物质入侵也会刺激细胞产生自由基。例如，水在电离辐射下便会产生自由基。

自由基产生后，即攻击和破坏细胞内各种执行正常功能的生物分子。最为严重的是，当自由基攻击生物膜的组成成分磷脂分子时，产物同样是自由基。这些新产生的自由基又会去攻击别的分子，由此引发雪崩式的反应，对生物膜损伤比较大。此外，自由基还会攻击DNA，可能引起基因突变；攻击蛋白质，使蛋白质活性下降，致使细胞衰老。

**端粒学说** 每条染色体的两端都有一段特殊序列的DNA，称为端粒。端粒DNA序列在每次细胞分裂后会缩短一截。随着细胞分裂次数的增加，截短的部分会逐渐向内延伸。在端粒DNA序列被“截”短后，端粒内侧的正常基因的DNA序列就会受到损伤，结果使细胞活动渐趋异常。





## 资料搜集和分析

### 社会老龄化的相关问题

当一个城市或国家60岁以上人口所占比例达到或超过总人口的10%，或者65岁以上人口达到或超过总人口的7%时，这个城市或国家的人口就称为“老年型人口”，这样的社会就称为“老龄化社会”。社会老龄化的形成是社会进步的一种体现，反映出人类衰老的延迟、寿命的延长，死亡率和出生率之比的下降。

要客观评价一个国家或地区的社会老龄化程度，应考察包括人口平均寿命、老年人口比例、长寿水平等在内的若干指标。

#### 资料搜集

同学们可以通过查阅报刊，上互联网，或者走访政府有关部门（如劳动和社会保障部门、卫生部门）和养老院等方式，搜集有关社会老龄化的资料。

#### 讨论：

1. 分析你所搜集的资料，讨论我国或本地是否已经步入了老龄化社会？

2. 人口老龄化，势必为家庭、社会和国家以及老年人自身带来一系列新问题。想一想，可能会有哪些问题？我们应该怎样解决这些问题？

### 细胞的凋亡

英文中细胞凋亡（apoptosis）一词，源自古希腊语，意思是花瓣或树叶的脱落、凋零。选用这一名词，是强调细胞凋亡是一种自然的生理过程。

人在胚胎时期，要经历有尾的阶段，后来尾部细胞自动死亡，尾才消失（图6-13）。蝌蚪尾的消失，也是通过细胞自动死亡实现的。观察图6-14可以看出，在胎儿手的发育过程中，五个手指最初是愈合在一起的，像一把铲子，后来随着指间的细胞自动死亡，才发育为成形的手指。像这样，由基因所决定的细胞自动结束生命的过程，就叫细胞凋亡。由于细胞凋亡受到严格的由遗传机制决定的程序性调控，所以也常常被称为细胞编程性死亡（programmed cell death）。



图6-13 人的胚胎经历有尾阶段  
(上图为3周胚胎)



图6-14 胎儿手的发育



## ► 相关信息

正在发育以及发育成熟的生物体中,细胞发生凋亡的数量是惊人的。健康的成人体内,在骨髓和肠中,每小时约有10亿个细胞凋亡。脊椎动物的神经系统在发育过程中,约有50%的细胞凋亡。

在成熟的生物体中,细胞的自然更新,被病原体感染的细胞的清除,也是通过细胞凋亡完成的。细胞凋亡对于多细胞生物体完成正常发育,维持内部环境的稳定,以及抵御外界各种因素的干扰都起着非常关键的作用。

细胞坏死与细胞凋亡不同。细胞坏死是在种种不利因素影响下,由于细胞正常代谢活动受损或中断引起的细胞损伤和死亡。



## 技能训练

### 分析数据

人体不同细胞的寿命和分裂能力不同(见下表)。请分析表中有关数据。

细胞种类	小肠上皮细胞	平滑肌细胞(分布于内脏器官)	心肌细胞	神经细胞	白细胞
寿命	1~2 d	很长	很长	很长	5~7 d
能否分裂	能	能	不能	绝大多数不能	不能

### 讨论:

1. 细胞的寿命与分裂能力之间有何对应关系吗?比如寿命短的细胞是否一定能分裂?
2. 细胞的寿命和分裂能力与它们承担的

功能有关系吗?

3. 根据以上分析,请推测皮肤表皮细胞的寿命和分裂能力。



## 练习

### 一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

- (1) 衰老的生物体中,细胞都处于衰老状态。( )
- (2) 细胞凋亡是由细胞内的遗传物质所控制的。( )
- (3) 细胞死亡是细胞凋亡的同义词。( )

2. 下列哪项不是细胞衰老的特征?

A. 细胞内水分减少;

B. 细胞代谢缓慢;

C. 细胞不能继续分化;

D. 细胞内色素积累较多。

答 | 1

### 二、拓展题

同样是血细胞,白细胞与红细胞的功能不同,凋亡的速率也不一样,白细胞凋亡的速率比红细胞快得多。细胞凋亡的速率与它们的功能有关系吗?请结合这一实例说明细胞凋亡的生物学意义。



## 第4节 细胞的癌变

### 问题探讨

阳光中的紫外线绝大部分被臭氧层所吸收,仅一小部分到达地表。虽然皮肤里的色素细胞有遮挡紫外线的功能,但还是有一些紫外线可以穿透表皮伤及细胞中的遗传物质,严重时可能导致皮肤癌。

#### 讨论:

1. 晒太阳对人体有什么好处?
2. 如何正确处理日光浴与预防紫外线过度辐射之间的关系?
3. 为什么臭氧层破坏会导致皮肤癌患者增多?



正常色素细胞(左)和紫外线照射13d后的色素细胞(右)

细胞是有一定寿命的。正常机体内的细胞,有的在生长、分裂或分化;有的在凋亡;有的虽然不再分裂和分化,但是执行着重要的生理功能(如心肌细胞和神经细胞)。这一切都是在机体的精确调控之中的。但是,有的细胞受到致癌因子的作用,细胞中遗传物质发生变化,就变成不受机体控制的、连续进行分裂的恶性增殖细胞,这种细胞就是癌细胞(cancer cell)(图6-15)。

### 癌细胞的主要特征

说到癌症(cancer),人们都不寒而栗。癌症通常也叫恶性肿瘤,是由癌细胞大量增殖而引起的。

为什么癌症对健康的危害极大?这与癌细胞的特征有关。

与正常细胞相比,癌细胞具有以下特征。

- 在适宜的条件下,癌细胞能够无限增殖。在人的一生中,体细胞一般能够分裂50~60次,而癌细胞却不受限制,它们迅速地生长、分裂,无限增殖。

- 癌细胞的形态结构发生显著变化。例如,体外培养的正常成纤维细胞呈扁平梭形,当这种细胞转变成癌细胞后就变成球形了。

### 本节聚焦

- 癌细胞有哪些特征?
- 常见的致癌因子有哪些?
- 预防癌症与健康的生活方式有什么关系?



图6-15 癌细胞

### ► 相关信息

“cancer”一词来源于拉丁字,原意是“蟹”。以此来形容癌在扩散时,像蟹一样“横行霸道”,侵袭周围健康的组织。



• 癌细胞的表面发生了变化。由于细胞膜上的糖蛋白等物质减少，使得癌细胞彼此之间的黏着性显著降低，容易在体内分散和转移。

引起细胞癌变的致癌因子有哪些呢？

### 致癌因子

目前认为，致癌因子大致分为三类：物理致癌因子、化学致癌因子和病毒致癌因子（图6-16）。

**物理致癌因子** 主要指辐射，如紫外线、X射线等。例如，居里夫人（Curie, 1867—1934）在研究工作中长期被放射线损伤，导致白血病；氮氮化合物的排放，使大气平流层中臭氧层变薄，照到地面的紫外线增强，使全球皮肤癌患者增加。

**化学致癌因子** 有数千种之多，无机化合物如石棉、砷化物、铬化物、镉化物等，有机化合物如联苯胺、烯环烃、亚硝胺、黄曲霉毒素等都是化学致癌因子。吸烟是人体摄入化学致癌物的主要途径之一，从香烟的烟雾中可分析出20多种化学致癌因子。



图6-16 引起细胞癌变的致癌因子

致癌因子为什么会致细胞癌变呢？

人和动物细胞的染色体上本来就存在着与癌有关的基因：原癌基因和抑癌基因。原癌基因主要负责调节细胞周期，控制细胞生长和分裂的进程；抑癌基因主要是阻止细胞不正常的增殖。环境中的致癌因子会损伤细胞中的DNA分子，使原癌基因和抑癌基因发生突变，导致正常细胞的生长和分裂失控而变成癌细胞。

根据大量的病例分析，癌症的发生并不是单一基因突变的结果，至少在一个细胞中发生5~6个基因突变，才能



赋予癌细胞所有的特征,这是一种累积效应。因此,生活中的致癌因子很多,但是癌症发生的频率并不是很高,而且易患癌症的多为老年人。

怎样预防癌症呢?

癌症是威胁人类健康的最严重的疾病之一。据统计,目前世界上因病死亡的总死亡率中,癌症居第二位,仅次于心血管病。由于癌症发生的早期,往往不表现出任何症状,难以及时发现;而对于癌症晚期的病人,目前还缺少有效的治疗手段。因此,在个人日常生活中注意远离致癌因子,尽量规避罹患癌症的风险,就显得尤为重要。



### 资料分析

## 健康的生活方式与防癌

英国流行病学家曾对癌症的病因进行过详细的分析,结果显示,不当的饮食和吸烟致癌的比例分别高达35%和30%。在其他因素中,病毒感染占10%—15%,饮酒占3%,环境污染占2%,药物与医疗,工业制品,食品添加剂,紫外线等因子所占比例都不足1%。

某些食物中含有致癌物质,长期食用容易导致细胞癌变。发霉的、熏制的食品,烤焦的以及高脂肪的食品都含有较多的致癌因子。当然,也有很多食物中含有抑制癌变的物质。例如,动物肝脏中富含维生素A,很多蔬菜水果中富含维生素C、胡萝卜素和纤维素。此外,食物中的维生素E和绿茶中富含的多元酚,这些都是抗癌物质。

烟草中含有许多致癌物质,如尼古丁、焦油等。长期酗酒可能导致肝癌、食道癌等。

癌症的发生与心理状态也有一定关系。如果性格过于孤僻,经常压抑自己的情绪,不乐于与人交流,就会影响神经系统和内分泌系统的调节功能,增加癌症发生的可能性。

### 讨论:

1. “病从口入”这句话,用于癌症合适吗?
2. 你还知道哪些因子能够引起癌症?
3. 自己和家人的日常生活中,有哪些做法会增加患癌症的机会? 有哪些做法有利于防癌? 今后应该如何预防癌症?

人类同癌症的斗争已经有漫长的历史,但是对癌症的诊断和治疗,直到20世纪才有重大进展。在诊断方面,已经有病理切片的显微观察、CT、核磁共振以及癌基因检测等先进手段;在治疗方面,已经有手术切除、化疗和放疗等手段,逐渐缩小对癌症的“包围圈”,不少癌症患者通过治疗而康复。目前,科学家正在细胞和基因水平上对细胞的癌变进行深入的研究。总有一天,人类将彻底战胜癌症。



## 练习

### 一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

(1) 癌细胞是能连续分裂的细胞。 ( )

(2) 人体所有细胞中都有与癌变有关的基因。 ( )

2. 与正常细胞相比, 癌细胞有哪些特点? 请

用自己的语言简要说明。

### 二、拓展题

1. 癌症都是不治之症吗? 请举例说明。

2. 吸烟的人容易患肺癌。但是有些不吸烟的人也得了肺癌, 对此你认为该怎样解释?

## 与生物学有关的职业

### 医院里的检验师

**职业描述** 随着医学的发展, 医生的诊断已经从过去的主要依据经验转变为依据各种检验结果, 检验医学随之兴起。在大大小小的医院里, 活跃着辛勤工作的检验师, 通过观察病人体内组织的细胞形态和数量以及检测各项生化指标, 为医生提供诊断的依据。

**就业单位** 医院检验科或化验室。

**主要任务** 制作病人的各种组织的切片、装片或涂片, 在显微镜下观察正常和异常细胞的形态和数量; 对病人的血样、尿样、痰液等进行生化分析, 记录检验结果等。

**学历要求** 医学院校大学专科以上学历。

**须具备的素质** 深入了解各种组织细胞的形态学特征, 如各种血细胞的形态、各种组织中正常细胞和癌变细胞的形态



等, 熟练掌握制作切片、装片或涂片和显微镜观察的技术, 熟练掌握各种生化检测仪器和实验室消毒灭菌技术, 具有较强的观察能力和严谨、细致的工作态度。

**职业乐趣** 这项工作看似枯燥, 又默默无闻, 但是责任重大, 意义非凡。医生能否做出准确的诊断, 很大程度上取决于检验结果是否准确。他们同样是受人尊敬的白衣天使。



## 本章小结

生物都要经历出生、生长、成熟、繁殖、衰老直至最后死亡的生命历程，细胞也一样。细胞不能无限长大，体积的增大导致表面积相对缩小，影响细胞代谢。细胞通过分裂进行增殖。真核细胞的分裂方式有三种：有丝分裂、无丝分裂、减数分裂。

细胞进行有丝分裂具有细胞周期。一个细胞周期包括分裂间期和分裂期。分裂期可以分为前期、中期、后期和末期。有丝分裂最重要的变化是，间期的DNA复制导致染色体倍增，以及在纺锤体作用下将复制后的亲代细胞染色体，平均分配到两个子细胞中，从而保持了细胞遗传性状上的一致性。

受精卵分裂形成的众多细胞，经过细胞分化的过程而具有不同的形态、结构和功能，进而形成组织和器官。高度分化的植物细胞仍然具有全能性，已分化的动物细胞的细胞核具有全能性。

细胞衰老的过程是细胞的生理和生化反应发生复杂变化的过程，最终反映在细胞的形态、结构和功能上发生了变化。个体衰老与细胞衰老有密切关系。细胞凋亡是一个由基因决定的细胞自动结束生命的过程，与细胞坏死不同。新细胞的产生和一些细胞的凋亡同存于多细胞生物体中。

癌症是细胞发生癌变后大量增殖而引起的疾病。癌细胞会恶性增殖和转移。引起细胞癌变的致癌因子有物理因子、化学因子和病毒因子三类。癌变与基因有关。

用高倍镜观察根尖分生组织细胞的有丝分裂，是本章实验操作技能的重点。模拟探究细胞大小与物质运输的关系，有助于理解细胞不能无限长大的原因。

随着人口出生率的下降和人均寿命的延长，社会老龄人口增多。我们应该关注人口老龄化给家庭、社会带来的诸多问题，关爱老年人。

癌症是威胁人类健康的最严重的疾病之一。在日常生活中应选择健康的生活方式，远离致癌因子，预防癌症。治疗癌症的新方法，新技术正不断涌现，随着在细胞和基因水平上对癌症的研究，人类终将战胜癌症。

### 网站登录

[http://bioscience.sjtu.edu.cn/General\\_Biology\\_Lab/](http://bioscience.sjtu.edu.cn/General_Biology_Lab/)  
<http://biology/mitosis.htm>  
[http://www.genetimes.com.cn/genetimes\\_four/2.htm](http://www.genetimes.com.cn/genetimes_four/2.htm)  
<http://www.people.com.cn/GB/kejiao>  
<http://www.kangaiweb.com>



# 自我检测

## 一、概念检测

### 判断题

1. 细胞都能进行有丝分裂。 ( )  
2. 细胞都会衰老和凋亡。 ( )

### 选择题

1. 下面关于有丝分裂的重要性的说法, 不正确的是:

- A. 产生新细胞, 使生物体生长;  
B. 产生新细胞, 替换死亡的细胞;  
C. 单细胞生物都是通过有丝分裂进行繁殖的;  
D. 对细胞的遗传有重要意义。

答 [ ]

2. 下列各项中属于化学致癌因子的是:

- A. 电离辐射; B. X射线;  
C. 紫外线; D. 苯。

答 [ ]

3. 下列有关衰老细胞特征的叙述, 不正确的是:

- A. 衰老的细胞新陈代谢速率加快;  
B. 在衰老的细胞内有些酶的活性降低;  
C. 衰老的细胞呼吸速率减慢;  
D. 细胞膜通透性改变, 使物质运输功能降低。

答 [ ]

4. 在细胞有丝分裂过程中, DNA、染色体和染色单体三者数量比是2:1:2的时期是:

- A. 前期和中期; B. 中期和后期;  
C. 后期和末期; D. 间期和末期。

答 [ ]

5. 下列哪种细胞的全能性容易表达出来?

- A. 蛙的口腔上皮细胞;  
B. 蚕豆的叶肉细胞;  
C. 蛔虫的受精卵细胞;  
D. 人的神经细胞。

答 [ ]

6. 下列有关细胞增殖的叙述, 错误的是:

- A. 细胞分裂可以无限进行下去;  
B. 细胞都要经过发生、生长、成熟、衰老和凋亡的过程;  
C. 高度分化的细胞有可能永远失去增殖的能力;  
D. 癌细胞具有无限增殖的特点。

答 [ ]

### 连线题

将下列有丝分裂的各时期与其发生的事件用线连接起来。

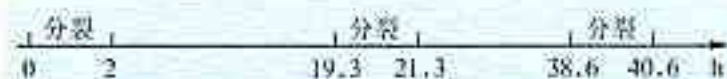
间期	染色体排列在细胞中央
前期	染色单体分离并移向细胞两极
中期	染色体复制
后期	染色体出现
末期	染色体消失, 核膜重新形成

### 画概念图

以细胞生命的历程为主线画出概念图。

## 二、技能应用

科学家用 $^{32}\text{P}$ 的磷酸盐作为标记物浸泡蚕豆幼苗, 追踪蚕豆根尖细胞分裂情况, 得到蚕豆根尖分生区细胞连续分裂数据如下。



1. 细胞分裂具有周期性, 你能在数轴上画出一个细胞周期吗?

2. 蚕豆根尖细胞分裂时, 细胞周期有多少小时? 间期是多少小时? 分裂期是多少小时?

## 三、思维拓展

查找、阅读有关资料, 然后设计一个实验, 以证明动物细胞分化程度越高, 它的全能性越受到限制, 但细胞核仍具有全能性 (只写思路)。



## 后 记

根据教育部制订的普通高中各科课程标准(实验),人民教育出版社课程教材研究所编写的各学科普通高中课程标准实验教科书,得到了诸多教育界前辈和各学科专家学者的热情帮助和大力支持。在各学科教科书终于同课程改革实验区的师生见面时,我们特别感谢担任教科书总顾问的丁石孙、许嘉璐、叶至善、顾明远、吕型伟、王梓坤、梁衡、金冲及、白春礼、陶西平同志,感谢担任教科书编写指导委员会主任委员的柳斌同志和编写指导委员会委员的江蓝生、李吉林、杨焕明、顾泠沅、袁行霈等同志,并在此感谢所有对本套教材提出修改意见、提供过帮助和支持的专家、学者、教师和社会各界朋友。

为了保证本书的实验和探究等学生活动切实可行,北京市西城区教育教学研究中心、北京教育学院宣武分院二部、北京市一五六中学、北京市第十五中学、北京市第八中学、北京市第十四中学、北京市第一六一中学、北京育才学校、北京师范大学附属中学做了大量的研究准备工作,在此一并表示感谢。

我们还要感谢使用本套教材的实验区的师生们。希望你们在使用本套教材的过程中,能够及时把意见和建议反馈给我们,对此,我们将深表谢意。让我们携起手来,共同完成教材建设工作。我们的联系方式如下:

电 话: 010-64016633-6235

E-mail: jcfk@pep.com.cn

人民教育出版社 课程教材研究所  
生物课程教材研究开发中心