

第1节

被动运输

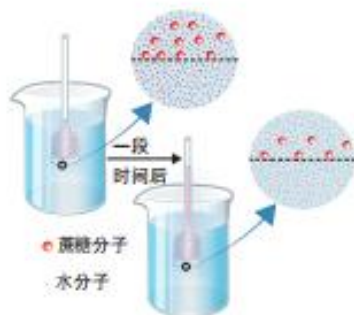
问题探讨

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，使漏斗管内的液面高度相等。过一段时间后，会出现如右图所示现象。

玻璃纸（又叫赛璐玢）是一种半透膜，水分子可以自由透过它，而蔗糖分子则不能。

讨论

1. 漏斗管内的液面为什么会升高？如果漏斗管足够长，管内的液面会无限升高吗？为什么？
2. 如果用一层纱布代替玻璃纸，还会出现原来的现象吗？
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？



渗透现象示意图

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？
- 两种被动运输的方式有什么异同？

细胞生活在一个液体的环境中，细胞与环境的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，这与细胞膜的功能有什么关系呢？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。

水进出细胞的原理

将一滴红墨水滴入一杯清水中，清水很快就变成了红色，这是溶质分子在水中扩散的结果。“问题探讨”所展示的漏斗管内的液面之所以会上升，是烧杯中的溶剂——水分子通过半透膜向漏斗内扩散的结果。水分子（或其他溶剂分子）通过半透膜的扩散，称为渗透作用。如果半透膜两侧存在浓度差，渗透的方向就是水分子从水的相对含量高的一侧向相对含量低的一侧渗透。

水分子通过细胞膜进出细胞也是同样的原理吗？细胞膜是否相当于一层半透膜呢？

将哺乳动物的红细胞放入不同浓度的氯化钠溶液中，一段时间后，红细胞将会发生以下的变化（图4-1）。



▲ 图4-1 水进出哺乳动物红细胞的示意图

⑨ 思考·讨论

水进出哺乳动物红细胞的原理

分析图4-1所示水进出哺乳动物红细胞的现象。

讨论

1. 红细胞内的血红蛋白等有机物能够透过细胞膜吗？这些有机物相当于“问题探讨”所示装置中的什么物质？

2. 红细胞的细胞膜是否相当于一层半

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？

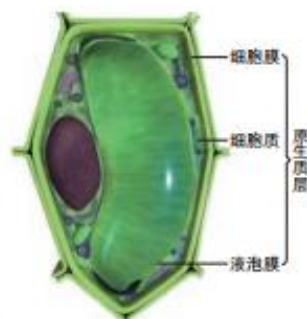
4. 红细胞吸水或失水取决于什么条件？

5. 想一想临床上输液为什么要用生理盐水。

水进出其他动物细胞的原理与进出红细胞的原理是一样的，都是通过渗透作用。

水又是怎样进出植物细胞的呢？

我们知道，植物细胞的结构与动物细胞有明显的区别。植物细胞的细胞膜外面有一层细胞壁。研究表明，对于水分子来说，细胞壁是全透性的，即水分子可以自由地通过细胞壁，细胞壁的作用主要是保护和支持细胞，伸缩性比较小。成熟的植物细胞由于中央液泡占据了细胞的大部分空间（图4-2），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。后文所说的水进出细胞，主要是指水经过原生质层进出液泡。



▲ 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

将有些萎蔫的菜叶浸泡在清水中，不久，菜叶就会变得硬挺。将白菜切碎做馅时，常常要放一些盐，稍过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。这些现象都说明，植物细胞也像动物细胞一样，会发生吸水或失水现象，吸水或失水同样与外界溶液的浓度有关。

提出问题

水分进出植物细胞是通过渗透作用吗？原生质层是否相当于一层半透膜？

作出假设

假设是对问题所作的尝试性回答。作假设不是凭空猜测，而是根据已有的知识和经验作出合理的推断。请结合上文介绍的植物细胞的结构特点和自己的生活经验，与本小组同学讨论这个问题的合理答案。

本小组的假设是_____。

实验设计思路

设计实验时可以思考和讨论以下问题。

1. 如果假设是正确的，当外界溶液的浓度高于细胞液的浓度时，细胞就会_____；当外界溶液的浓度低于细胞液的浓度时，细胞就会_____。
2. 如何使细胞外溶液的浓度提高或降低？
3. 如何看到细胞？需要用到什么材料和器具？
4. 对实验结果作出预测——细胞失水或吸水后可能出现哪些可观察的变化？

参考案例

下面是可供参考的实验方案，或许可以帮你在细节上完善自己的实验设计。当然，你也可以对这个方案作出适当的修改。

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. 选取新鲜洋葱鳞片叶，用刀片在外表皮上划一方形，用镊子撕下表皮。在洁净的载玻片上滴一滴清水，将撕下的表皮放在水滴中展平，盖上盖玻片，制成临时装片。

2. 用低倍显微镜观察洋葱鳞片叶外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引流。这样重复几次，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引流。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。

进行实验，记录结果

按照实验方案进行实验，仔细观察，将结果记录在下表内。

外界溶液	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

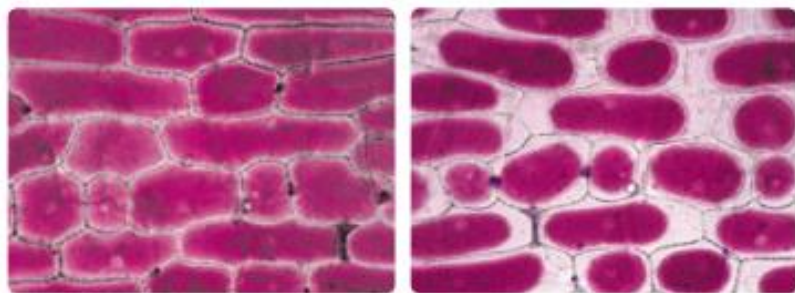
你的结论是：_____

_____。

表达和交流

将本小组探究的过程、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。

通过上面的探究活动可以看出，植物细胞的原生质层相当于一层半透膜，植物细胞也是通过渗透作用吸水 and 失水的。当细胞液的浓度小于外界溶液的浓度时，细胞液中的水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。当细胞不断失水时，由于原生质层比细胞壁的伸缩性大，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）。



▲ 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；放大 200 倍)

像水分子这样，物质以扩散方式进出细胞，不需要消耗细胞内化学反应所释放的能量，这种物质跨膜运输方式称为被动运输（passive transport）。被动运输又分为自由扩散和协助扩散两类。



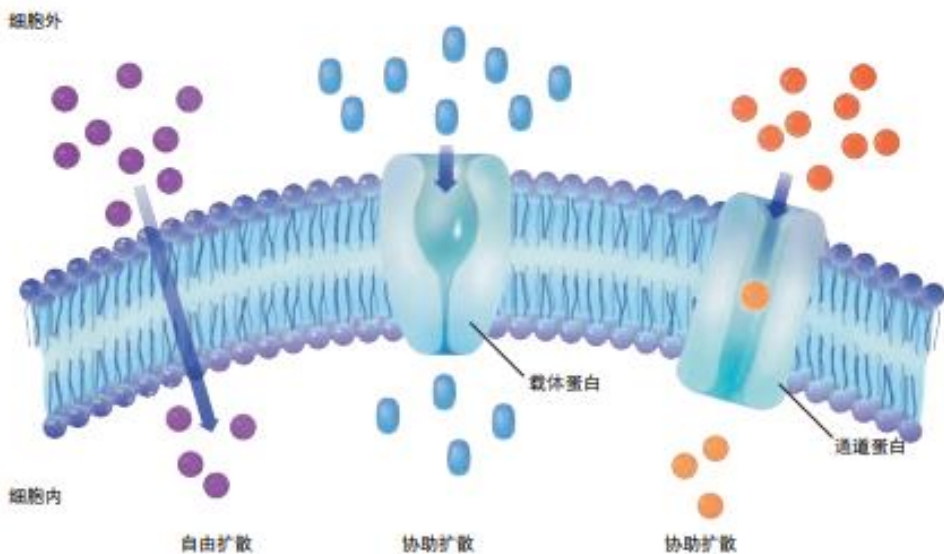
甘油、乙醇等分子为什么能以自由扩散的方式进出细胞？

自由扩散和协助扩散

有些小分子物质，很容易自由地通过细胞膜的磷脂双分子层，如氧和二氧化碳。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，进入细胞外液。甘油、乙醇、苯等脂溶性的小分子有机物也较易通过自由扩散进出细胞。像这样，物质通过简单的扩散作用进出细胞的方式，叫作自由扩散（free diffusion），也叫简单扩散（simple diffusion）。

离子和一些小分子有机物如葡萄糖、氨基酸等，不能自由地通过细胞膜。镶嵌在膜上的一些特殊的蛋白质，能够协助这些物质顺浓度梯度跨膜运输，这些蛋白质称为转运蛋白。这种借助膜上的转运蛋白进出细胞的物质扩散方式，叫作协助扩散（facilitated diffusion）（图 4-4），也叫易化扩散。

转运蛋白可以分为载体蛋白和通道蛋白两种类型。载体蛋白只容许与自身结合部位相适应的分子或离子通过，



▲ 图 4-4 自由扩散和协助扩散示意图

而且每次转运时都会发生自身构象的改变；通道蛋白只容许与自身通道的直径和形状相适配、大小和电荷相适宜的分子或离子通过。分子或离子通过通道蛋白时，不需要与通道蛋白结合（图4-5）。

过去人们普遍认为，水分子都是通过自由扩散进出细胞的，但后来的研究表明，水分子更多的是借助细胞膜上的水通道蛋白以协助扩散方式进出细胞的。

由于自由扩散与协助扩散都是顺浓度梯度进行跨膜运输的，不需要消耗细胞内化学反应产生的能量，因此膜内外物质浓度梯度的大小会直接影响物质运输的速率，但协助扩散需要转运蛋白，因而某些物质运输的速率还与转运蛋白的数量有关。



▲图4-5 钾离子通道模式图

练习与应用

一、概念检测

1. 物质跨膜运输的方式与物质的特点和细胞膜的结构有关。判断下列有关物质跨膜运输的表述是否正确。

- (1) 细胞膜和液泡膜都相当于半透膜。 ()
- (2) 水分子进入细胞，是通过自由扩散方式进行的。 ()
- (3) 载体蛋白和通道蛋白在转运分子和离子时，其作用机制是一样的。 ()

2. 基于对植物细胞质壁分离原理的理解判断，下列各项无法通过质壁分离实验证明的是 ()

- A. 成熟植物细胞的死活
- B. 原生质层比细胞壁的伸缩性大
- C. 成熟的植物细胞能进行渗透吸水
- D. 水分子可以通过通道蛋白进入细胞

3. 假如将甲乙两个植物细胞分别放入蔗糖溶液和甘油溶液中，两种溶液的浓度均比细胞液的浓度高，在显微镜下连续观察，可以预测甲乙两细胞的变化是 ()

- A. 甲乙两细胞发生质壁分离后，不发生质壁分离复原
- B. 甲乙两细胞都发生质壁分离，但乙细胞很快发生质壁分离复原
- C. 只有乙细胞发生质壁分离，但不会发生质壁分离复原
- D. 甲乙两细胞发生质壁分离，随后都很快发生质壁分离复原

二、拓展应用

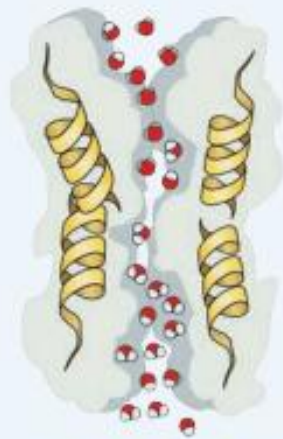
1. 细胞液中物质的浓度对于维持细胞的生命活动非常重要。现提供紫色洋葱鳞片叶表皮细胞，请设计实验，测定该细胞的细胞液的浓度相当于多少质量分数的蔗糖溶液。写出你的实验思路，并分析其中的基本原理。

2. 温度变化会影响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。

人类对通道蛋白的探索历程

通过前面的学习已经知道，在水和离子的跨膜运输中，通道蛋白发挥着重要作用。不过，认识到细胞膜中有通道蛋白却非易事。

水分子比较小，人们曾经认为它们可以自由穿过细胞膜的分子间隙而进出细胞。后来，有人发现在动物肾脏内，水分子的跨膜运输速率远大于自由扩散的速率。1950年，科学家在用氢的同位素标记的水分子进行研究时，发现水分子在通过细胞膜时的速率高于通过人工膜。此后，类似的实验结果不时公之于众。科学家由此推断细胞中存在特殊的输送水分子的通道，但是并没有真正鉴定出水通道到底是由什么物质构成的。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，证实了水通道蛋白的存在。在阿格雷发表相关研究成果之后，许多科学家开展了对细胞膜上水通道蛋白的研究，获得了丰硕成果。目



水通道蛋白的结构模式图

前，人们已经从细菌、酵母、植物、动物的细胞中分离出多种水通道蛋白。在人类细胞中已发现了13种水通道蛋白，如肾小球的滤过作用和肾小管的重吸收作用，都与水通道蛋白的结构和功能有直接关系。在拟南芥的细胞中已发现35种水通道蛋白。

钾、钠、钙等是细胞生活必需的，但这些无机离子带有电荷，不能通过自由扩散穿过磷脂双分子层。这些物质是通过细胞膜上的离子通道进行运输的。当然，这一认识并不是自古就有，而是到20世纪末期才逐渐变得清晰起来的。

20世纪60年代，科学家提出在植物细胞中存在钾离子的通道。由于缺乏有效的研究工具，人们仍然无法确证这一观点。1976年，德国科学家内尔和萨克曼创造了研究单个离子通道电生理学特征的膜片钳法（他们因这一发明获得了1991年的诺贝尔生理学或医学奖），为离子通道的研究提供了有效的工具。20世纪80年代，科学家从蚕豆保卫细胞中检测出钾离子的通道。不过，这时人们仍然不清楚离子通道的结构。直到1998年，美国科学家麦金农（R. Mackinnon）才解析了钾离子通道蛋白的立体结构。2003年10月8日，阿格雷和麦金农同时获得了诺贝尔化学奖。

与此同时，许多科学家前赴后继，进一步解析了钙离子、钠离子等离子的通道蛋白结构。目前，仍有众多的科学家在开展通道蛋白的研究，进一步揭示通道蛋白的作用机制，探索调控通道蛋白的药物，以治疗疾病，维护人类健康。

