

第五章

水循环中的物质运输





地球上的水量是固定不变的吗？



在前面的章节中我们分析了地球上水循环复杂路径的各种环节。本章中我们将试着建构一幅完整的图画，在其中涵盖水通过地球系统中的各个路径：水圈、岩石圈、生物圈和大气圈。

活动1：

再次进入自然界中的水的循环

1. 下一页中出现了一张描述自然界里水的循环的图画。在各处之间有标明流量^⑮方向的箭头。请在每个箭头旁边写出连接各环节的过程名称。

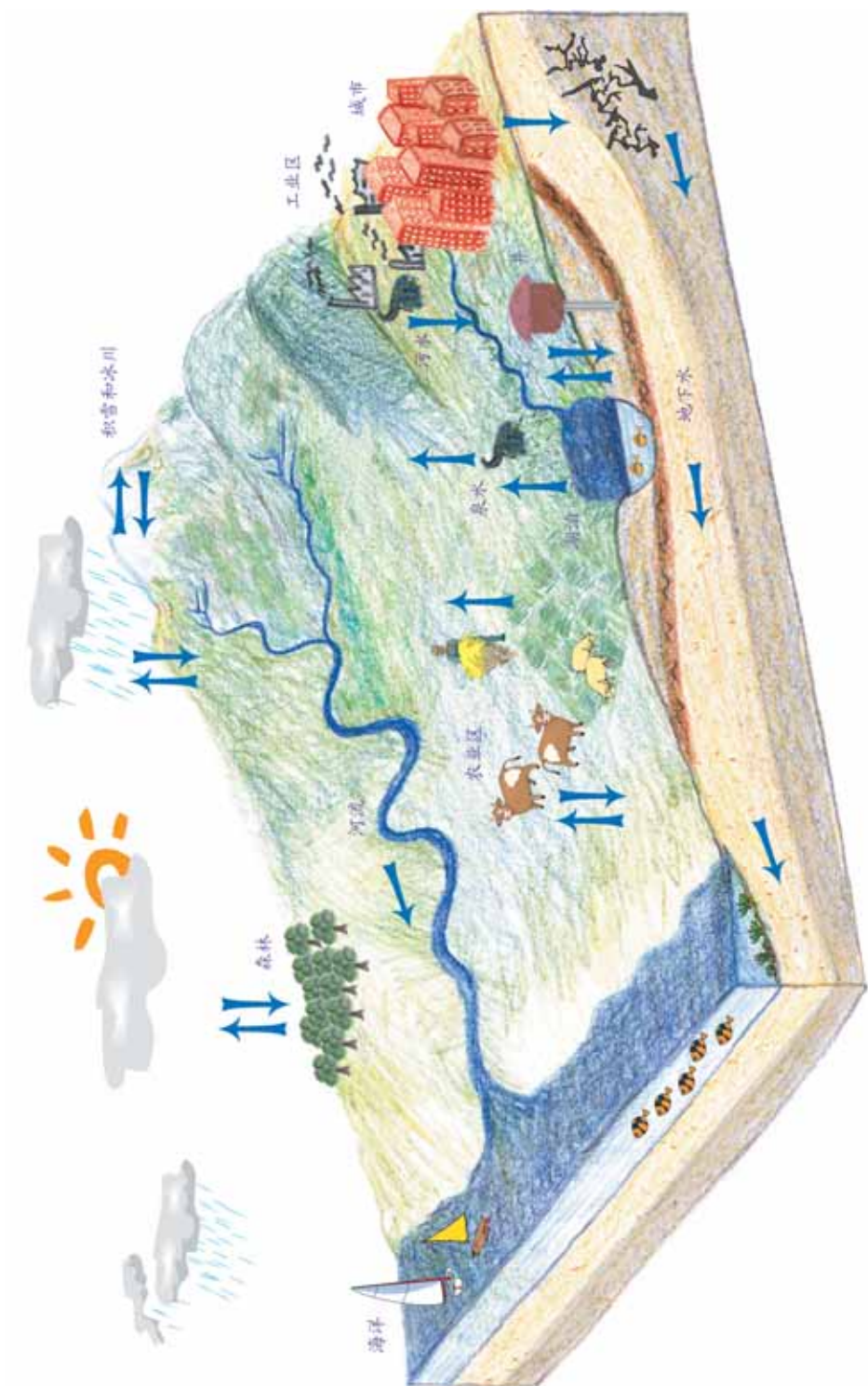
2. 请在如下过程表中寻求自助：

- 溶解
- 蒸发
- 融化
- 凝缩
- 渗透
- 通过地下水流的运输
- 降雨
- 通过地表水流或径流的运输
- 凝结

3. 请写出至少三条水在地球上从一地到另一地的流动路径。

运输的物质名称	从“A”地	到“B”地	通过的过程
例如：方解石矿物质 (CaCO_3)	石灰岩	地下水	溶解

^⑮流量：每单位面积和时间通过的物质量，如 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

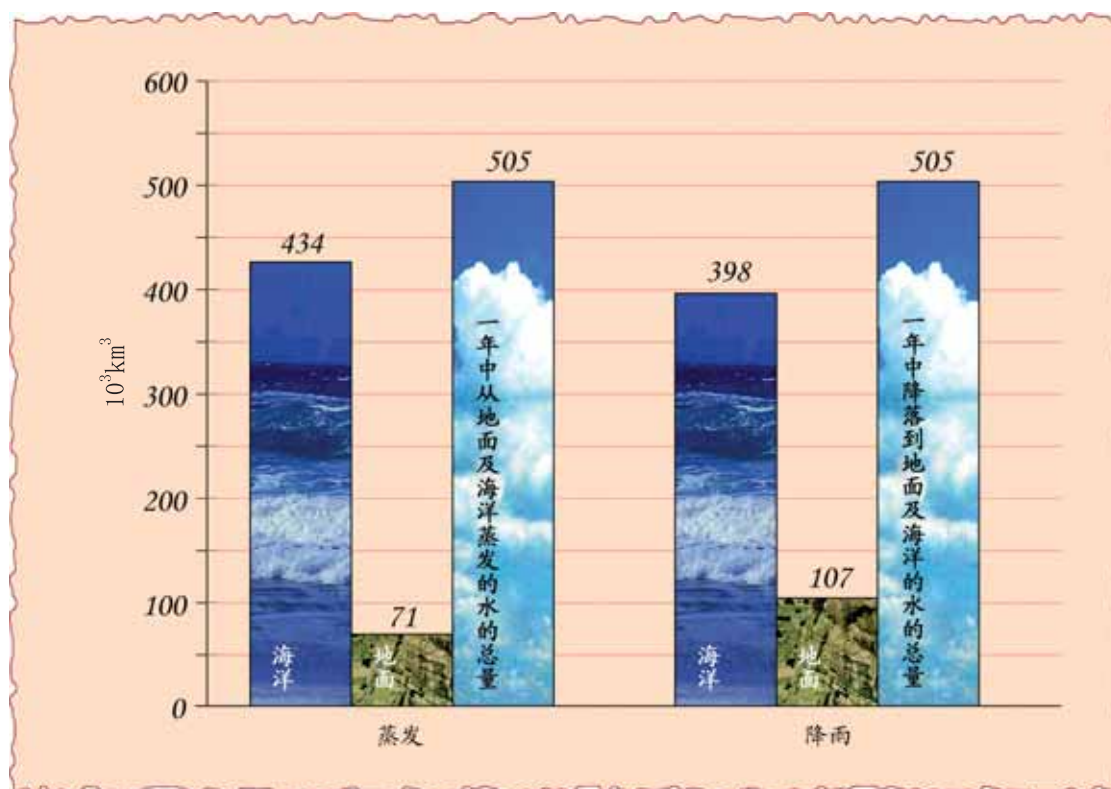


活动2:

自然界中水循环的平衡

接下来我们给大家展示一幅图，其中描述了地球蒸发掉的水量，以及一年中以降雨的形式落到地面的水量。

请观察图并回答下面的问题。



图：自然界中水循环的平衡

数据取自Press, F. and Siever, R. (2000). Understanding Earth. W.H. Freeman and Company. New York - ISBN 0716735040.



图表分析

1. 根据图，请写出至少三条结论。
2. 请做出正确的判断：
 - a. 自然界中水循环的总量不是固定不变的。正确/错误
 - b. 由海洋蒸发的水量比降雨至海洋的水量大。正确/错误
 - c. 通过降雨落到地表的水量永远和由地表蒸发的水量相同。正确/错误
 - d. 在水的循环中，一年中蒸发的总水量和降水的总量相同。正确/错误
3. 完整的水循环过程中的水量是固定不变的。然而，每年由海洋蒸发掉 $40\,000\text{km}^3$ 的水，这比因降水而直接得到的水量要多。对此如何解释？

线索：请回忆有关云的形成的信息（第114页）

供思考的方面

1. 在你看来，每年由河流和地下水注入海洋的水量会有所增长吗？请加以解释。
2. 海洋中的水量是 $1.32 \times 10^9 \text{ km}^3$ 。在你看来，人类能够对海洋的水量造成影响吗？请加以解释。
3. 最近几年很多科学家论证说地球的大气层正在逐渐升温。我们也都知道太阳辐射造成了地表的水及海水的蒸发。在你看来，地球上的水量是否会因为地球的变暖而减少？请加以解释。

活动3：

自然界水循环中的水去向何方？



在前面的活动中我们得知地球表面的水量是固定不变的。我们还得出以降水的方式落到地表的水量总是大于由地表蒸发的水量。

诸位面前有一幅图画，它描绘了自然界水循环中的水的平衡。

其中的数字代表通过自然界水循环中不同过程，即由一处到另一处的水量。



a. 地表（地壳表面）的水的平衡

1. 请将进入地表及离开地表的水量抄入下表。



	水从一处到另一处的过程	每个过程中水的流量 (以1 000km ³ 记录)
	降水	
	由地表蒸发	
	保留下来的水量	

2. 那些没有由地表蒸发至大气中的水去向如何？

3. 请描述出两个能够证明地壳表面上水的运输及转移的现象（其中水并未到达大气中）。

① 数据取自Press, F. and Siever, R. (2000). Understanding Earth. W.H. Freeman and Company.
New York - ISBN 0716735040.

b. 海洋中水的平衡

1. 请在表格中写出进入海洋及离开海洋的水量。



	水从一处到另一处的过程	每个过程中水的流量 (以1 000km ³ 记录)
	降水	
	由地表蒸发	
	保留下来的水量	

2. 那些没有以降水的形式回到海洋中的水去向何方？

B. 水由海洋向大气层的过渡

活动1:

水在自然界中是如何蒸发的？



在这项活动中，我们将开展一个模拟实验，来考察海洋（含盐的）中的水的蒸发过程，以及凝缩成为淡水（云）的机制。与此同时，我们还将考察这项模拟实验与自然界中完成的作用过程有何相似及不同之处。

材料：一只盛放30ml水的塑料杯子；一小勺盐；一个可以撑起至少100W光源（电灯泡）的支架；两只直径7~8cm的表面皿；一支100ml量筒。



实验

- 请将一只表面皿放入冰箱，最好是冷藏室。
- 向塑料杯中倒入30ml的水，并向水中加入一勺盐。请搅拌均匀并尝一尝这种水的味道。
- 用另一只表面皿将杯口盖好。
- 用光源（电灯泡）照射这只杯子，至少25分钟。
- 25分钟后关掉光源，请将那只凉的表面皿（刚才放入冷藏室中的那只）盖到杯子上（替换那只热的表面皿）。请小心操作！请用手指将冷却的表面皿上凝缩的水汽聚拢，然后尝尝它的味道。



分类

- 请就各位观察到的过程将我们给出的下列说法（句子）补充完整。
 - 杯中盐水的受热引起水的 _____ （填名词）以高速运动。
 - 水分子以 _____ （填名词）方式或形态离开液体表面。
 - 那些溶解在水中的盐没有 _____ （填动词），因此，它们留在了杯子中。
 - 盖在杯子上的凉玻璃皿造成了水汽在周围空气中的 _____ （填名词）。
 - 水 _____ （填动词）而且变成了 _____ （填形容词）的水滴。
- 水蒸发以后，在杯子上留下的是什么东西？
- 请用直线将实验中的成分与其模拟的自然界中的现象连接起来。（写出对应的字母和数字）

模拟实验中的成分		自然现象
1. 容器中的盐水溶液	● ●	a. 阳光
2. 淡水	● ●	b. 水蒸气上升到更加冰冷的空气层
3. 模拟中不存在	● ●	c. 水蒸气凝结核
4. 容器的受热	● ●	d. 海洋
5. 凉的表面皿	● ●	e. 云中的水

在这项活动中，我们知道了水是如何从海洋蒸发到地球的大气中的。

某所学校的学生引证说的的喀喀湖（湖水来自于安第斯山脉融化的冰川）上空形成的云，无论其成分还是味道，都不同于死海（其盐度达到230g/L，是海洋平均盐度的七倍）上空形成的云。

1. 诸位对这一问题有何看法？
2. 以小组为单位讨论这段材料，并写出针对这一问题得出的结论。



活动2:

低温寒冷环境中水也会蒸发吗？



在前面的活动中我们模拟了海洋中水的蒸发。海水的蒸发程度对云的形成及地球的气候有很大影响。有些国家被海洋包围着，这些国家冬季的气温都相当低。在下面的活动中，我们就来研究一下这些环绕各国的海洋海水的蒸发指数。

材料：一台家用或类似的冰箱；两个容量为100ml的烧杯；标签；铅笔；自来水。



实验

开展实验：

1. 将每只杯子盛入100ml的自来水（来自水龙头）。
2. 给每只杯子贴上一个标签，让标签能够盖住自杯底至杯口的这部分杯体。



3. 诸位认为两只杯子里的水的蒸发速度会有差别吗？
4. 用铅笔在杯壁标示出水位（初始位置）。
5. 把一只杯子放进家里的冰箱中，另一只放在冰箱外边，如此搁置两周的时间。
6. 请每两天在标签上仔细记录由于蒸发而降低的水位。
7. 记下每只杯子里减少的水量，以毫米为单位记录。

		第二天	第四天	第六天	第八天	第十天	第十二天	第十四天
蒸发率（以毫米记录）	冰箱内							
	冰箱外							



Excel 中的活动

- A. 请借助计算机中Excel制作一张图表，来描述水在冰箱内和冰箱外的蒸发率，以及它与温度的关系（依赖性）。
- B. 请试着运用科学思想：观测、假设、补充信息、结论来描述实验完成的过程。运用诸如“微粒、运动、表面、气体、液体、温度、空气”这样的词汇及概念。
- C. 请阅读第13页“科学的思考”一段，并回答下列问题：
 1. 这项实验中的研究问题是什么？
 2. 在你看来，该实验中哪个是施加影响（独立的）的变量？哪个是接受影响（依附的）的变量？
 3. 实验里水杯中的哪种变化回应了此项研究提出的问题？
 4. 两只杯子中的哪一个是参照杯？
 5. 我们为什么没有把各小组得出的实验数据汇总到同一个图表中？

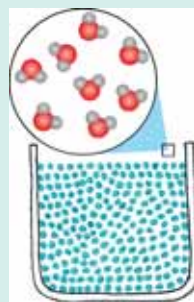
线索：此实验是在诸位各自家里完成的。



组织知识

诸位中间那些学习过“物质的结构——空隙与微粒”的同学借助了“魔法透镜”来想象水的物理变化。要是各位真的拥有“魔法透镜”，并用它看到了水发生的物理变化，那将如何描述蒸发那一刻发生的情况？

某种液体的蒸发即是物质分子的分散过程，这些分子经历了由高密度凝聚在一起的状态（液态）变成分子之间相距甚远的分散状态（气态），因此，变得密度很低。由于这种发散情况只有在发生运动的情况下才会出现，所以蒸发是从分子在液态下的运动而开始的。加热可以加快分子运动的速度，那些凝聚在一起的液体微粒便活动得越来越快。作为这种运动的结果，一部分分子从液体表面分离出来并逐渐远离，也就是说，它们蒸发掉了。尽管在低温状态下分子也是运动着的，但是它们的运动速度却相对较慢。



活动3:

作用于水分子间的吸引力

1. 哪种物理状态下水分子间的吸引力比较大？是液态下还是气态时？请加以解释。

液态下的30个水分子	气态下的30个水分子

2. 请试着画出两幅含有30个水分子的图：一幅中描绘液态水分子的状况，另一幅描绘气态水分子的状况。
3. 在你看来，为什么只有液体表面的（那些与空气接触的）水才会蒸发？



补充信息

在气态下，水分子间的吸引力是非常弱的。在液体中，特别是固体中，吸引力的作用就相当高了。那些处于液体底部的水分子之所以无法离开液体，是因为无论它们向哪个方向运动，都与其它分子互相接触和碰撞。与此相反，对于那些处于液体“表面”的水分子来说，也就是说，处于与空气接触的那个区域，由于它们的周围存在相对较少的水分子，所以它们更容易脱离液体的其它微粒。如果一个水分子离开了液体并在空气中运动，它便成为了空气混合体的一部分。这些受到离开了液体表面的分子相互推动力作用的水分子被称作**水蒸气**，并参与提供了空气的湿度。

相对湿度：大气（在相同的温度和气压下）最大限度容纳气态水分子的百分数。



网络游学

活动4：

云是由什么构成的？

在引导下观看影片

http://www.expertvillage.com/video/165694_make-cloud-bottle.htm

在前面的活动中，我们发现地球上的大部分水由海洋蒸发，然后又以降水的形式返回海洋，有这种情况是因为地球表面的三分之二被海洋所覆盖。我们研究了从海洋到大气的蒸发过程中，是以何种形式来影响自然界水循环过程里水的属性的。在本活动中，我们将一起分析一下云是由什么构成的。



推动水向大气转移的植物



在前面的章节中，我们深入了解了地下水（岩石圈）向海洋（水圈），以及海洋向空气（大气圈）转移过程中的物质（水）运输。在本章节中，我们将关注水与生物圈之间的联系。我们将了解是什么机制促成了水由树根向树冠的移动，以及这种运动对地球体系的其他部分有何影响。

活动1：

植物会流失水分吗？



实验

材料：

3支50ml量筒，电子秤， 要求分别标上数字1、2、3，且在距管口下方2cm处画一条水平线；一个有孔的塞子；一个没有穿孔的塞子；一株植物的茎叶；一块橡皮泥；一支防水的标记笔。



实验步骤如下：

- 向三支量筒内灌入自来水至标好的那条线。
- 用没有穿孔的塞子将1号量筒盖好。
- 用有孔的塞子将2号量筒盖好。将植物的茎由小孔插入量筒，并用橡皮泥将植物与小孔间的缝隙封住。
- 3号量筒既不盖上塞子，也不插入植株。
- 在实验开始时以及六天后称量“植物+量筒”这一体系的重量。请把你的观测结果记录到表格中。
- 在这六天中，每两天（平均）按固定的时间测量一次三支量筒里面的水位。请将你的观测结果记录到下一页的表格里。



观测

1. 请描述各量筒中发生的现象。
2. 你认为这个实验中的研究问题是什么？
3. 哪一个是参照量筒？
4. 参照量筒的作用是什么？

时间	1号量筒 盖着无孔的塞子 且没有植物	2号量筒 盖着有孔的塞子 但是插入了植物	3号量筒 没有塞子 也没有植物
实验开始时的重量 (以克为单位)			
两天后减少的水位 (以毫升为单位)			
四天后减少的水位 (以毫升为单位)			
六天后减少的水位 (以毫升为单位)			
实验结束时的重量 (以克为单位)			



结论

1. 通过实验，你得出了哪些结论？
2. 为什么在盖上塞子的那个量筒里水量没有变化？
3. 那个盖着穿孔塞子、且有植物的量筒里面的水去了何方？
4. 那个既没有塞子，也没有植物的量筒里面的水流失到了哪里？
5. 聚集在叶子表面的水蒸发到大气中的过程即是蒸腾作用。这一过程与你在刚才那个实验中得到的结果有什么联系？



科学的思考

请用箭头把对实验的描述（实验的组成成分）与你在实验中所研究的因素（实验研究的是什么）连接起来。

实验的组成成分		所研究的是什么？
1. 参照物A	● ●	A. 植物向大气中释放出水了吗？
2. 研究问题	● ●	B. 这个实验要求我们确保盖有塞子且装入植物的量筒是完全密闭的。
3. 施加影响的变量（独立的）	● ●	C. 这项实验我们只进行了一次，因此它的可信度是值得怀疑的。
4. 影响观测准确性的因素	● ●	D. 那个盖着塞子但没有植物的量筒是用来检验在没有植物的情况下，水是否也会从这一体系中流失
5. 接受影响的变量（依附的）	● ●	E. 量筒的水位是用来标示和验证是否有水从量筒去向大气。
6. 参照物B	● ●	F. 那个既没塞子又没植物的量筒是用来检验是否发生了水进入大气的蒸发过程。
7. 观测的次数 （每个实验重复的次数）	● ●	G. 量筒中装有植物



网络游学

http://www.epa.gov/ogwdw/kids/flash/flash_watercycle.html

<http://www.montereyinstitute.org/noaa/lesson07.html>

请观看窗口中播放的动画片或录像。

请回答下列问题：

1. 在动画片中出现了哪些与自然界中水循环有关的物理过程？
2. 请注意那些不止在一个地方重复出现（发生）的过程。
3. 请描述自然界及动画片里水循环过程中物质（水）运输的各个阶段。

活动2：

植物中的水分是从哪里流失的？

在蒸腾作用过程中，植物通过叶子上被称作气孔的开口向大气中释放水蒸气。这些气孔通常是位于叶子外表（表皮）上的微小的孔或口，水蒸气正是通过这些小孔从植物里散发出去的。大多数情况下，这些小孔是根据植物内的水分平衡状况开启或关闭的。在本项活动中，我们就将试着去探查它们。

材料：紫露草（*Tradescantia pallida*）的叶子；透明指甲油；实验室用镊子；滴管；一片显微镜用的载玻片和一片盖玻片；一台显微镜。



实验

第一部分：

在这项工作中诸位将借助指甲油制作气孔的模型。为此，请按如下步骤进行：

1. 在叶片的下部（叶下表皮）均匀地涂抹一层薄的指甲油，放置5分钟左右使其晾干。
2. 用镊子小心地拉（扯）涂抹了指甲油的薄层，一旦将其拖拽下来，立刻放到事先滴好一滴水的载玻片上。将盖玻片覆盖在载玻片上，然后分别通过显微镜的低倍、中倍和高倍放大功能来观察制品。
3. 在制品上寻找包含微小开口的区域。请注意，在开口的两侧均有闭合细胞。这些细胞决定了那些气孔开口的状态，当植物水分充裕的时候，它是张开的，而当植物缺水的时候，它就是闭合的。



注：有时候，在材料的制作过程中会捕捉到气孔开口中的气泡，观察到一个黑色斑点。这个斑点与那些气孔并无关系。

4. 观测

- 画出在光学显微镜逐步提高放大倍数的过程中看到的气孔的图样。
- 在每幅图旁边写下放大的倍数。
- 请给这些借助显微镜看到的气孔图样命名。

第二部分：

- 在紫露草叶片上滴少许的水。运用观测和结论的术语来描述发生的现象。

补充信息：叶片组织覆盖着皮膜（表皮）及一层蜡状物，这是一层具有抗水性（惧水的）的油脂物质。

- 假设：**你认为目前的观测情况与叶片组织结构里的气孔是否有联系？请加以解释。



活动3：

植物从哪里吸收水分？

到目前为止，我们仅了解了使水分得以从植物根部移动到顶部的这种机制的一部分内容。我们知道了气孔在其中扮演着重要的角色，因为在蒸腾作用过程中正是通过它们来调节水蒸气的释放的。在本项活动中我们将研究植物从哪里获得水分来满足叶片上各种活动的需求。

材料：在黏土中萌发的小麦幼芽；一个培养皿；一张黑纸；双筒望远镜；光学显微镜；做标记用的笔；亚甲基蓝；载玻片；盖玻片；盛有水的玻璃皿；一支滴管；吸水纸；一把解剖刀。

开展活动：

a. 通过双筒望远镜观察幼芽。

将幼芽放入一个深暗背景环境中，用灯光从上面照射它，然后通过双筒望远镜观察它。画出幼芽的样子，并标出它各部分的名称（同样也记下制品的名称，以及双目显微镜放大的倍数）。

请注意，那些位于根系端头上的细丝被称作根毛。根毛是幼根表皮细胞长出的管状延伸物，可以达到1.5mm长。

1. 这些根毛在结构上有什么特点？
2. 试着数数一条根上有多少根毛：十多个，几百个，还是上千个。

b. 通过光学显微镜观察幼芽。

1. 在一片干净的载玻片上滴上一滴亚甲基蓝。切下长有较多根毛（仅1mm或2mm长）的幼芽的一端，将它放在载玻片的溶液上面，然后用盖玻片将其盖好。用吸水纸将载玻片上多余的液体吸净。现在各位的手中就拥有了一个麦芽根端的制品。
2. 通过光学显微镜的低倍放大功能观察制品。然后换到中倍放大效果，并画出所看到的图样。请注意，图样一定要画得尽可能地大和详尽。在图样旁边写出制品的名称和放大的倍数。
3. 在显微镜下观察到的制品中，诸位能辨别出细胞核吗？
4. 你认为一个单独的根毛是由多少个细胞构成的？
5. 请试着推断：在吸收水分的过程中，根毛相对于根系的结构起着什么作用？
6. 在根系伸长（生长）的过程中，根毛的区域也越来越向下纵深。在你看来，这种形式的根尖移动对植物有什么帮助？



补充信息

根毛是十分细小和精致的。其数量之多使植物得以尽可能多地吸收水分，因为它加大了与土壤接触的区域。这些根毛深入到土壤微粒间，并且向着土壤中有水的方向生长。水分通过根毛上的薄膜和细胞壁进入其中，这些细胞壁特别的薄细，而且覆盖着根毛的原生质。通过根毛，溶解在土壤水分中的矿物质（盐分）也被吸收进了植物。

根毛**唯独且仅仅**存在于根系的端部附近，而不是沿着整个根系生长。水分也可以通过根系的其他部分进入，但是得以进入的水量却较小，因为这些部分被没有根毛的粗大细胞层所覆盖。随着生长过程，根系自身也会伸长和分叉。随着根系的伸长，其端部也会扩展并深入土壤，这样新的根毛便会在新生根端的附近不断生长出来。伴随着不断伸长的根端附近新根毛的生长，那些处在根系较早前生长区域的成熟根毛也逐渐死去。

活动4:

水分如何从根部到达叶片？

在前面的活动中我们学习到根系的根毛是植物吸水能力最强的区域，在此之前我们也知道了蒸腾作用中的水蒸气通过聚集在叶片下部的众多气孔得以释放出来。在本项活动中，我们将研究是何种机制使水分得以从根部上升到茎部，直至顶端，比如树木的树冠。

材料：一支茎干较长（15cm）的白色康乃馨或菊花；两支100ml容量的量筒；滤纸；一条松紧带（橡皮筋）；红色染料。



实验

开展实验：

1. 向每个量筒中注入15ml被染成红色的水。
2. 将白色康乃馨的茎干插入其中的一支量筒。
3. 裁剪出一张长15cm、宽10cm的长方形滤纸。在长方形上端三分之一处剪出一些条带，将滤纸向外对折，以便使条带成为类似花瓣的形状。
4. 把长方形滤纸插入另一个量筒。

将量筒在阳光下放置半小时。

1. 说明实验的结果。请运用科学思考的要素：观测、假设、补充信息和结论。
2. 分别以纵向（纵切）和横向（横截）切割康乃馨的茎干。哪个方向是物质传送的方向，纵向还是横向？
3. 你认为是什么引起水向上运动？
4. 水仅仅在活着的植物中才会上升吗？
5. 通过这项观测实验，对于植物中水上升的机制，你学到了什么？



活动5:

水分是如何通过植物的茎干上升的——模拟实验

在前面的活动中我们看到水沿着植株由根部上升到集中在树冠的叶片中。在本项活动中我们将试着搞清楚是什么确保了这条水柱的连续性，这些水柱在那些高大（或者体积较大）的树木中可以高达几十米。我们将在前面那些活动中所得结果的基础上来体会和解释这种现象。

材料：50g的石膏；一支细玻璃管（直径约5mm）；一只烧杯；染色剂；一个支架；一把木制镊子；两个小塑料杯；一盏75W的灯。



实验

实验过程：

- 将石膏倒入塑料杯。逐渐向杯中倒水，将其调和直至形成可以流动但又较浓的状态。
- 把搅拌好的石膏液倒入另一个小塑料杯，倒至杯子一半的高度。
- 将玻璃管装满水。请注意不要让气泡进入，且管中的水装满至管口。
- 将玻璃管插入石膏，使其至少浸入石膏1cm。小心不要让玻璃管中的水流出来。让玻璃管竖立在石膏中固定40分钟左右，直至石膏凝固。
- 当石膏凝固后，拆开塑料杯，取出固定了装满水的玻璃管的石膏。用手指封住玻璃管开口的那端，将其放入装有染过色的水的那只烧杯。
- 将手指从管口移开，小心地将其浸入染过色的水中。如图所示那样用木制镊子夹住石膏。
- 在刚才制作的这个模型旁边放上一盏灯，让灯光照射石膏。



观测

观察诸位搭建的这个模型，描述出正在发生的现象。





结论

1. 诸位由实验的结果得出哪些结论？
2. 请试着推断哪些因素能够对玻璃管中水的上升产生影响。
3. 要是诸位拥有“魔法透镜”并且用它们能够看到水的微粒与玻璃微粒，那么诸位能够想象出玻璃管中发生的现象吗？请试着画图来描述这个现象。



补充信息



看起来，微粒间的吸引力是水分子互相粘连与结合的原因。这种吸引力看上去促使水滴与植物的传送介质（导管）壁相粘连。某种液体在一支空管或狭窄空间内上升的运动被称为**毛细现象/毛细作用**。

但是，请注意，水在植物中上升至树冠并不是由于毛细作用。决定了水升至树冠的是植物中水柱沿途的水的化学能力或能量等级的差异。这些差异表现为吸收水分，这是由蒸腾作用过程中叶片失水而造成的。

请将实验的组成成分与模拟的自然现象连接起来。将数字与字母一一对应。

实验的组成成分		自然现象
1. 玻璃管	● ●	a. 水
2. 石膏块	● ●	b. 构成植物茎干内传送介质（导管）的细胞
3. 石膏中的微小缝隙	● ●	c. 叶片
4. 人工照明	● ●	d. 阳光
5. 模拟中不存在	● ●	e. 气孔
6. 水	● ●	f. 植物茎干内的传送介质（导管）

活动6:

土壤中的毛细现象



前面的活动为我们揭示了让水成为生命之液的属性之一——水分子间存在的吸引力。这种吸引力是造成被我们称为毛细现象产生的原因，而且表现在如下两方面：

1. 水分子间特有的、固有的吸引力。
2. 水分子与坚固物体表面间的吸引力，它促使水分子与窄小的导管壁粘连（由于极性）。

其结果就是产生了使水得以抵抗重力而上升的水柱。

在本项活动中，我们将学习毛细现象以及它在土壤中的重要性。



补充信息

毛细作用表现为水在水柱中——在极其狭窄的导管中并通过细小的缝隙——反抗重力而上升的连续性能力。这种现象与水的属性有关，也是生物圈（地球上生物所生存的世界）的生命体内水分流动的成因之一。然而，毛细作用也发生在岩石圈（地球上无生命的世界）之中，比如我们下面将要开展的活动所展示的。

请试着推论，在最近一场降雨过去很长时间之后，植物如何从土壤中吸收水分？



实验

雨后几个星期或几个月之后，植物如何从土壤中吸收水分？

在这项活动中，我们将部分地回答这个问题。

材料：一个培养皿；白色吸水纸；土壤；水。



开展实验：

- 将吸水纸放入培养皿。
- 将吸水纸完全浸湿。
- 将干燥的沙土装满培养皿，首先等待10分钟左右，然后等待至从实验开始算起30分钟左右。



观测

- 10分钟后土壤潮湿度的程度有何变化？
- 30分钟后土壤潮湿度的程度有何变化？



结论

通过观测，诸位得出了哪些结论？



假设

你认为水是如何由纸进入到土壤中的？



毛细作用过程中土壤里水分上升的方向



补充信息



土壤中也会发生毛细作用现象。在很大程度上这种现象造成了土壤的干燥，因为水分以液态的形式上升（由于毛细作用）至土地表面，而且随后还发生了由土地表面至大气的蒸发现象。毛细作用的名称给我们研究它的机制提供了一条线索：水与土壤颗粒产生黏着力。液态的水沿着土壤间的孔隙“攀缘”并上升，这些孔隙类似或者相当于毛细管（极其细长的管子）。

活动7:

植物的蒸腾作用是如何影响地下水系统的?

1. 在暴晒的夏日，一片浓密的亚热带松树林在一天内可以蒸腾放出大约每公顷 $7\sim 8\text{m}^3$ ($1\text{m}^3=1\,000\text{L}$) 的水分。水分的这一流量意味着什么？如果我们假设一个城市家庭（4口人）日需水量为 $800\sim 1\,000\text{L}$ ^⑮（不包含游泳池）：在最炎热的几个月当中森林里蒸腾掉的水量相当于多少个家庭消耗的水量？



墨西哥的松树林

2. 在右边的插图中标出代表着如下几个地球系统的部分：生物圈（生物），岩石圈（土壤和岩石），大气圈（充满空气），水圈（水）。
3. 树木发生的蒸腾作用如何影响着地球系统的不同部分：生物圈、岩石圈、大气圈和水圈？



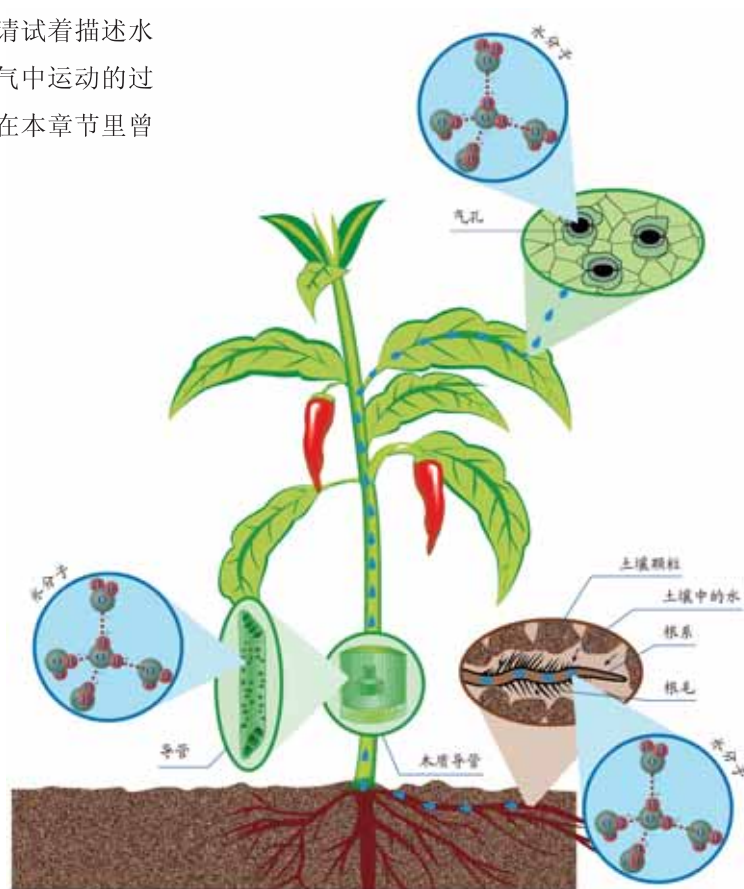
^⑮ 家庭用水量的2/3被消耗在卫生间（浴室）。

活动8:

归纳汇总活动——作为水向大气中转移的引导者的植物

第一部分：组织知识——作为水向大气中转移的引导者的植物

1. 诸位眼前的插图描绘的是一棵正在土壤中生长的植物。请试着描述水分通过植物由土壤向大气中运动的过程。请在图上指出诸位在本章节里曾经学习过的进程。



2. 通过前面的七项活动，对于“作为水向大气中转移的引导者的植物”这一主题，你主要得出哪些结论？
3. 请以如下的方式来组织知识：表格的抬头里列出的是诸位从本章做过的实验中学到的概念（实验的名称位于左侧一列）。在每项实验名称的旁边画钩（√）标出实验中得出的相应概念。

概念 实验	蒸腾作用	毛细作用	气孔	吸收水分	导管	吸收	蒸发作用
植物会流失水分吗？							
植物的水分是从哪里流失的？							
植物从哪里吸收水分？							
水分如何从根部到达叶片？							
水分如何通过茎干上升？							
土壤中的毛细现象							
植物的蒸腾作用是如何影响地下水系统的？							

第二部分：我们来观察一张照片

请观察本章首页的照片，并试着估算一下照片里森林树木的高度。

请画图或陈述（用几句话）来描述雨林树木中的水得以从树根上升至距其几十米高的树冠的机制。

重要的是：请在描述中使用本章前面一些活动中归纳出的信息。

第三部分：分析信息片段

请阅读下面几页中的信息片段，并在每段的下面写出本章实验里做出的观测、得到的结论，以及能够支持该段信息的论述。请参见下面的示例。

植物会流失水分吗？

每个暴露在空气中的物体都会流失水分：一段湿滑的路面、潮湿的衣服、一个水塘、刚刚浇过水的土地、生物、植物，等等。由于水暴露于空气而出现了蒸发现象，而且变成了气态或者水蒸气的形式，因此造成了水分的流失。水分以水蒸气的形式由物体转移到空气中的过程被称作**蒸发**，而发生在植物身上的这种现象叫做**蒸腾**。水分流失的速度取决于很多因素，比如因体积大小不同而暴露在空气中的面积的多少。诸位肯定知道刚洗过的衣服如果展开晾晒会比不展开的干得快许多。

蒸发作用把大量的水分由植物里带向大气中。林业研究人员估算出每日都有大量的水由松树的树叶（或针叶）蒸发到了大气中。



补充信息



林业研究人员证实每公顷松树（10 000 m²）夏季每日蒸发到大气中的水量为7 000L。

观测：在“植物会流失水分吗？”这一活动中我们看到，比起实验开始的时候，量筒+植物在六天后的重量要小。

结论：在植物中出现了水向大气流失的过程。

植物的水分是如何流失的？

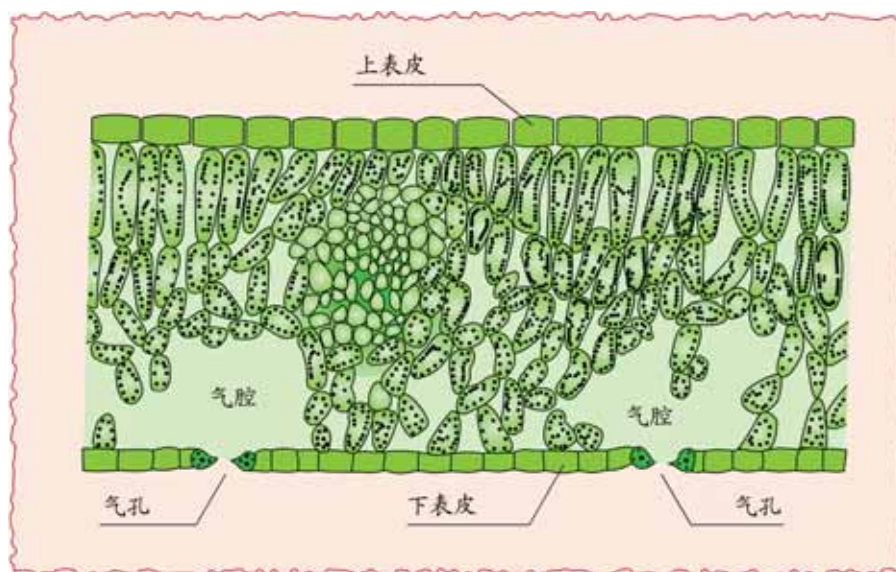
如所有的多细胞生物一样，植物也拥有由细胞构成的外皮组织（表皮）层。当我们用光学显微镜观察叶片或茎干的表皮时，有时可以发现一些相对较大的细胞，它们构成了一种看似嘴巴的结构，由此得名**气孔**，在希腊语中是嘴巴的意思。

这些气孔通向一些很大的气腔（气穴），而这些气腔有时占据了叶片内部相当大的容积。如此一来，事实上叶片外皮组织与空气的接触面积就远远大于叶片的外表面积。

气孔是由两个大的细胞构成的，这些细胞叫做**闭合细胞**，起着“嘴唇”的作用。当植物处于肿胀的状态时，这些闭合细胞也是膨胀的（膨胀得很大），而且像香蕉一样其间有一个开口（孔隙）。此时，气孔是完全打开的。在温度较高和太阳照射较强的时候，植物会流失许多水分。因此，那些闭合细胞的肿胀程度就会部分地减小，开口的边缘就会相互靠近并且慢慢成为直线，此时的气孔实际上就已经关闭了。

观测：

结论：



叶片的横断面

为什么植物的表皮需要有微孔或者微小的孔隙？

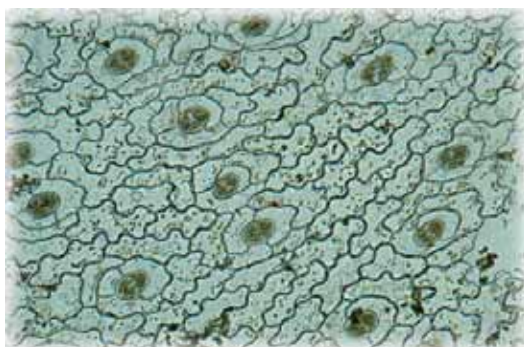
植物暴露于光的组织面覆盖着一层由角质（cutina）或蜡状物构成的表皮，这些物质是有抗水性的（惧水的）。因此，植物白天所流失水分的95%以上是通过气孔排出的，而只有5%是直接通过叶子的表皮蒸发掉的。通过这些气孔，植物得以与其周围的环境进行气体交换。

在白天，植物通过气孔主要吸收二氧化碳，放出水蒸气，也以同样的方式排放出氧气。在夜间，由于气孔几乎是关闭着的，植物以极低的速度吸入氧气并排出二氧化碳。那些气孔上的微孔通向某些位于叶片或茎干组织内

的气腔，在这些气腔内完成气体交换。当环境状况不好的时候，那些气孔几乎是关闭的，气体交换也明显减少。植物正是以这样的方式，通过气孔来控制 and 调节它与周围环境间的气体交换。

观测：

结论：



蕨类植物叶片表皮上的气孔。

在光学显微镜下（放大160倍）所拍摄。

气孔的开口会对植物造成伤害吗？

植物通过气孔失去了大量的水分。过多的水分流失会造成植物内部的失衡，因为当流失的水分多于吸收的水分时，会造成水分运输系统的停滞。进化过程使得大部分植物都具备了调整和适应机制，使其能在不利的条件下保存水分。气孔上微孔的大小依每日的时刻不断变化。大部分植物的气孔在有光照射的情况下是打开的，而在夜晚则几乎完全闭合。尽管也有些植物的气孔从来都不闭合或者只在夜间打开（*Cactaceae*，仙人掌科）。在傍晚或者早晨，当闭合细胞从旁边表皮组织细胞里吸收水分的时候，这些细胞体积增大，气孔也随之打开。以同样的方式，但闭合细胞大量失水的时候，比如中午时分，它们的体积也会缩小，气孔也会随之部分关闭。

在很多植物身上，比如玉米、苹果和西红柿，那些位于叶片上部直接暴露于阳光下的气孔数量要远远少于处在叶片下部的的气孔。这种安排能够避免从气孔的开口流失过多的水分。

观测：

结论：

植物的水分从何而来？

根系的主要功能就是吸收水分以及水分中溶解的盐分，尽管它也会生成与生长有关的激素。

在相当多的植物中，根系系统会产生分叉，即长度及所占面积都极具增长的大量旁根。这个面积巨大的根系系统与土壤颗粒及土壤里的溶液广泛接触。

根系吸收水分，尤其是根毛区域。这些又长又细的根毛在土壤颗粒间生长，它们包围着土壤微粒，聚集在一起，并且吸收周围的水分和溶解于水中的盐分。

这些溶液通过细胞、细胞壁、细胞膜，还穿过了根系细胞间的空间，直至木质导管，并从那里上升到植物的其他部分。

值得一提的是，比起其他形式的过程，流经植物体内的水量极其大。一棵玉米在夏日会蒸腾1L的水，而只需40ml用于新叶片的生长，此外，用于光合作用这一生物化学过程的水还不到4ml。

观测：

结论：

谁在植物体内运输水分？

植物体内的水分传送系统是由两个附属系统构成的，二者起的作用不同，但却都很重要：

1. 韧皮部——植物内营养物质（主要是有机物）的传送系统。绿叶借助光合作用可以制造可溶的糖分（主要是葡萄糖）。叶子中产生的葡萄糖经过茎干的韧皮部到达消耗器官，并且贮藏在诸如果实、根部或者幼芽内。有些植物的根系根据其物质的贮存需要而特点各异，比如胡萝卜、红薯和萝卜。关于光合作用及营养物质的运输，我们会在以后的学习中深入研究。

2. **木质部——传送系统**，主要负责植物内水分和矿物质的运输。该传送系统实现了水和盐分从根茎到植物其他部分的运输。水分的运输是在死细胞（导管）系统内完成的，在这些细胞内只剩下了膨胀的细胞壁。每个死细胞内都有一个自由的空间供水分子移动。总的来说，这些细胞的直径都很大，都是拉伸开的、尖状的，而且拥有大量可以让水分子进入邻近细胞的孔洞。

观测：

结论：

为什么植物体内的水会向上运动？

两个因素决定了水向上的运动：

1. **蒸腾过程**——在叶片的气腔内，水分变成气态（蒸发）并借助蒸腾作用散发到空气中。作为结果，特别是在白天，叶片相比根系产生较小的化学能力或能量等级。你可以想象水在植物体内上升的景象，就像一列很长的火车，它的每节车厢就是一个水分子。当水分子从叶面蒸发时，蒸腾作用产生的吸力便在拖拽着这列“火车”。导管里的水借助传送系统被向上拖拉，一个分子从上面出去，另一个分子便由下方进入。这样，新的水分子就通过根部被吸收进来。

要是没有蒸腾作用，就不可能出现水分由根部至树冠的移动，因为毛细作用只能够解释仅几厘米高度的水柱的上升。植物体内水分运输的速度根据植物种类的不同而有差别。比如蓝桉树，高达50m，其中水的传送速度在每小时20~45m之间。

2. **水分子间的内聚力**——植物体内水柱的连续性得益于水分子间的黏合力。水分主要是通过聚集在根尖的根毛吸收进植物体内的。然后进入传送系统，在那里顺着植株产生了一股连续的水流（如水柱一般），直到树冠的叶片中。水分子之间存在的内聚力以及将水与导管壁黏合在一起的力量避免了由压力造成的水柱的中断或者空气的进入。空气的进入会导致水柱的崩溃（这种现象被称为气窝现象或气穴现象），也会阻碍水分到达树冠。

观测：

结论：

