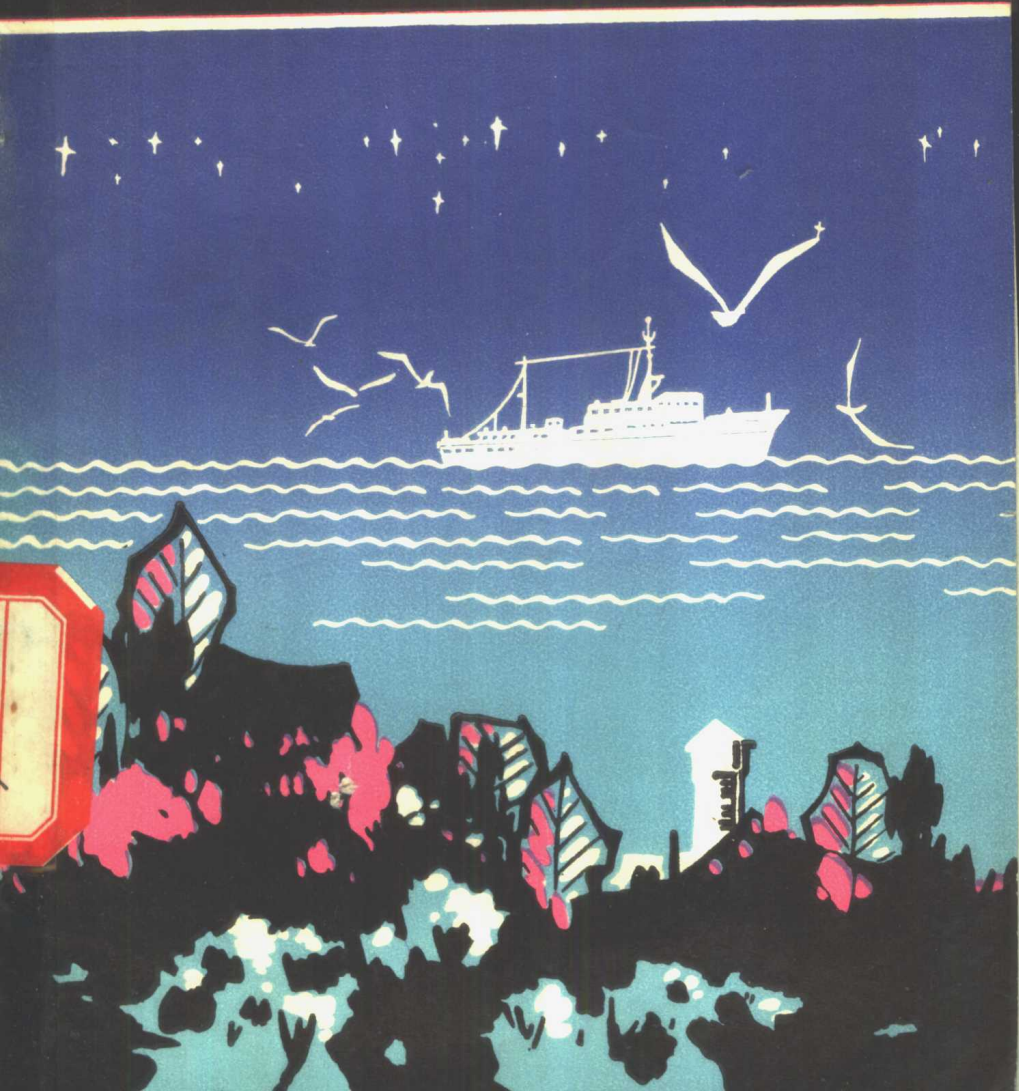


电渗析的奥妙

乔宣 著
刘禄声

安徽科学技术出版社



电 渗 析 的 奥 妙

乔 宣 刘禄声著

安 徽 科 学 技 术 出 版 社

电 渗 析 的 奥 妙

乔 宣 刘禄声著

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行

安徽新华印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/32 印张1.875 字数37,000

1980年9月第1版 1980年9月第1次印刷

印数1—1,350

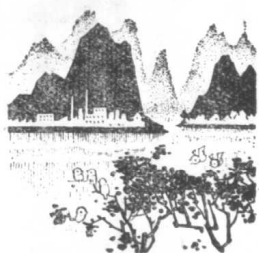
统一书号: 13200·11 定价 0.17元

目 录

开头的話·····	1
一、电渗析的基本原理·····	3
咸鸭蛋的启示·····	3
奇妙的生物膜·····	5
分子家族·····	6
有活性的树脂·····	8
会挑选离子的膜·····	10
电渗析器的维型·····	12
揭开电渗析器的奥秘·····	15
二、水的淡化与除盐·····	18
人类离不开淡水·····	18
海水淡化·····	19
苦水变甘泉·····	20
消除水碱·····	22
优质饮料·····	24
花爱喝淡水·····	25
不需要蒸馏的蒸馏水·····	26
酸、碱换纯水·····	27
向高纯水进军·····	29

三、化工生产与分离提纯	31
没有盐田制海盐	31
低盐牛奶与无盐酱油	33
降低果汁酸度与柠檬酸生产	34
降低尼龙生产的成本	35
从海带中取宝	37
意想不到的化学反应	38
离子赛跑	40
燃料电池	41
四、废水的回收与治理	43
再生自来水	43
消除放射性废水的污染	45
消除汞的危害	46
造纸废水的回收利用	47
废酸变新酸	49
不排废水的电镀厂	51
结束语	53

开 头 的 话



电渗析是科学技术园地里刚刚出土的一棵幼苗，大家还不熟悉。在介绍它之前，先请大家看看下面这幅画。

这幅画的内容，看来是“风马牛不相及”，其实是有一条线，即自然渗析——电渗析把它们连在一起。

那海岛上的房子是海水淡化站，里面安装的电渗析设备，能把含盐量很高的海水变成用途很广的淡水，为人民服务；那航行在万顷波涛上的远洋轮船，也携带着电渗析器，可以随时随地向大海提取淡水，用不着象过去启锚时那样带上很多的饮用淡水；在那飞向月球的宇宙飞船上，电渗析也能发挥作用，那是解决宇航员的饮用水问题。

不仅如此，当人们使用现代化的电子计算机时；当人们看到电镀厂、造纸厂不排废水、废物，化害为利时；当人们知道放射性污染能够清除时；甚至当人们欣赏那香气袭人的

百花，畅饮那可口的啤酒、汽水、果汁和吃上那精制的食盐、无盐酱油、钙片和糖果时……你也许不曾想到，这一切的一切，竟与电渗析有着密切的关系。

的确，电渗析象一位一专多能的艺术大师，能在科技舞台上扮演各种各样的角色。其神功妙用，奇光异采，已经引起人们的重视。这是怎么回事？下面就讲讲它的来龙去脉。



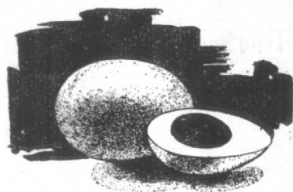
一、电渗析的基本原理

咸鸭蛋的启示



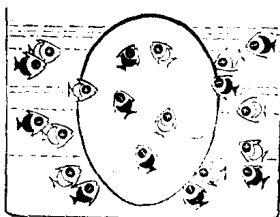
大家知道，咸鸭蛋味道鲜美，营养丰富。但鲜鸭蛋是怎样变咸的？回答很简单，是用食盐腌成的。别看这是件平常而又简单的事，却包含着一种科学道理，就是渗析作用的原理。

我们知道，宇宙万物都是由物质的极小微粒构成的。这些小微粒有分子、原子、离子等。离子是带电荷的原子。晶莹透明的食盐晶体是由钠离子和氯离子结合而成。一个钠离子带一个正电荷，一个氯离子带一个负电荷，它们相互吸引，整齐地排成有棱有角、方方正正的食盐晶体。把食盐溶于水后，钠离子和氯离子便获得了解放，变成了能够自由活动的离子。又因为它们带有相反



的电荷，所以它们在水中就相互吸引象一对对的鸳鸯，形影不离。不管是多么小的一滴食盐水，其中的钠离子和氯离子的数目总是相等的。

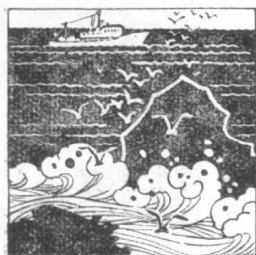
在鸭蛋的石灰质外壳里面有一层薄薄的软膜。软膜看来密实，实际上有许许多多密密麻麻的小孔。当把鸭蛋放在食盐水中，水中自由移动的钠离子和氯离子，就会透过软膜向鸭蛋里面运动，于是鲜鸭蛋就变成了咸鸭蛋。在这里食盐是溶质，水是溶剂，这种溶质透过膜的现象叫渗析。



为什么食盐会进入鸭蛋里面呢？我们来做个小实验便会明白。把一滴蓝墨水放到一盆清水里，就会看到那蓝色的范围愈来愈扩大，慢慢地整盆清水都变成了淡蓝色。在溶液中，溶质的离子或分子都有自发地向浓度小的方向运动的趋势，这种现象叫浓差扩散现象。以浓差扩散为推动力的渗析叫扩散渗析。以直流电为推动力的渗析便叫电渗析。

钠离子和氯离子透过软膜，使鸭蛋变咸的现象使人受到启发。人们在生产和科学实验中，对物质进行分离、提纯，往往需要各式各样的膜。膜好比筛子，膜上的小孔好比筛子眼。如果人们能制成各式各样的膜，那么它就可以按照人们的不同需要，对于由此经过的分子或离子进行检查，要放过谁就放过谁，要扣留谁就扣留谁，从而达到分离、提纯的目的。

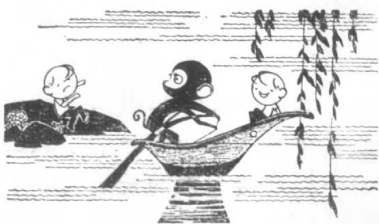
奇妙的生物膜



在“开头的话”里的插画中，看那海岸上的鳄鱼、海龟为什么泪如雨下？看那天空中翱翔的海鸥、海燕为什么眼泪汪汪？难道它们遇到什么不幸之事了吗？不，这是一种正常的生理现象。原来它们都在巧妙地利用体内的海水淡化器——位于眼旁的盐腺，帮助肾脏排除体内多余的盐分。海水的含盐量在3%以上，而常喝海水的海鸟血液的含盐量只有1%就是证明。

盐腺细胞怎么会有这种特殊功能呢？原来一切动、植物都是由细胞组成的。每个细胞又都由细胞膜紧紧包裹着。细胞膜可以根据生命活动的需要，有选择地吸收和排泄物质。

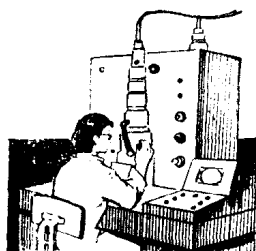
通过研究，现在已经证实，在生物的细胞膜上存在着“运载工具”。如果把细胞膜比喻为一条河，运载工具就象是小小的渡船，通过小船的运输作用，把生命活动所需要的物质运进去，把废物排出来。专管运输被称为“载体”的蛋白质分子，具有极高的选择性，且有主动权，发挥自己的职能而又不受膜内外浓度的



限制。

生物膜具有的这种极高选择透过性，对于从事生产和科研的人们，有很大的借鉴作用。努力研究生物膜的构造和作用原理，制造仿生膜，是仿生学中的一个课题。

分子家族



要研究膜，首先要熟悉与膜有着密切关系的分子。这些分子都有自己的特性和个性，世界万物正是由这些有个性。有特性的分子组成的。

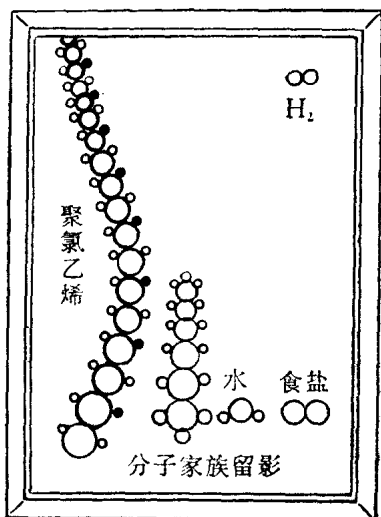
分子分为两个大家庭，一个叫无机物，另一个叫有机物。

在无机物大家庭中，大多数分子都由几个原子构成，因而分子的个子较小。如一个氢分子是由两个氢原子构成，一个氧分子也只由两个氧原子构成。一个水分子由两个氢原子和一个氧原子构成。

在有机物大家庭中，人丁兴旺。每个分子都含有碳原子，绝大多数都含有氢原子。有机物与无机物相比，有的属于“身材适中”。如甘油、蔗糖等分子，一般都由十几个或几十个原子构成。但也有是由几万甚至几十万个原子构成的。如聚氯乙烯塑料，就是由一个个氯乙烯分子相互携手，象自行车链条一样连接起来的长链大分子。比较起来，这些分子的个

儿大，因此名叫高分子。

现在我们作一个实验。把糖溶于水，另外也把食盐溶于水。我们发现糖水不导电，食盐水导电。这是什么原因呢？因为食盐溶于水后，在水分子的作用下，能产生带有电荷的自由移动的离子，而离子能传递电荷；但是糖水水中的糖分子是以中性分子状态分散在水中，不产生带电荷的离子，也就不能导电。物质溶于水后，在水



分子的作用下，形成自由移动的离子过程叫电离。酸电离能生成共同的氢离子和酸根离子；碱电离能生成共同的氢氧根离子和带正电荷的金属阳离子；盐（包括食盐）电离能生成金属阳离子和酸根阴离子。酸、碱、盐都是电解质，因而它们的水溶液都能够导电。此外，极难电离的水分子也能电离出极少量的氢离子和氢氧根离子。

无机物分子，一般都小巧灵活，并能电离成离子。所以它们在电场力的作用下，易于发生移动，以至通过膜。它们多属于电解质。而有机物，大都身大体胖，不易受电场力的作用，就难以透过膜。它们多属于非电解质。这就是用膜把一些有机物与无机物进行分离提纯的依据。

有活性的树脂



一些树木的树干上会流出一种粘稠的胶状物，如松香、桃胶等，人们称它为天然树脂。构成树脂的分子属于高分子。人工制造的高分子化合物，便叫合成树脂，如聚氯乙烯。要研制有特殊性能的膜，必须首先认识一种

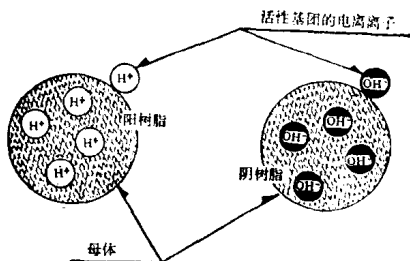
具有特殊活性的树脂。

这种具有特殊活性的树脂是人工合成的高分子化合物，叫做离子交换树脂。它的形状是一粒粒直径大约为 $0.3\sim 1.0$ 毫米的小圆球，半透明，有的是淡黄色，有的是咖啡色，看上去很象鱼子。它为什么有活性呢？这就必须从它的结构谈起。

如果把一粒离子交换树脂放大来看，可以看到它象蜂窝一样，由许许多多小单元组成。每个小单元又分为两个部分，一部分称为母体，另一部分称为活性基团。构成母体的树脂，是长链高分子。中间又有桥梁一样的物质把它们牢固地结合起来，组成一个立体的网状结构。因此，母体部分就象高楼大厦的钢筋混凝土骨架一样，十分结实，不溶于水，也不溶于酸和碱，惰性十足。

活性基团是离子交换树脂中可以电离的部分。正因为可

以电离，才使树脂有了活性。这是一种特殊的电解质，它电离出两种离子：固定离子和可以活动的电离离子。这两种离子电性相反，电量相等。固定离子很不幸，它被牢牢地固定



在母体上，失去了活动的自由。因为固定离子与母体部分结合成一体，所以也可以说母体带有电荷，电性与固定离子相同。电离离子虽然看起来可以自由移动，但是它始终要受到母体异性电荷的吸引，因而不能跑得太远。

活性树脂的特殊功能，就是利用它活性基团上的电离离子与溶液中的离子进行交换，因此而得名叫离子交换树脂。根据电离离子的电性不同，又分为阳离子交换树脂和阴离子交换树脂。阳离子交换树脂简称阳树脂，在水溶液中能电离出带正电荷的阳离子，能与水溶液中的阳离子进行交换。阴离子交换树脂简称为阴树脂，在水溶液中能电离出带负电荷的阴离子，能与水溶液中的阴离子进行交换。



如果我们把离子交换树脂，比喻为一个城堡，母体只是城堡的建筑物，而活性基团是它的居民。住在城里的居民可以和城外的人嫁娶往来，进行人员交换，从而使城堡有了生气。

会挑选离子的膜



离子交换膜是在离子交换树脂的基础上研制出来的。它很高明，对于不同的离子，具有很高的选择分辨能力，是一种会挑选离子的薄膜。正是因为有了这类膜，电渗析技术才别开生面，象雨后春笋般地发展起来。

离子交换膜，本质是薄膜状的离子交换树脂。在电渗析器中，不是用它进行离子交换，而是利用它对离子的选择透过性。从外形看，离子交换膜，有的象X光底片，有的象橡胶薄片，也有的象雨伞的油布。从颜色看，有黄色的，咖啡色的，绿色的，也有黑色或白色的。有的不透明，有的半透明，基本上不透水。略有弹性，厚度在0.3~0.8毫米左右。

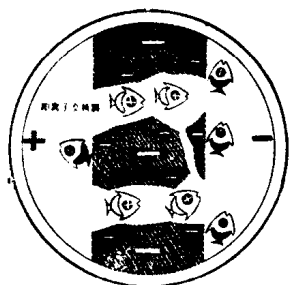
离子交换膜，为什么会有奇妙的选择透过性呢？让我们把膜放在一千万倍显微镜下面，就会看到，它的表面如同高山和深谷一样凸凹不平，很象泡沫塑料，处处是孔洞。再把

膜切开来看，截面上也有数不清的孔道。从孔道的宽窄来看，除了大块头的离子之外，普通的离子都可以大摇大摆、自由自在地通过。

电渗析用的离子交换膜也分为阳离子交换膜和阴离子交换膜。阳膜电离出阳离子，膜上带有负电荷。阴膜电离出阴离子，膜上带有正电荷。

大家知道，根据“同性相斥，异性相吸”的电学原理，在外加直流电场的作用下，电解质溶液中的阳离子必然要往阴极跑，而阴离子则必然要往阳极跑。阳膜上带的负电荷，必然要吸引阳离子，同样，阴膜上带的正电荷也必然要吸引阴离子。

为了说明离子交换膜为什么会挑选离子通过，先来看看阳膜的剖面图。



在直流电场的作用下，阳离子受到阴极的吸引，都一个方向地从左至右往阴极跑，阴离子受到阳极的吸引，也一个劲地从右至左往阳极跑。当阳离子跑到阳膜的左边时，膜上带的负电荷，便会象磁铁吸铁一样，把阳离子吸引过来，并使它们顺利地通过膜的孔道。当阴离子跑到膜的右边时，阳膜上的负电荷就会加以排斥，不准许通过。阳膜上的负电荷就象守卫在边防哨卡的警卫战士一样，对于入境者，都要进行严格检查，该放行的放行，该拒绝的就拒绝，铁面无私，一丝不苟。

下面是一幅阴离子交换膜的剖面图。道理和阳膜是一样

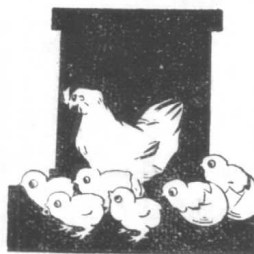
的，只不过带的电荷不同，作用和结果不同罢了。

离子交换膜的作用如此微妙，但又是怎样制成的呢？

用涤纶布、丙纶布或玻璃布做网布，把颗粒状的离子交换树脂磨成粉末，再与起粘合作用的高分子化合物混合好，辗压成软片，敷在网布上，加热加压后，便可制成离子交换膜。此外，还可以采用特殊的化学方法直接制成离子交换膜，这种类型的膜构造均匀，性能更好。



电渗析器的雏型



为了说明电渗析器的原理，让我们先作个试验。

在玻璃槽中放入盐水，用特殊的显微镜可以观察到钠离子和氯离子的行踪，它们在水中象鱼儿一样自由自在地游来游去。若在这个槽子的两头放入直流电源的两个电极，这时刚才那些自由散漫的钠离子和氯离子，就会象运动场上自由活动的运动员，听到集合口令，立刻排好队伍，带正电荷的钠