

坂村 徹著

植物細胞 滲透生理

科学出版社

植物細胞滲透生理

坂村 徹 著

金 連 緣 譯

科 学 出 版 社

1959

坂村 徹
植物細胞滲透生理
養賢堂，東京，1952

內 容 提 要

本書系根據日本坂村 徹著“植物細胞滲透生理”1952年增訂版譯出。本書對水分出入植物細胞的基本原理——滲透現象敘述特別透徹，而對於滲透作用有關的細胞生理現象，特別是質壁分離、細胞的吸水和失水、耐旱性和耐寒性等也有詳盡的解釋。

植物細胞滲透生理

〔日〕坂村 徹 著

金連緣 譯

*

科學出版社出版（北京朝陽門大街117號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第061號

中國科學院印刷廠印刷 新華書店總經售

*

1959年4月第一版

書號：1683 字數：194,000

1959年4月第一次印刷

開本：850×1168 1/32

《京》0001—2,200

印張：7 3/8

定價：(10) 1.30 元

目 录

初版序	1
增訂版序	2
一. 研究渗透现象和渗透压的动机	3
二. 扩散	5
三. 渗透现象和渗透压	7
四. 用渗透压計測定渗透压的方法	10
五. van't Hoff 的渗透压理論	13
六. 高浓度溶液的渗透压	16
七. 渗透压所作的功	18
八. 电解质溶液的渗透压	21
九. 蒸汽压	22
一〇. 負渗透現象	26
一一. 渗透压的間接測定	27
一二. 細胞的渗透現象 (質壁分离和質壁分离复原)	39
一三. 临界質壁分离状态下的細胞液的渗透值	50
一四. 植物細胞的吸水、漲压以及吸水力的图式說明	53
一五. 細胞吸水力的測定	60
一六. 天然状态下的細胞液渗透值	67
一七. 用質壁分离法確定棉子糖的分子量的实例	69
一八. 以电解质溶液为質壁分离液时的浓度	69
一九. 質壁分离液的性質	71
二〇. 質壁分离所引起的原生質的各种变化	76
二一. 質壁分离的条件	88
二二. 質壁分离的伤害	97
二三. 原生質容积測定法	101
二四. 質壁分离时的水的透过速度	103

二五. 用渗透的方法测定透性	109
二六. Walter 的水度	111
二七. 細胞的紧张状态及其弹性	115
二八. 溶血現象	122
二九. 涨压和細胞的生长	125
三〇. 介质的渗透值和形态变化及发育之间的关系	132
三一. 根的吸水和植物体内細胞相互間的水的移动	136
三二. 細胞的代謝吸水	145
三三. 水液从細胞排出	150
三四. 植物体各部分的渗透值和吸水力	155
三五. 外界条件与渗透值以及吸水力之间的关系	159
三六. 海藻的生育与海水浓度的关系	169
三七. 以水蒸汽状态的失水和吸水	172
三八. 空气中的細胞的干燥及耐旱性	177
三九. 抗病性与质壁分离形式	186
四〇. 以結冰形式的失水	188
四一. 有关凍害的学說	189
四二. 耐寒性	194
四三. 涨压运动	202
四四. 外界溶液的渗透值和几种生理現象	217
四五. 显微镜观察技术与渗透作用	219
本书中常見的符号	222
索引	223

初 版 序

水分出入植物細胞的基本原理是滲透現象。在本書中首先講述滲透現象及滲透壓原理之中的、與解釋細胞滲透作用有關的基本知識，根據這些知識再講到與滲透作用有關的細胞生理現象。就中關於質壁分離講得比較詳盡，並且還介紹了原生質的性質，這是為了很好地理解質壁分離不得不這樣做的。在本書中沒有講到透性的問題。關於植物體內的水分的移動、蒸騰作用和與水分有關的生態學等，及與整個植物體有關的水分生理生態學各種問題，在這裡也只作了簡要的敘述。闡述這些問題並不是本書的目的，因而沒作深入的討論。關於這些問題請參閱有關的專門書籍。在這裡把細胞不以液體的形式，而以水蒸汽的形式丟失水分的干燥，或以冰的形式丟失水分的凍結，也當作與滲透現象有密切關係的問題加以討論。

作為預備知識，敘述所需要的物理化學是必要的，但本來物理化學並非著者所專，因此沒作詳細的解釋。著者是研究植物學的一個部門的，大部分讀者的工作也可能是與植物學有關的。在這個意義上，大部分讀者可能是與著者同樣，並非要求物理化學的高深的理論，作為門外漢只要求所需要的範圍內的知識就夠了。因此，有關的物理化學方面的問題在這裡只作了簡要地介紹。如果大家發現本書中的錯誤，請給予善意的指正為荷。

著 者 1934年8月

增訂版序

本书自1936年初版发行以来，到现在已經經過了很长的时期，在此期間1940年曾出版了訂正增补版，作了些必要的訂正。其后又經過了十几年，当今天再次改版时，补充了新的文献，尽可能詳尽地介紹了有关植物細胞渗透現象的各种問題。

本来在初版书中，把討論范围只限于渗透現象，关于原生質性質及其透性等問題，沒有作詳細的解释。然而其后根据各种关系，有必要放寬这个限制，已經在再版书中稍微扩大了討論范围，而在这次改版书中敘述范围則更扩大了，凡是与渗透現象有关的問題，都沒有遺漏。

渗透压和漲压这两个術語沒有明确的定义，这个問題从第二次世界大战以后，在許多論文中成了討論的对象。在再版书中，当解释細胞渗透現象以及水分状态量的理論时，特別注意了用語适当与否的問題，在这次改版书中，也充分注意到了这一点，为了充实内容，一方面作了补充，一方面訂正了一些不适当的辭句。如果本书对細胞生理学的理論及其应用可能有所貢獻，那是著者莫大的光荣。

著者 1952年8月于岡山

一. 研究渗透现象和渗透压的动机

現今的物理化学的知識在对于生活現象的說明上是有很大帮助的, 渗透压理論的創立, 就是一个最好的例子。今天, 当追溯以根据物理化学的知識所創立的渗透压理論的历史时, 首先在生物学和物理化学之間, 进一步在植物生理学和人体以及动物生理学之間, 可以看到自然科学各个分科相互間的美好的协作关系。

很早以前就有人试图从物理化学的角度来解释植物生理現象, 例如, Dutrochet 远在 100 多年以前, 便从物理学的角度, 就植物的水分吸收和器官运动作过研究, 并在 1828 年发表了标题为“关于内外渗透的新研究等等”¹⁾的論文, 这项研究可以說是把渗透現象联系到植物生理現象的第一个报告。他首先就通过隔膜的水分透过了模式实验, 根据这个理論曾对含羞草 (*Mimosa pudica*) 和另外几种植物的刺激运动的原因和机制作了解释。当时看到水霉 (*Saprolegnea*) 的孢子囊由于紧张而在水中破裂的現象, 他认为这个原因在于所謂內渗和外渗的作用。就当时的物理学來說, 还没有树立起象今天这样的关于渗透压的理論, 所以这种模式实验也是首先为了研究理論而作的。用今天眼光来看, 这种装置虽然在設計上在当时的确是难能可貴的。但遺憾的是, 对渗透現象的研究來說, 它缺少最重要的条件, 即隔膜不是半透性而是透性的, 这一点是后来才明确的。

又經過几十年, 德国的 Pfeffer 根据同一动机, 即为了彻底探明植物体的水分出入以及从而产生的刺激运动的原因, 与 Dutrochet 同样用自己設計的装置作了实验。这种装置与 Dutrochet 的装置相似, 但因为隔壁是半透性的, 所以 Pfeffer 的实验获得了成功,

1) Dutrochet: Nouvelles recherches sur l'endosmose et l'exosmose etc. 1828.

后来他把这项研究结果用“渗透现象研究¹⁾”的标题作了报告。

在此前后,有几位学者曾就植物细胞的所谓质壁分离(plasmolysis)作了研究。特别是 de Vries 曾就质壁分离作了详细的研究,在 1882 年向阿姆斯特丹科学院报告了研究结果。他认为这个现象是在细胞外溶液的吸水力大于细胞内溶液的吸水力时(即用今天的术语来说,渗透值或吸水力较大时)产生的。今天在医学上,作为等渗生理食盐水,一般使用的 0.9% 溶液,并不是根据 van't Hoff 从纯物理化学方面所创立的渗透压理论得出的,而是根据关于植物细胞质壁分离的研究得出的。当时曾就质壁分离作了研究,而其后并为使用等渗溶液开辟了途径的 Hamburger,关于这个问题曾作了如下报告²⁾:

“de Vries 某日在阿姆斯特丹,就质壁分离的研究结果作了讲演。我³⁾的老师 Donders 教授听了这个报告。本来 Donders 教授一听到科学上很有兴趣的某种问题,总是要和我们一起讨论。这天也就 de Vries 的讲演作了介绍,他说在植物细胞中看到的质壁分离现象,也许能在动物或人体细胞中看到,假使能这样的话,对人体生理学来说,是一个很重要的问题。听了这个谈话以后,我首先用红血球开始了这方面的研究。”

植物细胞的质壁分离和溶血现象虽然不能说是完全相同的现象,但根据 Hamburger 的研究已经知道了在基本原理上都与渗透现象有关。Hamburger 强调指出“用血球所作的这种研究(1883),是向医学研究中应用物理化学的开始”。

今天,de Vries 的质壁分离和 Hamburger 的溶血现象都可以根据 van't Hoff 的渗透压理论加以说明,然而从出现的顺序来说,这些生物学研究是在 van't Hoff 创立渗透压理论以前的。Hamburger 也说“今天一般可能认为用血球作这种研究是在 van't Hoff 创立了渗透压理论以后才开始的,但这样看法是颠倒了前后顺序。无论如何, van't Hoff 的渗透压理论对医学⁴⁾供给了有益而可靠

1) Pfeffer: Osmotische Untersuchungen, Leipzig, 1877.

2) Hamburger: Intern. Zeitschr. f. physik.-Chem. Biol. 1. 1914.

3) Hamburger 当时是 Donder 教授的助手。

4) 对生物学是更不必说的。

的知識是不容置疑的事實。”

为了明确这种关系，有必要讲一讲 van't Hoff 創立滲透压理論的經過。上面讲过的 Pfeffer 的研究，虽然被应用到植物生理現象的說明上但並沒有在純物理化学方面对这个問題作深入发展。然而他所留下来的实验結果。却为物理化学方面的学者提供了宝贵的材料，大約 10 年之后 (1885)，即在 de Vries 和 Hamburger 发表研究的两三年之后，van't Hoff 以 Pfeffer 的实验数值为基础，創立了热力学上的滲透压理論。从发表这个理論以后，質壁分离和溶血現象的說明才得到确实的物理化学基础。今天直接測定滲透压的方法当然比 Pfeffer 作实验时有了更多的进步，但在研究滲透压理論的初期，Pfeffer 的研究作出了很大的貢獻，这是不容爭辯的事實。今天許多物理化学方面的著作都引用 Pfeffer 的研究，从这一事实也可以肯定 Pfeffer 的研究的意义。

二. 擴 散

使两个容器內的气体相互接触时，即使同一种的气体，如果各个容器內的压力不同，由于分子运动，压力高的气体分子就要向压力低的分子中移行，在一定時間內两个容器中的压力就完全变成均一的。两个容器中的气体压力不同时，更不待言，即使压力相同，如果质量不同，由于分子运动，气体分子从分子数量較多的一方向較少的一方移动，直到所有部分的分压达到平衡，即两个容器中的两种气体分子数成为均等的，而压力达到平衡为止。象这样的，由于分子运动，气体分子从压力高的一方向压力低的一方移动的現象叫做扩散 (diffusion)。如果是水蒸汽，水分子从蒸汽压較高的一方即从水分子密度較高的一方，向蒸汽压較低的一方扩散。如果在压力不同的水蒸汽之間，有容許水分子透过的隔膜，也同样地产生扩散現象。本来扩散是根据分子的不規律运动而产生的，使分子进行移动的压力叫做扩散压 (diffusion pressure)。如果是溶

液,既有溶质分子或离子的扩散压,又有水分子的扩散压¹⁾。这种扩散压就是能势,即某种物质的自由能的函数。用其他术语来说,扩散压与逸度(fugacity)或活度(activity)有关,即逸度或逸度的位差构成了扩散的原动力(driving force)²⁾。活度与逸度成比例,因而可以说是由活度的位差构成扩散的原动力。这种想法也适合水分子或溶质分子的扩散。有人认为用扩散压表示原动力,倒不如用逃逸趋势(escaping tendency)来表示³⁾。在本书中说明扩散和渗透现象时,也采取了逸度的看法。

就溶液来说,水和溶液相接触时,或浓度不同的同一溶液相接触时,溶质分子从浓度高的一方向浓度低的一方移动,直到两者均一为止。这种液体扩散和气体扩散同样,都是由于溶质分子运动而产生的。但是两者之间稍有差别,便是在溶液中,溶剂分子和溶质分子之间产生摩擦,因而使溶质分子的移动(即扩散)受到阻碍,并且由于这种摩擦所引起的扩散速度的差异,随着溶质和溶剂的种类而有不同。考虑到这一点,Pick 用下列公式来表示液体扩散:

$$dm = -\frac{dC}{dS} \cdot D \cdot A \cdot dt$$

A ——横断面面积

m ——扩散量

t ——扩散时间

$\frac{dm}{dt}$ ——扩散速度

D ——扩散物质特有的常数(扩散常数)

C ——扩散首尾两端的浓度差

S ——扩散首尾两端的距离

1) Craft, Currier & Stocking: Water in the physiology of plants, 1949. Levitt; Science 113, 1951.

2) Brooks & Moldenhauer-Brooks: Permeability of living cell. Berlin. 1941.

3) Hall: Science, 92, 1940.

$\frac{dC}{dS}$ ——无限接近的两个断面間的扩散差

如用語言来表达这个公式,即为“单位時間内的单位面积的扩散量与扩散差成比例”,簡略地說,浓度差越大扩散越显著。

当用透性膜(使溶剂和溶质都能通过的膜)隔离上述两种溶液时,也可以看到扩散。象这样的,溶液中的溶剂或溶质的分子或离子通过隔膜扩散的现象,在物理学上叫做渗透现象(osmosis)。但在生理学上一般只把溶剂通过隔膜扩散的现象叫做渗透现象,而把溶质通过隔膜扩散的现象叫做透性现象(permeability),加以分别对待。研究水的渗透现象时,不需要分别考虑溶质种类,但研究溶质的透性时,对溶质的种类则需要分别加以考虑。水的渗透决定于所有溶质的总浓度,水从浓度低的一方向浓度高的一方移动;但溶质的透过(或扩散)则决定于各个溶质的浓度,皆从浓度高的一方向浓度低的一方移动,而与各种溶质的总浓度无关¹⁾。然而在細胞内外之間,也有时溶质从浓度高的一方向浓度低的一方移动,但这是只在活細胞內可以看到的特殊现象。

三. 渗透现象和渗透压

图1表示很长的模式圓筒,在O部与外界大气相通。A的容积比B要大得多,M为隔膜,K为向左右滑动的活塞,假定与圓筒內壁之間不起摩擦,并且其重量可以忽略不計,現在向A中装入

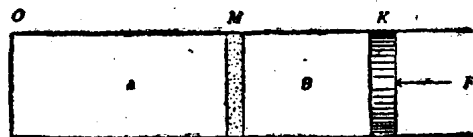


图 1

水,向B中装入某种物质例如某种浓度的蔗糖溶液,使两者液面保持同一高度,而不产生根据高度差而来的静水压力。如果M容許

1) Curtis & Clark: Introduction to plant physiology. New York. 1950.

溶质分子和水分子一起通过，则称之为透性膜 (permeable membrane)。如上所述，水和某种浓度的溶液相接触时，通过隔膜的细孔产生扩散。B 内的溶质分子向其表面牵引各个水分子（水合作用，hydration），因此单位容积中的水的自由分子数量就要减少¹⁾。在这种情况下，A 中的纯水的水分子比起 B 中的水分子，逸度大，因而水通过隔膜从 A 向 B 移动的频率比从 B 向 A 移动的频率大。并且溶质分子的逸度当然 B 比 A 大，所以水分子通过 M，从 B 向 A 移动。水分子通过隔壁的细胞或毛细管的速度比溶质（例如蔗糖）分子的通过速度大，因此因 B 的液体数量暂时的增加而把活塞 K 稍微推向右方，但不久就会恢复到原来的位置，A 和 B 的浓度逐渐变成相等，最后达到平衡状态。

当 M 为只容许水通过而不容许溶质通过的半透性膜 (semipermeable membrane) 时，可以看到稍微不同的情况。即，由于 A 和 B 的水分子的逸度的差异，水分子从 A 向 B 移动，但溶质不能从 B 向 A 移动，所以 B 的液体数量只有增加这一个方面，活塞 K 逐渐被推向右方，随着 K 的移动，B 的浓度逐渐减低，A 和 B 之间的逸度的差异也逐渐减少，最后稀释到 B 溶液在理论上几乎等于纯水的程度，水才能停止移动。如果从外部加 F 的压力而使活塞 K 不移动时，当然水也不会移动。在这种情况下从外部加压而使 B 溶液中的水的自由分子更要接近，进一步强化相互的碰撞时，最后 B 中的水分子冲击隔膜非孔部的频率，和 A 中的水分子冲击隔膜的频率变得相等。这样，B 溶液的压力就与外压保持平衡，B 溶液的这种压力叫做渗透压 (osmotic pressure)。渗透压的值和外压 F 相等，是根据最初的 A 和 B 之间的水分子的逸度的差别而产生的。向 A 中不装入纯水而装入浓度低于 B 的溶液时，也可以看到同样的现象，即，根据两种溶液的逸度的差别产生渗透压。水分子通过半透性膜从一方向另一方移动的现象，即渗透现象 (osmosis) 是根

1) Washburn: An introduction in principles of physical chemistry. New York. 1915.

据水的逸度或活度的位差而产生的，而渗透压是水的移动受到阻碍时，浓度高的溶液在 B 内所表现的流体静压力 (hydrostatic pressure)。

假使半透性膜的内部细管充满着水蒸汽，根据两端的溶剂 (A 面为纯水或低浓度的溶液， B 面为溶液或高浓度溶液) 蒸汽压¹⁾ 的差，水以水蒸汽的状态从浓度高的一方即从 A 方向 B 方移动。然而从外部加外压 F 时，不产生水蒸汽的移动，这样就产生渗透压。

曾经有人认为溶液渗透压与气体分子运动所引起的压力相似，即认为渗透压是由于溶液分子进行分子运动向容器的壁碰撞的结果而产生的。当然在溶液内可能有由于溶质和溶剂的分子运动而产生的压力，但这种压力不一定就是渗透压。虽然产生渗透压的基本原因是分子运动，但形成渗透压需要经过更复杂的过程。正象 Findlay²⁾ 所讲的那样，“渗透压是溶剂和溶液以半透性膜隔离时产生的流体静压力。”并不是把溶液放在任何容器中都能产生渗透压。半透性膜，逸度的差，加外压而阻碍水的移动，当这些条件具备时，即表现出 a 大气压的渗透压的溶液；只有在开放状态时，才能够说是有表现 a 大气压的渗透压的可能性或是具有 a 大气压的势³⁾。在植物生理学中，不用“溶液渗透压”而用“溶液渗透值” (osmotic value) 来表示⁴⁾。虽然渗透值的单位应该以大气压来表示，但实际上多以比较方法来对待渗透值，所以通常都简单地用浓度 (克分子) 来表示。关于它的理由在后面将要讲到，这样用浓度来表示的渗透值，就是相对渗透值。

上面讲过，用不完全的半透性膜或透性膜隔离水和溶液时，也能暂时地生产渗透压。这种现象也在一定程度内，可以根据上述渗透压产生原因加以说明。无论如何，作为隔膜——既能容许溶质又能容许水的透过的膜，在使用时，如果溶质分布得不均匀，有

1) 关于蒸汽压后面将要详述。

2) Findlay: Osmotic pressure. London, 1914.

3) Thoday: Ann. Bot. N. S. 14, 1950. Levitt: Science, 113, 1951.

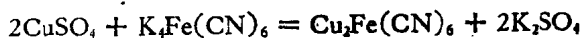
4) Ursprung u. Blum: Ber. d. d. Bot. Ges., 34, 1916.

时能暂时地产生渗透压。这种暂时性的渗透压的大小和持续时间的长短,决定于水和溶质的扩散速度之间的差,这种差越大,暂时性的渗透压越大。溶质分子通过隔壁一开始向溶剂方面移动,从前从水这方面向溶液方面移动的水,就和溶质一起又回到水这方面来;这样,渗透压就会消失。

用透性膜隔离溶质不同、扩散速度不同而渗透压相同的两种溶液时,也能暂时地产生渗透压。例如,用分子量相同的酒精和蔗糖溶液时,通过隔膜进行扩散的速度,酒精比水快得多,因此,在盛蔗糖溶液的管子内产生渗透压。然而,不久蔗糖反过来就要向酒精中扩散,所以最后渗透压就会消灭。这样的,根据扩散度的差别,所产生的暂时性的渗透压,或溶质只能向其一方透过。由于水的透过,渗透压将会增高,这种现象与原生质的透性(permeability)有很密切的关系。

四. 用渗透压计测定渗透压的方法

在自然界不容易得到半透性膜。膀胱膜或火棉胶膜虽然有某种程度的半透性,但很不完全,基本上是透性的。Moritz Traube 用人工方法制造的亚铁氰化铜的沉淀膜是接近于理想的半透性膜,这是在硫酸铜溶液和亚铁氰化钾溶液的接触面上生成的沉淀膜。



这种亚铁氰化铜膜非常纤弱,不能单独用来作实验。Pfeffer 先用硫酸铜溶液浸泡素烧瓷的圆筒,然后再浸在亚铁氰化钾溶液中,以使素烧瓷筒的小孔内生成亚铁氰化铜的沉淀,使它与压力计(manometer)连结,向其中装入各种物质的溶液来测定渗透压(图2)。

Pfeffer 装置的原理,和对前面曾讲过的圆筒所作的说明并没有两样。即用半透性膜隔离溶液和水,借压力计所指示的水银柱的高度测定素烧瓷圆筒内所装的溶液的壓力。Pfeffer 向这种渗透压计(osmometer)的圆筒内装入各种物质的溶液后,把它放入蒸

餾水中,借压力計所指示的压力測定圓筒內的滲透压。在这以前, Dutrochet 也制造了一种滲透压計(图 3),向容器內装入液的蔗糖溶液,向容器的周围装满了水,用来試圖測定內部液量的增加以及

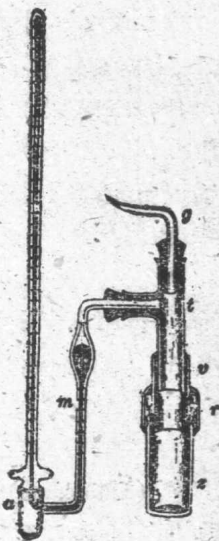


图 2 Pfeffer 滲透压計

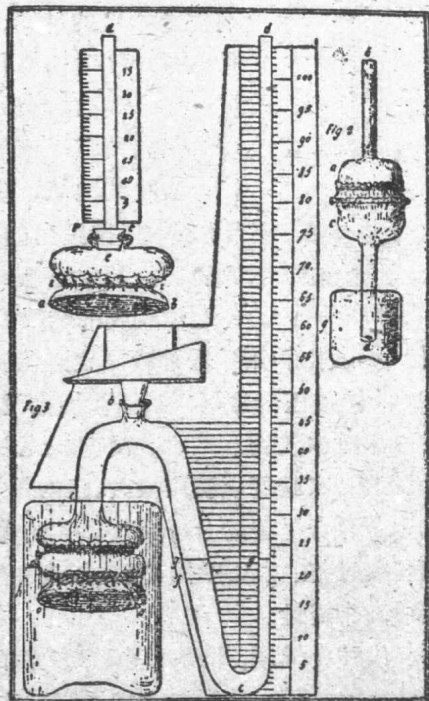


图 3 Dutrochet 滲透压計

压力的增加,但因当时使用的是膀胱膜和羊皮紙等物,所以并没有得到成功。这种膜没有完全的半透性,因此,内部只能在初期很短時間內产生压力,但由于溶質的滲出,暂时生成的压力不久就消失了。

近来盛行对火棉胶膜加以各种处理,赋予充分的半透性后,用来作滲透压計的方法。在植物学實驗室,可以用这种装置作滲透現象的示范。即,把直径 9 厘米左右的烧杯放在不搖摆的桌上,向其中注入純淨的水銀直到全面复盖底部为止。向中央部分慢慢注入 4 % 的或純化学用的火棉胶乙醚溶液,达到烧杯边缘为止。由于

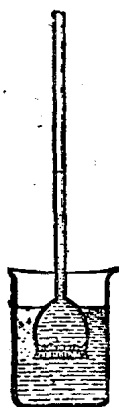


图 4 渗透器

乙醚的蒸发,在大约 1 小时以后,在水银面上生成的膜就会发生卷皱,这时用小刀使膜的周缘离开玻璃壁,再从两侧使膜离开水银面,在这个膜还没有完全干燥的时候,把它捆在钟形漏斗上(图4)。按装这个膜时,必须注意不要使边缘褶皱,并且不要过紧,要有均匀的张度。这样用细线把下缘捆着,因这种膜还没有干透,所以必须注意不要使细线击破膜的边缘。在空气中放置 2 小时就能使膜干燥,而保持适当的紧张。这种膜虽然不能说是具有完全的半透性,但也有一定程度的半透性。

象这样制成的装置按上压力计,就成为渗透压计。一般把利用半透性膜测定渗透压的装置叫做渗透器(osmotic cell)。渗透压计也可以说是渗透器的一种。在使用之后,向火棉胶渗透压计中装满蒸馏水,浸泡一天以后加以洗涤。火棉胶渗透压计制造一次就可以使用很久,但使用后必须每次用水充分洗涤,浸泡于含有百里香酚(thymol)颗粒的蒸馏水中。如果最初在捆好火棉胶膜时,在放入水中以前先放置在空气中干燥 12 小时,那就更能增高半透性。

代替火棉胶,用浸入亚铁氰化铜的透明纸(cellophane)也可以制造半透性膜。用微温水把透明纸泡软后,捆在上述钟形漏斗上,向其中装入 3 % 亚铁氰化钾溶液,再把它悬吊于 3 % 硫酸铜溶液中放置 3—4 天。最后膜上生成亚铁氰化铜而变成红褐色。这时必须注意不要生成斑点。

用刚果红染 70 % 蔗糖溶液(加热,溶解后再使它冷却),装入渗透器以后,悬吊于蒸馏水中,这样就可以看到红色溶液从渗透器的玻璃管中上升。

这里应特别注意的是,压力计所指示的压力就是透入渗透器内的水,顶起压力计的水银柱,而与水银柱的压力达到平衡时的溶液的渗透压;严格地说,这个压力比起水透入以前的溶液的渗透压稍微低些。如果与渗透器内的溶液容量比起来,透入水量少到几