



全国高等职业教育“十二五”规划教材

# 无机与分析 化学

张凤 王耀勇 余德润 主编

附

电子教案  
综合练习题及答案

可在[www.ccap.com.cn](http://www.ccap.com.cn)网站上免费下载

 中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

无机与分析化学/张凤, 王耀勇, 余德润主编. —  
北京: 中国农业出版社, 2010. 7  
全国高等职业教育“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-109-14650-1

I. ①无… II. ①张…②王…③余… III. ①无机化学—高等学校: 技术学校—教材②分析化学—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 108550 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 李 燕

文字编辑 曾丹霞

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 11.75

字数: 260 千字

定价: 23.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

## 编审人员名单

主 编 张 凤 王耀勇 余德润

副主编 李伟华 贺文华

编 者 (以姓氏笔画为序)

王耀勇 尹金标 李伟华

余德润 张 凤 张 倩

陈 凌 贺文华 韩子华

潘 秀

审 稿 李承田

# 前 言

无机与分析化学是农业类高职院校一门重要的基础课。它既培养学生的文化素质、科学素养、实验技能，又为后续课程的学习和将来从事生产实践、科学研究奠定基础。

为了适应高等职业教育注重培养应用型人才的需求，本教材以培养学生能力为主线，突出实用性、科学性和先进性。在内容编排上，将无机化学和分析化学的相关内容优化组合，打破了知识的系统性，强化了理论与实践的结合，注意与后续课程的衔接；尽量做到简明扼要、由浅入深、循序渐进、重点突出；为兼顾不同的专业，本教材主要介绍定量分析，包括定量分析化学概论、四大滴定法（酸碱滴定法、氧化还原滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法）、吸光光度法和无机与分析化学中常用的分离方法；随着科学技术的发展，为满足生产实践的需要，还增加了高效液相色谱法以供不同专业选学；把有关滴定分析法计算和酸碱、氧化还原、沉淀、配位等反应的基本原理与相应的定量分析方法结合起来讨论，做到有机整合、删繁就简。为方便教师教学和学生学学习，本教材还配有电子教案和综合练习题及答案，需要者可在 [www.ccap.com.cn](http://www.ccap.com.cn) 网站上免费下载。书中带\*号部分为选学内容。

本教材的基本学时数为 84 学时，其中理论和实验的比例为 4:6。在教学过程中各院校可根据实际情况灵活掌握。

本教材的具体编写分工如下：杨凌职业技术学院王耀勇编写第一章；商丘职业技术学院李伟华编写第二章及实验二、三；山东畜牧兽医职业学院张凤编写第三章及实验须知，实验一、七、十、十六和附录部分；山东畜牧兽医职业学院韩子华编写第四章；山东畜牧兽医职业学院尹金标编写第十章及实验四、五、六；温州科技职业学院潘秀编写第五章及实验八、九、十七、十八、十九；温州科技职业学院贺文华编写第七章

及实验十一、十二；江西生物科技职业学院余德润编写第六章及实验二十、二十一、二十二、二十三；甘肃农业职业技术学院张倩编写第八章及实验十三、十四；嘉兴职业技术学院陈凌编写第九章及实验十五。

全书由张凤统稿，山东畜牧兽医职业学院李承田教授审稿。本教材配套的电子教案由江西生物科技职业学院承做。余德润任主编，阳东青、曹根风任副主编，周晓英、和民参加编写。技术制作由阳东青、熊淑云、黄首鹏、余鑫海完成。综合练习题及答案由尹金标、张凤主编。本教材在编写过程中，得到了中国农业出版社和所有参编人员所在院校的大力支持和帮助，并参考了大量的有关书籍，在此对上述单位和参考书籍的所有作者以及审稿李承田教授一并表示感谢。书中如有不妥之处，恳请专家和读者批评指正。

编 者

2010年4月

## 内 容 简 介

本教材内容分为理论和实验两部分。理论部分包括溶液、分析化学概论、滴定分析法、吸光光度法、高效液相色谱法和无机与分析化学中常用的分离方法等内容；实验部分包括无机与分析化学实验须知、无机与分析化学实验基本操作、实验室常用仪器（电子天平、酸度计、滴定仪器）使用、定量测定技术四部分内容，共 23 个实验，其中必做实验 16 个，选做实验 7 个。为实现分析化学课程内容与农业检测国家标准对接，将有关中华人民共和国国家标准实验引入本教材中，供有关院校教学时参考。

为拓宽学生的知识面，每章后附有阅读材料；为便于学生学习和教师教学，还配有电子教案和综合练习题及答案。

本教材可供高职高专院校农林类、畜牧兽医类、养殖类、生物技术类等专业的学生使用，亦可供相近专业的师生参考。

# 目 录

## 前言

## 理 论 部 分

第一章 溶液 .....	1
第一节 稀溶液的依数性 .....	1
一、溶液的蒸气压下降 .....	2
二、溶液的沸点升高 .....	3
三、溶液的凝固点降低 .....	3
四、溶液的渗透压 .....	4
第二节 胶体 .....	6
一、胶体的吸附作用 .....	6
二、胶体的结构 .....	6
三、胶体的性质 .....	7
四、胶体的稳定性和聚沉 .....	8
习题 .....	9
阅读材料 姆潘巴现象 .....	9
第二章 分析化学概论 .....	10
第一节 分析化学概述 .....	10
一、分析化学的任务和作用 .....	10
二、分析化学方法的分类 .....	11
三、分析化学的发展趋势 .....	12
第二节 定量分析测定的一般程序 .....	13
一、试样的采取 .....	13
二、试样分解 .....	13
三、试样中干扰物质的分离 .....	13
四、测定方法的选择 .....	13
五、分析结果的计算及评价 .....	14
第三节 定量分析的误差及数据处理 .....	14
一、定量分析的误差 .....	14

二、分析结果的数据处理 .....	18
习题 .....	21
阅读材料 分析化学的发展特点 .....	22
<b>第三章 滴定分析法 .....</b>	<b>24</b>
<b>第一节 滴定分析法概述 .....</b>	<b>24</b>
一、滴定分析法的基本原理和特点 .....	24
二、滴定分析法的分类 .....	25
三、滴定分析法的反应条件及滴定方式 .....	25
<b>第二节 基准物质与标准溶液 .....</b>	<b>27</b>
一、基准物质 .....	27
二、标准溶液 .....	27
<b>第三节 滴定分析法的化学计算 .....</b>	<b>30</b>
一、计算依据 .....	30
二、计算实例 .....	30
习题 .....	33
阅读材料 GB/T 601—2002 对标准滴定溶液制备的一般规定 .....	34
<b>第四章 酸碱平衡和酸碱滴定法 .....</b>	<b>35</b>
<b>第一节 酸碱质子理论 .....</b>	<b>35</b>
一、酸碱质子理论及共轭酸碱对 .....	35
二、酸碱反应 .....	36
<b>第二节 弱电解质的电离平衡 .....</b>	<b>36</b>
一、水的电离和溶液的酸碱性 .....	36
二、弱酸弱碱的电离平衡 .....	37
三、同离子效应和缓冲溶液 .....	39
<b>第三节 酸碱指示剂 .....</b>	<b>40</b>
一、酸碱指示剂的变色原理 .....	40
二、酸碱指示剂的变色点和变色范围 .....	40
三、混合指示剂 .....	41
<b>第四节 酸碱滴定法 .....</b>	<b>42</b>
一、酸碱滴定曲线和指示剂的选择 .....	42
二、酸碱滴定法的应用 .....	47
习题 .....	48
阅读材料 酸碱理论的演变 .....	50
<b>第五章 氧化还原反应和氧化还原滴定法 .....</b>	<b>51</b>
<b>第一节 氧化还原反应 .....</b>	<b>51</b>



一、氧化数和氧化还原反应 .....	51
二、氧化剂和还原剂 .....	52
三、氧化还原反应方程式的配平 .....	53
第二节 氧化还原滴定法 .....	54
一、概述 .....	54
二、氧化还原滴定法指示剂 .....	54
三、常用的氧化还原滴定法及其应用 .....	55
四、氧化还原滴定法计算 .....	61
习题 .....	63
阅读材料一 氧化还原滴定前的预处理 .....	63
阅读材料二 从废定影液中回收银 .....	64
<b>第六章 沉淀溶解平衡和沉淀滴定法 .....</b>	<b>65</b>
第一节 沉淀溶解平衡 .....	65
一、溶度积 .....	65
二、溶度积规则 .....	66
三、影响沉淀溶解平衡的因素 .....	66
第二节 沉淀滴定法 .....	67
一、沉淀滴定法的反应条件 .....	67
二、常用的沉淀滴定法——银量法 .....	67
三、沉淀滴定法的应用 .....	70
习题 .....	70
阅读材料 分析化学家莫尔小传 .....	71
<b>第七章 配位化合物和配位滴定法 .....</b>	<b>73</b>
第一节 配位化合物 .....	73
一、配位化合物的概念 .....	73
二、配位化合物的组成 .....	74
三、配位化合物的命名 .....	75
第二节 配位滴定法 .....	76
一、概述 .....	76
二、金属指示剂 .....	76
三、配位滴定法的应用 .....	78
习题 .....	79
阅读材料 配位化合物在生命科学中的应用 .....	80
<b>第八章 吸光光度法 .....</b>	<b>82</b>
第一节 概述 .....	82

第二节 吸光光度法的基本原理 .....	82
一、物质的颜色及对光的选择性吸收 .....	82
二、光吸收曲线 .....	83
三、光吸收定律——朗伯-比尔定律 .....	84
四、影响朗伯-比尔定律的因素 .....	84
第三节 分光光度法及分光光度计 .....	85
一、分光光度法 .....	85
二、分光光度计 .....	86
三、吸光光度法的应用实例 .....	86
第四节 显色反应和测量条件的选择 .....	87
一、对显色反应的要求 .....	87
二、对显色条件的选择 .....	87
三、对测量条件的选择 .....	88
习题 .....	88
阅读材料 分光光度计的日常维护 .....	89
<b>第九章 高效液相色谱法</b> .....	91
第一节 概述 .....	91
一、色谱法简介 .....	91
二、方法原理 .....	91
第二节 高效液相色谱仪 .....	93
一、组成与结构 .....	93
二、主要部件及功能 .....	93
第三节 高效液相色谱法应用 .....	95
一、分离类型的选择 .....	95
二、固定相和流动相的选择 .....	95
三、HPLC 法应用实例 .....	97
习题 .....	97
阅读材料 高效液相色谱仪的日常维护与常见故障的排除 .....	97
<b>第十章 无机与分析化学中常用的分离方法</b> .....	100
第一节 沉淀分离法 .....	100
一、无机沉淀剂 .....	100
二、有机沉淀剂 .....	101
* 第二节 萃取分离法 .....	101
一、萃取的基本原理 .....	101
二、萃取条件 .....	102
三、萃取操作方法 .....	102

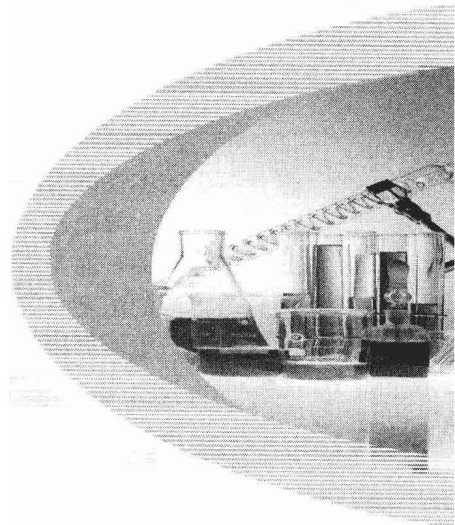
第三节 层析分离法 .....	103
一、柱层析 .....	103
二、纸层析 .....	103
三、薄层层析 .....	104
第四节 离子交换分离法 .....	105
一、离子交换树脂 .....	105
二、离子交换分离操作 .....	105
三、离子交换法的应用 .....	106
* 第五节 一般无机试样的制备 .....	106
一、水溶法 .....	106
二、酸溶法 .....	106
三、碱溶法 .....	107
四、熔融分解法 .....	107
第六节 一般物质的分析步骤 .....	107
一、初步观察及溶样 .....	107
二、阳离子分析 .....	108
三、阴离子分析 .....	108
四、分析结果的判断 .....	108
习题 .....	108
阅读材料 膜分离技术在白酒除浊中的应用 .....	108

## 实 验 部 分

实验须知 .....	110
一、实验目的 .....	110
二、实验基本规则 .....	110
实验一 实验基本操作 .....	111
实验二 试样称量练习 .....	116
实验三 酸度计的使用 .....	118
实验四 滴定仪器的使用 .....	122
实验五 盐酸标准溶液的标定 .....	127
实验六 氢氧化钠标准溶液的标定 .....	128
实验七 铵盐中氮含量的测定 (甲醛法) .....	130
实验八 亚铁盐中 $\text{Fe}^{2+}$ 的测定 (重铬酸钾法) .....	131
实验九 高锰酸钾标准溶液的标定 .....	133
实验十 氯化物中氯含量的测定 (莫尔法) .....	135
实验十一 EDTA 标准溶液的标定 .....	136
实验十二 水中 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 含量及水总硬度的测定 (EDTA 法) .....	138

实验十三 磷的定量测定 (钼蓝法) .....	141
实验十四 铁的定量测定 (邻二氮菲法) .....	143
实验十五 高效液相色谱法测定饮料中咖啡因的含量 .....	146
实验十六 反相高效液相色谱法分析甲苯、萘、菲 .....	148
* 实验十七 水中溶解氧的测定 .....	149
* 实验十八 水果、蔬菜中维生素 C 的测定 .....	150
* 实验十九 农产品中总糖量的测定 .....	152
* 实验二十 肥料中氨态氮含量的测定 (GB/T 3600—2000) .....	154
* 实验二十一 饲料中钙的测定 (GB/T 6436—2002) .....	155
* 实验二十二 水质总铬的测定 (GB/T 7466—87) .....	159
* 实验二十三 食品中氯化钠的测定 (GB/T 12457—2008) .....	163
<b>附录</b> .....	166
附录一 国际单位制 (SI) 的基本单位 .....	166
附录二 国家选定的非国际单位制单位 .....	166
附录三 常用酸、碱溶液的相对密度和浓度表 .....	167
附录四 一些常用弱酸、弱碱在水溶液中的电离常数 .....	168
附录五 难溶化合物的溶度积 ( $K_{sp}$ ) (18~25°C) .....	169
附录六 常用缓冲溶液的配制方法 .....	170
附录七 相对原子质量 ( $A_r$ ) 表 .....	171
附录八 化合物的摩尔质量 ( $M$ ) 表 .....	171
附录九 元素周期表 .....	174
<b>主要参考文献</b> .....	175

# 理论部分



## 第一章 溶 液

### 本章学习目标

#### 【知识目标】

- 掌握稀溶液的依数性及其应用
- 了解胶体溶液的吸附作用、胶体的结构和性质、胶体的稳定性及聚沉

#### 【能力目标】

- 掌握无机与分析化学实验的基本操作

溶液是由两种或多种成分组成的均匀的稳定的体系。溶液是分散系的一种，从广义上讲，溶液可以分为气态（如空气）、液态（如生理盐水、氨水）和固态（如合金、有色玻璃）。通常所讲的溶液是液态的水溶液。

溶液在日常生活中具有重要意义，生物的生命活动与水溶液息息相关，动物体内有许多物质如血液、组织液、淋巴液以及胆汁等体液都是以溶液的形式存在的，生物营养物质的运输、消化、吸收等生理活动都离不开溶液，生物体内新陈代谢的各种物质所组成的溶液都在起着维持生命活动的作用，并参与各种生理生化反应。在科学研究中大部分化学反应都是在溶液中进行；在医学方面，固体药物必须转化为溶液才能发挥药效；在农业方面，农药的使用、组织培养液的配制和无土栽培技术的应用都离不开溶液，大多数分析检验都在溶液中实施。

本章将在中学化学知识的基础上，根据现代农业生产和科学实验的需要，介绍稀溶液的依数性和胶体等内容。

### 第一节 稀溶液的依数性

根据导电性的不同，溶液可分为电解质溶液和非电解质溶液；根据溶液中所含溶质的多少，溶液可分为浓溶液和稀溶液。溶液的性质不同于纯溶质又不同于纯溶剂的性质。根

据与溶质的本性的关系可将溶液的性质分为两类，一类性质与溶质的本性有关，如溶液的颜色、气味、导电性、酸碱性、氧化性、还原性等；另一类性质只与溶液中溶质的微粒数目即浓度有关，而与溶质的本性无关，如溶液的蒸气压、沸点、凝固点以及渗透压等。这些只与溶液的浓度有关的性质，称为稀溶液的依数性。该性质只适用于难挥发、非电解质的稀溶液，也叫做稀溶液的通性。

## 一、溶液的蒸气压下降

**1. 溶剂的蒸气压** 在一定温度下，将一杯纯液体放在一个密闭容器内，液体表面的分子就会克服分子间的力从表面逸出，扩散到空间，形成蒸气分子，这个过程叫做蒸发或汽化。同时蒸气分子在液面上的空间不停运动，一些蒸气分子碰到液面被吸引又会回到液体中，这一过程叫凝聚。当蒸发和凝聚速率相等时，即达到平衡状态，此时液体上方的蒸气压称为饱和蒸气压。因为蒸发是一个吸热过程，所以蒸气压随温度的升高而增加。水的蒸气压与温度的关系见表 1-1。

表 1-1 水的蒸气压与温度的关系

温度/K	压力/kPa	温度/K	压力/kPa
273	0.610 6	313	7.375
278	0.813 2	323	12.33
283	1.228 0	333	19.92
288	1.705 0	343	31.16
293	2.338 0	353	47.34
298	3.167 0	363	70.09
303	4.238 0	373	101.325

同液体一样，固体也有蒸气压，但一般情况下数值很小，冰的蒸气压见表 1-2。

不同的液体在相同条件下蒸气压也不同，越是容易挥发的液体，蒸气压也越大，如 20℃时水的蒸气压为 2.338kPa，酒精的蒸气压为 5.85kPa。各种液体和固体蒸气压均随温度的升高而增大，当温度一定时，它们的蒸气压也是一定的。

表 1-2 不同温度时冰的蒸气压

温度/K	259	263	265	267	269	271	273
蒸气压/kPa	0.21	0.29	0.34	0.39	0.45	0.53	0.61

**2. 溶液的蒸气压下降** 在一定温度下，水的蒸气压是一个定值，如果在水中加入一种难挥发的非电解质（如蔗糖、果糖、甘油等）形成稀溶液，则溶液中水的比例必然少于纯水，溶质的加入也会占据一定的表面积，同时还会与水分子形成水合分子，使得水分子蒸发速率比纯水慢，当蒸发和冷凝达到平衡时，溶液的蒸气压（实际上是溶剂的蒸气压）要比纯水的蒸气压低。这种现象称为溶液的蒸气压下降。溶液的浓度越大，其蒸气压下降越多。

根据实验结果，1887 年法国物理学家拉乌尔得出如下结论：在一定温度下，难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降值与溶液的浓度成正比，而与溶质的本性无关。此结论称为拉乌尔定律。

**3. 蒸气压下降理论在实际中的应用** 现代科学研究证明,植物的抗旱性与溶液的蒸气压下降有关。当外界气温升高时,植物体内细胞中的可溶性物质(如氨基酸、碳水化合物)大量溶解,增大了细胞汁液的浓度,使植物体内的蒸气压下降,水分损失减少,从而使植物表现出一定的抗旱性。还有某些固体物质如  $P_2O_5$ 、 $CaCl_2$  等在空气中易吸收水蒸气而潮解,也都与溶液的蒸气压下降有关。原因是这些固体表面吸水后形成溶液,其蒸气压低于空气中的蒸气压,则蒸气压大的一方水蒸气便向蒸气压小的一方水溶液中转化,结果空气中的水蒸气不断凝聚进入溶液,直到蒸气压达到平衡。正是由于这种性质,这些易潮解的物质常用作干燥剂使用。

## 二、溶液的沸点升高

**1. 溶剂的沸点** 液体(纯溶剂)加热时,其蒸气压随着温度的升高而增大,蒸气压和外界大气压相等时,液体就开始沸腾,此时的温度称为该液体在该压强下的沸点。例如,纯水在  $100^\circ\text{C}$  时的蒸气压恰好是  $101.325\text{kPa}$ ,和外界大气压相等,所以水的沸点是  $100^\circ\text{C}$ 。显然液体的沸点与外界压力有关,外界压力越大,则沸点越高。而高原地区由于空气稀薄,气压较低,所以水的沸点低于正常沸点  $100^\circ\text{C}$ 。在一定压强下,液体的沸点是固定的。

**2. 溶液的沸点升高** 当水中溶有难挥发的非电解质时,由于溶液的蒸气压下降,相同温度时溶液的蒸气压就低于纯溶剂的蒸气压,如沸点 ( $100^\circ\text{C}$ ) 时溶液的蒸气压低于外界大气压,溶液就不会沸腾。要使溶液沸腾,必须使溶液的蒸气压达到外界大气压,也就是要升高溶液的温度,所以溶液的沸点总是高于纯溶剂的沸点,这种现象称为溶液的沸点升高。显然溶液的浓度越大,沸点越高。

溶液沸点升高是由溶液的蒸气压下降所引起的,所以沸点升高值也只与溶液的浓度有关,而与溶质的本性无关。

**3. 沸点升高理论在实际中的应用** 在生产和实践中,利用沸点升高现象可以测定某些物质的分子质量;大多数纯液体都有固定的沸点,若液体含有杂质,其沸点就会升高,所以通过测定沸点可以鉴别液体的纯度;化工生产中某些在较高温度时易分解的有机物,常采用减压蒸馏,一方面可以降低沸点,另一方面还可以避免因高温而影响产品的产量和质量,如石油的分馏广泛采用减压分馏。

## 三、溶液的凝固点降低

**1. 溶剂的凝固点** 纯液体的凝固点是指在密闭容器内液态和固态共存,且具有相同蒸气压的温度。冰与水能稳定共存时,二者的蒸气压都为  $610.5\text{Pa}$ ,此时的温度  $273.16\text{K}$  称为水的凝固点。若蒸气压不等,蒸气压大的一相则向着蒸气压小的一方转化。例如,低于  $0^\circ\text{C}$  时水的蒸气压会高于冰的最大蒸气压 ( $610.5\text{Pa}$ ),水会结冰,高于  $0^\circ\text{C}$ ,则冰的蒸气压会高于水的最低蒸气压 ( $610.5\text{Pa}$ ),冰则会融化。我们通常所说的冰点,是在外界压力为  $101.325\text{Pa}$  大气压下冰的熔点。

**2. 溶液的凝固点降低** 如果在  $0^\circ\text{C}$  的水中加入难挥发非电解质,溶液的蒸气压就会降低,而冰的蒸气压不受影响,这时冰的蒸气压高于溶液的蒸气压,于是冰融化为水。也就是说,此时水不会结冰,如果要使溶液结冰,就要降低温度使得水的蒸气压和冰的蒸气压

相等，冰水才能共存。由此可见，溶液的凝固点比纯溶剂（水）的凝固点低，这种现象叫做溶液的凝固点降低。溶液的浓度越大，凝固点就越低。

根据拉乌尔定律得知：难挥发非电解质稀溶液的凝固点降低与溶液的质量摩尔浓度成正比，而与溶质的本性无关。

**3. 凝固点降低理论在实际中的应用** 溶液凝固点降低的性质被广泛地应用，例如在寒冷的冬天，给汽车水箱中加入甘油或乙二醇等抗冻剂，可降低水的凝固点防止水箱因水冻结而胀裂；北方冬天下雪后给道路上撒融雪剂，使路面冰雪快速融化，防止交通事故；建筑工地为了使混凝土在低温时不致冻结，施工时常常加入亚硝酸盐等抗凝剂；在分析化学中，通过测定溶液的凝固点降低值，可测定某些物质的分子质量或物质的纯度；植物在冬季表现出的耐寒性，也是由于细胞汁液浓度增大凝固点降低而不被冻坏，植物仍能保持生命活动。

#### 四、溶液的渗透压

**1. 渗透作用与渗透压** 假如在浓的蔗糖溶液液面上小心地加一层清水，在避免任何机械振动的情况下静置一段时间，则蔗糖分子会从下层进入上层，同时水分子从上层进入下层，直到浓度完全相等，整个体系成为均匀的蔗糖溶液。这个过程称为扩散。扩散过程在自然界普遍存在，例如土壤溶液中养分离子的扩散，实验室配制溶液也存在扩散等。

如果用一种半透膜将蔗糖溶液和水隔开，情况就不同了。半透膜是一种只能通过小分子水，而不能通过大分子蔗糖的多孔性薄膜。例如动物的肠衣、膀胱膜和细胞膜，人工制造的羊皮纸、火胶棉等都是半透膜。如图 1-1 所示，一侧装有纯水，另一侧装有蔗糖溶液，中间用半透膜隔开，起初两侧液面高低相等。由于两侧浓度不同，溶液一侧水的相对含量小于纯水一侧，所以水分子从纯水一侧向溶液一侧扩散速度要比从溶液一侧向纯水一侧扩散速度快，经过一段时间后纯溶剂一侧液面下降，溶液一侧液面上升，出现了高度差  $h$ 。从表面上看，只是水通过半透膜进入溶液。这种溶剂分子通过半透膜自发地进入溶液的过程（现象）称为渗透。渗透是有限的，当溶液一侧上升到一定高度时，所产生的压力使得溶液一侧和纯水一侧相互渗透速度相等时，液面不再上升，就达到了渗透平衡，这时液面两侧的高度差所产生的静压力称为渗透压。

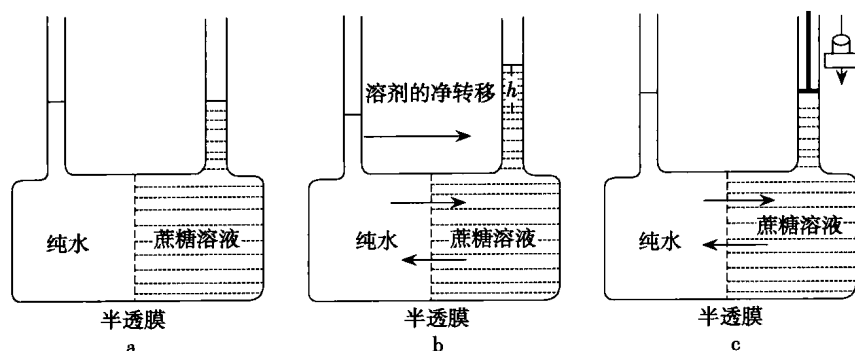


图 1-1 渗透示意图

a. 渗透发生前 b. 渗透现象 c. 渗透压



**2. 范特霍夫规则** 渗透压是溶液的一种性质，它只有在半透膜存在时才能表现出来。如果半透膜两边溶液浓度不同，则渗透压不等，渗透压高的溶液称为高渗溶液，渗透压低的溶液称为低渗溶液，就渗透方向而言，总是低浓度溶液的溶剂分子向高浓度一方渗透。如果在高浓度一侧施加一个大于渗透压的外力时，则溶剂分子会通过半透膜由高浓度一方流向低浓度一方渗透，这种渗透称为反渗透。反渗透原理被广泛用于海水淡化、工业废水和污水的处理以及溶液浓缩等方面。如果半透膜两边溶液浓度相同，则渗透压相等，这两种溶液称为等渗溶液。

溶液的渗透压与溶液的浓度和温度有关，1886年荷兰物理学家范特霍夫(J. H. Vant Hoff)根据大量实验得出：难挥发非电解质稀溶液的渗透压与物质的量浓度和热力学温度成正比而与溶质的本性无关。

**3. 渗透压理论在实际中的应用** 渗透现象广泛地存在于自然界中。渗透现象在植物生命活动中有着极为重要的作用，植物体内的细胞膜具有半透膜的作用，它只允许外界的水分子进入细胞中，而不允许细胞内可溶性大分子通过，从而使细胞吸水膨胀，引起植物茎、叶、花瓣等具有一定的弹性且能够伸展，以便更好地进行光合作用。植物吸收养分也是通过渗透作用进行的，当植物体内细胞液的渗透压大于土壤溶液的渗透压时，植物才能正常地从土壤中吸收水分和养料，促进其生长；如土壤溶液渗透压大于植物体内细胞液的渗透压时，植物体内的水分便渗入土壤，导致植物枯萎死亡。这也是盐碱地不利于植物生长，施肥过多导致植物死亡的原因。

渗透现象与人和动物的生活也有着密切联系。例如海水鱼和淡水鱼不能混养或互换生活环境，就是因为海水与淡水的渗透压不同的缘故。人体和高等动物体内有许多薄膜，如细胞膜、毛细血管壁等都具有半透膜的功能，从而使血液、胃肠液、细胞液等具有一定的渗透压。当人饮水后水渗入血液使血液渗透压降低，这时水就随血液运动，通过渗透被输送到体内各个组织细胞中。

在医学上输液时，必须使用与动物或人体体液具有相同渗透压的等渗溶液。在临床上，正常人体血浆的渗透压在310K(37℃)时为 $7.2 \times 10^5 \sim 8.2 \times 10^5$  Pa，因此在310K时输液应该用其等渗溶液，如0.9%的生理盐水或5%的葡萄糖溶液。若用低于 $7.2 \times 10^5$  Pa的低渗溶液，或高于 $8.2 \times 10^5$  Pa的高渗溶液，就会因强烈的渗透作用而引起红细胞膨胀或萎缩，造成严重后果。

人在淡水中游泳时眼睛会疼痛红肿，而在海水中却有干涩萎缩的感觉，都是由渗透作用所引起的。大量运动后以及吃食物过咸，由于组织渗透压的增加就会感到口渴也是这个道理。

在食品加工中，用高浓度的糖液浸泡制作果脯时，高浓度的糖液对于某些细菌而言是高渗溶液，它能使细菌体内失水而死亡，从而达到防腐的目的。

必须指出，不论是电解质溶液还是非电解质溶液，不论是浓溶液还是稀溶液，都有蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压现象，但是只有难挥发非电解质的稀溶液才严格遵循拉乌尔定律和范特霍夫规则。