

第一章 绪论

一、化学及其研究的对象

化学 (chemistry) 是在原子、分子水平上研究物质的组成、结构、性质、变化规律及其应用的科学。当今化学科学发展的一个显著特点是化学积极向与国民经济和社会生活密切相关的学科渗透, 如环境科学、材料科学、能源科学、生命科学等, 在这些学科的发展中, 化学的地位和作用日益显著。化学正成为人类进步的关键, 是 21 世纪的中心科学。可以说, 人类正生活在一个化学所创造的物质世界里, 我们的衣、食、住、行等都离不开化学。

医用化学以医疗卫生行业中涉及到的化学问题为核心, 从人体的组成、人体中的化学反应及平衡、人体所需营养物质等方面研究相关化学问题, 突出化学与医学、化学与生活、化学与环境的关系, 揭示化学在人体中的生理和病理现象、改善公民生活质量及促进社会进展方面所发挥的作用。

物质结构是现代化学的重要组成部分, 也是医学、生命科学、材料科学、环境科学、能源科学、信息科学的重要基础。它揭示了物质构成的奥秘、物质结构与性质的关系, 有助于人们理解物质变化的本质。物质的性质, 包括物质的物理和化学性质、生物和生理活性等, 都是由物质的结构决定的。从分子水平研究生命科学, 离不开物质结构的研究。化学已较广泛地进入生命科学, 并为此已经或正在做出基础性贡献。与生命科学有关的诺贝尔 (Nobel) 化学奖从 1980 年的 DNA 至 1997 年的 ATP 共有七八项之多。

充分认识和彻底了解人类和生物的生命运动的化学机理, 无疑是 21 世纪化学科学亟待解决的重大课题之一。生命科学中许多重大问题的研究, 如生物分子的结构与其相应功能的关系、若干重要生物分子反应机制、酶催化机理、手性生物分子和手性药物的作用机制、抗癌药物的设计和筛选等, 都要依赖于化学科学中物质结构理论与分析测试技术的发展。研究配体小分子和受体生物大分子相互作用的机理, 人们就能进行药物设计, 合成高效无毒、无副作用的药物; 搞清楚食草动物胃内酶分子如何把植物纤维分解为小分子的反应机理, 就为充分利用自然界丰富的植物纤维资源打下基础。

化学变化是化学研究中的重要内容。人类在探索自然规律造福社会的历程中大量利用的化学反应原理就是人类在研究大量化学反应本质的基础上, 总结得到的关于化学反应的一般规律。

在现代社会, 有机物是人类赖以生存的重要物质基础。这些有机物既有天然有机物, 又有合成有机物。现代社会广泛使用着大量人工合成得到的有机物 (如药物、农药、特殊功能材料、智能材料、塑料、合成纤维、合成橡胶等), 这些有机物既有小分子化合物, 又有高分子化合物。大量具有特殊功能的有机物的合成, 极大地改善了人类的生活质量, 并改变了人们的生活习惯。人类社会对人工合成的有机物的依赖性日益增大, 人工合成有机物的广泛使用已经成为现代社会的显著特征之一。随着社会进步和科技发展, 现代社会要求化学家能不断合成出具有特殊功能的有机物, 以满足社会持续发展的需求。

化学实验是人们探索化学规律和验证化学规律的手段, 它是利用各种仪器设备人为地制造、改变和控制某些实验条件, 排除各种干扰, 突出主要因素, 使人在最有利的条件下对研究对象进行观察的一种特定的实践活动。从一定意义上说, 化学是一门建立在实验基础上的科学。化学理论的发现、验证和应用都是建立在实验基础上的。化学科学发展的历史说明, 化学学科的每一次飞跃发展, 化学科学史上每一次重大的发现, 都离不开化学实验。通过化学实验, 不但能训练实验操作技能, 还可以获得化学的基础知识和了解化学研究的方法, 形成科学精神。

二、化学的发展史

化学史是人类在长期的社会实践过程中，对获得的化学知识的系统的历史回顾。

17 世纪中叶以前化学的发展是以实用为目的，化学知识来源于具体工艺过程的经验。原始人类由野蛮进入文明是从用火开始的。燃烧实际上是一种化学现象。人类由于掌握了火的使用，生活上开始食用熟食，同时也在生产实践中实现了一系列化学变化，例如制作陶器、冶炼青铜、染色、酿造等。

后来在中国出现了炼丹术，秦汉之际极其盛行。炼丹家企图在炼丹炉中炼出长生不老之药或贵重金属如金、银等。他们有目的地将各类物质进行搭配烧炼，在这个过程中使用了燃烧、煅烧、蒸馏、升华、熔融、结晶等实验手段，同时也了解了很多物质的性质。这实际上也是科学实验的雏形。

大约在公元 7~9 世纪，中国的炼丹术和造纸术、医药学、天文学一起传入阿拉伯，促进了东方文化与西方文化的交流与融合。到了 16 世纪，欧洲工业生产逐渐发展，极有力地推动了化学科学的发展。

17 世纪中叶以后，随着资本主义工业生产的迅速发展，积累了物质变化的新知识。与此同时，数学、物理学、天文学等学科也取得了显著的进步。特别是当时的一些哲学家摆脱了经验哲学的束缚，提出了正确的科学研究方法，大大地推动了化学科学的发展。

从 1661 年波意耳(Boyle R)提出科学元素说到 1803 年道尔顿(Dalton J)提出原子论之前是近代化学的孕育时期。从原子学说的建立，到原子可分性的发现，属于近代化学的发展时期。

在近代化学的孕育时期，另一重大发现是 1777 年拉瓦锡(Lavoisier A L)提出了燃烧的氧化学说，彻底推翻了统治达百年之久的燃素说。拉瓦锡通过大量的燃烧实验，证明了化学过程中的物质不灭定律。

在近代化学的发展时期(19 世纪初)，化学科学在理论上突飞猛进。例如，1827 年道尔顿建立了原子论，它与古代的原子观不同，突出强调不同元素的原子，其质量不同。不同元素的原子以简单的比例结合成为化合物。1811 年，阿伏伽德罗(Avogadro A)提出分子假说，进一步充实了分子原子学说，为物质结构价键理论的研究奠定了基础。在原子分子学说建立之后，另一个重大发现就是 1869 年门捷列夫(Менделеев Д И)的元素周期律。周期律不仅使无机化学形成了比较完整的体系，而且与原子分子学说相结合，形成了化学理论体系。在研究物质的结构和性质时，常常离不开周期律。门捷列夫发现周期律之后，借助于化学分析又发现了许多新元素，经典分析方法也得到了发展。与此同时，苯的六元环结构以及碳成键时的四面体结构的建立，使有机化学得以迅速发展。19 世纪下半叶，将物理学中的热力学理论引入化学后，从宏观角度解决了许多有关化学平衡的问题。

化学结构的原子价键理论以及借助于物理学的成就而建立起来的物理化学理论等等，都推动了无机化学、有机化学、分析化学和物理化学四大基础学科的相继建立。社会的需要，生产技术的发展也推动了化学工业的发展。大规模制酸、制碱、合成氨工业、染料工业以及一些有机合成工业接踵出现。为解决生产过程中所出现的一些问题人们进行了科学探索，这些探索活动也促进了无机化学和有机化学的发展。原子量(现称相对原子质量)的测定和物质成分分析促进了分析化学的发展，逐步建立了容量分析法、重量分析法以及一些系统的分析、分离方法。在物理化学领域里，化学热力学、化学动力学、电化学、胶体化学、溶液理论以及对催化剂的研究都有了很大的进步和发展。化学实现了从经验到理论的重大飞跃，化学真正被确立为一门独立的科学，并且出现了许多分支。

X 射线、放射性和电子是 19 世纪末的三大发现，打开了原子和原子核的大门，使化学家能够从微观的角度和更深的层次上来研究物质的性质和化学变化的根本原因。

现代化学发展到现在已有近百年的历史，这是一个丰收期，无论在化学的理论、研究方法还是实验技术以及应用等方面都发生了深刻的变化。原有的基础学科已容纳不下新发展的事物，又衍生出许多分支。例如高分子化学就是一门迅速发展起来的化学分支，三大人工合成工业(橡胶、塑料和纤维)成为人类物质生活中不可缺少的部分，它们为宇航、能源、交通、国防提供新材料。因此，系统地研究高分子化合物的结构、功能、合成、生产等就形成了高分子化学或者更确切地说“高分子科学”这一分支。

人工合成的高分子材料只是材料的一部分，还有无机合成材料、复合材料以及适应特殊需要的具有光敏、导电、光导、耐压、耐热或苛刻条件下的稳定性等特殊性能的材料，于是就很自然地形成了材料化学、合成化学等分支。

自从发现了原子核的裂变和链式反应之后，开辟了人类利用原子能的时代。原子序数从 93 到 112 的超铀元素陆续被人工合成，于是核化学形成了，它包括了同位素化学、辐射化学、超铀元素化学等等。

自 20 世纪 40 年代以来，利用光、电、磁等方面的新成就，人类发明和创造了许多新仪器，使分析的灵敏度从常量到微量，甚至超微量，精确、直接、简便、高速和遥测，反映出分析技术的现代化水平，从而使仪器分析作为一个分支出现，其地位日益重要。

从科学的分支来看，其重要特征是交叉学科较多，例如生物化学、环境化学、材料化学、元素有机化学、药物化学等等。从研究内容来看，人们希望从物质的结构、性质、组成三者的相互关系，从微观的角度利用已有的理论和现代测试仪器从更深的层次研究化学运动的规律。

合成各种物质是化学研究的主要目的之一，人造水晶、金刚石及超导材料的合成，为各种超纯物质、新型材料和特殊化合物的合成提供了较大的发展空间；胰岛素、活性蛋白质、血红素和核酸的合成，为有机物、高分子化合物、生命物质的合成和探索生命科学提供了研究方向。

新中国成立后，特别是改革开放以来，我国的科学技术发展迅速。我国由贫油的国家跃升为世界第五大产油国，原油加工能力位列世界第四，水泥、化肥、平板玻璃、合成氨、电石、染料、纯碱、农药、化纤等产品的产量位居世界前列。我国率先合成了具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素和酵母丙氨酸转移核糖核酸，并完成了猪胰岛素晶体结构的测定，在人类揭开生命奥秘的历程中向前迈进了一大步。2000 年，我国科学家加入了国际人类基因组计划，为在 21 世纪将 10 万条基因完全分离，揭示其结构与功能，为人类彻底认识生命本质，开展基因治疗、攻克癌症等做出了应有的贡献。

三、化学与医学的关系

医学的任务是研究人体的生理现象和病理现象的规律，从而寻求防病治病的方法以保障人类的身体健康。人体内的一切生理现象和病理现象与体内的代谢作用密切相关，而代谢作用又与体内发生的一系列化学变化密切关联。物质在体内是完全遵循化学基本原理和规律的。只有掌握必要的化学知识，才能很好地理解生理现象和病理现象。例如，正常人的血浆总是保持一定的胶体渗透压，因而在毛细血管的静脉端血压低于血浆胶体渗透压，于是细胞间液不断通过静脉端毛细血管壁回到血液中，而使一些代谢产物通过肺和肾脏排出体外。某些严重的肝脏病患者，晚期会出现腹水，原因之一就是由于血浆的胶体渗透压降低，不能有效的回收细胞间液，造成血浆外渗所致。所以，治疗时常注射血清白蛋白，以提高血浆的胶体渗透压。此外，临床上给病人输液时，通常是用等渗溶液，而给患者消除脑水肿时，却注射高渗葡萄糖溶液等问题，都与渗透压有密切的关系。而渗透现象和渗透压的问题，属于化学研究的范畴。

环境保护和疾病预防，都需要很多化学知识。例如，饮用水分析、食品检验、气体分析、粉尘分析、毒物检验等都离不开化学的测试手段和处理方法。

诊断和治疗疾病更离不开化学。在临床检验中，常利用化学方法检查血、尿、粪便等以诊断疾病。例如，测定尿液中糖的含量，不仅可以诊断糖尿病，而且可以确定胰岛素的用量。只有对药物的组成、结构和性质有足够的认识，才能了解它们的药理作用。

医学的进展，与化学有着密切的关系。在当代，医学科学突飞猛进，知识浩瀚无边。新知识、新技术、新成就不断涌现，新兴专业和新兴学科相继诞生。在探索医学与生物学未知领域的过程中，化学科学与医学科学正遥相呼应，齐头并进。可见，作为一名医学或其相关专业的学生，所面临的不是要不要学习化学的问题，而是如何在有限的时间内，学好化学为学习医学打下坚实基础的问题。

四、化学学习方式的优化

传统的学习方式，过于强调接受学习，忽视学生学习的自主性、能动性和独立性，忽视学生之间的合作与交流。在课堂上教师没有给学生留下可以自己进行学习活动的时间和空间，没有帮助学生学会学习，学生处于被动的地位，只是听、记、背、练，不利于全面素质的提高。

化学课程倡导学习方式的变革，倡导“主动、探究、合作”的学习方式。

主动学习强调的是培养学生主动、独立的学习能力，为学生今后自主发展和适应社会奠定基础；探究性学习强调培养学生探究未知世界的能力，为学生今后能够创造出更多的新的思维产品奠定基础；合作学习强调的是协作、分享精神，为学生适应社会性的群体做准备，因为合作是现代社会发展要求人们具备的基本素质。这三种价值取向相互并行而又互为补充，缺一不可。因此，学生在学习过程中要结合使用。首先要积极对学习内容进行自主学习；如果自主学习过程中产生疑问，就要勤于动脑，积极思考，开展探究性学习；如果自己研究还不能解决问题，应开展小组或集体合作的探究学习，直至把问题解决。

尽管如此，我们并不排斥有意义的以接受为前提的接受式学习和教师的启发式讲解。只有在有意义的接受式学习中经过积极思考，才能在新知识与旧知识之间建立起有机的联系。下面介绍一些具体的学习方法：

1. 课前预习

要以主动的学习方式进行学习，就要从预习做起。预习至少有两方面的好处：第一，能提高自学能力。自学一般总能看懂部分内容，这样先看书后听讲，对自学能力的提高很有帮助。第二，能使听课有的放矢。预习时，已经知道哪些内容比较容易理解，哪些内容比较难理解。听讲时，对已经弄懂的内容，就可以理解得更好，并可以向更深更广的方向联想；对于没有弄懂或不甚懂的内容，就特别集中注意力去听讲，认真聆听老师是怎样提出这一问题的，又是怎样分析、怎样解决的。这样，听课效果无疑是会提高的。

2. 认真听课

听课是学生获取知识的主要途径之一。我们一定要充分把握住这一教学环节。听课时，一定要全神贯注，精力集中。形式上看起来，课堂讲授是教师的“独白”，实质上是师生双方共同进行思维活动的过程。教师的思维活动，通过语言作为中介，引起学生思维的“共鸣”。听课时一定要有这种“共鸣”，尽量跟上老师的思路。要注意老师所讲的每一个概念、定义、定律和学说是怎样提出来的，它的主要内容是什么，结论如何，以及在什么条件下适用等等。

3. 注意联系，学会总结

要使学到的知识能够巩固，复习和总结是重要的一环。学完一个章节后，应该进行小结。复习可以是纵向的，也可以是横向的。所谓纵向的复习，就是按书本或讲课的顺序复习；所谓横向的复习，就是把性质相近的或是有密切联系的问题，汇集在一起，进行分析、归纳、对比，以加深理解。

4. 独立思考，认真解题

为了巩固、加深对所学知识的理解，培养分析问题和解决问题的能力，必须完成一定量的习题。

5. 重视实验，培养能力

化学是一门以实验为基础的科学，其精髓在于它的实践性。化学实验教学对发展学生智力，培养能力，以及对学生进行科学方法、科学作风的训练等方面，都具有重要的作用。实验过程中，要注意认真仔细地观察并记录实验现象和数据。要积极思维，把实验中观察到的现象和课本上学到的理论联系起来。要按操作规程进行操作，注意实验基本技能的培养和科学作风的训练。不能只注重实验结果，而忽视实验操作。操作技能也只有通过实践才能学会。

实验 1-1 化学实验基本操作

【目的要求】

1. 明确并自觉遵守化学实验室规则。
2. 正确进行试管、烧杯等玻璃仪器的洗涤和干燥操作。
3. 正确使用托盘天平和量筒等仪器。
4. 通过粗盐的提纯,较熟练地进行研磨、称量、溶解、搅拌、加热、过滤、蒸发等基本操作。
5. 养成严肃认真的工作态度,增强科学探索的兴趣。

【实验用品】

试管、试管夹、试管刷、漏斗及漏斗架、酒精灯、托盘天平及砝码、药匙、蒸发皿、研钵、玻璃棒、铁架台(附铁圈及铁夹)、石棉网、量筒等。

洗涤剂、粗食盐、蒸馏水。

【实验内容和操作】

1. 玻璃仪器的洗涤和干燥

(1) 洗涤:为了保证实验结果的准确,必须将实验所用的玻璃仪器洗涤洁净。一般附着在玻璃仪器上的污物有尘土、可溶物质、不溶物质和油污等,根据不同情况可用不同方法洗涤。

用水洗:在试管中加入适量水,将试管刷在器皿里转动或上下移动,可使附着在仪器上的尘土和可溶物质脱落下来。

用洗涤剂洗:可溶解油污或其他有机物质,然后用自来水冲洗干净。

如果仪器污染严重,用水或洗涤剂都洗不干净时,可用铬酸洗液进行洗涤。铬酸洗液有强烈的腐蚀性,使用时要注意安全,防止溅到皮肤或衣服上。

洗净的仪器内壁应该均匀被水润湿而不挂水珠,然后用少量蒸馏水冲洗 2~3 次,每次用量不必太多。“少量多次”是洗涤仪器时应遵循的原则。

(2) 干燥:洗净后不急用的玻璃仪器倒置在实验柜内或仪器架上晾干;马上要使用的仪器,可放在电热干燥箱内烘干(放进去之前应尽量把水倒尽)。烧杯和蒸发皿可放在石棉网上用小火烤干;试管可直接用小火烤干,操作时,试管口向下,来回移动,烤到不见水珠时,使管口向上,以便除尽水蒸气。也可用电吹风将玻璃仪器吹干。带有刻度的计量仪器不能用加热的方法进行干燥,以免影响其精密度。

2. 托盘天平的使用

托盘天平是常用的称量器具,用于精确度不高的称量,一般能精确到 0.1 g 或 0.2 g)。它附有一套砝码,放在砝码盒内。砝码盒内砝码的总质量等于天平的最大载荷。砝码必须要用镊子夹取。托盘天平的使用方法步骤:

(1) 称量前:检查天平在静止时指针是否停在标尺的中间位置,若不在中间,可用调节螺丝调节,使指针指向标尺的中间(即零点)。

(2) 称量时:左盘放被称物品,右盘放砝码。如果要称取一定质量的药品,则先在右盘加够砝码,在左盘加减药品,使天平平衡。药品不能直接放在托盘上,而应放在称量纸或表面皿上;加减砝码要用镊子夹取,并遵循由大到小的原则,如天平附有游码时,应注意游码标尺上每一大格表示 1 g。当天平指针摆动到达平衡位置时,记录所加砝码质量和游码的读数,二者之和即为称取药品的质量。

(3) 称量后:将砝码放回砝码盒内,游码移回零处,并将两个天平托盘重叠放在一起。

3. 药品的取用

(1) 固体药品的取用:取粉末状或小颗粒的药品,要用洁净的药匙。药匙的两端为大小两个匙,取大量固体药品时用大匙,取少量固体药品时用小匙。往试管里装粉末状药品时,为避免药品粉末沾在试管口

和管壁上，可将试管倾斜或平放，把盛有药品的药匙（或用洁净的硬纸片折成“V”字形槽）小心地送到试管底部，然后将试管慢慢竖起来，使药品全部落到底部。

取块状药品或金属颗粒，要用洁净的镊子夹取，装入试管时，应先把试管平放，把药品放到试管口，再把试管缓慢地竖立起来，使颗粒状药品滑到试管底部。

取用药品的药匙和镊子，每用完一次，必须擦洗干净，绝不能用沾有某种药品的药匙或镊子伸到其他试剂瓶中取药品。

（2）液体药品的取用：从滴瓶中取液体试剂时，要用滴瓶上的滴管，不能用别的滴管。取出后，不能使滴管与接受器的器壁接触，否则滴管口易沾有容器上的其他药品，放回滴瓶后污染原试剂。当滴管吸上了液体时，不能将管尖朝上，以防液体流入胶头内。因为液体药品可能与胶头发生化学反应，引起液体药品变质。

用量筒量取液体时，应左手持量筒，并以大拇指指示所需体积的刻度处；右手持试剂瓶（试剂瓶标签应在手心处，以免倒完液体后，残留在瓶口的液体流下来腐蚀标签），瓶口紧靠量筒口边缘，慢慢注入液体到所指刻度。读取刻度时，量筒应垂直，视线应与量筒内液体的凹液面的最低处保持一个水平面。若不慎倾出了过多的液体，只能弃去或倒入指定的回收容器，不能倒回原试剂瓶。

4. 食盐的提纯

（1）研磨 将约 10 g 粗食盐放入研钵中，研成粉末状。

（2）称量：用托盘天平称取研成细末状的粗食盐 5.0 g。

（3）溶解：把称取的粗食盐细末置于小烧杯中，加蒸馏水约 20 ml 搅拌使其完全溶解。

（4）过滤：根据漏斗大小取一张滤纸，对折两次，打开成圆锥形，使滤纸尖端朝下放入漏斗。滤纸边缘要比漏斗口稍低，并紧贴漏斗壁，中间不要有气泡。把漏斗放在铁架台的铁圈上，另取一干净烧杯放在漏斗下面接收滤液。将粗食盐溶液沿玻璃棒慢慢倾入漏斗内进行过滤。倾注液体时，玻璃棒下端应靠着滤纸的重叠层，先倾入上层清液，后倾入残渣，并使漏斗内的液面低于滤纸的边缘。漏斗下端的管口应紧靠烧杯内壁。

（5）蒸发：将澄清的食盐滤液倾入干净的蒸发皿内，放在铁架台的铁圈上，用酒精灯加热蒸发浓缩。当蒸发皿的底部出现食盐的结晶时，用玻璃棒不断搅拌溶液，即将干涸时再用漏斗将蒸发皿罩住，并继续加热，直到水完全蒸发，即得白色的精制食盐。冷却后将所得的精制食盐称量，并计算其提纯率。

$$\text{提纯率} = \frac{\text{精盐的质量 (g)}}{\text{粗盐的质量 (g)}} \times 100$$

第二章 溶液 生理盐水

目标要求

1. 了解分散系的概念及溶液的组成。
2. 掌握物质的量、摩尔质量等概念及有关计算。
3. 熟悉溶液浓度的几种表示方法，并掌握常见溶液浓度的配制。
4. 熟悉溶液的渗透压及渗透压在医学上的意义。
5. 了解胶体溶液的概念及在临床上的意义。
6. 掌握生理盐水的特征并了解生理盐水的用途。

溶液与人类的关系极为密切。人体体液就是溶液。物质在机体内的消化、吸收、转运、排泄都是在溶液中进行的。溶液的性质随其浓度的不同而有很大差异，给病人输液或用药时，必须注意药液的浓度和用量。临床上常用的生理盐水就是 9 g/L 的氯化钠溶液。因为药液浓度太高或太低都可能造成不良影响，甚至会危及病人的生命安全。溶胶在自然界尤其是生物界中普遍存在，它与人类的生活及环境有着非常密切的关系，工农业生产以及生物、医学等其他学科都与溶胶有关。

问题与讨论

生理盐水等其他溶液是怎样组成的？如何表示溶液的浓度？怎样配制溶液？为什么临床上最常用 9 g/L NaCl 溶液？溶胶有什么性质？与人体的密切关系是什么？

第一节 溶液的组成

一、分散系

一种或几种物质分散在另一种物质中所形成的体系称为分散系。其中被分散的物质称为分散相或分散质，容纳分散质的物质称为分散介质或分散剂。例如，临床上用的生理盐水就是分散系，其中氯化钠是分散相，水是分散介质；葡萄糖溶液是分散系，其中葡萄糖是分散相，水是分散介质；碘酒是分散系，其中碘是分散相，酒精是分散介质；泥浆水是分散系，其中泥土是分散相，水是分散介质。

通常情况下，根据分散系中分散相粒子的大小，可将分散系分为三类。

（一）分子或离子分散系

分散相粒子直径小于 1 nm 的分散系称为分子或离子分散系。这类分散系中，分散相粒子是单个的分子或离子，分散相与分散介质之间没有界面。由于分子或离子非常小，能透过滤纸和半透膜，不能阻止光线通过，所以，这类分散系表现出的特性是均匀、透明、稳定。

分子或离子分散系又叫做真溶液，也就是通常所说的溶液（solution）。在溶液中，分散相又叫做溶质，分散介质又叫做溶剂。如生理盐水、葡萄糖溶液以及在临床上使用的大多数药物制剂，都属于这类分散系。

（二）粗分散系

分散相粒子直径大于 100 nm 的分散系称为粗分散系。在这类分散系中，分散相粒子与分散介质之

间存在有明显的界面。粗分散系不均匀，能阻止光线通过，浑浊而不透明，分散相容易受重力作用而聚沉，因而不稳定。

粗分散系又可根据分散相粒子在分散介质中的存在形式，分为两种类型。

1. 悬浊液

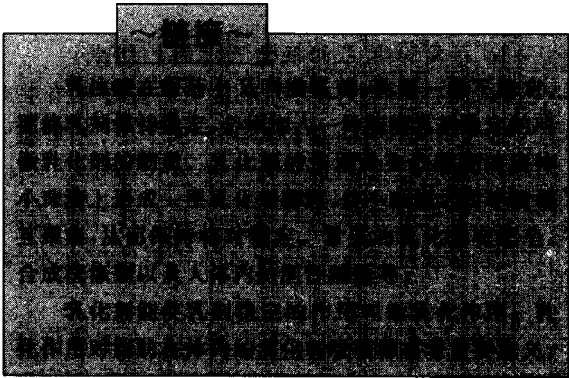
不溶性的固体小颗粒分散在液体中所形成的粗分散系，如泥浆水、用于杀菌的外用药硫磺合剂和氧化锌搽剂等。

2. 乳浊液

液体的微小珠滴分散在互不相溶的另一种液体中所形成的粗分散系，如牛奶、医药上用的松节油搽剂和乳白鱼肝油等。

(三) 胶体分散系

分散相粒子直径在 1~100 nm 之间的分散系称为胶体分散系。胶体分散系简称为胶体溶液。在这类分散系中，分散相粒子是由高分子或由许多小分子聚集而成。分散相粒子能透过滤纸，但不能透过半透膜，能让部分光线通过，分散相也不容易受重力的作用和分散介质分离。因此，胶体分散系有一定的透明性和稳定性。例如，氢氧化铁溶胶、硫化砷溶胶等都属于胶体分散系。



三类分散系的区别及特征列于表 2-1 中。

表 2-1 三类分散系的比较

分散系的类型		分散相粒子	粒子直径	分散系特征
分子或离子分散系(真溶液)		分子或离子	<1 nm	透明,很均匀,很稳定,能透过滤纸和半透膜
胶体分散系 (胶体溶液)	溶胶	由许多分子聚集成的胶粒	1~100 nm	透明度不一,不均匀,较稳定
	高分子溶液	单个高分子	1~100 nm	透明,均匀,很稳定
粗分散系 (浊液)	悬浊液	固体粒子	>100 nm	浑浊,不透明,不均匀,不稳定,不能透过半透膜和滤纸
	乳浊液	液体小滴		

二、溶液的组成

如前所述，溶液是一种物质以分子或离子状态均匀分散在另一种物质中所得到的均匀的、稳定的、澄清的体系。把能溶解其他物质的物质称为溶剂，被溶解的物质称为溶质。

溶液由溶质和溶剂所组成。如生理盐水中水是溶剂，氯化钠是溶质。葡萄糖溶液中水是溶剂，葡萄糖是溶质。

水是最常用的溶剂，通常不指明溶剂的溶液，一般是指水溶液。除水之外，乙醇、汽油、苯等也可作为溶剂，得到相应的乙醇溶液、汽油溶液或苯溶液，这些统称为非水溶液。

一般说来，当固体或气体溶于液体形成溶液时，固体或气体是溶质，液体是溶剂；当两种液体相互溶解而形成溶液（如乙酸乙酯和乙醇）时，量多的一种液体称为溶剂，量少的一种称为溶质。

配制乙醇溶液时，不论浓度大小，习惯上都是以乙醇为溶质，水为溶剂。

物质溶解时常伴随有吸热或放热现象的发生，例如，硝酸铵溶于水，溶液的温度显著降低，氢氧化钠溶于水，溶液的温度显著升高。又如浓硫酸溶于水时，放出的热量可使水骤沸而飞溅，故在用浓硫酸配制稀

硫酸时，一定要把浓硫酸慢慢地加入水中，并不断用玻璃棒搅拌，切不可把水加入到浓硫酸中。

另外，物质溶解时，有时也伴随有体积的变化。例如，乙醇溶于水时体积缩小，苯溶于乙酸时体积增大。但是，对于稀溶液这一变化很小，在一般的工作中可以忽略不计。

第二节 国际单位制

一、国际单位制简介

国际单位制是目前世界上通用的计量制度。

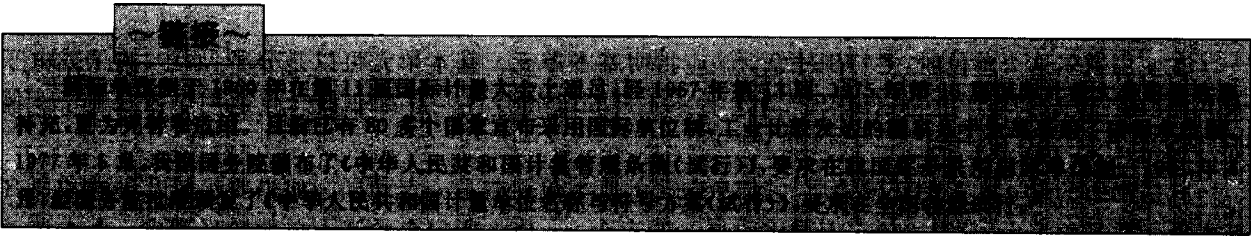


表 2-2 列出了现行的国际单位制的 7 个基本单位。

表 2-2 国际单位制 (SI) 的 7 个基本单位

物 理 量	单位名称		单 位 符 号
	中文	英文	
长度(<i>l</i>)	米	metre	m
质量(<i>m</i>)	千克	kilogram	kg
时间(<i>t</i>)	秒	second	s
热力学温度(<i>T</i>)	开[尔文]	Kelvin	K
物质的量(<i>n</i>)	摩[尔]	mole	mol
电流强度(<i>I</i>)	安[培]	Ampere	A
发光强度(<i>I</i>)	坎[德拉]	candela	cd

物质之间所发生的化学反应，是由肉眼看不见的分子、原子或离子按一定的数目关系进行的，同时也是以可称量的物质之间按一定的质量关系进行的。怎样把肉眼看不见的分子、原子或离子等微观粒子数目与可称量的宏观物质之间联系起来呢？科学上引入了“物质的量”这一物理量。

二、物质的量

(一) 物质的量

“物质的量”与长度、质量和时间等物理量一样，是国际单位制 (SI) 的 7 个基本物理量之一。物质的量是表示以一特定数目的基本单元粒子为集体的、与基本单元的粒子数成正比的物理量。它的表示符号为 *n* 在书写物质的量时，应在 *n* 的右下角或用括号标明微粒的基本单元。例如，

- 氢原子的物质的量 n_{H} 或 $n(\text{H})$
- 氢分子的物质的量 n_{H_2} 或 $n(\text{H}_2)$
- 硫酸分子的物质的量 $n_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ 或 $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$
- 氯化钠的物质的量 n_{NaCl} 或 $n(\text{NaCl})$
- 葡萄糖的物质的量 $n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}$ 或 $n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$

某粒子 B 的物质的量 n_B 或 $n(B)$

(二) 摩尔

1971 年第十四届国际计量大会 (CGPM) 正式通过决议, 规定了“物质的量”的基本单位是“摩尔”。用符号 mol 表示。

实验测得, 1 mol 任何物质都含有 6.023×10^{23} 个基本单元。例如:

1 mol $\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$ 含 6.023×10^{23} 个乳酸钠分子

1 mol H_2SO_4 含 6.023×10^{23} 个硫酸分子

1 mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 含 6.023×10^{23} 个葡萄糖分子

由于 6.023×10^{23} 这个量值最早是由意大利化学家阿伏伽德罗测定并提出的, 故称为阿伏伽德罗常数, 用符号 N_A 表示, $N_A = 6.023 \times 10^{23} / \text{mol}$ 。

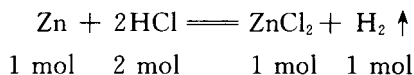
在使用摩尔这个单位时, 要特别注意: ① 应指明基本单元。基本单元可以是分子、原子、离子或电子及其他粒子, 或这些粒子的特定组合。例如, 1 mol H_2O ; 1 mol H。② 摩尔概念仅适用于微观粒子。例如, 1 mol e^- ; 1 mol Na^+ 等。

凡是物质的量 n 相等的任何物质, 它们所包含的基本单元数目一定相同。如果要比较几种物质所含基本单元数目的多少, 只需比较它们物质的量 n 的大小。 n 值大所包含的基本单元数目就多。基本单元数常用符号 N 表示。

物质的量 n 、基本单元数 N 和阿伏伽德罗常数 N_A 之间的关系:

$$n = \frac{N}{N_A} \quad \text{或} \quad N = n \cdot N_A$$

应用物质的量, 给生产和科学研究带来了极大的方便。化学反应方程式中反应物和生成物之间的分子、原子等基本微粒数目的比值, 就等于它们之间的物质的量之比。如,



在实际应用中, 还采用毫摩尔 (mmol)、微摩尔 (μmol) 等来表示物质的量。

$$1 \text{ mol} = 1000 \text{ mmol}$$

$$1 \text{ mmol} = 1000 \mu\text{mol}$$

(三) 摩尔质量

1. 摩尔质量

摩尔质量就是质量除以物质的量。摩尔质量的表示符号为 M 。其数学表达式为:

$$M = \frac{m}{n}$$

摩尔质量的 SI 单位是 kg/mol 但常用的单位是 g/mol 。

在书写摩尔质量 M 时, 要在 M 的右下角或用括号标明基本单元。例如,

氯化钠的摩尔质量表示为 M_{NaCl} 或 $M(\text{NaCl})$

葡萄糖的摩尔质量表示为 $M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}$ 或 $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$

1 mol 任何物质中所含的分子、原子或离子的数目虽然相同, 但由于不同粒子的质量不同, 因此, 不同物质的摩尔质量也不相同。

任何物质的摩尔质量 M 如果以 g/mol 作单位, 数值上就等于该种物质的相对原子质量或相对分子质量。例如,

葡萄糖的摩尔质量 $M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 180 \text{ g/mol}$;

钠原子的摩尔质量 $M_{\text{Na}} = 23 \text{ g/mol}$;

碳酸根离子的摩尔质量 $M_{\text{CO}_3^{2-}} = 60 \text{ g/mol}$ 。

物质的量 n 、质量 m 和摩尔质量 M 三者之间存在下列关系。

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{或} \quad m = n \cdot M$$

2. 有关物质的量的计算

例 2-1 90 g 葡萄糖的物质的量是多少?

解: $M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 180 \text{ g/mol}$ $m_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 90 \text{ g}$

因为 $n = \frac{m}{M}$

所以 $n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{m_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}}{M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} = \frac{90 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$

答: 90 g 葡萄糖的物质的量是 0.5 mol。

例 2-2 4 mol NaCl 的质量是多少?

解: $n_{\text{NaCl}} = 4 \text{ mol}$ $M_{\text{NaCl}} = 58.5 \text{ g/mol}$

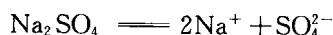
因为 $m = n \cdot M$

所以 $m_{\text{NaCl}} = n_{\text{NaCl}} \cdot M_{\text{NaCl}} = 4 \text{ mol} \times 58.5 \text{ g/mol} = 234 \text{ g}$

答: 4 mol NaCl 的质量是 234 g。

例 2-3 71 g Na_2SO_4 中含有 Na^+ 和 SO_4^{2-} 的物质的量各是多少?

解: Na_2SO_4 的解离方程式为:



1 mol Na_2SO_4 可以解离出 2 mol Na^+ 和 1 mol 的 SO_4^{2-} 。

$M_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 142 \text{ g/mol}$ $m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 71 \text{ g}$

因为 $n = \frac{m}{M}$

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{Na}_2\text{SO}_4}} = \frac{71 \text{ g}}{142 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$$

则 Na^+ 的物质的量为 1 mol, SO_4^{2-} 的物质的量为 0.5 mol。

答: 71 g Na_2SO_4 中含有 Na^+ 的物质的量为 1 mol, SO_4^{2-} 的物质的量为 0.5 mol。

阅读资料 (部分内容摘自 <http://resource.eastedu.org/qitazyuan/huaxue/minren/2001/avogadro.htm>)

阿伏伽德罗 (Amedeo Avogadro, 1776—1856 年)

阿伏伽德罗是意大利化学家, 1776 年 8 月 9 日出生于都灵一个世代相袭的律师家庭。按照他父亲的愿望, 1792 年进入都灵大学学习法学, 后获得法律博士学位, 并从事律师工作多年。由于喋喋不休的争吵和尔虞我诈的争斗使他对律师生活感到厌倦, 1800 年他开始转向研究数学、物理、化学和哲学, 并发现这才是他的兴趣所在。1803 年他和兄弟费里斯联名向都灵科学院提交了一篇关于电的论文, 受到了好评, 第二年就被选为都灵科学院的通讯院士。这一荣誉使他下决心全力投入科学研究。1806 年, 阿伏伽德罗被聘为都灵科学院附属学院的教师, 开始了他一边教学、一边进行科学研究的新生活。

由于阿伏伽德罗的才识, 1809 年他被聘为维切利皇家学院的数学和物理学教授, 并一度担任院长。在这里他度过了成绩卓著的 10 年。分子假说就是在这里经研究后提出的。1819 年, 阿伏伽德罗当选为都灵科学院院士, 不久担任了都灵大学第一个数学和物理学讲座



的第一任教授。

阿伏伽德罗对化学的杰出贡献在于他提出了分子假说，使道尔顿原子论发展成原子—分子学说。

1811年6月，阿伏伽德罗在法国《物理杂志》上发表了《论测定物体中原子相对质量及其进入化合物中数目比例的一种方法》的论文，首次系统地提出分子假说。1814年2月，阿伏伽德罗在《物理杂志》发表第二篇论述分子假说的论文《论单质的相对分子量，推测气体的密度和某些化合物的构造，对1811年6月发表在《物理杂志》上论文的补充》。1821年2月，阿伏伽德罗在都灵科学院作了《关于测定化合物中比例和测定物体分子量理论的新见解》的报告，再次呼吁接受分子假说。

自从1821年他发表的第三篇关于分子假说的论文仍然没有被重视和采纳后，他开始把主要精力转向物理学研究方面。阿伏伽德罗发表了很多著作，重要的著作是四大卷的《可度量物体物理学》。从历史观点来说，这是关于分子物理学最早的一部著作。

这些著作和论文是阿伏伽德罗辛勤劳动的结晶。从一个律师成为一个科学家，他作了很大的努力。他精通法语、英语和德语，拉丁语和希腊语的造诣也很高。他那渊博的知识来源于勤奋的学习。他博览群书，所做的摘录多达75卷，每卷至少700页。最后一卷是1854年编成的，是他逝世前两年的学习记录，可谓活到老学到老。1856年7月9日，阿伏伽德罗在都灵逝世。

阿伏伽德罗生前非常谦逊，对名誉和地位从不计较。他没有到过国外，也没有获得任何荣誉称号，但是在他死后却赢得了人们的崇敬，1911年，为了纪念阿伏伽德罗定律提出100周年，在纪念日颁发了纪念章，出版了阿伏伽德罗选集，在都灵建成了阿伏伽德罗的纪念像并举行了隆重的揭幕仪式。1956年，意大利科学院召开了纪念阿伏伽德罗逝世100周年纪念大会，指出“为人类科学发展做出突出贡献的阿伏伽德罗永远为人们所崇敬”。

第三节 溶液浓度的表示方法

溶液的浓度是指一定量的溶剂或溶液中所含溶质的量。表示溶液浓度的方法很多，根据不同的需要，医学上常用的有以下几种。

一、物质的量浓度

对于溶质为B的溶液，其物质的量浓度称为“B的物质的量浓度”。物质的量浓度的表示符号为 c_B 或 $c(B)$ 即要在 c 的右下角或用括号标明溶质的基本单元。如：

c_{NaOH} 或 $c(\text{NaOH}) = 0.1 \text{ mol/L}$ 也可写作 0.1 mol/L NaOH

$c_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}$ 或 $c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0.2 \text{ mol/L}$ 也可写作 $0.2 \text{ mol/L C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

物质的量浓度的定义为：溶质B的物质的量除以溶液的体积，其表达式为：

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{m_B}{M_B \cdot V}$$

物质的量浓度的SI单位为 mol/m^3 ，医学上常用 mol/L 或 mmol/L 等单位来表示。世界卫生组织(WHO)建议，在医学上凡是已知相对分子质量的物质，都要用物质的量浓度来表示。

例2-4 临床上纠正酸中毒时，常用乳酸钠($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$)注射液。其规格为每支20 ml注射液中含乳酸钠2.24 g，试问该乳酸钠注射液的物质的量浓度是多少？

解：已知 $m(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3) = 2.24 \text{ g}$ $M(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3) = 112 \text{ g/mol}$

则
$$n(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3) = \frac{m(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3)}{M(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3)} = \frac{2.24 \text{ g}}{112 \text{ g/mol}} = 0.02 \text{ mol}$$
$$V = 20 \text{ ml} = 0.02 \text{ L}$$

$$c(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3) = \frac{n(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3)}{V(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3)} = \frac{0.02 \text{ mol}}{0.02 \text{ L}} = 1 \text{ mol/L}$$

答：该乳酸钠注射液的物质的量浓度为 1 mol/L 。

例2-5 配制200 ml物质的量浓度为 280 mmol/L 的葡萄糖静脉注射液，问需称取葡萄糖多少克？

解：已知 $c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)=280\text{ mmol/L}=0.280\text{ mol/L}$

$$M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)=180\text{ g/mol}, V=200\text{ ml}=0.2\text{ L}$$

则 $n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)=c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)\cdot V=0.280\text{ mol/L}\times 0.2\text{ L}=0.056\text{ mol}$

$$\begin{aligned} m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) &= n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)\cdot M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \\ &= 0.056\text{ mol}\times 180\text{ g/mol} \\ &= 10.08\text{ g} \end{aligned}$$

答 需要称取葡萄糖 10.08 g。

例 2-6 现有 13.5 g 氯化钠，能配制临床用 $c(\text{NaCl})=154\text{ mmol/L}$ 溶液（生理盐水）多少毫升？

解：已知 $c(\text{NaCl})=154\text{ mmol/L}=0.154\text{ mol/L}$

$$m(\text{NaCl})=13.5\text{ g}, M(\text{NaCl})=58.5\text{ g/mol}$$

则 $n(\text{NaCl})=\frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})}=\frac{13.5\text{ g}}{58.5\text{ g/mol}}=0.231\text{ mol}$

$$V=\frac{n(\text{NaCl})}{c(\text{NaCl})}=\frac{0.231\text{ mol}}{0.154\text{ mol/L}}=1.5\text{ L}=1500\text{ ml}$$

答 13.5 g 氯化钠能配制 154 mmol/L 的生理盐水 1500 ml。

例 2-7 100 ml 正常人的血清中含 10.0 mg Ca^{2+} 离子，计算正常人血清中 Ca^{2+} 离子的物质的量浓度是多少？

解：已知 $m(\text{Ca}^{2+})=10.0\text{ mg}=0.010\text{ g}$

$$M(\text{Ca}^{2+})=40.0\text{ g/mol}, V=100\text{ ml}=0.10\text{ L}$$

则 $n(\text{Ca}^{2+})=\frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca}^{2+})}=\frac{0.010\text{ g}}{40.0\text{ g/mol}}=2.50\times 10^{-4}\text{ mol}$

$$c(\text{Ca}^{2+})=\frac{n(\text{Ca}^{2+})}{V}=\frac{2.50\times 10^{-4}\text{ mol}}{0.10\text{ L}}=2.50\times 10^{-3}\text{ mol/L}=2.50\text{ mmol/L}$$

答 正常人血清中 Ca^{2+} 离子的物质的量浓度为 2.50 mmol/L。

二、质量浓度

质量浓度表示的符号为 ρ_B 或 $\rho(B)$ 。质量浓度的定义为：溶质 B 的质量除以溶液的体积。其表达式为：

$$\rho_B=\frac{m_B}{V}$$

质量浓度的 SI 单位是 kg/m^3 医学上常用 g/L 或 mg/L 等单位来表示。质量浓度单位中表示质量的单位可以改变，而表示体积的单位一般用 L。如人体血清中免疫球蛋白 G(IgG) 含量的正常范围为 7.60~16.6 g/L 免疫球蛋白 D(IgD) 含量的正常范围为 30~50 mg/L。

例 2-8 100 ml 正常人血浆中含血浆蛋白 7 g，问血浆蛋白在血浆中的质量浓度为多少？

解：已知 $m(\text{血浆蛋白})=7\text{ g}$, $V=100\text{ ml}=0.1\text{ L}$

则
$$\rho(\text{血浆蛋白})=\frac{m(\text{血浆蛋白})}{V}=\frac{7\text{ g}}{0.1\text{ L}}=70\text{ g/L}$$

答：正常人血浆中血浆蛋白的质量浓度为 70 g/L 。

例 2-9 9 g/L 的氯化钠溶液，其物质的量浓度是多少？

解：已知 $\rho(\text{NaCl})=9\text{ g/L}$, 1 L 氯化钠溶液中含 9 g NaCl ,

$$M(\text{NaCl})=58.5\text{ g/mol}$$

则
$$c_B=\frac{n_B}{V}=\frac{\frac{m_B}{M}}{1\text{ L}}=\frac{\frac{9\text{ g/L}}{58.5\text{ g/mol}}}{1\text{ L}}=0.154\text{ mol/L}$$

答： 9 g/L 的氯化钠溶液，其物质的量浓度是 0.154 mol/L 。

从上例可归纳得出质量浓度 (ρ_B) 与物质的量浓度 (c_B) 之间的换算公式：

$$c_B=\frac{\rho_B}{M_B} \quad \text{或} \quad \rho_B=c_B \cdot M_B$$

例 2-10 临床上治疗酸中毒时的乳酸钠 ($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$) 注射剂，其物质的量浓度为 1 mol/L 问质量浓度是多少？

解：已知 $c(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3)=1\text{ mol/L}$, $M(\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3)=112\text{ g/mol}$

由
$$\rho_B=c_B \cdot M_B$$

则
$$\rho_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3}=c_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} \cdot M_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3}=1\text{ mol/L} \times 112\text{ g/mol}=112\text{ g/L}$$

答： 1 mol/L 的乳酸钠注射剂，其质量浓度是 112 g/L 。

三、质量分数

质量分数的表示符号为 w_B 。溶液质量分数的定义为：溶质 B 的质量与溶液质量之比。其表达式为：

$$w_B=\frac{m_B}{m}$$

m_B 和 m 分别表示溶质 B 和溶液的质量。质量分数的值可以用小数或百分数表示。例如，市售浓硫酸的 $w_B=0.96$ 或 $w_B=96\%$ 。

例 2-11 浓盐酸的质量分数 $w_B=0.36$ 密度 $\rho=1.18\text{ kg/L}$, 500 ml 浓盐酸中含氯化氢多少克？

解：已知 $w_B=0.36$, $\rho=1.18\text{ kg/L}$, $V=500\text{ ml}=0.5\text{ L}$

500 ml 浓盐酸的质量

$$m=\rho \cdot V=1.18\text{ kg/L} \times 0.5\text{ L}=0.59\text{ kg}=590\text{ g}$$

由
$$w_B=\frac{m_B}{m}$$

则
$$m(\text{HCl})=w(\text{HCl}) \cdot m=0.36 \times 590\text{ g}=212.4\text{ g}$$

答： 500 ml 浓盐酸中含氯化氢 212.4 g 。

四、体积分数

体积分数的表示符号为 φ_B 或 $\varphi(B)$ 。溶液体积分数的定义为：在相同温度和压力时，溶质组分 B 的体积与溶液总体积之比。其表达式为：

$$\varphi_B=\frac{V_B}{V}$$

V_B 和 V 分别表示溶质 B 的体积和溶液总体积。体积分数值可以用小数或百分数表示。例如，消毒用酒精的体积分数为 $\varphi_B=0.75$ 或 $\varphi_B=75\%$ 。再如，临床血液检验指标——红细胞体积分数正常值范围为 $\varphi_B=0.37\sim 0.50$ 。

例 2-12 药用酒精的体积分数 $\varphi_B=0.95$ ，200 ml 药用酒精中含纯酒精多少毫升？

解：已知 $\varphi_B=0.95$ ， $V=200\text{ ml}$

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V}$$

则 $V_B = \varphi_B \cdot V = 0.95 \times 200\text{ ml} = 190\text{ ml}$

答：200 ml 药用酒精中含纯酒精 190 ml。

五、比例浓度

在实际工作中，如果对浓度的要求不是十分精确，为了减少计算和配制的麻烦，还可以采用比例浓度。常用的比例浓度主要有两种表示方法：

（一）溶质比溶液

药典上常用的比例浓度表示符号为 $1:x$ 即溶质是固体为 1 g 或溶质是液体为 1 ml 加溶剂配成 $x\text{ ml}$ 溶液。如不特别说明，一般都是以水为溶剂。例如， $1:1000$ 的高锰酸钾溶液，就是 1 g 高锰酸钾用水配成 1000 ml 溶液。 $1:3$ 的硝酸就是 1 ml 浓硝酸加水配成 3 ml 稀硝酸。

（二）溶质比溶剂

在实验室中一般用到的比例浓度都是溶质比溶剂。例如，溴化钾溶液（ $1:5$ ）就是 1 g 溴化钾溶于 5 ml 水中所配成的溶液。

第四节 溶液的配制

配制溶液时，首先要清楚所配制溶液的体积、浓度单位、溶质的纯度和摩尔质量（或浓溶液的浓度、密度）。其配制步骤为：

1. 计算

根据所配制溶液的体积和溶液的浓度，计算出所需溶质的质量（或浓溶液的体积）。

2. 称量或量取

由计算所得，称取一定质量的溶质或量取一定体积的浓溶液。

一般情况下，可用托盘天平（可精确到 0.2 g）称量物质的质量；若需精确的溶液浓度时，可选用分析天平（可精确到 0.0001 g）进行称量；可用量筒或移液管量取一定体积的浓溶液。

3. 溶解

将称量的固体溶质或浓溶液放入烧杯中，用适量的蒸馏水溶解或稀释后，冷却至室温。

4. 转移

根据所配制溶液的体积选择好量筒或容量瓶后，把溶解好的溶液转移到量筒或容量瓶中。（注意：不要让溶液洒到量筒或容量瓶外，也不要让溶液在刻度线上面沿瓶壁流下）。并用蒸馏水洗涤烧杯内壁 2~3 次，将洗涤后的溶液一并注入量筒或容量瓶中。

5. 定容

缓缓地将蒸馏水注入量筒或容量瓶内，直到量筒或容量瓶中的液面接近所需刻度 1 cm~2 cm 处时，改用胶头滴管滴加蒸馏水至溶液的凹液面正好与刻度线相切，充分混合均匀。

6. 如有必要应将配制好的溶液转移到洁净的试剂瓶中，贴好标签（注：标签上应写明溶液的名称、浓度、配制时间等）保存备用。

例 2-13 如何配制 500 ml 质量浓度为 50 g/L 的葡萄糖溶液？

解：已知 $V=500\text{ ml}$, $\rho_B=50\text{ g/L}$

(1) 根据公式计算，所需葡萄糖的质量为：

$$m(\text{葡萄糖})=50\text{ g/L}\times\frac{500}{1000}\text{ L}=25\text{ g}$$

(2) 用托盘天平称取 25 g 葡萄糖；

(3) 将称量好的葡萄糖置于小烧杯中用少量蒸馏水搅拌至溶解；

(4) 将溶液转移到 500 ml 量筒中，再用少量蒸馏水洗涤小烧杯 2~3 次，洗涤液也一并转移至量筒中；

(5) 最后在量筒中用蒸馏水定容至 500 ml 的刻度线，混合均匀。

在实际工作中，也可用浓溶液配制所需浓度的稀溶液。常称为溶液的稀释。溶液稀释的特点是：稀释前后溶液的体积虽然改变了，但溶质的量并没有改变。即

稀释前溶质的量 = 稀释后溶质的量

可以用公式 $c_1\cdot V_1=c_2\cdot V_2$ 来表示，该公式称为稀释公式。在使用稀释公式时，应注意：

(1) c_1 、 c_2 不一定是物质的量浓度，但形式必须一致；

(2) V_1 、 V_2 的单位必须相同。

例 2-14 怎样用 $\varphi_B=0.95$ 的乙醇配制 500 ml $\varphi_B=0.75$ 的乙醇？

解：由稀释公式 $c_1\cdot V_1=c_2\cdot V_2$ 得

$$\begin{aligned}0.95\times V_1&=0.75\times 500\text{ ml}\\V_1&=\frac{0.75\times 500\text{ ml}}{0.95}=395\text{ ml}\end{aligned}$$

配制方法 用 500 ml 的量筒量取 $\varphi_B=0.95$ 的乙醇 395 ml 再加蒸馏水稀释至 500 ml，混合均匀即得。

例 2-15 准确配制青霉素皮试药液是预防青霉素过敏反应发生的重要环节。一般要求每毫升皮试药液含青霉素 100~500u，用生理盐水作为溶媒和稀释液。现有 80 万 u 的青霉素 如何配制 500 u/ml 的青霉素皮试药液？

解：配制步骤为：

(1) 取 80 万 u 的青霉素一支，加生理盐水 4 ml，振荡溶解。该溶液中青霉素的含量为：

$$\frac{80\text{ 万 u}}{4\text{ ml}}=20\text{ 万 u/ml}$$

(2) 取上述溶液 0.1 ml 加生理盐水至 1 ml，摇匀。该溶液中青霉素的含量由稀释公式 $c_1\cdot V_1=c_2\cdot V_2$ 得：

$$\frac{20\text{ 万 u/ml}\times 0.1\text{ ml}}{1\text{ ml}}=2\text{ 万 u/ml}$$

(3) 取上述溶液 0.1 ml 加生理盐水至 1 ml，摇匀。该溶液中青霉素的含量由稀释公式 $c_1\cdot V_1=c_2\cdot V_2$ 得：

$$\frac{2\text{ 万 u/ml}\times 0.1\text{ ml}}{1\text{ ml}}=2000\text{ u/ml}$$

(4) 取上述溶液 0.25 ml 加生理盐水至 1 ml，摇匀。则该溶液中青霉素的含量由稀释公式 $c_1\cdot V_1=c_2\cdot V_2$ 得：

$$\frac{2000 \text{ u/ml} \times 0.25 \text{ ml}}{1 \text{ ml}} = 500 \text{ u/ml}$$

500 u/ml 的青霉素溶液，就是所要求配制的青霉素皮试药液。在配制好的青霉素皮试药液注射器外贴上“青霉素皮试”标记备用。

表 2-3 为临床上青霉素皮试药液的配制方法。

表 2-3 青霉素皮试药液的配制方法

青霉素	加生理盐水	含量	要求
80 万 u	4 ml	20 万 u/ml	溶解
取上述液 0.1 ml	0.9 ml	2 万 u/ml	摇匀
取上述液 0.1 ml	0.9 ml	2000u/ml	摇匀
取上述液 0.25 ml	0.75 ml	500u/ml	摇匀

第五节 渗透现象及渗透压

渗透压是稀溶液的基本属性之一。人体体液在体内的正常分布是维持正常生理活动的必要条件，决定体液在体内正常分布的重要因素之一就是溶液的渗透压。临床上给病人大量补液时要特别注意溶液的浓度，如补液时浓度过高或过低都将产生不良后果，甚至造成死亡，这也与溶液的渗透压有密切的关系。

一、渗透现象和渗透压

(一) 渗透现象

要了解渗透现象，首先必须要了解扩散现象。将一滴红墨水滴入一杯清水中，不久整杯水就会变成红色；在一杯浓蔗糖溶液液面上小心地加入清水，在避免任何机械振动的情况下静置足够长的时间，由于分子的热运动，最终整个体系的浓度就会趋于一致，整杯水都会有甜味。这种过程称为扩散。扩散现象同样也会发生在任何纯溶剂和溶液或两种不同浓度的溶液相互接触时，最终形成浓度均一的溶液。

用一种只让溶剂分子通过，而溶质分子不能通过的半透膜，把水和蔗糖溶液隔开，并使膜两侧的液面持平 如图 2-1(a)。经过一段时间，则水分子将会通过半透膜进入到蔗糖溶液，使溶液体积增大，液面升高 浓度降低 如图 2-1(b)。如将两种不同浓度的溶液用半透膜隔开，同样稀溶液中的溶剂分子也会通过半透膜进入到浓溶液中去，使浓溶液液面升高。

把这种溶剂分子通过半透膜由纯溶剂进入溶液，或从稀溶液进入浓溶液的现象，称为渗透现象，简称为渗透。渗透是在特定条件下特殊的扩散。

常见的半透膜有植物的细胞膜、动物肠衣、膀胱膜、毛细血管壁以及人造的羊皮纸、火棉胶等。

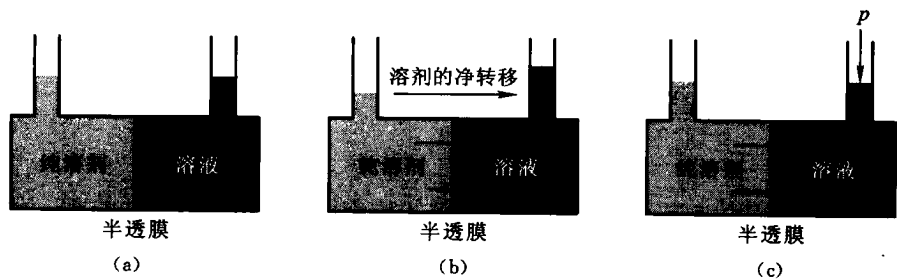


图 2-1 渗透现象和渗透压