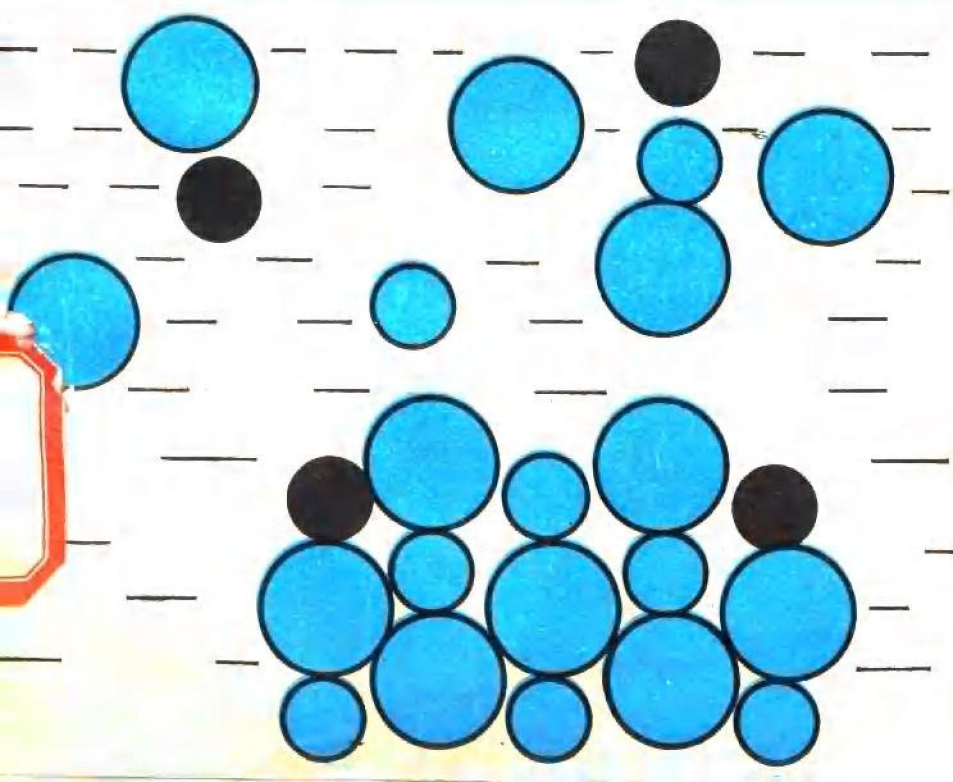


初中化学教学参考丛书

溶 液

RONG YE

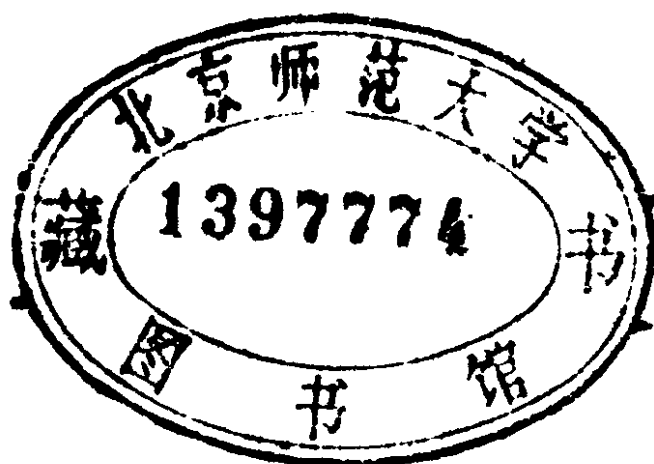


5011/166/08

初中化学教学参考丛书

溶 液

严 怡 和



上海教育出版社

内 容 提 要

有关溶液的教学是初中化学的重点内容之一。本书除了从溶解过程的本质,溶解平衡和物质的结晶,溶解度和溶液的浓度等方面作系统的介绍外,还有不少联系工农业生产和日常生活实际的事例,有针对性地解决了教师在教学中的问题。另外作者运用能量和混乱度的概念分析物质在水中的溶解性,使本书有一定的理论高度,对教师深入理解教材也有帮助。本书是初中化学教师必备的参考书。

初中化学教学参考丛书

溶 液

严 怡 和

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

兵等书店上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张5 字数108,000

1986年8月第1版 1986年8月第1次印刷

印数1—1,600本

统一书号: 7150·3653 定价: 0.75元

目 录

第一章 溶液和溶解	1
第一节 物质的分散系	1
第二节 溶液 悬浊液 乳浊液	5
一、溶液 悬浊液 乳浊液	5
二、溶液的重要性 悬浊液和乳浊液的应用	12
第三节 溶解的过程	18
一、水的分子结构和作为溶剂的性质	19
二、溶解时的热效应	20
三、溶解时的体积效应	27
四、溶液的组成	29
第二章 溶解和结晶	32
第一节 溶解平衡	32
一、溶解平衡	32
二、溶解平衡的移动	38
第二节 物质的结晶	41
一、结晶	41
二、结晶水合物	42
第三节 溶解度	49
一、固体的溶解度	49
二、液体在水里的溶解度	78
三、气体的溶解度	79
第四节 应用溶解热和混乱度概念认识物质的 溶解性	84

第五节	溶解和结晶在生产上的应用	90
一、	几种分离混和物的方法	90
二、	溶解和结晶在生产上的应用	97
第六节	测定硝酸钾在水里的溶解度并绘制它的溶解度曲线图实验	106
一、	溶质质量法	106
二、	晶体析出法(一)	107
三、	晶体析出法(二)	108
第三章	溶液的浓度	113
第一节	百分比浓度和 ppm 浓度	114
一、	质量百分比浓度 % (g/g)	114
二、	体积百分比浓度 % (ml/ml) 和质量-体积百分比浓度 % (g/ml)	118
三、	ppm 浓度	119
第二节	体积比浓度和克/升浓度	121
一、	体积比浓度	121
二、	克/升浓度	121
第三节	关于溶液浓度的计算	122
一、	溶解度和百分比浓度的综合计算	122
二、	溶液的混和、稀释和加浓(加入固体溶质)	128
三、	有关化学反应中溶液浓度的计算	135
附录 I	国际原子量表	143
附录 II	无机化合物的溶解热	144
附录 III	酸、碱和盐的溶解性表(20°C)	147
附录 IV	盐类在水中的溶解性	148
附录 V	几种酸和碱水溶液的比重	149

第一章 溶液和溶解

第一节 物质的分散系

在初级中学课本化学（下面简称《初中化学》）的前三章里，有不少化学基本概念。按基础知识来分类，这些化学基本概念可以分组成、结构、性质、变化、定律、化学量、化学用语等。例如，反映物质组成的化学基本概念有纯净物、混和物、单质、化合物等。溶液就是反映物质组成的化学基本概念，它是一种最重要的混和物。人体中的体液是溶液，不知道溶液的性质，就不能了解生命现象。动植物的生理活动都离不开溶液。在许多化学工业反应中也常用到溶液，因为许多反应必须在溶液里才容易发生和控制。电解、电镀、水解等都是在溶液里进行的。许多重要的化工产品，如烧碱(NaOH)、纯碱(Na_2CO_3)的制取都离不开溶液，而盐酸、氨水本身就是溶液。另外，物质组成的分析和鉴定也往往在溶液里进行。可见，溶液在化学中占据很重要的位置。

《初中化学》里，溶液的定义是从分散系的角度叙述的，因此在本章的开头，有必要对分散系作一个初步的介绍。

什么叫做分散系呢？就是当一种（或几种）物质的微粒分散到另一种物质里所形成的混和物。我们常把这种混和物叫做分散体系，简称分散系。被分散的物质叫做分散相或分散质，分散它的物质叫做分散介质或分散剂。例如，食盐水是食盐溶解在水里形成的分散系，在这个分散系里，食盐是分散

质,水是分散剂。无论分散质或分散剂,都可能是固态、液态或气态的,因而分散质和分散剂可能组合的分散系有下列九种(表1)。

表1 分散系分类(一)

类型	分散质的聚集状态	分散剂的聚集状态	实 例
1	气	气	空气、合成氨的原料气 } 云、雾(水-空气) } 烟、尘(固态粒子-空气) } 气态分散系
2	液	气	
3	固	气	
4	气	液	泡沫、汽水、汽酒 } 消毒酒精、白酒、牛乳 } 食盐水、糖水、碘酒、泥浆水 } 液态分散系
5	液	液	
6	固	液	
7	气	固	多孔物质,如面包、饼干、木炭、泡沫塑料等 } 胶冻、珍珠(水-碳酸钙) } 合金(如金币、银币)、有色玻璃 } 固态分散系
8	液	固	
9	固	固	

从上表中看出,自然现象中的云、雾,食盐水、糖水,泡沫塑料,金币、银币等虽然各是毫不相关的物质,但它们的形成却有相似之处,云、雾是液态水分散在空气中所形成的分散系,食盐水、糖水分别是食盐和蔗糖分散在水中所形成的分散系,泡沫塑料是空气分散在塑料中所形成的分散系,而金币或银币是铜分散在金或银中所形成的分散系。

上面九种分散系,可以根据分散剂的状态分成气态分散系(类型1、2、3)、液态分散系(类型4、5、6)和固态分散系(类型7、8、9)三种,其中最重要的是液态分散系。

按照分散质粒子大小来分类是分散系的另一种分类法。这种分类法可以把分散系区分成粗分散系、胶体分散系和分子分散系三种(表2)。

表 2 分散系分类 (二)

分散系	粗分散系	胶体分散系	分子分散系
分散质颗粒的大小	>100 纳米*(nm)	100~1 纳米	1~0.1 纳米
分散质微粒	大量分子的集合体	大量分子的集合体	分子、离子
液态分散系	浊液 { 悬浊液 乳浊液	溶 胶	溶 液
实例	{ 泥浆水 牛乳	Fe(OH) ₃ 胶 体、墨汁	汽水、食盐水、糖水

分散质的微粒的直径大小在 1~0.1 纳米的正是物质的分子、离子层次的尺度范围。由此可以推想,分散质颗粒大小是 100~1 纳米和大于 100 纳米的是大量分子的集合体。对液态分散系来说,粗分散系、胶体分散系和分子分散系分别是浊液(悬浊液和乳浊液)、溶胶和溶液。

怎样比较形象地来说明上述三种分散系中分散质微粒的大小呢?以固态分散质来说,悬浊液中的分散质颗粒不能透过滤纸,因为它的颗粒直径比滤纸的孔径大;溶胶的颗粒能透过滤纸,但是不能透过半透膜,因为胶粒的直径比滤纸的孔径小而比半透膜的孔径大;溶液里分散质微粒是分子或离子,它们是那样的微小,所以它们既可以透过滤纸,又可以透过半透膜。利用这些性质,我们在实验室里,可以用滤纸制成过滤器,把悬浊液中的固体颗粒从悬浊液中分离开来;可以用半透膜使溶胶颗粒跟其中混有的杂质离子或分子分离,从而达到提纯溶胶的目的。

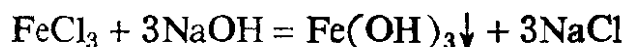
一般说来,不溶性固体分散在水中或者在溶液里,能形成悬浊液。但是,适当控制条件,也可以使它在溶液里生成胶体。

* 1 纳米=10⁻⁹ 米。

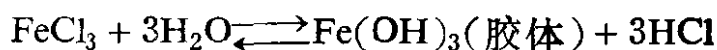
[实验 1] 1. 在试管中加入少量氯化铁溶液, 加入少量氢氧化钠溶液, 振荡试管, 观察现象。

2. 在一只洁净的烧杯里加入 50 毫升蒸馏水, 加热使水沸腾, 往沸水里滴加 2% 的氯化铁溶液* 3 毫升, 边加边用洁净的玻璃棒搅和, 继续煮沸, 待液体呈红棕色后停止加热。观察制得的胶体。

从上述实验可以看出, 在氯化铁溶液里加入氢氧化钠溶液时, 生成的红褐色氢氧化铁沉淀, 分散在液体里, 形成悬浊液。



氯化铁在沸水里会水解, 最后得到的是透明的红褐色氢氧化铁, 分散在液体里形成的胶体。



上面的实验是两个不同的反应, 前者是碱和盐作用生成新碱和新盐的反应。氯化铁在碱液的作用下, 生成氢氧化铁, 这颗粒的直径超过 100 纳米, 因此形成悬浊液。后者是盐的水解反应。氯化铁水解时也生成氢氧化铁, 但这颗粒的直径介于 100~1 纳米之间, 因此形成胶体。

其实有时在不同的条件下, 用相同的反应物也能形成悬浊液或溶胶。

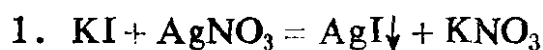
[实验 2] 1. 在试管里加入碘化钾溶液 5 毫升, 滴入少量硝酸银溶液, 振荡试管, 观察生成的黄色碘化银沉淀。

2. 在大试管里注入 0.01M 碘化钾溶液**10 毫升, 用滴管逐滴地滴入 0.01M 的硝酸银溶液, 边滴边振荡, 直到溶液刚出现乳黄色为止, 制得的是黄色碘化银溶胶。

* 2% 氯化铁溶液, 就是 100 克溶液里含氯化铁 2 克。

** 0.01M 碘化钾溶液即每升溶液里含碘化钾 0.01 摩尔。

这两个反应可以分别用下面的化学方程式表示：



下面再举一个形成胶体的例子。将颗粒较大的炭黑放在水里，振荡后形成的分散系是悬浊液。但是，把炭黑放在水里，加上明胶，用特制的胶体磨研磨后，可以制成我们平常用的墨汁，墨汁就是胶体。

胶体的知识将在高中里讲述，本书就从略了。

掌握了一点分散系的知识以后，我们知道，溶液是分散质以分子或离子状态均匀地分散在分散剂里所得到的分散系。从这个角度来看，第2页表1中的第一种分散系，即分散质和分散剂都是气态物质组成的分散系，如空气、合成氨的原料气等，也可以叫做溶液（或气体溶液）。这样我们就扩大了对溶液的认识，不会因为溶液两字都是“氵”旁，以为只有液体才是溶液。同样，银币是铜和银形成的固体溶液。当然，在化学中最重要的是以水为溶剂的液体溶液。在本书里，我们主要研究以水为溶剂的溶液。

第二节 溶液 悬浊液 乳浊液

一、溶液 悬浊液 乳浊液

把食盐和蔗糖分别投入水里，振荡以后，食盐和蔗糖完全溶解在水里，变成透明的液体。从外表上看，形成的食盐水和蔗糖水跟原来的水没有什么区别。然而我们都有这样的经验，知道食盐水是咸的，蔗糖水是甜的。而且经过充分振荡，或者放足够的时间，让组成食盐的微粒和蔗糖的微粒均一地分散到水中去，在容器里任何一部分的食盐水或蔗糖水都是一样的咸或一样的甜。这样形成的液体——食盐水和蔗糖水都叫

做溶液。不同的是食盐溶液是食盐以离子（组成食盐的钠离子和氯离子）状态均一地分散在水中形成的，而蔗糖溶液是蔗糖以分子（蔗糖分子）状态均一地分散在水中形成的。这两种溶液都是透明均一的，只要水不蒸发，温度不变化，不管放多久，食盐和蔗糖都不会分离出来。也就是说，溶液是很稳定的。在这两种溶液里，食盐和蔗糖是溶质（即分散质），水是溶剂（即分散剂）。

组成食盐的离子和组成蔗糖的分子都是无色的，它们各自溶解于水后形成的溶液也是无色的，因此我们不能明显地看出食盐和蔗糖溶解于水时这些微粒的分散现象。下面让我们来做一个现象比较明显的实验。

[实验 3] 在烧杯里加入 50 毫升水，投入几粒高锰酸钾晶体，观察现象。

把高锰酸钾投入水中，水同它的接触处立刻出现几缕红色液体，并慢慢地扩散开来。如果不搅动，经过一段时间高锰酸钾会全部溶解，但得到的液体颜色是不均匀的。上部的颜色跟原来的水没有显著的区别，越到液体的下部，紫色越深（图 1）。（教学时可以出示准备好的样品。）这个实验能说明

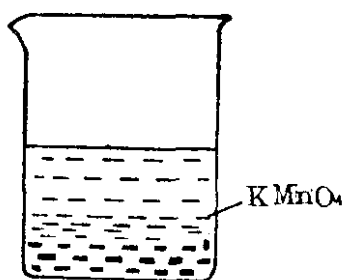


图 1 KMnO_4 在水中的溶解和扩散

组成溶质的离子在水里的扩散现象，也能说明离子在水里扩散是相当慢的。如果用玻璃棒搅动（在试管里溶解时要振荡试管），使离子的扩散加快，就能较快地得到颜色均匀的紫色液体。液体的紫色是紫色高锰酸根离子存在的缘故。这时才可以说，高锰酸钾溶解于水而形成高锰酸钾溶液。常见的有色溶液还有蓝色的硫酸铜溶

液、浅绿色的硫酸亚铁溶液、黄棕色的氯化铁溶液和橙色的重铬酸钾溶液(教学时可以出示准备好的溶液样品)。

如果用食盐或蔗糖来做这个实验,放一段时间到溶质全部溶解以后,仔细观察,还是能知道得到的液体是不均一的。只要轻轻摇动容器,就会发现下层的液体比较粘稠,密度较大,也就是说比较浓,而上层的液体比较稀(图2)。这同样可以说明组成溶质的微粒在水中的扩散现象,而且扩散得相当慢。为了让学生也看到这个现象,可以让他们在家里自己做这个实验。

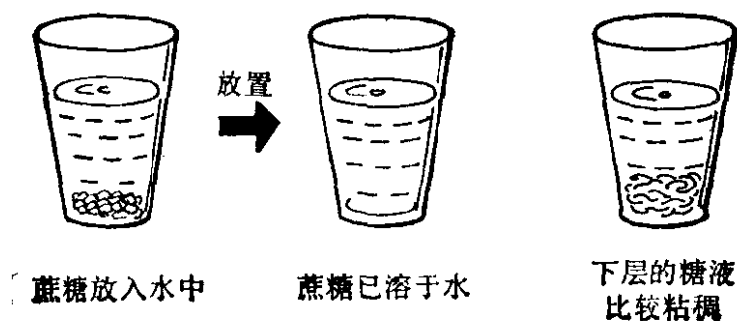


图2 蔗糖在水中的溶解和扩散

[实验4] 取一只清洁的小茶杯,盛半杯冷开水,加几汤匙蔗糖。不搅动,放一段时间,等蔗糖全部溶解后,如上述的方法观察。

[问题] 这时得到的糖水,上层的甜还是下层的甜?用什么方法可以得到均一的糖水?

从这几个例子里,我们知道作为溶液,必须符合下列两个条件:第一,至少必须有两种物质(溶质和溶剂),第二,分散必须是均一的。纯水是均一的和稳定的液体,但不能叫溶液,因为它不符合第一个条件。泥浆水也不是溶液,因为它不符合第二个条件。

综上所述,溶液是一种(或几种)物质以分子或离子状态分散到另一种物质里,形成的均一的、稳定的分散系。在液态分散系中,溶液是溶质溶解在溶剂里所形成的均一的、稳定的液体。

从上面的实验还可以知道,当我们配制溶液时,要加快溶质的溶解,常用的方法是搅动或振荡溶质和溶剂的混和物,有时也用加热引起对流的方法,产生跟搅拌混和物相同的效果。另外,固体仅仅在它的粒子表面上溶解。在溶解固体溶质以前,把固体研细,能加快溶质的溶解。溶质跟溶剂的接触面越大,溶解得越快。可以让学生在家里做下面的实验。

[实验 5] 取两只茶杯(或饭碗),各盛半杯冷开水,分别放入几块冰糖和质量相近的砂糖(或者用绵白糖,它的粒子更细些),用筷子或汤匙搅动,比较它们的溶解速度。

水能溶解多种物质,其他液体象酒精、汽油、苯、四氯化碳等也可以作溶剂。下面比较几种溶剂的性质。

[实验 6] 取 6 支试管,分成三组,按下表所述的步骤操作。

试 管 编 号	实 验 步 骤
第一组 { 试管 1	加水 10 毫升和少量食盐,振荡试管
{ 试管 2	加酒精 10 毫升和少量食盐,振荡试管
第二组 { 试管 3	加水 10 毫升和几粒碘晶体,振荡试管
{ 试管 4	加酒精 10 毫升和几粒碘晶体,振荡试管
第三组 { 试管 5	加水 10 毫升和少量油脂,振荡试管
{ 试管 6	加汽油 10 毫升和少量油脂,振荡试管

实验后知道:水能溶解食盐,而酒精难溶解食盐;水微能溶解碘,而酒精能溶解碘;水不能溶解油脂,而汽油能溶解油脂。这说明溶剂是有选择性的。水虽然能溶解多种物质,但

绝不是万能的溶剂。不过我们要强调指出,在无机化学中,水却是最常用、最重要的溶剂。通常不指明溶剂的溶液就是指水溶液。碘溶解在酒精里得到碘的酒精溶液,医药上叫做碘酊,俗名碘酒,是一种皮肤消毒剂。汽油能溶解油脂,因此衣服上沾有的油污可以用汽油擦,油污溶解在汽油里,随汽油挥发而除去。

在前面的叙述和实验里,所用的溶质都是固体,其实溶质也可以是液体或气体。请看下面的实验。

[实验 7] 取两个试管,各盛10毫升水,分别向试管里加入少量酒精和甘油,振荡试管。

从实验现象知道,酒精和甘油都能溶于水而形成溶液。

当两种液体彼此相溶时,通常把含量较多的一种叫做溶剂,把含量较少的一种叫做溶质。所以在这种情况下,溶质和溶剂是相对而言的。但液体和水相溶时,往往把水看做溶剂。

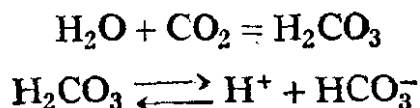
[实验 8] 1. 取两只干燥的大试管,用向上排气法分别收集干燥的二氧化碳和氯化氢气体各一试管,塞上橡皮塞。把试管分别倒放在盛水的水槽里,拔去橡皮塞,观察现象。

2. 在水里再用橡皮塞塞住试管,把它们移出水槽,放在试管架上,拔去橡皮塞,各滴入1~2滴石蕊试液,观察颜色的变化。

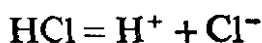
从实验看出,盛二氧化碳试管的水面上升不多,二氧化碳的溶液使石蕊试液变成浅红色。盛氯化氢试管的水面迅速上升,几乎充满整个试管。氯化氢溶液使石蕊试液变成红色。

怎样解释这些现象呢?我们知道,当试管内的气体溶于水后,试管内的压强减小,水就上升到试管里。从水面的上升多少,可以知道气体溶解在水里的程度。显然二氧化碳微溶于水,氯化氢易溶于水。

二氧化碳溶于水后，部分二氧化碳跟水反应，生成碳酸。碳酸是弱酸，能使石蕊试液变成浅红色。



氯化氢的水溶液叫做盐酸。盐酸是一种强酸，它能使石蕊试液显红色。



上面介绍了液态分散系里以水作溶剂的溶液，溶质可以是气体、液体或固体。下面简略地介绍液态分散系里以水作分散剂的粗分散系，即悬浊液和乳浊液。

如果把一些泥土放入盛水的试管里，振荡后就得到浑浊的液体。一些泥土颗粒悬浮在水里。这种散布着固体小颗粒的液体，叫做悬浊液。悬浊液又叫悬浮液。在自然界里，浑浊的河水就是悬浊液的例子。在日常生活中，桔子汁、西瓜汁也都是悬浊液，在这些水果汁里悬浮着桔子、西瓜的瓤肉。有些药剂如医治皮肤病的氧化锌洗剂（主要成分是难溶于水的氧化锌）、炉甘石洗剂（主要成分是难溶于水的碳酸锌，炉甘石是碳酸锌的俗名）都是悬浊液。悬浊液很不稳定，由于分散质的颗粒比较大，将它静置一段时间后，这些不溶于水的固体颗粒就会从悬浊液中沉降到液体的底部。可以理解，颗粒越重，沉降得越快。这里，我们可以归纳出悬浊液的特征：由于分散质即悬浮物是难溶于分散剂的，分散质的颗粒较大，因而悬浊液是不均一的，也是不稳定的，放置后分散质的颗粒会沉降。

如果把一些植物油滴入盛水的试管里，用力振荡后，得到乳状浑浊的液体。仔细看，不溶于水的小油滴被分散在水里。这种散布着不溶于水的小液滴的液体，叫做乳浊液或乳状液。换句话说，乳浊液是一种分散系，它是液体分散质以微小

的珠滴散布在互不相溶的另一种液体分散剂里所形成的。天然形成的乳浊液是经常遇见的,例如,在石油开采过程中形成的原油(盐水在石油里的分散系)、橡胶类植物的乳胶(橡胶碳氢化合物在水里的分散系)、牛奶(奶油在水里的分散系)等。

乳浊液也不稳定。植物油和水两种纯液体形成的乳浊液,不管形成时怎样剧烈摇混,放置不久以后,比水轻的油滴会逐渐浮起,聚集在水面上,油水依然分成两层。这时,我们说乳浊液已经破坏了。自然形成的乳浊液是比较稳定的,它往往很久才自行破坏而分层,在生产上有时要采用人工破乳法。例如,石油蒸馏前必须经过预处理,脱去石油原油里的水(包括盐)。又如,要从牛奶里提取奶油(脱脂后的牛奶可以制脱脂奶粉),同样也要采用人工破乳法。

综上所述,溶液跟悬浊液、乳浊液不同的地方,主要在均一状态和稳定性。溶液是可溶性溶质溶解在溶剂里形成的,因此它澄清而不浑浊,能长期放置,不会析出溶质。悬浊液和乳浊液的分散质难溶于分散剂,颗粒较大,因而是浑浊的,放置后分散质和分散剂会分离。这种性质上的差别,不仅在于分散在水里的微粒直径不同,更因为分散质微粒的性质不同。现将溶液、悬浊液和乳浊液的比较列表在下面。

表3 溶液 悬浊液 乳浊液 的比较

区 别	溶 液	悬 浊 液	乳 浊 液
分散质原来的状态	固、液或气态	固 态	液 态
分散质的微粒及其直径大小	分子或离子 1~0.1 纳米	大量分子的集合体 >100 纳米	大量分子的集合体 >100 纳米
均 一 性	澄清、均一	浑浊、不均一	浑浊、不均一
稳 定 性	稳定、不易分离	不稳定、易分离	不稳定、易分离

我们经常把溶液、悬浊液、乳浊液和胶体溶液分开来研究，然而实际存在的分散系往往是比较复杂的。牛奶就是一种复杂的液态分散体系，它的基本成分除水外，还有脂肪、酪素、乳蛋白和乳糖等。脂肪和水形成乳浊液，酪素和乳蛋白跟水形成胶体，乳糖和水形成溶液。一般地说，在一个复杂的分散体系里，其中有一种是以乳浊液形式存在的，可以叫做乳浊液。

同样，泥土加入水里，也形成一种复杂的液态分散体系。泥土的成分很复杂，把泥土加入水里，其中有些物质溶于水形成溶液。有些不溶性土粒由于直径的大小极不相同，形成多级的分散体系，这些土粒有些是形成悬浊液的微粒，也有些是形成溶胶的微粒。《初中化学》里只讲泥土分散到水里形成悬浊液，主要是考虑到初中学生的知识水平，而没有作更详细的说明。

二、溶液的重要性 悬浊液和乳浊液的应用

(一) 溶液的重要性

溶液的重要性，可以从下面几个方面来认识。

1. 可以加速和控制化学反应的速度

两种能够起反应的固态物质混和在一起，反应进行得很慢。把这两种物质分别配成溶液后再混和，反应就进行得很快。下面是实验现象比较明显的例子。

[实验 9] 观察并比较下面各步实验的现象。

(1) 把干燥的粒状氯化汞(HgCl_2)和碘化钾(KI)放在玻璃片上混和；

(2) 将上述混和物放在研钵里研磨；

(3) 在氯化汞的溶液里加入少量碘化钾溶液。

从实验看出：固体氯化汞和固体碘化钾混和在一起，几乎