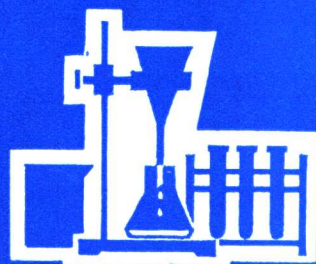


中学劳动技术课本

物质分离及其应用

WUZHI FENLI JI QI YINGYONG



上海教育出版社

责任编辑 邵仁年 郑晓琳

中学劳动技术课本

物质分离及其应用

中学劳动技术教材编写组编

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华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 3.5 字数 75,000

1984年7月第1版 1984年7月第1次印刷

印数 1—31,500本

统一书号: 7150·3245 定价: 0.30元

前 言

劳动技术教育课是普通中学的一门必修课。开设这门课的目的，在于培养学生的劳动观点、劳动习惯，让学生掌握一些基本的生产技术知识和劳动技能，既能动脑又能动手，为毕业后的升学和就业打下一定的基础。这门课的内容，主要包括工农业生产劳动、服务性劳动以及公益劳动，其中既有比较简单的劳动，也有现代的比较复杂的劳动。

为了适应劳动技术课的教学需要，我们编写了这套《中学劳动技术课本》。根据各年级文化课的教学内容和学生的年龄特点，这套教材初步确定下列一些劳动技术项目：

初一年级 植物栽培、花卉栽培、工艺制作、编织；

初二年级 动物饲养、烹饪、工艺制作、刺绣；

初三年级 测量、缝纫、电工技术基础、木工、泥工、漆工；

高一年级 制图、机械、金工、木工、泥工；

高二年级 电工技术基础、电子技术基础、电子计算机、化学分析基础知识与应用；

高三年级 电子技术基础、物质分离及其应用、粘接技术。

这套教材我们将分专题陆续分批地编写和出版。

这套教材的编写原则是理论与实践相结合。既注意动脑，又注意动手，安排了实验课和实习课；重视基本劳动工具的使用和生产上基本维修技术的训练；注意适当扩大基础知识的应用。

在教学中，还要联系实际，对学生加强劳动观点教育，爱护劳动工具、劳动材料的教育，安全生产的教育，遵守劳动纪律和劳动道德的教育等等，以培养学生良好的劳动习惯。

劳动技术课是一门新的课程，编写这门课的教材也是一项新的工作，从内容的选择到编写都还缺少经验。我们恳切地希望有关方面的专家和师生在使用中提出宝贵的意见和建议，以便今后不断修改、充实和提高。

中学劳动技术教材编写组

一九八四年一月

目 录

绪论	1
一、物质分离技术的广泛应用	1
二、物质分离的一般原则	4
第一章 物质分离的几种方法	7
第一节 结晶	7
实习作业一 氯化钠的提纯	18
实习作业二 土化肥——硫酸铵的制备	21
第二节 蒸馏	22
实习作业一 乙醇的回收	29
实习作业二 石油分馏	30
第三节 萃取	31
实习作业一 粗煤油的精制(附 煤油热裂化实验)	34
实习作业二 从海带中提取碘	37
第四节 纸上层析	39
实习作业一 酚酞-甲基橙的纸上层析	41
实习作业二 绿叶色素的纸上层析	43
第二章 物质分离的应用实验	45
应用实验一 纯碱的制取	45
应用实验二 自制酸碱指示剂	47
应用实验三 亚硝酸钴钠的制备	49
应用实验四 活性炭的制取	51
应用实验五 桔皮露的制取	53
应用实验六 重铬酸钾的制备和提纯	56
应用实验七 硫酸铜的提纯	58

应用实验八 从硼镁泥中提取七水硫酸镁	59
应用实验九 用山芋粉土法生产葡萄糖	62
应用实验十 从制印刷线路板废液中回收铜	64
应用实验十一 从废定影液中回收银	66
应用实验十二 废干电池的综合利用	68
应用实验十三 从草木灰中提取三钾盐	71
应用实验十四 废机油的再生	73
应用实验十五 水的净化(离子交换法)	76
应用实验十六 自制环氧树脂	81
应用实验十七 中草药中黄连素的提取	85
附录	88
1. 实验室常用洗涤液的配制及使用	88
2. 酸和碱的百分比浓度和比重(d_4^{20})对照表	89
3. 几种常用酸碱的浓度	90
4. 某些试剂的密度和浓度	90
5. 波美度($^{\circ}\text{Be}$)和比重(d_4^{15})的换算表	92
6. 某些无机化合物的物理常数	93

绪 论

一、物质分离技术的广泛应用

自然界里的物质是以混和物状态存在的，人们要想得到其中某些物质，就必须采取一定的分离手段。另外，人们为了生产和生活的需要而制取某种物质时，也要应用分离技术。

例如，我们熟悉的空气就是一种混和物。它除了含有氮气、氧气以及惰性气体等恒定组成外，还因环境不同而含有可变量的二氧化碳、水蒸气以及极微量的氢气、氮的氧化物和灰尘等。为了从空气中得到有用的气体，就必须对空气中的这些成分进行分离。目前工业上是采用先将空气中的二氧化碳、水蒸气、灰尘等除去，然后在制氧机中经过多次压缩、膨胀等一系列过程，使空气液化，最后根据各种气体的沸点不同，使它们在不同温度下蒸发而加以分离。近来，又出现了用炭粒制成类似分子筛的吸附剂，能很好地分离氮和氧，这项新技术有很大的发展前途。

海水是一个富饶的化学资源大宝库，它的成分非常复杂。目前已发现的一百多种元素中，在海水中找到的已有80多种。如何将它们从海水中提取出来为人类服务，为此形成了一门新兴的海洋化学。海水中含量最多的是食盐（以钠离子和氯离子形式存在）。食盐不仅是每天不可缺少的调味品，而且还是重要的化工原料，素有“化学工业之母”之称。从海水中提取食盐，常将海水引入晒盐的滩田，经日晒风吹，让水分

自然蒸发，然后在浓缩的海水中投入盐晶体，就会不断析出食盐。但这种晒盐法是古老而落后的方法。近年来，还采用了离子交换膜法制取食盐，即海水经电渗析处理后，从脱盐室出来的是淡水，从浓缩室出来的是浓盐水。这种电渗析法既可使海水淡化，又可从浓盐水中制得食盐，真是“一举两得”。当前，各国还正在寻找合适的无机和有机吸附剂，研究从海水中提取核燃料——铀，制取氢弹的原料——氘。

被人们称为“工业的血液”——石油，它的成分也相当复杂，它究竟含有多少种化合物，至今还未全部弄清，仅其中的碳氢化合物就有许多种。工业上是根据烷烃的沸点随分子量的增大而升高的性质，将石油加热后引入分馏塔里进行常压和减压蒸馏，使石油分成不同沸点范围的各个馏分产品而加以应用。

我国是世界上煤藏量最多的国家之一。煤炭在国民经济中占有重要的地位，它也是一种多成分的物质。煤不仅是重要的能源，而且将煤加工后进行综合利用，其经济价值大大提高。煤在隔绝空气下高温干馏，从焦炉气中可得到宝贵的化工原料（氢气、甲烷及粗苯等），从煤焦油中可分离提炼出许多重要有机原料（苯、酚、蒽、萘等），甚至从煤灰渣中还可分离提取一些稀有金属，如镓、锗、锂、铈以及铀、钒等。

还有许多矿石，它们的成分也不是单一的。例如，铁矿石中除了主要含有铁的氧化物外，还含有硫化物，以及由氧化硅、氧化镁、氧化铝等组成的脉石，在炼铁过程中要加入石灰，经造渣而除去。又如稀土元素，在自然界里常伴生在一起形成稀土矿物，如铈硅石 $(\text{Ce}, \text{Y}, \text{Pr} \cdots \cdots)_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、独居石 $(\text{Ce}, \text{La}, \cdots \cdots)\text{PO}_4$ 等，由于稀土元素之间彼此的化学、物理性质都很相似，以致很难对它们加以分离。为此，人们发展了

离子交换分离技术,才分离出单一的稀土元素。我国有丰富的稀土资源,但在旧中国,由于科学技术落后,这些宝贵的资源一直未被开发利用。新中国成立后,党和政府对此十分重视,探清了稀土矿藏,并在五十年代末,采用了先进的离子交换柱层析法,分离了全部稀土元素,促进了稀土工业的发展,使稀土元素获得了广泛的应用。

我国使用中草药治病的历史极其悠久,积累了丰富的经验。为了使中草药在人民的卫生健康方面发挥更大的作用,必须用近代科学知识和分离技术来研究和提取中草药中的有效成分,一般常用的有溶剂萃取法和水蒸气蒸馏法两种。此外,油脂工业也常用萃取法以提高出油率。

在许多行业和部门中,由于特殊用途,需要一些高纯度的材料和试剂。例如在电子工业中及生产原子能材料的工业部门,对水质的纯度要求很严,这就需要对普通的水经过多组阳、阴离子交换柱的处理,以得到高纯度的去离子水。我们经常使用的化学试剂也要按含杂质质量的多少,分为“分析纯”(A.R.)、“化学纯”(C.P.)及“工业用”等几种规格,以满足科研、教学和生产部门的不同需要。

随着工农业生产的发展和人民生活水平的提高,各种工业和生活废水、废渣、废气的数量和成分也日益增多和复杂,如何控制和处理“三废”,防止环境污染,保护人类健康是当前迫切需要解决的重要课题。在处理“三废”过程中,我们可以对其中有用的物质进行分离回收,化“废”为“宝”。例如,在电镀铬的废水中,加入硫酸亚铁,使它还原成毒性小的三价铬,然后再加石灰,使生成难溶于水的氢氧化铬,经过滤得到氢氧化铬沉淀,将沉淀高温灼烧后,即转化为三氧化二铬,可用来制取抛光膏。又如,在照相、电影制片生产过程中的废定影

液中,约含有0.2~0.3%的银,经过化学处理后,可分离回收宝贵的金属银。在制印刷线路板的废腐蚀液中,含有较多的铜,经过化学处理,可分离回收铜,也可进一步制取氧化铜或铜的其他化合物。某些生产部门在机器运转中使用润滑剂或清洗剂时,有大量的废机油混入其中,只要适当加工处理,便能使废机油再生。在化学实验室里,也有不少“三废”产生,应予以重视和妥善处理,其中有些物质可加以回收利用。例如,可从含氯化银的废液中提取银,进一步制取重要的化学试剂硝酸银。又如可从废干电池中回收铜、锌、二氧化锰、氯化铵等。

在农村中,农副产品的综合利用是值得重视和推广的。例如,可从草木灰中分离提取钾盐;用化学方法可从玉米芯、山芋粉、谷糠中提取有用的化学原料;还可以利用某些花卉、蔬菜果皮制取酸碱指示剂等。

总之,物质分离技术应用很广,是我们利用自然资源,制取和回收物质的重要手段。因此,在中学阶段学会和掌握物质分离的基本操作方法,了解物质分离的简单原理,对今后参加生产劳动和进一步学习化学都是十分有益的。

二、物质分离的一般原则

物质分离的基本原理,就是根据各种物质的化学性质、物理性质不同,而采取适当的方法加以分离。因此,我们必须熟悉和了解元素和化合物的知识。反之,通过物质分离的实践,能帮助我们更好地掌握和丰富这些知识。

物质分离的操作方法很多,如:沉淀与过滤,蒸发与结晶,蒸馏与冷凝,萃取与分液,升华与凝固,吸附与解吸以及离子

交换等技术。

由于物质分离技术有难易,对物质提纯的要求也不一,因此,所需仪器设备也不相同。本书结合目前中学实际情况,同时根据不同的需要,在第二章中主要介绍常用的几种分离方法:结晶、蒸馏、萃取及纸上层析。第三章介绍这些分离方法在物质的制取、提纯和回收方面的一些应用。这些应用实验各校可根据自己的情况选做,也可与校办工厂的生产或为民服务等活动结合起来。

在进行物质分离时,一般需要注意以下几个方面:

1. 在进行物质分离前,先要分析、了解原料中含有哪些成分及其数量的多少,然后根据所需提取的物质与其他杂质的性质差异,初步确定分离的方法,设计分离的装置及操作步骤。

2. 分离方案确定后,一般需先作小样试验,发现问题予以解决,待取得成果后,再扩大规模。

3. 物质分离时,要用到一些仪器设备,我们应该了解和熟悉它们的使用方法和性能,平时要妥善保管。

4. 各种分离操作方法都有一定的操作规则,应该了解和严格遵守这些规则。

5. 在操作过程中,要仔细观察现象,及时发现问题并加以解决。操作时应做到胆大心细,各个操作步骤要有条不紊地进行。在操作过程中,不准高声谈论,更不允许随便开玩笑,或擅自离开操作岗位。

6. 在操作过程中,一定要注意安全,防毒,防火,防爆,防腐蚀。为此,应考虑必要的安全措施,注意在合适的场所进行操作,配备必要的防护器材(如口罩、胶塑手套、工作服等)。

7. 在制取和回收物质时,应注意改进工艺操作,以提高产

品的纯度和产率。

8. 实验完毕后,应及时整理现场,洗涤仪器,放好试剂和用品,收集和保管好制得的产品,并妥善处理实验时留下的废物。

总之,物质分离是一门应用技术科学,在实践中会遇到很多具体问题,这就需要我们运用所学的知识,发挥我们的才智去分析、解决。同时,通过实践可以培养严谨的科学态度,提高动手能力,进一步巩固和掌握所学的知识。

第一章 物质分离的几种方法

第一节 结 晶

结晶是一种在化工生产和化学实验室中常用的分离方法,它是指固体溶质从溶液中分离析出的过程。

1. 基本原理

在初中化学课程中学习溶解度时,我们已学过饱和溶液与不饱和溶液的概念。

在一定温度下,未溶解的溶质跟已溶解的溶质达到溶解平衡状态时的溶液,就是饱和溶液。在饱和溶液中,溶质已达到它的溶解度。

在一定温度下,没有达到溶解平衡状态,加入溶质还可以继续溶解的溶液,就是不饱和溶液。在不饱和溶液中,溶质还未达到它的溶解度。

在一般情况下,对饱和溶液改变条件,例如升高温度,由于溶质的溶解度增大,则原来的平衡状态被破坏,未溶的溶质将继续溶解,饱和溶液就变成不饱和溶液了。反之,如对不饱和溶液加热,蒸发出一定量的溶剂,然后再进行冷却,由于溶质的溶解度随温度降低而减小,溶液中过多的溶质常会呈晶体析出,这时不饱和溶液就变成饱和溶液了。但是,如果冷却过程小心而又缓慢地进行,这时常会出现“异常”的现象,并无晶体析出,而实际上这时溶液里溶质的含量已经超过了它在该温度下的溶解度。这种溶液我们就称为过饱和溶液。如

果在过饱和溶液中加入晶核或摩擦容器壁，就会很快地析出晶体而成为饱和溶液。

我们都知道，溶解和结晶是一个可逆过程。如果我们要从溶液中分离出固体溶质，就要设法使它向结晶的方向进行。结晶的过程一般经过以下几个步骤：

不饱和溶液→饱和溶液→过饱和溶液→晶核的发生→晶体的成长。

从不饱和溶液转变为饱和溶液，可采取减少溶液中溶剂的相对含量。一般溶剂是具有挥发性的液体，最常用的溶剂是水。所以通常是用蒸发溶剂的方法来减少溶剂的。此外，由于大多数溶质的溶解度都随温度的升高而增大，也就是说在高温下接近饱和的溶液，若温度降低就成为过饱和溶液，并且由于通常温度下降的速度不会很缓慢，就会析出晶体。因而，在工业上和实验室中，结晶一般是通过蒸发或是冷却的方法来完成的。

（一）蒸发

当溶液很稀而物质的溶解度又较大时，为了能从溶液中析出该物质的晶体，必须通过加热，使水分不断蒸发，溶液不断浓缩，蒸发到一定程度时冷却，就可析出晶体。凡溶解度受温度影响不大的物质，通常采用这种方法。

在自然条件下，一般液体由于它的分子运动，能够自发地从它的周围吸收热量，进行蒸发。温度越高，表面积越大，液面附近的蒸气密度越小，则蒸发越快。工业上可以利用自然蒸发进行结晶。如从海水中提取食盐就是将海水引入滩田，利用日光供给热量和利用风力减少表面上的水蒸气，逐渐地使水分蒸发。夏天蒸发更快，盐水容易成为过饱和溶液。这时，盐场工人将一些食盐晶体撒在滩田中，立即有大量食盐晶体析出。

利用蒸发进行结晶，是化学工业中经常使用的方法。例如电解食盐溶液得到的半成品烧碱溶液，就是通过减压蒸发而制得固体烧碱的；又如从甘蔗或甜菜中提取蔗糖时，将浸提的糖液先用减压蒸发浓缩，浓缩后再加入晶种进行结晶。

(二) 冷却

如果溶液的浓度较大，而物质的溶解度又受温度的影响较大，可采用先制取热饱和溶液，再进行冷却的方法来结晶。

以硝酸钾结晶为例，从硝酸钾的溶解度看，在 100°C 时可溶解 245 克， 20°C 时可溶解 31.6 克，也就是说在 100°C 时，100 克溶剂(水)中，能溶解溶质 245 克。当冷却到 20°C 时，在 100 克水中只能溶解 31.6 克，多余的 213.4 克晶体就将从溶液中结晶析出。

有时为了提高产品的纯度，可以把含杂质较多的晶体重新溶入少量溶剂中加热溶解，然后再结晶提纯，这叫做重结晶。

2. 基本操作

(一) 蒸发和浓缩

前面讲过，蒸发的速度不仅和温度有关，并且和被蒸发溶液的表面积大小有关。溶液的表面积越大，蒸发速度越快，因此实验室中一般都在蒸发皿中进行溶液的蒸发和浓缩。在蒸发和浓缩溶液时应注意：

①溶液蒸发前必须先进行过滤，除去溶液中的不溶性杂质，然后将滤液倒入蒸发皿。每次所倒入的量，以不超过皿高的 $\frac{2}{3}$ 为度，并可随溶剂的蒸发而逐渐添加。

②蒸发速度不宜过大，溶液不应剧烈地沸腾，否则容易溅出。

③当溶剂快蒸发完时，应停止加热，让余热将剩余溶剂蒸

发掉,不可将溶剂蒸干,以防晶体溅出。

④用水浴锅进行水浴加热蒸发时,要选择口径合适的水浴锅盖圈,尽量使蒸发皿大部分“埋入”圈内,这样蒸发皿里的液面才有可能低于盖圈,也就是使皿上部没有溶液的地方也能受热,否则溶质将沿着皿壁析出。

水浴是用于间接加热的热浴方法之一。加热温度不超过 100°C 的,可以选用水浴。常用的仪器是铜制的水浴锅,锅盖是由一组依次由大而小的同心扁铜圈组成的。使用时可取下若干个铜圈而得到合适的口径,以便放置大小不同的容器。在锅内盛水约为内容积的 $2/3$ 。在铜圈上放需加热的容器以后,即可在锅下加热,利用水沸腾时的水蒸气,加热锅上容器内的物质。锅内的水由于加热蒸发而逐渐减少,因此需长时间使用时必须注意随时添加热水。

(二)结晶(重结晶)

当溶液蒸发或浓缩至接近饱和时,如将溶液冷却下来,就有结晶析出。冷却速度的大小,可以决定晶体的大小。在结晶过程中,如将溶液缓慢冷却,则得到的晶体颗粒较大。但在形成大颗粒晶体的过程中,母液易被包藏在晶体的内部,不易洗掉,因此得到的晶体纯度不高。如果将溶液迅速冷却,则得到的晶体颗粒较小,而晶体的纯度较高。不过,冷却速度也不宜过快,这样有时会造成不析出晶体。如果遇到这种情况,可以加入该物质的小颗粒作为晶种,或振荡容器,或用玻璃棒小心摩擦器壁来诱导物质结晶。

重结晶是先将不纯物质溶解,然后经过过滤、蒸发溶剂、冷却结晶等步骤来提纯物质。进行重结晶操作时应注意以下问题:

①最好是选择对于主要成分是可溶的,而对于杂质是不

溶的或微溶的溶剂。

②使用溶剂的量应尽可能少些,以免结晶时要蒸发大量的溶剂而给操作带来困难。

③无机盐在水溶液中进行重结晶时,如果主要成分相对含量很大,而杂质的相对含量很小,且杂质溶解度并不很小的,可设法使主要成分达到饱和而杂质没有达到饱和。控制在这样的条件下进行结晶,可以得到比较纯的物质。

④在重结晶的过程中,每次留下的母液里都含有不少溶质,所以应收集起来,采取适当方法处理和使用,不要随便丢掉。

(三)过滤

过滤是常用的分离方法之一。当含有固体的溶液,通过过滤器时,固体(沉淀)留在过滤器上,而溶液则通过过滤器而滤入容器中。

溶液的温度、粘度、过滤时的压力、过滤器的孔隙大小和沉淀物的状态都会影响过滤的速度。热的溶液比冷的溶液容易过滤;溶液的粘度愈大,过滤愈慢;减压过滤比在常压下过滤快;过滤器的孔隙要选用合适的,太大时会透过沉淀,达不到分离目的,太小则易被沉淀堵塞,使过滤难于进行。沉淀若呈现胶状时,必须先用加热的方法来破坏它,并趁热过滤。总之,要考虑各方面的因素来选用不同的过滤器和过滤方法。

常用的三种过滤方法是:一般过滤(常压),减压过滤(抽滤)和热过滤。现分别叙述如下:

(1) 一般过滤(常压)

①折滤纸 把四方滤纸折叠成四层并剪成扇形,圆形滤纸折叠后不必再剪(图 1-1)。如果漏斗的规格不标准(非 60° 角),滤纸和漏斗将不密合,这种情况下,需要重新折叠滤