

物理化学实验

屈宜春 李 里 主 编

池玉娟 玄立春 副主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



黑龙江大学出版社
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS

本教材获得黑龙江大学“十二五”规划教材立项资助

物理化学实验

屈宜春 李 里 主 编

池玉娟 玄立春 副主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



黑龙江大学出版社
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

物理化学实验 / 屈宜春, 李里主编. -- 哈尔滨 :
黑龙江大学出版社 ; 北京 : 北京大学出版社, 2015.12
ISBN 978-7-81129-962-5

I. ①物… II. ①屈… ②李… III. ①物理化学-化
学实验-高等学校-教材 IV. ①O64-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 255637 号

物理化学实验

WULIHUAXUE SHIYAN

屈宜春 李 里 主编

责任编辑 李 丽 李 卉

出版发行 北京大学出版社 黑龙江大学出版社

地 址 北京市海淀区成府路 205 号 哈尔滨市南岗区学府路 74 号

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 23.75

字 数 479 千

版 次 2015 年 12 月第 1 版

印 次 2015 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-81129-962-5

定 价 35.00 元

本书如有印装错误请与本社联系更换。

版权所有 侵权必究

前 言

物理化学实验是高等学校化学与化工类专业本科生的必修课程,是物理化学课程的重要组成部分,也是化学实验教学及化学科学研究的重要组成部分,它与物理化学理论课程相辅相成。物理化学实验教学可以让学生加深对理论课知识的理解,并对训练实验技能、掌握实验测试技术、培养解决实际问题的能力起到重要作用。

本教材分为绪论、实验、基础知识与技术、附录四部分内容。实验部分又包括基础实验和设计实验两部分。基础实验由热力学、动力学、电化学、胶体化学与表面化学、物质结构几个部分组成,共选取了 25 个典型的验证性实验。编者在编写时力求做到内容讲解细致,深入浅出,内容全面。设计实验的目的是培养学生的实践能力和创新能力,使学生从实验中领会科研探索的思路和研究方法。本部分包含 10 个设计实验,为了充分体现实验的基础性和创新性特点,设计实验所需仪器都是物理化学实验室的常规仪器,在编写内容上与基础验证性实验不同,设计实验只列出设计题目、设计要求、设计提示。建议进行开放式教学,要求学生在实验前充分查阅文献,认真思考,独立设计实验方案,写出设计报告。经教师审阅批准后,学生可以在教师指导下完成实验。本书基础知识与技术部分系统地介绍了基础物理化学实验技术及各部分实验技术所涉及的常用实验仪器。多年教学实践表明,这部分内容对学生全面了解物理化学研究方法发挥了重要作用,并为学生将来从事科学研究工作提供有价值的参考资料。

本教材的编写人员都是黑龙江大学多年从事物理化学实验课程教学、具有丰富教学经验的教师。屈宜春、李里两位教师负责拟定编写大纲,除实验 34 由潘凯老师编写外,其余部分由屈宜春(绪论、热力学、设计实验、基础知识与技术一)、李里(动力学、胶体化学与表面化学,基础知识与技术二、五)、池玉娟(电化学,基础知识与技术三、四,附录)、玄立春(物质结构、基础知识与技术六)四位教师分工整理编写,最后由屈宜春、李里统稿定稿。在编写过程中,李明霞副教授、潘凯教授、田春贵教授、李丽教授、潘清江教授、任志宇教授、谢颖教授、张国副教授及其他参与物理化学实验教学的老师提出了很多宝贵的建议,并且积极帮助校对和修改,为本教材的顺利完成起到了非常重要的作用,在此表示衷心的感谢!

本教材的出版得到了黑龙江大学“十二五”规划教材经费资助,黑龙江大学化学化工与材料学院袁福龙教授对本书的编写给予了大力的支持与鼓励,同时在出版过程中得到了黑龙江大学出版社的积极协作与帮助,在此一并深表感谢!

由于我们水平有限,不足之处在所难免,恳请专家、同行与广大读者在使用过程中给予批评指正。

编 者

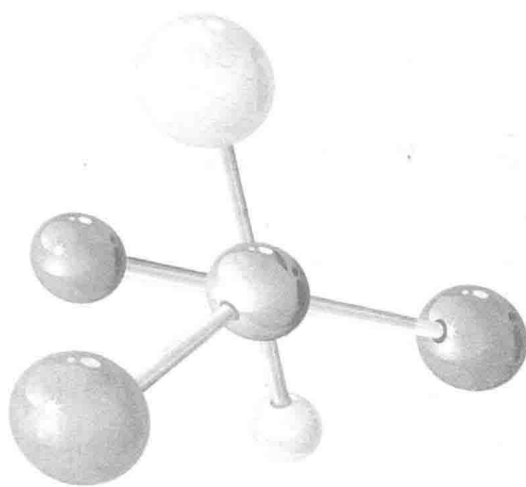
2015 年 7 月 8 日

目 录

I 绪论	1
一 物理化学实验的目的和要求	3
二 物理化学实验的安全防护	8
三 实验测量误差	13
四 数据的表达	22
五 计算机处理实验数据及作图方法	30
II 实验	45
基础实验	
A. 热力学	47
实验 1 燃烧热的测定	47
实验 2 溶解热的测定	52
实验 3 纯液体饱和蒸气压的测定	57
实验 4 差热分析	62
实验 5 凝固点降低法测定摩尔质量	69
实验 6 二组分合金体系相图的绘制	74
实验 7 双液系沸点 - 成分图的绘制	78
实验 8 $\text{KCl} - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$ 三组分体系等温相图的绘制	82
B. 动力学	85
实验 9 旋光法测定蔗糖转化反应的速率常数	85
实验 10 电导法测定乙酸乙酯皂化反应的速率常数	90
实验 11 复杂反应——丙酮碘化反应	94
实验 12 B - Z 化学振荡反应	98
C. 电化学	102
实验 13 化学电池温度系数的测定	102
实验 14 电势 - pH 曲线的测定	107
实验 15 铁的极化和钝化曲线的测定	112
实验 16 交流电桥法测电解质溶液的电导	119
实验 17 希托夫法测定离子迁移数	122
D 胶体化学与表面化学	125
实验 18 最大泡压法测定溶液的表面张力	125
实验 19 电泳	130

实验 20	溶液吸附法测定固体比表面积	134
实验 21	黏度法测定高聚物相对分子质量	139
实验 22	电导法测定水溶性表面活性剂的临界胶束浓度	147
E.	物质结构	152
实验 23	偶极矩的测定	151
实验 24	配合物的磁化率测定	158
实验 25	X 射线粉末法物相分析	165
设计实验		171
实验 26	电导法测定硫酸钡的溶度积	171
实验 27	化学电池电动势的测定及其应用	173
实验 28	酸催化蔗糖转化动力学	175
实验 29	聚乙烯醇的制备及平均相对分子质量和醇解度的测定	176
实验 30	明胶的等电点测定	178
实验 31	化学反应的反应热测定	180
实验 32	液相反应平衡常数的测定	181
实验 33	毛细管改性及其接触角的测定	182
实验 34	染料敏化太阳能电池的设计与光电性能测试	184
实验 35	洗手液的配制及性能测定	186
III	基础知识与技术	187
一	热效应测量技术及仪器	189
二	温度的控制技术	220
三	压力的测量技术及仪器	237
四	溶液的黏度、密度、酸度、折射率、旋光度、相对介电常数、吸光度、 磁化率测定技术及仪器	262
五	电化学测量技术及仪器	292
六	热分析实验技术及仪器	317
IV	附录	333
一	国际单位制(SI)	335
二	物理化学实验常用数据表	339
三	主要符号	369
四	主要参考文献	371

I 绪 论



— 物理化学实验的目的和要求

1.1 实验目的

物理化学实验是化学专业一门重要的课程,它综合了化学领域中各分支所需的基本研究工具和方法。物理化学实验的主要目的是使学生掌握物理化学实验的基本方法和技能;培养学生正确记录实验数据和现象、正确处理实验数据和分析实验结果的能力;使学生掌握有关物理化学的原理,提高学生灵活运用物理化学原理的能力。

认真做好物理化学实验,对培养学生独立从事科学研究工作的能力具有重要的作用。在实验的过程中,学生应以提高自己实际工作的能力为目的,要勤于动手、开动脑筋、钻研问题,做好每个实验。

1.2 实验要求

1.2.1 实验预习

实验前要充分预习,预先了解实验目的和原理、所用仪器的构造和使用方法,对实验操作过程和步骤,做到心中有数。在认真预习的基础上写出实验预习报告,其内容包括:实验目的和原理;主要的实验步骤;设计一个原始数据记录表,以便记录实验时所需要记录的数据;画出必要的实验装置图。实践证明,有无充分的预习对实验效果的好坏和对仪器的损害程度影响极大。因此,一定要坚持做好实验前的预习工作,提高实验效果。为了提高预习效率,每次实验完毕之后,应去熟悉下次实验的仪器设备。

1.2.2 实验操作及注意事项

首先要核对仪器和药品试剂,对于不熟悉的仪器及设备,应仔细阅读说明书,请教指导教师;仪器安装完毕,需经指导教师检查,方能开始实验。其次实验内容、实验条件和仪器操作应按照教材进行,如有更改意见,须与指导教师进行讨论,经指导教师同意后方可实验。

实验时要集中注意力,认真操作,积极思考。记录实验数据和现象必须真实准确。不能用铅笔记录数据,不能只挑“好”的数据记录,不能随意涂抹数据,当发现某个数据的确有问题应该舍弃时,可用笔圈去。所有数据都应记录在编有页码和日期的实验记录本上。

实验过程中出现的现象应认真观察和真实记录。这样有助于深入了解实验内容

和发现问题,对培养学生敏锐的洞察力也是有益处的。

实验条件也是必须记录的内容。实验结果与实验条件是紧密相关的,它提供了分析实验中所出现的问题和误差大小的重要依据。实验条件一般包括环境条件和仪器药品条件:前者,如室温、大气压强和湿度等;后者,包括使用药品的名称、纯度、浓度及仪器的名称、规格、型号和实验精度等。

数据记录要表格化,字迹要整齐清楚。保持一个良好的记录习惯是物理化学实验的基本要求之一。

实验过程中如遇到问题,要独立思考,设法解决,实在有困难可请指导教师帮助解决。

实验完毕后,将实验数据交给教师检查,教师签字后方能离开实验室。

1.2.3 实验报告

完成实验报告是本课程的基本要求之一,它将使学生在数据处理、作图、误差分析、问题归纳等方面的能力得到训练和提高。实验报告的完成质量在很大程度上反映了学生的实际水平和能力。

物理化学实验报告的内容大致可分为:实验目的和原理、实验装置、实验步骤、实验数据、数据的处理和作图、结果和讨论等。

在写实验报告时,要求开动脑筋、钻研问题、耐心计算、认真作图,使每次实验报告都合乎要求。重点应放在对实验数据的处理和对实验结果的分析讨论上。

实验报告的讨论可包括:对实验现象的分析和解释、对实验结果的误差分析、对实验的改进意见、心得体会和查阅文献情况等。学生可在教师指导下,用一两个实验作为典型,深入进行数据的误差分析。

一份好的实验报告应该符合实验目的明确、原理清楚、数据准确、作图合理、结果正确、讨论深入和字迹清楚等要求。

物理化学实验报告书写格式请参照【例 I - 1 - 1】。

【例 I - 1 - 1】实验报告的撰写格式(仅供参考)

实验 1 恒温水浴恒温性能的测试

【目的要求】

本实验通过探讨恒温水浴的构造了解恒温原理,掌握恒温调节技术,并学会贝克曼温度计的使用方法和分析恒温水浴的恒温性能的方法。

【基本原理】

恒温水浴是以某种液体为介质的恒温装置。依靠恒温控制器来自动调节其热平

衡。当恒温水浴因对外散热而使介质温度降低时,恒温控制器会就使恒温水浴内的加热器工作。待加热到设定温度时,它又使加热器停止加热。这样周而复始就可以使液体介质的温度在一定范围内保持恒定。

恒温水浴的构造包括:浴槽、加热器、搅拌器、温度计、感温元件和恒温控制器。

恒温操作是通过调节感温元件(接触温度计)的“通”与“断”实现继电器对加热器的控制加热的。

恒温水浴控制的温度有一个波动范围,而不是控制在某一固定不变的温度,灵敏度是衡量恒温水浴恒温性能的标志。灵敏度 t_E 为

$$t_E = \frac{t_1 - t_2}{2}$$

式中 t_1 、 t_2 分别为贝克曼温度计示数的最高值与最低值。灵敏度曲线是以温度为纵坐标,以时间为横坐标所绘制的“温度-时间”曲线。

【实验步骤】

1. 将蒸馏水注入浴槽至容积的 $2/3$ 处。将接触温度计、搅拌器、电热器和继电器等安装好。

2. 将恒温水浴温度依次调节至 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。注意:每次旋转接触温度计的调节帽时应少许旋转,在调节过程中绝对不能以接触温度计的刻度为依据,必须以 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度计为准,接触温度计的示数只能给我们一个粗略的估计。

3. 在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时将贝克曼温度计调到刻度为 2.5 左右,并安放到恒温水浴中。

4. 测定恒温水浴的灵敏度。在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴中,每隔 2 min 记录一次贝克曼温度计的示数,测定 60 min 。

【数据处理】

1. 记录实验数据

将实验记录的数据列于表 I - 1 - 1(室温: $18.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,大气压强: 98.5 kPa)中。

表 I - 1 - 1 每隔 2 min 贝克曼温度计的示数

时间 t/min	0	2	4	6	8	10	12	14
温度计示数/ $^{\circ}\text{C}$	2.382	2.294	2.276	2.348	2.292	2.380	2.340	2.292
时间 t/min	16	18	20	22	24	26	28	30
温度计示数/ $^{\circ}\text{C}$	2.254	2.302	2.306	2.356	2.362	2.310	2.348	2.372
时间 t/min	32	34	36	38	40	42	44	46
温度计示数/ $^{\circ}\text{C}$	2.318	2.282	2.370	2.324	2.284	2.370	2.334	2.280
时间 t/min	48	50	52	54	56	58	60	
温度计示数/ $^{\circ}\text{C}$	2.354	2.318	2.302	2.324	2.348	2.284	2.316	

2. 计算恒温水浴的灵敏度

$$t_E = \frac{2.382 - 2.254}{2} \text{ }^{\circ}\text{C} = 0.064 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

以表 I - 1 - 1 中的贝克曼温度计示数为纵坐标,时间 t 为横坐标,绘制恒温水浴的灵敏度曲线,如图 I - 1 - 1 所示。

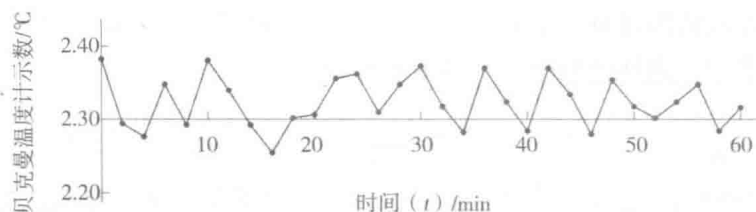


图 I - 1 - 1 恒温水浴的灵敏度曲线

【思考】

哪些液体可以作为恒温水浴的液体介质,写出每种液体介质的适用温度范围。

答:

液体介质	适用温度范围/ $^{\circ}\text{C}$
无水乙醇或乙醇溶液	-60 ~ 30
水	0 ~ 90
甘油	80 ~ 160
液体石蜡或硅油	70 ~ 200

【讨论】

从上面的灵敏度曲线可以看出,恒温水浴的温度在设定温度($30\text{ }^{\circ}\text{C}$)上下波动,最大波动幅度为 $\pm 0.064\text{ }^{\circ}\text{C}$,说明此恒温水浴的恒温效果良好,感温元件灵敏,恒温水浴的热容与加热功率搭配合理,搅拌器、接触温度计与加热器之间的距离合适。

应当指出的是,本实验所绘制的灵敏度曲线只是粗略地描绘了恒温水浴温度的波动情况,因为在 2 min 的测量间隔内,可能会发生接触温度计“通”“断”的情况,这时贝克曼温度计示数将会发生变化。若测量间隔很短,且其他条件(搅拌速度、环境温度等)不变,则灵敏度曲线将是规则的、周期性变化的曲线。

通过本实验我们了解到,温度控制原理在现实生活中的应用比比皆是,如电冰箱、空调、热水器等。所不同的是,它们所用的感温元件不同。

1.3 物理化学实验的评分标准

每个实验成绩按百分制计算,累计后取平均值作为实验成绩。根据学生预习情

况、操作技术、实验报告评定学生的实验情况。具体办法如下:

(1) 实验预习:占本次实验成绩的 20%,要求书写预习报告,理解实验原理,了解操作步骤。

(2) 实验操作:占本次实验成绩的 40%,要求操作细心规范,详细记录原始数据,严格控制实验条件。整个实验过程中要有严谨的科学态度,做到清洁整齐,有条有理,积极思考,善于发现和解决实验中出现的各种问题。

(3) 实验报告:占本次实验成绩的 40%,要求原理和步骤简明、数据真实准确、作图合理、结果正确、讨论深入、字迹清楚。

二 物理化学实验的安全防护

物理化学实验中经常遇到高温、低温的实验条件,还经常使用高压(各种高压气瓶)、低气压(各种真空系统)、高电压、高频和带有辐射线(X射线、激光、 γ 射线等)的仪器,而且许多精密的自动化设备日益普遍,因此需要实验者具备必要的安全防护知识,懂得应采取的预防措施,以及事故发生后应及时采取的处理方法。

2.1 使用受压容器的安全防护

物理化学实验室中受压容器主要是指高压储气瓶、真空系统、供气流稳压用的玻璃容器,以及盛放液氮的保温瓶等。

2.1.1 高压储气瓶的安全防护

高压储气瓶由无缝碳素钢或合金钢制成,按其所存储的气体及工作压强分类,如表 I - 2 - 1 所示。

表 I - 2 - 1 标准储气瓶型号分类

气瓶型号	用途	工作压强/ $\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$	试验压强/ $\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$	
			水压试验	气压试验
150	氢、氧、氮、氩、氦、甲烷、压缩空气	150	225	150
125	二氧化碳及纯净水煤气等	125	190	125
30	氨、氯、光气等	30	60	30
6	二氧化硫	6	12	6

注: $1\text{kgf} = 9.8\text{N}$

我国质监局颁布了《气瓶安全技术监察规程》,规定了各类气瓶的色标。每个气瓶必须在其肩部刻上制造厂和检验单位的钢印标记。

使用储气瓶时必须按正确的操作规程进行,以下简述有关注意事项。

气瓶放置要求:气瓶应存放在阴凉、干燥、远离热源(如夏日应避免日晒,冬天应与暖气片隔开,平时不要靠近炉火等)的地方,并将气瓶固定在稳固的支架、实验桌或墙壁上,防止受外来撞击或意外跌倒。易燃气体气瓶(如氢气瓶等)的放置房间,原则上不应有明火或电火花产生,确实难以做到时应该采取必要的防护措施。

安装减压器(阀):气瓶使用时要通过减压器使气体压力降至实验所需范围。安装减压器前应确定其连接尺寸规格是否与气瓶接头相符,接头处需用专用垫圈。一般可燃性气体气瓶接头的螺纹是反向的左牙螺纹,不燃性或助燃性气体气瓶接头的螺纹是正向的右牙螺纹。有些气瓶需使用专用减压器(如氨气瓶),各种减压器一般不得

混用。减压器都装有安全阀,它是保护减压器安全使用的装置,也是减压器出现故障的信号装置。减压器的安全阀应调节到接收气体的系统或容器的最大工作压力。

气瓶操作要点:气瓶需要搬运或移动时,应拆除减压器,旋上瓶帽,并使用专用的搬移车。开启或关闭气瓶时,实验者应站在减压阀接管的侧面,不允许将头和身体对准阀门出口。气瓶开启使用时,应首先检查接头连接处和管道是否漏气,确认无误后方可继续使用。使用可燃气体气瓶时,更要防止漏气或将用过的气体排放在室内,并保持实验室通风良好。使用氧气瓶时,严禁气瓶接触油脂,实验者的手、衣服和工具上也不得沾有油脂,因为高压氧气与油脂相遇会引起燃烧。氧气瓶使用时发现漏气,不得用麻、棉等物去堵漏,以防发生燃烧事故。使用氢气瓶时,导管处应加防止回火装置。气瓶内气体不应全部用尽,应留有不少于 $1 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的气体,并在气瓶上标有已用完的记号。

2.1.2 受压玻璃仪器的安全防护

物理化学实验室的受压玻璃仪器包括供高压或真空实验用的玻璃仪器,装载水银的容器、压力计,以及各种保温容器,等等。使用这类仪器时必须注意:

(1) 受压玻璃仪器的器壁应足够坚固,不能用薄壁材料或平底烧瓶之类的器皿。

(2) 供气流稳压用的玻璃稳压瓶,其外壳应裹有布套或细网套。

(3) 物理化学实验中常用液氮来获得低温,在将液氮注入真空容器时,要注意真空容器可能发生破裂的危险,不要把脸靠近容器的正上方。

(4) 装载水银的 U 形压力计或容器,要防止使用时玻璃容器破裂,造成水银散溅到桌上或地上,因此装载水银的玻璃容器下部应放置搪瓷盘或其它适当的容器。使用 U 形水银压力计时,应防止系统压力变动过于剧烈而使压力计的水银散溅到系统内外。

(5) 使用真空玻璃系统时,要注意任何一个活塞的开、闭均会影响系统的其他部分,因此操作时应该特别小心,防止在系统内形成高温爆鸣气或让爆鸣气进入高温区。在开启或关闭活塞时,应两手操作,一只手握活塞套,另一只手缓缓旋转内塞,务必使玻璃系统各部分不产生力矩,以免扭裂。在用真空系统进行低温吸附实验时,当吸附剂吸附大量吸附质气体后,不能先将装有液氮的保温瓶从盛放吸附剂的样品管处移去,而应先启动机械泵对系统进行抽空,然后移去保温瓶。因为一旦先移去低温的保温瓶,又不对系统抽空,被吸附的吸附质气体由于吸附剂温度的升高,就会大量脱附出来,导致系统压力过大,使 U 形压力计中的水银冲出或引起封闭玻璃系统爆裂。

2.2 使用辐射源的安全防护

物理化学实验室的辐射源主要指产生 X 射线、 γ 射线、中子流、带电粒子束的电离辐射和产生频率为 $10 \sim 100\,000 \text{ MHz}$ 的电磁波辐射的辐射源。电离辐射和电磁波辐射作用于人体时,都会造成人体组织的损伤,引起一系列复杂的组织机能的变化,因此必须重视使用辐射源的安全防护。

2.2.1 电离辐射的安全防护

我国目前规定从事放射性工作的专业人员,电离辐射每日不得超过 0.05 R(伦琴),非放射性工作人员每日不得超过 0.005 R。

同位素源放射的 γ 射线较 X 射线波长短、能量大,但 γ 射线和 X 射线对机体的作用是相似的,所以防护措施也是一致的,主要采用屏蔽防护、缩短使用时间和远离辐射源等措施。前者是在辐射源与人体之间添加适当的物质作为屏蔽,以减弱射线的强度。屏蔽物质主要有铅、铅玻璃等。后者是根据受照射的时间越短,人体所接受的剂量越少,以及射线的强度同机体与辐射源距离的平方成反比的原理,尽量缩短工作时间和加大机体与辐射源的距离,从而达到安全防护的目的。在实验时由于 X 射线和 γ 射线有一定的出射方向,因此实验者应注意不要正对出射方向站立,而应站在侧边进行操作。对于暂时不用或多余的同位素放射源,应及时采取有效的屏蔽措施,储存在适当的地方。

防止放射性物质进入人体是电离辐射安全防护的重要前提,一旦放射性物质进入人体,上述的屏蔽防护和缩时加距措施就会失去意义。放射性物质要尽量在密闭容器内操作,操作时必须戴防护手套和口罩,严防放射性物质飞溅而污染空气,加强室内通风换气,操作结束后须全身淋浴,切实地防止放射性物质从呼吸道或食道进入体内。

2.2.2 电磁波辐射的安全防护

高频电磁波辐射源作为特殊情况下的加热热源,目前已在光谱用光源和高真空技术中得到越来越多的应用。电磁波辐射能对金属、非金属介质以感应方式加热,因此也会对人体组织,如皮肤、肌肉、眼睛的晶状体以及血液循环、内分泌、神经系统等造成损害。

防护电磁波辐射最根本的有效措施是减少辐射源的泄漏,使辐射局限在限定的范围内。当设备本身不能有效地防止高频辐射的泄漏时,可利用能反射或吸收电磁波的材料,如金属、多孔性生胶和炭黑等做罩、网以屏蔽辐射源。操作电磁波辐射源的实验者应穿特制防护服并戴防护眼镜,镜片上涂有一层导电的二氧化锡、金属铬的透明或半透明的膜。同样,应加大工作处与辐射源之间的距离。

考虑到某些工作中不可避免地要经受一定强度的电磁波辐射,应按辐射时间长短不同,制定辐射强度的分级安全标准:每天辐射时间小于 15 min 时,辐射强度小于 $1 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$;小于 2 h 的情况下,辐射强度小于 $0.1 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$;在整个工作日内经常受辐射的,辐射强度小于 $10 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

除上述电离辐射和电磁波辐射外,在物理化学实验中还应注意紫外线、红外线和激光对人体,特别是眼睛的损害。紫外线的短波部分(200 ~ 300 nm)能引起角膜炎和结膜炎。红外线的短波部分(760 ~ 1 600 nm)可透过眼球到达视网膜,引起视网膜灼伤。激光对皮肤的烧伤情况与一般高温辐射性皮肤烧伤相似,不过它局限在较小的范围内。激光对眼睛的损伤是严重的,会导致角膜、虹膜和视网膜的烧伤,影响视力,甚

至由晶体浑浊发展为白内障。防护紫外线、红外线以及激光的有效办法是戴防护眼镜,但应注意不同光源及光强度须选用不同的防护镜片,而且要切记不应让眼睛直接对准光束进行观察。对于大功率的二氧化碳气体激光,尽量避免照射中枢神经系统引起伤害,实验者还需戴上防护头盔。

2.3 实验者人身安全防护要点

1. 实验者到实验室进行实验前,应首先熟悉仪器设备和各项急救设备的使用方法,了解实验楼的楼梯和出口、实验室内的电气总开关、灭火器具和急救药品在什么地方,以便一旦发生事故能及时采取相应的防护措施。

2. 大多数化学药品都有不同程度的毒性,原则上应防止任何化学药品以任何方式进入人体。必须注意,有许多化学药品的毒性是在相隔很长时间以后才会显示出来的;不要将使用少量、常量化学药品的经验,任意移用到大量化学药品的情况,更不应将常温、常压下实验的经验,在进行高温、高压、低温、低压的实验时套用;当进行有危险性或在极端条件下的反应时,应使用防护装置,戴防护面罩和眼镜。

3. 实验时应尽量少与有致癌性的化学物质接触,实在需要使用时应戴好防护手套,并尽可能在通风橱中操作。这些物质中特别要注意的是苯、四氯化碳、氯仿、1,4-二氧六环等常见溶剂,所以实验时通常用甲苯代替苯,用二氯甲烷代替四氯化碳和氯仿,用四氢呋喃代替1,4-二氧六环。

4. 许多气体和空气的混合物有爆炸组分界限,当混合物的极于爆炸高限与爆炸低限之间时,只要有一适当的灼热源(如一个火花,一根高热金属丝)诱发,全部气体混合物便会瞬间爆炸。某些气体与空气混合的爆炸高限和低限,以其体积分数表示,参见表 I -2-2。

表 I -2-2 与空气混合的某些气体的爆炸极限(20℃, $p^\ominus$)

气体	爆炸高限	爆炸低限	气体	爆炸高限	爆炸低限
	体积分数/%	体积分数/%		体积分数/%	体积分数/%
氢	74.2	4.0	乙醇	19.0	3.2
一氧化碳	74.2	12.5	丙酮	12.8	2.6
煤气	74.0	35.0	乙醚	36.5	1.9
氨	27.0	15.5	乙烯	28.6	2.8
硫化氢	45.5	4.3	乙炔	80.0	2.5
甲醇	36.5	6.7	苯	6.8	1.4

因此,实验时应尽量避免能与空气形成爆鸣混合气的气体散失到室内空气中,同时在实验室工作时应保持室内通风良好,不使某些气体在室内积聚而形成爆鸣混合气。实验需要使用某些与空气混合有可能形成爆鸣混合气的气体时,室内应严禁明火