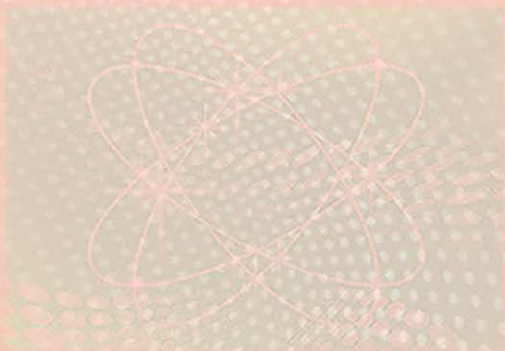


科学实验动手做·化学
高级化学实验改进设计实践



前 言

“动手能力的培养和提高”是当前中国教育全面变革的主旋律之一。江泽民同志曾再三强调：“教育应以提高全体国民素质为宗旨，以培养学生创新精神和实践能力为重点。”

实验作为一种手脑并用的实践活动，作为一种基础教育与生产劳动的重要结合点，对于培养学生的动手能力和创新精神，实为一个良好的切入点。因为：

一、实验可激发学生学习的兴趣和热爱科学的情感。从而使学生把学习知识变成精神上的享受和需要。

二、实验有利于学生个性的发展。由于学生实验在时间、内容、深度等方面有较大的“灵活性”，学生可以在一定程度上、范围内按自己的合理想法实验或比较，他们的某些能力能得到充分的发挥，好奇心可得到一定程度的满足。

三、实验对学生智力发展和能力培养具有重要作用。在实验过程中学生要正确理解实验原理，熟

练操作实验仪器，认真观察实验现象，深入分析实验结果。因此学生在实验中，观察能力、操作能力和思维能力都会逐渐提高。同时，学生在实验中要安装和调整实验仪器，设计实验方案，测量和记录数据，排除实验故障。在正确思维指导下，这些操作过程不仅可以训练学生的实验技能和技巧，而且也能使他们的创造能力得到发展。实验对培养创造性人才具有重要的作用。

为了促进中学生从应试教育向素质教育的转变，提高其动手能力，我们组织近百位专家、学者和实验教师精心编撰了此书。书中引用了许多优秀教师的教学案例经验总结，在此谨致衷忱的谢意。

本丛书包括物理和化学两大部分。每一部分又分为：教学改革指导、思维能力培养、操作方法运用、实验器材巧用、改进设计实践等篇目。

希望本套丛书能激发学生的学习兴致和创造力，使学生积极主动地参与实验，认真观察，细心思考，勇于探索。一句话，就是让学生自己动手去做实验，因为只有动手做，才会有收获！

编委会

目 录

1 有关阿佛加德罗常数测定实验 的操作和改进

电解 CuSO_4 法测定阿佛加德罗常数	(1)
电解——容量法测定阿佛加德罗常数	(6)
电解水法测定阿佛加德罗常数	(8)
阿佛加德罗常数的测定	(11)
阿佛加德罗常数的测定及其投影演示	(13)
阿佛加德罗常数的测定实验	(19)
一个有关阿佛加德罗定律的演示实验	(23)
阿佛加德罗常数测定实验	(25)

2 关于反应平衡理论的实验操作 和改进

压强(浓度)对化学平衡影响的演示实验	(30)
压强对化学平衡的影响实验的改进	(32)
压强对化学平衡影响实验的改进	(34)
演示压强对平衡影响的新途径	(36)

关于浓度对化学平衡移动影响实验的一个误解	(38)
温度对化学平衡影响的实验	(40)
温度与化学平衡的实验装置的改进	(43)
浓度、温度、催化剂对化学反应速度影响的实验设计 ...	(45)
正负催化剂的演示实验	(47)
化学平衡的模拟装置	(49)
化学反应速度的演示实验	(51)
在玻璃管中做 NO_2 和 N_2O_4 的平衡试验	(53)

3 胶体性质演示实验的操作和改进

有关胶体实验的改进	(55)
制取硅酸溶胶的实验	(59)
氢氧化铁溶胶的制备与净化	(60)
对胶体渗析实验的改进	(63)
渗析演示实验的一种新方法	(64)
用鱼鳔做渗析实验	(66)
用鸡蛋壳做渗析实验	(67)
用植物叶片做渗析实验	(68)
渗析实验的改进和投影教具的制作	(70)
低压直管电泳	(72)
氢氧化铁胶体电泳演示实验的简易方法	(76)
$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶电泳实验的改进	(79)
丁达尔现象演示实验的改进	(81)

4 关于分子原子理论的实验操作和改进

证明分子运动及比较气体密度的装置	(83)
镁的相对原子质量的测定微型化实验	(85)
分子量测定的实验改进	(87)
分子式和反应方程式的测定	(89)

5 关于电化学的实验操作和改进

电子流动方向指示器	(95)
电化学实验的组合装置	(97)
自制电化学多功能演示器	(99)
简易电化学整流装置	(102)
微型电解质溶液导电测试仪	(104)
离子运动的演示实验的方法	(106)
用实验进行电离度的教学	(110)
铝铜电池的制法和应用	(114)
原电池实验	(117)
氯化铜溶液电解实验的探讨	(120)
电解爆鸣实验装置	(125)
一个有趣的电解演示实验	(128)
自制水电解器	(130)
电解水实验方法的探讨	(132)
电解水演示实验的改进	(137)

电解硫酸铜溶液实验的改进·····	(138)
刷镀实验改进·····	(141)
铁的吸氧腐蚀实验·····	(145)
铁的锈蚀的课外实验·····	(146)

1

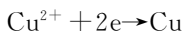
有关阿佛加德罗常数 测定实验的操作和改进

✨ 电解 CuSO_4 法测定阿佛加德罗常数

电解 CuSO_4 法测定阿佛加德罗常数原理简明,操作方便,数据可靠,易于在中学推广。因此辽宁师范大学化学系张双燕、张志良老师在该实验的基础上,进行了一系列的探讨,使该实验得到进一步的完善。

① 实验原理:

以 CuSO_4 溶液作电解液, Cu 片做阴极进行电解。则阴极反应:



电解时,当电流强度为 I (安),时间为 t (秒)则通过的总

电量是：

$$Q = It (\text{库伦})$$

在阴极上铜片的增重为 m 克，则每增加一单位质量所需的电量为： It/m (库伦/克)

由于 1mol 铜的重量为 63.5 克，故电解得到 1molCu 所需的电量为

$$\frac{It}{m} \times 63.5 (\text{库伦})$$

已知一个一价离子所带的电量是 1.6×10^{-19} 库伦，一个二价离子所带的电量是 $2 \times 1.6 \times 10^{-19}$ 库伦，则 1molCu 所含的原子个数为：

$$N = \frac{It \times 63.5}{m \times 2 \times 1.6 \times 10^{-19}}$$

2 实验步骤：

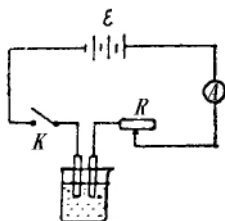
①取长约 10cm ，宽约 1cm 的纯紫铜片 $6 \sim 8$ 片，用砂纸擦去表面氧化膜，然后用稀 HNO_3 浸泡 $1 \sim 2$ 分钟，使表面变得光洁平滑，取出后用蒸馏水冲洗，再用丙酮冲洗，吹干，然后称阴极质量 m 。

②称取 160g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 晶体放入 1000ml 烧杯中加水 840ml 加热溶解，然后加 10ml 浓 H_2SO_4 。

③按下图连接电源 ($4 \sim 6$ 节蓄电池或直流稳压电源) 变阻器，电流表，阴阳电极及开关。

④通电，记时，调节变阻器，使 $I = 1$ 安，通电 $15 \sim 20$ 分钟。

⑤断电，记时，阴极极板处理如下，先用蒸馏水细流冲洗，



然后用丙酮冲洗,凉干后称阴极质量 m_2 。

③ 实验讨论:

(1)以 Pt、Pb、Cu、C 四种电极分别做阳极实验结果如下:

阳极 电极	电流 (A)	时间 (秒)	m_1 (g)	m_2 (g)	$N \times 10^{23}$	$\bar{N} \times 10^{23}$
213 型 Pt 电极	1	1200	9.3058	9.6854	6.26	6.17
	1	1200	6.9007	7.2941	6.05	
	1	1200	10.0758	10.4584	46.22	
Pb 电 极	1	960	8.4101	8.6941	6.28	6.19
	1	960	10.0401	10.3323	6.11	
	1	1080	11.2002	11.5466	6.18	
Cu 电 极	1	960	7.0150	7.3031	6.19	6.27
	1	960	7.5040	7.7836	6.40	
	1	960	9.6854	9.9721	6.22	
C 电 极	1	960	6.9575	7.2432	6.24	6.29
	1	960	10.9177	11.1986	6.35	
	1	960	9.9625	10.2463	6.28	

通过表中数据可以推出,用以上四种不同的电极进行测定阿佛加德罗常数实验都可以获得令人满意的结果。但使用哪种电极最好呢? ①用 Cu 片做阳极,随着 Cu 片上的反应,表面积发生变化,电流的波动幅度大,不易控制,同时镀到阴极 Cu 片的 Cu 不牢固,给下步的洗涤、称量带来困难。②用 C 棒作阳极,由于在电解时 C 棒中含有杂质,使 C 棒部分溶解,使兰色透明的 CuSO_4 溶液变浑浊,影响现象观察,同时 C 还会吸附到阴极 Cu 片上,不易冲洗掉,同样会影响实验结果。③选用 Pt 电极虽然最好,但是价格昂贵,一般的中学实验室是办不到的。④用 Pb 条作阳极不仅克服了 Cu 片和 C 棒电极的缺点,同时也具备了 Pt 电极的优点,电流稳定易控制,现象明显,镀到阴极片的 Cu 牢固不脱落,细密均匀,使洗涤、干燥、称量变得极为方便。选择铅条时,表面积不宜过大,以 $20\sim 30\text{cm}^2$ 为好。比火柴杆略大一点即可。表面积太大,误差偏大。在正式电解前将处理干净的铅条先电解 $2\sim 3$ 分钟,使铅表面形成一层氧化膜。

电极反应如下:

阴极: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} \rightarrow \text{Cu}$

阳极: $\text{H}_2\text{O} - 2\text{e} \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}^+$

(2) 几种因素改变对 N 值的影响。

① 电流(A)的影响(温度、电极、极间距固定)

值 电流	N 值 $\times 1\text{C}^{23}$			N $\times 10^{23}$
1. 5	5. 97	6. 27	6. 30	6. 18

值 电流	$N \text{ 值} \times 10^{23}$			$N \times 10^{23}$
2.0	6.08	6.20	6.20	6.16
2.5	5.32	5.44	5.67	5.48
3.0	4.48	5.25	8.92	6.22

②温度的影响(电流、电极、极间距固定)

温度/℃	13~16	25~30	30~35
N 平均	5.23×10^{23}	5.44×10^{23}	6.18×10^{23}
温度	35~40	40~45	45~50
N 平均	6.21×10^{23}	6.27×10^{23}	6.28×10^{23}

③分析天平与普通台秤测定 N 值的比较。其它条件均不变。

名称	m_1 (g)	m_2 (g)	Δm (g)	$N \times 10^{23}$	电流	时间
分析天平	7.0150	7.3031	0.2881	6.19	1	960
台秤	7.0	7.25	0.25	7.13	1	960
分析天平	6.9007	7.2941	0.3934	6.045	1	1200
台秤	6.9	7.3	0.40	5.95	1	1200
分析天平	11.2002	11.8932	0.693	6.18	2	1080
台秤	11.2	11.9	0.7	6.12	2	1080
分析天平	8.7980	9.0869	0.2889	6.17	1	960
台秤	3.8	9.1	0.3	5.95	1	960

$$\bar{N}_{\text{分析天平}} = 6.15 \times 10^{23}, 0.000\bar{N}_{\text{台秤}} = 6.29 \times 10^{23}$$

④极间距的影响(温度、电流、电极固定)

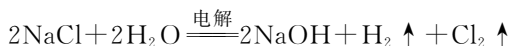
电极间距离	小于 5cm	6~8cm	大于 10cm
$\bar{N}$ 平均值	6.35	6.17	6.40

以上四种因素的讨论是在我们大量的实验基础上归纳出来的,通过实验我们觉得电流强度控制在 1~2 安培之间比较好,电流强度超过 2 安培,电流波动幅度大,镀层易脱落。同时温度控制在 35~45℃ 之间为好,温度在此区间内镀到 Cu 片的 Cu 细密,均匀不易脱落。我们分别用分析天平和台秤进行平行实验,结果发现测量的结果出入不大,所以在一般的中学实验室没有分析天平,也可以做这个实验,这样给电解 CuSO_4 法测定阿佛加德罗常数实验在中学推广带来了可行的证据,最后我们认为电极之间的距离以 6~8cm 为最佳,误差最小。

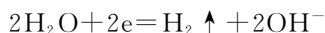
✿ 电解——容量法测定阿佛加德罗常数

原理:

电流通过高浓度的 NaCl 溶液时,发生电解反应:

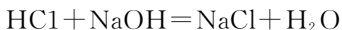


如果我们把阳极室和阴极室完全隔开,那么,在阴极的反应为:



产生的 OH^- 和溶液中的 Na^+ 组成 NaOH 并随着电解的进行而积集起来。

用已知准确浓度的盐酸溶液滴定出 NaOH 的当量数(也就是摩尔数)。



电解时所消耗的总电量为：

$$Q = It (\text{库仑})$$

I 为电流强度(安培)

t 为通电时间(秒)

电解得到 1 摩尔 NaOH 所需的电量为：

$$\frac{It \times 1000}{NV}$$

N 为盐酸溶液的浓度(当量·升 $^{-1}$)

V 为盐酸溶液的体积(毫升)

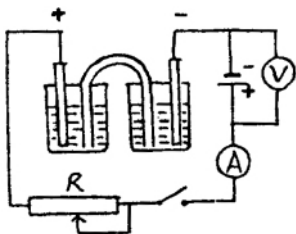
一个 1 价离子所带的电量(即一个电子的电荷)为 1.6×10^{-19} 库仑,故 1 摩尔 NaOH 所含的分子个数(即我们所要测定的阿佛加德罗常数)为：

$$N_0 = \frac{It \times 1000}{NV \times 1.6 \times 10^{-19}} = \frac{It}{NV \times 1.6 \times 10^{-22}}$$

实验步骤：

于两只 100 毫升烧杯中各加入 20% 的 NaCl 溶液 50 毫升,用饱和 KCl 盐桥连接,并插入铜电极,按图连接好。

直流电压控制为 12 伏,实验开始时,滑线变阻器调节为 10Ω 左右,按下开关,同时准确记下时间,并迅速调节电阻使电流计指针在 100 毫安处。通电 10~15 分钟后,拉开开关,停止电解,并记下终点时间。整个电解期间电流应保持不变。



电解装置示意图

如有变动可调节电阻以维持恒定。

电解完毕,取出电极及盐桥(取出前要用少量蒸馏水将阴极及阴极端盐桥冲洗干净,把沾附的 NaOH 溶液洗回烧杯中)。加入甲基橙 3 滴于用作阴极室的烧杯中,用 0.1N 盐酸溶液滴定至橙色。

〔注〕

① NaCl 的浓度要 $\geq 20\%$, 否则电流不能维持恒定,电解反应无法定量计算。

② 铜电极可用粗铜线或电工用的铜质线均可,使用前应以细砂纸将其擦亮。

③ 本法经多次测定,相对误差大都在 1% 以下。

✿ 电解水法测定阿佛加德罗常数

当今使用的测定阿佛加德罗常数的诸种方法中, α 射线衍射和 α 辐射法,无疑其结果是准确可靠的。但昂贵的实验

费用,实验耗时之长,以及危险性之大,令普通学校难以实践。硬脂酸单分子膜法最为简单,有时亦会得到满意结果,然而令人遗憾的是重复性较差。广西钦州地区教师进修学院化学科戚兆刚老师根据电解法的原理,用电解水生成氢气的方法,利用流过电流的库仑数与得到氢分子的摩尔数的关系,计算阿佛加德罗常数。实验装置简易,可重复进行,一般实验室条件下便可操作。现简述如下:

① 实验用品

阳极,一段 25cm 绝缘铜线,两端各裸露出 1cm,其中一裸端外包铸铅金属。

阴极,同上。

安培计(0.05—0.15A)

变阻器(0—100 Ω)

直流电源(12—15V)

实验室大气压力计表

100ml 蒸馏水

50ml 3M 硫酸

② 装置及操作

将 50ml 稀 H_2SO_4 加入盛有一半蒸馏水的 200ml 烧杯中,搅匀。将量气管大端朝下竖立在烧杯中,管的小端接一段橡皮管,套上一只弹簧夹,并以橡皮管与洗瓶相连接。从洗瓶吸气,把烧杯中稀酸吸至量气管顶端,夹紧弹簧夹(洗瓶仅作吸取稀酸的安全装置。)

将阴极包铸铅的一端从端点起 3cm 处弯曲为钩形,包铸

铅一端置量气管内,另一端引出烧杯外连接安培计、电源开关至电源负极。而将阳极包铸铅的一端直插入烧杯稀酸中,另一端连接变阻器至电源正极。

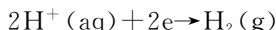
接通电源,以变阻器调节电流至约 0.1A,持续两分钟左右,断开电源,再从洗气瓶抽吸稀酸补充满量气管顶端,夹紧。

再次闭合电路,记录起始时间及安培计读数。令电解持续进行约 30 分钟,可收集到约 20ml 氢气,断开电源,记下时间,计量水柱高度、氢气体积、溶液温度及大气压力。

③ 原理与计算

在一摩尔物质中所含的基本粒子的量,就是阿佛加德常数值(N/摩尔)。

电极反应中产生氢气的方程式为:



2 摩尔离子 2 摩尔电子 1 摩尔分子

显然产生 1 摩尔氢气必需 2 摩尔电子或 2N 个电子。故此电解中传输的摩尔电子数为 2n。

由理想气体方程式可求出产生氢气的摩尔数:

$$n = \frac{P_{\text{H}_2} V_{\text{H}_2}}{RT}$$

式中, $P_{\text{H}_2} = (P_{\text{大气}} - \frac{h}{13.6} - P_{\text{H}_2\text{O}} \text{ mmHg})$

P_{H_2} —— 氢气分压 mmHg

$P_{\text{大气}}$ —— 室内大气压力 mmHg

$P_{\text{H}_2\text{O}}$ —— 在水温 $t^\circ\text{C}$ 时水的饱和气压 mmHg

h —— 水柱与烧杯液面差值 mmH₂O