

电解法测定阿伏加德罗常数及气体常数

学号：2500011800	姓名：金安逊	院系：化学与分子工程学院
所在实验室：第一实验室	实验日期：2025.11.20	室温（℃）：23

(1) 滴定管无刻度部分体积的测量

	滴定管内液面读数（mL）			滴定管无刻度部分体积（mL）	平均值（mL）
	I	II	III		
第一次测量	29.36	29.36	29.33	4.33	4.27
第二次测量	29.23	29.20	29.20	4.20	

有效数字要按规范记录和计算

(2) 电解数据及处理

电流强度（A）		0.190
电解时间（s）		1932
电解前铜片重（g）		20.6266
电解后铜片重（g）		20.7453
铜片增重（g）		0.1187
电解后管中液柱高 h （cm）		37.30
电解后管中液面读数（mL）		30.00
氧气体积 V （mL）		24.27
室温 T （K）		296
室温时水的饱和蒸气压 $p_{\text{H}_2\text{O}}$ （kPa）		2.84
大气压 p （kPa）		102.81
液柱高产生的压力 $p_{\text{液高}} = 0.108h$ （kPa）		4.06
氧气分压 $p_{\text{O}_2} = (p - p_{\text{H}_2\text{O}} - p_{\text{液高}})$ （kPa）		95.94
阿佛加德罗常数 N_A	实验值	6.13×10^{23}
	文献值	6.02×10^{23}
相对误差		1.8%
气体常数 R	实验值	8.42
	文献值	8.31
相对误差		1.3%

(3) 多点作图法测量 R

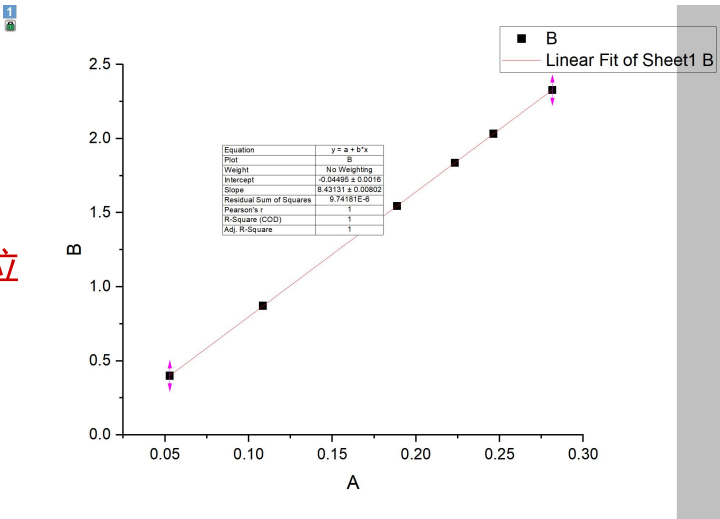
电解时间 t (s)	362	745	1295	1533	1690	1932
时刻 t 的滴定管读数 $V(t)$ (mL)	50.00	45.00	38.00	35.00	33.00	30.00
电流 I (A)	0.190	0.190	0.190	0.190	0.190	0.190
实测的 N_A (mol ⁻¹)	—	—	—	—	—	6.13×10^{23}
初始液面高度 $h_1(0)$ (cm)	—	—	—	—	—	—
电解停止时液面高度 $h_1(t_f)$ (cm)	—	—	—	—	—	—
t 时刻的液面高度 $h(t)$ (cm)	—	—	—	—	—	—
t 时刻的液柱高度 $\Delta h(t)$ (cm)	60.00	54.30	46.40	43.00	40.78	37.40
无刻度体积 V_0 (mL)	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
停止电解时滴定管读数 V_f (mL)	—	—	—	—	—	30.00
大气压 p_0 (Pa)	102.81	102.81	102.81	102.81	102.81	102.81
室温 T (°C)	23	23	23	23	23	23
水的蒸气压 p_{H_2O} (Pa)	4.81	4.81	4.81	4.81	4.81	4.81
O ₂ 分压 $p_{O_2}(t)$ (Pa)	93.50	94.12	94.97	95.33	95.57	95.94
t 时刻的刻度部分气体体积 $\Delta V(t) = 50.00 - V(t)$ (mL)	0.00	5.00	12.00	15.00	17.00	20.00
$T \cdot I \cdot t / (4F)$ (mol·K)	0.0528	0.1085	0.1887	0.2233	0.2463	0.2815
$p_{O_2}(t) (V_0 + \Delta V(t))$ (J)	0.399	0.872	1.545	1.837	2.033	2.328

求得: $R = 8.43(\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1})$

作图:

$p_{O_2}(t) (V_0 + \Delta V(t)) \sim T \cdot I \cdot t / (4F)$

坐标轴需要有标题和单位



附: 原始实验记录 (扫描版)

2025年11月19日

第 41 页

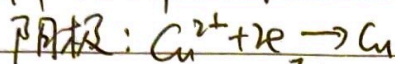
实验9: 电解法测定 N_A R

[实验目的]

1. 电解法测定 N_A R 并了解这一方法的原理
2. 熟悉分压概念, 掌握理想气体公式的应用
3. 练习测量气体体积的操作

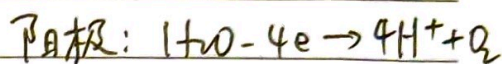
[实验原理]

电解 $CuSO_4$ 溶液



$$m_{Cu} = M_r(Cu) \cdot \frac{It}{2eN_A}$$

$$N_A = \frac{63.5 \cdot It}{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times m_{Cu}}$$



$$p_{O_2} V_{O_2} = n_{O_2} RT = \frac{m_{Cu}}{2M_r(Cu)} RT$$

$$R = \frac{2 \times 63.5 p_{O_2} V_{O_2}}{m_{Cu} \cdot T}$$

[实验步骤]

1. 测量 50mL 酸式滴定管下端无刻度部分体积

a. 滴定管倒夹, 打开活塞排干水, 等 10min.

b. 取 25.00mL 去离子水至酸式滴定管, 夹住, 每 2min 读数直至稳定

c. 记读数为 a , 则无刻度部分体积为 $25(a - 25.00)$ mL, 重复 2 次, 取平均

2. 连接装置, 初调电离

a. 取纯薄紫 Cu 片, 用 0# 砂纸擦去表面氧化物, 水洗净, 吸干水分

b. Pt 丝做阳极, 伸入管内约 3cm, 管口距杯底 1cm

c. 烧杯 + 140mL 酸性 $CuSO_4$ (25g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ + 20mL 浓 H_2SO_4 / L)

d. 打开酸式滴定管活塞, 用洗耳球吸气, 使溶液充满, 关闭活塞

e. 通电, 调节电阻 (约 100 Ω), 电压 (25~30V) 使毫安表读数 ~ 190 mA.

3. 电解

a. 初调后断开开关, 去离子水洗 Cu 片并晾干, 称重, 重新连接, 吸溶液 (0.1mg)

b. 检查无误, 接通电源, 开秒表, 调节电阻以维持 I 恒定。

4. 数据记录

a. 30 min 后断电, 将 Cu 用去离子水漂洗, 晾干, 称重

b. 待气体温度与室温平衡, 量取液柱高度, 记录 T , 液面读数, 大气压

c. 取出 Pt 电极, 冲净放好。

[数据记录及结果处理]

(1) 滴定管无刻度部分体积测量

	滴定管内液面读数 (mL)			滴定管无刻度部分 V (mL)	平均值 (mL)
	I	II	III		
第一次	29.36	29.36	29.33	4.33	4.27
第二次	29.23	29.20	29.20	4.20	

(2) 电解数据及处理

电流强度(A)	0.1900(刚开始)	
电解时间(s)	1932	
电解前 Cu 质量(g)	20.6451(预电解前)	20.6266(预后)
电解后 Cu 质量(g)	20.7453	
Cu 增量(g)	0.1187	
电解后管中液柱高 h(cm)	37.30	
电解后管中液面读数 b(mL)	30.00	
O ₂ 体积 V(mL)	24.27	
室温 T(K)	296	
室温时水的饱和蒸气压 p _{H₂O} (kPa)	2.839	
大气压 p(kPa)	102.81	
液柱高产生的压力 p _液 = $\frac{h}{1.36} \times 0.1333$ (kPa)	4.06	
O ₂ 分压 p _{O₂} = (p - p _{H₂O} - p _液) (kPa)	95.94	
N _A {	实验值 (mol ⁻¹)	6.13 × 10 ²³
	文献值 (mol ⁻¹)	8.42

相对误差. $+1.8\%$

气体常数 R { 实验值 $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ 8.42
文献值 $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ 8.31

相对误差. $+1.3\%$

需要做误差分析, 将不确定数值进行计算最后带来的结果误差, 怎么得到的, 并比较, 比如万分之一天平的 $\pm 0.0002g$ 对于约 $0.1g$ 带来了 0.2% 误差

[课后问题]

1. 本实验中, N_A 和 R 的测量准确度分别取决于哪一步测定? 为什么?

N_A : Cu 的质量称量的步骤. 因为 Cu 的质量计算的是变化量.

若质量产生 1% 的误差, 最终结果可能就有 2% 的误差.

本次测量结果异常偏高的原因可能是第一次称量时未擦干或第二次清洗时部分 Cu 脱落导致 Δm 偏小.

R : Cu 的质量同样影响大. 滴定管无刻度部分也会有影响. (但是一般会比较精准. 因为移液管. 滴定管的量取都不容易出差错.)

综上: 本次实验, 由于铜的质量测量误差较大, R 和 N_A 都异常偏高. 若 Δm_{Cu} 在 0.12 左右, 结果误差都在千分之五以内.

2. 还有什么方法可测定 N_A ? 与我们的实验方法比优劣在何处?

① X射线晶体密度法.

由 $\rho = \frac{ZM}{N_A V_{晶}}$ 通过测量原子晶格常数可求得 N_A

优: 精度极高 劣: 仪器要求高技术复杂.

② 油膜法.

一定量的硬脂酸在水面形成单分子层. 通过测量覆盖面积, 分子直径, 估算单个分子所占面积, 进而推算 N_A

优: 操作简易 劣: 误差大.

③ 双氧水分解法

一定量的双氧水在催化作用下完全分解产生 O_2 . 根据理想气体方程, 由生成 O_2 的体积, T , p 求得 N_A

优: 操作简易, 安全. 劣: 精度低. 反应慢不完全.

附: 五点法数据表

V_a/L	V/mL	t/s	$h_{液}(m)$	$p_a(kPa)$
0.0042	50.00	362	0.6000	93.50
0.0092	45.00	745	0.5430	94.12
0.0162	38.00	1295	0.4640	94.97
0.0192	35.00	1533	0.4300	95.33
0.0212	33.00	1690	0.4078	95.57
0.0242	30.00	1932	0.3740	95.94

$$pV = \frac{IRT}{4F} \cdot t \quad \text{拟合得} \quad pV = 1.228 \times 10^{-3} t - 0.044$$

$$r = 0.99998$$

$$R = \frac{4Fk}{IT} = 8.42$$

卢国富