

浙江大学 实验报告

专业: 混合2402
姓名: 张弛
学号: 3240163480
日期: 2025.5.13
地点:

课程名称: 物化实验(2) 指导老师: 赵玲丽 成绩: _____
实验名称: 电位分析法测定茶叶中F⁻含量 实验类型: _____ 同组学生姓名: 刘廷奇

- | | |
|----------------|----------------|
| 一、实验目的和要求 (必填) | 二、实验内容和原理 (必填) |
| 三、主要仪器设备 (必填) | 四、操作方法与实验步骤 |
| 五、实验数据记录和处理 | 六、实验结果与分析 (必填) |
| 七、讨论、心得 | |

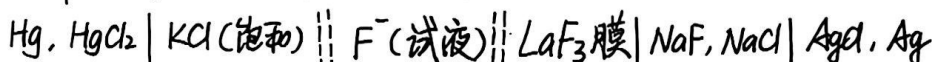
一、实验目的

1. 了解氟元素的来源以及对人体健康的影响.
2. 掌握电位法测定物质浓度的原理, 以及F⁻离子选择电极的使用.
3. 掌握标准曲线法和标准加入法的操作和优缺点.
4. 掌握酸度计(电位计)、磁力搅拌器的使用方法.

2025.05.25

二、实验原理

当氟电极与饱和甘汞电极插入含F⁻溶液时, 组成电池:



活度系数一定时, 电池电动势 E 与 F^- 浓度的对数值呈线性关系: $E = K - 2.303 \frac{RT}{F} \lg [\text{F}^-]$
依此可确定 F^- 的浓度

→ 总离子强度调节缓冲剂:

- NaCl: 强电解质, → 总离子强度相等, 使活度系数恒定
- HAC-NaAc: 缓冲溶液 → 控制 pH 值 5~6, 满足 F 电极的 pH 要求.
- 柠檬酸: 掩蔽剂, 掩蔽 Fe^{3+} , Al^{3+} 等干扰离子.

→ 标准加入法:

简记 $E = K - s \lg C_x$, $E' = K - s \lg \frac{C_x V_x + C_s V_s}{V_x + V_s}$, 当 $V_s \ll V_x$ 时, 有 $E' = K - s \lg (C_x + \frac{C_s V_s}{V_x})$

则 $\Delta E = E' - E = -s \lg (\frac{C_s V_s}{C_x V_x} + 1)$

$C_x = \frac{C_s V_s}{(10^{\frac{\Delta E}{s}} - 1) V_x}$, 其中 s 可用标准曲线得出的斜率代入.

三、实验步骤

1. 氟电极离子选择性电极的准备.

将 F⁻ 选择(复合)电极放在含 $10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ F⁻ 溶液中浸泡约 30 min, 然后再用水清洗至空白电位值在 360 mV 以上, 并确保测量值稳定不变.

2. 茶叶中氟的提取

称取茶叶 1.5g → 热去离子水 40mL → 电热板加热 45 min → 冷却至室温 → 常压过滤

1. 不要超过容量瓶刻度
2. 定容时可滴加乙醇润湿

实验名称: _____ 姓名: _____ 学号: _____



3. 标准系列溶液配制. 逐级稀释. $10^{-2} \dots 10^{-6}$ (1#) \dots (5#)

4. 采用标准曲线法和标准加入法测定茶叶中F含量

将标准溶液和茶水溶液转移到干燥的普通PVC塑料小烧杯.

测量顺序: 浓度由低到高. 5#, 4#, 茶水试液, 3#, 茶水+0.3~0.5 mL $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的F⁻, 2#, 1#.

四. 注意事项

茶叶中F的提取

1. 称取茶叶约1.5g, 加入约40 mL水, 在通风橱内加热板上煮沸约45分钟.

2. 用三角漏斗和棉花过滤茶水, 润洗烧杯少量多次, 防止加水过量.

3. 容量瓶中稀释时如产生过多泡沫, 可加乙醇消泡.

电位测定

1. 测量电位时, 搅拌不宜剧烈, 避免产生气泡吸附在电极上.

2. 电极放入有去离子水的烧杯中, 不断换水清洗至360 mV左右后进行后续测量.

3. 注意校正温度

4. 绘制标准曲线与测定水样的条件应保持一致, 如采用相同的总离子强度缓冲溶液, 维持恒定的温度等.

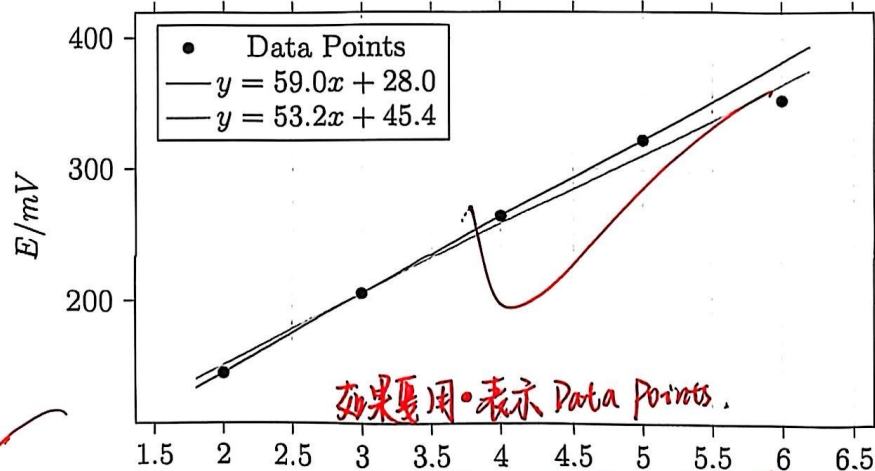
五. 数据记录与处理

表1: 茶叶提取数据

茶叶质量/g	$C_s / (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	V_s / mL	E_1 / mV	E_2 / mV
1.50	0.100	0.50	267	207

编号	$-\lg CF^{-1}$	E / mV
1	2.00	146
2	3.00	205
3	4.00	264
4	5.00	323
5	6.00	353

表2: 不同浓度F标准溶液测定数据



如果要表示 Data Points,

那第一组数据也应该表示出来,

可以换颜色的, 也可以用其他符号, 如

图1: 标准曲线分析图

△, ▲, etc

或者直接只画出最终使用的方程即可.

图中第一条直线拟合时会舍去最后一个数据

$$R^2 = 1.000$$

第二条未舍去最后一个数据

$$R^2 = 0.9883$$

实验名称: _____ 姓名: _____ 学号: _____

标准曲线法:

根据图中拟合结果, 显然应当舍去第五个点, 拟合直线为 $y = 59x + 28$.

则当 $y = E_i = 267$ 时, 解得 $-\lg[F^-] = x = 4.05$, 即有 $[F^-] = 8.91 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$.

$$\eta = \frac{2V_s \cdot [F^-] \cdot M_F}{m_t} = \frac{2 \times 50.00 \times 8.91 \times 10^{-5} \times 19.0}{1.50} = 1.13 \mu\text{g/g}$$

标准加入法应为 59.2 吧? $y = 59.2x + 45.4$ 是标准加入法方程吧?

$$S = 59.0, \Delta E = 60 \text{ mV}, \text{ 故 } [F^-] = \frac{C_s V_s}{V_x} (10^{\frac{\Delta E}{S}} - 1)^{-1} = 1.1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\eta = \frac{2V_s C_s M_F}{m_t} = \frac{2 \times 50.00 \times 10^{-3} \times 1.1 \times 10^{-4} \times 19.0}{1.50} = 1.4 \times 10^{-2} \mu\text{g/g}$$

六、分析与讨论.

1. 标准曲线拟合时舍去了最后一个点, 因为 $1.00 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ 的浓度过小, 极小的实验误差会被放大, 因此测得结果并不如前几组精确.

2. 就拟合结果而言, $k = 59$ 与理论值 59.2 十分接近, 可以认为拟合结果准确.

3. 使用标准曲线法计算得到浓度要小于用标准加入法计算得到浓度, 从理论上分析应当是标准加入法的结果更为精确. 原因是标准加入法可以理解为引入了曲线法中斜率的误差, 而本次拟合结果中, 斜率较为准确, 因此标准加入法更精确.

4. 但相比之下, 标准曲线法更为便捷, 且有效数字位数更多.

七、讨论题.

1. 电极表面是 LaF_3 玻璃膜, 能对 F^- 浓度产生响应, F^- 浓度变化时, 内外形成电势差, 且符合能斯特方程, $E = E_0 + \frac{2.303RT}{F} \cdot \lg[F^-]$. 据此可以通过测电势差来计算 F^- 浓度.

2. 测得的是活度. 要测其浓度, 可以采用滴定的方式, 或者利用 $\gamma = \frac{a}{c}$, 先通过实验求得活度系数 γ , 然后测活度再计算得浓度.

3. 标准曲线法操作原理更简单, 在多组数据待测时效率高, 但相较标准加入法误差较大.