

物理化学实验

B.H.Zhang

2021 年 12 月 7 日

1 实验一：燃烧焓的测定

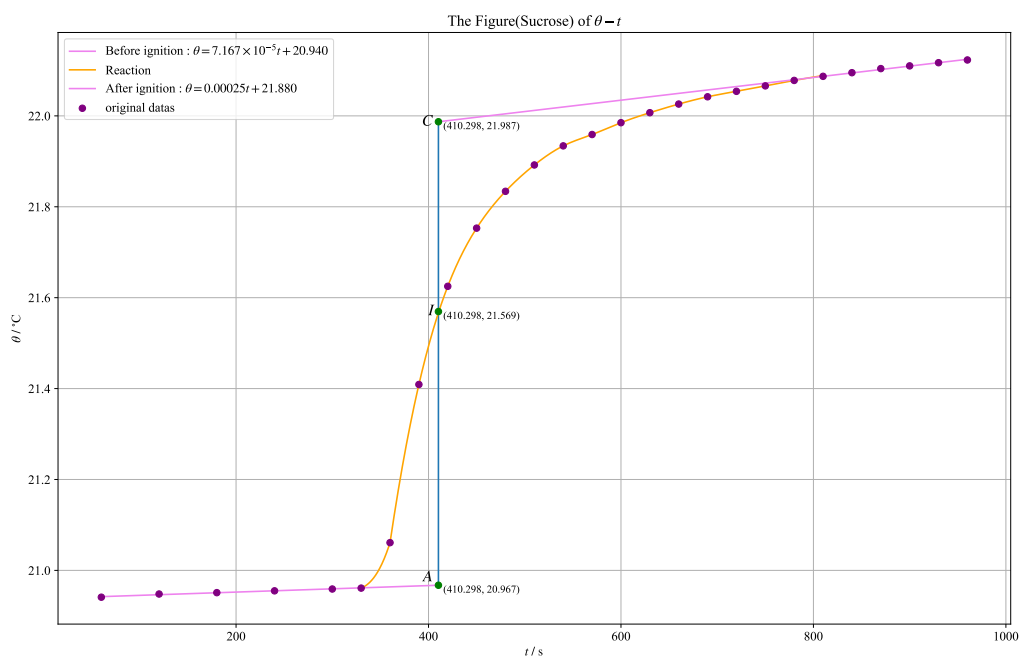


图 1.1: 蔗糖的雷诺校正曲线。纵坐标 θ 为温度 (去单位为摄氏度 $^\circ\text{C}$), 横坐标 t 为时间 (去单位为秒 s), C 点与 A 点纵坐标差值为升高温度为 1.020°C

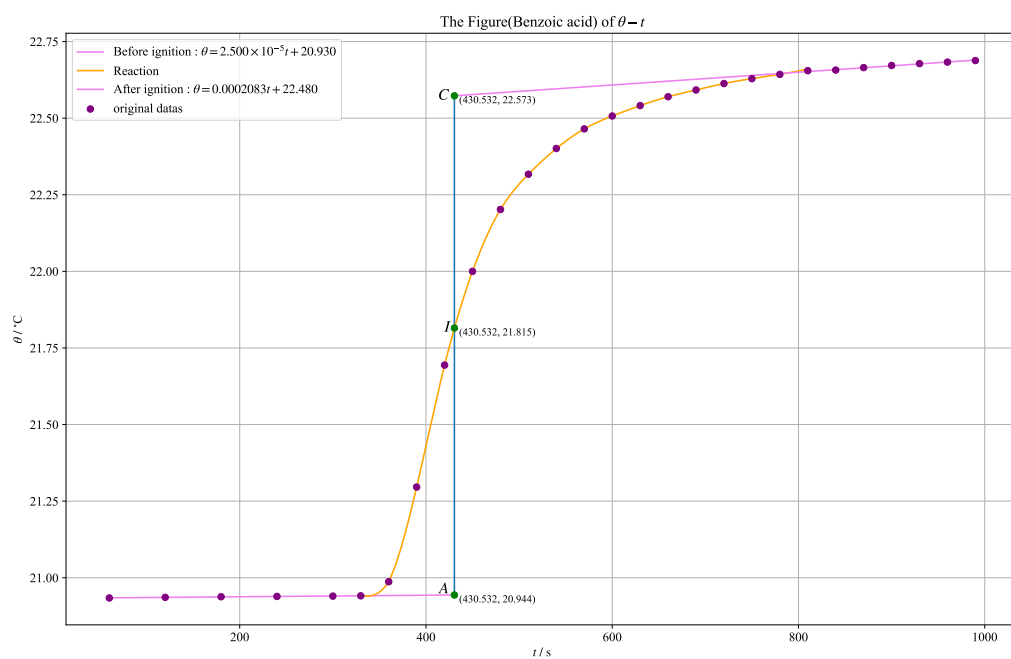


图 1.2: 苯甲酸的雷诺校正曲线。纵坐标 θ 为温度 (去单位为摄氏度 $^\circ\text{C}$)，横坐标 t 为时间 (去单位为秒 s)， C 点与 A 点纵坐标差值为升高温度为 1.629°C

蔗糖		苯甲酸	
时间 t/s	温差 $\Delta\theta/^\circ\text{C}$	时间 t/s	温差 $\Delta\theta/^\circ\text{C}$
0	0.000	0	0.000
60	0.009	60	0.002
120	0.016	120	0.004
180	0.019	180	0.006
240	0.023	240	0.007
300	0.027	300	0.008
330	0.029	330	0.009
360	0.129	360	0.055
390	0.477	390	0.364
420	0.693	420	0.762
450	0.821	450	1.068
480	0.902	480	1.270
510	0.960	510	1.385
540	1.002	540	1.469
570	1.027	570	1.533
600	1.053	600	1.575
630	1.075	630	1.609
660	1.094	660	1.638
690	1.110	690	1.660
720	1.122	720	1.681
750	1.134	750	1.697
780	1.146	780	1.711
810	1.550	810	1.723
840	1.163	840	1.725
870	1.172	870	1.733
900	1.178	900	1.740
930	1.185	930	1.746
960	1.191	960	1.751
		990	1.756

表 1: 实验数据 (标有 粉色, 是点火; 标有 蓝色, 是结束反应)

2 实验二：蔗糖水解

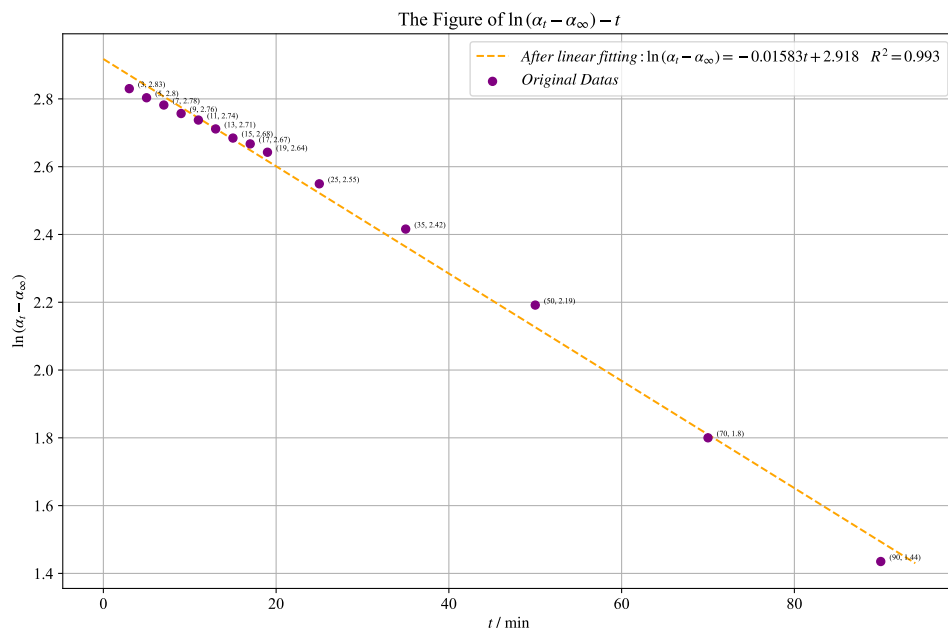


图 2.1: $\ln(\alpha_t - \alpha_\infty)$ 对时间 t (去除单位为 min) 作图, 得到直线的表达式为 $\ln(\alpha_t - \alpha_\infty) = -0.01621t + 2.91$, 应满足形式 $\ln(\alpha_t - \alpha_\infty) = -kt + \ln(\alpha_0 - \alpha_\infty)$ 。拟合曲线对应的斜率为 -0.01621 , 其相反数即为反应速率常数 $k = 0.01621$ 。

时间 t/min	3	5	7	9	11	13	15	17	19	25	35	50	70	90
a'_t (原始数据)	12.15	11.70	11.35	10.95	10.65	10.25	9.85	9.60	9.25	8.00	6.40	4.15	1.25	-0.60
a_t (修正数据)	12.35	11.90	11.55	11.15	10.85	10.45	10.05	9.80	9.45	8.20	6.60	4.35	1.45	-0.40
$a_t - a_\infty$	16.95	16.50	16.15	15.75	15.45	15.05	14.65	14.40	14.05	12.80	11.20	8.95	6.05	4.20
$\ln(a_t - a_\infty)$	2.83	2.80	2.78	2.76	2.74	2.71	2.68	2.67	2.64	2.55	2.42	2.19	1.80	1.44
$a_\infty = -4.60$														

表 2: 实验数据计算整理

3 实验三：饱和蒸气压的测定

序号	真空度 /Pa	T/K	蒸气压 p/Pa	$\frac{1}{T}/\text{K}^{-1}$	$\ln p/\text{Pa}$
1	-94250.00	298.15	8580.00	0.0033540	9.06
2	-91590.00	303.15	11240.00	0.0032987	9.33
3	-88950.00	307.15	13880.00	0.0032557	9.54
4	-85350.00	311.15	17480.00	0.0032139	9.77
5	-83340.00	313.15	19490.00	0.0031934	9.88
6	-81810.00	315.15	21020.00	0.0031731	9.95
7	-77230.00	318.15	25600.00	0.0031432	10.15

表 3: 实验数据计算整理

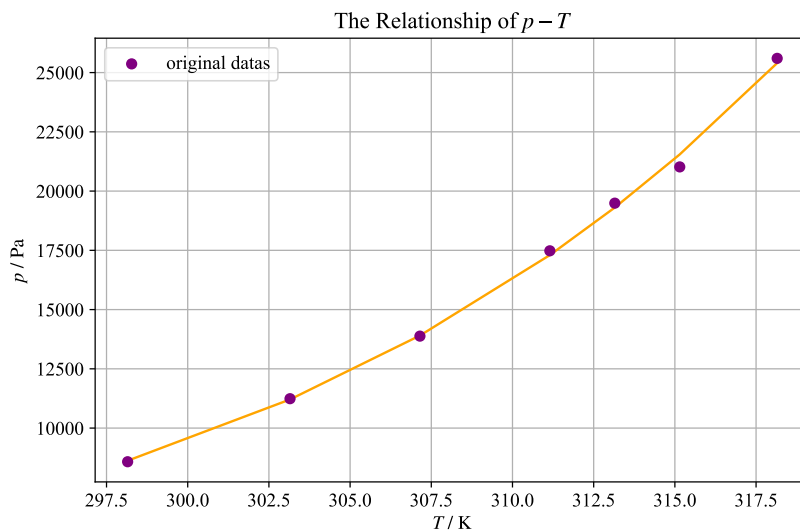


图 3.1: 饱和蒸气压 p (去单位为帕斯卡 Pa) 与热力学温度 K (去单位为开尔文 K) 的关系图, 指数函数拟合, 得到的关系式为 $p = 2125.35 + 10 \frac{-2628.00}{T} + 12.63$ 。

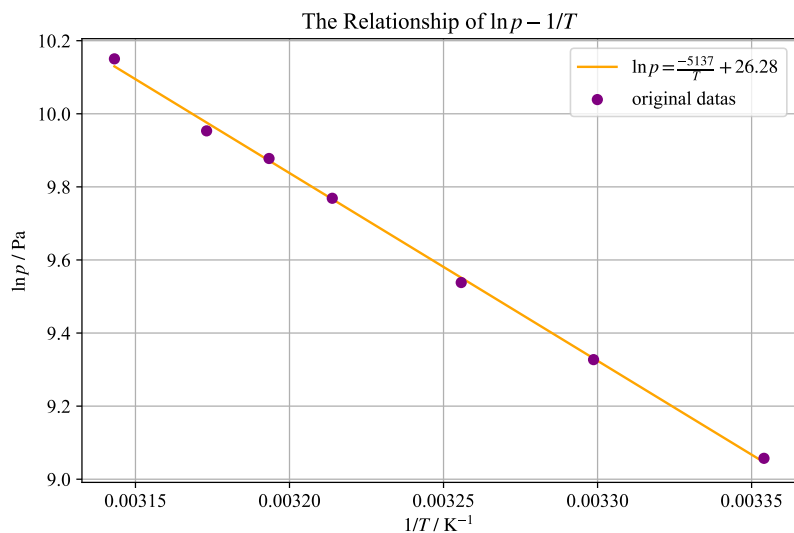


图 3.2: 饱和蒸气压的自然对数 $\ln p$ (去单位为帕斯卡 Pa) 与热力学温度之倒数 $\frac{1}{T}$ (去单位为开尔文的倒数 K^{-1}) 的关系图。线性拟合得到的方程为 $\ln p = \frac{-5137}{T} + 26.28$ 应满足方程 $\ln p = -\frac{\Delta_{\text{vap}}H_m}{RT} + \text{Constant}$, 斜率为 $-\frac{\Delta_{\text{vap}}H_m}{R} = -5137$, 解得 $\Delta_{\text{vap}}H_m = 42709 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

6 实验六：原电池电动势的测定

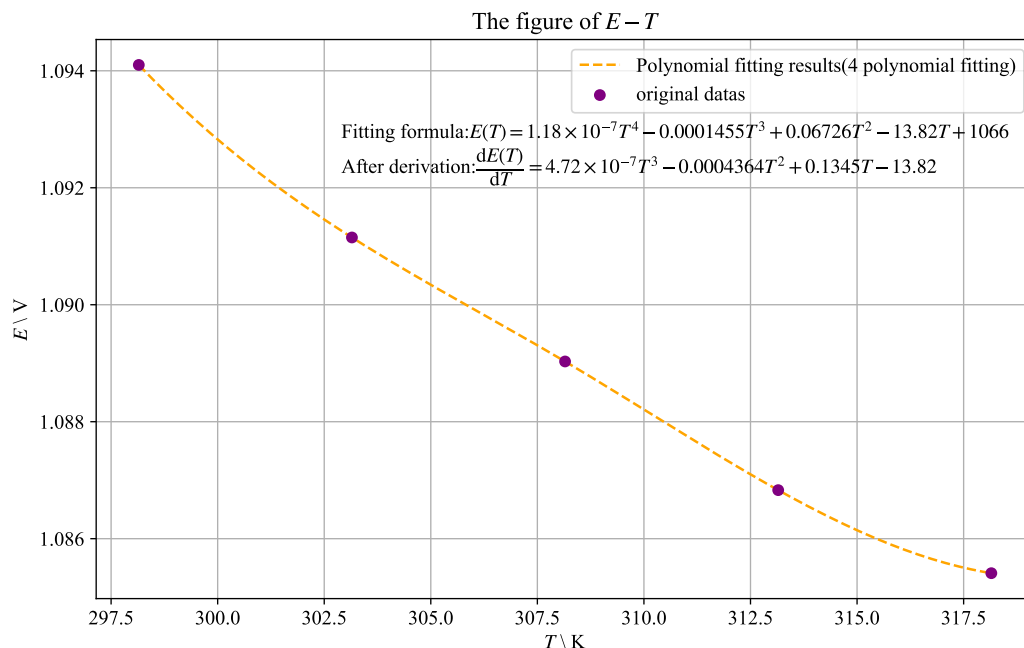


图 6.1: 利用四次多项式拟合得到的 $E - T$ 曲线, 其中横坐标为热力学温度 T (单位: 开尔文 K), 纵坐标为原电池 $\text{Zn}_{(\text{s})}|\text{ZnSO}_4(0.1\text{mol/L})||\text{CuSO}_4(0.1\text{mol/L})|\text{Cu}_{(\text{s})}$ 的电池电动势 E (单位: 伏特 V)。多项式拟合结果为: $E(T) = 1.18 \times 10^{-7} T^4 - 0.0001455 T^3 + 0.06726 T^2 - 13.82 T + 1066$, 公式中的 $E(T)$ 与 T 视作无量纲数, 即: $E(T) = \frac{E(T)}{\text{V}}$, $T = \frac{T}{\text{K}}$, 上式两边对温度 T 求一阶导数, $E(T)$ 恒压下为温度 T 的函数, 得: $\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_p = \frac{dE(T)}{dT} = 4.72 \times 10^{-7} T^3 - 0.0004364 T^2 + 0.1345 T - 13.82$ 。

7 实验七：溶液表面张力的测定

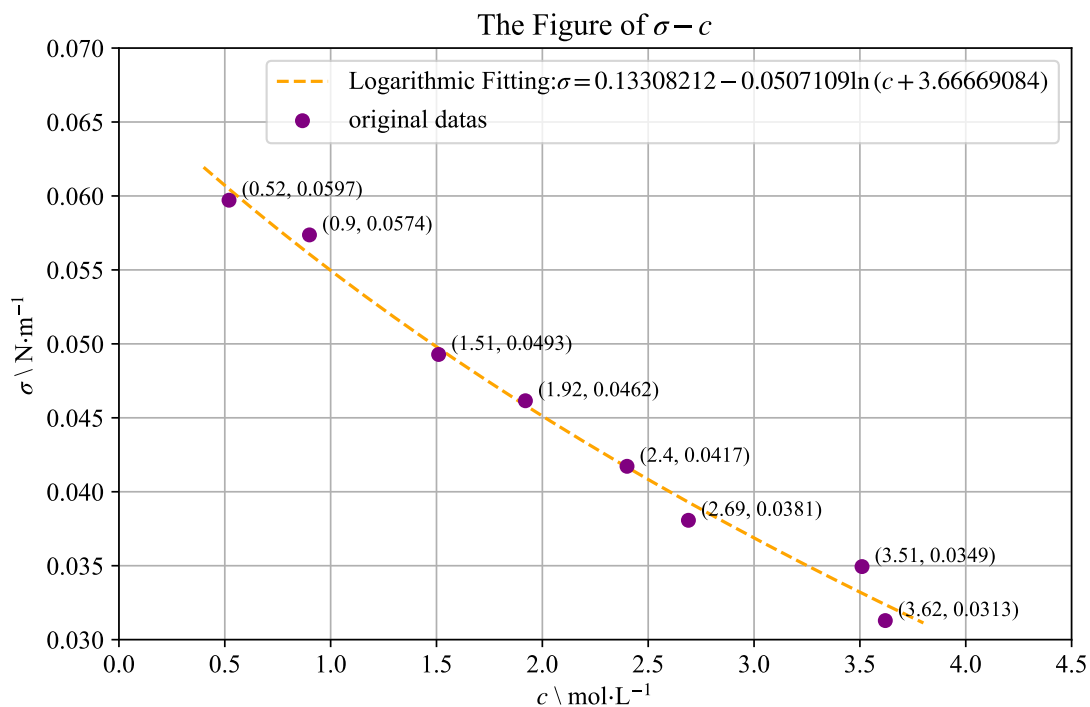


图 7.1: 利用函数 $\sigma = a + b \ln(c + d)$ 拟合得到的 $\sigma - c$ 曲线。其中 a, b, d 均为参数, c 为乙醇溶液的浓度 (去除单位为: mol·m⁻¹), σ 为溶液表面张力 (去除单位为: N·m⁻²) 得到的拟合拟合结果为: $\sigma = 0.13308212 + 0.0507109 \ln(c + 3.66669084)$, 回归系数 $R^2 = 0.993$ 。

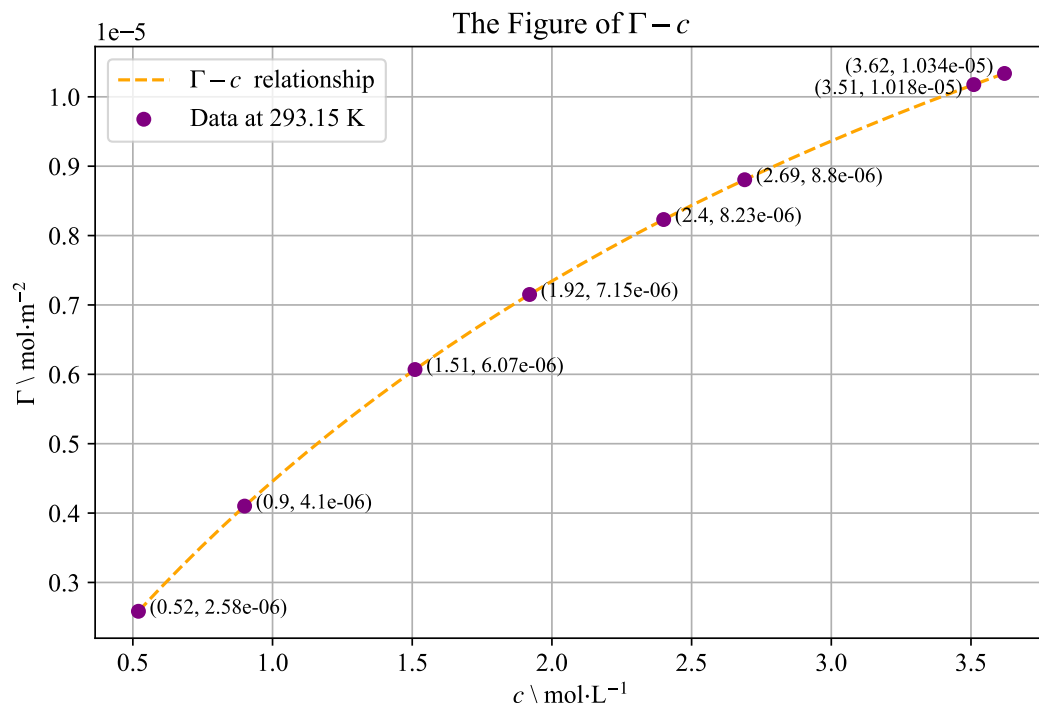


图 7.2: 利用 $\sigma - c$ 的拟合结果求出 $\Gamma - c$ 曲线。其中 Γ 是溶质在表面层的吸附量（去除单位为 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ ，纵坐标为 $1 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ ），计算公式为 $\Gamma = \frac{c}{RT} \left(\frac{d\sigma}{dc} \right)_T$ ，其中 T 取实验温度 $T = 293.15\text{K}$ 。

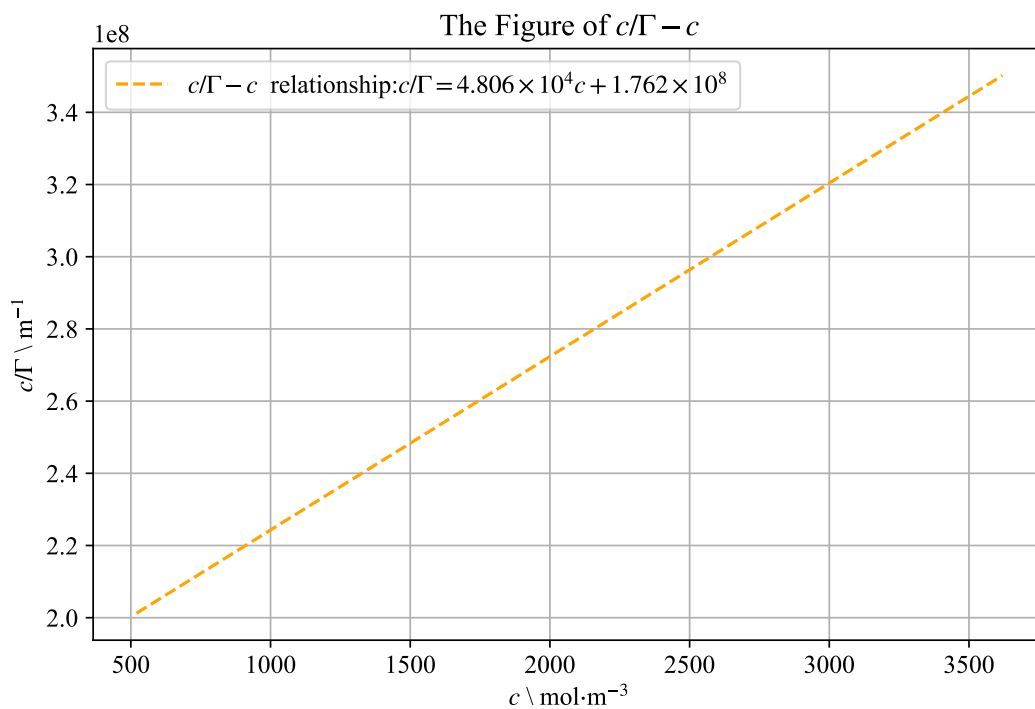


图 7.3: $\frac{c}{\Gamma} - c$ 关系图, 纵坐标为 $\frac{c}{\Gamma}$ (去单位为 m^{-1}), 横坐标为 c (去单位为 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$)。利用一次拟合, 得到一直线, 关系式为 $\frac{c}{\Gamma} = 4.806 \times 10^4 c + 1.762 \times 10^8$, 应符合关系式 $\frac{c}{\Gamma} = \frac{c}{\Gamma_\infty} + \frac{1}{K\Gamma_\infty}$, 故其斜率之倒数为 $\Gamma_\infty = 2.081 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$

8 实验八: 弱电解质电离平衡常数的测定

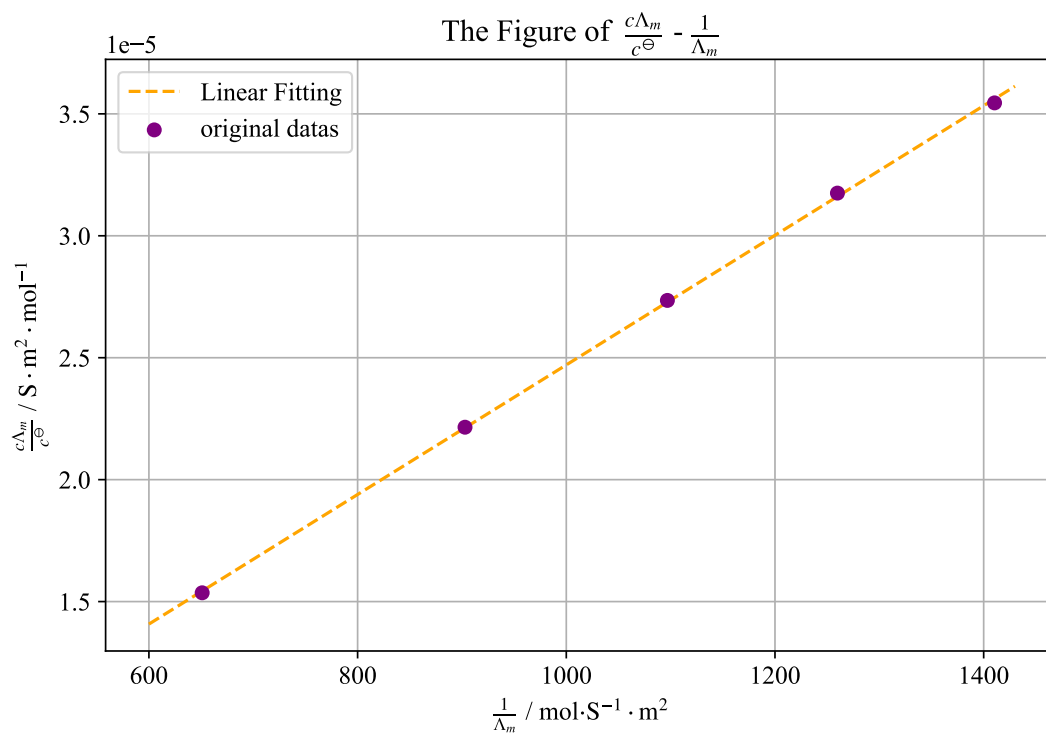


图 8.1: $\frac{c\Lambda_m}{c^\ominus}$ (去单位为 $\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$) 对 $\frac{1}{\Lambda_m}$ (去单位为 $\text{mol} \cdot \text{S}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) 作图, 得到的方程为 $\frac{c\Lambda_m}{c^\ominus} = 2.657 \times 10^{-8} \frac{1}{\Lambda_m} - 1.867 \times 10^{-6}$, 用斜率除以 $\Lambda_{m,\infty}^2$, 就得到 $K_c^\ominus = 1.741 \times 10^{-5}$ 。

9 实验九：二元相图

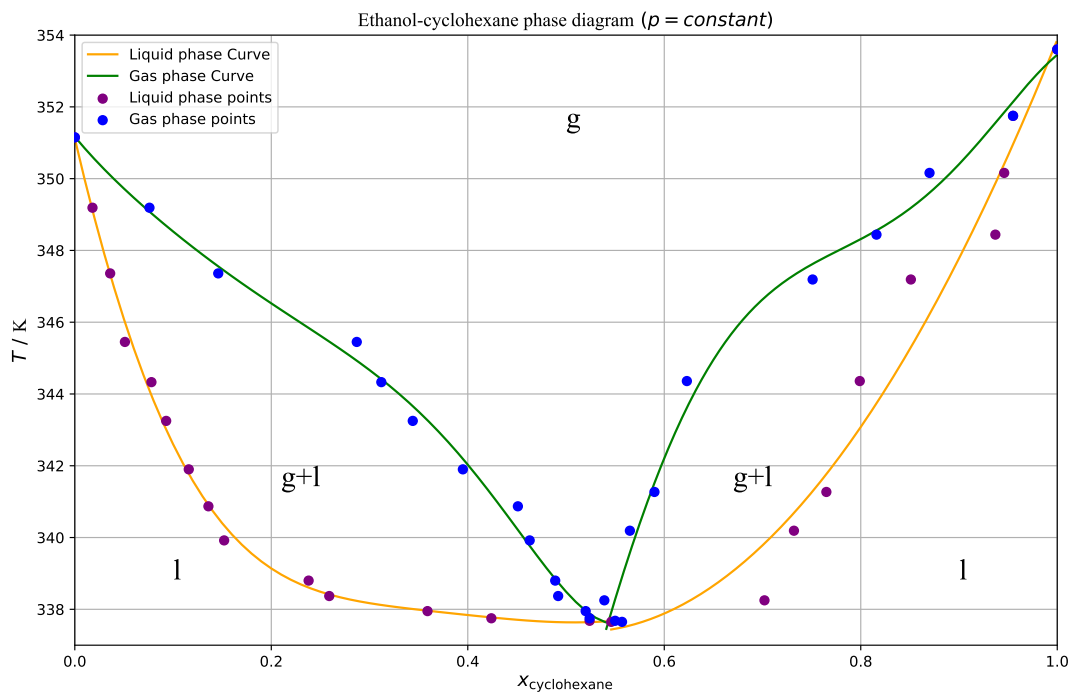


图 9.1: 乙醇-环己烷汽-液平衡相图, 左侧两条曲线为本组测量所得, 使用五次多项式拟合, 其交点坐标通过解方程得到为(0.566,337.72K); 右侧为邻组数据, 汽相采用五次多项式拟合, 液相采用二次多项式拟合, 其交点通过解方程得到为(0.541,337.42K), 求平均值, 得到乙醇与环己烷二组分的最低沸点为337.57K

10 实验十: 皂化反应

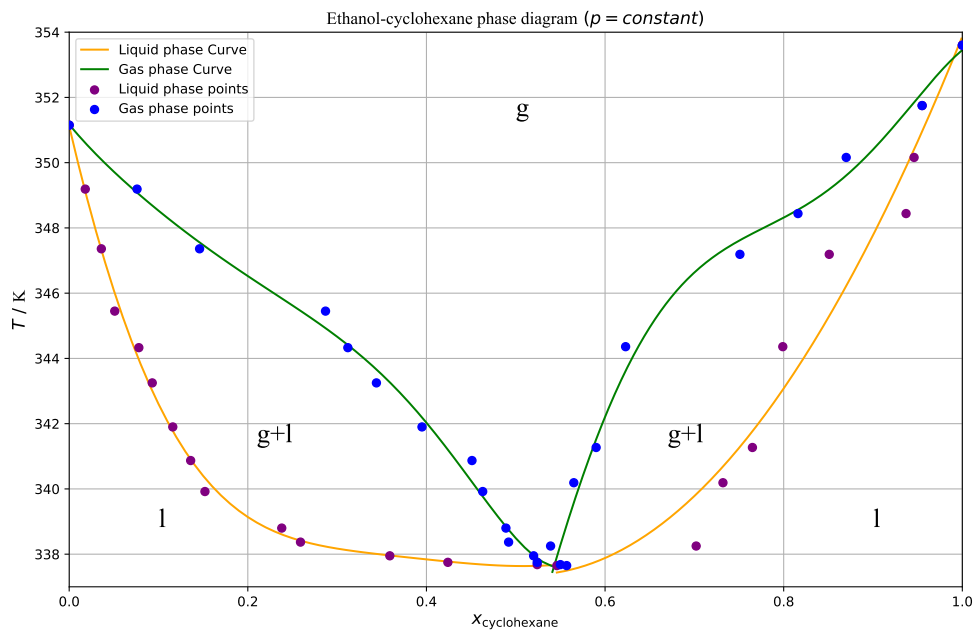


图 9.2: 乙醇-环己烷汽-液平衡相图, 左侧两条曲线为本组测量所得, 使用五次多项式拟合, 其交点坐标通过解方程得到为(0.566,337.72K); 右侧为邻组数据, 汽相采用五次多项式拟合, 液相采用二次多项式拟合, 其交点通过解方程得到为(0.541,337.42K), 求平均值, 得到乙醇与环己烷二组分的最低沸点为337.57K

序号	T/K	$n_D^{30}(\text{测})$	$n_D^{30}(\text{真})$	$x_{\text{环己烷}}(l)$	$n_D^{30}(\text{测})$	$n_D^{30}(\text{真})$	$x_{\text{环己烷}}(g)$
1	351.15	1.358	1.357	0.000	1.358	1.357	0.000
2	349.19	1.3596	1.3586	0.018	1.3646	1.3636	0.076
3	347.36	1.3611	1.3601	0.036	1.3708	1.3698	0.146
4	345.45	1.3624	1.3614	0.051	1.382	1.381	0.287
5	344.33	1.3648	1.3638	0.078	1.3838	1.3828	0.312
6	343.25	1.3661	1.3651	0.093	1.3861	1.3851	0.344
7	341.90	1.3681	1.3671	0.116	1.3895	1.3885	0.395
8	340.87	1.3699	1.3689	0.136	1.3931	1.3921	0.451
9	339.92	1.3713	1.3703	0.152	1.3938	1.3928	0.463
10	338.80	1.3782	1.3772	0.238	1.3954	1.3944	0.489
11	338.37	1.3799	1.3789	0.259	1.3956	1.3946	0.492
12	337.95	1.3872	1.3862	0.359	1.3973	1.3963	0.520
13	337.75	1.3915	1.3905	0.424	1.3976	1.3966	0.524
14	337.68	1.3975	1.3965	0.524	1.399	1.398	0.550
15	337.65	1.3988	1.3978	0.546	1.3994	1.3984	0.557
16	338.25	1.4081	1.4063	0.702	1.3992	1.3974	0.539
17	340.19	1.4096	1.4078	0.732	1.4007	1.3989	0.565
18	341.27	1.4112	1.4094	0.765	1.4021	1.4003	0.590
19	344.36	1.4129	1.4111	0.799	1.4049	1.4031	0.623
20	347.19	1.4153	1.4135	0.851	1.4105	1.4087	0.751
21	348.44	1.4192	1.4174	0.937	1.4137	1.4119	0.816
22	350.16	1.4196	1.4178	0.946	1.4162	1.4144	0.870
23	351.75	1.42	1.4182	0.955	1.42	1.4182	0.955
24	353.60	1.422	1.4202	1.000	1.422	1.4202	1.000

表 4: 实验数据处理

	$c_0 = 0.04976 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$								$\kappa_0 = 1.036 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$						
t / min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\kappa_t / \text{S} \cdot \text{m}^{-1}$	0.896	0.795	0.729	0.680	0.645	0.617	0.594	0.576	0.561	0.548	0.537	0.527	0.518	0.511	0.504
$(\kappa_0 - \kappa_t) / \text{S} \cdot \text{m}^{-1}$	0.140	0.241	0.307	0.356	0.391	0.419	0.442	0.460	0.475	0.488	0.499	0.509	0.518	0.525	0.532
$\frac{(\kappa_0 - \kappa_t)}{t} / \text{S} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	0.140	0.120	0.102	0.089	0.078	0.069	0.063	0.057	0.052	0.048	0.045	0.042	0.039	0.037	0.035

表 5: 25°C 时皂化反应电导率随时间的变化关系 (数据处理)

	$c_0 = 0.04976 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$								$\kappa_0 = 1.139 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$						
t / min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\kappa_t / \text{S} \cdot \text{m}^{-1}$	0.924	0.810	0.740	0.692	0.657	0.630	0.610	0.593	0.579	0.567	0.557	0.548	0.541	0.534	0.528
$(\kappa_0 - \kappa_t) / \text{S} \cdot \text{m}^{-1}$	0.215	0.329	0.399	0.447	0.482	0.509	0.529	0.546	0.560	0.572	0.582	0.591	0.598	0.605	0.611
$\frac{(\kappa_0 - \kappa_t)}{t} / \text{S} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	0.215	0.165	0.133	0.112	0.096	0.084	0.075	0.068	0.062	0.057	0.052	0.049	0.046	0.043	0.040

表 6: 30°C 时皂化反应电导率随时间的变化关系 (数据处理)

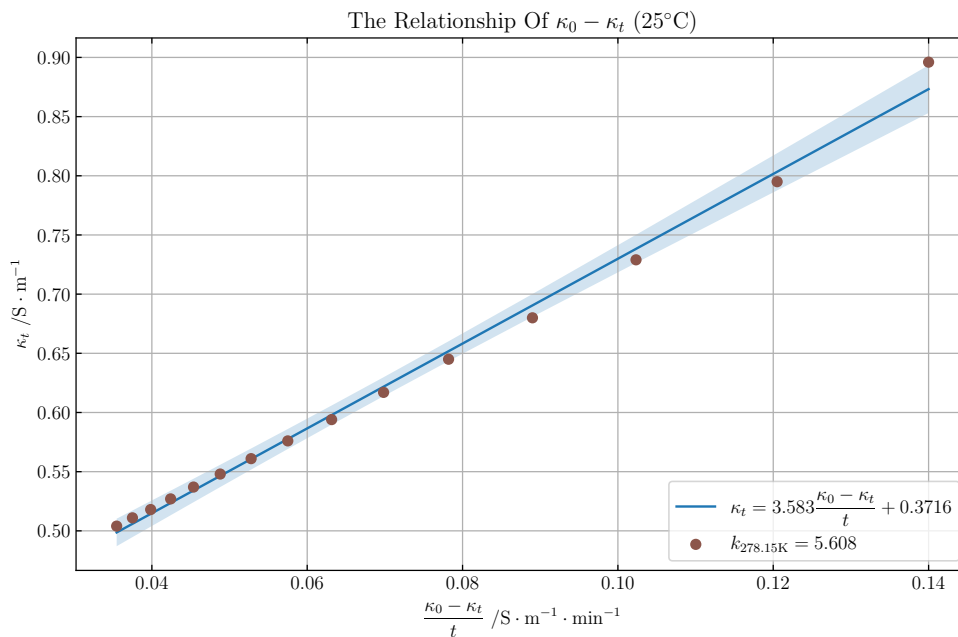


图 10.1: 25°C 时皂化反应进行情况, 横坐标为 $\frac{\kappa_0 - \kappa_t}{t}$ (去单位为 $\text{S} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), 纵坐标为 κ_t (去单位为 $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$)。线性拟合方程为 $\kappa_t = 3.583 \frac{\kappa_0 - \kappa_t}{t} + 0.3716$

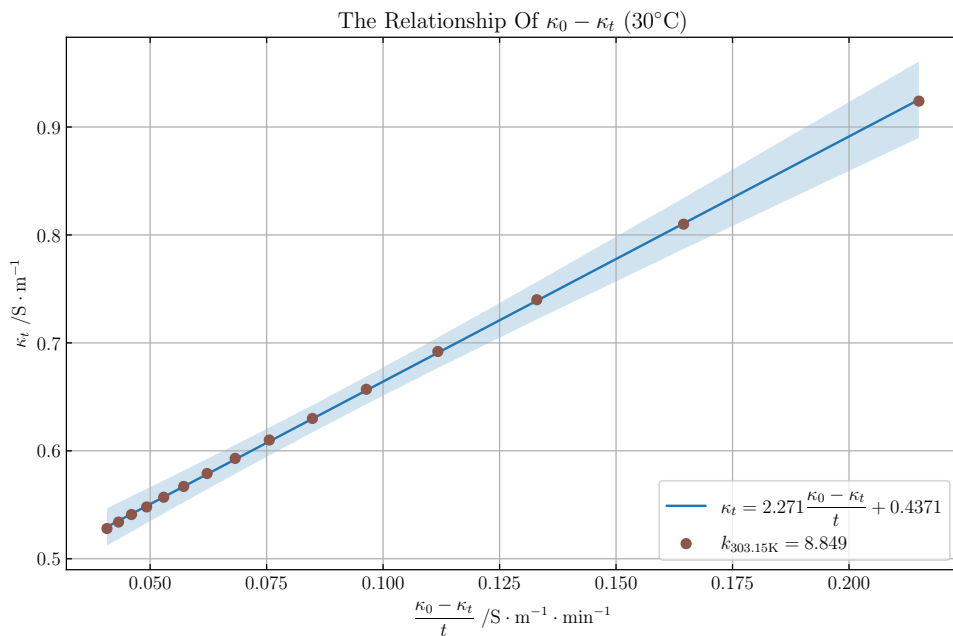


图 10.2: 30°C 时皂化反应进行情况, 横坐标为 $\frac{\kappa_0 - \kappa_t}{t}$ (去单位为 $\text{S} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), 纵坐标为 κ_t (去单位为 $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$)。线性拟合方程为 $\kappa_t = 2.271 \frac{\kappa_0 - \kappa_t}{t} + 0.4371$