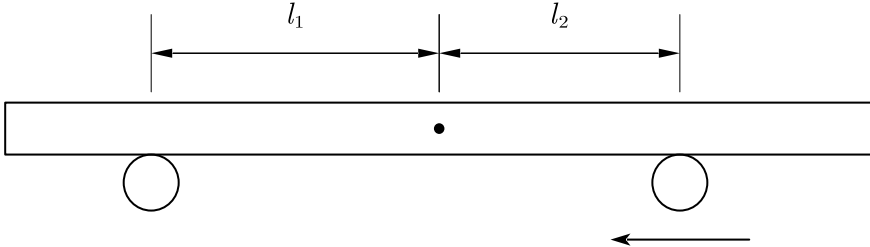


*数值评分遵循以下标准：

$$Y = y_0, \quad \text{Num} = A - B - X; \Delta = 0 - \alpha - \beta$$

若考生给出 y 的有效位数为 A ，数值为 $|y - y_0| \leq \alpha$ ，不扣分；有效位数为 B ，或 $|y - y_0| \in (\alpha, \beta]$ ，或物理量少单位，扣除50%分数；有效位数为 A, B 以外的值，或 $|y - y_0| > \beta$ ，扣除100%分数，该数据点得分扣完为止。计算过程中有效数字可以多（少）保留一位。没有给出 Num 的，表示与答案不同的有效位数扣除100%分数；没有给出 Δ 的，允许在末位出现1的偏差，否则扣除100%分数。

A.1	<p>(0.5pt) $M_P = M_P' + M_{pan}$</p> <p>(0.5pt) $\ln M_P = \ln M_W - \mu\theta$</p> <p>(1.0pt)</p> <p style="text-align: center;">A.1 $\ln M_P - \theta$拟合数据</p> <table><tr><td>$\theta(\text{rad})$</td><td>π</td><td>1.5π</td><td>2π</td><td>2.5π</td><td>3π</td><td>3.5π</td><td>4π</td><td>4.5π</td><td>5π</td></tr><tr><td>$M_P(\text{g})$</td><td>509.7</td><td>396.7</td><td>307.2</td><td>234.7</td><td>176.7</td><td>127.7</td><td>104.7</td><td>72.2</td><td>43.2</td></tr><tr><td>$\ln M_P$</td><td>6.2338</td><td>5.9832</td><td>5.7275</td><td>5.4583</td><td>5.1745</td><td>4.8497</td><td>4.6511</td><td>4.2794</td><td>3.7658</td></tr></table> <p>仅最后一行$\ln M_P$计分，数据点错误每处扣除0.2pt，最多扣除1.0pt。</p> <p>$\ln M_P$ Num = 4, 5 - 3 - X; $\Delta = 0 - -0$</p> <p>$\ln M_P - \theta$拟合（或逐差法）得到</p> <p>(1.0pt) $\mu = 0.188$ Num = 3 - 4 - X; $\Delta = 0 - 0.02 - 0.05$</p>	$\theta(\text{rad})$	π	1.5π	2π	2.5π	3π	3.5π	4π	4.5π	5π	$M_P(\text{g})$	509.7	396.7	307.2	234.7	176.7	127.7	104.7	72.2	43.2	$\ln M_P$	6.2338	5.9832	5.7275	5.4583	5.1745	4.8497	4.6511	4.2794	3.7658
$\theta(\text{rad})$	π	1.5π	2π	2.5π	3π	3.5π	4π	4.5π	5π																						
$M_P(\text{g})$	509.7	396.7	307.2	234.7	176.7	127.7	104.7	72.2	43.2																						
$\ln M_P$	6.2338	5.9832	5.7275	5.4583	5.1745	4.8497	4.6511	4.2794	3.7658																						
A.2	<p>(0.5pt) ①用待测细绳连接待测重物与砝码盘；</p> <p>(0.5pt) ②将待测细绳缠绕于钢管上，保持$\theta = \pi$；</p> <p>(1.0pt) ③测得使系统保持静止所需的最小砝码质量M_{P1}'和最大砝码质量M_{P2}'。每个直接测量量0.5pt。</p> <p>(1.0pt) $M_x = \sqrt{(M_{P1}' + M_{pan})(M_{P2}' + M_{pan})}$</p> <p>(1.0pt) $\mu_x = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{M_{P2}' + M_{pan}}{M_{P1}' + M_{pan}}$</p>																														
A.3	<div></div> <p style="text-align: center;">A.3 铅笔间动摩擦系数与静摩擦系数之比k的测量</p> <p>(1.0pt) ①将两支铅笔重叠正交放置，移动上方铅笔使之能保持水平。标记铅笔间接触位置，即为上方铅笔质心；找质心0.5pt，方法0.5pt。</p> <p>(0.5pt) ②将一支铅笔放于另外两支铅笔之上，如上图所示。从质心两边大致等距的位置开始，将一支铅笔向质心靠近。初始时，另两支铅笔都不动，到某位置，上方铅笔开始运动，此时在铅笔间接触位置做好标记；</p> <p>(1.0pt) ③测量图中l_1和l_2，则$k = \frac{l_2}{l_1}$；测量量0.5pt，k的表达式0.5pt。</p> <p>(0.5pt) ④多次测量取平均。</p>																														
B.1	<p>(1.0pt) $C_x = \frac{2\pi\epsilon_r\epsilon_0 l}{\ln \frac{b}{a}}$</p>																														
B.2	<p>对内直径d_1,</p> <p>(0.5pt) $d_1 = 1.481 \text{ mm}$ Num = 4, 5 - 3 - X; $\Delta = 0 - -0$</p> <p>$\sigma_a = 1.1 \times 10^{-3} \text{ mm}$</p> <p>$\sigma_b = \frac{0.004}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 2.3 \times 10^{-3} \text{ mm}$</p>																														

(0.5pt) $\sigma_{d_1} = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2} = 2.6 \times 10^{-3} \text{ mm}$ Num = 1,2 --X; $\Delta = 0 - 2 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-3}$

(1.0pt) $a = \frac{d_1}{2} = (0.7405 \pm 0.0013) \text{ mm}$ Num = 3,4 - 2 - X; $\Delta = 0 - 0.001 - 0.002$

对外直径 d_2 ,

(0.5pt) $d_2 = 4.401 \text{ mm}$ Num = 4,5 - 3 - X; $\Delta = 0 - -0$

$\sigma_a = 8.7 \times 10^{-4} \text{ mm}$

$\sigma_b = \frac{0.004}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 2.3 \times 10^{-3} \text{ mm}$

(0.5pt) $\sigma_{d_1} = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mm}$ Num = 1,2 --X; $\Delta = 0 - 2 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-3}$

(1.0pt) $b = \frac{d_2}{2} = (2.2005 \pm 0.0013) \text{ mm}$ Num = 4,5 - 3 - X; $\Delta = 0 - 0.001 - 0.002$

①(0.5pt) a ②(0.5pt) b ③(0.5pt) a ④(0.5pt) b ⑤(0.5pt) d ⑥(0.5pt) b

B.3

解析: 谐振法需要测量路端电流和路端电压, 因此需要分别测量信号发生器两端的电压以及电阻两端的电压 (即电流); 考虑到触发源为 CH1, 使用 CH1 测量信号发生器两端电压就无需调节触发电平, 若使用 CH1 测量电阻两端电压, 当电路阻抗过大时, 电阻上分压较小不一定能达到触发电平; 考虑到信号发生器和示波器的共地, 信号发生器的黑端, CH1、CH2 的黑端必须接在同一个位置, 即 b。

(0.5pt) $C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$

(1.5pt)

计算不同 l 时的 C 值如下表

B.4 $C - l$ 拟合数据

$l(\text{m})$	1.000	0.900	0.800	0.700	0.600
$C(\text{pF})$	273.4	264.4	252.9	242.0	231.5

仅最后一行 C 计分, 数据点错误每处扣除 0.5pt, 最多扣除 1.5pt。

C Num = 4 - 3, 5 - X; $\Delta = 0 - -0$

$C = C_x + C' = \frac{2\pi\epsilon_r\epsilon_0}{\ln\frac{b}{a}} l + C'$

作 $C - l$ 拟合, 得到斜率

(1.0pt) $k = 106.5 \text{ pF/m}$ Num = 3,4 - 5 - X; $\Delta = 0 - 1 - 2$

另有截距 $C' = 167.7 \text{ pF}$

(1.0pt) $\epsilon_r = \frac{k \ln\frac{b}{a}}{2\pi\epsilon_0}$

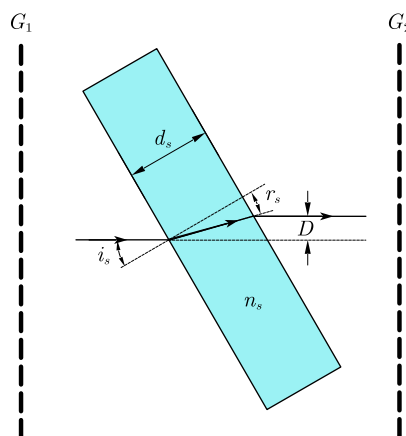
(1.0pt) $\epsilon_r = 2.08$ Num = 3,4 - 5 - X; $\Delta = 0 - 0.01 - 0.02$

B.5

(2.0pt) 常见的变压器为 1~10 H 左右, 分布电容约 200 pF (来自上一问的截距), 据此估算谐振频率, 约为几千赫兹, 从而解释了谐振现象。变压器电感、分布电容、谐振频率数量级各 0.5pt, 叙述 0.5pt。

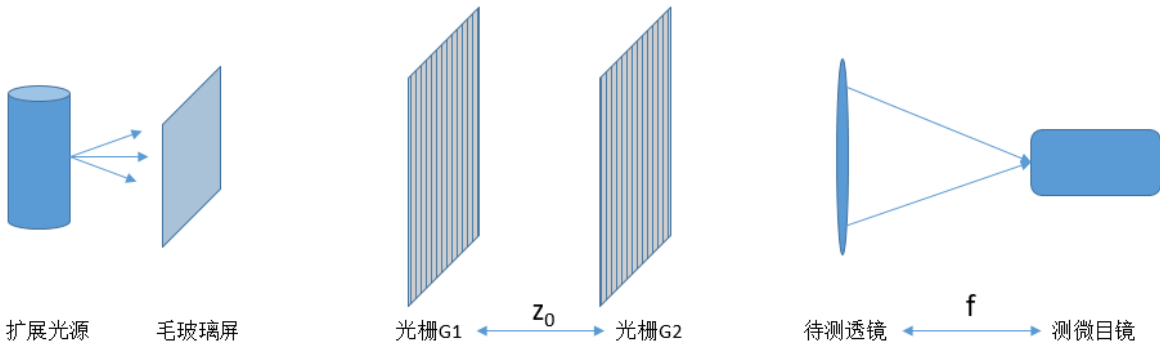
C.1

C.1.1



C.1.1 Lau 效应双光栅间平板玻璃旋转示意图

		如上图所示，有折射定律 (0.5pt) $\sin i_s = n_s \sin r_s$ 另外有几何关系 (0.5pt) $D = d_s \cdot \frac{\sin(i_s - r_s)}{\cos r_s}$ 解得 (1.0pt) $D = d_s \sin i_s \cdot \left[1 - \frac{\cos i_s}{(n_s^2 - \sin^2 i_s)^{\frac{1}{2}}} \right]$																													
	C.1.2	当条纹移动了 m 条时，其移动的距离应为 $\frac{f}{Z_0} D$ ，于是有 (0.5pt) $D = \frac{Z_0}{f} m s$ 即得 (0.5pt) $m = \frac{f}{Z_0 s} d_s \sin i_s \cdot \left[1 - \frac{\cos i_s}{(n_s^2 - \sin^2 i_s)^{\frac{1}{2}}} \right]$																													
	C.1.3	对待测样品也有 (0.5pt) $m = \frac{f}{Z_0 s} d_x \sin i_x \cdot \left[1 - \frac{\cos i_x}{(n_x^2 - \sin^2 i_x)^{\frac{1}{2}}} \right]$ 联系前述公式即可得 (0.5pt) $n_x = \sin i_x \cdot \left[\frac{d_x^2 \cos^2 i_x}{\left\{ d_x \sin i_x + d_s \sin i_s \cdot \left[\frac{\cos i_s}{(n_s^2 - \sin^2 i_s)^{\frac{1}{2}}} - 1 \right] \right\}^2} + 1 \right]^{\frac{1}{2}}$																													
	C.2.1	调节要求： (0.5pt) ①平行光管发出平行光； (0.5pt) ②望远镜接收平行光； (0.5pt) ③望远镜、平行光管垂直于仪器转轴； (0.5pt) ④载物台垂直于仪器转轴。 填空： (0.5pt) ①钠光灯、平行光管、望远镜； (0.5pt) ②在各级衍射像的背景上出现清晰的平行等间距条纹。																													
	C.2	(2.0pt) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">次数</th> <th colspan="2">标准样品 (K9)</th> <th colspan="2">待测样品</th> </tr> <tr> <th>厚度(mm)</th> <th>入射角</th> <th>厚度(mm)</th> <th>入射角</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>13.725</td> <td>6°7'</td> <td>14.018</td> <td>5°11'</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>13.728</td> <td>6°6'</td> <td>14.020</td> <td>5°10'</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>13.723</td> <td>6°5'</td> <td>14.021</td> <td>5°11'</td> </tr> <tr> <td>平均</td> <td>13.725</td> <td>6°6'</td> <td>14.020</td> <td>5°11'</td> </tr> </tbody> </table> <p>数据点错误每处扣除0.5pt，最多扣除2.0pt</p> <p>(1.0pt) $n_x = \sin i_x \cdot \left[\frac{d_x^2 \cos^2 i_x}{\left\{ d_x \sin i_x + d_s \sin i_s \cdot \left[\frac{\cos i_s}{(n_s^2 - \sin^2 i_s)^{\frac{1}{2}}} - 1 \right] \right\}^2} + 1 \right]^{\frac{1}{2}} = 1.647$</p> <div style="background-color: #cccccc; padding: 10px; display: inline-block;"> Num = 4 - 3, 5 - X; Δ = 0 - -0 </div>	次数	标准样品 (K9)		待测样品		厚度(mm)	入射角	厚度(mm)	入射角	1	13.725	6°7'	14.018	5°11'	2	13.728	6°6'	14.020	5°10'	3	13.723	6°5'	14.021	5°11'	平均	13.725	6°6'	14.020	5°11'
次数	标准样品 (K9)			待测样品																											
	厚度(mm)	入射角	厚度(mm)	入射角																											
1	13.725	6°7'	14.018	5°11'																											
2	13.728	6°6'	14.020	5°10'																											
3	13.723	6°5'	14.021	5°11'																											
平均	13.725	6°6'	14.020	5°11'																											

C.3	<div>(3.0pt)</div> <div></div> <div>C.3 基于 Lau 效应实验测量透镜焦距原理图</div> <div>缺少图名扣除0.5pt，实验仪器缺少或无标注每处扣除0.5pt，扣完为止。</div> <div>(1.0pt) 如上图所示，若使用成像透镜将无穷远处的 Lau 效应条纹成像在透镜焦平面上，只需测量两个光栅的间距Z_0和 Lau 效应条纹间距s，即可得到透镜焦距f。每缺少一个待测物理量扣除0.5pt。</div> <div>(1.0pt) $f = \frac{sZ_0}{\Delta}$</div>																
D.1	D.1.1	(3.0pt)AB 解析：磁场不均匀会导致不同位置的核共振角频率不同，从而在某一特定频率下，发生共振的核数目很少，可能导致观测不到信号，故 A 正确；若没有弛豫过程，则核磁共振会达到饱和，即共振吸收和发射的核的数目相同，没有净吸收或净发射，从而观测不到共振信号，故 B 正确；扫场频率与共振无关，与共振相关的是射频场频率，故 CD 错误。故选 AB。	D.1.2	(3.0pt)AC 解析：扫场变化慢时，对于每一个特定的总磁场，体系都能很快达到稳态，不存在振荡，但当扫场变化快时，体系来不及达到稳态，故共振点一过，信号便会立刻衰减振荡回到 0，故 A 正确，B 错误；磁场越均匀，等效的阻尼衰减越小，从而尾波越多，故 C 正确，D 错误。故选 AC。	D.1.3	(3.0pt)ACD 解析：磁场越均匀，越有利于观测共振信号，故 A 正确；每当恒磁场与扫场构成的总磁场在某一时刻等于共振磁场时，会观测到一个共振信号，当共振信号等距排列时，有三种可能，分别为 $B = B_0$ ， $B = B_0 + B_m'$ ， $B = B_0 - B_m'$ ，故 B 错误；由于能观测到信号时，共振磁场一定在 $(B_0 - B_m')$ 到 $(B_0 + B_m')$ 范围内，故减少扫场幅度可以使上述范围更小，从而共振频率的测量更精确，故 C 正确；当共振磁场等于 B_0 时，共振信号总是出现在扫场为 0 的位置，故扫场幅度不会影响共振信号的位置，故 D 正确。故选 ACD。											
	D.1.4	<div>将测量数据求平均得下表</div> <div>(3.0pt)</div> <div>D.1.4 平均共振频率</div> <table><tr><td>原子核</td><td>ν_0(MHz)</td><td>ν_1(MHz)</td><td>ν_2(MHz)</td></tr><tr><td>氢核</td><td>25.073</td><td>25.062</td><td>25.080</td></tr><tr><td>氟核</td><td>23.586</td><td>23.581</td><td>23.595</td></tr></table> <div>数据点错误每处扣除0.5pt</div> <div>(0.5pt) $\sigma_{\nu_{0H}} = \frac{25.080 - 25.062}{20} \text{ MHz} = 0.001 \text{ MHz}$ Num = 1,2 --X; $\Delta = 0 --0$</div>					原子核	ν_0 (MHz)	ν_1 (MHz)	ν_2 (MHz)	氢核	25.073	25.062	25.080	氟核	23.586	23.581
原子核	ν_0 (MHz)	ν_1 (MHz)	ν_2 (MHz)														
氢核	25.073	25.062	25.080														
氟核	23.586	23.581	23.595														

		$\nu_{0H} = (25.073 \pm 0.001) \text{ MHz}$ (0.5pt) $\sigma_{\nu_{0F}} = \frac{23.595 - 23.581}{20} \text{ MHz} = 0.001 \text{ MHz}$ Num = 1, 2 --X; $\Delta = 0 - -0$ $\nu_{0F} = (23.586 \pm 0.001) \text{ MHz}$ (1.0pt) $B_0 = \frac{h\nu_{0H}}{g_H\mu_N} = 0.58888 \text{ T}$ Num = 5, 6 - 4 - X; $\Delta = 0 - -0$ (1.0pt) $\sigma_{B_0} = B_0 \frac{\sigma_{\nu_{0H}}}{\nu_{0H}} = 0.00002 \text{ T}$ Num = 1, 2 --X; $\Delta = 0 - -0$ $B_0 = (0.58888 \pm 0.00002) \text{ T}$ (1.0pt) $g_F = g_H \frac{\nu_{0F}}{\nu_{0H}} = 5.2544$ Num = 6 - 5, 7 - X; $\Delta = 0 - -0$ (1.0pt) $\sigma_{g_F} = g_F \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\nu_{0H}}}{\nu_{0H}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\nu_{0F}}}{\nu_{0F}}\right)^2} = 0.0003$ Num = 1 - -X; $\Delta = 0 - -0$ $g_F = 5.2544 \pm 0.0003$														
	D.2.1	(2.0pt) $T_2^* = \frac{T_2 T_2'}{T_2 + T_2'}$														
	D.2.2	射频脉冲场角度 θ 与脉冲宽度 t 的关系如下表 D.2.2 $t - \theta$ 拟合数据 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>$\theta(^{\circ})$</td> <td>90</td> <td>180</td> <td>270</td> <td>360</td> <td>450</td> <td>540</td> </tr> <tr> <td>$t(\mu\text{s})$</td> <td>16</td> <td>34</td> <td>52</td> <td>70</td> <td>90</td> <td>108</td> </tr> </table> 对上表数据进行拟合, 得到斜率 (1.0pt) $k = 0.205 \mu\text{s}/^{\circ}$ Num = 3 - 2 - X; $\Delta = 0 - -0$ (2.0pt) 故 90° 脉冲和 180° 脉冲的脉冲宽度分别应设置为 $18.5 \mu\text{s}$ 和 $36.9 \mu\text{s}$ 。每个脉冲宽度各 1.0pt。 Num = 3 - 2 - X; $\Delta = 0 - -0$	$\theta(^{\circ})$	90	180	270	360	450	540	$t(\mu\text{s})$	16	34	52	70	90	108
$\theta(^{\circ})$	90	180	270	360	450	540										
$t(\mu\text{s})$	16	34	52	70	90	108										
D.2		根据图 d.2 有 (1.0pt) $\ln V_{\text{FID}} = \ln V_0 - \frac{2\tau}{T_2}$ (1.0pt) D.2.3 $\ln V_{\text{FID}} - 2\tau$ 拟合数据 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>$2\tau(\text{ms})$</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>$\ln V_{\text{FID}}$</td> <td>0.79</td> <td>0.59</td> <td>0.34</td> <td>-0.04</td> <td>-0.33</td> </tr> </table> 仅最后一行 $\ln V_{\text{FID}}$ 计分, 数据点错误每处扣除 0.2pt。 $\ln V_{\text{FID}}$ Num = 2 - 3 - X; $\Delta = 0 - -0$ 拟合 $\ln V_{\text{FID}} - 2\tau$ 得到斜率 (1.0pt) $k = -0.0286 \text{ ms}^{-1}$ Num = 2, 3 - -X; $\Delta = 0 - -0$ 相关系数 (1.0pt) $r = -0.9942$ Num = 3, 4 - -X; $\Delta = 0 - -0$ (1.0pt) $\sigma_k = k \sqrt{\frac{1}{r^2} - 1} = 0.0018 \text{ ms}^{-1}$ Num = 1, 2 - -X; $\Delta = 0 - -0$ $k = -(0.0286 \pm 0.0018) \text{ ms}^{-1}$ (1.0pt) $T_2 = -\frac{1}{k} = 35.0 \text{ ms}$ Num = 2, 3 - -X; $\Delta = 0 - -0$ (1.0pt) $\sigma_{T_2} = T_2 \frac{\sigma_k}{k} = 2.2 \text{ ms}$ Num = 1, 2 - -X; $\Delta = 0 - -0$ $T_2 = -\frac{1}{k} = (35.0 \pm 2.2) \text{ ms}$	$2\tau(\text{ms})$	10	20	30	40	50	$\ln V_{\text{FID}}$	0.79	0.59	0.34	-0.04	-0.33		
$2\tau(\text{ms})$	10	20	30	40	50											
$\ln V_{\text{FID}}$	0.79	0.59	0.34	-0.04	-0.33											
	D.2.4	$M_z = 0$ 对应 (1.0pt) $\tau = 78 \text{ ms}$ Num = 2 - -X; $\Delta = 0 - -0$ (1.0pt) $T_1 = \frac{\tau}{\ln 2} = 113 \text{ ms}$ Num = 2, 3 - -X; $\Delta = 0 - -0$														

(2.0pt) 从理论上分析，弛豫过程进行的速率应与溶液浓度成线性关系，从而 T^{-1} 与 n 成线性关系，故 $k = -1$ 。分析1.0pt， k 的值1.0pt。

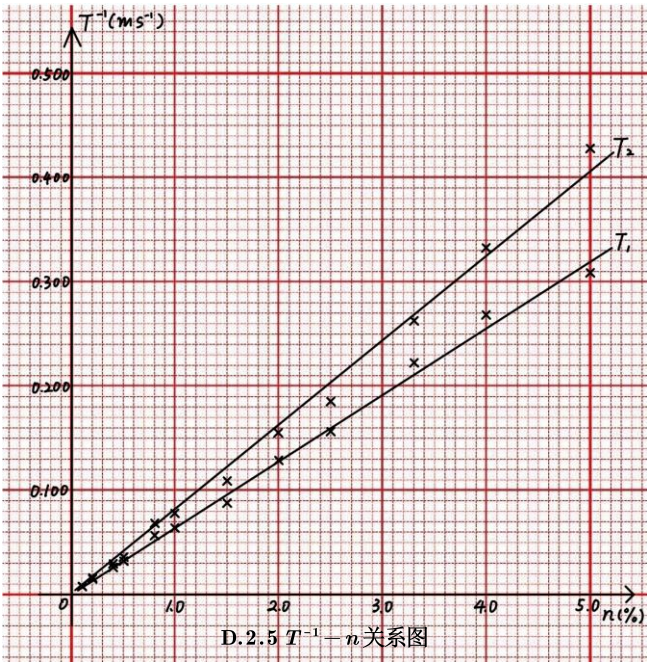
计算作图所用数据如下表

D.2.5 作图数据

浓度 n	0.1%	0.2%	0.4%	0.5%	0.8%	1.0%
$T_1^{-1}(\text{ms}^{-1})$	0.00850	0.0154	0.0268	0.0325	0.0559	0.0629
$T_2^{-1}(\text{ms}^{-1})$	0.00855	0.0158	0.0287	0.0368	0.0685	0.0787
浓度 n	1.5%	2.0%	2.5%	3.3%	4.0%	5.0%
$T_1^{-1}(\text{ms}^{-1})$	0.0877	0.129	0.156	0.222	0.269	0.309
$T_2^{-1}(\text{ms}^{-1})$	0.109	0.155	0.185	0.262	0.332	0.429

(6.0pt)

D.2.5



本小题得分扣完为止

数据点缺失或有明显偏离的每处扣0.5pt，最多可以扣除3.0pt。

若出现以下错误，每处扣除0.5pt：

单位遗漏或错误；无坐标轴标度；无图名；无物理量标注；无趋势线标注；作图区域过小；图示潦草；图示过于潦草。

若出现以下错误，每处扣除1.0pt：

趋势线不为直线；数据点不均匀分布在趋势线两侧。

(1.0pt) 从图中可以看出 T^{-1} 与 n 成线性关系，定性分析得到的 k 值正确。