

试题一 液体粘滞系数 (16 分)

(选择题中有多选题, 多选少选不得分)

粘滞性是流体内部阻碍各流体层之间相对滑动的特性, 又称内摩擦。液体内部以及液体与容器壁之间均存在粘滞力 (又称内摩擦力), 粘滞系数是表征流体内摩擦大小的物理量。在工程机械、石油石化和医药等领域, 常常需要对试样的粘滞系数进行准确测量。

对于粘滞系数较大且较透明的液体, 常采用落球法测量其粘滞系数。较深透明容器中盛有密度为 ρ_L 的均匀、静止的粘性液体, 液面近似为无限宽广 (忽略容器壁影响), 密度为 ρ 、半径为 r 的均质小球以较慢的速度在该液体中下落 (无转动), 其受到的粘滞阻力 F 满足斯托克斯公式:

$$F = 6\pi\eta rv$$

上式中 v 为小球的运动速度, η 即为该液体的粘滞系数。

1.1 (2 分) 在液面处以静止状态释放小球, 小球下落初段为变速运动, 最终会趋于收尾速度 v_0 。请推导小球下落过程速度 $v(t)$ 的表达式 (含 r , ρ_L , ρ , η , 时间 t , 和重力加速度 g) 并给出收尾速度 v_0 的表达式 (含 r , ρ_L , ρ , η 和重力加速度 g)。

1.2 (2 分) 测量小球沉降的收尾速度 v_0 , 可以计算液体的粘滞系数。实验中常采用测量小球近似匀速下落一段距离 s 需要的时间 t 来估算收尾速度。常将下落速度达到 $0.99v_0$ 后的运动认为是近似匀速下落。若粘性液体密度 $\rho_L = 0.97 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 小球半径 $r = 0.72 \text{ mm}$, 小球密度 $\rho = 8.91 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 液体粘滞系数 η 约为 $0.50 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, 若小球浸没在液体中释放时 $L=0$, 请估算小球下落速度为 $0.99v_0$ 时的下落距离 L 。

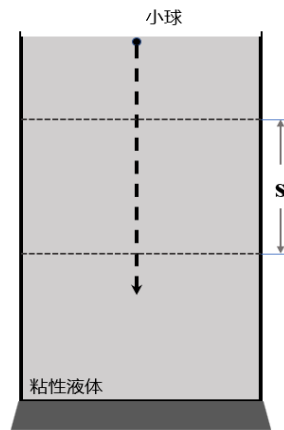


图: 1.2 落球法示意图

1.3 (3 分) 若用落球法测量甘油的粘滞系数时, 测得小球的直径为 $d = (2.00 \pm 0.01) \text{ mm}$, 小球的密度为 $\rho = 8.85 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, 小球在甘油中近似匀速下落 $s = 20.00 \text{ cm}$ 的时间为 $t = (20.0 \pm 0.1) \text{ s}$, 甘油的密度为 $\rho_L = 1.26 \text{ g/mL}$, 重力加速度为 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ 。请写出甘油的粘滞系数 η 的计算公式, 计算粘滞系数 η , 给出以小球直径 d 和下落时间 t 为直接测量量时粘滞系数 η 的不确定度表示式, 并计算其不确定度 $\Delta\eta$ 。

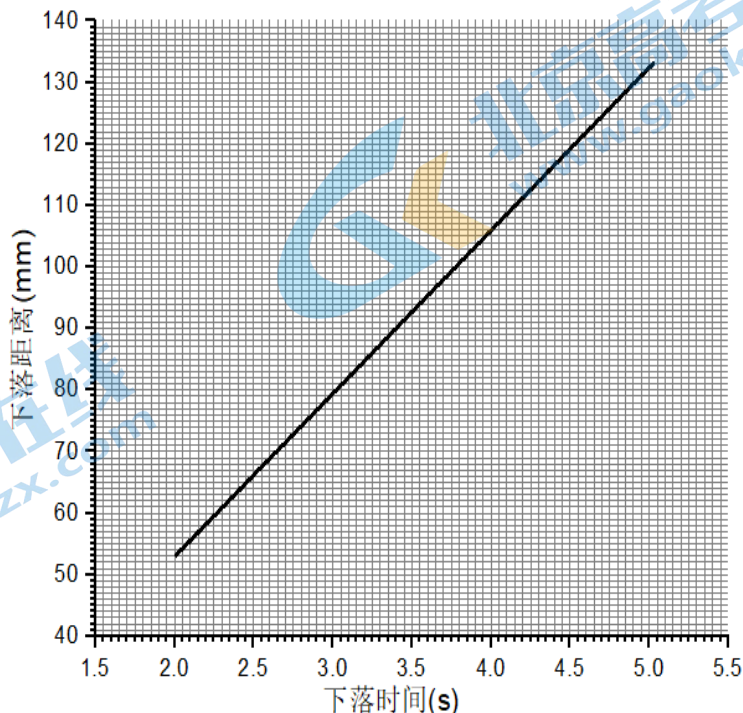


图: 1.4 小球下落距离与时间 t 的关系曲线

1.4 (1分) 在用落球法测量液体粘滞系数实验中, 液体相对球的运动状态会对粘滞阻力产生影响, 常引入无量纲参数雷诺数 $R_e = \frac{2rv\rho_L}{\eta}$ 来表征流体运动状态, 其中 v 为小球的下落速度, η 为该液体的粘滞系数, r 为小球半径。通常若满足 $R_e < 0.1$, 则无需对前述斯托克斯公式进行雷诺数修正; 若 $0.1 \leq R_e < 0.5$, 则需对斯托克斯公式进行 1 阶修正; 若 $R_e \geq 0.5$, 则需进行二阶修正。若在一次落球法实验中, 小球半径 $r=2.75\text{mm}$, 粘性液体密度 $\rho_L = 9.65 \times 10^2 \text{Kg/m}^3$, 液体粘滞系数 η 约为 $0.8 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, 使用高速相机记录的小球下落距离与时间 t 的关系中的一段如本题图所示, 此时我们需要进行斯托克斯公式的几阶修正?

1.5 (1分) 用落球法测量液体粘滞系数时, 以下哪些因素在其他条件相同时会影响实验结果的准确性?

A. 小球的直径; B. 液体的温度均匀性; C. 容器的尺寸; D. 释放小球位置的上下偏差

1.6 (2分) 通常液体的粘滞系数强烈地依赖于温度, 本题图是某三种液体样品的粘滞系数与温度的关系曲线。请写出你能从图中总结出的经验规律, 并对图中粘滞系数与温度关系给出一种微观解释。

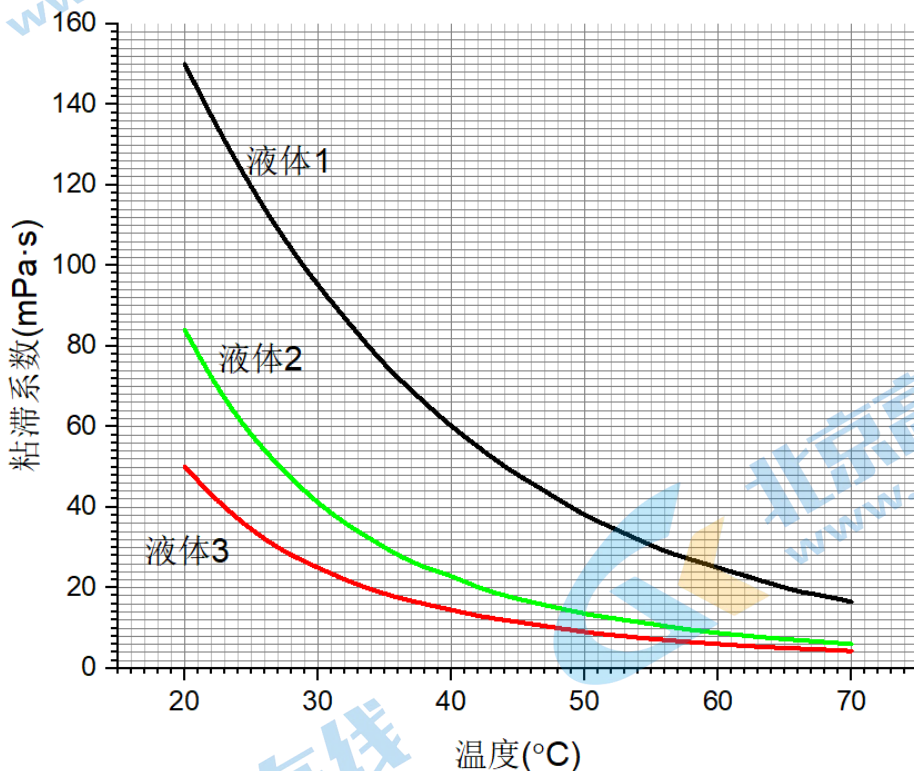


图: 1.6 液体粘滞系数与温度关系曲线

1.7 (2分) 若已知题 1.6 中三种液体的粘滞系数与温度关系均可用 Andrade 公式:

$$\eta = Ae^{\frac{B}{k_B T}}$$

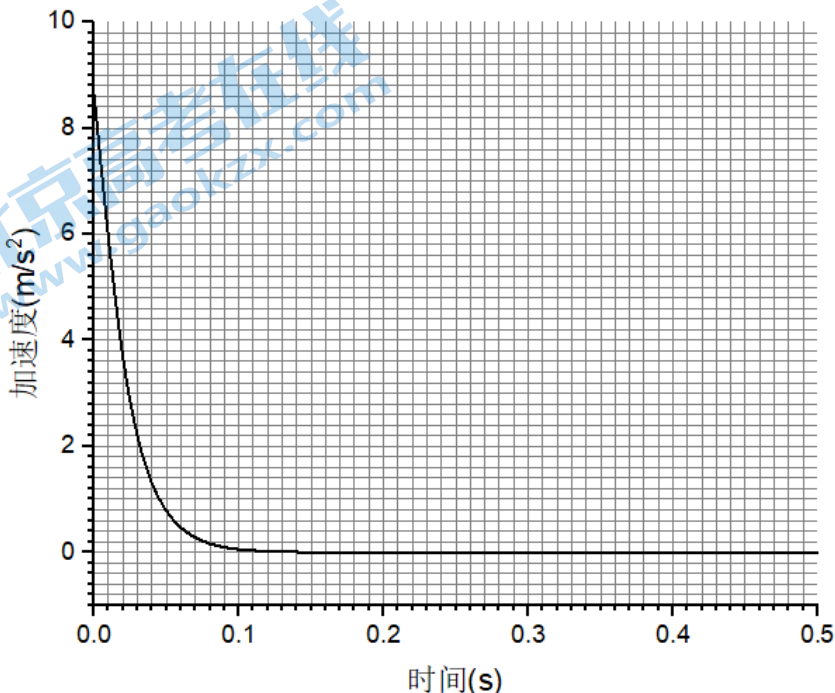
来描述, 其中 T 是热力学温度, $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$ 是玻尔兹曼常数, A 和 B 是待定系数, 请估算其中液体 1 所满足 Andrade 公式中 A 和 B 的值。

1.8 (1分) 关于落球法测量液体粘滞系数实验的原理和可能出现的误差, 下列说法中正确

的是：

- A. 小球在液体中下落时，受到的重力与浮力之差等于粘滞阻力。
- B. 小球在液体中下落时，应尽量选择较大的匀速区间 s 和较小的容器直径。
- C. 小球释放时，应尽量选择圆管容器截面中心位置。
- D. 本实验应选择表面光滑些的小球。

- 1.9 (1分) 对于透明度较低难以直接测量落球位置的液体，例如原油，在小球中放入加速度传感器可测量下落过程的加速度，通过加速度随时间变化曲线可计算出近似收尾速度，进而得到液体的粘滞系数。本题图是一次实验中获得的加速度与时间的关系曲线，请估算小球的收尾速度 v_0 。



图：1.9 小球加速度和时间关系曲线

- 1.10 (1分) 关于在小球中放入加速度传感器的这个实验，以下哪些分析是不正确的？

- A. 放入加速度传感器后会使球的体积变大，同一容器下，略微变大的小球会使计算得到的粘滞系数偏小。
- B. 为分析加速度变化过程，加速度传感器的采样率越高越好。
- C. 放入加速度传感器后，重心偏离球心可能导致球更易发生旋转，不影响下落轨迹，计算得到的粘滞系数偏小。
- D. 若保持小球密度不变，体积变大，达到接近匀速下落需要更长的距离。

试题二 水的膨胀系数 (24分)

(选择题中有多选题，多选少选不得分)

液体的体膨胀系数 β 是反映液体性质的重要物理量，其满足如下关系式：

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right)$$

式中 V 是温度 T 时液体的体积。液体的体积通常随温度的升高而增大，但水的体积不是随着温度的升高单调增大。准确测定水的体膨胀系数在工业生产中意义重大。

- 2.1 (2 分) 本题图为利用拉力传感器测量不同温度下水的体膨胀系数的实验装置示意图。实验中将一有机玻璃圆柱体悬挂于拉力传感器下, 该圆柱体完全浸没于装满水的容器中, 与容器内壁和底部均不接触。圆柱体的质量为 M_0 , 该圆柱体的体膨胀可忽略。不同温度 T 时拉力传感器测得浸没在水中的圆柱体等效质量为 M_T 。请给出水的体膨胀系数 β 的计算公式 (以 M_0 , M_T , $\frac{\Delta M_T}{\Delta T}$ 为参量)。

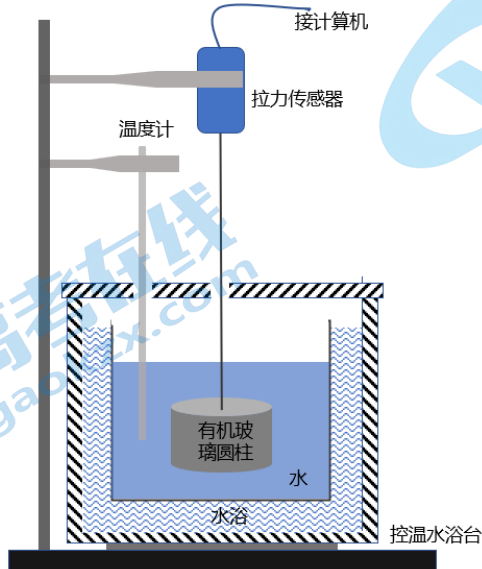
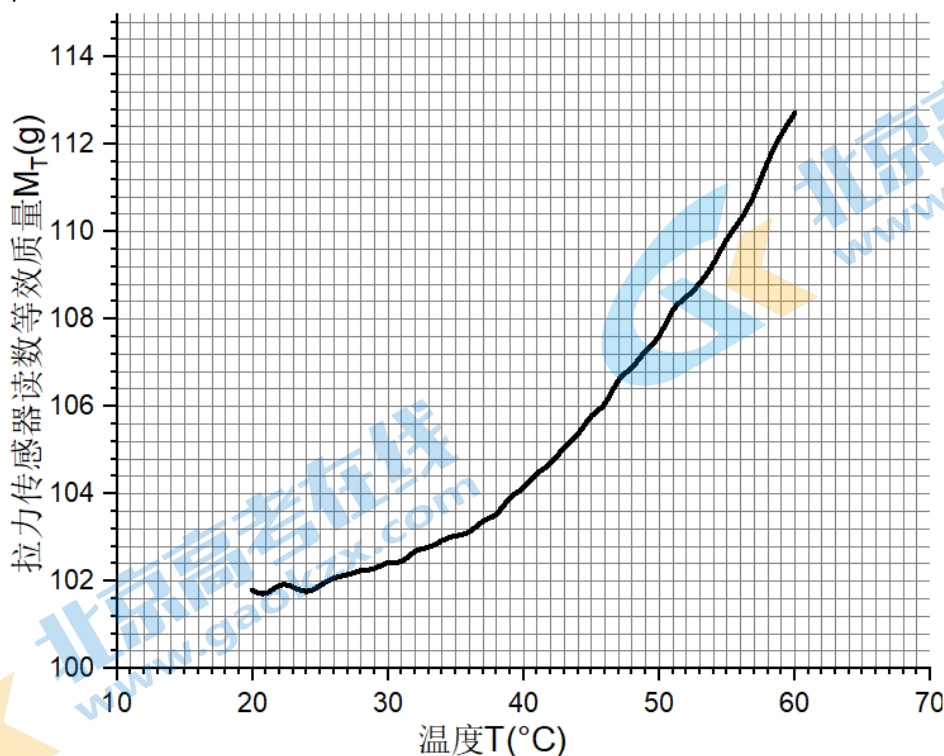


图: 2.1 实验装置示意图

- 2.2 (2 分) 本题图是拉力传感器测得的 M_T 随温度变化关系曲线。若容器加水前使用拉力传感器测量圆柱体质量 M_0 为 600.70 g, 请估算待测水样品在 40°C 附近的 $\frac{\Delta M_T}{\Delta T}$ 和体膨胀系数 β 。

图: 2.2 M_T 与温度 T 的关系曲线

2.3 (2分) 关于上述实验方法中的误差, 下列描述正确的是:

- A. 若拉力传感器存在零位误差会使膨胀系数计算结果偏大。
- B. 本实验中应选择体积大一些的重物。
- C. 实验中温度计若存在零度误差并不会给膨胀系数的计算带来误差。
- D. 本实验中细线受力后的轻微形变对实验没有影响。
- E. 较快的加热速率可缩短实验时间, 对实验测量更为有利。

2.4 (2分) 实际实验中上述方法的测量精确度受到多种因素的限制, 利用迈克尔逊干涉仪可更精确地测量水的体积随温度的微小变化。如本题图所示, 激光光束经扩束镜后照射在分束镜上, 分束镜 G_1 将入射光束分成两束, 两束光分别经过两个反射镜 M_1 和 M_2 反射后, 在分束镜后方空间相干叠加形成干涉图样。反射镜 M_1 可沿导轨前后移动。若实验中在迈克尔逊干涉仪观察屏上看到干涉条纹为细密的近似直条纹, 此时最可能的状态是:

- A. M_1 和 M_2 两路的光程差较小, M_1 和 M_2 方向偏离垂直关系较明显。
- B. M_1 和 M_2 两路的光程差较小, M_1 和 M_2 方向较为接近垂直关系。
- C. M_1 和 M_2 两路的光程差较大, M_1 和 M_2 方向偏离垂直关系较明显。
- D. M_1 和 M_2 两路的光程差较大, M_1 和 M_2 方向较为接近垂直关系。

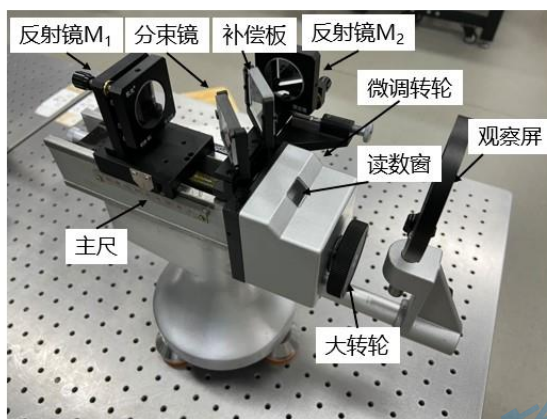
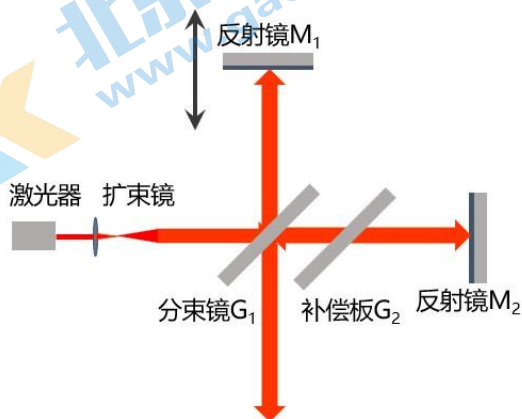


图: 2.4 迈克尔逊干涉仪原理图和实物图

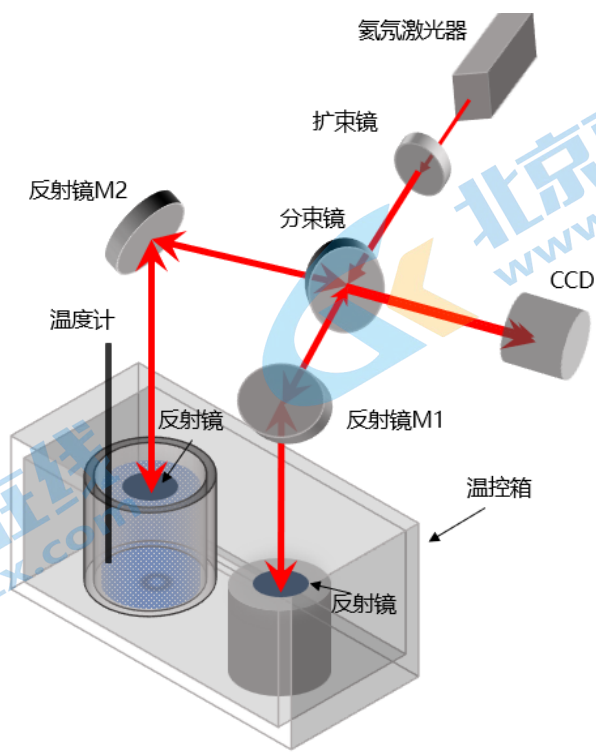
2.5 (2分) 关于实验中观察干涉圆环时的现象与操作, 下列说法不正确的是:

- A. 若想在观察屏上看到的干涉圆环出现更多级次, 可以减小两反射镜的光程差。
- B. 若在观察屏上看到的干涉圆环圆心偏向一边, 此时需要减小两反射镜光程差来将圆心调整到屏幕中心。
- C. 若观察屏上看到的干涉圆环类似椭圆, 可以调整观察屏的角度来使其更接近正圆环。
- D. 若想要在观察屏上看到的干涉圆环更稀疏, 可以调整观察屏的前后位置。

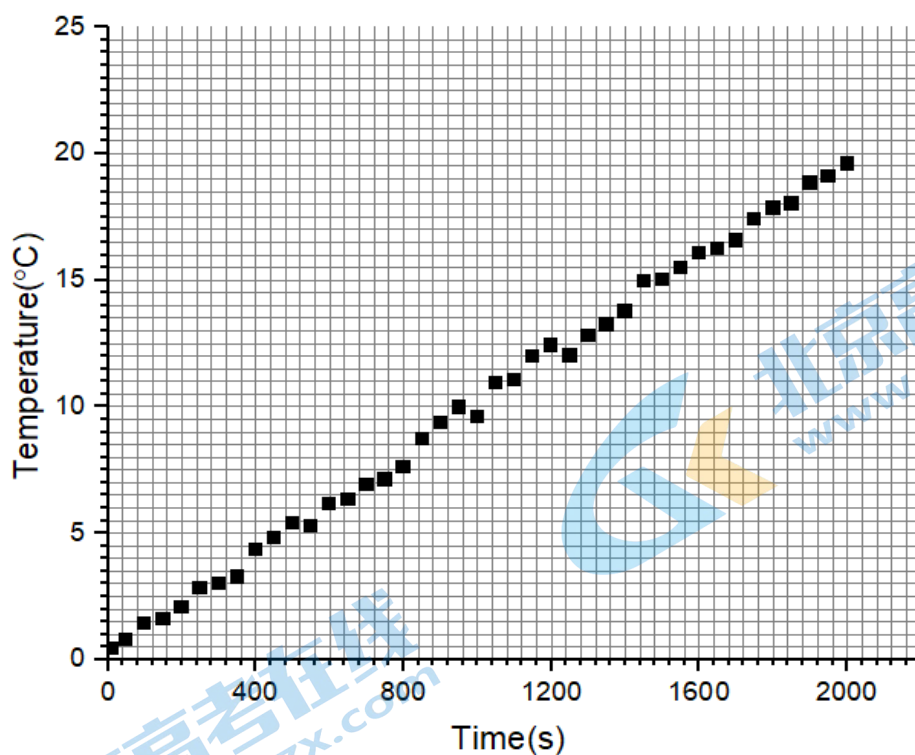
2.6 (2分) 利用迈克尔逊干涉测量液体体膨胀系数的装置如本题图所示。激光器出射光经扩束镜后照射到分束镜上分为两束: 反射光经 M_2 反射后射入到漂浮于温控箱容器中水体液面上的反射镜, 原路返回至分束镜, 其光程为 S_1 ; 透射光经反射镜 M_1 反射后入射到固定于与待测液体容器相距很近的金属块上的反射镜表面, 原路返回至分束镜, 其光程为 S_2 。两光束在分束镜后相干叠加, 用 CCD 记录干涉图样。若已将装置调整到在 CCD 记录平面呈现圆环干涉图样, 并且干涉圆环的中心光斑的中心光强 I 满足:

$$I = I_0 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi S_D}{\lambda} \right) \right]$$

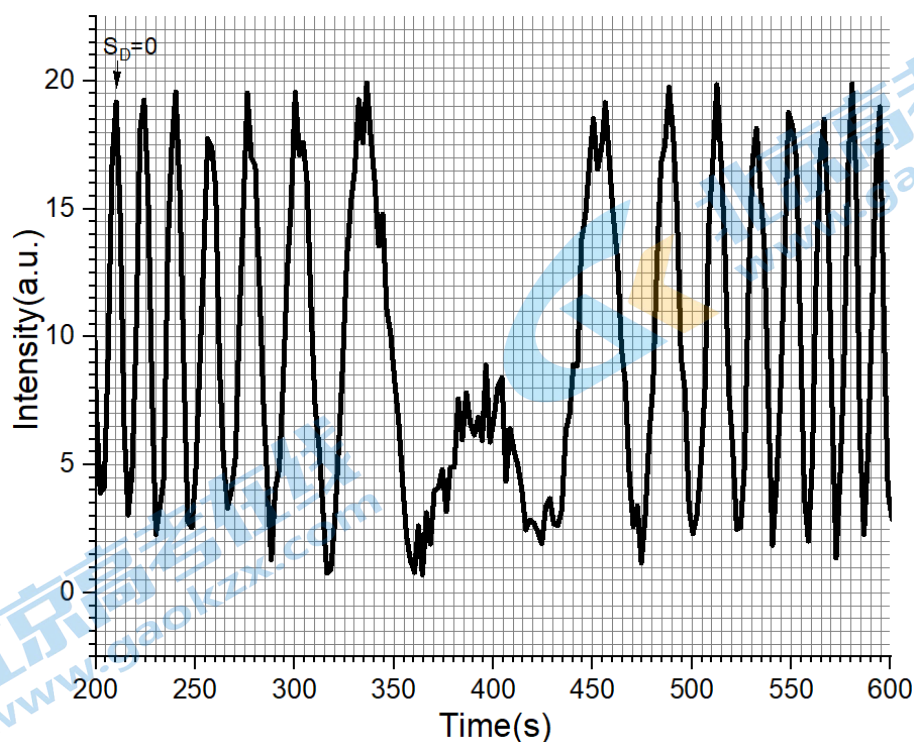
式中 $S_D = S_2 - S_1$, λ 为激光波长, I_0 为常量。若容器的热膨胀可忽略, 0°C 时容器中水的体积是 V_0 , 圆柱形容器的截面积为 A , 通过测量缓慢升温过程中心光斑光强随时间变化关系可得到光程差随时间的变化关系 $S_D(t)$, 通过温度计可测得温度随时间的变化关系 $T(t)$ 。若此时水的体膨胀系数 $\beta \approx \frac{1}{V_0} \left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right)$, 以 $\frac{\Delta S_D}{\Delta t}$, $\frac{\Delta T}{\Delta t}$, A 和 V_0 为参数写出 β 的表达式。



图：2.6 利用迈克尔逊干涉光路测量液体膨胀系数



图：2.7.1 水温随时间变化的关系曲线



图：2.7.2 光强随时间关系曲线

- 2.7 (7分) 本题图 1 是温度计测到升温过程中水温随时间变化的关系曲线，本题图 2 是实测到中心光强在升温过程中随时间变化的关系曲线的一段。若本题图 2 中 210s 附近峰位对应的 $S_D = 0$ ，且 0°C 附近水的体膨胀系数为负值。请在答题纸给出的坐标纸上画出 200s 到 600s 之间 S_D 与时间的关系曲线，要求数据点不少于 16 个。请将所选数据点序号标在本题答题纸附图上，这些点对应的的时间和光程差数据填入本题答题纸附表中。

表 2.7 选取数据点光程差与时间数据

时间 t/s								
光程差 S_D/λ								
时间 t/s								
光程差 S_D/λ								

- 2.8 (1分) 请描述从 0°C 开始升温 600s 之内该反射镜在垂直液面方向的运动过程。
- 2.9 (2分) 实验中干涉圆环会随着两臂光程差变化而出现吞吐现象。根据 2.7 中的初始状态条件，请描述从 0°C 升温到 5°C 过程中，干涉圆环的吞吐变化情况。
- 2.10 (2分) 若已知盛水容器截面积为 $12.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ， 0°C 时容器中水的体积为 $1.02 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，所用激光波长 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ 。请由你在题 2.7 所附坐标纸上所画的曲线，估算 3°C 和 5°C 附近的 $\frac{\Delta S_D}{\Delta t}$ ，利用题 2.6 中得到的公式计算水在 3°C 和 5°C 时的体膨胀系数 β 。

试题三 超导特性的表征 (40 分)

(选择题中有多选题, 多选少选不得分)

1911 年荷兰物理学家昂纳斯首次发现当温度降到 4.2 K 时, 汞的电阻突然降到零。此后, 科学家们持续开展超导研究, 不断提升超导材料的转变温度。2023 年 3 月《Nature》杂志发表了美国罗切斯特大学研究团队的成果, 他们宣布在 1 GPa (1 万大气压) 下实现了 Lu-N-H 材料近室温超导转变, 随后我国研究人员也在《Nature》杂志上发文, 否定了 Lu-N-H 的高压室温超导的结论。室温超导一旦实现, 将会引起一场新的科技革命, 推动人类文明的进步。

超导体在临界温度下会进入超导态, 表现出零电阻、完全抗磁性等性质。

- 3.1 (4 分)** 一般通过超导材料的电阻-温度关系确定超导体的临界温度。本题图是某种超导材料的电阻-温度曲线。通常把将样品电阻降至 $R_n/2$ 时的温度定义为超导转变临界温度 T_c 。 R_n 是超导转变开始时样品的正常态电阻, 如本题图 a 所示。本题图 b 是一种材料的升降温 $R-T$ 曲线 (升降温速率 4 K/min), 本题图 c 是其局部放大曲线。请在本题图 c 上用上、下箭头标注对应的升、降温测量曲线, 并选择升温的电阻-温度曲线, 确定该材料的超导转变临界温度 T_c 。

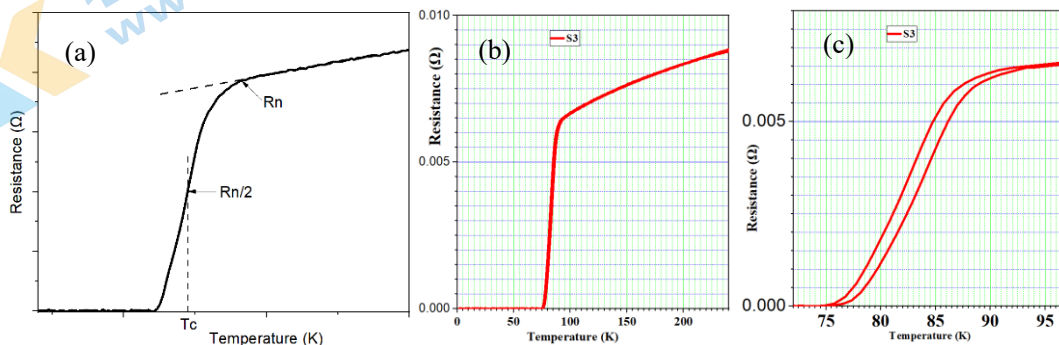


图: 3.1 超导材料的电阻-温度关系曲线

- 3.2 (1 分)** 本题图是超导体处于超导态 (77K) 的 $I-V$ 曲线。进入超导态后, 超导体可承受的电流是否有上限? A. 有上限; B. 无上限。

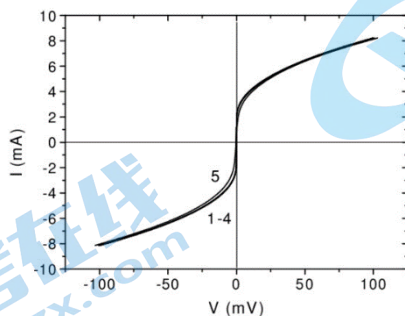
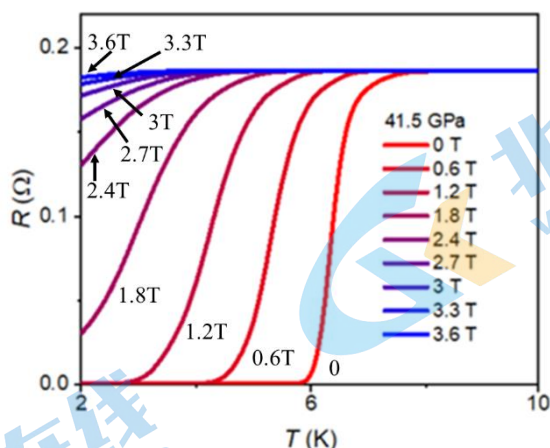


图: 3.2 超导体 (77K) 的 $I-V$ 曲线

- 3.3 (1 分)** 一种新型材料在高压下实现超导转变, 本题图是该材料在不同磁场中的电阻-温度曲线。根据实验结果, 说明磁场对超导材料的作用。



图：3.3 不同磁场下超导材料的电阻-温度曲线

测量超导材料的电阻-温度曲线时温度变化范围大，常采用热电偶测温。

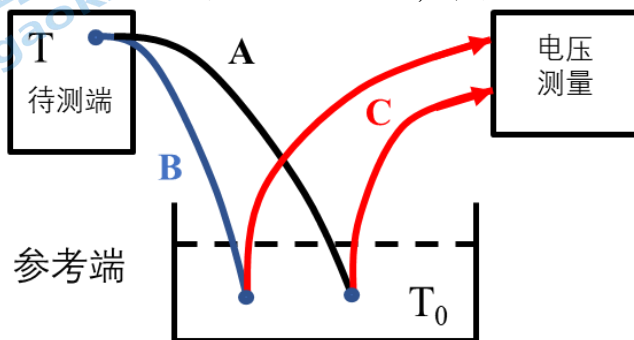


图 3.4 热电偶测温原理

热电偶测温的工作原理如下：金属导线 A 和 B 的一端焊在一起用作测温端。它们的另一端各与同种材料 C 的两根导线连接，并将连接点放入温度已知的恒温槽里，用作参考端。用高精度电压表或电位差计从 C 材料导线的两个引出端即可测量热电偶由下式表示的温差电动势：

$$\varepsilon_{AB} = \alpha_{AB}(T - T_0)$$

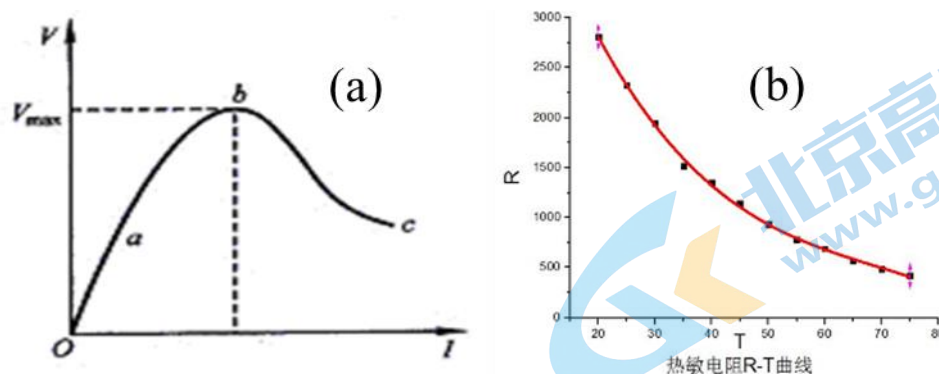
式中 α_{AB} 是塞贝克系数，由材料组分决定，T 是测温端温度， T_0 是参考端温度。

实验室常用的低温热电偶是 T 型热电偶，由铜和铜镍合金两种材料组成。根据事先标定好的数据，由温差电动势可以获得待测端温度。

3.4 (1分) 在实验过程中，测温端经常会断开，是否可以使用电烙铁及焊锡将两端焊在一起进行汞的超导转变温度测量？ A. 可以； B. 不可以。

3.5 (1分) 厂家一般提供的是基于参考端为 0°C 的热电偶的温差电势-温度转换表，实际应用时，参考端一般浸入冰水混合物。如果在高、低海拔地区分别用该热电偶测量同样的温度，测量误差哪个大？ A. 高海拔地区； B. 低海拔地区

3.6 (2分) 参考端的温度还可用测量精度高但范围窄的热敏电阻温度计进行测量。本题图 a 是一种热敏电阻的伏安曲线，选用该电阻制作的温度计，应该让其工作在什么电流区间？本题图 b 是该热敏电阻的电阻-温度特性曲线，该热敏电阻具有下列哪些特点？
A. 正电阻温度系数； B. 负电阻温度系数； C. 低温区对温度灵敏； D. 高温区对温度灵敏。



图：3.6 一种热敏电阻的 (a)伏-安曲线, (b)电阻-温度曲线

3.7 (1分) 根据题 3.6 图 b, 计算本题表中 T_1 的温度值。

表：3.7 热敏电阻的电阻-温度关系

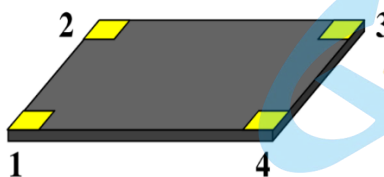
$T/^\circ\text{C}$	20.0	T_1	27.5	32.5
R/Ω	2479	2241	1840	1521

3.8 (1分) 利用 T 型热电偶测温时, 可能存在的误差有:

- A. 热电偶与被测物体间接接触;
- B. 热电偶的响应延迟;
- C. 电压输出端两根引出导线材料不同;
- D. 热电偶的塞贝克系数太小。

3.9 (1分) 材料 C 构成的两根粗细相同的导线, 采用鳄鱼夹与 A、B 联接时, 对测量结果是否有影响? A. 高温有影响; B. 低温有影响; C. 高温没有影响; D. 低温没有影响。

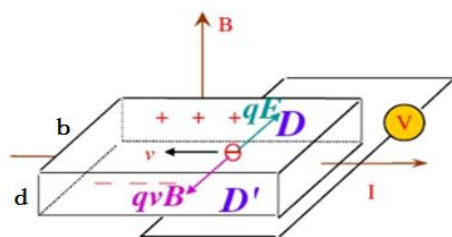
3.10 (4分) 一般采用范德堡(van der Pauw)四引线法测量超导体的电阻-温度曲线。本题图是制作好的四个电极的待测超导样品。如果要测量其电阻的相对变化, 其四个电极应如何与一高精度电压表和一恒流源表相连? 请在本题答题纸附图中用连线示意, 并说明采取哪些措施可以提高电阻的测量精度?



图：3.10 待测超导样品

超导体进入超导态的特征之一是“零电阻”。为了能更精确地确定超导体电阻的上限, 通常采用持续电流法。将超导体做成一个闭合环, 放在磁场中进行冷却, 进入超导态后, 撤去外磁场, 超导环中会产生感应电流, 通过感应电流随时间的变化, 可确定超导体电阻的上限。超导环中感应电流产生磁场的大小及变化可以用霍尔元件进行测量。

霍尔测量原理: 在载流体薄板上通以电流, 沿薄板法线方向施加磁场, 载流子受洛伦兹力的作用, 就会在与电流和磁场两者垂直的方向上产生电势差, 这种现象称为霍尔效应, 所产生的电势差称为霍尔电压, 如图 3.11.0 所示。

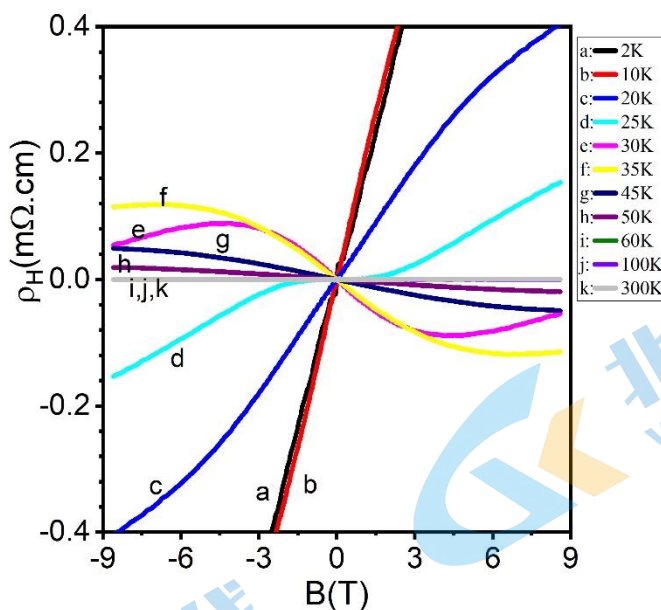


$$V_H = \frac{1}{nq} \frac{IB}{d} = R_H \frac{IB}{d}$$

图 3.11.0 霍尔效应原理

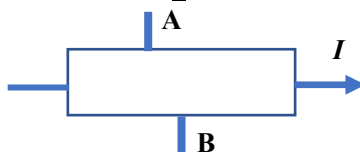
若 R_H 已知，测出 $V_H = V_{D'} - V_D$ ，可计算 B ；若 B 已知，测出 V_H ，可计算 R_H ，进而确定载流子类型。

3.11 (6 分) 本题图是某种新型材料根据图 3.11.0 测量原理测得的霍尔电阻率 $\rho(H) = \frac{V_H b d}{I a}$ (样品厚度 d 、宽 b 、长 a) 在不同温度下随磁场变化的结果。请根据实验结果判断该材料在 50 K 和 300 K 时的载流子类型。由本题图可看出：同一磁场下，霍尔电阻率会随温度变化反号，请说明原因。从本题图中你还发现哪些现象？



图：3.11.1 某种材料在不同温度下霍尔电阻率随磁场的变化曲线

3.12 (1 分) 本题图所示霍尔元件制备过程中 A,B 两电极不对称焊在霍尔片两侧，导致不等位电动势。请问如何消除该不等位电势？



图：3.12 不对称霍尔电极示意图

3.13 (1 分) 霍尔元件中载流子速率 v 服从统计分布规律, 会在薄板两侧形成横向温差, 引入温差电动势 V_E , 该现象称为爱廷豪森效应 (Ettinghausen effect)。该效应建立时间较长, 请问如何消除?

3.14 (11 分) 本题图 a 和 b 分别为持续电流测量装置示意图和测量点磁场随时间变化的实验测量结果。请根据图 b, 说明曲线不同区域样品的导电性和测量点磁场变化的可能原因。

超导环半径 3.5 mm, 环与测量点距离 1.0 mm, 请确定持续电流的大小。

在题图 b III 区, 霍尔元件测得的磁场没有可观察的变化。仪器测量精度可确保在整个 III 区电流变化小于 1/1000, 样品环内的磁感应强度可近似认为与环心处的相同。请由实验结果估计环状样品在超导态时的电阻 (对环形电流而言) 阻值上限。

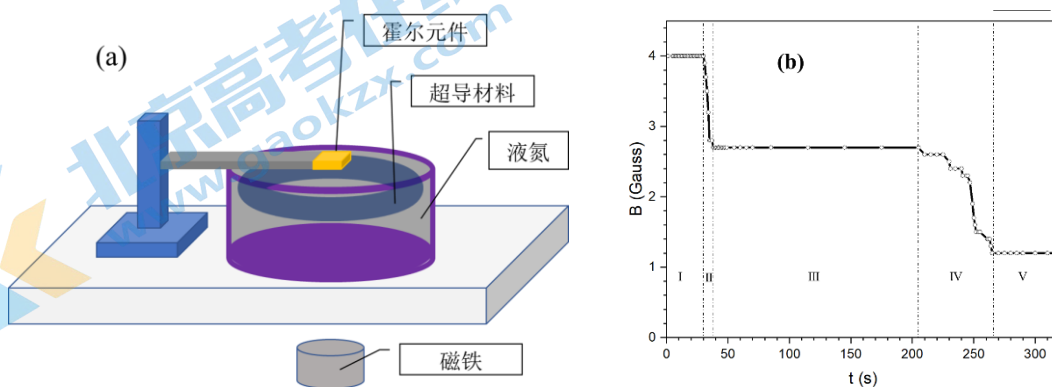


图 3.14 (a) 持续电流测量装置图; (b) 磁场随时间变化曲线

3.15 (1 分) 如果样品是圆盘状的, 还会产生持续电流吗? A. 会; B. 不会。

3.16 (3 分) 本题图 a 和 b 分别是测量超导体热电势随温度变化的示意图和测量结果, 测量时, 低温端始终处于液氮 (77K) 中。附图 b 中 T 为高温端温度, 热电势-温度曲线被划分为三个温区, 请说明各温区反映的是样品何种状态下的热电势特征。

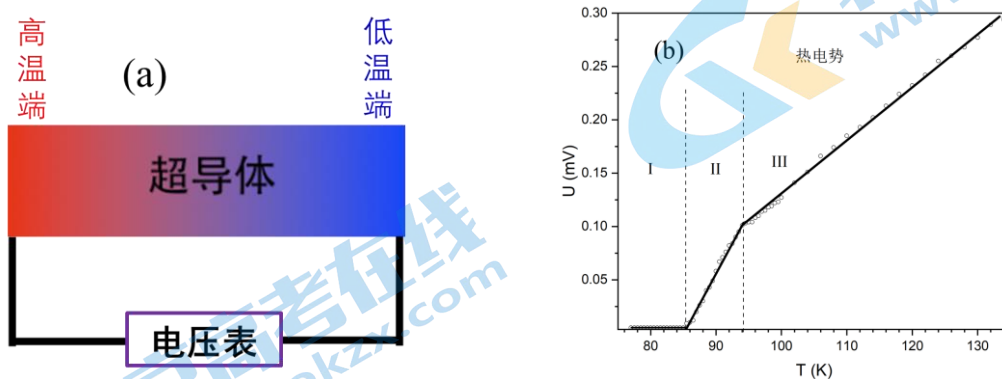


图 3.16 (a) 测量超导体热电势示意图; (b) 超导材料的热电势-温度曲线

第 40 届全国中学生物理竞赛决赛实验考试标准答案

得分	阅卷	复核

第一题 (16 分)

1.1 (2 分)

速度 $v(t)$ 的表达式:
$$v(t) = \frac{2(\rho - \rho_L)gr^2}{9\eta} \left(1 - e^{-\frac{9\eta t}{2\rho r^2}} \right) \quad (1 \text{ 分})$$

收尾速度 v_0 的表达式:
$$v_0 = \frac{2(\rho - \rho_L)gr^2}{9\eta} \quad (1 \text{ 分})$$

1.2 (2 分)

估算小球下落速度为 $0.99v_0$ 时的下落距离 $L = \underline{0.000086\text{m} \sim 0.000171\text{m}}$ 。

1.3 (3 分)

粘滞系数的计算公式 $\eta = \frac{(\rho - \rho_L)gd^2t}{18s}$, (0.5 分) 粘滞系数 $\eta = \underline{1.65 \text{ Pa} \cdot \text{s}}$ 。(1 分)

粘滞系数 η 的不确定度计算公式: $\Delta\eta = \bar{\eta} \sqrt{\left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2}$ 或 $\Delta\eta = \frac{(\rho - \rho_L)gd^2\bar{t}}{18s} \sqrt{\left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2}$

(0.5 分)

粘滞系数 η 的不确定度计算结果: $\underline{0.018 \text{ 或者 } 0.02 \text{ Pa} \cdot \text{s}}$ 。(1 分)。

1.4 (1 分)

需要进行斯托克斯公式的 1 阶修正。

1.5 (1 分)

会影响实验结果的准确性的选项是 A, B, C。

1.6 (2 分)

你从图中总结出的规律是: 粘滞系数随温度升高而减小, 室温下粘滞系数越大的液体随温度升高减小的更快, 三种液体的粘滞系数大小关系始终不变, 曲线没有交点。。(1 分)

微观解释: 液体的粘滞力是相邻层间存在速度差时产生的一种内摩擦力。温度升高时, 液体中分子的热运动加剧, 分子间的距离增大, 分子间的吸引力减小, 从而降低了液体内部的摩擦力。因此, 液体的粘滞系数随温度升高而降低, 流动性增加。。(1 分)

1.7 (2 分)

A = $(2.0 \times 10^{-6} \sim 1.5 \times 10^{-3}) \text{ mPa} \cdot \text{s}$; (1 分)

B = $(4.3 \times 10^{-20} \sim 7.1 \times 10^{-20}) \text{ J}$ 。(1 分)

1.8 (1 分)

说法正确的是: C, D。

1.9 (1分)

小球的收尾速度 $v_0 =$ (0.16-0.21) m/s。

1.10 (1分)

关于这个实验设计方案的哪些分析是不正确的: A, C。

第二题 (24分)

得分	阅卷	复核

2.1 (2分)

水的体膨胀系数的计算公式 $\beta =$ $\frac{1}{M_0 - M_T} \left(\frac{\Delta M_T}{\Delta T} \right)$

2.2 (2分)

样品在 40°C 时的 $\frac{\Delta M_T}{\Delta T} =$ (0.23-0.36) g/°C, (1分)

$0.19 \text{ g/}^\circ\text{C} \leq \frac{\Delta M_T}{\Delta T} < 0.23 \text{ g/}^\circ\text{C}$ 或 $0.36 \text{ g/}^\circ\text{C} < \frac{\Delta M_T}{\Delta T} \leq 0.40 \text{ g/}^\circ\text{C}$ (0.5分)

体膨胀系数 $\beta =$ $(4.63 \times 10^{-4} \sim 7.25 \times 10^{-4})^\circ\text{C}^{-1}$ 。(1分)

$3.83 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \leq \beta < 4.63 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 给 0.5 分

$7.25 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} < \beta \leq 8.06 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 给 0.5 分

2.3 (2分)

关于实验方法中的误差的描述正确的是: B, D。

2.4 (2分)

此时最可能的状态是: A。

2.5 (2分)

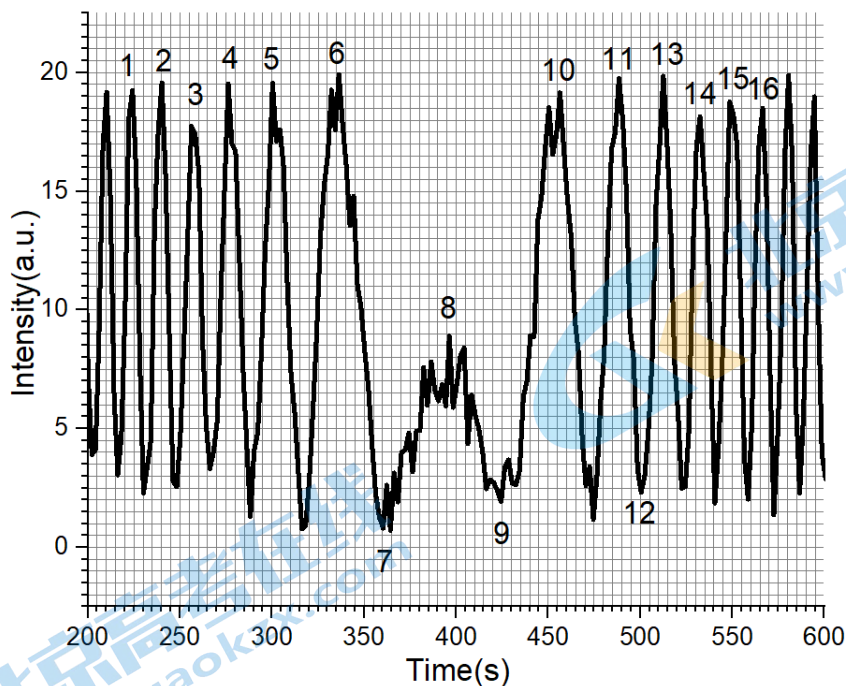
关于实验中观察干涉圆环时的现象与操作说法不正确的是: A, B。

2.6 (2分)

以 $\frac{\Delta S_D}{\Delta t}$, $\frac{\Delta T}{\Delta t}$, A 和 V_0 为参数写出 $\beta =$ $\frac{A \left(\frac{\Delta S_D}{\Delta t} \right)}{2V_0 \left(\frac{\Delta T}{\Delta t} \right)}$

2.7 (7分)

在附图中标出序号 (1分)



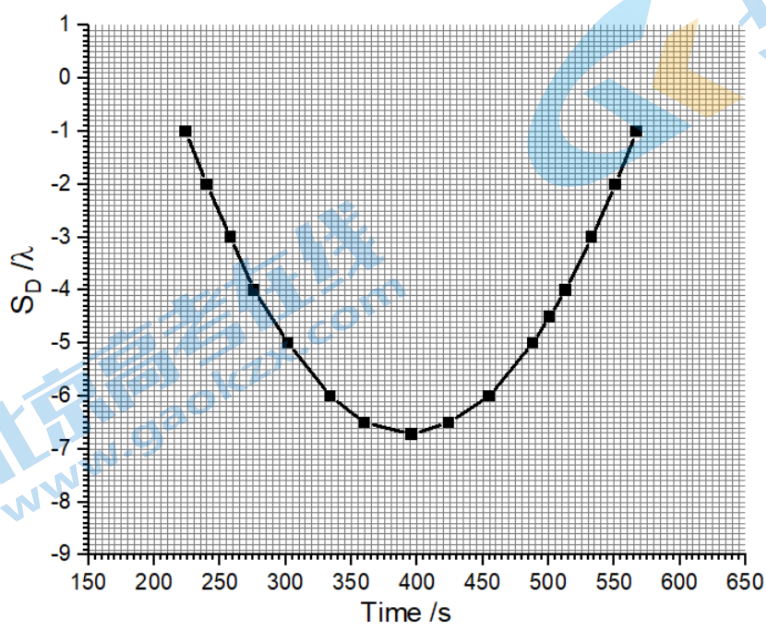
2.7 附图 请在图上标出数据点的序号

将所选点的正确数据填写在表格 2.7 中 (3 分)

表 2.7 选取数据点的光程差与时间数据

时间 t/s	224	240	258	276	302	334	360	396
光程差 S_D/λ	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-6.5	-6.7
时间 t/s	424	455	488	501	513	533	551	567
光程差 S_D/λ	-6.5	-6	-5.5	-5.0	-4	-3	-2	-1

根据 2.7 表中数据在坐标纸中正确绘制曲线 (3 分)。



2.7 附坐标纸

2.8 (1分)

反射镜在垂直液面方向的运动过程：先下降再上升。

2.9 (2分)

干涉圆环会先吞入 (吞入或吐出) (0.5分)，再吐出 (吞入或吐出) (0.5分)，最后吞入 (吞入或吐出) (1分)。

2.10 (2分)

3°C附近的 $\frac{\Delta S_D}{\Delta t} = (-19.0 \sim -25.0) \times 10^{-9} \text{ m/s}$ ，(0.5分)

5°C附近的 $\frac{\Delta S_D}{\Delta t} = (22.0 \sim 29.0) \times 10^{-9} \text{ m/s}$ 。(0.5分)

3°C附近的 $\beta = (-0.11 \sim -0.16) \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，(0.5分)

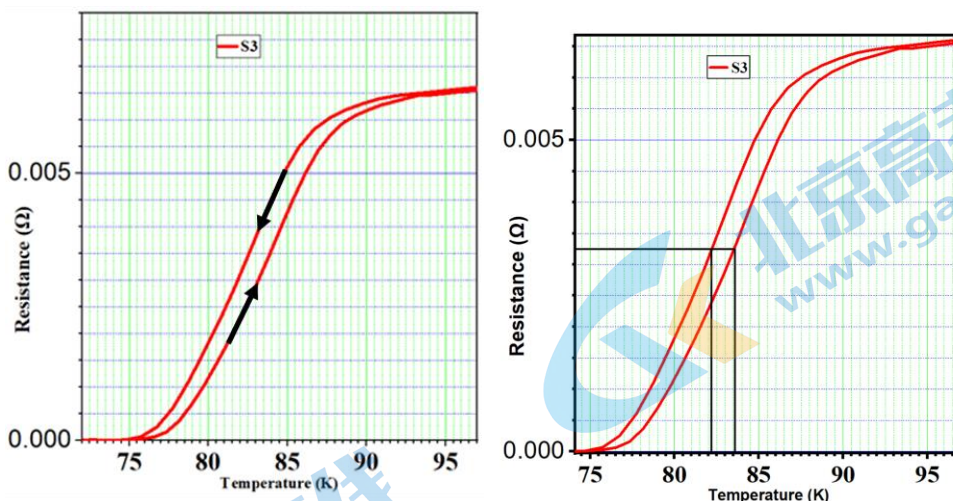
5°C附近的 $\beta = (0.13 \sim 0.18) \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。(0.5分)

第三题 (40分)

得分	阅卷	复核

3.1 (4分)

请在下图中用上、下箭头标注对应的升、降温测量曲线；(2分)



选择升温 R-T 曲线，根据题图 a 的定义，确定该材料的超导临界转变温度：83.1K-83.9K (2分)。

3.2 (1分)

你的选择是：A。

3.3 (1分)

磁场对超导材料的作用结果是：强磁场破坏超导态，具有临界磁场。

3.4 (1分)

你的选择是：B。

3.5 (1分)

你的选择是: A。

3.6 (2分)

选用该电阻制作的温度计应该工作在 小 电流区间。

你的选择是: (B); (C)。

3.7 (1分)

$T = 21.5-23.5^{\circ}\text{C}$ (其它值不得分,有效数字错不得分)。

3.8 (1分)

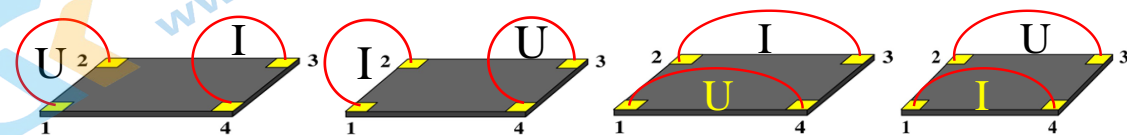
你的选择是: A; B; C; D。

3.9 (1分)

你的选择是: (A); (B)。

3.10 (4分)

四线法测量电阻相对变化的电路示意图:



(四种联接均得分,交叉联接不得分)

可以提高相对电阻的测量精度措施: 减少焦耳自热效应; 小电流; 电压测量分辨能力高; 减少接触电阻; 使用电路互易定理 (答对两个给2分)

3.11 (6分)

该材料在 50K 的载流子类型是: 电子 (1分)。

该材料在 300K 的载流子类型是: 电子 (1分)。

随着温度的变化,霍尔电阻率符号反号,原因是: 温度降低,材料载流子从电子变为空穴 (2分)。

从题图中还发现: 霍尔电阻率不是常数,非线性变化; 室温下电阻率很小,为导体等 (2分)。

3.12 (1分)

消除不等位电势的方法是: 交换磁场、电流方向测量霍尔电势再平均。

3.13 (1分)

消除爱廷豪森效应的方法是: 交变(换)磁场。

3.14 (11分)

曲线不同区域样品的导电性和测量点磁场变化的可能原因:

I 区: 超导态、外磁场加载 (1分);

II 区: 超导态、撤去外磁场过程 (1分);

III 区: 超导体产生感应电流, 激发的磁场 (1分);

IV 区: 液氮蒸发, 温度升高、超导体失超 (1分);

V 区: 非超导态, 持续电流消失, 环境磁场 (1.2Gs) (1分)。

持续电流的大小: 约为 0.94A (0.8-1A 可给 3 分)。

超导态时, 环形电阻阻值不大于: 4.31E-14 欧姆 (数量级在~E-14 给 3 分)。

3.15 (1分)

你的选择是: B:。

3.16 (3分)

各温区热电势反映样品的状态特征:

I 区: 86K 以下材料变为完全超导态, 即使有温差存在, 但没有热电势 (1分)

II 区: 94K-86K 区间为部分超导态, 热电势快速下降 (1分);

III 区: 94K 以上是金属的热电势 (1分);

关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 50W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承“精益求精、专业严谨”的建设理念，不断探索“K12 教育+互联网+大数据”的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供“衔接和桥梁纽带”作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数千场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。

推荐大家关注北京高考在线网站官方微信公众号：[京考一点通](#)，我们会持续为大家整理分享最新的高中升学资讯、政策解读、热门试题答案、招生通知等内容！

