



《大学物理实验》练习题及参考解答

一、单选题

1. 以下关于不确定度的说法错误的是 (C)
 - A. 不确定度是被测量真值在某一量值范围内的一个评定；
 - B. 不确定度可分为 A 类、B 类和合成不确定度三类；
 - C. 合成不确定度为 A 类和 B 类不确定度之和；
 - D. 单次测量结果的不确定度由 B_1 和 B_2 类不确定度组成。
2. 图 1.2a 和 1.2b 分别是同一千分尺在读取零值偏移和用于测量一样品厚度时的状态图, 则依据图所示该样品的厚度为 (B)

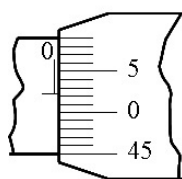


图 1.2a

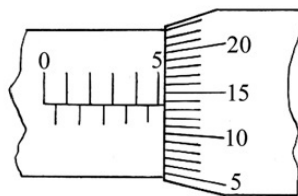


图 1.2b

- A. 5.159mm; B. 5.113mm; C. 5.136mm; D. 5.636mm。
3. 在允许的条件下, 实验中通常对同一物理量进行多次重复测量。下面叙述错误的是 (B)
 - A. 为了减小随机误差;
 - B. 为了消除系统误差;
 - C. 取平均值使其更接近真值;
 - D. 使测量结果更准确。
 4. 遵循近似数运算的修约规则计算 $4.10\bar{2} \times 2.0\bar{1} - 0.0000\bar{2}$, 结果保留一位不确定数字, 正确的是 (C)
 - A. $8.2\bar{5}$
 - B. $8.24\bar{5}$
 - C. $8.2\bar{4}$
 - D. $8.2450\bar{2}$
 5. 钠光平均波长 $\lambda = 589.3\text{nm}$, 用科学记数法表示为 (D)
 - A. $5.893 \times 10^{-7}\text{cm}$
 - B. $5.893 \times 10^4\text{\AA}$
 - C. $5.893 \times 10^{-8}\text{m}$
 - D. $5.893 \times 10^{-4}\text{mm}$
 6. 下列测量读数中, 不正确的是: (B)
 - A. 感量为 0.02g 的物理天平称得物体的质量为 20.20g ;
 - B. 分度值为 0.02mm 的游标卡尺测得物体的长度为 1.47mm ;
 - C. 分度值为 0.01mm 的 1 级千分尺测得物体的长度为 4.375mm ;
 - D. 分度值为 0.01Ω 的电阻箱测得电阻值为 52.05Ω 。
 7. 用单缝衍射法测定激光波长, 不可能减小测量误差的操作是 (B)
 - A. 尽量增大单缝与屏之间的距离;
 - B. 尽量增大激光源与单缝之间的距离;
 - C. 尽量使激光垂直入射单缝;
 - D. 读取暗条纹中心位置。
 8. 激光波长测定实验中, 若双缝间距为 a , 双缝与屏距离为 D 。则下面叙述错误的是: (B)



A. D 不变, a 越大, 干涉条纹越密集;

B. a 越小, D 越大, 干涉条纹越密集;

C. a 越大, D 越小, 干涉条纹越密集;

D. a 不变, D 越小, 干涉条纹越密集。

9. 杨氏双缝干涉实验是确立光具有波动性的关键性实验, 杨当时是用白光作为光源入射双缝的。若用白光入射双缝, 在 1 级干涉明条纹中, 靠近 0 级和远离 0 级位置条纹的颜色应分别是 (B)

A. 红色和紫色; B. 紫色和红色; C. 蓝色和黄色; D. 黄色和蓝色。

10. 超声声速的测定实验中, 测声速的两种方法是 (B)

A. 相位比较法和利萨茹图形法;

B. 驻波法和相位比较法;

C. 驻波法和共振干涉法;

D. 驻波法和时差法。

11. 在超声速的测量实验中, 由函数发生器提供的超声波的频率应该是 (D)

A. 功率函数发生器的共振频率;

B. 示波器的共振频率;

C. 超声声速测定仪的共振频率;

D. 压电换能器的共振频率。

12. 超声声速的测定实验中, 调节信号源输出频率为换能器的谐振频率的目的是 (D)

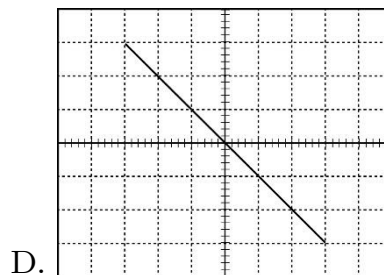
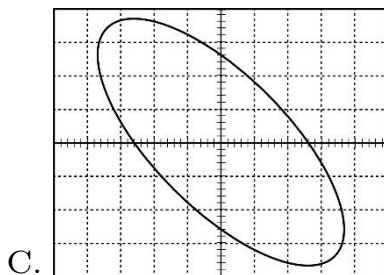
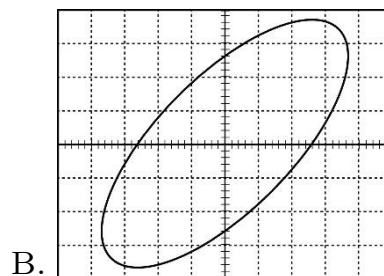
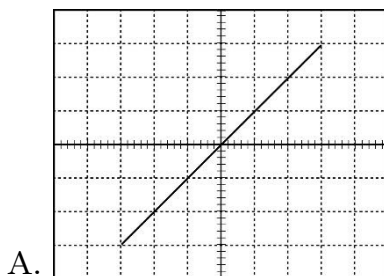
A. 加快声速;

B. 减慢声速;

C. 稳定换能器;

D. 增强接收信号。

13. 超声声速测定实验中, 若测得声速为 350.00 m/s, 电信号频率为 35.000KHz, 接收端换能器 S_2 处于某位置时示波器显示波形为选择支中的 A 图, S_2 再单方向移动 15.00mm, 示波器显示波形应可能为 (D)



14. 在弹性模量测定实验中, 通常先预加 1Kg 砝码, 其目的是 (C)

A. 消除摩擦力;

B. 使系统稳定, 底座水平;

C. 拉直金属丝, 避免将拉直过程当做伸长过程进行测量;

D. 减小初读数, 消除零误差。

15. 偏振光实验中, 测得布儒斯特角可能是: (D)

A. 24°

B. 36°

C. 44°

D. 56°



16. 一束光透过一块偏振片后照射到白屏上,旋转偏振片观察白屏上的光斑的亮度有变化,但始终不能消光,由此可以判断此束光的偏振态为 (A)
- A. 部分偏振光; B. 自然光; C. 线偏振光; D. 无法判断。
17. 偏振光旋光实验中,下列叙述错误的是: (C)
- A. 溶液的旋光度与溶液中所含物质的旋光能力、溶液浓度、溶液长度、温度及光的波长等因素有关;
- B. 马吕斯定律是研究线偏振光通过检偏器前后光强之间的关系;
- C. 起偏器不可以用作检偏器使用;
- D. 光的偏振指振动方向对于传播方向的不对称性。
18. 分光计调整及应用实验中,用分光计测量的那四种谱线的波长: (A)
- A. 紫、绿、黄1、黄2; B. 紫、蓝、黄1、黄2;
- C. 紫、中强紫、黄1、黄2; D. 紫、绿、蓝、黄2。
19. 分光计调整及应用实验中,仪器调整完毕且达到测量要求,若将望远镜自某一位置单方向转至另一位置,依次观察到的条纹不可能的是: (A)
- A. 白、绿、紫; B. 紫、白、紫; C. 绿、黄、黄; D. 黄、绿、紫。
20. 分光计调整及应用实验中,若仪器处于图 1.19 所示状态,即望远镜中观察到经双面镜 I 面和 II 面反射所成十字像分别如图 1.19.a 和 1.19.b 所示。为了使分光计达到测量要求,接下来应采取的正确逼近调节步骤是: (D)

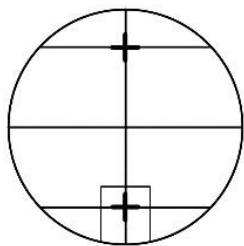


图 1.19.a

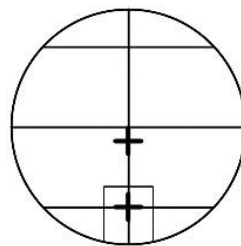


图 1.19.b

- A. 平面镜 I 面向“仰”方向调节,同时望远镜向“俯”方向调节;
- B. 平面镜 I 面向“仰”方向调节,同时望远镜向“仰”方向调节;
- C. 平面镜 II 面向“仰”方向调节,同时望远镜向“俯”方向调节;
- D. 平面镜 II 面向“仰”方向调节,同时望远镜向“仰”方向调节。
21. 分光计调整及应用实验中,光栅衍射后的两条黄光如果分不开,下列哪一个操作不可能使之分开? (A)
- A. 将狭缝宽度调宽; B. 将狭缝宽度调窄;
- C. 调节望远镜焦距; D. 伸缩狭缝筒。
22. 空气比热容比测定实验中,被测气体先后经历的两个热力学过程为 (A)
- A. 绝热膨胀 等容吸热; B. 等容吸热 绝热膨胀;
- C. 等压膨胀 等容吸热; D. 等容吸热 等压膨胀。



23. 空气比热容比的测定实验中,研究的热力学系统是指那部分气体 (C)
- A. 打气前瓶内的气体; B. 充入瓶内的气体;
C. 快速放气后瓶内剩余的气体; D. 放出的那部分气体。
24. 空气比热容比测定实验中,若放气不充分将对测量结果有何影响 (B)
- A. γ 偏小; B. γ 偏大; C. 无影响; D. 无法判断。
25. 在扭摆法测定刚体转动惯量的实验中,下列叙述错误的是 (C)
- A. 对同一组仪器而言,若测得待测物转动周期越大则转动惯量越大;
B. 通常用塑料圆柱标定弹簧的扭转常数 K;
C. 刚体转动惯量与转轴位置有关,通过质心转轴的转动惯量最大;
D. 对同一组仪器和待测物而言,不同的初始摆角测得周期会有差异。
26. 测得某液体不同流速时雷诺数为 ①1200、②2400、③600、④8000,属于层流的是 (C)
- A. ①②③; B. ③; C. ①③; D. ①②③④。
27. 关于液体粘滞系数测量实验,下列叙述正确的是: (A)
- A. 该实验可使用逐差法处理数据;
B. 雷诺数与粘滞系数无关;
C. 粘滞系数取决于物质自身性质,与温度压强无关;
D. 由泊肃叶可知,液体流过细管时,流量与细管半径的三次方成正比。

二、判断题(对的在括号中填 T,错的填 F)

- 按照误差产生的原因和性质不同,可分为随机误差和系统误差。 (T)
- 按照修约规则 3.466 保留两位有效数字近似为 3.5。 (T)
- 不确定度的计算及评定没有实际意义,测量结果只取决于测量方法和测量所用仪器 (F)
- 使用高精度仪器、采用合理的测量方案并多次测量一定能消除随机误差。 (F)
- 光学元件的表面被弄脏时,可以找张干净纸或干净布擦拭。 (F)
- 光的干涉衍射实验中产生缺级现象的是双缝干涉。 (T)
- 光的干涉衍射实验中,三种方法相对来说,光栅衍射测量结果较准。 (T)
- 弹性模量与物体的几何形状有关。 (F)
- 弹性模量实验中,细金属丝一定比粗金属丝的伸长量大。 (F)
- 在拉伸法测弹性模量实验中,测量钢丝的直径不允许在上下夹具之间的钢丝上进行。 (T)
- 空气比热容比测定实验中,主要的误差来源是放气过程结束时机的把握和平衡态的等待是否充分。 (T)
- 在分光计刻度盘同一直径的两端各装有一个游标,是为了消除刻度盘与游标盘不同心所



引入的系统误差。

(T)

13. 分光计两角游标读数差可能等于 $185^{\circ}10'$ 。

(F)

14. 驻波法测定超声声速时,当接收器位于驻波的波腹处时声压最大,此时示波器显示的幅值最大。

(F)

15. 超声声速的测定实验中,输入压电换能器的电信号频率不能是任意值,应为谐振频率。

(T)

16. 超声声速的测定实验中,输入压电换能器的电信号频率可以是任意值,对声速的测量结果均无影响。

(F)

17. 超声声速测定实验中,超声波的波长可用通过测量示波器上显示波形的相邻波峰或波谷的距离来获得。

(F)

18. 光的偏振实验中,所用激光是部分偏振光。

(T)

19. 马吕斯定律指出,偏振光透过偏振片后其光强正比于偏振光与偏振片的偏正化方向夹角的余弦值。

(F)

20. 偏振光旋光实验中,所测的蔗糖是右旋物质。

(T)

21. 液体的旋光率与液体浓度有关,浓度越高旋光率越大。

(F)

22. 刚体转动惯量实验中,弹簧的初始摆角应当大于等于 90° 。

(T)

23. 液体粘滞系数测量实验中,为了提高测量精度,蓄水筒的初始液面高度应尽量低。

(F)

24. 毕奥—萨伐尔定律验证实验中,直导体 $B-r$ 曲线的实际测量结果近似为一条直线。

(F)

三、简答题

1. 列举三个用逐差法处理数据的实验。

【解答】 拉伸法测弹性模量、液体粘滞系数测量、空气中超声声速的测定、(激光波长的测定)等

2. 分光计由那几部分组成? 简述分光计的调整要求。

【解答】 分光计由平行光管、阿贝式自准直望远镜、平台(即载物台)、刻度盘和游标盘四部分组成。

分光计的调整要求:

使望远镜对平行光(即无限远)聚焦,成像在分划板上,望远镜的光轴与分光计中心轴垂直;

使平行光管射出平行光,光轴与望远镜光轴等高同轴,并垂直于分光计中心轴。

3. 图 3.2.1—图 3.2.3 分别为 50 分度游标卡尺、1 级千分尺及分光计刻度盘等比缩放刻度示意图。根据刻度读出数值,写明单位填入题后表格中。

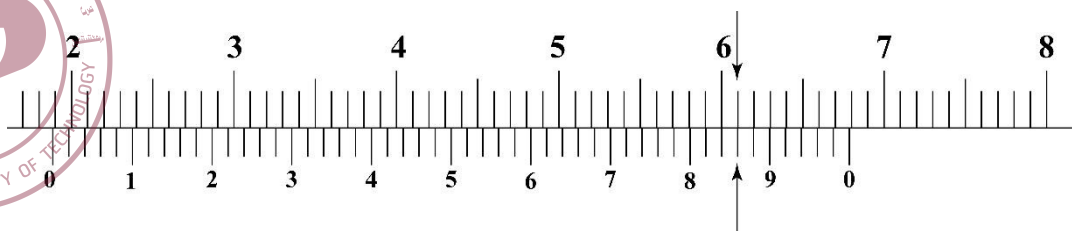
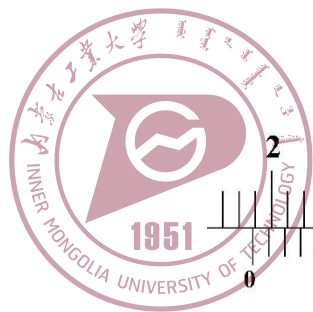


图 3.2.1 50 分度游标卡尺刻度图

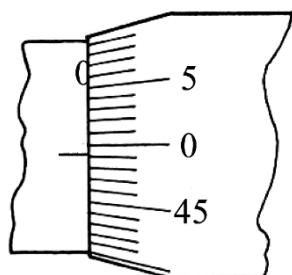


图 3.2.2 千分尺零值误差刻度图

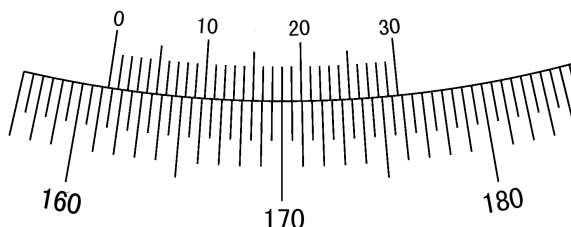


图 3.2.3 JJY1 分光计刻度图

图 3.2.1 读数:
图 3.2.2 读数:
图 3.2.3 读数:
若 50 分度游标卡尺读数为 1.236cm, 则游标尺第 18 格与主尺对齐刻度是:
若 JJY1 分光计主刻度盘 14.5° 刻线与游标第 9 格对齐, 则分光计读数是:

【解答】 参考答案:

1.886cm

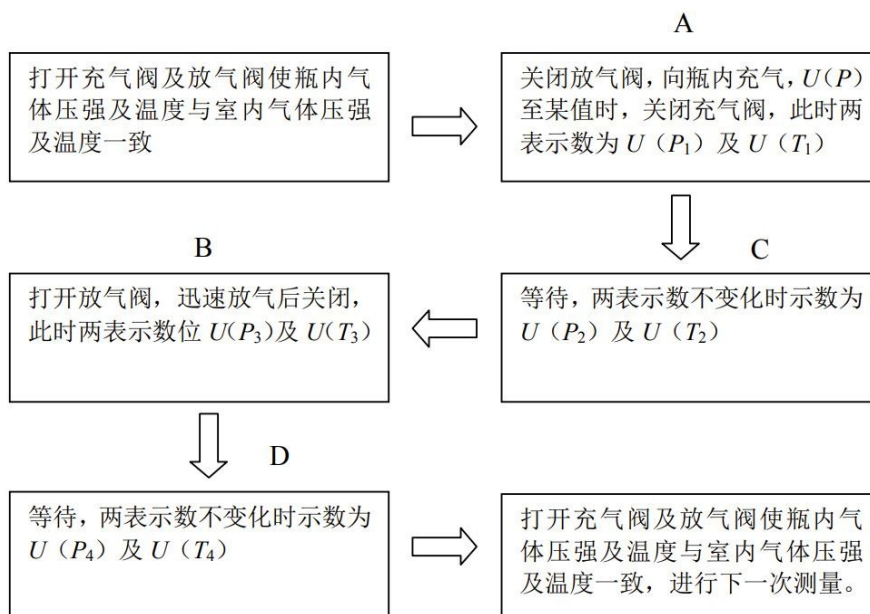
-0.009~ -0.005mm

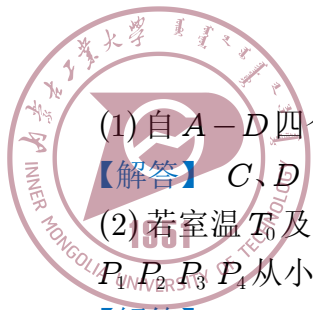
161°18'

30mm

10°9'

4. 空气比热容比测定实验中,若室内空气压强 P_0 及室内温度 T_0 不变化,贮气瓶内气体压强记作 P_i , 温度记作 T_i , 传感器得到电压值分别记作 $U(P_i)$ 及 $U(T_i)$, 实验过程框图如下:





(1) 自 $A-D$ 四个状态中选出实验要求记录数据的状态。多选或漏选不得分 (4 分)

【解答】 $C、D$

(2) 若室温 T_0 及室内空气压强 P_0 在实验过程中均不改变, 为 $T_0 T_1 T_2 T_3 T_4$ 从小到大排序, 为 $P_0 P_1 P_2 P_3 P_4$ 从小到大排序, 若有相等值画等号。(4 分)

【解答】 $P_1 > P_2 > P_4 > P_3 = P_0 \quad T_1 > T_0 = T_2 = T_4 > T_3$

(3) A 过程中充气多少对测量结果有无影响? B 过程中放气多少对测量结果有无影响? (4 分)

【解答】 有影响、有影响

5. 一束由自然光和线偏振光组成的混合光透过 1 块偏振片后,

(1) 若其最大光强为 $\frac{5}{2}I_0$, 最小光强为 $\frac{3}{2}I_0$, 则入射的自然光和线偏振光的光强分别为多少?

【解答】 自然光的光强为 $3I_0$, 线偏振光的光强为 I_0

(2) 若再透过 1 块偏振片, 则什么情形下可消光?

【解答】 2 块偏振片的偏振化方向相互垂直。

6. 使用望远镜进行测量时, 若叉丝模糊应如何调节? 若像模糊应如何调节?

【解答】 叉丝模糊调节目镜聚焦, 像模糊调节物镜聚焦。

7. 若将声速测量架置于水中, 仍采用驻波法测定声速, 比起在空气中你认为相邻波节之间距离会增大还是减小? 为什么?

【解答】 增大, 因为水中声速比空气中的大 (由 $v = f\lambda$, 换能器谐振频率不变, 因此 v 大时, λ 就大, 相邻波节的距离为半波长, 因此 λ 增大意味着相邻波节的距离增大。)

8. 在“杨氏模量测定”实验中, 经过测量、计算得到金属丝的弹性模量 Y 为:

$$Y = \frac{4mgL}{\pi d^2 \Delta L} = \dots\dots = 1.78 \times 10^{11} \text{Pa}$$

相对不确定度为: $u_r(Y) = \dots\dots = 0.017$, 将结果写成标准形式。

【解答】 $Y = (1.780 \pm 0.030) \times 10^{11} \text{Pa} \quad P = 0.683 \quad E = u_r(Y) \times 100\% = 1.7\%$

9. 实验测量过程中或完成后, 通常要对数据及计算结果做初步判断是否合理是每位实验者应该具备的基本功。请判断下面 3 个测量数据是否合理, 并说明理由。1) 在劈尖等厚干涉实验中, 测得单页复写纸厚度为 8mm; 2) 在激光波长测定实验中, 所用激光为红光, 测得激光波长为 590nm; 3) 在光栅衍射实验中, 测得衍射角为 137° 。

【解答】 不合理, 目测估值;

不合理, 光的颜色不对, 590nm 为黄色, 而所给激光为红色;

不合理, 衍射角不可能大于 90° 。

10. 列举光的干涉衍射实验中三种测量方案 (或方法)。

【解答】 单缝衍射、双缝干涉、光栅衍射

11. 写出分光计的四个组成部分; 用分光计及光栅测汞灯谱线波长时, 测量的是那几种单色光? (8 分)

【解答】 平行光管、阿贝式自准直望远镜、平台 (或载物台)、主刻度盘和游标盘
紫、绿、黄 1、黄 2

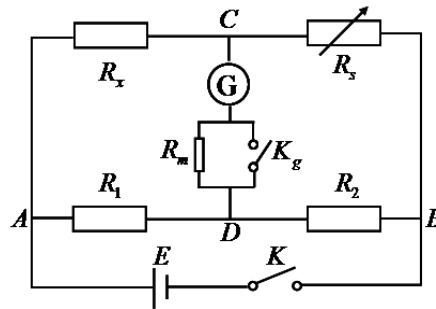
12. 利用偏振片及观察屏, 如何判断光源发出的光是自然光、部分偏振光还是线偏振光? 偏振



光实验中所用激光器出射的红光是何种光？

【解答】令光源发出光通过偏振片照射于观察屏，旋转偏振片，观察屏上光强变化：
 光强无变化，则光源发出光为自然光；
 光强有变化，但不消光（两强两弱）则光源发出光为部分偏振光；
 光强有变化，产生消光现象（两强两消光），则光源发出光为线偏振光；
 实验中所用激光器出射的红光是部分偏振光；

13. 画出单臂电桥测电阻电路图，并写出电桥平衡条件及测量最佳条件。



【解答】

$$\text{平衡条件: } \frac{R_x}{R_s} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\text{测量最佳条件: } R_1 = R_2$$

14. 图 3.1 为直流单臂电桥原理图， R_1 、 R_2 为比例臂， R_s 为比较臂， R_x 为待测电阻， I_1 、 I_2 、 I_x 、 I_s 、 I_g 为流过四个桥臂及检流计电流，为计算方便，假设 C 点电势为 0，则 A 点电势为 E （电源电动势）， R_1 两端电压为 $E - V_B$ ，其它同理，则可列方程：

$$\begin{cases} V_B - 0 = I_x R_x \\ V_D - 0 = I_s R_s \\ V_B - V_D = I_g R_g \\ E - V_B = I_1 R_1 \\ E - V_D = I_2 R_2 \\ I_1 = I_x + I_g \\ I_s = I_2 + I_g \end{cases}$$

其中 R_g 为检流计内阻。

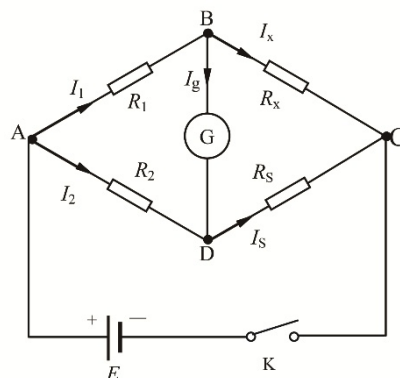


图 3.1

解方程得： $I_g = E(R_1 R_s - R_2 R_x) / A$

其中 $A = (R_2 + R_s)(R_1 + R_x)R_g + R_1 R_s R_x + R_1 R_2 R_s + R_1 R_2 R_x + R_2 R_s R_x$

检流计灵敏度 $S_g = \Delta n / I_g$ ，电桥灵敏度 $S = \Delta n \cdot R_s / \Delta R_x = \Delta n \cdot R_x / \Delta R_x$ ， Δn 为检流计偏转格数。

根据以上提示，回答下列问题。



(1) 电桥平衡时,各桥臂电阻满足什么条件?

【解答】 $R_1 R_3 = R_2 R_x$ (或等价形式)

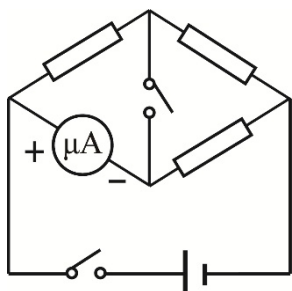
(2) 电桥灵敏度与那些因素有关? 如何提高电桥灵敏度?

【解答】 电桥灵敏度 S 与检流计灵敏度 S_g 、电源电动势 E , 桥臂电阻值有关。桥臂电阻值适当时, S_g 越大, E 越大、 S 越大。

(3) 用交换法测量 R_x 时, 电桥两次平衡时比较臂的值分别为 R'_S 、 R''_S , 那么 R_x 、 R'_S 、 R''_S 满足怎样的关系?

【解答】 $R_x = \sqrt{R'_S \cdot R''_S}$

(4) 没有检流计的情况下, 画出用直流单臂电桥测量微安表表头内阻电路图, 要求标明微安表接线端正负极。



【解答】

四、简单计算

1. 用拉伸法测某金属材料的弹性模量

测量公式为:

$$Y = \frac{8mgLD}{\pi d^2 Rn}$$

其中 Y 为金属丝的弹性模量; m 为砝码质量, L 为金属丝长度, D 为光杠杆支点到望远镜标尺的垂直距离, d 为金属丝直径, R 为光杠杆的短臂长, n 为经光杠杆放大后的伸长量。测量数据见下表。

表 4.2.1 拉伸法测弹性模量实验中各直接测量量的数据表

次数 i 待测量	1	2	3	4	5
$d_i(\text{cm})$	0.0500	0.0501	0.0498	0.0504	0.0499
$n_i(\text{cm})$	3.99	3.98	4.01	4.02	4.01
$m(\text{kg})$	2.5000	—	—	—	—
$L(\text{cm})$	80.0	—	—	—	—
$R(\text{cm})$	8.00	—	—	—	—
$D(\text{cm})$	150.0	—	—	—	—

表 4.2.2 拉伸法测弹性模量实验中所使用部分测量仪器的名称、分度值及仪器误差

仪器名称	分度值 e	仪器误差 Δ
卷 尺	0.1cm	$\pm 0.2\text{cm}$
米 尺	0.1cm	$\pm 0.05\text{cm}$
千分尺		

数据处理及不确定度计算:



直接测量量的最佳值和不确定度分析
钢丝直径 d 的最佳值和不确定度的计算：

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^5 d_i / 5 =$$

$$u_A(d) =$$

$$u_{B2}(d) =$$

$$u_{B1}(d) =$$

$$u(d) =$$

$$u_r(d) =$$

经光杠杆放大后的伸长量 n 的最佳值和不确定度：

.....

.....

砝码质量 m 的最佳值和不确定度

$$m = 2.5000\text{kg}$$

$$u(m) = 0.0020\text{kg}$$

$$u_r(m) = u(m)/m = 0.0020/2.5000 = 0.00080$$

钢丝长度 L 的最佳值和不确定度

.....

$$u(L) =$$

.....

钢丝到望远镜标尺的垂直距离 D 的最佳值和不确定度

.....

.....

光杠杆的短臂长 R 的最佳值和不确定度

.....

.....

间接测量量的最佳值和不确定度分析

$$Y = \frac{8mgLD}{\pi d^2 R n} =$$

$$u_r(Y) = \frac{u(Y)}{Y} =$$

$$u(Y) = u_r(Y) Y = 1.2 \times 10^9 \text{Pa}$$

结果表示：

$$Y =$$

$$P =$$

$$E =$$

要求：

(1) 表 4.2.2 中填写千分尺的分度值及仪器误差。

(2) 按表 4.2.2 之后所列公式完成计算，其中 $u(L)$ 、 $u_r(Y) = \frac{u(Y)}{Y}$ 只写计算公式。

【解答】 参考答案：



仪器名称	分度值 e	仪器误差 Δ
千分尺	0.01mm	$\pm 0.004\text{mm}$

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^5 d_i / 5 = \frac{0.0500\bar{0} + 0.0501\bar{1} + 0.0498\bar{8} + 0.0504\bar{4} + 0.0499\bar{9}}{5} = 0.05004\text{cm}$$

$$u_A(d) = \sqrt{\sum_{i=1}^5 (d_i - \bar{d})^2 / (5 \times (5 - 1))} = 0.00010\text{cm}$$

$$u_{B2}(d) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.0004}{\sqrt{3}} = 0.00023\text{cm}$$

$$u_{B1}(d) = \frac{e}{10} = \frac{0.001}{10} = 0.00010\text{cm}$$

$$u(d) = \sqrt{u_A(d)^2 + u_{B2}(d)^2} = \sqrt{0.00010^2 + 0.00023^2} = 0.00025\text{cm}$$

$$u_r(d) = u(d) / \bar{d} = 0.00025 / 0.05004 = 0.0050$$

$$u(L) = \sqrt{u_{B1}(L)^2 + u_{B2}(L)^2}$$

$$Y = \frac{8mgLD}{\pi d^2 R n} = \frac{8 \times 2.5000\bar{0} \times 9.7986\bar{6} \times 80.0\bar{0} \times 10^{-2} \times 150.0\bar{0} \times 10^{-2}}{3.14159 \times (0.05004 \times 10^{-2})^2 \times 8.00 \times 10^{-2} \times 4.002 \times 10^{-2}}$$

$$= 9.337 \times 10^{10} \text{Pa}$$

$$u_r(Y) = \frac{u(Y)}{Y}$$

$$= \left[\left(\frac{u(m)}{m} \right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L} \right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D} \right)^2 + \left(2 \frac{u(d)}{d} \right)^2 + \left(\frac{u(R)}{R} \right)^2 + \left(\frac{u(n)}{n} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

结果表示:

$$Y = (9.34 \pm 0.12) \times 10^{10} \text{Pa}$$

$$P = 0.683$$

$$E = u_r(Y) \times 100\% = 1.3\%$$

2. 如图 4.1.1 所示为弹性模量测定仪, 已知光杠杆短臂长 $R = 5.00\text{cm}$, 长臂长 $D = 100.0\text{cm}$, 重力加速度 $g = 9.7986 \text{ m/s}^2$, 待测金属细丝样品粗细均匀, 有效长度 $L = 80.0\text{cm}$, 直径 $d = 0.0500\text{cm}$

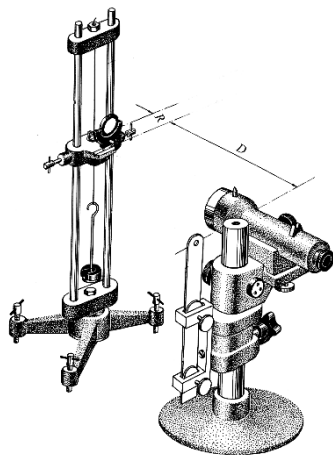


图 4.1.1 弹性模量测定仪

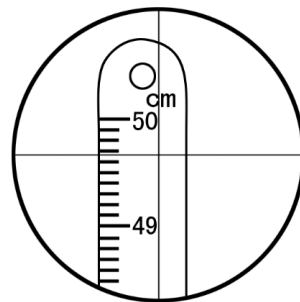
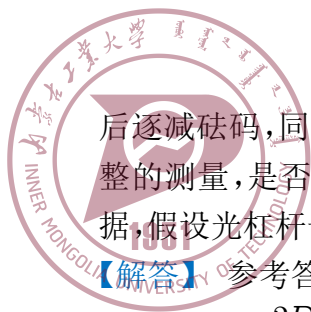


图 4.1.2 望远镜中标尺的像

- (1) 计算光杠杆的放大倍数。
- (2) 若该金属材料的弹性模量 E 值约为 $2.0 \times 10^{11} \sim 2.2 \times 10^{11} \text{Pa}$, 砝码托盘上加一个 1kg 砝码, 使金属丝拉直, 调节仪器后望远镜中看到标尺读数如图 4.1.2, 在砝码托盘上逐加至 9 个砝码然



后逐减砝码,同时记录数据完成一次测量,每个砝码的质量 $m = 0.5000 \text{ kg}$ 。为了完成一次完整的测量,是否需要再继续调节仪器? 若需要应如何调节才能达到测量要求? (写明调节依据,假设光杠杆长臂长 D 及短臂长 R 不可调)

【解答】 参考答案:

$$(1) \frac{2D}{R} = \frac{2 \times 100.0}{5.00} = 40$$

(2) 需要调节。

逐加 9 个 0.5000 kg 砝码后,望远镜中读数改变最大值为:

$$\begin{aligned} 9n &= 9 \times \frac{8mgLD}{\pi d^2 RY} = \frac{9 \times 8 \times 0.5000 \times 9.7986 \times 80.0 \times 10^{-2} \times 100.0 \times 10^{-2}}{\pi \times (0.500 \times 10^{-2})^2 \times 5.00 \times 10^{-2} \times 2.0 \times 10^{11}} \\ &= 3.6 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0.36 \text{ cm} \end{aligned}$$

调节标尺,砝码托盘上加一个 1 kg 砝码后,望远镜中看到标尺读数小于:

$$50.00 - 0.36 = 49.64 \text{ cm}$$

3. 偏振光旋光实验中:

(1) 激光依次透过偏振片 P_1 、偏振片 P_2 入射至光电检流计。旋转两偏振片,检流计最大指示值为 100 mA 。若激光只通过偏振片 P_1 时,偏振片 P_1 转盘示值为 30.2° ,检流计示值最大。若激光只通过偏振片 P_2 时,偏振片 P_2 转盘示值为 60.2° ,检流计示值最大。若 P_1 转盘示值为 30.2° , P_2 转盘示值为 120.2° ,激光通过 P_1 、 P_2 后入射至光电检流计,检流计的示值是多少?

(2) 某同学测浓度为 20% 蔗糖溶液旋光率数据如表 4.2.1。

表 4.2.1 测量已知浓度蔗糖溶液旋光率数据表

浓度 $c = 20\%$		液体柱长度 $l = 150 \text{ mm}$	
入射光波长 $\lambda = 650 \text{ nm}$		室温 $t = 23^\circ \text{ C}$	
测量次数	1	2	3
第一次消光时 P_2 的角位置 θ_1	30.2°	30.5°	30.1°
第二次消光时 P_2 的角位置 θ_2	194.9°	195.0°	194.7°
旋光度 $\theta = \theta_1 - \theta_2 $	164.7°	164.5°	164.6°

表中数据有无问题? 若有问题请修正。根据表中数据 (或修正后数据) 计算旋光率的平均值。(结果保留三位有效数字)

【解答】 参考答案:

$$(1) 100 \times \cos^2(120.2 - 60.2) = 25 \text{ mA}$$

(2)

测量次数	1	2	3
第一次消光时 P_2 的角位置 θ_1	30.2°	30.5°	30.1°
第二次消光时 P_2 的角位置 θ_2	14.9°	15.0°	14.7°
旋光度 $\theta = \theta_1 - \theta_2 $	15.3°	15.5°	15.4°

$$\alpha = \frac{\theta}{lc} = \frac{15.3 + 15.5 + 15.4}{3 \times 150 \times 20\%} = 0.513^\circ / \text{mm}$$

4. 光的干涉衍射实验中,正确调节仪器及测量前提下,某同学测得单缝衍射实验数据如下:



表 4.1.1 单缝衍射暗条纹位置数据表

单位: cm

屏缝距离 $D = 800.0\text{mm}$; 单缝宽度 $a = 0.080\text{mm}$						
条纹级数 k	+3	+2	+1	-1	-2	-3
条纹位置 x_k	1.361	2.012	2.661	3.963	4.613	5.260

(1) 请依据表 4.1.1 数据计算得到 0 级, ± 1 级和 ± 2 级明条纹的宽度。

【解答】 $d_0 = 3.963 - 2.661 = 1.302\text{mm}$;

$$d_{-1} = 4.613 - 3.963 = 0.650\text{mm}, d_{+1} = 2.661 - 2.012 = 0.649\text{mm};$$

$$d_{-2} = 5.260 - 4.613 = 0.647\text{mm}, d_{+2} = 2.012 - 1.361 = 0.651\text{mm}.$$

(2) 由 (1) 的计算结果你得到的结论是什么?

【解答】 单缝衍射中 0 级明条纹的宽度是其它明条纹宽度的 2 倍。

(3) 若入射光波长用 λ 来表示, 理论推导表明 $\lambda = \frac{a|x_k - x_{-k}|}{2kD}$, 请依据表 4.1.1 数据计算得到入射光波长 λ 的测量结果。(结果以 nm 为单位且保留 4 位有效数字)

【解答】 $k = 1, \lambda_1 = \frac{a|x_1 - x_{-1}|}{2D} = \frac{0.080 \times 1.302}{2 \times 800} \times 10^7 = 651.0\text{nm};$

$$k = 2, \lambda_2 = \frac{a|x_2 - x_{-2}|}{2 \times 2 \times D} = \frac{0.080 \times 2.601}{2 \times 2 \times 800} \times 10^7 = 650.2\text{nm};$$

$$k = 3, \lambda_3 = \frac{a|x_3 - x_{-3}|}{2 \times 3 \times D} = \frac{0.080 \times 3.899}{2 \times 3 \times 800} \times 10^7 = 649.8\text{nm}.$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{3} = 650.3\text{nm}$$

5. 拉伸法测弹性模量实验中, 金属丝形变量采用光杠杆系统放大后进行测量。现采用连通器办法进行测量, 仪器示意如图 4.2.1。砝码托下方固定一密封活塞, 密封活塞可在溶液缸内上下移动, 溶液缸和溶液管固定不动, 活塞移动推动液体, 从而使溶液管液面高度产生变化, 可间接测量金属丝长度改变。砝码托上逐加砝码时得到溶液管内液面位置数据给出在表 4.2.1 中。

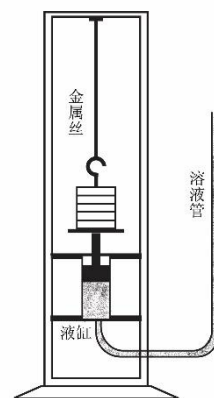


图 4.2.1

表 4.2.1 逐加砝码时

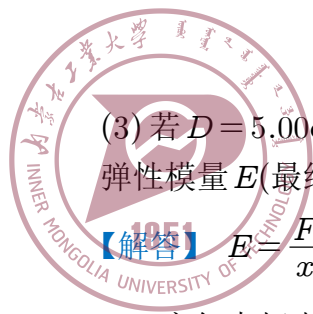
砝码数 i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
质量 $m_i(\text{kg})$	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500
液面位置 n_i	3.24	3.74	4.23	4.73	5.24	5.78	6.30	6.82	7.33	7.83

(1) 用逐差法计算, 加一个 0.500kg 砝码时溶液管液面位置改变量 n 。表中 n_i 单位为 cm。

【解答】 $n = \frac{1}{25} \sum_{i=0}^4 |n_{i+5} - n_i| = 0.515\text{cm}$

(2) 若溶液缸内直径为 D , 溶液管内直径为 d , 金属丝直径为 a , 金属丝长度为 L , 重力加速度为 g , 当加一个质量为 m 的砝码时, 金属丝的伸长量为 x , 溶液管液面升高为 n 。依据定义式 $E = \frac{F/A}{x/L}$, 导出用以上参量表示的弹性模量测量公式。

【解答】 $E = \frac{F/A}{x/L} = \frac{4mgLD^2}{\pi a^2 d^2 n}$



(3) 若 $D = 5.00\text{cm}$, $d = 0.50\text{cm}$, $g = 9.8062\text{m/s}^2$, $L = 40.0\text{cm}$, $a = 0.500\text{mm}$ 。计算金属丝的弹性模量 E (最终结果保留 3 位有效数字)。

【解答】 $E = \frac{F/A}{x/L} = \frac{4mgLD^2}{\pi a^2 d^2 n} = 1.94 \times 10^{11}\text{Pa}$

6. 空气中超声声速的测定实验中,用驻波法测得数据如下表:

信号频率 $f = 37.505\text{kHz}$, 数显游标尺 $\Delta_{\text{仪}} = 0.01\text{mm}$ 。(声速用 v 表示, 波长用 λ 表示)

驻波法测量数据表

单位: mm

连续波节点序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
移动端换能器位置	6.23	10.75	15.29	19.8	24.33	28.87	33.4	37.92	42.46	46.99

(1) 写出测量声速的公式。

【解答】 $v = \lambda f$

(2) 数据表中两个数据有错误, 请找出记录错误的数据并更正。

【解答】 错误数据为:

第 4 个, 改为 19.80

第 7 个, 改为 33.40

(3) 用逐差法处理数据并计算声速

【解答】 令 S_i 为第 i 个波节点处的位置坐标, 则

$$\lambda = 2 \times \frac{\sum_{i=1}^5 |S_{i+5} - S_i|}{25} \quad (3 \text{ 分})$$

$$= 2 \times \frac{28.87 - 6.23 + 33.40 - 10.75 + 37.92 - 15.29 + 42.46 - 19.80 + 46.99 - 24.33}{25}$$

$$= 9.059\text{mm}$$

$$v = \lambda f = 37.505 \times 10^3 \times 9.059 \times 10^{-3} = 339.8\text{m/s}$$

7. 测量水的粘滞系数实验中, 根据泊肃叶公式及该实验装置模型可知:

$$V = V_0 e^{-bt} \quad b = \frac{\rho g a^4}{8\eta L R^2}$$

V 为 t 时刻的有效体积, V_0 为初始有效体积。各物理量数值见表 4.3.1 及表 4.3.2。

表 4.3.1 已知量数据表

物理量	水的温度 T	蓄水管内径 $2R$	毛细管长度 L	毛细管内径 $2a$	水的密度 ρ	重力加速度 g	毛细管与筒底距离 h_0
单位	$^{\circ}\text{C}$	cm	cm	mm	g/cm^3	m/s^2	cm
值	20.1	7.4	15.0	1.0	1.0	9.7986	6.0

表 4.3.2 测量数据表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
液面高度 h' (cm)	48.0	47.5	47.0	46.5	46.0	45.5	45.0	44.5	44.0	43.5
时刻 t (s)	0.0	30.8	61.1	92.5	124.5	156.3	187.7	220.6	253.7	285.7

根据测量数据, 对时刻 t 及蓄水管液面有效高度 $h = h' - h_0$ 作指数拟合, 见图 4.3.1

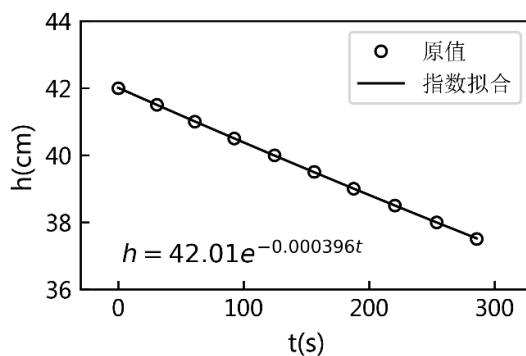


图 4.3.1 $t-h$ 关系图

(1) 利用图 4.3.1 中的拟合值, 计算水的粘滞系数 η 值, 结果保留两位有效数字。

(2) 某同学见图 4.3.1 中 $t-h$ 拟合线近似为直线, 认为 b 可采用逐差法计算, 即 $b = -\sum_{i=1}^5 (h_{i+5} - h_i) / \left((h'_1 - h_0) \sum_{i=1}^5 (t_{i+5} - t_i) \right)$, 计算该方法粘滞系数的相对误差 $\frac{|\eta' - \eta|}{\eta}$, η' 为该方法得到的粘滞系数, 最终结果保留两位有效数字。

(3) 请根据指数函数的性质及逐差法的应用条件, 经适当变换, 仍用逐差法计算 b 值, 并计算相对误差 $\frac{|\eta'' - \eta|}{\eta}$, η'' 为该方法得到的粘滞系数, 最终结果保留两位有效数字。

【解答】 (1) $\eta = \frac{\rho g a^4}{8 L R^2 b} = \frac{1.0 \times 10^3 \times 9.7986 \times (0.5 \times 10^{-3})^4}{8 \times 15 \times 10^{-2} \times (3.7 \times 10^{-2})^2 \times 3.96 \times 10^{-4}} \approx 9.4 \times 10^{-4} \text{ } \text{pa} \cdot \text{s}$

(2) $b' = -\sum_{i=1}^5 (h_{i+5} - h_i) / \left((h'_1 - h_0) \sum_{i=1}^5 (t_{i+5} - t_i) \right) \approx 3.74 \times 10^{-4} \text{ } / \text{s}$

$\frac{|\eta' - \eta|}{\eta} = \frac{|b' - b|}{b'} = \frac{3.96 - 3.74}{3.74} \approx 5.9\%$

(3) 令液面有效高度为 h , 对该题有 $h = h' - h_0$

故 $h = h_1 e^{-bt}$ 取对数得: $\ln h = \ln(h_1 e^{-bt}) = \ln h_1 - bt$

可知 $\ln h$ 与 t 为一次函数关系, 可用逐差法计算 b''

$b'' = -\sum_{i=1}^5 (\ln h_{i+5} - \ln h_i) / \sum_{i=1}^5 (t_{i+5} - t_i) = \ln \left(\frac{\prod_{i=1}^5 h_i}{\prod_{j=6}^{10} h_j} \right) / \sum_{i=1}^5 (t_{i+5} - t_i) = 3.958 \times 10^{-4} \text{ } / \text{s}$

$\frac{|\eta'' - \eta|}{\eta} = \frac{|b'' - b|}{b''} = \frac{3.96 - 3.958}{3.958} \approx 0.051\%$

8. 拉伸法测弹性模量实验中, 完成一次完整测量得到望远镜中读数变化如下表

表 4.2 望远镜中标尺读数改变 n 与负荷 m 关系的测量记录

砝码个数 i	$m_i(\text{kg})$	标尺读数 (cm)			读数改变量 $n_i = n'_i - n'_0 $ (保留至小数点后两位)
		逐加	逐减	平均 $\bar{n}'_i$ (保留至小数点后两位)	
0	0.0000	5.24	5.22		
1	0.5000	5.64	5.64		
2	1.0000	6.03	6.05		



3	1.5000	6.43	6.45		
4	2.0000	6.84	6.86		
5	2.5000	7.28	7.28		
6	3.0000	7.7	7.68		
7	3.5000	8.12	8.1		
8	4.0000	8.53	8.53		
9	4.5000	8.93	8.93		

(1) 计算表中的 $\bar{n}'_i$ 值及 n_i 值, 将结果直接填入表中。用逐差法计算加一个 0.500kg 砝码的读数改变值 $\bar{n}$ 。

(2) 若光杠杆长臂长: $D = 125.0\text{cm}$ 光杠杆短臂长: $R = 5.00\text{cm}$, 根据 (1) 中 $\bar{n}$ 值计算加一个 0.500kg 砝码时金属丝的伸长量。

(3) 若望远镜调焦轮受损, 可调范围很小, 导致望远镜中无法看清标尺的像。你认为如何去做才能继续进行实验?

【解答】 (1)

望远镜中标尺读数改变 n 与负荷 m 关系的测量记录

砝码个数 i	$m_i(\text{kg})$	标尺读数 (cm)			读数改变量
		逐加	逐减	平均 $\bar{n}'_i$ (保留至小数点后两位)	$n_i = n'_i - n'_0 $ (保留至小数点后两位)
0	0.0000	5.24	5.22	5.23	0.00
1	0.5000	5.64	5.64	5.64	0.41
2	1.0000	6.03	6.05	6.04	0.81
3	1.5000	6.43	6.45	6.44	1.21
4	2.0000	6.84	6.86	6.85	1.62
5	2.5000	7.28	7.28	7.28	2.05
6	3.0000	7.70	7.68	7.69	2.46
7	3.5000	8.12	8.10	8.11	2.88
8	4.0000	8.53	8.53	8.53	3.30
9	4.5000	8.93	8.93	8.93	3.70

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=0}^4 (n_{i+5} - n_i)}{25} = 0.414 \text{ cm}$$

$$(2) x = \frac{R\bar{n}}{2D} = 8.28 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

(3) 改变光杠杆长臂长。如: 可移动望远镜支架。