

光源的时间相干性

一、测定光源的相干长度

1、白光：

等光程点位置： $d_0 = 50.73mm$ （关于此数据的有效数字位数的说明见三、分析与讨论环节）

黑色条纹共 4 条，因此有 $k_1 = 2$ ，所以计算出相干长度和相干时间为：

$$\Delta L_{1max} = k_1 \lambda_1 = 1.1 \times 10^3 nm$$

$$t_1 = \frac{\Delta L_{1max}}{c} = 3.67 \times 10^{-15} s$$

2、白光经橙滤色片滤光后的透射光

从一端移动到另一端一共有 52 条条纹，因此有 $k_2 = 26$ ，计算出相干长度和相干时间为：

$$\Delta L_{2max} = k_2 \lambda_2 = 1.625 \times 10^4 nm$$

$$t_2 = \frac{\Delta L_{2max}}{c} = 5.420 \times 10^{-14} s$$

同时，还可以计算出 $\Delta \lambda$ ：

$$\Delta \lambda_2 = \frac{\lambda_2}{k_2} = 24.04 nm$$

3、白光经黄干涉滤光片滤光后的透射光

从一端移动到另一端一共 86 条条纹，因此有 $k_3 = 43$ ，计算出相干长度和相干时间为：

$$\Delta L_{3max} = k_3 \lambda_3 = 2.485 \times 10^4 nm$$

$$t_3 = \frac{\Delta L_{3max}}{c} = 8.290 \times 10^{-14} s$$

同时，还可以计算出 $\Delta \lambda$ ：

$$\Delta \lambda_3 = \frac{\lambda_3}{k_3} = 13.44 nm$$

4、低压汞灯黄光

可见度降为零时有：

$$d_{max} = 69.39 mm$$

因此可以计算出低压汞灯黄光的相干长度：

$$\Delta L_{5max} = 2(d_{max} - d_0) = 37.32 mm$$

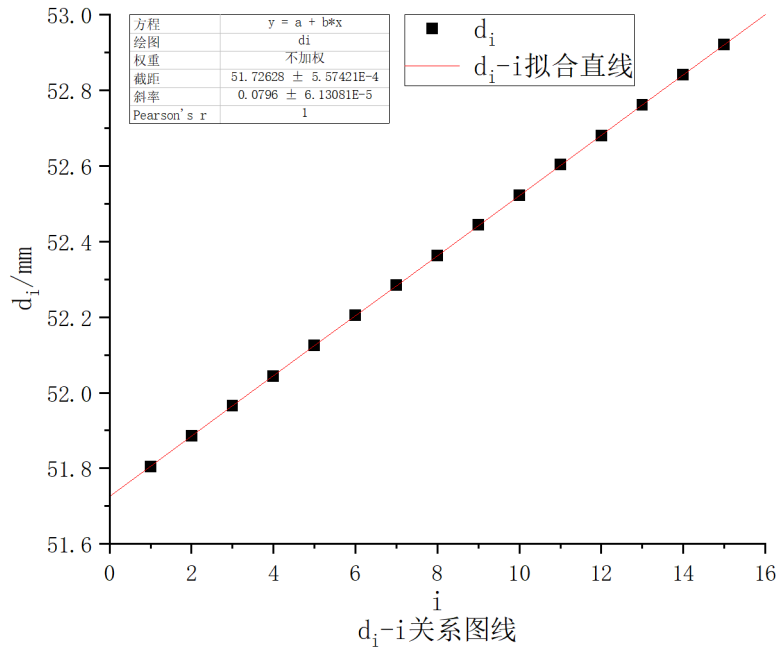
$$t_5 = \frac{\Delta L_{5max}}{c} = 1.245 \times 10^{-10} s$$

二、两种方法测定汞双黄线的波长差

1、通过测量 Δd （拍节的间距）来测定

i	d_i/mm	i	d_i/mm
1	51.80439	9	52.44397
2	51.88591	10	52.52198
3	51.96582	11	52.60354
4	52.04368	12	52.68011
5	52.1241	13	52.76049
6	52.20519	14	52.84053
7	52.28426	15	52.92012
8	52.36231		

对 $d_i - i$ 进行线性拟合 $d_i = a + bi$:



$$a = 51.72628mm$$

$$b = 0.079602mm$$

$$r = 0.999996$$

$$\sigma_b = b \sqrt{\frac{1}{r^2} - 1} = 0.000061mm$$

$$\sigma_a = \sigma_b \cdot \sqrt{x^2} = 0.00056mm$$

因此得到

$$\Delta d = b = 0.079602mm$$

$$\Delta d \pm \sigma_{\Delta d} = b \pm \sigma_b = (0.079602 \pm 0.000061)mm$$

$$\Delta \lambda \approx \frac{\lambda^2}{2 \Delta d} = 2.0985nm$$

$$\sigma_{\Delta \lambda} = \Delta \lambda \cdot \sqrt{\left(\frac{2\sigma_\lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta d}}{\Delta d}\right)^2} = 0.0078nm$$

其中将 σ_λ 估计为两条谱线的波长差，也就是 $\Delta \lambda$ ，因此有

$$\Delta \lambda \pm \sigma_{\Delta \lambda} = (2.098 \pm 0.008)nm$$

查阅资料知[1]，汞双黄线的波长分别为 $\lambda_{y1} = 576.9610nm$, $\lambda_{y2} = 579.0670nm$ ，所以波长差的参考值为：

$$\Delta \lambda_c = \lambda_{y2} - \lambda_{y1} = 2.1060nm$$

所以测量值与参考值的相对误差为：

$$E_{\Delta \lambda} = \frac{\Delta \lambda - \Delta \lambda_c}{\Delta \lambda_c} = 0.36\%$$

2、通过测量一个拍内的干涉条纹数目测定

通过计数两个拍节之间的干涉条纹数目，有：

$$\Delta k = 273$$
$$\Delta \lambda = \frac{\lambda}{\Delta k} = 2.1172nm$$

三、分析与讨论

关于迈克尔逊干涉仪读数有效数字位数的说明：

本来迈克尔逊干涉仪可读至 $10^{-4}mm$ 位并估读至 $10^{-5}mm$ 位，但是由于 V_1 轮转动时 V_2 轮不会随之旋转，所以会产生一个初读数的误差，所以每次将 V_1 和 V_2 解锁后读数都需要扣除初读数；

在本次实验中，有两处测量涉及到迈克尔逊干涉仪的读数：① d_0 和 d_{max} 的测量：由于 $d_{max} - d_0 \gg \Delta d$ ，并且可见度降为零是一个比较主观的判断，所以去除 V_2 的后三位读数不会影响结果；②汞灯黄光双线波节位置的测定：由于在测定过程中并没有将 V_1 和 V_2 解锁，所以同样不会影响测量结果；

综上，本次实验中不了解 V_2 的初读数问题并不会影响实验结果，但对这一问题进行认识是很有意义的，因为在其他实验中这一点可能是重要的，比如光波长的测定；

四、参考资料

[1] Kramida, A., Ralchenko, Yu., Reader, J., and NIST ASD Team (2021). *NIST Atomic Spectra Database* (ver. 5.9), [Online]. Available: <https://physics.nist.gov/asd> [2022, October 15].

National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

DOI: <https://doi.org/10.18434/T4W30F>