

文章编号:1007-2934(2020)06-0024-04

基于 Sense-it 对蒸馏水折射率与温度关系的探究

罗建平, 向文丽*

(楚雄师范学院 物理与电子科学学院, 云南 楚雄 675000)

摘 要: 运用传统实验中常用的迈克尔逊干涉仪、氦氖激光器,并借助手机传感器 Sense-it 研究蒸馏水折射率随温度变化关系。实验结果表明,利用 Sense-it 数环测得的不同温度下的蒸馏水折射率精确度极高,与标准值比较,其误差均小于 0.01%。一定程度上,利用手机传感器 Sense-it 可以代替人眼直接数环,其实验操作方便快捷,避免了由于肉眼数环不准确以及视觉疲劳引起的误差。同时,利用 Origin 软件对利用 Sense-it 数环得到的蒸馏水折射率随温度变化关系进行拟合,得到其关系方程为 $n = -0.000\ 144\ 072T + 1.336\ 38$,表明蒸馏水随温度升高其折射率线性微小递减的关系,利用迈克尔逊干涉仪基于 Sense-it 可准确灵敏地探究溶液折射率随温度的微小变化。

关 键 词: 折射率;温度;Sense-it

中图分类号: O 4-34 **文献标志码:** A **DOI:** 10.14139/j.cnki.cn22-1228.2020.06.007

折射率是光学中的一个重要参数,它反映的是光从一种介质进入到另一种介质,传播速度所发生的变化。测量折射率有许多种方法;如用分光计测量液体^[1]、三棱镜^[2]折射率的方法;利用阿贝折射仪测定不同盐度海水的折射率^[3]的方法;用牛顿环干涉法测量液体折射率^[4]的方法等。而迈克尔逊干涉仪是于 1881 年美国科学家迈克尔逊和莫雷研制出来的精密仪器,它有很广泛的应用,用于测量折射率是其重要的应用之一。宋立尔用迈克尔逊干涉仪测量固体折射率^[5];包力等运用迈克尔逊干涉仪测量气体的折射率^[6]。此外还可以利用迈克尔逊干涉仪测量液体的折射率^[7]。但是,该实验中均需要数几百条甚至上千条干涉环纹的变化,由于人眼疲劳原因造成的人为误差使实验的准确度得不到保证^[8]。为此刘恒洲等用迈克尔逊干涉仪自动测量系统测量激光的波长^[9];石明吉等研制一种新型迈克尔逊干涉条纹测控装置^[10];茅天伟等对迈克尔逊干涉仪干涉环纹光电计数器的研制^[11]。编程对于本科生较为复杂,随着手机功能的不断增加除了通讯与娱乐之外,还可以用其辅助做物理实验,智能手机中配备的各种传感器为物理量的测量提供了条

件^[12]。余慧等利用智能手机和相关实验器材做单缝夫琅禾费衍射实验和光的偏振实验^[13];张余梦等巧用智能手机光传感器测量金属的线膨胀系数^[14]。当前手机作为传感器用于实验较为快捷并且准确度高,本文为了避免编程以及肉眼数环疲劳所引起的误差,利用手机传感器 Sense-it 对蒸馏水的折射率随温度变化进行探究。

1 实验原理及仪器组装

1.1 实验原理

迈克尔逊干涉仪的实验原理图如图 1 所示。S 为扩展光源,从它发出的光投射到玻璃片 G_1 后,在 G_1 半镀银面上被分解为两束,一束透过它,在平面镜 M_2 上反射后原路返回,然后到半镀银面上反射到达 E;另外一束从半镀银面反射到平面镜 M_1 ,从 M_1 反射后同样到达 E,在 E 处就可以观察到干涉条纹。当光垂直入射,且 M_1 与 M_2 垂直时,就可以得到等倾干涉圆环。由光的干涉相关条件易得:

$$2nd = N\lambda \quad (1)$$

将比色皿置于 G_1 与 M_1 间,如图 2 所示。在

比色皿中加入事先加热好的蒸馏水,在 E 处就可以观察到温度每降低 1 ℃ 条纹的吞吐情况,其吞吐变化数为 ΔN ,蒸馏水折射率随之变化的关系由下列式子得出。

$$\Delta n = \frac{\Delta N \lambda}{2d}, \Delta N = 1, 2, 3 \dots \quad (2)$$

式中: $\lambda = 632.8 \text{ nm}$, d 为 17 mm, Δn 为温度每降低 1 ℃ 蒸馏水折射率改变情况, ΔN 为蒸馏水每降低 1 ℃ 干涉条纹的吞吐变化数。

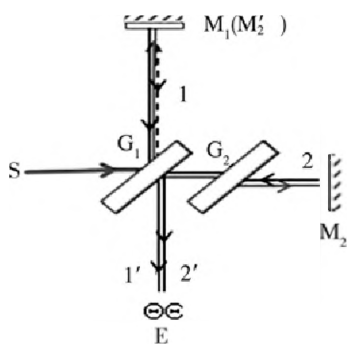


图1 迈克尔逊干涉仪的实验原理图

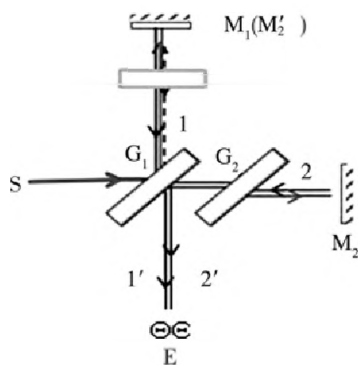


图2 放入比色皿的实验原理图

1.2 仪器组装

1.2.1 实验仪器

本实验中用到的实验仪器有:迈克尔逊干涉仪、阿贝折射仪、数字式温度计、磁力搅拌器、手机传感器 Sense-it、蒸馏水及宽度为 17 mm 比色皿等。而 Sense-it 是一款由英国学者制作的软件,它的功能很强大,其包含着加速度、磁场、光、重力等传感器,它有很高的灵敏度。因而本实验用 Sense-it 软件中的光传感器灵敏度比较高的特点,作为迈克尔逊干涉仪干涉条纹变化记录的传感器,从而方便快捷地读出条纹数量的变化。

Sense-it 光传感器界面图如图 3 所示。首先在 Sense-it 界面中找到 LIGHT;然后选择 Record;最后将手机光传感器对准迈克尔逊干涉仪所得的干涉条纹的中心;点击 Start 开始记录,就可以在手机屏幕上进行数环。

Sense-it 数环界面图如图 4 所示,一个周期的

波形(类似于矩形波)表示一个干涉条纹的吞吐变化,从该界面可快速精确读出环数变化。

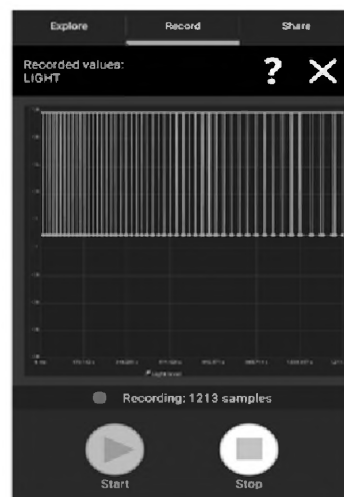


图3 sense-it 界面图

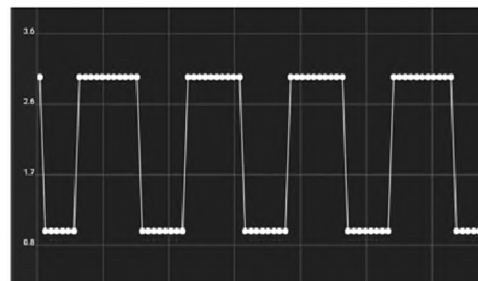


图4 sense-it 数环界面

1.2.2 仪器组装

按图 5 组装实验仪器,调节好迈克尔逊干涉仪,并用磁力搅拌器将蒸馏水加热至 50 ℃ 左右。将装有一定温度蒸馏水的比色皿放在与 M_1 平行处,并插入数字式温度计,分别用眼睛和 Sense-it 在 E 处进行读数(温度降低至 40 ℃ 时开始读数),读出温度每降低 1 ℃,相应条纹吞吐数 ΔN ,重复两次,记录数据。

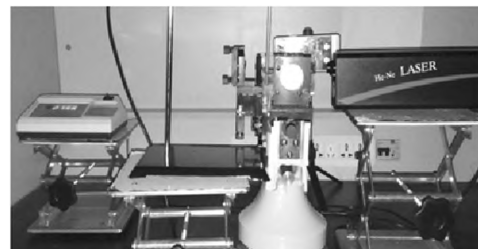


图5 基于 Sense-it 对蒸馏水折射率与温度关系实验图

2 实验结果及分析

本文利用了 Sense-it 记录蒸馏水从 40~27 ℃ (室温)温度下降时,每变化 1 ℃ 条纹吞吐数 ΔN ;利用阿贝折射仪测量出蒸馏水在该室温 27 ℃ 条件下的折射率;并运用公式(2)得到基于 Sense-it 测出的蒸馏水折射率。具体数据分别记入表 1。

表 1 $d=17\text{ mm}, \lambda=632.8\text{ nm}$ 用 Sense-it 记录环数及折射率结果

温度/ $^{\circ}\text{C}$	第一次条纹 吞吐数	第二次条纹 吞吐数	条纹平均 吞吐数	折射率 (实验值)	折射率 (理论值)	相对误差 /%
27	/	/	/	1.332 500	1.332 290	0.015 76
28	6	7.5	6.75	1.332 374	1.332 170	0.015 34
29	7	7.5	7.25	1.332 239	1.332 060	0.013 47
30	6.5	8	7.25	1.332 105	1.331 940	0.012 35
31	7	7.5	7.25	1.331 970	1.331 820	0.011 23
32	7	7	7	1.331 839	1.331 700	0.010 46
33	7.5	8	7.75	1.331 695	1.331 570	0.009 39
34	7	8	7.5	1.331 555	1.331 440	0.008 67
35	6.5	7.5	7	1.331 425	1.331 310	0.008 65
36	7.5	7	7.25	1.331 290	1.331 170	0.009 03
37	7	7	7	1.331 160	1.331 040	0.009 01
38	8.5	7.5	8	1.331 011	1.330 900	0.008 34
39	7.5	8	7.75	1.330 867	1.330 750	0.008 78
40	9	8	8.5	1.3307 09	1.330 610	0.007 41

为了更好地探究 Sense-it 数环的科学性,本文同时测量了相同实验条件下,利用人眼数干涉条纹吞吐变化并得到不同温度下蒸馏水的折射率,记录于表 2。

表 2 $d=17\text{ mm}, \lambda=632.8\text{ nm}$ 直接数环数及折射率结果

温度/ $^{\circ}\text{C}$	第一次条纹 吞吐数	第二次条纹 吞吐数	条纹平均 吞吐数	折射率 (实验值)	折射率 (理论值)	相对误差 /%
27	/	/	/	1.332 500	1.332 290	0.015 76
28	8	8	8	1.332 360	1.332 170	0.014 29
29	7	8	7.5	1.332 221	1.332 060	0.012 07
30	8	8	8	1.332 072	1.331 940	0.009 91
31	7	9	8	1.331 923	1.331 820	0.007 74
32	8	8	8	1.331 774	1.331 700	0.005 57
33	8	8	8	1.331 625	1.331 570	0.004 15
34	8	8	8	1.331 476	1.331 440	0.002 73
35	8	9	8.5	1.331 318	1.331 310	0.000 61
36	7	8	7.5	1.331 179	1.331 170	0.000 64
37	8	10	9	1.331 011	1.331 040	0.002 17
38	8	9	8.5	1.330 853	1.330 900	0.003 54
39	9	8	8.5	1.330 695	1.330 750	0.004 16
40	9	9	9	1.330 527	1.330 610	0.006 23

由表 1 和表 2 可以看出,用 Sense-it 数环突破了肉眼数环的局限,它可以利用半个周期图形的变化,从而记录条纹吞进或吐出条纹一半的精确变化,即精确到 0.5 个条纹的变化,一定程度上来讲,用 Sense-it 数环分辨率更高;从实验结果来看,用 Sense-it 和眼睛直接记录环数得出的折射率的结果与标准值相比误差均小于 0.02%,而直接数环容易使眼睛疲劳,一定程度上,可以用 Sense-it 代替肉眼直接数环,简单快捷,准确度高,用 Sense-it 研究液体折射率随温度变化具有一定的科学意义。

同时,以温度(T)为 x 轴,折射率(n)为 y 轴,用 Origin 软件对用 Sense-it 测得的数据进行拟合,得出拟合方程分别为 $n = -0.000\ 136\ 96T +$

$1.336\ 21$,斜率为负的很小的值($-0.000\ 136\ 96$)。说明折射率随着温度的升高有线性微小的下降,实验值的拟合线性相关系数达到 $r^2 = 0.999\ 66$,置信概率极高。

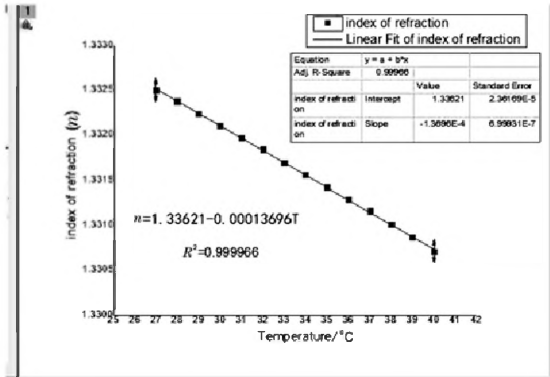


图 6 基于 Sense-it 的蒸馏水折射率与温度关系图

3 结 论

本文运用传统实验中常用的迈克尔逊干涉仪和氦氖激光器,并借助手机传感器 Sense-it,研究了蒸馏水折射率随温度变化关系。得出:蒸馏水折射率与温度存在线性递减关系;并分析了直接读数和 Sense-it 读数的结果,两种方法的误差均小于 0.01%,说明利用 Sense-it 数环分辨率高,简单快捷,一定程度上手机传感器 Sense-it 可以代替人眼直接读数,精确度高并且方便快捷。

参考文献:

- [1] 崔振杰,张斯琪,李晓蕾,等.一种基于分光计测量透明液体折射率的新方法[J].大学物理实验,2016,29(4):67-69.
- [2] 王国友,李经纬,邓志宏,等.一种测量三棱镜折射率的新方法[J].大学物理实验,2019,32(5):41-43.
- [3] 魏家祺,陈永华,丁霞.利用阿贝折射仪测定不同盐度海水的折射率[J].产学研理论与实践,2016(36):127-128.
- [4] 张思慧,辛琨,邹俭英,等.牛顿环干涉法测量液体折射率的实验研究[J].大学物理实验,2016,29(4):49-51.
- [5] 宋立尔.用迈克尔逊干涉仪测量固体折射率[J].物理实验,1983,3(6):272-273.
- [6] 包力,毕胜楠.气体折射率测量方法的研究[J].吉林化工学院学报,2017,34(7):75-76.
- [7] 杜登熔,李艳,商成林,等.利用迈克尔逊干涉仪测量液体的折射率[J].大学物理实验,2019,32(1):43-45.
- [8] 吴弘,张礼,陈杰.基于 FPGA 的迈克尔逊干涉仪测量激光波长[J].物理实验,2015,35(10):32-36.
- [9] 刘恒洲,喻秋山,胡远强,等.迈克尔逊干涉仪自动测量系统的设计[J].大学物理实验,2016,29(6):69-75.
- [10] 石明吉,刘斌.新型迈克尔逊干涉条纹测控装置研制[J].自动化仪表,2018,39(9):14-16,24.
- [11] 茅天伟,娄家奇,尹燕宁,等.迈克尔逊干涉仪干涉环纹光电计数器的研制[J].大学物理实验,2016,29(6):60-64.
- [12] 艾伦,兴乔.身边的实验教学装备——智能手机[J].中国教育技术装备,2014(12):1-2.
- [13] 余慧,张鹏,裴国锦,等.利用智能手机辅助做大学物理实验[J].大学物理实验,2018,31(6):14-16.
- [14] 张余梦,丁益民,蒋富丽,等.巧用智能手机光传感器测量金属的线膨胀系数[J].大学物理实验,2018,31(3):39-41.

Research on the Relationship between Refractive Index and Temperature of Distilled Water Based on Sense-It

LUO Jianping, XIANG Wenli *

(School of Physics and Electronic Science, Chuxiong Normal University, Chuxiong 675000, China)

Abstract: Michelson interferometer, He-Ne laser and mobile sensor Sense-it are used to study the relationship between the refractive index of distilled water and temperature. The experimental results show that the refractive index of distilled water at different temperatures measured by Sense-it is very accurate. Compared with the standard value, the error is less than 0.01%. Sense-it can replace the direct number loop of human eye. The experimental operation is convenient and fast, avoiding the error caused by the inaccuracy of naked eye number loop and visual fatigue. At the same time, the relationship between the refractive index of distilled water obtained by sense-it and temperature is fitted by Origin software, which shows that the refractive index of distilled water decreases slightly with the increase of temperature based on sense-it, the interferometer can accurately and sensitively explore the tiny change of refractive index with temperature.

Key words: index of refraction; temperature; Sense-it