



大学物理实验练习卷 5

一、单选题(每小题 2 分,共 20 分)

1. 分光计的调整及应用实验中,用分光计测量的哪四种谱线的波长: ()
A. 紫、绿、蓝、黄 2; B. 紫、蓝、黄 1、黄 2;
C. 紫、中强紫、黄 1、黄 2; D. 紫、绿、黄 1、黄 2。
2. 超声声速的测定实验中,测声速的两种方法是 ()
A. 相位比较法和利萨茹图形法; B. 驻波法和共振干涉法;
C. 驻波法和相位比较法; D. 驻波法和时差法。
3. 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. 等容吸热、绝热膨胀; B. 绝热膨胀、等容吸热;
C. 等压膨胀、等容吸热; D. 等容吸热、等压膨胀。
4. 用模拟法测绘静电场实验中,不必要的模拟条件是 ()
A. 电极必须具有规则的几何形状;
B. 导电介质应是不良导体,且电导率分布均匀;
C. 稳恒电流场的边界条件应与被模拟静电场的相同;
D. 电极几何形状要与被模拟静电场的带电体几何形状相同。
5. 在等厚干涉实验中,若旋紧牛顿环仪三个螺钉,使平凸透镜与平板玻璃完全接触,实验观察到的干涉现象是: ()
A. 中心为暗斑、内疏外密、明暗相间的同心圆环;
B. 中心为亮斑、内疏外密、明暗相间的同心圆环;
C. 中心为暗斑、内密外疏、明暗相间的同心圆环;
D. 中心为亮斑、内密外疏、明暗相间的同心圆环。
6. 在弹性模量测定实验中,通常先预加 $1Kg$ 砝码,其目的是 ()
A. 消除摩擦力;
B. 拉直金属丝,避免将拉直过程当做伸长过程进行测量;
C. 使系统稳定,底座水平;
D. 减小初读数,消除零误差。
7. 关于液体粘滞系数测量实验,下列叙述正确的是: ()
A. 粘滞系数取决于物质自身性质,与温度压强无关;
B. 雷诺数与粘滞系数无关;
C. 该实验可使用逐差法处理数据;
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。
8. 在电桥测电阻实验中,自组单臂电桥测未知电阻,不能保护检流计的是: ()
A. 开始测量时,使检流计一侧的红色开关按钮弹起;



- B. 开始测量时,电源电压调至较小值;
- C. 开始测量时,使比例臂两电阻等值,比较臂电阻值接近待测电阻;
- D. 开始测量时,立即按下检流计一侧的红色开关按钮。

9. 在扭摆法测定刚体转动惯量的实验中,下列叙述错误的是 ()

- 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。

10. 太阳能电池特性研究实验中,下列说法正确的是 ()

- A. 对于小负载电阻,太阳能电池相当于一个恒流源,而对于大负载电阻,它相当于一个恒压源;
- B. 太阳能电池相当于一个恒流源;
- C. 对于小负载电阻,太阳能电池相当于一个恒压源,而对于大负载电阻,它相当于一个恒流源;
- D. 太阳能电池相当于一个恒压源。

二、判断题(每题 2 分,共 20 分 对的在括号中画“√”,错的画“×”)

- 1. 电桥测电阻实验中,比例臂电阻值对电桥灵敏度无影响。 ()
- 2. 扭摆法测定刚体转动惯量实验中,若测量 10 个周期,则挡光物经过光电门的次数为 20。 ()
- 3. 空气比热容比测定实验中,若放气不充分将会使测量结果 γ 偏大。 ()
- 4. 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。 ()
- 5. 等厚干涉实验中,用劈尖测物体厚度,越厚的物体越容易测量。 ()
- 6. 模拟法测绘静电场实验是用电流场模拟静电场。 ()
- 7. 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。 ()
- 8. 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。 ()
- 9. 毕奥—萨伐尔定律验证实验中,测载流直导体磁感应强度时,实验仪方向按钮置于“水平”状态,测载流圆环磁感应强度时,实验仪方向按钮置于“竖直”状态。 ()
- 10. 压力传感器特性及固体密度的测定实验中,通过电阻应变片组成电桥实现非电量的电测法,传感器的线性程度及灵敏度是衡量传感器的重要参数,灵敏度的单位是 V/kg 或 mV/g 。 ()



三、简答题 I (20 分)

1. 数据处理是物理实验的重要组成部分,本课程所用的数据处理方法有最小二乘法、逐差法等数据处理方法。

(1) 列举三个用逐差法处理数据的实验。(6 分)

(2) 若间接测量物理量 k 与直接测量物理量 x, y 满足理论公式 $y = kx^2 + b$, ($y = kx^2 + b, k, b$ 未知) 直接测量的 10 组数据记为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_{10}, y_{10})$, 用逐差法写出 k 的计算公式。(4 分)

2. 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? 实验中所测的蔗糖溶液是左旋还是右旋物质? (10 分)

四、简答题 II (20 分)

阅读下面材料,完成有关计算及回答相关问题。

光学玻璃是一类重要的光学材料,其杨氏模量、折射率等参数经常需要进行测量。某同学利用简单的实验器材测量激光波长、光学玻璃的杨氏模量、折射率。

1. 洛埃法干涉 激光波长测量

1834 年物理学家洛埃 (Humphrey Lloyd) 描述了单色点光源掠入射到 1 块平面玻璃的表面上,其反射光束与点光源光束重叠区域产生干涉条纹。该条纹可看成是点光源和关于玻璃表面对称的虚光源产生的干涉结果,此干涉称为洛埃法干涉。洛埃法干涉实验,不仅显示了分波面实现的光干涉现象,而且揭示了光从光疏介质向光密介质掠射时,在界面上反射的反射光有 π 的位相突变(相应为半波损失)这一重要事实。

如图 4.1 所示,干涉条纹可看成是等效光源 S (位于扩束镜右侧,也可能位于扩束镜左侧,与激光器出射光、扩束镜焦距及位置等因素有关) 和虚光源 S' (反射光线延长线的交点) 干涉的结果,类似于杨氏双缝干涉实验,条纹间距:

$$\Delta x = \frac{D\lambda}{d}, D \text{ 为等效光源与屏或目镜之间距离, } d \text{ 为等效光源 } S \text{ 与虚光源 } S' \text{ 距离, } \lambda \text{ 为激光波长。}$$

问题① 杨氏双缝干涉实验干涉条纹有“缺级”现象,该实验是否有“缺级”现象? 为了精确测量 d 及 D ,可在图 4.1 中放置一辅助凸透镜,凸透镜置于哪两个器件之间? 为了观察更多的干涉条纹及使条纹间距 Δx 更大,如何调节扩束镜、玻璃片、观察屏的相对位置? (6 分)

问题② 根据表 4.1 及 $D = 110.25\text{cm}, d = 2.580\text{mm}$ 数据,计算所测激光波长。用逐差法处理数据,最终结果保留 4 位有效数字。(6 分)

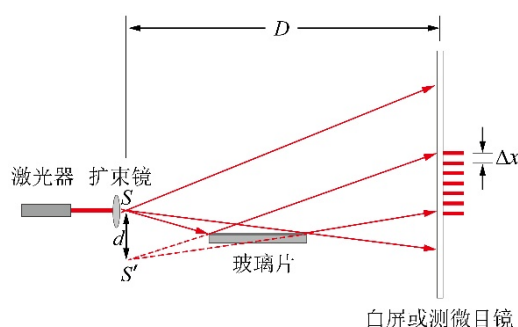


图 4.1 洛埃法测激光波长光路示意图

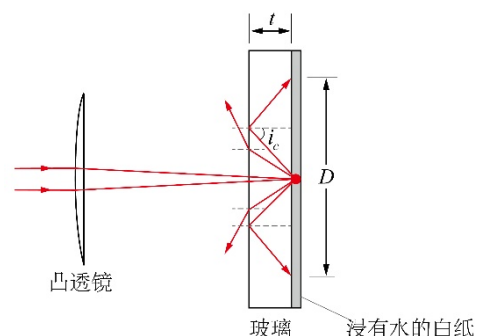


图 4.2 测厚玻璃片折射率光路示意图

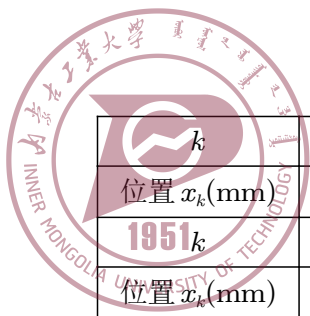


表 4.1 第 k 级暗条纹位置 x_k 数据表

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
位置 x_k (mm)	0.188	0.450	0.723	0.988	1.255	1.537	1.806	2.067	2.342	2.627
k	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
位置 x_k (mm)	2.886	3.163	3.444	3.709	3.985	4.260	4.528	4.800	5.089	5.333

2. 全反射 玻璃折射率的测量

由斯涅尔定律即光的折射定律 $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$ 可知 (i_1 为入射角, i_2 为反射角, n_1 、 n_2 为两种透明介质的折射率), 若 $n_2 > n_1$, 则 $i_2 < i_1$, 即与入射光线相比, 折射光线向法线方向偏折; 若 $n_2 < n_1$, 则 $i_2 > i_1$, 即与入射光线相比折射光线将偏离法线。在后一种情况下, 随着入射角 i_1 的增大, 折射角 i_2 增加很快, 当入射角 $i_1 = i_c$ 时, 折射角为 90° ; 当入射角 $i_1 \geq i_c$ 时, 就不再有折射光线而光全部被反射, 这种对光线只有反射而无折射的现象叫全反射。入射角 i_c 叫做临界角, 其值取决于相邻介质折射率的比值。如 $n_2 = 1$ 的空气对于 $n_1 = 1.5$ 的玻璃而言, 临界角 $i_c = 45^\circ$

如图 4.2 所示, 将用水浸湿的白纸贴在厚玻璃片的一面, 激光束经凸透镜从玻璃片另一面入射后会聚在白纸上, 在白纸处发生漫反射, 当反射光线和法线夹角 i_1 小于全反射临界角 i_c 时, 光线可以射出玻璃, 否则发生全反射。亦即在白纸这一面直径 D 的圆内观察不到光 (除了圆心入射光斑), 则在白纸上可见以入射光点为圆心形似日晕的光环, t 为玻璃片的厚度, 此时浸湿的白纸起到毛玻璃作用。实验中测得 $t = 8.050 \text{ mm}$, $D = 28.10 \text{ mm}$, 计算得 $n = 1.521$

问题③ 若入射单色光由红光改为绿光, 对测量结果有无影响? 写出 n 的计算公式, 用 t, D 表示 n (4 分)

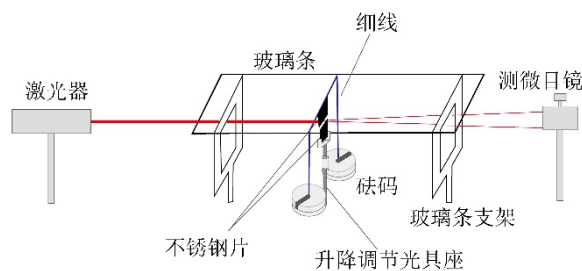


图 4.3 单缝衍射法测玻璃杨氏模量示意图

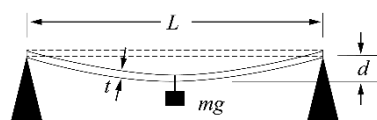


图 4.4 弯曲法测杨氏模量示意图

3. 单缝衍射测玻璃杨氏模量

杨氏模量是表征固体材料抵抗形变能力的重要物理量, 弯曲法是常用的测量杨氏模量方法。如图 4.4 所示, 厚为 t 、宽为 b 的均匀玻璃条, 水平对称地放在相距为 L 的两刀口上, 对梁中心施向下的重力 mg , 梁的挠度为 d , 此时梁的杨氏模量为:

$$E = \frac{L^3 mg}{4t^3 bd}$$

实验装置如图 4.3, 玻璃条放在两样品支架上, 两支架之间的距离为 L , 在玻璃条中间通过双面胶固定一不锈钢片, 正对上面不锈钢片的下方有一固定在升降调节光具座上的不锈钢片。



通过升降调节上下不锈钢片之间的狭缝宽度。激光器产生的激光束经狭缝产生单缝衍射。单缝衍射条纹宽度可由测微目镜测量,并与玻璃条中央用细线栓着的砝码质量有关。

表 4.2 玻璃杨氏模量测量数据表

狭缝与目镜距离	玻璃厚度	玻璃宽度	支架间距	重力加速度	+1 级暗纹位置	-1 级暗纹位置	+1 级暗纹位置	-1 级暗纹位置
$D(\text{cm})$	$t(\text{mm})$	$b(\text{mm})$	$L(\text{cm})$	$g(\text{m/s}^2)$	$x_k(\text{mm})$			
					无砝码	无砝码	40g 砝码	40g 砝码
51.40	3.027	60.05	28.01	9.7986	5.522	3.167	5.160	3.020

问题④ 根据表 4.2 实验数据,估算玻璃的杨氏模量,结果保留 4 位有效数字。不加砝码时, d 近似为零。(4 分)

五. 综合题(20 分)

阅读下面材料,回答相关问题。

材料一:

科学发展的历史告诉我们:实验不仅是科学发展的重要源泉,实验结果还是验证科学理论和学术论断的重要依据。英国科技史家丹·皮尔指出:“观察或实验,既是研究的起点,也是最后的裁判者。”

迈克尔逊—莫雷实验以优美的设计思想及精湛的实验技巧称著于世,对现代物理学的发展产生了巨大的影响。实验本身也充分显示了科学的美,受到科学家们的高度评价。

1644 年笛卡尔最早把以太假说引入物理学。1687 年惠更斯认为以太是传播光振动的媒质。随后法拉第把以太引入电磁学。1861 年麦克斯韦创建光的电磁说。此时,物理学界普遍认为以太是电、磁、光现象的共同载体。人们为了解释各种电磁现象,人为地加给以太各种相互矛盾的特性。不少人认为,这种静止的以太,正是牛顿所描述的绝对空间,相对以太静止的惯性系,就是绝对参考系。这显然是违背力学相对性原理的。假如地球相对以太运动,按照速度合成法则,在地球上测量的光速不应该等于 c 。但许多人经过多次测量光速的实验,结果均未发现这种影响。这又表明地球相对以太是不动的。于是人们很自然地提出要么地球不动,要么以太不存在。前者在 400 年前已经解决了,争论的中心就集中到以太是否存在的问题上。这一争论关系着经典物理学中一系列基本概念和重要定律,意味着经典物理学赖以建立的牛顿绝对时空观,遇到了严重的挑战。这也正是迈克尔逊—莫雷实验试图作出判决的问题。

实验结果出乎意料,迈克尔逊失望地说“可见,静止以太的假设是不对的”。迈克尔逊—莫雷实验的结果被 W·汤姆逊称作是廿世纪初物理学上空的“两朵乌云”之一,它激励着物理学家们去寻求运动物体的电动力学理论,成为爱因斯坦创建狭义相对论的前奏曲,具有重大的历史意义。

迈克尔逊和莫雷虽然未能挽救“以太”的命运,但却创制了一种精度极高的新测量仪器——干涉仪,其灵敏度可达几亿分之一,这却是一个巨大的收获。1907 年,由于在“精密光学仪器和用这些仪器进行光谱学的基本量度”方面的贡献,迈克尔逊荣获诺贝尔物理奖。

——张桂英,姜秋霞. 迈克尔逊—莫雷实验的精湛设计. 山东师大学报,1994,9(3:68—71)

材料二:



迈克尔逊简单、新颖、清晰的实验设计思想,奇巧的仪器装置,科学的实验方法,利用对称性消除误差的精湛的实验技巧都辉映着科学美的光彩。迈克尔逊—莫雷实验也是留给后人的一件珍贵的科学艺术作品。爱因斯坦对迈克尔逊—莫雷实验给予了高度的评价,这不但是科学意义上的,也是从美学意义上的评价。香克兰教授1905—1954年间曾五次访问过爱因斯坦,他转述了爱因斯坦对迈克尔逊的评价:“爱因斯坦同迈克尔逊第一次会见是在帕萨迪纳,认为‘他是一个伟大的天才——在这一领域中他总是会被这样认为的。’爱因斯坦还补充说,迈克尔逊受过的数学或理论训练很少,又没有理论方面的同事的指导,而能够设计出迈克尔逊—莫雷实验,那是非常惊人的。迈克尔逊完全不理解有关的理论,但对一个判决实验的本质却有本能的感觉,爱因斯坦认为这是他的天才的最实在的标志。他所以能够感觉到这一点,在很大程度上要归功于他对科学家的艺术家的感触和手法,尤其是对于对称和形式的感觉。当爱因斯坦想起迈克尔逊的艺术家的性格时,他现出了会心的微笑——在这里两人有着一一种血缘联系。这种艺术家的形象在迈克尔逊—莫雷实验中是显而易见的。”

爱因斯坦认为迈克尔逊—莫雷实验是在这以后“物理学所有实验中最美丽的一个实验”,他认为这是迈克尔逊的最伟大的成就。他同香克兰说:“我总认为迈克尔逊是科学中的艺术家,他的最大的乐趣似乎来自实验本身的优美和所用方法的精湛。”

——爱因斯坦文集(第一卷),北京:商务印书馆,1997

材料三:

瑞典当地时间2017年10月3日11点50分,诺贝尔物理学奖评委会委员、瑞典皇家科学院秘书长约兰·汉森宣布,2017年诺贝尔物理学奖授予三位美国物理学家雷纳·韦斯(Rainer Weiss)、巴里·巴里什(Barry Barish)、基普·索恩(Kip Stephen Thorne),以表彰他们在“国际激光干涉引力波天文台(简称 LIGO, laser interferometer gravitational wave observatory)”项目以及引力波探测方面所作出的决定性贡献。

LIGO 就是一个放大版的迈克尔逊干涉仪。激光发射装置产生的高能稳定激光束,通过分束镜分成两束相互垂直的激光束,分别沿着两臂内4公里长的真空管道传播,利用管道末端反射装置和激光信号再循环装置,可以使得激光束在真空管道内来回往返50次,从而使激光传播距离增加,实际上等效为将两臂空间距离增大至400公里,有效提升激光干涉探测精度。因为两臂距离等长,两束激光传播的距离相等,它们发生干涉后在光电探测器正中区域应该抵消,也就是说光电探测器正中区域将接收不到光子。根据广义相对论,当引力波扫过地球时引起时空变化,导致两臂时空长度一个增加而另一个减小,两束激光出现光程差,从而使得光电探测器检测到干涉情况发生变化,光电探测器正中区域将接收到光子。通过这样一系列精密的探测装置, LIGO 系统基本上可以实现在 10^{-18} 数量级上对引力波的探测。

——2017年诺贝尔物理学奖简介,2018

材料四:

对称展示宇宙之美,不对称生成宇宙之实。在探索宇宙的征途中,对称与不对称交相辉映,构成自然界的基本规律,成为指引人类探索大自然的灯塔。从毕达哥拉斯的“万物皆数”,经由牛顿的经典物理学,直至当今的量子世界,物理学的发展在扎根于实验观测的同时,亦常常从艺术领域中获取灵感。悠扬的音乐旋律与美妙的几何图形,竟然蕴含了自然界最基本的奥妙。这些令人惊叹的现象无疑亦系人类探求未知世界动力之源泉。

——李政道,2018年9月为《美丽之问》所作序言节选

材料五:



马克思主义实践观认为:实践是认识的来源,是认识发展的根本动力,是检验认识正确与否的唯一标准。实践与认识是辩证统一的关系,实践决定认识,认识对实践有巨大的反作用。正确的科学的认识促进实践的发展,错误的认识阻碍实践的发展。认识要随着实践的发展而不断进步。马克思主义实践观要求我们想问题办事情,一定要坚持实践第一的原则,坚持在实践中深化认识,提升认识,发展认识。

《牛顿传》中有一句这样的话赞美牛顿,“推理说,奇迹;牛顿却说,怀疑;怀疑,怀疑,没有实验就不要相信”。物理学是一门实验科学,也是通过实践求真求实的科学。诺贝尔物理学奖得主丁肇中说:“没有实验的支持,再好的理论也不是科学。”伟大的物理学家爱因斯坦在他书房的墙壁上留下了三幅画像,法拉第、麦克斯韦、牛顿。法拉第是自学成才的典范,也是通过对物理实验现象的直觉和认识—实践—再认识—再实践这样的科学精神为电磁学奠定了坚实基础。而麦克斯韦很多人认为他是理论物理学家,其实他一直对实验抱有一种激情在福布斯实验室工作到很晚以后,他还会继续在格伦内尔实验室里做实验,还创立了剑桥大学卡文迪什实验室。牛顿更不必说,用三棱镜分光,用牛顿环观察光的干涉现象。

《大学物理实验》是理工科大学生必修的一门公共基础课,同时也是一门实践类课程,《高等学校课程思政建设指导纲要》(后文简称《纲要》)指出:“实践类课程要注重学思结合、知行统一,增强学生勇于探索的创新精神、善于解决问题的实践能力。”同时作为理学类课程,“要在课程教学中把马克思主义立场观点方法的教育与科学精神的培养结合起来,提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力。”《纲要》的要求为我们解构《大学物理实验》课程之魂提供了思路。南京大学李向东教授把《宇宙简史》课程的灵魂定位为“帮助学生树立正确的宇宙观”,南开大学刘玉斌教授把《理论力学》课程的魂定位为“帮助学生树立正确的科学观”,清华大学的王青教授把《电动力学》课程的灵魂定位为“帮助学生树立正确的自然观”。内蒙古工业大学《大学物理实验》课程以“帮助学生树立正确的实践观”为课程灵魂,把“唯实尚行”的校风融入到物理实验课程教学中,把马克思主义实践观与科学精神的培养结合起来,提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力。培养同学们注重学思结合、知行统一,增强学生勇于探索的创新精神、善于解决问题的实践能力。

——宋智青等,大学物理实验课程思政探索与实践. 科学与财富,2021.7(34—35)

根据上述材料,请回答以下问题:

1. 结合上述材料和课程学习,你认为《大学物理实验》的课程灵魂或者说核心目标是什么?(6分)
2. 迈克尔逊干涉仪本身也体现了对称之美,通过迈克尔逊干涉仪不仅证实了“以太”不存在,也在100多年后利用放大版的仪器证实“引力波”的存在,请你画出组合干涉实验中搭建的迈克尔逊干涉仪光路示意图,并标明各器件名称。(4分)
3. 什么是光程? 测量空气折射率时,是哪个量引起光程差改变? 测固体线膨胀系数时,是哪个量引起光程差的改变? 位移量 ΔL 与干涉条纹变化的级数 N 的关系式什么?(4分)
4. 同样是基于迈克尔逊干涉仪进行测量,看到干涉条纹特征却“不对称”(不相似),通过迈克尔逊干涉仪相关实验,我们看到了物理实验之美,感受到了物理实验“真”“美”。固体线膨胀系数中看到的干涉条纹特征是什么? 请问组合干涉实验中看到的干涉条纹特征是什么? 造成这种条纹特征不同的原因是什么?(6分)