

几种测量光速的方法

赵旭光

(烟台师范学院物理与电子工程学院 山东 264025)

光在真空中的传播速度是自然界的基本常数,说明麦克斯韦关于光的电磁理论是正确的。准确测定光在不同介质中的传播速度,特别是在真空中的传播速度,引出了群速的概念,它在现代量子物理学中也很重要。真空中光的传播速度与频率、光源和观测者的运动无关,是一切物体运动速度的极限速度,它为建立狭义相对论奠定了一定基础。光速的测定是光学乃至整个物理学的重要课题。最早进行光速测量的实验,是由伽利略于1607年提出并实施的。他的实验没有获得任何结果而失败了,但实验表明:如果光速是有限的,那么其速度是非常之大的。于是测定非常大的光速的数值问题,就变成了准确地测量非常小的时间间隔问题。尽管伽利略的实验失败了,但他提出来的测量光速的基本原理,一直保留在近代一切测量光速的实验方法之中,新方法只不过是实验技巧的改进而已。

现在人们根据信号光源与观测者是否在地球上,把测量光速的方法通常分为天文学方法和实验室方法两大类。

一、天文学方法

1. 木星卫星蚀法

1676年丹麦天文学家O. Römer用木星卫星蚀法第一次成功地测量了光速。周期为12年的木星是太阳行星,而绕木星运行的卫星周期性的出现卫星蚀。

O. Römer根据卫星蚀的周期性变化规律计算出光速的数值为214000 km/s。此数值虽同现代测量结果的误差很大,但其主要意义在于是O. Römer第一次用实验方法测得光速,证实光是以有限速度进行传播的。

2. 恒星光行差法

1728年英国的天文学家James. Bradley发现,在地球绕太阳运行的一年内所有的恒星在天空中画出长半轴相等的椭圆。其中在黄道面内的恒星所画的椭圆退化一条直线,通过太阳且垂直于黄道面直线上的恒星所画的椭圆退化成一个圆,从地球上这些椭圆长轴的张角都等于 $40.9''$,这种现象称为恒星的光行差。这种现象是由于光的传播速度具有有限值而引起的。利用这种方法测得的光速为303000km/s,它很接近于现代实验室测得的光速的数值。

二、实验室方法

1. 齿轮法

1849年H.L. Fizeau第一个在实验室中成功地测量了光速。它利用齿轮周期性地遮断光线的方法,精确地测定了时间,其装置示意图如图1所示。在1847~1902年间,用此方法测得的光速均在 2.99×10^8 m/s至 3.15×10^8 m/s的范围内。

2. 旋转镜法

1862年L. Foucault成功地实现了用旋转镜法

动学生的积极性,还是对学生的科学方法、思维品质、创新能力的培养都是有益的。

五、多做一些学生意想不到,能引起

学生思维冲突的演示实验

为了激发学生的兴趣,调动学生的积极性,我们在选择、设计演示实验时,应多做一些学生意想不到,违背学生思维常规的实验,不仅能有效地突破学生的思维定势、纠正知识错误、深化理解知识,更能激起学生的不安,使学生积极主动地参与到对实验现象、原因等的分析、讨论之中,极大地调动学生的思维积极性和养成多角度、多层次看问题的习惯与品质。

如在表面张力教学中给学生演示图示2中对接在一起、大小不同的两个气球拧开阀门K后的现象,可让学生先猜测,学生一致认为是A变小B变大,而结果却恰好相反,通过引导分析,学生能很好地理解附加压强的存在及其影响。又如开水煮鱼、纸锅烧水、瓦碎蛋全等实验也都能有效地激发冲突、调动学生的思维。

总之,在创新教育成为21世纪教育主旋律的形势下,我们必须突破演示实验原有的框框和设定,努力探索,发挥演示实验的创新教育教学功能。实践证明,只要我们正确认识、认真对待,演示实验定能起到一箭双雕之效果。

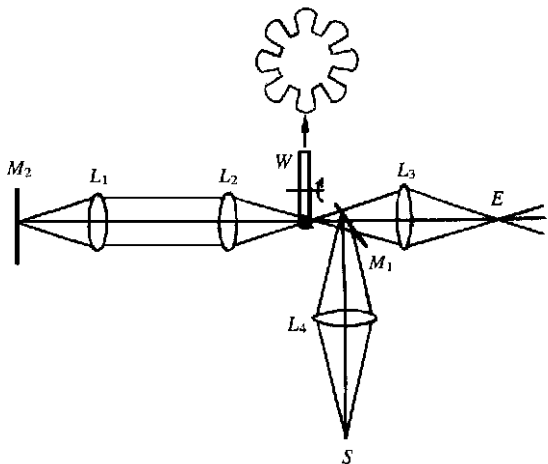


图 1

测量光速。此方法主要是以旋转镜代替齿轮法中的齿轮来精确地测量光传播一段距离的时间间隔,其实验装置示意图如图 2 所示。在 L. Foucault 的实验

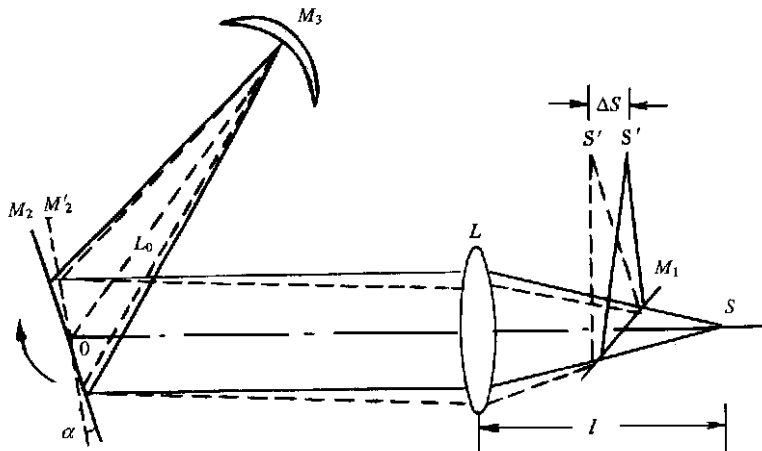


图 2

中,测得的光速数值为 $2.98 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

3. 旋转棱镜法

1962 年 Michelson 改进了 L. Foucault 的实验,设计了旋转棱镜法,主要是利用多面反射镜代替 L. Foucault 实验中的单一平面镜,以提高测量精度,其实验装置示意图如图 3 所示。此实验中测得光速为 $299796 \pm 4 \text{ km/s}$ 。Michelson 实验选择的光路很长,由于空气的温度和压力的变化所造成的空气的不均匀性很难测量,从而很难换算为真空中的光速,为此后来 Pearson 和 Pease 对原来的实验加以改进,由此测得真空中的光速为 $299774 \pm 2 \text{ km/s}$ 。

4. 克尔盒法

Korolus 和 Mittelstaedt 首先利用克尔盒调制光强的方法来测量光速。具体光路参见图 4。此种方法

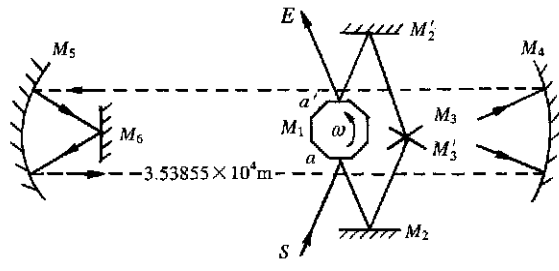


图 3

在短光路、微小时间间隔范围内能够准确测量光速,从而使实验精度大大提高。后来 Anderson 和 Hiittel 各自独立地改进了此实验,它们测得光速为 $299776 \pm 6 \text{ km/s}$,而 1951 年 Bergstrand 进一步改进了此实验,测得光速为 $299793.1 \pm 0.3 \text{ km/s}$ 。

5. 光拍频法

光拍频法测量光速是利用光拍的空间分布,测出同一时刻相邻同相位点的光程差和光拍频率,从而间接测出光速。目前此种方法是一般实验室中进行光速测量的常用方法,它的原理示意图如图 5 所示。

根据振动叠加原理,两列速度相同、振动面和传播方向相同,频差又较小的简谐波叠加形成拍。借助于声光移频器可以使光和超声波发生相互作用,其结果是使输出光的频率发生改变,在驻波法情形下可以得到输出衍射光的频率为: $f_{Lm} = f_0 + (L + 2m) F$ (其中 f_0 代表入射光波的频率, L 及 m 代表输出光衍射级次, F 代表超声波的工作频率),同时利用圆孔光阑从中选取频率相近的两种光合成所需的光拍频波。光电接收元件对相应的光拍波信号进行处理,同时考虑到光拍信号上不同位置处的位相不同,就可以在其上选取两点,使此两点位相相差 2,则此时两点之间的最短距离为一个拍频波波长。实验中可以采取将一路光拍频波信号利用斩光器分成两路,分别按不同的路线传播形成所谓的远

的光拍频波。光电接收元件对相应的光拍波信号进行处理,同时考虑到光拍信号上不同位置处的位相不同,就可以在其上选取两点,使此两点位相相差 2,则此时两点之间的最短距离为一个拍频波波长。实验中可以采取将一路光拍频波信号利用斩光器分成两路,分别按不同的路线传播形成所谓的远

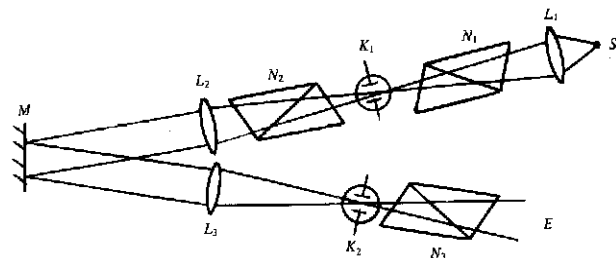


图 4

(下转 44 页)

熵教学过程中的难点析疑

高书霞

(烟台大学光电信息技术学院 山东 264000)

在“熵及熵增加原理”一节的教学过程中,有不少学生较难理解“将卡诺循环结果推广到任意可逆循环”,经过反复交流,我认为出现困难的焦点在于对推导过程中的做功问题理解不透,而该方面问题的解释,笔者查阅了大量的资料均未见报道或载录。

现行各版本教材及教参中,对熵概念引入的表述基本相似,现载录南京大学编《物理化学》中之一段为例:“如图1所示是任意的可逆过程。考虑其中的任意过程PQ(P、Q两点实际上可取得很近,只是为了说明问题才把图线夸大),通过P、Q两点做两条绝热线RS和TU,然后在PQ间通过O点画一条等温线VW,使三角形PVO的面积等于三角形OWQ

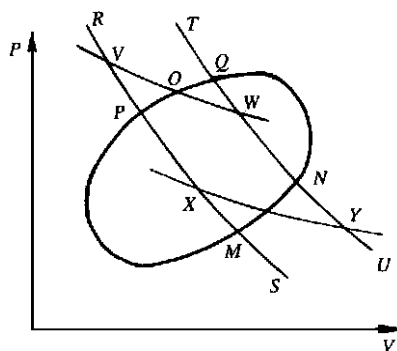


图1

的面积。折线所经过的过程PVOWQ与直接由P到Q的过程中所做的功相同,由于这两个过程的始终

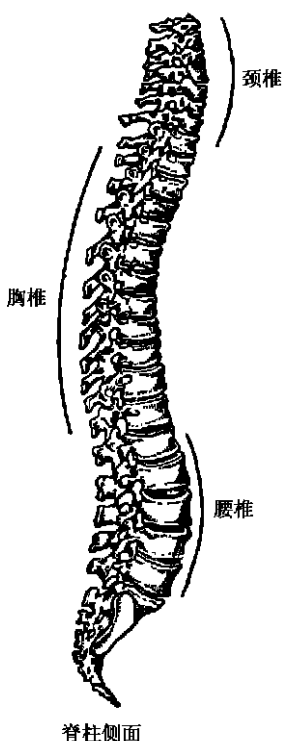


图4

于阳极端,虽然X射线强度较弱,但因体层较薄,吸收的X射线也少,X射线衰减也少;而下部置阴极端,虽然X射线强度较大,但因体层较厚,吸收的X射线较多,X射线衰减也就越大。这样X射线弱的地方衰减

它的吸收越多;越靠近OA方向,靶对它的吸收越小。所以越靠近阳极一侧X射线辐射强度下降越多的现象即阳极效应,也称“足跟效应”。

在X射线照相时,要考虑阳极效应。比如拍人腰椎(或胸椎)的正位片时,应把腰椎(或胸椎)的上部置于X射线管的阳极端,即人的头部在X射线管的阳极端,脚部在X射线管的阴极端,如图2所示,这样才能拍出浓度均匀的照片。人的脊柱侧面图如图4所示,从颈椎到腰椎,脊柱逐渐变粗。由于腰(或胸)椎的上部置

小,X射线强度大的地方衰减大。腰椎(或胸椎)上下各部位均衡起来,就使从腰椎(或胸椎)上下各部射出的X射线强度一致,从而拍出浓度均匀的照片。

(上接49页)

程光和近程光(在图5中M₂就起到这样的分光作用),最后分时到达光电接收元件——光电二极管,经处理后通过示波器显示出来。通过改变可移动反射镜的位置来改变远近期光的光程差,使此值正好等于一个拍频波波长,而此时示波器显示远近期光信号波形应属于同位相状态,这样就可计算出光速。

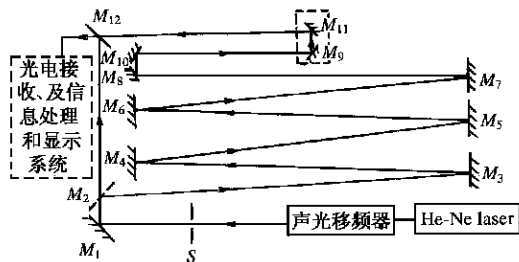


图5

实验中采用He-Ne激光作光源,利用公式 $v = 2F \cdot \Delta L$ (其中F代表超声波的频率, ΔL 代表远近期光光程差)就可以测得He-Ne激光632.8nm的光在空气中的传播速度,基本上可以满足学生实验中掌握实验原理并达到锻炼动手能力能力的要求。