

关于法线教学的几点思考

厉红燕

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215000;南京一中明发滨江分校 江苏 南京 210000)

袁海泉

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215000)

(收稿日期:2018-07-12)

摘要:中学生经常质疑几何光学中引入法线的必要性,部分教师要准确解答尚有困难.从唯一性、斯涅尔定律和球面系统的成像问题3个方面阐述了引入法线的必要性,为广大物理教师提供参考.

关键词:法线 初中物理 光学

1 引言

初中物理“光的反射”教学中,教师常常先定义法线、入射角、反射角,实验归纳总结出反射定律.但有部分同学认为:“入射光线与界面的夹角和反射光线与界面的夹角相等.”这也可以表达反射定律.对于这一现象,大部分物理教师选择了逃避,即不去进行正面回答.

笔者也碰到了同样问题,甚至下课后,还有几个学生跑来问“老师,我们为什么要引入法线呢?反射角等于入射角不是和刚刚那位学生讲的两角相等一样吗?而且做实验时只有镜子(界面)和两条光线啊?干什么要多此一举的引入法线呢?”笔者一时间竟然没有办法给学生一个完美的解释.于是这个问题引发了笔者的思考.

在教学中,表面上很多学生把入射角和入射光线与界面的夹角混为一谈,经常有同学在作业中搞

错这两个角.但是我们教师的处理方式大多比较粗暴,仅仅认为是他们没有记牢入射角和反射角的定义,常用的教学处理方式就是向他们多次重复、强调入射角的定义.而本质上,是教师在教学中并没有告诉学生为什么引入法线,而光线与介质界面的夹角是可以直接观察到的,学生觉得法线可有可无,弄错入射角和反射角自然也是正常的.

但是怎样在教学中给学生讲解法线的引入意义,却让笔者犯了难.笔者发现自己的已知没有办法解释这个问题,周围的教师也说不清楚原因.

2 光学中法线引入的目的

2.1 对引入法线目的的多种看法

通过查阅相关资料发现,在光学中引入法线的意义有3种观点.观点一认为:引入法线是为了定义入射角和反射角,引入法线可以解释入射角等于反射角;观点二认为:引入法线是为了便于确定入射光

过学生参与活动,让学生感受、体验与内化.第二次实践是以物理实验为主线,以学生为中心,以培养学生核心素养为目标.利用物理实验贯穿整个教学过程,在实验中,有高端的实验仪器,有自制实验仪器,也有随手拿来的小物件,又与生活生产紧密联系,彰显了物理学科的魅力.教学过程中,通过视频、实验、探究、思考、分析,逐步培养学生的物理核心素养.

参考文献

1 周新艳.对课例“自由落体运动”的三次教学实践.物理

教学,2010(9):9~12

2 钟晓青.“涡流、电磁阻尼和电磁驱动”的教学思路与创新.物理教学,2013(11):31~34

3 徐益勇.涡流热效应演示实验的改进.物理教师,2016,37(1):57~59

4 唐光善.“涡流、电磁阻尼和电磁驱动”的教学设计.物理教学,2016(11):8~10

5 谭庆仁.物理课堂教学设计的三个基石——以“涡流电磁阻尼和电磁驱动”教学为例.物理教学,2017(12):27~28

线和反射光线在同一平面内,即我们常说的口诀“三线共面”;观点三认为:引入法线我们才能根据入射光线画出反射光线.

乍看觉得3种观点都有些道理,但是细细思考可以发现:其实这3种观点都是由反射定律入手,通过倒推的方法来解释为何引入法线的.而学生不知道反射定律时,就难以理解为什么要引入法线.从这个角度思考,这3种观点就都没有解释引入法线的原因.

下面笔者就这3种观点的问题或不足进行阐述.反驳观点一,在实验中恰恰是能直接观测到入射光线与界面的夹角等于反射光线与界面的夹角,因为现实实验中只有界面与两条光线,并没有法线的存在;反驳观点二,《希尔伯特几何基础》定理2:“过一直线和不在这直线上的一点,或过有公共点的两条不同直线,恒有一个而且只有一个平面”^[3].而入射光线和反射光线恰恰就可以抽象成两条相交的直线,也就是说入射光线和反射光线肯定是在同一平面内的,如果按照观点二,根本没有必要引入法线;反驳观点三等同反驳观点一,通过其他角度关系,我们也是可以确定反射光线的.综上所述,如果仅仅是按照这3个观点来解释为什么引入法线,根本没有必要单独引入法线,仅靠界面和两条光线就可以完成光的反射定律了.

在《费曼物理学讲义》中对于光的反射定律是这样描述的,“射向镜子的光的行迹是这样的:两束光的每一束与镜面形成一个夹角,这两个夹角相等.由于某种原因,通常是从镜面的法线来量度这些角的.”^[1]但是对于这个“某种原因”,费曼并没有进行阐述.

而在姚启钧《光学教程(第5版)》中对于光在平面上的反射描述如下:如图1所示,从任一发光点发出的光束经平面镜反射后,根据反射定律,其反射光线的反向延长线相交于 P' 点, P' 点就是 P 点的虚像.它位于镜后,在通过 P 点向平面所做的垂线上,且有

$$PN = P'N$$

即 P' 点与 P 点关于镜面对称^[2].

根据这些描述我们可以发现,在此表述中,对于光的反射所得到的所有结论都没有法线的出现.

那么法线是不是真的就是可有可无的呢?当然

不是.在图1中其实已经有垂直这个概念的引入了.我们描述角度,如果引入法线是利用了法向来帮助理解;而如果不引入法线,我们就需要切向去描述角度了.那么现在的问题就是到底是法向描述比较好,还是切向描述比较好的问题了.显然,科学家们认为是利用法向方向描述光的反射定律比较好.

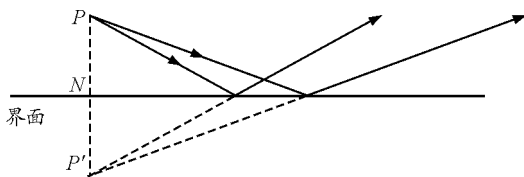


图1 光在平面上的反射

2.2 对光的反射中引入法线的几点思考

(1) 唯一性

如图2所示,我们可以发现光线与反射界面的夹角其实有两个,也就是说如果用角来定义光的反射定律,它并不满足唯一性.物理问题中,对于唯一性的准确表达和理解很重要.我们尽量用一些满足唯一性条件的表述去定义物理量.在光的反射中,我们引入了法线,此时入射角和反射角就有且只有一个了.

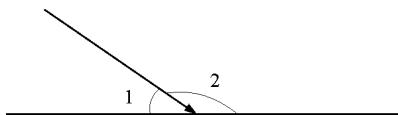


图2 入射光线与界面的夹角

(2) 光在曲面中反射时引入法线的便捷性

初中生因为只接触到光在平面镜中反射的情况,从而产生了这个疑问;而我们初中教师也因为长时间只接触到平面镜的情况,就渐渐忘记了光的反射还可以在球面上进行,比如凹面镜.这时你再去找入射光线与界面的夹角和反射光线与界面夹角就有困难了,而引入法线来定义入射角和反射角就相对比较方便了.也就是说,为了在不同反射面上表述反射定律,我们引入光线与法向的夹角来表示更为方便.

2.3 光的折射中引入法线的意义

初中物理知识的局限性使初中生认为法线不重要,比如苏教版初中物理中对于光的折射中两角关系是这样描述的:入射角增大时,折射角也随之增大.于是学生对于法线的引入更加迷惑了,他们发现就算没有法线,书上的这些描述内容也是可以用其他方式进行描述的.教材只给出了光的折射中两角的变化趋势,并不要求学生具体掌握光的折射中折

射角与入射角的具体数量关系,从而给学生营造了一种不管是在光的反射还是在光的折射中,法线都不是必须存在的一种错觉.但是我们知道,在物理中对于光的折射,有一个非常重要的定律存在.

如果引入法线后定义的 θ_1 表示入射角, θ_2 表示折射角,则 θ_1 的正弦等于某个常数乘上 θ_2 的正弦

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

这一等式被称为斯涅尔定律^[1].

我们看到了法线的作用,引入法线让两角的数量关系变得如此简洁,如此美丽.如果没有法线,斯涅耳定律表述起来就很繁杂,甚至物理学家可能无法发现这一定律.可见在光的折射中法线显得尤其重要.

3 法线引入意义的教学策略

为了让学生能够直观感受到引入法线,用法向来定义角度更为方便.笔者在上课时,除了让学生用平面镜去做这个实验,同时也让学生用凹面镜进行了实验.教学案例如下.

师:光在平面镜上的反射我们已经探究过了,同学们是不是对于法线有一些疑问呢?大家觉得引入法线有没有什么方便之处呢?

生:有吧……

师:看来同学们也不确定啊,下面我们来看看光在球面上反射的情况.

把平面镜换成凹面镜,在装置的下方垫上白纸,用一束激光射向凹面镜.

师:请同学们在实验过程中用铅笔对照实物在白纸上描出凹面镜、入射光线和经过界面反射的反射光线.改变入射光线方向,多次重复上述操作.

师:好的,请把激光源关掉,收拾好器材.接着请在图像上做出凹面镜的圆心 O ,连接圆心和入射点.你有什么发现.

生:圆心和入射点的连线都是入射光线和反射光线所组成的角的角平分线.

师:在这种情况下,你还能很方便地找到入射光线和界面的夹角吗?

生:有点困难……

师:但是如果我们引入法线,这个时候是不是很快就能发现两个角度的关系?是不是也比较快就能进行研究了?所以我们在光的反射中引入了法线.

分析:在这一教学案例中,教师主要设计了一个球面的情景.让学生直观地体会到,不引入法线,描述角度时,我们需要画出球面上每一点的切线.首先这一过程比较费时;其次初二学生并没有关于圆的切线的几何知识,让他们画出每一点的切线也比较困难.但是让学生画出圆心到入射点的连线却比较简单,而这条连线就是法线.通过这一情境让学生明白了引入法线的意义——当法线引入光的反射后,在各种曲面上我们都可以快速地进行实验研究.

其实苏教版“光的反射”中有一张关于漫反射的图片,如图3所示,要想快速简洁画出各反射光线,此时法线的优越性就体现出来了.但是我们教师对于这一幅图片的运用却极为简单,仅仅只是讲解了漫反射的特点及其产生原因,却极少去关注反射光线是如何确定的.教师也就错过了对学生讲解法线重要性的机会.

笔者在查找各种资料时,没有找到对于法线引入的一些官方解答.所以只能结合一些资料和自己的想法去进行理解:第一,物理学中最重要的是唯一性.而引入法线,从很多方面都可以满足唯一性的要求,体现唯一性的好处;第二,笔者觉得引入法线可以统一几何光学中角度的定义.因为引入法线后,斯涅尔定律更加简洁,而在光的反射中引入法线两角关系也可以成立.体现了物理语言的高度概括性和准确性;第三,从法向上描述角度在曲面上是比较简单的,并且可以快速定位到唯一的平面内.所以引入法线以后,可以大大减少我们研究光在曲面上的反射情况的工作.综上所述,笔者觉得引入法线是必不可少的.

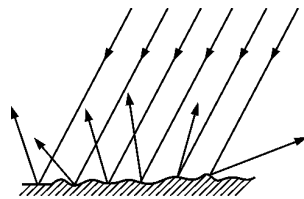


图3 光的漫反射

参考文献

- (美)费恩曼,莱顿,桑兹.费恩曼物理学讲义(新千年版)第1卷.郑永令,华宏鸣,吴子仪,等译.上海:上海科学技术出版社,2013
- 姚启钧.光学教程(第5版).北京:高等教育出版社,2014.118
- (德)希尔伯特.希尔伯特几何基础.北京:北京大学出版社,2009