

开阔思路 一题多解*

——2016北京高考物理压轴题第2问的3种解法

崔 琰

(北京市海淀区教师进修学校 北京 100195; 北航实验学校中学部 北京 100191)

刘丹杰

(北京市海淀区教师进修学校 北京 100195)

(收稿日期: 2016-09-09)

2016年北京高考理综卷第24题,即物理压轴题,是以光镊效应为命题背景,类比二维碰撞中的动量定理的应用,定性求解光压大小.此题出题灵活、富有新意、综合性强,突出了对生物物理思想以及综合能力的考查,具有很好的区分度.该题的第1问难度不大,第2问在第1问的基础上进行类比,定性推导光镊效应,思维量大,综合度高,可以通过整体法、隔离法和类比法3种不同的思考方法进行解答.

【题目】(1) 动量定理可以表示为 $\Delta p = F\Delta t$, 其中动量 p 和力 F 都是矢量. 在运用动量定理处理二维问题时,可以在相互垂直的 x, y 两个方向上分别研究.例如,质量为 m 的小球斜射到木板上,入射的角度是 θ ,碰撞后弹出的角度也是 θ ,碰撞前后的速度大小都是 v ,如图1所示.碰撞过程中忽略小球所受重力.

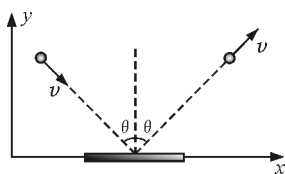


图1 题目(1)附图

a. 分别求出碰撞前后 x, y 方向小球的动量变化

$\Delta p_x, \Delta p_y$;

b. 分析说明小球对木板的作用力的方向.

(2) 激光束可以看作是粒子流,其中的粒子以相同的动量沿光传播方向运动.激光照射到物体上,在发生反射、折射和吸收现象的同时,也会对物体产生作用.光镊效应就是一个实例,激光束可以像镊子一样抓住细胞等微小颗粒.

一束激光经 S 点后被分成若干细光束,若不考

虑光的反射和吸收,其中光束①和②穿过介质小球的光路如图2所示.图中 O 点是介质小球的球心,入射时光束①和②与 SO 的夹角均为 θ ,出射时光束均与 SO 平行.请在下面两种情况下,分析说明两光束因折射对小球产生的合力的方向.

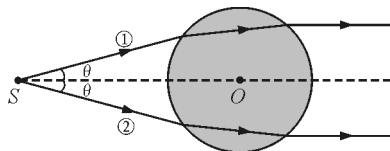


图2 题目(2)附图

a. 光束①和②强度相同;

b. 光束①比②的强度大.

省略第1问的解答,下面给出第2问的3种不同解法.

解法一:整体法

建立如图3所示的 xOy 直角坐标系.

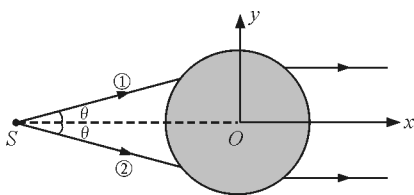


图3 整体法解题目(2)附图

设 t 时间内,光束①穿过小球的粒子数为 n_1 ,光束②穿过小球的粒子数为 n_2 .仅考虑光的折射,每个粒子动量的大小为 p 始终不变.

x 方向:

这些粒子进入小球前的总动量为

$$p_{1x} = (n_1 + n_2) p \cos \theta$$

从小球出射时的总动量为

$$p_{2x} = (n_1 + n_2) p$$

* 本文受“基于物理活动培养中学生物理思维能力的实践研究”课题支持,立项编号:HDGH20160235

动量 p_1, p_2 的方向均沿 SO 向右。

根据动量定理

$$F\Delta t = p_{2x} - p_{1x} = (n_1 + n_2)p(1 - \cos\theta) > 0$$

可知, 小球对这些粒子的作用力 F 的方向沿 SO 向右; 根据牛顿第三定律, 两光束对小球的合力的方向沿 SO 向左。

y 方向:

这些粒子进入小球前的总动量为

$$p_{1y} = (n_1 - n_2)p\sin\theta$$

从小球出射时的总动量为

$$p_{2y} = 0$$

根据动量定理

$$F_y\Delta t = p_{2y} - p_{1y} = -(n_1 - n_2)p\sin\theta$$

由上述分析可知: 当光束①和②强度相同时, $n_1 = n_2, F_y = 0$; 当光束①比②的强度大时, $n_1 > n_2$, 小球对这些粒子的作用力 F_y 的方向沿 y 轴负方向, 根据牛顿第三定律, 两光束对小球的合力沿 y 轴正方向。所以有

- 两光束对小球的合力的方向沿 SO 向左。
- 两光束对小球的合力的方向指向左上方。

解法二: 隔离法

分别研究光束①和光束②的动量改变情况, 如图4所示。

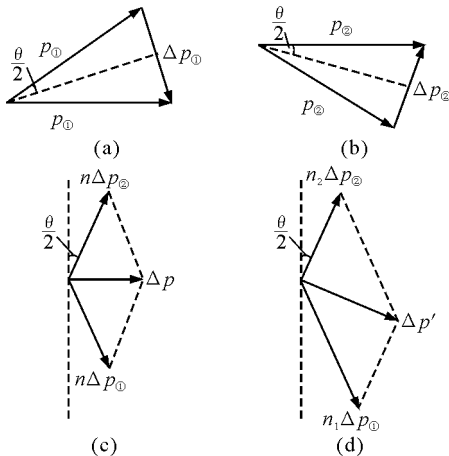


图4 隔离法解题目(2)附图

图4(a)为光束①中每个粒子的动量变化 Δp_{10} 矢量图, 同理图4(b)为光束②中每个粒子的动量变化 Δp_{20} 矢量图。

当光束①和②强度相同时, $n_1 = n_2$, 两束光合成后光子的动量变化量 Δp 如图4(c)所示, 水平向右; 当光束①比②的强度大时, $n_1 > n_2$, 两束光合成后光子的动量变化量 Δp 如图4(d)所示, 由于

$\Delta p_{10} > \Delta p_{20}$, 故两束光合成后光子的动量变化量 $\Delta p'$ 方向为右下。

根据牛顿第三定律, 两光束对小球的作用力:

- 当光束①和②强度相同时, 两光束对小球的合力的方向沿 SO 向左。
- 当光束①比②的强度大时, 两光束对小球的合力的方向指向左上方。

解法三: 类比法

由图5可知, 反弹的粒子给木板的作用力方向为“初末速度的角平分线的反向延长线”方向, 类比可知, 光束①和光束②对小球的作用力 F_1 和 F_2 方向分别如图6所示。

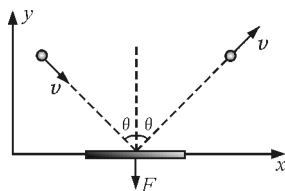


图5 反弹的粒子给木板作用力

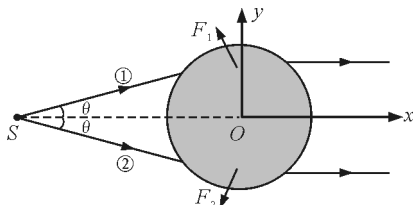


图6 两光束对小球的作用力

当光束①和②强度相同时, 则 F_1 等于 F_2 , 进行合成之后可得两光束对小球的合力的方向沿 SO 向左。

当光束①比②的强度大时, 则 F_1 大于 F_2 , 进行合成之后可得两光束对小球的合力的方向指向左上方。

北京卷压轴题更加注重考查学生的物理能力。其中, 整体法偏重对物理量间关系的逻辑推导, 而采用隔离法解题则偏重对图像和矢量合成概念的应用, 类比法则是对本题第1问的知识进行现场理解并类比应用。3种方法各有千秋, 但万变不离其宗, 都是对考生物理能力的检验。相信该题的命题人也是非常乐于见到考生能够百花齐放、运用不同方法解决问题的。

本题作为2014和2015年高考试题的延续, 已经成为了北京高考命题的特点和亮点, 也是未来命题风格变化的一种趋势。相信这种回归物理学科本质的命题趋势对高中物理的教学变革会起到积极的作用, 对于减轻计算量、增大思考量和思维深度的题目, 广大教师应格外注意, 加大研究力度。