

物理图像绘制中出现的典型“随意”

刘朝龙

(贵阳市乌当中学 贵州 贵阳 550018)

(收稿日期:2020-03-10)

物理图像具有直观、形象的特点,既可以直观地表示物理量的状态参量,又可以形象地描述物理量的动态变化过程,还可以清晰地判断物理量之间的依存关系和规律.图像的斜率和面积往往可能代表除坐标轴之外的新物理量.同时,物理图像也是每年高考试题的高频考点.因此,在物理教学中,图像法是描述、分析和解决物理问题的重要手段之一.但是,笔者在教学中发现学生轻视物理图像的建立和绘制,在物理图像的建制过程中存在一些粗心与随意,现举例说明.

1 选取坐标标度太随意

选取图像标度时,应该尽量使图像美观大方,绘制的图线力求能够占据坐标平面的大部分空间,切忌过于平坦或陡峭.笔者在一次电学实验中,将某金属导体两端的电压 U 与通过的电流 I 的数据记录在表1中,要求学生在坐标纸中绘制出 $I-U$ 图像,并根据图像猜测 I 与 U 的关系.

表1 金属导体两端的 U 和 I

U/V	0.1	0.2	0.6	1.0	1.5	2.2
I/A	0.12	0.18	0.27	0.40	0.52	0.67
U/V	3.0	4.0	5.0	6.2	7.5	
I/A	0.82	0.98	1.17	1.32	1.54	

学生绘制的图像中,出现了如图1(a)、(b)所示的两类截然不同的图线,画出图1(a)的学生认为 I 与 U 成正比,因为他们拟合出的图线是一条直线;而画出图1(b)的学生却反对,因为他们绘制的图线明显是一条曲线.

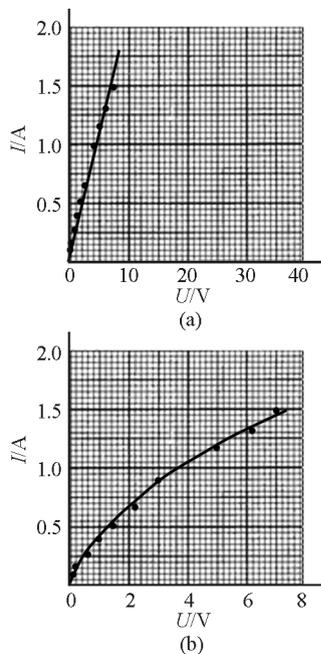


图1 学生绘制的 $I-U$ 图像

绘制出图1(a)的学生出现误判的原因就是选取的标度不恰当,导致图线太陡峭,从而得出错误的结论.

2 图线虚实太随意

绘制图像,有时是先根据实验数据描点,然后再用一条平滑的曲线拟合出图线;有时则是根据横、纵坐标之间的函数关系表达式直接画出图像.当用物理表达式直接绘制图像时,往往从数学角度去描绘,完全忽视了物理量的取值范围.比如,根据闭合电路的路端电压与电流的关系式 $U=E-Ir$,爱因斯坦的光电效应方程 $E_k=h\nu-W$ 和理想气体的状态方程等,常常绘制出图2所示的3种典型的错误图像.

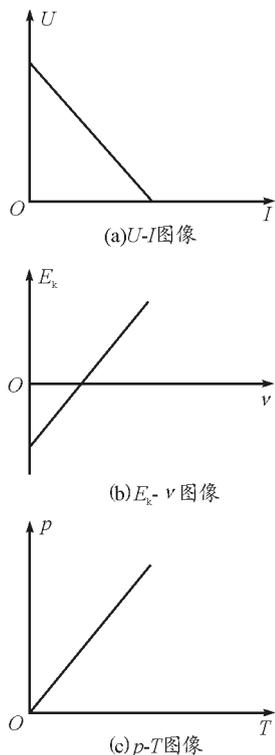


图2 3种典型的错误图像

而正确的图像应该是如图3所示.

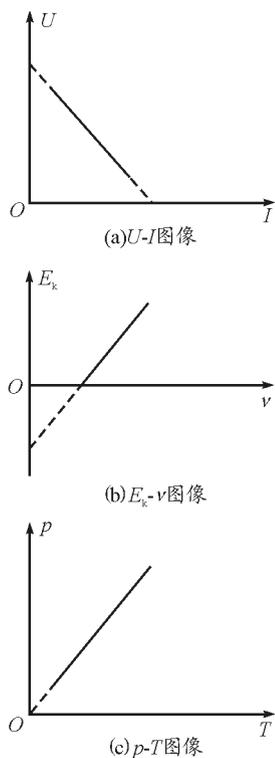


图3 正确图像

因为,在电学实验中不能将电源短路,也无法直接测量电源的电动势,因此,“测电源电动势和内阻”

的实验绘制的 $U-I$ 图像只能在开区间内取值;在光电效应现象中,一方面动能不应该取负值,另一方面,任何金属都存在截止频率,光子的频率低于这个截止频率,就不会产生光电效应现象,故图像不能延伸到第四象限;在热力学现象中,绝对零度不可能达到,所以理想气体的 $p-T$ 图像不可能与 p 轴有交点 ($T=0\text{ K}$).

3 横纵坐标标识太随意

只要有关联的两个物理量都可以用图像描述它们之间的关系,物理图像比数学图像灵活,但是如果横、纵坐标标识太随意,就过于牵强,甚至出现错误,导致出现类似 $t-v$ 和 $F-a$ 等不规范的图像.建立图像坐标时,下列3种情形比较典型:

(1) 忽视物理量之间的因果关系

一般情况,物理图像涉及的物理量的关系有3类:

一类是绘制某物理量随时间或空间而发生变化的图像时,这个时空物理量有时间、时刻、位置、位移、体积、角度等.这种情况就应该用这些时空物理量为横轴建立直角坐标系.比如 $v-t, v-x, F-t, p-V$ 等.

另外一类是坐标轴涉及的两个物理量之间有因果关系,比如,由牛顿第二定律可知,加速度 a 跟合外力 F 成正比,跟质量 m 成反比,也就是说物体的加速度随着合外力和质量的变化而变化,因此合外力 F 和质量 m 是自变量,而加速度 a 是因变量,建立坐标系时,应该以自变量为横轴,因变量为纵轴.同时,由于合外力 F 和质量 m 两个自变量之间没有关系,故就没有必要绘制 $F-m$ 图像.

还有一类是某一时刻某两个因变量之间有一一对应的关系,而这两个变量变化是因为受到第三个物理量的影响或控制.如果要描绘两个因变量之间的关系图像时,横、纵坐标的标识就可以调换.比如,电学的 U, I, R 三大参量中,电阻 R 的变化往往是电路中 U 和 I 发生变化的根源,因此,如果描绘两个因变量 U 和 I 之间的关系图像时,我们就可以根据实

实际需要建立 $U-I$ 图像或 $I-U$ 图像, 但如果要描绘 I 和 R 或者 U 和 R 之间的关系图像时, 就必须用自变量电阻 R 作为横轴建立坐标系。

(2) 过程量与状态量相互混杂

建图像时, 横、纵坐标必须同时是状态量或过程量, 两坐标对应的物理量不能一个是状态量, 一个是过程量。比如我们可以建立“功”与“速度变化”的关系图像, 但不能建“功”与“速度”的关系图像, 因为“功”是过程量, 而“速度”是状态量。同样, 我们可以建立“位置-时刻”或者“位移-时间”关系图像, 但不能建立“位置-时间”图像, 因为“位置”“时刻”属于状态量, 而“位移”“时间”属于过程量。

(3) 忽视物理原理及物理意义

在一些探究性实验中, 需要选取合适的坐标才能探究物理规律, 但必须注意其实验原理。比如, 在用如图4所示的装置“探究加速度与质量的关系”实验中, 事实上大家都知道了加速度 a 与质量 M 成反比, 所以认为建“ $\frac{1}{a}-M$ ”或“ $a-\frac{1}{M}$ ”图像都可以, 其实是不恰当的, 原因分析如下。

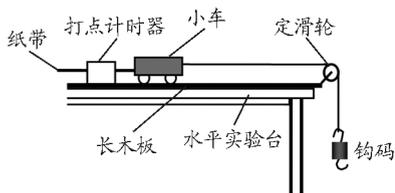


图4 探究加速度与质量的关系实验示意图

此实验中 a, M, mg (即实验中记录的 F) 的关系式为

$$a = \frac{mg}{M+m} \quad (1)$$

当绘制“ $\frac{1}{a}-M$ ”图像时, 式(1)变化为

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{mg}M + \frac{1}{g}$$

它是一条真正的直线, 其截距为“ $\frac{1}{g}$ ”, 对 M 和 m 的大小关系没有任何约束。该图像没有经过坐标原点不是因为实验误差或者是没有平衡摩擦力的缘故。因此用这个图像来验证加速度与质量成反比显然不

行! 但是绘制“ $a-\frac{1}{M}$ ”图像时, 式(1)变形为

$$a = \frac{\frac{mg}{M}}{1 + \frac{m}{M}}$$

这是一条曲线, 只有满足 M 远大于 m 时才能写成 $a = \frac{mg}{M}$, 从而验证了合力 F (即 mg) 一定时, 加速度 a 与质量 M 成反比^[1]。

因此, 如果我们建立“ $\frac{1}{a}-M$ ”来验证牛顿第二定律, 不但不能得出加速度 a 与质量 M 成反比这个结论, 而且还背离了该实验的思想方法与初衷。

4 图像象限取舍太随意

在数学中, 图像有4个象限, 其中第一象限所表示的两个物理量均为正值, 第二象限的纵坐标为正值, 横坐标为负值, 第三象限所表示的两个物理量均为负值, 第四象限的纵坐标为负值, 横坐标为正值。在高中物理中, 有些物理量有正、负之分, 如矢量、电势等, 有些物理量却只有正值, 如质量、时间等。但是, 有些学生建立坐标系时, 4个象限均画出来, 其实是不正确的。比如画理想气体的状态 p, V, T 关系图像时, 无论 $p-V$ 图像或 $p-T$ 图像均只有第一象限; 画光电效应的“光电流-电压”关系图像时只需第一象限和第二象限; 画 $x-t$ 图像时只需第一象限和第四象限。

物理图像是物理语言之一, 应用图像分析和解答物理问题时比较直观、快捷, 同时, 绘制和应用图像是考试大纲规定的能力要求之一。在绘制和建立物理图像时, 除了要考虑实际需求外, 还要注意其物理意义。切忌生搬硬套、随意任性, 否则会弄巧成拙, 不但不能通过图像得出正确的结论, 还背离了物理学学科严谨的学科特色, 甚至会出现违背物理规律的科学性失误。

参考文献

- 1 吴政. 形似而神异的两根实验图像[J]. 中学物理教学参考, 2015(7): 52 ~ 53