

文章编号:1007-2934(2015)02-0125-04

大学物理实验中用坐标纸作图的规范性

王 燕,程敏熙,王宁星

(华南师范大学,广东 广州 510006)

摘 要: 大学物理实验中,作图法是数据处理中比较重要的一种方法,用坐标纸作图是数据处理训练的必要途径,但目前不少学生手工作图并不规范。总结出作图法的6条基本规则,并通过实验数据作图的实例,分析学生较为常见的手工作图不规范表现,并提出相应的教学建议。

关 键 词: 大学物理实验; 作图法; 规范性; 坐标纸

中图分类号: TH126.2

文献标志码: A

DOI: 10.14139/j.cnki.cn22-4228.2015.02.036

物理学是一门以实验为基础的科学,在物理实验结束后,需及时对测量数据进行处理,包括列表、计算、作图、误差分析等。数据处理后得出实验结果,经分析讨论后完成实验报告^[1-3]。

物理实验数据处理是完成一个实验的重要组成部分。从实际情况来看,作图法的运用是学生出现问题较多的环节,许多学生作图进行数据处理时,出现不够规范、不够严谨的现象。根据教学实践以及相关的数据处理和误差分析理论来探讨作图法的规范性。

1 作图法的基本原则

在高中阶段,《普通高中物理课程标准》中已经要求学生要会用坐标纸简单地作图以及用图表法等来处理数据。高中主要要求学生会描点、连线 and 读数,而大学对作图法的要求更深一层。所以对于大学新生,要想根据实验数据,用手工作图规范地处理数据是做得不够好的。根据个人教学实践经验以及与指导老师的商讨,归结出用作图法(手工)处理数据的步骤及基本原则:

(1) 选定纵、横轴所表示的物理量

对于直角坐标系,一般以自变量作 X 轴的量,因变量作为 Y 轴的量^[4]。

(2) 定坐标分度值

在计量器具的刻度标尺上,最小格所代表的被测尺寸的数值叫做分度值,分度值又称刻度值

(最小刻度值)。通常来说,坐标轴上的分度值选取是由我们测得数据的精确位(次末位)来决定的。例如,在简谐振动实验中,已知一个砝码的质量为 1.00 克,则我们选取的坐标分度值就是 0.1 克,则在坐标纸上标出的大刻度(从 0.00 开始)就是 1.00(由十个分度组成的),2.00,3.00,以 1.00 克递增的。一般来讲,在坐标纸上,最小格对应的是最小刻度值(简称坐标分度值),由 10 个最小格组成的大格就是大刻度。而且,坐标分度值除了可与测得数据的精确位对等外,也可以压缩为精确位的 1/2 倍,1/5 倍等,即:测得数据的精确位对应坐标纸的 1 格、2 格、5 格,将图放大,这样使得关系曲线体现的更准确。反之不可以扩大,使误差增大。总之,测得数据的精确位对应坐标纸的整数格就是基本合适的。

(3) 定坐标纸的大小

一般来说,坐标纸的大小是由测得数据的范围(包括需要求的点)和数据的精确度(有效位数)决定的。如果数据的范围大,则坐标的分度值与精确位对应;如果数据范围小,则坐标的分度值的 2 倍或 5 倍的关系与精确度对应。而且,根据实际需要,数值的起点可以不必从 0 开始,X 轴和 Y 轴的分度值可以不必统一,只要遵循步骤 2) 的规则即可。

(4) 标画坐标轴

对于直角坐标系,画出横纵坐标轴,分别标上物理量和单位,根据原则(2),(3),并在坐标轴上

收稿日期:2014-11-25

标出合适的大刻度。

(5) 描点、连线

根据测量的数据,用较细的标记清楚标出实验数据点,如可用“+”“×”等,不宜用大实心圆表示。各实验点对应的坐标值不一定要标出^[3]。根据不同的函数关系对应的实验数据点的分布,用直尺或曲线板把点连成直线或圆滑的曲线,保证让尽可能多的点落在曲线上,其余的点均匀分布在曲线的两侧。

(6) 写图名

在合适的位置标上图名。并在图的右下角注上作者和时间。

在此规范中,针对用坐标纸手工绘图,往往还会受到纸张大小的限制,通常最大的坐标纸不超过 A4 的尺寸,要让实验曲线最大程度准确地体现实际记录的数据,同时又方便处理数据(如求斜率)。在这些基本规范中,第 2、3 步最容易出错,第 1、4、6 步容易忽略。下面通过几个实验的实例来分析一下,学生在用坐标纸绘图容易出错的方面。

2 坐标纸作图的有关问题

2.1 坐标纸绘图处理实验数据的问题

根据作图法基本规范的 6 个步骤要求,笔者

表 2 质量 m 与弹簧形变量 Δy 的数据

m_i/g	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
$\Delta y/mm$	0.00	6.65	12.27	18.70	24.60	30.50	36.99	43.45	48.85	55.80	61.20

分析:本实验要求画关系曲线验证胡克定律 $F = k\Delta y$,只需要画出弹簧形变量与托盘中砝码质量的关系曲线为一条过原点的直线并求出弹簧的劲度系数常量。下面从作图的规范性来分析。

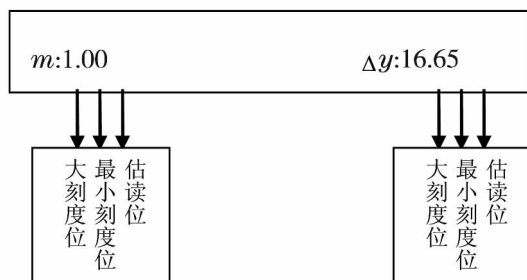


图 1 砝码质量与弹簧型变量的最小刻度

关于选坐标轴,部分学生认为,既然是验证胡克定律,就确定 F 为纵轴, Δy 为横轴,他们认为这

对 50 名同一个专业的学生就坐标纸绘图处理实验结果的情况作了统计,如表 1。

表 1 学生用作图法处理简谐振动特性研究实验的结果统计

不规范的方面	①横纵坐标轴颠倒	②有效数字		③分度值不准确	④缺单位或物理量	⑤非铅笔绘图	⑥无图名
		有效位数缺少	有效位数过多				
人数	8	13	22	13	5	8	39
百分比	16%	58%		26%	10%	16%	78%

从统计上来看,学生最容易忽视的是写图名,还有一些学生觉得用非铅笔也无所谓,一般看到,学生用中性笔进行标刻度值以及描点和连线都有多方面改动,不仅影响美观,而且求斜率时会出现误差也相应增大,笔者认为应该用铅笔描绘曲线。再有学生习惯性地忘记标坐标轴的物理量或单位。这几点就需要教师强调几次就可以。

但是出现①②③这三条说明学生并没有完全掌握用坐标纸绘图的要领。下面举例说明。

2.2 简谐振动实验中的绘图

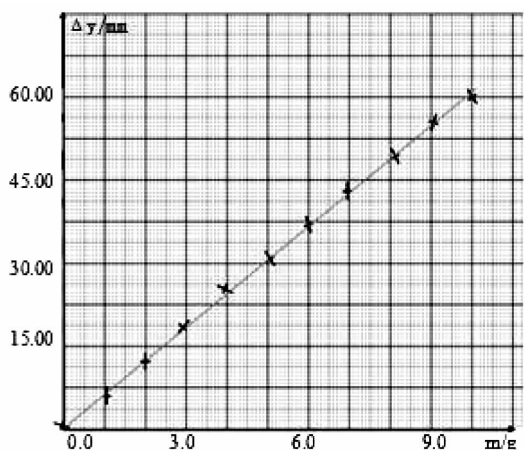
已知托盘中砝码的质量 m 与弹簧形变量 Δy ($\Delta y = y_i - y_0$) 的数据如表 2,要求通过画关系曲线验证胡克定律 $F = k\Delta y$ 和求出弹簧的劲度系数常量:

样直接证明 F 与 Δy 成正比,而且能够直接求出斜率就是弹簧的劲度系数常量 k ,但是并没有从减小误差和画图的规范性来考虑。首先从测量的数据来说,砝码的质量 m 为自变量,弹簧的形变量 Δy 为因变量,所以应以 m 相关的物理量为 X 轴,以 Δy 相关的为 Y 轴,又因为 $F = mg$ ($g = 9.788 \text{ N/kg}$), g 有四位有效数字,如果以 F 为横坐标,体现不出这种精确位数的,直接画 Δy 与 m 的关系曲线更准确的体现二者的关系。

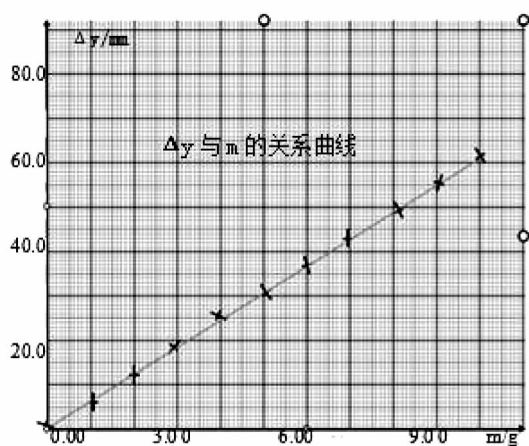
定坐标分度值和坐标纸的大小,一般情况下,对于横纵坐标分别的最小刻度位和大刻度位如图 1。也就是说,要想确保精确位为整格,至少要求分度值为 0.1;也可以是 0.05 或者 0.02。

通过数据的分布范围,通过确定图纸的分度值所代表的量值,进而确定纸张的大小。一张 A4

纸的长度的作图纸,长大约有 25 个大格,宽约为 21 个大格。对于质量 m ,因为从 0.00 到 10.00 克有 11 个点,跨度恰好,所以一般采用图纸的分度值表示 0.1 克,在坐标纸上标的大刻度应从 0.00 开始每增加一个大格就增加 1.00;对于 Δy ,因为从 0.00 到 61.20 有 11 个点,按表 2 的数据,跨度比较大,大约是 62 个大格,远远超过一张 A4 纸的长度。这种情况,对教学来说,可以舍去末位有效位数,相当于估度位向前移一位,图纸的分度值表示的量值相应的扩大。如扩大为 0.2 (2 倍)、0.5 (5 倍)、1 (10 倍),但扩大倍数越大,误差越大,因此尽可能以扩大最少的倍数来画出这些数据,此处纵坐标的分度值选用 0.5 比较恰当,而选用分度值为 1 的话,作出的纵坐标的长度比较小,误差比较大。至于这种由于纸张的限制而使图纸的分度值表示的量值扩大,在教学中是允许的。但是,由于使图纸的分度值扩大,估度位前移一位,所以在坐标轴上,原测量值的最后一位要略去。



a



b

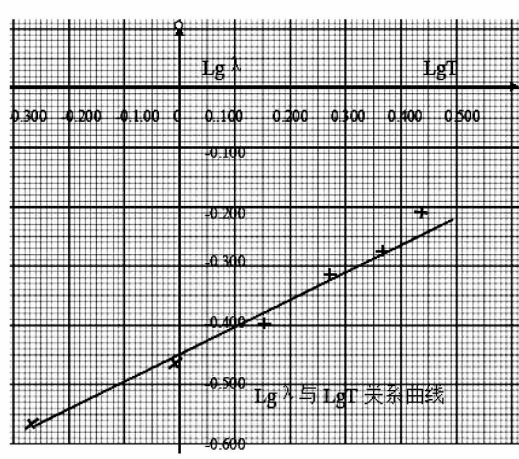
图2 砝码质量与弹簧型变量的关系曲线 a 图和 b 图

部分学生根据数据作出的图如图 2(a),由图看出的不规范为:除无图名外,最主要的就是横坐标的有效位数少一位;纵坐标的分度值错误,有效位数多了一位。对于横坐标,精确位 0.1 为整格,所以刻度值有效位数要保留到估度位(如 1.00),与表 2 中的测量数据吻合。对于纵坐标,分度值虽扩大了,但有效位数也少了一位,且由于测量值中的最后一位无法在图中体现,应略去,规范的作图如图 2(b)

除了图 2(a)出现的错误,还有部分学生,无论估读位在哪一位,总是习惯性地用整数来标大刻度值,这样更体现不出记录数据的准确性,是不规范的。

2.3 驻波实验中的作图

关于横波在弦线上传播的研究实验,其中要求作出 $\lg \lambda$ 与 $\lg T$ 关系曲线。某学生根据自己的实验操作处理出的数据如表 3(右),作出的关系曲线如图 3(左)。

图3 $\lg \lambda$ 与 $\lg T$ 关系曲线

首先,从实验的要求和实验来说,要求画 $\lg \lambda$ 与 $\lg T$ 关系曲线,而且本实验中自变量是砝码的质量,与拉力 T 是有关的,所以应以 $\lg T$ 为横坐标,以 $\lg \lambda$ 为纵坐标。所以关系图中横纵坐标是正确的;其次,根据表 3,数据是精确到千分位,估度到万分位,因此,一般来说,坐标纸中横纵坐标轴上的分度值为 0.001,大刻度 0.010 0。从 0.000 0 开始,每增加一个大格就要增加 0.010 0。当然,分度值也可以更精确,可以为 0.005 0 (1/2)、0.002 0 (1/5),大刻度相应的缩小倍数。

表3 $\lg\lambda$ 和 $\lg T$ 的数据

$\lg T$	$\lg\lambda$
-0.261 5	-0.562 6
-0.005 2	-0.455 3
0.154 7	-0.394 3
0.271 6	-0.310 5
0.372 9	-0.291 3
0.448 7	-0.222 8

再次,从数据的范围来看,一般情况下,对于横坐标,跨度约为 $[0.44(-0.26)] \times 100 = 70 > 25$ 个大格,所以,需要将分度值扩大,并将估度位前移到千分位。对于图中体现的分度值是 0.01 (扩大 10 倍),同时大刻度值为 0.100,估度位是在千分位,所以是合理的。同理对于纵轴,数据跨度 > 25 ,分度值需要扩大,该学生的图作得比较合理。从这三方面规范来说,该学生作得图是比较规范的。

3 教学对策及结论

作图法是实验教学的重难点,比较难掌握的是规范的前三条,尤其是值得重视的是分度值如何准确而又合理地与实际记录的数据相对应。要

想真正地掌握这些规范,就需要师生紧密互动,学生不断实践,教师加强指导,才能把作图时一些问题搞清楚,从而熟练而规范地作图。手工作图和软件作图是相对应的,在后续的其他实验进行大量数据处理时,学生才能够规范地用 Excel 或 Origin 等软件进行作图并处理数据。

参考文献:

- [1] 袁长坤. 物理测量 [M]. 北京: 科学出版社, 2010 (1).
- [2] 朱鹤年. 基础物理实验教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003 (65).
- [3] 丁岳林. 从一组高考试题谈坐标纸上实验数据的读写规则 [J]. 中学物理教学参考, 2008, 11: 20-22.
- [4] 丁岳林. 例说坐标纸上实验数据的写入与读取规则 [J]. 物理教师, 2008, 10: 33-35.
- [5] 田真, 陈镇平, 苏玉玲. 作图法处理数据实验结果的不确定度评定 [J]. 暨南大学学报: 自然科学与医学版, 2001 (5): 84-88.
- [6] 刘培姣. 物理实验数据处理的常用方法 [J]. 大学物理实验, 2007 (2): 70-73.
- [7] 陈玉林, 丁留贵. Excel 在大学物理实验数据处理中的应用 [J]. 实验室研究与探索, 2007 (10): 63-65.

Normalization of Drawing with Coordinate Paper in College Physics Experiment

WANG Yan, CHENG Min-xi, WANG Ning-xing

(South China Normal University, Guangdong Guangzhou 510006)

Abstract: In college physics experiment, drawing is a very important method during data processing. Especially, drawing with coordinate paper in college is an essential way to data processing. But some of students' drawings by hand were not normal. Six basic specifications about drawing were summarized. The informal aspects of drawing by hand were analyzed through some drawing examples. Some teaching suggestions were provided.

Key words: college physics experiment; drawing by hand; normalization; coordinate paper