

物理实验



误差分析知识结构图在普物光学实验复习教学中的应用

许炜莘 王笑君

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2016-09-12)

摘 要:针对大学生在普物光学实验的误差分析中出现的常见错误,构建了误差分析知识结构图.对比传统的实验复习课,基于误差分析知识结构图的实验复习教学,能更有效地帮助学生理解误差分析及方法.误差分析知识结构图的引入,为普物光学实验的复习教学提供新的思路.

关键词:普物光学实验 误差分析 知识结构图

1 引言

普物光学实验着重考查了学生的操作能力与问题分析能力,这要求学生不仅要掌握实验的原理,更应学会通过数据的整理对实验有整体的认识和改进,因此对实验的数据处理及误差分析显得尤为重要.

在普通物理实验中,力学、热学实验以考查随机误差为主;电学实验以练习系统误差为主;光学实验则对随机误差与系统误差的合成为主进行练习^[1].因此分析学生在光学实验中误差处理的情况,能较好地反映学生对误差分析的掌握程度.由于普通物理实验的课时有限,实验绪论课仅有2~3个课时,因此学生对误差及误差分析的认识较为零散,导致在实验误差分析中出现种种错误,而现有研究还未涉及使用知识结构图进行误差分析的实验复习教学.因此本文尝试在实验复习课中引入误差分析的知识结构图,以帮助学生更系统地掌握误差分析知识.

2 学生进行误差分析的常见错误

为了更好地了解学生在普物光学实验的误差分析情况,笔者收集了华南师范大学物理与电信工程学院大二233名学生的光学实验报告,对其中误差分析部分出现的错误进行记录与整理.整理结果如下:

(1)近40%的学生不清楚标准偏差几种直接算法的适用条件.

(2)超过70%的学生对间接测量量的误差传递方法不熟悉,表现为混淆直接测量量与间接测量量的误差处理方法.

(3)超过60%的学生没有注意到“任何实验都存在系统误差”,在误差分析中仅仅考虑了随机误差对实验结果的影响.

(4)超过60%的学生的实验结果表示不规范,其中,近30%的学生在误差分析后没有写明实验结果,30%左右的学生没有写出相对误差的大小.

结果表明,由于学生头脑中没有形成“误差分析”的整体认识结构,因此在误差分析中经常出现“张冠李戴”的现象,即乱套公式,导致误差分析不全面或出错.因此,帮助学生整体地认识和理解误差分析是有必要的.

3 误差分析知识结构图

3.1 知识结构图的理论依据

知识结构图是由知识节点和逻辑连线组成的,反映知识之间相互关系的结构表征图,其最早由美国康奈尔大学著名心理学家诺瓦克和高登提出^[2].知识结构图实际上就是知识的视觉化呈现方式,即用图解说明某个概念、原理或过程的各个组成部分及相互间的关系.这种视觉化的呈现方式,能够让学生同时运用左右脑,以语言及图像两种方式理解并记忆知识^[3].

当前知识结构图在教学中的应用研究表明,使用知识结构图教学有助于学生全面地认识某一知识模块,并灵活地记忆、运用和掌握知识.结合学生在

普物光学实验的误差分析情况,在实验复习课中引入误差分析知识结构图是可行的.

华南师大心理学院莫雷教授提出的“双机制学习理论”认为,基于人类知识生产过程,知识可以分为联结性知识与运算性知识两类;而基于知识形态,知识可分为陈述性知识与程序性知识;课堂的教学方法应该按照相应的知识类别进行教学设计,以更好地培养学生的能力.误差分析属于运算性程序性知识,在大学物理实验中属于一般性知识,因此,在教学过程中要注意进行知识的处理和整合活动.由

此,可以把知识结构图运用到误差分析的实验复习教学当中.

3.2 误差分析知识结构图的提出

普物光学实验的测量多以对不同的物理量在相同条件下进行的有限次测量为主,且其对非等精度测量的数据处理要求较低,不需要学生掌握非等精度测量的误差分析.基于以上分析,结合学生的常见错误,本文构建了在光学实验中进行等精度测量的误差分析知识结构图,如图1所示.

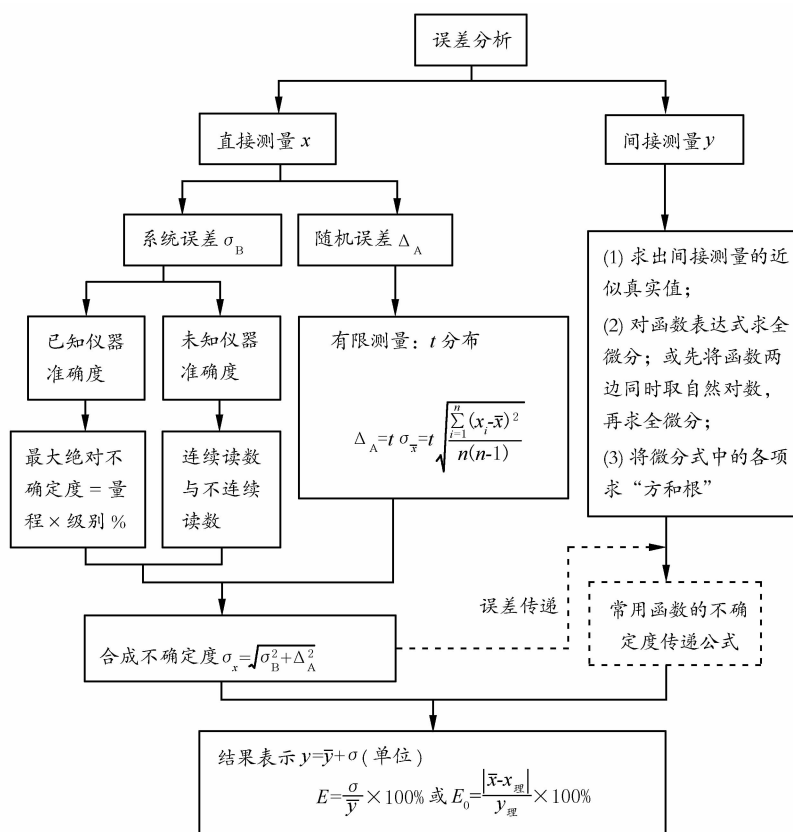


图1 误差分析知识结构图

误差分析知识结构图根据学生的常见错误,对误差分析的理论知识进行重整和分类,目的是针对性地突出学生易错、易混淆、易遗漏的知识点.在纵向细化知识时,根据误差分类的不同,采用的具体方法也不同.学生可以通过误差分析知识结构图,清楚知道不同分类下的误差分析方法及相互的联系.由于误差分析是对整体实验数据的处理,因此进行一系列的数学计算后,还需要对最后的实验结果进行论述,即实验的结果表示;而超过60%学生的实验结果表示不规范,因此有必要在知识结构图上着重标示出来.

此外,误差分析知识结构图对学生熟悉掌握的,或在实际光学实验的误差分析中未用的知识点加以省略,使视图简洁明了、更具有针对性.

4 误差分析知识结构图在牛顿环实验中的应用示例

由于华南师大物电学院大二年级学生在本学期操作了“牛顿环实验”,并对其进行误差分析,且“牛顿环实验”较为全面地考查了学生进行误差分析的知识,因此本文以“牛顿环实验”为例对误差分析知识结构图进行应用.

由于普物光学实验对非等精度测量的数据处理

要求较低,因此,把牛顿环实验的误差分析近似以等精度测量的方法处理.

根据牛顿环最终的理论公式,其中 D_m, D_n 为第 m 和 n 级暗纹的直径

$$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda} \quad (1)$$

根据知识结构图进行误差分析:

(1) 直接测量值为 D_m 和 D_n , 间接测量值为平凸透镜的曲率半径 R .

(2) 根据 R 的函数表达式求出间接测量量的近似真实值,即

$$\bar{R} = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda} \quad (2)$$

(3) 对 R 函数表达式求全微分,其中把 $D_m^2 - D_n^2$ 看成一个整体,即

$$dR = \frac{d(D_m^2 - D_n^2)}{4(m-n)\lambda} \quad (3)$$

将微分符号 d 改为不确定度符号 Δ ,求方和根得

$$u_B(\Delta R) = \sqrt{\frac{d(D_m^2 - D_n^2)^2}{[4(m-n)\lambda]^2}} = \frac{d(D_m^2 - D_n^2)}{4(m-n)\lambda} \quad (4)$$

(4) 利用误差传递,有

$$d(D_m^2 - D_n^2) = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_B^2} \quad (5)$$

其中,随机误差选择有限次测量的“ t 分布”进行计算

$$\Delta_A = t \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(D_{mi} - D_{ni}) - (\bar{D}_m - \bar{D}_n)]^2}{n(n-1)}} \quad (6)$$

$$\Delta_B = \Delta_{\text{仪}}$$

由于本实验的测量仪器选用读数显微镜,属于连续读数的仪器,因此,仪器误差可选择最小刻度值的 $\frac{1}{2}$.

如此,可求出平凸透镜的曲率半径 R 的不确定度 $u_B(\Delta R)$.

5 误差分析知识结构图的教学实施方法

根据学生平时实验报告显示,华南师范大学物理与电信工程学院大二各班学生的实验数据的误差分析能力相近,误差分析知识的掌握程度较低,表现在学生分析时出错的地方大体相同.因此在期末实验复习课中,笔者通过是否提出误差分析知识结构图进行复习教学,将学生分成对照组和实验组,具体操作如下.

实验组:选择大二两个班 53 名学生作为实验

组,在复习课中指出实验报告误差分析中的几种错误,并提出了误差分析知识结构图.根据误差分析知识结构图,展开讲解了误差的构成及分析的方法,并以牛顿环实验为例说明如何根据模型进行误差分析.

对照组:另外选取同年级误差分析能力和情况相近的 53 名学生作为对照组,在复习课中指出实验报告误差分析中的几种错误,并复习了误差的构成及分析方法,最后对牛顿环实验进行误差分析.

两组的男女比例大致相近,任课教师相同,以控制无关变量对教学效果的影响,提高实验的内部效度.在本学期第二次开放实验结束后,对两组学生进行测试及问卷调查.

6 误差分析知识结构图的教学成效

6.1 学生复习误差分析的方法

本文在教学实施前后,分别对实验班学生在复习误差分析时采用的学习方法进行调查.通过命制问题“请问你在复习实验的误差分析时,采用什么学习方法?”设置了 3 个选项,其中“C 选项”需要学生自己填写.调查结果如图 2 和图 3 所示.

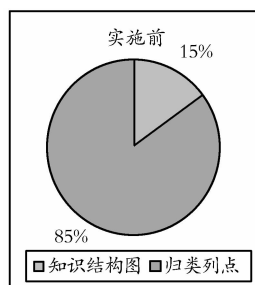


图2 教学实施前实验班学生的学习方法

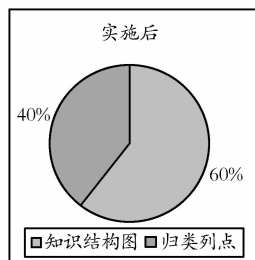


图3 教学实施后实验班学生的学习方法

在进行教学干预前,没有学生选择“C 选项”,因此可以认为绝大部分学生会采用归类列点法进行误差分析的复习,学习方法较为传统.

在进行教学干预后,超过半数的学生采用误差分析知识结构图的方法进行复习,其中有 4 位学生对复习课提出的误差分析模型进行整理和扩展,形

成了更具个性化的“知识结构图”.因此,采用误差分析知识结构图进行实验复习教学能促进学生利用知识结构图进行知识点的理解和学习,学生也较为愿意接受利用知识结构图进行学习的方法.

6.2 学生对误差分析的掌握程度对比

通过命制问题“简述‘用菲涅耳双棱镜测波长’实验中误差分析的方法,并说明原因”来检验学生对误差分析的掌握程度,为避免学生遗忘实验步骤影响实证结果,题目后附有实验的步骤及测量物理量.根据标准答案设计得分梯度,每回答关键步骤给予2分,总分为10分.对学生的回答进行计分统计,结果如图4所示.

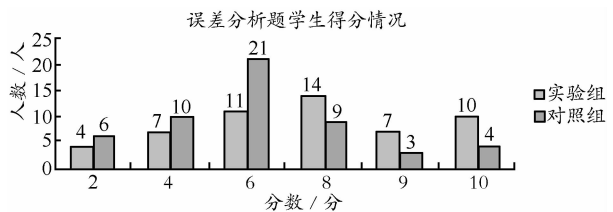


图4 误差分析题目的得分情况

利用SPSS软件对实验班和对照班进行2个独立样本的Mann-Whitney U检验,以判别两个独立样本所属的总体均值是否相同^[4].其中组别1为实验组,组别2为对照组,分析如表1所示.

表1 检验统计量

项目	分数
Mann-Whitney U	1 005.000
Wilcoxon W	2 436.000
Z	-2.584
渐近显著性(双侧)	0.010

从表1中可以看出,相伴概率为0.01,明显小于显著水平0.05,可以认为应该拒绝零假设,认为两组之间的均值存在显著差异.这说明了利用误差分析知识结构图进行实验教学较之传统的讲授教学,更能有效地帮助学生掌握误差分析知识.

综合对学生学习方法的调查,可以得出学生使用误差分析知识结构图进行复习的学习效果在一定程度上优于常规的归类列点的学习方法.

6.3 学生对误差分析知识结构图的教学评价

为了进一步了解学生对误差分析知识结构图在实验教学中的应用评价,本文命制了一道开放性题目,“请你对误差分析知识结构图在普物光学实验教学中的应用给予评价”,问题的调查对象为实验班的

53名学生.统计结果如表2所示.

表2 实验班学生对误差分析知识结构图的教学评价

内容	帮助记忆	加深理解	知识的整体认识	增加学习趣味
人数/人	53	53	40	8

由此可知,学生认为把误差分析知识结构图运用在普物光学实验教学中有很好的学习效果,而且近75%的学生认为能够帮助他们对知识进行整体认识,达到预想的研究效果.

综上分析,可以得出利用误差分析知识结构图进行教学,能较好地改正学生在误差分析中的常见错误,帮助学生进行系统地知识复习与整理.

7 结论

本文将误差分析知识结构图应用于普物光学实验的理论教学,与传统的实验复习课相比,获得了较好的教学成效;不仅向学生提供了一种有效的学习方法,也丰富了普物光学实验教学的教授方式,为大学实验的教学提供新的思路.

在实验教学中构建知识结构图时,要注意以下几个方面.

(1) 普物光学实验强调掌握实验的原理与操作方法,培养学生的实验素养,而其他方面的要求相对较低,因此要以实验教学对学生的要求出发,切勿“拔高”处理.

(2) 要基于学生实际的学习情况构建知识结构图,突出学生易犯错的知识点,进行有针对性的讲解.

(3) 不能要求学生全盘吸收课堂教学的知识结构图,要明确构建知识结构图的目的是为了帮助学生有系统的认识.学生可以根据自己的学习需求进行个性化处理,形成属于自己的“认知地图”.

参考文献

- 李延福. 普物实验教学中的四个环节和误差计算. 青海师范学院学报(自然科学版), 1981(2): 27 ~ 34
- Novak Joseph D. The Theory Underlying Concept Maps and How To Construct Them. Cornell University: IHMC, 2006
- 托尼·巴赞. 思维导图. 李斯, 译. 北京: 作家出版社, 1998
- 宋志刚, 谢蕾蕾, 何旭洪. SPSS16 实用教程. 北京: 人民邮电出版社, 2008. 10
- 莫雷. 学习过程与机制研究——我国学习双机制理论与实验. 北京: 经济科学出版社, 2012. 8