



# 通过“问题引导”提升学生的实验探究素养\*

——以“测定匀变速直线运动的加速度”实验为例

帅厚梅

(江苏省扬州市新华中学 江苏 扬州 225009)

(收稿日期:2017-03-08)

“实验探究”是物理核心素养的一个重要组成部分,要求学生能提出物理问题,形成猜想和假设,获取和处理信息,基于证据得出结论并做出解释,以及对实验探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力。“实验探究”主要包括问题、证据、解释、交流等要素。

笔者在对教科版《物理·必修1》第一章第9节“测定匀变速直线运动的加速度”进行授课时,并没有“照本宣科”,而是将这一节实验内容设置成一节实验探究课,希望学生“能像科学家一样思考”,参与整个实验探究的过程,并在此探究的过程中掌握科学探究的方法,提升实验探究的素养。

## 1 明确实验目的 探究实验方案

在授课前,笔者先在黑板上写下本节课的标题“测定匀变速直线运动的加速度”,目的是让学生明确本节课的实验目的,然后提出问题:“你能想到什么办法测量加速度这个物理量?”这个问题的答案显然有很多,笔者提问的目的就是充分打开学生的思路。问题抛出后,学生就开始议论纷纷。在学生议论的过程中,笔者又引导:“在你身边有没有一个仪器可以直接测量加速度这个物理量?”“如果身边没有直接测量的仪器,你怎么办?”这时学生会想到如果无法直接测量某物理量,也可以间接测量。所谓间接测量就是依据某个原理(函数关系)通过测量其他物理量来计算所需要的物理量。于是,笔者追问:“你能想到哪些方法可以计算出加速度?”在笔者的引导下,学生很快想到可以通过

$$v_t = v_0 + at$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$2ax = v_t^2 - v_0^2$$

$$\Delta x = a T^2$$

等几个运动学公式进行计算,此外还可以通过  $v-t$  图像进行求解。

笔者接着追问:“如果通过以上的几个方法得到加速度,分别需要测量哪些物理量?如何测量?”学生带着这些问题,打开思路,展开讨论,笔者再在学生讨论的基础上进行适当的提示、补充和总结。在学生讨论过程中所想出来的方法,即使不可行,教师也不能一味否定,而是要先对学生的积极思考给予肯定,然后顺着学生的思路,引导学生对方案的可行性进行分析,可以通过以下问题引导学生思考“此方案从实际条件出发是否可行?为什么不可行?遇到什么困难?如何解决?还有没有其他办法(方案)?”等等。最后,由学生结合实验桌上提供的器材,选定一个实验方案,即选择“ $\Delta x = a T^2$ ”来间接测量加速度。

接下来,就选定的实验方案展开讨论。笔者首先问:“我们的实验目的是要研究匀变速直线运动的加速度,那么运动的主体是谁?”就实验桌上提供的器材,学生容易想到是小车。然后笔者又问:“如何使小车获得匀变速直线运动?”这时就有学生想到对小车施加一个作用力。笔者顺着这个思路问:“如何给小车施加力?”有学生结合提供的实验器材说:“用钩码通过细线拉着小车加速运动。”也有学生想到“可以让小车在倾斜的木板上(由于重力的作用)

\* 江苏省中小学教学研究第十一期课题“基于问题的中学物理‘对话·体悟’式教学研究与实践”的阶段性研究成果,课题编号:2015JK11-L177

加速运动。”等等。在讨论的基础上,笔者接着问:“如何记录(测量)小车运动的位移和时间?”由于之前没有给学生介绍过打点计时器,所以同学们首先想到在木板上记录下小车的初末位置,用刻度尺测量初末位置间的距离即可得到位移,用秒表即可测量时间。笔者首先从理论上肯定了这个思路,然后提出通过此方法只能得到一组数据,测量误差会比较大。至于时间用秒表测量,笔者没有立即否定,而是通过当场做实验,让学生亲身感受到,由于小车运动时间较短,用秒表测量时间误差太大,此方案不可行。

当学生满怀信心提出一个不太可行的实验方案时,教师千万不能简单粗暴地否定,这样容易打击学生的思考积极性和探究热情。教师可以先“谦虚地”接受学生的方案,然后和学生一起去做实验,让学生看到实验结果,由学生自己对之前的方案进行否定。再鼓励学生继续思考,是否还有其他的可行方案。如果学生想不到更好的方案,再由教师介绍新的实验方案,学生就会比较感兴趣,从而更好地接受和掌握新知识。因此,在学生“黔驴技穷”时,笔者向学生介绍了“打点计时器”,学生对新仪器很好奇,兴趣较强,学习效果必然会很好。

## 2 选择实验器材 梳理实验步骤

介绍完“打点计时器”之后,笔者还是通过问题引导学生选择本实验所用的实验器材:“本实验的运动主体是什么?如何使小车运动,需要哪些器材?如何记录小车运动的位移和时间,需要哪些器材?与打点计时器配套使用的仪器有哪些?打点结束后数据处理,需要什么器材?”等等。笔者这样做的目的,就是希望学生能够顺着这样的思路,自己归纳、总结出本实验所用的实验器材。就算以后对实验器材有所遗忘,也能够顺着这样的思路回忆出来,而不能仅依赖“死记硬背”来学习物理。

接下来就是引导学生梳理实验步骤,这一步也是先由学生自主梳理,笔者在学生梳理的过程中通过一些问题进行适当引导、补充,并对一些注意事项进行强调。设置的问题有:“打点计时器固定在木板的哪一端?所挂的钩码是不是越多越好?小车从木板的哪一端开始释放?先释放小车还是先接通电源,为什么?”等等。有些问题会有学生说错,不过

没关系,让学生动手实验一下,就可以自行纠正错误了。

## 3 进行实验操作 解决实际问题

梳理完实验步骤后就放手由学生动手实验,在学生实验过程中,笔者进行巡视。在这个过程中,学生会遇到各种各样的实际问题,这时要鼓励学生提出问题,并对问题产生的原因进行猜想、分析、排查和解决。例如,有学生在实验时提出“为什么打点计时器不工作?”笔者没有立即帮助他解决问题,而是问他:“你认为不工作的可能原因是什么?”学生猜想可能是打点计时器坏了,也可能是电源没有电等。笔者又问:“你如何对问题进行排查?”学生首先假设是电源坏了,然后借用同桌的电源试试,最终发现确实是他那一桌的电源存在问题。也有学生提出“为什么打出来的点迹不清楚?”笔者问她:“纸带上的点迹是根据什么原理打出来的?”学生从打点计时器的工作原理出发,猜想可能是墨粉纸盘使用时间太长墨粉不够导致,然后她将墨粉纸盘转动了一下,再次打点,点迹就很清楚了。在这个过程中,笔者始终鼓励学生自己提出问题,自己形成一定的猜想与假设,并尽可能自己分析处理问题。通过这样的方式,才能真正提高学生提出问题、分析问题并解决问题的能力。

在整个实验过程中,也有学生会犯一些错误,笔者并没有过分指责批评,而是尽量通过提问来启发学生自己思考,自行调整。其实,学生在学习过程中犯错是正常的,教师要做的不是让学生在错误中学到自卑,而是让学生在错误中学会分析问题和解决问题,让学生在错误中更好地成长。

学生做好实验后,笔者针对学生实验过程中出现的问题进行提问:“为什么有些同学打出来的点迹不是在一条直线上?如何解决这个问题?”、“为什么有些同学打出来的点迹不清楚?如何解决?”、“为什么有些同学打出来的点迹很少或点迹过密?如何解决?”等等。对于学生实验过程中可能存在的一些非安全性的问题,笔者并没有在实验前都一一讲解以预防学生犯错,因为笔者认为在实验前就把所有可能遇到的问题都提醒学生,会显得很枯燥空洞。而当学生完成实验后,在学生有实际操作经验的基础上,再由教师提出或由学生自己提出实验过

程中存在的问题,学生会的问题存在的原因很感兴趣.此时教师再引导学生对问题进行分析,学生会从中学到很多知识,其提出问题、分析问题和解决问题的能力也会由此而提升.

#### 4 处理实验数据 分析误差原因

在数据处理环节,笔者没有直接告知学生数据处理的方法,而是由学生自己思考、分析.当笔者问“如何对纸带进行数据处理?需要哪些数据?如何得到所需的数据?”时,学生容易想到用刻度尺测量距离,用打点周期计算时间,但学生只想到选择其中一组数据进行处理.当笔者问“如果一组数据测量误差比较大,怎么办?”时,学生就能够想到要用多组数据进行处理,最终取平均值来减少实验误差.“那么,多组数据如何处理?”学生首先想到的是“相邻逐差法”,如图1所示.

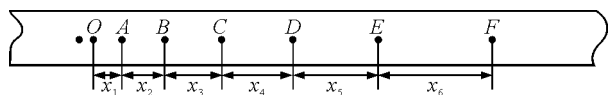


图1 纸带

$$\begin{aligned} \text{即} \quad x_2 - x_1 &= a_1 T^2 \\ x_3 - x_2 &= a_2 T^2 \\ x_4 - x_3 &= a_3 T^2 \\ x_5 - x_4 &= a_4 T^2 \\ x_6 - x_5 &= a_5 T^2 \end{aligned}$$

笔者没有立刻否定这一处理方法,而是让学生根据此方法进一步推算5个加速度的平均值公式

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5} = \frac{x_6 - x_1}{5T^2}$$

学生根据最后的结果会发现此方法的弊端.“相邻逐差法误差也相对较大,那么如何处理呢?”学生没有回答出来,这时笔者再向学生介绍“分组隔项逐差法”,即

$$\begin{aligned} x_4 - x_1 &= 3a_1 T^2 \\ x_5 - x_2 &= 3a_2 T^2 \\ x_6 - x_3 &= 3a_3 T^2 \\ \bar{a} &= \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \end{aligned}$$

$$\frac{(x_6 + x_5 + x_4) - (x_3 + x_2 + x_1)}{(3T)^2}$$

学生就能很好地理解和接受新方法了.

在此基础上,笔者又追问:“能否通过以上数据,

求出各个计数点的速度?从而用  $v-t$  图像求解加速度?”学生能够想到可以通过位移和时间求平均速度.笔者继续追问:“平均速度在什么情况下可以等于瞬时速度?”学生想到“匀变速直线运动的中间时刻的速度等于平均速度”.再追问:“那么,各计数点处的速度如何求?”

对于这个问题,有部分学生选择  $v_{t/2} = \frac{v_0 + v_t}{2}$  来计算.笔者不置可否,而是追问:“ $v_0$  和  $v_t$  又该如何求?”学生会发现  $v_0$  和  $v_t$  也未知,计算陷入死循环.由此学生进行自我更正,重新选择公式求解,即用该计数点前后两点间的距离比时间求得该计数点处的瞬时速度.引导学生掌握方法后,就由学生自己进行数据处理,笔者进行适当点评.

数据处理完成后,笔者通过问题引导学生进行误差分析:“本实验中存在哪些误差?如何减小误差?”等等.整个实验结束后还给学生留下一些课后思考的问题:“除了本节实验课我们所用的方法外,你还能设计出其他可行的方案吗?你设计的方案需要哪些实验器材?实验步骤有哪些?如何进行数据处理?实验误差有哪些?”等等.

本节实验课,笔者没有完全按照课本上的教学步骤采取“教师讲,学生听”的传统教学方式,而是通过设置若干具有启发性的问题,引导学生自己思考、讨论、设计实验方案,并针对实验方案中存在的各种问题进行提问、分析和解决.这些问题,可以充分打开学生的思维,拓展学生的思路,能够较好地启发引导学生提出问题、分析问题和解决问题,从而有效地提升学生的实验探究素养.

课程标准指出:“物理核心素养是学生在接受物理教育过程中逐步形成的适应个人终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力,是学生通过物理学习内化的带有物理学科特性的品质,是学生物理核心素养的关键成分”.就此实验,学生长大以后的生活中几乎不可能再遇到,但此实验过程中所用到的提出问题、分析问题和解决问题的思路和思维方法,在以后的生活中必然会或多或少地涉及.这些实验探究的素养,需要物理教师在平时的教学过程中用心去培养,而通过启发性的问题引导学生去自主探究,不失为一个提升学生实验探究素养的有效措施.