

谈“分解思想”在物理习题教学中的落实

——以2021年1月浙江物理选考第22题为例

刘 斌

(浙江景宁中学 浙江 丽水 323500)

刘金梅

(华东师范大学物理与电子科学学院 上海 200241)

梅爱昌

(浙江景宁中学 浙江 丽水 323500)

(收稿日期:2022-09-16)

摘要:在高三物理带电粒子在复合场中的运动专题复习中,笔者将2021年1月浙江省选考物理第22题作为课后习题让学生练习,学生作答正确率不高,究其原因是学生在习题作答中,没能较好地利用分解思想.基于此题,结合教学实践,对分解思想在习题教学中如何落实进行思考和归纳,从过程、视角、速度、运动4个角度的分解讨论分解思想,尝试提出分解思想在课堂教学中的落实方法,并结合教学实际进行反思和总结.

关键词:浙江选考;分解思想;习题教学;课堂落实

物理学作为自然科学领域中一门基础学科,研究自然界中物质的基本结构、相互作用和运动规律^[1].在物理学的研究过程中,产生了很多非常重要的思想方法,思想方法的掌握有助于学生更好地了解物理学的本质,提高解决生活中与物理相关问题的能力,同时也有利于提升学生物理学科的核心素养,培养其科学思维^[2].分解思想是众多物理思想方法中的一种,其在解决复杂物理问题中尤为重要,在高中物理教学的习题教学中对该思想方法的落实具有重要的意义.

1 问题的提出

高中学生最早接触分解思想是在“力的分解”的学习,在物体复杂的受力情况分析过程中,我们引入正交分解的方法,将力分解在互相垂直的两个方向上进行讨论,使得物体的受力分析得以简化;其次在“曲线运动”的学习中也涉及了分解思想,例如分析抛体运动的模型时,我们习惯将物体的运动分解

为水平方向和竖直方向进行分析.

笔者在高三“带电粒子在复合场中的运动”复习中,将2021年1月浙江省选考物理第22题作为课后习题让学生练习.该题考查了带电粒子在电场中运动、在磁场中运动、在电场和磁场的复合场中运动等相关问题,分析过程很好地体现了高中物理的分解思想.题目内容如下.

【例题】在芯片制造过程中,离子注入是其中一道重要的工序.如图1所示是离子注入工作原理示意图,离子经加速后沿水平方向进入速度选择器,然后通过磁分析器,选择出特定比荷的离子,经偏转系统后注入处在水平面内的晶圆(硅片).速度选择器、磁分析器和偏转系统中的匀强磁场的磁感应强度大小均为 B ,方向均垂直纸面向外;速度选择器和偏转系统中的匀强电场场强大小均为 E ,方向分别为竖直向上和垂直纸面向外.磁分析器截面是内外半径分别为 R_1 和 R_2 的四分之一圆环,其两端中心位置 M 和 N 处各有一个小孔;偏转系统中电场和磁场的

作者简介:刘斌(1998-),男,中教二级,在读硕士研究生,研究方向为高中物理教学.

通讯作者:刘金梅(1973-),女,博士,副教授,研究方向为教育测量与评价、科学教育等.

分布区域是同一边长为 L 的正方体,其底面与晶圆所在水平面平行,间距也为 L .当偏转系统不加电场及磁场时,离子恰好竖直注入到晶圆上的 O 点(即图中坐标原点, x 轴垂直纸面向外).偏转系统整个系统置于真空中,不计离子重力,打在晶圆上的离子,经过电场和磁场偏转的角度都很小.当 α 很小时,有

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha \quad \cos \alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}$$

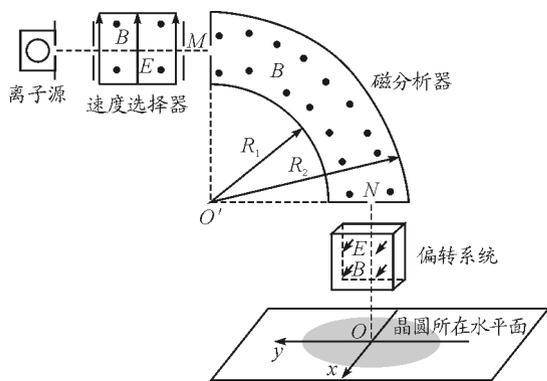


图1 2021年1月浙江物理选考第22题示意图

(1) 离子通过速度选择器后的速度大小 v 和磁分析器选择出来离子的比荷;

(2) 偏转系统仅加电场时离子注入晶圆的位置,用坐标 (x, y) 表示;

(3) 偏转系统仅加磁场时离子注入晶圆的位置,用坐标 (x, y) 表示;

(4) 偏转系统同时加上电场和磁场时离子注入晶圆的位置,用坐标 (x, y) 表示,并说明理由.

第(1)小题学生通过联系速度选择器和洛伦兹力提供向心力的有关知识,易求得离子通过速度选择器之后的速度大小以及该离子的比荷;

第(2)小题,学生需要运用类平抛运动的有关知识进行求解,将离子的运动分解为竖直方向的匀速直线运动和水平方向的匀变速直线运动;

第(3)小题需要运用带电粒子在磁场中运动的有关知识,作出曲线运动的圆弧,由几何知识进行求解;

第(4)小题在同时加电场和磁场的条件下,需要准确分析电场和磁场对离子运动的具体影响,而此题电场和磁场对离子运动的影响互不干涉,故可以将电场和磁场对其运动的影响结果进行叠加.

以上4个小题的难度层层递进,作为浙江省选考的最后一道计算题,对学生思维含量的要求较高,解决过程要求学生掌握一定的物理思想方法.

分析学生的作答情况,第(1)小题基本学生都能作答正确,第(2)小题有将近一半的学生作答正确,而第(3)、(4)两道小题作答正确的学生寥寥无几.对未作答和作答错误的学生加以询问,多数学生反映看到习题后不知从何下手,找不到突破此类题目的关键点.由此可见,学生针对此类题目缺乏有效的解决方法.通过分析,该题的解答过程很好地体现了物理中的分解思想,在习题教学中强化学生的分解思想需要得到重视.

2 分解思想在习题教学中的落实

通过与同组教师的交流和探讨,在课堂中的实践,笔者对分解思想如何在习题教学过程中落实进行思考和总结.分解思想该从哪些方面渗透给学生?学生该如何将这一思想方法用好?关于分解思想,可以概括为过程、视角、速度、运动这4个方面的分解,下面将基于此展开讨论.

2.1 分解过程——先定性再定量

新高考背景下的习题,往往涉及较为新的情境和先进的科技背景,信息量大,文字多,学生不易准确提取需要的信息,因此很多学生反映不知从何下手,找不到此类题目突破的关键点.通过长期的教学实践,笔者认为可以引导学生将分析过程分解为定性分析和定量分析.

定性分析可引导学生搞清楚题目所描述的物体运动的“环境”是什么?如上面所举的例题中,粒子需要经过由电场和磁场组成的速度选择器、由磁场组成的磁分析器、由电场或者磁场组合而成的偏转系统、收集粒子的晶圆,厘清物体运动的环境,在所处环境的影响下,对物体运动的情况进行预设.又如常见的电磁感应大题,导体棒运动的导轨是倾斜还是水平、导轨是光滑还是有摩擦、哪些区域有磁场、磁场的方向如何等等,这些也是在定性分析过程中需要搞清楚的“环境”因素.

定量分析可引导学生搞清楚题目所描述的物体及环境中“属性”有哪些?在我们常见的带电粒子

在复合场运动的问题中,常见的“属性”如:带电粒子的质量、带电粒子的电性及核电荷数的大小、磁感应强度的大小、电场强度的大小、边界的尺寸等等,都是在定量分析过程中需要考虑的“属性”问题。

将分析过程分解为两步,从定性分析到定量分析,接着再引导学生进行受力分析,层层递进,是获取题目信息和解决物理问题的基础和关键环节。

2.2 分解视角——从三维到二维

例题的第(2)小题和第(3)小题,带电粒子分别在电场和磁场的的作用下运动,部分学生理解存在困难,难点在于物理模型存在立体结构,较为抽象,因此,不妨作出带电粒子运动的二维平面图。

第(2)小题,从左往右看,可以作出带电粒子运动的平面图,如图2所示。

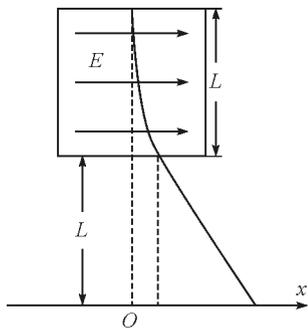


图2 第(2)小题带电粒子运动平面图

粒子的运动可以看成是在电场作用下的类平抛运动和没有外力作用下的匀速直线运动组合,运用类平抛运动的规律可以很快求解.类平抛运动过程,带电粒子在 x 轴方向的偏移量为

$$x_1 = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} \left(\frac{L}{v} \right)^2$$

速度偏转角正切值

$$\tan \theta = \frac{qEL}{mv^2}$$

在匀速直线运动过程中,利用几何关系可得在 x 轴方向的偏移量为

$$x_2 = L \tan \theta$$

带入第(1)小题所求的物理量可得

$$x = x_1 + x_2 = \frac{3L^2}{R_1 + R_2}$$

所以注入晶圆的的位置坐标为

$$\left(\frac{3L^2}{R_1 + R_2}, 0 \right)$$

第(3)小题,从前往后看,同样可以作出带电粒子运动的平面图,如图3所示。

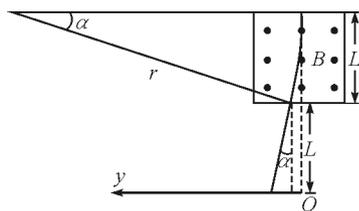


图3 第(3)小题带电粒子运动平面图

粒子的运动可以看成是在磁场作用下的匀速圆周运动和没有外力作用下的匀速直线运动组合,与第(2)小题方法类似,利用几何知识可以求出

$$y = y_1 + y_2 = \frac{3L^2}{R_1 + R_2}$$

即注入晶圆的的位置坐标为 $\left(0, \frac{3L^2}{R_1 + R_2} \right)$. 可以发现,只要作出平面图后,利用较为简单的数学知识便可求解。

笔者对上述例题第(2)小题的作答情况进行分析,以两个班共89位学生作为样本,根据学生作答的情况以及是否做出平面图进行分类统计,详见表1。

表1 作答情况及平面图作图情况统计结果

是否作答正确	是否画平面图	人数/人	占比/%
是	是	49	55.1
	否	2	2.2
否	是	7	7.9
	否	31	34.8

根据统计结果,我们可以发现习题作答正确且画平面图和习题作答错误且没画平面图两类学生占比较大.在存在立体结构的习题中,将三维立体图形转变为二维平面图,对于学生能否正确解答具有重要意义。

物理中经常涉及立体的模型,带电粒子在磁场中运动是较为常见的一种类型,由于带电粒子运动的方向、磁场的方向和粒子受力的方向相互垂直,使得呈现过程中经常以立体的结构出现.此外,在动力学问题和电磁感应类问题中也不乏立体结构模型.学生处理立体模型的能力较弱,即使简单的物理问题也容易出错,其中较好的办法就是引导学生将三

维的立体图转化为二维的平面图,在画出平面图的基础上再进行作答.

2.3 分解速度——从曲线到直线

在学习抛体运动的有关知识时,我们将物体的运动看成水平方向的匀速直线运动和竖直方向的匀变速直线运动;对于研究物体做复杂曲线运动问题时,我们同样习惯将物体的速度分解在两个互相垂直的方向上进行处理.这种分解速度的思想,是研究物体做曲线运动时的基本方法,也是在立体图转化成平面图后,我们在计算分析过程中常用的处理方法.

正如例题中的第(2)小题,带电粒子在电场中的运动,可以看成是竖直方向的匀速直线运动和水平方向的匀加速直线运动.粒子运动的时间可以由竖直方向的位移 L 与速度 v 的比值直接求得,那水平方向的偏移量可以直接利用力学中的运动学公式 $x = \frac{1}{2}at^2$ 求得,这便是速度分解思想的运用,大大减小了曲线运动问题求解的难度.

分解速度,原本复杂的曲线运动,分解在两个直线方向上进行分析,复杂的问题简单化,精简了物体运动过程的分析,在解决一般物理问题中运用广泛,值得我们在课堂教学中进一步落实.

2.4 分解运动——从复合到独立

例题的第(4)小题,偏转系统同时加上电场和磁场时,同求最终粒子打在晶圆上的位置,作答出来的学生屈指可数.通过课堂与学生交流,作答过程中存在的障碍主要为带电粒子在电场的作用下会改变速度,在磁场的作用下也会改变速度,带电粒子的运动情况模糊不清.笔者于是提问:“带电粒子在电场作用下的运动和在磁场作用下的运动是否相互影响?”很快,其中有一部分学生反应过来,发现电场改变的是沿 x 轴方向的运动,该方向的速度与磁感应强度 B 平行,不受磁场的影响,而磁场改变的是 y 轴方向的速度, y 轴方向的速度不受电场的影响.从而得出结论:带电粒子的运动可以分解为 x 轴和 y 轴两个方向的运动,两个方向的运动互不影响,最后打在晶圆上的位置为 x 轴和 y 轴两个分运动偏移量的叠加,即打到的位置坐标为 $\left(\frac{3L^2}{R_1 + R_2}, \frac{3L^2}{R_1 + R_2}\right)$.

在高中常见的物体运动中,分运动的思想也是经常用到,譬如在研究小船渡河的问题时,我们也尝试将小船的运动进行分解,小船的运动分解为水流作用下的运动和小船发动机作用下的运动;例题的带电粒子在磁场和电场作用下的运动也是一个很好的案例.何时可以将复合的运动分解为两个独立的运动?当两个方向上的运动互不影响时,可以将物体的运动分解为两个相互独立的运动,在处理复杂物体运动时,这种分解思想不容忽略.

3 习题教学中落实分解思想的反思

学生的习题作答情况是其物理思想运用得很好体现,从2021年1月浙江物理选考的这道题中,我们可以看出学生面对陌生的复杂物体运动,处理过程中还是相当棘手.通过以上4个方面关于分解思想的渗透和落实,学生在处理电磁感应类问题和带电粒子在复合场中运动类问题时有明显的进步,效果显著,学生的思维有较大的提升.

我们在日常的教学过程中,分解思想还需进一步强化和落实,针对习题教学过程中关于分解思想的落实,笔者作如下反思和总结.

3.1 领悟思想方法的价值

通过分解思想的应用,我们发现看似复杂的物理问题其实并没有那么难,分解思想的应用正是起到了化繁为简的作用.其实,在高中物理学习中,我们还有很多有价值的思想方法帮助学生应对较为复杂的物理模型,更加清晰地认识物体运动的本质,例如平均思想、等效转化思想、放大思想等^[2-3].在教学过程中,我们要让学生感受物理思想应用的价值,重视物理思想方法的应用.

3.2 回归课本常见的模型

在习题教学的过程中,落实分解思想,需要回归到教材中涉及的基本模型.在高中物理教材中,多处谈及了合成和分解的思想:矢量的合成与分解、运动的合成与分解、光的合成与分解、波的合成与分解、原子的合成与分解等,遍布教材的各个角落^[4].基于教材的基本模型,再进行深入分析和探讨,实现分解思想的真正落实.此外,从教材出发,在平常的概念

(下转第82页)

物体在水平方向必定是受到平衡力或者不受力,因为假设的是向右的摩擦力,那么必定有向左的摩擦力与之平衡,但是下方物体不可能同时对上方物体施加两个相反方向的摩擦力,这和摩擦力产生的原因相矛盾.因此假设是错误的,上方物体不受下方物体的摩擦力,通过这种方法可以从平衡状态的条件出发,让学生理解这种理想状态下的受力问题.

综上所述,例2参考答案为 $F_2=12\text{ N}$,此时木块A所受的摩擦力为零,例3的示意图如图4所示.

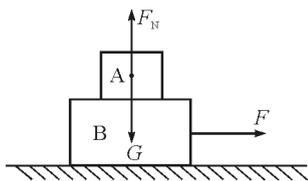


图4 例3题的示意图

4 “假设法”思想在物理学历史中的体现

在人类认识自由落体运动的过程中,16世纪,意大利学者伽利略对亚里士多德的看法提出了质疑,并对自由落体运动进行了深入的研究.伽利略对

(上接第79页)

教学、规律教学和实验教学中,我们同样要抓住教育契机,基于模型,渗透相应的物理思想方法,实现学生核心素养的逐步形成^[5].

3.3 促使思想方法的迁移

通过物理课程的学习,我们让学生掌握了分解思想,让学生解决了绝大部分的物理问题.于此同时,我们也应思考学生在解决生产、生活的实际问题中,分解思想也要学以致用,能够将自己习得的分解思想去构建模型,解决问题,因为思想方法是静态的,而我们面对的问题是动态的^[6].要培养学生利用同一思想方法分析动态变化的问题能力,促使思想方法的迁移和提升.

4 结束语

分解思想作为众多物理思想方法中的一种,其在解决复杂物理问题中尤为重要.在习题教学中,通过分解过程、分解视角、分解速度、分解运动4个角

自由落体运动的研究方法中也有“假设法”的影子.伽利略先假设亚里士多德的观点是对的,即重物比轻物下落得快,那么把重物和轻物拴在一起下落,它们将是什么结果呢?照亚里士多德的说法,重物下落得快,轻物下落得慢,由于两物拴在一起,“轻的”被“重的”拉着,“慢的”被“快的”拖着,所以两物拴在一起的速度应是不快不慢.同样,照亚里士多德的说法,两物拴在一起,应该是更重了,那它们应该下落得更快.这两个结论都是由亚里士多德的论断推出来的,但得到的却是互相矛盾的结果.可见,亚里士多德的这个观点是错误的.

5 “假设法”的教学意义

通过假设法往往可以起到避免复杂的数学推证过程、突破学生思维难点的重要作用,从而有效提高学生的问题解决能力.这也是学生对问题提出质疑能力的一种培养,就像伽利略对亚里士多德的运动观点的质疑.当然本文只是从要求的物理量结果直接进行假设,在实际的物理问题中,还可以对物理过程、物理条件、物理状态等多个方面进行假设.

度,实现分解思想方法的落实,强化分解思想的应用,让学生学会解决较为复杂的物理问题,实现化繁为简,提高分析问题的效率.同时,我们也要关注分解思想在平常生活中的应用,实现分解思想的迁移,提升学生的科学思维和科学探究能力,真正提升学生的物理学科核心素养.

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准[S].北京:人民教育出版社,2020.
- [2] 张立群.习题教学中物理思想方法的渗透[J].中学物理教学参考,2021,50(6):48-49.
- [3] 黄端文.基于浙江选考试题谈物理平均思想的课堂落实[J].物理教学探讨,2018,36(7):43-45,80.
- [4] 陈林桥,吉文忠.浅谈高中物理教材中的物理思想方法[J].物理教师,2013,34(2):10-12.
- [5] 徐光辉.在模型构建过程中渗透物理思想方法[J].物理教师,2021,42(9):6-8.
- [6] 申庭庭,姜峰.基于思想方法的高中物理教学策略[J].物理教师,2021,42(2):21-23.