

在习题教学中渗透物理学科能力与素养*

——以“力学单位制”在高中物理解题中的应用为例

赵贺林

(北京市第八十中学 北京 100102)

(收稿日期:2018-09-27)

摘要:从物理学科的视角认识客观事物的本质属性、内在规律及其相互关系,通过量纲分析法,对物理问题进行论证和判断,是物理学科应用能力的要求和体现.在习题训练与讲评的课堂中,这些观念和学科特点,教师可以通过对习题的精心选择加以渗透和培养.

关键词:物理学视角 物理量单位 量纲分析法 推理论证

中学物理学科能力,一个重要的表现就是科学思维能力,即从物理学科的视角认识客观事物的本质属性、内在规律及其相互关系,具体表现为学科思想方法的应用能力.学科能力的培养,课堂是关键,因为“课堂是核心素养落实到课程中最为微观、具体的层面,是核心素养能否真正落地,培养出所需人才的重要环节.”^[1]

教师在平时的课堂教学中,如何根据教学内容和学生实际情况,合理并尽可能地逐步渗透科学观察与猜想,科学解释,科学推理,科学论证,科学建模等学科思想方法,显得尤为重要.特别是作为课堂教学重要组成部分的习题教学,它承担着培养学生掌握基础知识,感悟思想方法,提升思维能力和解决问题能力的重要功能.那么,在习题的讲评与训练中,怎样渗透学科观念和思想方法呢?下面以高中物理力学单位制的复习为例加以说明.

众所周知,高中物理力学单位制一节内容的学习,渗透给学生的主要物理观念就是量纲分析法,即物理学的关系式在确定了物理量之间的关系时,也确定了物理量单位间的关系.因此,培养学生通过物理量单位对物理问题进行论证和判断,是物理学科应用能力的要求和体现,同时在物理学科考查中也屡见不鲜.

【例1】2013年6月20日,女航天员王亚平在“天宫一号”目标飞行器里成功进行了我国首次太空授

课.授课中的一个实验展示了失重状态下液滴的表面张力引起的效应.在视频中可观察到漂浮的液滴处于相互垂直的两个椭圆之间不断变化的周期性“脉动”中.假设液滴处于完全失重状态,液滴的上述“脉动”可视作液滴形状的周期性微小变化(振动),如图1所示.已知液滴振动的频率表达式为 $f = kr^{\alpha}\rho^{\beta}\sigma^{\gamma}$,其中 k 为一个无单位的比例系数, r 为液滴半径(其单位为 m), ρ 为液体密度(其单位为 kg/m^3), σ 为液体表面张力系数(其单位为 N/m), α, β, γ 是相应的待定常数.对于这几个待定常数的大小,下列说法中可能正确的是()

- A. $\alpha = \frac{3}{2}$ $\beta = \frac{1}{2}$ $\gamma = -\frac{1}{2}$
 B. $\alpha = -\frac{3}{2}$ $\beta = -\frac{1}{2}$ $\gamma = \frac{1}{2}$
 C. $\alpha = -2$ $\beta = \frac{1}{2}$ $\gamma = -\frac{1}{2}$
 D. $\alpha = -3$ $\beta = -1$ $\gamma = 1$

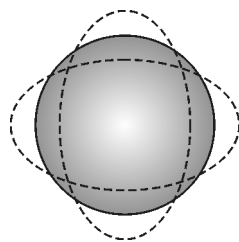


图1 太空中漂浮的液滴形状的周期性变化示意图

试题设计意图与分析:站在学生角度看,本题题

* 北京市朝阳区教育科学“十三五”规划课题“高中物理基于心智模型发展的建模教学实践研究”成果,课题编号:YB1351161

目情景新颖,反映物理现象的规律陌生.该题旨在考查学生能否运用物理量纲知识,分析、解决新问题的能力.

从物理量纲分析,因为等式左边物理量为频率,因此,等式右边单位也应为频率单位 Hz(即 s^{-1}),选项 A 中,代入数值得

$$m^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}} \right)^{-\frac{1}{2}} = s$$

故选项 A 错误;选项 B 中

$$m^{-\frac{3}{2}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}} \right)^{\frac{1}{2}} = s^{-1}$$

选项 B 正确;对选项 C

$$m^{-2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}} \right)^{-\frac{1}{2}} = s^{-1} \cdot m^{-\frac{7}{2}}$$

选项 C 错误;在 D 选项中

$$m^{-3} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)^{-1} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}} \right)^1 = s^{-2}$$

选项 D 错误.

点评:在讨论物理问题的因果关系时,作为与反映结果的诸多物理量之间,特别是作为结果的物理量的基本属性(即量纲),必须与作为原因的诸多物理量的基本属性之间,建立反映该问题物理本质的固有联系,可简单理解为等式两边物理量的单位必须相同.

【例 2】图 2 所示为一个内、外半径分别为 R_1 和 R_2 的圆环状均匀带电平面,其单位面积带电荷量为 σ .取环面中心 O 为原点,以垂直于环面的轴线为 x 轴.设轴上任意点 P 到 O 点的距离为 x , P 点电场强度的大小为 E .下面给出 E 的 4 个表达式(式中 k 为静电力常量),其中只有一个是合理的.你可能不会求解此处的场强 E ,但是您可以通过一定的物理分析,对下列表达式的合理性做出判断.根据你的判断, E 的合理表达式应为()

$$A. E = 2\pi k\sigma \left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} - \frac{R_2}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right) x$$

$$B. E = 2\pi k\sigma \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right) x$$

$$C. E = 2\pi k\sigma \left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} + \frac{R_2}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right) x$$

$$D. E = 2\pi k\sigma \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right) x$$

设计意图与试题分析:本题旨在阐明,当我们需

要判断一个物理量的表达式是否正确时,首先要求其单位必须相同,如果等式两边单位不同,则结果必然错误.在选择题的解答中,以此作为判据,可以快速有效地排除错误选项.

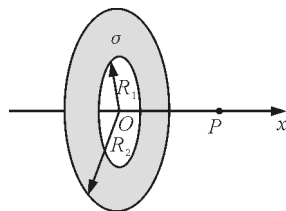


图 2 圆环状均匀带电平面

该题等式左侧 E 的单位与等式右侧 $k\sigma$ 单位相同,很容易做出判断,选项 A、C 错误;同时结合极限思想,考虑到当内、外半径 R_1 和 R_2 相等时,场强 E 为零,可以得出只有选项 B 是合理的.

点评:虽然我们可能不会计算这样的电场强度,但是我们可以通过量纲分析,对表达式的合理性做出判断.在一些物理问题中,有时我们即便不能完全清楚结果或规律的细节,但是如果利用量纲分析,仅从物理量单位的角度就可以得到一些有用的信息,得出一些初步的结论或定性的判断,也能为科学探究过程中,科学猜想与假设提供依据.物理教学中,这是培养学生创新能力的一种有效途径和抓手.

【例 3】已知 O, A, B, C 为同一直线上的 4 点, AB 间的距离为 l_1 , BC 间的距离为 l_2 .一物体自 O 点由静止出发,沿此直线做匀加速运动,依次经过 A, B, C 这 3 点,已知物体通过 AB 段与 BC 段所用的时间相等.则利用上述所给条件,可以求出的物理量是()

A. 物体在 B 点的速度

B. 物体运动的加速度

C. O 点到 A 点的距离

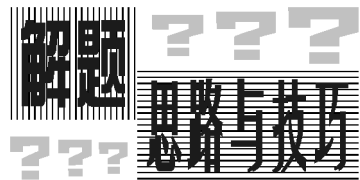
D. 通过 AB 段与 BC 段所用时间

题目设计意图与分析:该题旨在考查学生能否从物理学科角度,对物理问题进行科学观察与科学思维进而大胆进行科学猜想,鼓励学生勇于探索、大胆尝试、培养学生创新思维 and 创新能力.

一般方法:设物体加速度为 a ,到达 A 点的速度为 v_0 ,通过 AB 段和 BC 段所用的时间为 t ,则有

$$l_1 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (1)$$

$$l_1 + l_2 = 2v_0 t + 2a t^2 \quad (2)$$



一道万有引力好题

李志强

(华中师范大学第一附属中学 湖北 武汉 430223)

(收稿日期:2018-10-02)

摘要:在教学过程中,发现一道万有引力的好题.在讲解此题时,学生在课堂互动中给出了非常精彩的多解法,这些解法涵盖了对万有引力定律整章知识的综合运用,无形之中起到了很好的复习作用.

关键词:万有引力 好题 多解 复习

在万有引力这一章的所有知识基本学完后,笔者在一堂课上给学生解决练习题中的疑难点,遇到了下面这一道题.

【例题】两颗人造卫星绕地球逆时针运动,卫星1、卫星2分别沿圆轨道、椭圆轨道运动,圆的半径与椭圆的半长轴相等,两轨道相交于A、B两点,某时刻两卫星与地球在同一直线上,如图1所示,下列说法中正确的是()

- A. 两卫星在图示位置的速度 $v_2 = v_1$
- B. 两卫星在A处的加速度大小相等
- C. 两颗卫星在A或B点处可能相遇

D. 两卫星永远不可能相遇

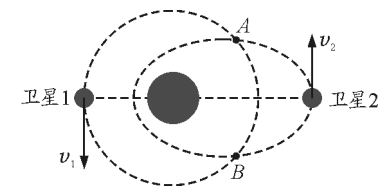


图1 例题题图

此题中,选项B、C、D均比较容易判断.由万有引力定律和牛顿第二定律可以知道,两卫星在A点的加速度大小相等.两颗卫星轨道半长轴相等,中心天体相同,由开普勒第三定律可知,它们周期相等,因此当卫星1位于轨迹下半周时,卫星2位于轨迹

联立式(1)和式(2)得

$$l_2 - l_1 = at^2 \quad (3)$$

$$3l_1 - l_2 = 2v_0 \quad (4)$$

设O与A的距离为 l ,则有

$$l = \frac{v_0^2}{2a} \quad (5)$$

联立式(3)、(4)、(5)得 $l = \frac{(3l_1 - l_2)^2}{8(l_1 - l_2)}$.

点评:“并非在所有的场合下繁复的计算都是必要的,有时定性的方法来得更为有效”,该题可以从题目给出的已知条件、物理量的单位关系出发,对解的结果从整体上做概貌定性猜想.因为导出的最后结果必须用已知物理量表示,而已知物理量只有AB间的距离 l_1 ,BC间的距离 l_2 ,因此,结果一定为已知长度 l_1, l_2 的组合,其单位也一定是长度单位m的组合,要么是m,或 m^2, m^3 等等,由此可以判断只有选项C满足要求.

从物理学科的视角出发,分析问题,解决问题,是物理学科的特点.这种能力和观念,是学科能力和学科素养的重要体现.通过物理量纲分析,在有些问题中,虽然并不一定都能得到完全定量的结果,但是在检查反映物理规律的方程时,计量方面可能就只差一个未知的系数,我们以此可以做出定性或半定量判断,甚至还可提供寻找物理现象某些规律的线索^[2].在习题课堂的学习与训练中,这些观念和学科特征的体现,教师可以通过习题的精心选择,对学生加以渗透和培养.

致谢:本文写作过程中曾得到昆明市五华基础教育科学研究中心赵坚先生悉心指导,在此感谢!

参考文献

- 1 蒋永贵.指向核心素养的学习目标研制.课程·教材·教法,2019(9):29~35
- 2 赵凯华.定性与半定量物理学.北京:高等教育出版社,2008