

# 利用物理课堂教学进行科学思维培养的实践初探

张红明

(北京师范大学附属中学 北京 100052)

(收稿日期:2019-03-10)

**摘要:**科学思维的培养不是一蹴而就的,是一个循序渐进的过程.在物理教学中,我们应该充分挖掘教材中最能体现科学思维、最能培养学生科学思维的素材,创造性地开展教学.对此笔者在物理课堂教学中作了一些初步的探索,并以小案例的方式总结出来.

**关键词:**高中物理教学 科学思维 实践案例

## 1 问题引入

普通高中物理课程标准2017年版明确提出,高中物理课程是普通高中自然科学领域的一门基础课程,旨在落实立德树人根本任务,进一步提升学生的物理学科核心素养,为学生的终身发展奠定基础,促进人类科学事业的传承与社会的发展.学科核心素养是学科育人价值的集中体现,是学生通过学科学习而逐步形成的正确价值观、必备品格和关键能力.



图9 水塔

为了解决这个问题,引导学生构建模型:将自来水视为绝缘体,当水位下降后,上方的空间被空气“占领”,这个过程中电介质在不断减小.可以在水塔的外圈贴上一层锡箔,在中间插入一不锈钢管,构成电容器的两个极板.当水位下降时,电容器的电容将不断减小,也就是电容器的电容和水位的下降情况存在对应关系,从而可以通过测量电容来知道水位的下降情况.通过这些实际问题解决,活化对电容器

物理学科核心素养主要包括“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”4个方面.

“科学思维”是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用;是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力与品格.“科学思维”主要包括模型构建、科学推理、科

电容的理解.

还可以介绍超级电容器,推荐学生课后观看CCTV10(科教频道)在2016年12月19日《走进科学》播出的“超级电容”节目,了解超级电容在生活中的广泛应用,让学生亲身体会到生活即物理、物理即生活.

## 参考文献

- 1 西恩·贝洛克. 具身认知:身体如何影响思维和行为. 北京:机械工业出版社,2016
- 2 叶浩生. 身体与学习:具身认知及其对传统教育观的挑战. 教育研究,2015(4):105~106
- 3 殷明,刘电芝. 身心融合学习:具身认知及其教育意蕴. 课程·教材·教法,2015(7):57~63
- 5 郑旭东,王美倩,饶景阳. 论具身学习及其设计:基于具身认知的视角. 电化教育研究,2019(01):27~34
- 6 任虎虎. 基于多维具身体验深度学习高中物理学习重点. 物理教师,2018(10):30~33
- 7 任虎虎. 指向具身学习的高中物理“沉浸式体验”教学策略. 中学物理,2018(19):39~41

学论证、质疑创新等要素。

科学思维的培养不是一蹴而就的,是一个循序渐进的过程。在物理教学中,我们应该充分挖掘教材中最能体现科学思维、最能培养学生科学思维的素材,创造性地开展教学。对此笔者在物理课堂教学中作了一些初步的探索,并以小案例的方式总结出来。

## 2 实践案例

**案例一:利用匀变速直线运动的  $v-t$  图像面积求位移**

如果对学过高一物理的学生做一个问题调查,问题是“你觉得高一物理中哪一部分内容给你的印

象最深刻而且能够对你产生吸引力”。笔者认为,“利用匀变速直线运动的  $v-t$  图像面积求位移”应该是最具竞争力的答案之一。

教学中笔者首先按照教材的编写方式,引导学生如何根据  $v-t$  图像面积求出位移,让学生亲身感受学习的成就感。通过这一教学过程已经是对学生的科学思维有一个特别好的培养,然后利用这个契机,引导学生去感悟上述过程中隐藏的“微积分”思想。充分发挥学生的直觉思维,通过下列图像的方式逐步展示“微积分”思想的4个关键步骤:“化整为零”“以恒代变”“积零为整”“再求极限”,如图1所示。

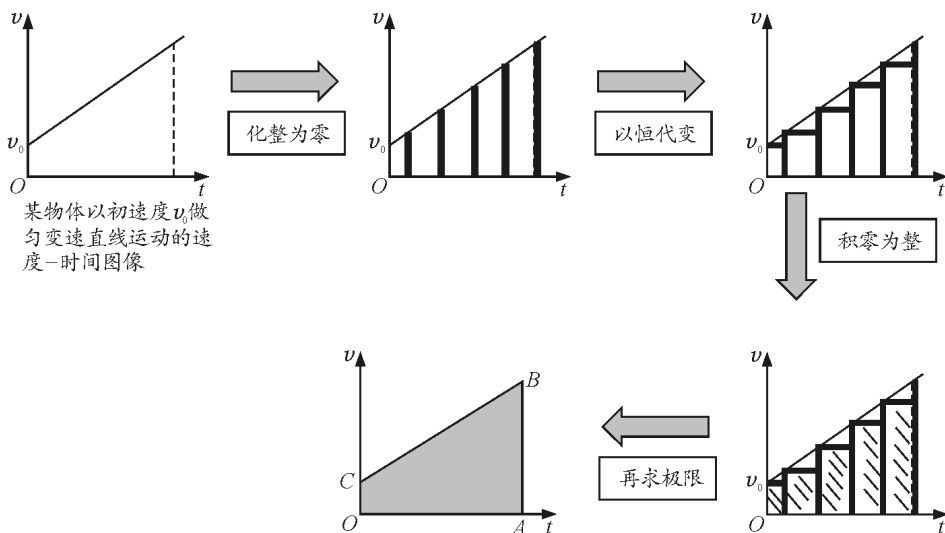


图1 “微积分”思想的4个关键步骤

再接下来,创造性地开展教学,换一个视角,用代数计算的方式引导学生通过求匀变速直线运动的位移体会“微积分”思想,促进学生科学思维能力的进一步发展,使学生的思维品质产生质的飞跃。教学过程如下:

**学习任务:**已知匀变速直线运动的初速度  $v_0$ , 加速度  $a$ , 时间  $t$ , 求位移  $\Delta x$ 。

第一步,体会“化整为零”。

引导学生把总时间  $t$  分成  $n$  小段,每一段时间为  $\Delta t$ , 则

$$\Delta t = \frac{t}{n}$$

第二步,体会“以恒代变”。

引导学生把每一段的初速度看作是这一段各处的速度,这样每一段时间里质点做的都是匀速直线运动,利用匀速直线运动的位移公式求各个部分的位移。

$$\Delta x_1 = v_0 \frac{t}{n}$$

$$\Delta x_2 = \left( v_0 + a \frac{t}{n} \right) \frac{t}{n}$$

...

$$\Delta x_n = \left[ v_0 + a \frac{(n-1)t}{n} \right] \frac{t}{n}$$

第三步,体会“积零为整”。

引导学生将各个部分的位移加起来,并加以化简。

$$\begin{aligned}\Delta x &= \Delta x_1 + \Delta x_2 + \cdots + \Delta x_n = \\ &v_0 \frac{t}{n} + \left(v_0 + a \frac{t}{n}\right) \frac{t}{n} + \cdots + \\ &\left[v_0 + a \frac{(n-1)t}{n}\right] \frac{t}{n} = \\ &v_0 t + \frac{at^2}{n^2} (1+2+\cdots+n-1) = \\ &v_0 t + \frac{(n-1)at^2}{2n}\end{aligned}$$

第四步,体会“再求极限”.

引导学生明确,上一步所求的总位移并不是实际匀变速直线运动的位移,要想得到匀变速直线运动的真正位移,需要运用极限思想,在上式中将  $n$  取无穷大,得

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

这就是匀变速直线运动的位移公式.

#### 案例二:推导第三宇宙速度的表达式

高中物理教学中,只要求理解第三宇宙速度的物理意义,不要求推导第三宇宙速度的计算公式.但是优秀学生还是对如何得到第三宇宙速度非常感兴趣,这个时候教师可以因势利导,让学生通过查阅大学教材的方式进行学习.但学生读完大学教材后,还是充满疑惑.这时创造性地开展物理教学,根据学生的认知背景,通过构建物理模型的方式,逐步推导第三宇宙速度的表达式.经历这样一个教学过程,可以很好地发展学生的科学思维.

(1) 学习大学物理教材中对第三宇宙速度的推导.

设质点以第三宇宙速度抛射时,其动能为

$$E_k = \frac{1}{2} m v_3^2$$

这个动能包含了两部分,即脱离地球引力所需的动能  $E_{k1}$  和脱离太阳系引力所需的动能  $E_{k2}$ .

$$E_k = E_{k1} + E_{k2}$$

根据第二宇宙速度可求出质点脱离地球引力所需要的动能  $E_{k1}$ ,即

$$E_{k1} = \frac{1}{2} m v_2^2$$

下面求  $E_{k2}$ . 因为地球绕太阳公转的椭圆轨道

的偏心率很小,可近似认为是圆;各行星对质点的引力比太阳的引力小得多,可不计.基于这两点简化并应用机械能守恒定律解题,可做如下类比.质点环绕地球的速度乘以  $\sqrt{2}$  便是质点脱离地球引力所需要的速度;与此相类似,质点随地球环绕太阳公转的速度乘以  $\sqrt{2}$  也就应该等于质点脱离太阳引力所需的速度.根据观测,地球公转的速率等于  $29.8 \text{ km/s}$ ,所以质点脱离太阳引力所需要的速率应该是

$$v_2 = \sqrt{2} \times 29.8 \text{ km/s} \approx 42.2 \text{ km/s}$$

如果准备飞出太阳系的质点的发射方向与地球公转方向相同,便可以充分利用地球公转的速度,这样射出的质点在离开地球时只需要有相对于地球为

$$v' = (42.2 - 29.8) \text{ km/s} = 12.4 \text{ km/s}$$

的速率便可以摆脱太阳系.与此相对应的动能为

$$E_{k2} = \frac{1}{2} m v'^2$$

既能摆脱地球引力又能摆脱太阳引力所需要的总能为

$$E_k = \frac{1}{2} m v_3^2 = E_{k1} + E_{k2} = \frac{1}{2} m v_2^2 + \frac{1}{2} m v'^2$$

即

$$v_3^2 = v_2^2 + v'^2$$

可求出第三宇宙速度

$$v_3 = \sqrt{v_2^2 + v'^2} =$$

$$\sqrt{11.2^2 + 12.4^2} \text{ km/s} \approx 16.7 \text{ km/s}$$

(2) 质疑大学物理教材中对第三宇宙速度推导,提出困惑.

上述大学物理教材中对第三宇宙速度的推导肯定是经历了时间的检验,而且在讨论摆脱太阳系引力时所作的类比也非常的精彩.只是作为一个读者看下来之后总有一种隐隐的不踏实感.仔细想来,上述对第三宇宙速度的参考系没有明确地指出,这一点对深入阅读的读者会带来困惑.还有学生提出其中用到的

$$E_{k2} = \frac{1}{2} m v'^2 = \frac{1}{2} m (42.2 - 29.8)^2$$

为什么不是动能的差

$$E_{k2} = \frac{1}{2} m (42.2^2 - 29.8^2)$$

这些疑问从上述推导的方法中不好作出解答.

(3) 分解物理过程, 创设物理模型, 创造性地提出一种推导第三宇宙速度的改进办法.

根据第三宇宙速度的含义, 当地面上的质点以第三宇宙速度(相对地心) 抛射时, 为了充分利用地球公转速度, 设质点摆脱地球束缚到达距离地球无穷远处时处于地球公转轨道且相对地心的速度为  $v^*$ , 这个速度如果为零就是恰好摆脱地球的束缚而不能继续摆脱太阳系的束缚. 如图 2 所示.

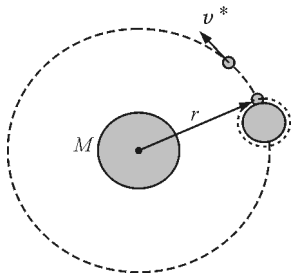


图 2 推导第三宇宙速度的改进方法示意图

选择原点在地心, 坐标轴指向恒星的惯性参考系, 将质点  $m$  和地球视为质点系. 从地面发射到达距离地球无穷远处, 根据机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_3^2 - G\frac{mM_e}{R_e} = \frac{1}{2}mv^{*2} \quad (1)$$

根据相对运动公式, 此质点相对太阳中心的速度设为  $v^\#$ , 地球公转速度设为  $v_g$ , 则

$$v^\# = v_g + v^* \quad (2)$$

而且  $v^\#$  就是质点在地球公转轨道上恰好摆脱太阳系的束缚所需要的速度, 根据本文“广义第二宇宙速度”进行类比, 就是  $v_g$  的  $\sqrt{2}$  倍. 下面还是从基本上对  $v^\#$  和  $v_g$  的表达式进行推导.

对于地球绕太阳中心做匀速圆周运动, 根据向心力公式有

$$G\frac{M_sM_e}{r_g^2} = M_e\frac{v_g^2}{r_g} \quad (3)$$

解出  $v_g$ , 得

$$v_g = \sqrt{\frac{GM_s}{r_g}} \approx 29.8 \text{ km/s} \quad (4)$$

其中  $M_s, r_g$  分别为太阳质量和地球公转半径.

质点在地球公转轨道上以速度  $v^\#$  恰好摆脱太

阳系的束缚, 从地球公转轨道到到达距离太阳中心无穷远处, 根据机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv^{\#2} - G\frac{mM_s}{r_g} = 0 \quad (5)$$

解出  $v^\#$ , 得

$$v^\# = \sqrt{\frac{2GM_s}{r_g}} = \sqrt{2}v_g \approx 42.2 \text{ km/s} \quad (6)$$

将式(6)代入式(2)得

$$v^* = (\sqrt{2} - 1)v_g \approx 12.4 \text{ km/s} \quad (7)$$

将式(7)代入式(1)得第三宇宙速度

$$v^3 \approx 16.7 \text{ km/s} \quad (8)$$

再根据第二宇宙速度的推导

$$E_{ke} + \frac{1}{2}mv_2^2 - G\frac{mM_e}{R_e} = E_{ke} \quad (9)$$

根据式(9)和式(1)得到

$$\frac{1}{2}mv_3^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}mv^{*2} \quad (10)$$

此式即为大学物理教材中推导第三宇宙速度所用到的公式.

### 3 结束语

以上所举两个小案例就是选自于教材中特别能够体现科学思维的教学小片段, 应该说这样的素材是非常非常多的, 只要在教学中加以积累, 并合理设计教学环节, 一定能促进学生科学思维的发展.

### 参考文献

- 1 漆安慎, 杜婵英. 普通物理教程力学(第3版). 北京: 高等教育出版社, 2012
- 2 张宪魁. 物理科学方法教育. 北京: 科学出版社, 2002
- 3 赵凯华, 张维善. 新概念高中物理读本. 北京: 人民教育出版社, 2006
- 4 人民教育出版社, 课程教材研究所, 物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理·必修1-1. 北京: 人民教育出版社, 2014
- 5 人民教育出版社, 课程教材研究所, 物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理·必修2. 北京: 人民教育出版社, 2010
- 6 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版). 北京: 人民教育出版社, 2017