

# 利用4种常见方法实现物理模型的快速构建

王新锋

(西安交通大学苏州附属中学 江苏 苏州 215000)

(收稿日期:2018-05-22)

**摘要:**以提升学生“建立模型”能力为目标,阐述了帮助学生快速构建物理模型的4种方法.

**关键词:**建模 等效法 变换参考系法 类比法 情景图像法

中国学生发展核心素养是21世纪中国学生应具备的、能够适应终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力.高中物理所要承担的绝不仅仅是与物理相关的知识素养的提升,还包括团队合作、创新与创造力、问题解决能力、主动探究、可持续发展意识、环境意识、反思能力等核心素养指标的提升.本论文从提升高中生物理问题解决能力的角度、以帮助学生在具体问题中“建立模型”和“运用模型”为目标,以4种常见的方法为手段,达到建立模型、解决问题的目的.

## 1 利用等效法建立经典模型 强化学生的“重教材”意识

等效法以效果相同为前提,高中阶段的一些复杂问题的物理规律有时会与教材中已有的经典模型相似,这时我们可以利用“等效”的方法,借用熟悉的经典模型来处理这些复杂问题,使问题简化从而易于研究.

**【例1】**如图1所示,一半径为 $R$ 的圆盘上均匀分布着电荷量为 $Q$ 的电荷,在垂直于圆盘且过圆心 $c$ 的轴线上有 $a, b, d$ 3个点, $a$ 和 $b, b$ 和 $c, c$ 和 $d$ 间的距离均为 $R$ ,在 $a$ 点处有一电荷量为 $q(q > 0)$ 的固定点电荷.已知 $b$ 点处的场强为零,则 $d$ 点处场强的大小为( $k$ 为静电力常量)( )

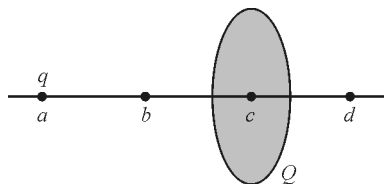


图1 例1题图

- A.  $k \frac{3q}{R^2}$       B.  $k \frac{10q}{9R^2}$   
 C.  $k \frac{Q+q}{R^2}$       D.  $k \frac{9Q+q}{9R^2}$

**解析:**从电场叠加的角度不难发现,要使得 $b$ 点处的合场强为零,就意味着 $Q$ 在 $b$ 点处的场强方向向左,与点电荷 $+q$ 在 $b$ 点处的场强等值反向,或者说放在 $c$ 点的带电圆盘可以用一个电荷量为 $+q$ 的点电荷代替,等效以后成了高中学生非常熟悉的经典模型——等量同种点电荷的电场模型.如图2所示,求 $d$ 点处场强的大小就转化为求两个电荷量均为 $+q$ 的点电荷在 $d$ 点处合场强,即

$$E_d = E_Q + E_q = k \frac{q}{R^2} + k \frac{q}{(3R)^2} = k \frac{10q}{9R^2}$$

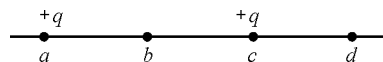


图2 等量同种点电荷电场模型

选项B正确.命题人的本意就是希望考生能够灵活运用等效法建立经典模型进而快速求解.

## 2 利用变换参考系法建立简单模型 培养学生的转换意识

高中物理在研究物体的运动时选取地面作为参考系的情况居多,这给学生一个错觉:以地面为参考系研究物体的运动一定是最简单、方便的.其实人教版教材关于参考系的选择有这样一句话:“参考系的选择是个重要的问题,选取得当,会使问题的研究变得简洁、方便.”强调的是“选取得当”,目标是“使问题变简单”,可见选择合适的参考系会使问题变简单.

**【例2】**如图3所示,一个人站在距离平直公路

$h = 50 \text{ m}$  远的  $B$  处,公路上有一辆汽车以  $v_1 = 10 \text{ m/s}$  的速度匀速行驶.当汽车行驶到与人相距  $l = 100 \text{ m}$  的  $A$  处时,为了使人跑到公路上时能与车相遇,人匀速奔跑的速度至少为多大?此时人应该沿哪个方向奔跑?

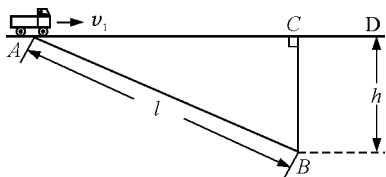


图3 例2题图

**解析:** 本题若选取地面为参考系,汽车与人均在运动,虽然做的都是最简单的匀速直线运动,但毕竟二者运动不在同一直线维度上,要找到它们运动的相关性,同时还要满足题干的“至少”要求,对考生来说绝非易事.

若能够通过变换参考系,让其中的一个物体“停”下来,全力去研究另一个还在运动的物体,相信问题一定会变得简单不少.本题可以把汽车作为参考系,即假定汽车不动,人相对汽车具有水平向左、大小为  $v_1 = 10 \text{ m/s}$  的分速度,与人奔跑的速度  $v_2$  (人的另一分速度) 的合速度只要指向汽车就能赶上汽车.如图4所示,与  $v_2$  最小值对应的是其方向垂直  $v_{\text{合}}$ .综合上述分析得出

$$v_{2\text{min}} = v_1 \sin \theta = 10 \times \frac{1}{2} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$$

$$\text{其中 } \sin \theta = \frac{h}{l} = \frac{50}{100} = \frac{1}{2}.$$

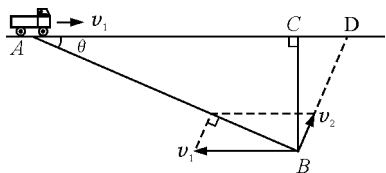


图4 变换参考系后分析

本题利用变换参考系法建立起单个物体匀速直线运动的简单模型,有效避免了两个物体同时运动给分析、求解带来的麻烦,在追及避碰类问题中这种建模方式值得更多地尝试和推广.

### 3 利用类比法建立熟悉模型 训练学生的迁移能力

高中物理课堂应该是一个不断引导学生运用已有的知识储备探寻新知识的过程,该过程的关键是

如何实现由旧知识向新知识的迁移.类比法能很好地帮助学生实现这样的“迁移”,它通过抓住两类对象之间某些方面的相同或相似,而推出它们在其他方面也可能相同或相似,实质上是在对比中帮助学生建立熟悉模型,实现知识的迁移,达到间接推理的目的.

**【例3】**如图5所示, $ab$  是半径为  $r$  的圆的一条直径, $O$  是圆心,该圆处于匀强电场中,场强大小为  $E$ ,方向与圆周平面平行.在圆周平面内将质量为  $m$ ,电荷量为  $q$  的正粒子,从  $a$  点同时以相同的动能在圆周平面向各个方向抛出,粒子会经过圆周上不同的点.在这些点中,到达  $c$  点的粒子动能最大,已知  $ac$  和  $ab$  间的夹角  $\theta = 30^\circ$ ,不计重力、空气阻力及粒子间的相互作用力,求:

(1) 电场方向与  $ab$  间的夹角  $\alpha$  为多大?

(2) 若粒子在  $a$  点时的初速度与电场方向垂直,则粒子恰好能落在  $c$  点时的动能为多大?

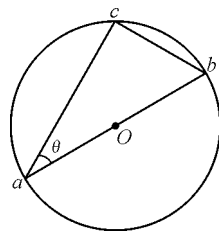


图5 例3题图

**解析:** 第(1)问很多学生选择运用动能定理求解,容易分析得出  $ac$  间电势差最大,但据此如何确定电场方向却难住了很多人.此处若将匀强电场类比成学生更加熟悉的重力场模型,并运用重力场模型中机械能守恒的思想: $c$  点处粒子动能最大,则势能最小.很容易得出  $c$  点为匀强电场的“最低点”, $ac$  间的“高度差”最大,即“等效重力”(电场力)的方向沿  $ac$  方向,电场方向与  $ab$  间的夹角  $\alpha = 60^\circ$ ,如图6所示.

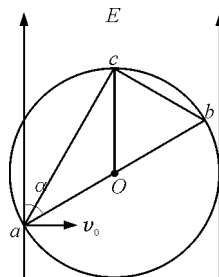


图6 等效重力分析

第(2)问粒子类平抛运动类比平抛运动模型,

根据图6可得

$$r \cos 30^\circ = v_0 t$$

$$r + r \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2$$

再对粒子a运动到c的过程用动能定理

$$qE(r + r \sin 30^\circ) = E_k - \frac{1}{2} m v_0^2$$

联合以上3式,求出

$$E_k = \frac{13}{8} qEr$$

本题通过类比法建立学生十分熟悉的重力场模型和平抛运动模型,达到帮助学生借助熟悉探究陌生的目的.

#### 4 利用情景图像法建立直观模型 丰富学生的探究意识

表现问题的基本形式有文字、符号、图像3种,相较于其他两种,图像展现的问题以直观著称,它能够将高中物理中抽象的物理概念和规律、复杂的物理情景以简明直观的形式呈现给学生.其实很多物理问题的解决过程在某种程度上就是作图的过程,能否准确、简洁、熟练地画出物体的运动状态分析图、受力分析图,或能否用图像表达出物体运动的具体情景,往往是解决问题的关键环节,但很多学生长期以来的解决物理问题的思维习惯是数学解析法,面对实际生产、生活问题时,大多不具备通过现象和规律绘制情景图像建立直观模型的能力.

**【例4】**晴天晚上,人能看见卫星的条件是卫星被太阳照着且在人的视野之内.一个可看成漫反射体的人造地球卫星的圆形轨道与赤道共面,卫星自西向东运动.春分期间太阳垂直射向赤道,赤道上某处的人在日落后8h时在西边的地平线附近恰能看到它,之后极快地变暗而看不到了.已知地球的半径  $R_{\text{地}} = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$ ,地面上的重力加速度为  $10 \text{ m/s}^2$ ,估算:(结果要求精确到两位有效数字)

- (1) 卫星轨道离地面的高度;
- (2) 卫星的速度大小.

该类型的题目学生最无从下手,不但没有现成公式可以套用,此题还与其他学科的知识“交叉”,读懂该题不仅要具备相应的物理知识,还应具备一定的地理知识、数学知识和生活常识.但若能将题干中描述的内容用情景图像的方法展示出来,建立图7

所示的直观模型,可达到化抽象为直观的目的.

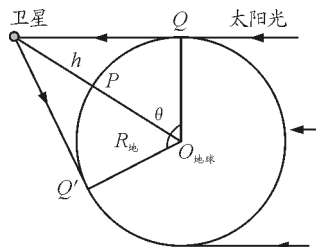


图7 卫星-地球模型

**解析:**人在Q位置时刚好日落,此后人随地球自转到Q'位置过程历时  $t = 8 \text{ h}$ ,此时被卫星反射的最后一束阳光刚好进入人眼.令卫星离地高度为  $h$ ,地球自转周期为  $T$ .

$$(1) \text{ 由 } \frac{t}{T} = \frac{\theta}{2\pi}, \text{ 得 } \theta = \frac{2}{3}\pi, \text{ 又}$$

$$\cos \frac{\theta}{2} = \frac{R_{\text{地}}}{R_{\text{地}} + h}$$

解得

$$h = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$$

$$\text{由 } G \frac{Mm}{(R_{\text{地}} + h)^2} = m \frac{v^2}{R_{\text{地}} + h}$$

结合  $GM = gR_{\text{地}}^2$ ,解得

$$v = \sqrt{\frac{1}{2} g R_{\text{地}}} = 5.6 \times 10^3 \text{ m/s}$$

情景图像法的运用不仅仅是对物理问题的形象理解,更深层次的意义在于现阶段培养学生核心素养的大背景下,在要求学生在实际生活中学会运用物理学知识的总框架下,培养学生不同以往的思维习惯和意识!

纵观整个高中物理教材,需要学生掌握的物理模型有很多,构建的方式也远不止以上4种,本论文由于篇幅原因无法一一详述,但“建模”的思维方式应贯穿高中物理教学的每一个阶段,因为它不仅能够提高学生分析和解决实际问题能力,更潜移默化地提升和发展着学生的核心素养.

#### 参考文献

- 1 林崇德. 21世纪学生发展核心素养研究. 北京:北京师范大学出版社,2017
- 2 张大昌. 普通高中课程标准实验教科书物理(必修1). 北京:人民教育出版社,2013
- 3 张大昌. 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,2014
- 4 张大昌. 普通高中课程标准实验教科书物理(选修3-1). 北京:人民教育出版社,2015