

模型的移植在解题中的应用

周 长 春

(湖南省东江师范学校 资兴 423400)

它山之石,可以攻玉。移植作为一种重要的方法和思维机制,在技术发明创造中具有非常广泛的应用。物理学中的力学、热学、电磁学、光学和原子物理学等分科,它们虽然属于不同属性或不同要素的物理现象,但这些不同属性或不同要素的物理现象间常常具有明显的关联,有质的差异的物理问题在处理上有时往往具有同一的规律;另外这些分科中的有些概念本身就是运用移植法提出来的,如将重力势能移植到电场中提出了电势能和电势的概念,将电场线移植到磁场中提出了磁感线的概念,这就为学生运用模型的移植提供了依据和可能。将移植的思维机制引入到物理教学中,不仅能使学生开阔视野,扩展思维,打开思路,给分析、推理、判断注入生机和活力,而且能实现解法的创新,思维策略的优化,并为学生创新能力的发展提供生存的土壤。

一、力学模型移植到光学问题中

例1 如图1所示,从竖直墙壁上的小孔A中沿垂直墙壁方向射出一束光线,照射到平面镜上的O点,开始时平面镜与墙壁平行,两者相距为d,平面镜绕光线入射点O逆时针以角速度 ω 匀速转动,当转到与初始位置成 30° 时,墙壁上光点A'的瞬时速度是多大?有的学生用书(如《高中物理解题题典》553页,2001年版)这样解答:当平面镜转过 30°

时,反射光与入射光间的夹角为 $\theta = 60^\circ$ 。此时平面镜经时间 Δt 转过一个微小角度 $\omega \Delta t$,而反射光线转过 $\Delta \theta = 2\omega \Delta t$,光点移动的距离为 $\Delta s = r \Delta \theta / \cos \theta = 2d \omega \Delta t / \cos^2 \theta = 2\omega d \Delta t / \cos^2 \theta$, $v = \Delta s / \Delta t = 2\omega d \cdot 4 = 8\omega d$ 。这种解法,虽然紧扣了即时速度的概念,但因采用了微元法,学生不容易接受,理解难度大,且对学生持久地保持对物理学习情感不利。因此有必要寻找更妙的解法。

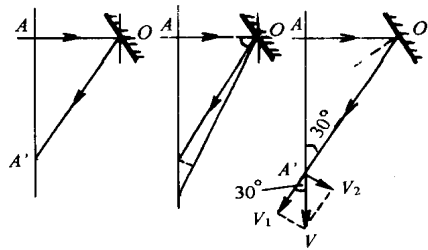


图 1

分析 这虽然是一个光学问题,但只要通过仔细观察、联想和类比,就会发现它跟力学中的一个典型运动模型很相似:如图2所示,汽车沿水平方向运

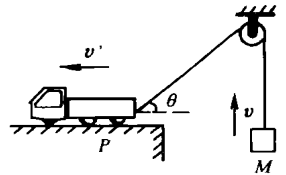


图 2

适当的导线截面,制定最佳方案。导线的选择,主要应考虑电压质量的要求,一般先按规定的电压损失计算出一个导线截面,然后再检查一下这种导线实际载流量是否超过安全载流量,最后确定一个合适的导线型号。可按下式选择导线截面:

$$S = PL / (C \Delta U) (\text{mm}^2)$$

式中 PL 为负荷距 KWm; ΔU 为电压损失百分数的数值 V; C 是常数。对三相四线制来说,铜线为 77,铝线为 46;对单相制来说,铜线为 12.9,铝线为 7.7。

八、科学规划无功需量,合理确立无功补偿

方式,提高电网功率因数

对于 10KV 高压配电网,把电容器安装在变电站 10KV 母线上进行集中补偿,安装在 10KV 线路

上进行分散补偿。补偿电容器应按照“小容量、多布点、先调查、再增加”的原则设置。对于 0.4KV 低压配电网,把电容器安装在配电室 0.4KV 母线上进行集中补偿,安装在 0.4KV 线路上或直接与单台感应电动机并联进行分散补偿。

九、提倡实行农村动力负荷与照明分开

使用的供电方式

采用这种供电方式,农民的用电秩序会大有好转,且能促进动力负荷的发展。

农村电网建设和改造是必然趋势,它有利地改善了电网结构,提高了电网健康水平,实现了电网的经济运行,使电能供需矛盾得到了根本缓解,促进了工农业的发展。

动,当运动到 P 点时,拉绳与水平方向的夹角为 θ ,若物体 M 的速度大小为 v ,求汽车的速度大小?因汽车运动引起绳子平动和转动,所以汽车沿水平方向的运动是这两种运动的合运动,由图可知, $v' = v / \cos\theta = v \perp / \sin\theta$ 。例 1 中反射光线 OA' 的运动与上述绳子的运动、光点 A' 的运动与上述汽车的运动虽然有质的差异,但只要引导学生抓住反射光线 OA' 的运动与绳子的运动、光点 A' 的运动与汽车的运动很相近,移植解答上述模型的思路和方法即可迅速求解例 1,同时还使学生深切地体验到物理的魅力和学习的快乐。

二、光学模型移植到力学问题中

例 2 如图 3 所示, A 、 B 是两根竖直立在地上的木桩,不可伸长的轻绳系在两木桩上不等高的 P 、 Q 两点, C 为光滑的质量不计的滑轮,下面悬挂重物 G 。现保持结点 P 的位置不变,当 Q 的位置缓慢变化时,轻绳的张力大小变化情况是()

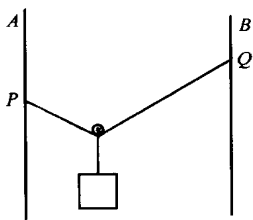


图 3

- A. Q 点上下移动时,张力不变; B. Q 点向上移动时,张力变大;
C. Q 点向下移动时,张力变小; D. 条件不足无法判断。

分析 当 Q 端移动时,两段绳子间的夹角变不变(或怎样变)是解答本题的关键。在讨论中发现,许多同学认为:当绳子的 Q 端慢慢向下(或向上)移动的过程中,两段绳子张力的合力总是等于重物的重力,随着 Q 端的下移(或上移),两段绳子间的夹角变小(或变大)了,因此 Q 端下移(或上移)时绳子的拉力变小(或变大),所以选 B、C 两项;还有少数同学认为:当绳子的 Q 端慢慢向下移动的过程中,开始两段绳子间的夹角变小,当 Q 端与 P 端处于同一高度时,两段绳子间的夹角最小,之后 Q 端再下移时,两段绳子间的夹角又开始变大,所以条件不足,无法判断,应选 D 项。其实 Q 端上下缓慢移动时,两段绳子间的夹角是恒定不变的。因为同一根绳子的张力处处相等,根据力的平衡原理可知,当 Q 端上下缓慢移动时,两段绳子与竖直方向的夹角是相等的,若能根据这一特征,设想绳 PC 、 CQ 相当于入射光线和反射光线,将动滑轮等效为一水平放置的平面镜 M ,则 Q 在平面镜 M 中所成的像为 Q' (如图 4 所示),根据平面镜成像的规律,物点和像点

关于平面镜对称,故整个绳子的长度就是线段 PQ' 的长度。因绳子不可伸缩,且两竖直杆固定,由此可知不管 Q 端是向下(或向上)移动 Q' 将始终不动,即两段绳子间的夹角也是始终不变,故只有 A 项正确。由此可见,巧妙地移植光的反射规律来解答此题,显得思路清晰,简单直观,而且非常具体形象,学生容易接受。

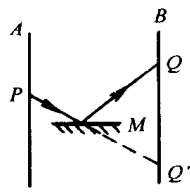


图 4

三、光学模型移植到运动学问题中

如果将质点的运动与光的传播相类比,力学中的有些弹性碰撞问题可借助于光的反射求解,运动学中的有些极小值问题还可以利用费马原理求解。

例 3 如图 5 所示,在离地高为 h ,离竖直光滑墙的水平距离为 s_1 处,有一弹性小球以初速度 v_0 向墙水平抛出,与墙发生弹性碰撞后落到地上,求落地点离墙的距离?

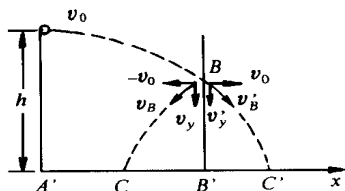


图 5

分析 小球和墙发生弹性碰撞,只改变速度的方向不改变速度的大小,若把墙壁看成是一面平面镜,小球和墙发生弹性碰撞后弹回的速度方向和碰撞前的速度方向是遵循光的反射定律的,则小球与墙碰撞弹回后作斜下抛运动的镜像是小球从抛出到碰撞作平抛运动的继续。根据图示和平抛运动的公式可得

$$\begin{aligned} CB' &= B'C' = A'C' - A'B' \\ &= A'C' - s_1 = v_0 \sqrt{2h/g} - s_1 \end{aligned}$$

通过移植光的反射及平面镜成像的模型,巧妙地将复杂的斜下抛运动转化为简单的平抛运动,既避免了繁杂的计算,优化了解题的策略,又学会了联想、类比和移植的创新方法。

例 4 A 为海上石油钻井台,与海岸相距为 $l = 9\text{km}$; B 为岸上的供应站,与 C 相距为 $L = 18\text{km}$,如图 6 所示。已知在海上乘船,航速为 $v_1 = 4\text{km/h}$;在岸上步行速度为 5km/h 。为了尽快地从 A 到达 B ,在上述条件下应

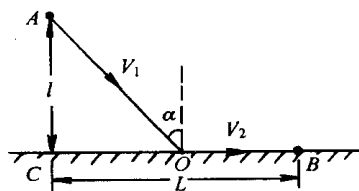


图 6

该怎么办?

分析 因为 $v_1 < v_2$, 人在海上和岸上的运动, 可视为光从光密媒质进入光疏媒质, 且正好处于全反射的临界状态。设人先乘船到达 O 点, 然后登陆, 再从 O 点步行到达 B 。根据光的折射定律

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$OC = l \operatorname{tg} \alpha = \frac{l \sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = 12 \text{ km}$$

$$OB = BC - OC = 6 \text{ km}$$

所以, 人应该先乘船在距 B 为 6 km 的 O 处登陆, 然后沿直线步行到达 B , 这是一条符合折射定律的路线, 所需时间最短。

四、力学模型移植到电磁学问题中

许多物理习题都是在典型模型的基础上, 通过添加(或取消)某些要素、或利用相同(或相近)的要素, 变换它们的背景和条件, 进行移植后形成的。如研究单摆周期在不同背景中的变化(如图 7 所示),



图 7

它就是运用背景移植形成新的物理问题。运用模型的移植解题时, 应先将题中的物理模型与熟悉的物理模型相比较, 在分析异同并找出内在的联系和相同点的基础上, 再去构建熟悉的模型与未知现象的关系。

例 5 如图 8 所示, 在竖直平面内有一场强为 $E = 10^4 \text{ N/C}$ 的水平匀强电场, 一质量 $m = 0.04 \text{ kg}$ 、带电量为 $q = 3 \times 10^5 \text{ C}$ 的小球, 用长 $l = 0.4 \text{ m}$ 细绳拴住悬于电场中 O 点, 当小球处于平衡时, 问在平衡位置以多大的速度释放小球, 则能使之在电场中做竖直平面内的圆周运动?

分析 一般学生总认为, 在竖直平面上, 做圆周运动的物体在经过圆周的顶点(或称之为最高点)时

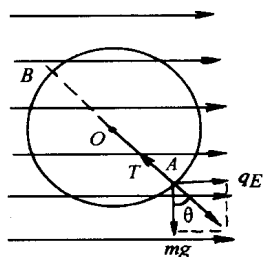


图 8

速度最小, 过圆周最低点时, 速度最大, 以至于在复合场中, 一牵涉及到最小速度或最大速度等问题就出错。这是学生在分析物理问题时, 思维的焦点往往集中在问题的表面现象上, 没有把握好重力场中的圆周运动与复合场中的圆周运动的区别, 受重力场中的圆周运动的思维定势, 束缚了学生的思路所至。其实在重力场中, 竖直平面内做圆周运动的物体由圆周的顶点向圆周的最低点的运动过程中, 由于重力做功, 沿圆周轨道的切线方向的加速度 $a_{\text{切}} > 0$, 物体做变加速运动, 速度增加; 由圆周的最低点向圆周的顶点的运动过程中, 由于重力做负功, 沿圆周轨道的切线方向的加速度 $a_{\text{切}} < 0$, 物体做变减速运动, 速度减少, 所以过圆周最低点时, 速度最大; 过最高点时速度最小, 在圆周最低点和圆周最高点时 $a_{\text{切}} = 0$; 物体静止时, 在最低点所受合力为零。正确地把握这些知识是移植模型、解答问题的关键。如图设 A 点为小球的平衡位置, 则 A 点为小球做圆周运动的“最低点”, 圆周运动的“最高点”在与 A 点同一直径上的 B 点, 从而突破解题的难点。

通过模型的移植, 无疑架起了运用旧知识解决新问题的桥梁, 既为学生的扩散思维提供了良好的载体, 又使学生的创新能力在相互关联的问题讨论中得到发展, 还进一步加深了学生对原模型的理解, 对于学生变局部的孤立思维方式为揭示某些典型问题的实质具有事半功倍的奇效。

高中物理中可供移植的问题、方法随处可得, 因此, 应重视移植对学生思维广度发展的特殊作用, 在移植过程中, 通过分析和综合、联想和类比的相互作用, 使学生的思维比较快地从个别上升到一般, 学会创新思维并形成新的思维习惯。

封面照片说明

这是一辆如微波炉大小、装备有 6 个高度灵敏轮子的火星探测车, 其主要任务是对火星表面的土壤、岩石及大气进行考察和采集, 并把有关结果通过轨道卫星传回地球。这次探测的目标是, 确定火星上是否出现过生物、明确火星气候特征、掌握火星地质特征, 为人类探索打下基础。值得一提的是, 火星探测器上还装有由香港理工大学工业中心总监黄河清博士等人设计的号称“中国筷子”的岩芯取样器, 它仅重 370 克, 具有磨、钻、挖和抓取土质样本的功能。
(李博文)