

再谈原型启发在解题中的应用

周长春

原型启发作为一种思维机制在物理教学中具有广泛的应用。《现代物理知识》2002年14第5期曾刊载了笔者《原型启发在解题中的应用》一文,现再谈一谈原型启发在解题中的其他应用。

一、应用原型启发,领悟物理过程

有时学生虽然能通过模仿或套用公式正确解答习题,但并没真正地掌握,是因为没搞清其物理过程。物理过程不清晰,将影响物理模型或物理情景的建构,从而影响问题的正确解决。许多看似复杂的物理过程,其实都是在一些典型的物理模型的基础上变换而来的。因此在物理题解教学中要先引导学生根据物理问题情景构建出典型形象,形成正确清晰的物理图景;在此基础上,再启发学生生活化构建的典型形象,将物理问题转化为物理原型。

[原型一]“一动一静”弹性正碰。

[问题1]如图1所示,质量为 m 的小车,装有光滑的圆弧轨道,放在光滑水平面上。有一质量也为

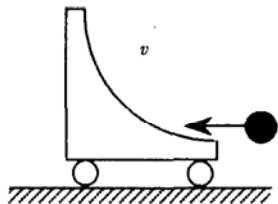


图1

m ,速度为 v 的铁球沿轨道水平射入,并沿弧形轨道上升 h ,然后下降离开小车,求小球离开小车时的速度多大?

[分析]对铁球与小车碰撞的物理过程的分析是解答此题的关键。如果学生不会对整个碰撞和相互作用的物理过程进行分析,应引导学生联想“一动一静”弹性正碰,将小车与静止的质点类比,铁球与运动质点类比,运用原型一启发学生:小球开始沿光滑的弧面上升是弹性碰撞的开始;从开始碰撞到小球上升到最大高度 h ,这是碰撞中的形变过程。在形变过程中,小车做加速度增大的加速运动,铁球做加速度增大的减速运动;接着,小球再又沿弧面滑到底端,这是弹性碰撞的恢复过程。在恢复过程中,小车做加速度减小的加速运动,铁球做加速度减小的减

速运动。最后,小球离开小车的瞬间意味着碰撞的结束。因为水平方向动量守恒且小球与小车的质量相等,则在碰撞结束后它们实现了速度交换,故小球离开小车时的速度为零做自由落体运动,而小车的速度为 v 。

二、应用原型启发,解决一类问题

许多形异质同的物理问题,其解题思路具有相似性。在题解教学中要引导学生在突破一个问题的基础上,学会运用原型启发,解决同一类物理问题。

[原型二]如图2所示,长为 L ,质量为 m_1 的小船停在静水中,质量为 m_2 的人立在船头,不计水的阻力,当人从船头走到船尾时,船和人对地的位移各是多少?

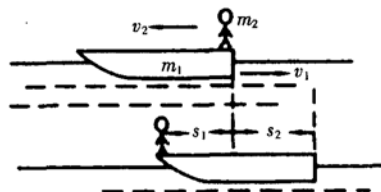


图2

[分析]这是典型的人船模型。人和船组成的系统,原来静止,在人从船头走到船尾的过程中,系统在水平方向不受外力,则系统水平方向的总动量始终守恒且为零;当人加速前进时,船同时加速后退,当人匀速前进时,船同时匀速后退,当人停下时,船也停下。设某时刻人和船对地的速度为 v_2 和 v_1 ,选人前进的方向为正,则 $m_2v_2 - m_1v_1 = 0$, $v_1/v_2 = m_2/m_1$ 。因为人从船头走到船尾全过程的每一时刻都满足动量守恒,所以每一时刻上式都成立。则人从船头走到船尾的过程中,人对地的位移 s_2 与船对地的位移 s_1 之比也等于他们的质量反比,即 $s_1/s_2 = m_2/m_1$ 。从图2中可知 $s_1 + s_2 = L$,所以 $s_1 = m_2L/(m_1 + m_2)$, $s_2 = m_1L/(m_1 + m_2)$ 。这是人船模型的基本公式,其物理意义是人、船对地位移与其相对位移和对方的质量之积成正比,与系统的总质量成反比,且与运动的性质无关;人船模型的适应条件是一个原来处于静止的系统,且在系统发生相对运动的过程中,至少有一个方向动量守恒。

[问题2]如图3所示,四个不同形状,质量均为 M 的小车停在光滑水平面上。小车上质量为 m 的滑

块,由静止开始从一端滑到另一端。求在此过程中,小车和滑块对地的位移是多少?

[分析]将小车与船类比,将滑块与人类比,会发现这是形异质同的人船模型的典型变形,从图中可直观地看出四种情况下滑块对车的相对位移,从而简捷地解决问题。

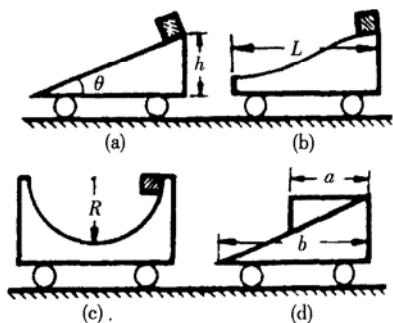


图 3

[问题 3] 如图 4 所示,质量为 m_1 和 m_2 的两个人,站在长为 L 、质量为 M 的小车的两端,静止在光滑的水平面上。试分析:当两人交换位置后,车相对地向什么方向移动?

[分析]把车与船类比,用等效的方法可将问题转化为原型二——因为根据人船模型可知,车的位移与人的运动性质无关。先假设 m_2 相对车不动,当 m_1 向右相对车走动时,此过程相当人船模型,车的等效质量为 $(M+m_2)$,设此时车向左移动了 $l_{左}$ 的距离;再假设 m_1 相对车不动,当 m_2 向左相对车走动时,此过程也相当人船模型,此时车的等效质量为 $M+m_1$,设此时车向右移动了 $l_{右}$ 的距离。由人船模型基本公式可知 $l_{左} = m_1 L / (M+m_1+m_2)$, $l_{右} = m_2 L / (M+m_1+m_2)$,所以,两人交换位置后车的位移为 $\Delta l = l_{右} - l_{左} = (m_2 - m_1)L / (M+m_1+m_2)$,然后引导再学生分 $m_1 = m_2$ 、 $m_1 > m_2$ 、 $m_1 < m_2$ 等三种情况讨论位移的方向。

三、应用原型启发,学会创新思维

物理学的发展过程,都是由已知探求未知不断完善的过程,原型启发在物理学的发展中曾发挥了重要作用,如惠更斯受声波的启示提出了光的波动说,库仑受万有引力定律的启示,在实验基础上建立了库仑定律。一个人在学校学到的知识是非常有限

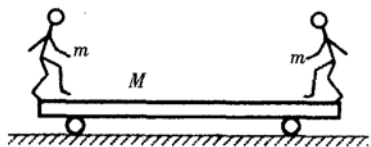


图 4

的,而将来遇到的问题却是多种多样的,因此在教学中要引导学生学会根据已学过的知识去解决新问题。

[原型三]水波

[问题 4] 如图 5 所示,波源 S 的振动频率 $f = 100\text{Hz}$,产生的简谐横波分别沿水平方向朝左、右传播,波速大小 $v = 80\text{m/s}$,途中经 P、Q 两点。已知 $SP = 4.2\text{m}$, $SQ = 5.4\text{m}$ 。(1)某时刻 t , S 点通过平衡向上运动,此时刻 P、Q 各在什么位置?(2)取上述时刻 $t = 0$,分别画出 S、P、Q 三点的振动图像。

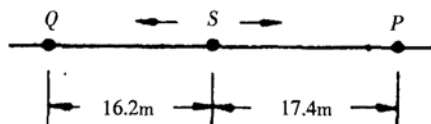


图 5

[分析]学生解此题时往往把向左向右传播的波当作一列波,这是因为高二教科书中是以绳波为例来说明波是怎样形成和传播的,且没有涉及同时向左向右传播和向四周空间传播的机械波是怎样传播。若能引导学生从水波的传播中得到启示:振源产生的振动同时向左向右传播,任何时刻在左右双方形成的波都是以通过振源 S 的竖直面互为对称的两列波。当振源通过平衡位置向上振动时,左、右双方离振源距离为 $\lambda/4$ 的两质点恰好到达下方最大位置处,因此该时刻的波形如图 6 所示。画出这个波形图,问题就迎刃而解了。



图 5

[问题 5]这是高二教科书中的一道习题。当两列波发生干涉时,如果两列波的波峰在 P 点相遇,下列说法正确的是:

- A. 质点 P 的振动始终是加强的
- B. 质点 P 的振幅最大
- C. 质点 P 的位移始终最大
- D. 质点 P 的位移有时为零

[分析]在以往的教学中发现学生能很快地选择 A、B、C 三个选项,错选 C、漏选 D,造成解答错误。学生对 C 选项错误、D 选项正确很难理解的原因是因为学生用静态的观点从教材《波的干涉的示意图》中得到错误的启示,没有结合波的干涉实验和水波的传播用动态的观点对波的干涉示意图进行理性思考

现代物理知识

物理学大师与音乐的不解之缘

王骁勇

我在阅读物理学家的传记时，发现一个十分有趣的现象：很多物理学大师都是音乐爱好者，他们所从事的科学活动与音乐有着千丝万缕的联系。我们知道，物理学研究，主要运用的是逻辑思维和数学语言，其创造性劳动的特点重在“现实主义”；而从事音乐活动则主要是运用形象思维和艺术语言，所体现的风格重在“浪漫主义”。这两种思维方式看上去是完全相反的，可是它们竟如此神奇地统一在那些物理学家的身上。这是什么原因呢？本文想对此作一番探讨。

他们酷爱音乐

很多物理家极具音乐天赋，现举两个典型例子。

海森伯对音乐就特别敏感，8岁时开始弹奏钢琴，很快就达到熟练程度，在十三四岁时已进阶到经典音乐作品之中，不久便成为一位室内音乐演奏家。钢琴二重奏、三重奏和四重奏使他感到无穷的乐趣。那时，他曾思考是否做音乐家，但终究还是选择了最喜欢的物理学。

第一次世界大战之后，德国出现过一次全民性的教育运动，海森伯积极投入了这一运动。他不但给工人和士兵们上天文学，还和一位音乐学院的女生一起向他们介绍莫扎特的歌剧，课上得非常成功。

1924年，海森伯第一次来到哥本哈根，玻尔研究所的年轻同行们给他留下的深刻印象是：“这些来自地球上极不相同国家的年轻物理学家远胜过我。他们中大部分掌握着好几种外国语，能完美地演奏乐器，而且主要是对近代物理懂得比我多。”由此可见，那些青年物理学家在音乐造诣上都不是等闲之辈。

海森伯终身热爱音乐。他逝世之后，悼词是这样评价他的：“他首先是天生的人，其次才是卓越的科学家，然后是一个近乎具有创造才能的艺术家，而第四才是出于责任感的政治人物。”

下面我们再来看看费恩曼的音乐天才是何等惊

人。

1949~1951年，费恩曼在巴西访问和工作期间参加了一个民间乐队，学习“邦哥鼓”，从而在当地出了名。他们的乐队在一次比赛中还得了奖。回到美国后，他继续练习击鼓，得到了很多人的欣赏。有一位专业艺术家创作了一出芭蕾舞剧，全剧都用费恩曼的鼓声来伴奏。这出芭蕾舞剧后来在巴黎的一次比赛中得了第二名。

当然，介绍物理学家对音乐的爱好是不能不涉及爱因斯坦的。

爱因斯坦的妈妈能弹会唱，非常喜欢贝多芬，尤其喜爱他的奏鸣曲。由于她的影响，全家人都热爱音乐和德国古典文学。爱因斯坦的爸爸和叔叔都有数学天分和兴趣。因此，爱因斯坦从小就受到音乐和数学的熏陶。从6岁上小学起，他就在音乐老师的指导下开始学小提琴。由于老师指导不得法，起初学习并不顺利。爱因斯坦以自己的苦练弥补了这一不足。经过7年的努力，他可以演奏莫扎特的奏鸣曲了，并感受到其中优美的激情。从此，莫扎特和欧几里德陪伴他走过一生。

说到这里，还得讲到普朗克，这不仅仅因为他是爱因斯坦在科学事业上的老师和同事，也不仅仅因为他是爱因斯坦人生道路上的朋友和兄长，而且也是爱因斯坦音乐爱好的知音。

普朗克的母亲出身于牧师家庭，性情活泼、感情丰富。在她的影响下，幼时的普朗克就表现出音乐才能，钢琴和手风琴都弹得很好。1874年高中毕业，在选择大学的专业时，他就在音乐、语言文学和自然科学之间徘徊，几经斟酌才选定了自然科学。但他对音乐的爱好终身不衰，成为他生活中的一种消遣。他在



和理解，思维停留在某一时刻波的干涉情况上。运用波的干涉实验和水波的传播的物理原型去启迪学生，学生就很快能做出正确的解答，这样既学会了创

新思维，又学到了教材中没有涉及的隐含的知识，加深了对波的干涉示意图的理解。

(广东省佛冈中学 511600)