

辨析建构物理模型破解实际情境问题

汤守平 谢玉荣

(对外经济贸易大学附属中学 北京 朝阳 100015)

(收稿日期:2021-02-15)

摘要:介绍了3种常见物理模型,阐述了辨析、建构物理模型的4种方法,以及如何通过审题和多题归一训练,来实现建构物理模型破解实际情境问题,发展学生的科学思维能力。

关键词:辨析 建构 物理模型 实际情境 问题解决

基础教育改革正迈向核心素养的新时代,基于核心素养的命题也随之改革,试题的命制将包括立意、情境、设问3个方面,考试评价将更多通过创设实际问题情境来考查学生物理学科核心素养的发展水平.在具体实际情境中解决具体问题有助于学生建立物理概念,探究物理规律,形成良好的科学思维.而解决实际情境问题的能力,往往取决于学生将情境与知识相联系的水平.

教学实践证明高中阶段学生由于对于物理模型缺乏清晰的认识,因此,很难对有效信息与干扰因素进行准确区分,自然也就无法将实际情景简化为简单的物理模型,而这也使得情景题的解题难度大大增加.因此,在教学中需要重视建构物理模型思维方法的培养.

1 能将情境与知识相联系 首先要认识物理模型

百度百科中关于物理模型是这样定义的:研究和解决物理学问题时,舍弃次要因素,抓住主要因素,建立的概念模型就叫物理模型(physical model).这个方法称为构建物理模型.学生在研究生活中的实际情景问题建构物理模型时,首先需要熟悉已学过的物理模型及其特点.物理模型根据其特点,一般可分为3类:对象(物质)模型,条件模型,过程模型.

“对象模型”是指理想化的物质研究对象,如杠杆、轻弹簧、质子、单摆、弹簧振子、分子模型、绝缘材料、黑体、理想导体、绝缘体、理想电表、纯电阻、无限长螺线管、薄透镜、原子的核结构模型等.

“条件模型”是指研究对象所处的条件模型化,

因此而建立的模型被称为条件模型.如光滑平面,斜面足够长,当重力远远小于电场力可忽略不计,单摆在小角度下的运动视为简谐运动,均匀介质,均匀电场等.

“过程模型”是具体的物理过程理想化,抽象的纯物理过程被称为过程模型.力学中如匀速直线运动、匀变速直线运动、自由落体运动、竖直上抛运动、平抛运动、匀速圆周运动、简谐运动等,电学中如电容器的充电和放电、电磁振荡、电磁感应中的导体棒做先变加速后匀速的运动等,热学中如等温、等容、等压变化等.

2 将情景转化成对应物理模型的4种方法

在科学领域,模型被视为对真实世界的一种表征,建模是建构或修改模型的动态过程,即从复杂的现象中,抽取出能描绘该现象的元素或参数,并找出这些元素或参数之间的正确关系建构足以正确描述、解释该现象的模型的过程.将具体问题情景转化成模型是一种科学思维方法,是问题解决中非常关键的一个环节.根据物理情景和物理模型之间的关系,可以将高中物理习题分为以下4类:

2.1 根据情景的特征直接找到匹配的模型

【例1】(2018年高考北京卷理综第22题)2022年将在我国举办第二十四届冬奥会,跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一.某滑道示意图如图1所示,长直助滑道AB与弯曲滑道BC平滑衔接,滑道BC高 $h=10\text{ m}$,C是半径 $R=20\text{ m}$ 圆弧的最低点.质量 $m=60\text{ kg}$ 的运动员从A处由静止开始匀加速

下滑,加速度 $a = 4.5 \text{ m/s}^2$, 到达 B 点时速度 $v_B = 30 \text{ m/s}$. 取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- (1) 求长直助滑道 AB 的长度 L ;
- (2) 求运动员在 AB 段所受合外力的冲量 I 的大小;
- (3) 若不计 BC 段的阻力, 画出运动员经过 C 点时的受力图, 并求其所受支持力 F_N 的大小.

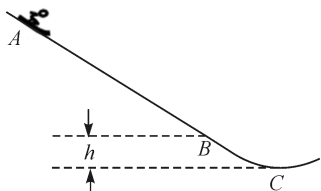


图1 例1题图

此类习题建模关键在于模型的准确识别, 相对比较容易. 比如例1题中, 通过辨析可知运动员可视为质点对象模型; 运动员在长直助滑道 AB 段的运动为斜面上匀加速直线运动过程模型; 弯曲滑道 BC 段的运动可视为圆周运动过程模型. 之后即可运用熟悉的物理规律求解.

2.2 将当前情景进行转化 通过转化后的情景特征找到匹配的模型

【例2】(2019年高考北京卷理综第24题) 雨滴落到地面的速度通常仅为几米每秒, 这与雨滴下落过程中受到空气阻力有关. 雨滴间无相互作用且雨滴质量不变, 重力加速度为 g . 其中第(3)问: 由于大量气体分子在各方向运动的几率相等, 其对静止雨滴的作用力为零. 将雨滴简化为垂直于运动方向面积为 S 的圆盘, 证明: 圆盘以速度 v 下落时受到的空气阻力 $f \propto v^2$ (提示: 设单位体积内空气分子数为 n , 空气分子质量为 m_0).

解析: 根据题设条件, 大量气体分子在各方向运动的几率相等, 其对静止雨滴的作用力为零. 以下只考虑雨滴下落的定向运动. 简化的圆盘模型如图2所示.

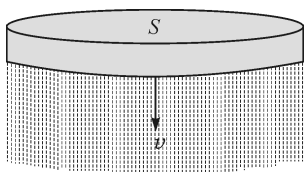


图2 例2题图

设空气分子与圆盘碰撞前后相对速度大小不

变. 在 Δt 时间内, 与圆盘碰撞的空气分子质量为 $\Delta m = Sv\Delta tnm_0$. 以 F 表示圆盘对气体分子的作用力, 根据动量定理, 有 $F\Delta t \propto \Delta mv$, 得 $F \propto nm_0Sv^2$, 由牛顿第三定律, 可知圆盘所受空气阻力 $f \propto v^2$, 采用不同的碰撞模型, 也可得到相同结论.

此类问题建模的关键在于情景的转化, 将当前情景转化为学生已熟悉的物理情景, 再进一步找到与之匹配的物理模型. 例2在求解与圆盘碰撞的空气分子质量为 $\Delta m = Sv\Delta tnm_0$ 时, 需要将圆盘碰撞的分子组合成的空气情景转化成流体柱状模型图2, 圆盘的运动过程可视为匀速运动过程模型. 还比如2005年高考北京卷理综第25题电磁炮问题, 需要通过分析将置于匀强磁场中导轨上的炮弹, 转化为匀加速切割磁场运动的通电直导线, 问题会迎刃而解.

2.3 分割物理情景转化为已知模型

此类习题是需要将当前情景进行分割, 通过分割后的多个图景特征才能找到相应匹配的多个模型, 然后将多个模型进行重组. 此类习题所呈现的情景往往比较接近实际生活, 建模关键在于把复杂的情景分割为几个熟悉的情景. 如图3所示, 研究法拉第实物发电机对外供电原理, 可以通过辨析首先将其转化为图4的物理情景, 即圆盘发电机, 再进一步分解为熟悉的导线在匀强磁场中旋转切割磁感应线的图5所示模型, 以及将整个供电电路转化为闭合电路图6所示的模型. 此类习题的建模关键在于情景的分割与转化.



图3 法拉第实物发电机

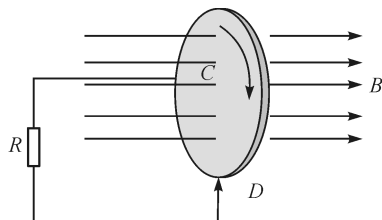


图4 圆盘发电机原理示意图

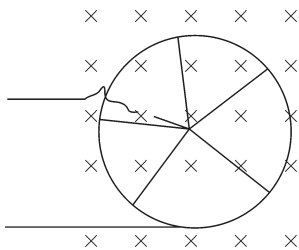


图5 导线在匀强磁场中旋转切割示意图



图6 法拉第实物发电机供电电路转化图

2.4 没有与当前情景相关的熟悉模型 需要基于基本规律方法建构模型

此类习题找不到已学的物理模型进行求解,只能从已学的相关基本规律出发,运用基本方法进行解题思路的建构,从而完成问题的解决,这种问题解决过程需要学生按照模型建构的路径自己探索建构新的物理模型。

【例3】(2015年高考北京卷理综第20题)利用所学物理知识,可以初步了解常用的公交一卡通(IC卡)的工作原理及相关问题。IC卡内部有一个由电感线圈 L 和电容 C 构成的 LC 振荡电路。公交车上的读卡机(刷卡时“嘀”的响一声的机器)向外发射某一特定频率的电磁波。刷卡时,IC卡内的线圈 L 中产生感应电流,给电容 C 充电,达到一定的电压后,驱动卡内芯片进行数据处理和传输。下列说法正确的是()

- A. IC卡工作所需要的能量来源于卡内的电池
- B. 仅当读卡机发射该特定频率的电磁波时,IC卡才能有效工作
- C. 若读卡机发射的电磁波偏离该特定频率,则线圈 L 中不会产生感应电流
- D. IC卡只能接收读卡机发射的电磁波,而不能向读卡机传输自身的数据信息

此题是一个常见的生活实际情景,但其使用原理是陌生的。磁卡实际上相当于电感线圈 L 和电容 C 构成的 LC 振荡电路(为了降低难度,题中给出了提示),读卡器相当于不同的磁化区,读卡原理相当于电磁感应及闭合电路电磁充放电原理。此题需要根据题中所述实际具体情境进行模型建构,分析解决实际情境问题。

3 学会建构模型 培养正确科学思维方法

3.1 加强学生审题分析训练 提升情景转化为模型的能力

首先,解决问题的过程中要善于对复杂的问题进行分解,分析问题的过程中要学会找准相关问题的联系,将问题简化分为3个小问题:问题是什么?为什么?怎么解决?

其次,要从多种角度和途径对物理问题的表征进行分析,找到问题解决的出发点,学会放弃无关紧要的信息干扰,挖掘出信息的“题眼”。常见的分析突破口包括文字表征、数学表征、图形表征、示意图表征等。

其三,运用类比的方式摸清楚问题线索,充分利用现有知识结构的相关信息,提取实际情境中的有效信息,并将新问题与已有信息进行比较,找出两者之间的联系,利用这种类比的相似性丰富问题解决的途径。

3.2 加强多题归一揭示模型本质特征的训练

要提高学生在物理问题解决中的建模能力,教师应引导学生熟悉模型的本质特征,让学生能在具体问题中透过现象识别、发现模型。多题归一是揭示模型本质特征的有效教学策略。多题归一是指把多个表面上物理情景不同但实质上相同的题目归成一类,找出它们的共同特点,用同一个物理规律去解答,即多个题目、多种物理情景解答所用的物理规律相同,以实现认识一类物理现象的共同规律。多题归一可以实现触类旁通的教学效果,即学生一旦掌握了一类问题的一般特点后,能够从这个一般的特点出发,去解决新遇到的同类或相似类别的问题,达到知识的迁移运用。

科学建模一个核心的特征是学生如何从自然现象中抽象出物体和事件的关键特征,将生活中的物和事概念化为物理上可解读的信息,这个过程即科学建模中典型的认知过程。这个过程中,学生需要经历推理、类比、想象等,以支撑其实践活动的发展,而这个过程,也会促进其科学思维水平的进阶。

参考文献

- 1 史献计. 物理模型建构的心理过程分析[J]. 物理教师, 2005(4):7~8
- 2 李春生. 物理模型方法浅谈[J]. 物理教学, 1996(8):19~22
- 3 张静,郭玉英. 物理建模教学的理论和实践简介[J]. 大学物理, 2013, 32(2):25~30