

习题设计从理想模型回归真实情境

屠旭滨

(浙江大学附属中学 浙江 杭州 310007)

(收稿日期:2021-08-08)

摘要:传统课堂过分强调理想模型的教学,学生缺乏对真实情境问题做理想化处理的经历,学生将实际问题中的对象和过程转换为物理模型的能力很弱.基于两种理想模型和模型建构素养学业水平的分析,从物理对象的真实化和物理过程的真实化两条途径设计情境化习题,让物理习题从理想模型回归真实情境,提高学生建构模型解决实际问题的能力.

关键词:习题设计 理想模型 真实情境 模型建构 真实化

1 问题的提出

传统课堂过分强调理想模型的教学,往往直接给出物理对象和物理过程简化后的物理情境,学生缺乏对真实情境问题做理想化处理的方法和能力,很难抓住物理对象和过程的本质特征,学生将实际问题中的对象和过程转换为物理模型的能力很弱.平时练习中大量出现以理想模型为背景的习题,严重制约了学生应用物理知识实际问题能力的发展.

《普通高中物理课程标准(2020年修订)》教学建议中提出:在教学设计和教学实施过程中重视情境的创设,应用物理知识解决具体问题必须结合真实的情境,通过解决生产生活中的真实情境问题促进物理学科核心素养的达成.新颁布的《中国高考评价体系》明确指出“情境”是实现“四层”考查内容和“四翼”考查要求的载体,当前指向核心素养测评的高考试题普遍以真实情境问题为背景,突出考查物理建模能力,要求学生分析实际问题中的关键特征和主要因素,建构合适的物理模型运用学过的物理知识实际问题.

2 高中物理教材中常见的两种理想模型

物理模型是对实际问题中的物理研究对象及其过程进行抽象概括后形成的理想化物理图景.高中物理教材中主要有两种理想模型,一种是物理对象模型,是对实物、装置和环境的理想简化,常见的对

象模型有质点、点电荷、单摆、弹簧振子、轻绳、轻杆、轻弹簧、理想变压器、平行光、均匀介质、匀强电场、匀强磁场等;一种是物理过程模型,是对实际物理过程的理想简化,常见的过程模型有匀速直线运动、匀变速直线运动、自由落体运动、平抛运动、匀速圆周运动、简谐运动、弹性碰撞、等温变化等.

理想模型的建构需要对真实情境进行抽象.在新课教学中要重视对教材中对象模型和过程模型这两种理想模型的学习,要让学生经历模型建构的过程,教师提出真实情境问题,引导学生采用抽象概括、类比联想、等效替代等思维方法抓住本质特征,把实际的研究对象和研究过程的本质特征抽象出来,根据本质特征建构理想模型.

理想模型的应用需要对真实情境进行转换,运用物理知识实际问题能力的高低,往往取决于学生能否把实际问题中的真实情境转换成物理模型,习题教学要大力开发使用情境化习题,重点引导学生分析真实情境问题的关键特征和主要因素,从情境材料中准确提炼有用信息、识别提取理想模型.

3 模型建构素养的学业水平分析

“模型建构”是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程.模型建构是科学思维的核心要素,建模能力是科学思维的重要能力指标.依据物理课程标准的学业质量水平划分,笔者重新列出模型建构素养每级学业水平的表现性描述和具体化要求,如

表1所示,由表1可知,水平1到水平5逐层递进,其中水平1,2,3仅涉及模型的辨识、应用与选用,没有涉及建构模型,水平4,5涉及建构模型,主要是通过

建构对象模型和过程模型解决实际问题,将实际问题的对象和过程转换为物理模型是解决实际问题的基础.

表1 模型建构的素养水平划分

水平	表现	具体要求
水平1	能认识常见物理模型的主要特征	辨识模型
水平2	能在熟悉的问题情境中应用常见的物理模型	应用模型
水平3	能在熟悉的问题情境中根据需要选用恰当的模型解决简单的物理问题	选用模型
水平4	能将实际问题中的对象和过程转换成物理模型	建构模型(对象和过程) 解决实际问题
水平5	能将较复杂实际问题中的对象和过程转换成物理模型	建构模型(对象和过程)解决 较复杂的实际问题

水平2是高中学业水平合格性考试的命题依据,水平4是用于高校招生录取的学业水平等级性考试的命题依据,水平5可以认为是高水平大学自主招生考试命题的依据.从培养物理建模能力的角度审视相关习题,其境界由低到高可分为5个水平层次,我们平时的习题教学安排和核心素养测评试题的命制,要注意习题对应的不同素养水平层次.

例如,在命制运用运动与相互作用观念分析解决汽车减速问题的3道习题中(表2),要应用质点模型和匀减速直线运动模型估算作用力,每道习题所测评的模型建构素养水平不同.习题一的问题情境

是汽车取消动力后滑行,明确指出“假定试车过程汽车受到的阻力不变”,考查在熟悉的问题情境中应用质点模型和匀变速直线运动模型,属于水平2层次.这类题目虽然以生活实际为背景,但经过编者加工,已经变成一个理想化模型,要真正培养学生建构模型的能力,学生需要在真实情境下通过建构对象模型和过程模型来解决实际问题.习题二和习题三才是真正意义上的真实情境下物理模型的建构,考查把实际问题中的对象和过程转换成物理模型的建模能力.习题三与习题二相比,要解决的实际问题比较复杂,更接近解决原始物理问题.

表2 模型建构的素养测评样例

题号	内容	水平	关键特征
习题一	在平直路面上,质量为1100 kg的汽车在进行研发测试,当速度达到100 km/h时取消动力,经过70 s停了下来,汽车受到的阻力是多少?假定试车过程中汽车受到的阻力不变	水平2	在熟悉的问题情境中把汽车看作质点模型,汽车的运动看作匀减速直线运动模型
习题二	一辆在高速公路上正常行驶的汽车,由于前方发生事故,驾驶员从踩下刹车到汽车完全停止需要的时间为5 s,据此可估算出安全带对驾驶员的作用力大小最接近() A. 40 N B. 400 N C. 4 000 N D. 40 000 N	水平4	在估算刹车时安全带对驾驶员作用力的实际问题中,把驾驶员看作质点,把驾驶员的运动看作匀减速直线运动.刹车过程中只考虑安全带对驾驶员的作用力,忽略其他部位对驾驶员的作用力
习题三	有些人认为婴儿由成人抱着坐在汽车里很安全.请你估算一下,在一次发生在很短时间的撞车中,需要多大的力才能抱住婴儿?	水平5	在论证撞车时汽车里成人抱婴儿安全性的实际问题中,把手上的婴儿看作质点,把撞车的过程抽象成很短时间内的匀减速直线运动,需要自己设置碰撞时间和初速度等物理量

4 习题设计回归真实情境的两条途径

以提升素养为目标的习题设计需要立足真实情境,培养通过建构模型解决实际问题的能力.教学中以自然界和生产生活中真实存在的现象为题材的习题,叫情境化习题,开发选用的情境化习题,尽量向学生提供原始问题的真实素材,把真实化的情境作为题目的背景,让“从实际问题中抽象出物理模型”这个工作由学生完成,重点训练学生把实际问题中的对象和过程转化为物理模型.因此,我们主要从物理对象的真实化和物理过程的真实化两条途径设计情境化习题,让物理习题从理想模型回归真实情境,体现物理以“物”讲理、见“物”思理的学科特点,真正培养学生在真实情境中建构合适的物理模型运用学过的物理知识解决实际问题的能力.

4.1 物理对象的真实化

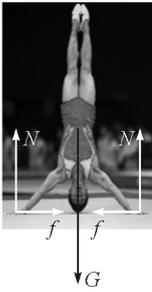
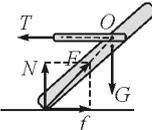
物理对象模型是对实物、装置和环境的理想简化,平时练习中如果过多出现质点、轻杆、弹性小球等这些理想化对象模型为背景的习题,过分强调变压器、灯泡、弹簧等器件的理想化特征,甚至有部分教师以超“大纲”为由排斥非理想化器件,这样会使学生形成思维定势,导致学生只能认识理想化的对

象模型,只会解决理想化的问题,严重制约学生应用物理知识实际问题能力的发展.

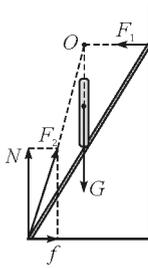
以质点为例,在平时的练习中,学生见得最多的可视为质点的物体往往都是规则的球形、矩形等,这些形状规则的物体就是学生心目中的“质点”,如果碰到一个从没见过的不规则形状的物体,学生经常会手足无措^[1].因此,物理习题设计要大量减少小球、滑块、斜面等理想化的研究对象,要以真实情境中的物体作为研究对象,把真实化的情境作为题目的背景,研究对象从常见的小球、滑块、斜面变为真实的事物原型,这样可以使物理问题更真实,有利于考查学生在真实情境中运用学过的知识解决实际问题的能力.

下面以真实情境下一般物体三力平衡问题的习题设计为例(表3),把简洁而真实的情境作为题目的背景,引导学生合理建构问题研究的物理模型,通过画受力图把现实原型转换为理想模型后分析解决三力平衡问题.基于自由体操选手倒立、拔河比赛、爬梯子等这些真实情境设计物理习题,以真实情境中的物体作为研究对象,使受力问题的分析变得更加真实、更加生动,更能提高学生在真实情境中运用物理知识解决实际问题的能力.

表3 真实情境下一般物体的三力平衡问题

情境图	情境描述	问题设计	受力图	分析思路
 体操选手倒立	自由体操选手倒立时,两手臂对称支撑,夹角为 θ ,运动员竖直倒立保持静止状态	当两手臂夹角 θ 变大时,请分析地面对运动员的作用力、单手对地面的正压力和单手对地面的作用力分别如何变化		根据三力平衡汇交原理(3个不平行的力如果平衡,则该3力必定共点),左右两边地面对单手的作用力(支持力和摩擦力的合力)方向一定与重力方向汇交一点,地面对单手作用力方向与竖直方向的夹角随两手臂夹角变大而变大,故地面对单手作用力变大
 拔河比赛	国际拔河比赛规定每个队由8名运动员组成,按8名运动员体重的总和,分成若干重量级别,同等级别的两个队进行比赛	专业的拔河运动员在拔河时身体向后倾倒,跟地面的夹角很小,请解释为什么要这样做		以所有的运动员为研究对象,把运动员视为受3个共点力作用的平衡物体,即运动员受重力 G 、绳的水平拉力 T 以及地面对脚的作用力 F (水平分力为静摩擦力 f 、竖直分力为地面支持力 N).运动员身体向后倾倒可以使地面对脚的作用力 F 与地面的夹角变小,在支持力不变的情况下有利于增大静摩擦力,以增大绳子拉力,获得拔河胜利

续表 3

情境图	情境描述	问题设计	受力图	分析思路
	看见某人沿着斜靠在墙上的梯子向上攀登时,担心梯子的下端会滑动而产生安全问题	请用力的平衡规律探究,为什么人在梯子上的位置越高梯子下端越容易滑动		把人视为质点,忽略梯子的质量、梯子上端与墙之间的摩擦力等次要因素,把人和梯子合起来作为受共点力作用的研究对象,该对象受重力 G 、墙的支持力 F_1 、地面对梯子的作用力 F_2 3力的作用,3力共点于 O ,合力为零.随着人在梯子位置的上移, O 点向墙平移, F_2 和地面的夹角减小,因地面的支持力大小不变,故梯子平衡所需要的静摩擦力 f 增大,梯子不安全程度增加

4.2 物理过程的真实化

物理过程模型是对实际物理过程的理想简化,物理学中很多理想化的过程模型,是从实际中抽象出来的,抽象出来的理想模型是解决实际问题的重要手段,需要积极运用理想模型解决社会生活中的一些实际运动过程.物理学科的模式教学不能从抽象走向抽象,纸上谈兵,应该是从形象走向抽象,从生活感受走向理想模型.物理一定是源于生活高于生活的,我们应致力于挖掘模型背后的生活背景和来源,使学生分析问题不再是空想,而是在一定生活经验基础上的理性思维,这样才有利于培养物理学科的科学思维^[2].

以板块的相对滑动过程为例,我们设计情境化习题让学生运用理想模型分析解决实际运动过程,使学生对物理模型和生活现象有更深刻的理解和联系.首先通过呈现卡车紧急刹车的照片创设真实的生活情境,如图1所示,让学生进行定性分析,卡车为何不能紧急刹车,卡车紧急刹车后为什么会带来如此严重的后果,通过分析生活中此类现象丰富感性认识,为进一步抽象出物理模型做准备;然后设计一道紧扣生活实际的情境化习题,如图2所示,驾驶员刹车使平板车做匀减速运动,为使货箱不发生相对滑动和不撞击驾驶室,让学生分别定量计算刹车时允许的最大加速度,使学生逐渐从生活走向纸面和抽象;接着进行去情境化的抽象模型教学,讨论板块的相对滑动过程,引导学生进一步分析总结何种情况下板块共速之后可以一起减速,何种情况下板块共速之后仍然会发生相对滑动;最后再设计一道情境化习题回归生活情境,如图3所示,在餐饮高峰期服务员需要用最短的时间将菜肴送至顾客处,已

知托盘和手、碗之间的动摩擦因数分别为0.2和0.125,服务员上菜最大速度为2.5 m/s,要给10 m远处的顾客上菜,让学生分析计算服务员运动的最大加速度和上菜所用的最短时间.



图1 卡车紧急刹车的情形

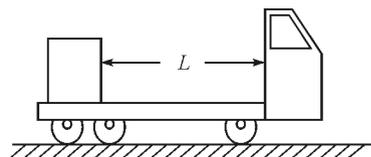


图2 载有货箱的平板车



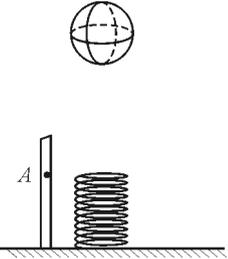
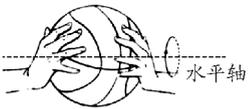
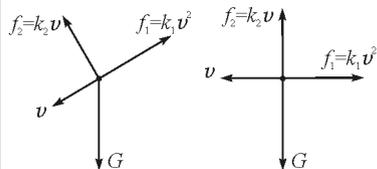
图3 服务员单手托盘上菜

下面以真实情境下与阻力有关的运动过程分析问题的习题设计为例,如表4所示,分3种情况列举与阻力作用有关的实际运动过程.第一种是可以忽略阻力的影响,把实际的运动过程简化抽象为理想化的运动过程,第二种是要考虑阻力的影响,把实际阻力近似看作大小不变,第三种是要考虑阻力是变力,阻力大小与运动速度大小有关.对于质点在空中的运动,我们一般是不考虑它受到空气阻力,而真实

情境中的实际物体不但要考虑它受到空气阻力,而且还要考虑所受空气阻力是随着运动速度的增大而增大的,真实的物体在真实情境中的运动会产生较为复杂的物理过程,对学生思维有更高的要求.将这

样的研究对象和运动过程作为习题设计的背景一定会激发学生的学习兴趣,通过分析解决实际运动过程问题,提高学生在新情境中建构合适的物理模型运用物理知识解决实际问题的能力.

表4 真实情境下与阻力有关的运动过程分析

类型	情境描述	问题设计	分析思路
忽略阻力的影响	<p>一些男生喜欢通过摸篮板下边沿来比较彼此的弹跳力</p> 	<p>小姚某次在篮板正下方原地起跳,手指恰好能摸到板的下边沿,请估算小姚起跳时克服重力做功的功率</p>	<p>起跳离地后可忽略空气阻力的影响,把小姚重心的运动看作竖直上抛,通过测量原地站立手臂竖直伸直时的指尖高度和篮板下沿的离地高度,估算出起跳时的初速度</p>
阻力大小看作不变	<p>篮球从弹簧正上方某一高度静止下落,撞击弹簧后反弹,多次反弹后静止在弹簧的上端</p> 	<p>若篮球运动时受到的空气阻力大小恒定,忽略篮球与弹簧碰撞时的能量损失和篮球的形变.在地面上竖直固定了刻度尺和轻质弹簧,弹簧原长时上端与刻度尺上的A点等高.已知篮球质量、刚开始释放的高度、第一次反弹至最高点的高度、第一次撞击时弹簧的最大形变量、最后静止时弹簧的形变量和弹性势能.求:</p> <p>(1) 在运动过程中受到的空气阻力;</p> <p>(2) 在整个运动过程中通过的路程</p>	<p>由篮球多次反弹后静止在弹簧的上端可知,由于空气阻力始终做负功,每次反弹后的最高点不断降低.</p> <p>选择从静止释放到第一次上升到最高点这个过程应用动能定理可求出空气阻力大小.选择从开始释放到最后静止的整个运动过程应用动能定理可以确定篮球运动的总路程</p>
考虑阻力大小与运动速度有关	<p>在无风的环境里,在高空释放静止的篮球,篮球竖直下落;如果先让篮球以一定的角速度绕过球心的水平轴转动再释放,则篮球在向下掉落过程中偏离竖直方向做曲线运动</p> 	<p>篮球偏离竖直方向做曲线运动的原因是,转动的篮球在运动过程中除受重力外,还受到空气施加的阻力 f_1 和偏转力 f_2,这两个力与篮球速度 v 的关系大致为: $f_1 = k_1 v^2$,方向与篮球运动方向相反; $f_2 = k_2 v$,方向与篮球运动方向垂直.请分析篮球在空中的运动情况:</p> <p>(1) 足够高释放时,落地前篮球有没有可能向上运动?</p> <p>(2) 篮球有没有可能在空中持续一段水平直线运动?</p>	<p>篮球下落的过程中,随着速度不断增大,篮球受到 f_1 和 f_2 的合力沿竖直方向的分力可能会出现比重力大的情况,可使篮球竖直方向的分速度减小为零后变成竖直向上.</p> <p>当篮球的速度变成水平方向时,空气阻力的作用会使篮球速度减小,则篮球受到的偏转力 f_2 将变小,不可能保持 f_2 与重力持续等大反向,所以不可能在空中持续一段水平直线运动</p> 

参考文献

1 张丹彤. 高考题背景真实化倾向对高中物理习题设计的启示[J]. 物理教师, 2012(12): 18 ~ 21

2 屠旭滨. 试论真实情境在物理学科核心素养培育中的作用[J]. 物理通报, 2020(3): 114 ~ 117