



# 基于学业质量水平的物理建模能力研究

李 兰

(贵阳市第一中学 贵州 贵阳 550081)

李春密

(北京师范大学物理学系 北京 100875)

杨鹏飞

(安徽省歙县中学 安徽 黄山 245200)

(收稿日期:2019-08-08)

**摘要:**参考2017版物理课标学业质量水平,构建物理建模能力评价指标,采用测试法调查了高二理科学生物理建模能力,结果表明学生的建模能力较薄弱,并依据评标找出了学生建模过程中存在的具体问题.了解学生建模能力的现状,教师可以更好地设计教学活动以发展学生的建模能力,进而提升学生的物理学科核心素养.

**关键词:**学业质量水平 建构模型 建模能力评价

## 1 问题的提出

在“立德树人”思想的指导下,我国开始了新一轮的课程改革,并于2018年颁布了《普通高中物理课程标准(2017年版)》(后称新课标),新课标指出模型建构是科学思维核心要素之一,是物理学科核心素养的重要组成部分.

建构模型是一种认识客观世界的手段和思维方式,是指学生根据研究问题和情境,利用抽象化、理想化、简化和类比等方法,抽象出研究对象的本质特征,构成概念或者体系的过程<sup>[1]</sup>.建构与使用模型有利于加深学生对物理概念规律的理解,对物理学习具有重要价值,加强建模能力的培养对发展学生的物理学科核心素养具有重要作用.

建模能力可以具体化为不同方面,李厅厅根据建模过程自身的特点,将学生的建模能力具体化为6个要素,分别为目标指向能力、情景分析能力、模型选择能力、模型表征能力、模型分析与综合能力、模型修正与拓展能力<sup>[2]</sup>.

## 2 物理建模能力指标构建

新课标的亮点之一就是给出了学业质量水平,

对学生应该达到的水平进行了质量描述,其中,对模型建构的质量描述由低到高分别为:

- (1) 能说出一些简单的物理模型;
- (2) 能在熟悉的情境中应用常见的模型;
- (3) 能在熟悉的问题情境中根据需要选用所学的恰当的模型解决简单的物理问题;
- (4) 能将实际问题中的对象和过程转换成所学的物理模型;
- (5) 能将较复杂的实际问题中的对象和过程转换成物理模型<sup>[3]</sup>.

其中,学业质量水平4是用于高等院校招生中学业水平等级性考试的命题依据,也就是说,选考物理的学生在完成高中物理学习后,要能将实际问题中的对象和过程转换成所学的物理模型.在这一过程中,学生首先要对实际问题的情境进行分析,找出研究对象及其经历的过程、选择合适的参考系等,在此基础上,选择合适的模型,将对象之间的关系运用数学表达式、图像等外部表征呈现出来,再通过对模型进行分析综合实现问题的解决,在整个过程中,还要从模型成立的条件与实际问题是否符合等方面不断检验建立的模型是否合适,不合适则要修正或拓展原有的模型.由于水平4不要求学生解决较复杂

的实际问题,对高级的元认知能力要求不高,基于此,我们对李厅厅的建模能力要素进行调整,删去了目标指向能力。

建模能力是内隐的,不能被直接测量,但行为可以被直接观察到,因此可以通过学生在建模过程中外显的行为评价其内隐的物理建模能力。按照情景分析能力等5个要素的涵义,考察学生在解决问题过程中出现的行为,就可以间接地考察学生的物理

建模能力。例如,学生在解决问题时,如果能够检验问题情境中的条件与模型成立的条件是否相符,在不相符的情况下,能对选择的模型进行修正,还能根据实际问题,拓展原有的模型解决问题,就能反映出其具有良好的模型修正与拓展能力。采用类似的方法,找出建模能力各要素对应的行为,完成了力学部分建模能力指标构建,如表1所示。

表1 力学部分建模能力指标构建

建模能力要素	建模过程行为
情景分析能力	(1) 在实际问题情境中确定研究对象或者研究系统的组成部分。 (2) 在实际研究问题中选择恰当的参考系。 (3) 根据研究问题选择合适的物理量对研究对象进行描述。 (4) 对研究系统或者对象进行受力分析,分析研究对象经历的运动或变化过程,绘制情境草图
模型选择能力	根据实际问题情境,选择常见的模型解决问题
模型表征能力	使用自然语言、数学工具、图像图示、实物模拟等外部表征呈现所建立的模型
模型分析与综合能力	(1) 利用建立的模型对物理现象进行解释和说明。 (2) 利用所建立的物理模型计算相关物理量。 (3) 利用建立的模型预测研究对象的运动状态
模型修正与拓展能力	(1) 检验问题情境中的条件与模型成立的条件是否相符。 (2) 检验建立的模型是否符合自然界的基本规律,如是否违反能量守恒。 (3) 检验建立的模型是否与实际问题相符合

### 3 研究对象及工具

本次研究以贵阳市某高中高二年级3个理科班

学生为对象,共发放测试卷117份,回收有效测试卷95份。测试卷包含了3个力学问题,简单表述如表2所示。

表2 测试题的简单表述<sup>[4]</sup>

题号	题目
1	一名美国宇航员登上了某遥远的星体。他站在这一星体表面上的某高处,沿水平方向抛出一个小球,经过时间 $t$ ,小球落到星球表面,测得抛出点与落地点之间的距离为 $L$ ,若抛出时的初速度增大到2倍,则抛出点与落地点之间的距离为 $\sqrt{3}L$ 。已知两落地点在同一水平面上,该星球的半径为 $R$ ,万有引力常数为 $G$ 。求该星球的质量 $M$
2	跳绳是一种健身运动。设某运动员的质量是50 kg,他1 min跳绳180次。假定在每次跳跃中,脚与地面的接触时间占跳跃一次所需时间的 $\frac{2}{5}$ 。求该运动员跳绳时克服重力做功的平均功率
3	一子弹水平射入放在水平轨道AB上的小木块,并随小木块一起以5 m/s的速度向前滑行。已知水平轨道与木块的动摩擦因数为 $\mu$ ,BC是半径 $R = 300$ m的光滑弧形轨道,假设AB无限长。问木块需要多长时间才能停止?

为方便看出学生在建模过程中的行为,每个问题都被拆解为若干小问,参照表1的指标构建,将解

决各个子问题所需的行为与建模能力各要素建立联系(以题2为例),如表3所示。

表3 子问题考察的建模能力要素

题号	题目	考察能力
2(1)	若要研究运动员每次跳跃克服重力所做的功,应将运动员视为何种模型?忽略了什么因素?	模型选择能力 模型修正与拓展能力
2(2)	研究该运动员每次跳跃克服重力所做的功,应对系统的哪些物理量和过程进行分析?	情景分析能力
2(3)	运动员跳绳时克服重力所做的功由什么物理量决定?	情景分析能力
2(4)	运动员在空中的运动可以看作是什么运动?你的依据是什么?	模型选择能力 模型修正与拓展能力
2(5)	运动员从起跳后到下一次着地的过程中,机械能的转化情况与重力做功情况是否相符?说明它们之间的关系	情景分析能力
2(6)	题(4)中猜想忽略了什么条件?	模型修正与拓展能力
2(7)	题(4)中所作的猜想运动,其运动特点和受力是怎样的?运动员的跳跃是否满足猜想?	情景分析能力 模型修正与拓展能力
2(8)	利用上面的结论,计算该运动员跳绳时克服重力做功的平均功率	模型表征能力 模型分析与综合能力

#### 4 测试结果与分析讨论

分制,得到学生建模能力各要素的平均分,并绘制出柱形图如图1所示。

分别计算出建模能力各要素的得分,转化为百

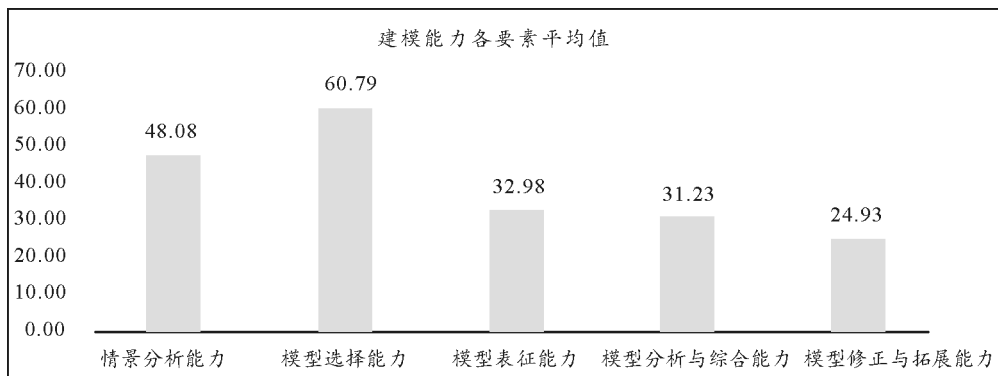


图1 学生建模能力得分

满分为100分,由图1不难看出,学生的建模能力各要素中仅模型选择能力平均分达到了60分,说明在情境不是特别复杂的情况下,大部分学生都能正确地选择学过的模型解决问题,而其他能力要素平均分均比较低,说明学生在这些方面存在比较明显的不足。接下来,对学生答案进行进一步分析,发现学生各能力要素存在的主要问题如下。

(1) 情景分析能力:能对简单问题进行情景分析,但处理情境开放的物理问题存在困难,当问题情境比较开放时,学生难以找出问题中的关键过程。如在对第2题的回答中,不能根据“脚与地面的接触时

间占跳跃一次所需时间的 $\frac{2}{5}$ ”这一条件求出每次跳跃中运动员上升的时间;在第3题中,不能画出物体在光滑弧形轨道上的运动过程示意图或画出的示意图有误。

(2) 模型选择能力:问题情境开放时,难以联想学过的模型解决问题。比如第2题中,有学生回答“可以将运动员看成打桩机模型”“可以将运动员运动看作弹力运动,当运动员跳起后到达最高点,就像弹簧形变最大,接着又被拉回地面”“运动员运动可以看作反自由落体模型”等,学生给出这些回答的

本质原因是没有联想到可以用竖直上抛运动来解决问题,结果就是胡编乱造一些模型。

(3) 模型表征能力:表征形式单一,大多数学生只能用数学公式表征模型,认为解决物理问题就是套用物理公式求解,没有充分利用文字表述、函数图像等外部表征呈现模型;部分学生错误使用外部表征,如利用  $v-t$  图像表征曲线运动的情况。

(4) 模型分析与综合能力:当问题涉及到多个模型时,不能准确找出模型之间的联系。例如,在第1题中,部分学生虽然能够利用平抛运动模型求出星体重力加速度,但不能结合万有引力定律找到星体重力加速度和其质量之间的关系;对单个模型的深入分析不够,只是简单套用模型,而没有将模型与实际情况建立联系,例如第2题中,有的学生虽然正确地建立了竖直上抛运动模型,然而没有考虑运动员实际上在做往复运动,错误地认为1 min内运动员处于上升的时间就是上抛运动模型中从抛出点到达最高点的时间,导致高度计算错误。

(5) 模型修正与拓展能力:不清楚某些模型成立的具体条件,比如在机械能守恒的条件中回答“重力守恒”“弧形轨道光滑”,在平抛运动成立的条件中回答“小球不受其他外力”;不能根据实际情况修正已建立的模型,导致使用的模型不符合实际问题,如第3题中不能修正常见的圆周运动模型为单摆模型实现对时间的求解。

从对学生的访谈中发现,学生建模过程中出现种种问题大致有3个原因。

首先,从物理问题本身来看,学生平时接触的物理问题都过于结构化,题目中的次要因素大多已被略去,学生很容易就知道应该使用何种模型解决问题,而实际问题往往更加开放,仅仅接触过于结构化的物理问题,学生在建构模型解决实际问题的能力方面难以发展。

其次,从教学角度来看,有些时候,教师在教学过程中,没有渗透利用模型解决问题的一般思想,导致学生不熟悉利用模型解决问题的一般方法,面对陌生问题时无从下手,解决问题也就无从谈起。

最后,从学生自身角度来看,一方面,高二学生处于形式运算阶段,抽象思维比较薄弱,而建模过程离不开抽象思维,因此学生难以掌握建模的方法;另一方面,有时候学生不注重分析物理过程,把解决物理

问题等同于套用物理公式计算答案,对物理过程认识不足。这些都会使学生在建模过程中遇到困难。

## 5 教学建议与总结

新课标明确指出,学生要有建模的意识与能力,但研究发现,当下高二理科学生物理建模能力整体不强。因此,在教学过程中,教师需要加强对学生的建模意识、建模能力的培养。为了更好地指导教学,结合研究结果提出以下几点建议。

(1) 适当增加情境开放的问题。长期接触结构良好、比较封闭的问题,会导致学生不知道如何运用物理知识解决情境开放的实际问题。另一方面,结构良好的问题大多脱离生活,不利于激发学生的学习兴趣。如果教师适当讲解情境开放的问题,相信学生基于实际情况建立物理模型的能力会有所提升。

(2) 强调经典模型成立的条件。这样,在给出新的问题情境时,学生才能判断新的问题情境下能否选用原来的模型。同时,教学过程中有意识地修正经典模型解决问题,培养学生修改熟悉的模型以解决陌生问题的能力。

(3) 提供多种表征方式。模型可以用自然语言、图示图像、实物模拟、数学公式等多种外部表征来呈现,一味地采用数学公式表征物理模型,学生可能无法体会到物理与数学的区别,认为学物理就是套公式解题,不利于体现物理学科的育人价值。

此次修订的新课标亮点之一在于增加了学业质量水平,对学生完成高中物理课程学习后应形成的学习结果提出了要求,这就可以为学业评价提供清晰、具体的依据。在本研究中我们充分结合学业质量水平对模型建构的质量描述,构建出一套有效地评价学生建模能力的指标,发现了学生在建模过程中存在的诸多问题,为学业质量水平的落地提供了一种切实有效的方法。

## 参考文献

- 1 王溢然,束炳如. 中学物理思维方法丛书——模型[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2015
- 2 李厅厅. 高一物理教学中提高学生建模能力的实践探索[D]. 南京:南京师范大学,2014
- 3 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018
- 4 郑艳秋. 高中理科学生物理建模能力的评价研究[D]. 广州:华南师范大学,2007