·初中园地·

TPACK 视野下研究性备课的四个核心问题及其解决策略

季卫新
(南京市雨花台区教师发展中心,江苏 南京 210012)

摘 要:对“TPACK 视野下初中物理研究性备课区域实践”进行研究与实践,就 TPACK 构成的 3 个核心要素(PK、CK、TK)进行了划分与界定,从而构建了初中物理研究性备课的研究框架.研究中发现,教师们普遍存在一些典型的困难和问题,为了研究的推进与深入,课题组归纳出了“教材解读、概念建构、探究设计和数据分析”这 4 个核心问题,并借助典型的案例来分别给出对应的解决策略.

关键词:TPACK;研究性备课;核心问题

1 研究背景

课题组经过近 4 年对“TPACK 视野下初中物理研究性备课区域实践”进行研究与实践,既取得了一定的成果,同时亦发现了一些问题.课题组就 TPACK 构成的 3 个核心要素(PK、CK、TK)进行了划分与界定,从而构建了初中物理研究性备课的研究框架,如图 1 所示.

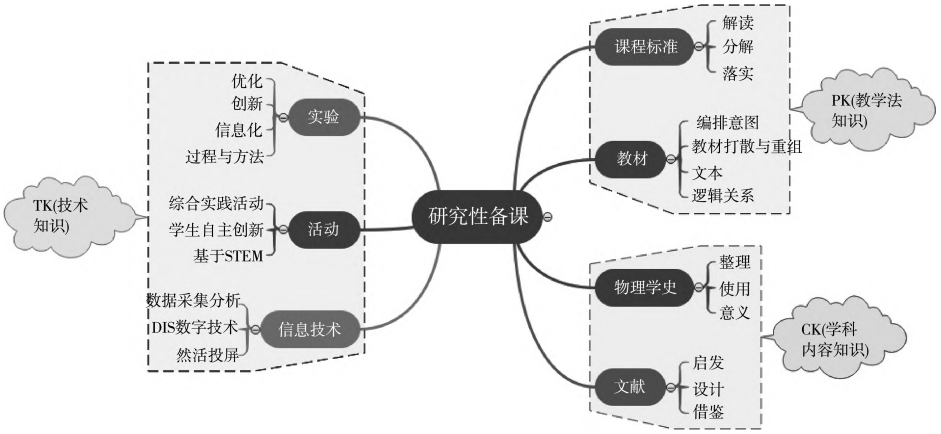

图 1 TPACK 视野下区域初中物理研究性备课结构导图

3 大要素在初中物理研究性备课中的含义和内涵解读如表 1.

表 1 初中物理研究性备课中 3 大要素的含义和内涵解读

要素	含义	内涵
PK	教学法知识	对课程标准进行解读、分解和落实;对教材的编排意图、教材的打散与重组、文本资源和知识板块的逻辑关系进行研究
CK	学科内容知识	对相关的物理学史进行整理,从而融合到学科育人中,并对教学中融合物理学史应该具有的意义进行研究;学会并养成搜索、筛选和研究教学文献的能力与习惯
TK	技术知识	对初中物理实验的优化、创新和信息化进行研究,强调对实验过程与方法的凸显;对学生活动,结合 STEM 理念,对教材内外的综合实践活动进行研究,凸显学生自主创新能力的培养;对信息技术在初中物理学科教学中的融合进行研究,辅助实验教学的效果

研究过程中,通过课题核心组成员在本区域课例实践的观课和磨课发现,教师们普遍存在一些典型的困难和问题,主要集中在对教材文本、章

基金项目:本文系江苏省中小学教学研究 2021 年度第十四期立项课题“TPACK 视野下初中物理研究性备课区域实践的研究”(项目编号:2021JY14-L54)的阶段性研究成果.

中国知网 https://www.cnki.net

节编排和逻辑体系的理解;物理概念的教学设计;物理实验和探究活动的设计与处理;物理建模和模型选择等方面.究其原因,主要还是教师个体素养和研究能力差异较大,教研组和备课组集体备课重视程度不足和研究意识淡薄.

为了课题后期研究的推进与深入,课题组归纳出了“教材解读、概念建构、探究设计和数据处理”这 4 个核心问题,并借助典型的案例来分别给出对应的解决策略.

2 教材解读,应符合物理逻辑的严谨性

教材解读中,常见的问题往往就是对教材中的文本内容和活动设计编排意图揣摩不透、把握不准.教师在备课设计中,由于不能将文本内容和活动设计进行深度研究,就会形成“教教材”的现象.针对这个问题,解决策略就是“教材解读,应符合物理逻辑的严谨性”.

以苏科版初中物理教材第 3 章第 1 节“光的色彩、颜色”为例,教材在设置“活动 3.1 分解太阳光(如图 2 所示)”和“活动 3.3 观察色光混合现象(如图 3 所示)”后,进行了一段以下的论述.

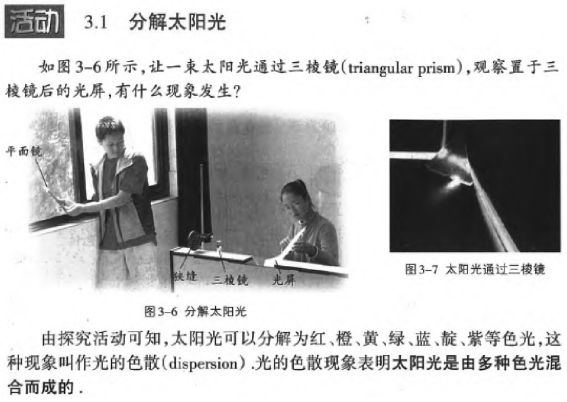

图 2 教材活动 3.1

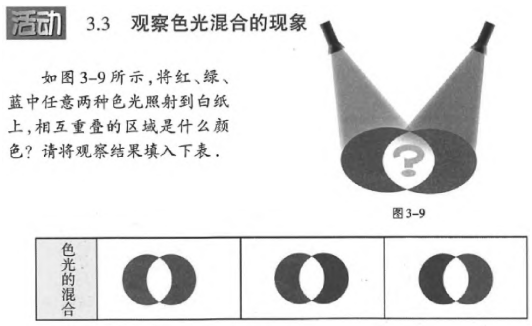

图 3 教材活动 3.3

教材文本:进一步研究表明,将红、绿、蓝 3 种色光按不同比例混合,能产生任何一种其他颜色的光,而自身却无法用其他的色光混合得到.因此,我们将红、绿、蓝叫作光的三原色.彩色电视机和计算机显示器能呈现彩色图像,就是运用了三原色光混合的原理.在屏幕上排列着许多由红、绿、蓝组合而成的发光点,这些发光点在电路的控制下发出不同强度的三原色光,从而产生不同的色彩.

教材文本分为两段蕴意:前一段是“为什么把红、绿、蓝叫作光的三原色”,后一段是光的三原色的应用.很多教师没有研究教材、没有理解教材,经常淡化前一段“原因”的“生成”,而本末倒置地把后一段的应用代替“原因”,这个显然是错误的.

那么符合物理逻辑的严谨性情况下,应该如何正确解读和操作呢?从物理逻辑上来说,要把红、绿、蓝叫作光的三原色,则必须有两个前提条件:RGB(红绿蓝)无法分解得到其他色光;RGB(红绿蓝)可以按不同比例混合得到其他所有色光.通过这两个角度,去科学阐述“原因”,然后再例举生活中的实际应用案例.其严谨的物理逻辑过程应该如图 4 所示.

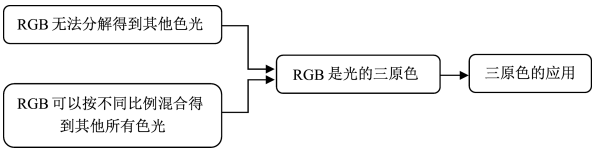

图 4 教材文本解读的严谨性物理逻辑

2.1 RGB(红绿蓝)无法分解得到其他色光

由“活动 3.1 分解太阳光”得到“红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫”7 种颜色彩色光带,在此基础上,可以进行以下的研究性备课思考.

考虑到太阳光获取的诸如天气、授课节次、教室位置、朝向等客观因素,可以使用投影仪的灯光代替太阳光进行实验.如图 5 所示,将 PPT 某一页幻灯背景设置为黑色,在合适位置添加一个狭长条形文本框,“填充”“白色”,播放当前页,进行调节,直到出现彩色光带.



图 5 投影仪灯光的色散

中国知网 https://www.cnki.net

之后,将当前 PPT 页码复制、粘贴 7 份,通过“填充”“自定义颜色”来改变文本框填充的颜色(投影仪灯光颜色).依次将这 7 张幻灯片文本框填充上“红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫”色. 红光、橙光和黄光经三棱镜折射后的效果图如图 6 所示.



图 6 红橙黄色光分解

通过这个实验,可以非常清晰地观察到这样的现象:(1) 橙光、黄光、靛光、紫光 4 种色光经过三棱镜后,再次被分解成其他颜色的色光;(2) 红光、绿光和蓝光 3 种色光经过三棱镜后,没有再次分解.结论:红光、绿光和蓝光 3 种色光是单色光;橙光、黄光、靛光、紫光 4 种色光是复色光.

2.2 RGB(红绿蓝)可以按不同比例混合得到其他所有色光

“活动 3.3 观察色光混合现象”有多种方法可以效果很明显地展示.如图 7 所示器材对于学生分组活动而言,是目前效果最好的,因为它可以通过旋转旋钮任意改变“红绿蓝”三色光的色度(比例),可以看到非常丰富的色光.

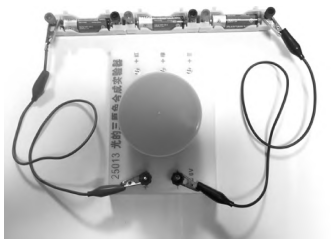

图 7 光的三原色合成实验器

综合以上 3.1 和 3.2 论述可知:红、绿 、蓝 3 种色光是单色光,无法用其他的色光混合得到;将它们按不同比例混合,却能产生任何一种其他颜色的光.说明红、绿 、蓝三种色光是最本原的色光,因此,将红、绿、蓝叫作光的三原色.

3 概念形成,应还原物理思维的过程性

初中物理概念的教学是一种比较难驾驭的课型或者是难点之一.课例研究与课堂实践中发现,很大比例的教师对于物理概念的备课设计中,往往出现“创设生活情境”却忽视或者没有意识到还原物理思维,更是没有过程性.要么直接给出定义和公式;要么按照教材的设计依葫芦画瓢经历一番所谓的活动、探究或者讨论,然后就莫名其妙地闪现概念的描述.

以苏科版初中物理教材第 5 章第 2 节“速度”为例,常见的备课设计流程为:创设情境,体会生活中存在“物体运动有快有慢”现象→提出需求,“如何比较物体运动快慢”→两种方法 ,“相同路程比时间”和“相同时间比路程”→实际问题,“不同路程不同时间怎么比”→定义新的物理量速度,“比较速度”→问题解决→速度在生活中的应用.

细细揣摩和品味一下这样对“速度”概念的设计或者是理解,有没有问题? 什么问题? 又应该怎么解决?

3.1 速度概念的建立一定是 s/t 吗?

先来还原一下物理情景的过程性.采用教材提供的情景“猎豹追捕鹿”和“缓慢爬行的蜗牛”,较为自然地提出问题:物体的运动有快有慢,如何比较它们的快慢呢?

“活动 5.4 比较纸锥下落的快慢”.

(1) 如图 8 所示,将两个纸锥从同一高度同时释放,哪一个纸锥下落得快? 你是怎样比较纸锥运动快慢的? 通过这个问题,得到比较物体运动快慢的方法 1:相同路程,比较时间,时间少的运动得快.

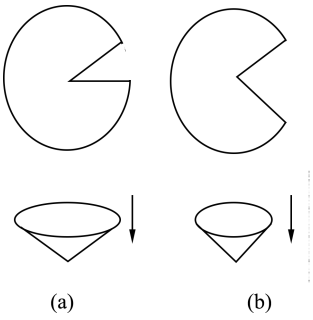

图 8 比较纸锥下落的快慢

(2) 有没有其他比较物体运动快慢的方法? 学生通过生活中“运动员”和“裁判”两个角度来思考,从而得到比较物体运动快慢的方法 2:相同时间,比较路程,路程多的运动得快.

(3) 如果将两个纸锥从不同的高度同时释放,怎样比较它们运动的快慢? 这个往往就是真实的生活情境,实际问题几乎都是“不同路程不同时间”, 怎么比?

【课堂实录片段 1】

……

师:请同学们一起讨论、思考一下:不同路程,

中国知网 https://www.cnki.net

不同时间的情况下，怎样比较物体运动的快慢？

生 1：我们可以将路程转化成一样，然后使用方法 1 就可以解决问题了.

生 2：也可以将时间转化成一样，用方法 2 也可以比较.

师：同学们的方法都可行.那么我们又该如何转化路程或者时间呢？

生 1：可以把路程或者时间乘以最小公倍数，这样它们就一样了.

生 2：我们可以用除法，将路程或者时间全部转化为“1”，这样也是可以的.

师：大家都赞成这两位同学的方法吧.那么，你们觉得哪一种方法更好一点呢？你的理由是什么？

生 3：我认为生 2 的方法更好.因为采用乘法的话，数字会很大，不利于计算和比较.

师（追问生 2）：如果要把时间转化为“1”，应该怎么做？

生 2：用路程除以时间，就是“1 个”时间了.

师（在黑板上板书“$\frac{路程}{时间}$”，继续追问生 2）：如果要把路程转化为“1”，应该怎么做？

生 2：用时间除以路程，就是“1 个”路程了.

师（在黑板上板书“$\frac{时间}{路程}$”，给出以下表格及数据）：那么，请同学们分别使用这两种方法，完成物体运动快慢的比较，如表 2 所示.

表 2　两物体运动快慢的比较

物体	路程	时间	路程/时间	时间/路程	运动的快慢
甲	9	3	3	0.33	快
乙	8	4	2	0.5	慢

师：看来，“路程/时间”和“时间/路程”都能比较物体运动的快慢.那么，你们觉得哪一种方法更好一点？你的判断依据是什么？

生 1：我觉得“路程/时间”好.因为“路程/时间”的数值越大，则表示越快；而“时间/路程”，则是数值越小越快.我认为大对应快更符合我们的逻辑习惯.

师：好的，老师也赞同你的观点.通过刚才的交流与讨论，我们发现“路程/时间”可以很方便地比较物体运动的快慢.为了更方便地使用和深入研究这个比值，物理学上将这个比值定义为速度.

……

通过以上的片段，可以非常清晰地还原出概念形成中物理思维的过程性.同时应该可以理解：速度既可以定义为“路程/时间”，也可以定义为“时间/路程”，这两种定义方式都是正确的.因此，速度概念的建立不一定是 s/t ，也可以是 t/s.只不过是因为“s/t”的数值越大，则表示越快，更符合我们的逻辑习惯；而“t/s”，则是数值越小越快，与我们的逻辑习惯相反，不被更多的人接受而已.

3.2　速度是第 3 种比较物体运动快慢的方法吗？

在刚才的论述中，已经非常清晰地回答了这个问题：速度不是第 3 种比较物体运动快慢的方法.“路程/时间”，其实质就是将时间转化为相同的“1”，这个“1”就是 1 个单位，可以是 1 s、1 min、1 h、1 day 等，物理本质就是方法 2“相同时间，比较路程，路程多的运动得快”.而“时间/路程”，其实质就是将路程转化为相同的“1”，这个“1”也是 1 个单位，可以是 1 mm、1 cm、1 dm、1 m 等，物理本质就是方法 1“相同路程，比较时间，时间少的运动得快”.

所以，在物理概念的备课设计和课堂实践中，应该关注概念形成的过程性，应该能意识到还原物理思维的真实性和其物理本质.

4　方法选择，应尊重物理学史的真实性

从物理学史来看，一些物理规律或现象的发现，“偶然性”的成分非常高，这样的例子也比较多.钱三强曾为郭奕玲作“序”说道：“科学经历的是一条非常曲折、非常艰难的道路.……我们的教师往往是应用经过几次消化了的材料来讲授，或者经过抽象的理论分析加以表述，把已有的知识系统归纳，形成简明扼要的理论体系.这当然是必要的，但是这样的教学方法，往往会使学生对科学概念的产生和发展引起误解.”

正如钱三强所说，现行的几个版本的初中物理教材对于某些实验规律的探究与发现过程，出于“降低难度”和“适合初中生的认知规律”等诸多原因，在设计实验探究或者是活动时，基于“控制变量”的物理学探究方法，通过“人为加工”、抽象理论分析和知识体系重组等方式来编排教材内容.

以苏科版初中物理教材第 14 章第 3 节“欧姆定律”为例，对于欧姆定律的探究，设计了如图 9 所示的学生实验“探究通过导体的电流与电压、电阻的关系”.从教材的“实验设计”可以看出，实验探究选择了“控制变量”这个方法来设计了整个活动——控制电阻不变，研究电流与电压的关系；控制电压不变，探究电流与电阻的关系；然后整合分析，得到电流与电压和电阻的关系.

中国知网 https://www.cnki.net

学生实验 **探究通过导体的电流与电压、电阻的关系**

猜想与假设

通过导体的电流与电压、电阻有什么关系？有哪些事实支持你的猜想？

实验设计

1. 如何探究通过导体的电流与它两端电压的关系？如何探究通过导体的电流与电阻的关系？

图 9 学生实验:探究通过导体的电流与电压、电阻的关系(节选)

这里,方法的选择和实验探究的设计尊重了物理学史的真实性了吗？不如一起先来回溯一下欧姆定律相关的物理学史吧.

4.1 “欧姆定律”相关物理学史

欧姆的第一个研究实验是关于“金属的相对传导率”.从他的测量看来,发现了错误(误差很大).在这些实验中,有两个显著的困难:电池组(电流)的变化带来了很大的麻烦,在波根多夫的建议下,采用温差电池(内阻很小)作为电源;为了将电流进行量化,欧姆指导工匠制造了一个“扭力天平”——电流表雏形.

在此基础上,欧姆配制了相同粗细(7/96 吋)的 8 种铜导线,其长度分别为 2、4、6、10、18、34、66、130 吋.把它们一个接一个地插进电路中,测出每一次电路中的电流强度.在 1826 年 1 月 8 日,他得到了如表 3 所示的部分数据.

表 3 欧姆测得的部分数据

导体序号	1	2	3	4	5	6	7	8
扭转角的百分度	$326\frac{3}{4}$	$300\frac{3}{4}$	$277\frac{3}{4}$	$238\frac{1}{4}$	$190\frac{3}{4}$	$134\frac{1}{4}$	$83\frac{1}{4}$	$48\frac{1}{3}$

在该月的 11 日和 15 日这两天,欧姆每天读取两组以上数据,并把这些数据连同表 2 的数据一起制成表,通过数学模型和技术进行分析、归纳后说:“以上数据能够十分令人满意地以等式 $X=\frac{a}{b+x}$ 来描述,式中 X 是长度为 x 的导体的磁效应强度,a 和 b 是依赖于激发力和电路其余部分的电阻的常数.”

为了解释该等式、同时以便能与他人交流并得到他人的认可,欧姆引入和定义了电动势、电流强度和电阻的精确概念.他把式中 a 称为电动势、$b+x$ 称为电路的总电阻,而 X 称为电流强度.而后,欧姆用实验方法建立了当电池是在串联以及并联情况下的电流强度的公式.这样一来,新的定律建立了,后来被称为“欧姆定律”,这些结果在 1826 年 4 月以《金属导电定律的测定》为题发表在德国的《化学和物理学杂志》上.

1827 年,欧姆出版了 *The galvanic circuit investigated mathematically*(电路,数学研究),该书包括了“欧姆定律”的理论推导.这比他 1826 年作出的实验推导的论文闻名得多.事实上,他的实验论文很少有人知道,以至于长期以来流传并仍然存在着这样的印象:欧姆定律是理论的、从未用实验方法来证实这个定律.这个误解或许说明了欧姆的结论难以接受,以至柏林的多弗教授错误地认为欧姆的研究“纯属空洞的编造”.

4.2 “欧姆定律”实验设计的真实探究方法——数学建模

通过以上相关物理学史的回溯可以清晰发现这样一个事实:欧姆在研究“金属的相对传导率”过程中,通过更换“温差电偶”作为电源,设计、制造了“扭力天平”量化了电流强度,从而使得他获取了大量可靠的实验数据,在此基础上,欧姆通过数学手段,建立了一个“数学模型”——公式,再在数据的基础上,验证并且求取了不同情况下的其他“量”的数值,最后发现了“电流公式”,此公式后来被人们以其名字命名为“欧姆定律”.

尊重物理学史的真实性,选择数学建模的方法,应该如何来设计“学生实验:探究通过导体的电流与电压、电阻的关系”?

【备课设计片段 1】

活动 1:再探“改变电路中的电流”.电路设计如图 10 所示.

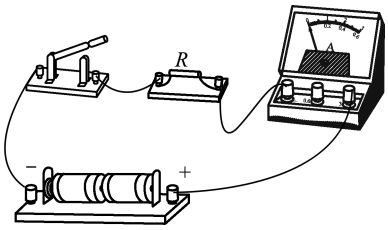

图 10 再探“改变电路中的电流”电路设计

(1) 电阻 R 不变,改变电池节数;

(2) 电池节数不变,换一个电阻 R;

问题 1:看到什么？说明了什么？

(3) 接入“2.5 V”小灯泡,改变电池节数;

问题 2:看到什么？说明了什么？

(4) 综上可知:改变灯泡两端的电压和其电阻,都可以改变通过灯泡的电流.说明电流与电压和电阻都有关系.

问题 3:那么电流与电压、电阻有什么具体的关系呢?

在第 2 节,已经设计了“活动 14.3 用铅笔芯

中国知网 https://www.cnki.net

改变电路中的电流”，该活动的设计意图是让学生体会到“电阻可以改变电流”，即“电流与电阻有关”.为了能使学生清晰感悟到“影响电流的因素”，可以设计再探改变电路中的电流，将电阻和电压两个因素合二为一.

“活动 1：再探改变电路中的电流”，通过问题串(问题 1～3)，可以引导学生自主思考、发现“电阻可以改变电流；电压可以改变电流”，从而自然而然逻辑到“电流与电阻和电压都有关系”.此时教师再追问：那么电流与电压、电阻之间，可能有什么具体的关系呢？

【备课设计片段 2】

活动 2：探究通过导体的电流与电压、电阻的关系.

问题 1：探究 3 个或多个物理量之间的关系，以前我们也遇到过，你能回忆一个例子、并说一说当时我们是怎么探究的吗？

问题 2：还有其他不同的方法吗？例如，在第 11 章“探究杠杆平衡条件”活动中，我们是不是也使用了“控制变量法”？

问题 3：现在，你准备选用哪种方法来探究电流、电压和电阻的关系.

问题 4：请根据你的选择来设计实验，探究通过导体的电流与它两端电压和其电阻的关系.

问题 1 的设计，是想借助类比的方式，降低本次探究实验设计上的难度.学生回忆、思考过程中，由于“控制变量法”平时训练过多，因此学生回答的几乎全部是这种.此时教师可以直接跳到下一问，以鼓励和引导的方式，帮助学生完成.问题 3 的设计，则体现了“以学生为中心”的“自主探究”理念.当然，教师也可以视实际情况，对学生适当分组、分别使用“控制变量法”和“数学建模法”来进行学生活动.最后在“交流、合作、展示”环节进行分享.

从发展物理学科核心素养的要求来看，应该含有“概括理解”，概括理解指学生在学习物理知识的过程中表现出来的能力，包括“观察与建模”“概括与推理”和“辨析与梳理”等能力.因此，“能通过数学模型，运用函数组合尝试方法处理实验数据，发现规律”理应得到有效训练.

如果一个科学探究，就物理学史而言，原本就不是基于控制变量法来设计和进行的，但是出于一些诸如“降低初中学生学习难度”“凸显控制变量法在科学探究中的作用”等原因，在教材编制和处理时，人为地处理成“基于控制变量法”的科学探究，在一定程度上，“会使学生对科学概念的产生和发展引起误解”.课题组以为，在选择科学探究方法时，应该查阅相关的文献，求证相关的物理学史，在回归物理本质的基础上，尊重物理学史的真实性.

5 数据分析，应厘清物理建模的探索性

在“数据分析”环节中，比较适切的做法应该是：基于“数学建模”思想，引导学生从数学模型(函数)上进行猜测“它们可能会满足什么样的等式关系”？依据对应学段的数学教学进度，此时学生应该具有了一些常见的、简单的函数知识储备，例如：正比例函数、反比例函数、一次函数等.

学生的猜想会非常丰富，建议教师将其一一记录在黑板上，等猜想结束后，再提醒学生“在物理学中，对物理量进行分析时，不仅仅要对数字进行运算，同时也要对单位进行运算”，然后让学生在“理论上”先排除一部分.学生在排除过程中，必然会对“单位运算”进行“加工”，得到“相同单位可以加减，不同单位不能加减、只能乘除”.最后，对余下的“理论上可行的”猜想，使用实验数据进行验证，最终得到它们之间真正的关系.具体逻辑过程如图 11 所示.

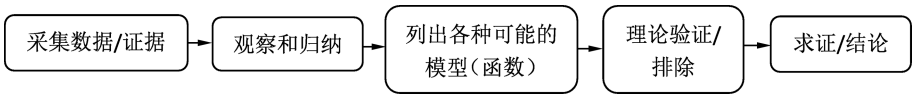

图 11 “数学建模”的逻辑过程

数据分析，教师应该引领和指导学生厘清物理建模的探索性，切身体验和感悟这么一个具有探索性的建模与求证过程，才能使得“学科教学→学科育人”成为一种可能.

以苏科版初中物理教材为例，这种数学建模能力的培养，真的比较少.统揽 4 本教材，只有在第 11 章第 1 节“杠杆”中，教材安排了“学生实验：探究杠杆平衡条件”中出现了一次，如表 4 所示.

教师在“交流与小结”中对文本“分析表中的数据，找出它们之间的关系.你从中有什么发现？”理解和处理上问题比较大.依照“数据分析，应厘清物理建模的探索性”策略，科学的方式应该是这样的.

中国知网 https://www.cnki.net

表 4 学生实验:探究杠杆平衡条件(节选)

测量序号	F_1/N	l_1/cm	F_2/N	l_2/cm
①				
②				
③				
交流与小结: 分析表中的数据,找出它们之间的关系.你从中有什么发现?				

【课堂实录片段 2】

……学生通过实验活动采集了 3~5 组数据.

师:在对实验数据进行分析之前,我们一起来了解一下物理学中处理数据的常见方法和基本原则.在物理学中,对物理量进行分析时,不仅仅要对数字进行运算,同时也要对单位进行运算;同时,相同单位的量可以加减,不同单位的量不能加减、只能乘除,其本质就是数学上的“代数运算法则”.

师:请同学们就表 4 中的 4 个物理量之间可能存在的关系做出猜测,并将它们的关系式写下来.

生(可以独立思考+小组讨论):写出可能的关系式.

师(巡视):记录下各种可能的关系式,及时投屏到屏幕上,以免重复.

……猜测结束.

师:我们一起先看看有没有不符合规则的(不符合的划去).

师:请同学们利用数据验证余下的关系式.

……

师:通过验证与排除,你们发现了什么?

生 1:关系式“$F_1\times L_1=F_2\times L_2$”是成立的.

生 2:关系式“$F_1/F_2=L_2/L_1$”是成立的.

生 3(质疑生 2):“$F_1/F_2=L_2/L_1$”与“$F_1\times L_1=F_2\times L_2$”是一样的.

师:非常漂亮!通过大家的共同努力,我们探究出了杠杆的平衡条件.

……

在物理实验探究中,常用两种科学方法“控制变量”和“数学建模”.对于探索未知领域和未知知识的科学家而言,更多的是采用“数学建模”,因为他们面对的是“未知”;对于学习已知规律和知识的学生而言,比较简单且利于理解的是“控制变量”.从学科育人的角度来看,数学建模是物理学科的关键能力,是学生必备的核心素养,因此,不能因为“简单”而“忽视”数学建模.在用数学建模来分析数据时,应该要厘清其探索过程性.

5 结论

课题组通过中期汇报和交流就目前研究中所暴露的问题进行分类与甄别,归纳出了“教材解读、概念建构、探究设计和数据处理”这 4 个核心问题.针对这 4 个核心问题的解决,制订了咨询专家、查阅文献、专题研讨等多种路径,多次课例实践进行实证研究,在“从学科教学走向学科育人”的导向下,在《义务教育物理课程标准(2022 年版)》背景下,TPACK 视野下初中物理研究性备课最终应该指向学生的核心素养的培育与提升,鉴于此,课题组就这 4 个核心问题提出了“教材解读,应符合物理逻辑的严谨性;概念形成,应还原物理思维的过程性;方法选择,应尊重物理学史的真实性;数据分析,应厘清物理建模的探索性”的解决策略.文中所用案例,皆是实证研究中的实际课例.随着课题研究的深入与推进,课题组将继续对此进行论证与研究,以期有更多、更有价值的成果.

参考文献:

1 季卫新,陈栋.TPACK 视域下研究性备课的区域实践研究——以“欧姆定律”备课为例[J].物理教学,2021,43(2):36-41,35.
2 季卫新,陈栋.“光的色散”国内外研究历史综述[J].中学物理教学参考,2019,48(23):50-55.
3 季卫新,陈栋.基于 PCK 的研究性备课的区域实践研究——以苏科版初中物理教材“光的色彩、颜色”为例[J].物理教师,2019,40(9):44-49.
4 刘炳昇,李容.义务教育教科书·物理(八年级上册)[M].南京:江苏科学技术出版社,2013.
5 张睿,李静,季卫新.基于 TPACK 整合技术的初中物理研究性备课——以苏科版教材“速度”为例[J].中学物理,2020,38(20):2-5.
6 郭奕玲,沈慧君.物理学史(第二版)[M].北京:清华大学出版社,2016.
7 刘炳昇,李容.义务教育教科书·物理(九年级上册)[M].南京:江苏科学技术出版社,2013.
8 G S Ohm. Bestimmung des Gesetzes, nach welchem metalle die contaktelektricität leiten, nebst einem entwurfe zu einer theorie des voltaischen apparates und des schweiggerschen multiplicators[J]. Journal für Chemie und Physik,1826,46:137-166.
9 G S Ohm.The galvanic circuit investigated mathematically[M].New York:D.Van Nostrand Company,1891.
10 孙留桥,季卫新.一线名师示范实践新课标.初中物理[M].南京:南京出版社,2024.

(收稿日期:2023-10-19)

中国知网 https://www.cnki.net