

# 试论“科学思维”素养的实质与教学实现<sup>\*</sup>

——以问题解决的视角为例

陈 刚 (华东师范大学教师教育学院 上海 200062)

刘金梅 (华东师范大学物理与电子科学学院 上海 200241)

**摘 要** 科学研究有两条基本途径:理论分析途径、实验探究途径。物理学科核心素养中对科学思维素养的描述符合理论分析途径中解决问题的特征。通过教学分析可以揭示出课堂学习环境中,一次具体理论分析研究过程中各子环节所运用的方法。教学中教师可以通过隐性、显性两种方式帮助学生经历以及学习科学思维方法,从而一定程度上达到培养学生科学思维素养的目标。

**关键词** 物理学科核心素养 科学思维 教学实现

**文章编号** 1002-0748(2021)7-0007

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** B

《普通高中物理课程标准(2017 版 2020 年修订)》提出物理学科核心素养:物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任。课程标准指出科学思维素养是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体应用;是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论进行质疑和批判,进行检验和修正,进而提出有创造性见解的能力和意识。主要包括:模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素<sup>[1]</sup>。在课标教学建议中指出,“发展学生的科学思维能力是教学的重要目标之一”<sup>[1]</sup>。显然,课堂教学是实现发展学生科学思维素养的重要方式。

如果要在课堂中真正实现对中学生科学思维素养的培养,有两个问题是需要回答的,问题 1:学生表现出科学思维素养,其内部的机制为何? 问题 2:培养学生科学思维素养的教学如何有效实现?

学生具有科学思维素养,是通过学生解决相应问题体现出来的。本文依据问题解决相关研究,结合具体物理学习案例,阐述科学思维素养的实质,并讨论有效培养的方式。

## 1 问题解决过程和策略

### 1.1 认知心理学提出问题解决过程

现代信息加工心理学把解决问题分为几个阶段:问题表征、确定问题的解决策略、应用算子、评价当前状态。算子指能够将问题空间中的一种状态转化成另一种状态的内部(或外部具体)的操作行动。问题解决需应用一系列的操作,究竟选择哪些操作,将它们组成什么样的序列,这些都依赖于人采取哪种问题解决的方案、计划(统称为认知策略)<sup>[2]</sup>。

由此可以概括:问题解决是个体运用一定策略,选择、组合解决问题所需必要技能(算子)的过程。

在物理学科的问题解决中,算子显然就是解决问题所需的物理概念和规律,策略就是解决物理问题各层次的方法。

### 1.2 问题解决的策略

#### 1.2.1 认知策略

认知策略是引导问题解决者的思考方向,从认知结构中选择出并排列、组合解决问题所需技能的技能<sup>[3]</sup>。

认知策略是服务于问题解决的,所以,讨论策略时应指明该策略适用解决问题的领域。又因为策略是选择、排列解决问题所需必要的技能,故策略通常

\* 基金项目:本文系上海市“立德树人”基础教育教材建设重点研究基地项目(编号:2020 基 1-1-49)的研究成果。

可显示为有序的步骤。

物理概念和规律学习中经常采用的“模型法”，如解决“共点三力静平衡一类习题”的方法。

模型法：从具体情境中抽象出待研究的物理对象时，常采用模型法，其基本步骤为：

- (1) 从情境中初步确定待研究现象；
- (2) 确定待研究对象以及属性；
- (3) 分析待研究属性出现所需的必要因素；
- (4) 分析待研究属性的无关或次要因素；
- (5) 突出主要因素、忽略次要因素，由此概括待研究的物理模型。

共点三力静平衡一类物理习题解决的方法是，如果物体受共点三力处于静止或动态平衡状态，且受力为沿绳、杆、圆周半径等方向，可运用力的矢量三角形方法求解。

基本步骤为：(1)先分析出三力，并画出力的示意图；(2)画出力的矢量三角形；(3)运用三角形边角关系和已知条件求解、或寻找与力的矢量三角形相似的由绳、杆、半径等构成的几何三角形，运用相似三角形求解。

### 1.2.2 认知策略的基本类型

问题解决的策略一般有两种类型：强方法和弱方法。“强方法是指习得的特定方法，保证能解决问题。弱方法是当解决者不知道怎么直接解决问题时所求助的一种通用的问题解决策略。”<sup>[4]</sup>研究发现，人们经常运用并不局限于特定问题的通用策略，主要有手段目标分析、向前推理、向后推理（即逆推法）等<sup>[5]</sup>。

显然，模型法是抽象物理研究对象的弱方法；而共点三力静平衡一类习题解决的方法是强方法。

比较两种类型的方法不难看出，强方法不仅给出解决特定问题的步骤，并且每一步都聚焦于解决问题所需的必要技能，学习者搜寻必要技能的范围就小。如果必要技能已能熟练运用，个体用强方法解决问题时就可以表现出自上而下的自动化的行为，因此，解决具体问题的效率就高。

而弱方法中每一步对学生来说都是解决问题的过程，如模型法中“确定待研究属性的必要因素”，在具体问题中如何确定，对解决者来说又构成问题，所以，弱方法的运用是不能自动化的。

认知策略是有助于提高特定问题解决效率的技能。解决问题的原则、途径、环节、方法、思路、窍门等都有助于相应问题的解决，故均属于认知策略。像途径、原则等词语描述的策略，其适用解决问题的

范围广，可引导解决者思考方向，但不直接指向解决具体问题的必要技能，是解决问题的弱方法。而像思路、窍门等词语描述的策略，通常适用解决问题特征较明确，且对解决该类问题有较高的效率，是解决一类问题的强方法。（认知策略和方法是同性质的概念，以下讨论不作区分）

### 1.3 理论分析学习途径各环节策略分析

在科学问题解决时可用的策略有哪些？我们通过追问“当你面对一个待研究的科学问题，你将如何思考解决？”一路追踪，尝试揭示出解决科学问题相应的策略。

追问一：面对待解决的科学问题，你将如何思考解决？

科学史研究表明，解决科学问题有两种基本途径。

(1) 实验探究途径。此类研究首先通过观察获得大量有关自然现象的经验事实，在事实上猜测本研究现象产生的因素，并在实验条件下，概括出具有一般性的科学原理。

(2) 理论分析途径。由已确证的公理或者通过思想自由创造形成假设公理，经过严密的逻辑演绎，获得新的一般原理。原理的正确性由其匹配人们经验事实的可靠性来检验。

评析：当学习者面对一个待研究的物理学科问题，上述科学问题研究的途径可以引导问题解决者最初的思考方向：是通过实验进行研究？亦或是通过更一般性的原理演绎进行研究？一定程度上避免学习者盲目地思考。

追问二：如果选择理论分析途径，你将如何解决问题？

有研究者提出理论分析研究的基本认知环节是，确定待研究的现象、确定待研究的对象、确定待解决的问题、确定论证方式、确定解决问题策略、实验验证<sup>[6]</sup>。

评析：在确定通过理论分析途径解决科学问题这一大方向后，上述认知环节可以引导问题解决者进一步有序地思考，一个台阶一个台阶逐步接近达成目标，比之采用尝试错误策略，解决问题的效率肯定要高。

但就一个具体研究课题来说，如何确定研究对象？如何确定待解决的问题？如何确定解决问题所需的策略？如何验证？对问题解决者又会构成一个个子问题。

追问三：如何从观察现象中确定待研究的对象？

通常可运用模型法从观察现象中抽象概括出待研究的物理对象。

追问四:针对确定的研究对象,如何提出问题?

物理学科的学习,提出的问题显然应该是物理性质的问题。“物理观念”是从物理的视角形成的关于物质、运动与相互作用、能量等的基本认识。是从物理学视角解释自然现象和解决实际问题的基础<sup>[1]</sup>。

因此,可从物理观念的视角提出适当的物理问题。

追问五:待解决问题提出后,如何进行理论论证?

从证明命题本身或证明命题的等价命题看,证明可分为直接证明和间接证明。

直接证明:从命题的条件出发,根据已知条件以及已知的公理、概念和规律,直接推断结论真实性的方法。

间接证明:有些命题用直接证明比较困难,可以通过证明原命题的等价命题的真伪来间接证明原命题。反证法也是间接证明的一种形式。各种论证方法亦有相应的步骤<sup>[7]</sup>。

追问六:如何确定待解决问题的策略?

课堂学习环境下的物理问题一般都属于结构良好问题,即起始状态、目标状态以及从起始到目标状态的路径都是明确的。

### 1.3.1 解决物理习题的通用策略

第一,审题。找出已知量和待求量;明确研究对象及模型。

第二,分析题。借助草图分析物理过程及物理状态。

第三,建立有关方程。根据研究对象和物理过程的特点,选用其所遵循的规律。

第四,求解。

评析:上述方法可以引导学习者解决结构良好物理问题的思考方向。在解决具体的问题时,每一步如“结合草图分析物理过程、物理状态”,对学习者来说又构成问题,所以该方法是解决物理结构良好问题的弱方法。

### 1.3.2 解决物理某一子领域习题的方法

如解决静力学、运动学、几何光学、电路等习题的方法。其中,动力学一类习题的解决方法:(1)建立坐标系;(2)受力分析;(3)沿坐标轴方向列出牛顿第二定律;(4)结合运动学公式解决问题。

分析:上述方法,其适用范围较通用策略小,但每一步还不可能聚焦必要技能,应用时还有选择、判断等思维过程,无法保证物理习题一定得到解决,所以也还是弱方法。

### 1.3.3 解决物理习题的思想方法

有研究者提出解决物理习题的思想方法,包含:守恒法、图象法、等效法、对称法等。

守恒法是指利用物理变化过程中存在的一些守恒关系来解物理习题的方法;中学涉及到的守恒有:质量守恒、电荷守恒、动量守恒、机械能守恒和能量守恒。

分析:此类方法可以指示学习者解决物理问题时可以尝试的方向,但其应用的条件难以清晰界定,无法保证学习者解决特定的物理习题,所以也是弱方法。

此外,解决物理问题时还会运用最一般的弱方法,如逆推法、手段目标法、向前推理法等。

概括以上讨论,理论分析途径学习途径各子环节解决问题的策略如表1所示。

表1 理论分析学习途径中子环节以及子问题解决的策略

子环节		可用策略
提出问题	确定待研究的现象	观察日常或实验中情境,初步确定待研究的现象
	确定待研究的对象	模型法等
	确定研究问题	从相互作用与运动、能量、物质结构等物理观念的视角提出待研究的问题
论证过程	确定论证方式	直接证明、间接证明(含反证法)
	确定论证策略	如果直接证明,可运用的策略主要有: 1. 解决物理问题的通用方法; 2. 解决物理各子领域问题的方法; 3. 守恒、对称、微元等问题解决方法; 4. 逆推法、向前推理、手段目标法等解决问题的一般弱方法; 5. 归纳推理、演绎推理等逻辑方法
验证		验证方法

## 2 科学思维素养的实质

如果用完整的语言加以描述,学习者具有科学思维素养,表现为“具有运用科学思维方法解决物理问题的意识和能力”,愿做事的“意识”,本质上反映的是个体对人、对事所具有的态度,而解决问题的能力则通过个体运用认知策略搜索解决问题所需技能表现出来。

为了解科学思维素养的实质,我们结合具体学习实例进行阐述。

### 2.1 单摆运动规律学习途径及相应策略分析

#### 2.1.1 确定待研究的现象

日常生活中,可以看到许多摆动的物体,如孩子们荡的秋千、各式挂钟的钟摆、电影中用于催眠的摆动的怀表、悬吊于空中的小挂件被碰后的摆动等等。

这一生活中常见的现象,我们希望了解其往复摆动是否有规律可循。

由此确定研究现象:重物在一根绳牵引下在竖直面内围绕固定点往复摆动的现象。

2.1.2 确定研究对象

生活中的悬吊物摆动情境不同,悬吊物材质各异,有大有小、有重有轻、有方有圆;绳有长有短、有粗有细等。实际研究不可能具体地研究每一个如此摆动的对象,需要从日常生活的摆动现象中抽象出可以研究的对象模型——单摆模型。

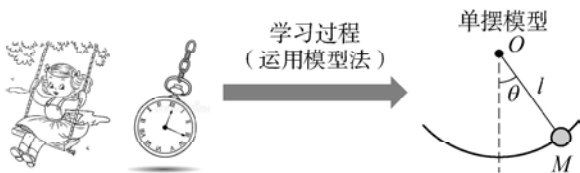


图 1 单摆模型

从真实情景中抽象出物理模型通常采用模型法,模型法的界定见前面中所述。

在模型法步骤 2 中,通常采用归纳推理中的求同法,概括出其待研究对象的核心属性。

在模型法步骤 3 中,可采用归纳推理中的差异法等确定待研究对象的必要条件。

探究因果联系的归纳法,包括求同法、差异法、共变法、求同求异法和剩余法。其中,差异法是通过考察被研究的现象出现和不出现的两个场合,确定在这两个场合中是否只有另外一个情况不同,如果是,那么这个不同情况与被研究现象之间有因果关系。

其结构可以如表 2 所示。

表 2 差异法结构

场合	先行情况	被研究现象
1	A、B、C、D	a
2	B、C、D	
	所以,A 与 a 有关	

在建立“单摆模型与绳不具有弹性存在关系”时,其推理结构如表 3 所示。

表 3 “单摆模型与绳不具弹性有关系”结论获得的逻辑结构

	结果	条件
1	重物在绳牵引下围绕最低点往复运动 (待研究现象出现)	绳子无弹性
2	重物在绳牵引下无固定点的往复运动 (待研究现象不出现)	绳子有弹性

续 表

	结果	条件
	重物在绳牵引下围绕最低点往复运动需要绳子没有弹性	

在步骤 4 中,要排除研究对象的无关属性,主要运用排除因果联系的演绎逻辑方法。

因果关系要求“相同的原因必定产生相同的结果”,由此,可以获得两种前提:

前提一:如果本质原因存在,则结果也应存在。

前提二:如果本质原因改变,则结果也应变化。

以此为前提,可有两种排除物理量之间存在因果联系的演绎推理方式。

推理形式一:

如果 A 与 B 有因果联系,则 A 变化,B 亦变化

A'变化,而 B'未变

A'与 B'无必然关系

推理形式二:

如果 A 与 B 有因果联系,则 A 不变化,B 亦不变化

A'不变化,而 B'变化

A'与 B'无必然关系

著名认知心理学家斯腾伯格(R. J. Sternberg)通过实验证实个体确实可以根据可能的原因出现了但结果没有出现、可能的原因没出现但结果出现了,来推翻某一事件是原因事件<sup>[5]</sup>。

此处,在排除“单摆模型与重物形状关系”时,其推理过程如下:

如果 A 和 B 存在因果联系,则 A 变化了,B 也应变化

物体形状发生改变(各种形状机械表等),

但重物围绕最低点的往复运动不变

故,重物围绕最低点往复运动与重物形状无关

2.1.3 确定问题

本例中,因为涉及研究对象的运动规律,可从物理观念中的“相互作用与运动观”提出问题:单摆运动满足的规律为何?

2.1.4 确定论证方式

本环节采用直接证明方式。

2.1.5 确定搜寻解决问题所需技能的策略

待研究的问题是:“单摆运动满足何种规律?”学习者一种可能的解决过程简述如下。

表 4 单摆运动规律的探究

<p>● 审题、分析题(理解物理问题,形成问题空间)。</p> <p>有一段轻绳;一端固定;另一端悬挂重物;质量为 <math>m</math>;该重物围绕悬吊的最低点往复摆动。待求:该往复运动满足的规律?</p> <p>形成上述问题空间后,个体需要在一定策略引导下从认知结构中搜索解决本问题所需技能。一种可能的思考过程如下:</p> <p>● 待求是单摆运动满足的规律。可能会有什么规律? 往复摆动,是振动。会是简谐振动?</p> <p>● 是不是简谐振动,如何证明呢? 如果振动的回复力满足与 <math>x</math>(平衡位置)的位移成线性关系,即 <math>F_{回} = -kx</math> 可以</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

● 形成子问题 1:如何求出单摆的回复力。

该子问题属于动力学问题,可遵循动力学解题方法(如前“解决某一子领域习题的方法”部分所述)加以解决

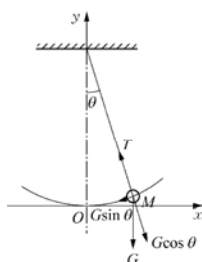


图 2 单摆回复力

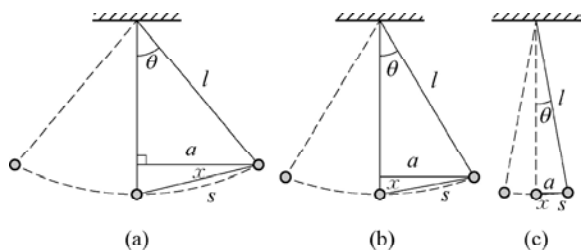
建立坐标系。单摆绕最低点摆动,故以最低点为坐标原点,建立坐标系如图 2 所示。

受力分析。受重力  $G$  和绳的拉力  $T$ 。

受力分解。因为需要确定的是回复力,根据回复力的特征,则该力与物体在  $t$  时刻的  $\Delta t$  对应位移同线、方向指向使物体返回平衡位置。单摆小球做沿圆弧运动( $t$  时刻位移沿圆弧切向),故单摆小球的回复力应沿圆弧,并指向平衡位置  $O$ 。即可沿圆弧切线和法线方向分解重力,回复力  $F_{回} = mg \sin \theta$ ,沿圆弧切向。如图 2 所示

● 子问题 2:上述回复力  $F_{回} = mg \sin \theta$ ,并未显示回复力与单摆偏离平衡位置  $O$  的线距离  $x$  的关系。如何解决?

解决方法:可运用代换的方法。将需要的线量用已知的角量代换。

图 3 小角度时弧长  $s$  与  $x$  的近似

由图 3 可知,在小角度时,有  $\sin \theta = \frac{a}{l} \approx \frac{x}{l}$ 。

● 单摆振动回复力  $F_{回} = -(mg/l)x$ ,故单摆(小角度)满足简谐振动

本例在抽象单摆模型时,运用模型法;在确定待研究问题时,是从物理观念视角提出问题;在论证过程中,采用直接证明方式;在证明过程中,先遵循“解决物理习题通用方法”中的审题、分析题形成对问题的理解(即“分析”过程),问题空间并没有直接显示出解决问题的路径,个体又遵循“逆推法”的引导搜寻解决该问题的可能路径,搜索过程遭遇到了子问题 1,在解决子问题 1 过程中,运用了“解决动力学习题方法”;在子

问题 1 解决中,又遭遇子问题 2,再运用数学中代换方法以及极限方法,将需要的线量用已知的角量代换,最后执行所选出的必要技能解决问题(即“综合”的过程)。

## 2.2 科学思维素养的实质

结合上述实例的分析可知,理论分析途径是一种探索自然界背后规律的认知方式。从解决问题过程看,具有“抽象物理模型”阶段;从思维特征看,会表现出“分析”“综合”的思维特征;从解决问题运用的方法看,是需要运用论证以及逻辑方法;从论证的目的看,也是对特定命题的证实或证伪。对标课程标准提出的科学思维素养,不难看出,科学思维素养主要通过学习者遵循理论分析途径解决物理问题体现出来的。

学生科学思维素养是通过理论分析途径解决问题(在不同解决阶段运用相应策略解决子问题)表现出来的。

此为对问题 1 的回答。

## 3 科学思维素养的培养方案

学校环境下的学习,需要教师规划教学事件,引导和帮助学生的学习过程,也就是与学习过程对应的教学过程。既然学习是学生运用一定策略解决各环节子问题、习得相应学习结果的过程。那么,教学就是教师遵循各环节中相应策略的引导,帮助学生选择解决子问题的技能,从而解决问题、习得所学知识的过程。

显然,科学思维素养的培养,就是通过“教师遵循理论分析途径各环节策略的思维过程,引导学生经历运用相应策略选择解决各子问题所需技能解决问题”而实现的。

此为对问题 2 的回答。

下面以单摆模型建构教学为例做一解释。

案例 生活中经常可以看到悬挂起来的物体在竖直平面内摆动,我们用细线悬挂着的小球来研究摆动的规律。

如图 4 所示,如果细线的质量与小球相比可以忽略,球的直径与线的长度相比也可以忽略,这样的装置就叫做单摆(simple pendulum)。单摆是实际摆的理想化模型。显然,单摆摆动时摆球在做振动,但它是不是在做简谐运动?

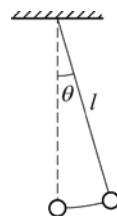


图 4 单摆

研究单摆时还有一个条件:与小球受到的重力及绳的拉力相比,空气等对它的阻力可以忽略。

为了更好地满足这个条件,实验时我们总要尽量选择质量大、体积小的小球和尽量细的绳。

分析:遵照教材的流程教学,并不能达成帮助学生通过“模型建构”要素进而培养学生科学思维素养的目标,其原因在于学生没有经历运用模型法对研究对象主要因素、次要因素分析并抽象的过程。学习材料后,学生只是能回答:单摆是“理想化”的模型,但并不能解释单摆模型如何“理想化”出来的。

### 3.1 模型建构教学

教学目标(科学思维):经历单摆模型抽象的过

程,体会模型法的运用。增加科学思维中模型构建要素实现的经验。

教学方法:采用启发式教学。

即教师遵循模型法的步骤,引导学生逐一经历模型化的每一子过程,并在各子环节中帮助学生识别出获得结论所需的有效信息,进而有序地获得各子结论,并最终概括出单摆模型。

教学流程如表 5 所示。

表 5 单摆教学流程

教学活动	教学活动说明
<p>呈现情景:秋千的摆动,(用于催眠)怀表的摆动、风中的风铃。</p>  <p style="text-align: center;">(a)                      (b)                      (c)</p> <p style="text-align: center;">图 5</p> <p>师 1:这种运动有何共性特征。 生:物体在绳牵引下,往复摆动</p>	<p>呈现包含待研究问题的生活情境,引导学生初步概括出待研究的现象。 此部分运用归纳法中的求同法形成待研究的基本属性</p>
<p>师 2:希望研究的是哪个对象运动? 这种运动有什么特点? 生:研究重物的运动。重物是拴结在绳的一端,绳的另一端固定。重物在绳的牵引下,在竖直平面、围绕一个最低点的往复运动</p>	<p>引导学生确定待研究现象的核心属性</p>
<p>师 3:(情形 1)出现这种运动形式需要什么条件呢? 如果绳有弹性,比如用橡皮筋悬挂重物的运动,此运动是否符合我们要研究的运动? 生:不满足。因为物体的运动,是往复摆动,但没有围绕固定的最低点。 师:如果要出现待研究对象的性质,需要绳满足什么样条件? 生:绳应该没有弹性。 师 4:(情形 2)如果悬挂的物体比较轻,像泡沫球等,摆动时是否是我们要研究的运动? 生:不满足。往往摆动不了一个完整的往复运动。 师:泡沫球不能往复摆动的原因为何? 生:泡沫球质量较小,运动中受空气阻力影响大。 师:那么要出现待研究现象,需要空气阻力的影响小。在何种条件下,空气阻力对物体的运动影响小? 生:运动物体质量大,空气阻力影响较小。 师 5:(情形 3)如果一个很粗的绳,悬挂一个较轻小球,摆动时是否是我们要研究的运动? 生:绳受阻力和重力,其运动对小球摆动影响可能很大,小球摆动可能规律性不明显。 概括:待研究的运动,需要绳不计弹性、且重物质量要大、重物质量远大于绳的质量等</p>	<p>引导学生分析核心属性产生需要的条件,即分析主要因素。 (师生 3 之间信息的传递符合该结论获得逻辑结构的要求,如表 3 所示。师生 4、5 间信息的传递结构与表 3 本质相同)</p>
<p>师 6:悬挂重物是什么形状,比如绳下用怀表、砝码、或者小钢球等,对我们需要研究的运动有影响吗? 生:影响不大。不论挂砝码还是小钢球,其围绕最低点往复运动的形式变化不大。 师 7:悬挂的重物,是什么材质的,对需要研究的运动有影响吗? 生:应该影响不大。 概括:所以,只要是重物,形状、材质对研究属性来说是次要的</p>	<p>引导学生分析核心属性的次要因素。 (师生 6 之间的互动符合排除因果联系的逻辑推理的结构)</p>
<p>师 8:依据前面的分析,我们可以抽象出待研究的运动,应满足, 生:不计质量的轻绳,一端固定,另一端悬挂重物; 绳不具有弹性。 重物在此绳牵引下,在竖直平面,围绕固定最低点做往复运动。 此种运动形式,即为单摆</p>	<p>引导学生概括出待研究的物理模型</p>

### 3.2 模型建构有效教学的基本要求

经过此段教学,学生抽象出单摆模型。学习过程显然遵循了模型法的引导,但学生不会自发概括出模型法运用的条件以及步骤,只是增加一次运用模

型法抽象物理问题的经历。所以,这一教学过程中,对于模型法而言,学生只是处于隐性学习的阶段。

如果学生经历了多次模型法抽象物理对象的过

(下转第 18 页)

逻辑节点,通过一组有梯度的问题,层层推进学生的思维认知。我们以表 1“思维逻辑链”中节点 4 为例,来说明“问题串”的使用过程<sup>[5]</sup>。

通过之前的“思维逻辑链”过程,学生已经获得如下思维认知:电场是一种物质,电场能施力,电场有强弱。接下来的逻辑节点 4 是“用检验电荷受力描述电场的强弱”,它规定了师生要完成的任务。如图 2 所示,同样的电荷在不同的电场中受力不同,即电场强弱不同,这是逻辑节点 4 的认知出发点。我们设置的问题链包含 Q1、Q2、Q3 和 Q4 四个梯度性问题,层层推进到“如何用检验电荷测试源电场的强弱”。通过直觉猜想、实验探究、推理、类比等科学方法和相应教学手段,让学生在情境中分析问题、获

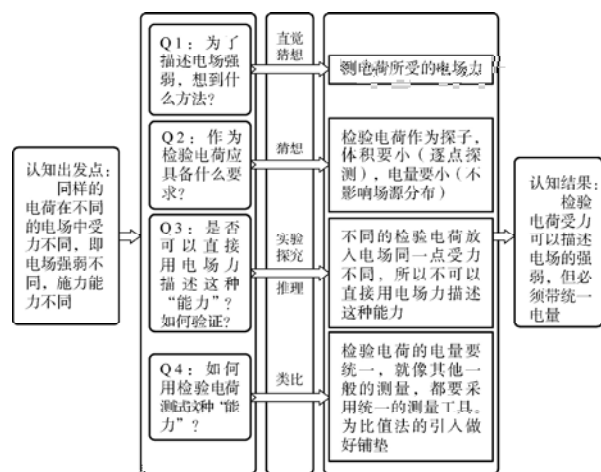


图 2 基于“思维逻辑链”中节点 4 的“问题串”使用过程

(上接第 12 页)

程,可选择适当时机,以模型法为教学目标,即通过特定教学环节,显性化其适用条件以及步骤,并由学生自己找出学习中运用模型法的实例,从而达到理解“模型法”的层次。此后经过学生在课外研究性活动中真正运用模型法抽象物理对象,才有可能转化为自己解决问题的可用的技能,从而一定程度上提高模型构建的能力。

综上所述,课堂教学中对学生科学思维素养的培养主要通过理论分析学习途径实现。有效培养的前提是:教师应具体分析有待解决的问题以及子问题为何,解决各子问题所需的必要技能以及所需的策略为何。一旦梳理出解决问题的上述流程,教师就可明确本课例学习中或模型法、或论证方法、或逻辑推理方法的具体运用。教学中可以遵循各子环节方法的引导,帮助学生经历相应层次方法运用,习得所学知识;在适当时机和场合,亦可通过显性化的方式帮助学生习得各层次的方法。由此可避免泛泛地在理论上讨论核心素养

取结论,最终达到节点 4 的预定思维认知结果。当然,并不是所有的“问题”都需要作为课堂提问,这些问题应该显性或者阴性渗透于课堂教学进程中,让学生时时感到有这样一些“问题”在推动着其思维沿逻辑链条前进。所以对于“问题串”的使用还须反复训练,才能拿捏到好处,发挥最大效能。对于在校师范生或者初入职青年教师,这一点是需要提醒的。

### 3 结论

“思维逻辑链”方法对于中学物理概念教学有一定的借鉴意义,有利于激发学生深刻思维活动,逐次推进学生思维认知,建立深刻正确的物理概念。必须指出的是,物理概念的深入人心并非一蹴而就的事情,需要有意拉长物理概念的授课过程,经历“建立→应用→深化”的逐级升华,才能让学生对物理概念深刻理解、熟练掌握。

### 参考文献

- [1] 王国平. 浅谈物理概念和规律的教学方法[J]. 新课程学习, 2011(3):167.
- [2] 连春兴,魏韧. 谈课堂教学中“逻辑链”与“思维链”的契合——以“一元二次方程”的解法为例[J]. 数学通报, 2011(5):37—39.
- [3] 夏良英. 探究“层进式问题串”教学模式,演绎高中物理活力课堂[J]. 物理教师, 2018(8):18—20.
- [4] 郭德学. 高中物理力学前概念的转变探索[J]. 中学物理教学参考, 2019(10):6.
- [5] 陈峰. “问题串”在物理探究教学中的应用[J]. 课程·教材·教法, 2006(11):59—62.

培养,实践中形式化地培养核心素养的种种缺陷,一定程度上提高了学科核心素养培养的针对性和有效性。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 版 2020 年修订)[S]. 北京:人民教育出版社, 2020.
- [2] 王甦,王安圣. 认知心理学[M]. 北京:北京大学出版社, 1992:288.
- [3] 陈刚. 物理学习与教学论[M]. 上海:华东师范大学出版社, 2019:72.
- [4] (英)S. Ian Robertson. 问题解决心理学[M]. 张奇,译. 北京:中国轻工业出版社, 2004:43.
- [5] (美)Robert J. Sternberg. 认知心理学(第三版)[M]. 杨炳钧,等译. 北京:中国轻工业出版社, 2006.
- [6] 穆良柱. 什么是物理与物理的认知过程[J]. 大学物理, 2018(1):22—23.
- [7] 钱佩玲,等. 数学思想方法与中学数学(第二版)[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2008:99.