

# “科学思维”素养提升策略

——以“科学探究”为教学主线

张嘉弘

(浙江省海宁市第一中学 浙江 嘉兴 314400)

(收稿日期:2019-03-14)

**摘要:**以《普通高中物理课程标准(2017版)》为主要理论依据,阐述了如何以“科学探究”为教学主线,通过基于“问题情境制造”的探究论证促进策略、基于“理论支撑寻求”的科学推理强化策略、基于“事物本质挖掘”的理想模型构建策略、基于“探究过程回顾”的质疑创新引导策略,帮助学生的学习过程中全方位地提升“科学思维”素养。

**关键词:**科学探究 科学思维 提升策略

## 1 问题缘由

《普通高中物理课程标准(2017版)》指出:科学思维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,是基于经验事实构建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运用,是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力与品格<sup>[1]</sup>。

《SOLO分类评价理论》把思维层次分成了5个层次,即前结构、单点结构、多点结构、关联结构和抽象拓展结构,前3个层次是基础知识的积累,而后两个层次是思维能力的飞跃。绝大多数试题的要求都在关联结构水平层次。

因此,科学思维的提升是新课标的基本要求,也是目前物理选考的选拔要求,更是培养21世纪创新人才的保证。如何扎实做好核心素养的全面落地,如何提升学生的科学思维素养,将是今后很长一段时间内教学的重中之重。

本文选择“晾衣架模型的研究”一课为例,借助创新实验装置,以“科学探究”为教学主线,逐步引导学生深入思考,试图在科学论证、科学推理、模型构建、质疑创新<sup>[1]</sup>4个方面实现质的突破,以帮助学生的思维层次尽可能达到关联结构水平及以上。

## 2 素养提升策略

以“科学探究”为教学主线的“科学思维”素养

提升具体策略如下。

### 2.1 基于“问题情境制造”的探究论证促进策略

问题是学习的起点,把问题置于学生所熟悉的实际场景之中,并利用突出关键要素的模型器件呈现于教室,有效调动学生探究的积极性,打破思维的平衡状态,促进进一步探究论证,提升科学思维的敏感性。

**教学片段1:**

**展示情境:**如图1所示,晾晒衣服的绳子轻且光滑,悬挂衣服的衣架的挂钩也是光滑的,轻绳两端分别固定在两根竖直杆上的A和B两点,衣服处于静止状态。

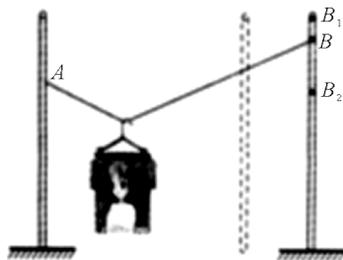


图1 晾晒衣服情境图

**提出问题:**如果保持绳子A端位置不变,将B端分别上下移动或水平移动到不同的位置,轻绳上的张力会如何变化?两侧轻绳与竖直方向的夹角是否相等,是否会因B端的移动而发生变化?

学生对于此类情景还是比较熟悉的,就此各自思考,提出自己的见解。

**展示教具:**晾衣架模型演示仪。

学生对于这个新鲜的事物很感兴趣,直接提出要用这个模型进行实验测量.

根据学生的要求,首先研究  $B$  端水平移动时的情况,发现猜想与实验现象很吻合,探究的热情进一步高涨.

接下来,研究  $B$  端上下移动的情况,分别测量左侧细绳与竖直方向夹角为  $60^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $25^\circ$  时,右侧细绳与竖直方向夹角以及两侧细绳的张力大小,如图 2 所示.实验数据如表 1 ~ 表 4 所示.

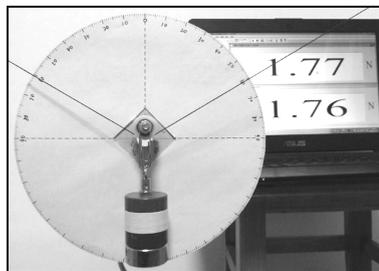
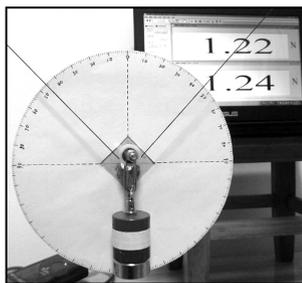
(a)  $\theta_{\text{左}} = 60^\circ$ (b)  $\theta_{\text{左}} = 45^\circ$ (c)  $\theta_{\text{左}} = 30^\circ$ (d)  $\theta_{\text{左}} = 25^\circ$ 

图 2 “活结”角度变化实验演示

表 1 左侧绳与竖直方向夹角为  $60^\circ$  时的实验数据

物理量	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4
$\theta_{\text{左}} / (^\circ)$	60.0	60.0	60.0	60.0
$\theta_{\text{右}} / (^\circ)$	60.4	60.2	60.1	60.5
$F_{\text{左}} / \text{N}$	1.77	1.76	1.77	1.76
$F_{\text{右}} / \text{N}$	1.76	1.76	1.77	1.76

表 2 左侧绳与竖直方向夹角为  $45^\circ$  时的实验数据

物理量	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4
$\theta_{\text{左}} / (^\circ)$	45.0	45.0	45.0	45.0
$\theta_{\text{右}} / (^\circ)$	45.1	45.5	45.3	45.0
$F_{\text{左}} / \text{N}$	1.23	1.22	1.23	1.24
$F_{\text{右}} / \text{N}$	1.24	1.24	1.23	1.23

表 3 左侧绳与竖直方向夹角为  $30^\circ$  时的实验数据

物理量	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4
$\theta_{\text{左}} / (^\circ)$	30.0	30.0	30.0	30.0
$\theta_{\text{右}} / (^\circ)$	30.3	30.0	30.4	30.3
$F_{\text{左}} / \text{N}$	0.99	1.00	1.00	1.01
$F_{\text{右}} / \text{N}$	1.00	1.01	1.00	1.00

表 4 左侧绳与竖直方向夹角为  $25^\circ$  时的实验数据

物理量	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4
$\theta_{\text{左}} / (^\circ)$	25.0	25.0	25.0	25.0
$\theta_{\text{右}} / (^\circ)$	25.4	25.1	25.5	25.3
$F_{\text{左}} / \text{N}$	0.95	0.96	0.96	0.95
$F_{\text{右}} / \text{N}$	0.95	0.95	0.96	0.96

学生根据实验数据总结:在误差允许的范围  
内, $B$  端上下移动时,两侧细绳与竖直方向的夹角相  
等且保持不变,同时两侧细绳的张力也相等且保持  
不变.

**点评:**人不能长期容忍认知心理不平衡,都有填  
补空白、解决问题的认知本能,通过情境制造,引发  
认知冲突,有利于触发学生思考的敏感点,让学生的  
思维远离平衡状态,从而带着要一探究竟的迫切心  
情积极融入到课堂中去,而创新实验器材的呈现与  
利用,进一步点燃探究、论证的热情,促进了思维的  
进一步发展.

## 2.2 基于“理论支撑寻求”的科学推理强化策略

一切外在的现象都有其内在规律,在不断的分  
析与综合、概括与抽象中,一步一步地进行演绎推

导,享受从“半定量的现象观察”到“定量的理论确认”的转化过程,在找出规律所在、形成结论的过程中,提升科学思维的严密性。

### 教学片段 2:

**提出问题:**通过实验发现了一些特别的现象,也验证了之前的一些猜想,那么是怎样的物理规律在支配着这种现象呢?

请大家运用我们所学过的一些知识,通过理论推演,去一起寻找现象背后又隐藏着的物理规律吧。

学生分小组讨论,寻找规律,交流互动,分享成果。

小组 1:当整体静止在任意位置时,对整体进行受力分析(图 3),通过正交分解,列平衡方程得

$$F_{\text{左}} \cos \theta_{\text{左}} + F_{\text{右}} \cos \theta_{\text{右}} = mg$$

$$F_{\text{左}} \sin \theta_{\text{左}} = F_{\text{右}} \sin \theta_{\text{右}}$$

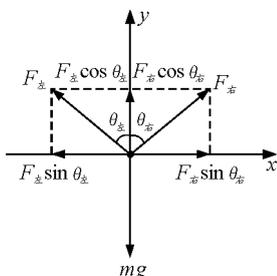


图 3 正交分解图

在不计滑轮质量及摩擦的情况下,  $F_{\text{左}} = F_{\text{右}}$ .

求解得

$$\theta_{\text{左}} = \theta_{\text{右}}$$

$$F_{\text{左}} = F_{\text{右}} = \frac{mg}{2 \cos \theta_{\text{左}}}$$

**结论:**当动端左右、上下移动时,两侧细绳与竖直方向的夹角总是相等的,两侧细绳的张力也相等。

小组 2:如图 4 所示,设细绳长为  $S$ ,两端点之间的水平距离为  $L$ ,两边细绳与竖直方向的夹角为  $\theta$ ,利用几何关系得

$$\sin \theta = \frac{L}{S}$$

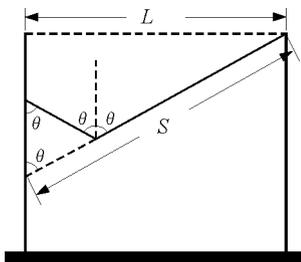


图 4 几何关系图

**结论:**无论动端如何上下移动,只要水平方向距离不变,两边细绳与竖直方向的夹角  $\theta$  就不会变化。

**点评:**通过小组讨论与理论推导,不仅把现实情境与物理理论高度关联,实现知识转变,并且通过小组之间分享经验、共享成果,相互弥补不足,修补各自的思维漏洞,对于思维的严密性会有较大的提升。

### 2.3 基于“事物本质挖掘”的理想模型构建策略

模型构建是作为一种认识手段<sup>[2]</sup>,是对客观事物本质特征和共同属性的抽象与概括的过程,而作为一种思维方式,有助于帮助学生抓住关键要素,加深对概念、过程和系统的理解,培养建模的思维意识和能力,提升科学思维的系统性。

### 教学片段 3:

教师提问:

(1) 通过刚才的实验探究和理论推导,请同学总结一下这种装置的形成方式?

(2) 这种装置的力学特点是怎样的?

学生回答:

(1) 这种装置由绳跨过滑轮或绳子上挂一光滑的挂钩而形成,如图 5 所示。

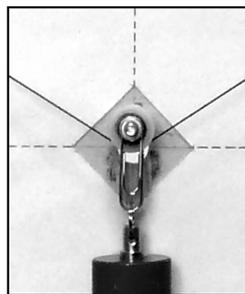


图 5 “活结”结构图

(2) 滑轮两边的绳子的力相等,绳子与竖直方向的夹角相等,也就是说两边细绳的合力一定在角平分线上。

教师归纳总结:

这种装置可以看成绳子间的一种光滑连接,可以理解为把绳子分成两段,且可以沿绳子移动的结点,物理上称之为“活结”,虽然绳子因活结而弯曲,但实际上是同一根绳子,所以结的两边同一绳上的张力相等。

教师随之拿出另一种装置,如图 6 所示,用相同的方式演示动端上下、左右移动时,绳子上张力的变化,以及两边细绳与竖直方向的夹角变化,如图 7 所

示.

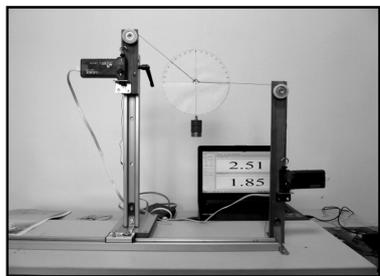
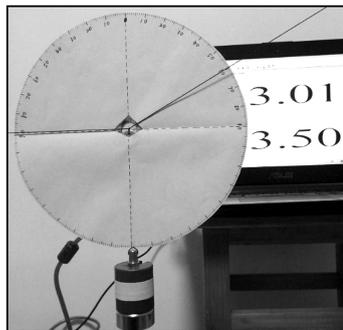
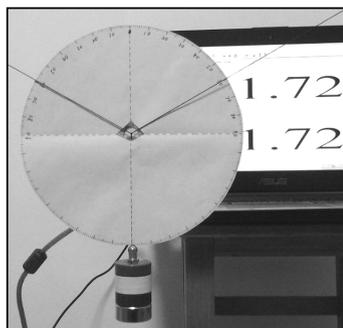


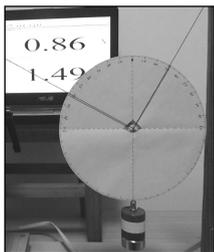
图6 “死结”装置图



(a)  $\theta_{左} = 90^\circ, \theta_{右} = 60^\circ$



(b)  $\theta_{左} = 60^\circ, \theta_{右} = 60^\circ$



(c)  $\theta_{左} = 60^\circ, \theta_{右} = 30^\circ$

图7 “死结”角度变化实验演示

教师提问:通过观察现象,说明装置的形成方式以及概括装置的力学特点.

学生回答:绳子打“结”后系在某点而形成,“结点”两边绳子的力不一定相等,与竖直方向的夹角也不一定相等.

师生共同总结:

这种装置可以看成绳子间的一种固定连接,可

以理解为把绳子分成两段,且不可以沿绳子移动的结点,物理上称之为“死结”,由于两侧的绳子因打结而变成两根独立的绳子,所以结的两边绳子上的张力不一定相等.

**点评:**物理事物和现象是丰富生动的,是本质特征与非本质特征的综合体,由于外显的非本质特征常常阻碍学生对本质特征的认识,通过教师引导,学生思考总结,从现实具体的事物中抽象概括出本质,并通过对比顺应引出相对应的另一种模型,在建模的过程中,有助于学生形成对科学事物立体的、完整的认识,思维的系统性得到了进一步提升.

#### 2.4 基于“探究过程回顾”的质疑创新引导策略

质疑创新的核心是科学创造力,从物理学习和活动的角度来看主要是观察与实验,物理问题的提出、解决以及物理创造等方面<sup>[2]</sup>,通过回顾探究过程,审视其中的细节,重新发现问题,提出改进方式,有助于帮助学生提高大胆质疑的思维能力,多角度思考问题,提升科学思维的创造性.

##### 教学片段 4:

教师提问:通过实验探究、理论推导和模型构建,在这个过程中,已经全面地认识了晾衣架这个装置,利用装置测量了一些数据,通过数据确实证实了我们之前的部分猜测,那么这些数据的可靠性如何,大家是否考虑过?

学生回答:通过理论推导,知道了所挂重物的重力与两侧绳子张力的关系,只要通过重力就可测算出两侧绳子张力的理论值,比较理论值和测量值的差异就可知绳子张力数据的可靠性了.

活动:分小组研究.

小组 3:利用传感器所测拉力为  $F_{\text{传感}}$ ,利用共点力平衡  $G = 2F_{\text{理论}} \cos \theta$ ,求得的拉力为  $F_{\text{理论}}$ ,数据如表 5 所示.

表 5 小组 3 实验数据

物理量	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4
$\theta_{\text{测量}} / (^\circ)$	60.0	45.0	30.0	25.0
$F_{\text{理论}} / \text{N}$	1.80	1.27	1.04	0.99
$F_{\text{传感}} / \text{N}$	1.76	1.24	1.00	0.95

**结论:**测量值  $F_{\text{传感}}$  均小于理论值  $F_{\text{理论}}$ ,且  $\theta_{\text{测量}}$  越小,相对误差越大.

教师提问:为什么会出现这种情况?是力传感器测量问题?还是其他问题?

学生讨论分析:

传感器测量是很准确的,不应该有测量问题,理论值是按照所测量的角度计算所得,角度测量可能有问题。

教师提问:角度测量的问题受到测量角度的仪器设计以及测量者的读数两方面原因影响,那么这里影响角度测量的主要因素是什么呢?

学生思考分析:

按表格所示的结果看,测量值  $F_{\text{传感}}$  均小于理论值  $F_{\text{理论}}$ ,应该是系统误差,若是偶然误差,测量值不会出现一致性的偏小问题。

教师:请大家思考系统误差是怎么形成的呢?研究一下角度测量的装置,如图8所示。

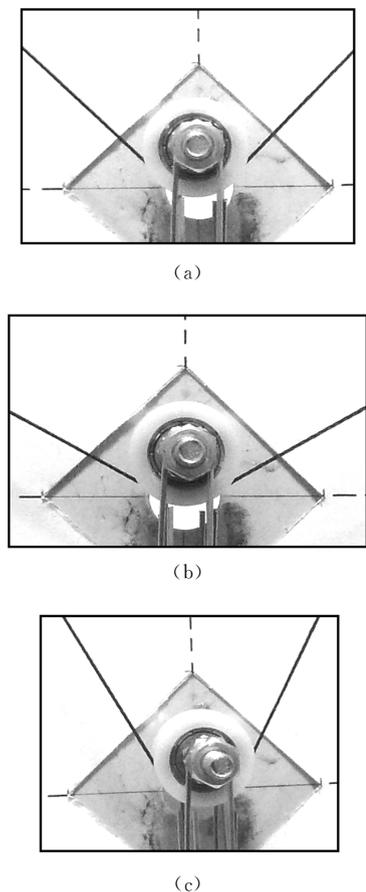


图8 角度测量装置图

学生分小组观察、思考、讨论。(教师巡视引导)

小组4:两细绳延长线的交点应该是角度测量装置的中心,但是由于随着角度的改变,这个交点是在上下移动的,而角度测量装置的中心是固定的,在

这个装置上,动滑轮的底端与角度测量装置的中心重合,所以只有  $\theta = 90^\circ$  时,测量值才与真实值相等,其他角度下,测量值均大于真实值,也就是  $\theta_{\text{测量}}$  是偏大的,导致  $F_{\text{理论}}$  偏大。

教师几何画板动态演示,如图9所示,肯定学生的研究结论,并引导学生发现,在角度较小的情况下,误差是相对较大的,随着角度的增大,误差会越来越小。

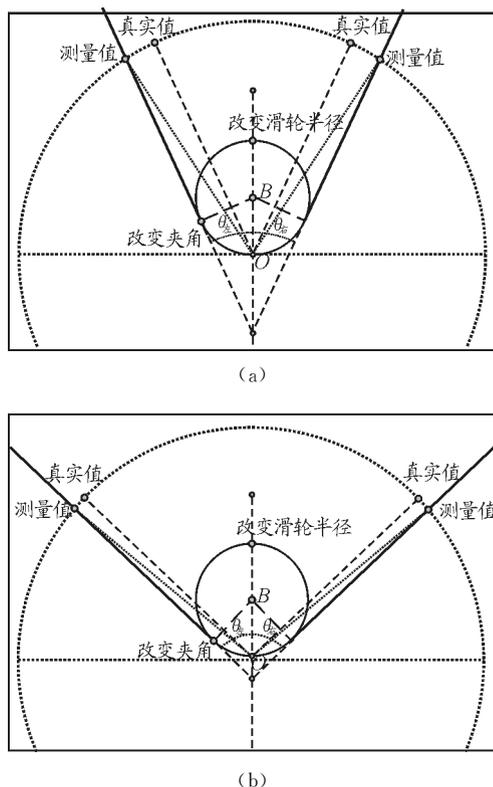


图9 夹角变化图

运用几何画板的角度测量功能,找出测量值与真实值得对应关系,如图10所示,并在表6中修正测量值.实验装置滑轮半径是0.64 cm。

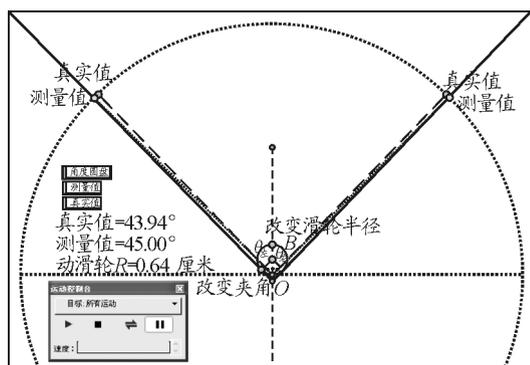


图10 数据对照图

表6 修正测量值

物理量	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4
$\theta_{\text{测量}} / (^{\circ})$	60.0	45.0	30.0	25.0
$\theta_{\text{理论修正}} / (^{\circ})$	59.52	43.94	28.16	22.88
$F_{\text{理论}} / \text{N}$	1.77	1.25	1.02	0.97
$F_{\text{传感}} / \text{N}$	1.76	1.24	1.00	0.95

教师归纳:对比修正前和修正后的表中数据,修正了理论值之后,传感器测量的数据确实是真实可靠的,角度的测量由于装置设计问题,确实存在误差,但是之前的问题探究恰好是左右两侧角度对称,所以虽然测量值有一定的误差,但是不影响数据的比较,探究的定性结论科学性没有问题。

教师提问:可不可以改进装置,让角度测量的误差减小呢?

学生回答:让动滑轮半径减小,若是一个质点,两细绳延长线的交点就和角度测量装置的中心在任何角度下都是完全重合,那么角度测量值与真实值也就重合了。

教师对学生的想法表示肯定,再次通过几何画板动态演示,如图 11 所示,在减小动滑轮半径的情况下,测量值与真实值确实逐渐接近,当动滑轮半径趋向于零时,测量值与真实值完全重合。

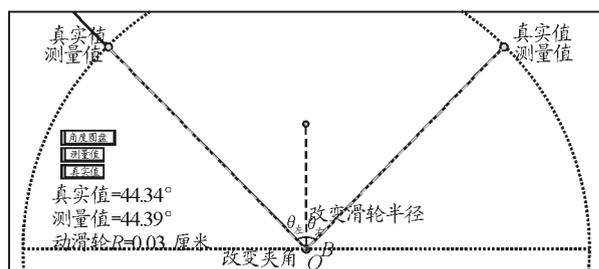


图 11 半径变化图

学生建议:在实际的装置中,不可能让动滑轮半径趋向于零,让几何画板配合装置,就能修正角度测量值,就算动滑轮半径再大一点,也是可以实现较为准确的测量的。

教师总结:随着时代的发展,可以利用现代信息技术全面辅助传统实验装置,让实验测量更加完美。

点评:通过“教师引导启发—回顾研究过程—

质疑实验数据—发现深层问题—讨论本质原因—提出创新建议”这样一种模式,让学生多角度、全方位、深层次地思考问题,从而创造性地提出自己的建议,去改善原有的装置结构或测量方式,有利于学生创造性思维的提升。

### 3 反思与感悟

以“科学探究”为教学主线的“科学思维”素养提升策略的实施应关注以下 3 个关键方面。

#### 3.1 以学生“已有的知识和经验”为教学起点

任何形式的思维提升都建立在原有思维能力的基础之上,通过制造与学生经历相关的情境,才能触及思维的最近发展区,帮助学生融入课堂思考,为科学思维的提升创造条件。

#### 3.2 以学生“参与有效的探究活动”为教学时空

思维活动的外在表现就是实践探究活动,通过教师为主导的探究式教学,让课堂以学生的学习为中心,在学生参与有效的探究活动中<sup>[3]</sup>,发展思维的敏感性、严密性、系统性、创新性等,为科学思维的提升奠定基础。

#### 3.3 以学生“科学思维素养的落实”为教学根本

教学本身是一项高度个性化和创造性的活动<sup>[3]</sup>,课堂教学的形式可以变化,但是必须有一定的原则,那就是必须以科学思维素养的落实为根本,教师可以在这个大前提下进行自由发挥,尽其所能,为科学思维的提升提供保障。

总之,在教学实施的过程中,应让学生成为课堂的主体,教师全力辅助学生投入到课堂的思考中去,实现以提升科学思维为根本的物理课堂教学。

### 参考文献

- 1 教育部.普通高中物理课程标准(2017年版).北京:人民教育出版社,2018.4~5
- 2 廖伯琴.普通高中物理课程标准(2017年版)解读.北京:高等教育出版社,2018.56
- 3 郑志湖.“学为中心”的高中物理教学.杭州:浙江教育出版社,2018.2