DOI:10.19789/j.1004-9398.2018.05.007



# 原始物理问题教学——大学物理教学的新取向

陈清梅[1] 邢红华[2] 赵艳岭[2] 周栩君[3] 邢红军[2]

(1. 北京中医药大学数理系,北京 100102; 2. 河南省科学院生物研究所有限责任公司,河南 郑州 450008;
3. 首都师范大学物理系,北京 100048)

**摘 要**

从物理学的根源是物理现象的基本观点出发,给出了原始物理问题的定义,结合物理教育的生态性特点,诠释了原始物理问题"自组织表征理论"的内涵,并以此为指导,对"轮船减摇"原始物理问题进行分析,阐述了原始物理问题教学的应用途径,从而为大学物理教学提供有益启示.

**关键词:** 原始物理问题,自组织表征理论,轮船减摇.
**中图分类号:** G642.0

长期以来,物理习题教学一直是大学物理教学的重要组成部分,作为检验、巩固知识的"工具",物理习题被教师和学生普遍接受. 然而,当学生面对非常规问题,尤其是生活中的实际问题时,往往会不知所措. 为了改变这一状况,原始物理问题教学应运而生.

基于此,本文从原始物理问题的本质出发,首先讨论了原始物理问题的定义,并在原始物理问题表征理论的指导下,展现了完整的原始物理问题表征过程,从而为在大学物理教学中开展原始物理问题教学提供有益启示.

## 1 原始物理问题定义的争鸣

近年来,多位学者就原始物理问题的概念给出了不同的定义. 于克明教授首先提出:"所谓'原始问题'是指自然界及生活、生产、科研中客观存在的,未被加工的物理问题,也可以称作实际问题."[1]

邢红军教授从"物理学的根源是物理现象"的基本观点出发,对原始物理问题进行了定义,"所谓原始物理问题,是指自然界及社会生活、生产中客观存在且未被加工的物理问题"[2],"是指自然界及社会生产、生活中客观存在的,能够反映物理概念、规律且未被加工的典型物理现象和物理事实"[3],以及"能够反映物理概念、规律本质且尚未被加工的物理现象的描述"[4],逐渐将定义聚焦于"对物理现象的描述".

周武雷副教授提出了不同的看法,他将原始物理问题分为狭义概念与广义概念. "狭义而言,指基于对自然界及社会生活中客观存在的、未被加工的物理现象的观察,而产生的对现象背后自然本因的疑问,具有思辨性特点,其回答可解释物理现象、揭示事物的内在规律;广义而言,泛指社会生活中,人类预期要达到某种目的,要得到想要的某种结果而需要如何应用物理规律的问题,属于实际应用性问题的范畴,这也是相对于一般习题而言的实际问题,亦可称为习题的原型问题."[5]

为了更好地将原始物理问题的定义进行统一,就必须从原始物理问题的本质角度进行深入研究. 正如杨振宁先生所言:"物理学是自然科学,绝大多数概念、定理的形成都来源于人们对于物理现象的观察与思考,因此,物理学的根源是物理现象[6]."其次,习题之所以在一定程度上影响了学生能力的发展,是因为它仅仅是物理现象抽象与简化后的产物,破坏了物理现象的真实性与客观性,人为剥夺了学生的思维过程. 此外,在物理问题研究领域,生态化是重要的发展趋势,也就是要使研究尽可能贴近实际生活,减少研究情境的人为性[7]. 因此,以生态化思想为指导,将习题"去加工化",回归真实物理现象,这样的物理问题才能称为原始物理问题.

收稿日期: 2017-08-09



(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由于原始物理问题的本质是在真实物理环境中解释、评价物理现象,因此,原始物理问题的真正内涵就是"对物理现象的描述". 如此,原始物理问题不仅与物理现象建立了联系,更为重要的是,它与物理学的根源也紧密联系在一起.

回顾原始物理问题概念的争鸣,不难发现,于克明教授对未加工的物理问题进行了阐述,虽然没有联系物理学的根源,却为后续研究提供了一个新的思路,因此具有一定的意义. 邢红军教授从"物理学的根源是物理现象"的基本观点出发,对原始物理问题的概念不断进行修正,最终将落脚点置于"物理现象"之上,首次将原始物理问题与物理学的根源联系在了一起. 周武雷副教授提出了原始物理问题的广义与狭义概念,但却存在一定问题. 这是因为,原始物理问题的本质是在真实的物理环境中解释物理现象,具有"可操作性",它以定量的方式解释物理现象. 周武雷副教授在举例中认为"光的本性是什么? 热的本质是什么?"可以称为原始物理问题,深入分析后不难发现,这样的问题过于宏观,且不具有可操作性,学生难以在自主研究后解释物理现象. 此外,概念的定义在正确、清楚的基础上,还应该遵循"深入浅出"原则,而将原始物理问题分为狭义与广义,不仅将简单问题复杂化,而且也远离了原始物理问题的本质.

综上所述,从物理学的根源及原始物理问题的本质出发,将原始物理问题定义为"对物理现象的描述",才能够准确表达原始物理问题的核心思想.

## 2 原始物理问题表征理论的诠释

自 20 世纪 80 年代以来,人们开始以物理学科知识为例构建问题表征理论[7]. 所谓问题表征,是指人们根据问题所提供的信息和自身已有的知识与经验,发现问题的结构,构建自己的问题空间的过程,也是把外部的物理刺激转变为内部心理符号的过程. 概括起来,表征是贯穿问题解决的一个动态过程,它涵盖了从呈现问题到解决问题的全过程[8].

由于表征涵盖了呈现问题到解决问题的全过程. 因此,原始物理问题的解决必须借助表征理论,才能更加有效地诠释问题解决的内部过程,更好地培养学生的思维能力. 反之,若简单地凭借经验就物理谈物理,就会在一定程度上削弱原始物理问题的教育价值.

在问题表征的研究中,麦克德莫特和拉金首先提出物理问题解决的"四表征理论"[9],分别是文字表征、朴素表征、物理表征和数学表征. 分析他们给出的"物理问题",可以发现,这些问题给出了物理量及相关数据,事实上就是物理习题,因而,这样的研究缺乏生态性.

在此基础上,邓铸提出了问题解决的"表征态理论"[10],包括无表征状态、外部表征状态、初级内部表征状态、低级范畴性表征状态、高级范畴性表征状态以及符号化表征状态. 该理论的优点在于融入了生态学思想,由于存在内涵含糊问题,需要进一步的验证. 尽管存在不足,但表征态理论仍然为后续研究提供了新的思路,具有重要的意义.

在此基础上,邢红军教授提出了物理问题解决的"自组织表征理论"[11](self-organization representative theory,简称 SORT),该理论以协同学为理论基础,采用生态心理学的研究取向,将问题解决的因果联系从确定性向多样性和不确定性过渡,从线性向非线性过渡,从知识贫乏领域向知识丰富领域过渡,认为问题解决是问题解决者对问题表征状态的自组织过程,而且这一过程具有非线性、突变性和自我组织性的特征. 自组织表征理论认为问题解决是一个连续与突变相结合、独立与关联相结合、控制与自发相结合、协同与竞争相结合,必然与偶然相结合的过程.

众所周知,在解决物理习题时,学生的解答思路基本固定(如图 1 虚线所示). 由此可知,物理习题解答的因果联系是确定的、线性的. 相反,原始物理问题来自真实生活情境,用文字对物理现象进行描述,需要学生自主设置物理量、画出图像并运用物理方法,最终解释、评价物理现象(如图 1 所示). 因此,原始物理问题的因果联系是不确定的、非线性的. 因此,这类问题可以充分调动学生学习的主观能动性,促进学生思维品质的发展.

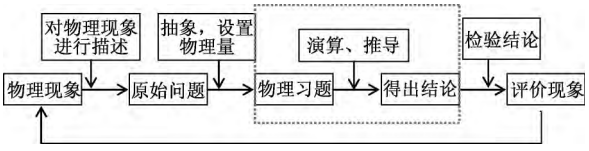



图 1 原始物理问题解决思路

为了更好地诠释原始物理问题的表征过程,SORT 提出 7 个表征层次,分别是定向表征、抽象表征、图像表征、赋值表征、物理表征、方法表征以及数学表征.



(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

定向表征是判断原始物理问题是一个什么方面问题的表征层次. 学生需要根据问题对物理现象的描述,凭借不严密、不连续、不完整性的逻辑或非逻辑方法对原始物理问题形成适应性、启发性的领悟[1]. 这与爱因斯坦的“科学思维过程理论”是一致的. 爱因斯坦认为“科学思维的开始和终结都是超逻辑(直觉)思维,只有中间过程是逻辑思维[1]. ”在原始物理问题解决伊始,学生需要先借助直觉进行猜想,这样有助于训练学生的超逻辑思维——直觉.

抽象表征是抓住主要因素,忽略次要因素,把原型转变为模型的过程. 在这一过程中,理想化方法是普遍使用的方法[1]. 例如在估算地球大气层的重量这一原始物理问题中,可以将地球抽象成一个球体,将大气层抽象成裹在球体外面的球壳. 这样,抽象表征可以有效简化研究对象,将生活中的原型抽象为模型. 因此,这一过程可以有效培养学生的抽象思维.

图像表征是学生解决问题过程中画出草图的过程,往往需要形象思维的参与. 图像表征是原始物理问题特有的表征,需要学生自己来完成[1]. 在估算大气层的重量时,可以将地球与大气层表征为二维的简化图像,如图 2 所示. 这样,学生可以得到更为形象的物理模型,不仅为问题的解决做铺垫,更重要的是,训练了学生的形象思维.

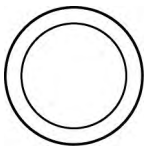


图 2　地球与大气表层简化图

赋值表征指根据解决问题的要求,设置所需要的物理量[1]. 例如在估算地球大气层的重量时,假设地球半径为 $R$,表面积为 $S$,地球表面处的大气压强为 $p$,大气层的重量为 $G$. 可以发现,原始物理问题解决的这一步,在形式上逐渐向习题靠近,但这些物理量均由学生自行设置,这就促进了学生假设思维的发展.

物理表征是确定解决问题需要使用的物理知识并加以应用[1]. 这一环节需要学生将原始物理问题与头脑中已有的物理知识联系起来,提取与问题相关的概念、规律以及公式. 这一表征过程可以有效训练学生的判断思维.

方法表征是选取解决问题时需要的科学方法并运用之[1]. 仍以估算地球大气层的重量为例,可以采用“等效”方法,把地球表面受到的大气压力等效为大气层的重量. 这一表征过程可以很好地训练学生的分析思维.

数学表征指在进行推导时所运用的数学步骤,包括列方程,解方程,进行必要的数学变换[1],从而得到最终结果. 这一过程促进了学生推理思维的发展.

综上所述,运用自组织表征理论可以有效解答原始物理问题,同时,每一个表征环节,都可以有针对性地训练学生的思维能力,具体表现为直觉思维、抽象思维、形象思维、假设思维、判断思维、分析思维以及推理思维,这正是原始物理问题的教育价值之所在.

## 3　原始物理问题的教学应用

大学物理内容多、难度大,对学生分析问题、解决问题的能力有很高要求. 同时,相较于中学物理教学,大学物理由于课时限制,用以练习、巩固的时间大大降低,不仅不利于学生对于知识的掌握,更无须提对学生能力的培养. 所以,在大学物理教学中应更加注重学习及练习的具体过程和方式方法. 因此,在大学物理教学中引入原始物理问题,不仅可以促使学生积极思考,主动解决问题,还可以有针对性地训练学生的思维能力.

虽然原始物理问题是对“物理现象的描述”,但并不意味着原始物理问题就是现象的罗列. 换句话说,原始物理问题应该具有可操作性,能够以定量的表达式来解释物理现象. 相反,‘我们处在哪里,在宇宙的哪个角落’‘如何设计让垂直下落的雨滴滴到抛物形水管中去”等问题,的确可以激发学生的兴趣,但是内容过于宏观,形式过于笼统,不具有可操作性,因此,不能算作原始物理问题.

下面,以轮船减摇原始物理问题为例,借助自组织表征理论,对这一物理现象进行解释.

“轮船航行的时候,会受到周期性的波浪的冲击而摇摆. 如果波浪冲击力的频率与轮船的固有频率相同,就会发生共振,能使轮船倾覆. 这时改变轮船的航向和速率,就能够使波浪冲击的频率远离轮船的固有频率. ”

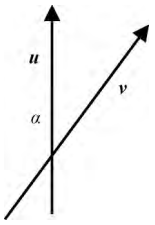
为了使轮船摇摆的固有频率远离波浪冲击力的频率,远离共振状态,就需要对“为什么改变轮船的航向和速率,就可以改变波浪冲击的频率?”进行分



(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

析、讨论,这是原始物理问题解决的出发点. 下面给　　出轮船减摇问题解决的表征过程(如表 1).

表 1　轮船减摇问题表征过程

| 表征 | 具体内容 |
|---|---|
| 1. 定向表征 | 多普勒效应 |
| 2. 抽象表征 | 把船抽象成为质点 |
| 3. 图像表征 | ①画出轮船速度 $u$ 的方向;<br>② 画出波浪速度 $v$ 的方向;<br>③ 画出轮船速度 $u$ 与波浪速度 $v$ 的夹角 $\alpha$;   |
| 4. 赋值表征 | ①设轮船的速度为 $u$;<br>② 设波浪的速度为 $v$;<br>③ 设轮船速度 $u$ 与波浪速度 $v$ 的夹角为 $\alpha$;<br>④ 波浪的波长为 $\lambda$;<br>⑤ 设波浪的传播频率为 $f$; |
| 5. 物理表征 | $f = \frac{v}{\lambda}$ |
| 6. 方法表征 | 速度分解法,归纳法 |
| 7. 数学表征 | ①船的速度方向与波浪传播方向在同一直线上,波浪相对于船的速度 $v' = v - u$,波浪波长相对于运动着的轮船不变,$\lambda' = \lambda$. 因此,波浪相对于船的频率(或轮船接收到的波浪的频率)为:<br>$$f' = \frac{v'}{\lambda'} = \frac{v-u}{\lambda} = \frac{v}{\lambda} - \frac{u}{\lambda} = f - \frac{u}{\lambda}$$<br>由此可见,$f'$ 不等于波浪的传播频率 $f$,而是有了一个频移,这个频移发生在轮船前进的方向上,而不是垂直其前进方向上.<br>②船的速度方向与波浪传播方向垂直<br>波浪相对于船的速度 $v' = v$<br>波浪波长相对于运动着的轮船不变,$\lambda' = \lambda$<br>因此,波浪相对于船的频率(或轮船接收到的波浪的频率)为:<br>$$f' = \frac{v'}{\lambda'} = \frac{v}{\lambda} = f.$$<br>由此可见,$f'$ 等于波浪的传播频率 $f$,没有频移.<br>综合①和②两种情况,轮船以速度 $u$ 与波浪传播方向成 $\alpha$ 角航行时所接收到的频率是:<br>$$f' = \frac{v'}{\lambda'} = \frac{v - u\cos\theta}{\lambda} = \frac{v}{\lambda} - \frac{u\cos\theta}{\lambda} = f - \frac{u\cos\theta}{\lambda}(0 \leqslant \theta \leqslant 2\pi).$$<br>轮船在海里航行时,要尽量避免轮船摇摆的固有频率与 $f'$ 接近,避免发生共振,一般情况下 $f'$ 往往大于轮船摇摆的固有频率,但是如果航速 $u$ 较大,就有可能使轮船摇摆的固有频率与 $f'$ 较为接近,所以轮船往往通过降低航速来减摇,改变航向也是这个道理.<br>值得一提的是,改变航向和速率固然能够改变轮船接收到的波浪冲击力的频率,但这只是在轮船的前进方向上,也就是说,能够改变轮船的纵摇,而不能改变轮船的横摇. [13] |

借助自组织表征理论,对轮船减摇问题进行抽丝剥茧的研究,从“船的速度方向与波浪传播方向在同一方向上”以及“船的速度方向与波浪传播方向垂直”两种特殊情况入手,最终归纳得到一般性的结论,从而完整解决了轮船减摇问题.

显然,只有理解原始物理问题的定义,才能真正触及物理教学的根源. 同时,只有深刻理解原始物理问题表征理论的内涵,才能正确解决原始物理问题,并提升学生的物理核心素养.

## 参 考 文 献

[1] 于克明. 谈“原始问题”与能力培养[J]. 大学物理,1997,16(5):44 - 46 + 27.

[2] 邢红军,陈清梅. 论原始物理问题的教育价值及其启示[J]. 课程·教材·教法,2005,25(1):56 - 61.

[3] 邢红军,陈清梅. 对原始物理问题教学的思考[J]. 中国教育学刊,2006,8(8):67 - 69.



(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[4] 邢红军,刘利. 物理教学促进中学生思维品质的发展研究[J]. 课程·教材·教法,2013,33(7):97 - 102.
[5] 周武雷,蔡托,潘晓慧. 基于原始物理问题的大学物理教学实践[J]. 大学物理,2010,29(6):43 - 48.
[6] 杨振宁. 杨振宁文集[M]. 上海: 华东师范大学出版社,1998: 469 + 839.
[7] 陈清梅,张璐,颜素容. 从习题到原始问题: 物理问题表征研究的生态化历程[J]. 教育科学研究,2011,12: 56 - 59.
[8] Zhang J J. The nature of external representations in problem solving[J]. Cognitive Science Society,1997,21(2):179 - 217.
[9] McDermott J,Larkin J H. Re-representing textbook physics problems[A]. Smith R G,Davis R. Proceedings of the 2nd national conference of the Canadian society for computational studies of intelligence[C]. Toronto: University of Toronto Press,1978: 156 - 164.
[10] 邓铸. 问题解决的表征态理论与实证研究[D]. 南京: 南京师范大学,2002: 107.
[11] 邢红军. 自组织表征理论: 一种物理问题解决的新理论[J]. 课程·教材·教法,2009,29(4):60 - 64.
[12] 许良英,李宝恒,赵中立,等. 编译. 爱因斯坦文集: 第 1 卷[M]. 北京: 商务印书馆,1983: 541.
[13] 邢红军,温凤祥. 关于轮船摇摆与减摇的研究[J]. 物理教师,2002,23(6):8 - 9.

# Original Physical Problem Teaching —— New Orientation of College Physics Teaching

Chen Qingmei[1]　Xing Honghua[2]　Zhao Yanling[2]　Zhou Xujun[3]　Xing Hongjun[2]

(1. Department of Mathematics and Physics,Beijing University of Chinese Medicine,Beijing　100102;
2. Henan Academy of Sciences Institute of Biology Limited Liability Company,Zhengzhou Henan　450008;
3. Department of physics,Capital Normal University, Beijing　100048)

**Abstract**

From the basic point of view of physics, the definition of the original physical problem was given. The interpretation of the original physical problems "self-organization representative theory" connotation was given combining with the ecological characteristics of physics education. The original physical problems of "ship shake" were analyzed and the original physical problem teaching application approach was interpreted, which can provide useful inspiration for college physics teaching.

**Key words:** original physical problem, self-organization representative theory, ship shake.



(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net