



## 通过问题解决建构复合物理量的初步研究

<http://www.firstlight.cn> 2000-05-31

### 一、引言

目前,教育心理学界正在以一种新的观点来理解学习和教学,这就是“建构主义”(constructivism)(见张建伟、陈琦,1996,陈琦、张建伟,1997),它在知识观、学生观和学习观上提出了一系列新的解释,充分强调了学习的主动建构性、社会性以及情境性。建构主义强调,知识并不是对现实世界的绝对正确的表征,不是放之各种情境皆准的教条;学习者不是空着脑袋走进教室的,在以往的生活、学习和交往活动中,他们逐步形成了自己对各种现象的理解和看法,而且,他们具有利用现有知识经验进行推论的智力潜能;相应地,学习不简单是知识由外到内的转移和传递,而是学习者主动地建构自己的知识经验的过程,即通过新经验与原有知识经验的双向的相互作用,来充实、丰富和改造自己的知识经验。学习不是知识由教师向学生的传递,而是学生建构自己的知识的过程,学习者不是被动的信息吸收者,相反,他要主动地建构信息的意义。总之,科学知识的教学不是老师把知识装到学习者的脑袋中,而应帮助学习者从自己的旧经验、旧知识中生长出新的知识经验,并对原有的知识进行改造。以上述思想为基础,我们对初中物理教学进行了一些尝试,本文仅对物理教学中的一类重要概念进行分析:复合物理量。

物理量作为一类重要的物理概念,在物理学习中具有重要地位。物理量的学习有两个核心内容:①功能(物理意义);②测算(数学意义)。物理量的提出一般总是出于某种需要,即为更方便、更精确地解释、描述某些现象,解决某类问题,这就是一种物理量的功能,或者称为物理意义,它说明了一个物理量是用来做什么的,在什么情况下、在解决什么问题时可以使用这一物理量。当然,物理量作为一种数量化的指标,需要有自己的测算方法,或者称为数学意义。在测算方法上,各种物理量又有所不同,有些物理量可以通过一定的手段对相应的现象进行直接的观测,如距离、时间、质量、力、温度等,这可以叫做观测型物理量,或者基本物理量;有些物理量则没有直接对应的现象可以观测,而是只能通过其它物理量之间的运算来得出数值,如速度、密度、压强、功、功率、比热等,这可以叫做复合物理量,或者复合物理量(陈惟贤、蔡心田,1991)。观测型物理量和复合物理量在功能(物理意义)的明确性上常常有所不同,观测型物理量由于有与此直接对应的对象存在,其意义在于对相应的对象进行描述和解释,所以,只要知道这种对象的存在,人们便很容易理解这种物理量的意义;但复合物理量则没有直接对应的对象,它的提出则主要是科学家为了解决、解释某类问题,从而把某几个基本的物理量结合起来考虑,比如,为了表示物体运动的快慢,人们将位移与时间综合为速度,所以,离开特定的问题,人们便常常很难理解这类物理量的功能(意义)和必要性,即为什么要通过这种运算把几个物理量结合成新的物理量,比如,力学里规定,功=力×距离,可为什么要把力和距离乘到一起呢?学生常常疑惑不解。

从知识建构的角度来看,一个物理量的学习不应该是从外部强加给学生一个物理量,而应该让学习者感到引入这个物理量的必要,从而主动去寻找合适的物理量,这不仅可以增强学习的主动探索,而且可以帮助学生理解物理量的功能和意义,懂得它可以帮助我解决哪类问题,从而促进学习者对这一物理量的灵活运用。在这种意义上,对于一种物理量的功能(物理意义)的把握在物理量的学习中是非常重要的,教学不应仅仅把着眼点放在计算公式上。正如上文所述,科学家提出某种运算型的物理量是有自己的目的和需要的,但当学习者缺乏对这类问题的经验和感受时,他们常常很难理解这种物理量的功能(物理意义),为什么要学习这样的物理量,他们对此常常感到茫然,因此,到底如何使学习者理解引入这一物理量的必要性,把握它的功能和意义,并由此主动地进行探索和思考?这就是本文要探讨的问题。

我们认为,复合物理量的引入实际上是原有认知结构在新的问题情境面前所发生的一种顺化,从而通过一定的运算把原来的基本概念整合到了一起,作为一个新的复合的物理量来适应问题解决的需要,这种顺化起源于个体的问题感,并以个体对问题的分析和理解为基础。教学不应把一个物理量强加给学生,而应使学习者认识到引入这一物理量的意义和必要性。正像当初物理学家提出这一物理量的过程一样,在学习者对于某物理量所对应的问题缺乏感受时,可以通过设计“权衡性问题”来引发学生的疑难感,引导学生超越单一的物理量,建构复合物理量的意义及其运算关系。这种权衡性问题应具备以下特征:(1)有意义:即这种问题在学习者看来应是有意义的,值得去努力解决。(2)在问题中蕴含了引入这一物理量的必要性:在其中涉及到两个(或以上)更基本的物理量的相互制约与权衡,比如,两个人提升物体,一个人提的物体更重,但另一个人提得距离更长,必需结合这两个方面才能对他们的贡献作出比较,而一旦用一个新的指标来把这两个方面结合为一个指标(功),这一问题便可迎刃而解。(3)可理解:学生应能理解这一问题,能够理解其中各变量的制约关系。

学习者要在问题解决过程中把更基本的物理量结合成复合的物理量,这可能需要经过以下环节:(1)问题感:学习者在理解

了问题之后，认识到问题中涉及到多个变量，而任何一种物理量自身都无法独立描述问题的结果（如力的效果），产生疑难感。

（2）整体把握：通过进一步分析问题，抽象出制约问题结果（目标变量）的各种物理量，如力的大小与距离同时制约着力的作用效果。（3）理清和描述关系：即进一步分析这些相关的物理量与问题结果之间的关系，并用一定的方式来描述这种关系，如力的大小与距离都与力的作用效果之间存在正比关系。（4）表征问题的结果（目标变量）：在理清关系之后，学习者要用一定的运算将基本的物理量结合起来，以此来描述和衡量问题的结果（目标变量），这意味着学习者已经引入了新的物理量，初步完成了新物理量的建构。（5）概括：反思这一权衡性问题的性质，并分析和概括出这类问题的共同结构和共同目的，进一步明确这种新物理量的一般意义和功能。

综上，物理教学很有必要使学习者理解引入新物理量的必要性，加深他们对物理量的功能（物理意义）的理解，而这一任务可以通过设置权衡性问题来实现，对此我们不想通过对比实验来证明它的有效性，本文关心的问题是：初中学生能否从解决问题的需要出发，把基本的物理量结合成复合的物理量？在上述各环节中，他们的困难又在何处？

## 二、研究方法

（一）被试：被试为北师大二附中初中二年级学生，共91人，筛除那些套用课本公式的学生，实际参与最后分析的为60人。

（二）任务与材料：以初二物理中“功”这一概念的引入为内容。根据前文中的权衡性问题的标准，我们设计了用以启发学生引入“功”这一物理量的问题：

一座寺庙正在整修，方丈发话：“多劳多得”，谁的贡献大，谁就可以多吃一份饭。有一个胖和尚和一个瘦和尚，他们的任务都是向上提东西。胖和尚力气大，他用绳子把一块重400牛的条石提到高2米的庙墙上，瘦和尚虽力气小，但却很有耐心，他用绳子把重110牛的瓦片提到了8米高的房檐上。收工了，老方丈却发了愁：怎样比较他们两个人的贡献大小呢？

问题的要求分为两部分，一是要求学生给出比较他们的贡献的方法，详细说明，这时不提示运用新的物理量；二是直接要求被试提出新的物理量来描述和衡量两个和尚的贡献，说明这一物理量的含义，并为它起名字。为防止被试在回答第一部分问题时受到第二部分问题中“提出新的物理量”这一信息的提示，我们把这两部分分成了两道题：思考题一、思考题二，并在中间用虚线隔开。被试学习了“简单机械”一章，还尚未学习“功”一章，在复习课上，我们将印在纸上的问题发给学生，只作为独立思考题，尽量避免任何对“功”一章的暗示。

另外，我们推测，对问题中“力”和“距离”两个基本量的把握可能会在上述五个环节中起到关键作用，所以，我们把材料分为两类，其中一类在问题之后加上对变量关系的分析，而另一类材料中没有引导，将被试分为两组（45人+46人），分别接受这两类材料。引导文字如下：

我们可以看出，胖和尚与瘦和尚都用力向上提物体，并使得物体向上移动了一段距离，胖和尚提的物体更重，但提的距离短；瘦和尚提的物体轻，但提得距离更长。

（三）编码与分析：在回收问题纸之后，我们首先做了初步筛选，剔除28名直接套用“功”的计算公式或以“焦耳”作单位的被试，以及3名有抄袭之嫌的被试，之后的有效被试为60人。而后，基于前文所述的综合为复合型物理量的5个环节，我们设计了编码方案，对这60个被试的答题情况进行了分类编码。针对问题的第一项要求，我们做了如下分类：（1）是否正确理解了问题；（2）是否同时考虑了力和距离两个变量；（3）是否正确分析和描述了力、距离两者与贡献大小的关系（即正比关系），并用一定的方式来描述这种关系；（4）是否把两者综合成了一个指标，即用两者的乘积来表征目标变量：贡献的大小。针对第二项要求，我们又做了分类：（5）能否正确提炼出新的复合物理量的含义（功能）。编码过程由两个研究者共同完成，有不同意见时进一步进行讨论。之后，我们以Spss for windows V.6.0对数据进行了统计分析。

## 三、结果与分析

### （一）对问题的理解

分析发现，有12人（20%）对问题理解有误，其中7人错误地套用了杠杆平衡条件，5人对力有错误理解，混同为日常概念“力气”。可见，引导学生正确理解问题是很有必要的。

### （二）新物理量的形成

我们分析了被试在建构新的复合物理量的各环节上的完成情况（见表1、图1），可以看出，只要被试能够正确地理解问题，基本便可以整体把握影响“贡献”的两个因素：力和距离，而且基本都能够正确分析这两个因素与贡献大小的关系，并用合适的关系式（如比例式或乘积等）来描述这种关系，但在后两个环节上，不少被试表现出一定的困难，有15%左右的学生尽管理清了力和距离与贡献大小的关系，但却未能用这两个变量的结合形式来表征“贡献”，如有的学生用 $100 \times 2 = 800$ 牛顿， $110 \times 8 = 880$ 牛顿来比较贡献大小，即又回到了“力”这一变量上，而未直接用它来表示贡献的大小。另外，一些学习者能概括出新的物理量的含义，如，“说明力的作用效果”，“功”

贡献的大小?FONT FACE="宋体" LANG="ZH-CN">等, 并取名?FONT FACE="宋体" LANG="ZH-CN">功?FONT FACE="宋体" LANG="ZH-CN">、?FONT FACE="宋体" LANG="ZH-CN">功效?FONT FACE="宋体" LANG="ZH-CN">等, 但完成这一环节的人数只有37.5%, 而且有5名被试未对本题做反应。

表1 建构复合物理量的各环节上的完成人数

整体把握

理清和描述关系

表征问题的结果

概括含义

完成的人数

有引导组

25 (78.1%)

25 (78.1%)

22 (68.8%)

10 (41.7%)

和

无引导组

22 (78.6%)

22 (78.6%)

16 (57.1%)

8 (33.3%)

有效百分比

总体

47 (78.3%)

47 (78.3%)

38 (63.3%)

18 (37.5%)

图1 完成各任务的人数百分比比较

另外, 我们对完成不同环节的人数做了差异检验, 结果表明, 整体把握和理清与描述关系两环节的完成人数无显著差异, 而表征问题的结果与前一环节(理清和描述关系)的完成人数有显著差异(Cochran  $Q = 9$ ,  $DF = 1$ ,  $P = .0027$ ), 同样, 概括含义这一环节上的完成人数也与上一环节(表征问题的结果)之间有显著差异(Cochran  $Q = 7.14$ ,  $DF = 1$ ,  $P = .0075$ )。

### (三) 引导组与无引导组的差异分析

我们对引导组和无引导组在上述各环节上的完成人数做了列联表分析, 结果发现, 两组被试在四个环节上均无显著差异,  $c^2$ 值分别为: .0018, .0018, .8664, .3556,  $P$ 值均大于.10。由此结果来看, 整体把握问题中的两个基本物理量并不是非常困难的环节, 这从完成此环节的人数比例也可以看出。

## 四、讨论与教学建议

### (一) 以权衡性问题的解决来引导学生建构复合物理量是可能的。

从表1可以看出, 在面对涉及两个基本物理量的相互制约关系的问题时, 学生只要能够正确理解问题, 他们基本都能超越单一的物理量, 试图通过综合两个物理量来反映目标变量, 这说明, 设计权衡性问题可以有效地使学生认识到把两个变量综合为一个复合物理量的必要性, 从而可以引导他们去建构新物理量的物理意义和运算关系。而且, 本研究所针对的是功这一物理量, 而它是初中物理中第一个以相乘关系得出的物理量, 要比密度通过相除得出的物理量更为陌生, 难度可能更大, 即便如此, 这些学生也基本都能从问题中认识到综合两个基本物理量的必要性, 可见, 用这种方法来引入运算型的物理量, 并引导学生在问题解决的过程中建构其对这一物理量的理解, 这是可行的。当然, 这并不是说所有运算型的物理量的引入都必须从权衡性问题开始, 有些也可以借助类比等其它方法, 如功率的教学可以通过与速度的类比来进行, 但当学生难以理解这种必要性时, 不能把新物理量强加给学生, 可以借助于权衡性问题来引导学生建构起这一概念。

### (二) 在通过权衡性问题来引导学生建构新的物理量时, 重点应放在后两个环节上。

在由表1、图1可以看出, 在通过权衡性问题的解决来建构新物理量的过程中, 学习者较容易整体把握问题中的两个变量, 并分析和表述它们与目标变量的关系, 这两个环节都较容易完成。但不少学习者却未能力用和距离这两个变量的结合形式来直接表示目标变量: 贡献大小, 特别是, 在要求说明新物理量的含义时, 多数学生都未能恰当地提炼出功这一物理量的物理意义和功能。所以, 在以这种思路来教学时, 教学的重点应在后两个环

节上，即引导学生在基本物理量的结合形式与问题结果（目标变量）之间建立直接的联系，同时，教学还必须引导学生超越这一具体问题本身，概括出新物理量的一般意义和功能，这可以通过对其它同类问题的分析来实现。在这两个环节中，概括物理意义尤为重要。

当然，本研究所选取的被试是重点中学的学生，一般中学的情况可能会稍有不同，而且，我们仅针对功这一个物理量，所以，本研究仅是一个开端，对于这类物理量的教学还需做进一步的研究。

#### 参考文献

张建伟、陈琦：《从认知主义到建构主义》，北京师范大学学报（社科版），1996年第4期。

陈琦、张建伟：《再论建构主义学习观》，中国心理学会第八次全国学术会议论文，1997。

陈惟贤、蔡心田：《物理教改的思想与实践》，光明日报出版社，1991，P. 31。

[存档文本](#)