



论学习力的研究

姜水根

(浙江省玉环中学 浙江 台州 317600)

文章编号:1002-218X(2014)03-0002-05

中图分类号:G632.4

文献标识码:B

摘 要:本文论述了对学习力进行研究的纲领:要建立数学模型,要从实验中取得数据来论证观点。提出了从建立学习力向量矩阵,建立描述学习力各个因素之间相互影响的关系矩阵,选择样本进行实验研究学习力的具体步骤,并对实验和测量的过程提出有意义的建议。

关键词:学习力向量;关系矩阵;不动点理论

继领导力、执行力、创造力之后,学习力进入了人们的视野。一位在高中物理教学第一线的老师及其团队想开展一项课题研究:物理学科的学习力研究。他说,物理中的力有三个要素,即大小、方向和作用点,能否类似地对学习力也进行三要素研究?他谈到,教育界现行的研究大多关注学习力的大小(能力)方面,而关于学习的兴趣、研究习惯或方式对学习力的影响论述不多。他还谈到,由于同行老师对于学习力这个问题感觉不好把握,所以认为难度很大,无从着手。他征求笔者对这项研究的看法,所以在此谈以下的一些设想。

一、需要科学的语言和规范

首先我想到是否要明确学习力的概念?学习力是指物理学习的能力呢,还是指学习的动力,或者是学习的潜力,或者是三者兼而有之,一时还讲不清。我们可以遵从毛泽东的搞研究从实际出发而不是从定义出发的观点,学习力这个概念也可以在研究的过程中逐步厘清。

但是在研究之初有一些认识应当明确。如果说学习力有三要素的话,那么它的三要素跟力的三要素还是不同的。物理中的力是物体之间的相互作用,它的三要素正确地刻画了力的特点。而学习力的方向并不像力的方向那样可以脱离力的大小进行单独描述,学习力的作用点也并不是仅仅局限在一个很狭窄的领域。学习力的三要素是不能分割的,学习力的三要素也是具体的,它应当体现在一个人学习物理知识和掌握科学方法的过程中,体现在超越现时能力的发展过程中。

对于学习力如果不是从人文学或社会学的角度进行审视,而是从科学的角度把它当作一项研究课题的话,那就要认真对待了。如果我们提出了这么一个概念,而在实际的研究中跟不提出这个概念并没有本质的不同,那么学习力就仅仅是一个说辞而已。

平心而论,学习力这个课题还是很有意义的,问题是我们要进行科研的话,就要用科学的语言,要遵从科学的规范。什么是科学的语言和规范呢?科学的语言就是数学,科学的规范就是实验。我们要用数学工具来描述这项研究,从实验中取得数据来论述学习力。

南京师范大学的余嘉元教授曾经对于选择题测试中显示出来的学生对正确选项和错误选项的辨别能力进行过研究,他把这种能力称为“分辨力”。这个分辨力应当是学习力的一种。余老师不是随便说说而已,而是建立了数学模型。

在心理学中有一个研究反应偏差的信号检测理论,它有以下三条假设:①系统对于信号和噪音的反应符合正态分布;②两分布有部分重叠;③两分布有相同的方差(如图1所示)。图1中的两条曲线,

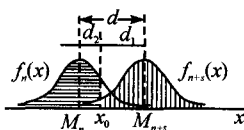


图1

左边的是噪音,右边的是信号,坐标为 x_0 的虚线表示该系统的判断标准。判断标准右边的信号曲线下的面积表示被系统通过,认为是信号;判断标准左边的噪音曲线下的面积表示被系统拒绝,认为是噪音。

余老师把选择题中提供的正确选项和错误选项作为信号和噪音,人作为接受信号和噪音的系统,用基于以上三条假设的信号检测论来评定学生解答选

择题的成绩。

学生解答选择题的行为有四种情况:①正确选择;②漏选;③误选;④正确拒绝。传统的评分方法是用百分计分法,也就是用一个数字来表示学生对于这道题的解答成绩。现在余老师用矩阵 (f_1, f_2, f_3, f_4) 表示选择题的解答成绩,这里的 f_1, f_2, f_3, f_4 分别表示正确选择、漏选、误选和正确拒绝的频数。如某题的正确答案为AB,学生选AB我们就可以给他一个矩阵 $(2\ 0\ 0\ 2)$,这个矩阵的四个元素分别表示他选对了两项,没有漏选,没有误选,正确地拒绝了两项。以此类推,学生如选A我们就给他 $(1\ 1\ 0\ 2)$,如选D则是 $(0\ 2\ 1\ 1)$,如选CD则是 $(0\ 2\ 2\ 0)$,如选ABC则是 $(2\ 0\ 1\ 1)$ 等。一张考卷有 n 道选择题,把这 n 个矩阵相加得到一个答卷矩阵。怎样把这个答卷矩阵转化为考试的成绩呢?

根据学生的答卷矩阵可以得到他对于信号和噪音辨别能力的信息。图1中两条曲线在判断标准右边的曲线下的面积,即 $\frac{f_1}{f_1+f_2}$ 和 $\frac{f_3}{f_3+f_4}$ 分别表示他的“正确选择”占正确选项以及“误选”占错误选项的百分比。可以用这两个百分比进而通过查正态分布表得到 d_1 和 d_2 ,也就是判断标准离开两个正态分布的中心的距离,距离 d 就表示以正态分布的标准差为单位的分辨力。

笔者曾经根据余嘉元老师的方法,花了半年的时间(那时候还没有读卡机,数据处理完全是手工操作),用高中物理的选择题在自己任教的班级进行了一次验证性的研究。实验证明余老师的方法是正确的,实践中也是行得通的,而且具有合理地区别学生分辨力的意义。

余老师用信号检测论研究的分辨力,仅仅是选择题方面的学习力的大小,那么对于填空题、计算题怎么研究呢?要建立怎样的数学模型呢?

二、寻找数学模型

对学生进行标准化测试,需要相当大数量的试题,这就需要建立一个题库。最初的题库是用经典测量理论建立的。经典测量理论采用的是线性的数学模型,经过长期的发展,建立了一系列项目分析的指标,包括平均分、标准差、难度、区分度、信度、效度等。后来在经典测量理论基础上又发展出项目反应理论。项目反应理论是建立在非线性的概率模型之上的。根据参数的不同,特征函数可有几种模型。下面我们简单地介绍一种模型。

如果给出一个试题的难度为 b 、区分度为 a 、猜测

度为 c ,那么一个学生答对该题的概率 P 是跟学生的能力 θ 有关的,项目反应理论给出了答对概率 P 的函数方程如下

$$P = c + \frac{1-c}{1 + e^{-1.7a(\theta-b)}}$$

函数图象如图2所示。从图象中可以看出,随着被试学生能力的增强,他答对题目的概率是增加的,但不是线性的。当被试学生的能力 θ 等于项目难度 b (即图中的拐点)时其斜率最大,概率的变化最敏感,这也是项目反应理论的自适应考试的最佳选点。

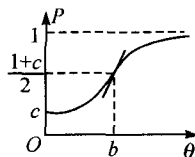


图2

专家已经证明,项目反应理论是一个可以包括前述分辨力的理论,这里的学生的能力 θ 也就是学习力的大小。

任何一次重大的考试,试题不能全部取自题库,总会有一些新编的试题,而新题的指标比如难度和区分度等是待定的。在审题环节,先估计它们的性能参数,由这样的试题测试学生,通过学生的成绩反映试题的指标。在大样本的模拟考试中,就要用项目反应理论的函数方程运用迭代法进行反复地来回运算,解偏微分方程组,把能力 θ 和试题指标 a, b, c 从初始的设定值直到逼近最后稳定的收敛值(实际上,题库在建设过程中也是这样做的)。

如果我们把经典测量理论和项目反应理论进行比较的话,经典测量理论的主要缺点有:对试题难度、区分度及测验信度的估计依赖于样本,对被试学生能力的估计依赖于所使用的测验题目,该理论只提供平均测量精度。而项目反应理论则有参数不变性的优点,并能给出不同水平被试学生的测量精度。经典测量理论有使用方便的优点,而项目反应理论虽然比较科学,使用起来却比较麻烦,而且理论体系的某些方面尚需进一步完善。在对学习力进行研究的过程中我们可以将两者结合起来互相补充使用。

至此我们有了测量学生答对试题能力的数学模型,我们还需要测量学习力多个因素的数学模型。学生学习物理的现象是复杂的,由许多因素有机结合而成,而每种因素又同时受到各种条件的制约,它如同一个庞大的多维系统,调节、控制着人的行为。传统的单变量和双变量分析往往在信息的处理上要么失去有用的信息,要么引入无用的信息,使研究者分不出现象的主次或得出不恰当的甚至是错误的结论。因素分析法则可在多变量观测分析的基础上较全面地反映出事物的各个不同侧面。

浙江省教研室的老师在1986年选取了杭州的4所重点中学654名考生的高考物理试卷,将全部学生、26道题的答案排列成数据矩阵,再用旋转法对载荷矩阵进行转轴处理,使每个变量只在少数几个因素上有较大的载荷,而使一些变量载荷接近为零。这就使每个变量在总方差中的作用更加直观。他们运用因素分析法从众多的变量中提取了8个具有决定意义的能力,它们是:①对物理知识的记忆能力;②对物理知识的理解能力;③对物理关系的识别确认能力;④对物理关系的比较辨析能力;⑤对物理关系的分析判断能力;⑥对物理关系的综合构建能力;⑦对物理关系的灵活处理能力;⑧对物理关系的逆向推理能力。

那么影响学习力有哪些因素呢?它也能像分析高考试题的因素那样通过旋转矩阵来显示吗?问题可能并不相同,这里可能要通过实践和调查来获得。我们先作一个猜想,物理学科的学习力有10个因素组成:①经典力学基础;②电磁学和现代生活;③分子动理论和统计思想;④光和现代物理学知识;⑤对称和科学美思想;⑥实验兴趣和能力;⑦数学建模和运算能力;⑧想象力;⑨形式逻辑;⑩辩证逻辑。能否用这样一个初始的猜想,通过因素分析法逐步梳理出一个关于学习力因素的头绪呢?

为了叙述的方便,假定上述的这10个因素成立,并且都能进行量化表述,那么就可以把这10个因素组成的学习力表示为向量 $r=(r_1 r_2 \cdots r_n)$,这里 $n=10$ 。

我们暂时离开这个主题,先来谈不动点理论,然后再回到学习力的问题上来。

把 $m \times n$ 个数 $a_{ij} (i=1, 2, \cdots, m; j=1, 2, \cdots, n)$ 排成 m 行、 n 列的表就是矩阵,即 $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$ 。其中只有一行或一列的矩阵也叫向量,只有2个元素或3个元素的向量,就是物理中的平面矢量或空间矢量,它们也可以看成是平面坐标系或空间坐标系里的一个点。当元素超过3时,就是数学上的多维向量,可以看成数学超空间里的一个点,同理上面假设的学习力矩阵可以看成是10维超空间中的一个点。

数学中有一个理论:一个向量 r (就是一个矩阵),乘另一个矩阵 A (满足乘法的条件时),会得到第二个的矩阵,也就是一个新的向量,即 $r^{(2)} = r^{(1)} A$ 。再把这第二个向量矩阵乘这个矩阵 A ,会得到第三个向量矩阵,即 $r^{(3)} = r^{(2)} A, \cdots$ 。最后可能会出现这样的现象,向量 r 乘矩阵 A 等于向量 r 自身,即这个操作使

得 r 映射到自身。向量不变了,也就是拓扑空间中的点不动了,这就是不动点理论。

我们来看一个具体的例子。上个世纪40年代在英格兰和威尔士的职业变动调查数据中,把英国的职业等级简化为3种,即上等、中等和下等。用矩阵表示这个社会的职业结构就是: $r=(r_1 r_2 r_3)$ 。

如图3所示,上等职业的人,他们的子女留在上等职业的比例为0.448,流向中等职业的为0.484,流向下等职业的为0.068。中等职业的人,他们的子女流向上等职业的为0.054,留在中等职业的为0.699,流向下等职业的为0.247。下等职业的人,他们的子女流向上等职业的为0.011,流向中等职业的为0.503,留在下等职业的为0.486。数学上用矩阵 A 来表述这种状态的转移:

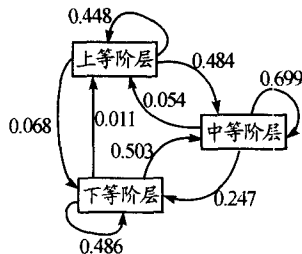


图3

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{上等职业} & \text{中等职业} & \text{下等职业} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{上等职业} \\ \text{中等职业} \\ \text{下等职业} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.448 & 0.484 & 0.068 \\ 0.054 & 0.699 & 0.247 \\ 0.011 & 0.503 & 0.486 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

把职业结构矩阵 $r^{(1)}$ 乘状态转移矩阵 A 就得到一个新的矩阵 $r^{(2)}$,即 $r^{(2)} = r^{(1)} A$ 。由矩阵的乘法规则可知,这个新的矩阵也就是他们的子女,即第二代的职业构成。第二代的职业结构矩阵再乘状态转移矩阵,就得到第三代的职业状态,即 $r^{(3)} = r^{(2)} A$ 。以此类推,几代以后,就会发现得到的职业结构向量不变了,这个具体的社会问题的稳定解是 $r=(0.067, 0.624, 0.309)$ 。这就是得到了不动点,也就是英国社会职业结构稳定了。这与前述项目反应理论中用迭代法解偏微分方程组得到稳定解具有相同的意义,即对于一个实际问题我们建立的数学模型是有解的,而且这个解是唯一的。

三、学习力研究的实施

仿照这个思路,我们研究学习力需要建立两个矩阵,一个是由多个与学习力有关的因素组成的矩阵,另一个是描述各个因素之间相互影响的矩阵,即 $r = (r_1 r_2 \cdots r_n), n=10$ 和 $A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}, n=10$,

这里的 a_{ij} 表示第 i 项因素对第 j 项因素的影响。比如按照前面假设的模型,当 $i=10, j=4$ 时, a_{ij} 表示辩证逻辑作用于光和现代物理知识的影响。当 $i=4, j=8$ 时, a_{ij} 表示光和现代物理知识作用于想象力的影

响。然后对学生进行全面的考察,给每个实验样本设定一个初始的学习力矩阵 r ,再通过矩阵的乘法运算 $r=rA$,得到能正确表述学习力的稳定解。由不动点理论可知,这个解是存在的,它就是学生发展中的学习力。

这个事情说起来也并不容易,做起来更难。我们要做些什么事情呢?

首先,课题组老师对于学习力的组成要统一认识。这里提出的 n 个因素,是对学习力的大小、学习兴趣的重点领域、研究的倾向进行了化解后的体现。学习力是否由这样10个因素构成是可以讨论的。这10个因素中的前面4个包括了现在高中物理的力、电、热、光、原子物理五块内容。这样表述是否好,能否再精简一点,都是可以探讨的。第5个对称思想值得讨论,它是学习物理的重要的科学方法,但是科学方法还有很多,理想化方法、等效方法要不要放进去?第6、7、8三个涉及实验、数学和想象力,毫无疑问是重要的,这是学习研究物理学的基本素质。还有第9、第10个都是哲学领域的,形式逻辑和辩证逻辑这两个因素是否要合并为一个,即逻辑思维能力?运用因素分析法的目的是要找出最主要的东西,即变量中最具有意义的特征因素,如果能减少学习力向量的分量数目,则对于运算是很有利的。我们需要一个既能充分反映学习力本质,又能使运算尽量简化的向量,向量中每个因素又要占合理的百分比。也就是说,我们的学习力向量是一个在10维空间里的单位超立方体中的点,所以学习力向量是归一化处理的,即各个因素的值相加等于1(对于不同的学生的向量前面可以乘一个系数,以示绝对水平的差异)。构建学习力向量,这是我们的第一步目标。看来首先要跨出的这第一步就不容易。

其次,要建立一个学习力各个因素之间相互关系的矩阵。暂且以上面假定的10个因素的学习力为例,前面4个因素相互关系比较清楚。第1个经典力学基础对于其他三个因素都有密切的关系,而第2、3、4三个因素相互之间也有关系,但是不像第1个因素那样有很强的基础性,这三个相互之间又有点儿相对独立,而第2和第4之间又联系紧密些。第5个因素对称思想与前面4个因素也有密切的关系。这里要比较紧密程度的话,还跟学习者的水平有关。中学生的对称思想主要体现在第1和第2个因素,而学习越深入,对称因素在现代物理里面的重要性越大。至于说到第6、7、8三个因素,都是必不可少的,但是它们的指向不同,所占分量的大小还是难以比较的。第

9和第10个因素,都是哲学因素,很明显形式逻辑在前三个知识领域起的作用大,而辩证逻辑在现代物理中起的作用大。

要建立学习力各个因素之间相互关系的矩阵是困难的,不仅矩阵的元素之间关系不易搞清楚,有些关系的大小也难以比较。即使它们的关系已经清楚了,但是要定量地表示出来,谈何容易!英国的职业状态转移的矩阵是从社会调查得来的,我们这个关系矩阵怎么得到呢?我建议有以下三个途径。一个是进行理性分析。我们对于这10个因素进行分类,分成关系比较紧密和不太紧密,比如分成三个等级的组,那么在同一个紧密联系的组里,再进行比较。不同的组之间也进行比较。这样比较可以避免茫无头绪地瞎闯。由于有多种分类的方法,所以还要多方面地评判调节。再一个是进行调查访谈,可以听听专家和有识之士的意见。由于接受访谈的人士没有义务去思考这个课题,他们思考的是自己感兴趣的问题,所以他们谈的意见可能并不全面,但可能比较深刻。我们可以制定访谈的方案,使得每个方面都能找到访谈的人。还有一个是教学观察研究,这是我们课题组老师们要留心的。这种观察研究并不是控制变量的实验,而是随时发生在身边的现象。这种观察不会自动地体现我们所要研究的所有方面,所以我们要主动地寻找各个因素展现的现象。学习力各个因素之间相互关系的矩阵要定量表述,要像学习力向量一样作归一化处理。构建若干个适合不同学习力向量的典型的关系矩阵,这是我们的第二步目标。看来要跨出第二步比第一步还要难得多。

假定上述问题都解决了,就是说我们已经有了数学模型和测量工具,那么可以正式开始实行第三步,选定样本进行实验和测量。

关于实验的样本,在研究的初期应该在优秀学生中选择,而且要给这些学生以最好的教育,即尽可能进行素质教育。这样可以较快地获得均衡发展的学习力。对于那些没有进入实验样本的学生,也应该进行素质教育,给他们尽可能好的教育。在我们已经认识到不同教育的优劣的情况下,为了课题研究故意实施两种不同的教育那样做是不道德的。我们要进行的学习力的对比不是在实验样本和平行班学生之间进行,而是在实验样本学生的不同发展水平之间进行。

关于教学,参加研究的每一位成员应该注重两个方面,一个是新课程标准强调的三维目标。因为知识和技能、过程与方法以及情感、态度和价值观这三维目标的确是进行素质教育的最重要的标准,也是我们物理教学的本义。另一个是心中要有学习力向量模

物理课堂教学中的问题设计

王鹤新

(江阴市第一中学 江苏 无锡 214400)

文章编号:1002-218X(2014)03-0006-02

中图分类号:G632.0

文献标识码:B

课堂教学过程中,问题设计的精妙与否,直接影响课堂教学的质量。然而在实际教学活动中,教师在问题设计上的低效、甚至无效,严重影响了教学质量。其具体表现为:问题设计随意性大,缺乏针对性;问题设计脱离实际,缺乏情境性;问题设计结构单调,缺乏层次性;问题设计僵硬无趣,缺乏启发性;问题设计过于封闭,缺乏开放性;问题设计相对简单,缺乏挑战性等。针对上述教学现状,笔者结合教学实践,提出以下问题设计理念,以期起到抛砖引玉的效果。

一、问题设计应具有针对性

问题的针对性是问题设计的前提。任何问题的设计,必须围绕教学目标,结合教学内容、教学重点、

型,随时注意让包含10个因素,或者有更好的 n 个因素的向量在心中显现,使我们的课题研究始终在一个目标的导向作用下有序开展。

关于学习力的测量又是一件细致、劳神的工作,它不仅要有命题、批卷、分析、总结等环节,难还难在怎样对学习力的因素进行量化,表述成数字。我们开始测出的往往不是一个完整的学习力向量,而是学习力向量里面的某几个因素的值。比如高一第一学期测量的是经典力学知识、对称方法、实验兴趣和能力、数学运算以及形式逻辑这5个因素的值。第二学期又增加了分子动理论和统计思想。高二的第二次测量会涉及电磁学、想象力等,高二的第二次测量就会涉及现代物理知识、数学建模、辩证逻辑等,这样逐步形成每个样本的完整的学习力向量。接下来还要进行归一化处理。我们可以把学生之间的不同情况、同一个学生的各个方面进行比较,大家相互商量地进行评估,可以给这个向量先赋予一个初始值,以后每次测量都由考试情况得到新的向量,选择相应的关系矩阵再根据矩阵乘法得到不动点。高三阶段可以进行4

教学难点展开;任何问题的设计必须紧扣教学目标,符合学生已有的认知水平,遵循学生的认知规律;任何问题的设计必须针对学生的最近发展区;任何问题的设计必须针对学生的思维误区与认知缺陷,这样有利于帮助学生深化概念、纠偏扶正、消除疑惑,进而完善学生的认知结构,实现学习的高效。

案例1 为帮助学生深入理解和有效区分电场强度的不同表达形式及适用范围,教师设计问题如下:如图1所示, A 为带正电荷 Q 的金属板,沿金属板 A 的垂直平分线在距离板 r 处放一质量为 m 、电量为 q 的

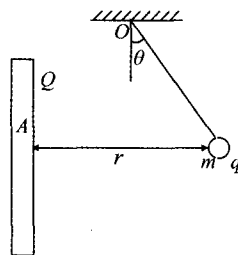


图1

次测量,不断更新学生的学习力向量,不断建立和更新关系矩阵。即便高三毕业了,我们还可以对进入高校的学生进行跟踪观察。

我们研究学习力不仅仅是为了测量学习力,而且要进一步改进教学,要探索怎样的知识结构有利于怎样的人才的成长,提出发展学习力的措施。

总的说来,这项研究仅凭中学教师那是远远不够的。我们中学教师不仅教学任务重,而且学术水平所限,因此难以单独承担此项研究,必须依靠高校的数学专家、计算机专家一起合作才能完成。可以说,在物理学科的学习力这项研究上,正是应了屈原的一句名言:路漫漫其修远兮,吾将上下而求索。

参考文献

- [1] 余嘉元. 运用信号检测论分析选择题的探讨[J]. 教育研究, 1985(10):53.
- [2] 姜水根. 选择题评分的分辨计分法[J]. 教学月刊, 1989(6):38-39.
- [3] 李国倩, 蔡建民. 高考物理试卷因素分析[J]. 教学月刊, 1987(6):52.