

从“会读数”到“会建构”——核心素养导向下“弹簧测力计”教学设计与实施

上海市田林中学

杨育松

摘要：弹簧测力计是初中物理力学的基础测量工具，但教学中普遍存在重使用轻建构、学生会读数不懂原理的问题。本文以杜威“做中学”理论为基础，结合新课标核心素养要求，设计并实施了“自制简易测力计”的教学方案，通过“认识—探究—制作—反思”四个递进环节，引导学生在动手实践中建构关于转换法在测量工具中应用的系统认识。教学实践表明，该设计有效促进了学生对转换法思想的理解，发展了发展科学推理能力、科学论证能力和交流合作能力，为核心素养在实验教学中的落地提供了可参照的课例。

关键词：核心素养；做中学；转换法；系统认识；科学推理

《义务教育课程方案（2022年版）》明确指出，要“强化学科实践，注重‘做中学’，引导学生参与学科探究活动，经历发现问题、解决问题、建构知识、运用知识的过程，体会科学思想方法”。《义务教育物理课程标准（2022年版）》进一步提出，物理课程要培育学生物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任四个方面的核心素养，强调要突出问题导向，引导学生在真实情境中探索和实践。

弹簧测力计原理直观、结构简单，教学中学生经过反复练习即可学会操作和读数。然而，这种“会读数”的背后往往隐藏着认知的浅层化：学生对“弹簧为什么能测力”“刻度为什么是均匀的”等本质问题缺乏理解。杜威“从做中学”理论指出，学习不应是被动接受知识的过程，而应让学生在主动作用于环境、解决问题、反思结果的过程中建构经验。以杜威“从做中学”的观点审视这一现状，发现其根源在于教学中更多注重操作和读数的训练，使得实验操作变成了“固定流程”，学生缺少在实践中建构对工作原理解理解的契机，因而难以形成对工作原理的深度认知。这为间接测量工具原理的教学提供了基本思路：让学生在亲手制作中主动探究，在“做”的过程中真正理解工具的工作原理，形成可迁移的系统认识，而非停留在机械记忆操作步骤上。

事实上，学生在八上第三章声的部分已初步接触转换法，在测量物体运动速度的实验中已学习间接测量的思想。而弹簧测力计是学生接触到的第一个利用转换法制作的测量工具，因此具有承上启下的重要作用。如果教学止步于“会读数”，学生只是掌握了一项操作技能，后续学习中也难以将已初步接触的转换法思想迁移到新情境中。这种“重使用轻建构”的教学方式，可能使学生形成“物理学习就是记住操作步骤”的错误观念。因此，如何让学生在“做”测力计的过程中建构关于转换法在测量工具中应用的系统认识，实现从“会读数”到“会建构”的认知跃迁，是本课要解决的核心问题。

一、核心素养导向下间接测量工具原理的教学策略

本文以杜威“做中学”理论为基础，结合新课标核心素养要求，从三个方面设计教学策略：一是立足单元视角，将弹簧测力计的学习置于“运动和力”单元整体中，为核心素养低位概念的达成提供情境脉络；二是以问题链驱动思维进阶，围绕核心问题层层深入，搭建系统认识的建构阶梯；三是以探究活动为载体，引导学生在亲手“做”的过程中主动达成教学目标。这一策略框架不仅适用于弹簧

测力计的教学，也可迁移至 U 形管压强计、气压计、温度计、电流表等其他间接测量工具的教学。

（一）立足单元教学设计

《义务教育物理课程标准（2022 年版）》明确提出“以提升全体学生核心素养为宗旨”“坚持核心素养导向”的要求，而单元教学设计是落实核心素养培养的有效策略。核心素养不是直接由教师教出来的，而是在问题情境中借助问题解决的实践培养起来的。单元教学设计从整个单元的角度出发，梳理主题单元结构下应渗透的核心素养要素，制定单元目标，开发单元活动，设计单元评价，使原来比较隐性的素养目标显性化。同时，单元教学设计使“大情境”“大问题”的教学成为可能，虽然也是分课时实施教学，但课时间有极强的关联性，能够对核心问题进行持续的解决，更好地指向素养目标的达成。

本课所在的单元为上海科学技术出版社八年级第一学期第五章“运动和力”，该单元围绕“电梯如何安全运行？”这一核心问题展开。单元学习路径设计为：认识荷载（力的概念）→了解称重原理（重力、弹力）→自制简易测力计→分析电梯受力（二力合成与平衡）→探究摩擦力（超速制动装置）→认识牛顿第一定律与惯性。

单元内容与核心素养的对应关系如表 1 所示：

表 1 单元内容与核心素养

| 单元内容 | 核心素养 | | | |
|-----------|------|------|------|---------|
| | 物理观念 | 科学思维 | 科学探究 | 科学态度与责任 |
| 力 | ● | ● | ○ | ○ |
| 弹力 重力 | ● | ◎ | ● | ◎ |
| 二力合成 二力平衡 | ◎ | ● | ● | ○ |
| 摩擦力 | ◎ | ◎ | ● | ● |
| 牛顿第一定律 | ● | ● | ◎ | ◎ |

说明：“●”表示高相关，“◎”表示中相关，“○”表示低相关。

本课处于单元中部，为“弹力 重力”的第 3 课时，指向的是“运动和相互作用观念”下“会测量力的大小”这个三级主题。这一概念是单元核心素养目标体系的基础环节，为后续分析电梯受力、探究摩擦力、理解牛顿第一定律提供测量工具与认知基础。同时本课通过引导学生经历“提出问题—设计实验—采集数据—绘制图像—分析论证”的完整探究过程，发展科学探究能力；通过运用因果推理建构正比关系与刻度均匀之间的逻辑链条，培养科学推理能力；通过误差分析与精度极限的讨论，形成对测量结果可靠性的评估意识，养成严谨认真的科学态度。这四个维度的低位概念，共同构成本课的核心素养培养任务，也是单元核心素养目标体系在本课的具体落实。

（二）构建“问题链”

系统认识的建构需要为学生搭建从感性到理性的认知阶梯。问题链将核心问题分解为一系列有层次、有逻辑的子问题，引导学生在逐个解决问题的过程中逐步建构对核心问题的系统认识。《义务教育物理课程标准（2022 年版）》也明确指出，要“突出问题教学”，以问题为线索，“让学生在问题情境中探索和发现知识”。本课以“自制简易测力计测量力的大小”这一驱动任务，设计了层层

递进的四个核心问题，如图 1 所示。

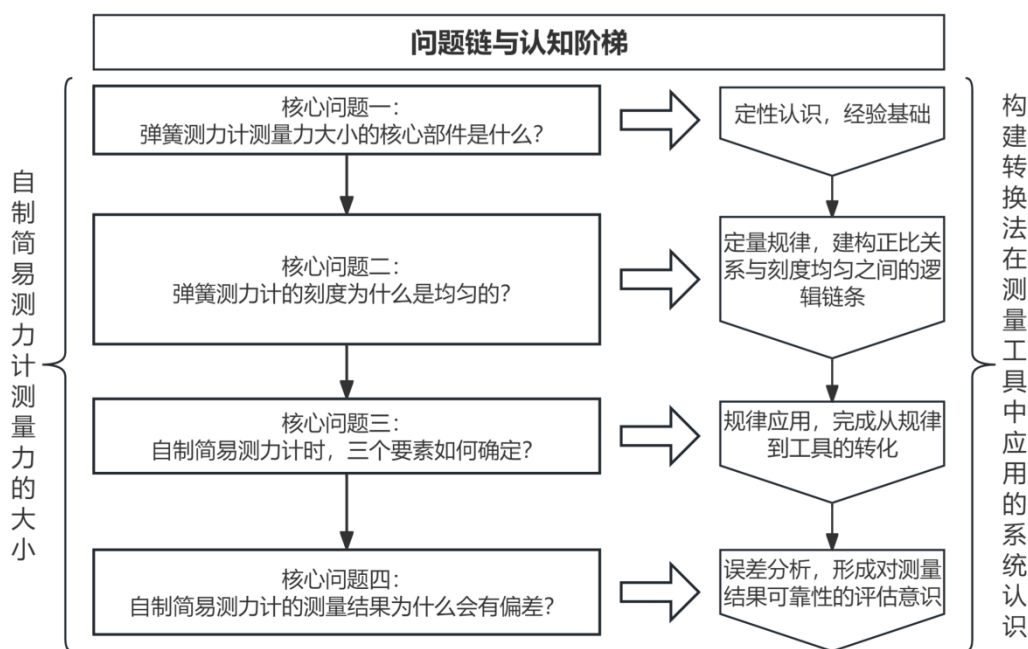


图 1 问题链与认知阶

(三) 以核心任务为载体，在“做”中建构系统认识

间接测量工具原理教学的核心困难在于学生通过练习可以学会工具的操作，却难以真正理解其工作原理，核心问题在于如何建构关于转换法在测量工具中应用的系统认识。杜威“从做中学”思想与《义务教育课程方案（2022 年版）》倡导的“做中学”“用中学”“创中学”、《义务教育物理课程标准（2022 年版）》强调的“注重科学探究，突出问题导向”高度契合，两者的融合为间接测量工具的教学提供了明确的策略方向：让学生在亲身实践中经历知识的建构过程。

这一策略的实施遵循两个基本原则。第一，实践先行——学生在动手操作中发现问题、产生困惑，而后通过探究解决问题、建构理解。第二，问题链驱动——核心问题被分解为一系列有层次、有逻辑的子问题，学生在逐个解决问题的过程中逐层深化认识。

基于上述策略，本课以“自制简易测力计”作为探究活动的载体，将四个教学目标融入递进的实践环节：学生在拆解与观察中识别转换的核心部件，在数据采集与图像分析中发现转换的定量规律，在标定刻度与动手制作中完成从规律到工具的转化，在误差分析与精度讨论中形成对测量结果可靠性的评估意识。四个环节均以学生的亲身实践为基础，在问题链的驱动下逐层深入，使学生在“做”中完成了关于转换法在测量工具中应用的系统认识建构。这一策略同样适用于温度计、电流表、量筒等其他间接测量工具的教学。

二、自制简易测力计的教学设计

(一) 教学目标的确定

本课内容为第五章第二节《弹力 重力》的第二课时。学习本节需要以“力”和“弹力”等知识为基础。初二学生对弹簧、橡皮筋等弹性物体有生活经验，定性知道形变越大弹力越大，但对弹簧伸长量与拉力的定量关系并不清楚，缺少制作物理测量工具的经历。基于此，本课教学重点为理解转换法制作测量工具的思想，

难点为理解弹簧测力计的工作原理。

本课为指向单元核心素养培养目标,围绕建构关于转换法在测量工具中应用的系统认识这一核心问题,按四个活动分别制定如下教学目标:

1.通过观察弹簧测力计的三要素及测量过程,能说出零刻度线、量程、分度值的含义;通过拆解对比实验室测力计与简易装置,能指出弹簧是测力计的核心部件,能定性说明“在弹性限度内,拉力越大,弹簧伸长量越大”的因果关系,初步感知转换法的基本思想。

2.经历“提出问题—设计实验—采集数据—绘制图像—分析论证”的完整探究过程,能独立完成数据记录与图像绘制,能根据过原点倾斜直线的图像特征归纳出“在弹性限度内,弹簧伸长量与拉力成正比”的定量规律,并能运用因果推理建构正比关系与刻度均匀之间的逻辑链条。

3.能依据探究所得的正比关系确定零刻度、量程和分度值,小组合作完成简易测力计的刻度标定与制作;能用自制测力计测量实际物体的拉力,在动手实践中深化对转换法思想的理解。

4.能使用自制测力计进行实际测量,能对比标准值分析零刻度对准、刻度等分、视线垂直、弹簧竖直拉伸等因素对测量结果的影响,能说明测量工具的精度极限,在误差分析中发展信息处理与结果评估的能力,养成严谨认真的科学态度。

(二) 自制简易测力计的活动设计

本课以“如何测量力的大小”为核心问题,按照“认识—探究—制作—反思”的逻辑顺序展开,共设置四个教学环节。各环节的设计意图及与核心素养的对应关系如表2所示:

表2 四个教学环节的核心素养

| 教学环节 | 核心问题 | 设计意图 | 侧重素养 |
|--------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|
| 环节一: 认识弹簧测力计 | 弹簧测力计测量力大小的核心部件是什么? | 通过观察与拆解,让学生初步感知“形变反映力”的因果关系,识别转换的核心部件,为后续定量探究奠定经验基础 | 物理观念 |
| 环节二: 探究伸长量与拉力关系 | 弹簧测力计的刻度为什么是均匀的? | 引导学生经历完整探究过程,运用图像法发现正比规律,并运用因果推理建构正比关系与刻度均匀之间的逻辑链条 | 科学探究、科学思维 |
| 环节三: 自制简易测力计 | 自制简易测力计时,三个要素如何确定? | 让学生在亲手标定刻度的过程中,将转换规律转化为操作实践,深化对转换法思想的理解 | |
| 环节四: 测量与反思 | 自制简易测力计的测量结果为什么会有偏差? | 引导学生分析测量偏差的来源,理解误差产生的原因与精度极限,在数据处理与结果评估中发展信息处理能力,养成严谨认真的科学态度 | 科学探究、科学态度与责任 |

环节一: 认识弹簧测力计——识别转换核心

本环节通过观察与拆解,帮助学生建立对标准工具的感性认识。教师引导学生观察弹簧测力计的三要素——零刻度线、量程、分度值,演示竖直方向的拉力测量,并引出驱动性问题:“力看不见摸不着,我们是怎么样测量它的?”学生以

小组为单位，对比实验室测力计与简易装置，讨论功能部件的对应关系。通过拆解与对比，学生自主发现弹簧是测力计的核心部件，其测力原理在于弹簧受力发生形变，形变程度反映力的大小。教师顺势引入“伸长量”概念，引导学生得出定性结论：在弹性限度内，拉力越大，弹簧伸长量越大。

环节二：探究弹簧伸长量与拉力的关系——探究定量关系

定性认识仅能说明“拉力越大伸长量越大”，要制作刻度均匀的测力计，还需明确伸长量与拉力的定量关系。本环节以“刻度为什么均匀”为核心问题，引导学生经历完整的探究过程。

教师引导学生观察弹簧测力计面板，发现刻度线均匀分布，由此提出探究问题——“要做出刻度均匀的测力计，伸长量和拉力之间需要满足什么条件？”学生经讨论得出：每增加相同拉力，伸长量需增加相同值，即伸长量随拉力均匀增长。

学生分组实验，依次悬挂 1 至 5 个 0.5N 的配重钩码，测量并记录对应的弹簧伸长量。数据汇总至共享文档后，利用 Origin 拟合软件绘制“伸长量—拉力”关系图像。某组典型数据如表 3 所示：

表 3 弹簧伸长量与拉力的关系典型数据

| 配重钩码数量 | 拉力 F (N) | 弹簧伸长量 ΔL (cm) |
|--------|----------|-----------------------|
| 0 | 0.00 | 0.0 |
| 1 | 0.50 | 2.0 |
| 2 | 1.00 | 4.1 |
| 3 | 1.50 | 6.2 |
| 4 | 2.00 | 8.2 |
| 5 | 2.50 | 10.2 |

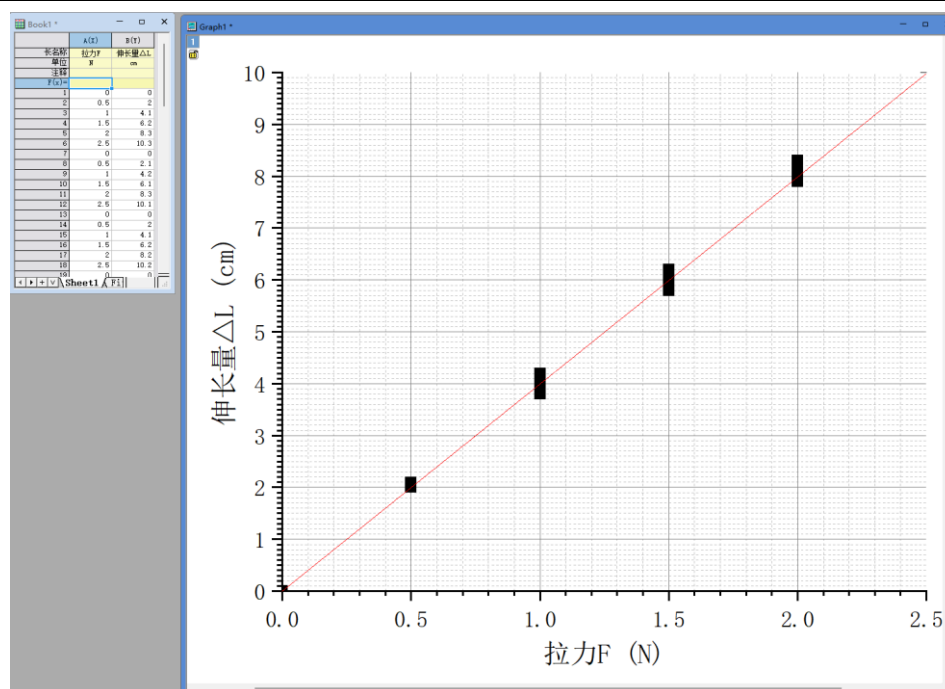


图 2 弹簧伸长量与拉力的关系图

观察拟合出的图像（图 2），学生发现数据点分布在一条过原点的倾斜直线

上。教师引导学生分析：过原点说明拉力为零时伸长量为零；呈直线说明伸长量随拉力均匀增加。由此学生得出结论：在弹性限度内，弹簧伸长量与受到的拉力成正比。在此基础上，教师进一步引导学生进行因果推理：正是因为伸长量与拉力成正比，每增加相同拉力时伸长量增加相同值，所以刻度可以等分且必然是均匀的。学生由此建构正比关系与刻度均匀之间的逻辑链条。

环节三：自制简易测力计——应用规律制作

本环节引导学生将探究所得的正比规律转化为可用的测量工具。学生依据正比关系进行刻度标定：首先确定零刻度线——不受拉力时指针所指位置；其次根据弹簧弹性限度（本实验所用弹簧为5N）确定量程最大值；最后根据“伸长量与拉力成正比”的规律，将已标出的大刻度等分，完成分度值的标定。制作过程中，学生需计算每0.5N对应的伸长量，用刻度尺在面板上精确标记，并验证刻度是否均匀。制作完成后，学生用自制测力计测量夹子与物理书的总拉力。当学生亲手将抽象的转换规律转化为可以实际使用的测量工具时，“做”的过程便完成了从规律认知到工具应用的转化——学生在亲手操作中理解了转换法的内涵，在动手实践中完成了系统认识的建构。

环节四：测量与反思——评估测量结果

本环节通过误差分析与精度极限的讨论，引导学生形成对测量误差来源的系统认识，理解测量结果与理论规律之间存在偏差的客观原因。学生使用自制测力计测量拉力，与数字测力计标准值对比，各组结果存在不同程度的偏差，自然引出误差分析。教师引导学生从零刻度对准、刻度等分均匀性、读数视线垂直度、弹簧竖直拉伸程度等方面分析误差来源，学生在讨论中认识到测量精度取决于制作过程中每一个细节的严谨程度。进一步让学生尝试测量一个回形针的重力，学生发现无法测出。追问“将刻度再分得更细能否测出”后，学生意识到弹簧形变量太小以致人眼无法分辨，由此理解任何测量工具都有其精度极限。在这一过程中，学生建构起测量工具误差来源的认识。

三、教学效果分析

从课堂观察可以看出，本节课的设计取得了较好的教学效果。

在参与度上，全体学生都亲自参加制作过程，从观察到探究再到动手制作，每个环节都在课堂中得以体验，课堂气氛活跃，学生在提问、交流的过程中也越来越投入。

通过本课的学习，学生主要建构了这三个认识

1.通过对“刻度为什么是均匀的”这一核心问题的探索，学生对正比关系的认识不是停留在记忆层面，而是运用因果推理建构正比关系与刻度均匀之间的逻辑链条。教师从课后随机提问可知，能够说出弹簧测力计的工作原理是“在弹性限度内，弹簧伸长量与拉力成正比”的学生比例明显提高。更重要的是，学生可以解释“刻度为什么是均匀的”——他们能够从正比关系出发，推理出“每增加任意相同拉力伸长量增加相同值，所以刻度可以等分”，这表明学生科学推理能力得到了有效发展。

2.通过亲身制作简易测力计并进行测量的误差分析，学生建构了对测量结果可靠性的评估意识。在学习本课后，学生使用自制测力计时对调零、视线垂直、轴线方向等规范操作的意识明显提高。由于他们亲身参与到了这些因素对测量结果影响的体验中，在制作过程中亲历了零刻度不准、视线偏差等因素带来的测量误差，所以比直接以往直接使用现成测力计的学生更重视规范操作。在误差分析

环节,学生能够从多个角度分析偏差来源,认识到测量精度取决于制作过程中每一个细节的严谨程度,建构起测量工具误差来源的认识。

3.通过经历“认识—探究—制作—反思”这四个环节,学生从“做”中建构了关于转换法在测量工具中应用的系统认识。部分学生在课后反思时主动将弹簧测力计与量筒量杯进行类比,能够说出“量筒是把体积转换成了高度”“量筒刻度均匀是因为量筒横截面积不变,体积与高度成正比”。这一迁移行为表明学生不仅理解了间接测量工具的核心在于“将不可直接测量的物理量转换为可直接观测的量”,更将这一认识内化为可迁移的认知结构,实现了从具体知识到一般方法的认知建构。

四、结语

本文以“自制简易测力计”为例,探索了核心素养导向下初中物理实验教学的设计与实施路径。实践表明,以问题链为驱动,以自制工具为探究载体,让学生亲历从定性认识到定量探究、从规律发现到实践应用、从工具制作到反思改进的完整过程,能够有效帮助学生建构关于转换法在测量工具中应用的系统认识。学生在建构这一认识的过程中,运用因果推理建构正比关系与刻度均匀之间的逻辑链条,建构起测量工具误差来源的认识,最终形成了可迁移的认知结构。这一设计思路不仅适用于弹簧测力计的教学,也可迁移至U形管压强计、气压计、温度计、电流表等其他间接测量工具的教学。

通过本课的教学实践,笔者对核心素养在课堂中的落实有了以下体会:

第一,核心素养的落实需要具体的教学载体。本节课中,“自制测力计”这一探究活动将抽象的转换法思想转化为可操作的实践,让学生在“做中学、在学中悟”。学生通过亲手标定刻度,将“正比关系”从抽象规律转化为具体的刻度线,在这一过程中完成了从规律到工具的认识转化。

第二,“做中学”不仅培养科学探究的能力,更能在具体情境中促进科学思维的发展。当学生亲手标定刻度时,他们必须思考“为什么可以这样分”——从正比关系推理出刻度均匀的结论,这正是因果推理的真实发生。教师没有直接告诉学生结论,而是通过问题链设计,引导学生自己去发现规律、建立联系。

第三,系统的建构使学生获得了可迁移的认知结构。学生在本课中获得的,不是局限于弹簧测力计的操作技能,而是在真实情境中发现问题、通过探究建构知识、运用规律解决实际问题、将认知成果迁移到新情境的系统认识。这正是核心素养导向下从“教书”走向“育人”关键所在——学生不只是记住了知识和学会了技能,而是在完整的“做”的过程中发展了如何发现规律、如何建立联系、如何将认知成果迁移到新情境中解决问题的能力。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部. 义务教育课程方案(2022年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022.

[2] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022.

[3] 李俊鹏, 魏洁. 基于物理学科核心素养的单元教学设计现状分析[J]. 物理教师, 2020, 41(09): 15-20.

[4] 傅求宝, 刘信生. “做中学”式课堂教学是促进学生科学思维生长的最优路径——以“电磁继电器与自动控制”教学为例[J]. 物理教学, 2023, 45(10):

40-43+47.

[5] 郑建军. “教学做合一”理念下初中物理实验教学路径[J]. 甘肃教育, 2026 (06): 105-108.

[6] 张慧钦, 陈剑峰. 核心素养导向下高中物理实验教学的创新与探索——以“生活中的振动”教学为例[J]. 中学理科园地, 2024, 20 (05): 9-12+15.

[7] 袁晓萍. 结构化视角下的单元整体设计和教学实施——以“图形的认识与测量”教学为例[J]. 小学数学教育, 2024, (07): 18-22.