

指向深度学习的初中物理概念建构

——以“力臂”的建构为例

江 薇 (南京育英第二外国语学校 江苏 210044)

摘 要 概念建构是物理课堂教学的重要组成部分,合理的建构方式可帮助学生实现深度学习,提升核心素养。本文以苏科版初中物理教材“杠杆”一节中“力臂”概念的建构为例,对比多种方法,寻求最优解。在此基础上设计问题链,使学生的思维从“力臂”这个小概念向“力的三要素”这个大概念进阶,让深度学习真正发生。

关键词 深度学习 概念 力臂 杠杆

文章编号 1002-0748(2022)12-0040

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

“力臂”概念的建立是苏科版初中物理教材“杠杆”一节中的教学难点,也是教学重点。分析教材可知,该节的内容分为两大板块——“什么是杠杆”和“杠杆的平衡条件”。第一板块,通过活动“11.1 拔图钉”的实验,寻找这些工具在使用时的共同特点,通过归纳的方法建立杠杆的概念。接着,以“用螺丝刀撬图钉”为例,认识几个与杠杆有关的名词即杠杆的五要素。第二板块,通过“信息快递”介绍什么是杠杆的平衡状态,通过“学生实验”探究杠杆的平衡条件,并运用实验结论对杠杆进行分类。可见“力臂”概念的建构处于“杠杆”和“杠杆的平衡”这两个知识点之间。

1 概念建构

1.1 直接讲授法

按如图 1 所示的教学流程,一边讲授一边板书,按顺序介绍几个与杠杆有关的名词——支点、动力、阻力、动力臂、阻力臂。即直接告知学生,力臂是支点到力的作用线的距离。再通过适量的作图题加以训练和巩固,使学生会画力臂。显然,这种平铺直叙的教学设计,侧重于教会学生正确地画力臂,虽有利于应试,却没有体现“建构”二字。因为没有发挥学生在课堂中的主体作用,所以不能实现深度学习。

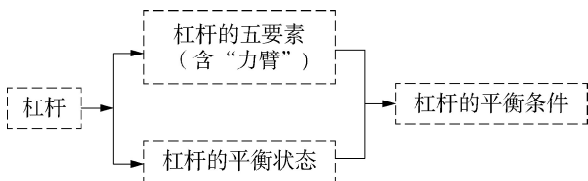


图 1

笔者认为,在引出一个新的物理概念(或者物理

量或仪器)之前,教师首先应引导学生充分思考这个新概念的提出是否是必要的,是否是解决当前问题的最佳途径。例如,当路程和时间均不相等时就不方便比较物体运动的快慢,因此用路程与时间之比表示运动的快慢,这就是速度。速度越大表示运动得越快,符合人们的习惯性思维。其次,教师还需要了解学生是否存在相关前概念,它们无论对错,都是课堂教学的必要素材。综上所述,可将本节的教学流程作如图 2 所示的改进。

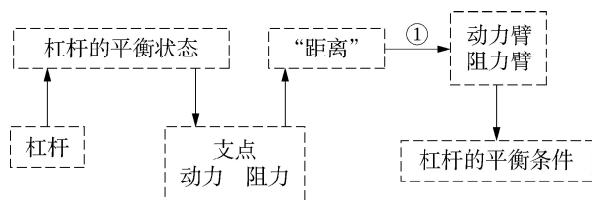


图 2

图 2 中①的设计是构建力臂概念的重要一环,即如何说明支点到力的作用点的距离(以下简称“点点”距离)不是杠杆平衡的关键,支点到力的作用线的距离(以下简称“点线”距离)才是关键。首先要避免偶然性,让“点线”距离与“点点”距离不再重合或相等。然后,在动力和阻力的大小不变的前提下,只改变一侧的“点点”距离,看杠杆的状态是否改变;或者不改变“点点”距离而只改变一侧的“点线”距离,看杠杆的状态是否改变。此处,杠杆状态的改变可以从平衡变成不平衡,也可以是从不平衡变成平衡。

1.2 器材创新法

首先,利用如图 3(a)所示的直棒型杠杆(教材中的器材)讲解什么是杠杆的平衡状态,再介绍支点、动力与阻力这三个杠杆的要素。接着,引导学生

猜想什么因素会影响杠杆的运动状态。学生根据跷跷板、天平等生活中的实例会猜到力的大小与“点点”距离可能影响杠杆的运动状态。

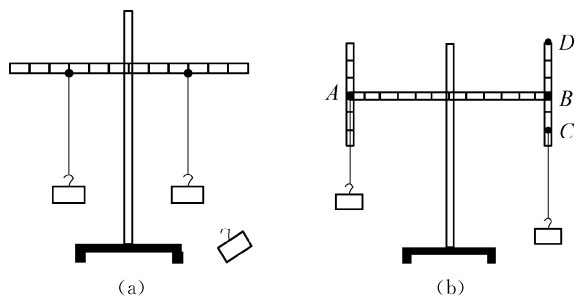


图 3

接着利用如图 3(b)所示的自制“工”字型杠杆等器材,逐步引出“力臂”概念。

1.2.1 “工”字型杠杆

表 1 利用“工”字型杠杆设计的教学流程

教师活动	学生活动	设计意图或评价
教师展示如图 3(b)所示的“工”字型杠杆。问:这个器材是杠杆吗?	回忆杠杆的概念要点:绕着固定点转动;硬棒;可以不是直的。 答:是的	帮助学生从直棒型杠杆过渡到其他形状的杠杆
调节平衡螺母使杠杆在水平位置静止,再在 A、B 两点用棉线各挂一个钩码,杠杆再次平衡。问:如果把右侧棉线从 B 点移到 C 点或 D 点,它还能平衡吗?	部分学生认为能,部分学生认为不能	鼓励学生大胆猜想
演示:将棉线从 B 点移动到 C 点,再移到 D 点	观察发现,杠杆仍然保持静止,即保持平衡状态	体验猜想正确的喜悦或激发认知冲突
问:这个现象说明了什么? 提示:“点点”距离是否改变?	充分讨论,得出结论。答:“点点”距离改变了,但杠杆仍然平衡,说明这个距离不影响杠杆的运动状态	变化后的“点点”距离在空中,学生不能直观看见,教师可加以说明
问:找一找有没有什么距离是不变的?(挂钩码的细线长一些,可以帮助学生联想到力的作用线)	充分讨论,得出结论:支点到力所在的直线	这一步难度较大,也是建构“力臂”概念的关键
解释学生所说的“直线”:通过力的作用点,沿力的方向所画的直线叫做力的作用线。建立“力臂”概念:支点到力的作用线的距离,叫做力臂。支点到动力作用线的距	初步完成“力臂”概念的建构	

续 表

教师活动	学生活动	设计意图或评价
离叫做动力臂,用 l_1 表示。支点到阻力作用线的距离叫做阻力臂,用 l_2 表示。(板书)	初步认识“力臂”:力臂是一段距离→一个点到一条直线的距离→支点到力的作用线的距离	
解释:正是由于力的大小和力臂都没有变,杠杆的运动状态才没有变	认识到“力臂”这一新概念存在的必要性——影响杠杆的运动状态	此处并不涉及杠杆平衡条件的探究。只是定性说明这些因素会影响杠杆的运动状态,例如是否平衡

实验中,推翻学生原有认知的关键一步是,当“点点”距离改变而“点线”距离不变时,杠杆的运动状态是不变的。如果再加一步——不改变“点点”距离只改变“点线”距离,观察杠杆的运动状态是否改变,推理过程将更加严谨。我们可以将杠杆的形状再做一个改进。

1.2.2 圆轮型杠杆

如图 4 所示,利用轻薄圆型板材自制杠杆并标注辅助线,与铁架台组装在一起。 O 点为圆心也是支点,点 A 、 D 、 E 、 B 是水平直径上的四个点,且 $AO = BO = CO, DO = EO < AO, CE \perp AB$ 。第一步,先将相等个数的钩码用棉线分别挂在 D 、 E 两个点,此时,杠杆平衡。再将右侧棉线移到 C 点,观察发现杠杆仍然平衡。第二步,先将两侧棉线挂在 A 、 B 两个点,杠杆平衡。再将右侧棉线移到 C 点,观察发现杠杆不能平衡。即只改变“点点”距离,不改变“点线”距离时,杠杆原本的平衡状态不会被破坏,但只改变“点线”距离时,杠杆的平衡状态会被破坏。从而引出“力臂”的概念。上述流程中的问题串设计类似于表 1 中的内容,不再赘述。

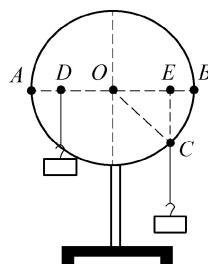


图 4

相比直接告知学生什么是力臂,利用改进器材的方法设计教学流程,可以激发学生的认知冲突,促进学生的思维活动,实现深度学习。通过“回忆生活情景→认识→猜想→实验→重新认识→构建概念”的过程,引导学生把杠杆的五要素与杠杆的平衡联系起来,从而体会到“力臂”这一新概念存在的必要性,完成“力臂”概念的建构。

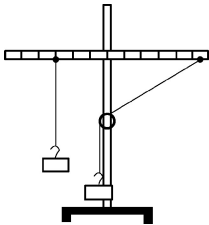
然而,利用异型杠杆引出“力臂”的设计也存在一定的弊端。尚处于“认识杠杆”阶段的学生,能否

理解“工”字型和圆轮型的硬物都可以看作杠杆? 毕竟在本节课中出现的螺丝刀、羊角锤、钓鱼竿等都可以勉强算是“棒”, 而上述两种异型杠杆尤其是圆轮型杠杆似乎既不像“棒”也不像“杆”。如果学生在此处产生疑虑, 等同于建立“力臂”概念的第一步就出现了障碍。另一方面, 前半节课的杠杆实物演示使

用的是类似于如图 3(a) 所示的直棒型杠杆, 那么学生是否会产生疑问: 老师为什么要换一个奇怪的杠杆, 是原来的杠杆不能说明问题了吗? 特殊往往意味着偶然。那么, 能否在如图 3(a) 所示的传统器材上加以改进, 构建“力臂”的概念?

1.3 步骤创新法

表 2 通过创新实验步骤设计的教学流程

教师活动	学生活动	设计意图或评价
实验演示: 在杠杆左右两侧通过棉线各挂一个钩码, 调节棉线位置使杠杆平衡, 如图 3(a) 所示。 问: 此时, 将右侧棉线向右移, 杠杆还能平衡吗? 有什么办法能让它再次平衡?	答: 不能/绝对不能。 可以将左侧棉线向左移相等的距离。 (学生上台演示) 还可以在左侧加钩码。 加钩码不一定能恰好平衡, 可以粘橡皮泥, 一点一点加	学生积极讨论, 参与度很高。 对于正确答案, 教师应及时予以肯定与表扬。 实验结果与生活经验一致, 力的大小与“点点”距离会影响杠杆的平衡
问: 不能移动左、右棉线悬挂的位置, 不能改变钩码的个数, 不能在棉线上挂其他的物体, 也不能用手拉棉线或托住钩码, 其他器材可添加, 请设法让杠杆再次平衡	几乎全班学生都认为这个任务无法完成	学生在生活中不常见到, 斜着的力作用在水平杠杆上, 因此这一步大多数学生不能想到, 需要教师进一步引导、提示
提示: 这些限制的条件, 本质上是控制了“力”的哪些要素不变? 那么, 我们还可以改变“力”的什么要素?	思考并讨论。 答: 控制了力的大小和作用点不变, 还可以改变力的方向。 提出疑问: 但是钩码的重力是竖直向下的, 怎样才能改变拉力的方向呢?	杠杆是否能平衡, 本质上是力的作用效果, 而力的三要素影响力的作用效果。 与已有知识建立关联
演示: 如图 5 所示, 用配件在铁架台上组装一个光滑的金属棒, 让右侧棉线绕过金属棒, 并微调金属棒的高度, 直到杠杆再次平衡  图 5	学生观察现象, 十分惊讶, 对于再次平衡的成功甚至表现出欢呼	用创新实验引发认知冲突, 激发学生进一步探究的兴趣, 为引出“力臂”概念做铺垫。 教师调节时, 可邀请一个学生做助手帮忙。 金属棒与棉线之间的摩擦非常小, 可以忽略。笔者不建议使用定滑轮代替金属细棒
问: 你还觉得力的作用点到支点的距离是影响杠杆平衡的因素吗?	思考并讨论。 答: 好像不是。 但是力的方向变了, 没有控制变量吧。 感觉右侧的“距离”不能再用力作用点和支点的距离了	引导学生打破自己原有的错误认知, 锻炼学生从显性现象中寻找隐性的规律
问: 两侧力的方向能“看见”吗? 两侧有没有什么“距离”相等?	答: 动力和阻力的方向沿着棉线。支点到棉线的距离看上去似乎接近, 可以测一测	学生的前概念中有天平之类的生活经验, 知道两侧力相等时, 两侧的“距离”也相等。因此选择以等臂杠杆为例, 可以降低难度。此处, 并不涉及杠杆平衡条件的定量探究
演示: 用刻度尺测量两侧的“点线”距离, 发现的确相等。 问: 是否是巧合? 可以尝试改变右侧棉线的悬挂位置和金属棒的高度, 使杠杆再次平衡, 谁愿意上台试一试	学生上台演示, 并测量两侧的“点线”距离, 发现仍然相等	尽可能让学生参与实验
讲授: 这段“距离”很有意义, 它会影响杠杆的平衡, 我们把这段距离叫做“力臂”。 支点到动力作用线的距离叫做动力臂, 用 l_1 表示。 支点到阻力作用线的距离叫做阻力臂, 用 l_2 表示 (板书)	意识到“力臂”这一新概念存在的必要性——影响杠杆的运动状态。 认识“力臂”: 力臂是一段距离→一个点到一条线的距离→支点到力的作用线的距离	完成“力臂”概念的建立。 如时间充裕, 可再加一步, 当杠杆两侧的“点点”距离和钩码个数相等时, 将一侧的棉线绕过金属棒, 观察杠杆是否还能平衡

利用常规的直棒型杠杆进行概念建构,一方面,避免了异型杠杆由于形状的特殊对学生产生困扰。另一方面,本节课的实验器材前后保持一致,使直棒型杠杆成为课堂线索,使教学过程更加自然流畅。

2 思维进阶

当完成“力臂”的概念建构后,可引导学生将新知识与已有知识联系起来实现思维进阶,找到与“力臂”相关联的大概念——力的三要素。可设计以下问题链。

问题 1: 杠杆受到的“力”的大小与“力臂”会影响杠杆的运动状态。杠杆是一个物体,同学们还记得,物体的运动状态与力有什么关系吗?

答 1: 力可以改变物体的运动状态。

问题 2: 改变物体的运动状态是力的作用效果。那么,影响力的作用效果的因素有哪些?

答 2: 力的大小、方向和作用点。

问题 3: 能否类推得出,对于杠杆来说,影响动力和阻力作用效果的因素是动力和阻力的大小、方向和作用点?

答 3: 好像可以。

问题 4: 那么,究竟是什么影响了杠杆的运动状态? 力、力臂和力的三要素之间有什么关系?

答 4: 动力和阻力的大小对应三要素中力的大小,动力臂和阻力臂实际上是表示力的方向和作用点的量。

问题 5: 为什么影响杠杆平衡的因素是“点线”距离(力臂)而不是“点点”距离?

答 5: 因为“点点”距离只能体现力的作用点而不能体现力的方向。

教师总结: 在杠杆的平衡问题中,力臂代表了力的方向和作用点。用一段线段的长度代表力的两个要素,这就是物理学的简洁美!

3 结 语

学生的深度学习以教师的深度备课为前提。只有教师课前充分研究学情和教材,勇于创新实践,才能在课堂上高效地突破教学难点,引导学生进行深度学习,帮助学生实现思维的进阶并锻炼学生的学科关键能力。

参考文献

- [1] 郭华. 深度学习及意义[J]. 课程·教材·教法, 2016(11): 25—32.
- [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: 15.
- [3] 刘炳昇, 李容. 义务教育教科书·物理(九年级上册)[M]. 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2021: 2—8.

(上接第 46 页)

运动学中位移、速度、加速度这些描述物体运动的物理量定义中没有涉及物体的质量,看起来似乎没有这样的必要呀,教师由此可以启发学生去思考这是为什么。

学生经过一番思考和研讨,终于明白了,情况并非如此,因为加速度这个概念虽是描述物体速度变化快慢的物理量,而速度变化难易的内因却是惯性,质量又是惯性的量度,因此,质点必须包含质量这样的因素。否则何谈加速度呢? 质点也只有这样定义才是科学合理的,基于质点的知识体系也才内在和谐完备。

再如关于瞬时速度的定义,以前教材上处理的办法大致是,取位移 AB , 当 B 无限靠近 A 点时,那么 AB 段的平均速度即为 A 点的瞬时速度。而现在的新教材中则是取包括 A 点在内的一段位移 M 、 N , 当 M 、 N 都趋向 A 点时,那么 MN 段的平均速度即为 A 点的瞬时速度。教师可以引发学生去思考新教材中为什么要做这样的改动。

通过学生激烈的研讨,终于参悟到事情背后的

真相实意,以前教材那种处理方法仅仅只考虑单向的逼近,从数学角度讲只考虑到了右极限或左极限;而新教材上这样处理,是同时考虑到 A 点的左右极限的问题,且有趋近相等的意味,这样做目的是“在学生的可接受条件下尽可能做到科学严谨、全面准确”,可见编写教材的专家们用心良苦啊!

3 结 语

总之,不论“寻教材中的物理之美”,还是“发教学中的审美之意”,其根本宗旨是实实在在地落实学科核心素养,培养学生的审美意识,提升他们的审美能力,让物理课堂充满美的情趣!

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版 2020年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [2] 陈林桥, 张正年. 浅谈在讲评习题中如何渗透体验性教学[J]. 物理教学, 2014(9): 45—47.
- [3] 陈林桥, 吉文忠. 浅谈高中物理教材中的物理思想方法[J]. 物理教师, 2013(2): 10—12.