剖析知识建立过程 挖掘核心素养教育元素

——从高中物理功的教学说起

唐黎明

（上海市宝山区教育学院　上海　201900）

（收稿日期：2018－05－21）

摘　要：通过对高中物理教材中功的定义式 $W = Fs\cos\theta$ 建构的思维路径分析，提出了一种构筑知识的方法——建构法，进一步指出分析物理知识的建立过程，是挖掘物理核心素养教育元素的一条技术途径.

关键词：核心素养　功　逻辑

《普中高中物理课程标准》[1] 指出能量观念是物理核心素养“物理观念”方面中的三大要素之一，可见其在高中物理教学中的地位，物理同仁都知道学习能量是离不开学习功的，学习能量在很大程度上是在学习功和能的关系，而通常来说总是先学功，再学能，所以学习功是学生建立能量观念的首要一步；长期的中学教学经验又告诉我们，学习抽象的功的概念大部分学生是有困难的，鉴于上述 2 个原因，本人觉得探讨功的教学问题具有一定的现实意义.

1　教材中的思维路径

无论是现行的人教版高中《物理·必修 2》[2]，还

计算提高到对含电源电路的动态分析及推演. 通过直观素材的辅助展示，学生不仅对闭合电路的欧姆定律这一物理核心概念有了较为全面的认识，能应用物质观、能量观等物理知识和方法解释自然现象和解决实际问题，而且在此过程中形成了科学思维，感受到科学家严谨认真、实事求是和持之以恒的探索精神，独立思考、敢于质疑和善于反思的创新精神，对培养学生的学科核心素养起到了很好的促进作用.

5.2　提供直观素材助力物理教学

(1) 清晰展现现象规律，有利于认知结构的建立

提供直观素材可以把物理的现象、物理的规律清晰地展现在学生的面前，使得学生“眼见为实”. 把复杂枯燥的知识变得直观易懂，而且能够成功吸引学生的研究注意力，激发探究热情. 进而一步步地建立起符合学习规律的认知结构.

(2) 集中突破重点难点，有利于高效课堂的打造

传统课堂的物理重难点突破依赖于小专题、大练习，反复练，练强化. 这种方式对于经验型的传统考题有效，对于创新性的高考题收效甚微，因为学生本质上没有突破，是一种被动突破. 提供直观素材可以把知识点的“微单元”直观突破，再进行“模块化”创建，从而提高课堂的教学效率.

(3) 促进迁移科学方法，有利于学科素养的培养

学生在面对直观素材时，不断思考、设计、创新，“润物细无声”般将科学的精神和思想方法等学科素养深入到学生的骨髓. 当他在今后面对新的问题时，思想内的科学方法又能够迁移出来，帮助解决新的问题. 这正是物理教学想要达到的初衷.

参 考 文 献

1　曹广芹. 浅谈对闭合电路欧姆定律实验的改进. 中国现代教育装备，2010，2(90)：66～67

2　刘健智，王思也. 实验创新引领探究式教学. 物理教师，2017，38(6)：25～29

是上科版物理高一年级第二学期[3]，关于功的定义式 $W=Fs\cos\theta$ 都是通过下面的思维路径寻得的.

(1) 回忆初中物理功的定义式 $W=Fs$，并指出该定义式只适合图 1 所示的力 F 和位移 s 同方向的时候，并说明当 F 和 s 垂直时 F 不做功.

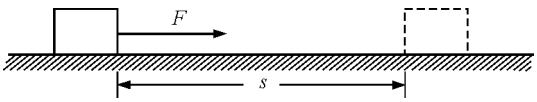

图 1　力 F 和位移 s 同方向

(2) 分解力 F. 首先提问，当 F 和 s 如图 2 所示成 θ 角时如何来计算力 F 的功？根据的力等效替代思想，可以将力 F 沿平行于位移 s 方向和垂直于位移 s 方向分解，得到 F_x 和 F_y，如图 3 所示.

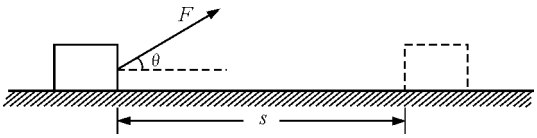

图 2　力 F 和位移 s 同成 θ 角

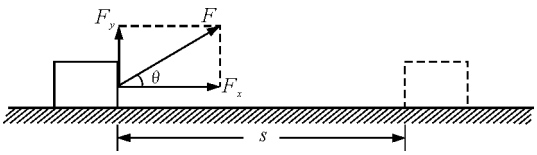

图 3　对力 F 进行分解

(3) 推出 $W=Fs\cos\theta$. 由于 F_y 和 s 垂直，所以 F_y 不做功，即做功为零；又 $F_x=F\cos\theta$，$W=F_xs$，所以有 $W=Fs\cos\theta$.

(4) 讨论正功、零功和负功.

1) 当 $0\leqslant\theta<90^\circ$ 时，$\cos\theta>0$，所以 $W>0$，F 做正功；

2) 当 $\theta=90^\circ$ 时，$\cos\theta=0$，所以 $W=0$，F 不做功；

3) 当时 $90^\circ<\theta\leqslant180^\circ$，$\cos\theta<0$，所以 $W<0$，F 做负功.

由此，得到了功的一般定义式 $W=Fs\cos\theta$.

2　被强加的逻辑前题

表面上看来，教材通过上面 4 步“逻辑”地推导出了 $W=Fs\cos\theta$，如果课堂教学只是就事论事地按这 4 步来教授，那么不仅教师在逻辑上感到“生硬”，而且学生在知识内化上也会感到 $W=Fs\cos\theta$ 是被莫名强加的.

上面 4 步中除了第(1) 步，只是复习学生在初中已具备的知识外，后面 3 步分别潜在地采用了学生所不具备的、可用于计算功的知识，来作为推理的前题.

第(2) 步中所采用的推理前题是：力的合成与分解知识可用于功的计算. 熟悉高中物理教学的老师都知道在还没有学习功以前，力的合成与分解知识只在静力学和动力学范围内被运用，教材不加说明地直接将其用于计算功，悄悄地将这一知识的运用范围扩大了，实为唐突.

第(3) 步中所采用的推理前题是：合力做的功等于各个分力所做功的代数和. 这一知识应该是在学生掌握 $W=Fs\cos\theta$ 之后，再来学习的，但教材显然是先“盗用”了，有“逻辑循环”之嫌.

第(4) 步中所采用的推理前题是：图 2 情景 ($0<\theta<90^\circ$) 下推出的 $W=Fs\cos\theta$，也适用于 $90^\circ<\theta\leqslant180^\circ$ 下的物理情景，也就是说教材不加说明地将在一定情景下推出的物理公式扩大了适用范围，这与第(2) 步中扩大知识的使用范围类同.

通过上面分析，我们不难明白对于“功”按教材直接进行教学，从认知角度上来看难以接受的原因了.

3　必要的知识引导

为了避免这种逻辑上的“生硬”，我们不妨大大方方地将这些学生还不知道的、推理的前提性知识先明确地告诉学生，为学生将要进行的推理做好知识铺垫. 实际上这些知识是学生进一步学习新知识所必需的“内部条件”[4]，当学生还不具备这些“内部条件”时按上述路径来教授“功”自然是不成功的. 在教学思路上可以补充下面的引导，以帮助学生建立这些“内部条件”.

对于第(2) 步，首先需要向学生说明的是：将力 F 分解为 F_x 和 F_y，即用 F_x 和 F_y 来替代 F，F_x 和 F_y

将不会改变物体的运动情况，所以计算 F 做的功可以转化为计算 F_x 和 F_y 做的功. 那么沿哪二个方向分解 F 才使得初中学的功的知识有用呢？按图 3 所示来分解 F 学生是容易找到的.

对于第(3) 步，首先需要向学生说明的是 F 做的功等于 F_x，F_y 分别做的功的代数和，而不是矢量和，顺便指出功是标量

对于第(4) 步，首先需要向学生提出问题：如图 4 所示，若 F 方向和位移 s 方向成钝角，则又如何来计算 F 的功呢？公式 $W=Fs\cos\theta$ 中 θ 角的取值范围是否可以拓展至钝角甚至 180° 呢？其次告诉学生在物理学中规定 θ 角的取值范围正是[0，180°][一道可以作为课后的作业：试问 θ 角的取值范围有必要增加(180°，360°] 范围吗？]，再次才来讨论功的正、负问题.

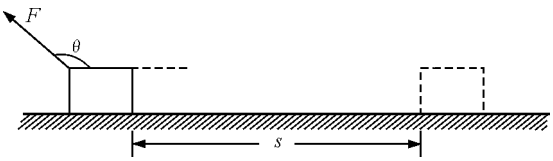

图 4　力 F 与位移夹角 θ 为钝角

最后，有必要对学生作进一步的阐明，对于功的定义式 $W=Fs\cos\theta$ 与其说是推导出来的，不如说是依据合理的假设前提建构出来的，$W=Fs\cos\theta$ 不仅包含已学的特殊形式 $W=Fs$，而且扩展了计算功的适用范围，对于学生来说开阔了计算功的视野，寻得了在更大范围内对功的认识，所以由 $W=Fs$ 到 $W=Fs\cos\theta$ 学习，属于奥苏伯尔有意义言语学习理论中的“上位学习”[5]，学生在脑中建立了关于功的较一般的知识(功的最一般的定义式在大学物理中学习).

4　建构法

联想到当前物理核心素养中的科学思想方面，发现上述 $W=Fs\cos\theta$ 的建构过程，具有培养学生创新思想的价值，这种创新不同于通过归纳法去实现，也不同于运用类比法去发现，而是通过将已学的知识运用于更一般的情景，并采用合理的假设，从而产生包容性更广的知识来实现，我们把这种创造新知识的方法叫做建构法，建构法实际上综合地运用了假设、演绎和类比等思想方法，这是一种综合的思想方法. 举例来说，量子力学中德布罗意的物质波假设的提出，就运用了建构法，因为他把光的波粒二象性，推扩到了所有实物粒子身上，在思想方法上不仅有类比，更采用了一般的假设. 当然，运用建构法得出的结论在理论上或许是合理的，但也有可能面临着没有实际物理意义的风险. 尽管如此，众所周知物理学中的许多创新成果正是在合理外推，大担假设的情况下取得的.

为了能够更好地在一线课堂全面落实物理核心素养教育，我们要全面地分析教材，解读教材，通过对物理知识建立过程的剖析，深刻挖掘教材中物理核心素养教育的元素，将这些潜在的“元素”显性化，不愁素养教育不能“落地生根”，上述关于功的教学问题的阐述，就作为挖掘教材中物理核心素养教育元素的一个例子，供大家参考.

参 考 文 献

1　普中高中物理课程标准. 北京：人民教育出版社，2018. 4
2　高中物理必修 2. 北京：人民教育出版社，2010. 57
3　物理高一年级第二学期(试用本). 上海：上海科学技术出版社，2018. 34
4　R・M・加涅. 学习的条件与教学论. 1999. 59
5　教育大辞典第 5 卷教育心理学. 1990. 267

小　　启

2018 年第 11 期第 19 页给出的演示项目地址已经失效，作者重新创建了一个新的下载地址：https://pan.baidu.com/s/16ddOB3Dqhpo5kHjBV1X5xQ，读者用此地址下载该文的演示，会达到预期的教学效果.