

“能量观”及其教学范式的探讨

张伶俐

(首都师范大学物理系 北京 100048)

(收稿日期:2021-03-31)

摘要:能量观念是物理学科核心素养三大基本观念之一,一线教师以“能量观”为主线作为一种物理教学指导思想意识已初现萌芽,但仍存在不广泛、不全面、不深刻、不系统、不得法等问题,文章界定了“能量观”和“能量观”教学范式的内涵,进行了“能量观”及其教学范式的探讨.

关键词:能量观 教学范式 能量守恒 核心素养

1 问题的提出

2017年12月《普通高中物理课程标准》正式提出了物理学科核心素养,能量观念是物理学科核心素养三大基本观念之一,一线教师以“能量观”为主线作为一种物理教学指导思想意识已初现萌芽,但仍存在不广泛、不全面、不深刻、不系统、不得法等问题.究其原因,主要包括以下3点:(1)“能量观”的内涵不明确;(2)“能量观”涉及的具体教学内容在教材和教学指导意见中体现得不具体、不全面、不契合;(3)“能量观”的教学策略不清晰.本文界定了“能量观”和“能量观”教学范式的内涵,并在此基础上进行了“能量观”教学范式的探讨.

2 “能量观”和“能量观”教学范式的内涵

2.1 “能量观”

2018年人民教育出版社出版的普通高中教科书(简称“新教材”)《物理·必修2》中阐释,能量是人们研究物质世界非常重要的一个物理量,是物质运动的统一量度.物体运动虽然形式各异,但是每种运动都具有相应的能量.能量及其转化将各种运动统一、联系起来.能量对于科学研究和日常生活有着巨大的影响,但要用一句话说清楚能量究竟是什么却非易事.能量概念的引入是科学前辈们追寻守恒量的一个重要事例.目前,人们对能量认识大体可以归纳为:对能量本质的认识、对能量形式及其分类的认识、对能量转换的认识、对能量耗散的认识以及对

能量守恒等概念和规律的认识^[1].因此,物理能量观念包含了能量本质观、能量形式观、能量转化观、能量耗散观和能量守恒观5部分,能量观结构图如图1所示.

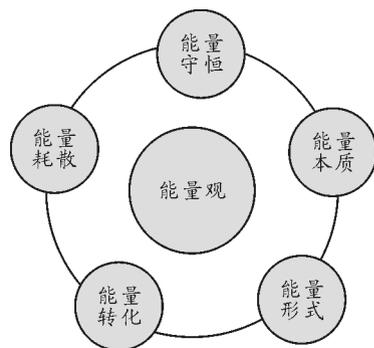


图1 能量观结构图

2.2 “能量观”教学范式

“能量观”物理教学是一种在特定教学思想指导下的教学,是指教师在实施物理这门特殊科学的教学活动中,在阐述、讲解、分析、归纳和应用物理知识的教学活动中,在指导学生分析、处理问题过程中,始终运用“能量”的观点来引导启发学生的思维,并用“能量”把物理问题联系起来,高效简洁地解决问题,并形成物理意识的教学活动^[2].

如何运用“能量观”启发思维进行教学呢?我们需要将能量观的5部分分为3个层次:第一层(内容),能量的要素,包含研究对象在研究过程中具有的能量形式和能量本质,该层次是用能量观分析问题的第一步,起奠基作用;第二层(策略),能量形式变换的路径,包含能量转化和能量耗散,展现初态的

能量通过什么方式去往何方;第三层(思想),能量变换统一遵循的规律,即能量守恒,在能量观中起统领作用.基于以上分析,本文提出了“能量观”教学范式的金字塔模型,如图2所示.

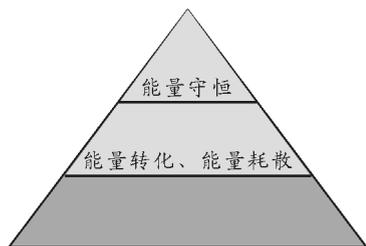


图2 “能量观”教学范式

3 “能量观”在各个模块中的具体体现

能量观在高中物理力学、热学、电磁学、光学、量子力学等模块中都有重要体现,是学生认识物理世界的一条重要主线.新教材和课程标准对“能量观”的体现不是完全契合,且不够全面和具体.本文梳理了能量观在各个模块中的主要体现,可作为教学的参考,如表1所示.

表1 能量观在各个模块中的主要体现

模块	内容
力学	势能概念的建立
	第二宇宙速度的推导
电磁学	电势能、电动势概念的建立
	闭合电路欧姆定律的推导
	焦耳定律的推导
	电容器的充放电现象
	楞次定律的解释
	电磁感应现象的分析
光学	发电机与电动机的工作原理
	光的反射与折射中能量的分配
热学	热力学第一定律的推导
	热力学第二定律的理解
	中微子的预言
	永动机不可能制成的论断
量子力学	光电效应方程的推导
	能级跃迁能量变化的解释
	核反应释放的核能

(注:能量观在各种运动中的体现比较常规,因此不再梳理)

4 “能量观”教学范式的示例

4.1 第二宇宙速度的推导

我们知道,第二宇宙速度是使物体脱离地球引力束缚的最小发射速度.在新教材《物理·必修2》第64页“科学漫步”专栏是关于“黑洞”的介绍,展示了第二宇宙速度的表达式,但并未进行推导,课程标准和近年的高考大纲中也没有对该部分提出教学要求.从知识上来讲,“第二宇宙速度”似乎超纲了,但从能力的角度看,从能量观推导第二宇宙速度却并未超纲.由于“功和能”在教材中被安排在第二宇宙速度之后,所以学生在新课中不具备推导第二宇宙速度的基础,建议在复习课或能量观专题课中以“如何发射脱离地球束缚的人造卫星”为问题情景进行推导,如例1,在牛顿力学体系中,求解“黑洞”半径是以第二宇宙速度的推导为基础的,因此,也可以开展以求“黑洞”半径为问题情景、以能量观为主线、以“第二宇宙速度”的推导为基础的进阶拓展学习.

【例1】在牛顿力学体系中,当两个质量分别为 m_1 和 m_2 的质点相距为 r 时也会具有势能,称之为引力势能,其大小为 $E_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}$ (规定无穷远处势能为零).在半径为 R 的地球上发射一颗人造卫星,当发射速度至少为多大时,人造卫星可脱离地球的束缚?(地球表面重力加速度为 g)

解析:设地球质量为 M ,人造卫星的质量为 m ,人造卫星的最小发射速度为 v .

第一层:人造卫星在发射时具有动能和引力势能,在脱离地球束缚时(无穷远处)机械能为零.

第二层:人造卫星在发射后,万有引力做负功将动能转化为引力势能.

第三层:根据能量守恒定律可知,人造卫星在地球表面时的动能与势能之和等于在无穷远处动能与势能的总和.即

$$\frac{1}{2}mv^2 - G \frac{Mm}{R} = 0$$

又因为

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg$$

所以 $v = \sqrt{2gR}$

4.2 闭合电路欧姆定律的推导

闭合电路欧姆定律的教学属于规律教学,逻辑推理是建立物理规律的主要方法之一.逻辑推理法是在已有定律的基础上结合一些概念,运用数学知识推理论证而得出结论的方法.而能量守恒定律恰好是学习该部分内容时学生的已有认知,通过已有认知进行新知建构符合学生的认知规律,且是渗透能量观和培养逻辑推理能力较为适切的载体.因此,可在新课教学中,创设物理情境,通过学生活动完成由能量守恒定律推导闭合电路欧姆定律,具体方案如例2所示.

【例2】在图3所示的电路中,电源电动势为 E ,电源内阻为 r ,外电路电阻为 R ,闭合电路的电流为 I .请你根据能量守恒定律推导:电源电动势在数值上与内、外电路电势降落之和的关系.

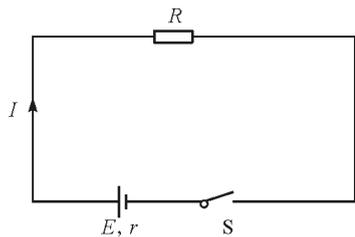


图3 例2题图

解析:

第一层:能量形式包括电源内部其他形式的能、电源生成的电能、 R 产生的电热、 r 产生的电热.

第二层:能量转化的方式为非静电力做功将电源内其他形式的能转化为电能,电流做功将电源的电能转化为 R 产生的电热和 r 产生的电热.

第三层:根据能量守恒,非静电力做功 W 产生的电能等于在外电路和内电路产生的总电热,即

$$W = Q_{\text{内}} + Q_{\text{外}}$$

因为

$$W = Eq = EIt$$

$$Q_{\text{内}} + Q_{\text{外}} = I^2rt + I^2Rt$$

所以

$$EIt = I^2rt + I^2Rt$$

即 $E = Ir + IR = U_{\text{内}} + U_{\text{外}}$

电源电动势在数值上等于内、外电路电势降落

之和.

4.3 光的反射与折射中能量的分配

4.3.1 定性分析

新教材《物理·选择性必修1》第85页的演示实验“观察全反射现象”,如图4所示,让光沿着半圆形玻璃砖的半径射到它的平直的边上,在这个边与界面上发生反射和折射.逐渐增大入射角,观察反射光线和折射光线的变化.



图4 观察全反射现象

我们观察到,当光从光密介质射入光疏介质时,同时发生折射和反射.如果入射角逐渐增大,折射光线离法线会越来越远,而且越来越弱,反射光却越来越强.教师可通过分析光的强弱反映了光能量的大小,引导学生用能量观分析光现象.

4.3.2 定量研究

对于具备条件的学校,可根据学情选择是否做反射光与折射光能量分配的定量研究,作为课外拓

展活动.例如,光线以不同入射角 i 从空气入射到水中($n=1.33$),反射光与折射光的能量分配情况见表

表2 反射光与折射光的能量分配

入射角 $i/(^\circ)$	0	10	20	30	40	50	入射角 $i/(^\circ)$	60	70	80	89	90
反射光能量 / %	2	2	2.1	2.2	2.5	3.4	反射光能量 / %	6	13.5	34.5	90	100
折射光能量 / %	98	98	97.9	97.8	97.5	96.6	折射光能量 / %	94	86.5	65.5	10	0

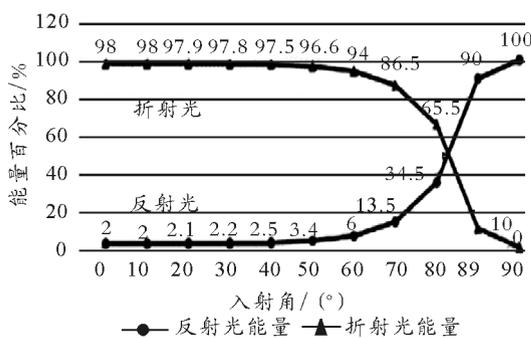


图5 光从空气中入射到水面时的反射光和折射光的能量分配图像

4.4 楞次定律的解释

新教材《物理·选择性必修2》对楞次定律是这样阐述的:感应电流具有这样的方向,即感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通量的变化.这里的“阻碍”主要理解为对磁通量变化的阻碍.在其他版本的教材中,“阻碍”也可理解为阻碍相对运动,即从力的角度对楞次定律进行阐述.表面上看,这些阻碍只是作为判断感应电流的磁场方向与原磁场方向关系的纽带,而内里却体现了电磁感应过程中能量的转化与守恒思想,这一点往往容易被忽视.新教材对这一部分还进行了补充:感应电流沿着楞次定律所述的方向,是能量守恒定律的必然结果.

那么,如何由能量守恒定律判断感应电流的方向呢?例如:将条形磁铁的N极插入闭合线圈,如图6所示.

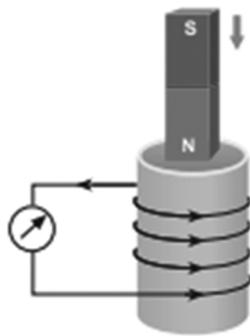


图6 电磁感应现象

2和图5^[3].反射光能量与折射光能量的总和不变,等于入射光的能量,符合能量守恒定律.

由于电阻的存在,感应电流在闭合回路中流动将产生热量.根据能量守恒定律,这部分热量应是条形磁铁的机械能转化而来,由此判断线圈和磁铁之间一定相互排斥,斥力对条形磁铁做的负功消耗了磁铁的机械能.因此可将线圈等效看作N极在上、S极在下的条形磁铁,再根据右手螺旋定则可判断出感应电流的方向,与楞次定律所述的方向一致.设想,感应电流的方向如果与楞次定律规定的方向相反,条形磁铁受到的吸引力做正功,机械能将增加,而线圈中不断产生电能,该系统的总能量会越来越大,显然违背了能量守恒定律.因此,要符合能量守恒定律,感应电流的方向就必须取楞次定律规定的方向.

在教学中,教师可引导学生从磁通量、运动和相互作用观、能量观3个视角全面、立体地理解楞次定律.

5 研究展望

本文依据“能量观”的内涵提出了“能量观”的教学范式,梳理了能量观在高中物理各个模块中的主要体现,通过示例进行了“能量观”教学范式的探讨.如何使学生自觉地通过“能量观”看待物理世界,仍然有待更为系统化和深入化的研究.

参考文献

- 伍苗苗,张军朋.高中物理能量观的内涵、构成与认知层次[J].中学物理教学参考,2017,46(5):1~4
- 蒋华.“能量观”物理教学的高效性[J].物理教学探讨,2007,25(302):28~30
- 朱春,邢红军.光的反射和折射教学新视域[J].中学物理,2019,37(22):34~36