

格物致理求真知 转识成智育素养*

——以能量守恒定律的结构化学习为例

陈 斌 张林海

(江苏省靖江高级中学 江苏 泰州 214500)

(收稿日期:2022-08-07)

摘 要:能量观是物理学三大物理观念之一,能量守恒定律是贯穿物理学的一条红线.从物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任4个维度对能量守恒定律进行进一步的结构化学习,可更好地培育学生的物理学科核心素养,让学生在探求真知的过程中,穷究事物的原委,推证事物的道理,实现转识成智的价值追寻.

关键词:能量守恒定律;结构化学习;学科素养;转识成智

智慧是人类千年不变的追寻,转识成智是教育的核心价值追求.转识成智的教育就是要化知识为能力、转情意为德性、变传承为创新^[1],促进学生在认识客观世界的同时,丰富自己的精神世界,以更严谨的科学态度,更坚定的责任担当,更丰满的家国情怀,去创造更幸福美好的生活.

本文以能量转化和守恒定律结构化学习为例,刨根问底,穷究事物的原委;上下求索,推证事物的道理,引领学生在追寻“守恒量”的征途中,不断超越知识本位,提升思维品质,培育科学精神、涵养人文情怀、激活创新潜能,促进智慧生长.

1 深化能量观念 力求刻骨铭心

著名物理学家劳厄曾说过:“教育所给予人们的无非是当一切已学过的东西都忘记后所剩下的东西.”在物理教育中这种剩下的东西最直接的就是物理观念.“物理观念”在学科核心素养中居于首要地位,也是重要的科学观念^[2].

能量观、物质观、运动与相互作用观并称为三大物理观念,能量转化和守恒定律是最普遍、最重要、最可靠的自然规律之一,是大自然普遍和谐性的一种表现形式.能量守恒思想像一颗颗珍珠镶嵌在物理学的各个章节,随着学习的深入,学生对它的认识越来越深刻、理解越来越透彻.但我们还需要用一根

红线将碎片化的能量观串成项链,形成整体的结构框架,进而深入学生的心灵和骨髓,并在头脑中淬炼和升华,成为解释自然现象和解决实际问题的基础.这是格物致理、转识成智教育的不懈追求.

勾画结构图是最常用的知识结构化的方法,如用方框图、网络图、概念图和思维导图等都可以呈现知识的结构框架.它不仅可以让学生既见树木、又见森林,而且可以增强学生的结构思考和图形思维能力^[3].如图1所示的网络图演绎的就是能量守恒定律在力学、电磁学、热学、近代物理中所具体表现的基本定律和公式.它包括:机械能守恒定律、动能定理、闭合电路欧姆定律、法拉第电磁感应定律、楞次定律、理想变压器公式、热平衡方程、热力学第一定律、光电效应方程、玻尔模型中的能级跃迁公式、爱因斯坦的质能联系方程等.事实上,能量转化和守恒定律在生活、生产中的运用还更丰富、更广泛.

现再列举几方面的应用:其一,当带电粒子或微粒在电磁场中运动时,机械能、电势能相互转化,能量总和守恒;若有摩擦力存在,则可用动能定理分析处理.其二,在闭合电路中,研究电功和电热的关系问题时,无论对纯电阻电路还是非纯电阻电路,能量总和守恒.其三,在LC振荡电路中,电场能和磁场能相互转化并守恒;电磁波是能量传输的一种方式.其四,用能量守恒定律可以解释玻意尔定律;从微观

* 江苏省教育科学“十四五”规划重点课题“转识成智教育的研究与实践”研究成果,课题编号:B/2021/02/206.

角度看,物体的内能就是分子热运动的平均动能与分子势能的总和.其五,在近代物理对应的微观高速领域中,牛顿定律不再适用时,能量守恒定律却可自由驰骋.

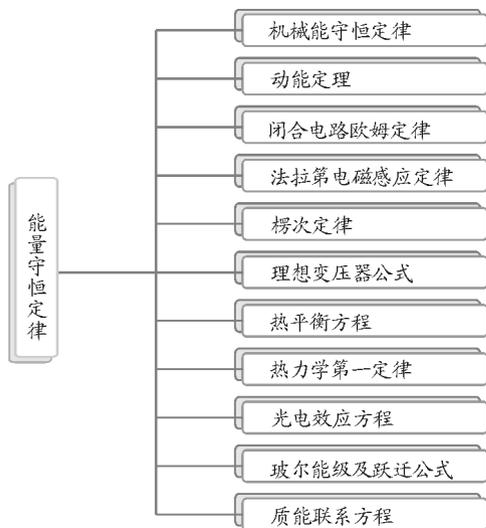


图1 “能量守恒定律”网络图

正是如此,能量转化和守恒定律的结构化学习,可让学生实现认识过程中的由浅入深、由表及里、由点到面的“质”的飞跃,达到左右逢源、视野开阔、思维灵动的新局面,在解决真实情境问题时也能举一反三、旁征博引、融会贯通,特别是在解决像电磁感应等综合问题时,一旦你感到“山重水复疑无路”,它会引你进入“柳暗花明又一村”的新境界.

2 追忆探究历程 体悟波澜壮阔

转识成智的教育追求的不是“记忆·练习·考试”的知识本位的教育,而是“能力·美德·创造”的智慧主体的教育.在能量守恒的结构化教学时,教者如果只是引领学生建立了一个结构庄严却面目冷峻的框架,很多学生还是会望而却步,不能从心底升腾起学习的激情,而教者继续从知识的内容、形式和旨趣3个维度拓展开来,追忆探究历程,讲好能量概念的建立,能量转化和守恒定律发现的鲜活、生动的故事,让学生了解能量守恒定律的“前世今生”,学会用普遍的、联系的、辩证统一的观点升华能量观,学生必然会感觉更亲切、更着迷,此时,他们不仅会在大脑中形成有机的、完整的、深刻的能量转化和守恒思想,而且也能学会科学探究方法,提升科学思维

能力.

爱因斯坦在《物理学的进化》一书中写道:“物理学的概念是人类智力的自由创造,它不是单独地外在世界决定的……知识有一个理想的极限,这个理想的极限叫作客观真理,而科学的探索正在逐步接近这个极限^[4].”“能量”概念的建立、能量守恒定律的发现正是这段话的生动写照.在牛顿时代,人们把 mv 称为“死力”,把 mv^2 称为“活力”;1829年科里奥利提出了“功”的概念,1807年托马斯·杨提出“能量”的概念,1853年“能量”概念被汤姆孙所采用;同年,兰金把各种“力的守恒原理”表述为“能量守恒定律”.

科学史上,能量转化与守恒定律的建立,宛如一部激动人心的奏鸣曲.它不仅孕育时间长,经受磨难多,而且还具有“同时发现”的特点.在19世纪上半叶,好一个“山雨欲来风满楼”,能量转化与守恒定律诞生的时机已经成熟,五六个国家中从事六七种不同职业的十几位科学家殊途同归.其中,最有影响的是:英国酿酒师出身的焦耳、德国青年医生迈尔、德国科学家亥姆霍兹,他们分别从热功当量的测定(实验装置如图2所示)、人体的新陈代谢、蒸汽机效率的研究和永动机的不可能存在等侧面,独立地提出了能量转化和守恒的相关表述^[5].最终经由归纳,能量转化和守恒定律成为自然界中最基本、最普遍、最重要的规律.

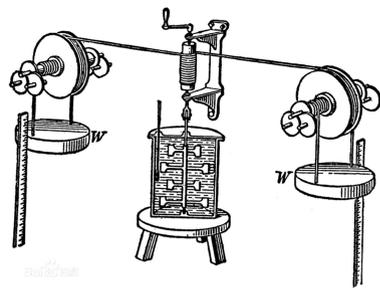


图2 热功当量测定实验装置

1885年,恩格斯把它和细胞学说、达尔文的生物进化论并称为19世纪的三大发现.如今,大家都认识到:能量转化和守恒定律和熵增原理,作为自然界最根本的法则,两者珠联璧合,一起制约着自然过程的发生和演变.

追忆这段探究历程,一是为了让学生明白科学

道路无坦途;二是为建构知识结构图提供鲜活的情境;更重要的是启迪学生能在纷纭繁杂的现象中,更深刻地认识到能量守恒定律的普适性.学生经常经历这样的学习过程,就会对未知世界怀有一颗神圣的好奇心,慢慢学会在问题—猜想—求证—解决问题的过程中不断提升能力,并逐渐养成严谨求实的科学态度、实事求是的科学作风、质疑创新的科学精神,这些都比知识本身更弥足珍贵.

3 精研科学思维 格物致理启智

黑格尔曾言:“熟知的并非真知”.其含义是说,人们从不知到熟知所获得的只是知识,而从熟知到真知才能将知识转化为智慧.因为智慧不仅“知其然”,而且“知其所以然”和“知其应然”,即能够洞悉知识产生背后的问题及其解决的思维方式、研究方法和蕴含的价值旨趣^[6].这也正是格物致理、转识成智的价值追寻.

能量转化和守恒定律是物理学上的第二次大综合.能量概念贯穿在整个物理学中,动能、势能、热能、电能、光能、磁场能、原子能等,物理学研究的各个领域无处不与能量联在一起,生物能、化学能更让能量成为跨界“明星”.而追寻“守恒量”,作为科学家的美学追求,已经成为物理学研究的一种重要的思想方法;各种能量通过做功相互转化,并遵循守恒定律,这是多样统一美最特征的体现,也是分析与综合思维的重大成果.教学中,指导学生运用能量守恒定律解决实际问题时,可以紧紧抓住功是能量转化的量度这根主线,如表1所示,用好分析与综合思维方法.即先弄清什么力的功对应怎样的能量转化关系,再根据动能定理或能量守恒列出关系式,然后顺理成章地解决问题.

表1 功与能量转化的关系

功	能量的变化
重力的功	重力势能的变化
弹簧弹力的功	弹性势能的变化
合力的功	动能的变化
除重力和弹力外其他力的功	机械能的变化

续表 1

功	能量的变化
一对滑动摩擦力的功	系统机械能与内能之间的转化
静电力的功	电势能的变化
分子力的功	分子势能的变化
电流对用电器的功	电能与其他形式的能之间的转化
电磁感应中,感应电流的安培力的功	机械能与电热能(内能)之间的转化
绝热过程中,外界对系统做的功	系统内能的变化

当然,学生应学会和掌握的科学思维方法还非常丰富,仅在逻辑思维方面,除分析与综合方法外,还应把握归纳与演绎、抽象与概括、比较与分类、类比、等效等思维方法.现举一例加以说明:众所周知,法拉第花费了10年的时间才找到了产生感应电流的条件——磁通量的变化.假想他当时如果有能量守恒定律作演绎指导的话,就一定知道永动机是不可能制成的,即闭合线圈仅仅放在恒定的磁场中是不可能产生感应电流的.但话又说回来,从归纳的角度看,电磁感应现象的发现,恰恰为能量守恒定律的建立奠定了基础.

物理史上,归纳与演绎思维被科学家广泛使用,在微观领域的能量“失窃案”中就发挥了重要的作用.1914年,物理学家查德威克发现 β 衰变中存在一部分未知的能量损失,这就产生了一个严重的问题:在 β 衰变中,能量守恒是否仍成立?大多物理学家坚定信念,并进行了演绎推理论证:它的大前提是一切物质运动过程能量都是守恒的;小前提是 β 衰变是一种物质运动过程;结论是 β 衰变过程中能量守恒^[7],由此从理论上推论出带走能量的“幽灵”是中微子.中微子的发现是能量守恒定律的辉煌例证,也让能量守恒定律在微观高速领域大放异彩.这也启示我们:在进行能量守恒定律结构化教学时,应建构一个循环反馈回路,即从各部分的能量“小概念”先归纳出能量“大概念”,再从能量“大概念”演绎到各部分的能量“小概念”.这样,学生掌握起来便能更加得心应手、游刃有余,进而可以思接千载、视通万里.

上述实例只是能量守恒结构化学习中的冰山一角,科学家们正是依托逻辑思维和非逻辑思维的辩证统一、发散思维与收敛思维的优化综合、科学思维与哲学思维的交相辉映,才建构了结构恢宏而精致的物理学大厦.这些教育资源都能激励学生在求真求美的学习中,学会科学思维方法,开展科学探究实践,以不断地格物启智,开拓创新.

4 培养态度责任 提升核心素养

“君不见黄河之水天上来,奔流到海不复回”,当我们吟诵李白《将进酒》那气势磅礴的诗句时,是否想到:黄河之水奔腾而下,不会自动返回,其实就是热力学第二定律中所阐述的宏观过程的方向性.

教学中,教者可贴近生活、生产实际,引导学生清醒地认识到能量总量尽管守恒,但“能量耗散”的方向性,却让能量的品质下降了,也即可利用的高品质能源减少了,因此能源是有限的宝贵资源.以此引领学生放眼世界、面向未来,针对能源开发和利用的现状,增强学生的责任意识和社会担当.以碳排放为例,中国作为负责任的大国,2020年在联合国大会上庄严承诺“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”.如今,碳达峰、碳中和已经成为我国生态文明建设的重要指标,实现碳中和意味着要控制化石能源的使用,减少二氧化碳的排放;同时要继续增加森林的蓄积量,不断提升新能源的开发和利用能力,如图3所示.



图3 碳中和

近年来,“绿水青山就是金山银山”的理念深入人心、家喻户晓,我国在新能源开发上已取得巨大成就:我国是最大的太阳能光伏产品制造国;水力发电和风力发电装机容量均居全球第一;同时我国在核能发电上不断有新的突破,核裂变“华龙一号”已达

到国际第三代核电技术水平,而核聚变——“人造太阳”工程的研究更是走在了世界前列.

道阻且长,行则将至,行而不辍,未来可期.未来属于年轻的学生,这种将“课程思政”融入物理课堂的教学实践,必能很好地落实科学态度与责任目标,促进学生树立远大的理想和抱负,增强使命担当、涵育家国情怀、心系世界大同,在追求科学真理、推动社会进步中开阔胸襟、施展才华,在推进生态文明建设、构建人类命运共同体中担当责任、奉献青春.

5 结束语

综上,物理学科核心素养的4个方面是物理教育中的有机整体,不能割裂开来^[8].能量守恒定律的结构化学习,就是以能量的整体观为基础,以科学探究历程的追忆为线索,以科学思维能力的提升为核心,并把科学态度与责任的养育贯穿在全过程中的教学实践.这种以“大概念、大思路、大情境”来统领进行结构化的大单元教学设计,不仅将碎片化知识整合成结构严谨的知识体系,而且提升了学生的思维品质,同时将科学理性与人文情怀融为一体,促进学生知情意的全面发展,达到真善美的和谐统一,从而更好地培育学生的核心素养,实现转识成智.

参考文献

- [1] 陈斌. 格物致理 转识成智[M]. 南京:江苏凤凰教育出版社,2018:89.
- [2] 蔡铁权,郑瑶. 物理观念的物理教育价值[J]. 物理教学, 2018(12):4-7.
- [3] 陈斌. 问题·体悟·想象:转识成智路径探幽[J]. 物理教师,2015(10):15-19.
- [4] 爱因斯坦,英费尔德. 物理学的进化[M]. 周肇威,译. 北京:中信出版社,2020:31-52.
- [5] 岳燕宁. 分析与综合[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2015:62-66.
- [6] 李润洲. 论教育哲学的转识成智[J]. 南京社会科学, 2017(10):143-149.
- [7] 岳燕宁. 归纳与演绎[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2015:47-48.
- [8] 彭前程. 物理学科核心素养的理解与践行——以人教版高中物理教材为例[J]. 物理教学,2020(2):6-12.