

“双碳”目标下大学物理教学改革*

龙春红 丁光前 文丹 李艳虹 闫艳慈 刘俊

(重庆邮电大学理学院 重庆 400065)

(收稿日期:2022-11-17)

摘要:大学物理的教学不仅在于传授知识,更在于为国家储备人才.在国家宏伟的“双碳”路线背景下,传统的大学物理教学模式也应当寻求改革和创新,以适应国家的战略需求.从储能、碳捕集与封存、太阳能发电 3 个方面,深入浅出地介绍了大学物理如何与“双碳”相关的前沿技术有机融合,从而有效提升教学效果,同时为大学生择业提供方向.本文有望起到抛砖引玉的效果,着力推动“双碳”目标下大学物理教学模式的改革.

关键词:大学物理;双碳;储能;碳捕集与封存;太阳能发电

1 引言

2022 年 8 月重庆的高温和干旱令人印象深刻.气温高且持续时间长,重庆北碚 8 月 18 日最高气温一度达到了 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$.干旱也导致山火肆虐,全市大范围限电,网友更是戏称嘉陵江变成了“嘉陵工”.近年来,世界各地极端天气频发,越来越多的证据表明,其背后的元凶是二氧化碳等温室气体的过度排放导致的全球气候变暖.

2020 年 9 月,国家主席习近平郑重宣布,“中国将力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值,努力争取 2060 年前实现碳中和”.这一目标简称为“双碳”目标.中国是世界上最大的能源消费国,同时也是最大的碳排放国,二氧化碳排放量占到了全球总量的 $\frac{1}{3}$.如果没有中国参与到减排计划,可能无法将全球气温上升控制在 $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内.目前,距离“双碳”目标的实现还有 38 年的时间,因此培养下一代创新型人才,服务于国家的“双碳”行业至关重要.

2 “双碳”目标与大学物理教学的关联

“双碳”战略倡导绿色、低碳、环保的生活方式,“双碳”目标的实施涉及我们日常生产生活的方方面面.其中,我国近 90% 的温室气体排放源自能源

体系,因此亟需大量新能源和新材料专业的人才,通过发展光伏、水力、风力、核能等发电技术,以及锂电池、钠电池、超级电容器等储能技术来减少碳排放.同时,二氧化碳的捕获与存储、二氧化碳转化为有机物、制氢与储氢等领域亟需化学与化工专业的人才.此外,“双碳”与低碳建筑、低碳农业、低碳法律、环境治理密切相关,传统的“生化环材”也就是被大家认为的“天坑”专业将华丽转身变成香饽饽.更广泛的是,我们发现“双碳”与人工智能、物联网自动控制、云计算等密切相关.工业生产需要促进生产流程和组织系统的节能降耗,进行碳治理与碳监测,以及进行碳交易等. BOSS 直聘《2021 应届生就业趋势报告》数据显示,新能源和环保是增幅最快的行业,增幅达到了 225.4%.

在“双碳”的驱动下,众多高校的专业都在寻求变革^[1-5].如清华大学成立了碳中和研究院,中国石油大学成立了碳中和未来技术学院等.大学物理课程是理工科高校的一门基础课程,大学物理的授课在为其他课程的学习打下基础的同时,也应当与时俱进,面向国家对创新型人才的需求,灵活地融入国家政策和行业的发展需求.从而,一方面开拓学生视野,最大程度地激发学生的学习兴趣,另一方面,可以为学生的择业指明方向,使其可以更好地发挥主观能动性,为国家按时实现“双碳”目标贡献自身的

* 重庆邮电大学校级教改重点项目,项目编号:XJG19104;重庆邮电大学教育教学改革项目,项目编号:XJG21212.

作者简介:龙春红(1990-),女,博士,讲师,主要从事凝聚态物理计算.

通讯作者:刘俊(1974-),男,博士,教授,主要从事自旋电子材料的理论与实验研究.

一份力量。

3 目前大学物理教学存在的问题

大学物理教学目前主要存在两大问题。

(1) 教学内容与前沿科学脱节

大学物理的教学形式和教学内容多年不变,传统的教学模式由老教师向青年教师口口相传,同时教师利用PPT和板书相结合的模式,PPT上讲解理论知识,板书推导重要物理公式。教学模式单一、简单,教师灌输为主,学生被动接受,虽然这种模式比较严谨,较少出现差错,却过于死板,学生容易迷失于艰深的理论而丧失学习的兴趣。而大学物理课程对于前沿研究进展的缺失使得在相关领域难以引起学生的创新热情。

(2) 学生在学习大学物理过程中对学习目标的认知不清晰

目前的大学物理教学对于大学物理的每一部分内容是如何与科学与工程联系起来的介绍缺失。学生会陷入“我学这个有什么用”“以后工作又用不上”,以及“用到的时候我再回来看”等的怀疑和自我怀疑中,使得大学物理这门课程不能为学生的择业提供良好的指导,也难以培养出国家亟需的人才。倘若能将教学与实践科学和工程应用有机结合,必将提升教学效果,使学生构建出清晰的知识树,并使学生懂得如何将所学知识应用到实践中去。

4 “双碳”目标下大学物理的改革方向

由于我国能源体系排放二氧化碳的占比之重,因此为适应国家战略需求,本文将主要围绕大学物理如何与我国能源体系的碳中和路线交叉来阐明大学物理的改革方向。

4.1 势能、机械能转化及守恒定律——储能

在讲授能量守恒定律这一部分知识时,便自然引出了储能的概念。电力系统存在电力的供应和需求差异的问题。举个例子,太阳能电池只有白天能发电,如果不把电储存起来,到了夜间便会面临缺电的问题,因此便需要储能系统来进行电力调节。储能的技术类型主要有:机械储能、电化学储能、电磁储能和化学储能等。

机械储能的例子有水库抽水蓄能、压缩空气储能等,它们的原理很简单,就是把电能转换为机械能

储存起来。近年来还出现了混凝土块等新型固体重力储能等方法。

电化学储能方面,现在常见的技术包括锂离子电池和铅酸电池等。锂离子电池能量密度高,但存在安全隐患。铅酸电池虽然安全性好,但能量密度低。近年来,科研机构和电池厂商也在探索新的电池材料和技术,比如钠离子电池、锂-硫电池、金属-空气电池等,该领域还有巨大的探索空间。

电磁储能方面,超级电容器的功率密度高,循环次数多,但放电时间短,可用于新能源汽车的加速等场景,拥有巨大的探索空间。

化学储能方面,利用电能将低能物质转化为高能物质,以实现能量存储。例如电解水制氢、电合成燃料(甲烷、甲醇等)。

4.2 理想气体的压强和温度——碳捕集与封存(CCUS)

碳捕获最直接的方法是把二氧化碳分离后储存起来。目前最先进、使用最广泛的碳捕获技术是化学吸收和物理分离,这个过程中就会涉及混合物的压强和温度。当今捕集的二氧化碳大部分用于二氧化碳驱油和化工产品制造,少量用于电子和食品饮料行业。例如,中国科学院天津工业生物技术研究所的研究人员报道了在淀粉的人工合成方面取得的重大突破性进展,他们在国际上首次实现了二氧化碳到淀粉的从头合成,相关工作于2021年9月24日发表于国际顶尖杂志《科学》^[6]。二氧化碳可以永久封存于陆地和海洋的深部咸水层或枯竭油气层中。中国目前还没有专门的商业封存设施。根据国际能源署(IEA)发布的《中国能源体系碳中和路线图》,据估计,中国有相当大的二氧化碳封存潜力,陆上盆地的理论封存容量超过3 250亿吨,海洋盆地为770亿吨。我国二氧化碳的捕集与封存减排量如图1所示。

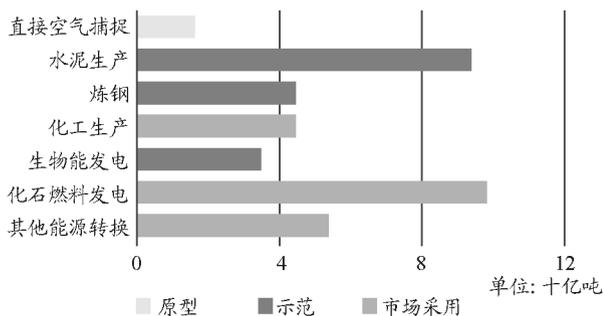


图1 承诺目标下,我国二氧化碳的捕集与封存减排量

4.3 卡诺循环——太阳能电池效率极限

在热力学内容讲解的时候,可以依据卡诺循环从理论上计算太阳能电池的热力学转换效率极限^[7].假设:

- (1) 太阳是热物体,具有太阳温度 T_s ;
- (2) 太阳能电池是冷物体,具有温度 T ;
- (3) 环境温度比太阳能电池的温度 T 更低.

太阳能电池的功率 P 描述太阳能电池接收太阳黑体辐射和向环境发射的自发辐射. 功率为

$$P = \sigma_s T_s^4 - \sigma_s T^4 \quad (1)$$

$$\sigma_s = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4} \quad (2)$$

太阳能电池将吸收的太阳辐射通过做功的方式转换为电能,是一种热机. 理想的热机是卡诺热机,而等熵过程具有最小的能量损失. 将太阳能电池作为卡诺热机,式(1)需要用卡诺因子修正为

$$P = (\sigma_s T_s^4 - \sigma_s T^4) \left(1 - \frac{T_a}{T}\right) \quad (3)$$

热力学转换效率极限为

$$\eta = \frac{P}{\sigma_s T_s^4} = \left[1 - \left(\frac{T}{T_s}\right)^4\right] \left(1 - \frac{T_a}{T}\right) \quad (4)$$

如果太阳温度 $T_s = 5778 \text{ K}$, 环境温度为 $T_a = 300 \text{ K}$, 由图 2 可知, 太阳能电池的热力学转换效率极限为 85%. 热力学效率极限假设所有的太阳辐射能量都被最大限度地转换为了电能. 该极限同样适用于太阳能光热转换.

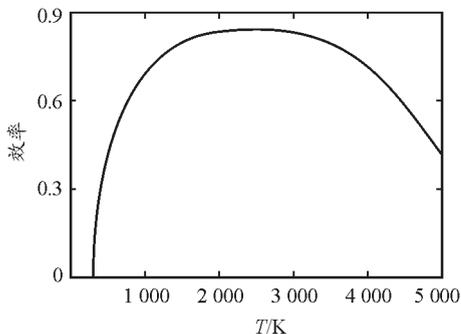


图 2 太阳能电池热力学转换效率极限与太阳能电池温度的关系

4.4 光学中的光源——太阳能资源

大学物理课程中有一章节内容是光学,在进入光学这部分知识的讲授时,可从光源出发,引出太阳光,进而引出太阳能资源. 太阳能资源是一种绿色可再生的能源,取之不尽用之不竭. 如果能把照射到地

球上太阳光的 0.3% 转变成电能或其他可以使用的能源方式,即可满足整个地球上人类的能源需求. 太阳在地球外空间的辐射光谱,接近于 5778 K 的黑体辐射光谱,太阳光经过大气时,会被大气组分吸收和散射一部分,到达地面的太阳辐射被减弱. 太阳光谱在大气中的衰减程度,可以用大气质量 (Air Mass) 来描述,常用的大气质量为 AM1.5,图 3 是美国可再生能源国家实验室测量的 AM1.5 大气质量下的太阳光谱.

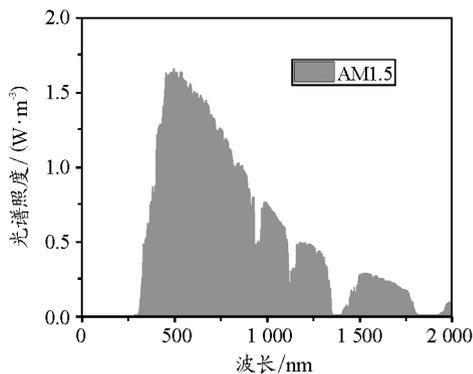


图 3 太阳光谱

光谱辐照最强的区域位于可见光区,即 390 ~ 760 nm 的波长范围. 根据中国气象局风能太阳能中心 (CWERA) 发布的《2021 中国风能太阳能资源年景公报》,我国的太阳能资源,呈现西部地区大于中东部地区的特点. 2021 年,新疆、内蒙古、西藏、东北、华北、西北大部、西南中西部、华东北部南部、华南东部、华中北部等地年最佳斜面总辐照量超过了 1400 kWh/m², 首年利用小时数在 1100 h 以上.

根据中国能源体系碳中和路线图,到 2060 年,在承诺目标背景下,太阳能的能源需求将达到 33 EJ,在所有能源类型中占比最高,达到了 25.6%,如表 1 所示. 从 2020 年的 3 EJ 到 2060 年的 33 EJ,在所有能源类型中占比最高,因此光伏市场大有可为. 目前主流的光伏器件为硅太阳能电池,由于在硅电池生产中会释放大量二氧化碳,因此硅电池可能不是实现碳中和的最佳太阳能电池技术. 近年来兴起的以钙钛矿材料为主的第三代薄膜太阳能电池技术因其效率高、成本低、碳排放小,具有广阔的应用前景,但稳定性问题一直未得到解决,需要进一步的科研人员 and 资金的投入.

表1 承诺目标背景下,中国不同燃料的一次性能源需求

能源	2020	2030	2060
煤炭/EJ	87	86	16
石油/EJ	26	32	11
天然气/EJ	12	15	7
核能/EJ	4	7	19
可再生能源/EJ	18	32	76
水力/EJ	5	5	7
现代生物能源和废弃物/EJ	4	11	16
生物质的传统使用/EJ	3	0	0
太阳能/EJ	3	10	33
风能/EJ	2	4	16
其他可再生能源/EJ	1	1	3
总计/EJ	147	173	129
非化石燃料的比重*/%	15	23	74
非化石燃料的比重***(部分替代法)/%	16	26	80
能源体系净排放(二氧化碳)/Gt	11	11	0

5 结论

本文从储能、碳捕集与封存、太阳能发电3个领域介绍了“双碳”目标的冰山一角,其他像生物能

源、核能、低碳氢等诸多领域也需要大量的科学和技术人员.在列举的这些例子中,我们紧密联系“双碳”路线图,将大学物理基础理论与最新的科学前沿进展紧密联系起来.这种教学模式为大学生清晰指出了所学知识怎样在各个领域发挥巨大的价值,从而激发学生的求学欲和创新精神.同时,这种教学模式也为学生的择业指明了道路,无疑将为国家储备大量的“双碳”技术人才.

参考文献

- [1] 黄靖,杨磊,傅明连,等.碳中和大背景下应用型本科化工专业教育改革[J].当代化工研究,2022(13):132-134.
- [2] 陈斌,方艺萍.“双碳”战略背景下环境类新工科“双创”人才培养与实践探究[J].高教学刊,2021,7(S1):29-33.
- [3] 东晓虎,刘慧卿,黄世军,等.碳中和背景下高校能源类专业教学改革思考——以石油工程专业为例[J].教育教学论坛,2022(10):51-54.
- [4] 刘宇.碳中和背景下“钻探工程学”课程教学改革[J].教育教学论坛,2022(12):55-58.
- [5] 吴晓勇,汪金鹏,高彩艳,等.碳中和背景下“环境材料概论”课程的教学改革与实践[J].湖北理工学院学报,2022,38(2):65-68.
- [6] CAI T, SUN H, QIAO J, et al. Cell-free chemoenzymatic starch synthesis from carbon dioxide [J]. *Science*, 2021, 373(6562): 1523-1527.
- [7] NELSON J A. *The Physics of Solar Cells* [M]. World Scientific Publishing Company, 2003.

The Reform of University Physics Teaching under the “Double Carbon” Goal

LONG Chunhong DING Guangqian WEN Dan LI Yanhong YAN Yanci LIU Jun

(School of Science, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065)

Abstract: The teaching of university physics is not only to impart knowledge, but also to reserve talents for our country. In the grand national “double carbon” roadmap, the traditional university physics teaching mode should also seek reform and innovation to meet the strategic needs of the country. According to three aspects of energy storage including carbon capture, carbon storage and solar power generation, this paper introduces how to organically integrate university physics with cutting-edge technologies related to “double carbon”, so as to effectively improve the teaching effect and provide direction for college students to choose. This paper is expected to play an important role in promoting the reform of university physics teaching mode under the “double carbon” goal.

Key words: university physics; double carbon; energy storage; carbon capture and storage; solar cells