

核心素养视域下问题引领的课堂教学设计——“电场力的功，电势能”为例

赵永柱 谷伟凤 王建敏

北京市通州区潞河中学，中国·北京 101149

摘要：新一轮课程改革注重提升学生的学科核心素养，发展学科思维。问题引领的课堂教学设计可以充分调动学生的积极性，通过步步进阶、层层递进的问题设制，使学生在不断的思考和问题解决过程中实现对已学知识的延伸、对已有方法的迁移、对未学知识的建构，体会物理模型的建立过程，非匀强与匀强的转换过程，增强理论与实际的结合，在学习过程中参透科学态度与责任的教育。

关键词：电场力的功，电；势能；核心素养；类比

Classroom Teaching Design Guided by Problems from the Perspective of Core Literacy—— For example, the work and potential energy of electric field force

Zhao Yongzhu, Gu Weifeng, Wang Jianmin

Lu he high school, Tongzhou District, Beijing, China Beijing 101149

Abstract: The new round of curriculum reform focuses on enhancing students' core subject literacy and developing subject thinking. Problem led classroom teaching design can fully mobilize students' enthusiasm. Through step-by-step and progressive problem design, students can extend their learned knowledge, transfer existing methods, and construct unfamiliar knowledge in the process of continuous thinking and problem-solving. They can experience the process of establishing physical models, the transformation process from non-uniform to uniform, enhance the combination of theory and practice, and participate in the education of scientific attitude and responsibility in the learning process.

Keywords: Work of electric field force, electric; Potential energy; Core competencies; Analogy

1 教学内容分析

本节是教科版普通高中《物理必修3》第一章第四节的内容，是在学生完成电场的力学特点后，经历由电场力做功的特点向电场能量性质的研究。学生要在没有感性认识的情况下建立起物理模型和全新的概念，并实现将力学知识与思维方法向电场迁移，再实现对电势、电势差等内容的学习，具有承前启后的作用。

学习电场力的功和电势能，可以在不可感知的电场中通过电场力做功认识电势能，对学生来说既是对功的概念理解的巩固加深，同时又开辟了认识电场的新途径。通过与重力场的类比来获得间接的感性认识，提高和发展学生的物理思维能力^[1]。

2 学习者分析

学生在学习电场能之前已经掌握了比较完整的研

究能量及其转化的方法，随着学生物理思维能力的提升，学生有能力通过类比、推理等方法去实现模型的建立、规律的建立以及概念的抽象，实现对新知识的迁移学习。

静电场内容是从力学到电学的转折，对学生来说有一定的跨度，尤其是电势能的概念对学生来说很抽象、陌生，很不容易理解，但采用与重力场类比的方法学习，可以大大降低学生的认识难度，所以，应用类比是学习静电场这一部分内容的行之有效方法。

3 学习目标

3.1 科学观念

通过做功认识场具有能量，进一步丰富场的物质观；

理解电场力做功的特点，知道电场力做是电场中实现能量转化的途径；

理解电势能的概念及电场力做功与电势能变化的关系,知道电势能是系统所有,并且具有相对性。

3.2 科学思维

通过静电滚球的视频向物理问题转化,提高学生的物理建模能力;通过与重力场的类比,突出类比法、微元法、控制变化法在建立电势能概念上的应用。

3.3 科学探究

通过与重力场的类比,猜想得出电场力做的特点、电场力做功与电势能变化的关系及电势能大小的相关因素,并利用以前学习过的知识对自己的观点进行分析论证,总结并得出结论,提高学生的科学探究能力^[2]。

3.4 科学态度与责任

通过本节内容的学习,学生体会到在物理学中可以用力学的方法去研究电场知识,用重力场的规律去类比电场中的规律,渗透一种将所学过的科学研究方法应用于其他科学领域中去的理念,提高学生的物理学习兴趣。

4 学习重点难点

重点:电势能的概念和电场力做功与电势能变化的关系;难点:当规定零势能点以后,用把电荷移动到零势能过程中电场力所做的功表示电荷在电场中某点的电势能^[3]。

5 学习设计评价

知识:涉及电场力做功的特点、电场中的功能转化及电势能的概念的推理过程,通过学生对过程的推理论证、力学方法的熟练运用来进行评价;

能力:注重推理能力和知识的迁移能力的落实,提升学生的物理思维,通过提问、讨论交流、归纳总结形成结论进行评价;

态度:注重调动学习动机和兴趣,提高学习积极性,在学习中思维严谨、推理严密,通过表扬、赞赏、认可、激励评价。

方法:落实科学思维的培养,加强学生对类比法、微元法和控制变量法的应用,提升分析、推理、归纳、总结的能力,通过回答问题、活动参与和检查进行评价;

价值观:能够积极的思考并回答问题,参与小组讨论,能够把学过的知识和方法迁移到来节课的学生当中,通过活动参与程度和课堂表现评价^[4]。

6 教学方法

讲授法、问题讨论法

7 教学流程图

本节课的教学流程如图 1 所示

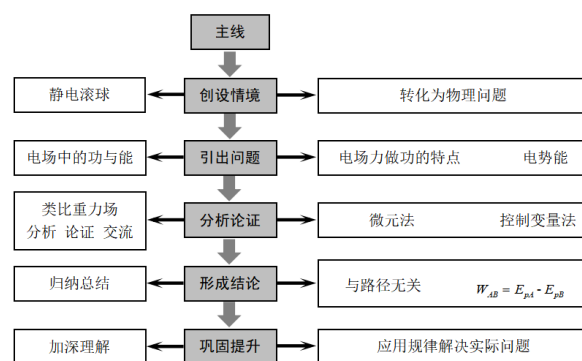


图1 教学流程图

8 学习活动设计

环节一:创设情境,把实际问题抽象为物理问题。

视频 1:北京科技馆中的静电碰碰球实验如图 2 所示(提示仔细观察)。

问题:通过观察你发现了什么样的有趣的现象。

介绍:中央为高压球形电极——阳极,周边是接地的阴极,当转动手轮时,中央球形电极会带上高压电,金属箔球在静电感应下向球形电极运动,与球形电极接触后带上正电,之后受到与球形电极的静电排斥力作用,被弹离高压电极。当他们运动到周边的阴极时,正电荷被中和,而后又带上负电,于是在静电吸引力的作用下金属箔球又被吸回到了高压电极,并在正负电中和后重新带上正电,如此循环往复。

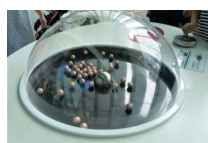


图2 静电滚球

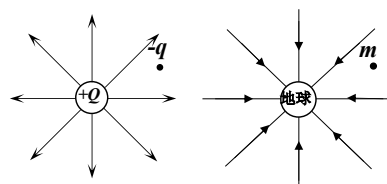


图3 点电荷电场

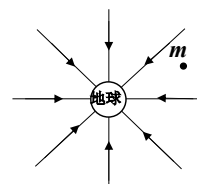


图4 万有引力场

引导学生建立点电荷模型,引入库仑力来解释现象,如图 3 所示。

讨论与交流 1:若只考虑金属箔球与阴极接触后带上负电的情形,可取一个箔球为研究对象,忽略重力的影响,此时的问题如右图所示。回答如下问题:

箔球受到几个力的作用?——只受库仑力作用

在库仑力的作用下,请描述一下小球做什么运动?——加速度增加的加速运动

库仑力对小球是否做功?——库仑力做正功

小球的动能如何变化?——小球的动能增加

是什么能量转化为小球的动能?——电场能

归纳:电场中同样存在着力与运动的问题、功与能量转化的问题,也就是说我们要把力学的知识与思维方法迁

移到研究电场环境下物体的运动问题。

环节二：类比重力场，探究电场力做功与路径无关。

问题 1：上图所用研究的问题模型与以前学过的哪部分知识相类似，在不接触的情况下两个物体之间有力的作用，也存在着力与做功的问题？（类比）

学生通过类比得出与万有引力场相似，如图 4 所示。如果由图示位置释放物体，物体受万有引力作用，在万有引力的作用下物体做加速度增加的加速运动，万有引力对物体做正功，物体的动能增加。在这种情况下两个模型是统一的^[5]。

问题 2：现在我们把物体 m 移到地球的表面附近，保持物体 m 的质点模型不变，此时的情形就是发生在地面附近，此时物体附近的地面可以近似看成一个平面，万有引力场也可以看成是强度均匀的重力场，同理在保持电荷 $-q$ 的点电荷模型不变的情况下，球形电极的附近也可以看成是一个匀强电场，如此相似的情形中，重力和电场力都可以做功，那他们做功的特点是否也具有相似之处呢？（猜想）

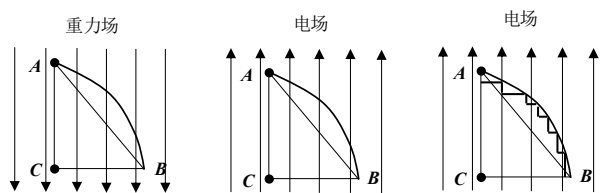


图5 电场力做功的特点

讨论与交流 2：重力做功的特点与路径无关，只与初末位置有关。如图 5 所示，把质点或点电荷沿三条路径 $A \rightarrow C$ 、 $A \rightarrow B \rightarrow C$ （折线）、 $A \rightarrow B \rightarrow C$ （曲线）由 A 移到 B，比较重力做功的特点与电场力做功的特点是否相同。（推理）

沿直线 AC 路径移动： $W_1 = F d = qEd$

沿折线 ABC 路径移动： $W_2 = W_{AB} + W_{BC} = F x_{AB} \cos \alpha + F x_{BC} \cos 90^\circ = F (x_{AB} \cos \alpha) = qEd$

沿任意路径移动： $W = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + \dots = F \cdot x_1 + F \cdot x_2 + F \cdot x_3 + \dots = F(x_1 + x_2 + x_3 + \dots) = qEd$

总结：①重力与电场力做功的特点相同，都是与路径无关，与初末位置有关。

②微元法是一种常用的物理研究方法，它采用极限的方法来分析和处理问题。（科学方法）

问题 3：如果电场是不均匀的，上述结论是否成立？（猜想）

学生通过微元法来解决问题，并形成结论。

归纳：无论在匀强或非匀强电场中，电场力做功的特点都与路径无关，与初末位置有关。

环节三：电场力做功与点电荷动能、电势能变化量的关系

问题 4：若匀强电场中的电荷只受到电场力的作用，电场力所做的功与电荷动能的变化量之间存在什么样关系呢？

学生：用动能定理去分析和处理问题，明确电场力做功的数值与点电荷动能的变化量的数值是相等的。电场力做正功动能增加，电场力做负功动能减少。

问题 5：电荷增加的动能是从何而来的呢？通过什么方式来实现动能增加的呢？

学生：电荷增加的动能是从电场中来的，功是能量转化的量度，电场力做功实现了从电场能到动能的转化。

讲解：类比于物体在重力场中具有的重力势能，我们把电荷在电场中所具有的能量称为电势能。

问题 6：在重力场中，当只受重力作用的情况下，重力做正功物体的动能增加，重力势能减少，做负功时物体的动能减少，重力势增加，并且动能的变化量与势能变化量在数值上是相等的。要是在电场中，只受电场力作用的情况下，电场力做功与电荷动能、电势能变化是否有类似的规律呢？完成下面的表格。

学生：完成表 1 的内容，并总结得出电场力做功与电势能变化的关系。

表格1 电场力做功与电势能的关系

只受电场力作用			
W_{AB}	E_k	E_p	E_{pA} 与 E_{pB} 的大小关系
$W_{AB} > 0$	↑	↓	$E_{pA} > E_{pB}$
$W_{AB} < 0$	↓	↑	$E_{pA} < E_{pB}$
$W_{AB} = 0$	—	—	$E_{pA} = E_{pB}$
W_{AB} 与 E_{pA} 、 E_{pB} 的定量关系			$W_{AB} = E_{pA} - E_{pB}$

归纳：电场力做正功电荷电势能减少，电场力做负功电荷电势能增加，电场力做功为零电荷电势能不变，且电场力做功与电势能变化量在数值上是相等的。

环节四：电势能的大小及相关因素及相对性。

教师：与重力势能相似，电势能也具有相对性，它的大小与势能零点的选取有关，如果我们选取 B 点为电势能零点，电场力做功与电势能变化的关系规律就可以写成 $W_{AB} = E_{pA} - 0$ ，它的含义可以解释为，电荷在 A 点的电势能在数值上等于把电荷由 A 点移到电势能零点的过程中电场力所做的功。一般情况下我们把大地或无穷远作为电势能

零点^[6]。

问题：若电势能零点已选定，此时电荷在电场中某点的电势能的大小会与哪些因素有关呢？（猜想）

学生：电势能的大小可能与电荷量、电场强度、与势能零点间的距离有关。

教师：请以匀强电场为例，利用学过的知识对你的观点进行一下简单的证明。

学生：根据电势能的大小在数值上等于把电荷由某点移到电势能零点的过程中电场力所做的功。即 $W_{A0} = E_{pA} = Eqx$ ，根据控制变量法，分别控制 E 、 q 、 x 中的两个量不变，只改变另一个量，我们会发现电荷在电场中某点的电势能的大小与电场、电荷以及电场中的位置有关，验证猜想。

讲解：电势能和重力势能相类似，重力势能是物体和地球组成的系统所共有的，所以电势能是电荷和电场组成的系统所共有的。说某电荷具有电势能这句话是不严谨的。

总结：你能够通过上边的论证认识到电荷在电场中某点的电势能大小与电场、电荷以及电场中的位置有关，是一个非常了不起的见解（评价），这种由相对位置决定的能量符合势能的定义，与重力势能是非常相似的。

环节五：重力与电场力的区别

问题：重力场和电场有很多的相似之处，有些特点基本上是一样的，现在我们来比较一下他们最大的不同点是什么？

学生：分析对比重力场与电场的区别，得出在重力场中的同一点放任何一个物体，它所受到的重力的方向都是确定的。而在电场中的同一点放置两个电性不同的电荷，他们所受的电场力的方向是恰好相反的。

问题：电场力与电性有关的这一特点，会导致在电场和重力场中处理运动和能量问题时可能有哪些不同呢？

讨论与交流：电场与重力场中处理运动和能量问题的区别。（前提是在重力场中只受重力，在电场中只受电场力）

总结：在研究运动问题时，重力场中只存在一个加速度，这个加速度与物体的质量无关；而在电场中可能存在两个相反方向的加速度，且加速度的大小与电荷量有关。在研究能量问题时，如果已规定了路径，在重力场中重力只可能做一种效果的功，正功或负功；而在电场中按同一路径移动电荷，电性不同做功的效果也是不同的，随之带来的电势能的变化方向也是不同的。所以在电场中我们要

特别关注电性对所研究问题的影响，这是一个难点，也是一个易错点。

例题：某电场中的 A、B、C 三点，把一个电荷量为 q 的正电荷从 A 点移动到 B 点的过程中，电场力做功 $5 \times 10^{-3} \text{J}$ ，再从 B 点移到 C 点，电场力做功 $-8 \times 10^{-3} \text{J}$ 。

①在从 A 点经过 B 点移到 C 点的整个过程中，该电荷的电势能是增加还是减少了？变化量是多少？

②以 B 点为电势能零点，该电荷位于 A 点以及 C 点的电势能各是多少？

③如果把电荷量为 $-q$ 的电荷从 A 点经 B 点移到 C 点，该电荷的电势能是增加还是减少了？变化量是多少？

9 作业与拓展学习设计

（1）完成课后练习；

（2）阅读课后资料，两个点电荷间相互作用的电势能取无穷远为势能零点的原因。

思考题：在处理电场问题时，有很多情况中取大地为势能零点，你能解释一下原因吗？

10 教学反思与改进

（1）任何物理问题都是从实践中得来的，任何物理模型都是从实际中抽象出来的，本着这一原则，本节课在引入时以科技馆的“静电滚球”实验引入，把这个实际问题转化为一个物理问题，根据物理问题建立物理模型，符合学生的认识规律，使学生更容易理解模型建立过程，也能提高学生的学习兴趣。

（2）对于电场力做功的特点，在很多情况下都是在匀强电场中去讲解的，但匀强电场并不是电场存在的一般情况，本着这一点，本节课在匀强电场中明确电场力做功特点的基础上，对内容进行引申，提出来如果不是匀强电场，电场力做功是否还与路径无关的问题。加深了对微元法的应用和理解，也让学生更容易体会电场力做功与路径无关这一结论在任何静电场中都成立的普遍性，这一点在教学上是成功的。

（3）从远地的万有引力场到地表的匀强重力场的观测位置变化是学生已经掌握的内容，把同样的观测方式迁移到电荷产生的静电场，学生会更容易理解匀强电场与非匀强电场的关系，体会微元法、类比法的奇妙，理解物理学的研究方法和研究手段是没有区域限制的。

（4）本节教学的引入如果是真实的实验装置，能让学生去动手进行实际操作并展示，学生的学习兴趣会更浓，效果会更好。教师应该鼓励学生去科技馆中实验和观察，体会科技带来的无穷乐趣。

参考文献:

- [1]《普通高中物理课程标准》2017 年版.
- [2] 蒋杰.“电势能和电势”教学设计[J].物理教师, 2007,28(12):12-13.
- [3] 胡俊明.“电势与电势差”的教学设计[J].中学物理教学参考, 2005,34(10):13-14.
- [4] 王越.电势能课堂教学实录[J].物理教学, 2008,30(2):12-14,17.
- [5] 陈辉.让思维贯通教学 让素养无痕生成——电势能和电势课堂教学反思[J].物理之友, 2018,34(8):28-30, 33.
- [6] 吴常光, 谢祥金, 李东.提升学生物理核心素养的“导—学—教—评”教学模式——“电势能和电势”的教学设计[J].物理教学探讨, 2018,36(513):75-78.

作者简介:赵永柱(1977.03-),男,汉族,吉林省大安市人,北京市通州区潞河中学,高级教师,硕士研究生,研究方向:高中物理课堂教学。