

# 基于高中生科学思维发展的单元主题教学实践探究 ——以“静电场与引力场的对比”教学为例

牛晓娜

北京师范大学第二附属中学未来科学城学校，北京，102209；

**摘要：**随着新课标、新教材的深入推进，学科核心素养的含义及如何落实见效越来越引起教育者的关注和思考。科学思维是物理学科核心素养的核心内容，而高中物理单元主题教学能够很好地促进学生科学思维能力的发展。本文通过建构单元主题，采用类比推理方法将“静电场”和“引力场”的核心概念、性质规律等进行深度对比，从而加深学生对概念知识的理解，引导学生建立知识网络结构，达到发展学生科学思维的目的。

**关键词：**单元主题；科学思维；静电场；引力场

**DOI：**10.69979/3029-2735.25.06.033

## 1 引言

核心素养是指学生发展应该具备的适应未来社会挑战的一些必备品格和关键能力。学科核心素养是学科育人价值的集中体现，是学生通过学科学习而逐步形成的正确价值观、必备品格和关键能力。《普通高中物理课程标准（2017年版2020年修订）》（以下简称“《课标》”）指出，物理学科的核心素养具体表现在物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任等四个方面。其中，科学思维又是物理学科核心素养的核心内容，是有效落实《课标》要求的关键<sup>[1]</sup>。与此同时，《课标》实施建议（四）“地方和学校实施本课程的建议”中提出：为促进学生物理学科核心素养的发展，课程学习中要倡导基于项目的学习或整合学习等方法<sup>[1]</sup>。新课程背景下，主题式、项目化教学更有利于学科核心素养的培育。将高中物理知识通过对比、联系、融合、归纳等方法进行整合建构单元主题的教学方式受到教师们的青睐，该教学方式对学生核心概念和发展有促进作用。通过单元主题教学，建构整体认知观念，提升科学思维能力，落实学科核心素养，具有重要意义。

### 1.1 科学思维

《课标》强调科学思维是从科学的视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式，并从模型建构、推理论证、创新思维三个方面对其进行了深度凝练。其中，模型建构表现为以经验事实为基础，对客观事物进行抽象和概括，进而建构模型；运用模型分析、

解释现象和数据，描述系统的结构、关系及变化过程。推理论证体现在，基于证据与逻辑，运用分析与综合、比较与分类、归纳与演绎等思维方法，建立证据与解释之间的关系并提出合理见解。创新思维则具体外显为从不同角度分析、思考问题提出新颖而有价值的观点和解决问题的方法，只有创新才能解决新的问题，科学才能不断发展<sup>[1]</sup>。可以说，科学思维是一种理性思维，是人脑对科学事物的相互关联和关系的间接与概括的反映。

在物理教学中，科学思维能力的培养，是将科学思维置于科学方法之中，是科学方法在个体思维过程中的具体体现，贯穿于整个科学探究过程。而抽象概念和规律的学习需要经历更深刻的思维加工过程，是物理科学思维培育的重要途径。

### 1.2 单元主题教学

单元主题教学依托于加德纳的多元智力理论和建构主义，依据《课标》通过对比、联系、融合、归纳把原本零散的知识内容组织起来的，体现学科知识发展、学科思想方法、深化或丰富认识世界的方式、激发学生深度参与学习活动的单元主题<sup>[2]</sup>。单元主题教学重视学生的主体性和建构性，具有鲜明的知识系统性、结构性、综合性等优势，能够在一定程度上改善传统教学知识碎片性和浅表化等问题<sup>[3]</sup>。在高中物理教学中采用单元主题教学的方式，不仅有助于学生深度理解和建构完整的物理知识体系，更有利于促进学生科学思维和探究能力的提升。原先对单元主题教学的概念界定较浅，描述性话语多，但定性和比较优势提及少，说服力不够。

在单元主题教学与高中物理教学理念的融合背景下,本文以“静电场与引力场的对比”的单元主题为例,将类比推理、任务驱动等方法孕育于整个思维过程之中,让学生经历更深的思维加工过程,促进学生的深度学习以及科学思维能力的培养。

## 2 以“静电场与引力场的对比”为单元主题的教学实践

### 2.1 单元主题的确定

对于“场”的概念学生是从静电场开始学习的,因此,相较于引力场,学生对静电场的认识更早且更深刻。但由于静电场中概念较多且抽象难以理解(如电场力、电场强度、电势、电势差、电势能等),学生对这部分知识的理解偏于零碎、孤立和片面,无整体知识结构,反而对于引力场中的概念规律认识比较清晰。基于静电场与引力场在力的性质和能的性质的相似性以及学生对静电场和引力场已有知识的认识差异性,本文将静电场中的研究方法应用到引力场中,以此来帮助学生优化静电场与引力场的知识结构、提升学生科学思维能力,促进学生对静电场与引力场概念和规律的深度理解<sup>[4]</sup>。综上,通过类比推理方法进行单元主题教学,可以有效

帮助学生掌握物理知识、物理概念和物理规律,启发学生的思维,激发学习的兴趣,实现知识的迁移,加深对学习内容的理解,并且有利于学生建构静电场和引力场中各个知识点之间的联系,形成较为完善的逻辑思维,突破对“场”这一抽象概念的教学难点<sup>[5]</sup>。

### 2.2 单元主题教学实践过程

#### (1) 力的性质

“场”是一个非常抽象的物理概念,在电场中为了描述电场力的性质,我们引入“电场强度”的概念,即检验电荷在电场中所受电场力与电荷量之比。那么为了描述引力场力的性质,我们可以类比“电场强度”的定义而引入“引力场强度”的概念,即环绕物体在引力场中所受引力与其质量之比。

通过类比推理过程,我们得到电场强度和引力场强度的表达式,形式相似,通过表达式发现场强大小是由场源(场源电荷或场源质量)和距离场源的距离所决定,与场外检验电荷和环绕物体无关,从而可以得到静电场与引力场在力的性质上具有相似性。学生经过这样的思维过程,不仅对静电场和引力场中“场强”这一概念有了深入的理解,同时有利于学生科学思维能力的提升。

具体类比过程如图1所示。

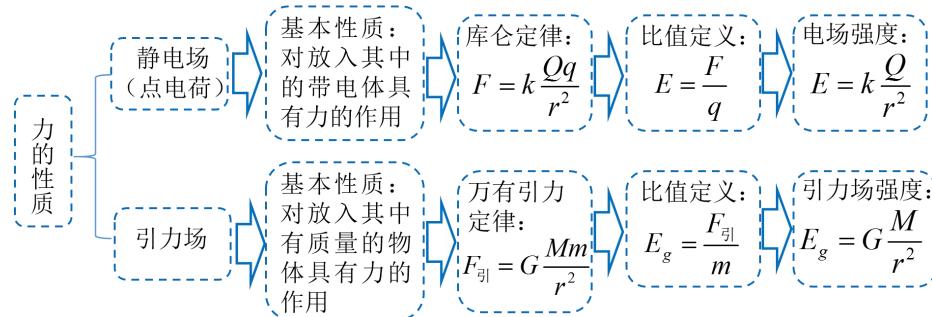


图1 静电场和引力场“力”的性质的对比过程图

为了更加形象的描述引力场,类比电场线我们在引力场中引入引力场线,发现引力场与负点电荷形成的电场更加相似。如图2所示。

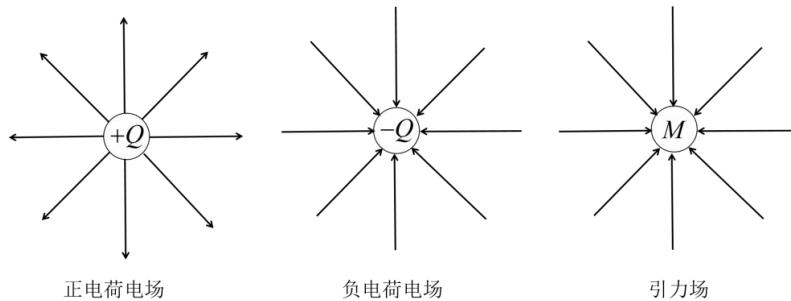
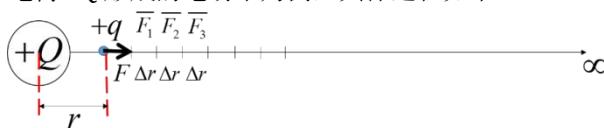


图2 静电场与引力场的形象化对比图

## (2) 能的性质

由于电场力做功与路径无关，且电场力所做功等于电荷电势能的变化量这一特性，我们引入“电势”来描述电场能的性质。即电势等于电荷在电场中某点所具有的电势能与电荷量的比值。为了描述引力场能的性质，我们可以引入“引力势”的概念，类比电势的定义，引力势等于环绕物体在引力场某点所具有的引力势能与其质量的比值。

为了定性研究电势和引力势的影响因素，难点在于如何得到引力势能的表达式。人教版教材必修 3 第十章第一节明确表明电荷在某点的电势能，等于把它从这点移动到零势能位置时静电力所做的功，通常把电荷在离场源电荷无限远处或者大地的电势能规定为 0<sup>[6]</sup>。根据人教版必修 3 定义通过电场力做功可以求得的电荷在电场中某点的电势能表达式。由于点电荷形成的电场为非匀强电场，即电场力做功为变力做功。通过微积分思想方法，可求得电势能的表达式。以试探电荷  $+q$  放在点电荷  $+Q$  形成的电场中为例，具体过程如下：



$$E_{pe} = W_{r \rightarrow \infty} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots = \bar{F}_1 \cdot \Delta r + \bar{F}_2 \cdot \Delta r + \bar{F}_3 \cdot \Delta r \dots \quad ①$$

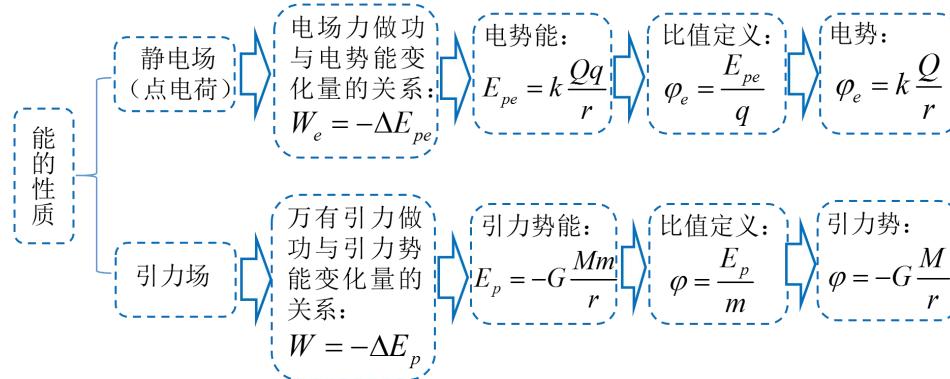


图 3 静电场和引力场“能”的性质的对比过程图

## (3) 力和能的联系

“场强”和“势”分别是从力的角度和能的角度来描述场性质的物理量，其二者只与场源有关。为了研究“场强”与“势”之间的关系，可引导学生从  $U = Ed$  思考。人教版教材必修 3 中强调  $U = Ed$  只适用于匀强电场，那么想要得到非匀强电场中位置 1 到位置 2 的电势差，可采用微元法将距离  $d$  无限分割，得到：

$$U = \bar{E}_1 \Delta r + \bar{E}_2 \Delta r + \bar{E}_3 \Delta r + \dots \quad ④$$

$$\text{即: } E_{pe} = \int_r^\infty F_i dr = \int_r^\infty k \frac{Qq}{r^2} dr = k \frac{Qq}{r} \quad ②$$

通过类比，把物体距离中心天体无穷远处的引力势能规定为 0。则物体在引力场中某点的引力势能，等于把它从该点移动到零势能位置时万有引力所做的功。具体过程如下：



$$\text{即: } E_p = \int_r^\infty F_i dr = \int_r^\infty -G \frac{Mm}{r^2} dr = -\frac{GMm}{r} \quad ③$$

通过上述类比推理，得到电势能和引力势能的表达式。根据比值定义，我们可以得到电势和引力势的表达式，二者形式相似。通过表达式发现“势”大小是由场源（场源电荷或场源质量）和距离场源的距离所决定，与场外检验电荷和环绕物体无关，从而得到静电场与引力场在能的性质上同样具有相似性。

通过上述类比推理过程，学生经历“势”这一概念的具体生成过程，知道了“势”的影响因素及其物理含义。并且对“势”这一抽象概念有了更加深刻的认识，体会到力做功只与物体初末位置有关时，即力做功与路径无关，才可以定义“势”和“势能”的概念，例如：弹簧弹力与弹性势能、重力与重力势能。“势”和“势能”的概念是保守场所独有的。具体类比过程如图 3 所示。

$$\text{即: } U = \int_{r_1}^{r_2} E_i dr \quad (d = r_2 - r_1) \quad ⑤$$

根据上述计算得到电场中距离场源  $r$  处的某点的电势为：

$$\phi = \int_r^\infty E_i dr \quad ⑥$$

由上式可知，电势是电场强度关于距离的积分，而电场强度是电势对距离的求导，即： $E = -\frac{\Delta \phi}{\Delta x}$ ，同理在引力场中也存在此关系。

至此，学生对静电场和引力场的基本概念规律有了更加深刻的认识和理解，并且通过类比推理方法帮助学

生将静电场和引力场形成完整的主题知识框架，有效实现知识方法的迁移，促进其物理学科科学思维能力的提升。

#### (4) 行星模型和氢原子模型

行星模型和氢原子模型是引力场和静电场的具体应用。在近些年的考题中也是频频出现。主要考点为物体（或电子）绕中心天体（或原子核）运动规律和能量的分析。例如：在波尔模型中由于电子跃迁引起的电子运动和能量的变化，往往是学生学习的难点。为了突破

这一难点，并从另一角度理解静电场和引力场的性质，下面将从行星模型和氢原子模型运动规律和能量两个角度分别进行类比推理。

为了研究的方便，行星模型可以简化为物体绕中心天体做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，即： $F_n = F_{引} = G \frac{Mm}{r^2}$ 。氢原子模型可以简化为电子绕原子核做匀速圆周运动，库仑力提供向心力，即： $F_n = F_{库} = k \frac{e^2}{r^2}$ 。以上两个模型中向心力均遵循与距离平方成反比的规律，即： $F \propto \frac{1}{r^2}$ ，因此行星模型和氢原子模型在运动规律和能量方面存在极大的相似性。具体类比如下图 4 和图 5 所示。

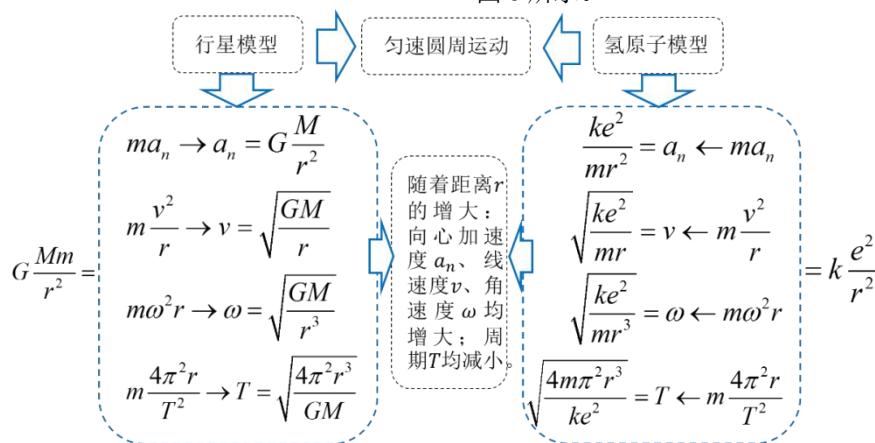


图 4 行星模型和氢原子模型运动规律的对比图

从图 4 的对比中发现，行星模型中物体的运动和氢原子模型中的电子的运动规律极其相似，均遵循“高轨（轨道半径增大）、低速（向心加速度、线速度和角速度均减小）、大周期（周期变大）”。

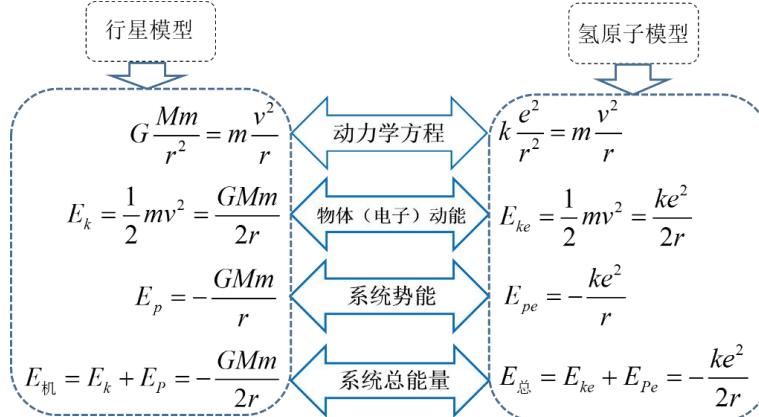


图 5 行星模型和氢原子模型能量的对比图

从图 5 中的对比中发现，在行星模型中当物体由较低轨道变轨至较高轨道时，其动能减小，而引力势能增加，且系统机械能增加。同样在氢原子模型中当电子由低能级向高能级跃迁时，轨道半径增大，电子动能减小，而系统电势能增加，且系统总能量增加。并且以上两个模型系统中动能、势能和总能量的表达形式完全一致，都与距离成反比。不仅再次印证静电场和引力场具有相似的性质，同时经历思维推理过程，体会物理方法的应用，有效促进学生科学思维的发展。

### 3 结束语

单元主题教学具有较强的整合性和结构性，符合学生的认知特点。如果以此来统领来设计高中物理教学，不仅可以提高学生的学习兴趣，促使学生对物理概念规律的深度理解，同时有助于学生形成系统性的物理知识框架。采用类比推理、比值定义等方法进行教学，可以

让学生经历知识生成的过程，有助于学生科学思维水平和探究能力的提升。通过整合物理知识确定单元主题进行教学，能够有效提升学生物理学科核心素养，同时也能够促进教师专业能力的提升。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [2] 蒋曦, 曾晓洁. 多元智力理论与主题教学[J]. 比较教育研究, 2005, 026(04): 51.
- [3] 秦真科. 大概念视域下跨单元主题式教学策略探索以高中物理“势能”和“势”的教学为例[J]. 物理教

师, 2024, 45: 23-26.

[4] 靳来鹏, 崔思雨. 大概念统领下的高中物理单元教学设计以“匀变速直线运动”为例[J]. 湖南中学物理, 2025, (2): 24-26.

[5] 李爽. 基于高中物理核心素养的单元教学设计与实践[D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2020.

作者简介: 牛晓娜, 女(1989-12-), 山西天镇县, 硕士研究生, 中学二级, 研究方向: 中学物理教学

基金项目: 本文系北京市教育科学“十四五”规划2021年度一般课题“通过单元主题教学培养高中生物理“科学思维”素养的实践研究”(立项编号: CDDB21425) 的研究成果。