

## 物理化学公式难点的教育游戏设计与开发研究

于东铖<sup>1</sup> 李勇谋<sup>2</sup> 苏筱琳<sup>3</sup> 张旺泽<sup>4</sup> 唐雯<sup>5</sup> 黄在银\*

广西民族大学, 广西 南宁 530006

**[摘要]** 本文针对物理化学公式难学这一要点, 举热力学第一定律和热力学第二定律中的部分公式为例, 在遵循其教学逻辑的情况下进行教育游戏开发与设计, 供以与教育游戏相关工作者参考和借鉴。文章首先对物理化学的教学难点进行分析, 介绍了物理化学教学过程中目前所遇到的问题。而后对部分公式进行形式上的解析, 同时探究了公式推导的基本逻辑, 在此基础上, 创新性地将热力学原理公式的概念和数学逻辑与卡牌游戏相结合, 激发学生对物理化学学习兴趣, 并提高学习效果和记忆效果, 培养学生的科学演绎和逻辑推导的能力。

**[关键词]** 物理化学; 公式卡牌化; 教育游戏

DOI: 10.33142/fme.v5i1.12224

中图分类号: G642

文献标识码: A

### Research on the Design and Development of Educational Games for Difficulties in Physical Chemistry Formulas

YU Dongcheng<sup>1</sup>, LI Yongmou<sup>2</sup>, SU Xiaolin<sup>3</sup>, ZHANG Wangze<sup>4</sup>, TANG Wen<sup>5</sup>, HUANG Zaiyin\*

Guangxi Minzu University, Nanning, Guangxi, 530006, China

**Abstract:** This article focuses on the difficulty of learning physical and chemical formulas. Taking some formulas from the first and second laws of thermodynamics as examples, the development and design of educational games are carried out while following their mathematical logic, for reference and reference by educators related to educational games. The article first analyzes the teaching difficulties of physical chemistry and introduces the problems currently encountered in the teaching process of physical chemistry. Then, some formulas were formally analyzed, and the basic logic of formula derivation was explored. Based on this, the concept of thermodynamic principle formulas and mathematical logic were innovatively combined with card games to stimulate students' interest in learning physical chemistry, improve learning and memory effects, and cultivate their abilities in scientific deduction and logical deduction.

**Keywords:** physical chemistry; formula card transformation; educational games

#### 1 物理化学教学难点分析

基础性、综合性、理论性是《物理化学》所具有的特点。在课程的学习过程中, 将大学物理、有机化学、高等数学、无机化学等基础的课程中的知识与实验手段相结合, 研究化学中的原理和方法以及化学体系行为最一般的宏观、微观和亚微观规律和理论, 大量的公式和定理, 使得课程理论性强、概念抽象不易接受和理解, 因而被学生认为是最抽象难懂的学科之一。尤其对于非化学类专业学生以及业余爱好者来说化学基础本来就比较薄弱, 对概念的理解和公式的应用就更加难以掌握; 再者受到学校教学规划的时间限制, 教材内容不能充分展开, 向同学们系统地阐述各知识点, 帮助学生理解重点内容。物理化学学科本身难度就大, 学生盲目自学反而收获更多的挫败感, 丧失对物理化学学习的自信心。繁难的习题更令学生望而却步, 课堂上没有空余的时间进行习题讲解, 学生往往学得一知半解, 基本上无法做到融会贯通、学以致用。特别是近几年来量子物理和纳米化学研究的突飞猛进, 可纳入物理化学教学的基本原理和规律迅速增多, 并随之快速地由宏观向亚微观和微观发展, 定性向、量化双向发展, 这使得应纳入基础物理化学的学习内容越来越多、学习深度和广

度进一步加深、学习难度也变得越来越大<sup>[1]</sup>。而现阶段的物理化学教学, 传统的黑板加粉笔教学方式已无法适应。这不仅因为在有限的教学时间内难以清晰地表述教学内容, 更因为该教学表现模式的枯涩与抽象使学生难以深刻理解。这使得物理化学教学出现了很多教学难点。

解题难是《物理化学》难学的另一个方面。《物理化学》中热力学的一个重要特点是许多结论和公式常常伴有适用条件。而这些条件是随着热力学的推导产生的, 在条件范围内使用这些结论和公式是正确的, 在条件范围以外使用则变成谬误。《物理化学》学科本身就包含着众多公式, 加以适用条件, 对于学生来说想要准确无误地记住公式及其适用条件是一项重大挑战。因此在解题的过程中, 公式的适用条件与公式本身有同等的重要性, 学生往往会记错或忘记公式适用条件而乱用公式, 得出错误的结论。

从教育学的角度出发, 以游戏为载体, 辅以当代大学生乐于接受的形式将这些抽象内容的教学游戏化、动画化, 调动学生的学习兴趣可以作为化解物理化学教学难点的创新措施。此举措将提供很大的利用空间, 其最大长处在于可以将抽象的概念和定理具象化, 可视化, 把枯涩的问题趣味化, 把难懂难记的问题变得容易理解和容易记忆,

刺激学生的视觉和听觉,让学生轻松学习,使学生以开放的思维方式由被动听课到积极响应,实现“寓教于乐”,将《物理化学》课堂教学内容与相关知识和游戏建立联系,从学生的兴趣点出发,启发和激发学生积极思考,多角度地理解知识点。同时“大学生游戏防沉迷”事件引起的舆论风波,间接的反映了社会和国家开始重视游戏对大学教育所带来的负面影响<sup>[2]</sup>。

总之,《物理化学》的教学难点突破,重在使多数学生能够听得懂,学得会。在教学中注重对重点内容解析以及前后连贯,使学生能够融会贯通。对公式概念讲深讲透,强调公式适用条件,避免死记硬背,使学生不仅要知其然更知其所以然。因此下文针对热力学第一定律和第二定律中所包含的重点公式,提出了个人的理解,并在遵循公式的数学逻辑的前提下进行游戏设计,希望能对教育游戏开发和学《物理化学》的同学有所帮助。

## 2 公式的形式解析

在热力学领域,第一定律和第二定律是基本的理论架构。本文在这些定律中从易到难抽取了五个公式进行分析:

$$\Delta U = Q + W \quad (1)$$

$$C_p(T) = \frac{\delta Q_p}{dT} = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p \quad (2)$$

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_V dU + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U dV \quad (3)$$

$$dH = T dS + V dp \quad (4)$$

$$dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T dp = C_p dT \quad (5)$$

通过对上述公式进行观察,我们可以发现每个公式都由多个字母符号组成,这些符号具有完整的物理或化学意义,并且它们通过与数学运算符号的相互作用而形成了整个公式。例如,公式(2)可以被拆分为 $C_p(T)$ 、 $\delta Q_p$ 、 $dT$ 、 $\partial H$ 和 $\partial T$ 的组合。等式两侧也可以根据字母符号的完整含义进行拆分,其中包括如括号、等号和除号等数学运算符号。因此,一个公式可以被看作是由多个具有物理或化学意义的字母符号,通过数学运算符号进行连接组合而成的。从这个角度看,一个公式可以被拆解为多个独立的部分。这些部分通过数学运算符号相互连接并组合,从而形成一个具有完整含义的公式。这种分析方法有助于我们更好地理解公式中各个符号的作用和相互关系,进一步揭示了热力学定律的公式外在逻辑。

此外,推导公式的过程不仅是深入学习和灵活运用热力学基本公式原理的过程,更是检验公式掌握程度和逻辑推理能力,增强运用数学意识的过程。对于那些面对公式推导题往往苦于不知从何着手的同学,下文试图帮助学生理解公式推导的本质,并给予已经掌握基本公式和数学工具的学生尽快地了解推导方法与思路<sup>[3]</sup>。

在研究公式推导过程中,我们可以观察到一个显著的特点,即从一个基本公式出发,通过代换、组合和化简等操作,逐步接近目标公式。以从 $U = U(T, V)$ ,  $V = V(T, p)$ 推导出 $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ 例,我们可以分析如下:

首先,从 $U = U(T, V)$ ,  $V = V(T, p)$ 出发,我们使用偏导数的相关知识,得到两个中间公式:

$$U = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV \quad (6)$$

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T dp \quad (7)$$

接着,我们将公式(7)代入公式(6)以替换 $dV$ 项,得到:

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left[ \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T dp \right] \quad (9)$$

其次,将 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$ 与中括号内各项相乘,得到:

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T dp \quad (10)$$

随后,依 $dp$ ,  $dT$ 合并各项,我们得到:

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T dp + \left[ \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \right] dT \quad (11)$$

将 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$ 进一步化简——分子和分母的 $\partial V$ 相消为 $\left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T$ ,得到公式(12):

$$U = \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T dp + \left[ \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \right] dT \quad (12)$$

由于 $U$ 也是 $T$ ,  $p$ 的函数,即 $U = U(T, p)$ ,同上,使用偏导数的相关知识可得公式:

$$U = \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T dp + \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p dT \quad (13)$$

将公式(12)与公式(13)进行比较,我们可以得出:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \quad (14)$$

至此,我们得到了目标公式,完成了公式推导过程。这一过程中,公式推导者需要运用扎实的数学基础、逻辑思维和创新的能力,以及寻找合适的中间公式并进行有效的运算。这一过程不仅体现了公式推导的严谨性和逻辑性,同时也展示了数学在解决复杂问题中的巧妙和美感。

总而言之,公式推导过程具有独特的形式和结构,从基本公式出发,通过代换、组合和化简等操作,逐步接近目标公式。这一过程既是数学问题求解的关键环节,也是

对推导者综合素质和能力的检验。在这个过程中，我们可以更好地理解数学原理的内在联系，提高解决实际问题的能力，进一步发掘了数学在各领域的应用价值<sup>[4]</sup>。

### 3 基于公式的卡牌游戏设计与开发

随着科技的不断发展，越来越多的创新型教育方法应运而生。基于数学公式的卡牌游戏将数学知识与游戏元素结合在一起，实现公式卡牌化，旨在通过游戏方式提高学生对数学知识的兴趣和掌握程度。下文以公式为例，探讨了这种游戏的设计与开发方法。

#### 3.1 卡牌种类与对应关系

游戏卡牌种类包括基本牌、基本牌\*、效果牌以及组合牌四种卡牌。以公式 (3)  $dS = \left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_V dU + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U dV$  为例，卡牌与字符对应关系如下：

I 基本牌对应等式右侧中由运算符连接在一起的具有完整的物理或化学意义的字母符号，公式 5 中拥有以下基本牌： $\partial S$ 、 $\partial U$ 、 $dU$ 、 $\partial V$ 、 $dV$ ；

II 效果牌对应等式左侧独立含义的字母符号，公式 (3) 中拥有效果牌  $dS$ ；

III 组合牌对应运算符中除加减乘除以外的数学运算符，公式 (5) 中拥有组合牌  $( )_V$ 、 $( )_U$

#### 3.2 游戏玩法

以公式 (1)  $\Delta U=Q+W$  为例，在本游戏中，玩家需要根据公式所涵盖的数学逻辑，按照以下顺序进行操作：首先打出基本牌  $Q$ ，接着选择加法运算符，最后出示基本牌  $W$ ，以组成公式  $\Delta U=Q+W$  的等号右侧部分。在此过程中，游戏系统会识别玩家所展示的卡牌组合，并依据对应的公式激活效果牌  $\Delta U$  的卡牌效果。激活后的效果牌具有提升基本牌卡牌效果的能力，or 产生其他的额外效果，从而对游戏中的敌方单位导致更高的伤害。

除此之外，玩家也可以选择仅打出基本牌，通过两张基本牌之间的卡牌效果组合，实现更高的伤害输出。这一策略不仅丰富了游戏玩法，增强了游戏的灵活性，降低了游戏的入门门槛，同时还解决了玩家手中卡牌堆积而无法构建完整公式的问题。在游戏难度与进程的设计中，随着等级的提升，怪物的能力和数值将呈逐步增强趋势。因此，游戏设计更倾向于引导玩家通过基本牌组合出热力学公式，从而触发效果牌的对应效果，造成更高的伤害，以实现寓教于乐的游戏目标。

#### 3.3 组合牌设定与应用

为解决公式 (3)  $dS = \left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_V dU + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U dV$  中涉及  $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U$  和  $\left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_V$  复杂整体符号问题，游戏中创新性地引入了组合牌设定。玩家需严格遵循数学逻辑，先打出组合牌

$( )_U$ ，再打出基本牌  $\partial S$ ，选择除法运算符，最后打出基本牌  $\partial V$ ，组合牌  $( )_U$  的功能为将基本牌  $\partial S$  和  $\partial V$  巧妙地组合为一张新的基本牌  $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U$  时将其归还至玩家手牌，但不产生任何卡牌效果。值得注意的是，这张由组合牌组合过的基本牌兼具其原始组成部分的全部卡牌效果。

玩家可以选择打出完整公式，从而触发效果牌，进一步实现基本牌和基本牌\*卡牌效果的有机结合与协同发挥。同时，鉴于组合牌本身无法单独打出，而通过组合牌组合的基本牌\*同时拥有组合牌和组成其所以基本牌的所有卡牌效果，玩家还可以灵活选择将基本牌\*单独打出，从而充分发挥卡牌效果并拓展游戏策略空间。

#### 3.4 转化和拆解机制

针对类似于公式 (2)  $C_p(T) = \frac{\delta Q_p}{dT} = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$  这样带有连等关系的公式，游戏中对基本牌进行了扩展定义，引入了转化和拆解机制的新设定。当玩家打出牌时， $\frac{\delta Q_p}{dT}$  戏界

面会弹出公式 (2)  $C_p(T) = \frac{\delta Q_p}{dT} = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$  此时，玩家可在效果牌  $C_p(T)$  和基本牌\* $\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$  两种不同的转化方向中作出选择。若选择效果牌，则会额外触发效果牌效果并产生伤害；若选择基本牌\*，则将基本牌\*归还至玩家手牌中。在此基础上，玩家还可以对这张牌进行拆解，将其包含的基本牌全部转换为基本牌\*（如基本牌\* $\partial H$  和  $\partial T$ ），而组合牌则保持不变。拆解后获得的所有卡牌将重新归还至玩家手牌。

通过拆解，玩家可以获得基本牌\* $\partial T$  和组合牌  $( )_p$  这两张牌可与其他基本牌结合，组成公式 (10)  $U = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T dp$  从而触发其他的卡牌效果。需要特别强调的是，一个公式的构成不能仅由基本牌\*组成，以防止玩家通过反复在基本牌\*之间转化的方式投机取巧。

新设计的引入是为了丰富了游戏玩法，赋予游戏更高的灵活性和趣味性。

#### 3.5 转变机制设定

随着游戏进程向下推进，玩家手中会拥有大量的公式。

$$\text{公式 } 7U = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T dp$$

和公式 5  $S = \left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_V dU + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U dV$  分别存在组合牌

$( )_p$ 、 $( )_T$ 、 $( )_V$ 、 $( )_U$ 通过观察不难发现四张组合牌共为括号的形式，不同在于下标不同。因此在设计上给此类下标不同的卡牌新增转变机制，玩家可以选择这一张卡牌转变其下标，获得目标公式所需的卡牌。

综上所述，本文通过对基于公式形式上的解析及数学逻辑背后的深入研究，为游戏设计与开发提供了一种以卡牌为载体，公式为核心内容的创新玩法。通过设计基本牌、基本牌\*、效果牌和组合牌等多种卡牌种类，增加卡牌机制，贴合物理化学相关公式，结合富有趣味性的游戏玩法，不仅提高了游戏的灵活性，还实现了寓教于玩的目的。这种设计理念与方法希望能为未来游戏开发领域提供了新的思路与借鉴。

### 3.6 额外关卡——公式推导

在将数学公式推导应用于卡牌游戏中，此处探索了一种独特的游戏机制，即将完整的数学公式作为单独的卡牌存在。在这一机制下，游戏向玩家展示初始公式与目标公式，并为玩家分配一系列公式卡牌。值得注意的是，这些卡牌中包含一些干扰牌，以提高游戏的挑战性。玩家需要通过运用这些公式卡牌，对初始公式执行代换、组合、化简等运算操作，从而实现目标公式的转换。在这一过程中，游戏利用动画展示公式的变化过程，旨在加强玩家对数学公式推导的理解和记忆。

为适应不同玩家的需求，本研究还设计了一些辅助道具，如撤回和提示道具，以便在一定程度上降低游戏难度。然而，为了保持游戏的挑战性，这些辅助道具的使用次数受到限制。关于公式推导的详细过程，请参见本文“公式的形式解析”部分的相关讨论。

## 4 结论

二十大报告指出，教育、科技、人才是建设现代化国家的基础和支撑。要优先发展教育，自立自强发展科技，

引领驱动人才建设，加快建设教育、科技、人才强国。同时，信息技术在教育领域广泛应用，教育游戏受到研究关注，“大学生游戏防沉迷”事件将游戏与教育推上风口浪尖。本文在对公式形式进行解析的基础上，进一步开发了卡牌游戏与热力学公式相融合的教育游戏，供以对教育游戏感兴趣的学者或打算开发教育游戏的开发者以借鉴，希望能对教育游戏的开发提供思路，促进教育游戏的发展。

公式卡牌化适用范围包含但不止于《物理化学》中的公式，它广泛的适用性亦可以用于其他学科，例如数学中的两角和公式和倍角公式。同时目前教育游戏的开发仍存在一定的问题，游戏公司拥有丰富的游戏开发经验，而苦于没有充实的学科理论支持。而学生和教师受到技术水平限制，无法将设计方案切实落地。同时教育与游戏娱乐性的平衡问题目前国际上还没有明确的指标，游戏的开发容易产生轻教育重游戏或者轻游戏重教育的情况。前者存在沉迷游戏的风险，后者则不宜于达成寓教于乐的目的。希望未来这些问题得以解决。

### [参考文献]

- [1]代雨航.《物理化学》课程思政的探究与实践——以热力学第二定律为例[J].化工设计通讯,2022,48(1):11-12.
  - [2]王清华.农科院校物理化学教学难点探索[J].山西农业大学学报(社会科学版),2008,7(6):44-45.
  - [3]王旭珍,靳长德,王新平,等.热力学函数关系式教学难点的化解[J].大学化学,2009,24(5):88-89.
  - [4]王新平,王旭珍,田福平,等.物理化学相图教学中难点的化解[J].化工高等教育,2006,4(90):100-101.
- 作者简介：于东铖（2003—），男，汉族，山东淄博人，本科在读，广西民族大学人工智能学院，研究方向：计算机科学与技术。