

量子游戏与教学：开启量子世界的探索之旅

安 峥¹ 陈庆炜²

(¹ 香港科技大学, 香港 999077; ² 深圳外国语学校, 广东 深圳 518100)

摘 要 随着量子计算和量子信息科学的发展, 量子游戏正成为一种新兴的教育工具, 有助于学生直观理解复杂的量子概念。本文探讨了量子游戏在量子教育中的应用, 重点分析了“量子国际象棋”的规则、教学设计及其对学生认知发展的影响。量子国际象棋结合了量子叠加、纠缠和测量等核心概念, 使学生能够在游戏过程中体验量子物理的独特现象。未来, 量子游戏与教育的结合仍需进一步优化, 以适应不同学习需求, 并推动量子计算技术在教育领域更广泛的应用。

关键词 量子游戏; 量子国际象棋; 量子教育

QUANTUM GAMES AND EDUCATION: EMBARKING ON A JOURNEY INTO THE QUANTUM WORLD

AN Zheng CHEN Qingwei

(¹ Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong 999077; ² Shenzhen Foreign Language School, Shenzhen, Guangdong 518100)

Abstract With the development of quantum computing and quantum information science, quantum games are emerging as a novel educational tool that helps students intuitively understand complex quantum concepts. This paper explores the application of quantum games in quantum education, with a focus on analyzing the rules, teaching design, and their impact on students' cognitive development in “Quantum Chess”. Quantum Chess integrates core concepts such as quantum superposition, entanglement, and measurement, allowing students to experience the unique phenomena of quantum physics during the game. In the future, further optimization of the integration of quantum games and education will be necessary to meet diverse learning needs and promote the broader application of quantum computing technology in the field of education.

Key words quantum games; quantum chess; quantum education

1 量子游戏介绍

游戏化教育不同于传统教学的“教师主导”“学生接受”的形式, 是指将学习成果和内容嵌入

学生玩的游戏中, 学生能够通过参与游戏获得确定的技能和知识, 也就是将游戏元素转移到非游戏空间。利用量子游戏进行量子教育便是一种新的探索。

量子游戏是一类引用量子物理概念、模拟量

收稿日期: 2025-04-14

通信作者: 陈庆炜, wulichenqingwei@qq.com。

引文格式: 安峥, 陈庆炜. 量子游戏与教学: 开启量子世界的探索之旅[J]. 物理与工程, 2025, 35(3): 8-10.

Cite this article: AN Z, CHEN Q W. Quantum games and education: Embarking on a journey into the quantum world[J]. Physics and Engineering, 2025, 35(3): 8-10. (in Chinese)

子现象,或者在量子计算机上运行的游戏^[1-3]。目前已经有 300 多种不同类型的量子游戏,但还只有少数游戏能够在量子计算机上运行。以量子游戏主导的量子教育的核心在于利用游戏作为工具,使学习更加直观和互动,从而帮助学生更好地理解 and 掌握抽象的量子现象和理论。本文将介绍一种较为流行的量子游戏——量子国际象棋,展示该游戏在量子概念普及方面的教育作用^[4]。

2 量子国际象棋游戏的规则

量子国际象棋在国际象棋的基础上运用了量子力学的基本概念。第一个量子概念特性是叠加态,即棋盘上的所有单位(除了小兵)均可以进行量子移动。例如,经典状态下,B1 的马只可以走到 A3 或者 C3,但在量子规则下,该马可同时处于 A3 和 C3 的位置(图 1),就像打开箱子之前的猫处于“生”与“死”的两个叠加态中。



图 1 量子国际象棋规则下的叠加态示例

系统在叠加态棋子遇到其他棋子时便会触发观测。例如对方的黑马当前处于 A6 和 D5 的叠加态,己方的白马当前处于 A3 和 C3 的叠加态,如果白马想要走到黑马可能在的 D5 上,系统触发观测,如果白马成功走到 D5 上,则其 A3 的叠加态将会消失。而 D5 处的黑马可能会被吃掉也可能不会被吃掉,所以它在 A6 的叠加态并不会消失。而如果系统观测到白马处于 A3,则其走不到

D5,其 C3 的叠加态便会坍缩消失(图 2)。而量子国际象棋中的一个特殊规则在于,由于王可以多次分裂,所以应该把所有的王全部杀死才算胜利。

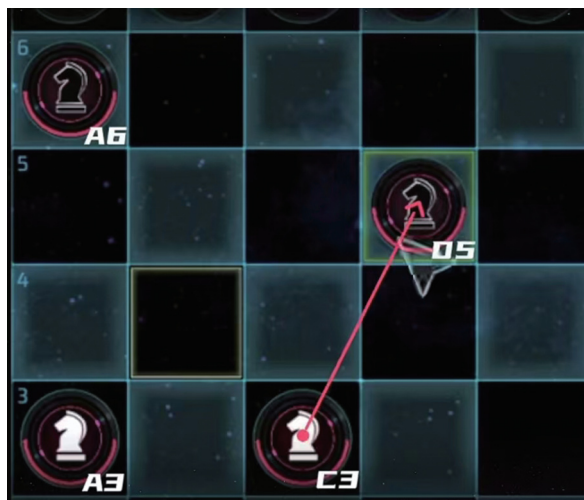


图 2 量子国际象棋规则下的观测导致坍缩示例

量子国际象棋的第二个量子概念特性是“纠缠”(图 3)。纠缠的粒子 A 和 B 能在遥远的距离上瞬间影响彼此的行为。例如白马处于 A3 和 C3 的叠加态,小兵想要从 C2 走到 C4,由于 C3 马的存在且小兵不能越子,小兵也处于 C2 和 C4 的叠加态,此时兵和马产生了纠缠,也就是马如果在 C3,则小兵一定在 C2,如果马在 A3,则小兵一定在 C4,反之小兵的状态也决定了马的状态,而一旦系统触发观测,则这对纠缠的棋子的所有叠加态都会消失。



图 3 量子国际象棋规则下的纠缠示例

3 基于量子国际象棋游戏的教学设计

量子国际象棋可以提高学生的创造力跟批判思维能力以及培养学生解决问题的能力。在进行教学设计时,要注意让学生有实验和失败的自由。学生可以自己选择或者设计不同的教学目标,例如学会量子国际象棋的基本规则,学会量子信息和量子计算的基本编程工具,编写简单的量子国际象棋程序。

在香港和深圳进行的量子国际象棋教学实践中,学生可以通过量子国际象棋学习量子编程思维,掌握基本的量子机器学习知识,编写简单的量子神经网络线路,利用人工智能辅助编程并设计游戏 AI。例如量子游戏中没有“将死”,王只能被捕获。学生通过玩量子国际象棋,为该游戏做了思维流程图——从提示用户输入棋子坐标,到检查有效性并决定移动的种类,再到量子跳跃-分裂-合并,最后到找不到任何的王并赢得比赛。同时,在学习游戏的过程中,学生也发现了量子国际象棋存在测量频繁以及量子位过多等限制因素。

开展量子游戏的教学实践过程中,有些学生对经典的量子算法可能并不感兴趣,但他们对量子人工智能或者量子神经网络却表现出学习和了解的意愿。为了支持学生,老师也相应的调整了教学目标——设计并编码一个真正的一个量子比特游戏,并完善其规则和输赢策略。在基于量子获胜检测算法下,井字棋游戏(Tic Tac Toe)也用上了量子计算思维,通过量子门的操作,把对应的策略转化成一定的概率并在量子态上做测量。最终,学生得以在量子计算机上成功运行该游戏,由此完成了“设计教学目标-教授基本概念”和“工

具使用方法-学生实践-反馈并设计新的教学目标”的教学过程闭环。

4 结语

游戏化创新学习将量子概念融入游戏中,提供了一种新颖的教育方法,增强了学生对复杂量子物理和计算原理的参与度和理解力。量子国际象棋等游戏让学生能在竞争和互动的环境中应用量子策略,培养批判性思维和解决问题的能力。学生通过参与在量子计算机(模拟)上开发的游戏,获得了量子编程和算法设计的第一手经验,架起了理论知识与实际应用之间的桥梁。量子物理与游戏的结合,也使学习方法多样化,适应不同的学习风格和偏好,从而扩大了教育的覆盖范围。量子游戏化教学设计允许学习过程的适应性发展,确保教育方法随学生需求和技术进步而演变,通过鼓励学生设计自己的游戏培养学生的创造力和创新能力,为未来在信息技术和量子计算方面的挑战做好准备。

参 考 文 献

- [1] PIISPANEN L. Citizen science games on the timeline of quantum games[J]. The European Physical Journal Plus, 2024, 139(8): 753.
- [2] PIISPANEN L, PFAFFHAUSER M, WOOTTON J, et al. Defining quantum games[J]. EPJ Quantum Technology, 2025, 12(1): 7.
- [3] MIGDAL P, JANKIEWICZ K, GRABARZ P, et al. Visualizing quantum mechanics in an interactive simulation-virtual lab by quantum flytrap[J]. Optical Engineering, 2022, 61(8): 081808-081808.
- [4] AKL S G. The quantum chess story[J]. Int. J. Unconv. Comput., 2016, 12(2-3): 207-219.