

科研论文到科普视频的转化

——以“光子-类轴子传播模式”为例

孟 伟¹ 赵 良¹ 李为超² 朱经亚¹

(¹ 河南大学物理与电子学院, 河南 开封 475004; ² 荆楚理工学院数理学院, 湖北 荆门 448000)

摘 要 高能物理等前沿科学领域的科研成果往往因概念抽象、理论复杂而难以被公众理解, 科学传播的“最后一公里”问题突出。本文以“光子-类轴子传播模式”科普视频制作为例, 探讨科研论文到科普视频的转化路径与实践策略。研究基于 *Distinct photon-ALP propagation modes* 论文的核心理论, 结合 PPT 动画技术, 从理论提炼、内容结构化、视觉符号设计、叙事逻辑构建四个维度解析转化过程, 论证了科普视频在降低科学认知门槛、提升公众科学兴趣中的作用, 并总结了转化过程中科学性与通俗性平衡、技术工具适配等关键问题, 为科研成果科普转化提供了实践参考。

关键词 科学传播; 科学教育; 科普视频; 暗物质; 类轴子粒子

DOI: 10.27024/j.wlygc.2025.08.25.12

FROM RESEARCH PAPERS TO POPULAR SCIENCE VIDEOS: TAKING “PHOTON-ALP PROPAGATION MODES” AS AN EXAMPLE

MENG Wei¹ ZHAO Liang¹ LI Weichao² ZHU Jingya¹

(¹ School of Physics and Electronics, Henan University, Kaifeng, Henan 475004;

² School of Mathematics and Physics, Jingchu University of Technology, Jingmen, Hubei 448000)

Abstract Research achievements in cutting-edge scientific fields such as high-energy physics are often difficult for the general public to understand due to their abstract concepts and complex theories, highlighting the prominent issue of the “last mile” in science communication. Taking the production of a popular science video on “photon-axion-like particle (ALP) propagation modes” as an example, this paper explores the transformation path and practical strategies from scientific research papers to popular science videos. Based on the core theory of the paper “Distinct photon-ALP propagation modes” and combining PPT animation technology, the transformation process is analyzed from four dimensions: theoretical refinement, content structuring, visual symbol design, and narrative logic construction. It argues the role of popular science videos in lowering the threshold of scientific understanding and enhancing the public’s interest in science. The key issues in the transformation process, such as the balance between scientific accuracy and accessibility and the matching of technical tools, are summarized, providing practical references for the popularization of scientific research achievements.

Key words science communication; science education; popular science video; dark matter; axion-like particles

收稿日期: 2025-08-25; 修回日期: 2025-12-03; 出版日期: 2026-03-30

基金项目: 教育部大学物理教指委大中物理教育衔接工作委员会教学研究课题(WX202402); 国家自然科学基金(12275066); 河南大学资助。

通信作者: 李为超, liweichao@whu.edu.cn; 朱经亚, zhujy@henu.edu.cn。

引文格式: 孟伟, 赵良, 李为超, 等. 科研论文到科普视频的转化——以“光子-类轴子传播模式”为例[J]. 物理与工程, 2026, 36(2): 256-262.

Cite this article: MENG W, ZHAO L, LI W C, et al. From research papers to popular science videos: Taking “photon-ALP propagation modes” as an example[J]. Physics and Engineering, 2026, 36(2): 256-262. (in Chinese)

在数字化信息传播时代,公众对科学知识的需求日益增长,但前沿科学领域与公众之间的认知鸿沟却持续扩大。高能物理作为探索物质基本结构与宇宙起源的核心学科,其研究成果深刻影响人类对自然规律的认知,然而前沿理论论文的高度抽象性与复杂性导致其传播面临理论难懂、表达枯燥的双重挑战。暗物质是高能物理与天体物理的前沿课题,在整个宇宙中含量约是普通物质的5倍,但因不参与电磁相互作用而至今没能直接观测到,其相关理论更难被公众理解。

类轴子粒子(Axion-like particles, ALP)是为解决量子色动力学强CP问题^①而提出的超轻赝标量粒子,同时也是当前暗物质的热门候选者,其与光子在磁场中可发生耦合振荡。科研论文 *Distinct photon-ALP propagation modes*^[1] 通过解析计算方法发现光子-ALP系统存在两种不同的传播模式,由参数 $D = g_{a\gamma}^2 B^2 - \Gamma^2/4$ 区分:当 $D > 0$ 时呈振荡传播, $D < 0$ 时呈非振荡衰减,其中 $g_{a\gamma}$ 、 B 、 Γ 分别为光子-ALP耦合系数、环境磁场强度、光子在环境中的吸收率。并以此解释活动星系核伽马射线的反常传播现象,为ALP暗物质探测提供了重要理论依据。该论文可衔接大学物理中电磁波、光的偏振、波函数、粒子在磁场中的运动等教学内容,可帮助大学物理课程师生建立暗物质探测大科学与工程与基础物理课程的关联,在本科生课堂教学中普及科学前沿成果,有利于大科学与工程人才培养。但作为学术论文,它对非专业研究人员而言有较大难度,传播范围有限,因此我们将它转化为科普视频,以期大学物理课程师生等更多非专业研究人员了解相关科学前沿。

科研论文作为学术成果的主要载体,以严谨的逻辑、专业的术语和公式化表达构建知识体系,但其传播范围仅局限于学术圈。科普视频^[2]则凭借抽象具体化、动态可视化的优势,成为破解科学传播困境的重要工具。将科研论文转化为科普视频,不仅能让前沿科学成果走出学术象牙塔,还能培养公众的科学素养与探索精神。本文以科研论文^[1]转化为科普视频“光子-ALP传播模式”为例,系统分析从科研论文到科普视频的转化逻辑、技术实现与实践经验,为同类科普创作提供参考。

1 科研论文科普转化的理论基础

科学传播的核心是实现专业知识向公众认知

的转化,需遵循从具体到抽象、从已知到未知的认知规律。科普动画作为科学传播的重要形式,通过动态图形语言将抽象概念转化为可视符号,降低认知负荷。如动态图形(Motion Graphics, MG)动画通过矢量元素交互、时间轴叙事和数据可视化,强化知识关联性,使公众能通过直观感知逐步深化对复杂理论的理解。在“光子-ALP传播模式”案例中,ALP与光子的振荡理论通过粒子运动轨迹的动态模拟,使抽象的量子相互作用变得可感知。

科普视频的核心价值在于“科学性与通俗性的平衡”。其传播特性体现在三个方面:一是动态可视化,通过动画效果将静态理论转化为动态过程,如用路径动画模拟光子在磁场中的传播轨迹;二是叙事结构化,以故事逻辑替代学术论文的论证逻辑,将“问题提出-理论分析-结论应用”转化为“现象引入-原理讲解-现实意义”;三是互动引导性,通过视觉强调、节奏控制等方式引导观众注意力,如用强调动画突出关键参数(如 D 值对传播模式的影响)。

技术工具是科普转化的重要支撑。相较于 Adobe After Effects、Blender 等专业动画软件,PowerPoint(PPT)作为普及性办公软件,以低门槛、高效能的特点成为科研科普转化的理想工具。其内置的进入动画、路径动画、强调动画等功能,可满足粒子运动、理论推演等场景的可视化需求,且支持实时修改与预览,便于创作者快速调整内容以匹配公众认知节奏。

2 “光子-ALP传播模式”的科普转化路径

2.1 理论提炼:从论文核心到科普重点

科研论文的核心理论往往隐藏在公式推导与数据分析中,科普转化的第一步是提炼关键理论要点。论文 *Distinct photon-ALP propagation*

① 简单来说,量子色动力学(QCD)描述了自然界四种基本相互作用中的强相互作用;CP对称性指系统同时进行电荷反转(C)和宇称反转(P)时,物理规律保持不变的性质。理论上应当存在真空角不为0使得强相互作用中CP对称性破坏,然而实验上只观测到弱相互作用中的CP破坏现象(李政道和杨振宁先生还因为弱相互作用中的P宇称破坏理论而获得1957年诺贝尔物理学奖),强相互作用中的CP破坏上限几乎为0,这个矛盾就是著名的强CP问题。

modes 围绕 ALP 与光子的相互作用展开,核心内容为光子-ALP 的两种传播模式($D>0$ 时的振荡传播与 $D<0$ 时的非振荡衰减)。光子-ALP 传播过程也是它们相互转化的过程,光子容易观测,ALP 作为暗物质候选者目前还不能直接观测到,所以图 1 中用光子存活率 P_γ 可以很好地展示这个过程。

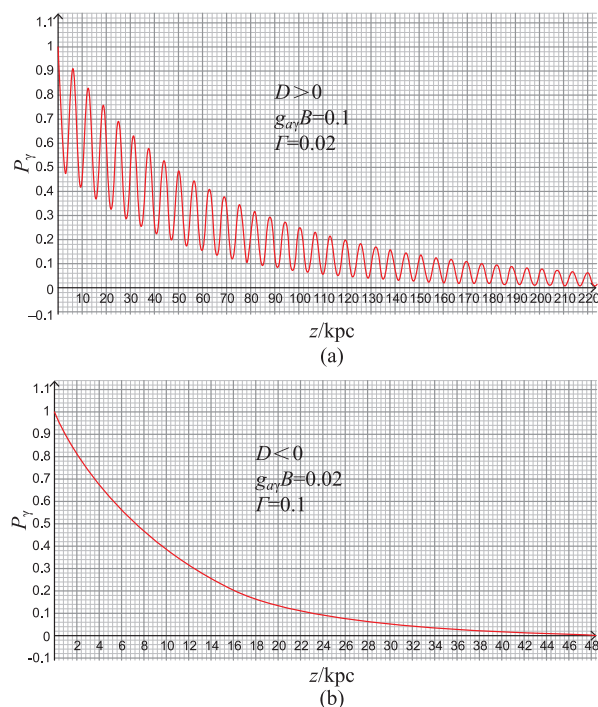


图 1 用 GeoGebra 模拟的 $D>0$ 和 $D<0$ 时光子存活率 P_γ 随传播距离 z 的变化曲线
(a) $D>0$; (b) $D<0$

图 1 为利用 GeoGebra 软件^[3,4] 模拟的光子-ALP 的两种传播模式。GeoGebra 将几何绘图、代数运算、数据表格、概率统计分析 & 微积分计算等多元功能,整合于一个直观易用的操作界面之中。它既能用于交互式几何作图,也能直接处理函数方程等代数问题,是数理教学和学习的强大工具,方便用户通过直观展示来理解深刻的科学概念。

视频中还应包括相关背景知识:暗物质存在的三大证据(星系旋转曲线异常、子弹星系团碰撞分离、宇宙微波背景辐射数据);轴子/类轴子作为暗物质候选者的特性(冷暗物质、弱相互作用)等。

转化过程中,需剔除复杂公式推导,保留核心结论:如用“星系外围恒星旋转速度高于理论预测”简化星系旋转曲线的物理意义;用“暗物质不

受电磁相互作用影响,碰撞时与普通物质分离”解释子弹星系团现象;用“ D 值由磁场强度与光子吸收率决定,影响粒子传播行为”概括传播模式差异。理论提炼需遵循“科学性优先”原则,确保核心不偏离论文原意。

2.2 内容结构化:从学术框架到科普逻辑

科研论文通常遵循“引言-理论-方法-结果-讨论”的学术框架,科普视频则需构建“问题引入-知识讲解-价值延伸”的叙事结构。“光子-ALP 传播模式”科普视频的内容结构设计如下:

开篇引入:以“宇宙中 95% 的物质能量不可见”的悬念切入,对比暗物质与普通物质的差异,引出暗物质的神秘性。

证据呈现:依次展示星系旋转曲线、子弹星系团、宇宙微波背景辐射三大证据,说明暗物质的存在。

候选者介绍:从暗物质候选者分类(冷、暖、热暗物质)过渡到轴子/类轴子,解释其解决强 CP 问题的理论背景与冷暗物质特性。

核心理论:解析光子-ALP 的相互作用,重点区分 $D>0$ (振荡传播)与 $D<0$ (非振荡衰减)两种模式,通过偏振光子密度变化曲线可视化传播差异。

应用价值:说明如何通过观测完全偏振光子探测 ALP,强调研究对暗物质探测的科学意义。

内容结构化需保证逻辑连贯,每个环节设置“认知锚点”,如用“钟表指针始终指向 0 点”比喻强 CP 问题中 θ 参数的特殊性,帮助观众通俗地理解。

2.3 视觉符号设计:从抽象概念到可视元素

视觉符号是科普视频的核心表达载体,需将论文中的抽象概念转化为统一的视觉语言。“光子-ALP 传播模式”视频的视觉符号设计遵循“形态区分、色彩编码、动态表意”原则:

形态区分:用黄色圆形表示光子,中心泛蓝、边缘泛黑的圆形表示 ALP,通过形态差异直观区分粒子类型。

色彩编码:以深蓝色背景模拟宇宙空间,红色区域标识普通物质(如子弹星系团中的 X 射线辐射区),蓝色区域标识暗物质分布,用色彩强化物质属性差异。

动态表意:用直线路径动画表示光子的匀速传播,用曲线或振荡路径表示 ALP 的转换过程;

用“淡出”效果表现光子衰减,用“闪烁-转化”效果表现光子与 ALP 的相互作用。

例如,在展示 $D > 0$ 传播模式时,通过黄色圆形(光子)与蓝黑圆形(ALP)的交替出现、周期性振荡的路径动画,可视化粒子间的转换规律;在 $D < 0$ 模式中,用 x 方向光子的持续淡出与 y 方向光子的“消失-重现”动态,表现偏振方向差异导致的传播行为不同。

2.4 叙事逻辑构建:从学术论证到故事化表达

叙事逻辑的核心是将“理论推导”转化为“故事讲述”。“光子-ALP 传播模式”视频采用“侦探故事”式叙事:以“暗物质是什么”为核心问题,将科学家比作“宇宙侦探”,通过“发现线索(观测异常)—锁定嫌疑人(轴子/类轴子)—还原真相(传播模式)—应用破案(探测方法)”的逻辑链条展开。

在关键理论讲解中,融入生活化类比:将磁场比作“粒子转换的催化剂”,解释其对光子-ALP 相互作用的影响;将 D 值比作“传播模式的开关”, $D > 0$ 时“开关振荡”导致粒子交替转换, $D < 0$ 时“开关单向”导致粒子非周期性转换。通过类比降低抽象概念的理解难度,同时保持科学严谨性。

3 技术实现:PPT 动画在科普转化中的应用

3.1 PPT 动画的技术适配性

PPT 动画以低门槛、高适配为特点,其四大基础动画类型(进入、退出、强调、路径)可满足科普视频的核心需求。在“光子-ALP 传播模式”视频中,技术应用聚焦三个维度。

动态演示:用路径动画模拟光子与 ALP 的运动轨迹,如图 2 在星系磁场场景中,通过自定义路径与重复播放功能,表现粒子在不同磁场环境中的传播。

重点突出:用强调动画强化关键内容,如图 3 中对 D 值公式中的磁场强度(B)和吸收率(Γ)添加脉冲效果,突出其对传播模式的决定性作用。

流程衔接:用页面平滑切换实现场景过渡,如图 4 中借助页面平滑切换实现了光子从在宇宙空间中传播到在地球上被接收的场景过渡,通过天文望远镜和地球元素的平移和放大,保持视觉连贯性。

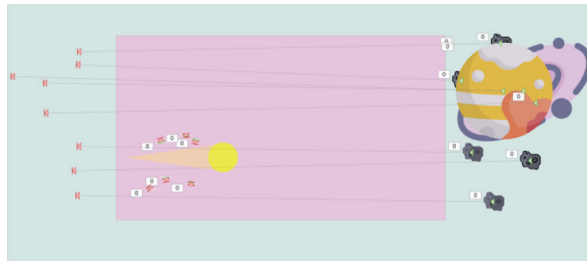


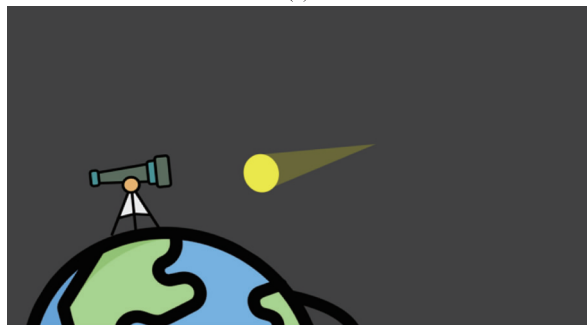
图 2 光子-ALP 在不同磁场环境中的传播动画



图 3 决定关键参数 D 大小的磁场强度 B 和吸收率 Γ 的脉冲强调效果



(a)



(b)

图 4 平滑切换效果实现的光子从传播到接收的场景过渡
(a) 平滑切换前;(b) 平滑切换后

3.2 核心场景的技术实现案例

暗物质存在证据可视化:在展示星系旋转曲线时,如图 5 中用“擦除”进入动画逐步呈现实验

实测曲线(实线)与理论预测曲线(虚线),通过曲线走势对比直观表现“旋转速度异常”。另外还用灰色柱状图的“淡化”进入动画展示暗物质在宇宙物质和能量中占比 26%,配合数字滚动效果强化数据感知。

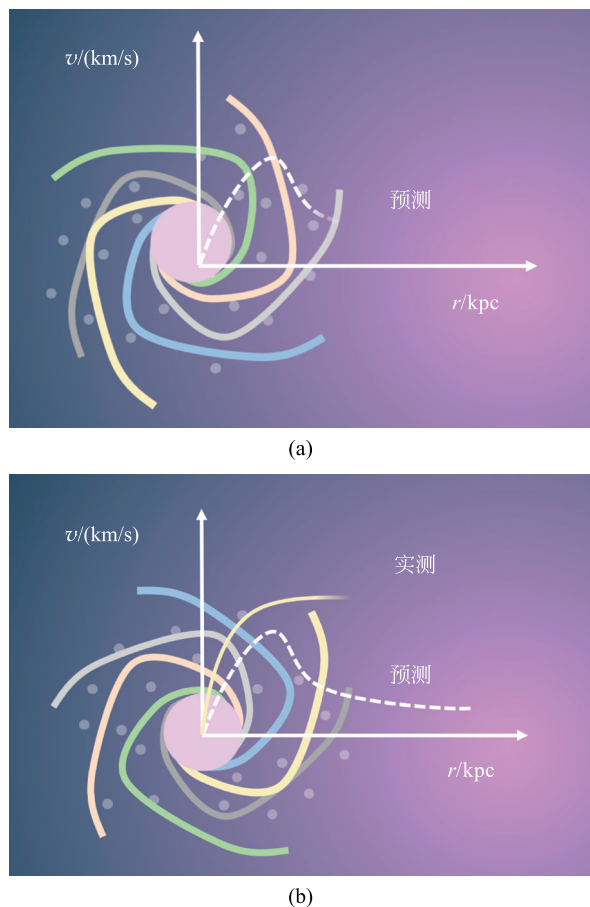


图5 “擦除”进入动画逐步呈现的理论预测与实验实测曲线
(a) 理论预测曲线; (b) 实验实测曲线

光子-ALP 转换模拟:如图 6,在 $D>0$ 传播模式中,用“淡化”进入动画与“淡化”退出动画交替实现光子与 ALP 的转换;在 $D<0$ 模式中, x 方向光子用“淡出”退出动画表现持续衰减, y 方向光子用“消失-重现”的组合动画表现转换过程。

偏振度变化展示:如图 7,用“擦除”动画逐步呈现光子偏振度(Π_L)随传播距离(z)的变化曲线,在 $\Pi_L=1$ 的关键点添加“闪烁”强调动画,突出完全偏振光子可用于探测 ALP 的核心结论。

3.3 后期优化与整合

PPT 动画制作完成后,通过“导出为 MP4”功能生成视频素材,导入剪映进行后期处理;同步配音解说与动画画面,确保理论讲解与视觉演示的

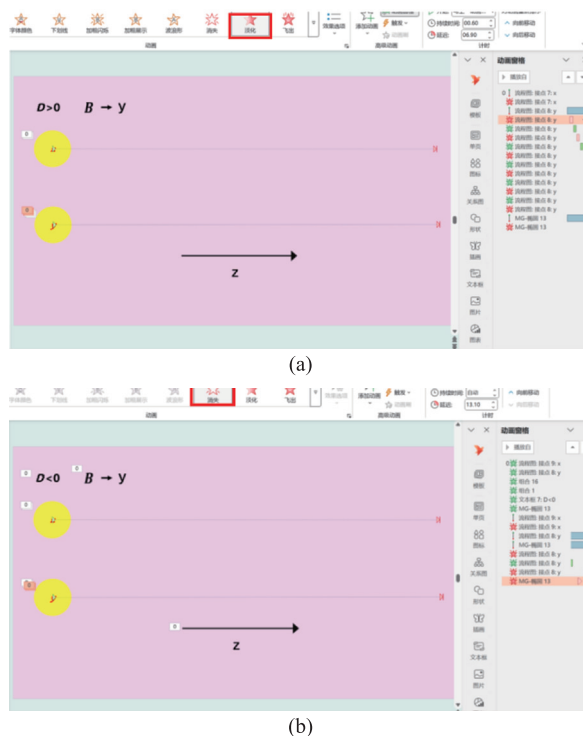


图6 $D>0$ 和 $D<0$ 传播模式中光子-ALP 转换的模拟动画
(a) $D>0$ 传播模式“淡化”进入与退出动画; (b) $D<0$ 传播模式“消失-重现”的组合动画

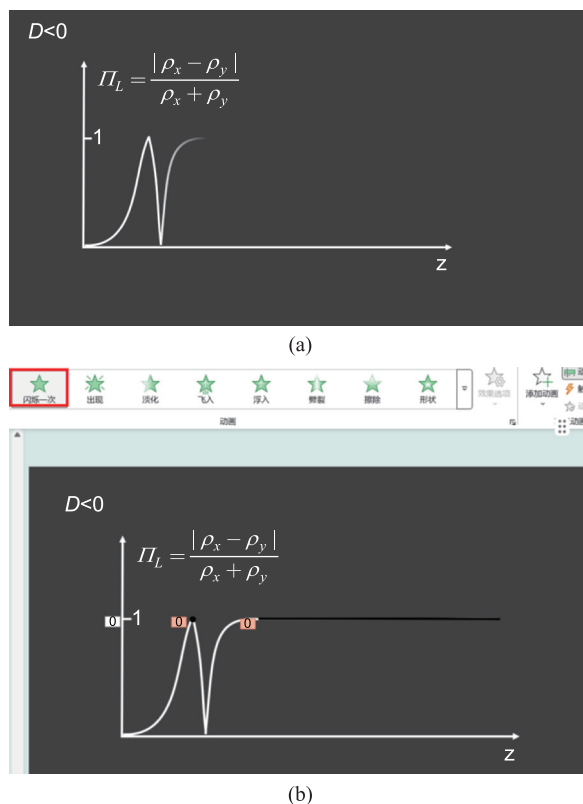


图7 光子偏振度 Π_L 随传播距离(z)变化曲线的动画呈现
(a) “擦除”动画逐步呈现的变化曲线; (b) $\Pi_L=1$ 关键点的“闪烁”强调动画

时间匹配;添加背景音乐与音效(如粒子碰撞的低频音效),增强沉浸感;通过字幕标注关键术语(如“类轴子”“偏振度”),辅助观众理解。后期优化需平衡“信息密度”与“观看体验”,避免过度装饰干扰核心内容感知。

4 转化实践的反思与启示

4.1 科学性与通俗性的平衡

科研论文科普转化的核心挑战是“不失真的通俗化”。在“光子-ALP传播模式”案例中,为避免理论简化导致科学性损失,采取了三项措施:一是保留核心参数(如 D 值的物理意义),用类比替代公式推导;二是严格遵循论文结论,如准确区分 $D>0$ 与 $D<0$ 模式的传播差异,不夸大ALP探测的现实进展;三是通过视觉符号的一致性(如粒子形态、色彩的固定编码)强化理论逻辑。实践表明,科学性是科普的生命线,通俗化需以不扭曲核心理论为前提。

4.2 技术工具的适配与局限

PPT动画在科普转化中展现出显著优势:低门槛特性降低了科普创作的技术壁垒,使非专业人员可快速上手;丰富的动画功能可满足多数理论可视化需求,如路径动画对粒子运动的模拟;实时预览与修改功能便于快速调整内容,适配公众认知节奏。

进入AI时代,PPT动画的应用更加灵活便捷,智能化工具通过自然语言处理与生成式模型进一步降低了PPT制作的技术门槛。无须掌握深层动画原理,非专业人员也能高效创作出精美流畅的动画演示。利用AI工具庞大的素材库与设计优化功能,普通用户可以快速实现接近专业水平的视觉表达,从而提升了信息传达的效率与质量。秘塔AI等工具^[5]甚至可以根据科研论文自动生成PPT乃至动画视频,提供的参考文献信息也比较准确。但AI仍存在局限:生成PPT格式杂乱,对物理专业内容的准确性把控不足,动画可能违背物理规律,且生成过程较难控制。不过随着技术迭代,这些问题有望逐步解决。

4.3 对科研科普转化的启示

建立跨学科转化思维:科研人员需与科普创作者协作,前者保障理论准确性,后者负责内容通俗化表达,形成“学术严谨性+传播创新性”的

合力。

强化视觉符号系统设计:统一的视觉语言可降低认知负荷,需根据理论特性设计专属符号(如粒子形态、运动轨迹),并保持贯穿始终的一致性。

重视叙事逻辑的生活化转译:将学术逻辑转化为公众熟悉的叙事结构(如故事化、问题导向),通过类比、悬念等手法增强内容吸引力。

技术工具的灵活选择:根据理论复杂度与创作资源选择工具,PPT动画适合中小型科普项目,复杂场景可结合专业软件与办公工具的优势进行混合制作。

5 结语

科研论文到科普视频的转化是连接前沿科学与公众认知的重要桥梁,其核心是在保持科学性的前提下,通过内容结构化、视觉符号化、叙事故事化的策略降低认知门槛。“光子-ALP传播模式”的转化实践表明,PPT动画等普及性工具可有效支撑科研成果的可视化表达,其低门槛、高适配的特点使其成为科研向科普转化的理想选择。

转化过程需把握三个关键:一是理论提炼要精准,保留核心结论并剔除冗余推导;二是视觉符号要直观,通过形态、色彩、动态构建可感知的理论模型;三是叙事逻辑要贴近认知规律,用生活化表达替代学术化论证。未来随着技术工具的迭代与科学传播理念的深化,科研论文的科普转化将在提升公众科学素养、推动创新文化建设中发挥更大作用。

近年来我国基础研究科研群体迅速扩大,科研论文数量已经跃居世界第一,但是科学普及方面与发达国家还存在较大差距。希望本文能激发更多科研人员兼顾科普工作,把更多科研论文进行科普转化,扩大科研成果传播范围,共同促进我国科普事业的发展。

参 考 文 献

- [1] CAO Q H, LIU Z, WANG J C. Distinct photon-ALP propagation modes[J]. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 2025, 2025(1): 99.
 - [2] 王乐佳,朱经亚.以跨学科项目实践培养师范生的科学教育能力——以“暗物质与恐龙”动画设计与制作本科毕业设计为例[J].物理与工程,2025,35(1):157-162.
- WANG L J, ZHU J Y. Cultivate the science education abili-

ty of normal major students through interdisciplinary project practice: Taking animation design and production of “dark matter and dinosaurs” as an example[J]. Physics and Engineering, 2025, 35(1): 157-162.

[3] 张赛男,周延怀,邵新一. 基于 Geogebra 的辅助物理教学研究[J]. 软件导刊, 2012, 11(6): 199-201.
ZHANG S N, ZHOU Y H, SHAO X Y. Research on auxiliary physics teaching based on GeoGebra [J]. Software Guide, 2012, 11(6): 199-201.
[4] 金惠吉,王静. GeoGebra 软件在物理教学中的应用研究综

述[J]. 物理通报, 2021, (6): 145-148.
JIN H J, WANG J. A review of research on the application of GeoGebra software in physics teaching[J]. Physics Bulletin, 2021, (6): 145-148.
[5] 李言. 秘塔 AI vs 腾讯 ima 到底哪个才是你的知识库搭子[N]. 电脑报, 2025-06-02(012).
LI Y. Mita AI vs Tencent IMA: Which one is your knowledge base partner? [N]. Popular Computer Weekly, 2025-06-02(012).

(上接第 255 页)
场近似问题。当我们的近似结果足够充分描述物理问题时,便可进行后续的计算了。

参 考 文 献

[1] 程稼夫. 中学奥林匹克竞赛物理讲座[M]. 2 版. 合肥:中国科学技术大学出版社,2017.
CHENG J F. Lecture on Physics for Middle School Olympiad Competition[M]. 2nd ed. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2017. (in Chinese)
[2] 百度文库. 2023 年第 40 届全国中学生物理竞赛复赛试题及答案[EB/OL]. [2025-03-26]. https://wenku.baidu.com/view/e3e75ee1ccc789eb172ded630b1c59eef9c79ae2.html?_wktts_=1761529724213.

[3] 吴晓明,王珍. 一种新的精确方法求单摆的周期[J]. 物理与工程,2024,34(4):217-220,224.
WU X M, WANG Z. A New accurate method for calculating the period of a simple pendulum[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(4): 217-220, 224. (in Chinese)
[4] 刘玉鑫. 热学[M]. 北京:北京大学出版社,2016.
LIU Y X. Thermal physics[M]. Beijing: Peking University Press, 2016. (in Chinese)
[5] 王勇. 基于磁荷观点分析小磁针间的相互作用——以一道竞赛题为例[J]. 物理教师,2022,43(11):95-97.
WANG Y. Analysis of the interaction between small compasses based on the magnetic charge perspective—A case study of a competition problem[J]. Physics Teacher, 2022, 43(11): 95-97. (in Chinese)