初中园地

初高中物理教学衔接中的建模能力培养研究*

——基于知识图谱和问题图谱视角

李 霖 （北京理工大学物理学院 北京 100081；北京市第二十中学 北京 100085）
胡海云 （北京理工大学物理学院 北京 100081）

摘 要 文章依据课程标准构建了初高中物理知识图谱和问题图谱，并探讨了培养学生物理建模能力对科学思维衔接的关键作用；列举了基于真实情境的模型构建在物理教学中的应用，提出了通用的建模方法，从而实现初高中物理教学中科学思维的有效衔接。

关键词 初高中衔接 模型建构 知识图谱 真实情景
文章编号 1002－0748(2025)8－0036 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

大多数关于初高中物理衔接的研究都侧重于高中物理的教学设计[1]。然而，如果在初中阶段就开始针对高中物理的核心素养要求，培养学生的物理学习能力，那么学生在学习高中物理时就会更加顺利，并且为他们将来的深入学习和科研打下坚实的基础。

1 知识图谱中的初高中物理衔接

图1和图2分别展示了在《义务教育物理课程标准(2022年版)》和《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称新课标)引导下构建的力学部分的知识图谱。从中可以看出，高中物理教学内容是对初中知识的扩展和深入。初中物理力学部分主要介绍基本的力学概念和简单的运动规律，例如重力、摩擦力、匀速直线运动以及牛顿第一定律等。高中物理在此基础上，更系统地介绍牛顿运动定律、向心力等概念，并进一步探讨抛体运动和自由落体运动等更复杂的运动形式。此外，初中阶段侧重能量学习包括机械能及其守恒定律，而高中阶段则拓展至动量守恒等更多的守恒定律。

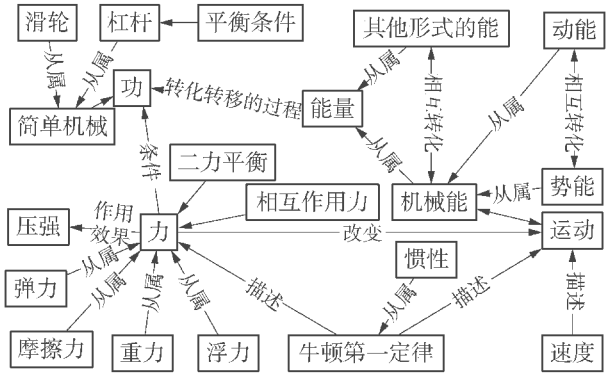


图1 初中力学知识图谱(文字摘自新课标[2])

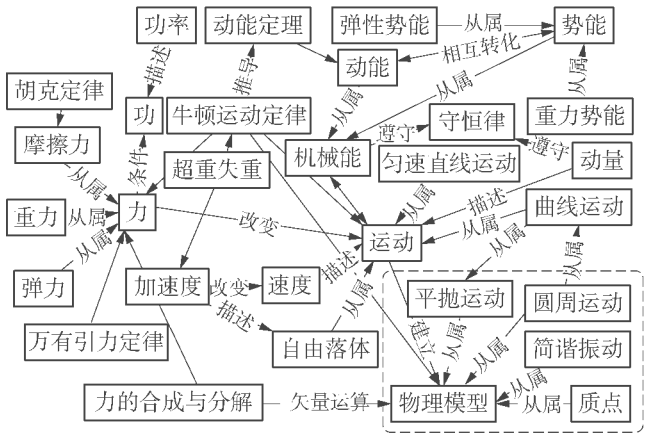


图2 高中力学知识图谱(文字摘自新课标[3])

2 初高中物理科学思维衔接

初高中物理在对学生科学思维中建模能力的要求上存在较大的差异。物理建模是将真实情境中的

* 基金项目：本文系2021年北京高等教育“本科教学改革创新项目”重点项目“大学中学贯通式人才培养改革研究 大数据追踪方法”的阶段性研究成果。

中国知网 https://www.cnki.net

物理问题进行简化和抽象，转化为物理公式或逻辑描述的过程。这不仅需要学生有扎实的物理基础知识，还要求他们能进行综合分析和推理论证。这种能力的培养在初高中阶段尤为重要，可帮助学生将理论与实践紧密结合，提高解决实际物理问题的能力和水平。

2.1　建模教学理念

美国亚利桑那州立大学理论物理学家 David Hestenes 以其在物理建模教学理论（Modeling Instruction in Physics）方面的贡献而闻名。他认为，物理教育的核心在于培养学生的建模能力，而不仅仅是传授知识；通过建模教学，学生可以将物理概念与实际现象联系起来，发展更深层次的物理理解和科学思维[4]。

David Hestenes 将建模过程分为描述阶段、建模阶段、分离阶段和验证阶段（见图3）。在描述阶段，学生需要观察和描述真实情境中物体的运动特性及相互作用，为模型的构建奠定基础；在建模阶段，基于对现象的描述，学生进一步抽象出通用的规律，如运动方程和约束条件等，从而形成模型的核心框架；在分离阶段，学生将模型分解为多个独立的模块，以便逐一分析和理解其中的物理过程；在验证阶段，学生对模型及其推导出的结论进行检验，以确保模型的准确性和实用性。

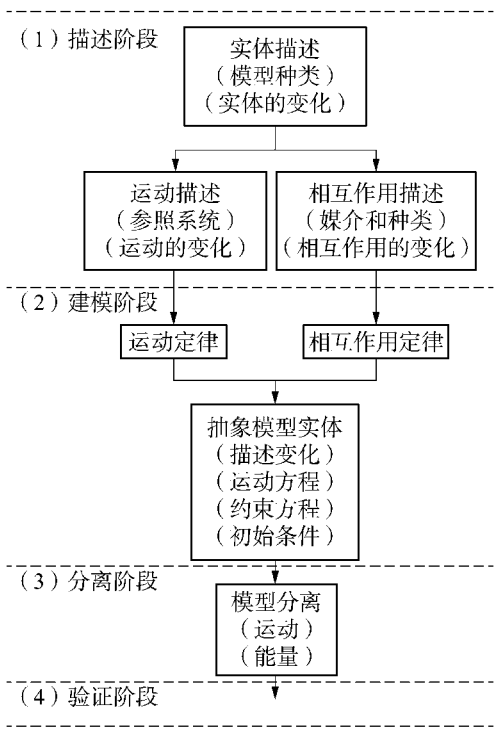


图3　Hestenes 的建模阶段图谱

2.2　新课标关于建模能力的阐述

模型建构能力是“科学思维”这一核心素养的要素之一。高中物理新课标在学业质量标准中将模型建构能力划分了五级水平[5]，水平五对应于 David Hestenes 提出的建模过程中的前三个阶段。初中物理新课标也在学业质量中有“在熟悉的情境中，会用所学模型分析常见的实际问题”的描述，这与高中物理新课标中的前三级水平相对应（见图4）。虽然初中生很难达到图4中水平四的要求，即“能将实际问题中的对象和过程转换成物理模型”，但在教师的指导下，他们可以通过逐步抽象和简化真实情景，将实际问题转化为物理模型，从而锻炼模型建构能力。

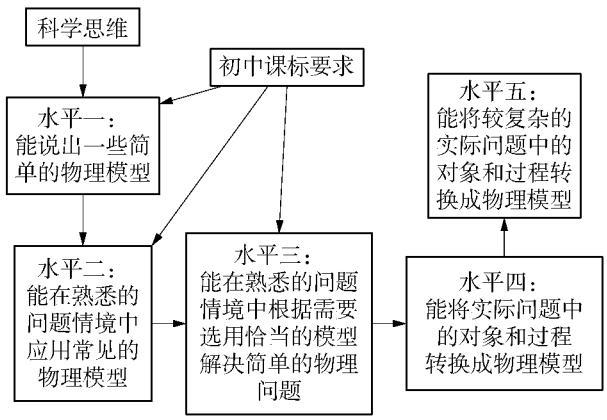


图4　初高中模型建构能力图谱

3　基于初高中衔接的初中建模策略

从新课标对模型建构能力的水平划分中可以看出，相较于高中物理，初中物理教学更应注重如何将真实情境转化为物理量、逻辑关系和简单模型。例如，将“蹦床”转化为学生熟悉的“弹簧”模型，便是 David Hestenes 建模过程中的“描述阶段”的应用。高中则要求更高阶的建模能力，期望学生能够将实际问题自主转化为物理模型，对应 David Hestenes 建模过程中的“描述”“建模”和“分离”阶段。

为了在初中阶段培养学生的科学思维并对接高中阶段建模能力的标准，可在“描述”和“建模”阶段引导学生进行物理概念的初步建构。通过分析真实情境并将其拆解为具体的物理实体和相互关系，学生能逐步体验建模过程并提升科学思维能力（见图5）。教师可以引入真实情境，让学生理解如何将情境拆解并抽象为物理实体或关系，从中提炼出问题的共性特征并揭示内在规律，从而建立物理模型。在此过程中，可以总结出建模的通用方法，便于学生在后续学习中迁移和应用。如此一来，使学生的能力从初中物理新课标要求的“应用”逐步提升至高中物理新课标中的“转换”。

中国知网　https://www.cnki.net

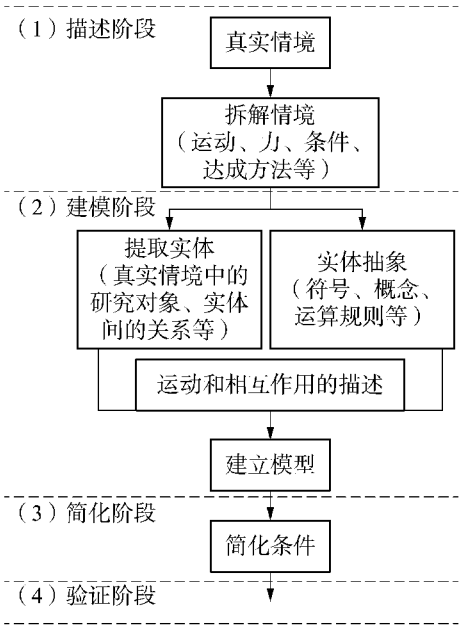


图5　初中阶段建模策略

4　基于初高中衔接的建模策略的实践

从图1和图2可以看出，初高中力学教学内容在框架上并无本质区别。然而，由于初中生的认知水平和数学能力的限制，初中物理教学中往往对内容进行简化处理，例如忽略空气阻力、电源内阻以及物理量的方向性等，而这些恰恰是高中阶段的难点。通过如图5所示的建模流程，学生可以在建模过程中首先接触较复杂的物理过程，然后通过简化的方式获得符合他们认知水平的概念或模型。这不仅提升了学生的科学思维能力，也有助于以后更好地适应高中的学习。

4.1　通过建模过程掌握一般建模方法，提高科学思维能力

在初中阶段培养学生的科学思维和建模能力，并不是要提前教授高中物理知识，而是向学生传授更通用的物理研究方法，使他们在进入高中后能更顺利地适应学习要求的转变。

案例一　速度概念的抽象过程

在初中阶段，学生对“物体速度是否变化”这一问题的理解尚不深刻，这主要源于他们的物理认知多停留在“第一象限”[6]。因此，教师可以适当结合生活实例，先引导学生理解“距离”和“路程”两个概念的差异，从而逐步体会到物理量具有方向性。这一过程有助于学生建立起较为完整的物理思维模型，使他们在高中学习矢量和标量概念时更容易理解（见图6）。

在通过传统的方式引导学生理解速度概念后，可以进一步让他们思考速度的本质，即路程（包含方向信息）随时间的变化量，让学生意识到：当一个物理量随时间或空间发生变化时，可以通过两个物理量的比值引入新的物理量来描述这种变化。尽管初中生尚未接触求导的过程，但在模型建立过程中，通过用数学方法描述物理问题的方式，可以让学生初步体验模型建立的过程，提升科学思维能力，逐步接近高中物理课程标准中“将实际问题的对象转化为物理模型”的目标。

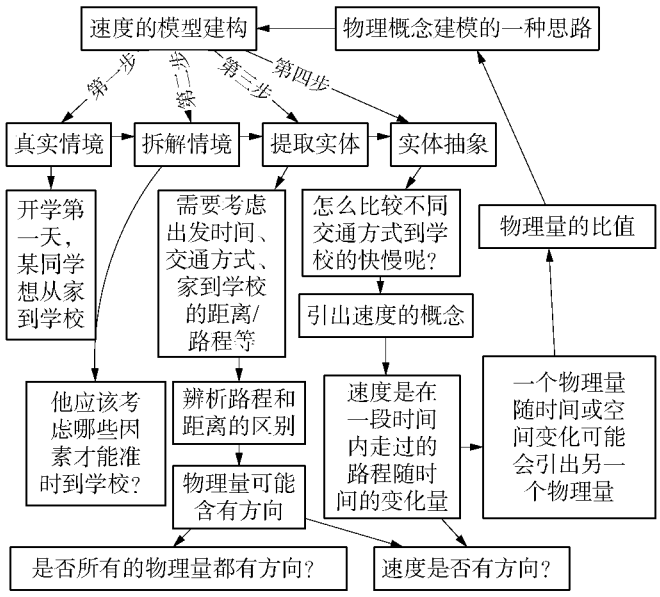


图6　建立速度概念的问题图谱

案例二　蹦极模型的建立

初中生在面对真实问题时，缺乏将复杂的情境转化为可研究的物理问题的能力。这种困难主要源于他们对物理概念的理解仍然较为局限，难以将抽象的物理理论与实际情境联系起来。此外，初中阶段学生的逻辑思维和分析能力尚在发展中，对物理量之间的关系及其变化规律认识不足，因此在遇到涉及多个因素的真实问题时，往往无法理清其中的主次关系，更难以提取出关键因素并简化为物理模型。

模型建构过程帮助初中生从现实情境中抽象出物理问题，并以物理思维进行分析。在建模过程中，学生应利用已学的简单模型，如将蹦极绳简化为弹性绳、跳台简化为固定墙等，逐步整合多个物理模型以匹配实际问题，从而体验从真实情境到抽象模型的转化（见图7）。通过理解如何将真实情境转化为简化的物理模型，并专注于主要因素、忽略次要因素，学生逐步掌握基于真实情境的物理建模方法，其建模能力也从初中阶段的“熟悉情境中的应用”提升至高中阶段的“将实际情境转化为物理模型”。

中国知网　https://www.cnki.net

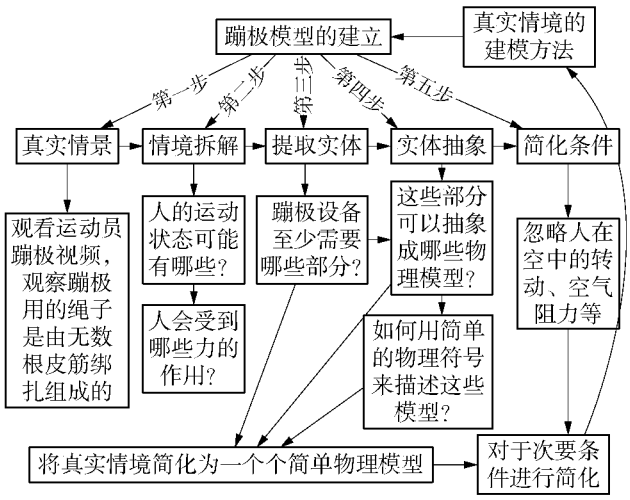


图7　建立蹦极模型的问题图谱

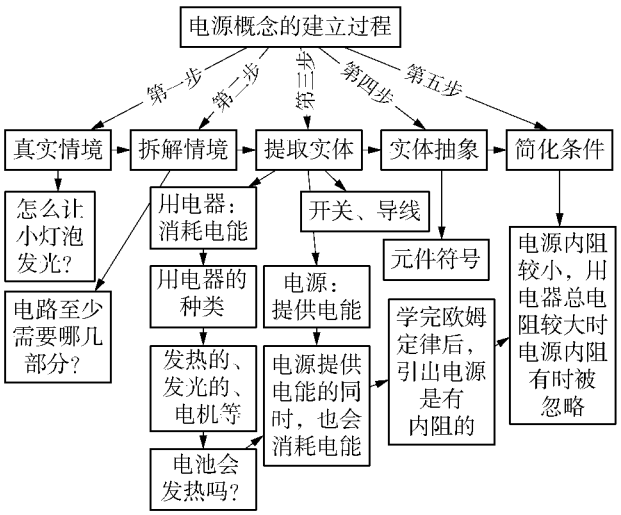


图8　建立电源概念的问题图谱

4.2　通过建模过程突破初高中衔接难点

初高中物理教学在电源、运动图象等方面的切入角度、内容广度和思维深度上存在显著差异[7]。通过将真实情境抽象为物理模型的过程，使学生能够更深入地理解在初中阶段被简化的物理模型。

案例三　电源概念的抽象过程

在初中物理教学中，电源的内阻常被简化忽略，这可能导致学生在探究“电压一定时电流与电阻的关系”时，难以理解为何接入不同阻值的定值电阻会导致电源电压发生变化。由于这一简化，学生对电源特性的理解仅限于理想化状态，缺乏对真实电源能量损耗的认识。而在高中阶段，电源内阻的影响则被深入探讨，涵盖了电源在不同负载条件下的表现，并进一步引入电流表和电压表内阻的概念，以帮助学生更全面地理解复杂电路中各部分的能量转换和消耗。

为了更好地实现初高中物理教学的衔接，可以在初中阶段适当引入电源内阻的概念，使学生在电源模型建构中形成对用电器能量转换的完整认识。可以通过引导学生对用电器进行分类，观察电能的多种转化方式，让学生认识到用电器可以将电能转化为内能、光能等。进而通过实验或观察让学生注意到电源在工作过程中也会发热，从而自然地引导出电源本身会消耗部分电能并产生内阻效应的概念（见图8）。这样的教学设计不仅为初中阶段的电路教学带来逻辑上的一致性，也在学生对电源能量损耗有初步认知的基础上，为他们在高中阶段深入理解“电源具有内阻并会消耗电能”做好准备。这种渐进的学习过程有助于学生建立更为准确和科学的物理模型，提升他们在高中阶段的适应能力和问题分析能力。

案例四　电荷概念的抽象过程

在初中阶段，学生难以理解带电的验电器A的金属箔张开后，与不带电的验电器B接触时，为什么验电器A的张开角度会变小。这一现象涉及电荷之间的相互作用原理，而这一原理将在高中以库仑定律的形式进行系统讲解。由于库仑定律关系到电荷间力的大小和方向，初中生在理解这一现象时面临一定的挑战。

为此，在初中阶段电荷概念的教学中，可以通过让学生进行简单的实验，自主探究电荷之间的相互作用方式。例如，学生可以观察同种电荷叠加后，电荷之间的排斥力会增加；而异种电荷叠加后，电荷间的吸引力则会相应减小。通过实验现象的对比，引出正负电荷的概念，并帮助学生掌握电荷间作用的运算规则。进一步的教学中，教师还可以通过摩擦起电的实验说明该过程的本质是电子的转移，从而加深学生对电荷守恒和电荷总量的理解（见图9）。

在电荷概念建模的基础上，学生可以初步建立起“相互作用力大小与电荷数量成正比”的认识。这一过程不仅帮助学生理解电荷之间相互作用的基本规则，也为将来高中阶段学习库仑定律、理解电荷之间相互作用力的大小和方向打下良好的基础。

5　结　语

本文探讨了初高中物理教学衔接中的建模能力培养，通过构建初高中物理知识图谱和问题图谱，分析了物理建模对科学思维衔接的关键作用。本文提出基于真实情境的物理模型建构方法，并通过具体案例展示了如何在初中阶段培养学生的物理建模能力，使其更好地适应高中阶段的物理学习。研究指

（下转第32页）

中国知网　https://www.cnki.net

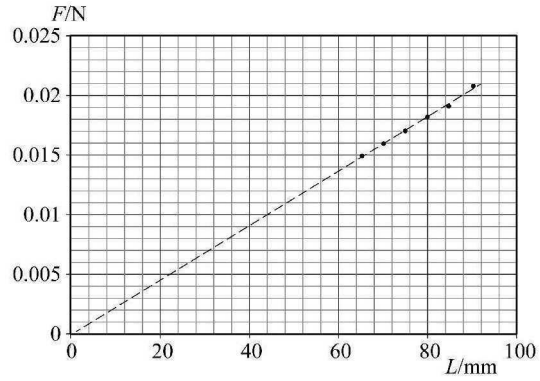


图11　F与L的关系

字式电流表。由于数字化测量工具具有高精度、高灵敏度的特点，为完成本实验的定量测量提供了保证。②用新型的钕铁硼材料制成的强磁铁代替原实验用的蹄型磁铁，增大了磁感应强度和磁场区域，使得实验效果更加明显。用材料相同厚度不同的强磁铁，可实现探究安培力与磁感应强度关系的定量实验。③将原实验装置固定间距的平行导轨改为间距可调的平行导轨，从而可实现探究安培力与通电导体棒长度的关系。④在实验电路中，加入了两个自制的大功率电阻，既可起到限流作用，又可起到改变电流大小的作用，电路中的电源使用的是功率较大的直流可调节稳压电源。通过对实验装置的改进，较好地实现了由原来的定性实验到定量实验的升级改造，且实验的效果较为理想。

4　结　语

当今，科技突飞猛进，新技术、新材料大量涌现，极大地推动了社会的进步，同时，对中学物理实验教学也带来了机遇和挑战。中学物理实验涉及的新技术主要包括：数字技术，互联网技术、5G通信技术、人工智能、图像识别技术、虚拟现实(VR)技术、3D打印技术等。涉及的新材料主要包括：纳米材料、碳纤维材料、新型轻质合金材料、记忆合金材料、压电材料等。将新技术、新材料应用于传统的中学物理实验的升级改造，与时代同步，对提高实验教学的效果(实验数据更为精确、可视化程度及实验效率更高等等)，培养学生的创新精神，促进教学改革的深入，均会起到较显著的作用。

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)[S]. 北京：人民教育出版社，2020.
[2] 李志峰，马云霞. 探究“磁场对电流作用力”试验改进[J]. 物理教师，2020(2)：57　59.
[3] 关菲，彭朝阳. 深度学习视域下以创意教具赋能科学教育 以“安培力定量探究演示仪”为例[J]. 物理教学，2024(8)：28　34.
[4] 范旭. 创新实验装置，培养探究能力　　定量探究影响通电导线受力的教学改革[J]. 物理教学探讨，2021(4)：9　11.
[5] 任竟陵. 探究影响通电导线在磁场中受力因素的实践研究[J]. 中学物理教学参考，2022(5)：58　61.

(上接第39页)

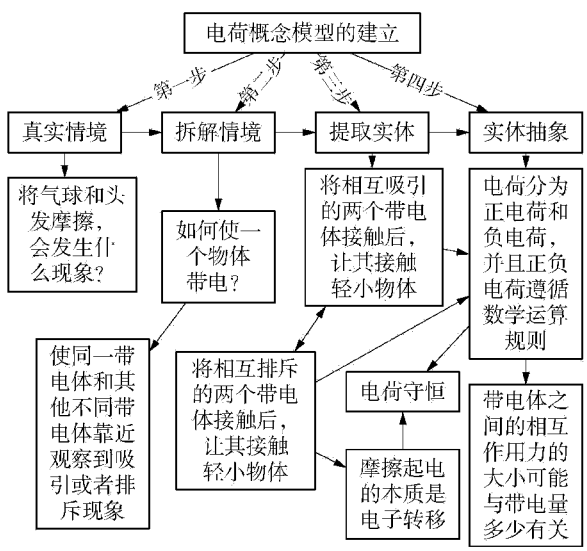


图9　建立电荷概念的问题图谱

出，通过物理建模教学，学生可以将物理概念与真实情境联系起来，发展更深层次的科学思维。随着学习阶段的推进，这种基于模型的思维方式将提高学生的创新能力，为其未来的科研打下坚实的基础。

参考文献

[1] 蒋守霞. 基于初中物理教学角度下的初高中物理衔接教学的策略研究[D]. 苏州：苏州大学，2013.
[2] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022年版)[S]. 北京：北京师范大学出版社，2022.
[3] 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)[S]. 北京：人民教育出版社，2020.
[4] Hestenes D. Modeling methodology for physics teachers [C]// AIP conference proceedings. American Institute of Physics, 1997(1)：935－958.
[5] 唐黎明. 科学思维素养方面“模型建构”5级水平的表现性任务设计[J]. 物理教师，2019(7)：34　38.
[6] 黄冠. 基于学习进阶的初、高中物理衔接教学策略[J]. 中学物理，2022(16)：14　17.
[7] 陈泓敏，钟鸣. 初高中衔接视角下的初中内阻概念教学分析[J]. 中学物理，2024(6)：48　51.

中国知网　https://www.cnki.net