

摘 要

在素质教育的背景下，美育的价值日益突出，为缓解学生认为物理难压力大，对物理学习兴趣不高的情况，本文基于新课程教学理念，通过研究物理美的内涵，从心理学和美学的角度出发，提出将物理美的理念融入物理教学过程。

通过查阅文献，本文深入梳理了美学以及物理美内涵，了解了物理美的审美机制。同时本文梳理了中学物理教学内容中的美学元素，具体分为物理形式之美包括简单美与统一美、对称美、和谐美；物理图像之美包括模式与节奏、隐喻、意象、风格；物理实验之美以及物理探究之美。并总结得出物理教学中融入物理美的教育价值。

通过对中学生以及教师进行调查问卷以及访谈，发现物理美的融入现状不容乐观。以及最能够让学生感受到物理美的形式是物理实验以及小发明和小制作。

本文总结得出物理教学中融入物理美的教学特点：体验性、情感性以及统一性。为了培养学生的审美意识，优化学习体验，提出了五条措施：精心制作内容、培养移情倾向、强调感知意象、塑造美学理解以及培养自我效能信念。作为融入物理美的研究案例，还针对高中物理编写了教学设计，并在学校进行了实践研究，通过对学生进行回访调查，结果发现学生对内容的理解程度以及学习主动性都得到了明显提高，说明将物理美融入中学物理教学可以有效提高学生的学习兴趣以及核心素养。

论文最后对本研究进行总结和展望，认识到在教学过程中融入物理美对于提高学生的学习兴趣以及综合素养具有积极作用，但现阶段对于物理美的理论以及实践研究较少，对于中学物理教学中融入物理美的教学模式还需要进一步研究。

关键词：“物理美”；物理教学；中学物理；美育

ABSTRACT

In the context of quality education the value of aesthetic education is becoming increasingly prominent. In order to alleviate the situation that students find physics difficult and are not interested in learning physics, this paper proposes to integrate the concept of physical beauty into the physics teaching process by studying the connotation of physical beauty from the perspectives of psychology and aesthetics based on the teaching concept of the new curriculum.

By finding the literature, this paper understands aesthetics and the connotation of physical beauty in depth, and understands the aesthetic mechanism of physical beauty. At the same time, this paper sorts out the aesthetic elements in secondary school physics teaching, which are specifically divided into the beauty of physical forms including simple beauty and unity, harmony, pattern and rhythm; the beauty of physical images including metaphor, imagery, and style; the beauty of physical experiments and the beauty of physical investigations. It is also concluded that the educational value of integrating physical beauty in physics teaching.

Through questionnaires and interviews with secondary school students and teachers, it is found that the current situation of integrating physical beauty is not optimistic. The most important thing that can produce the beauty of physics is physics experiments and small inventions and productions.

This paper concludes that the pedagogical characteristics of the integration of physical beauty in physics teaching are: experiential, emotional, and unifying. Five measures are proposed to develop students' aesthetic awareness and optimize the learning experience: crafting content, developing empathic tendencies, emphasizing perceptual imagery, shaping aesthetic understanding, and developing self-efficacy beliefs. As a case study of the integration of physical beauty, an instructional design was also prepared for high school physics, and a practical study was conducted in schools. The results of a return survey of students showed that students' understanding as well as their learning initiative developed

significantly, indicating that the integration of physical beauty into secondary school physics teaching can effectively improve students' interest in learning as well as their core literacy.

The thesis concludes with a summary and outlook of this study, recognizing that the integration of physical beauty in the teaching process has a positive effect on improving students' interest and comprehensive literacy, but at this stage there is little theoretical and practical research on physical beauty, and further research is needed on the teaching mode of integrating physical beauty in secondary school physics teaching.

Key Words: “Physical aesthetic”; Physics teaching; Middle school physics; Aesthetic Education

目 录

中文摘要.....	I
Abstract.....	II
第 1 章 引言	1
1.1 研究背景和意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 研究内容与方法.....	2
1.2.1 研究内容.....	2
1.2.2 研究方法.....	2
1.3 国内外研究现状.....	3
1.3.1 国外研究现状.....	3
1.3.2 国内研究现状.....	4
第 2 章 中学物理教学中融入物理美的基础理论	7
2.1 物理美的内涵.....	7
2.2 物理教学中融入物理美的理论依据.....	8
2.3 物理教学中融入物理美的教育价值.....	9
第 3 章 中学物理教学中的美学元素	12
3.1 物理形式之美.....	12
3.2 物理图像之美.....	14
3.3 物理实验之美.....	16
3.4 物理探究之美.....	18
第 4 章 中学物理教学中融入物理美的现状调查	20
4.1 对学生问卷调查.....	20
4.1.1 调查目的.....	20
4.1.2 调查对象.....	20

4.1.3 调查的设计与实施	20
4.1.4 调查的结果分析	20
4.2 对教师访谈	30
4.2.1 访谈的目的与意义	30
4.2.2 访谈的对象与实施	30
4.2.3 访谈结果与分析	30
第 5 章 中学物理教学中融入物理美的途径及教学案例	32
5.1 中学物理教学中融入物理美的教学特点	32
5.1.1 体验性	32
5.1.2 情感性	32
5.1.3 统一性	33
5.2 中学物理教学中融入物理美的途径	33
5.2.1 精心制作内容	33
5.2.2 培养移情倾向	36
5.2.3 强调感知意象	38
5.2.4 塑造美学理解	39
5.2.5 培养自我效能信念	41
5.3 中学物理教学中融入物理美的教学案例分析	41
5.3.1 高中“牛顿第一定律”融入物理美的教学设计	41
5.3.2 教学实践结果分析	44
结 语	47
参考文献	49
附录 1 中学物理美融入问卷调查问题	52
附录 2 中学物理美融入现状访谈记录	54
致 谢	56

第 1 章 引 言

1.1 研究背景和意义

1.1.1 研究背景

进入 21 世纪以来,为实现科教兴国战略,我国开始推进素质教育改革。素质教育倡导培养德智体美劳全面发展的社会主义事业建设者和接班人。美育同智育一样,都是教育教学中的核心目标。1999 年我国首次将美育纳入教育方针。2019 年国务院颁布的《中国教育现代化 2035》明确提出“五育融合”的教育理念,强调在教学实践中达到德智体美劳的融通状态,最终达到五育共生的最高境界^[1]。美育的应用价值更加凸显。

随着新课程改革的深入,2017 年教育部颁布《普通高中物理课程标准(2017 年版)》,将课程目标由三维目标体系转变为培养学生的核心素养,而物理学科核心素养包括物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任^[2],可以说课程标准对于学生的态度以及责任的培养是贯穿始终的,然而在教学研究和教学实践中,科学态度与责任常常被认为具有高度的概括性和抽象性而被教育工作者所忽视。在中国知网以“科学态度与责任”为主题进行检索,截至 2022 年 1 月,仅有 8 篇文献涉及到对科学态度与责任教学的研究。科学态度与责任在课堂目标中常常被当作其他目标之后的最小的一个课堂目标。而物理美由于其独特的形成方式,不仅能够提高学生的科学探究能力,对于培养学生的科学态度与责任也具有重要意义。

在应试教育的背景下,为了提高教学成绩,教师在实际教学中往往更多的强调内容的客观性,对于内容的人文性与情感性强调较少,导致学生认为书本上的公式天然就是那个样子的,物理就是由各种结论组成的。而物理学科的学习就是逻辑推理的过程,而不是一种动态的具有创造力的探索过程。对于擅长从语言中进行整体思考而不是逻辑推理的学生,则会对物理产生恐惧心理,从而造成对物理的学习积极性不高,远离物理的情况。审美教育在学校中同样被边缘化。从学生角度来看,在学习过程中,学生会更倾向于选择能让他们提高考试成绩的内容,而对于物理学中的美则很少去关注。如何提高学生的学习兴趣,发挥出学生的主动性,成为物理教育急需要解决的难题。

1.1.2 研究意义

基于目前的实际问题以及时代发展提出的要求，笔者选择了“中学物理教学中融入物理美的探索与实践”这个研究课题，在物理学科中融入美育，可以激发学生的学习主动性，让学生主动地投入到物理学习之中，达到课堂客观性与艺术性的平衡，最终提高学生的综合素养。

本论文的研究意义：一方面，梳理并界定了物理美的定义及内涵，明确了物理美在中学物理教学中的重要地位，丰富了中学教育阶段物理教育的研究。另一方面，总结出中学物理教学中融入物理美的途径，并进行了教学实践，试图对如何在物理教学中融入物理美提供实践参考。

1.2 研究内容与方法

1.2.1 研究内容

本次研究的内容主要有以下四个方面：

（1）梳理相关文献：查阅文献，梳理国内外有关物理美的研究现状，界定“物理美”的内涵。

（2）梳理中学物理中融入物理美的部分知识内容与美学资源。

（3）进行问卷调查与访谈调查，通过问卷调查研究学生的学情，通过访谈调查了解教学中存在的问题以及中学教师对于物理美的认识和融入现状。

（4）结合物理美的研究以及实际教学，提出融入物理美教学策略的特点、实施途径和教学实践的案例。

1.2.2 研究方法

（1）文献法：通过查阅和整理文献，了解美学以及物理美教学的研究现状。归纳物理美教学的已有研究成果，查找理论基础。

（2）调查法：通过问卷调查与访谈调查，对现在中学物理美的教学现状进行研究，分析相关数据，得出相关结论。

（3）实验研究法：以笔者实习学校的两个平行班作为研究对象，对两个班级以融入物理美的方式进行教学，最后，对学生进行回访调查和分析。

1.3 国内外研究现状

为了将物理美融入物理教学之中，提高教学质量，教师需要具备一定的美学素养，因此笔者将从美学以及物理教学两个方面来进行论述。

1.3.1 国外研究现状

(1) 美学方面

克罗齐认为“审美即直觉”，尼采认为美完全是主观的，“美感来自酒神精神”^[2]。在西方康德的观点接受度最高，他认为审美的快感是知解力与情感和谐作用而产生的，因为它迎合了人的认识功能；审美情趣没有固定的规则，是自然的个人领悟得到的。他把美分为纯粹美和依存美，纯粹美只与形式有关，而依存美则与客体在个体头脑中的形象显现有关^[3]。

进入新 20 世纪以后，人被放在心理学背景下进行研究，他们将人的认识活动分成认知、情感和意志三个方面进行研究，而情感又包括道德感、理智感和美感。因此他们把科学家在工作中表现出来的审美反应看作是情感反应的特例，其中认知心理学和格式塔心理学对美学观点影响最大。

认知心理学认为美来源于个体情感的映射，其中移情是几乎所有审美活动的基础。他们把审美过程中产生的直觉或者感觉解释为一种基本的感知机制，直觉是基于客观事实而内部心理过程通过联想或者有意识的进行解释，从而将它们结合成为更复杂的感知模式^[4]。

格式塔心理学认为认知具有完形倾向，通过整体进行知觉的意义大于通过所有部分进行知觉之和。当个体忽略背景结构形成整体感觉进行认知时，因为个体理解了系统的内部结构，并且掌握了事物的真相，因此这种感觉的整体性更容易产生顿悟。这种顿悟获得的创造性思维常常会伴随着愉悦感受，这种愉悦感受是带来美的感受的基础。另一方面，在视觉方面，美的事物通过各种元素的整体作用能够给观察者带来美感。而这种美感是以图式的方式呈现出来的^[5]。

许多美学家都认为审美体验是有生物学基础的。头脑似乎渴望秩序，寻找模式、节奏和简单。这说明审美体验就不可能只包括艺术作品，科学中的某些品质也会引起神经系统的反应。

对于在物理学中美与真是否具有一定的关系，爱因斯坦和狄拉克在内的很多科学

家都认为，这个问题的回答是肯定的：他们认为如果一个理论很美，那么它成为真的可能性就更大。因为我们对奇妙事物的审美形式是理性与感性和谐关系的结果，是一种理性的美。钱德拉塞卡在《真理与美》中写道：美是一种指南，是科学家在工作中使用的一种价值。对于物理学中的美，弗拉森曾提出一个令人信服的论点，他对科学和艺术进行了比较，强调了解释在这两个领域中的作用：科学应该像艺术一样，被视为解释自然，而不是代表自然。科学理论和艺术作品都不是完全准确的表达出其本质，它们只给出了在特定程度上符合所选方面的编码表达，因此科学和艺术一样，能够给人想像和美的张力^[7]。因此我们在教学中要让学生走进物理的世界，去感受物理学的真，最终达到能够欣赏物理学之美的境界。

（2）物理教学方面

在西方教育中，对于融合科学美的科学教育也非常重视，例如《国际科学教育手册第二版》中提出“科学学习中应该考虑不同组成成分的影响——社会状况、运动美学感知、知识类型、词汇和句法的语言形式类型。简而言之，必须采用包含认识论，本体论和情感领域在内的多重视角来解决教学过程中的复杂性”^[8]。

欧洲也认识到艺术综合教学对学生成就水平的影响，许多学院开始将艺术引入他们的课程。他们认为学习艺术和学习科学之间具有某种一致性，包括提高学生的自我效能感，导致学生信心增加，同时对于学习本身的态度也会有所改善^[9]。

美国也提出整合课程的理念。整合课程也叫跨学科课程，主张将艺术引入其他学科的课程之中。其中 STEAM 教学理念的主要观点就是将艺术教育引入并整合到 STEM 教学之中^[10]。这种教学策略允许学生运用来自多个不同学科的观点来理解概念的本质，从而对概念达到更深入和全面的理解。那些支持的 STEAM 的人认为接触艺术课程可以增强学生的信心、动机、教师合作、学生合作和创造力，参与或实施艺术可以培养学生对于学习的热爱，这对学生教育具有深远的影响。

1.3.2 国内研究现状

（1）美学方面

蔡仪认为美是客观的，他认为美在于客观的现实事物，是不依赖于鉴赏的人而存在的。美的本质就是事物的典型性，就是在个别之中显现出种类的一般。而吕荧认为

美是物在人在主观中的反应，是主观的。他认为不存在客观的美。物体的美只有能被人感受到才存在，不被人感觉到这种美就不存在。例如，一只雪豹在高山处出没，也许他只是为了寻找食物，而我们却认为它勇敢而坚强。他认为美的本质就是自然的人化，在感觉的过程中人化的对象就是美的对象。李泽厚先生认为美是主客观的统一，他认为美是客观性和社会性的统一。所谓社会性就是社会发展的本质，规律和理想。例如一轮明月的美。不仅仅是由于它是自然的，而且也因为它的社会性。即月亮这个物体是自从有了人类才将月亮纳入人类的认识范围的^[1]。朱光潜先生也支持美是主客观相互作用的，他结合黑格尔的哲学思想、马克思主义的辩证唯物论以及现代心理学的观点，摆脱了形而上的哲学思辨和主客观的二元对立，提出美是主客观的统一，美学的对象是物在我们心中的意象，即“美在意象”。

(2) 物理教学方面

国内最早对物理美进行研究的是杨振宁，他在北京大学举办了“美与物理学”的专题讲座。杨振宁认为物理学之美体现在物理形式之美，理论描述之美，以及理论结构之美。物理形式之美与科学实体呈现出的美丽现象有关，例如彩虹，晶体结构等等；而理论描述之美则是由于物理规律的简洁与和谐而给人的愉悦感受^[2]，爱因斯坦的相对论就是物理理论描述简洁美的典型代表，这种理论之美是科学家最为普遍的美；而理论结构之美则在于将物理定律表达为完美的数学形式，使其具有美的结构。其中狄拉克方程便是理论数学化的美学经典作品。随后解世雄出版了《物理文化》^[3]。兰梅出版了《美丽之问·宇宙万物的大设计》。他提出，艺术家是从一个意念或者幻想着手进而制作出一件实物，换个角度来想，自然世界也可以当作是一件天工神作的艺术品。如果想要了解自然世界的真实美感，我们不仅需要需要科学家的理性认知还需要结合艺术家们的感性见解^[4]。

随着教育部要求全面加强和改进学校美育工作的提出，学科美育价值得到进一步的发掘。一线教师对于在物理教学中融入物理美展开了理论研究。闫守轩认为教学中美育融合应该是默会的而非显性的。对于美育融合的评价问题，他强调构建欣赏性的融合评价体系^[5]。查有梁提出了五种审美的教育模式，包括趣味模式、形象模式、和谐模式、奇异模式、幽默模式。对于创建美的教育实践中，应该从审美观点出发，选择一组对立的范畴进行转化，从而达到立美建构^[6]。

通过论文检索，笔者发现国内对于物理美的研究文献越来越多，但通过阅读相关

文献，笔者发现这样一个问题，一方面，研究美育的人具有很高的美学素养，但是往往没有物理学科的教学经验，因此对于物理教学中融入物理美的研究总是理论分析较多而实践研究较少；另一方面，对于中学物理教师，他们虽然拥有丰富的教学经验，但是美育理论修养不足，对于物理教学中融入物理美的研究大多就事论事，未能将教学经验提升到理论层面，缺乏普遍性。

第2章 中学物理教学中融入物理美的基础理论

2.1 物理美的内涵

“美”在汉语字典中的注释是：美好的事物往往给人愉快的感觉，“美”有令人满意的意思，所以一切能够引起人的愉悦体验的事物都可以称为是美的，而人对美的事物的欣赏过程就叫做审美。

首先我们要弄清楚，事物是内在的美，还是美是存在于观察者的眼中？这场争论的双方都有美学家。还有一些人不同意这两种极端的观点，认为审美体验是主体和客体之间积极的相互作用。“审美态度”的理论认为：如果经历了思想和感觉的特殊混合，无论是一件艺术品还是科学作品，任何东西都可以是一个审美对象^[18]，我们在感知某物时会发生移情，我们会变得极其投入于所感知的事物，以至于我们会通过感觉自己身体的移动来模仿物体的形式，此时我们会感觉到自我与物体融为了一体。

事实上，对任何学科、课程的学习，当我们深入其内部去探索，心灵从感觉过渡到思维要经过一个中间心境，在这种心境中感性与理性同时活动……这种中间心境应该特别地称为自由的心境。而这种心境就是“审美状态”^[19]。审美状态是学生在接触物体时由浅入深，由外在到内化的必经过程，学生在学习时只有经历了审美状态，体会到物理学之美，达到了美的境界，才算是真正的理解了，学透了，才可以形成自由的价值观以及迸发出创造力。

国内学者邢红军教授关于物理美作出这样的定义：“所谓物理美就是在物理研究或学习中，通过理性和感性的相互交融在人的头脑中所形成的感性形象（即意象），是人在物理认识活动的基础上，对其中的物理图像再创造所形成的情、景、理相互交融的世界，即审美意象”^[20]。

在实际生活中，某些具有固有属性的物体，更有可能引发审美体验。哲学家门罗·比尔兹利认为，审美对象的三个特征是最重要的：统一性、复杂性和强度。对生物学家赫胥黎来说，美是一种模式、简洁和多样性统一的复合体。他认为美意味着简单，简单的统一，以及和谐节奏和平衡，而平衡的最终形式是对称。古希腊哲学家柏拉图认为美的事物超越其自身，而指向真善美，是遍觉顽石乍现美玉，历经有涯求得无涯，超凡脱俗臻尽至圣^[21]。亚里士多德则认为美的事物是元素的对称与和谐。哲学家康德认为：美的事物在于我们心中激起特定的满足感受。

通过以上来自不同领域的科学家的观点，我们可以发现，美不仅存在与哲学艺术领域，在生物学，物理学以及化学领域中也普遍存在。实际上科学家经常将他们的工作描述为美丽和巧妙的，并且将追求这些品质作为驱使他们工作的动力。正如庞加莱所描述的，“科学家研究自然不是因为它有用；他研究它是因为他喜欢它，他喜欢它是因为它很美”。同样，对科学观点和发现中固有的美的意识也必然会吸引我们去学习它。从这个角度来看，学习物理应该视为一种综合的行为，而不是单纯的认知或推理。

融入物理美的教育的最终目的就是要让学生在感性和精神力量上达到整体的和谐。融入物理美的教育要求学生去审视课本上的各种理论，需要引导学生用理智与情感去认识、感知、理解、评价和判断世界上的所有存在，与这些存在形成一种形象的、情感的、本质力量对象化的关系状态。

2.2 物理教学中融入物理美的理论依据

许多批评者认为强调美学在课堂上是多余的。长期以来，人们都认为美育是一种额外的东西，是一项在核心内容被掌握后附属的教学任务。科学和美学在教学中长期以来一直相互隔绝。但根据最新的理论表明，学习的各个目标不是发生在不同的孤立过程之中，而是被合并到一个共同的活动之中。只有将各种因素统一起来，学习才能是达到深度理解。

（1）多元智能模型

加德纳认为智力的多方面结合的方法构成了学习中的主动构建的学习动力。一个人可以通过经验、以及在各种环境中通过正式和非正式的互动来积累知识。“正常人要在文化领域内或跨文化领域发挥作用，必须协调几种智能或能力。包括语言、逻辑-数学分析、空间表征、音乐思维、利用身体解决问题或制造事物、理解其他个体以及理解我们自己”^[22]。每个人在这七种智能中的能力各不相同，因此在教学中嵌入美学可以作为学生通过获取各种智能来探索更深层次理解的方法^[23]。

（2）杜威的艺术观点

杜威认为，艺术并不遥远，艺术来源于日常生活经验，“艺术即经验”，这种经验包括原始的经验以及认知的经验，后者是前者的反思与提炼。前者和后者的关系并不是分开的，而是统一成一个整体。杜威认为艺术和审美经验“将日常经验中的所有因素都更加完满地结合成为一个吸引人的、发展着的整体，这个整体提供了一种令人满足的情感”。根据艺术的经验性质，他提出能够带来美感的艺术作品是存在于某个独特的经

验中，而不是孤立的个体^[24]。如陈列在画廊里的画是孤立的，只能称作艺术产品，而不是一个具有美感的艺术作品。因此杜威强调一方面从日常生活中发现美学因素，另一方面需要将这些艺术品融入经验中以使其能够转化为独特的艺术作品。

在经验中产生艺术的方法主要有以下三个：冲动表现化，我们在经验的过程中要将本能的内在原始冲动转化为有目的的、有意义的行为；情感客观化，我们在表现行为的过程中，要将情感与产生情感的特殊情境或客观事物相联系，情感对知觉对象具有选择和组织的作用，而被组织的对象又反过来加强和完善个人的情感。正是通过这种相互作用，将最初的粗犷、模糊的情感转变为更清晰和完满，而这种经验也变成了独特的和审美的；形式过程化：由于形式是艺术家或者科学家通过个人知识获得洞察后，为了便于交流，转化而来的抽象概念，因此，其他人在欣赏艺术品时也要以同样方式对艺术作品结合个人经验进行个性化的解读。

根据杜威的美学观点，我们在教学中要将由物理学家根据自己的经验总结而来的物理知识转化到一种富有学生经验的情境之中，在活动中进行教学。传统的死记硬背的方式是将理智和情感分隔开，将知识孤立的传授给学生。这种孤立的方式，既不是科学家创造知识的方式，也不符合我们大脑的认知倾向。

2.3 物理教学中融入物理美的教育价值

(1) 有利于体验更真实的科学图景

教科书中的内容往往是合乎逻辑的、井然有序的。而科学家私人真实的研究世界是混乱、无序和令人兴奋的。课本中的科学内容是客观的、实事求是的；而私人的科学则是主观的，感性的。虽然课本上的内容可能在智力上令人兴奋，但它的美学维度比私人科学更隐蔽。因此学生们认为物理是冷漠的、没有感情的、不可接近的。在物理课程中讨论科学的私人方面，包括美学，可以给学生一个更丰富、更真实的科学图景，并且可能更令人兴奋和着迷，达到智力和兴趣的平衡。学生也可以更容易地看到科学的本来面目：一种充满激情的努力，一种充满美丽、快乐和兴奋的努力过程。而对自然的客观研究是由主观的“求知欲”推动的。

在平时课堂中强调美学也意味着在科学探究中更多地关注意象和隐喻的使用。由于科学通常被描绘成基于事实和客观的，科学的这些方面通常被忽视。把它们包括进来不仅会让学生对科学有更好的了解，还会让他们看到一幅更丰富、更有趣的画面。意象和隐喻对每个人的思维过程都很重要，不仅仅是科学家的思维过程，所以在每个

课堂上都应该给予更多的关注。

(2) 有利于改善学生态度

学生对物理的敌意大部分是源于无助感和失败感。学生们认为物理太难理解，是他们无法涉足的艰难领域。这些消极的感觉必须被更积极的感觉所取代，才有可能激发出学生的主动性。而这些感觉通常都与审美体验相关，例如愉悦、快乐和自信等等。

女性的学习方式在某些方面不同于男性；女性更倾向于从语言中进行更全面地思考，不太可能将主观与客观相分离。如果提出的科学观点时既强调物理客观的一面，又强调物理审美的一面，女性可能会对科学更感兴趣，改变以前物理更适合男生学的印象而造成女生积极性低的现象。

(3) 有利于培养学生价值观

对于所有学生来说，将美学引入物理课堂增强了对自然世界的感知，在基础教育阶段，学生们不仅带着对科学概念的先入之见来上课，而且带着对科学的感受来上物理课。正如现在教育者更加关注前概念一样，对科学概念的前感受也需要关注。从事科学探究学习可以是一种愉快的经历，这一点必须在物理课上明确地表达和说明出来。在教育教学中，这一点做得越早，在随后对物理的兴趣方面就可能越积极。培养对物理的兴趣应该是基础物理课程的目标之一。在这样的课程中引入物理的美学维度还有一个好处，那就是在学生关于物理冰冷和理性的观念固定之前，尽早给出一个更全面的科学观。即科学是美丽的、戏剧性的、可怕的、令人愉快的和令人惊讶的。

在对融入物理美学维度的课程中，还会讨论风格和品味如何影响研究人员的工作。学生可以感受到审美不仅是人们从事科学的欲望的基础，也是对具体作品做出判断的依据。这将是一个很好的方式来介绍科学中的整个价值观问题，价值观还可以用来说明一个相关的观点：错误在研究过程中扮演的角色。科学家和其他人一样也会犯错；由于对一个理论所具有的美的看重，即使面对与之相反的证据，这个理论有时也可以被接受。因此科学研究不仅仅是完全依靠理性的；这两点对学生理解物理很重要。事实上，我们纳入美学维度的核心论点是：它使教师更容易纳入科学的主观方面，介绍风格和品味在研究中的作用，讨论科学中的价值和错误，以及看待科学的感性和隐喻方面。换句话说，它让老师更容易展示科学的丰富多彩。

(4) 有利于提高学生的创造力

基于大脑的研究发现美育对智力具有积极的影响。参与美学可能为学生提供更多

的创造性渠道，美学维度及其经验过程可以让学生探索和释放多元智能，并从学习经历中获得快乐。融入美学维度的课程可以增强学生的信心、动机、教师合作、学生合作以及师生有意义的互动。融入美育的物理教学，学生会感受到艺术和科学有着相同的使命——发现和创造。融入美学的教育要求学生在学习科学概念时，通过想象结合生活经验将符号公式转化为公式创造时的图像，经过类比相似图像创造性的的出科学概念。在这个过程中学生的思维经历了从幼稚思维到科学思维的转变。提升了想象力和创造力。为他们将来解决复杂问题提出创造性解决方案提供了经验。

第3章 中学物理教学中的美学元素

物理美的核心品质是秩序，所有的其他品质，如图案、形式、节奏等，都是秩序的表现。从本质上来看，物理是从我们周围的世界中寻找秩序^[25]。

如果我们想要让学生对物理感兴趣，我们必须做到以下两步，首先我们必须表达出我们的惊奇和喜悦。如果一个特别的想法让我们觉得有趣，那么我们应该让学生知道这一点。然而仅仅告诉学生某样东西是美丽的是不够的，我们的第二项工作就是向他们解释为什么我们觉得一个想法如此令人愉快。在这个角色中，我们应该像一位优秀的艺术评论家一样：陈述我们的偏好，然后证明它们是正确的。我们不仅要引导他们理解一个科学概念，而且要欣赏它，主动去体验他。要做好这一点，我们需要对物理的美学维度有所了解。笔者将中学物理教学中的内容依据美学维度分为四大类，四个维度。

3.1 物理形式之美

(1) 简单美和统一美

我们在自然界中的物质以及发现具有多样性，为了方便理解，大脑倾向于使用统一性来理解。科学的进步的每一步都是发现了一种新的秩序，使长期以来看似不同的东西统一起来。与统一相关的还有另一种美学品质，那就是简单。当事情有秩序、有组织的时候它们看起来很简单，物理学的目标是用一个只有几个基本定律的完整理论来代替许多物理定律对自然的描述。虽然大脑有简化的倾向，但非常简单的事物本身是不具有情感价值的。大脑更渴望在多样性中寻求统一，在复杂性中寻求简单。这也就是为什么物理学家称他们的统一理论是美丽的；这些理论有能力统一自然界的各种力量，简单地解释宇宙的各种复杂性。例如物理学中的牛顿三大定律可以统一力学，麦克斯韦方程组则统一了电学与磁学。在学生学习电场时，可以设置重力场以及电场的表格进行辨析，最后引导学生得出场概念具有统一性，建立了物理观念，通过两者性质类比更容易让学生理解场概念的性质。为之后学习磁场奠定了观念基础。

表1 重力场与电场的类比

Table 1. Analogy between gravity field and electric field.

重力场		电场
重力	$F = mg$	$F = Eq$
场强	$g = \frac{F}{m}$	$E = \frac{F}{q}$
	考虑场源忽略向心力时: $g = \frac{GM}{R^2}$	考虑场源时: $E = \frac{KQ}{R^2}$
场中 能量	重力做功只与初末位置有关, 与运动路径无关。 等高线: 重力场中高度相同的点构成的线。 物体在等高线上移动, 重力不做功。	电场力做功只与初末位置有关, 与运动路径无关。 等势面: 电场中电势相等的点构成的面。电荷在等势面上移动时, 电场力不做功

学习“功与功率”时, 初中学习过计算恒力所做的功的公式为 $W = FL$ 。这个公式只适用于力与运动方向共线的特殊情况。而在高中只需要在原有公式中增加一个因素, 公式的使用范围就得到极大的拓展, 即 $W = FLCOS\theta$ 。从而让学生体会现实情况中广泛的情况只需要简单的公式就可以解决。体会到物理公式的简单美。

(2) 对称美

对称是现代物理学的美学要求: “对于物理学家来说, 美意味着对称”。对称性意味着一事物在特定变换下的不变性。物理学家都在自然法则中寻找诸如平移、旋转、时间和相对论坐标变换下的不变性。对于一些科学家而言, 寻找不变定律一直是科学美学的驱动力^[26]。在自然界每一种对称性都会有一个守恒定律与之对应, 例如: 系统内的物理性质相对时间上是对称的, 则可以得出能量守恒定律。在学习动量守恒时, 动量守恒定律反映了物理规律在空间上的对称性。在学习镜面反射时, 则反映了反射图像与原图像在空间上的不变性, 简谐振动的对称形式等等, 都能够给人一种对称的美感。库克认为, 对称的美实际上来自于一些轻微的不对称倾向。它们创造了一种活力, 一种张力, 相比之下完美的对称看起来是静态的, 无趣的, 例如热力学系统进行可逆循环变换过程中的能量守恒, 以及由不平衡状态向平衡状态转变的过程。单摆在运动时由于存在摩擦, 能量总会越来越低, 不符合绝对的对称, 表现为残缺的对称,

但在理解其原理之后，这种由于阻力导致的不完美形式却显得那么的和谐，比完美的对称更加的真实。

(3) 和谐美

和谐起源于各部分多样性的统一。物理描述了一个多样性，有秩序的世界，物理中的各种理论在结构上也是互相联系的，各部分相互之间构成了一个和谐的整体。例如牛顿经典力学适用于解释宏观现象，后来发展出的以爱因斯坦为代表的量子力学则适用于微观领域，虽然解释的领域不同，但量子力学在解释宏观现象时与经典力学的推理是一致的，量子力学不是推翻经典力学建立新的理论，而是两者达到了完美的和谐统一。对于和谐之美的追求也指引着科学家对自然的探索。古希腊毕达哥拉斯学派认为宇宙是和谐的，他们认为数主宰万物并构成了世界和谐的根基，美就是数字在比例上的和谐。所以他们研究出整体与部分的比例达到黄金比例时最能够引发人的美感。在宇宙和谐观点的指引下，他们认为天体运动情况一定是和谐的，而天体的运动也一定是在完美的圆形轨道上运动，而宇宙中的天体数目应该是最完美的整数 10 的倍数等等。因此最初受到毕达哥拉斯学派观点影响的开普勒，对当时已知的天体数目是 9 而不是 10 而颇感好奇，“我所关心的是天体的数子为什么正好是 9”，第谷、托勒密以及最初开普勒他们在这种宇宙和谐思想启发下试图将天体运动构建为完美的圆形轨道。最后开普勒经过大量数据分析得出了开普勒第一定律，开普勒第一定律提出天体运动不是完美的圆形运行轨道，而是以椭圆轨道运行，现实数据的结果违背了宇宙是和谐的美学观点，但开普勒认为仍然坚信和谐的正确性，于是开普勒继续研究，终于发现了开普勒第三定律，重新找到了宇宙和谐。虽然天体的运行轨道不完全和谐，但所有天体运行的半长轴的三次方与它的公转周期的二次方的比值仍然是相同的。最终在和谐美的指引下他打破了宗教的愚昧统治，发掘出宇宙的真理。

3.2 物理图像之美

科学图像有多种形式。一些是具体的，如照片和其他插图。另一类是科学家创造出来的不可观察的图像。大多数科学家都认为，科学图像在理解和创造科学内容中的重要性极为重要，而且它们有助于学习者在本质上接受科学观点。

(1) 模式和节奏

物理形式的美学品质还有模式，它可以被定义为任何有序的数组或者图案。科学家们一直在寻找着这种模式，例如天体的运动形式、物质的循环、月相的变化等等。

自然界中最普遍的模式之一是一种时间模式，科学家称它为节奏。节奏是一种审美品质，也是生命的固有特征。生命特征是表现为运动的，但这种动态是遵守特定规则限制的，从细胞周期到生命周期都是有节奏的。这些节奏夹杂在自然世界的节奏中：地球绕其轴和围绕太阳的运动，以及月亮围绕地球的公转。还有一些波形声音、电磁辐射和亚原子粒子。生活在这样一个有节奏的宇宙中，我们的身体本身又有如此多的节奏过程，因此我们很容易对节奏会产生反应，节奏、对称可以看作是我们这个人类的心跳或神经脉冲的美学回响。例如单摆的摆动，简谐振动的周期等等都具有模式与节奏的美感。

(2) 意象

图像是某物的复制品。图像可以是一件实物模型，也可以是一个精神模型。许多科学家将通过移情产生图像并从中获得的见解置于通过逻辑获得的见解之上。乌兰姆曾说：费米拥有“一整套重要定律或效应的思维图片、插图，他优先使用这些图片和插图，而不是他高度发达的数学技术”。爱因斯坦也曾说：假如一个人的速度快到和光速相同，那么他看到的光肯定是在原地振荡的电磁波。他说他是在一幅幅图像和画面中思考，得出洞察后再翻译成语言文本。他甚至断言，没有科学家是利用语言进行思考^[27]。例如：在物理世界中研究时，现实中的一切物体经常使用质点模型进行代替；伽利略思考物体运动时所设想的理想斜面的图像，以及物体在完全无摩擦的轨道上会一直运动下去的图像；两个磁体之间存在的磁感线；两个电荷之间存在的电场线等等都有助于学生体会物理学中的图像之美。

(3) 隐喻

物理学家马克认为，隐喻和类比都是重要的心理理解和教育工具。物理学家费曼也曾写道，除非靠类比和隐喻，否则我们无法认识思考任何事物。通过在两个事物之间做联系可以改变我们对这些事物的看法^[28]。例如，当我们说心脏是人类核心的供血器官，我们是在对人体组织进行机械的观察；而如果我们说心脏是一个泵，引导我们的思想进入到这些通道。我们就会让这个心脏泵看起来更加生动。哲学家强调了隐喻是我们思考方式的核心。我们只有把未知和已知联系起来才能理解我们周围的世界。隐喻还通过将科学概念与学生日常生活中感兴趣的想法联系起来，激发了我们的兴趣。隐喻不仅仅是我们解释发现的一种方式，它还是科学发现不可或缺的一部分。隐喻将两个完全分隔的观点产生联系，从而提出创造性的发现。例如，在普遍支持牛顿所提

出的光是一种微粒时，托马斯·杨在观察到光的干涉条纹现象时，将此现象与水波干涉进行类比，从而创造性的提出光的波动说。将对于光的本质探讨推到了新的高度。在科学教学中，隐喻也有助于学生学习，因为它们简洁、生动，能够表达出语言不可表达的内容。例如：诺贝尔奖获得者拉蒙·卡哈尔将中枢神经系统同花园相联系。他写道，神经系统的花园向研究者展示了迷人的景象和无与伦比的艺术情感。在其中，我的审美本能终于得到了充分的满足。就像昆虫学家在寻找色彩鲜艳的蝴蝶一样，我的注意力集中在灰色物质的神秘花园中寻找像神秘蝴蝶一般精致优雅的细胞中沉迷了^[29]。威尔逊同样揭示了研究原子结构时的发生的联系，“我建造云室时没有任何迹象表明有一天它会被用来研究亚原子粒子的反应。恰恰相反，我开始是试图重现我在攀登苏格蘭山峰时荣耀和冠状般的的感觉”。他将研究神秘的原子结构与攀登产生了联系。

(4) 风格

在科学中，美学的品味决定了科学家的研究风格，决定了一个人做科学的方式。美在科学探究中作为一种价值而发挥作用，它将探究时所需要的认知和情感因素紧密地结合在一起。在科学研究中，探索真理的较为典型的两种方法，第一种是通过理论推导，得出见解，再通过实验进行验证猜想的方法。例如牛顿发明了微积分最终发现万有引力定律；爱因斯坦通过创造性的思想提出了相对论。另一种则是通过实验发现现象，发展解释现象的理论，最后将理论转化为数学表达式的方法。两个方法的都有各自的成就^[30]，例如在研究天体运动中，第谷首先观察了大量数据，并进行了理论探索，最后开普勒得出理论架构，最后牛顿在这个基础上才发展出牛顿三大定律。在电学中，安培和法拉第也是在大量实验现象中逐渐总结得出电磁学的理论，最后麦克斯韦进行归纳统一为麦克斯韦方程组。在这种探索过程中，科学家往往带着各自的美学追求进行探索。

科学的研究风格像艺术风格一样，经常反映了当时的文化特点。例如亚里士多德由于时代的限制，他主要是通过逻辑思辨的方式来对自然进行探究。而伽利略则发明了实验与合理外推的研究方法，开启了现代物理学的发展。

3.3 物理实验之美

物理实验被称为是美的，最早是出现在诺贝尔物理学奖得主密立根的实验室日志中。物理学家在日常的实验中往往在不可避免却又无法预料的情况下会发生一件事，它以直截了当，不带任何问题的方式向我们呈现了重点，于是重塑了我们的见解，让

我们摆脱了混沌，改变了对自然界的信念，科学家往往会称这种时刻很美^[31]。

我们如何在不拉开长尺环绕赤道的情况下，知道地球的周长呢？在不飞到外太空的情况下怎么知道地球在自转呢？科学家只需要通过使用简单的物品巧妙的布置一个事件，就可以将答案呈现在我们眼前，答案由混沌浮现，这是我们就说科学家的实验让世界的谜团开口说话了。实验中我们在赞叹科学家的智慧的同时，也被实验所展现的结论所折服。实验之美就在于它是如何让本身所含有的元素开口说话的。哈代曾评价实验之美的准则为出乎预料、必不可免和简约同时还有深度，足以改变我们对这方面的认识，实验的结果就是定论，不需要进一步归纳或者推理^[32]。枝形吊灯的摆动，射穿棱镜组的光束，摆锤振荡面的绕圈缓慢进动，同时放开不等重物体而同时坠落，油滴下坠速度之比等所有的项目，只要按照合适的方式布置，都能展现世界的某种本质。因此美国的科学家将最美丽的科学之魂定义为：最简单的仪器和设备，最根本、最单纯的科学概念，就像是一座座历史丰碑一样，解除了人们长久的困惑和含糊，开辟了自然界的崭新认识。

美的实验通过最简单的事物带领我们进入了有意义的自然领域。而美带领我们进入观念的领域，同时也让我们停留在感官的世界。实验之美的形式可以是多种形式的。有些具有总体之美^[33]，例如法拉第在为儿童进行了数次公开演讲，讲述了蜡烛燃烧的故事，法拉第形容蜡烛“很美”，火焰燃烧的温度把蜡烛溶解，同时向上抽动气流来冷却边缘的蜡，形成杯形融蜡，融蜡小池能保持水平，是因为受到把大千世界束缚在一起的同一种力——重力。毛细现象将杯中的融蜡反吸上去送到顶端火焰，而顶端的火焰产生各种生化反应。法拉第说，蜡烛之美在于燃烧时所仰赖的各式各样的繁杂的科学原理，也在于这些通则结为一气的简约和优雅。另一部分则具有广阔之美，把规模迥异的元素连接了起来。例如埃拉托色尼早在公元前三世纪，他仅仅使用日晷的影子就可以测出了地球的大小。他的实验之美就在于只是借助细微的影子长度测定，就有可能觉察宇宙尺度的规模，以小处测量广度，拓展了我们的眼界，让我们了解影子长度可以和地球外形以及与太阳的远近以及时间循环相联系，这为我们对世界的提供了新的观察方式。另一部分则具有朴素之美，以其赤裸单纯的特性吸引我们，来彰显纯粹的形式之美，例如在体会大压强的存在方面，可以通过观察抽真空后厚重金属容器的形变来实现。或者将水雾喷出后出现的美丽彩虹现象以及将一束太阳光通过三棱镜折射后出现的彩色带，将彩色带再次通过三棱镜后又变成了一束白光。而有些则是壮阔

之美，带了些微大自然的最不可思议，最无边际、以及最骇人的力量，令我们叹服。例如展示特斯拉线圈以及法例第笼的实验时，以及人工模拟龙卷风，北极光等实验时，学生即使对人类如何制造出如大自然最具破坏力的杰作的原理不感兴趣，也会被它风驰雷形，万物归寂的视觉所震撼。

在物理学中，还有一类特殊的实验，它们并不需要实验室内的仪器设备，也不需要很多的科学探究小组，通常只需要一个人，所需要的实验步骤也只发生在他们天才的大脑之中；而实验的结果却可以推翻前任的理论，建立新的概念，甚至引发伟大的成就^[34]。这种实验就是思想实验。例如在经典物理中有，伽利略通过假设改变 V 形光滑导轨倾斜度的思想实验，改变了物体运动需要力来维持的观点，得出惯性定理。同样，伽利略设想把一个重球和一个轻球绑在一起和单独一个重球下落时，最终两球不会同时落地的思维实验，改变了重的物体下落的快的错误直觉。牛顿设想在高山上发射不同速度的大炮的思维实验，得以将天上行星运动的力和地面物体的力统一起来，得出万有引力定律。牛顿通过水桶旋转思维实验，得出了绝对空间的存在。但随后又被马赫证明这是由于起决定性作用的遥远天体“参考系拖拽”作用发生的。虽然牛顿得出了错误的观点，但这个实验却对科学家探索真理提供了重要的支点。在量子物理学中同样有著名的四大神兽：分别是薛定谔的猫，麦克斯韦妖，拉普拉斯兽，芝诺的龟。以及爱因斯坦在相对论中的双生子佯谬以及等效原理等等，都体现了物理学史上最伟大的智慧结晶，当我们回番欣赏时，其中闪耀的智慧光芒必能给我们随世界的认识带来启迪。让我们发现到世界的真理的同时，也伴随着物理学世界美的感受。

3.4 物理探究之美

科学中的审美体验不仅仅是对研究对象的欣赏。科学探究本身可以是一种审美体验。科学探究的过程不是一蹴而就的，往往需要无数科学家付出热情甚至生命的代价。它有时包含怪诞，但也常常包含着崇高的元素。新发现、新解释、新理论植根于对新奇的探索，这个过程中具有戏剧性、悲剧性和喜剧性的元素。

除了对科学发现之美的欣赏。学生在进行探究学习时也会伴随美的体验。杜威认为，任何经验都可以是美的，因为它是一种体验，它是一种增强的生命力并标志着与世界的积极的交易。它标志着自我与世界完全的相互融合^[35]。没有比这更好的描述科学探究的美感了。阿列克森伯格说，艺术家和科学家的审美经验之间没有区别；它们之间没有显著差异。无论是一件艺术品还是一个科学理论或发现，他们都能感受到一

个发展中的想法的张力和一个成功创造的喜悦。对于科学家来说，发现的快感，对新奇的渴望得到最终满足是任何感觉都无可替代的。

科学带来的对自然更深刻的理解也是一种乐趣。虽然月亮有明显的外部美感，但理解月亮之所以具有阴晴圆缺，形态不同是因为它在绕地球转动，而使它按照这种模式运动的原因是由于受到和我们之所以在地球上的同一种力的吸引所导致的，深入的理解这些原理具有更大的美感。这种快乐不仅来自于新事物的发现，还来自于个人对新事物的看法。

第 4 章 中学物理教学中融入物理美的现状调查

在实习期间，笔者对实习学校物理教学中融入物理美的实施现状做了调查，初步了解了目前中学物理教学中融入物理美的现状。本次调查包括对学生的问卷调查和对优秀老师的访谈调查，分别从学生和教师的角度获知他们在物理学习和物理教学中融入物理美的认识和看法。

4.1 对学生问卷调查

4.1.1 调查目的

随着新课程改革的逐渐深入，课堂教学越来越重视人的因素而不是知识，更加注重培养学生的核心素养，而不是机械的传授知识，本次调查基于新课程理念进行调查，期望了解学生对物理的学习情况，学生对“物理美”的认识以及教师在课堂授课中物理美的融合现状。

4.1.2 调查对象

本次调查的对象主要是安徽省阜阳市某中学的高一年级 11 班（48 人）和高一年级 8 班（52 人）。两个班级共发放 100 份，回收 100 份，问卷回收率 100%，有效率 100%。

4.1.3 调查的设计与实施

本次调查共设计有 17 道选择题。本次调查的设计重点有以下几个方面：第一对物理与物理课的态度（第 1-4 题）、第二物理学习过程中的困难点（第 5-6 题）、第三对物理美的认识（第 7-15 题）、第四物理美在课堂中的融入现状（第 16-17 题）。

调查问卷的发放时间为晚自习的物理习题课，全部 100 名学生参与调查，在发放问卷之前对学生声明这只是一次研究调查选项不涉及对错，调查结果也完全匿名提交，结果只作研究之用不作任何其他用途，不会对参与者产生任何影响。学生回答过程中调查者不作任何干预。

4.1.4 调查的结果分析

表2 问卷调查数据结果统计

Table 2. Statistics of Questionnaire Data Results.

题号	A	B	C	D	E
1	31	47	22	/	/
2	15	54	31	/	/
3	67	45	14	11	/
4	70	52	18	36	/
5	12	49	36	3	/
6	63	41	27	48	/
7	38	31	68	47	/
8	52	74	69	30	14
9	20	71	9	/	/
10	43	51	6	/	/
11	27	65	8	/	/
12	29	53	18	/	/
13	51	32	17	/	/
14	16	39	45	/	/
15	63	69	74	81	/
16	26	59	15	/	/
17	14	53	33	/	/

(1) 对物理与物理课的态度

从问卷调查的结果可以看出,对物理感兴趣的学生接近31%,对物理的态度兴趣一般的学生占比47%,只有22%的学生选择不感兴趣。第2题中,对于学生对物理课的兴趣程度,13%的学生选择感兴趣,54%的学生选择了一般,而33%的学生选择了不感兴趣。说明中学物理内容以及物理课堂对于大多数学生缺乏足够的吸引力,目前课堂教育还需要进一步改进来适应学生对于物理的期望展开方式。

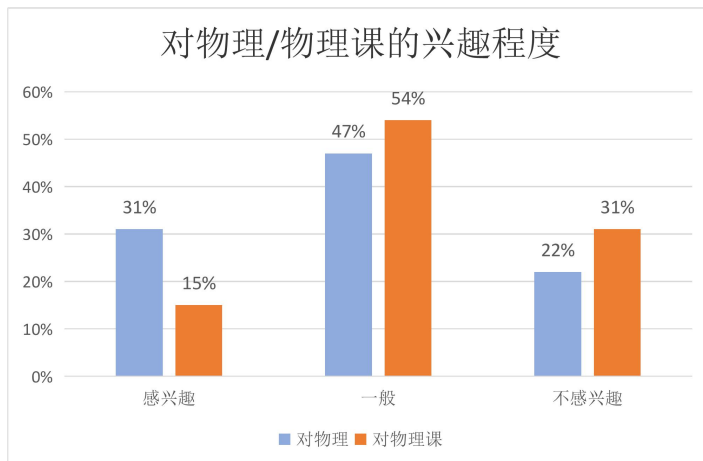


图 1. 第 1、2 题问卷统计数据

Figure 1. Questions 1 and 2 questionnaire statistics.

第 3 题中，他们对物理课的兴趣主要是取决于老师授课方式占比 67%，45% 的学生认为物理课讲授的内容决定了他们对物理课的兴趣，而作业难度和强度的影响以及考试成绩的影响相对较小，分别是 14% 和 11%。说明教师的讲授方式以及讲授内容对于学生的学习态度影响较大，也是影响学生态度的主要原因。如果要改变学生的物理学习态度，教师应该改进自己的教学方式，增加讲授内容的吸引力。

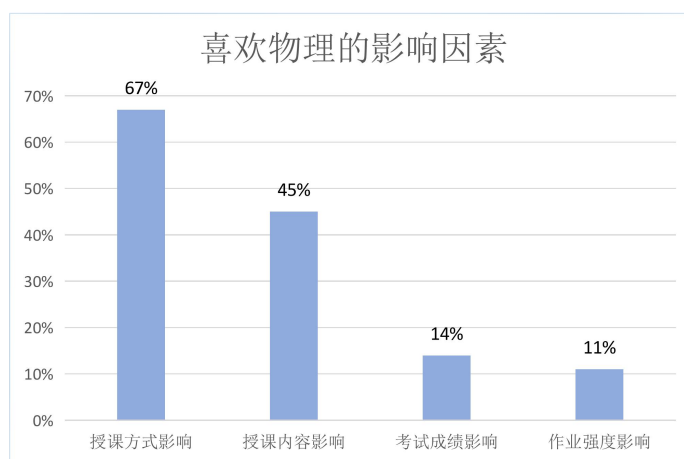


图 2. 第 3 题问卷统计数据

Figure 2. Question 3 Statistical data of questionnaire.

第 4 题中，关于学生学习物理的动力来源，学生学习物理主要是为了应对升学考试和提高生活就业技能，分别占比 70% 和 52%，有 18% 的学生是为了完成家长或老师的要求而学习物理的。因为对物理喜欢和兴趣学习物理的，只占 36%。说明目前学生学习物理的动机主要是外部动机，主动选择物理的学生较少。

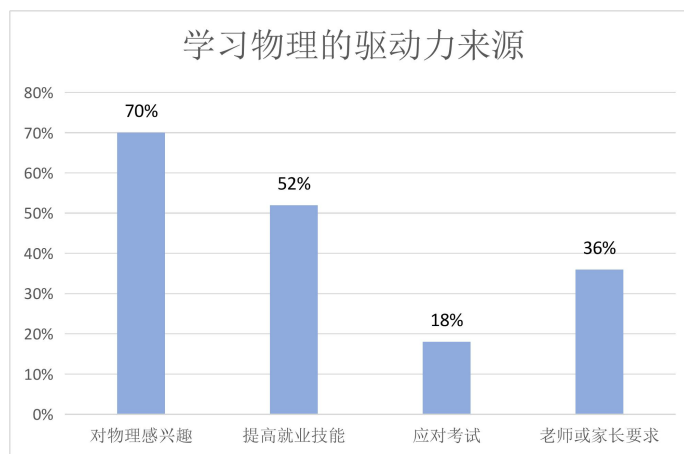


图 3. 第 4 题问卷统计数据

Figure 3. Question 4 Statistical data of questionnaire.

(2) 物理学习过程中遇到的困难点

第 5 题，对于物理学习的难度，12%的学生认为物理很难，49%的学生认为物理比较难，36%的学生认为物理比较轻松，3%的学生认为物理一点也不难。选择物理很难以及很简单的人数比较少，说明目前中学内容在学生理解程度上属于中等难度，大部分学生可以通过学习理解和掌握。

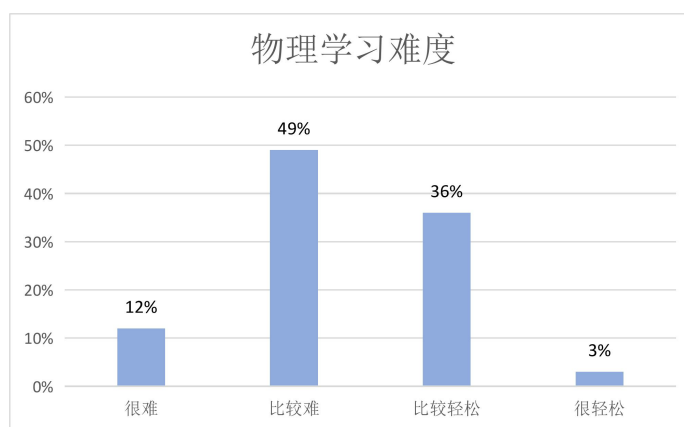


图 4. 第 5 题问卷统计数据

Figure 4. Question 5 Statistical data of questionnaire.

第 6 题，对于学生认为物理学习的困难点，63%的学生认为个人经验与所学知识难以产生共鸣、41%的学生认为难以深度理解物理内容、27%的学生认为难以将物理知识应用于实际、48%的同学认为难以取得高分也是在他们认为比较困难的地方。说明目前学生对于内容难以从内部产生深度联系，知识的理解程度较浅。

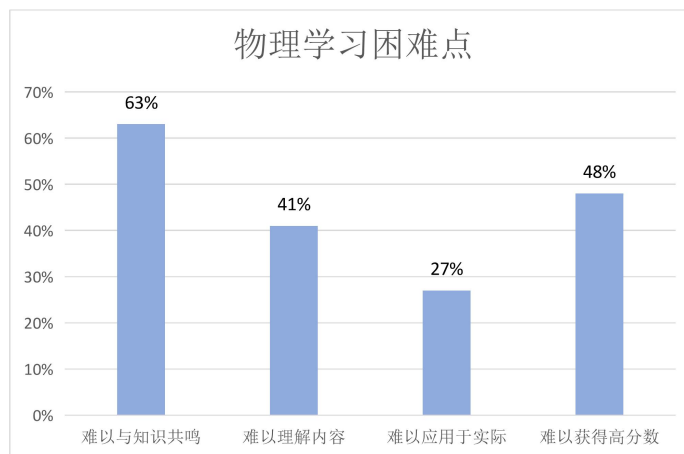


图 5. 第 6 题问卷统计数据

Figure 5. Question 6 Statistical data of questionnaire.

(3) 对物理美的认识

第 7 题, 在物理学习过程中能让学生感到愉悦的事中, 38% 的学生选择了考试取得高分, 31% 的学生选择对事物有了深层次的理解。68% 的学生选择成功制作出小发明或小实验, 有 47% 选择了独立发现和解决问题。获得人数最多的选项是成功制作出小发明或小实验以及独立解决问题。说明鼓励学生动手, 亲自体验有助于提高学习兴趣。

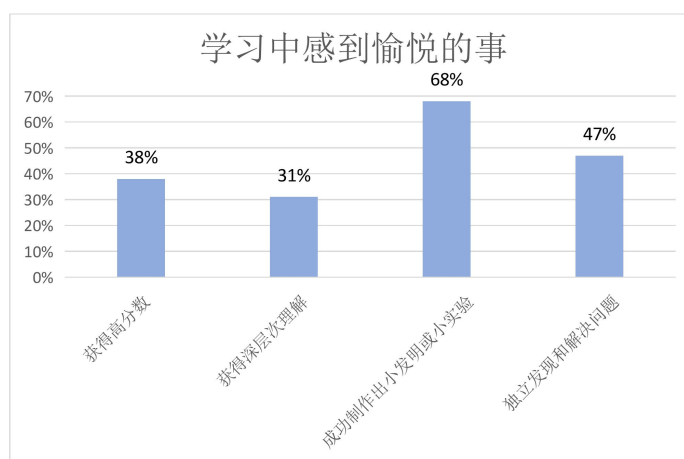


图 6. 第 7 题问卷统计数据

Figure 6. Question 7 Statistical data of questionnaire.

第 8 题中, 对于学生认为物理学中能够吸引他们的内容中, 主要是物理学史的内容、物理实验、现象以及可以解释生活现象对学生吸引力较大, 分别占比 52%、74% 以及 69%, 而认为科学家的哲学思想比较有吸引力的占比 30%, 认为物理公式、定律有吸引力的占比 31%。其中对学生最具吸引力的是物理实验以及解释生活现象, 而物

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/665330302220011103>