

析物理规律 赏科学之美

田露瑶 左宇 常春蕊* 刘颖 谷建生

华北理工大学 河北唐山 063000

摘要: 物理规律作为自然界运行的基本法则, 不仅蕴含深邃的智慧, 更展现出令人叹为观止的科学之美。基于牛顿定律、电磁规律、相对论等物理规律, 理解了物理规律反映自然界内在秩序的内涵, 以及表现形式上具有的“简洁、对称、和谐、唯象、奇特、涵盖广”等特点, 从而体会物理规律中的科学之美, 并思考欣赏物理规律之科学美的意义与价值。

关键词: 物理规律; 简洁; 对称; 和谐; 唯象; 奇特; 涵盖广

1 引言

1.1 科学美的定义与表现

在生活中有各种美, 例如外貌美、心情美、生活美、心灵美、景物美等, 那么什么是科学美呢? 科学美是人类创造性的科学发明或发现活动中体现出来的美, 是理论思维与审美意识交融、渗透的产物, 是指那些既不脱离具体客体, 又赋予理性内涵, 充分体现出来的合理而巧妙的形态、结构或有规则、有秩序的自然现象, 还包括逻辑理性的研究方法、研究过程或研究结果^[1-3]。

科学美首先表现在科学现象、科学理论本身所呈现的简洁、对称、和谐统一、唯象、奇特、涵盖广等美学要素, 以及它们带来的美学价值。早在两千多年前, 科学家们便看到最能引起美感的 1: 1.618 的黄金分割比例, 认为天体是永恒、神圣和完美的, 古往今来, 在日月运行、四时变化、万物生长的宇宙和谐之中, 存在着无数的阳刚之美与阴柔之美。正是真实与客观存在的物质及其运动规律, 不断促使人们认识和挖掘科学中“美”的普遍存在。科学美通过展现科学知识的魅力与美感, 吸引公众关注科学, 提高科学素养、启迪智慧^[4]。

1.2 物理规律与科学美的关系

物理规律是物理现象或过程在特定条件下必然发生、发展或变化趋势与其本质联系的反映。物理规律包括定律、定理、原理和定则等, 它客观存在, 不以人的意志为转移。

例如, 牛顿第一定律描述了物体在不受外力作用时将保持静止或匀速直线运动的状态。物理规律可以通过简洁、对称、预测等表达形式展现自然科学的性质, 体现自然界的和谐与统一。物理规律是科学美的体现。同时, 科学美

也激发了人们对自然的好奇心和探索欲望, 推动了物理学的发展。因此, 物理规律的认知可以很好地渗透美学元素, 培养审美观与审美能力, 促进创造性思维的发展^[5-6]。

2 物理规律的本质与特征

2.1 物理规律的内涵

物理规律是物理现象或过程的本质联系在一定条件下必然发生、发展或变化的规律性反映, 具有必然性、普遍性、客观性的特点, 它们反映了自然界的内在秩序, 反映了自然界中物质、能量和运动的基本规律。例如, 牛顿运动定律描述了物体运动的基本规律, 热力学定律描述了热现象与能量转换的规律, 电磁学定律描述了电磁现象的基本规律。这些规律不仅有助于理解自然界的现象, 还提供了预测和控制这些现象的工具^[7]。

可见, 物理规律描述了自然界中各种现象和过程的基本特征, 揭示了自然界中不同现象和过程的本质联系, 有助于理解和解释许多看似复杂的现象。物理规律是物理学的基础, 它们是物理学研究和应用的重要依据。

2.2 物理规律的表现形式

物理规律多以公式或定义的形式表现, 常以简洁明了的方式揭示自然现象的本质规律, 并因其普适性而广泛应用于各个领域。如速度公式 $v = s / t$ 简洁地表达了速度是路程与时间的比值, 适用于所有匀速或平均速度的计算情况; 重力公式 $G = mg$ 定义了重力与质量之间的直接关系, 体现了重力作用的普遍性; 密度公式 $\rho = m / V$ 以简洁的形式表示了物质的密度, 即质量与体积的比值, 适用于所有物质密度的计算; 压强公式 $P = F / S$ 明确了压强是力与作用面积的比值, 具有广泛的适用性, 从固体到液体、气体的压

强计算均可采用；欧姆定律更是以简单的数学形式描述了电流、电压和电阻之间的基本关系，是电路分析的基础。

可见，一方面，物理规律通常以极简的公式表达复杂的自然现象，这种简洁性不仅方便理解与记忆，也提高了物理学的应用效率。另一方面，物理公式所揭示的物理规律通常具有广泛的应用范围和不受特定条件限制的特点，这种普适性使得物理规律具有强大的预测和解释能力。

2.3 物理规律的验证与修正

物理规律正确与否需要实验或观察给予验证。实验是人为地控制一个或多个变量，以观察它们对其它变量的影响，从而验证或推翻某个物理规律。观察则是直接对自然发生的现象进行考察，以获取和描述感性材料，进而验证物理规律。

例如，在验证牛顿第二定律 $F=ma$ 时，科学家会设计一些实验来改变作用于物体的力 F 或物体的质量 m ，然后测量作用于物体的加速度 a 是否满足该定律所描述的关系。同样，对于引力波的探测也是物理规律验证的一个例子。美国 LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) 科学合作组织通过精密的实验装置，成功探测到了引力波，从而验证了爱因斯坦广义相对论中关于引力波的预言。

然而，物理规律并不是一成不变的，伴随新的科学发现与技术进步，它也需要不断的修正和完善。例如，牛顿的经典力学在描述宏观低速运动物体时十分精确，但在描述微观高速运动物体时会出现偏差。为了修正这一偏差，科学家提出了相对论，对牛顿力学进行了修正与完善。另外，随着量子力学的发展，科学家发现了一些与经典力学相矛盾的现象，如量子纠缠、量子隧道效应等。这些新的发现促使科学家对物理规律进行更深入的研究与修正，从而推动物理学新的发展。需要说明的是，物理规律的修正与完善是一个科学发展的正常过程，它反映了人类对自然界认识的不断深化和提高。

3 物理规律中的科学之美

基于物理规律挖掘其中蕴含的科学之美，展开对物理规律之科学美的思考与感悟。

3.1 以牛顿第二定律、建立理想模型的思维讲述物理规律的简洁之美

物理规律的表达在公式上往往具有简洁的形式，简洁

的物理公式能够以最精炼的方式描述广泛的物理现象。例如牛顿第二定律的表达式 $F=ma$ ，用简单的数学关系揭示了力、质量和加速度之间的本质联系，展现了物理规律的科学简洁之美。从形式上看，这一公式极其简洁，仅仅用三个物理量以及它们之间的线性关系，就能概括出物体运动状态改变与所受外力之间的联系。在科学意义上，牛顿第二定律的简洁美更是体现在其强大的解释力和广泛的适用性。当对一个物体施加力时，只需要知道物体的质量，就可以依据该定律准确地计算出物体加速度的大小和方向，进而预测物体运动状态的变化^[8]。

然而，物理规律描述的物质世界复杂万千，规律之所以称其为规律，在于其适用于一类物质或物质的一类运动，物理学家创造性地提出建立理想模型的概念。理想模型是对实际研究对象在一定问题情境下，基于一定假设与约定，并经过理论推导或实证研究，对其共同性质进行概括和抽象而构建起来的理想化模型。建立理想模型是物理学认识物质世界的基本策略，建立理想模型的方法是物理学的一个基本方法。如描述光与大尺度物体相互作用的“光线”模型、描述光与波长尺度物体相互作用的“电磁波”模型、描述光与原子尺度物体相互作用的“光量子”模型、描述平动运动的质点、描述转动问题的刚体、描述简谐振动的谐振子等。理想模型的建立使得复杂问题得以简化，使得规律易于被理解和应用，有助于人们发挥创新与逻辑思维、形成科学预见。

可见，不论是在特定领域特定情境下对研究对象所抽象的理想模型，还是诸如牛顿第二定律，虽形式简洁，却能够精确描述、解释和预测无数复杂的物理现象，并成为后续许多物理理论和工程技术发展的基础，都充分体现了物理规律在描述自然物质世界时所呈现的科学简洁的美妙之处。

3.2 以时空对称、电磁对称讲述物理规律的对称之美

在物理学的广袤领域中，科学对称之美如同一座座巍峨的丰碑，彰显着自然规律的精巧与美妙。空间对称，是物理规律中一种引人入胜的美学表现。以旋转对称为例，比如行星绕太阳的公转。无论从哪个角度去观测行星运动的轨迹，只要以太阳为中心进行旋转，行星运动遵循的开普勒定律始终不变，万有引力定律也同样适用。时间对称同样为物理规律增添了独特的美感，时间平移对称在许多

物理过程中广泛存在。例如，简谐振动的规律不随时间起点的选择而改变。无论从哪个时刻开始计时，简谐振动的周期、频率、振幅等特性都保持不变，都遵循胡克定律和牛顿第二定律所描述的规律^[9]。

此外，麦克斯韦方程组同样具有显著的对称之美。方程组中电场与磁场的地位相对平等，虽都不可见却又能从对场的“源”和“旋”的研究明显进行区分，并且进一步揭示出电场与磁场相互激发、相互转化的关系。变化的电场可以激发磁场，变化的磁场也可以激发电场，这种对称的转化关系使得电磁波的存在成为可能，也使得人们对于电磁现象的认识上升到了一个新的高度。

这些空间对称、时间对称的现象与规律，以及电场与磁场的内在性质、相互激发形成电磁波的规律，不仅体现了物理世界内在的和谐统一，也为深入理解自然、探索未知提供了有力的支撑和思维路径，更使得可以在探寻物理奥秘的旅程中，不断领略科学对称之美。

3.3 以质能方程、自然界四种基本相互作用讲述物理规律的和谐之美

在经典物理学中，质量是物体所具有的一种物理属性，是物体惯性大小的量度，表示懒惰的量，而能量是对一切宏观微观物体运动的描述，是物体运动的量化转换，表示活泼的量。质量与能量本是两个完全不同的概念。然而，质能方程 $E=mc^2$ 把质量和能量统一起来，它揭示出质量和能量这两个物质基本属性之间的内在联系，体现了物质与运动的不可分割性，没有不运动的物质，也没有无物质的运动。质量和能量永远联系在一起，而且互成正比。这种把质量、能量统一起来的科学认识，也揭示了“物是质量的时空分布，能是物可能变化程度的量度，物与能必有联系”的自然哲学思想，并为人类利用核能奠定了理论基础。这种对自然界客观规律与各种现象之间内在联系的揭示，并把那样多的哲学沉思、物理洞察与技术应用融于一身，充分显示出人类智慧的巨大潜在能力，更充分展现了物理学作为一门科学的和谐之美。

又如经典力学、相对论力学等许多看似不同的物理现象或规律，却能够相互协调、相互补充，可以用一个更基本、更普遍的理论框架来统一，同样体现了物理规律的和谐之美。

自然界存在四种基本相互作用，包括万有引力、电磁

力、强相互作用力（强核力）、弱相互作用力（弱核力）。万有引力与质量成正比，与距离成反比，属于宏观长程力，在四种力中最弱；电磁力包括电场力、磁场力，同种电荷（磁极）相斥，异种电荷（磁极）相吸，同样具有与电荷量（电流）成正比、与距离成反比的特点，属于宏观长程力；强相互作用力是指存在于原子核内将质子和中子捏合在 10—15 米范围内、比电磁力强约 100 倍的相互作用力，属于短程力，是恒星燃烧能量的自然力，是氢弹爆炸释放的能量来源；而弱相互作用力是使原子发生衰变的相互作用，决定着部分放射性物质的衰变形态，作用在夸克级的粒子上，同样属于 10—15 米范围内的短程力，弱于电磁力。经过半个多世纪的发展，除万有引力之外，量子力学以“标准模型”统一了强相互作用力、弱相互作用力与电磁力。自然力的统一意味着不同的规律在描述和解释自然现象时能够相互配合、相互补充，共同构成一个完整的物理理论体系^[10]。

可见，物理规律的相互协调与统一反映了自然界的本质和内在规律，使得能够以更简洁、更深刻的方式去理解和描述自然界的各种现象和过程，从而去推动物理学的不断发展与进步^[11]。

3.4 以客观存在的电磁场讲述物理规律的唯象之美

物理学的核心任务是研究各种物质间的相互作用及其运动规律，其研究对象包罗万象，有由原子、分子等微观粒子构成的“实物”物质形态，也有弥漫于空间、看不见摸不着却客观存在的“场物质”。场是宇宙的重要组成部分，它没有静止质量，但可以以光速传播，场是连续的、扩展的、分布于空间，许多艺术家不自觉地思考这种虚无与实体的关系，甚至对哲学都产生了深远影响。

英国物理学家法拉第创造性地提出电场和磁场的概念，首先把这种看不见摸不着的场作为研究对象，认为它是一种客观存在，是物质。然而，法拉第薄弱的数学基础并没有阻碍他研究这种“场”物质。他有很好的物理直觉，通过画形象直观的线研究场是否有“源”和“旋”的问题。于是，法拉第创造性地引入电力线与磁力线，并认为研究力线比研究产生力线的源更重要，把电磁学引入到一个正确的发展道路。富于想象力的力线使得这种客观实在的虚无物质形象化，麦克斯韦正是深受法拉第的影响，才得出麦克斯韦方程组，电场和磁场的许多性质也正是借助于力线的概念才得以简明而又富有启发性地表示出来。法拉第

和麦克斯韦等人创立的电磁理论，成为研究物质世界必不可少的基本理论，直接导致了发电机、电动机、电灯和电子技术的出现，使人类文明进入到电磁时代^[12]。

可见，场物质的提出体现了物理创造的美，在物理理论的创造过程中，物理学家们通过自己的审美判断来建构物理理论，他们运用审美判断和建构物理理论的过程，既展现了人类智慧之美，又体现了物理学的美学价值^[13]。

3.5 以奇特现象讲述物理规律的奇特之美

很多现象表面奇特，实则蕴含着物理规律，彰显着物理规律的奇特之美。例如熔化的玻璃在重力作用下自然落入冰水中形成的蝌蚪状玻璃泪滴，被称为鲁伯特之泪。当该泪滴尾部受到破坏时，会瞬间爆裂成粉末。这是由于鲁伯特之泪头部坚硬无比，尾部却异常脆弱，通过破坏尾部而破坏其内部的应力平衡所致。又如将口香糖捏成圆锥形放在桌子上，使椰子快速砸下，可以成功将椰子壳打开。这是基于非牛顿流体的特性，口香糖作为非牛顿流体，在受到外部剪切力或剪切速率急剧变化时，其粘度会急剧增稠表现出固体性质所致。再如将电阻、二极管、三极管和线圈组成装置，在接通电源后无需接触电线，节能灯靠近便会被点亮，即特斯拉线圈隔空点灯。这主要是基于电磁感应和高压电弧的物理原理，由线圈产生电磁场并在一定强度下激发电场放电所致。量子纠缠现象着实令人着迷。然而，这正揭示了物质世界中几个粒子在彼此相互作用后，粒子所拥有的特性会综合为整体性质，使得无法单独描述各粒子的性质，而只能描述其整体性质，体现整体性与统一性。因此，即使相距很远，一个粒子的状态变化也会立即影响到另一粒子的状态。

这些奇特现象展示了其中蕴含的物理规律的奇特之美，也激发了人们对于自然世界的好奇与探索。

3.6 以研究范围之广与研究方法之广两方面讲述物理规律的涵盖广之美

一方面，物理学规律的研究范围广泛。物理学的研究范围包括从微观粒子到宏观宇宙的一切物质基本结构和运动规律，涉及粒子物理、原子物理、凝聚态物理、光学、热学、力学、电磁学等多个领域。基本概念丰富，包括力、质量、运动、速度、加速度、能量、功、强度、磁场、电场、电流、电压、电阻、光、声音、波动等。

另一方面，研究物理学规律的数学工具、应用方法广泛。

物理学中大量使用数学作为工作语言，如微积分、微分方程、矢量分析、复变函数等。物理学中还需要实验和观测的方法。物理学是一门实验科学，实验和观测是获取物理规律的重要手段，涉及各种实验技术与设备。物理学规律的研究还需要建立理论框架和模型。物理学建立了一系列理论框架和模型来描述自然现象，如牛顿力学、量子力学、相对论、统计力学等。

总之，由物理规律的解析，探讨了其中蕴含的科学之美，也呈现了人类在追求真理与智慧的过程中对于科学之美的发现，它独特地体现在自然物理现象的美、物理创造的美以及物理学作为一门科学的美，这些美学特征使得物理学成为一门既严谨又富有艺术感的科学。而反过来，通过传播科学之美，又可以去促进公众对科学的理解与支持，进而去领悟科学之美对人类精神境界的提升作用。

4 欣赏物理规律之科学美的意义与价值

由物理规律之科学美的赏析，思考科学之美在当代社会的价值以及科学之美在科技飞速发展背景下的重要性。

4.1 激发科学家的探索热情和创新思维，促进学科交叉与融合

对科学现象美的兴趣与好奇可以激发科学家的探索欲望，形成持久的动力，激活他们的创造性思维和想象。例如，爱因斯坦十分重视理论建构时的美学动机，坚信优美的数学形式和现实物理世界有必然联系，追求科学理论的完美成为他进行科学创造的恒久动力。

然而，物理规律所展现出的简洁、对称、和谐等科学美特征，并非仅局限于物理学领域。当其它学科的研究者欣赏到物理规律中的科学美时，会意识到这些美的特征在自身学科中也有相似的体现或潜在的可能性。

例如，在材料科学与物理的交叉领域中，物理学家对晶体结构的研究展现出了高度的对称美和秩序美。材料学家欣赏并理解这种物理规律的科学美后，能够运用物理中的晶体结构理论与研究方法，开发出具有特定性能的新型材料。这种基于对物理科学美的理解所建立的共同语言和研究范式，为不同学科之间的深度交叉融合提供了有力的支持，从而对科学研究起到推动作用。

4.2 培养学生的审美能力，提高学习物理的兴趣与积极性

在物理教学中，深入挖掘物理知识中的简洁美、对称美、和谐美和统一美等美学元素，可以培养学生的审美能力。

例如, 牛顿第二定律 $F=ma$ 形式简洁明了, 体现了简洁美; 光的反射定律“反射角等于入射角”, 体现了对称美; 能量守恒定律表明了自然界各种能量形式之间相互转化与守恒的和谐关系, 体现了和谐美; 麦克斯韦方程组将电学、磁学现象统一起来, 体现了统一美。通过对这些美学元素的挖掘与展示, 能让学生感受物理知识的美, 培养审美意识^[14]。

并且在物理教学中, 对这些美学元素的挖掘和展示还可以提高学生物理学习的兴趣与积极性。首先, 物理规律简洁性具有的独特美感, 使学生能够迅速抓住问题的本质, 去感受知识的力量与魅力; 其次, 物理规律对自然现象的完美解释, 能让学生从对复杂现象的精确解释中感受物理规律的强大与神奇, 使之对物理世界充满好奇, 进而去主动学习更多知识来满足这一好奇; 再者, 物理规律的预测能力也是一种令人着迷的美, 这种能够提前知晓和掌控自然现象的能力, 可以让学生体验到一种成就感与满足感, 从而增强对学习物理的积极性^[15]。

总之, 欣赏物理规律的科学美, 能让学生从内心深处感受物理规律本身所具有的魅力, 从而提升自身的审美能力, 并对物理学习产生更强烈的兴趣与热情, 促使学生更主动地投入到物理知识的探求中去, 以在物理的海洋里不断探索与发现。

4.3 提升人类对自然的认知, 塑造逻辑理性的世界观

自然世界是巨大的宝库, 蕴藏着无数的物理规律, 这些物理规律的发现与认识, 反过来又对自然界的认识起到至关重要的作用; 而欣赏物理规律中的科学美, 又恰如一把神奇的钥匙, 打开了通往真理的大门, 使对自然界的认识得到进一步深入与提高。因此, 欣赏物理规律中的科学美是自然科学研究与认识过程中必不可少的一个环节, 对人类认知和世界观都有着重要影响^[16]。

牛顿的运动定律、爱因斯坦的质能方程, 均以简洁的表达形式揭示了自然界中物理量之间的等价关系; 能量守恒、动量守恒, 反映了自然界在时间、空间上的对称性; 相对论、量子力学, 彼此相互补充、相互融合, 体现了自然界各部分之间的协调与配合。这些奇妙的物理规律宛如艺术大师的杰作, 用最精炼的语言描绘出自然界最本质的规律。当欣赏这些物理规律中的科学美时, 仿佛能够透过纷繁复杂的现象, 直触到自然界的核心, 以更深入地理解

自然界的奥秘和感受自然界的神奇与美妙。

另一方面, 物理规律是客观存在的, 不受个人意志与情感影响, 这就使得在对物理规律进行深入赏析时, 尊重事实与数据的同时, 需要摒弃主观偏见和先入为主的观念, 需要在对物理规律的认识上让自己有清晰的思维和理性的判断力, 学会用中立的眼光看待事物, 塑造“不以物喜, 不以己悲”的价值观。这种对事物保持理性、客观的看待态度, 对真理孜孜不倦的追求热情, 会促使人类在面对各种问题与挑战时, 始终保持对真理的执着探求^[17]。

因此, 欣赏物理规律中的科学美, 不仅可以使得在理性思维、客观态度、追求真理的精神上得到塑造和提升, 还可以为认识世界和问题解决提供有力的价值支撑。

5 结论

认识物理规律与科学美之间的紧密联系, 对物理规律中的科学美进行赏析, 以及对欣赏科学之美社会价值的思考, 不仅有助于科学家从美学角度思考物理问题, 发现物理规律中潜在的美感与对称, 为物理学研究提供新的视角和方向, 还可以拓展美学的研究领域, 将美学的研究对象从文学、艺术等传统领域延伸到自然科学领域, 使美学理论更加丰富与完善。

参考文献:

- [1] 刘志业. 科学美与科学美育[J]. 山东教育. 2022,29(02):54-55
- [2] 乔通, 胡扬洋. 论科学美及科学美感[J]. 许昌学院学报. 2021,40(04):96-101
- [3] 王大同. 杨振宁科学哲学思想研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021
- [4] 杨榕楠, 陈青华, 姜水根. 科学美[J]. 浙江. 物理教师. 2008,29(02):02-03
- [5] 陈篮, 张兆星. 物理学与科学美[J]. 广州. 现代物理知识. 2000,12(01):02
- [6] 姚建宁. 论物理学的科学美[J]. 南通纺织职业技术学院学报. 2002,(01):01
- [7] 孟智明, 王志凡. 物理学之美[J]. 渤海大学学报(自然科学版). 2005,26(04):363
- [8] 王晓聆, 王研. 物理学中的科学美探微[J]. 山东医科大学学报社会科学版. 1997,(03):05
- [9] 董艳红. 探讨物理学中的美[J]. 中国科技信

息 .2010,(13):197

[10] 李存东,秦晓宇,成蒙.探秘科学之美——中国科学院物理研究所“走向科学博物馆”主题讨论侧记[J].2023,52(11):76

[11] 厚宇德.杨振宁论科学之美与科学创造[J].物理学史和物理学家.2024,53(06):71

[12] 魏环,莫文玲.大学物理学(第二版)下册[M].北京:高等教育出版社,2017

[13] 施郁.物理学之美:杨振宁的科学贡献[J].复旦大学物理学系.2022,44(01):16

[14] 耿淑玲.科学美:科学教育的审美之维[J].湖南师范大学化学化工学院.2020(42):106

[15] 叶勇剑.物理美学思维及其能力的培养[J].物理通报.2003,(04):01

[16] 程民治.科学与人文的合流[J].滁州学院学报.2007,9(03):39

[17] 胡扬洋.我国物理诗教方法及思想的回望与前瞻[J].天津师范大学教育学部.2024,46(08):74

作者简介:

田露瑶,(2004——),女,土家族,贵州省铜仁市,华北理工大学本科在读,主要从事材料化学专业的学习和研究。

通讯作者简介:常春蕊(1982—),女,博士,华北理工大学副教授,主要从事物理教学与物理用于医学方面的课题研究

基金项目:

华北理工大学本科教学工程建设项目《物理文化》一流课程阶段性教学研究成果。