

认知的锚点与引擎^{*}

——论和谐与奇异在物理教学中的双重驱动价值

王光宇 (上海市松江区立达中学 上海 201600; 云南省镇雄县以勒中学 云南 657216)

摘 要 深入探讨了物理美的核心价值及其在教学中的实践应用。物理美的核心是“和而不同”;“和谐美”提供认知锚点,让学生确信现象背后存在可理解的秩序;“奇异美”构成认知引擎,通过制造认知冲突激发探究热情与思维跃迁。提出将物理美融入课堂的策略:用模型对比、历史重演强化和谐锚点;利用反直觉实验、理论悖论激活奇异引擎。当物理之美内化为学生科学思维范式,物理教育便实现从知识传递向美育启蒙的升华。

关键词 物理美 和谐 奇异 物理教学

文章编号 1002-0748(2026)2-0007

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 美的力量:求知探索的原动力

教学中,常闻学生发出惊叹:“这简直不可思议!”“这有点不科学!”“这似乎有违常理!”这些声音正是学生面对一些有违直觉的结论时心灵被触动的明证。这种质疑实为一种积极的学习心态,它表明知识本身已经扣动了学生的心弦,也打开了他们探索未知的门扉。究竟是什么力量打动了他们?确切地说,这是美的力量。

物理学是科学,亦是美学。物理学家对自然的探索,也是对美的追寻。诚如物理学家赫尔曼·外尔所言:“在我的工作中,我永远会努力将真实与美丽结合起来,但如果两者之间只能选择一个的话,我选择美丽。”

2 “和而不同”:物理美的双重标准

物理学兼具求真与臻美的双重属性。那么物理美有何特质?作为探索自然奥秘的学科,物理美实为自然美在科学中的映射,其真谛当向自然本源探寻。

和谐与奇异,共同塑造物理美的活力源泉。和谐为秩序之基,铺垫认知的锚点;奇异乃变革之刃,刺破认知的边界。物理理论的和谐框架孕育着奇异的萌芽,而破土而出的奇异花朵,又推动理论向更高层级的普适和谐演进。一言蔽之:“和谐是奇异的土壤,奇异是和谐的新生”——这对矛盾体的永恒互动,正是人类探索物理世界认知穹顶的螺旋阶梯。

3 “美在和谐”:理解世界的基石

“美在和谐”,这则古希腊箴言凝练着赫拉克利特对宇宙本质的洞察。撇开哲学抽象定义,和谐即万象演化中诸要素的均衡有序、协调统一,赋予人澄澈欣悦的审美体验。

和谐,是宇宙馈赠人类的理性密钥——它让我们确信:纷繁现象的深处,自有可理解的秩序基石。爱因斯坦的惊叹犹在耳畔:“宇宙最不可理解之处,正在于它竟可被理解。”这份“可理解性”的终极礼赞,正是和谐美的精髓所在。让我们走进单摆,伴随它的律动,倾听那隐于机械节律中的动人旋律。

(1) 单摆的韵律:秋千轻曳,悠然生趣。人们此刻体验的,正是摆的和谐之美。那特有的韵律与协调有序的运动,如自然呼吸般予人慰藉。其理性内核更为深邃:小角度振动时,单摆被证明做简谐运动,位移-时间曲线在坐标系中舒展为完美的正弦波。沙摆实验中流沙在纸面勾画出优雅轨迹,与理论预言严丝合缝,这是理性推演与实证观测的琴瑟和鸣。

(2) 蛇摆的舞动:当一组摆长渐变、频率呈等差分布的单摆阵列开始它们的协奏之舞,物理之美便在和谐中绽放。这些单摆被轻推释放后,各自遵循着独特的振动周期,在空间中勾勒出错落有致的轨迹。随着时间的推移,它们的相对位移不断演变,时而呈现出精确的几何秩序,时而化作混沌的云雾;在某个特定瞬间,所有摆球会突然同步穿过中点,形成

* 基金项目:本文系上海市教育人才“组团式”帮扶云南镇雄项目的阶段性研究成果。

一条完美的直线阵列,稍纵即逝的整齐之后,又见行波奔涌、驻波凝定的景象,如此循环往复。蛇摆似一架时空钢琴,以差频频率奏响时空的和弦;又如一群优雅的舞者,用轨迹编织着动态的芭蕾。这种周期性的自我重建,正是混沌表象之下秩序本质最动人的视觉诗篇。

3.1 和谐有序:物理教学的“认知锚点”

物理学揭示宇宙运行的奥秘,蕴藏于其中的和谐美体现为规律的普适性、自洽性与简洁性。譬如,牛顿定律统一天上地下的运动,能量守恒展现变化中的永恒秩序。这种深刻的秩序感,恰是物理教学至关重要的“认知锚点”。它为学生理解纷繁复杂的物理现象提供了坚实的心理支点,使其确信:在看似混乱的表象之下,存在着可被理性把握的、稳定的深层结构。尤其在面对高度抽象或反直觉的概念时,这种“复杂背后必有简洁,反常背后必有更深层和谐”的信念,更显珍贵。

物理规律内在的统一性与逻辑自洽性,也塑造着学生的科学思维方式,以及科学的审美能力。当守恒定律的对称美、波动方程的简洁美、电磁统一理论的和谐美内化为学生的认知框架时,这种基于和谐美的认知不但促进学生对物理问题的深度理解,

而且能持续点燃学生的好奇心与探索欲,更赋予他们在应对复杂挑战时,保持清醒的头脑和理性的判断力。

因此,和谐美绝非课堂的点缀,而是引导学生穿透现象迷雾、抵达理性内核的认知罗盘。当学生面对一个物理定律或定理,因其惊人的解释力与简洁形式而产生认知共振并发出由衷赞叹时,这标志着物理和谐美已内化为其科学思维的核心品质,这正是和谐美教育价值的生动体现。

3.2 和谐美融入物理课堂教学的策略

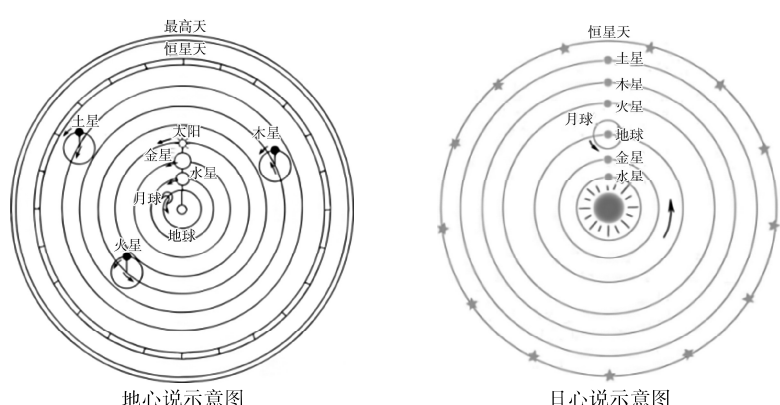
和谐美是物理教学的“认知锚点”,而要发挥“锚点”的教育功能,必须谙熟学生的原有认知状况,以此为起点,实施教学设计,并制定教学策略,使物理规律内在的普适性、自洽性、简洁性与对称性等美学特质,真正成为学生构建知识、理解世界的基础,并由此唤醒学生的求知欲、激发其探索冲动。以下是一些关键策略。

3.2.1 设计探究性的问题与任务

策略:对比不同的理论模型,引导学生从简洁性、解释范围、预言能力、逻辑自洽性等角度,讨论哪个理论体现了更高层级的和谐统一。

案例 1:“哪个更美?”(见表 1)

表 1 地心说与日心说的审美评判

1	创设情境,直观感受“不和谐”	
	现象	太阳东升西落
		火星在夜空的“逆行”现象
	提问	如何用最简单的模型解释这些现象?
	预设	学生可能凭直觉提出“地球不动,天体绕地球转”
		
	模型	地心说:地球居中,行星绕本轮、均轮运动,火星需嵌套多个圆
		日心说:太阳居中,行星绕圆形轨道匀速运动
2	分组探究“和谐美”的四大维度	
	分组任务:从简洁程度、解释范围、预言能力、逻辑自洽四个维度对比两种模型,填写对比表格(提供关键史实与数据)	

续 表

	评价纬度	地心说(托勒密)	日心说(哥白尼)	特征
	简洁程度	需 80 多个圆解释行星轨迹	7 个圆轨道覆盖所有行星	简洁性
	解释范围	无法解释金星盈亏	行星逆行,金星相位,季节变化	统一性
	预言能力	长期误差达 5° (火星)	开普勒修正后误差 $<0.1^{\circ}$	精准度
	逻辑自洽	“本轮”破坏匀速圆周公设	坚守匀速圆周假设	自洽性
3	辩论与升华——“美”的本质是更高层级的和谐			
	结论展示	小组发言:基于数据阐述观点		
		日心说用更少的假设却解释更多现象,因而更美		
	问题引导	问题:美是否等于“正确”?		
		托勒密模型曾因符合“常识”被视为美,哥白尼模型提出的初期因颠覆人们的原有认知被斥为“不美”		
		问题:什么是科学理论深层的“和谐美”?		
		日心说统一天体运动规律,用统一原则解释纷繁现象;地心说只是用复杂的修补维持表面和谐		
	概括总结	科学之美不在直觉舒适区,而在用最简原则覆盖最广现象,让天体回归统一运动秩序,这才是物理学家追求的终极和谐		

3.2.2 基于物理学史的“发现之旅”^[1-4]

策略:讲述关键概念或规律的发现史,重点突出科学家如何基于对统一与和谐的信念,克服困难,最终揭示规律。让学生感受:“和谐美”是科学探索的核心驱动力和精神支柱。

案例 2:八弧分偏差引发的变革(见表 2)。

表 2 开普勒的和谐信仰

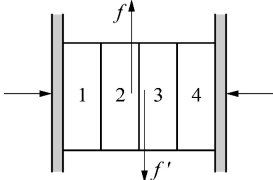
1	陷入困境——哥白尼模型的“不和谐”			
	情境还原	第谷的临终场景：“我毕生观测了 10 万组行星位置数据，却未能找到它们的运动规律……开普勒，替我完成它！”		
	矛盾揭示	哥白尼日心说假设行星做匀速圆周运动		
		第谷的火星观测数据与圆形轨道理论存在 8 弧分偏差		
	冲突与抉择	把偏差视为误差，还是质疑“完美圆形”？		
2	信念驱动——对“和谐统一”的追求			
	任务单：开普勒的探索之路（提供关键史实与数据）			
	挑战	开普勒的行动	和谐的信念	特征
	海量数据	尝试 19 种圆形轨道组合	信念：天体运动必有简洁数学规律	简洁性
	观测偏差	拒绝忽略误差	信念：真实数据超越理论权威	精准度
	质疑圆轨	转向研究椭圆轨道	信念：守恒性是更深层和谐	对称性
	数学困境	用古希腊圆锥曲线理论	信念：宇宙存在统一的数学秩序	统一性
3	升华讨论——和谐信念的价值			
	深度提问	从“厌恶椭圆”到“接受椭圆”，体现了什么科学精神？ 让数据修正直觉，才是对宇宙和谐真正的敬畏		
	核心揭示	开普勒从“厌恶椭圆”到“拥抱椭圆”，揭示和谐是深层数学秩序而非表面形式		

3.2.3 基于对称臻美的解题实践

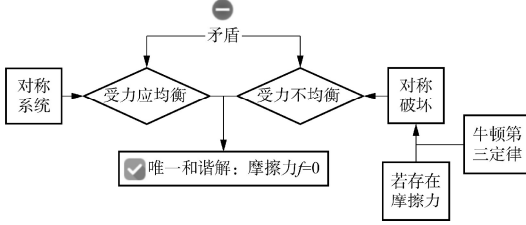
策略:利用对称性简化复杂问题,通过引导学生发现对称美,培育臻美的解题思维,让学生体验:当你在物理问题中看到对称性,就像发现一条隐藏的化繁为简的捷径,这就是和谐美赋予我们的解题智慧。

案例 3:挡板夹砖摩擦力分析(见表 3)。

表 3 对称系统中的和谐之美

1	问题呈现,初探矛盾		
	情境建模		
	问题:如图 3 所示,两挡板夹紧四块相同砖块,挤压后均平衡。关于 2 号砖受 3 号砖施加的摩擦力方向,你认同以下哪个判断? () (A) 向上 (B) 向下 (C) 无摩擦力 (D) 方向不定		
	直觉判断	2、3 号砖接触面粗糙,应有摩擦力!	
		但方向该如何确定?	
2	逻辑演绎,暴露“不和谐”		
	认知重构		
	教师引导	学生推理	矛盾焦点
	假设:2、3 间存在摩擦力	设 2 所受的摩擦力 $\uparrow$, 则 3 所受的摩擦力 $\downarrow$	破坏对称性
	追问:若 2 所受的摩擦力 $\uparrow$, 3 所受的摩擦力 $\downarrow$, 二者地位是否平等?	发现 2、3 位置完全对称	受力应相同
	诘问:对称系统中,为何单点受力特殊?	反思:对称性要求作用力必须一致	逻辑不自洽

续 表

3	美学突破, 对称和谐解
推理	逻辑图
	
提炼	若系统空间结构对称且外力对称, 则内部相互作用必对称均衡; 当对称均衡无法通过非零力实现时, 该力必为零

4 奇异之花: “不合逻辑”的馈赠

物理的奇异美源于认知边界的突破——当理论与实验冲突时, 奇异现象往往成为新理论的摇篮。正如盖尔曼所言: “奇异之美在于非常规中诞生的普适真理。”这种美体现为: 在看似反常、反直觉的物理现象或理论中, 蕴藏着深刻的统一秩序。其核心价值, 正是透过“反常的表象”揭示“本质的统一”。

杨振宁教授对此有过精辟论述: “……层出不穷的新现象, 若符合既有理论, 固然很好; 若不符合, 则揭示了理论的不足, 需修正——这更是一件‘好事’。”新现象是世界复杂与活力的明证。多数现象可被现有理论解释, 展现和谐, 而那些“奇异点”, 正如杨教授所指的“好事”, 恰恰为研究者指明了突破的方向。认知的冲突在此刻转化为突破的动力, 推动认知边界的拓展。物理学的发展史, 在某种意义上, 正是一部捕捉奇异以发现真理的历史。当人们惊诧于“蝴蝶翅膀竟能掀起龙卷风”之时, 混沌理论已揭示“微小扰动引发巨变”的本质; 当面对傅科摆惊叹“地球真的在自转”之际, 科里奥利力早已给出完美的矢量诠释。

奇异美是自然馈赠的、超越表象逻辑的礼物。它让我们领悟: 那些看似突兀的突变、破缺与矛盾, 实则是开启更深层和谐秩序的钥匙。接下来, 就让我们通过对“摆”的研究历程, 领略这份从奇异中发现真知的历史。

(1) “为何与先哲相左”: 受亚里士多德思想影响, 人们深信“短弧摆动快于长弧”, 这几乎是一种思维定势。然而, 伽利略在一次礼拜中, 观察到吊灯摆动幅度虽逐渐减小, 往复时间却始终不变——仿佛吊灯能自行调节速度。这一奇特现象深深地吸引着他。他通过实验发现单摆周期与摆球质量、摆幅和材料等

无关, 只与摆长和当地的重力加速度有关。等时性原理冲破了亚里士多德旧有的思想框架, 引领人们构建全新的运动观, 生动诠释了超越直觉的奇异之美。

(2) “为何不等时了”: 等时性原理是思想史的一次革命, 人们深信不疑, 然而后来者吉多彼德发现, 当摆动幅度超出某一范围, 单摆的周期发生变化而呈现“非等时性”。他指出: 等时性原理仅适用于较小的角度。后来惠更斯严谨证明, 具有严格等时性的摆仅存在于摆锤沿旋轮线(摆线)弧运动时; 而对于圆弧路径, 等时性只是小角度下的近似结果。从“普适”到“条件成立”, 揭示了理论成立的边界, 亦是物理探索中的奇异风景。

(3) “为何钟不准了”: 1672 年, 法国天文学家让·里希尔携带精密摆钟前往南美洲卡宴观测天文。抵达后发现原本精准的摆钟每昼夜竟慢了两分二十八秒, 里希尔将摆长调短 2.8 毫米才得以校准。当返回巴黎后, 钟摆必须恢复原长才能走准。这一离奇现象促使他深入研究, 最终得出颠覆性结论: 地球并非完美球体, 而是赤道略鼓、两极稍扁的“扁椭球体”, 这一结论被后来的地质考察所证实。一个远行的钟表由于“失常”, 竟为揭示地球的真实形状提供关键线索, 其奇异与精妙令人赞叹。

(4) “地球真的在自转”: 1851 年傅科在巴黎先贤祠进行了一次公开实验。他悬挂一个长 67 米、重达 28 千克的巨大单摆, 并采用特殊悬点以减小摩擦。摆球凭借巨大的惯性, 几乎不受地球自转影响而持续摆动。人们惊奇地发现: 摆动平面并非固定, 而是沿着顺时针方向缓缓旋转, 它以动力学的方式直观确证了地球的自转, 赋予抽象理论以惊心动魄的视觉呈现。傅科摆以其宏大的尺度、简洁的原理和无可辩驳的事实, 完美展现了物理现象揭示宇宙奥秘的奇异之美。

“摆”的四重奏昭示着奇异美的认知价值, 非常规现象是认知进化的催化剂, 它在经验与理论的断裂处萌发, 迫使人类直面矛盾、重构框架。从推翻教条到界定理论边界, 每一次对“异常”的追问, 都是文明向未知领域的延伸。奇异之美本质上是认知破壁机——当人类学会凝视而非回避反常, 自然的真相便能浮出水面, 持续拓宽认知的疆域。

4.1 以奇启智: 物理课堂的“无声引擎”

当课堂中奇异的花朵绽放, 宛若巨石投入平静的湖面, 瞬间激起层层波澜。质疑声中, 各种观点纷纷涌现, 其中一些映照出学生的认知局限与对既有理论理解的偏差, 这正是教师因势利导、拨乱反正的

宝贵契机;另一些则闪烁着创造性的智慧火花,亟待教师慧眼辨识、适时点燃,由此促进学生对相关问题的深度理解。

由此观之,奇异美之于课堂教学的价值,核心在于其本身的奇异性能够触发认知冲突,唤醒好奇的本能,点燃主动探究的渴望——这正是学习者探索未知的动力与高效学习的心理基石。一旦缺失此基石,学习的效能必将大打折扣。

物理学蕴含的奇异美,犹如一台无声的引擎。当这台引擎启动时,知识便有了温度,抽象的公式也变得灵动有趣,由此驱动物理课堂教学不断走向深入。

4.2 利用奇异营造认知冲突的教学策略

在物理教学中巧妙运用“奇异美”营造认知冲突,是激发深度思考和突破认知瓶颈的有效策略。以下是具体实施路径。

4.2.1 设计“奇异点”,制造认知冲突

(1) 颠覆直觉的实验(见表 4、5)。

表 4 呈现与生活经验相悖的现象

名称	现象	奇异点	原理
牛顿管实验	真空管中羽毛与金属片同时落地	直觉:重物下落更快	真空管内空气阻力可忽略,管内物体仅受重力作用
		事实:重力加速度与质量无关	
伯努利悬浮球实验	用吹风机向上吹气,乒乓球或悬浮空中不被吹飞	直觉:认为气流会推走物体	流速大的地方压强小,形成压力差平衡重力
		事实:球被低压区“吸住”	
磁铁缓降铝管实验	磁铁在铝管中下落的速度远低于其自由落体的速度	直觉:非磁性金属不影响磁铁运动	磁铁运动引发涡流,其磁场阻碍磁体的下落
		事实:产生显著阻力	
椎体上滚实验	椎体自低处释放,沿斜面自下而上滚动	直觉:椎体自高处向低处滚动	椎体自低处向高处滚动时,其重心在降低
		事实:椎体自低处向高处滚动	

表 5 利用非常规条件

名称	非常规条件	奇异点	原理
真空铃实验	将电铃置于密闭玻璃罩内抽真空	直觉:认为振动必然发声	真空无法传递声波振动,声音传播需要介质
		事实:随着空气被抽出,铃声渐弱直至消失,但电铃仍振动	
超导磁悬浮实验	用液氮冷却超导材料,置于永磁体轨道上	直觉:认为物体需接触支撑点	迈斯纳效应与磁通钉扎
		事实:超导体磁悬浮并沿轨道无阻力滑行	

(2) 理论预言的反常结果(见表 6)。

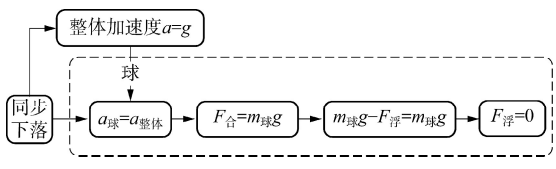
表 6 由经典理论推导出“荒谬”结论和荒谬结论

范例 1	由伽利略相对性原理和光速不变原理推导出钟慢效应和尺缩效应
效果	新理论突破了学生原有认知,具有震撼感
范例 2	假设火星轨道为圆形,开普勒发现其理论位置与观测位置存在约 8 弧分的偏差,此偏差超出了观测误差的合理范围
范例 3	依据经典电磁学理论,由于电子绕核运动会产生电磁辐射,导致能量损失,最终造成电子“塌缩”,这也迫使人们要修正原有理论
效果	暴露经典理论的局限性,预示新理论的诞生

4.2.2 构建“预期—观察”落差,强化冲突体验

(1) 预设陷阱法(见表 7)。

表 7 浮力为什么消失了?

问题	如图所示,手持盛水的纸杯,杯内漂浮一只乒乓球,自由释放纸杯,乒乓球相对纸杯如何运动? 		
1	预设陷阱	强调释放前球受力平衡($G = F_{\text{浮}}$)→暗示需考虑浮力因素	
	预测依据	预测现象	球杯分离,球相对杯向上运动
			球受到水施加的向上浮力 $F_{\text{浮}}$
			牛顿第三定律,球对水施加向下的反作用力
			牛顿第二定律→ $a_{\text{球}} < a_{\text{杯液}}$ →分离 $a_{\text{球}} = \frac{m_{\text{球}}g - F_{\text{浮}}}{m_{\text{球}}} < \frac{m_{\text{杯液}}g + F_{\text{浮}}}{m_{\text{杯液}}} = a_{\text{杯液}}$
2	实验检验	释放纸杯→观察现象:乒乓球与纸杯同步下落	
3	认知冲突	实验现象与理论预测矛盾(奇异点与失衡点: $a_{\text{球}} = a_{\text{杯}}$)	
4	冲突剖析	推理图	
			
5	搭脚手架	浮力本质:液体压力差	
		完全失重状态:液体内部无静压	
		逻辑链:完全失重→无静压→无压力差→浮力消失	
6	认知重构	破除“浸没物体必受浮力”思维定势,深化对完全失重的理解	

(2) 思想实验悖论(见表 8)。

表 8 匀速运动的平衡态认知重构

问题	匀速直线运动的物体是否处于平衡状态?		
1	学情分析	学生普遍存在的前概念——“静止即平衡,运动即非平衡”(需通过思想实验破解)	
思想实验	情境设定	如图所示,设想一列做匀速直线运动的列车通过站台,站台上的甲乘客和列车上的乙乘客就平衡问题对话 	
	观点表达	甲(站台):声称“运动的列车(及乙)不平衡” 乙(列车):观察到甲相对自身做匀速直线运动	
2	制造冲突	推理图	
	悖论核心	甲观点:静止物体平衡,运动物体不平衡 假设:甲观点正确 → 甲:平衡 以乙为参考系:甲做匀速直线运动 → 甲:不平衡 矛盾	
		若运动导致不平衡,则甲、乙互指对方不平衡,与事实矛盾	
3	搭脚手架	对称揭示	甲参考系:乙速度 $v \rightarrow$ 匀速运动
			乙参考系:甲速度 $-v \rightarrow$ 匀速运动
		物理本质	(平衡态判据:加速度为零,与速度无关)
4	认知重构	摒弃原有的前概念,重构科学认知	
	前概念	科学认知	
	静止才是平衡	任何惯性系中加速度为零即平衡	
	运动物体必不平衡	匀速直线运动是平衡态特例	
5	教学深化	通过对思想实验的逻辑自洽性检验,迫使学生放弃经验直觉,建立基于牛顿定律的平衡观	

4.2.3 冲突引导与教师角色

认知冲突是激发学生思维蜕变的起点,也是教师实现有效教学的关键抓手。从认知失衡迈向

认知重构的全过程,教学效能最大化的核心在于冲突引导策略。这要求教师既要遵循认知规律,依据学生思维发展阶梯巧妙设置冲突点,又要适时转变角色,从冲突的制造者转为问题的诊断者,再从支架的设计者转为认知重构的协作者。当教师成功地将“失衡-重构”转化为驱动深度学习的引擎时,学生便能在破解认知矛盾的过程中,实现认知水平的质性跃迁与核心素养的结构化提升(见图 1)。

冲突引导路径(见表 9)。

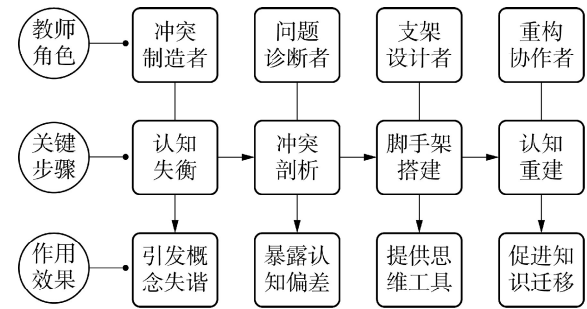


图 1 认知重构逻辑图

表 9 从失衡到重构

1	认知失衡	制造冲突点		
	核心目标	打破认知舒适区		
	操作策略	实验反直觉	傅科摆(预期:摆动面固定;实际:缓慢旋转)	
		思想实验悖论	匀速列车平衡性争议(互指对方不平衡)	
		数据异常显现	里希尔摆钟赤道变慢(误差 2 分 28 秒/日)	
	关键设计	使前概念预测与客观事实形成可观测的尖锐对立		
2	冲突剖析	解构错误根源		
	认知诊断	诊断表		
		前概念类型	案例对应	剖析方法
		直觉经验偏差	亚里士多德“短弧快摆”	采集摆幅-周期数据
		夸大成立范围	旋轮线对比圆弧运动	数学推导临界角 $\theta>5^{\circ}$
		隐含错误假设	浸没物体必受浮力	失重状态液体压强分析
	递进设问	为何预测失败? →你假设了哪些条件? →这些条件成立吗?		
3	搭脚手架	提供认知支点		

续 表

脚手架设计	脚手架	工具型 (“地球真的在自转”)	傅科摆 地球仪
		概念型 (匀速列车平衡性争议)	牛顿第一定律 惯性参考系
典型应用	单摆非等时性	元认知型 (里希尔钟慢揭秘)	提问清单
		实验:把单摆拉至某摆角 θ 释放,利用光电门传感器测定对应周期 $T \rightarrow$ 逐渐增大 θ ,绘制 $T-\theta$ 曲线 $\rightarrow$ 单摆的摆角大到一定值呈现“非等时”性	
4	认知重构	里希尔摆钟赤道变慢的再认识	
		由于历史的局限,里希尔并未考虑地球的自转对摆钟的影响。提供重力加速度公式 $g = GM/R^2$ (G 引力常数; M 地球质量) $\rightarrow$ 联系地球自转 $\rightarrow$ 引导发现 $g_{\text{赤道}} < g_{\text{两极}}$	
	转化机制	具象现象 $\rightarrow$ 数学表达 $\rightarrow$ 本质规律 $\rightarrow$ 迁移应用	
		典型案例	自由落体运动
		失衡点	真空中羽毛与铁球同时落地
		重构路径	① 否定“重物先落”经验 ② 建立 $v_t = gt$ 运动模型 ③ 自由落体运动是只受重力作用的理想模型 ④ 解释羽毛在空气中滞后的原因(空气阻力)

(上接第 45 页)

学生:第一步:从针筒上读出注射器的容积 V ;第二步:用刻度尺测量注射器全部刻度的长度 L ;第三步:求出横截面积 $S = V/L$ 。第四步:把注射器的活塞推至注射器筒的底端,排出空气后,用橡皮帽堵住注射器的小孔。第五步:用细尼龙绳拴住注射器活塞的颈部,使绳的另一端与弹簧测力计的挂钩相连,然后水平向右慢慢拉动注射器筒,当注射器中的活塞刚被拉动时,记下弹簧测力计的示数 F 。第六步:代入公式 $p = F/S$ 。

教师:你觉得实验过程中哪些操作会影响大气压测量值的大小?

学生:注射器内空气是否排尽、活塞与筒壁的摩擦力等都会影响大气压测量值的大小。

4 总 结

在大气压强教学中采用“5E”教学模式进行教

物理教学中的奇异美,本质是通过受控的认知颠覆,将学生的思维从“稳态平衡”推向“非平衡态”,在解决冲突的过程中实现概念跃迁。教师需成为“认知冲突的策划者”,让奇异现象成为点燃科学探索的火种。

5 结 语

物理教学,不仅是知识的传递,更应是一场美的启蒙与追寻。其中蕴含的美学元素,实为物理教学的关键内涵。和谐构筑认知的锚点,奇异驱动探索的引擎。当二者交融共生,物理规律内在的和谐秩序与突破边界的奇异魅力,便转化为驱动学生构建知识、理解世界、激发创造力的深层力量。当学生于和谐中寻得理解之基,于奇异中经历突破之憾,物理之美便内化为其科学思维的范式,物理教育就实现了从知识传递向美育启蒙的升华。

参考文献

- [1] 盛正卯,叶高翔.物理学与人类文明[M].杭州:浙江大学出版社,2006.
- [2] 郭奕玲,沈慧君.物理学史[M].北京:清华大学出版社,1993.
- [3] (美)乔治·加莫夫,高士圻.物理学发展史[M].侯德彭,译.北京:商务印书馆,1981.
- [4] 郭奕玲,沙振舜,沈慧君.物理实验史话[M].北京:科学出版社,1988.

学设计及教学实践,遵循学习梯度和认知规律,按照启发、强化思维、解释现象的层层递进逻辑;对应教学内容设置“参与”“探究”“解释”“迁移”“评价”5个教学环节,培养学生从科学的角度认识自然,从生活走进科学,建立起科学思维,实现科学学科核心素养的有效培养。

参考文献

- [1] 符译丹,陈立万.基于“5E”教学模式的高中物理教学设计探究——以人教版“液体的表面张力”教学为例[J].物理教师,2022(1):6—11.
- [2] 周建秋,翁庆双.大概视角下的初中科学教学设计模式与实践——以“大气的压强”教学为例[J].现代中小学教育,2024(10):20—24.
- [3] 中华人民共和国教育部.义务教育科学课程标准(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [4] 朱清时.科学(八年级上册)[M].杭州:浙江教育出版社,2022.