

跨学科视角下的物理数字化教学设计

——以“人体中的杠杆、预防中学生颈椎劳损”活动为例

杨国平 刘信生

【摘要】为落实物理课改精神,有效开展具有综合性、应用性和真实性的跨学科实践,提升学生的核心素养,教师应立足本学科减负增效;设置恰当的活动主题,优化项目设计、任务驱动、主题活动、实践探究、感悟反思等环节,将数字化教学手段融入多学科教学,建构思维脚手架,促进学生理解、应用知识。笔者开发新实验平台,以“人体中的杠杆、预防中学生颈椎劳损”跨学科实践活动为例,基于主题任务驱动设计理念与流程,促进物理与生物学科融合、与工程技术融合、与社会发展融合,优化教学方式、方法,引导学生“跨出”学科视野自主实践与学习探索,提升了学生分析、解决问题的能力,培养了批判性思维与创新能力,实现了课程协同育人的功能与价值。

【关键词】跨学科;物理教学;主题学习;任务型教学;数字化教学

一、问题的缘起

跨学科实践指教师基于两种及两种以上的学科核心概念和能力,以整合的方式在各学科之间建立联系,指导学生将在不同学科中学到的知识、技能和态度整合到一起,并且在解决问题的过程中加深对项目主题的理解,最终实现心智转换,创造出新成果^[1]。课标要求教师在开展初中物理教学时,摒弃低端重复,机械式讲知识、记知识、套知识与练知识的旧观念;在具体的主题任务下促进从知识到能力与素养的转化,设立跨学科主题学习活动,强化学科联动;坚持学科知识整体性、综合性与迁移性,引导学生从碎片化、零散的知识记忆向知识网络的体系建构跨越。当今大数据、人工智能等信息技术快速发展,数字化教学正在为跨学科实践赋能。如何在主题任务驱动下开展教学,实施好占总课时10%的跨学科实践课程,革新教学观念与方法,让学生基于已有认知来探究真实物理问题,提高核心素养,以此撬动其他90%课程的教学方法改革?这是需要教师破解的时代命题。笔者结合案例开展跨学科实践活动,不断升级迭代,引导学生高效、自主学习,提高综合能力。

二、跨学科实践活动的设计理念与设计流程

(一)设计理念

笔者落实物理课改精神,设置恰当的跨学科实践活动主题,优化项目设计、任务驱动、主题活动、实践探究、感悟反思等环节。以物理教材和现实生活为蓝本,笔者设计系列创新实验案例和作品制作等

内容,将实验活动与解决情境中的实际问题结合在一起,以有价值的、真实的主题为突破口,开展跨学科实践活动,促使学生在多学科知识理解、科学技术改变人类生活、应用科学进行生活决策、深化对科学研究方法的认识等方面获得显著提升^[2]。

(二)设计流程

课标中一级主题跨学科实践包含三个二级主题,即“物理学与日常生活”“物理学与工程实践”“物理学与社会发展”。笔者立足物理学科,在整合学科内容的基础上,统筹设计综合课程,在真实问题情境下开展跨学科主题学习活动,凸显课程协同育人功能。笔者将“人体中的杠杆、预防中学生颈椎劳损”这一实际问题作为研究主题,建构动画模型,实现物理与生物学科融合;建构杠杆模型,实现与工程技术融合,指导学生设计数字化创新实验操作装置,探究颈椎病的形成机理;将科学知识与社会发展融合,让学生查阅资料寻找颈椎病的防治方法。按以上思路,笔者设计了教学流程(如图1)。



图1 跨学科实践案例设计流程

三、任务驱动下的跨学科实践案例分析

黄恕伯强调,教师开展跨学科实践活动,应立足于物理学科自身,让学生在熟练掌握所学的物理概念和方法的基础上,“跨出”学科视野。笔者将物理学科知识与二级主题中的三个要素结合起来,基于现实问题,引导学生质疑与创新,激发创造力。基于物理的跨学科实践教学宗旨:一是帮助建立物理观念;二是训练科学探究能力;三是提升科学思维能力;四是培养科学态度与责任。笔者以初中物理杠杆模块中“人体中的杠杆、预防中学生颈椎劳损”教学为例,应用数字化传感器装置开展跨学科实践活动。

(一) 物理与生物学融合

在学习“杠杆的分类”内容的基础上,学生提出“人体中杠杆的结构”专题。学生探究此专题涉及如下知识:人体骨骼、关节与肌肉的组成,以及通过人体肌肉的收缩与舒张带动骨骼运动等生物学原理。笔者带领学生抽象出杠杆模型,立足于物理,“跨入”生物学中。基于新的学科视角,笔者设计了跨学科

实践活动任务单,在课堂上开展探究活动。

任务1:如何探究提物、提踵、抬头(低头)动作中的杠杆原理?

设计要求:(1)了解提物、提踵、抬头(低头)这些动作,查阅其涉及哪些骨骼与肌肉;(2)运用数字技术展示以上动作中的骨骼与肌肉是如何协作的;(3)运用数字技术抽象出以上人体中的杠杆类型,列举生活中的类似实例。

笔者为学生提供学科教材、连接互联网的电脑、相关软件、笔、纸与刻度尺,让他们开始探究。学生分组(三人一组)操作,按照设计要求,对任务单进行拆解。笔者指导学生上网查阅人体运动骨骼与肌肉名称,让学生研讨人类完成提物、提踵、抬头(低头)这些动作时骨骼与肌肉是如何协调的,随后运用软件绘制实物模型,演示骨骼与肌肉的协调过程。在笔者的引导下,学生抽象出杠杆模型并加以分类,列举了生活中同类杠杆实例。在笔者指导下,学生设计出个性化任务单,将探究成果进行收集与整理(见表1)。

表1 人体中杠杆的运动机理与分类

| 人体动作 | 图例 | 骨骼与肌肉运动 | 杠杆模型 | 举例 |
|--------------|----|---|------|-------------------|
| 手臂提物 | | 用力:肱二头肌收缩使前臂的桡骨、尺骨向上拉起 负荷:抬起前臂与手掌中重物 支点:手臂的肘关节 | | 缝纫机脚踏板、镊子、筷子、钓鱼竿等 |
| 提踵 (脚尖站立) | | 用力:小腿后部的腓肠肌收缩,提升脚踵 负荷:人体自重 支点:脚掌前端趾骨关节 | | 铡刀、动滑轮、羊角锤等 |
| 抬头 (低头) | | 用力:颈部肌肉收缩使后颅骨向下拉 负荷:前颅被提起抬头,前颅放下低头 支点:寰枢与枕骨之间关节上的颅骨枢纽 (舒张时后颅骨前倾) | | 天平、定滑轮、家用剪刀等 |

学生在问题驱动下完成各项任务。跨学科是解决真实问题的必然路径。笔者将物理学科主题延伸到生物学,甚至与信息技术学科相融。笔者基于案例实现多学科的有机融合,建构有效的知识架构,帮助学生多视角、多层次、多手段进行科学探究,让他们学会多种科学探究方法,提升高阶思维能力,树立正确科学态度。

(二) 物理与工程技术融合

笔者基于科学、技术、工程与数学(STEM)教育理念,设计工程技术内容,打破学科边界,实现多学科融合。“人体中的杠杆”涉及多个结构,它们的力学本质是杠杆,其运动机理为相应部位的肌肉收缩与舒张带动骨骼或有关肌肉群运动而产生力的作用,促使骨骼绕关节转动来完成各项动作。针对学生思维由浅入深的认知特点,笔者用数字化拉力传感器建立手臂提物简单杠杆模型引导学生探究。

任务2:设计手臂提物模型,探究它是什么类型的杠杆。

设计要求:运用工程技术手段组装手臂模型,探究提起钢球动作的力学特点。

实验器材:拉力传感器、数据采集器与笔记本电脑,绕轴转动的木条,小钢球等。

探究过程:学生展示用木条制作的人体前臂模型,分组实验。(1)打开软件界面,将仪器“校零”,用拉力传感器测出钢珠自重为 G 。(2)将木条穿在支架上绕轴转动,模拟人肘关节(杠杆支点),将钢球悬挂在绕轴转动的木条前端细线上,用来模拟人手心托起重物(杠杆的阻力)(如图2)。(3)用拉力传感器勾住木条后端的细线,模拟手臂上肌肉群收缩时提起前臂的力,借助电脑显示传感器拉力 F (杠杆的动力)。



图2 模拟“手臂提物”的实验装置

学生反复实验,发现杠杆的动力始终大于阻力,得出结论:人体的前臂(手臂提物)是费力杠杆。

在生活中,一些学生长时间伏案学习,坐姿不端

正。笔者发问:当人低头时,颈部的肌肉要承受多大的力呢?长时间坐在办公室工作的人患颈椎病的比例居高不下,原因何在?经调查,大量年轻人出现颈椎劳损现象,且这一现象还有进一步年轻化的趋势,社会危害性极大,如何运用所学知识解释这些现象?怎样预防与缓解这些症状呢?如果单从杠杆理论进行分析,思维坡度较陡,学生难以接受。为了降低思维台阶,笔者指导学生设计数字化创新实验,自主探究。

任务3:设计人体头部颈椎模型,探究人在低头情况下颈椎会承受多大的力。

设计要求:(1)运用工程技术手段组装一套能够体现人体头部及颈椎活动的装置系统,测量人在低头时颈椎的受力大小。(2)为使实验效果更加明显,用数字化传感器技术取代弹簧测力计,体现前沿信息技术的应用。(3)了解长时间伏案低头对颈椎的危害性。

实验器材:拉力传感器、数据采集器与笔记本电脑,直径为10cm带转轴的塑料圆盘、教学用量角器、长25cm塑料尺、200g钩码、带十字支架的铁架台、胶棒枪、充电钻各一件,打印人体头部图片、红色的圆形纸、自攻螺丝与细线等。

实验装置组装过程如下。

第一步,组装人体头部颈椎中的杠杆模型。

人在抬头时, A 点为头颅的重心;头颅模型绕支点 O 转动; B 点为颈部肌肉收缩时拉力作用点;人低头时,头颅从竖直位置转动的角度为 θ ;颈部肌肉收缩时拉力为 F (如图3)。为便于探究,取塑料圆盘,用热熔胶棒枪将塑料尺沿半径的方向固定在圆盘上;将红色纸贴在圆盘上,用胶棒枪将人体头部图片固定在塑料尺后面;将钢轴穿过圆盘圆心(杠杆支点),

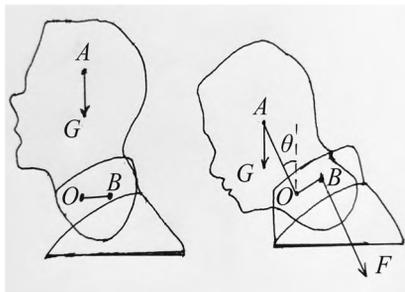


图3 头部运动过程中颈椎受力模型



扫码看视频

用来模拟转动的颈椎。学生在塑料尺前端打一个小孔,将细线穿过小孔,下端悬挂 200g 的钩码,模拟人头的重力(杠杆的阻力);在圆盘靠近外侧再打一个小孔,将自攻螺丝旋入孔中,在螺丝上系好细线,用拉力传感器勾住自攻螺丝上的细线,用来测量颈部肌肉伸缩时对颈椎的拉力(杠杆的动力)。

第二步,组装量角器与数据采集装置。

取带十字支架的铁架台,先将组装好的人体头部颈椎模型竖直固定在转轴上,再调整装置使量角器的顶点与颈椎模型共轴,将其竖直固定在铁架台上(如图 4 左),剪出微型红色箭头粘在塑料尺上端作为标记,用量角器测量人头低下的角度。用数据线将拉力传感器、采集器与电脑连接好备用(如图 4 右)。

探究步骤如下。

(1) 打开电脑桌面上的软件,“校零”仪器。用拉力传感器测出钩码重为 $G = 1.98\text{N}$ 。

(2) 用拉力传感器钩住转盘自攻螺丝上的细线,当圆盘上的塑料尺处于竖直位置时,拉力传感器的示数为零;让圆盘上的塑料尺由竖直位置轻轻转过 30° ,沿与塑料尺平行的方向拉住拉力传感器,待静止时读出 $F_1 = 4.28\text{N}$,模拟人低头时颈部肌肉承受的拉力。

(3) 让圆盘上的塑料尺由竖直位置轻轻转过 45° ,仍然使拉力传感器拉力方向与塑料尺平行,静止时读出 $F_2 = 4.80\text{N}$ 。

(4) 让圆盘上的塑料尺由竖直位置轻轻转过 60° 、 70° ,重复以上实验,分别读出拉力传感器上的拉力 $F_3 = 5.71\text{N}$ 、 $F_4 = 6.39\text{N}$ (如图 5),将测得数据填入下页表 2 中。

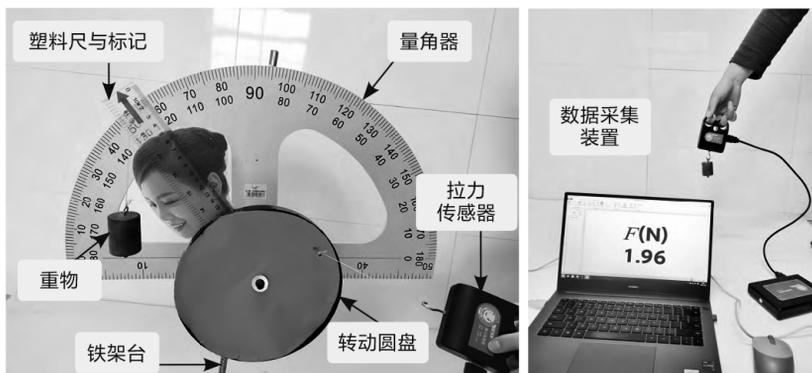


图 4 人体颈椎中杠杆受力装置及模拟人体颈椎受力实验装置

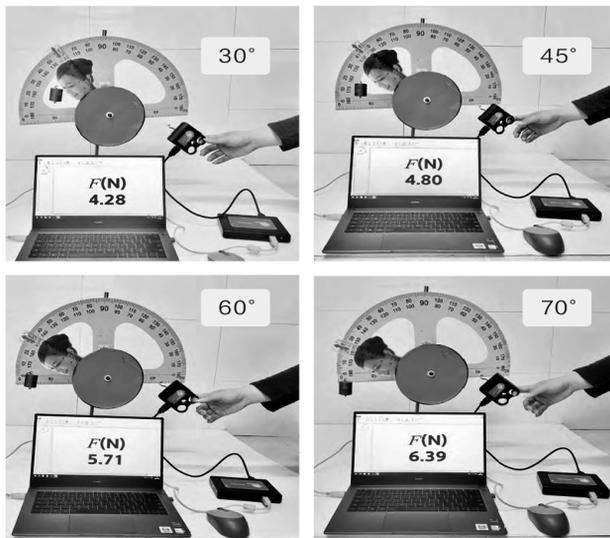


图 5 探究人体头部低头的角度与颈椎的受力关系实验

表2 人体颈椎承受拉力大小与头部低下的角度的关系

| 头部低下的角度 $\theta/(\circ)$ | 0 | 30 | 45 | 60 | 70 |
|--------------------------|---|------|------|------|------|
| 人体颈椎承受的拉力 F/N | 0 | 4.28 | 4.80 | 5.71 | 6.39 |

实验结论:人体颈椎承受的拉力与头部低下的角度有关系,人头部沿竖直方向低下的角度越大,颈部肌肉承受的拉力越大。颈椎承受的拉力越大,对人颈椎损伤越大,危害也越大。

在笔者引导下,学生自主建构一系列由简单到复杂的物理实验模型进行深度探究,这是对课标的实质响应。模型建构是科学思维的核心要素,建模能力是科学思维的重要能力指标。学生自主探究,提高了学习效率,顺利实现思维进阶。整个探究过程实质上是以高阶思维为主导的自主学习,更是一种接近知识本质和智慧内核的学习方式^[3]。在一系列实验数据的比较分析中,笔者将工程技术融入物理教学,对看似棘手的问题进行可视化处理。笔者将落脚点放在发展学生跨学科运用知识的能力、分析和解决问题的综合能力、动手操作的实践能力上,培养学生积极的学习态度和乐于实践、敢于创新的精神^[4]。

(三) 物理与社会发展融合

课标特别注重培养学生“知行合一、学以致用”的品质。教师在跨学科实践中面对真实生活问题时,一定要知难而上,引导学生解决问题。学生参与以上人体颈椎数字化模型探究活动,发现从事脑力劳动的人们由于坐姿不正确而导致颈椎劳损的危害性很大,必须加以重视。下面,笔者继续带领学生设计跨学科主题任务进行探究。

任务4:如何预防颈椎病的发生,可以采取哪些干预手段减轻颈椎劳损?

设计要求:(1)针对中学生群体,收集整理预防颈椎劳损的措施;(2)借助网络大数据平台查询缓解颈椎病痛苦的绿色方法。

教学资源:大数据平台、医院、学校、按摩店、养老中心等。

探究过程如下。学生利用大数据平台查询颈椎病的症状:长时间低头工作导致颈椎变直,甚至发生反弓;椎体病变,严重劳损,压迫神经,导致头部供血不足;站立不稳、上肢发麻、头晕、恶心、呕吐。学生在全校进行调查走访,深入按摩店、医院等机构,开展问卷调查,统计颈椎劳损数据,再利用云平台查询

颈椎劳损者年龄分布和患病原因,生成统计图。

探究结论:颈椎病是人类公害,呈现年轻化趋势,必须高度重视。

解决策略:学生一定要保护好颈椎,不要长时间伏案低头写字、不做看手机的“低头族”;切记不要一个姿势工作太久;养成良好的生活和工作习惯。此外,适量参加体育运动,如参与跳绳等活动,也可以开展“五禽戏”等传统体育运动,预防颈椎病。

在当今信息技术迅猛发展的智能时代,教师将先进的数字化教学手段融入多学科教学,建构思维脚手架,促进学生物理学科知识的理解与应用,这是明智之举。教师开展跨学科实践活动必须坚持“立足本学科”与“减负增效”的教学原则,体现跨学科实践的综合性、应用性和真实性。跨学科实践一定要有物化的成果,如数字化模型、创新实验装置、具体解决方案或网络调查报告等。教师无论用何种方法开展跨学科实践活动,一定要在分析问题与解决问题的实践中培养学生的分析、创造、综合、批判思维能力,不断提升学生的实践创新能力和核心素养。

参考文献:

- [1]周敏,沈苹.指向深度学习品质的跨学科项目化学习实践探索[J].基础教育研究,2021(2):16-17.
- [2]黄丹青.促进智慧生成的跨学科交互教学策略[J].中小学数字化教学,2023(2):82-85.
- [3]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.
- [4]黄建林.“高见度”实验改进方向的策略研究[J].物理教学,2018(5):37-39.

【作者简介】杨国平,甘肃省嘉峪关市第五中学教师;刘信生,安徽省合肥市庐江县龙桥镇初级中学高级教师。

【原文出处】摘自《中小学数字化教学》(京),2023.8.62~66

【基金项目】本文系甘肃省教育科学“十三五”规划2020年度立项重点课题“开展学生物理自主创新实验,促进学生深度学习的策略研究”(项目编号:GS[2020]GHBZ076);安徽省教育信息技术研究2021年度立项课题“TPACK理论框架下初中物理创新实验教学的行动研究”(项目编号:AH2021026)阶段性研究成果。