

Make use of cross-integrated teaching to explore the mystery of mathematics and geography —— take the experimental teaching of “measurement and application of solar altitude Angle” as an example

Xincheng Wang Shuimei Lin

Baise Ethnic Senior High School, Baise, Guangxi, 533000, China

Abstract

Guided by the new curriculum standards 'philosophy of "interdisciplinary integration and practical education," this study utilizes the outdoor experiment "Measurement and Application of Solar Altitude Angle" to establish a deeply integrated mathematics-geography classroom model. Through problem-driven learning, tool integration, data validation, and outcome transfer, it achieves "using mathematical language to describe geographical phenomena and activating mathematical tools through real-world geographical contexts." Practical evidence shows that students' core competencies—including regional cognition, geographical practice ability, human-environment coordination perspective, as well as mathematical modeling, computational skills, and data analysis—have significantly improved through the "phenomenon-model-application" closed-loop process. This provides a replicable and scalable model for interdisciplinary teaching in secondary education.

Keywords

subject integration; solar altitude Angle; mathematical modeling; experimental teaching

巧用交叉融合教学，探索数学与地理的奥秘——以“太阳高度角的测量与运用”实验教学为例

王歆晨 林水梅

百色民族高级中学，中国·广西 百色 533000

摘要

在新课标“学科融合、实践育人”的理念引领下，本文以“太阳高度角的测量与运用”户外实验为纽带，构建数学与地理深度协同的课堂样态。通过问题驱动、工具整合、数据实证、成果迁移等环节，实现“用数学的语言刻画地理现象，以地理的情境活化数学工具”。实践显示，学生在亲历“现象—模型—应用”闭环中，区域认知、地理实践力、人地协调观及数学建模、运算、数据分析等核心素养均获显著提升，为中学跨学科融合教学提供了可复制、可推广的范式与经验。

关键词

学科融合；太阳高度角；数学建模；实验教学

1 引言

课程标准层面的“同频共振”，在课堂实践中却常常沦为“分科而治”的错位。《普通高中地理课程标准（2020年版）》^[1]提出：“能够借助函数、统计、几何等数学工具，对地球运动、气候演变、人口迁移等地理现象进行定量刻画与因果推断。”几乎同步颁布的《普通高中数学课程标准（2020年版）》^[2]则在“核心素养”板块增设“跨学科建模能力”，强调学生应“在真实、复杂、开放的情境中，

抽象出数学结构，检验并优化模型，迁移解决新问题”。然而，这一互为呼应的理念在一线教学中被长期割裂：学生把地理当成“看图说话的文科”，把数学当成“符号操练的理科”，背得滚瓜烂熟的三角公式在日出日落的真实世界中毫无用武之地，导致学科知识与生活世界之间的“落差”日益凸显。

太阳高度角（ α ）恰好为弥合这一落差提供了天然的“概念交汇点”。一方面，它是地理必修第一册“地球运动”板块的核心变量，承载着区域认知、地理实践力与人地协调观的素养目标；另一方面，它也是数学必修第一册“三角函数”最直观的情境载体，蕴含着建模、运算与误差分析的数学价值。测量与计算太阳高度角的过程，既需要地理学科提

【作者简介】王歆晨（1991-），女，中国广西百色人，本科，中学一级教师，从事数学教育研究。

供时空情境与意义框架，又离不开数学工具赋予其精度保障与模型优化路径。基于此，本研究以“太阳高度角的测量与运用”户外实验为切入点，尝试让地理与数学在真实任务中实现“双向奔赴”，为破解分科教学的困境提供一条可操作、可复制的融合范式。

2 实验设计

2.1 实验目标

地理视角：通过在校内自选观测点进行日影跟踪，记录并绘制太阳高度角的日变化曲线。

数学视角：自主推导太阳高度角计算公式，自主选择实验器材并设计观测方案，提升科学探究与问题解决能力。

融合应用：将地理情境与数学模型整合，针对校园停车场遮阳、校园绿化带设计等实际问题，提出基于正午太阳高度角的定量解决方案，实现“地理情境—数学建模—真实应用”的闭环探究。

2.2 实验原理

地理原理：太阳高度角，简称太阳高度。指太阳光线与地平面之间的夹角。

太阳高度角 α 的时空变化规律：(1) 同一地点、不同日期： $\alpha_{\max} = 90^\circ - |\phi - \delta|$ ，其中 ϕ 为当地纬度， δ 为太阳直射点纬度；(2) 同一日期、不同时刻： $\alpha(t)$ 随太阳时角 h 变化， $\cos Z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h$ (Z 为天顶距)。

数学模型：在水平地面上垂直立杆长 L ，测影长 S ，则 $\tan \alpha = L/S \rightarrow \alpha = \arctan(L/S)$ 。引入误差项 ε 后， $\alpha_{\text{测}} = \arctan(L/S) + \varepsilon$ 。

2.3 活动准备

实验器材：直杆、直角三角板、卷尺、标准电子钟(手表)、指南针、粉笔、记录表、水性笔、砖块、平板、Excel、地球运动虚拟模型。

分工合作：组建地理活动小组，以4-6人为一组，分设数据观测组、数据处理组、实验汇报组各3组，各组内再设1名组长，由组长进行组内分工。

2.4 实验实施过程

阶段1 创造情境，引出问题(地理主导)

教师活动：教师展示校园早、中、晚三张照片，引导学生观察“同一旗杆影子长短与方向的变化”。提出问题：能否利用影子“量”出今日太阳高度角？

阶段2 方案共创，学科对话(双师协同)

双师讨论，构建学习任务群

任务1：概念建构——请学生绘制“直杆影子太阳光线”示意图。并思考“如何用一根直杆量出太阳高度？”

任务2：模型建立——公式在水平地面上垂直立杆长 L ，测影长 S ，则 $\tan \alpha = L/S \rightarrow \alpha = \arctan(L/S)$

任务3：现场实测——分组完成8:00—16:00整点观测，记录9组数据。并填入观测数据纪律表(表1)。

表1 观测数据纪律表

序号	观测时间 (地方时)	直杆长度 (cm)	杆影长度 (cm)	太阳 方位	太阳高度角 (°)

【注】某地地方时 = 已知地方时 \pm 经度差 $\times 4\text{min}/^\circ$

任务4：数据核验——与NOAA太阳位置计算网站比对，并分析误差原因。

任务5：迁移应用——校园停车场遮阳问题、为校园新建教学楼南侧绿化带设计“不遮阳乔木带”宽度等。

阶段3 户外实验(学生主体)。

1. 选址：校园足球场中心，确保09:00—15:00无遮挡。

2. 布桩：将直杆垂直置于地面的观测点上，用直角三角板保证杆垂直，砖块固定。

3. 观测：用粉笔在地面上描出直杆影子，分别使用卷尺和指南针测量直杆影子长度和太阳方位，每整点记录杆影长度、方位(其方向与杆影方向相反)；

将测量数据记录下来并填入观测数据纪律表。

以下是A组得出的数据(表2)。

表2 A组观测数据纪律表

序号	观测时间 (地方时)	直杆长度 (cm)	杆影长度 (cm)	太阳方位	太阳高度角 (°)
1	9:00	137.5	209	东 88°	33.341°
2	10:00	137.5	128	东 95°	47.048°
3	11:00	137.5	79	东 115°	60.121°
4	12:00	137.5	44	东 126°	72.255°
5	13:00	137.5	27	东 182°	78.891°
6	14:00	137.5	44	东 235°	72.255°
7	15:00	137.5	84	东 255°	58.579°
8	16:00	137.5	135	东 265°	45.526°

阶段4 数据处理(数学主导)

1. 数据核验；分析数据，剔除因云层遮挡、测量错误等导致的异常点。

2. 数据可视化：以Excel自动绘制柱状图和折线图。

3. 建模：利用 $\tan \alpha = \text{杆长} / \text{影长}$ 计算太阳高度角 α ，绘制“时间— α ”折线。

4. 误差：计算相对误差 $E = |\alpha_{\text{理}} - \alpha_{\text{测}}| / \alpha_{\text{理}} \times 100\%$ ，讨论系统误差来源(杆是否绝对垂直、地面坡度、表时差)。

5. 预测：调用NOAA网页API获取理论值，与实测值对比。

阶段5 成果汇报(学生主体)

学生活动：小组派代表展示本组拟合曲线图，并分析总结出一天当中的太阳高度角如何变化？我们当地测得太阳高度为最大值时为几点？为什么？

A组展示校园内太阳高度角随时间变化柱状图(图1)和折线图(图2)

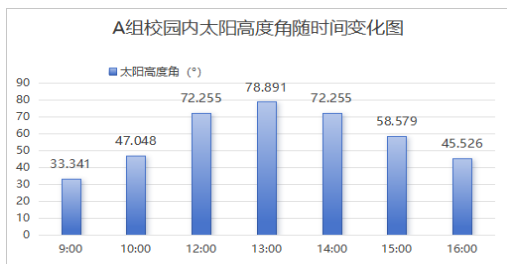


图 1

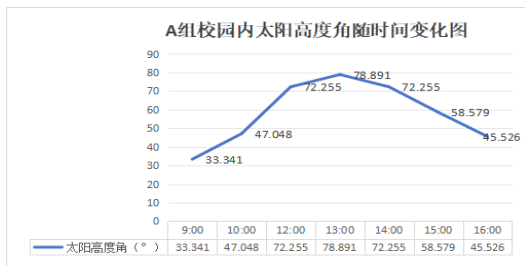


图 2

A 组得出如下结论：1. 日出一正午一日落，太阳高度的变化： $0^{\circ} \rightarrow 78.891^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}$ 。从日出到正午太阳高度逐渐变大，正午太阳高度达到最大，日出日落太阳高度高度最小。正午到日落太阳高度逐海所变小。2. 北京时间 13 时，地方时 12 时。当地经度与北京所用的东八区 120° 经线相差 15° 。北京时间 13 时即地方时 12 时，是正午，太阳高度最大达到 78.891° 。

教师活动：教师对学生的汇报进行点评和总结。

阶段 6 布置作业，知识拓展（双学科整合）

下图为学校正门右侧的停车场示意图，林老师常喜欢把小轿车停在综合办公楼（楼高 9 米）后的停车位上（如图 3 所示），林老师的车长 4.5 米，综合办公楼与车位距离为 1 米，请你推测 4 月 26 日在气温较高的 12 点到 15 点（地方时）之间是否存在一个时间段，车辆被综合办公楼的影子全部挡住，并绘图说明推测过程。（提示：太阳高度角及太阳方位的获取可运用地球运动虚拟模型查询）

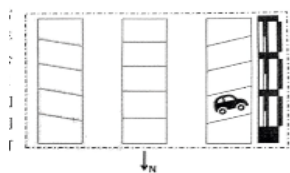


图 3 校园停车场示意图

3 实验教学总结与反思

本节实验课以“校园直杆影子”这一真实情境切入，将地理时空规律与数学建模方法融合，实现了“现象—模型—应用”的完整闭环。学生经历了“提出问题—设计方案—实地测量—数据处理—迁移应用”的全过程，显著提升了区域认知、地理实践力、数学建模等核心素养。

成功之处：1. 情境真实，任务驱动：用三张不同时段

的照片激活学生已有经验，再抛出“能不能用影子量出太阳高度角”这一挑战性问題，成功点燃探究欲。2. 学科对话，优势互补：地理教师负责“时空规律”与“场地安全”，数学教师聚焦“公式推导”与“误差分析”，双师协同避免了“各自为政”，学生同时获得两种学科视角。3. 角色分工，合作高效：4—6 人小组再细分“观测—处理—汇报”三条线，组长轮值制让每位学生至少承担一次“领导”体验，社会性成长与学术成长同步发生。4. 迁移任务，价值外显：停车场遮阳或绿化带宽度计算等任务把“课堂知识”直接转化为“校园改进方案”，学生第一次真切体会到学科知识的现实生产力。

问题与改进：1. 实际执行中，户外实测与数据处理耗时超出预设时间，导致汇报略显仓促。改进：将 Excel 模板预置公式，减少现场录入时间；采用“云表格”实时共享，观测组与处理组并行作业。2. 评价维度单一^[3]。成果汇报侧重“曲线拟合精度”，忽视了“团队协作”与“创新亮点”。改进：设计三维评估标准--科学准确性(40%) + 创新工具应用(30%) + 团队互评(30%)；引入“即时贴”互评墙，观摩学生给别组贴“点赞贴”并注明理由。

4 结论与展望

本研究以“太阳高度角的测量与运用”户外实验为载体，验证了数学与地理在真实情境中深度融合的可行路径。实证结果表明：当学生以三角函数为工具、以地球运动为情境，完成测量—建模—验证的完整链条时，抽象的数学符号获得了可感、可用、可迁移的意义，地理概念亦因定量刻画而更具解释力。在此过程中，教师角色由“知识传递者”转向“学习任务设计师”，两学科教师通过共备、协导，有效突破了课表与学科边界的壁垒，形成了“内容—方法—评价”三位一体^[4]的跨学科教学范式。

展望未来，研究仍需在三方面持续深化：第一，内容维度上，进一步挖掘多学科间的概念交汇点，构建实验序列；第二，方法维度上，开发配套校本“实验微课”与“误差分析模板”，将操作规范、误差溯源及修正策略可视化、标准化，确保实验的规范性与可重复性；第三，评价维度上，建立兼顾结果准确性、方案合理性、反思改进性的多元评价体系，为跨学科素养的持续发展提供实证依据。本研究通过系统化、可拓展的实验课程建设，期望为高中理科课堂的“做中学”提供可复制、可推广的范式。

参考文献

[1] 教育部. 普通高中地理课程标准(2020年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020.

[2] 教育部. 普通高中数学课程标准(2020年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020.

[3] 徐辉. 数学建模在中学地理教学中的应用[J]. 中学数学教学参考, 2022(10): 34-37.

[4] 张建伟. 学科融合的课程设计与评价[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2021.