009 萤火虫的“光语”——生物发光的化学与生态

项目	内容
任务名称	萤火虫的“光语”——生物发光的化学与生态
对应分册	《萤火虫》（昆虫系列 9 册之一）
核心探究	生物发光的化学原理、光信号通讯、光污染对行为的影响
对应主题	生态环境、生命健康
呼应课标	科学课程“物质的结构与性质”——化学反应中的能量转化；“生物与环境的相互关系”——生物对环境的适应与响应；小学学段：能运用实验、调查等方式获取信息；能运用分析、比较、概括等科学思维方法得出初步结论
关注能力	夜间观察与数据统计、规律分析、科学记录与生态推理
价值观引领	每一个生命都有其独特的表达方式——萤火虫用光说话，我们为它留出黑暗。
适用年级	4-6 年级
建议课时	4-5 课时完成（含 1 次夜间观察）。

一、探究导入

夏夜，草丛中闪烁着点点荧光，忽明忽暗，像天上的星星掉进了草丛里。那是萤火虫在用自己的“语言”对话。

唐代诗人李白在《咏萤火》中写道：“雨打灯难灭，风吹色更明。若飞天上去，定作月边星。”他惊叹萤火虫的光在风雨中依然明亮，甚至想象它飞到天上变成星星。一千多年后的今天，我们已经知道：萤火虫的光不是魔法，而是发生在它体内的一次精密的化学反应。更重要的是，萤火虫用这些光信号进行“对话”——它们通过特定的闪光模式来寻找配偶、辨识同类。

今天我们就从萤火虫的闪光出发，一起探究：萤火虫的“光语”如何工作？我们人类的活动又如何干扰了它们的对话？

二、探究目标

1. 认识生物发光的化学原理，理解光信号在动物通讯中的作用

2. 学习夜间观察与数据统计的方法，提升规律分析、科学记录与生态推理的能力

3. 感受微小生命的光芒，理解每个生命都有其独特的价值和表达方式，培养尊重生命、保护生态环境的意识

三、探究准备

1. **材料用具**：红色滤光手电筒（夜间观察保护视力）、计时器、记录本、温

度计、相机或手机（拍摄视频）、地图或 GPS（记录观察点）

2. **场地**：夏季夜晚的湿地、河边、郊野公园或低光污染的乡村（需要确认当地有萤火虫栖息）

3. **安全提醒**：夜间观察需有成人陪同；穿着长袖长裤防蚊虫；不进入危险区域；只观察不捕捉；使用红色滤光手电（白光会干扰萤火虫的发光行为，红光是它们看不见的光谱）

四、探究过程

（一）提出问题

萤火虫为什么会发光？发光的频率和模式有什么规律？光污染如何影响萤火虫的求偶行为？

（二）作出假设

萤火虫的发光由体内荧光素酶催化荧光素与氧气反应产生；不同种类的萤火虫有特定的闪光频率和间隔，以识别同类异性。光污染会干扰雌雄萤火虫之间的光信号识别，降低求偶成功率，从而减少种群数量。

（三）设计并实施探究方案

活动 1：萤火虫闪光模式观察

变量控制：在同一地点、同一时间段（如 20：00-21：00）、相似天气条件下观察

在夏夜萤火虫活动的高峰时段进行观察，记录发光的模式：

观察项目	记录结果
观察日期和时间	月_____日：_至：_
天气和温度	□晴朗 □多云 □微雨，温度_____°C
栖息环境	□水边 □草地 □树林边缘
闪光颜色	□黄绿色 □偏黄色 □偏绿色
闪光频率	约_____次/秒
单次闪光持续时间	约_____秒
闪光模式	□单次闪光 □连续闪烁 □有规律间隔
发光时飞行高度	□贴近地面 □1 米以下 □2-3 米

我们注意到：不同个体的闪光模式并不完全相同，有的闪得快，有的闪得慢，有的会突然停下来再重新开始。这可能和它们的种类或性别有关。

活动 2：环境光对萤火虫发光行为的影响

在相同位置设置不同环境亮度条件，观察萤火虫的发光频率变化：

- 无光干扰时（红光照明的对照区）：记录每 10 秒内的闪光次数，连续观察 5 分钟
- 微弱光干扰时（用白纸遮挡手电筒，发出微弱散射光，间隔照射）：观察并记录发光频率和持续时间的变化
- 较强光干扰时（直接打开白光手电筒，短时间照射后关闭）：记录照射前后发光频率的变化

环境条件	每 10 秒平均闪光次数	闪光持续时间（秒）	行为变化
自然暗环境	_____	_____	_____
微弱光干扰	_____	_____	_____
较强光干扰后	_____	_____	_____

我们发现：当有较强的白光照射后，萤火虫的闪光频率明显下降，甚至停止发光。这说明光污染确实会干扰萤火虫的“语言”交流。而在自然暗环境中，萤火虫的闪光最活跃、最规律——那正是它们本该有的样子。

活动 3：不同地点的萤火虫对比调查

选择至少 3 个不同地点进行观察（如：城市公园、郊区湿地、远离城市的自然保护地），在同一天气、相近时间段内记录每个地点的萤火虫数量、闪光频率和种类：

调查地点	光污染程度	萤火虫相对数量	主要闪光模式	推测种类数量
城市公园	□高 □中 □低	_____	_____	_____
郊区湿地	□高 □中 □低	_____	_____	_____
远郊保护地	□高 □中 □低	_____	_____	_____

我们发现：光污染越低的地点，萤火虫的种群密度越高，闪光行为也越活跃。这进一步说明萤火虫种群的存续与夜空的黑暗程度之间存在密切关联，保护暗夜生态就是在守护萤火虫的“语言”和生命。

（四）搜集证据整理结果

1. 萤火虫的发光是荧光素酶催化的化学发光反应，效率极高（几乎不产生热量，被称为“冷光”）。

2. 不同种类的萤火虫有不同的闪光模式。通过记录闪光频率、持续时间和间隔，可以识别出至少 2-3 种不同的“密码”。这些密码是雌雄识别的基础。

3. 光污染实验表明：白光干扰会使萤火虫的发光频率下降 40-70%，部分个

体停止发光；恢复暗环境后，需要 1-3 分钟才能重新开始闪光。

4. 不同地点的调查显示：远离城市光源的地区，萤火虫的种群密度和活动频率显著更高，光污染是萤火虫数量下降的重要原因之一。

（五）得出结论

萤火虫的闪光是一种用于求偶通讯的光信号系统。每一种萤火虫都有自己独特的“光语”——特定的频率、持续时间和间隔，确保雌雄个体能够正确识别同类。光污染会干扰这种通讯，使萤火虫“说不出口”，也无法“听到”彼此。因此，保护萤火虫不仅需要保护它们的栖息地，还需要保护它们赖以交流的夜空。

五、成果制作

制作《萤火虫的光语》科普信息图或发光模式对照卡：

1. 绘制 2-3 种萤火虫的闪光模式图谱（用波形图表示不同种类的闪光节律）

2. 制作“光信号模拟对照卡”（用 LED 灯模拟不同种类的闪光模式）

3. 附“保护暗夜”倡议标语——推荐内容：“让萤火虫的对话继续”

六、交流反思

1. 李白在诗中写道：“雨打灯难灭，风吹色更明。”萤火虫的光为什么能在风雨中依然可见？这与它体内发光化学反应的效率有什么关系？

2. 为什么我们不能用白光手电筒观察萤火虫？如果用手机闪光灯拍照，会对萤火虫造成什么影响？

3. “光污染”除了影响萤火虫，还会影响哪些夜行动物？请举例说明。

4. 在设计一个“萤火虫友好型”社区时，我们需要考虑哪些因素？

七、科学与文化融合

李白在《咏萤火》中写下“雨打灯难灭，风吹色更明”，他用诗人的眼睛捕捉到了萤火虫最动人的特质——风雨中的微弱光源，比任何灯火都更坚韧。他不知道的是，这份“坚韧”来自一种被称为“冷光”的化学反应——荧光素与氧气在酶的催化下发光，效率接近 100%，几乎没有热量损耗。他看见的是“风雨中的诗意”，我们看见的是“演化中的精密”。但有一点从未改变：无论在一千年前的唐朝，还是在今天，萤火虫的光芒始终让人驻足——从前是因为美，现在是因为它提醒我

们，有些光不需要太亮，也能被看见。

八、探究感悟

萤火虫的光，是大自然最温柔的奇迹。它不是为了照亮什么，而是为了“说”一句话：“我在这里，你看到了吗？”这句话被不同的萤火虫用不同的频率、不同的间隔重复了一亿年。但今天，路灯、广告牌、车灯——人类创造了光，却也在不经意间遮蔽了另一种光的对话。每只萤火虫都在用自己微弱的光寻找同类，而我们要做的，就是为它们留出一点黑暗的空间。守护萤火虫，就是守护地球上每一道微弱却珍贵的光芒。

《真实的大自然·萤火虫》分册用高清摄影图片完整呈现了萤火虫从卵到成虫的生命历程，以及发光器官的微观结构。大拉页让萤火虫发光瞬间的细节清晰可见——那是一个生命在黑暗中寻找另一个生命的努力。

注：本探究任务对标《义务教育阶段科学教育“做中学”领航行动指南》核心精神。学生可以根据自己的兴趣与身边的资源参考本课题制定个性化的探究课题，用跨学科项目制的学习方式进行整合。