105 表面功夫——动植物的“外套”有什么讲究?

项目	内容
任务名称	表面功夫——动植物的“外套”有什么讲究?
对应分册	《莲花》《蛇》《龟类》《熊类》等
核心探究	体表结构、功能适应、生物材料
对应主题	生态环境 / 新兴产业
呼应课标	科学课程“生命系统的构成层次”——观察动植物结构，理解结构与功能的适应；初中学段：能运用多学科知识与技能，将解决问题的想法或创意付诸实践
关注能力	微观观察、结构-功能分析、仿生学思维
价值观引领	动植物的“外套”是亿万年演化打磨出的功能材料——每一层结构都在回答同一个问题：怎么活下去?
适用年级	6-9 年级
建议课时	4-5 课时

一、探究导入

雨后的池塘里，荷叶上滚动着一颗颗晶莹的水珠，像珍珠一样滚来滚去，却从不浸湿叶片。荷叶为什么“不沾水”？如果把荷叶放进水里再拿出来，它会湿吗?

草丛中，蛇无声地滑过地面。它没有脚，却能爬上树干、穿过沙地、游过水面。它的秘密也藏在身体表面——那片片叠压的鳞片，到底在帮它做什么?

池塘边，乌龟慢悠悠地爬行。它把整个身体缩进龟壳——一个由肋骨融合而成的“装甲盒”。龟壳那么重，为什么不是“负担”而是“保护”？北极熊在零下几十度的冰面上行走，它的毛看起来是白色的，但显微镜下却是透明的——这是怎么回事？荷叶的超疏水、蛇鳞的定向摩擦、龟壳的轻质高强、北极熊毛发的中空保温。

今天我们就从莲花、蛇、乌龟和北极熊出发，一起探究：动植物的“外套”到底有什么讲究?

二、探究目标

1. 认识荷叶、蛇鳞、龟壳和北极熊毛发的结构与功能，理解体表结构对动植物生存的意义

2. 学习微观观察与结构-功能分析的方法，发展从现象追问机制的科学探究能力

3. 理解动植物的“外套”是亿万年演化打磨出的功能材料，感悟自然智慧，

涵养科学精神

三、探究准备

1. **材料用具**：新鲜荷叶、放大镜（或手机微距镜头）、不同叶片（对比用）、滴管、水、记录本、绘图工具、A3 白纸、彩色标记笔

2. **场地**：教室实验台（有水源）

3. **安全提醒**：采集荷叶时注意安全（不靠近深水区）；使用滴管时避免弄湿衣物；实验后及时清理桌面

四、探究过程

（一）提出问题

学生观察荷叶、蛇鳞、龟壳的图片或实物，围绕以下问题展开讨论：

- 荷叶上的水珠为什么是球形？荷叶为什么“不沾水”？
- 蛇没有脚，它是怎么在不同表面上爬行的？鳞片有什么帮助？
- 乌龟的壳那么重，为什么不是“负担”而是“保护”？
- 北极熊的毛看起来是白色的，它真的是白色吗？它是怎么保温的？

（二）作出假设

四种体表结构分别解决了不同的生存问题。荷叶表面的微纳复合结构实现了超疏水和自洁；蛇腹鳞的定向微结构实现了单向运动；龟壳的骨板+角质盾片结构实现了轻质高强防护；北极熊的中空毛发实现了高效隔热保温。每一种“外套”都是在特定环境压力下的最优解。

（三）设计并实施探究方案

活动 1：荷叶——看不见的“钉床”

荷叶表面看起来光滑，但在显微镜下却是另一番景象。荷叶表面覆盖着**微米级的乳突**（每个直径约 5-10 微米），每个乳突表面又布满了**纳米级的蜡质结晶**。这种“微纳复合结构”让水滴只能接触到叶面约 2%-5%的面积——水滴被空气“托”了起来，无法铺展，形成球形。

荷叶的“外套”结构	功能
微米级乳突	形成“钉床”表面，减少水滴与叶面的接触面积

荷叶的“外套”结构	功能
纳米级蜡质结晶	降低表面能，增强疏水性
微纳复合结构	水滴接触角超过 150°，实现超疏水
滚动带走污物	水珠滚动时吸附灰尘和污染物，实现自洁

水珠在荷叶上滚动时，会吸附叶片表面的灰尘和污染物，一起滚落——这就是“自洁效应”。荷叶用物理结构实现了“不用洗”的清洁效果。

一个小问题：荷叶不沾水，那莲花的叶子是怎么呼吸的？气孔在叶片的背面，不在正面。正面负责“防水”，背面负责“呼吸”——分工明确。

活动 2：蛇鳞——会走路的“盔甲”

蛇的鳞片不只是“盔甲”——它还是蛇的“脚”。蛇向前爬行时，身体呈 S 形，每一片在 S 形外侧的鳞片都会翘起来，帮助蛇前进时抓住路面。

蛇鳞的“外套”结构	功能
角质鳞片	保护身体，防止水分蒸发和机械损伤
腹鳞定向摩擦	向前时抓地，向后时滑脱，实现单向运动
脂肪润滑层	鳞片表面覆盖纳米级脂肪润滑油，降低摩擦
微凹槽结构	穴居蛇类鳞片表面有纵向微凹槽，减少与泥土的接触面积以降低摩擦

蛇的腹鳞表面具有微观非光滑特性和疏水特性，摩擦系数仅为 **0.05-0.13**。蛇鳞不仅是“外套”，还集成了运动、感知和防护三重功能。

另一个小问题：蛇为什么要蜕皮？蛇的身体在不断生长，但鳞片不会长大。当“外套”穿不下的时候，就必须换一件新的。蛇一年蜕皮 1-2 次，健康的蛇蜕皮次数更多。

活动 3：龟壳——活的“装甲盒”

龟壳不是“穿”上去的，而是长在身上的。龟壳由肋骨融合而成，背甲与腹甲通过甲桥连接，形成一个坚固的扁椭圆形装甲盒。

龟壳的“外套”结构	功能
内层骨板	由肋骨和脊椎骨融合而成，提供结构支撑
外层角质盾片	坚硬耐磨，提供防护
拱形背甲	拱形结构分散压力，抗冲击能力强
光滑角质层	减小水中游动阻力，被咬住时增加滑脱机会

龟壳具有**比重轻、强度高、韧性好**的特点，能够抵御捕食者的咬合和外部冲击。龟壳是“活的”——它能随着龟的生长而长大，也能在受伤后修复。

想一想：如果人类的肋骨也融合成龟壳，会怎样？龟壳让乌龟行动缓慢，但也让它几乎没有天敌。所有的“外套”都是“保护”与“自由”之间的权衡。

活动 4：北极熊毛发——中空的“保温管”

北极熊的毛看起来是白色的，但实际上是**透明的**。光在内部发生反射，看起来才像白色。

北极熊“外套”的结构	功能
外层护毛（5-15cm）	中空管状结构，内含空气
内层底毛	短而厚实，贴身保温
中空管状结构	降低密度、减小热导率，阻隔热量扩散
透明毛发+光反射	看起来呈白色，提供伪装

北极熊的毛发是中空的，每一根毛发都存在空腔结构。中空的管状结构不仅降低了毛的密度，还减小了热导率，阻隔热量从皮肤表面扩散到周围的低温环境中。这种“中空保温”的设计，已被科学家用于仿生隔热材料的研发。

想一想：北极熊的黑色皮肤在冰天雪地里不会“吸热”吗？会。黑色皮肤吸收阳光热量，中空毛发把热量锁在皮肤表面——吸热+锁热，双重保温。

（四）设计制作

各小组合作完成以下成果：

（1）“动物的外套”对比图

绘制四栏对比图，分别展示荷叶（超疏水自洁）、蛇鳞（定向摩擦）、龟壳（装甲防护）、北极熊毛发（中空保温）的结构与功能。

（2）体表结构分析表

物种	“外套”类型	核心结构	核心功能	仿生应用
莲花	叶面	微纳复合结构+蜡质层	超疏水自洁	自洁玻璃、防水涂料
蛇	鳞片	角质鳞+定向微结构+润滑层	保护+定向摩擦+减阻	仿生摩擦材料
龟	龟壳	骨板+角质盾片	轻质高强防护	防护结构、装甲材料
北极熊	毛发	中空管状结构	隔热保温	隔热材料、保温织物

（五）交流分享

各小组展示探究成果：

- ☐ 展示“动物的外套”对比图，分享四种体表结构的异同

- ☐ 讨论：荷叶的“自洁”和蛇鳞的“定向摩擦”，一个是“不沾”，一个是“定向滑动”——它们都在解决“怎么与外界互动”的问题。这两种策略有什么本质不同？
- ☐ 讨论：龟壳和北极熊毛发都在“保护”——一个用硬壳挡伤害，一个用空气挡寒冷。如果让北极熊长龟壳、让乌龟长中空毛发，会怎样？

五、成果制作

各小组合作完成以下成果（至少选择一项）：

1. **“动物的外套”对比海报**：图文并茂展示四种体表结构的形态与功能
2. **仿生设计图**：受一种体表结构启发，设计一种新型材料或产品
3. **“外套进化”时间线**：展示不同动物类群体表结构的演化路径
4. **微观观察记录**：用放大镜观察荷叶表面，绘制观察记录图

六、交流反思

1. 荷叶的“自洁”是物理结构的结果，不是化学涂层。如果仿生自洁材料能大规模生产，人类可以节省多少清洁用水和清洁剂？这对环境保护有什么意义？

2. 蛇鳞的定向摩擦让蛇只能向前“抓地”、向后“滑脱”——这是一种单向运动系统。如果人类鞋底也能实现“上坡抓地、下坡滑脱”，会怎样？

3. 龟壳不仅是“盾牌”，还是“骨架”——它和身体长在一起，不是穿上去的。如果人类的骨骼也长在外面，世界会变成什么样？

七、科学与文化融合

周敦颐在《爱莲说》中写道：“出淤泥而不染，濯清涟而不妖。”他用莲花的洁净来比喻君子的品格。一千年后，科学家在扫描电子显微镜下看到了荷叶表面的“微纳复合结构”——微米级的乳突和纳米级的蜡质结晶，把水滴“托”在了半空中，让水珠只能接触到叶面 2%到 5%的面积。古人用品格解释“不染”，今人用物理结构解释“不染”——同一个“不染”，被两种目光读出了完全不同的答案。

龟在中国文化中同样是长寿与吉祥的象征。“龟虽寿”“神龟虽寿，犹有竟时”，曹操在《龟虽寿》中借龟抒发对生命有限的慨叹。古人把龟甲用于占卜，在龟壳上刻下甲骨文——那是中国最早的成体系文字。他们把龟壳当作“通天的工具”，却不知道龟壳只是一副由肋骨融合而成的“装甲盒”。同一种壳，古人读出了“神性”与“天意”，科学读出了“轻质高强”与“抗冲击”。

从莲花到龟壳，从“出淤泥而不染”到“神龟虽寿”，文化看见了品格与命运，科学看见了微纳结构与骨板融合。翻开相关图书，我们得以在莲叶的水珠里、在龟甲的纹路中，同时看见两者。

八、探究感悟

周敦颐在《爱莲说》中写“出淤泥而不染”，一千年后，科学家在扫描电子显微镜下看到了荷叶表面的微纳复合结构——微米级的乳突把水滴“托”在了半空中，让它只能接触到叶面 2%到 5%的面积。古人用品格解释“不染”，今人用物理结构解释“不染”。同一个“不染”，被两种目光读出了完全不同的答案。

荷叶的超疏水、蛇鳞的定向摩擦、龟壳的轻质高强、北极熊毛发的中空保温——四种“外套”，四种演化方案。荷叶用物理结构实现了“不用洗”，蛇鳞用定向摩擦实现了“没有脚也能走”，龟壳用轻质装甲实现了“走到哪里都安全”，北极熊毛发用中空管实现了“在零下几十度保持温暖”。

每一件“外套”都在说同一句话：活下去，而且要用最省力的方式活下去。而当我们翻开《真实的大自然》，看到那些被镜头放大的体表结构时，我们看到的不仅是“表面”，更是亿万年演化写在“表面”上的全部智慧。

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。