112 便便中的科学——动物粪便里的生态密码

项目	内容
任务名称	便便中的科学------动物粪便里的生态密码
对应分册	《大熊猫》《象》《狮子》《蚯蚓》《蝙蝠》《猫头鹰》
核心探究	动物的消化适应与食性关系、粪便的生态功能与物质循环、科学研究的“另类”证据
对应主题	生态环境、生命健康
呼应课标	科学课程"生物与环境的相互关系"------动物通过消化适应获取养分、物质循环；"生命系统的构成层次"------生物体的结构与功能相适应；初中学段：能运用分析综合、推理论证等科学思维方法处理信息；能运用查阅资料、实验观察等方式获取证据
关注能力	对比分析、推理判断、生态功能理解
价值观引领	粪便不是"废物"，而是物质循环中不可或缺的一环------每一种动物的排泄物，都在以自己的方式参与地球的运转。

一、探究导入

我们每天都会看到或想到"便便"，但很少有人认真问过：为什么不同动物的便便长得不一样？为什么大熊猫的便便带有竹子的清香，而狮子的便便却腥臭难闻？为什么蚯蚓的便便是黑色的颗粒，而大象的便便却是大团的植物纤维？

便便不只是"排泄物"。它是一本打开的"日记"，记录着动物吃了什么、消化了多少、肠道里住着谁。对不同动物来说，便便既是"身份证明"，也是"生态贡献"，更是科学家研究动物食性和生态环境的重要线索。

达尔文曾用多年时间研究蚯蚓，发现"除了蚯蚓粪之外没有沃土"。蝙蝠粪便是考古学家还原古气候的"时间胶囊"。而猫头鹰吐出的食丸，则让科学家能够精确分析它的食谱。

今天我们就从六种动物的粪便出发，一起探究：便便里到底藏着多少科学秘密？

二、探究目标

1. 认识大熊猫、大象、狮子、蚯蚓、蝙蝠和猫头鹰的消化适应与粪便特征，理解动物食性与消化系统的关系

2. 学习对比分析与推理判断的方法，发展从现象追溯到原理的科学探究能力

3. 理解粪便在物质循环和生态平衡中的重要作用，感悟每一个生命都是地球循环的一部分

三、探究准备

1. 材料用具：计算机或平板（查阅资料）、记录本、绘图工具、A3 白纸、彩色标记笔、放大镜（观察模拟材料用）、不同食物样品（模拟消化的对比实验材料）

2. 场地：教室或计算机室

3. 安全提醒：使用网络查阅资料时需在教师指导下进行；注意信息源的可靠性；正确使用绘图工具；实验中不接触真实动物粪便

四、探究过程

（一）提出问题

学生围绕动物粪便展开讨论：

- ☐ 为什么不同动物的粪便形态、颜色、气味差异如此之大？
- ☐ 大熊猫的粪便为什么"不臭"？这和它的食性有什么关系？
- ☐ 蚯蚓的粪便为什么被称为"有机肥之王"？它对土壤有什么作用？
- ☐ 猫头鹰为什么要"吐"出食物残渣，而不是从消化道排出？
- ☐ 科学家能从蝙蝠粪便中读出哪些"历史信息"？

（二）作出假设

动物粪便的形态、气味和成分与食性、消化系统结构密切相关。植食动物（吃草的动物）粪便多含植物纤维，肉食动物粪便含蛋白质分解产物而气味浓烈，分解者（如蚯蚓）的粪便是物质循环的关键环节。不同动物的粪便在生态系统中扮演着不同的角色——有的肥沃土壤，有的传播种子，有的则为科学研究提供重要证据。

（三）设计并实施探究方案

活动 1：便便的"外貌"------六种动物的粪便对比

查阅资料，了解六种动物粪便的形态特征，完成以下记录：

动物	食性类型	粪便形态	气味特点	主要成分
大熊猫	植食 （竹子特化）	黄色或绿色椭圆形，如"青团"	带有竹子清香	未消化的竹纤维、粘液
大象	植食 （高纤维植物）	大团植物纤维	植物气味	未经彻底消化的植物残渣

动物	食性类型	粪便形态	气味特点	主要成分
狮子	纯肉食	条状，含毛发	腥臭	动物纤维（皮肤毛发）、蛋白质残渣
蚯蚓	腐食（分解者）	黑色细碎颗粒	泥土味	腐殖质、微生物、矿物质
蝙蝠	肉食（食虫为主）	颗粒状	氨味	昆虫几丁质残骸
猫头鹰	纯肉食	不排便，吐食丸	—	骨骼、羽毛、毛发

我们发现：六种动物的粪便差异巨大。植食动物的粪便多含植物纤维，形态松散；肉食动物的粪便含蛋白质分解产物，气味浓烈；分解者的粪便则富含养分。食性不同，粪便的"样貌"就完全不同。

一个小问题：大熊猫是食肉目的动物，祖先吃肉，现在却几乎只吃竹子。它的消化系统仍然是肉食动物的"配置"——肠道短，只有 6 米长。竹子中的纤维素需要长达数天的发酵才能被消化，但大熊猫的食糜在肠道中停留仅 8-12 小时，大量纤维未被吸收就排出体外。粪便中含量最多的就是这些未经消化的竹纤维。而正是因为它保留着食肉祖先的短肠道，竹子在体内停留时间短，发酵程度低，粪便中几乎没有腐臭的吲哚类物质，反而保留了竹子的清香。消化效率低，反而成了"不臭"的原因。

补充小知识：肠道与体长的比例：大熊猫肠道约为自身体长的 4～6 倍，正好落在食肉动物的区间（4～8 倍）。而真正的草食动物要长得多 —— 羊约 25 倍、牛约 20 倍、鹿约 15 倍。再加上大熊猫没有盲肠、胃是单室腺型胃，这些都说明它的消化系统确实还是 "食肉动物的配置"，消化竹子的效率很低（不到 20%），只能靠每天吃 12～18 公斤竹子来硬凑能量。

活动 2：谁消化得最彻底？

消化效率的对比分析

查阅资料，了解六种动物的消化效率：

动物	消化系统特点	食物通过时间	消化效率
大熊猫	食肉目的短肠道（4m）	8-12 小时	极低
大象	长肠道，发酵能力有限	18-48 小时	40-60%
狮子	短肠道，高酸胃液	12-24 小时	77-95%
蚯蚓	砂囊磨碎，肠道吸收	24 小时左右	极高
蝙蝠	高代谢，快速通过	2-4 小时	高
猫头鹰	胃酸极强，但吐食丸	数小时	高

我们发现：肉食动物的消化效率最高（狮子可达 77%-95%），因为肉类比植物纤维更容易被消化吸收。植食动物（大象）的消化效率较低，因为植物细胞壁中的纤维素难以被消化。大熊猫的消化效率最低——它虽然吃竹子，但肠道还是肉食动物的"短配置"，无法像真正的植食动物那样充分发酵分解纤维素，大量营养未经吸收就排出了体外。

想一想：一头大象每天要吃 150 千克食物，却只能吸收约 40%-60%，每天排出近 100 千克粪便。这"浪费"的大量植物纤维，对草原和森林的土壤意味着什么？大象不是在"浪费"，它是在为生态系统"施肥"。

活动 3：谁在为生态系统"做贡献"？

粪便的生态功能查阅资料，了解粪便在生态系统中的作用：

动物	粪便的生态功能
大熊猫	粪便富含未消化的竹纤维，是优质的有机肥料，也可用于造纸
大象	被称为"雨林工程师"，每天近百千克粪便为森林提供养分、传播种子
狮子	富含蛋白质的粪便吸引秃鹫等食腐动物，连接食物网的不同环节
蚯蚓	粪便（蚓粪）是有机肥之王，改良土壤结构，增加肥力
蝙蝠	洞穴中堆积的粪便为洞穴生态系统提供养分基础

一个小问题：蚯蚓的粪便为什么被称为"有机肥之王"？

蚯蚓吞食腐烂的落叶和有机物，经过消化道时，砂囊把食物磨碎，肠道中的微生物进行分解，最后排出的蚓粪富含氮、磷、钾和多种微量元素，有机质含量可达 40%以上。正如达尔文所说——"除了蚯蚓粪之外没有沃土"。

一公顷土地中的蚯蚓每年可产生约 30 吨蚓粪。

想一想：如果没有分解者（如蚯蚓）的粪便，土壤会变成什么样？枯枝落叶将堆积不化，养分无法回到土壤，植物将因缺乏养分而无法生长。

活动 4：便便里的"历史档案"------科学家如何利用粪便？

查阅资料，了解科学家如何通过粪便进行研究：

动物	科学研究价值
大熊猫	通过粪便中的 DNA 进行个体识别和种群数量调查
大象	分析粪便中的激素水平，研究繁殖状态和压力水平
狮子	通过粪便中的微生物组研究其健康状况
蚯蚓	粪便数量是土壤健康的指示指标
蝙蝠	分析粪便中的花粉和昆虫残骸，研究食性变化和古环境
猫头鹰	通过食丸精确分析食谱，了解小型哺乳动物种群变化

另一个小问题：猫头鹰为什么不像其他动物那样排便，而是"吐"出食丸？猫头鹰进食时常常囫囵吞下整只猎物，它的胃酸极强，能消化猎物的软组织。但骨骼、毛发、羽毛和昆虫几丁质外壳无法被消化，若从消化道排出，可能损伤肠道。于是猫头鹰演化出了"反刍"的机制——将这些残渣在胃中集成丸状，经食道从口腔吐出。科学家收集和分析食丸中的骨骼残骸，就能精确还原猫头鹰的食谱，甚至追踪当地小型哺乳动物的种群变化。

（四）搜集证据整理结果

1. 动物粪便的形态、气味和成分与食性密切相关。植食动物粪便多含植物

纤维，肉食动物粪便含蛋白质分解产物，分解者的粪便则富含养分。

2. 消化效率与食性呈对应关系：肉食动物消化效率最高（77%-95%），植食动物较低（40%-60%），大熊猫因保留了食肉祖先的短肠道，消化效率在植食动物中最低。

3. 粪便在生态系统中具有重要的功能价值：大象每天近百千克粪便是雨林的"养分运输车"，蚯蚓粪便是土壤改良的关键，狮子粪便连接食腐动物与食物网。

4. 粪便对科学研究具有独特价值：猫头鹰食丸可精确分析食谱，蝙蝠粪便中的花粉和同位素可还原古气候，大熊猫粪便中的 DNA 可用于个体识别。

（五）得出结论

便便不是"废物"，而是物质循环中不可或缺的一环。不同动物的消化系统与食性高度匹配，粪便的差异反映着动物各自的生存策略。从蚯蚓肥沃土壤到大象传播种子，从狮子连接食物网到蝙蝠滋养洞穴生态系统，每一个物种都在用自己的方式参与地球的物质循环。粪便也是科学研究的"另类证据"，为生态学、古生物学和遗传学提供了独特的研究窗口。

五、成果制作

制作《便便中的科学》科普展板：

1. 六种动物粪便对比图（形态、颜色、气味、成分）
2. "谁消化得最彻底"消化效率对比图
3. 粪便在生态系统中的功能图谱
4. "便便的科学价值"科普板块（DNA 分析、食丸研究、古气候重建）
5. 物质循环示意图（从食物到粪便到土壤到植物）

六、交流反思

1. 大熊猫为什么吃竹子却拉出"青团"？粪便不臭的原因是什么？如果给大熊猫吃肉，它的粪便会变成什么样？

2. 蚯蚓的粪便被称为"有机肥之王"——它改良土壤的能力从何而来？如果没有蚯蚓，土壤会变成什么样？

3. 猫头鹰的食丸和蝙蝠的粪便，哪个对科学家研究"过去"更有价值？为什么？

4. 达尔文说"除了蚯蚓粪之外没有沃土"——这句话是什么意思？在生态系统中，谁在"生产"土壤？

七、科学与文化融合

在中国文化中，粪便往往被视为"污秽之物"，避之不及。但古人也观察到粪便与自然的微妙联系。《诗经》中有"螟蛉有子，蜾蠃负之"的记载，古人虽误解了蜾蠃的行为，却已开始关注昆虫与物质的关系。《本草纲目》中李时珍收录了多种动物粪便入药——如蝙蝠粪便（夜明砂）、家蚕粪便（蚕砂），认为它们具有药用价值。古人不知道蝙蝠粪便中含有大量氨、磷、钾，但他们通过经验发现了它的"效用"。而在西方科学史上，达尔文用整整一本书——《腐殖土的形成与蚯蚓的作用》——来论证蚯蚓对土壤的贡献。他写道："犁是人类最古老也最重要的发明之一，但早在人类发明犁之前，蚯蚓就已经在耕耘土地了。"今天我们用科学的方法研究粪便的形态、成分和生态价值，正是在用现代语言回应古人"万物皆有用"的朴素智慧——每一种动物的排泄物，都在以自己的方式参与地球的运转。

八、探究感悟

翻开《真实的大自然-大熊猫》分册，你会看到它捧着竹子慢悠悠地啃食，粪便被形象地称为"青团"——带有竹叶的清香，毫无污秽之感。翻开《象》分册，你看到雨林地面上散落着大团的植物纤维，那些被"浪费"的养分正在滋养着整片森林。翻开《狮子》分册，你看到粪便吸引来的秃鹫在草原上空盘旋，一根看不见的食物链正在运转。翻开《蚯蚓》分册，你看到黑色的蚓粪在土壤中形成肥沃的团粒结构，达尔文说那是"犁"——比人类更古老的犁。翻开《蝙蝠》分册，你看到洞穴底部堆积如山的粪便，那是数千年生命活动的沉积，也是科学家解读古气候的"档案"。看看《猫头鹰》分册，你看到它吐出的食丸中包裹着完整的小型哺乳动物骨骼，那是自然界最精确的"食谱记录"。便便不是"脏东西"，它是生命循环中最诚实的记录者。从食物到粪便，从粪便到土壤，从土壤到植物，从植物又回到动物——一个完整的圆。而当你下一次经过花园、林间或田野，低头看见一小团粪球时，你不妨想一想：这里面，也许正住着一个被遗忘的、关于物质循环的故事。

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。