

# 基于科学史和系统论的 “生态系统的能量流动”教学设计

朱 靖

(杭州第二中学钱江学校 浙江杭州 311200)

**摘 要** 在“生态系统的能量流动”一节的教学设计中,以真实情境展开讨论,探讨生态系统研究的意义和方法,提升学生社会责任意识;充分运用科学史素材渗透系统论的思想和方法,使学生亲历林德曼的思维过程和探究历程,从定性和定量两个角度建构生态系统能量流动模型,促进学生理解科学本质,感悟科学精神,培养科学思维和科学探究能力。

**关键词** 能量流动 科学史 系统论 教学设计

**中图分类号** G633.91

**文献标志码** B

## 1 教材分析及设计思路

本节内容以生态系统的结构为基础认识生态系统的功能,能使学生更好地领悟系统观、结构与功能观、物质和能量观,建立大概念,了解系统分析的思想和方法,同时为“生态系统通过物质循环的自我调节机制维持稳态”这一内容的学习打下基础,从而有助于学生树立稳态与平衡观。因此本课内容的学习对于学生树立生命观念、掌握系统论方法有着至关重要的作用。

《普通高中生物学课程标准(2017年版)》(以下简称《新课标》)要求学生“分析能量在生物群落中单向流动并逐级递减的规律;举例说明利用能量流动规律,人们能够更加科学、有效地利用生态系统中的资源;对相关的生态学实践应用作出合理的分析和判断”。为更

好地体现《新课标》要求及生物学学科核心素养的培养,在本课教学设计时拟作四个方面的尝试:①有机渗透系统论的思想和方法以更好的体现科学探究;②设计模型建构的学生活动以更好的体现科学思维;③分析生态系统中核心要素间的相互关系及能量流动的特点和规律,促进学生更好的领悟系统观、物质与能量观;④组织学生应用所学知识讨论“稻鱼共生系统”等生产实践中的问题,以提升学生的社会责任意识。

本节课以三个核心问题构建课堂教学主线:为什么要对生态系统进行研究?如何研究生态系统能量流动的规律?怎样应用生态系统能量流动的知识解决生产实践中的问题?并运用“林德曼对赛达伯格湖能量流动的研究”这一科学史素材,设计层次性问题串,以问题教学法和讨论式教学为主要教学方法。

会、高度契合新课标的要求和新教材的内容以及多个适合教学的特点,成为落实生物学学科核心素养的首选策略之一。

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中生物学课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018:59.
- [2] 肖利,朱玉成,刘茂军. 科学教育的新视野:社会性科学议题教学——一种先进的国外教学模式引入初探[J]. 物理教师,2014,35(5):6-8,12.
- [3] 张奇,张黎. SSI课程与学生非形式推理能力的培养[J]. 华东师范大学学报(教育科学版),2007,(2):61-66,88.
- [4] 刘辰艳,张颖之. 从STS到SSI:社会性科学议题的内涵、

教育价值与展望[J]. 教育理论与实践,2018,38(29):9-11.

- [5] 朱玉成,刘茂军,肖利. 国外社会性科学议题(SSI)课程研究及其影响述评[J]. 上海教育科研,2013,(1):59-62.
- [6] 吴思为,伍新春. 从建构主义到复杂科学[C]. 第十二届全国心理学学术大会论文摘要集,2009:80.
- [7] 蔡铁权. 科学教育中的SSI教学[J]. 全球教育展望,2009,38(10):82-85.
- [8] 蔡灿新. 教育本体论研究的转向与教育本体的复杂性——复杂性思维方式视野中的教育本体论研究[J]. 教育理论与实践,2006,(9):6-9.
- [9] 朱玉成. 社会性科学议题(SSI)之议题中心教学模式初探[J]. 教育科学,2013,(6):23-27.

## 2 教学目标

(1) 通过讨论生态系统四大要素间的相互关系,分析生态系统能量流动的特点和规律,逐步树立系统观、物质与能量观。

(2) 通过分组讨论分析科学史素材,尝试从定性和定量两个角度建构生态系统能量流动模型,发展科学思维能力。

(3) 通过稻鱼共生系统情境的问题讨论,简述对宏观生态系统进行研究的意义,初步学会系统论的科学方法,提升科学探究能力。

(4) 通过参与讨论稻鱼共生系统等生产实践中的问题,了解研究生态系统能量流动的实践意义,树立社会责任意识。

## 3 教学过程

### 3.1 创设真实情境,介绍系统论的研究方法

教师出示浙江省青田县“稻鱼共生系统”的照片并作简单介绍,提出问题:稻鱼共生系统相比传统的单稻系统有什么优势?养多少鱼合适?学生认为稻田养鱼可以提高收益,节约成本,但鲤鱼会破坏水稻根系,因此养鱼的数量需对整个系统进行研究后测算。教师提出新问题:生态系统是由许多成分组成的复杂整体,通过什么方法研究其结构与功能?学生回顾常用的观察法与实验法,认为二者主要适用于个体水平的研究,对于宏观又复杂的生态系统仅通过这两种研究方法并不合适。接着,教师以汽车研发为例,说明研究汽车这一复杂系统时人们按结构与功能将其分成发动机等四大部分,即组成汽车的四大核心要素,再通过研究这四大要素间的关系来研究整辆汽车的结构与性能。学生通过类比说出组成生态系统的四大核心要素、其分类的依据、各要素之间的联系,运用这种要素分析的方法研究整个生态系统的结构与功能。教师进而介绍系统论的概念、核心思想与研究目的,强调系统论的基本方法——要素分析法。

设计意图:教师以真实情境导入,引导学生探讨生态系统研究的重要性。以汽车研发为例,使学生了解系统论的思想、方法及其对宏观对象研究的重要作用,指向科学本质教育,提升学生科学思维能力。

### 3.2 深入挖掘科学史素材,分析生态系统能量流动的规律

#### 3.2.1 林德曼选择赛达伯格湖为研究对象的原因分析

教师出示森林、草原、荒漠、苔原、河流、湖泊、海洋的图片,提出问题:选哪种类型的生态系统作为研究对象较合适?为什么?学生通过讨论认为湖泊范围小、边界清楚、成分相对稳定、结构较简单,因此最便于研究。教师出示1941年林德曼的“一个老年湖泊内的食物链动态”研究报告原文摘录,学生通过阅读

了解林德曼选择赛达伯格湖的原因。教师介绍林德曼的生平、研究成果及其价值。

设计意图:各类生态系统特征的比较分析发展学生批判性思维,突出了合理的研究对象选择对于研究成功与否的重要性。学生阅读科学史文献,体会科学家严谨的思维方式。教师介绍林德曼生平,使学生感悟科学家刻苦钻研、勇于奉献的科学精神和科学态度。

#### 3.2.2 林德曼对赛达伯格湖的要素分析

学生阅读林德曼研究报告的原文摘录,了解赛达伯格湖生态系统的各要素及要素间的相互关系,举例说出生物与生物、生物与环境之间的关系。

设计意图:学生尝试像科学家一样运用系统分析法进行思考,通过阅读与分析科学史资料,了解赛达伯格湖各要素间的联系,为能量流动模型的建构打下基础。

#### 3.2.3 对赛达伯格湖能量流动的定性分析

教师提问:能否将动植物进一步归类从而简化林德曼研究报告中的要素关系图?学生将生物归纳为生产者、初级消费者、次级消费者3个营养级。学生分组讨论,用箭头和文字表示出各营养级能量的来源和去向,并思考:生态系统的能量以什么过程和形式输入群落?能量以什么过程和形式输出群落?能量在群落中沿什么途径传递?传递方向如何?学生展示并交流讨论结果,通过同学间的相互补充和纠正,最终构建赛达伯格湖能量流动的定性分析模型(图1),归纳出能量沿着食物链单向流动的传递特点。

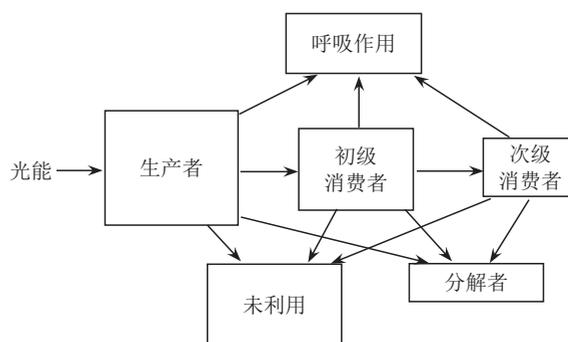


图1 赛达伯格湖能量流动的定性分析模型

设计意图:学生以合作学习的方式理清各营养级能量的输入和输出过程。运用系统论的方法建构能量流动定性分析模型,提升学生的科学思维能力,发展学生的学科核心素养,为定量分析模型的建构做铺垫。同时,通过分组讨论、小组汇报与学生点评的一系列活,学生提升了表达交流能力。

#### 3.2.4 对赛达伯格湖能量流动的定量分析

教师介绍林德曼通过湖泊中取样研究、实验室生态箱模拟的方法对各营养级能量的去向进行定量测定,并出示林德曼研究报告的原文摘录(表1)。教师

要求学生将表1中对应数据填入定性分析模型中,构建赛达伯格湖能量流动的定量分析模型,并讨论:消费者同化量是否等于摄入量?两者有何区别?第二

营养级产生的粪便中的能量包含在哪部分里面?流入该生态系统的总能量是多少?能量沿着食物链逐级传递过程中有何变化?

表1 Productivity values for the Cedar Bog Lake food cycle, in g-cal/cm<sup>2</sup>/year, as corrected by using the coefficients derived in the preceding sections

Trophic level(营养级)	Uncorrected productivity(未利用)	Respiration(呼吸)	Predation(捕食)	Decomposition(分解)	Corrected productivity
Producers: A <sub>1</sub>	70.4±10.14	23.4	14.8	2.8	111.3
Primary consumers: A <sub>2</sub>	7.0±1.07	4.4	3.1	0.3	14.8
Secondary consumers: A <sub>3</sub>	1.3±0.43	1.8	0.0	0.0(微量)	3.1

学生阅读林德曼文献中的赛达伯格湖能量传递效率表(表2),发现生产者对太阳能的利用率其实非常低,大量太阳能未输入群落被生物所利用,因此赛达伯格湖生态系统能量流动的起点准确地说是生产者通过光合作用固定的太阳能。学生计算各营养级之间的能量传递效率,将表2中的数据填写完整。学生得出结论:沿着食物链能量逐级递减且传递效率一般在10%~20%。

表2 Productivities and progressive efficiencies in the Cedar Bog Lake Mendata food cycle, as g-cal/cm<sup>2</sup>/year

	Productivity	Efficiency
Radiation	≤118,872	—
Producers: A <sub>1</sub>	111.3	0.10%
Primary consumers: A <sub>2</sub>	14.8	
Secondary consumers: A <sub>3</sub>	3.1	

设计意图:教师引导学生以定性分析为基础进行定量分析,使学生亲历林德曼的研究历程,体会科学家的思考方式,掌握定量研究的基本过程。学生通过定量分析模型的建构与计算,归纳能量传递的规律与传递效率,提升科学思维能力。

### 3.3 结合真实情境,探讨研究生态系统能量流动规律的实践意义

教师提问:以“稻鱼共生系统”为例,谈谈研究生态系统能量流动规律有什么意义?学生认为可以依据能量流动规律规划人工生态系统,更好地实现人们对能量的利用,以获得更多的收益。学生分组讨论提高生态系统能量利用率的措施,通过讨论与交流得出:一方面可以增加能量的来源,如杭州东站屋顶的光伏发电设备不仅能提高太阳能利用率,还能减少不可再生能源的利用,减少CO<sub>2</sub>排放;另一方面可以提高生物的能量利用率,如改变生态系统的营养结构实现能量多级利用、通过基因工程的手段改良消费者的基因或培育光能利用率高的转基因作物等。教师出示资料并介绍:浙江青田县稻鱼共生系统和浙江湖州桑基鱼塘系统分别于2005年和2017年被列为“全球重要农业文化遗产”。但目前由于稻鱼共生系统的经济效益并不十分明显,因此处于濒危状态已是一个不争的事实。对此请学生提出一些可行的建议以更好地发展并推广稻田养鱼事业。

设计意图:将科学原理与真实情境相结合,探讨研究的实践意义,体现科学与社会之间的紧密联系,有助于树立学生社会责任意识。通过讨论提高能量利用率的措施,发展了学生的科学思维能力。

## 4 教学反思

本节课以“稻鱼共生系统”这一真实情境导入,让学生意识到自己原有的知识体系无法解释情境中的问题,产生认知冲突,进而激发学生探索欲望并意识到学习新科学知识的重要性。结尾处通过该情境一系列问题的讨论,使学生理解所学知识的应用价值,尝试运用能量流动的原理与规律解决现实中的问题,提出更好的建议、决策,强化学生对社会的关注,提高运用知识的意识和能力,培养学生担当社会责任。

大多教师在科学史运用上更注重研究结果,忽略科学史中蕴含的科学家的思维过程、方法运用和探究精神。因此本课深入挖掘科学史素材,呈现给学生较为完整的林德曼研究的过程与想法,引导学生像科学家一样经历确定研究对象、选择研究方法、要素分析、定性分析、定量分析、得出规律的探究历程与思维过程,了解目前所知的科学知识是如何形成的,领悟科学家解决问题的思路和运用的科学方法,进而体现科学史的内在价值,促进学生对科学本质的理解,发展科学思维与探究能力,培养科学精神。

本节课重视科学本质与科学方法的教育,通过情境与案例使学生了解并运用系统论的思想与方法,树立系统观。教学过程突出了系统论方法的运用,从定性和定量两个角度逐步建构赛达伯格湖生态系统能量流动模型,渗透了模型和系统论的科学方法,促进了学生对多元化的科学方法的认识,提升了学生归纳、概括、分析、建模等科学思维能力,有助于生物学学科核心素养的培养。

### 参考文献:

- [1] 刘恩山,曹保义.普通高中生物学课程标准(2017年版)解读[M].北京:高等教育出版社,2018:74-75.
- [2] 中华人民共和国教育部.普通高中生物学课程标准(2017年版)[M].北京:人民教育出版社,2018:24-26.
- [3] Raymond L, Lindeman. The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology[J]. Ecological Society of America, 1942, 23(4): 399-417.