

# 基于PBL教学法的高中生物学科学史教学

## ——以“遗传密码的破译”为例

张雨潇

哈尔滨师范大学教师教育学院

**【摘要】**通过对教材中“遗传密码的破译”内容进行补充,利用PBL教学法开展高中生物学史教学。通过创设问题情境,引导学生分析资料进行自主学习和小组探究学习,探究遗传密码的破译过程,归纳遗传密码的特性,在分析和解决问题中发展学生的科学思维和科学探究能力。

**【关键词】**PBL教学法;遗传密码;生物学科学史;教学设计

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6261.2021.12.1705

PBL教学法(Problem based learning)是一种以问题为中心的教学方法。在教学过程中,教师根据课程内容创设问题情境,学生在教师的引导下主动发现问题、提出问题,通过查阅资料或与同学合作交流对问题进行分析 and 解决<sup>[1]</sup>。PBL教学法可以充分激发学生的学习欲望,学生由被动接受知识转变成主动探索知识,从而突出了学生的主体地位。同时,该教学法有利于培养学生自主学习、合作探究的能力,培养创新精神并提高发现和解决问题的能力<sup>[2]</sup>。

### 一、教材分析

“遗传密码的破译”是人教版高中生物学必修二第四章第一节“基因指导蛋白质的合成”中“生物科学史话”的内容。因为其作为科学史出现在教材中,所以很多教师会忽略对本部分的讲解,但其中蕴含多种科学探究方法和科学家的探究精神,所以将该部分科学史加以运用和补充,一方面可以调动学生的积极性,帮助学生更好的理解“翻译”的过程;另一方面可以为后续学习基因突变和基因工程作铺垫,达到提高学生生物学核心素养的目的。

### 二、学情分析

学生在学习基因指导蛋白质的合成时已经了解密码子的概念、共有64个密码子以及遗传信息的翻译过程。但是学生会产生疑问:如何确定mRNA上3个相邻的碱基决定1个氨基酸?64个密码子是如何被破译的?通过对科学史的分析破解疑惑,同时学生会和密码子这个抽象的概念产生具体的认知,从而更充分的理解翻译的过程。

### 三、教学目标

1. 概述mRNA的碱基序列与蛋白质的氨基酸序列之间的关系,说出遗传密码的特性,树立结构与功能观;
2. 通过自主探究和小组合作,尝试运用假说-演绎法、类比推理等科学方法设计实验;
3. 体验逻辑推理和实验论证的过程,认同科学是动态发展的,树立辩证唯物主义哲学观。

### 四、教学重点和难点

1. 重点: mRNA的碱基与蛋白质的氨基酸之间的对应关系,遗传密码的特性。
2. 难点: 遗传密码破译过程。

### 五、课前准备

**【创设情境】**在上一课时的最后提出问题:将一句英文翻译成中文需要做什么?查阅词典确定每个单词对应的中文意思。在遗传信息的翻译过程中,充当“词典”的是什么物质?这个“词典”有什么特性?这个“词典”是如何编制的?

由于与“遗传密码的破译”相关的史料内容过多,涉及到的部分知识较难且高中生难以理解,所以教师将教材中70页“生物科学史话”内容的和相关的补充史料进行整理。教师分配学习小组,6人一组,选一小组长负责分配任务并督促学习,并将准备好的资料分发给各个小组。小组成员对资料展开学习,并查阅其他资料对已有资料进行补充,通过组内交流自主学习。

设计意图:创设情境,激发学生的学习兴趣。提高学生查阅资料、提取信息以及自学的能力。

### 六、课堂授课

在教师创设的情境下,利用环环相扣的问题展开教学,将每个大问题细化成多个小问题,形成“发现问题-解决问题-发现新问题-解决新问题”的良性循环<sup>[2]</sup>。

#### 1. 猜测碱基与氨基酸之间的对应关系

教师提问:已知DNA和RNA都只含有4种碱基,而组成生物体蛋白质的氨基酸有21种。引导学生利用排列组合的方法,尝试作出3个碱基决定1个氨基酸的假设。

#### 2. 实验验证猜测

教师给出一个碱基序列…ABCABCABC…(为便于观察,用字母A、B、C代替碱基,用重复的ABC表示一个由相同密码子组成的碱基序列<sup>[3]</sup>,从第一个字母A开始,从左向右翻译)。对于同一个碱基序列,不同的阅读方式会得出不同的结果。如果上述假设成立,教师分别展示碱基被重复阅读和非重复阅读的情况。

提问:一个碱基会不会被重复阅读?如何证明猜测是否正确?

**【资料1】**亚硝酸可以引起碱基的改变,用亚硝酸处理过的烟草花叶病毒所产生的蛋白质发生以下改变:通常一个碱基改变后只引起一个氨基酸的改变<sup>[3]</sup>。

学生得出:通过碱基置换证明碱基不会被重复阅读。学生演绎:若将第三个碱基C换成A,在碱基被重复阅读的情况下,翻译出的氨基酸与原氨基酸相比,连续3个氨基酸改变;在不重复阅读的情况下,只有1个氨基酸改变。再结合资料中的实验结果得出结论:碱基不会被重复阅读。

教师提问:通过什么方法证明3个碱基决定1个氨基酸?

**【资料2】**克里克以T4噬菌体为实验材料进行基因的移码突变实验。他发现,在相关碱基序列中增加或删除1个或2个碱基,无法产生具有正常功能的蛋白质,但是,当增加或删除3个碱基时,却合成了具有正常功能的蛋白质。

学生根据资料内容进行推理:当增减1个或2个碱基时,后续产生的所有氨基酸发生变化;而当增减3个氨基酸时,氨

氨基酸序列中仅增加一个氨基酸，对后续的氨基酸没有影响。从而得出结论：mRNA上3个相邻的碱基决定1个氨基酸。

设计意图：学生利用科学史中的探究方法，根据假设进行演绎推理，真实体验科学家的思维方式，且认识移码突变，促使学生积极参与课堂活动，发展科学思维能力。

### 3. 64个密码子的破译过程

【资料3】1955年生物学家马纳戈和奥乔亚发现：多核苷酸磷酸化酶催化腺苷三磷酸（ATP）形成多聚腺苷酸（polyA），同样这种酶可以催化GTP、CTP、UTP合成polyG、polyC、polyU。1961年，生物学家尼伦伯格和马太利用无细胞蛋白质合成体系破译了第一个遗传密码：在每个试管中分别加入一种氨基酸，再加入除去DNA和mRNA的细胞提取液，以及人工合成的RNA多聚尿嘧啶核苷酸，结果加入苯丙氨酸的试管中出现了多聚苯丙氨酸的肽链<sup>[3]</sup>。

教师提问：该实验的自变量、因变量和无关变量分别是什么？细胞提取液中含有哪些与蛋白质合成有关的细胞结构和物质？为什么除去细胞提取液中的DNA和mRNA[4]？加入的RNA多聚尿嘧啶核苷酸相当于基因表达过程中的什么物质？该实验结果说明了什么？苯丙氨酸对应的密码子是UUU。结合密码子表，利用这种办法还可以破译哪些氨基酸对应的密码子？继而发现新的问题：这种办法只能破译由3个相同碱基组成的密码子，那碱基不同的密码子是如何破译的？

【资料4】1961年-1962年，科学家们对异聚核苷酸对应的氨基酸进行了研究，最终只确定了编码不同氨基酸的三联体中碱基的种类和比例，并未破译氨基酸所对应的密码子。

尼伦伯格根据以下原理设计了结合分析法：（1）特殊的三核苷酸能促进特殊的<sup>14</sup>C氨酰tRNA分子与核糖体结合，而这个三核苷酸就是为相应氨基酸编码的密码子：例如三核苷酸UUU能促进苯丙氨酸tRNA与核糖体结合，而UUU是编码苯丙氨酸的密码子<sup>[3]</sup>；（2）核糖体可以与硝酸纤维素膜结合，所以结合在核糖体上的tRNA分子通过硝酸纤维素膜时被截留，而未与硝酸纤维素膜结合的tRNA分子能通过，测试截留在硝酸纤维素膜上的被标记的<sup>14</sup>C氨酰tRNA分子，就可以确定该密码子所决定的氨基酸<sup>[3]</sup>。

教师提问：已知重复核苷酸序列（AAG）<sub>n</sub>，以不同的起始点合成的同型多肽有三种：赖氨酸链、精氨酸链、谷氨酸链，如何利用结合分析法确定赖氨酸、精氨酸和谷氨酸的密码子<sup>[5]</sup>？该实验的自变量、因变量分别是什么？提示学生：可以在无细胞蛋白质合成体系中进行实验；可以通过测量硝酸纤维素膜上放射性的强度来确定tRNA分子。

小组讨论，设计实验方法。对于该实验的设计，由不同的自变量出发可以得出两种不同的实验设计：（1）自变量为加入的不同的三联体RNA：以赖氨酸为例，在无细胞蛋白质合成系统中加入<sup>14</sup>C标记的赖氨酸tRNA，再分别加入AAG、AGA、GAA三联体RNA，通过测量硝酸纤维素膜上放射性的强度来判断哪种三联体RNA是赖氨酸的密码子。（2）自变量为加入不同的被标记的氨基酸：以三联体AAG为例，在无细胞蛋白质合成系统中加入AAG三联体RNA，再分别加入<sup>14</sup>C标记的赖氨酸tRNA、<sup>14</sup>C标记的精氨酸tRNA、<sup>14</sup>C标记的谷氨酸tRNA，通过测量硝酸纤维素膜上放射性的强度来判断该种三联体RNA是哪种氨基酸的密码子。

【资料5】直到1966年，在数位科学家的努力之下，64个密码子被全部破译，密码子表被编制，其中61个是编码氨基

酸的密码子，另外3个是终止密码子，不编码任何氨基酸。而AUG既是起始密码子，也是甲硫氨酸的密码子<sup>[3]</sup>。

提出问题：为什么61个密码子仅编码21种氨基酸？这体现了密码子的什么特性？补充同义密码子的概念。观察密码子表，编码同一氨基酸的密码子通常在第几位碱基上有不同？密码子的这种特性对遗传信息的翻译有什么好处？

设计意图：由同聚核苷酸到异聚核苷酸的破译，再到密码子全部破译，教师利用问题串帮助学生更好的体验密码子的破译过程、密码子的特性和科学家巧妙的实验设计，利用已知的实验原理设计实验并引发思维碰撞，潜移默化的培养学生的科学思维和科学探究能力，帮助学生认同科学是不断发展的过程。

### 4. 总结密码子的特性

【资料6】尼伦伯格在题为《遗传密码》的诺贝尔演讲中说：“在用细菌、两栖类和哺乳类动物的氨酰tRNA识别密码子的碱基序列时，显示出：地球上大多数或全部生物基本上使用相同的遗传语言，并且按照普通的规则进行翻译<sup>[3]</sup>。

提出问题：演讲中提到的“遗传语言”“普通的规则”“翻译出的语言”分别指什么？这体现了密码子的什么特性？虽然密码子具有通用性，是否存在特殊情况？教师补充：在特殊情况下，UGA可以编码硒代半胱氨酸；在原核细胞中，GUG也可以作起始密码子编码甲硫氨酸；在线粒体中，UGA编码色氨酸，AUA编码甲硫氨酸，CUA编码苏氨酸。根据密码子的破译历程和密码子表，总结密码子的特性共有哪些？

设计意图：帮助学生理解密码子的通用性，培养生物与生物之间具有普遍联系的科学思维。通过对特殊密码子的举例补充帮助学生树立辩证唯物主义哲学观。利用归纳与概括的科学方法对密码子的特性进行总结，树立结构与功能观，加深学生对密码子破译科学史的理解。

### 七、教学反思

本节课以遗传密码的破译科学史为主线，通过创设情境发现问题，引导学生通过演绎推理、设计实验、实验验证、归纳总结等科学方法学习遗传密码的破译历程和遗传密码的特性。环环相扣的问题能充分调动学生的积极性，活跃学生的科学思维，降低科学史的理解难度，体验科学家敏锐、创新、大胆、睿智的科学素养，从而达到提高学生生物学核心素养的目的。

### 参考文献

- [1]何珊珊, 崔浩前, 郑若絮. 基于小组合作的PBL教学法在高中生物教学中的应用研究[J]. 现代交际, 2018(06): 196-195.
- [2]杜金焯, 张锋. PBL模式下的高中生物学科学史教学——以“关于酶本质的探索”为例[J]. 中学生物学, 2019, 35(05): 6-8.
- [3]向义和. 遗传密码是怎样破译的[J]. 物理与工程, 2007(02): 16-23.
- [4]王娜, 韦艳艳. 基于生物科学史的“遗传密码的破译”教学设计[J]. 中学生物教学, 2018(16): 45-47.
- [5]叶凯. “假说——演绎法”在高中生物教学中的应用——以《遗传密码的破译》为例[J]. 文理导航(中旬), 2019(08): 71-72.

作者简介：张雨潇（1999—），女，辽宁锦州人，硕士研究生，研究方向：学科教学（生物）。