

## 《DNA 双螺旋结构模型的构建》教学设计片段

片段题目	DNA 双螺旋结构模型的构建	所属单元	必修 2 第 3 章第 2 节
授课类型	新授课	授课时长	8 分钟
授课对象	高一年级学生	选用教材	人教版高中生物教材
课程标准 分析	<p>与“DNA 双螺旋结构模型的构建”相关的内容要求，在《普通高中生物学课程标准（2017 年版 2020 年修订）》“模块 2 遗传与进化”下的次位概念 3.1.2 内。其中明确要求学生能够概述“DNA 分子通常是由两条碱基互补配对的反向平行长链形成的双螺旋结构”，其中重点指出的 DNA 分子结构特点包括<b>双螺旋、反向平行以及碱基互补配对</b>。</p> <p>教学提示中鼓励开展“搜集 DNA 分子结构模型建立过程的资料并进行讨论和交流”等教学活动，以促进生物学学科核心素养的提升。学业要求中也明确了学生需要能够结合 DNA 双螺旋结构模型，阐明 DNA 分子作为遗传物质所具有的特征。上述内容是教师制定教学目标、明确教学范围及重难点、设计教学思路和进行教学评价等环节的重要参照。</p>		
教材分析	<p>“DNA 双螺旋结构模型的构建”是人教版必修 2 教材的第 3 章“基因的本质”中第 2 节“DNA 的结构”的内容，本节承接上一节“DNA 是主要的遗传物质”的结论，探讨与 DNA 的遗传功能相关的结构基础，对理解 DNA 为什么是主要的遗传物质具有重要作用。同时，本节内容也是学生后续学习 DNA 的复制和转录等过程的基础。</p> <p>作为“DNA 的结构”一节的一部分内容，“DNA 双螺旋结构模型的构建”在教材中以科学史的方式展开，主要展示了富兰克林拍摄的 DNA 晶体 X 射线衍射图谱以及查哥夫的碱基定量分析数</p>		

	据，并描述了沃森和克里克搭建模型的经历。
教学目标	<p>(1) 通过了解科学史上探究 DNA 分子结构的历程及分析相关的科学证据，阐述 DNA 分子结构的主要特点（生命观念、科学思维、科学探究）；</p> <p>(2) 通过讨论 DNA 双螺旋结构模型的构建过程，认同科学工作依赖观察和推论，并采用实证的范式（科学思维、科学探究）。</p>
教学重难点	<p><b>1、教学重点</b></p> <p>(1) DNA 分子是双螺旋结构；</p> <p>(2) DNA 分子的两条链呈反向平行；</p> <p>(3) DNA 分子内侧的碱基遵循“A 与 T 配对、C 与 G 配对”的原则（碱基互补配对原则）。</p> <p><b>2、教学难点</b></p> <p>(1) 从 DNA 晶体的 X 射线衍射图谱分析出 DNA 分子是螺旋结构。</p>
学情分析	<p><b>1、学生已有知识基础</b></p> <p>学生在必修 1 的“核酸是遗传信息的携带者”一节中，已经学习过 DNA 分子是由四种脱氧核苷酸构成的长链，且单链中单体与单体之间依靠磷酸二酯键进行连接，本节将从单链出发深入探讨分子结构。除此之外，本节课中还调用了必修 1 中“细胞膜的结构”中磷脂双分子层的相关知识，帮助学生理解 DNA 分子中磷酸基团和碱基的排布方式。上述内容均是本节课的重要知识基础。</p> <p><b>2、学生生活经历</b></p> <p>学生可能通过网络、书籍等对 DNA 的双螺旋结构有一定了解；或是在生活中见到过以 DNA 双螺旋结构为原型的建筑或模型。</p> <p><b>3、学生已有的能力基础</b></p> <p>高一学生的抽象逻辑思维逐渐成熟，构建模型的能力也逐渐发</p>

	<p>展，对于科学事实具有一定的分析能力，这使得学生具备了学习本节课的基础能力。</p> <p><b>4、学生学习兴趣和学习风格</b></p> <p>高中学生思维活跃，对于具有挑战性和强逻辑性的学习内容有较强的求知欲；学生对于科学史往往表现出较高的学习兴趣，在追随科学家的探索过程中能获得成就感。</p>
<p><b>教具与教学资源</b></p>	<p><b>1、文本资源：</b></p> <p>人教版高中生物学必修2《遗传与进化》；相关文献。</p> <p>[1] 陆琼衡.“DNA 双螺旋结构之母”解析 DNA 的过程和方法——纪念英国科学家罗莎琳德·富兰克林博士百年诞辰[J].生物学通报, 2021, 56(01):60-62.</p> <p>[2] 岳春光.DNA 分子的 X 射线衍射图谱介绍[J].生物学教学, 2021, 46(06):71-72.</p> <p><b>2、媒体资源：</b></p> <p>必应网站的图片、手绘图片等。</p>
<p><b>教学策略</b></p>	<p>本节课的教学策略主要包括<b>讲授-演示策略</b>和<b>探究式教学策略</b>。</p> <p>本节的知识难度较大，逻辑性较强，教师根据教学内容设计出环环相扣的问题串，含有逻辑紧密的五个子问题，以问题串作为主线驱动学生依靠分析证据链得到结论库，引导学生逐步完成对DNA分子结构的认识。整个教学过程中，教师主要借助PPT进行演示，依靠问题串推进教学内容，讲授-演示策略是本节最基本的教学策略。在进行证据分析的环节，学生进行了较多的推理性探究，依靠分析科学证据得到正确的结论，所以探究式教学策略也穿插在本节课中。</p>

<p>教学设计思路</p>	<p>根据上述关于课程标准、教材、学情等各方面的分析，决定采用问题驱动的方式：教师利用富有逻辑的问题串，引导学生利用证据一一解决子问题，最终得到结论库，并在这个过程中锻炼学生的科学思维。</p> <p>教师抛出的第一个子问题最为基础：DNA 分子是什么形状？引导学生分析 X 射线衍射图谱，推断出 DNA 分子是螺旋状。顺着图谱中消失的第四级条纹，教师引出 DNA 分子不止一条螺旋的结论，并自然地提出第二个子问题：DNA 分子有几条螺旋？排除了其他情况后，学生认同 DNA 最有可能是双螺旋结构。接着通过区分双螺旋结构的内侧和外侧区域，并结合 DNA 单链的结构，教师自然导出第三个子问题：磷酸基团和碱基在双螺旋中如何排布？教师引导学生回顾磷脂双分子层的结构，学生据此推测出正确的排布方式，即碱基全部排列在内侧，磷酸全部排列在外侧。而符合这种排布方式的情况有两种，对应着 DNA 两条链呈正向或反向平行，教师继而提出第四个子问题：DNA 分子的两条单链是正向平行还是反向平行？师生分析哪种情况符合富兰克林的经验性证据，继而得出反向平行的结论。此时，只剩下碱基排布的最后一个子问题还未明确，学生分析查哥夫的实验证据，推断出 DNA 碱基呈现 A 与 T 配对、C 与 G 配对的配对方式，最终解开 DNA 分子结构的秘密。</p> <p>整个授课过程以环环相扣的问题串形成建构模型的主线，并用层层加码的证据链锻炼学生的科学思维、提高学生的证据意识，学生解决每个子问题所得到的结论构成了他们所需掌握的重要概念，整个分析推断过程则为学生提供了解决科学问题和体会科学本质的真实情境。</p>
<p>教学过程</p>	<p style="text-align: center;"><b>环节一 (2.5min)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>子问题 1 的提出与解决——DNA 分子是螺旋状</b></p> <p><b>1、教师活动</b></p> <p>① 从刚刚复习过的 DNA 单链的结构出发，提出第一个子问</p>

题：DNA 分子是什么形状？引发学生思考。

② 展示富兰克林拍摄的 DNA 晶体 X 射线衍射图谱，讲授图谱的分析规律，给出水平晶面及与之对应的底片斑点进行解释，并尝试让学生倒推，先给出斑点，提问学生“这样的斑点表示晶面的方向是什么方向？”。

③ 引导学生用刚刚掌握的方法分析富兰克林拍摄的图片，逐个分析两个不同方向的斑线，得到“Z”形晶面，提问“这代表什么形状？”。

④ 展示用激光照射弹簧在黑暗墙壁上得到的图案，进一步引导学生得出 DNA 分子是螺旋状。

## 2、学生活动

① 认真理解教师给出的分析规律，积极思考教师提出的问题，根据给出的斑线回答出晶面的方向。

② 用相同的方法分析富兰克林拍摄的图片中两组晶面的方向，并思考组合后的晶面可能代表什么形状。

③ 观察激光照射弹簧在墙上的图案，发现与 DNA 晶体的 X 射线衍射图谱的相似点，得出 DNA 分子是螺旋结构。

## 3、设计意图

子问题 1 是最为基础和表层的问题，只有在确定了 DNA 分子的形状才能进一步确定其他细节。“DNA 分子是什么形状”这一问题的主要依靠分析 DNA 晶体的 X 射线衍射图谱来解决，究其原理涉及较多物理化学相关的知识，尤其是较为抽象的光学原理，对于高一学生来讲难度较大，故这里将分析方法作为既有规律，学生只需掌握该规律即可自己得出结论，在降低分析难度的同时保留了最重要的分析过程，有益于加深学生对 DNA 分子形状的认识。

### 环节二（1.5min）

子问题 2 的提出与解决——DNA 分子是双螺旋

### 1、教师活动

① 提示学生刚刚的分析过程忽略的细节：DNA 晶体的 X 射线衍射图谱中的第 4 级光斑“消失”了，并给出相应的解释：形成双螺旋或多螺旋结构的时候，可能会在 4 号光斑区域恰好产生消光。

② 由科学家的解释引出中间结论“DNA 分子不止一条螺旋”，自然提出第二个子问题：DNA 分子有几条螺旋？

③ 解释科学家们先后排除“多螺旋”及“三螺旋”的原因，引导学生聚焦于剩下的可能性：DNA 分子是双螺旋。

### 2、学生活动

① 再次仔细观察激光照射弹簧以及 X 射线照射 DNA 晶体得到的两张图，发现 DNA 的 X 射线衍射图谱上第 4 级光斑的异常。

② 从教师给出的解释中推断出“DNA 不止一条螺旋”的中间结论。

③ 积极思考教师提出的第二个子问题，并思考有哪些可能的情况，理解科学史上排除多螺旋模型和三螺旋模型的原因，得出 DNA 分子最有可能是双螺旋。

### 3、设计意图

在子问题 1 明确了 DNA 是螺旋结构后，子问题 2 进一步明确了 DNA 分子有几条螺旋，而这一问题的提出又与子问题 1 的证据密切相关，两个问题直接建立了十分紧密且通顺的逻辑。参考这段研究真实的科学史，子问题 2 的解决不是依靠直接的证据，而是依靠排除法，也没有直接向学生提出 DNA 是双螺旋结构这一结论，而是向学生说明双螺旋是科学家们一步步排除得到的最有可能的情况。这一设计的主要目的是保留这一段科学史的完整性，使问题串的逻辑以及学生思考的逻辑更加流畅，给予学生解决问题的真实情境和更多的思考空间。

### 环节三 (2min)

#### 子问题 3 的提出与解决——磷酸基团及碱基的排布方式

##### 1、教师活动

① 顺着子问题 2 得到的“DNA 是双螺旋结构”这一情况分析，向学生明确双螺旋结构分为内侧区域和外侧区域，与 DNA 分子一侧是磷酸基团，另一侧是碱基的结构特点结合分析，向学生提出第三个子问题：DNA 分子的磷酸基团和碱基在双螺旋中如何排布？

② 引导学生提出有可能的排布情况。教师以碱基全部排列在外，磷酸基团全部排列在内的情况作为例子，提问学生“除了这种情况之外还有其他什么情况？”，进一步提问“哪种方式最合理呢？”。

③ 学生答不出的情况下将问题降级处理“磷脂双分子层的排布方式是怎样的？”，“它为什么这么排布？”。

④ 给出磷酸基团和碱基的亲疏水性质，引导学生由此分析最合理的排布方式：碱基全部排列在内侧，磷酸基团全部排列在外侧。

##### 2、学生活动

① 理解双螺旋结构的内侧与外侧区域的区别，思考教师提出的第三个子问题。

② 根据教师提出的第一种情况说出其他有可能的排布情况。

③ 回顾必修 1 中磷脂双分子层的排布形式及原因，结合教师提供的两种基团的亲疏水信息推断出最合理的排布方式。

##### 3、设计意图

子问题 3 是在 DNA 分子双螺旋结构的基础之上最先需要解决的问题，这一问题的解决是后续突破反向平行这一特点的关键，是逻辑链上十分重要的一环。这一子问题的提出与解决在教材上没有体现，但这是学生探索 DNA 分子结构的必要步骤，同时碱基排列在内侧、磷酸排布在外侧是结构与功能观的体现，又与先前学过的

内容有相似之处，所以为了确保逻辑和问题情境的完整性和连贯性，采用了上述的提出与解决方式。

#### 环节四 (1min)

#### 子问题 4 的提出与解决——DNA 分子的两条链呈反向平行

##### 1、教师活动

① 顺着上面得到的排布信息引导学生思考如何将碱基排布在双链内侧，用直观教具进行旋转发现可能的情况有两种，分别对应 DNA 的两条链呈正向或反向平行，明确对于同向平行和反向平行的定义，并提出第四个子问题：DNA 分子的两条链是同向平行还是反向平行？

② 结合富兰克林的经验性证据：将 DNA 分子颠倒  $180^\circ$  前后拍摄到的衍射图谱不变，引导学生观看动画，分析出正确的情况：反向平行排列。

##### 2、学生活动

① 理解同向平行和反向平行的含义，想象这两种情况下是否符合先前的结论。

② 结合图示及富兰克林的证据分析得出 DNA 的两条链是反向平行排列的。

##### 3、设计意图

反向平行本身是一个较为重要且理解难度较大的性质，但在子问题 3 的铺垫下，子问题 4 的提出和解决都相对更容易，教师用直观教具及 PPT 中的旋转动画能将问题的难度降级，使学生更加容易接受和理解。

#### 环节五 (1min)

#### 子问题 5 的提出与解决——DNA 分子内侧碱基的配对方式



### 1、教师活动

①向学生明确只剩下内部碱基的排列规律尚未解决，并给学生与之相关的信息：DNA 分子内部的碱基是成对存在的，引出第五个子问题：DNA 分子内部的碱基如何配对？

②展示查哥夫的碱基定量分析数据，提问“你能否总结出其中的规律？”。

③明确其中的规律是：在 DNA 中，A 的量总是等于 T 的量；G 的量总是等于 C 的量。并由此进一步提问“那么最有可能的配对方式是什么？”，引导学生得出 A 与 T 配对、C 与 G 配对的原则。

④对上述的整个探索和解密的过程进行回顾和总结。

### 2、学生活动

① 在碱基成对存在的基础上思考碱基可能的配对方式。

② 分析查哥夫的碱基定量分析实验数据，尝试找到其中比值的规律。

③ 在比值规律的基础上得出最有可能的配对原则。

### 3、设计意图

子问题 5 是探索 DNA 双螺旋结构的最后一个问题，也是揭示 DNA 分子最内部细节的问题。学生在解决这个问题的时候分析了生物化学家查哥夫做出的实验事实，在分析证据的基础上完成了对碱基配对原则的导出。这个环节给与了学生分析的空间，有益于锻炼学生的科学思维。对于整个探索和解密过程的总结和升华也十分重要，能够让学生明白这个过程就是建立 DNA 双螺旋结构模型的科学家们走过的路，他们在构建模型的过程中发挥了巨大的创造性；同时，问题串—证据链—结论库的探究逻辑是研究科学问题的重要方式，这个探究过程构建了较为真实的科学问题情境，学生们能够直观地感受到科学工作依赖观察和推论，并采用实证的模式。

<p>教学评价</p>	<p><b>1、评价方式：</b></p> <p>(1) 课上，教师观察学生的神态以初步评价学生的接受情况；根据学生对问题的回答，进一步评价学生的理解和掌握程度。</p> <p>(2) 课后，教师根据课后任务的完成情况评价学生对知识的掌握情况。</p> <p><b>2、课后任务：</b></p> <p>(1) 默写 DNA 分子结构的重要特点。</p> <p>(2) 利用橡皮泥（或超轻黏土）、铁丝等材料制作 DNA 双螺旋结构模型，需要正确展示出各项结构特点。</p>
<p>板书设计</p>	<p style="text-align: center;">§ 3.2 DNA的结构</p> <p>DNA分子是螺旋状      DNA分子是双螺旋</p> <p>磷酸基团排列在外侧 碱基排列在内侧</p> <p>两条链呈反向平行</p> <p>A与T配对 C与G配对</p> <p>DNA双螺旋结构模型</p>