

生物学学科核心素养内涵理解

人民教育出版社生物室 谭永平

tanyp@pep.com.cn

2020年11月

1 生物学学科核心素养

——文本表达的意义再分析

普通高中生物学课程标准（2017年版）



生物学科核心素养是学生在生物学课程学习过程中逐渐发展起来的，在解决真实情境中的实际问题时所表现出来的价值观、必备品格和关键能力，是学生知识、能力、情感态度与价值观的综合体现。

怎么凸显生物学的教育价值？

生命观念

- “生命观念”是指对观察到的生命现象及相互关系或特性进行解释后的**抽象**，是人们经过实证后的**观点**，是能够理解或解释生物学相关事件和现象的**意识、观念和思想方法**。
- 学生应该在较好地理解生物学概念的基础上形成生命观念，如**结构与功能观、进化与适应观、稳态与平衡观、物质与能量观**等。能够用生命观念认识生物的多样性和统一性，形成科学的自然观和世界观，指导探究生命活动规律，解决实际问题。

科学思维

- “科学思维”是指尊重事实和证据，崇尚严谨和务实的求知态度，运用科学的思维方法认识事物、解决实际问题的思维习惯和能力。学生应该在学习过程中逐步发展理性思维，如能够基于生物学事实和证据运用归纳与概括、演绎与推理、模型与建模、批判性思维等方法，探讨、阐释生命现象及规律，审视或论证生物学社会议题。

科学探究

- “科学探究”是指能够发现现实世界中的生物学问题，针对特定的生物学现象，进行观察、提问、实验设计、方案实施以及结果的交流与讨论的**能力**。在探究中，**乐于并善于**团队合作，勇于创新。

社会责任

- “社会责任”是指基于生物学的认识，参与个人与社会事务的讨论，作出理性解释和判断，尝试解决生产生活问题的**担当和能力**。学生应能够以造福人类的态度和价值观，积极运用生物学的认识、理解和思想方法，**关注**社会议题，**参与**讨论并作出理性解释，**辨别**迷信和伪科学；形成生态意识，参与环境保护实践；**主动**向他人宣传健康生活和关爱生命等相关知识；结合本地资源开展科学实践，**尝试**解决现实生活问题。

价值观——生物学教育可以做什么

生物学课程引导学生建立的正确的价值观，其主要内容应该包括建立在对生物界、生物学的认识，以及对生命本质认识的基础上，形成的对生物界、对生物科学技术、对生命的正确价值判断，以及如何对待它们的“定型看法”。这一价值判断和定型看法，将在解决与生物学有关的问题和日常生活决策等过程中显现出指导作用，在建设美丽中国、健康中国的过程中发挥作用。

必备品格和关键能力——生物学教育可以做什么

生物学课程引导学生形成的品格和能力，应该包含以科学精神、人文底蕴为依托的求真、理性等良好品格；包括能够以生物学思想观念为指导，以探究能力为基础，运用科学思维方法探索生命世界、解决与生物学有关问题的能力。这样的学科核心素养，要通过知识学习、思维磨砺、观念提炼、能力提升的过程而形成。

从生物学的角度看，生命观念处于核心位置（核心不是基础）

- 学科教育价值来看，没有“生命观念”的建立，生物学的特色在哪里？学习意义在哪里？

从生物学作为科学课程的角度看，科学思维基于基础位置。

科学思维，既是开展科学探究必不可少的基础，也是科学探究训练的关键能力；既是概念建构、观念形成的基础，也在概念建构中磨砺思维；是社会责任担当的基础，也在社会角色中表现和磨砺……

2. 生命观念

充分反映生物学的特点

观念（idea）与概念？

观念：客观事物在人脑里留下的概括的形象（表象）。（现汉，7th ed）

“观念”是来自概念的概念，即理性的概念，是客观事物在人脑中的反映。

“观念”——用某一个（或几个）关键词表达的思想。（金观涛、刘青峰. 观念史研究. 法律出版社，2009年：P3）

科学观念：科学事实、概念、原理的高度抽象，指的人们对某一科学对象或科学过程的本原和本体的见解和意识，具有统整学科知识的功能。

物理学科核心素养

（一）学科核心素养

物理核心素养是学生在接受物理教育过程中逐步形成的适应个人终身发展和社会需要的必备品格和关键能力，是学生通过物理学习内化的带有物理学科特性的品质，是学生科学素养的重要构成。物理核心素养主要由“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”四个方面构成。

1. 物理观念

“物理观念”是从物理学视角形成的关于物质、运动与相互作用、能量等的基本认识；是物理概念和规律等在头脑中的提炼和升华；是从物理学视角解释自然现象和解决实际问题的基础。

“物理观念”主要包括物质观念、运动观念、相互作用观念、能量观念及其应用等要素。

2. 科学思维

“科学思维”是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式；是基于经验事实建构理想模型的抽象概括过程；是分析综合、推理论证等方法的内化；是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑、批判、检验和修正，进而提出创造性见解的能力与品质。

“科学思维”主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素。

物理观念

“物理观念”是从物理学视角形成的关于物质、运动与相互作用、能量等的基本认识；**是物理概念和规律等在头脑中的提炼和升华**；是从物理学视角解释自然现象和解决实际问题的基础。

“物理观念”主要包括**物质观念、运动观念、相互作用观念、能量观念**及其应用等要素。

具有鲜明的物理特征！

生命观念

如结构与功能观、进化与适应观、稳态与平衡观、物质与能量观等。能够用生命观念认识生物的多样性和统一性，形成科学的自然观和世界观，指导探究生命活动规律，解决实际问题。

生命观念

- 结构与功能观：** 细胞的结构与功能；个体结构与功能相适应。
需要关注：细胞结构的系统整体性.....
- 进化与适应观：** 生物多样性和适应性是进化的结果
- 稳态与平衡观：** 生物个体...协调统一，通过调节机制保持稳态；
生态系统通过自我调节保持相对稳定状态
- 物质与能量观：** 细胞的生存需要能量和营养物质；
生态系统...实现系统的物质循环、能量流动和信息传递

需要注意避免“生命观念”庸俗化理解

例如，“结构与功能”因需要涵盖太多内容而无所不在，最后会泛化

• 生命观念

抽象



升华

• 生物学核心概念



生物学事实和概念

概念的整合提炼 观念的交叉融合

建立生命观念的教学，最忌讳的是孤立地记忆事实和机械地把握概念。关注建立生命观念的课堂，一定是注意概念整合、观念交融的课堂。

一是因为生命观念的形成，依赖于从众多概念之间找关联，做提炼。二是到观念这个层次，彼此之间是紧密关联的。

从生命观念迈开半步：到生
物学“思想观念”

“生物学思想观念”

系统思想观念
进化思想观念
生态思想观念



图 1 生物学思想与核心概念的关联

- 系统思想：生命是系统，是“活”系统
(物质观、能量观、信息观、整体观)
- 进化思想：时间轴——生命的源头与历史
- 生态思想：空间轴——它在哪里，它与它？



图1 生物学思想与核心概念的关联

3 科学思维

与其他学科共通

科学思维

- “科学思维”是指尊重事实和证据，崇尚严谨和务实的求知态度，运用科学的思维方法认识事物、解决实际问题的思维习惯和能力。学生应该在学习过程中逐步发展理性思维，如能够基于生物学事实和证据运用归纳与概括、演绎与推理、模型与建模、批判性思维等方法，探讨、阐释生命现象及规律，审视或论证生物学社会议题。

科学思维

- 求知态度、思维习惯和能力；归纳与概括、演绎与推理、模型与建模、批判性思维。
- 科学思维的能力、习惯、态度的整体落实；
- 思维方法之间关系的厘清，思维训练与学科知识素材的结合。

科学思维——能力与态度

科学思维

科学思维是基于事实证据、运用科学概念、通过科学推理和论证对客观事物的本质、规律及其相互关系作出判断和解释、对事物客观发展变化作出预测的认识方式。

赵占良. 对生物学学科核心素养的理解（二）——科学思维及其教学. 中学生物教学, 2019年第10期: 4-7.

“科学思维” 包括什么

- 科学思维的核心是理性思维。
- 科学思维=理性思维+直觉、灵感、顿悟。
- 直觉——与生俱来，
- 灵感和顿悟——可遇而不可求
- 教育教学中训练和提升科学思维主要是指理性思维。
- 科学思维、理性思维都是人类理性精神在思维中的体现。理性思维与批判性思维之间的界限也是十分模糊。

- **理性思维 (rational thinking)**

- 主要是指通过严密的思维, 按照一定的规则程序而对各种事物进行**逻辑推理**的一种创新方法。理性思维方法主要有比较、分析、综合、概括、类比、抽象、演绎等。

科学思维——思维工具

抽象→概括（概念）→判断（命题）→推理（归纳、演绎）

分析与综合需要概念、判断和推理，贯穿所有思维过程。

常见的思维表现形式：论断←→理由
（理由：证据、共识）

(1) 概念

概念是思维的工具；有明确清晰的概念，是推理、论证的前提。

概念的内涵（含义）、外延（指称）。

概念的定义：内涵角度的定义（种差+属）；外延角度的定义。

概念不清，推理难明

例子1：白鹭捕食甲壳动物和鱼虾。（甲壳qiao动物）

例子2：新型冠状病毒是人为改造的病毒，因其刺突蛋白S蛋白上含有四个插入片段，这些片段与HIV-1的某些片段完全同源或具有相似性。

（插入的基因序列广泛的存在于包括病毒在内的各种生物体中，并非HIV-1所特有的）

例子3：XXX可以抑制在体外培养环境下病毒的增殖，甚至可以杀死病毒，因此，XXX可以作为治疗由该病毒引起的肺炎。（可以试一下食盐、酒精、酱油）

(2) 命题

推理的前提和结论都是命题。

命题（判断、句子或陈述）：对和事物情况有所判定，判定有真和假的区分。

命题要么真，要么假。

“21世纪是生命科学的世纪吗？”这不是命题。

“21世纪不是生命科学的世纪。”这是一个命题（可能真，也可能假）。

命题

命题的类型：

简单命题（性质命题、关系命题）；

复合命题（联言命题、选言命题、假言命题）。

我们关注什么

（1）事实与观点

我们自己在陈述主张的时候，知道哪些是事实，哪些是观点吗？

（2）假言命题

充分条件、必要条件

假言命题

充分条件：如果A，一定B。

（有B，不一定A）

（1）如果它有生命，那么它一定会对环境变化作出反应。

能对环境变化作出反应的就是生命吗？

（2）如果患者患上新型冠状病毒肺炎，那么他一定感染了新型冠状病毒。

感染了新型冠状病毒就一定会患肺炎吗？

必要条件：如果不A，一定不B。

（如果A，不一定B）

（1）只有经过隔离，才能形成新物种。

存在隔离就一定不是不同物种吗？

（2）内环境稳态是生命活动正常进行的必要条件。

（3）摄入足够的维生素C是维持健康的必要条件。

假言命题

充要条件：如果A，一定B；如果不A，一定不B。

既不充分，也不必要：条件A推不出结论B，结论B也推不出条件A。喝酒既不是患肝癌的充分条件，也不是患肝癌的必要条件。

(3) 推理

推理：由一个或若干已知命题推出另一个新命题的思维形式。

演绎推理

三段论

昆虫是节肢动物；

东亚飞蝗是昆虫；

东亚飞蝗是节肢动物。

节肢动物——大项

东亚飞蝗——小项

昆虫——中项

怎么推不了？

昆虫是节肢动物；

园蛛是节肢动物；

园蛛是昆虫？

三段论的7条规则

动物不能进行光合作用；

这种生物不是动物；

所以，这种生物能进行光合作用？

水分不足种子不能萌发；

这种种子没有萌发；

所以，是因为缺水？

达尔文根据实验提出,单侧光照射使胚芽鞘的尖端产生某种刺激,当这种刺激传递到下部的伸长区时,会造成背光面比向光面生长快,因而出现向光性弯曲。

科学重视实证。达尔文注意到人们熟视无睹的现象,并且设计了简单而又富有创造性的实验来研究,而不是凭主观臆测来解释。

这种“刺激”究竟是什么呢?在达尔文之后,先后有多位科学家通过进一步的实验继续探索。

1910年,鲍森·詹森(P. Boysen-Jensen)的实验证明,胚芽鞘尖端产生的刺激可以透过琼脂片传递给下部(图3-2)。

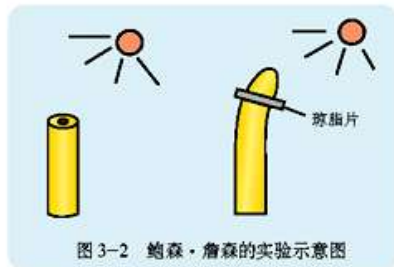


图3-2 鲍森·詹森的实验示意图

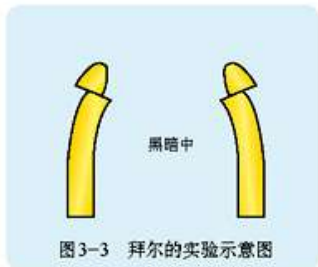


图3-3 拜尔的实验示意图

1914年,拜尔(A. Paal)的实验证明,胚芽鞘的弯曲生长,是因为尖端产生的刺激在其下部分布不均匀造成的。(图3-3)。

这些实验初步证明尖端产生的刺激可能是一种化学物质,这种化学物质的分布不均匀造成了胚芽鞘的弯曲生长。

1928年,荷兰科学家温特(F. W. Went)做了以下实验:把切下的燕麦尖端放在琼脂块上,几小时后,移去胚芽鞘尖端,将琼脂切成小块。再将经处理过的琼脂块放在切去尖端的燕麦胚芽鞘一侧,结果胚芽鞘会朝对侧弯曲生长(图3-4)。但是,如果放上的是没有接触过胚芽鞘尖端的琼脂块,胚芽鞘则既不生长也不弯曲。

温特的实验进一步证明造成胚芽鞘弯曲的刺激确实是一种化学物质。温特认为这可能是一种和动物激素类似的物质,并把这种物质命名为生长素(auxin)。

生长素究竟是什么呢?1931年,科学家首先从人尿中分离出具有生长素效应的化学物质——吲哚乙酸(IAA,图3-5)。但是,由于生长素在植物体内含量极少,直到1946年人们才从高等植物中分离出生长素,并确认它就是

► 相关信息

单子叶植物,特别是禾本科植物胚芽外的锥形套状物叫做胚芽鞘。它能保护生长中的胚芽。种子萌发时,胚芽鞘首先钻出地面,出土后还能进行光合作用。

尖端产生的刺激能传到下部,那么它为什么能使得伸长区两侧生长不均匀呢?

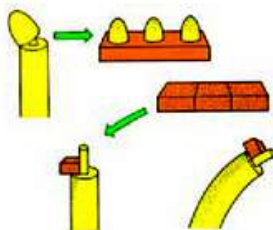


图3-4 温特的实验示意图

温特提出植物体内存在生长素时,有没有提取出这种物质?他是怎样作出这一推测的?

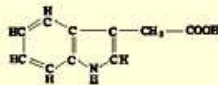


图3-5 吲哚乙酸化学结构

大前提：接触了某化学物质的琼脂块中会含有这种化学物质，能发挥这种化学物质的作用。

小前提：接触过胚芽鞘尖端的琼脂与胚芽鞘尖端有相同的效应。

结论：胚芽鞘产生的“刺激”是化学物质。

演绎与归纳

- 以上推理是演绎推理，前提为真，符合三段论要求，结论就不假。前提为结论提供100%的证据支持。
- 归纳推理：结论存在“或然性”——有可能不正确，经常不准确。
- 演绎推理的大前提，需要以归纳推理来确定其真实性。

归纳推理

- 归纳（培根）

从个别事实概括出一般原理。

A1是B;

A2是B;

A3是B;

.....

所有的A是B。

分完全归纳和不完全归纳两大类。科学研究中常用不完全归纳法。在生物学教学中，也常用不完全归纳法。

归纳推理

细胞理论（3要点）。

所有生物共用一套遗传密码。

ATP是能量通货。

这些理论、观点，怎么来的？为什么相信？

结合细胞学说的建立过程提炼出归纳法

3. 新细胞是由老细胞分裂产生的。

细胞学说的内容, 现在看起来似乎是显而易见的, 但却经历了漫长而曲折的建立过程。

思考·讨论

分析细胞学说建立的过程

阅读和分析下面的资料, 讨论相关问题, 发表你的见解。

1. 从人体的解剖和观察入手——从器官到组织

人体是怎样构成的? 这个问题首先引起了解剖学家的注意。1543年, 比利时的维萨里(A. Vesalius)通过大量的尸体解剖研究, 发表了巨著《人体构造》, 揭示了人体在器官水平的结构。法国的比夏(M. F. X. Bichat)经过对器官的解剖观察, 指出器官由低一层次的结构——组织构成。这对于人类认识生物个体的结构层次非常重要。

2. 显微观察资料的积累——认识细胞

1665年, 英国科学家罗伯特·虎克(R. Hooke)用显微镜观察植物的木栓组织, 发现这些木栓组织由许多规则的小室组成。他把观察到的小室画了下来, 并把“小室”称为cell——细胞。

之后, 荷兰著名磨镜技师列文虎克(A. van Leeuwenhoek)用自制的显微镜, 观察到不同形态的细菌、红细胞和精子等。意大利的马尔比基(M. Malpighi)用显微镜广泛观察了动植物的微细结构, 如细胞壁和细胞质。此后, 虽然观察细胞所获得的资料不断



虎克制作的木栓细胞图



虎克时代的显微镜

增加, 积累了较丰富的材料。但是, 在长达170多年的历史中, 人们对细胞及其与生物体的关系并没有进行科学的归纳和概括。

3. 科学观察和归纳概括的结合——形成细胞论

植物学家施莱登通过对花粉、胚珠和柱头组织的观察, 发现这些组织都是由细胞构成的, 而且细胞中都有细胞核。在此基础上, 他进行了理论概括, 提出了植物细胞学说, 即植物体都是由细胞构成的, 细胞是植物体的基本单位; 新细胞从老细胞中产生。施莱登把他的研究成果告诉了动物学家施旺, 施旺很感兴趣并大受启发, 决意要证明植物界和动物界这“两大有机界最本质的联系”。施旺主要研究了动物细胞的形成机理和个体发育过程, 他认为: 动物体也是由细胞构成的, 一切动物的个体发育过程, 都是从受精卵这个单细胞开始的。为此, 他发表了研究报告《关于动植物的结构及一致性的显微研究》。施旺还说: “现在, 我们已经推倒了分隔动植物界的巨大屏障。”

4. 细胞学说在修正中前进

新细胞如何由老细胞产生呢? 施莱登认为新细胞是从老细胞的细胞核中生长出来的, 或者是在老细胞的细胞质中像结晶那样产生的。施莱登的朋友耐格里(K. Nageli)用显微镜观察了多种植物分生区新

细胞的形成, 发现新细胞的产生原来是细胞分裂的结果。还有些学者观察了动物受精卵的分裂。在此基础上, 1858年, 德国的魏尔肖(R. L. C. Virchow)总结出“细胞通过分裂产生新细胞”。他的名言是: “所有的细胞都来源于先前存在的细胞。”



魏尔肖在讲演

这个断言, 至今仍未被推翻。

讨论

1. 科学家是如何通过获得证据来说明动植物体由细胞构成这一结论的?

2. 施莱登和施旺只是观察了部分动植物的组织, 却归纳出“所有的动植物都是由细胞构成的”。这一结论可信吗? 为什么? 这一结论对生物学研究有什么意义?

3. “所有的细胞都来源于先前存在的细胞”, 这是否暗示着生物体的每个细胞都凝聚着漫长的进化史? 细胞学说主要阐明了细胞的多样性还是生物界的统一性?

4. 通过分析细胞学说建立的过程, 你领悟到科学发现具有哪些特点?

学科交叉

与化学的联系

1803年, 英国化学家道尔顿提出: 物质是由不可再分的基本微粒——原子所组成的。原子也是化学作用的最小单位, 在一切化学反应中保持不变。他的原子论为许多化学现象提供了清晰的理论解释, 对化学的发展起到了奠基作用。

细胞学说揭示了动物和植物的统一性, 从而阐明了生物界的统一性。就像原子论之于化学一样, 细胞学说对于生物学的发展具有重大的意义。

细胞学说使人们认识到植物和动物有着共同的结构基础, 从而在思想观念上打破了在植物学和动物学之间横亘已久的壁垒, 也促使积累已久的解剖学、生理学、胚胎学等学科获得了共同的基础, 这些学科的融通和统一催生了生物学的问世。

细胞学说中关于细胞是生命活动基本单位的观点, 使人们认识到生物的生长、生殖、发育及各种生理现象的奥秘都需要到细胞中去寻找, 生物学的研究随之由器官、组织水平进入细胞水平, 并为后来进入分子水平打下基础。

细胞学说中细胞分裂产生新细胞的结论, 不仅解释了个体发育, 也为后来生物进化论的确立埋下了伏笔。新细胞由老细胞产生, 老细胞由更老的细胞产生, 如此上溯, 现代生物的细胞都是远古生物细胞的后代, 小小的细胞内部, 凝聚着数十亿年基因的继承和改变。每个细胞, 每个生物, 都是历史的产物。被恩格斯列入19世纪自然科学三大发现的细胞学说和进化论, 作为生物学大厦的基石, 赋予生物学不同于其他自然科学的独特韵味。

知识链接

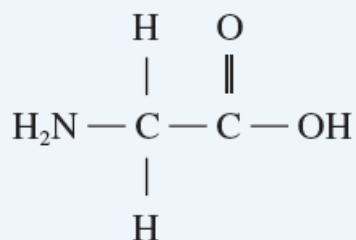
关于进化论的具体内容, 详见必修2《遗传与进化》第6章。

在人体中，组成蛋白质的氨基酸有21种。氨基酸是组成蛋白质的基本单位。氨基酸的结构是怎样的呢？

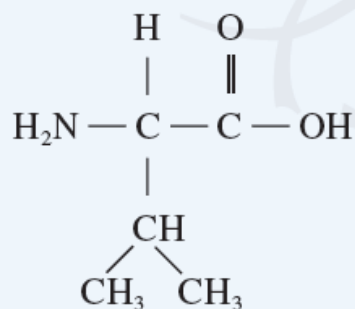
思考 · 讨论

氨基酸的结构特点

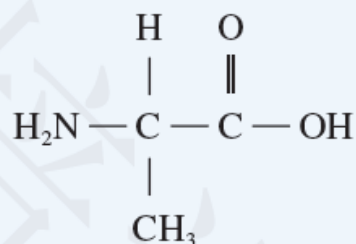
观察下列几种氨基酸的结构。



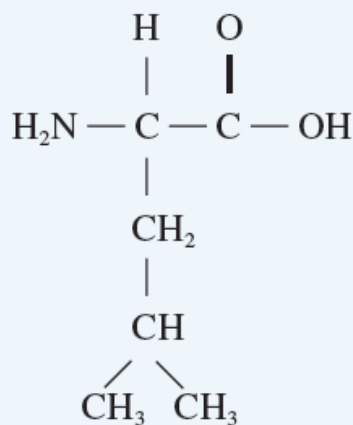
甘氨酸



缬氨酸



丙氨酸



亮氨酸

讨论

1. 这些氨基酸的结构具有什么共同特点？
2. “氨基酸”这一名词与其分子结构有怎样的对应关系？

归因推理——归纳推理

- 归纳推理里的归因推理：

求同、求异、求同+求异、共变、剩余

可以简单化理解为求同、求异。

求同归纳

- 求同：要特别注意是否忽略了隐藏的共同情况。
- 光线的照射，有助于缓解冬季忧郁症。研究人员曾对九名患者进行研究，他们均因冬季白天变短而患上了冬季忧郁症。研究人员让患者在清早和傍晚各接受三小时伴有花香的强光照射。一周之内，七名患者完全摆脱了抑郁，另外两人也表现出了显著的好转；由于光照会诱使身体误以为夏季已经来临，这样便治好了冬季忧郁症。

如何反驳？

求异归纳

- 求异：一般来说比求同得出的结论可靠。
要特别注意差异的唯一性。

初二学生小明，一上课就头疼，一下课就好了。一开始，老师、家长认为小明是神经衰弱。后来经过观察发现，小明上课时戴眼镜，下课不戴眼镜，是眼镜度数不合适造成的头疼。

求异归纳

- 求异
- 两个实验大棚里种上相同数量的黄瓜苗，在第一个大棚里施加镁盐但在第二个不加。第一个产出了100千克黄瓜而第二个产出了50千克。由于除了水以外没有向大棚施加任何别的东西，第一个大棚较高的产量一定是由于镁盐。

怎么质疑？

科学实验里为什么经常做对照实验？

马兜铃酸肾毒性的发现

- 第二次世界大战期间，巴尔干地区的医生逐渐发现该地区的人容易患一种奇怪的慢性肾病。这种肾病会慢慢发展到尿毒症，而且部分呈现家族性发病。**遗传？不遵循任何孟德尔遗传模式；移民过些年头也发病。**
- 1992年，比利时医生意外发现2例奇怪的女性尿毒症患者，临床表现是罕见的急性快速进展性间质性肾炎。她们均是服用了同一个诊所同一种减肥的中草药后开始发病的。扩大调查，共发现了14例类似女性病例。令人震惊的是14例女性中，9例服用了同一家减肥诊所的同一种减肥中草药，而且这9例病例均集中发生在1992年的前半年内。医生怀疑这种肾炎与这种减肥中草药有关。**问题：这家诊所的这种减肥中草药使用了15年，以前一直没有发现肾毒性副作用，这是为什么？**
- 这家减肥诊所在1990年5月左右修改了中草药的配方，新配方用“广防己”替代了旧配方里的“汉防己”，广防己中含有高浓度的马兜铃酸，高浓度中的马兜铃酸导致了这种严重的间质性肾炎。此后这种肾病被称为马兜铃酸肾病或中草药肾病。2003年，我国新闻报道大量服用龙胆泻肝丸导致肾脏损害的病例……
- 巴尔干半岛地区生长着一缠绕草本植物铁线莲状马兜铃，它的种子含有马兜铃酸。莲状马兜铃会在当地的麦田中大量生长，种子在收割时和麦粒混在一起，污染了面粉，导致当地人使用的面粉中含有低剂量的马兜铃酸。

第1节 植物生长素的发现

问题探讨



向着窗外生长的植株

图中是一株放在窗台上久不移动的盆栽植物。

讨论

1. 图中植株的生长方向有什么特点?
2. 可能是哪种环境刺激引发了这株植物生长方向的变化? 这种变化有什么适应意义?
3. 这种生长方向的变化, 是发生在植物的幼嫩部分还是成熟部分?

本节聚焦

- 植物向光性的原因是什么?
- 生长素是什么物质?
- 什么是植物激素?

为什么要分别遮盖胚芽鞘尖端和它下面一段呢? 胚芽鞘弯曲生长的是哪一部分? 感受单侧光刺激的又是哪一部分? 你怎样解释这一结果?

在单侧光的照射下, 植物朝向光源方向生长的现象叫做向光性 (phototropism)。许多人可能对这种现象熟视无睹, 然而, 正是对向光性的研究, 引导着人们揭示植物生命活动调节的奥秘。

生长素的发现过程

19 世纪末, 达尔文 (C. Darwin, 1809—1882) 注意到了植物的向光性, 并设计了实验来探讨其中的原因 (图 3-1)。

实验发现, 在受到单侧光照射时, 金丝雀虉草 (音 yk 一种禾本科植物) 的胚芽鞘会向光弯曲生长; 如果去掉胚芽鞘的尖端, 或者用锡箔罩子把尖端罩上, 则不发生弯曲; 如果罩上尖端下面的一段, 那么, 胚芽鞘还会弯向光源生长。

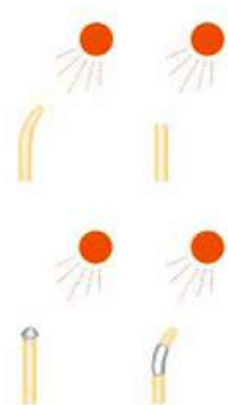
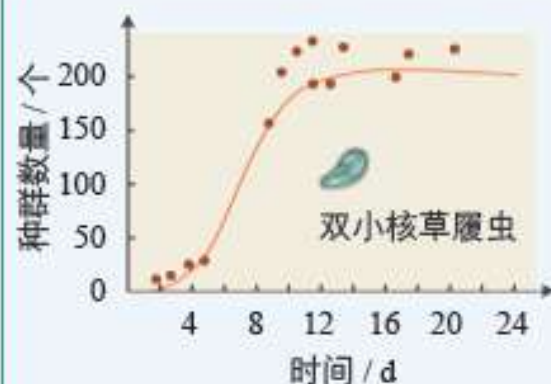
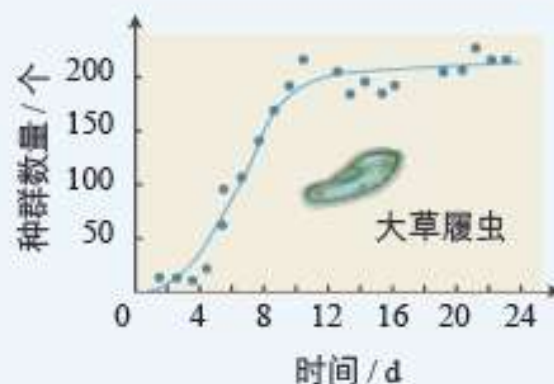


图 3-1 达尔文的实验示意图

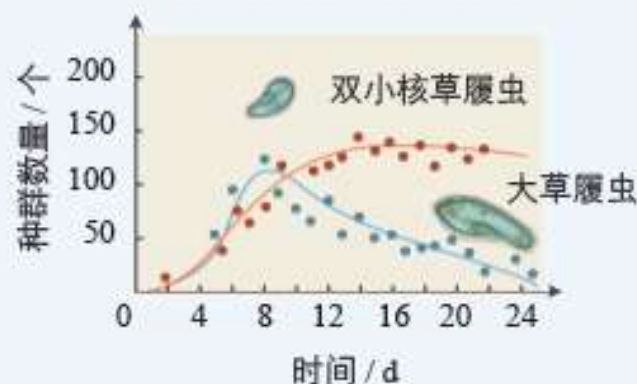
1 不但基于观察发现问题, 而且开展实验研究;
2 排除法: 确定尖端和下部的作用。



单独培养双小核草履虫



单独培养大草履虫



混合培养

资料 2 生活在加拿大北方森林中的猓獾捕食雪兔。研究人员在 90 多年的时间里，对猓獾和雪兔的种群数量做了研究，结果如下图所示。

讨论

1. 怎样解释资料 1 中的实验结果？

2. 怎样解释猓獾和雪兔种群数量变化的同步周期性？

3. 猓獾和雪兔种群的数量变动哪个是因、哪个是果？

4. 除猓獾外，影响雪兔种群数量变动的还有其他因素吗？



自变量控制中的“加法原理”和“减法原理”

在对照实验中，控制自变量可以采用“加法原理”或“减法原理”。与常态比较，人为增加某种影响因素的称为“加法原理”。例如，在“比较过氧化氢在不同条件下的分解”的实验中，与对照组相比，实验组分别作加温、滴加 FeCl_3 溶液、

滴加肝脏研磨液的处理，就利用了“加法原理”。与常态比较，人为去除某种影响因素的称为“减法原理”。例如，在艾弗里的肺炎链球菌转化实验中，每个实验组特异性地去除了—种物质，从而鉴定出DNA是遗传物质，就利用了“减法原理”。

多因一果：我们面临的许多科学技术工程问题都是

怎样提高光合作用效率？

优化以下3个主要光合作用过程可能有效提高光合作用效率：1) 优化光能的吸收、传递和转化效率。主要包括优化捕光天线系统；提高电子在光合膜上的传递效率；增强电能转化为ATP和NAD(P)H的效率。2) 光能高效利用。主要包括降低非光化学淬灭等能量损耗；增强光保护、减轻光抑制等带来的光合效率下降。3) 提高光合碳同化效率。主要包括提高RuBisCO酶的羧化活性；引迳CO₂浓缩机制；减少碳损耗、降低光呼吸。

张立新，卢从明，彭连伟，马为民，钱万强. 利用合成生物学原理提高光合作用效率的研究进展. 生物工程学报, March 25, 2017, 33(3): 486-493.



思维训练

溯因推理

某湖泊中生活着鲈鱼和短吻鳄，短吻鳄会捕食鲈鱼，而鲈鱼又是人们喜爱的美味。当地居民为了提高鲈鱼的产量而大量捕杀短吻鳄。在短吻鳄被捕杀几乎绝迹之后，鲈鱼的产量却没有增加。调查表明湖中鲈鱼的种群数量竟然比原来还下降了。追溯原因，有人提出了以下可能：

A. 气候变化造成鲈鱼的食物短缺；

- B. 短吻鳄捕食的另一种鱼以鲈鱼为食；
- C. 捕杀短吻鳄前鲈鱼的种群已经衰退；
- D. 人类主要捕捞鲈鱼幼龄鱼造成种群衰退。

以上四种解释都有道理吗？你认为哪种是最可能的原因？作出推测后，应该怎样进一步判别？

一因多果

家鸡卷羽基因（不完全显性）： Ff 羽毛向上翻卷，易脱落； FF 羽毛翻卷严重，几乎全身无毛。

这个基因变化引起的性状变化不仅仅是这些，还有：羽毛的上卷或脱落使体热容易散失，因此体温比正常鸡低；体温散失快又促进代谢加速来补偿消耗。加速代谢的结果：一是需要心跳加速、心脏扩大、血量增加，进而引起脾脏扩大；二是食量增加，增加消化系统负担；三是肾上腺、甲状腺等内分泌腺体功能加强，引起生殖能力降低。

一个鸡毛基因的变化，带来一身病的悲催鸡生。



思维训练

分析相关性

某研究团队调查了4家医院2006—2013年确诊的肺癌患者1 303人，其中吸烟的有823人，占患者总数的63.16%；同时，他们调查健康人作为对照，在1 303名健康人中，吸烟的有509人，占39.06%。基于该调查结果，甲乙两人得出了不同结论。甲认为吸烟与肺癌患病率之间存在因果关系，吸烟会使肺癌患病率升高。乙认为上述调查不足以说明吸烟与肺癌患病率之间有因果关系，只能说明二者之间具有较高的相关性。乙在同甲辩论时说：“吸烟的人

平时都携带打火机，你能说带打火机与患肺癌之间有因果关系吗？”

讨论

1. 你认为能否从该调查中得出吸烟会导致肺癌患病率升高的结论？如果能，对不吸烟人群中仍有少数人患肺癌如何解释？如果不能，对吸烟与肺癌患病率的高相关性该如何解释？

2. 基于上面的讨论，结合其他例子，谈谈你对生物学中因果关系的复杂性和概率性的认识。

(4) 论证

论证是生物学教学中最常见的科学思维表现形式。

论证需要推理，但推理未必就是论证。生物学里的科学思维方式，主要是是论证。

- 论证=理由+论断
- 论证至少由两个陈述组成：
- 其中一个陈述让他人相信的意见、观点、建议、决定等；
- 另一个陈述知识支持它们的根据、理由、前提。

- 论证=理由+论断
- 论证的理由有两种，一种叫证据（evidence），可以是事实、统计数字、个人经验等；另有一种叫呼吁（motivational appeals），他诉诸读者自己的价值、信仰或观念^[1]。
- 在进行科学论证时，理由主要是证据，特别是来自于科学观察、科学实验所获得的科学事实。
- “社会共识”等在关于社会公共事务辩论时可以是论证的理由。
- 徐贲.明亮的对话——公共说理十八讲. 中信出版社，2014年：59.

- 论证=理由+论断
- 论证的理由和论断之间，还隐含着“支持”。支持关系（充分、微弱）；推理形式（归纳、演绎、类比）。

好的论证？

- 简而言之——理由充分，论断合理

用事实说话，结论就一定可靠吗？

给5位感冒患者用这种药物一周后，患者的症状均得到了极大缓解，有效率达到100%。
由此可以断定，这种药物治疗感冒是很有有效的。

重视事实是必要的，只有事实也是不够的。

部分事实作为证据，更需要评估其质量。

假设

- 任何思维、行动和话语都有假设，而假设深刻影响它们的品质。从根本上说，假设的这种普遍性反映了事物的存在和变化都依赖一定的条件这一普遍规律。所以，假设代表思想、行动和话语的条件性。但是，人们常常忽略或忘记了这种条件性，视假设为理所当然，隐而不表，久而久之，最终完全遗忘了假设及其对思维、行动和话语的制约性。

摘 要:批判性思维的力量在于穿透思想和行动的假设前提从而深化分析和评估。假设是人们认为理所当然而不予证明的信念或命题。任何话语都有其假设。正当合理的假设构成言行的恰当出发点或先决条件,虚妄的假设可能阻碍问题的解决,是新思维和改革的绊脚石。所以,挖掘和评价假设的自觉意识和方法作为批判性思维的基本要求顺理成章。假设有不同的表现形式。分析假设有一定的程序和步骤可循,评估假设有若干合理性标准可依。批判性思维教学和训练应该全面培养学生揭示和评估假设的意识和能力。

2017年2月
第39卷第1期

延安大学学报(社会科学版)
Journal of Yan'an University (Social Sciences Edition)

Feb. 2017
Vol. 39 No. 1

■ 批判性思维研究

批判性思维的穿透力:假设挖掘和评价

武宏志

癌症发病率上升

假设：人群中的癌症发病率取决于环境的优劣，而不是年龄。

近些年来，我国癌症的病发率和死亡率持续上升，成为近些年的死亡主因及公共健康问题。据统计数据显示，2017年中国癌症发病率达十万分之302，或占全球癌症发病率的26.4%。这说明我国的环境问题已经严重影响了人们的健康。

找出隐含的假设

1. 需要采取有效的措施保护东北豹。
2. 怎样识别雌雄蚯蚓？
3. 每一个细胞都凝聚着数十亿年的进化史。

找出隐含的假设

- 卡尔文最初的实验，是发现 CO_2 固定后首先形成C3（一种三碳化合物）。那么，到底是哪类物质与 CO_2 结合形成C3呢？按照一般的思路考虑，是寻找一种二碳化合物。但是，大家都没有找到这样的二碳化合物。卡尔文继续设计新的实验进行探索。他用 $^{14}\text{CO}_2$ 标记的小球藻做了这样的实验：突然停止供应 CO_2 ，小球藻内含量大为增加的是一种五碳化合物。据此推测，这种五碳化合物应该就是将与 CO_2 结合的化合物。
- 卡尔文通过停止供应 CO_2 ，检测小球藻内含量升高的物质来推测 CO_2 的受体，是基于什么样的假设？

第2节 通过激素的调节

问题探讨



马拉松比赛

马拉松长跑是赛程超过40 km、历时2 h以上的极限运动，运动员每小时至少要消耗300 g糖类。

血糖（血液中的葡萄糖）可以补充肌肉因运动而消耗的糖类。正常人的血糖含量是0.8~1.2 g/L (80~120 mg/dL)，全身的血量大约为5 L。

▲ 计算：如果仅靠血液中的葡萄糖，运动员能跑多长时间？

▲ 讨论：长跑过程中大量消耗葡萄糖，会导致血糖含量下降吗？为什么？

人和动物体内血糖的含量，体液的pH、温度以及水和无机盐的含量等都处于不断的变化中，在变化中又可以维持相对稳定。这种相对稳定是通过复杂的调节实现的。

激素调节的发现

在20世纪之前，“激素(hormone)”这一概念还没有被提出，学术界普遍认为，人和动物体的一切生理活动都是由神经系统调节的。在这种情况下，探寻其他的调节方式，就意味着向权威观点提出挑战，而这需要有勇于探索和创新的精神。

本节探究

- 激素的发现过程带给你什么启示？
- 血糖的平衡是怎样维持的？激素对维持内环境的稳态有什么作用？
- 激素的分泌是怎样调节的？
- 激素调节有什么特点？



资料分析

促胰液素的发现

这是一个可以给我们很多启迪的故事。

1. 囿于定论的沃泰默

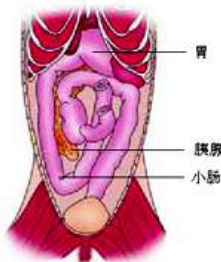
胰腺能分泌胰液。胰液通过导管注入小肠，

其中的酶用来消化食物。胰液的分泌是如何调

节的呢？在19世纪，学术界普遍认为，胃酸刺

激小肠的神经，神经将兴奋传给胰腺，使胰腺分

泌胰液。法国学者沃泰默(Wertherimer)通过实验发现：把稀盐酸注入狗的上段小肠肠腔内，会引起胰腺分泌胰液。若直接将稀盐酸注入狗的血液中则不会引起胰液的分泌。他进而切除了通向该段小肠的神经，只留下血管，再向小肠内注入稀盐酸时，发现这样仍能促进胰液分泌。他对这一结果的解释是：这是一个十分顽固的神经反射。所以说它顽固，是由于小肠上微小的神经难以剔除干净。你同意他的解释吗？



狗的胃、小肠和胰腺的位置

2. 另辟蹊径的斯他林和贝利斯

英国科学家斯他林(E. H. Starling, 1866—1927)和贝利斯(W. M. Bayliss, 1860—1924)读了沃泰默的论文，却大胆地作出另一种假设：这不是神经反射而是化学调节——在盐酸的作

用下，小肠黏膜可能产生了一种化学物质，这种物质进入血液后，随血流到达胰腺，引起胰液的分泌。

1902年，为了验证这一假设，他们把狗的一段小肠剪下，刮下黏膜，将黏膜与稀盐酸混合加砂子磨碎，制成提取液。将提取液注射到同一条狗的静脉中，发现能促进胰腺分泌胰液。这证明他们的假设是正确的。他们把小肠黏膜分泌的这种化学物质称做促胰液素。

3. 巴甫洛夫的感慨

俄国生理学家巴甫洛夫(I. P. Pavlov, 1849—1936)是近代消化生理学的奠基人、诺贝尔奖获得者。他和他的学生们在消化腺的神经调节方面做了大量研究，他们也曾认为小肠中盐酸导致胰液分泌属于神经反射。斯他林和贝利斯的发现与他们的结论大相径庭，于是他们做了重复实验，结果却与斯他林和贝利斯的一模一样。巴甫洛夫对学生深表遗憾地说：“自然，人家是对的。很明显，我们失去了一个发现真理的机会！”

▲ 讨论

1. “机遇只偏爱那种有准备的头脑”。是哪些因素使斯他林和贝利斯抓住了成功的机遇呢？

2. 斯他林和贝利斯获得的科学发现包括哪些内容？

► 科学方法

提出新的假说往往需要大胆的质疑和丰富的想像。有时，不同的假说都能在一定程度上解释某一科学事实，哪一个假说能够成为公认的理论，取决于进一步的观察和实验。

促胰液素是人们发现的第一种激素。这一重要发现使人们认识到，人和动物体的生命活动，除了受神经系统的调节外，还存在着另一种调节方式——由内分泌器官(或细胞)分泌的化学物质进行调节，这就是激素调节(hormonal regulation)。此后，科学家又陆续发现了许多种激素，弄清了这些激素的来源(图2-8)和作用。

激素是什么物质呢？研究发现，不同的激素化学组成不同。例如，胰岛素是一种含51个氨基酸的蛋白质，而性激素主要是类固醇。

稀盐酸注入狗上段小肠——胰腺分泌胰液；

稀盐酸直接注入血液——没有胰液分泌。

推论：稀盐酸不能直接引起胰腺分泌胰液，而是通过刺激小肠神经引起的胰腺反射。

（演绎推理：前提——这是神经反射引起的；推理——如果切断神经反射途径，再注入稀盐酸到小肠就没有胰液分泌。）

（如果A，一定B）

进一步实验：切断上段小肠神经只留下血管，稀盐酸注入小肠依然引起胰液分泌。（A，不B）。

沃泰默的推理结论：顽固的神经反射。（没有反思自己的前提假设：神经反射）

斯塔林的推理结论：稀盐酸刺激小肠粘膜产生的化学物质引起胰液分泌。（质疑前提假设：神经反射，提出竞争性的假设：化学物质）

4. 科学探究与社会责任

科学探究

- “科学探究”是指能够发现现实世界中的生物学问题，针对特定的生物学现象，进行观察、提问、实验设计、方案实施以及结果的交流与讨论的**能力**。在探究中，**乐于并善于**团队合作，勇于创新。

- 在课程标准中对科学探究活动的目标追求，包括掌握探究思路方法，包括实践能力、合作能力、创新能力等关键能力，也包括探究精神、科学态度、团队精神、创新精神等品格。

社会责任

- “社会责任”是指基于生物学的认识，参与个人与社会事务的讨论，作出理性解释和判断，尝试解决生产生活问题的**担当和能力**。学生应能够以造福人类的态度和价值观，积极运用生物学的认识、理解和思想方法，**关注**社会议题，**参与**讨论并作出理性解释，**辨别**迷信和伪科学；形成生态意识，参与环境保护实践；**主动**向他人宣传健康生活和关爱生命等相关知识；结合本地资源开展科学实践，**尝试**解决现实生活问题。

- “社会责任”的“担当和能力”至少包括：
- 形成造福人类的态度和价值观，科学态度，生态文明观，关爱生命、健康文明生活观念等态度和观念；
- 具备关注社会议题并参与讨论、作出理性解释、辨别迷信和伪科学、尝试解决现实生活问题、参与环境保护实践、做健康中国的促进者和实践者等行动能力。
- 这里，既有价值观念，也有能力和品格。

核心素养的整体性

核心素养的整体性：图好画，事难做

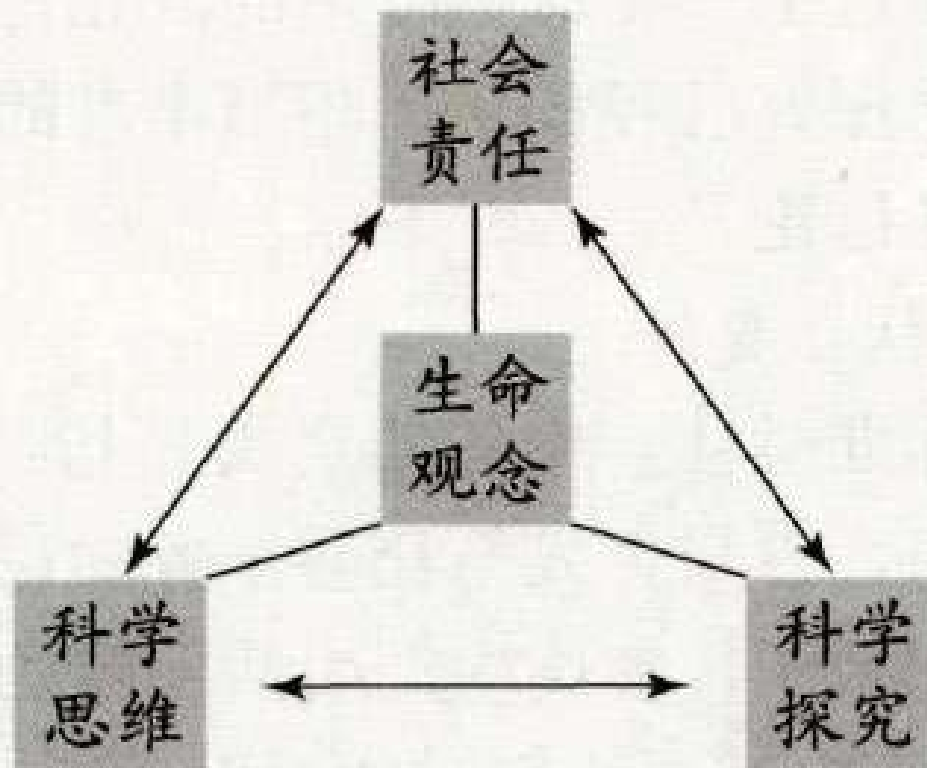


图 1 生物学学科核心素养的内在关联

案例（普通高中生物学课程标准）

案例1 “生态系统的稳定性” 教学目标的制订

1. 通过对案例的分析讨论，能用物质和能量的输入和输出平衡观点，认识具体生态系统的稳定性。
2. 通过对生态系统各种成分功能和营养结构关系的讨论，以及运用反馈调节原理，能初步判断不同生态系统维持其稳定性的相对能力。
3. 能够根据生态系统各种成分、结构以及数量关系构建稳定性生态系统模型，并制作简易生态瓶。
4. 能够为常见生态系统的合理利用和维持可持续发展提出有价值的建议。

案例2 筛选分离土壤中尿素分解菌的教学设计

一、教学目标

1. 能用生物与环境相适应的观点，提出分离目标菌的思路。
2. 能按照科学探究的要求设计出分离目标菌的方案。
3. 能依据方案运用无菌操作技术和分离、培养方法初步分离出目标菌

5. 核心素养与评价革新

(1) 既要关注概念的检测，也要关注素养的测评

➤ 概念的考察，更加聚焦加强思维引导性

一、概念检测

1. 判断下列事实或证据是否支持细胞是生命活动的基本单位。

(1) 草履虫是单细胞生物，能进行运动和分裂。 ()

(2) 人体发育离不开细胞的分裂和分化。 ()

(3) 离体的叶绿体在一定的条件下能释放氧气。 ()

(4) 用手抓握物体需要一系列神经细胞和肌肉细胞的协调配合。 ()

2. 下列叙述与细胞学说不相符的是 ()

A. 植物和动物都是由细胞构成的，这反映了生物界的统一性

B. 植物和动物有着共同的结构基础

C. 人体每个细胞都能独立完成各项生命活动

D. 新细胞是通过已存在的细胞分裂产生的

一、概念检测

1. 基于对原核生物和真核生物的理解，判断下列表述是否正确。

(1) 真菌和细菌是原核生物。 ()

(2) 原核生物中既有自养生物，又有异养生物。 ()

(3) 原核生物是单细胞生物，真核生物既有单细胞生物也有多细胞生物。 ()

2. 草履虫、衣藻、变形虫和细菌都是单细胞生物。尽管它们的大小和形状各不相同，但它们都有相似的结构，即都具有 ()

A. 细胞膜、细胞质、细胞核、液泡

B. 细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核

C. 细胞膜、细胞质、细胞核、染色体

D. 细胞膜、细胞质、储存遗传物质的场所

3. 根瘤菌（属于细菌）与豆科植物共生形成根瘤。在对根瘤菌进行分离时，如何根据细胞的形态结构特点，来区分根瘤菌细胞与植物细胞？

- 是考概念，但是也在考思想观念

1. 组成细胞的元素追根溯源来自无机环境，为什么细胞内各种元素的比例与无机环境的大不相同？

2. 将细胞内含有的各种物质配齐，并按照它们在细胞中的比例放在一个试管中，能构成一个生命系统吗？为什么？

- 从考概念到考观念之间的联系

3. 如果“新细胞都是从老细胞中产生的”不成立，细胞一直可以从无机环境中自然发生，生物进化的观点还能被人们普遍接受吗？请用自己的语言简要阐述细胞学说是否支持生物进化的观点。

（2）在真实情境中解决问题

以科学事实（来自科学史或来自科研报告）、
日常生活中与生物学有关的问题创设情境。
让学生在情境中思考、解决问题，提升素养。

【题干】：有位农夫在农业实验所担任乳牛的管理工作。牛舍里苍蝇很多，影响动物健康，所以，农夫用含有“杀虫剂 A”的溶液，喷洒牛舍及乳牛。这种杀虫剂几乎杀死了所有的苍蝇。然而，过了一段时间，又有很多苍蝇。于是，农夫再度喷洒一次这种杀虫剂。这次喷洒的效果，与第一次喷洒的效果相似，虽没有杀死全部苍蝇，但让大多数苍蝇死亡了。再经过一段时间，苍蝇又很多。于是，又一次喷洒杀虫剂。这样的事情一再发生，总共喷洒了五次杀虫剂，结果很明显，“杀虫剂 A”杀死苍蝇的效果越来越差。农夫注意到了他的喷洒过程，他是先配好了一大瓶杀虫剂溶液，这五次喷洒都用这一瓶溶液。因此，杀死苍蝇效果越来越差的可能原因，农夫所提出的结论是：杀虫剂因存放时间过久而分解。

这个题目综合考察的科学知识和科学能力的情况如表 1 所示。

表 1 PISA 的例题综合考察的科学知识和科学能力的情况

问 题	能力考察层次	知识考察主题
问题 1：农夫所提的结论是：杀虫剂因为存放时间过久而分解。如何检验这个建议？请简要说明	确认并运用科学证据的能力	科学性知识：物质科学领域 科学本身的知识：科学探究中变量的控制
问题 2：为什么“杀虫剂 A 杀死苍蝇的效果越来越差……”农夫的解释是：杀虫剂因为存放时间过久而分解。除了农夫的解释之外，请你列举出两个不同的解释	辨认识别科学问题的能力	科学性知识：物质科学 科学本身的知识：科学解释

设置真实的问题情境， 让学生在情境中运用所 学知识解决问题

一、概念检测

1. 某超市有一批过保质期的酸奶出现涨袋现象。酸奶中可能含有的微生物有乳酸菌、酵母菌等。据此分析涨袋现象的原因，判断以下解释是否合理。

(1) 是乳酸菌无氧呼吸产生气体造成的。()

(2) 如果有酒味，可能是酵母菌无氧呼吸造成的。()

一、概念检测

1. 嫩肉粉的主要作用是利用其中的酶对肌肉组织中的有机物进行分解，使肉类制品口感鲜嫩。由此可推测嫩肉粉中能起分解作用的酶是 ()

- A. 纤维素酶 B. 淀粉酶
- C. 脂肪酶 D. 蛋白酶

2. 能够促使唾液淀粉酶水解的酶是 ()

- A. 淀粉酶 B. 蛋白酶
- C. 脂肪酶 D. 麦芽糖酶

3. 将刚采摘的新鲜糯玉米立即放入 85 ℃ 水中热烫处理 2 min，可较好地保持甜味。这是因为加热会 ()

- A. 提高淀粉酶的活性
- B. 改变可溶性糖分子的结构
- C. 破坏淀粉酶的活性
- D. 破坏将可溶性糖转化为淀粉的酶的活性

科研报告改造为 习题的情境，运 用概念，引导思 维

5. 褐花杓兰和西藏杓兰主要分布于我国西南地区，且分布区域有一定交叉。典型的褐花杓兰，花是深紫色的；典型的西藏杓兰，花是紫红色的。此外，它们还存在花色从浅红到深紫等一系列过渡类型。研究人员通过实验发现，这两种植物能够杂交并产生可育后代。请回答下列问题。

(1) 这两种兰花的花色存在一系列过渡类型，能否用二者在自然状态下可以杂交来解释？如果能，能否确定过渡类型就是二者杂交形成的？

(2) 研究人员建议将它们合并为一种。这一建议有道理吗？



褐花杓兰



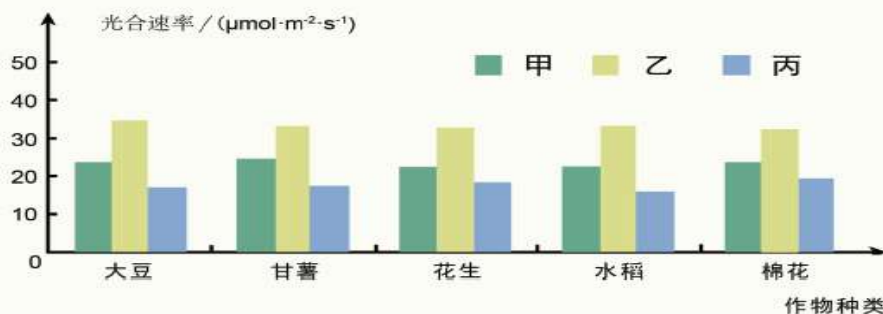
西藏杓兰

- 评价：思维、观念、探究、责任——整体综合

- **综合融通**：生命观念的融通综合；概念建构、观念形成、思维提升、责任担当的融合。

2. CO_2 浓度增加会对植物光合作用速率产生影响。研究人员以大豆、甘薯、花生、水稻、棉花作为实验材料，分别进行三种不同实验处理，甲组提供大气 CO_2 浓度 ($375 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)，乙组提供 CO_2 浓度倍增环境 ($750 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)，丙组先在 CO_2 浓度倍增的环境中培养 60 d，测定前一周恢复为大气 CO_2 浓度。整个生长过程保证充足的水分供应，选择晴天上午测定各组的光合速率。结果如下图所示。

回答下列问题。



(1) CO_2 浓度增加，作物的光合作用速率发生什么变化？为什么会出现这种变化？

(2) 在 CO_2 浓度倍增时，光合作用速率并未倍增，此时限制光合作用速率增加的因素可能是什么？

(3) 丙组的光合作用速率比甲组低。有人推测可能是因为作物长期处于高浓度 CO_2 环境而降低了固定 CO_2 的酶的活性。这一推测成立吗？为什么？

(4) 有人认为：化石燃料开采和使用能升高大气 CO_2 浓度，这有利于提高作物光合作用速率，对农业生产是有好处的。因此，没有必要限制化石燃料使用，世界主要国家之间也没有必要签署碳减排协议。请查找资料，对此观点做简要评述。

促进学科核心素养发展的测评，还有很多需要探索的地方！

延伸阅读

谭永平. 生物学学科核心素养：内涵、外延与整体性.
《课程·教材·教法》2018年第8期：86-91.

<https://mp.weixin.qq.com/s/IviTw3eLkd-KRofm4u4JVg>

视频讲座：谭永平. 科学思维与中学生物学教学.
链接地址：

https://appti1qd2s44049.h5.xiaoeknow.com/content_page/eyJ0eXBlljoxMiwicmVzb3VyY2VfdHlwZSI6NCwicmVzb3VyY2VfaWQiOiJsXzVlYzM2MmM4NmY1ZTBfNk1wbXFLNEciLCJwcm9kdWN0X2lkIjoiIiwiaXBwX2lkIjoiYXBwdGkxcUQyUzQ0MDQ5IiwiaXh0cmFfZGF0YSI6MH0?state=19d021960953c08a9f053603b2a9783b_3uNhTD&app_id=appti1qD2S44049

敬请指正！



人民教育出版社
PEOPLE'S EDUCATION PRESS