

21 世纪中学生物、地理
创新教学实验设计
与探索全书
(四)

内蒙少儿出版社

目 录

第四篇

生物工程理论与生物课教学实验探索

上编 生物工程理论实验探索

- ❖ 生物工程时代的曙光 ❖ (669)
 - 一、生物是怎样出现的 (669)
 - 二、干预生物进化 (673)
 - 三、三头怪兽和基因设计 (674)
 - 四、“基因谷”和“基因路” (675)
- ❖ 细胞——生命的基础 ❖ (677)
 - 一、细胞的发现 (677)
 - 二、细胞的结构 (678)
 - 三、DNA 的发现和研究的 (681)
- ❖ 生物的遗传和变异 ❖ (683)
 - 一、什么是基因 (683)

二、遗传密码·····	(686)
三、基因型和表现型·····	(688)
四、核、质的神秘作用·····	(689)
五、细胞工厂·····	(691)
❖ 生物工程应运而生 ❖ ·····	(693)
一、生物工程的内容和特征·····	(693)
二、生物产业的兴起·····	(695)
三、技术战争中的生长工程·····	(698)
❖ 基因工程 ❖ ·····	(701)
一、拆装生命零件·····	(701)
二、基因文库·····	(704)
三、灵丹妙药·····	(705)
四、植物“癌”·····	(708)
五、奇妙的化工厂·····	(710)
六、基因治疗·····	(711)
七、固氮稻和超级鼠·····	(713)
八、出色的“小矿工”和“小巨人”·····	(716)
九、基因控制·····	(718)
❖ 细胞工程 ❖ ·····	(721)
一、牛柿？薯柿·····	(721)
二、改邪归正的癌细胞·····	(723)
三、非洲蛙·猛犸·埃及王子·····	(726)
四、试管婴儿及其他·····	(727)
五、无籽西瓜的由来·····	(730)
六、从一个细胞到一株植物·····	(732)
七、植物的工厂化生产·····	(734)
八、邮件中的森林·····	(736)
九、人工种子和单倍体·····	(738)

十、市中心的蔬菜工厂·····	(740)
❖ 发酵工程 ❖·····	(742)
一、工业微生物异军突起·····	(743)
二、液体面包和酒精·····	(745)
三、五味俱全的酱油和食醋·····	(747)
四、从发酵罐里取药·····	(748)
五、鲜美可口的人造肉·····	(750)
六、鲜味和酸甜味·····	(751)
❖ 酶工程 ❖·····	(753)
一、酶的奇特本领·····	(753)
二、酶的分类和固定·····	(754)
三、特大油田·····	(755)
四、人工酶·····	(756)
五、酶工业方兴未艾·····	(757)
❖ 生物技术群 ❖·····	(759)
一、生物电子技术·····	(759)
二、生物机械技术·····	(760)
三、人造器官技术·····	(761)
四、生物技术群的出现·····	(763)

下编 生物课教学实验探索

❖ 生物探索式教学法探索 ❖·····	(765)
一、理论依据·····	(765)
二、教学程序·····	(766)
三、实施案例·····	(767)

❖ 生物课引导探索式教学法 ❖	(770)
一、课前的几项准备	(770)
二、基本教学环节	(771)
❖ 引导学习教学法探索 ❖	(773)
一、理论依据	(773)
二、基本教学环节	(773)
❖ 生物“导读”、精讲、质疑、练习”四步教学法 ❖	(776)
一、第一步：导读	(776)
二、第二步：精讲	(776)
三、第三步：质疑	(777)
四、第四步：练习	(777)
❖ 生物“目标、探索、引导、反馈”课堂教学结构 ❖	(778)
一、明确目标	(778)
二、探索	(778)
三、引导结论，板书纲要	(779)
四、反馈补救	(780)
❖ 生物“疑探释审”教学法探索 ❖	(781)
❖ 生物“读讲做”教学程序设计 ❖	(783)
❖ 生物“引导——探索——归纳”教学法 ❖	(785)
❖ 目标教学与生物学素质教育 ❖	(788)
一、问题的提出	(788)
二、确立完整性的素质教育目标	(788)
三、实现素质教育目标应着力解决的几个问题	(789)

第五篇

生物课教学实验理论探究

- ❖ 新形势下的生物教学的思考 ❖ (793)
- 一、生物教学面临的问题 (793)
- 二、新形势下生物教师的任务 (794)
- ❖ 指导好学生实验的教学探索 ❖ (797)
- 一、中学生物学实验教学工作的一般要求和对问题的处理 (797)
- 二、指导并培养学生生物学实验中的基本技能和方法 (798)
- ❖ 培养学生的观察与描述能力的探究 ❖ (803)
- 一、生物教学中观察能力的培养 (803)
- 二、生物教学中培养学生描述能力的方法 (808)
- ❖ 指导学生自学和阅读课外读物探究 ❖ (809)
- 一、培养学生自学能力的重要性 (809)
- 二、指导学生自学的途径 (810)
- 三、对课外阅读的指导 (815)
- ❖ 生物教学中的国情教育 ❖ (816)
- 一、生物学科中进行国性教育的主要内容 (816)
- 二、国情教育的主要途径 (818)
- 三、国情教育的体会 (818)
- ❖ 总结经验 转变思想 勇于改革 提高质量

——对做好生物教材工作的几点意见 ❖	820
一、施行义务教育法要努力转变思想	820
二、结合生物学科特点加强政治思想教育	821
三、以启发式教学思想为指导，不断改进教学方法	822
四、必须认真开展生物教学研究工作的	824
❖ 生物教学中进行思想教育需处理好的几个关系 ❖	826
一、教育与教学的关系——寓教育于教学之中	826
二、科学性与思想性的关系——教书育人	827
三、思想性与趣味性的关系——寓庄于谐	827
四、师生感情与思想政治教育的关系——情理交融	828
五、表扬与批评的关系——以表扬为主	829
六、经常教育与机会教育的关系	830
七、课内教育与课外教育的关系	830
八、单科教育与整体教育的关系	831
❖ 怎样在教学中进行科学态度教育 ❖	832
一、科学态度及科学态度教育的重要性	832
二、如何进行科学态度教育	835
三、进行科学态度教育应注意的几个问题	839
❖ 激发学生学习和培养学生良好的学习习惯的理论探究 ❖	841
一、怎样激发学生的学习兴趣	841
二、怎样培养良好的学习习惯	846
❖ 运用情感促进生物教学和启发学生积极思维的探究 ❖	849
一、引导学生与周围的生命物体、生物学知识以及与生物学教师建立起良好的、积极的情感	849
二、引导学生不断提高道德感、理智感和美感的情感深度和情感效能	850

-
- 三、依据情感的基本特征来促进生物教学…………… (851)
- 四、在产生积极情感的基础上启发学生积极思维…………… (853)

第四篇

生物工程理论与生物 课教学实验探索

.....
21世纪中学生物、地理创新教学实验设计与探索全书
.....

.....

21世纪中学生物、
地理创新教学实验设计与探索全书

.....

上编 生物工程理论实验探索

生物工程时代的曙光

在我们周围的世界里，可以看到各种各样的生物，有生机勃勃的绿色植物，活蹦乱跳的动物，还有用眼睛看不见的无数微生物。地球上的各种生物，包括我们人类本身在内，都是大自然的“宠儿”。

据考证，今天生存在地球上的生物仅仅是地球形成后的几十亿年中形成的一小部分，大部分生物都在地球的变迁中灭绝了。例如，在1亿年前称霸全球的恐龙，在白垩纪的后期退出地球这个大舞台，与此同时，海洋中大量的浮游生物也相继灭绝。在生物进化史上，我们常常发现一些生物消灭了，另一些更有竞争力的生物出现了。它们演出许许多多蔚为大观的场面。最富有活力的演员要算是我们人类。人类在出现之后，很快就主宰世界。一般认为，人类的历史不会超过1千万年。然而，就是这位最年轻的成员却进化成万物之灵，统治着整个生物界。只有人，不仅仅学会认识生物，利用生物，而且正在改造生物，创造生物。不是吗，在远古时代，人们只能以采摘野果、捕获动物为生，后来学会种植粮食和饲养动物。人从跟动物为伍到征服凶猛的动物，这中间要经过几百万年，甚至更长的时间。在跟大自然的搏击中，跟生物的竞争中，人类终于获得才能和智慧，由必然王国进入自由王国。这就迎来了生物工程时代的曙光。让地球上的一切生物都为人类服务，让我们来谱写驾驭动物、植物和微生物的光辉篇章吧？

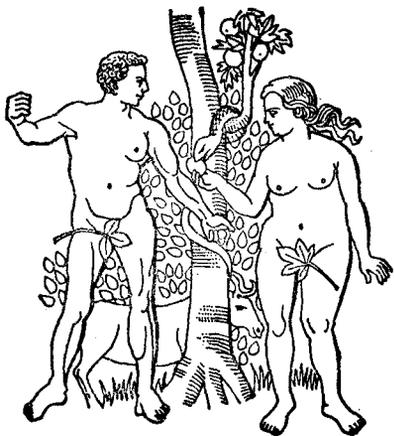
一、生物是怎样出现的

生命是怎样出现在我们这个可爱的地球上的，这就是人们通常所说的生命起源问题。生命出现之后，又是怎样产生这么多的生物物种呢？伟大的英国生物学家达尔文为

此花了一生的精力，并写了一本举世瞩目的《物种起源》，这就是进化论。

生命起源和生物进化是一个非常复杂的问题，想用几句话就回答得很清楚很满意，是相当困难的。长期来，围绕这个命题争论不休。不同世界观的人对此有迥然不同的回答。关于生命起源的论述有许多，这里仅选择较有代表性的观点作简明介绍。

创世说 基督教在圣经上说，天体天地以及各种各样的生物，包括人类在内，都是由上帝在六天之内分别创造出来的。起初，上帝创造了天和地。地是空虚混沌的，渊而黑暗，到处是水，只有上帝的灵运行在水面上。上帝说，大地太黑暗了，要有光，于是就有光。光把大地照得通明。这是上帝第一天的作为。第二天，上帝造了空气，空气在水之上，以云和雨的形态留在天上。第三天，上帝把天下的水汇集在一起，于是露出陆地。汇集水的地方变成海。第四天，上帝创造出太阳和月亮。白天由太阳发光，晚上由月亮发光。有了太阳和月亮便可以定节气。这一天，上帝又造了许许多多的星星。第五天，上帝创造水里的鱼，在天空会飞的鸟，并赋予它们繁殖的本领，使鱼和鸟类越来越多。到了第六天，上帝造了各类牲畜、野兽和昆虫等等，又按照自己的模样，用土造了人，这就是亚当和夏娃。一直到第七天，上帝便休息了。现在相信创世说的人越来越少，因为生物科学的进步和发展，证明生物不是由上帝创造出来的。大量的化石材料说明，生物是不断进化发展来的。



圣经中的亚当和夏娃

自然发生论 在远古时代，科学不发达，不可能研究生命的起源这样一个重大问题。人们只能根据表面现象来推猜，认为地球上的一切生命（包括人在内）最早都是从非生命物质中突然产生出来的。在一些文明古国的文献中，这种观点屡见不鲜。例如，在我国古代就有“天地合气万物有生”，“腐草为萤”和“蝉固朽木所化也”等说法。在欧洲的古代有这样的论述：“地球为孕育生物之慈母”，“由于太阳的温暖，首先在最初的泥土里发出泡状的东西，接着从中形成鱼一类动物。其中有的爬上陆地……形成陆生动物，人类也发生了。自然发生论主张生物是从非生物物质来的，这不是真正的科学，而是一种不符合实际情况的臆测。为什么没有生命的物质会变成有生命的物质呢？自然发生论的代表人物亚里士多德的解说是，因为有一种叫“隐得来希”的作用。至于“隐得来希”是什么，为什么它有那么大的活力，亚里士多德无法解释。最后他不得不认为这是神赐给的。自然发生论在欧洲产生很广泛的影响，直到十七世纪英国出版的大百科全书中，仍然有关于“羊树”的记载。说小羊可以从一种“羊树”上生长出来。更荒唐的是，在1667年有一位医生和科学家还开出一张制造小鼠的处方，当时居然还有人会相信。



传说中羊从树上长出

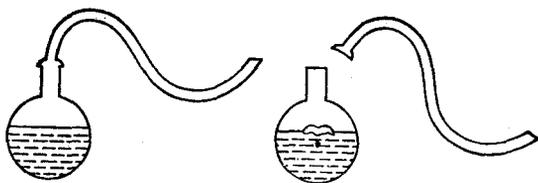
生源论 生源论由法国生物学家巴斯德所创立。他认为，生命只能来自生命。他用

实验的方法证明：跟现存的各种生物一样，渺小的微生物也是不能自然发生的。微生物只能由散在空气、土壤、水流和各种东西上的微生物孢子产生。巴斯德的实验是这样的：把肉汁注入到一个曲颈玻璃瓶中，用火把肉汁煮沸，杀死其中的微生物和微生物孢子。经过这样处理后，瓶里的肉汁就不会腐败了。也就是说，曲颈瓶里不可能产生微生物了。这是因为外面的空气流经曲颈时，混杂在空气中的微生物或微生物孢子被清除了，它们沉淀在曲颈的底部，不能跟肉汁接触。如果截断曲颈，让肉汁跟空气接触，不要多久，肉汁又会发臭，产生许多微生物。



巴斯德像

这个实验现在看来十分一般，也很简单。但它首次证明微生物不是自然发生的。巴斯德据此否认地球上最初生物是从非生命物质发展来的可能性，并断言生物只能由同类生物产生。然而，巴斯德不清楚地球上最初生物又是从哪里来的呢？



巴斯德实验

宇宙生命论 地球上的生命来自其他天体，这一论点是德国科学家李比希等人提出来的。他们认为，“天体的大气和旋转着的星云的大气是生命形态的永恒的神殿，是生命胚种的永恒的繁育场。”至今，不少人仍然主张地球上最初的生命是来自宇宙空间。尤其在宇宙空间发现甲烷、乙醇、氨基酸等有机物质以后，这个论点又特别活跃起来。但是，要作出地球上的生命来自宇宙中其他天体的结论，至少到目前为止，科学根据尚不足。

生命地球起源说 对于生命起源的问题，世界上绝大多数的科学家认为，生命是在地球上起源的，而且一经产生出来就沿着生物进化的道路向前发展。对此，恩格斯作出了科学的预见，他言简意赅地指出：“生命是整个自然界的结果。”“生命的起源必然是通过化学的途径实现的”。恩格斯这一论断是扎根在坚实而可靠的科学基础上的。细胞学说的诞生，特别是达尔文的进化论告诉我们，地球上形形色色的生物，包括人类在内，都是由单细胞生物逐渐演化发展而来的。在十九世纪用化学合成的办法得到尿素以后，无机界和有机界之间的鸿沟可以说是被填平了。跟恩格斯同时代的不少科学家也对生命起源作出各种解释，如海克尔、凯库勒、卡尔·肖莱马等人。海克尔认为地球发展到一定阶段，有机体必然由无生命物质产生。凯库勒提出了活体造形元素的巨大分子概念。肖莱马论述了由有机物合成蛋白质并进而向生命领域的飞跃过程，并明确指出生命之谜只有靠蛋白质化合物的合成才能解开。

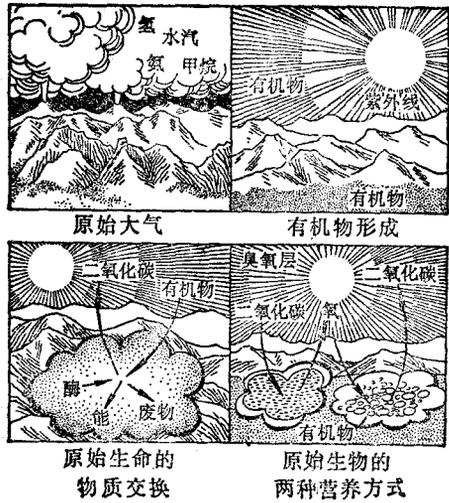
到1924年，苏联著名的生物化学家奥巴林首先提出比较系统的生命起源假说，即团聚体学说。这一学说描述生命起源的三个阶段，就是从无机物到形成简单有机物，从简单有机物到形成复杂有机物以及从复杂有机物到形成多分子体系——团聚体，从团聚体到具有新陈代谢能力的蛋白质体。由于原始地球上存在以上三个发展阶段的条件，现代模拟实验的成功，有机物的产生，为生命起源奠定了物质基础，并且推动生命的进

化。蛋白质和核酸等有机物构成一切生命的物质基础，因此在地球形成之后的几亿年中，地球上必然存在一个为生命产生提供条件的化学演化过程，这就是有机物形成并不断发展的过程。当化学演化过程发展到高级阶段，就出现飞跃，开始一个新的发展过程，即生命进化过程——从简单到复杂，从低等到高等，从水生到陆生的进化过程。这样，经过将近四十亿年的漫长岁月，才出现如此丰富的生物界。化石是我们今天认识生物进化的最好的标志。太古代是离开现在最远的一个地质年代，在它的初期，地球上只有频繁的火

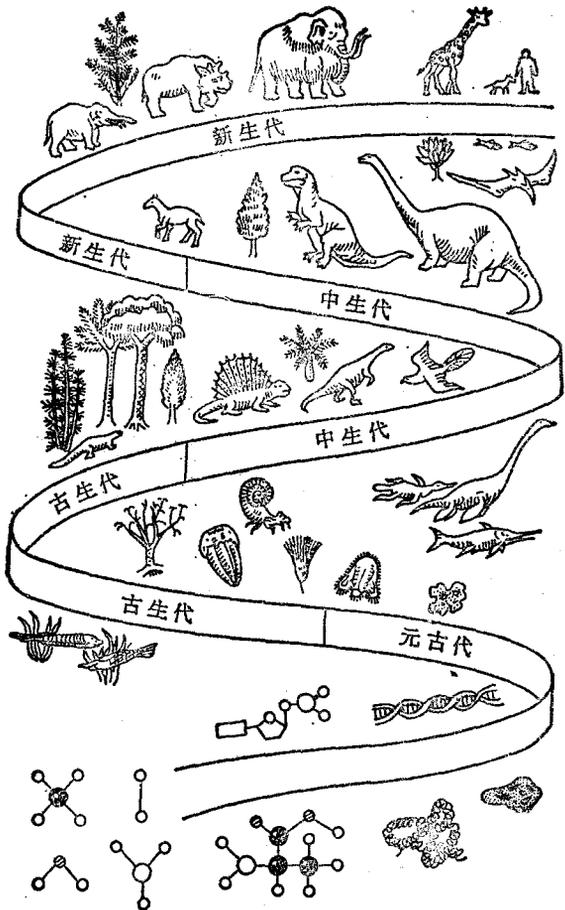
山活动和地震，还没有任何生命活动。到太古代的晚期，即 38 亿年前，就出现原始的生物。到元古代后期，海底里已经繁殖大量的低等藻类。在古生代初期（寒武纪），生物的种类和数量大大发展，海水中出现了几千种动物。在古生代的中期（泥盆纪），水里已经有鱼类大量繁殖，在陆地上出现第一批植物，即陆生孢子植物，地球开始披上绿装。在中生代，爬行动物称霸于世，这就是恐龙统治地球的时代。新生代距今大约只有七千万年，哺乳动物、鸟类和被子植物大发展，地球开始进入最繁盛的时代。直到新生代的最后一个阶段，即第四纪才出现人类。所以，人类是地球上出现最晚的最高级最进化的生物种群。

所有这些都充分说明，生物的产生遵循一条客观规律，逐渐进化而发展起来的。在一个相当长的时间内，人类同样受这条自然规律的支配。那时候，人们要想直接干预生物进化是根本不可能的。

人，是大自然的宠儿。人在认识和利用生物的基础上，终于在最近的一、二十年中，掌握了生物工程及其



原始地球的生命起源



生物进化史图

一整套先进的生物技术，可以在几天之内培育出崭新的生物新品种，甚至有可能从试管中复制出在地球上已经灭绝的生物来。

二、干预生物进化

生物在地球上出现以来，经过将近四十亿年的进化，才有今天如此丰富多采的局面。生物生生不息，绵延不断，形成了种类繁多的生物界。据不完全统计，在我们生活的地球上，大约有动物 150 多万种，植物 40 多万种，微生物至少也有 10 万种。如果把那些绝灭的生物种计算在内，数字还要大得多，约有 2 亿个种。在地球这个生命表演的大舞台上，随着岁月流逝，条件变迁，多数生物种成了历史上的“过客”，留下的这些生物，是激烈竞争中保存下来的佼佼者。

40 亿年，差不多跟地球的年龄接近（一般认为地球是在 45 亿年前形成的），也就是说，在地球形成后几亿年中，化学演化已经开始，接着就发生质的飞跃，产生生命。生命起源之后，沿着进化的道路向前发展。生命有机体尽管千差万别、多种多样，但它们都有一个共同的特点，那就是生命。它们都有生、老、死，都能在成熟后采取一定方式繁殖后代。地球上的各种生物都是从一些最原始、最简单的生命类型逐渐演变发展而来的，它们都是“远亲近戚”。

生物中越是高等的类型，在地球上出现得越迟。在自然界中，要形成一个生物种是缓慢的。伟大的生物学家达尔文指出，生物进化的主导力量是自然选择。他认为生物经常发生的细微的不定变异，通过累代的选择作用，比较适合于当时外界环境条件的个体得以生存，并逐渐累积有利的变异，发展成新种。很显然，达尔文在这里描述的新种的出现，必须通过“累代”的选择作用，因此，自然界中新种产生是十分缓慢的。

现在生物技术的发展，终于产生能直接干预生物进化的方法，这就是生物工程。基因工程和细胞工程是生物工程中最有影响的创造生物的新技术。在实验室中，基因工程师只要重组一下基因，就有可能获得新种。创造生物成为生物学家手中的常事。把两个不同种类的细胞融合在一起，能获得一个杂种细胞，它具有双亲细胞的遗传特性，经过培育有可能得到一个崭新的品种。把这些技术应用于改造生物，创造生物，不需要很长时间，可能在几天、几小时内就能改造一种生物，或者创造出一种生物。



达尔文像

由于利用基因重组和细胞融合技术，在理论上，人们完全可以得到比原先的生物种更能适应环境，更能符合人类需要的新生物。抗寒基因在自然界中不知要经过多少代的积累和选择，才能在一个生物种上得到表现。然而，用基因工程的方法，在几小时内就能把抗寒基因导入生物细胞内，顺利的话，在几周内就可以培育出一种抗寒的新生物。生物技术的产生，为大规模干预生物进化提供强有力的武器，大大加速生物的进化。这就是基因控制所产生的潜在威力。

生命系统是一个非常复杂的分层结构系统。它具有自适应、自学习、自组织和自繁

殖这样一个相互矛盾而又相互协调的控制过程。当人类掌握基因控制理论和方法之后，不仅有助于探索生命过程和思维过程的本质，也为实际应用，特别是按照人类的需要来改变生物的未来指明了方向。例如，一直被认为是不治之症的癌，不久就可能得到根治，使人类进化得更加完善。人所以患癌，是因为正常体细胞中的DNA（脱氧核糖核酸）受到外界环境中致癌因子的影响，使细胞离开正常的增殖轨道而恶变。如果用基因工程的办法调换掉那些致癌基因，那将从根本上解决人类攻克癌症这一难题。实现人类无癌的愿望，将是人类进化史上的一个壮举。再如，生物育种家都希望改良品种，培育出能抗旱、抗寒、抗病而且蛋白质含量高，能高产的动物、植物的新品种。今天，我们种植的粮食作物都是从野生禾谷类植物驯化而来的。我们的祖先在7千多年前就会种植水稻了，当初的品种单一，而现在仅水稻的品种就不下几千个。全世界每年都有新品种问世。这就足以说明，人类的力量已经在生物进化中发挥作用。随着生物工程的应用，人们期待着生物的进化能大大加快。

三、三头怪兽和基因设计

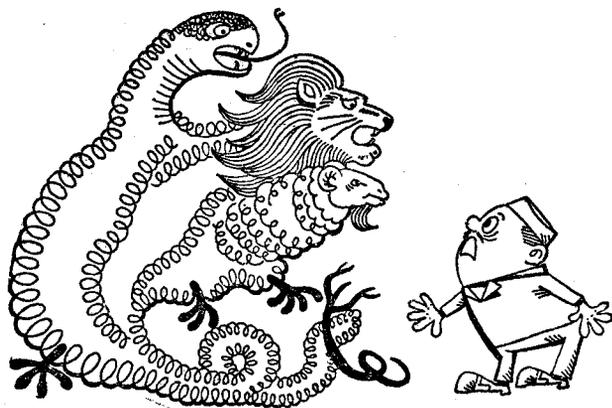
比起地球上其他生物，人类是值得骄傲的。人类确实不愧是凌驾在其他生物之上的万物之灵。因为人类的大脑最发达，最完善，在宇宙之中没有任何东西可以跟它相比。人脑不大，却能贮存 $10^{12} \sim 10^{14}$ 的信息量，对信息进行加工和输出；它不重，却能衡量出宇宙之大和粒子之微；它不雅，却能学习和思维，想出许许多多好主意，构思出无数的设计图案，创作出剧本、诗歌，设计成千上万的新产品。看看我们周围世界，衣食住行哪一样不是人类创造出来的！从住的房子到各种交通工具，从家用电器设备到工厂里的各种机器，无不是人类设计出来的。但是，人类在过去相当长的时间内，却不能在实验室里合成出一个简单的生物，不用说是一只鸡蛋，就连一个最简单的噬菌体（世界上最简单的生命形式）也造不出来。

那么，人类就不能设计出新生物了吗？不，人类完全可以设计出新生物。这里所说的新生物，并不是说人类从合成蛋白质和核酸开始合成一个新生物，而是在现有的生物基础上，利用生物技术的办法，对生物进行人工干预，尤其是通过对基因重新组合，创造出不同于现有生物的新种。因此，我们可以把从事生物基因重新组合的科技人员叫做“基因工程的工程师”。

1973年，美国斯坦福大学的科恩，加州大学旧金山分校的博耶，把异体基因引入细菌体内，产生一个新的、独特的生命形态。这是人类有史以来第一次把两种互不相干的基因物质在实验室里重新组合起来。所得到的新菌种是DNA（脱氧核糖核酸）重组体。在古代的神话中，曾出现过有长着狮子、蛇和山羊脑袋的三头怪兽。自从可以进行“基因设计”之后，神话将成为现实。许多化学结构非常复杂，有特殊功能的生命物质，如干扰素、胰岛素和生长激素等，已经能够在一些像酿造啤酒的发酵罐里用基因重组的大肠杆菌大量地繁殖而生产出来。

一切生物的基因，都是DNA双螺旋体上的一个特殊部位。每一种基因都担负指令细胞去完成一个特殊的使命。不同的生物，它们的基因组合也不同。大家都喜爱看电

影，电影的全部画面都在电影胶卷上，我们任意从胶片上剪下一段，都可以清楚地看到上面的图案。许许多多的胶片连接起来，就可以看到生动活泼、有色有声的内容。有时候我们在看电影时会发现，上下内容突然变化，这很可能是剪接错了，或者是少了一段。生物基因就好比是电影胶片的一个单元。DNA 是一个相当长的基因载体，具有巨大的转输遗传信息的能力。在人的一个单细胞中，DNA 能包



神话中的三头怪兽

容相当于 60 万页纸（每页纸 500 个词）的信息量。一旦我们能建立基因文库，就可以根据基因进行重新设计组合，以期得到新的基因蓝图，就像利用七巧板拼成不同图案一样。

基因重组为什么常常都在大肠杆菌中进行？这是因为大肠杆菌的基因数量比较少，科学家对它研究得十分透彻，因此大肠杆菌就成了基因设计的主要对象。

越是高等的生物，基因的数量越多，越复杂，重组起来就越困难。在高等生物体内的基因重组至今尚未成功，就是这个原因。

这里还得介绍一下人工基因研制的情况。美籍印度血统学者科纳拉，在 1970 年用化学合成的方法合成 77 个碱基对的酵母丙氨酸的结构基因，当时因缺乏其他部件，它的遗传特性表现不出来。1973 年，他又合成 126 个碱基对的大肠杆菌酪氨酸 tRNA（称作转运 RNA）的结构基因。直到 1976 年，科纳拉宣布他成功地合成在细菌中有表达能力的人工基因——大肠杆菌酪氨酸 tRNA 的结构基因，这项研究成果对研究生命分子的结构和功能有重要意义，而且为基因设计提供了原材料。有了人工基因，创造新生物就方便得多。按某种需要来改变一种生物的遗传特性，人类几千年来梦寐以求的希望，今天终于实现了。

四、“基因谷”和“基因路”

你大概不难发现，无论是巨大功率的动力机械，还是电脑所控制的自动精密装置，跟生命体相比，都是望尘莫及的。生物以最少的能量消耗进行物质的分解和合成，进而形成跟周围环境相适应的自生产系统。

从生命诞生以来，在体内积累的自然智慧——基因信息所具备的巨大能力，是人类几百万年来所获得的“微薄智慧”所无法比拟的。现在，人类正在从自然的“智慧囊”中汲取必要的信息。正如探索物质奥秘的物理学家发现原子能那样，分子生物学的惊人发展，在揭示生命之谜中产生了生物工程。

生物工程的出现，将使我们地球上的面貌大为改观。人类所面临的三大难题：能

源、粮食和医疗，即怎样控制癌症，防止衰老，使不毛之地的沙漠变成果实累累的绿洲，供给取之不尽、用之不竭的绿色能源等等，都可望由生物工程来解决。因此，在世界上许多国家，尤其是美国、日本、联邦德国和苏联等国，早就着手研究生物工程，有的甚至把它作为战略性技术优先研究。

也许你在新技术革命的许多报道中知道，为了开发微电子技术，在美国建立了“硅谷”和“硅原”基地，在日本建立了“硅岛”基地，但是你还不知道在美国还有“基因谷”和“基因路”吧！这是美国为了发展生物工程而建立的生物技术开发和研究中心。

从七十年代末开始，在美国西海岸旧金山湾附近，跟微电子尖端产业基地“硅谷”相毗邻的“基因谷”诞生了。从旧金山市出发，驱车一小时便抵达以帕洛阿尔托为中心的“基因谷”。这里，基因工程研究机关和围绕着斯坦福大学的基因公司比比皆是，大有斗奇争艳之势。为什么会出现“基因谷”呢？这是因为在斯坦福大学等科研单位中聚集着一大批从事生物工程，尤其是基因工程的研究专家，在需要大量开发这一技术的情况下，他们周围又聚集许多企业家，创办了基因工程公司。正如“硅谷”的形成一样，形成了“基因谷”。

在美国东海岸波士顿的第128号环状高速公路，就叫做“基因路”。这是因为基因工程的创业性企业在这里如雨后春笋般地出现。跟日本绿十字公司联合生产干扰素的一家美国公司就设在这里。

可以毫不夸张地说，不少国家的政府都在建立自己国家的“基因谷”。生物产业经过本世纪的努力，在下一个世纪将成为最有前途的产业之一，它带来的潜在经济效益是相当可观的。对“操纵生命”的议论，从惶恐不安到赞助鼓励，看来也是正常的。

不论是“基因路”，还是“基因谷”，我们都可以把它们看成是改造生物和创造生物的研究中心，也是用生物的某种功能或生物的组成部分生产生物制品的产业中心。1983年初，美国科技发展局向国会提出应用生物工程发展的十个方面，即制药、植物、医学、农艺、化学、代用食品、化工产品、能源、环境保护和生物电子。这正是“基因谷”的企业竞相大显身手的几个领域。近十年来，美国已有近300家生物工程公司在“基因谷”奠定了基础。它们分别选定自己的突破口，全力以赴地研究，争取作出惊人的发明，以便引来各方面的资金，获取巨额利润。例如1981年秋季建立的生物应用系统，九个月后即开始出售第一批产品——蛋白质组分顺序分析仪和DNA合成仪。该生物应用系统已分别控制了世界市场上这两种产品销售额的95%和75%。

“基因谷”的生物技术发展速度，已超过被誉为生物科学摇篮的华盛顿和波士顿地区，成为美国生物技术产业的新中心。

细胞——生命的基础

在大千世界中，各种生物真是千姿百态，绚丽多姿。从低等的微生物到高等的动植物，差不多把我们赖以生存的地球表面都占领了。不论是从浩瀚的大海到广阔的陆地，还是从寒冷的两极到炎热的赤道，或者是从幽暗的深谷到喜马拉雅山之颠，处处都可以找到生命的踪迹。所有的生命有机体，都以自己特有的形态，巧妙的生存本领，来适应千变万化的生活环境。现在已经发现，在零下几十摄氏度的南极大陆，300多摄氏度的高压高温海底喷泉中，照样生活着生物，简直令人难以相信。有谁能想到生命能如此顽强地表现自己呢！

尽管生物千千万万，但都是细胞或者是由细胞构成的。简单的低等生物就是一个细胞，我们把它们叫做单细胞生物。有的生物是由许多细胞构成的，叫做多细胞生物。因此，细胞是一切生物体的形态结构和生命活动的基本单位。正如恩格斯指出的，“人们在整个有机界里所看到最简单的类型是细胞；它确实是最高级的组织的基础。”我们想要知道生命活动的规律，开发和应用生物工程，就必须从细胞入手。改造生物、创造生物是脱离不了细胞的。例如，近年来随着植物细胞培养实验体系的建立，在植物细胞学中，一个新的研究领域，即细胞融合技术的诞生，为我们提供了崭新的技术和方法。从而，人们可以按照预先的设计来改造细胞的遗传性，培育出新的动植物品种。在动物细胞生物学中，揭示细胞病理和癌细胞本质是目前世界上最热门的课题之一。如能阐明正常细胞基因的生长调节控制机理，就一定能加速揭露癌细胞的本质，有利于控制癌细胞的恶性生长，并提供根本性的防治措施。无疑，随着细胞内部奥秘的逐步搞清，一定能为解决许多实际问题作出贡献。

一、细胞的发现

人们最早认识和研究生物，大都是采用形态描述的方法，因为当时很难观察生物有机体的内部结构。在1665年，英国人罗伯特·虎克用自己制造的显微镜观察软木，发现软木中有许多小孔，状如蜂窝，这就是细胞（细胞的英文名Cell，原意是小室）。细胞里还有什么？罗伯特·虎克没有进一步说明，只是十分简单地说明其中还有空气或液

汁。现在知道，虎克在软木组织中看到的仅仅是死细胞的细胞壁。以后，许多学者在不同的生物体中都重复看到细胞。植物有细胞，动物也有细胞。但这些学者同样没有注意到细胞内含物是些什么东西。直到1831年，罗伯特·布朗从兰科植物的叶片表皮细胞中发现细胞核。1835年，有人在低等动物根足虫和多孔虫的细胞中发现细胞的内含物，当时把它叫做肉浆，后来证明就是细胞质。这样，细胞核和细胞质全部被发现了。

在十九世纪以前，许多学者的工作都着眼于研究细胞的显微结构，对细胞作形态描述，而对各种有机体都是由细胞构成的生物学意义，都未能在理论上进行概括。细胞学说的建立是十九世纪三十年代的事。这要归功于德国植物学家施莱登和动物学家施旺。施莱登首先指出，所有植物体都是由细胞构成的。他的这个观点被施旺在动物中证实，所有动物也是由细胞构成的。施旺指出：“细胞是有机体，整个动物和植物体乃是细胞的集合体。它们依照一定的规律排列在动植物体内。”在此基础上形成大家所接受的细胞学说。细胞学说的创立，说明植物、动物、微生物有机界是统一的。细胞学说是生物学发展的基础。

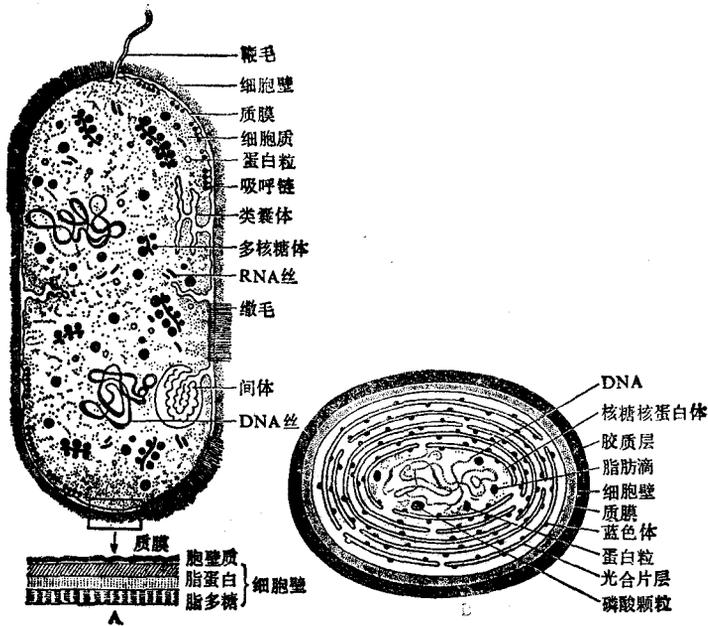
恩格斯对细胞学说的诞生作了很高的评价。他把细胞学说、能量守恒和转换定律、达尔文进化论一道誉之为十九世纪的三大发现。他说：“是施旺和施莱登发现有机细胞，发现它是这样一种单位：一切机体，除最低级的外，都是从它的繁殖和分化中产生和成长起来的。有了这个发现，有机的、有生命的自然产物的研究——比较解剖学、生理学和胚胎学——才获得了巩固的基础。”由于细胞的发现，我们不仅知道一切高等有机体都是按照一个共同规律发育和生长的，而且通过细胞的变异，能改变自己，并向更高的发育道路迈进。由此可见，只有在细胞学说建立之后，才能明确指出，细胞是生物有机体结构和生命活动的基本单位，又是生物个体发育跟系统发育的基础。

二、细胞的结构

所有的生物都是由细胞组成的，只是不同生物体细胞的大小和形状都是不同的。细胞大小的差别很大。有的细胞，人的眼睛可以看得见，如鸟类的蛋，最大的直径近10厘米（鸵鸟蛋）。有的细胞直径只有0.1微米，要用高倍显微镜才能看到，如原始的细菌。大多数细胞的直径是10~100微米，用低倍显微镜就能看到。细胞的大小，即使在同一生物体的相同组织中也不一样。同一个细胞，处在不同发育阶段，它的大小也是会改变的。

细胞的形状多种多样。有球体、多面体、纺锤体和柱状体等。由于细胞内在的结构和自身表面张力以及外部的机械压力，各种细胞总是保持自己的一定形态的。一旦去掉植物细胞的外壁，裸露的原生质体会按照最小表面张力定律（形成表面积最小的形状）变成球状。有些细胞，原生质的粘滞性会随生存环境的改变而变动，如变形虫、白细胞等。细胞的形状和功能之间有密切关系。例如，神经细胞会伸展几米，这是因为伸长的神经细胞有利于传导外界的刺激信息。高大的树木为什么能郁郁葱葱，这是因为植物内的导管、筛管细胞是管状的，有利于水分、营养的运输。

细胞分原核细胞和真核细胞两大类。细菌、蓝藻属于原核细胞，它们的结构简单，



原核细胞模式图

A、B 为两种剖面

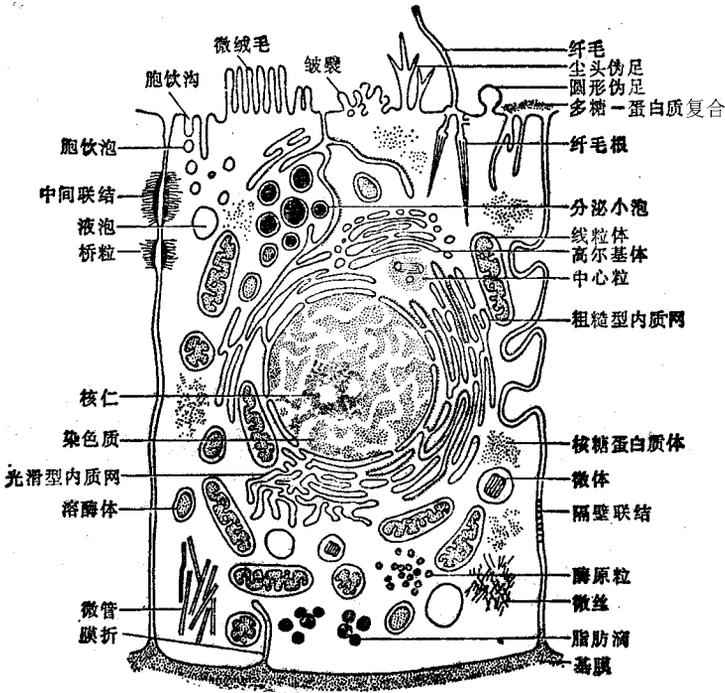
种类不多。原核细胞的外部由质膜包围，质膜外有一层坚固的细胞壁保护。原核细胞的内部含有脱氧核糖核酸（DNA）的区域没有被膜包围，只有一条 DNA。这就是说，它没有一个象样的细胞核。原核细胞因此而命名。

从原生动物到人类，从低等植物到高等植物，都是由真核细胞构成的。动物细胞和植物细胞既相似又稍有区别。

动物细胞的表面由一层质膜包裹，它控制细胞内外物质的运输。在光学显微镜下看起来，这层膜表面很光滑，但在高倍电子显微镜下观察，质膜的结构变化很大，这种变化可能跟它的功能有关。高等动物肝细胞和肾细胞的表面，质膜向外折叠成手指状，形成一排排极微细的突起，叫做微绒毛，它们的直径是 200 纳米，长度可达 3000 纳米。这些微绒毛大大地增加细胞表面的面积，便于吸收各种物质。在两个细胞之间，有的质膜发生变形，这是因为相邻的细胞紧密地结合在一起，便于通信。

植物细胞的外面有细胞壁，细胞之间有一层胶状物，把两个细胞的壁粘合在一起。在两个相邻细胞之间的壁上有原生质丝连接，叫做胞间连丝，使细胞之间相通。

在动植物细胞内部分细胞质和细胞核两部分。核有核膜，使核跟细胞质分开。核内有染色质和核仁。细胞质内有核糖核蛋白、内质网、高尔基体和液泡等内容物。其中核糖核蛋白是合成蛋白质的地方。内质网和高尔基体有合成、包装和运输物质的功能。液泡在动植物细胞中都有。在植物细胞中，液泡特别明显，有大液泡和中央液泡，里面主要是水分。细胞内还有两个较大的细胞器，就是线粒体和质体。线粒体能起呼吸作用。在植物细胞中还有叶绿体，能进行光合作用，制造养料。在细胞质中还有丝状和管状结构，即微丝和微管，是一种类似细胞的肌肉和骨架的结构，跟细胞的运动有关。

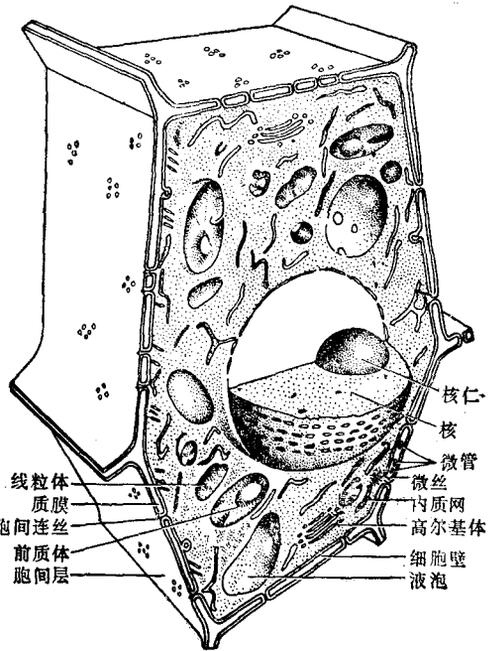


动物细胞模式图

以上所述，只是细胞的一般结构，并不是所有细胞都含有这些结构。例如哺乳动物的红细胞，在生长后期没有核和线粒体。不同的生物都有自己的特殊性。

在这里，还必须明白真核细胞跟原核细胞的结构和功能的区别。下面讲述原核细胞跟真核细胞在遗传功能方面的差异。

原核细胞的遗传物质很简单，只有一条裸露的脱氧核糖核酸分子。真核细胞的遗传物质比原核细胞要丰富得多，结构也复杂得多。例如大肠杆菌 DNA 的长度略大于 1 毫米，而人的 DNA 长达 $15 \sim 30 \times 10^{12}$ 米，足够从地球到太阳来回 100 次。分到每个细胞里，DNA 仍然有 1.5 米长。这些 DNA 双链分子分装在 23 对染色体里，因而盘绕再盘绕，曲折再曲折。在真核细胞中，DNA 只占染色体成分的 27%，它跟占 66% 的蛋白质结合在一起。这种蛋白质主要是碱性蛋白质——组蛋白，它构成 DNA 基本纤丝的外套。另一些蛋白质是 DNA 复制和转录所



植物细胞模式图

需要的 DNA 聚合酶、RNA 聚合酶、DNA 连接酶和一些功能尚待确定的酸性蛋白质。此外还有转录出来的临时储存的 RNA 约占 6%，它们大多数将不断地转移到细胞中去。因此，我们不能把真核生物的染色体看成是 DNA 本身，它是核酸—蛋白质复合物，是遗传物质 DNA 的载体，是高度复杂的细胞器。在发生细胞分裂时，它既表现螺旋化收缩而成为用光学显微镜能看到的染色体，又可以表现脱螺旋化而成为光学显微镜下看不到的 DNA 蛋白质基本纤丝，即染色质。DNA 不仅包容在染色体蛋白质中，而且染色体还要由细胞核的核膜所包绕，这也是原核生物所没有的。如果把遗传物质比作整个真核细胞代谢活动中发号施令的司令部，那么这样的结构比起原核生物来具有更可靠的保障。真核细胞跟原核细胞遗传物质行使功能的时间和地点也是不同的。在原核细胞里整个生活周期就是 DNA 复制的周期，全部 DNA 分子从某一点开始复制，它一面复制，一面转录和转译，同时进行细胞代谢。而在真核细胞里，只有处于分裂阶段才有 DNA 的复制和染色体的分裂。

DNA 并不全在染色体上，在真核细胞的细胞质里还有少量 DNA，叫做核外 DNA。细胞质里的 DNA 不象染色体上 DNA 那样有规律地复制和准确分配，因此，它的遗传传递规律也跟核遗传不同。知道以上内容，将有助于理解后面介绍的细胞工程的知识。

三、DNA 的发现和研究的

核酸是生命物质中仅次于蛋白质的另一类重要的高分子有机化合物。它是在 1871 年由瑞士青年科学家米歇尔在脓细胞中首先发现和分离出来的。因为它主要存在于细胞核中，所以叫核酸。现在知道核酸有两类：一类是脱氧核糖核酸，简称 DNA，主要在细胞核中；另一类是核糖核酸，简称 RNA，除了分布在细胞核里外，还广泛分布在细胞质中。核酸的发现是一百多年以前的事，但知道它在遗传现象中起主角作用，还是本世纪四十年代以后的事。

事情还得从 1928 年说起。这一年，荷兰细菌学家格里菲斯发现肺炎球菌有一种“借尸还魂”的本领。R 型肺炎球菌没有毒性，即使把它注射进小鼠体内，也不会得肺炎。S 型肺炎球菌是有毒的，能致病。格里菲斯把 R 型肺炎球菌和杀死的 S 型肺炎球菌分别注射到小鼠体内，小鼠都不会患肺炎。如果把 R 型肺炎球菌和杀死的 S 型肺炎球菌混合注射到小鼠体内，几天后小鼠因患肺炎而死亡。原来杀死的 S 型肺炎球菌借 R 型复活了，即 R 型转化为 S 型了。格里菲斯把这一现象叫做转化。

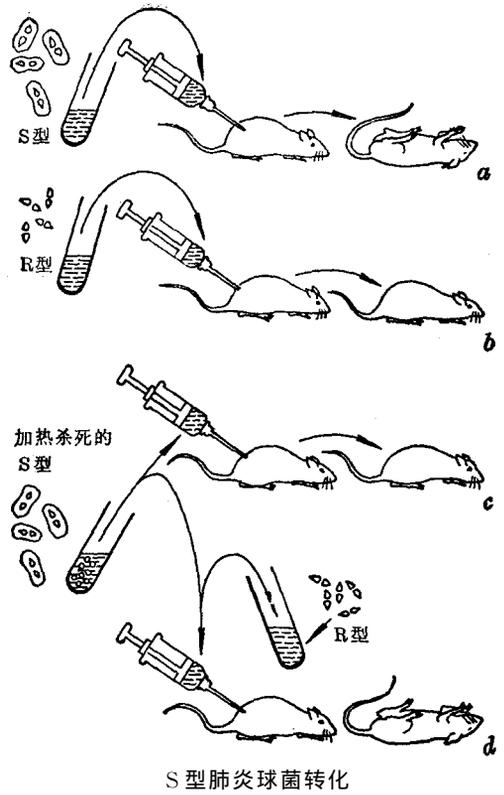
是什么东西促成这一转化的？开始以为是荚膜多糖引起细菌的转化，后来又推测是蛋白质引起细菌的转化，所有的实验证明以上说法是不正确的。最后从 S 型肺炎球菌菌体内分离出 DNA，才证明 DNA 是真正的转化因素。

1944 年，美国生物化学家埃弗里等人对 DNA 和蛋白质分别用 DNA 酶和蛋白质水解酶处理 R 型肺炎球菌和杀死的 S 型肺炎球菌的混合剂。事实证明，用 DNA 酶处理，DNA 被分解掉，就不会发生转化现象。而用蛋白质水解酶处理，水解酶只能分解掉蛋白质，而不能分解 DNA，结果 DNA 的抽取物仍然有转化能力。直到 1949 年，用连续提纯法使 DNA 中蛋白质的污染降低到 0.2% 以下，这种提纯的 DNA 不仅始终具有转

化能力，而且纯度愈高，它的转化效率愈高。

后来，在其他细菌如大肠杆菌、流感嗜血细菌、脑膜炎双球菌等多种细菌中作转化试验，都取得成功。因此，DNA 作为遗传物质能引起细菌转化这一点，有一定的普遍性。在高等动物身上，虽然还不能进行活体转化，但可以把转化的细胞注射到活体中，使它们取代活体中未转化的细胞。这也间接证明转化现象的存在。

现在没有人怀疑 DNA 是生物的遗传物质了。但是有的生物如病毒，只有 RNA（核糖核酸）而不含 DNA。在这种情况下，RNA 也是遗传物质，具有遗传功能。有人做了这样一个实验，把病毒颗粒放在水和苯酚溶液中震荡，使 RNA 跟蛋白质分离，然后提取出来。把分离出来的 RNA 和蛋白质分别涂在烟草植株上。结果发现，单是病毒的蛋白质不能使烟草致病，而单是病毒的 RNA 却能使烟草感染发病，而且在烟草细胞内产生新的病毒。这个实验充分说明，RNA 是病毒的遗传物质。



生物的遗传和变异

俗话说：“种豆得豆，种瓜得瓜。”这种后代跟前代相似的现象，就是遗传现象。遗传现象在生物界是普遍存在的，从低等的原核生物直到高等的哺乳动物无不存在。一种生物只有借助遗传，子代才能按照亲代所经历同一过程和方式，把从周围环境中摄取的物质组织起来，产生类似于亲代的个体。只有“种生其类”，才能保持生物物种的相对稳定。如果所有的生物都不遵守遗传规律，可以任意变化，“眼睛一眨，老母鸡变鸭”，那么所有的生物都无自身的特征可言，人们就无法认识生物、利用生物和改造生物了。

当然，我们说子代像亲代是相对的，孩子可以长得非常像爸爸或者妈妈，或者既像爸爸又像妈妈。但差异总是存在的。俗话说：“一母生九子，九子各别。”这就是说，同一个母亲生下九个孩子，九个孩子之间也是有差别的。在世界上找不出两个完全一样的人。

有人会说，双胞胎不是长得一模一样吗？不是的。有的双胞胎尽管十分酷似，但仍然有差别，母亲对这种差别是最清楚的。这些生物前后代之间和后代不同个体之间的差异，叫做变异现象。为什么同一物种之间会出现差异呢？因为任何生物的遗传物质在自我复制中都可能发生变化，任何生物的新陈代谢又无不受到环境的制约，在错综复杂的外因和内因条件影响下，生物的性状发育就会出现差异。例如同一种小灌木，生长在山脚下和山顶上的个体由于环境不同，从外观上看就像是两个种。很显然，这是由于环境的差异造成同一物种在形态上的不同。

在自然界中，生物通过变异，才能适应变化了的环境，“适者生存”，就是这个道理。物种在新的环境中产生的变异如果能遗传下去，并且被自然选择所保留，就会产生新的种。所以，几千年来，劳动人民在生产中借助变异和变异的遗传，培育出成千上万的农作物品种和家禽、家畜的优良品种。

一、什么是基因？

生物都能遗传，那么亲代是靠什么东西把自己的性状遗传给子代的呢？鸡鸭有毛，

可是在鸡蛋、鸭蛋中连毛的影子也找不到。牡丹很美很香，而在牡丹花的种子里找不出美和香来。人类认识生物的遗传现象是很早的。从人类知道圈养野兽和把植物种子撒在地里起，就标志着人们开始认识生物的遗传现象。因为他们已经知道圈养和撒种可以得到跟上一代相似的个体。不过，科学地解释遗传现象和变异现象，揭示遗传和变异的机理，却是很晚很晚的事。

不论是遗传现象，还是变异现象，都是通过具体性状的表现而被人们认识的。我们说一种生物的某一性状可以遗传，是指这种性状能够在下一代中表现出来。例如细菌的致病性，植物花的颜色、动物的毛色、人的血型，上一代有什么性状，下一代也会有什么样的表现。生物的性状又是怎样遗传下去的呢？任何性状并不直接传递到子代，而是通过遗传传递和性状发育而表现出来的。刚孵化出来的小鸡，看上去毛茸茸，像一个黄球，当它慢慢长大以后，人们发现原来是一只羽毛漂亮的大公鸡。由此，我们可以理解到在鸡蛋里面必然有全部性状发育的遗传物质基础，通过准确复制而传递。进行有性生殖的多细胞动植物，它们的生殖细胞（精细胞和卵细胞）是前后代之间唯一的物质联系，因此在生殖细胞内有全部性状发育的遗传密码。揭示这些遗传物质，是在十九世纪的事。著名的英国生物学家，进化论的创立者达尔文经过多年考察，写下一本名著《动物和植物在家养下的变异》，提出了“泛生论”，用来说明遗传的物质机制。达尔文认为，生物体的各个部分的构造都按照它的实际情况产生代表性状的微粒。这些微粒随着血液循环汇集到生殖器官里，形成生殖细胞。所以在生殖细胞中就含有代表身体各部分性状的微粒，在发育成多细胞生物时，各种微粒各自到有关部位去发挥作用，这样就形成跟上代性状相似的个体。达尔文提出的“泛生论”，没有科学根据，完全是一种猜测。细胞学说的研究早已证明泛生论是错误的。但是，达尔文却是最早提出颗粒遗传概念的人，这一点是一个大进步。

那么遗传现象到底是怎么回事？关于这个问题，直到1866年，一个奥地利遗传学家孟德尔发表著名的论文《植物杂交试验》，在生物学史上首次发现遗传规律，即孟德尔定律。孟德尔用豌豆作为实验材料，研究了几种典型的相对性状的遗传现象，详细记录和统计分析杂种性状的表现，第一次提出遗传因子的概念，并用此来解释他发现的分离和自由组合规律。他的实验是这样的：使开红花和白花的纯系豌豆植株杂交，得到的子一代（ F_1 ）全部开红花。在子一代自花授粉后得到的子二代（ F_2 ）中，开红花的是705株，开白花的是224株，两数的比接近3：1。红花和白花是相对性状。孟德尔又用其他七对相对性状的纯系植株杂交，结果也相同（表1）。



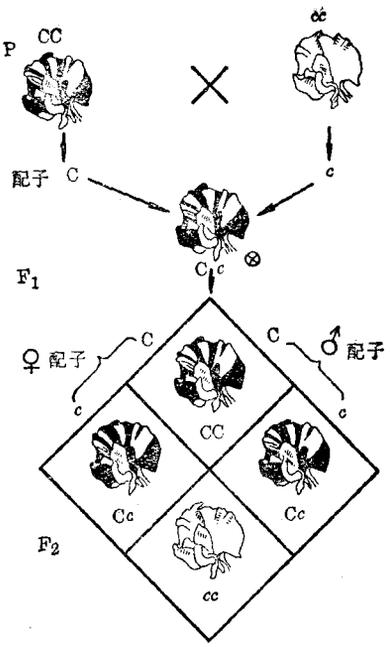
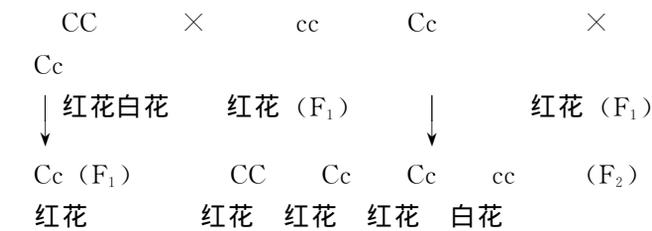
孟德尔像

表 1

孟德尔的杂交试验结果

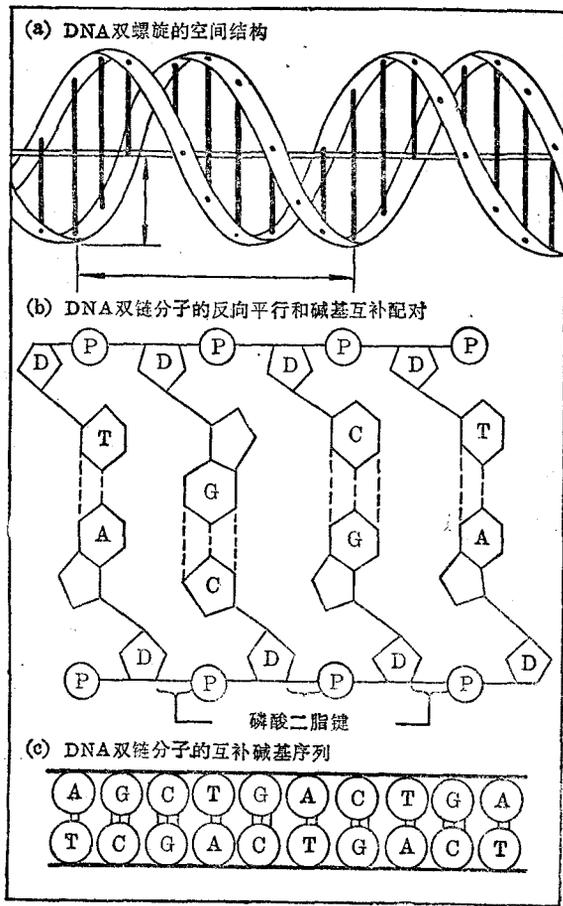
		性 状 数	比 例
实验 1	红花	705	3.15 : 1
	白花	224	
实验 2	圆形种子	5474	2.96 : 1
	皱皮种子	1850	
实验 3	黄色子叶	6022	3.01 : 1
	绿色子叶	2011	
实验 4	膨大豆荚	882	2.95 : 1
	缢痕豆荚	299	
实验 5	绿色豆荚	428	2.82 : 1
	黄色豆荚	152	
实验 6	花腋生	651	3.14 : 1
	花顶生	207	
实验 7	高茎	787	2.82 : 1
	矮茎	277	

孟德尔是怎样解释这些结果的呢？杂交子一代表现的性状（如红花），叫做显性性状；不表现的另一性状（如白花），叫做隐性性状。隐性性状在子一代不表现，但在子二代中再度出现，表明控制隐性性状的因子既未消失，也未发生变化。假定开红花纯系植株的体细胞内有一对决定显性性状的遗传因子 CC，开白花的纯系植株有一对决定隐性性状的遗传因子 cc。当它们杂交后，在子一代中就是 Cc 这样的杂交异质体。由于 C 对 c 是显性的，所以都开红花。



当子一代自交后形成的子二代，性状开始分离，出现红花和白花的数量比是 3 : 1，孟德尔的豌豆杂交实验结果得出这样一个结论：决定一种性状的某对因子，在形成配子时必然分开，正因为这样，一个因子的杂合体可以形成数目相等的两类配子。这就是分离定律的全部内容。可以用符号来说明分离定律： $CC \times cc \rightarrow Cc \rightarrow C$ 和 c 。意思是当 CC 和 cc 这两种纯种杂交时，得到的 F₁ 是 Cc 异质结合体。当 F₁ 形成配子时，基因 C 和 c 各自分离，进入不同的配子中。

基因的名词是 1909 年由丹麦学者约翰逊提出的。他用基因来指任何一种生物种控



DNA 结构图

第四，DNA 双螺旋结构模型表明它的空间结构对核苷酸或碱基的排列顺序不存在任何限制条件。这一点说明不同生物的 DNA 中 A+T 和 C+G 的数量比极有可能是不同的。经过分析，事实上确实如此（表 2）。

表 2 不同生物种类和它们的 (A+T) / (C+G)

生物种类	碱基组成				$\frac{A+T}{C+G}$
	G	A	C	T	

沙门氏菌	27.1	22.9	27.0	23.0	0.85
大肠杆菌 1	26.0	23.9	26.2	23.9	0.92
枯草杆菌	21.0	28.9	21.4	28.7	1.36
P ₂₂ 噬菌体	25.0	25.0	25.0	25.0	1
啤酒酵母	18.3	31.7	17.4	32.6	1.80
小麦胚	22.7	27.3	22.8	27.1	1.20
脾	22.7	27.9	22.1	27.3	1.2
精子	22.2	28.7	22.0	27.2	1.3

克里克和沃森提出的 DNA 双螺旋结构模型，在生物学发展史上具有划时代的意义，它标志分子遗传学的诞生，遗传工程序幕的揭开。由于克里克和沃森的杰出贡献，1962 年瑞典皇家科学院诺贝尔奖评审委员会把诺贝尔医学生理学奖金授给这两位科学家。

三、基因型和表现型

生物的个体发育和代谢方式都是受到遗传物质，即基因的严格控制的。一粒蚕豆种下去，就会生根、发芽、开花、结实，表现跟亲本相似的性状。由蚕豆受精卵发育起来的一定是蚕豆，而不可能是豌豆。同样，紫色茎玉米的子代也一定是紫色茎的，黑色鸡种的鸡蛋孵化出的小鸡，长大以后肯定是黑色鸡。

在遗传学上，我们把生物体的遗传基因，叫做基因型。一般用符号表示。以豌豆为例，YY 表示产生黄色豆粒的遗传基因型，yy 表示产生绿色豆粒的基因型，而 Yy 表示子一代产生黄色豆粒的杂种基因型。而表现型是在特定环境中具有一定基因型的个体所表现出来的生理特性和性状特征的总和。但是，我们常常是指研究的基因型的性状表现。相同基因型的个体在不同的环境中能显示不同的表现型。

现在我们以观赏植物藏报春为例来说明基因型、表现型和环境之间的关系。藏报春在不同温度下开的花颜色不同。在 20~25℃，藏报春开红花。在这温度环境下，用纯红花和白花藏报春杂交，子一代 (F₁) 一定开红花，而在子二代 (F₂) 出现红花和白花成 3:1 的分离。这个实验很好地说明藏报春开红花和白花是由一对基因控制的。这样，我们可以把红花亲本的基因型写成 AA，而把白花亲本的基因型写 aa。当我们把红花亲本移到 30℃ 的条件下栽培时，这回不开红花了，而是开白花。难道红花基因 A 在 30℃ 会变成白花基因 a 吗？奇怪的是，我们把这个开白花的藏报春再移到 20~25℃ 的环境下，它们又开红花了，一点也没有忘记它的“本色”，当然这不是基因 A 变成 a，由 a 再变成 A。那么怎样解释这种奇怪的变化呢？在 25℃ 开红花的藏报春，在 30℃ 的条件下虽然开白花，而它的基因型仍然是 AA，因为这种温差不可能引起基因变化。很显然，同一基因型的藏报春在不同温度条件下开不同的花色，是因为温度条件不同引起的表现型改变。

还有一种玉米（“太阳红”）性状也是相当有趣的。“太阳红”的意思，即这种玉米只要在阳光下，它的茎秆就是红色的。如果对它进行遮光试验，有趣的现象发生了。同一株“太阳红”，遮光部分表现为绿色，而受到阳光照射的部分仍然保持红色。这个实验再一次证明相同基因型的个体在不同环境条件会有不同的表现型。当然不能因此就得出结论，认为任何基因型在不同的条件下都会有不同的表现型。

在动物中同样可以找到这样的例子。有一种俄罗斯兔，它的毛色能随温度的变化而改变。在30℃以上的环境中，俄罗斯兔全身长出白色毛。如果温度低于25℃，这种兔长出黑色或褐色的毛。显然，同一个体的基因型是不会发生变化的。那么这种跟外界温度相关的变化是什么道理呢？经过研究，发现促使酪氨酸分解形成黑色素的酶只有在25℃以下才有活性，而这种酶又是受基因控制的。

人类有一种白化病（也叫阳白头），经过遗传分析，证明白化病人和正常人之间存在一对基因差异。正常人的基因型是AA或Aa，而白化病人的基因型是aa，这种差异反映在酶的不同上。正常人有酪氨酸酶，它能使酪氨酸变成黑色素，而白化病人没有酪氨酸酶，就无法形成黑色素。因此，白化病人即便长期在太阳下受到光照，肤色和头发也不会变成黑色。这就说明，“阳白头”跟正常人的基因型不同，在相同的阳光条件下，表现型也不同。

根据以上分析，基因和性状之间的联系，可以表述为基因控制酶的形成，酶决定生物体内的化学变化，化学变化的结果影响到性状的表现。简而言之，基因通过酶来决定生物的性状。

基因型和表现型之间既有联系，又有区别。基因型是性状发育的内容，是表现型形成的根据。环境必须通过基因型的改变，才能对遗传起作用。有一个科学家曾做过这样的实验，他把刚出生的老鼠尾巴剪掉，看看能不能在老鼠的后代中出现无尾或短尾老鼠。他用这种方法在连续许许多多代老鼠身上进行试验，结果生下来的老鼠仍然是有尾巴的，一点也不见缩短。这说明，剪掉尾巴的办法不能改变老鼠的基因型。因此，我们说表现型是基因型跟环境相互作用的结果。

在一般情况下，当环境条件发生变化时，表现型是能发生变化的，但不影响到基因型。通过对基因型和表现型的研究不难懂得，要创造一个稳定的生物种，必须从根本上改变基因型。

现在我们来综合一下基因型、表现型和环境三者之间的相互关系，大体上有以下几种情况：

1. 基因型相同，环境相同，表现型相同。
2. 基因型相同，环境不同，表现型不同。
3. 基因型不同，环境不同，表现型不同。
4. 基因型不同，环境相同，表现型相同。
5. 基因型不同，环境相同，表现型不同。

这样，我们可以把这三者之间的关系归纳为一个简单的公式：表现型=基因型+环境。

四、核、质的神秘作用

细胞核的功能跟它的结构是统一的。核被膜、染色质、核仁和核液都有它们各自的功能。真核细胞的核是遗传信息贮存、复制和表达的主要场所，又是生物合成 DNA、RNA 的部位。在细胞工程的操作中，有一项技术叫做核移植，可以用来改变生物的遗传物质。染色质直接合成信使 RNA (mRNA)。因为这种 RNA 带有 DNA 分子的遗传信息，所以叫做信使 RNA。核仁的主要功能是合成核糖体 RNA (rRNA)，它由核糖体 RNA 基因转录而来。哺乳动物的细胞里的核糖体是细菌细胞里的 10 倍，约有 150,000 个，所有的蛋白质就在这里合成。rRNA 好像一架印刷机，mRNA 的信息就在这里得到翻译。在核仁里还合成转运 RNA (tRNA)。tRNA 有特殊的结构，即特殊的两端：一端含有一个遗传密码，另一端具有携带氨基酸的能力，而且可以自由出入核糖体。如果 tRNA 一端的遗传密码是 AAA，那它另一端携带苯丙氨酸。如果 tRNA 一端的遗传密码是 GGU，那另一端就携带脯氨酸。所以在细胞里总有许多带着各种氨基酸密码的 tRNA。而核被膜的功能很可能是调节核和质之间的分子运动。不过到目前为止，细胞学家还没有弄清楚是怎样完成这种功能的。不少研究者指出：核液内可能含有一些酶。这些酶跟体内的某些生化反应，如糖酵解、三羧酸循环和磷酸化有关。在完成上述的合成过程中所需要的能量，极可能是由核提供的。我们难以想象，合成 DNA、RNA 所需的能量会从细胞外面提供。这种能量也不大可能是从细胞核以外的地方（如细胞质）提供的。细胞核的化学成分主要有碱性蛋白质、酸性蛋白质、酶、DNA、RNA、脂类以及其他磷酸化合物和元素等。

细胞质中主要是核糖核蛋白体，是细胞合成蛋白质的场所。当我们切开一只煮熟的鸡蛋，蛋白部分就是细胞质，蛋黄是细胞核。这样我们就能很好理解蛋白质是由细胞质部分合成的道理。

不论是植物细胞，还是动物细胞，它们的主要成分是水，约占 80~95%。细胞所需要的营养物质绝大多数以溶解状态进入细胞，一切生命活动的重要化学反应也都是在水溶液中进行的。活细胞去掉水以后的干物质，大约有 90% 是蛋白质、核酸、糖类和脂类四大类有机物质。

这四大类有机物都有各自的特异性质，它们构成细胞的精细结构，是细胞的基石。现在我们知道所有的细胞都有相似的功能，是由于所有的细胞都有同样类型的大分子有机物。蛋白质是细胞的主要成分，它能完成各种功能，既是细胞的重要结构分子，又是特异催化剂（酶），用来表达信息和调节细胞代谢。核酸是遗传信息的贮存场所。在核酸的作用下能合成各种蛋白质。核酸跟蛋白质一起集合成信息分子，用来传递信息。多糖和脂类都不携带信息。多糖是结构分子（如细胞壁中的纤维素），又是贮藏物质（如淀粉）。脂类的功能很像多糖，它是细胞膜的主要成分，也是细胞代谢能量的贮存地。

现在我们来说明各种生物的遗传性跟细胞核和细胞质的关系。在各种生物中，核和质在遗传方面所起的作用是不同的。

在非细胞生物体内，如噬菌体（一种寄宿在细菌内的病毒）内只含有 DNA 和蛋白

质。只要使噬菌体的 DNA 侵入细菌细胞，而蛋白质外壳留在细菌细胞膜外面，噬菌体的 DNA 也能在细菌细胞内，利用细菌的化学成分合成噬菌体自身的 DNA 和蛋白质，进而产生大量噬菌体。由此证明，噬菌体的遗传物质是 DNA。在细菌体内含有 DNA、RNA 和蛋白质。DNA 和 RNA 都能单独传递遗传信息，而细胞质中的蛋白质却不能传递遗传信息。

在高等生物体内的 RNA 有没有遗传作用，人们一直在探索研究。七十年代末，美籍华裔科学家牛满江教授和我国著名生物学家童第周教授通过大量实验证明，信使 RNA 和 DNA 对金鱼尾鳍形态的变异有显著作用。他们还从鲤鱼卵巢成熟卵中提取信使 RNA，注入不同品系的金鱼受精卵中。这种经信使 RNA 诱导的受精卵发育成的部分金鱼的尾鳍，由双尾变成单尾，变异的数量因金鱼品系不同而异。这个实验证明，鲤鱼和金鱼虽然在分类上同科不同属，但鲤鱼卵的信使 RNA 对金鱼尾鳍的变异同样起作用。

金鱼尾鳍发生变异

在 1976 年和 1977 年，戈登报道过卵母细胞的细胞质能在遗传上起作用。在六十年代，我国的科技人员叶毓芬等人在研究核质关系时，也发现细胞质起作用的证据。他（她）们把金鱼的细胞核移入鲫鱼的细胞质，发现这样组合的细胞发育成的幼鱼中仍产生鲫鱼的性状。因此说明细胞质对细胞核基因的活性有调节作用，细胞质可以携带一定的遗传信息。

五、细胞工厂

细胞，不论是微生物的，还是动物、植物的，都是一个特殊的化工厂。在漫长的进化中，所有的活细胞都获得一种令人惊叹不已的本领，这就是它能合成生命活动必须的一切物质；从简单的甘油、醋酸到蛋白质、核酸、维生素和抗生素、激素这些复杂的物质。尤其令人叹服的是，细胞都是在常温常压下合成这些物质。它的经济性和有效性是任何现代化工厂所无法比拟的。例如，由缬氨酸开始，直到血红蛋白肽链的合成，在活细胞中，整个过程仅需要 90 秒钟。新的氨基酸分子以每秒钟 2 个的速率加到肽链上去，合成一条 150 个氨基酸的肽链。可是在细胞外面，我们还无法达到这样的水平。

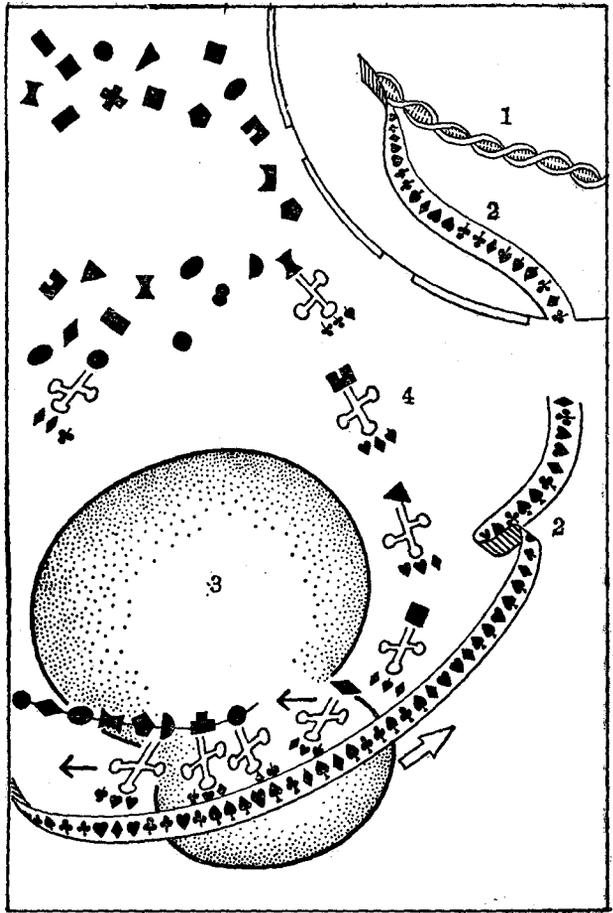
研究细胞内的有机合成，对开发和应用生物工程是有很大启迪的。这就是怎样有效地借用这些天然物质的结构或个别生物反应原理和整个生物合成路线，开拓生物化学合成的新途径。一个多世纪来，生物学家学会从植物中提取染料、药物和其他许多有用物质，例如植物碱吗啡（止痛剂）、奎宁（抗疟药）和利血平（抗高血压药）等等，并在医学上得到广泛应用。特别是我国的中药，其中相当多的有效成份已经被提取，制成片剂、丸剂，深受人们的称赞。

但是，人们并不满足简单的提取，许多重要的生物碱、维生素、激素、抗生素等人

工合成法相继问世。这是人类向细胞学习得来的。人工合成的生物制品显示许多优越性。首先，可以大规模工厂化生产；其次，人工合成的产品较有些天然产物更加理想；第二，可以降低成本，价廉物美。

研究在活细胞内合成的物质的结构特性，有时还能发现一条合成有同样或更高的生物活性的化合物途径。天然橡胶为我们的现代工业作出过巨大贡献。人们在研究天然橡胶的结构时得到启发，成功地模仿整个合成路线，生产出人工合成橡胶，于是橡胶工业进入一个新的昌盛时期。值得人们乐道的是，现在我们还可以用人工的办法合成在生物界没有办法合成的东西，如耐 4000℃ 高温的树脂。

由生物合成的物质中，重要的生命物质——核酸和蛋白质的结构是最复杂的。“生命是蛋白体存在的方式”。人工合成核酸和蛋白质是各国科学家为之奋斗的目标。1965 年，我国科学工作者在世界上首先合成结晶牛胰岛素，开创了人工合成蛋白质的新纪元。不久，即 1968 年开始研究 RNA 的人工合成。1979 年 12 月，我国的科学家再一次创造出奇迹，人工合成了由 76 个核苷酸组成的酵母丙氨酸转移核糖核酸。人工合成核酸的成功，为研究核酸的结构和功能的关系，核酸在遗传工程、肿瘤研究中的应用奠定良好的基础。人工基因的合成，无疑离不开核酸的合成。因此，我们说，在实验室里合成各种基因，造福人类的日期，为时不会很远了。



蛋白质合成示意图

1. DNA 2. 信使 RNA 3. 核糖体 4. 转移 RNA
(鸡心、草花等小图案代表不同种碱基)

生物工程应运而生

生物工程的诞生，是现代生物学基础研究所取得的巨大成果。它是在分子生物学、遗传学、微生物学、细胞生物学、物理学和化学研究的基础上应用电子技术、计算机等现代工程技术而逐步发展起来的。确切地说，生物工程的标志是基因工程。因此，我们可以把七十年代看作是生物工程诞生的年代。当然，生物工程的技术内容不仅仅是基因工程，还包括细胞工程、发酵工程、酶工程。广义的生物技术还包括生物能转化工程、计算生物技术、生物物理技术、生物化学技术、生物冶金技术和仿生技术等。生物工程是推动世界新技术革命四项前沿科学中最显赫的一项，它将开创人类充满奇迹的美好前景。

因此，生物工程是渗透工程学特点的生物学，它可以根据人类事先设计好的蓝图来改造和创造生物。这样，我们就可以把生物工程定义为：它是综合运用生物学、化学和工程学的手段，直接或间接地利用生物本身、生物体某些部分的组成成分或某些特殊功能来生产有用物质的一门崭新的高级应用技术。所以，生物工程又叫做生物技术。

一、生物工程的内容和特征

跟一切科学技术一样，生物工程有它自身的内容和特征。半导体技术跟半导体元器件的设计、制造、组装分不开，而生物工程自然跟生物产品的设计、制造和提纯有关，特别跟生物的设计、培育相关。

从技术角度看，生物工程大体上可以分成三类：即直接利用生物的技术，模仿生物体和生物功能的技术，以及把前两种技术高度结合起来的软技术。现在分别介绍如下：

直接利用生物的技术 这种技术主要包括微生物利用技术、酶利用技术，通过基因操作（基因重组、细胞融合等）来培育优良微生物和动、植物的育种技术，以及对细胞和微生物的大量培养技术。

模仿生物体和生物功能的技术 这种技术通常叫做仿生技术，包括模仿生物反应（生物反应器）这样一类系统技术、制造人工酶和具有生物功能的高分子材料的技术。

软技术 把直接利用生物技术和仿生技术的某些技术合理地有效地组合起来，用更

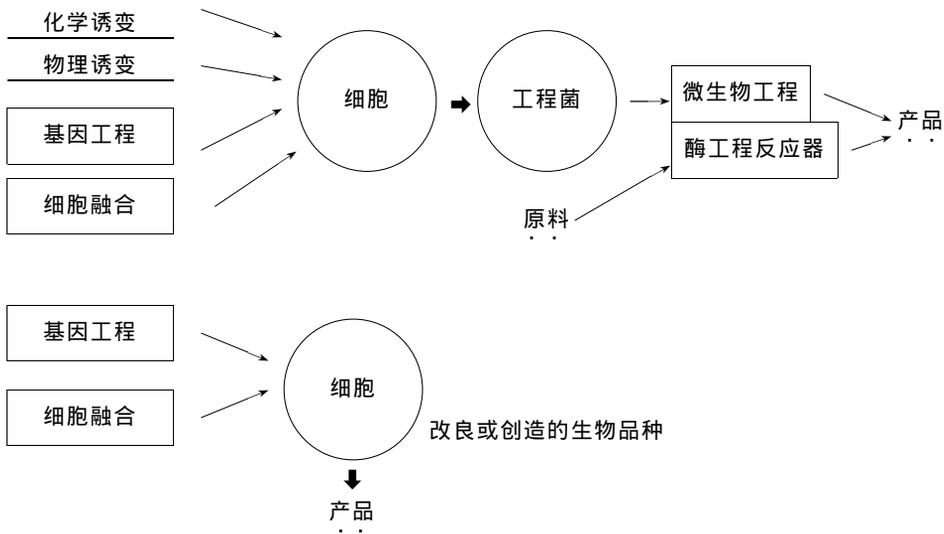
高的技术制造出水平更高的人们需要的特殊物质，或者制造功能全新的物质。

生物工程有以下几个特点：

第一，生物工程是一项内容全新的技术。例如重组 DNA 和细胞融合技术，它利用生物体内遗传信息进行加工处理，人为地把不同种类的基因（或细胞）组合起来，得到新的品种，求得以工业规模生产某种物质。很显然，生物技术难度大，不容易操作，有极高的革新性。另外，利用酶这一类生物功能性物质制成生物反应器，人工模拟酶和感觉器官等生物功能制造新材料，以及生物体跟电子材料相结合，构成生物电子元件等，都是采用新原理和新结构的具有代表性的革新技术。

第二，各种生物技术之间的相互联系性强，对其他技术领域的开发影响也大。例如，在发酵技术中应用新的菌种，就可以通过基因重组得到。酶的应用，尤其是人工酶的诞生，为生物反应器提供越来越优良的原料。细胞融合技术常常离不开基因重组技术和组织培养技术。同样，生物电子元件的出现无疑会对微电子技术产生重大影响。人们能在将来生产一台只有细胞大小的有机分子电子计算机，这并不是幻想。

第三，生物技术研究的领域不仅广泛，而且十分深入细致，因此，具有明显的综合性。它涉及生物本身，也涉及有机化学、电子学、计算技术等非生物领域。不断地吸收这些领域中的最新研究成果，对于进一步开发和利用生物工程是必不可少的。在现代科学技术迅猛发展的今天，基础研究和应用研究之间是互相关联的，常常互相反馈，又互相平行地发展。生物工程的研究和开发充分体现这一特征。



生物工程各技术的互相关系

从图可以看出生物工程各项技术之间的互相关系，它们既有各自独立的技术体系，各体系之间又互相渗透，互相交叉，互相结合，相得益彰。

二、生物产业的兴起

不论什么新技术，如果停留在实验室内，不能转化为生产力，形成新的产业，就不可能对人类的生产活动、生活和社会的各个方面产生深远的影响。我们今天所以感觉到微电子技术对人类的冲击，那是因为微电子技术形成了以生产微电脑、智能机、机器人和各种新颖别致的电子产品为核心的微电子工业。正是这些新产品对我们的经济活动、社会生活、科学和文化教育事业的发展产生巨大的影响。因此，在世界上有许多科学家称微电子产业的兴起是“第四次产业革命”。在人类历史上，每当出现一次新的技术革命，紧接着就引起产业结构的调整和经济结构的变化。没有纺织技术和蒸汽动力技术的产生，就不可能有资本主义大工业的诞生。

我们说，今天正面临着新的技术革命，这是指以微电子技术、信息技术、新能源技术、生物工程、空间技术、海洋工程、新材料技术等为先导技术的一次技术革命。生物工程就是其中重要的技术之一。

生物产业就是把生物工程的各项技术应用于工业规模的生产，来生产各种各样的生物产品。世界进入二十世纪八十年代以后，不论是基因工程、细胞工程，还是发酵工程、酶工程都在原有的基础上形成或正在形成更大规模的生产体系，产值逐年递增。

基因工程和细胞工程的应用无疑是会有深远影响的，特别是在药物生产方面，在产品的产量和质量上都取得巨大成功。生物反应器（发酵工程和酶工程的应用）的工业应用和大规模的快速繁殖技术，同样也取得相当高的经济效益。如果作一次预测，那么可以这样说，在不久的将来，工业微生物工艺有可能代替现有的化学工艺和机械工艺，当然不是全部代替。

近几年来，世界上出现一股“基因工程热”，各国纷纷成立基因工程公司，投资总额已超过几十亿美元。许多国家的政府相继建立各种机构，来推动生物工程的研究和开发，以期迅速应用于生产，提高本国产品在世界上的竞争力。

到目前为止，美国已经创办近 300 家生物工程公司，其中基因工程公司就有 150 多家。这些公司的显著特点是，生物工程科学家和企业家联合投资，或者是生物工程专家独立经营。其中成立得最早、规模和研究力量最强的是由博耶和科恩创立的基因工程公司。他俩在 1970 年首先把外源 DNA 导入细菌质粒，使外源 DNA 的遗传功能得到表达，创建了具有划时代意义的 DNA 重组技术，从而获得生物功能 DNA 复制法的专利。在 1976 年这家公司刚创办时仅 10 人，1980 年发展到 86 人（其中研究人员 66 人），1982 年发展到拥有研究人员和职工几百人的公司，并跟几家大的制药公司签订了研究协议，而且通过提供有关产品领导了全美国的基因工程商行。1980 年该公司拥有资金 1200 万美元，第二年就增加到 7350 万美元，计划到八十年代末发展到拥有 50 亿美元资产的大企业。这种发展速度，并不比过去半导体技术发展的状况逊色。从公司成立到 1982 年，在短短的六年中，该公司在激烈的竞争中，成为全世界的佼佼者，取得了一系列举世瞩目的研究成果。如 1977 年利用 DNA 重组技术使大肠杆菌合成人生长激素释放抑制因子；第二年，使人胰岛素基因在大肠杆菌中表达成功，并生产出胰岛素。以

后的几年，它们用 700 升发酵罐生产出人生长激素，开投入临床试验。它们还用工程菌生产干扰素（一种可以抗病毒、治疗癌症的药物）。正当人们对他们的研究成果赞叹不已时，他们又用基因工程的方法生产出口蹄疫多肽疫苗。1982 年用大肠杆菌发酵生产出血清蛋白。目前这种血清蛋白在世界上的销售量达 100 吨，价值 5 亿美元。正因为生物产业有这么明显的经济效益，出现一股“基因工程公司热”也就很正常了。据不完全统计，美国 31 家公司用于基因工程开发的资金就已超过 50 亿美元。

必须指出，生物工程产业不是一般的劳动密集产业，也不是单纯的技术密集型和资金密集型产业，通常叫做高技术产业，它不仅需要相当可观的科研经费，比一般的科研费用要多 10~12 倍，而且，研究人员要有相当高的科学技术水平。既要有第一流的创造思想，也要有第一流的技术水平。因此，从事生物工程的开发研究，绝不是轻而易举的事。

从 1974 年以来，日本的生物工程技术开发公司也发展到近 300 家。他们把力量用在消耗原材料和能源较少的部门上来，结果使发酵工程、酶工程得到迅速发展，并把这一技术应用于食品、能源、医药、基础化学和采矿等工业。从工艺水平看，日本已能批量生产多种抗菌素、菌苗、药品、氨基酸、酶和食品添加剂。他们有些技术处于世界领先地位，但总的水平还不如美国。生物工程给日本带来巨大的经济效益。据保守的估计，1980 年日本的发酵工业产值至少在 11~12 万亿日元，约占日本国民总产值的 5%，跟同年的电气设备产业的产值 12.6 万亿日元不相上下。因此发酵工业成了大的产业部门。大家知道，啤酒、酒精和许多药物的生产都离不开桶、缸、管、泵、阀和其他装置，而且生产是间歇的分批的，周转慢，成本高。而发酵工程能连续生产，成本低。这几年加上采用固定化酶，固定化细胞生产，使日本的氨基酸产量达到前所未有的水平，生产规模日益扩大，经济效益越来越高。跟美国、联邦德国相比，日本的发酵工程已经发展起来，走在前面。日本发展生物产业的途径，是依靠日本原有的大型食品、饮料、医药和化工企业，而不是去建立许多新的生物产业。这是一种“借鸡生蛋”的办法。效果很好。美国不同，它们建“基因谷”，走“基因路”，完全是另起炉灶的办法，日本的经济组织联合会的生命科学委员会就是由七十家主要企业组成的。这七十家企业中至少有一半属于饮料、食品、医药和化工企业。它们的目标是瞄准 20 年以后的生物产品。近年来，日本还有私人研究所在从事基因工程的研究和工业酶的研究。

日本的实业家对生物工程的兴趣与日俱增，在 100 多个企业中，有四分之一的企业已把生物技术应用用于生产，有近半数的企业打算在近期内把基因工程技术应用于生产。同样，日本政府也很重视生物工程，1983 年拨款 6.52 亿日元给国家卫生组织用于肝炎病毒、流感病表面抗原的研究。日本科技厅对 DNA 重组技术的投资就有 2000 万美元。日本的基因工程研究起步比美国迟，但它的微生物发酵工程力量雄厚，又及时派出学者去美国学习，直接引进生物工程中的先进技术，因此发展神速，大有赶上和超过美国的趋势。近几年，日本已取得许多重要成果。例如，苏氨酸、色氨酸的高产工程菌株培养成功，采用基因工程的办法培育出高速吞食原油的细菌，人生长激素基因的高效表达，由大肠杆菌生产干扰素，乙型肝炎病毒和流感病毒表面抗原的制取以及人癌病毒的抗原获得成功。吉田教授不久前搞清楚人癌病毒的基因。他从这一病毒基因中，把病毒本身

的外被抗原（蛋白质）的基因和病毒内部的抗原基因剪切下来，再把它们分别组入大肠杆菌进行培养。结果每一个大肠杆菌都能生产出外被抗原和内部抗原。用不了多少时间，在日本肯定会出现用基因工程菌生产出各类药物的大企业，成为生物产业的又一大支柱。日本政府大力扶持生物工程，如通产省把工业微生物列为优先技术，并对 200 个左右的项目拨款 60 亿日元。1981 年，通产省就把生物技术作为主要研究项目列入“基础工业技术研究纲要”之中，大量投资，促进研究。

美国和日本应用基因工程改造药物和食品工业，引起西欧国家的密切关注。据统计，西欧国家有 100 多家生物工程公司。在 1984 年初，在联邦德国遗传工程研究力量较集中的海德堡，由四位教授发起成立一个名为普罗根的生物工程研究公司。这件事在联邦德国被认为是新技术革命浪潮中具有广泛和长远意义的事。这四位教授感到联邦德国在生物工程领域落后于人，十分着急，又看到依靠现有的工业生产能力不可能再一次出现五十年代、六十年代那样的经济奇迹，因此，开发生物工程就成为他们追逐的目标。鉴于美国已开始生产胰岛素、生长激素和干扰素等药物，并且占领相当一部分西欧市场，因此他们准备集中力量研究对癌症进行早期治疗的特效药品，并用最新技术来生产。联邦德国政府已经设立预算专款，支持研究、应用新技术的实验性企业。联邦德国对生物技术的开发和研究的水平，仅次于美国和日本，在世界上居第三位。

法国现在已有七家经营遗传工程的企业。第一是基因转移公司，公司顾问是巴斯德研究所遗传工程部的负责人。第二是遗传公司，是法国化学巨亨所属的从事遗传工程研究的子公司。第三是遗传工程财团，是以巴斯德研究所为基本力量的一个研究组发展而成立的。第四是由法国石油大王投资成立的生物工程实验室。第五是免疫技术公司。第六是杂交实验公司。第七是罗塞—乌克兰特公司，去年生产出 r—干扰素。这七家公司虽然还没有一种产品实现商品化生产，但已接受委托书，开始从事植物细胞、疫苗生产和跟食品工业有关项目的开发研究。可望在不久的将来形成法国自己的生物产业。法国计划在未来十年内使它的生物工程产品在国际市场上占据百分之十。英国、荷兰也提出，在这场生物工程的竞争中，要不亚于世界科学技术强国。

生物产业能否形成，关键是人才的培养。生物工程这项科研。从研究思路和方法的设计，通过实验室操作，扩大试验，直到工厂化生产，产品的提纯、精制，以及形成商品到最后进入市场，流程之长是许多传统工业所不能比拟的。因此一个公司，一个实验室难以实现整个流程，这就出现国家之间、公司之间、课题之间的广泛合作。为了招聘第一流的专家，聘金高达年薪十万英镑，真可谓不计报酬求人才了。从 1983 年秋季开始，今后二十年内，美国需要 75 000 名生物工程专家；英国在末年十年中需要数千名生物工程学博士和技术人才；法国计划在未来十年内吸收 30 000 名生物工程人才。日本目前仅微生物工程专家就有 12,000 名，今后必然还有更大发展。环顾世界，生物产业犹如一轮旭日已在传统工业地平线上徐徐升起。

美国商务部推测，1985 年全世界生物技术产品市场规模是 16 亿美元，到 2000 年最少达 150 亿美元，甚至可能达到 1000 亿美元。这些鼓舞人心的数字激励着许多大银行和大公司的老板进行风险投资，仅 1984 年底，美国孟山都公司和杜邦公司分别投资 1.5 亿美元和 8500 万美元建立新的生物技术研究所。杜邦公司还拨出它全年科研经费

的四分之一（2.5 亿美元）用作 1985 年的生物技术研究费用。仅此一例，就足以说明生物产业的出现是生物工程研究开发的必然结果。

三、技术战争中的生物工程

倘若你想知道未来十五年中生物工程的发展前景，而且想投身于这一研究领域，那么对生物工程作一番预测是非常有意义的。

日本三井情报开发研究所的专家对此是这样描绘的：到 2000 年，生物工程最有应用前途的领域是精细化学、基础化学、能源、粮食和环境保护等方面。在 1990 年前，用生物工程的办法能生产干扰素、人胰岛素，用木质纤维素生产脂肪酸，用烯烃生产醇。在能源方面，使有机酸变成甲烷和醇。在农业上，把固定空气中的氮的基因引入大肠杆菌，为培育出固氮禾谷类新品种打下基础。用细菌处理水中的氮和磷可望实现。到 2000 年，生物工程对药物生产会产生重大变革性的影响。在抗生素、疫苗、生理活性物质生产上，生物工程将出色地完成任务。日本专家进一步预测，认为用微生物生产植物成分，也能奇迹般地实现。这个办法就是把植物的某种基因导入微生物。如把柠檬的合成柠檬酸基因导入大肠杆菌，由大肠杆菌在发酵罐里生产柠檬酸。甚至让大肠杆菌生产油漆。微生物电池和微生物太阳能电池可望在解决能源问题上立下一功。生物工程专家将会找到使纤维素变成糖、由糖变成醇的好办法。在 2000 年以后，生物工程当然要比以上这些目标更加令人向往。

不论怎样，生物工程技术进入工业化生产的领域，医药业显然是一个重要方面，如生长激素、干扰素、胰岛素和疫苗的生产。在化工方面，通过生物转化技术，使一些基础化工原料，如乙醇、甲醇、联苯二酸、环己酮、苯酚和醛的生产工艺可以确定下来。在石油化工业方面将出现节省能源、节省原料的新生产方式。在农业方面，利用生物技术培育出高产、抗病、抗旱、抗寒的新品种，无疑是人们的希望。所有这一切，对人类的经济活动都会产生深远的影响。难怪生物学家把二十一世纪叫做“生物工程世纪”了。

为了在技术战争中争取自己的优势地位，几个发达的资本主义国家和苏联正在激烈地竞争，各自制定自己的对策，确定突破目标，以便实现生物工程到生物产业的转变。我们来看一下这些发达国家目前所采取的态势。在生物工程领域内的激烈竞争，实际上是整个技术战争的一个组成部分。了解这一点，对于青少年面向世界，了解新技术革命是有好处的。现在让我们看一下这些国家在开发和研究生物工程上是怎样制定对策的。

美国 美国的生物工程在世界上一直处在领先地位。在东海岸和西海岸形成的“基因谷”和“基因路”，就是最负盛名的生物工程开发研究中心。它们在基因工程方面所取得的成就举世瞩目。但是，近几年来受到日本和苏联的挑战。为了保持美国在生物工程领域的领先地位，它采取的策略是守。美国凭借手中雄厚的经济实力和有世界上众多的第一流生物工程专家，决心一直领先下去。于是国会和政府决定每年拨款几亿美元用于生物工程研究，并实现商品化生产。政府还鼓励企业家为生物工程开发进行投资，一些企业对此已明显地表现主动积极精神。美国政府大声疾呼：奋力开拓，确保领先，不

惜投资，双速前进，决不让技术领先的皇冠被别人夺走。因此，对发展以微电子技术、生物工程为核心的高技术，采取广招贤才、改革教育、鼓励投资、奖励创新的政策。

日本 日本的情况跟美国不同，它早已从“技术立国”中尝到技术的甜头，加上它又是后来居上的经济大国，经济实力相当强大，因此采取的策略是攻。它采用一系列新技术，使传统工业后来居上。现在日本又雄心勃勃地在高技术方面向美国挑战。日本国土小，资源少，然而经济力量十分雄厚，因此特别强调对独创性技术的开发，把发展生物技术作为国家优先项目之一。日本通产省还成立“生命工程委员会”，指导和协调生物工程的开发和研究。目前，日本企业对生物工程的研究投资每年以20%的速度增长。1981年，日本经济新闻界曾对以化学、食品、医学界为主的205家公司进行征询，结果表明，整个产业界像雪崩似地倾向生物工程，这些公司都热切地希望得到DNA重组技术、酶技术和细胞融合技术。可见，生物工程在日本产业界的地位了。估计，日本很快会在某些领域超过美国。

欧洲经济共同体 欧洲经济共同体各国在微电子技术和生物工程方面都落后于美国和日本，为了自身的利益，它们正在急起直追。例如，它们制订花费12.6亿美元的信息技术开发研究计划，想在十年内赶上美国和日本。它们还将研究生物工程和通信工业的发展战略。法国政府特别强调电子信息技术和生物工程这两个领域的研究。联邦德国的生物工程研究水平只比美国、日本差一步，在今后几年中，它将着重开发用生物技术生产防癌治癌药品，形成独树一帜的产业部门。特别要指出的是，法国总统密特朗在1985年4月提出发展高技术的尤里卡计划，把生物工程（包括人工种子、基因重组操作装置）列入五大技术之一。他们认为这五大技术（电子计算机、机器人、通信技术、生产工程和新材料）是“打开二十一世纪大门的知识和才能的核心”，足见他们的重视程度了。

苏联 苏联政府决定设立专门组织，加速生物工程的工业化过程。在苏共二十五次大会上，生物工程的地位被提高到影响苏联经济发展的关键的高度。会上还决定，在今后的五年中要求生物工程的发展速度比其他工业发展要快四倍，并且确定生物工程研究的重点放在农业上。

生物工程的神速发展和各国政府的高度重视，在科学技术发展史上是罕见的现象。

发展我国的生物工程事业是件带有战略意义的大事，因此一定要从我国的国情出发制定对策。在确定战略重点时，不能不考虑我国人口多、耕地不足的特点，使生物工程不失时机地为发展我国的农业服务。同时还要考虑我国生物工程基础较差这一现状，一切从实际出发，既要抓生物工程中已经突破的技术推广应用，转化为生产力，又要抓理论研究，从理论上探讨生物工程的一些重大问题。

围绕生物工程，在全世界范围内正在展开激烈的竞争，美国和日本互不相让，一个是以守为攻，另一个是以攻为守。联邦德国是“螳螂捕蝉，黄雀在后”。这样就形成在生物工程领域中一场投资热、开发热和应用推广热，目的是以生物技术产品占领世界市场，获取巨额利润。

面对这样一个形势，我国怎么办？发展生物工程的突破口选在哪里？

对生物工程中的一些技术要给以恰如其分的评价，区别难易，尤其对它们可能产生

的经济效益要实事求是。就总体而言,生物工程的前景广阔,前程似锦,但还不能说现在就已经象微电子技术那样形成巨大的产业。当然在下一个世纪初,或许它会这样。开发生物工程可分为三个层次。第一层次是分子水平的基因工程。开发基因工程并应用于工农业生产,无疑有不可比拟的先进性。但操作难度大,仪器设备要求高,是一种投资大,技术密集型强的技术。就我国而言,能够进行这样研究的单位寥若晨星。所取得的成果虽然有,但不多。这些成果主要局限于微生物的基因工程,在高等动植物中还刚刚开始。但我们要跟踪研究,保持一定差距,在有条件的领域要能突破,取得第一流的好成绩。

第二个层次是细胞水平,这就是细胞工程、发酵工程和酶工程。当然细胞工程中也包括部分染色体操作。在这个层次上,操作难度比基因工程要小一些。我国的发酵工程、酶制剂的生产初步有了基础,而且这些技术的开发应用,能在比较短的时间内产生经济效益。如改进一下菌种或工艺流程,就可以使柠檬酸的产量大大增加或者使啤酒产量提高。前几年有一项技术推广到一家柠檬酸厂,每年可以增加人民币400万元的收入。在我国加速开发细胞工程(如单细胞蛋白质)、发酵工程和酶工程,估计经5~10年便可以取得相当大的经济效益。凡在这些领域中的研究成果,都要不失时机地迅速推广,应用于生产。

在生物工程中还有一个层次,即组织和个体水平的,主要是组织培养技术。这一技术是生物工程中最容易掌握,最宜推广的技术。上海近年来举办过几次组织培养技术培训班,学员中有相当多是专业户。搞组织培养投资小,见效快,尤其是把这一技术应用于花卉和经济作物,经济效益几乎是指日可待的。国外有许多企业把组织培养技术应用于花卉生产而发了大财。

我国素有“世界花园”之称,各种名花异草、观赏树木应有尽有,但我国出口的花木为数甚少,在香港每年需要7,600万元港币的花卉,我国仅供应130万元港币的花卉,它的市场被新加坡、日本等国占领。是我国的花不美吗?当然不是。究其原因,我们的栽培技术落后,一直沿用土栽法,病毒感染严重,不能进入国际市场。在我国,花卉栽培的历史悠久,如兰花中的君子兰是精品,洛阳牡丹久负盛名,月季、菊花、大理花、桂花、梅花等等都是我国的名花。我国花卉不仅品种多,而且经过多年培育,花奇味香。因此,用组织培养技术进行工厂化生产,只要经过几年努力,可望我国的花卉大量出口,赚取外汇。经过10年努力,争取成为世界上主要的花卉输出国,这一目标是可以达到的。

首先把组织培养技术应用于花卉生产,使我国丰富的花卉资源得到利用,成为商品,是十分有意义的事。种花一本万利,它能赚钱,又可美化环境,陶冶人的情操,是精神文明建设中的一项重要任务。其次,组织培养技术是生物技术中最基础的技术,不论是基因重组技术,还是细胞工程、酶工程和发酵工程等技术,大都需经组织培养而得以实现。普及组织培养技术,对于开发其他生物技术是大有益处的。第三,组织培养技术投资少、见效快,经济效益明显,学起来容易,能在较短时间内在一般的县、乡一级农科所(站)推广。

因此,用组织培养技术开发我国丰富的花卉资源,建立工厂化生产的花卉公司,作为开发和应用生物技术的突破点,是可行的。让我们站在我国新兴的花卉工业的肩膀上,使细胞工程、发酵工程、酶工程和基因工程起飞。

基因工程

基因工程又叫遗传工程，它是按照人类的需要运用 DNA 重组技术来设计新的生物的。从生物细胞中分离出 DNA（片段）进行施工重组，然后在适当的细胞中增殖、表达。这一技术的操作可以把特定的基因组合到载体（一种可以运载基因的工具，如质粒、噬菌体）上，使它在受体（接受基因的东西，一般都是细胞）细胞中增殖和表达，所以它不受亲缘关系的限制，这就为改造和创造新生物提供最富有魅力的手段。

一、拆装生命零件

从商店里买回一台闹钟，到时间它就会发出响声，向主人报告时间。闹钟所以会闹，会走动，因为有许多零件在起作用，有发条、各种齿轮、指针以及其他零件，把它们组装在一起，就是一台闹钟了。生命好比是闹钟，但比起闹钟来复杂得多。生命活动的秘密在细胞里。控制生命活动的是 DNA。例如被命名为 Φ^{X174} 噬菌体中的 10 个基因就能拆装。人们想要重新创造生命，就要对 DNA 进行重组。这就要从细胞中分离出 DNA，把需要的 DNA 片段切取下来，再重新组合 DNA，整合好以后放入受体细胞，这不是一件容易的事。这件事好比拆装生命零件。因为 DNA 是一条很长的载有遗传密码的链，我们要剪取其中一个基因片段，用任何机械的方法是做不到的，必须找到专门的酶。这种酶就是核酶内切限制酶，用它才能切取基因。还必须找到合适的载体，没有载体，基因放在哪里呢？又怎样进行重组？

1952 年，美国分子遗传学家 S. E. 卢里亚在大肠杆菌研究中发现一种限制现象——从菌株甲的细菌释放出来的噬菌体（一种病毒）能有效地感染同一菌株的细菌，可是不能有效地感染菌株乙；而少数被感染的菌株乙的细菌释放的同一噬菌体能有效地感染菌株乙，而不能有效地感染菌株甲。怎样解释这种现象呢？经过二十多年的研究，在 1974 年，美国学者 W. 阿伯认为，通过噬菌体感染而进入细菌细胞的 DNA 分子能被细菌识别，把它看成是外来的东西，而把它分解掉，细菌本身的 DNA 由于已被自己所修饰而免于被分解。但有少数噬菌体在没有被分解以前已被修饰了，这些噬菌体经释放后便能有效地感染同一菌株，使其表达。被甲（或乙）菌株所修饰的噬菌体只能有效地感

染甲（或乙），而不能有效地感染乙（或甲）。这就充分说明，各个菌株对外来 DNA 的限制作用是专一性的。这一限制现象是由于细菌细胞中有专一性的核酸内切限制酶在起作用的缘故。

载体几乎也是在这同时发现的。在基因工程中应用的载体几乎都是经过改造的质粒和温和噬菌体。1952年，美国微生物学家 W·海斯和美国微生物遗传学家 J·莱德伯格首先认识到，大肠杆菌的 F 因子是染色体外的遗传因子。1953年，法国学者 P·弗里德里克等发现大肠杆菌产生大肠杆菌素这一性质，受到一种染色体外大肠杆菌素因子所控制。大肠杆菌所以能产生大肠杆菌素，是由在染色体外的大肠杆菌素因子决定的。1957年，日本学者 T·华特纳伯等发现抗药性质粒。在重组 DNA 技术中广泛应用的，是在 1951 年由美国学者莱德伯格等人发现的噬菌体 λ 。

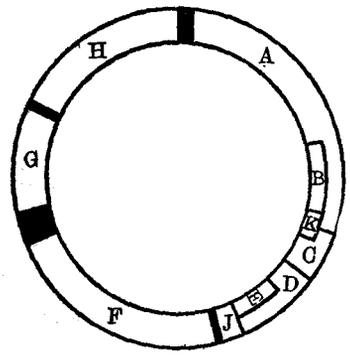
以上发现为基因工程的诞生创造先决条件。六十年代末，科学家相继发现一些能够切割和连接遗传物质的工具酶，从而为人们直接地、有效地干预生命体的遗传物质，改造生物的遗传特性，直到创造崭新的生命类型提供了方便。进入七十年代后，终于在实验室中通过基因工程得到自然界中无法找到的新菌种。

1973年，美国斯坦福大学以科恩为首的研究小组，在试管中把大肠杆菌里面的两个不同的质粒： P^{SC101} （抗四环素）和 R^{SF1010} （抗链霉素）重组到一起，形成杂合质粒 P^{SC109} ，然后把这质粒引进大肠杆菌里去。奇迹出现了，发现杂合质粒在那里能复制并能表达双亲质粒的遗传特性（即具有抗四环素和抗链霉素的特性）。这个实验表明基因工程问世了。1974年，科恩等人又把金黄色葡萄球菌的质粒 P^{1258} （抗青霉素、红霉素、镉、汞）和大肠杆菌的质粒 P^{SC101} 重组到一起，获得杂合质粒 P^{SC112} 和 P^{SC113}

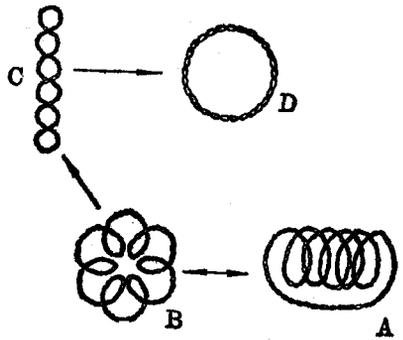
（因为质粒的来源不同，为了区别就要编码，这样便于研究和应用）。再把杂合质粒引进大肠杆菌里去，同样它也能表达 P^{1258} 质粒的固有抗性。这说明大肠杆菌已经有金黄色葡萄球菌的抗药性。

同年，科恩等人更进一步成功地把高等动物非洲爪蛙的决定核糖体 RNA 的结构基因（即 rDNA）跟大肠杆菌的质粒 P^{SC101} 重组到一起，引进到大肠杆菌里去，令人惊喜的奇迹再一次出现了，爪蛙的基因在细菌细胞里同样可以复制和得到表达，使大肠杆菌产生跟爪蛙核糖体 RNA 完全一样的 RNA。尽管实验都是在大肠杆菌中取得成功的，但这里确定的步骤却有广泛的应用价值。

基因工程的 DNA 重组技术一般有以下四个操作步骤：（1）产生 DNA 片段，（2）DNA 片段跟载体 DNA 分子连接，（3）把重组体 DNA 分子导入宿主细胞，（4）选出含



ΦX^{174} 噬菌体的 10 个基因



质粒的形态

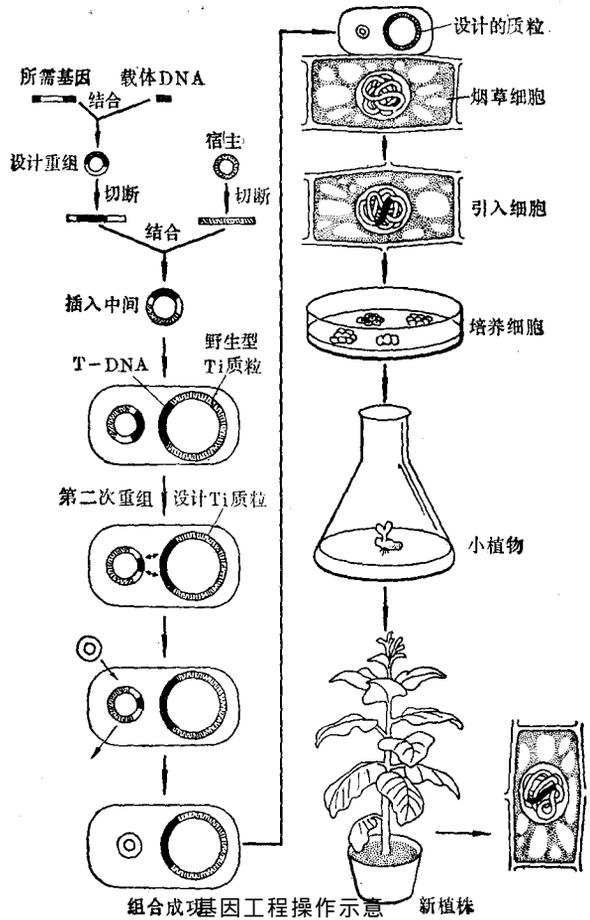
有所需要的重组体 DNA 分子的宿主细胞。实现这四个步骤还有许多方法。掌握这些方法，一般来说就可以进行以下的基因工程操作了。

产生重组体 DNA 片段的主要方法有以下几种。(1) 利用限制酶取得具有粘性末端或平整末端的 DNA 片段。(2) 用机械方法剪切取得具有平整末端的 DNA 片段，例如可以用超声波来断裂双链 DNA 分子。(3) 经反向转录酶的作用从 mRNA 获得跟 mRNA 顺序互补的 DNA 单链，再复制而形成双链的 DNA。(4) 用化学方法合成 DNA 片段（人工基因）。因为从蛋白质肽链的氨基酸顺序可以知道它的遗传密码，根据这些密码就可以用化学方法合成人工基因片段。

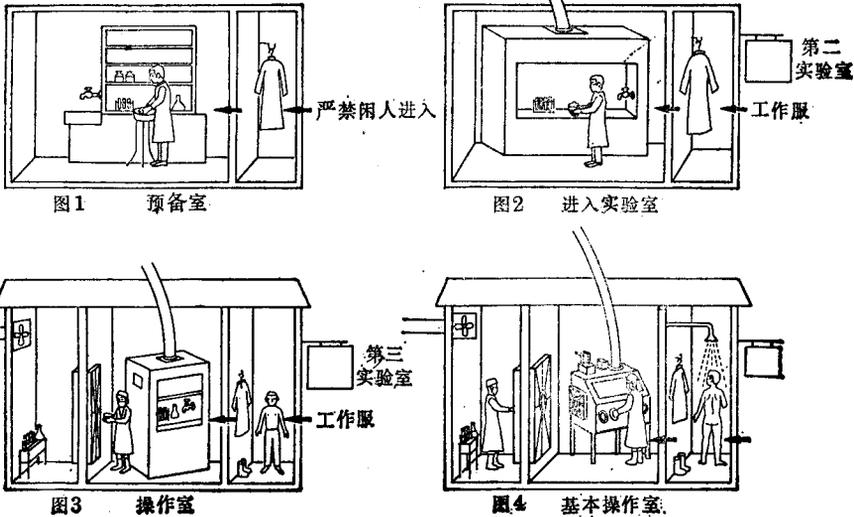
DNA 片段跟载体连接 连接的方法也有四种，可以根据实际需要来选用。(1) 粘性末端连接。这是用连接酶来完成的。(2) 平整末端连接。用内切酶作用产生的不含粘性末端的平整末端，用机械剪切法取得的 DNA 平整末端，在某些连接酶的作用下都可以把两个这样的 DNA 片段连接起来。(3) 同聚末端连接。是用末端转移酶来实现的。(4) 人工接头分子连接。在两个平整末端 DNA 片段的一端接上用人工合成的寡聚核苷酸接头片段，这里面包含有某一限制酶的识别位点，经过处理可以得到具有粘性末端的两个 DNA 片段，再用连接酶把这样两个 DNA 片段连接起来。

导入宿主细胞 DNA 片段导入宿主细胞的方法有：(1) 用质粒作载体。(2) 用噬菌体 DNA 作载体。(3) 用离体的噬菌体包上外壳作载体。(4) 注射。如果宿主是比较大的动植物细胞，可以用注射方法把重组体 DNA 片段导入。导入宿主细胞后，宿主细胞里既有所需要的 DNA 片段，也包括不需要的 DNA 片段，因此还要通过选择。对于带有抗药性基因的质粒来说，从被转化细菌是不是由敏感的状态变成抗药的状态，就可以知道它有没有获得这一抗药性质粒。当一个宿主细胞获得携带在载体上的基因后，这种细胞往往会出现这一基因所编码的蛋白质，可以用免疫法检出这种细胞。还可以用分子杂交的原理和方法检验某一基因是否进入宿主细胞。

重组体 DNA 导入宿主细胞后，不仅要求它能“安家落户”，而且要能在里面“传种接代”，准确地转录和翻译，即能复制。这是基因工程所必须要达到的目的。由此可



组合成基因工程操作示意 新植株



在基因操作室

可以看出，基因工程有特殊的优越性：

1. 它极容易打破物种和物种之间的天然屏障和种间界限。在自然界中，物种之间有生物学上的障碍，遗传物质不能随意交流，因此物种才具有稳定性。可是，遗传工程理论却证明把任何不同种类的生物的遗传物质重新组合到一起是可能的。生物在亿万年中所形成的天然屏障，在基因工程面前彻底崩溃了。非洲爪蛙的基因可以在大肠杆菌中表达出来，就是有力的证明。

2. 可以根据人们的意愿，有目的地、定向地设计新生物的蓝图，改造原有的生物，创造新的生命类型。例如，禾谷类作物大都不能固氮，我们可以设法把豆科植物中的固氮基因分离出来，组合进禾谷类作物（如水稻、小麦）中去，得到能固氮的水稻或小麦。

3. 直接操纵毫无保护的基因（DNA 分子），能大大加速改变生物的遗传性。在自然界里形成一个稳定的物种需要成千上万年，在基因工程出现之后，这就成为指日可待的事了。

DNA 重组技术是任何其他生物技术所不能比拟的，它问世至今仅短短十来年，已经引起生物学家和企业家的极大兴趣。开发和应用基因工程也已成为世界新技术革命潮流中最活跃的领域之一。

二、基因文库

当我们知道基因工程的一般知识以后，了解一下基因文库是很有必要的。

用 DNA 重组技术把一种生物细胞的总 DNA 或染色体上 DNA 所有片段随机地连接到基因载体上，然后移植到适当的宿主细胞里，再通过细胞不断地增殖形成各个 DNA 片段的无性繁殖系。当无性繁殖系的数目多到可以把这种生物的全部基因都包含

在内时，这一组无性繁殖系的总体就叫做这种生物的基因文库。基因文库好比是电影胶片，既可以复制，又可以剪切。

基因文库的建立跟七十年代早期重组 DNA 技术是分不开的，它是在 DNA 重组基础上发展起来的。科学家为了研究，常常要分离基因，特别分离真核生物的基因，是一件相当复杂而又精细的事。从 1974 年起，科学家相继建立大肠杆菌、酵母菌、果蝇、鸡、兔、人、大豆等一些生物的线粒体和叶绿体 DNA 的基因文库。有了这些基因文库，我们就可以从基因文库中钓取所需要的某一基因。

一个基因文库中包含的无性繁殖系（也叫克隆数）数目跟这种生物的基因组大小和无性繁殖系 DNA 片段的长度有关。原核生物的基因组较小，需要的克隆数也少。真核生物的基因组较大，克隆数也相应增加，否则就不能包含所有的基因。噬菌体的基因组更小，包含的基因仅 10 来个，因此，有一、二个克隆就可以把全部基因包含进去。而人有 50 000~100 000 个性状的基因，它的克隆数也就要多得多。此外，每一载体 DNA 中允许插入的外源 DNA 片段越长，需要的总克隆数越少；否则，所需数越多。建立一种生物的基因文库，必须根据研究的需要来确定 DNA 片段的长度和克隆数目。

为了有效地保存基因文库，可以通过细菌的繁殖而使所包含各个特定的 DNA 片段的细菌增多。由于各个细菌的生存和繁殖能力不同，各个克隆被保存的机会也因此而不等。在固体培养基上，每一个细菌能单独形成一个群落，各个群落并不互相干扰和竞争，因此有利于全部克隆的保存。如果形成的群落中有 10^7 个细菌，这样一个基因文库中所有的克隆都几乎扩增了 10^7 倍。把这些细菌从培养皿中全部洗下来加以妥善保存，那么在需要的时候，就可以从中取得任何一个克隆。

建立和使用基因文库是为了分离基因，特别是分离高等真核生物的基因。如果一个哺乳动物的基因组是 3×10^9 碱基对，直接从细胞中提取并分离出某一特定基因的 DNA 片段，在技术上是很困难的。但在基因文库中，不同的基因片段都分别在不同的无性繁殖系中扩增了，只要用这种基因的特殊钓取工具（基因探针），从许多无性繁殖系中筛选出一个无性繁殖系就变得简单了。这对基因工程的操作提供极方便的方法。原来的“大海捞针”就变成“囊中取物”了。

建立基因文库，是在生产中取得所需基因的一种方便的方法。基因文库的有关技术的应用虽然只有几年，但它作为重组基因技术应用的一个方面，具有巨大的理论和实践意义。

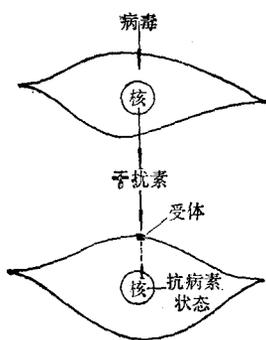
三、灵丹妙药

1957 年美国两位科学家在研究病毒的干扰现象时发现一种抗病毒的特效药，它叫干扰素。干扰素能抗多种病毒，对防治有些癌症也有积极的作用，而对人体正常的机能没有危害，所以有人把干扰素叫做灵丹妙药。

有趣的是，第一个知道干扰素在人体内起神秘作用的并非是发现干扰素的人，而是一个不从事科学研究的普通人，他的名字叫弗腊西·戈登。现在已经知道，干扰素能战胜所有由病毒引起的感染，包括水痘、肝炎和狂犬病。在滴鼻剂中放入少量干扰素，还

能减轻病毒性感冒的症状。干扰素是很少几种能战胜病毒的药物之一。当病毒侵入我们的身体而患病时，我们就不得不依靠自己身体内部的天然防御物质，干扰素就是其中之一。但我们体内产生的干扰素数量非常小，所以医生希望从外部注射干扰素，增强抵御病毒的能力。

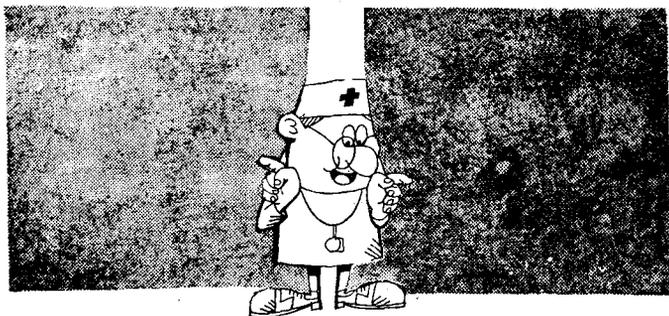
干扰素是怎样战胜病毒的呢？原来，当病毒侵入人体细胞以后，它就“接管”细胞内的“化学工厂”。在正常情况下，这些“化学工厂”制造细胞生长所需要的物质。当病毒这个“不速之客”侵入细胞以后，就强迫细胞生产病毒，而不准细胞生产人体生长所需要的物质，这就严重地破坏细胞的正常活动。而干扰素能帮助细胞完成正常的活动，使细胞不生产病毒或者少生产病毒，这样就能使由病毒引起的疾病减轻或者彻底消除。干扰素是在病毒入侵细胞以后由细胞产生的。干扰素虽然不能帮助已被病毒侵入的细胞，但确实可以保护其周围的细胞。如果干扰素跟病毒之间进行一场殊死搏斗，获胜的常常是干扰素。



干扰素的作用

有些癌症是由于病毒引起的。癌细胞生长得很快，它的繁殖比正常体细胞要快许多许多倍。注射干扰素能减慢癌细胞的生长，因此可以用这样的方法来战胜癌症。美国科学家已经用干扰素战胜皮肤癌。干扰素对成骨肉瘤、多发性骨髓瘤、黑色素瘤、乳腺癌以及某些白血病和淋巴瘤也有效。这就是世界上把攻克癌症的希望寄托在干扰素身上的原因。

当然，我们不能把这种希望全部变成现实，因为发生癌症的原因极其复杂，对它的治疗也不可能全部依靠干扰素。退一步说，即使干扰素不能促使肿瘤消退，但它防止病毒感染，对病人仍然是有裨益的。因为病毒感染对于免疫系统抑制的患者来说是致命的。用干扰素处理过的病人，就不会因病毒感染而危及生命。



干扰素——皮肤癌的克星

在美国，每年至少有 60 万人患癌症，他们迫切希望用干扰素治疗。然而，干扰素来源太少，研究人员不得不拒绝 99% 的癌症病人做干扰素治疗试验的请求。这可以说是医学界一件遗憾的事情。

干扰素严重短缺，因此价格也十分昂贵。1980 年，美国癌症学会花费 200 万美元买的干扰素，仅够 150 个癌症病人使用。倘若有谁一年能生产出一磅纯干扰素的话，价值可达 220 亿美元。

目前生产干扰素的方法是由芬兰国家血浆研究院的卡里·坎特尔博士发明的。他从血液中提取白细胞，然后用病毒去感染它，这时的白细胞就会产生干扰素。再经提纯

后,即可供药用。这里说得十分简单,但实际操作要复杂得多,而且产量低、成本高。因此要制造干扰素,不得不把目光转向基因工程,近几年基因工程已经为此作出巨大的贡献。1980年,由美国博耶和科恩创建的基因工程公司,就通过各种不同基因组合得到几种生产干扰素的细菌杂种形态。1981年,又用酵母菌生产干扰素获得成功。不久前,日本用大肠杆菌生产干扰素成功。过去,用白细胞生产干扰素,每个细胞最多只能产生100~1000个干扰素分子,而用基因工程技术改造的大肠杆菌发酵生产,在1~2天内,每个菌体能产生20万个干扰素分子。目前,美国已经采用基因工程来大规模工业化生产干扰素。

干扰素分为 α 干扰素、 β 干扰素和 γ 干扰素三种。这三种干扰素在抗病毒、免疫调节、抗肿瘤等基本功能方面是相同的。

我国在1982年就用基因工程方法组建了用来生产干扰素的大肠杆菌新菌种。它产生的干扰素跟天然干扰素一样具有抗病毒活性。同年,复旦大学遗传研究所获得人干扰素基因克隆的酵母菌株。我国的科技工作者在1983年建立了人甲种干扰素基因工程无性繁殖系,并用于生产,这说明用基因工程组建干扰素生产工程菌,我国已达到世界先进水平。在我国,干扰素已经应用于临床试验。可以相信,在不久的将来,我国将会有自己的干扰素生产工厂。

用大肠杆菌生产人的生长激素释放抑制因子是基因工程取得的又一项震惊世界的实例。1977年,美国加利福尼亚大学以博耶为首的研究小组首先取得成功。人的生长激素释放抑制因子本是从人脑、肠、胰腺中分泌出来的一种神经激素,它能抑制甲状腺刺激激素、促胃液素、胰岛素和胰高血糖素的分泌,对肢端肥大症、急性胰腺炎和糖尿病等疾患治疗作用。博耶等人用化学合成的方法制备生长激素释放抑制因子的基因,并把它引入大肠杆菌,使大肠杆菌按照人们的意愿生产生长激素释放抑制因子。

用大肠杆菌生产的人生长激素因子,是在临床上极有价值的药物。当儿童患有生长激素因子缺乏症时,身高一般不会超过1.25米。美国有一个十岁的小女孩患了此症,她在1984年服用由大肠杆菌生产的生长激素。结果长得很快,在不到一年时间内身高超过1.50米。生长激素不仅可以治疗侏儒病(即小人症),而且可以治疗烧伤、骨折、胃出血,对预防老年患者肌肉萎缩症也有一定效果。目前临床上需要的生长激素,主要是从尸体上切下的脑垂体中提取的,量很少。维持一个儿童正常生长需要的生长激素量,相当于从50具尸体的脑垂体中获得的生长激素量,可见生长激素来源的困难,因此远远供不应求。遗传工程为生产生长激素打开了广阔的道路。据报道,从2加仑(1加仑=3.785升)培养液中能获得5毫克生长激素。而过去,从五十万头山羊脑中只能获得1毫克生长激素。

过去是从胰腺中提取胰岛素的。在1978年,美国哈佛大学的科学家成功地合成人胰岛素基因,以后顺利地组合到大肠杆菌中去,同时得到表达,即大肠杆菌能分泌出胰岛素。

胰岛素能调节糖代谢,人体少了它,就会患糖尿病。治疗糖尿病的有效办法是注射胰岛素。目前,多数国家生产胰岛素是从家畜(猪、牛、羊等)的胰腺中提取,一般100千克原料只能取得4~5克,产量少,成本高。从1979年10月以后,用化学合成

的办法合成胰岛素 A·B 链基因,分别在大肠杆菌中得到表达,并在试管中生产胰岛素。1982 年,美国礼来公司开始采用基因工程菌进行生产,但表达率不高,胰岛素产量也不高,药品成本昂贵。中国科学院上海细胞生物学研究所助理研究员郭礼和,1980 年以访问学者的身份在美国康奈尔大学进修,在著名生物化学家吴瑞教授的指导下,构建了一套多功能质粒。1983 年 8 月回国以后,他和其他同事一起,运用能高效率表达胰岛素、绒毛膜促性腺激素和干扰素等多功能的质粒,开展用大肠杆菌表达上述基因的实验研究,并取得成功。这套由我国科技工作者构建的质粒,比国外先进,它具有拷贝数多、表达率高的优点,因此在大肠杆菌中表达胰岛素的产率高达 30~40%,而美国、日本等国的一般只有 1~3%,个别的达到 10%。郭礼和还从酶作用机制研究入手建立两种测定 DNA 分子结构,搞清核苷酸排列顺序的快速分析方法。这些成果都达到世界的先进水平。

乙型肝炎疫苗是预防肝炎的重要药物。据统计,全世界有肝炎带毒者的人达 2 亿多,我国属高发病区,带毒者近 1 亿人,每年发病者有 2000 万人左右。因此,严重地影响了人民健康。过去的乙型肝炎疫苗是从带毒者的血清中制备的,产量少价格贵。采用大肠杆菌生产乙型肝炎疫苗,就可以大大降低成本,它的经济效益也是可想而知的。

我国乙型肝炎基因工程疫苗的研究成果已经达到世界先进水平。如上海生物制品研究所的何葆光等人利用基因工程技术,使乙型肝炎表面抗原基因在酵母菌中获得高效、稳定的表达,为我国乙型肝炎基因工程疫苗生产打下基础。

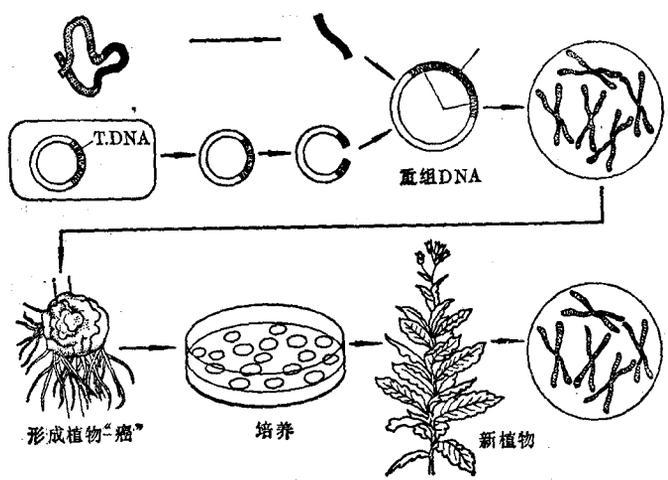
除了以上介绍的干扰素、生长激素、胰岛素和乙型肝炎疫苗的基因工程成就外,还有口蹄疫病毒抗原、流感疫苗等都可以用大肠杆菌生产。用基因工程生产出来的这些药物,有奇特的效能,所以称得上是世界上真正的灵丹妙药。随着基因工程的深入发展和广泛应用,今后一定还有更多更好的药品问世。

四、植物“癌”

有谁相信植物也会患“癌”症呢?可是,这的确是真实的。植物“癌”是大自然的杰作,是大自然这位伟大的遗传工程师的绝妙创造。生物学家于是对植物“癌”的研究发生浓厚的兴趣。经过多年的探索,终于发现植物“癌”的模式跟人类的癌模式是一样的。植物“癌”一般不叫癌症,而叫做冠瘿病。

植物为什么会患冠瘿病呢?原来是一种细菌侵入植物后,向植物细胞进行 DNA 转移的结果。因为外源 DNA 的导入,改变了植物细胞原有的遗传特性。早在七十年多年前,就有人发现,根瘤杆菌是引起冠瘿病的病因,但它的致病方式却是一个迷。直到不久前,美国洛克菲勒学院的 A·布朗以及他的同事们发现根瘤杆菌诱发植物产生肿瘤细胞,这种植物肿瘤细胞一旦产生,在它们的生长繁殖中就不需要根瘤杆菌继续存在了。这就说明,根瘤杆菌引起感受植物细胞遗传特性的永久性改变,即是使受感染的植物细胞获得象动物肿瘤细胞那样生长失调的特性。

布朗对这一现象的解释是,根瘤杆菌产生的肿瘤诱导素进入植物细胞所致。肿瘤诱导素不是别的东西,而是 DNA。DNA 导入植物细胞后,便使细胞发生永久性变化。



植物“癌”的应用

1974年，比利时两位科学家指出，他们在根瘤菌的菌株中发现大分子质粒，而这些质粒处于细菌染色体外面，是呈环形的DNA分子，它们携带有许多基因。正是这些质粒引起植物细胞的“肿瘤化”。如果根瘤菌的感染性菌株丧失质粒，就丧失诱发植物细胞肿瘤化的能力。把这种质粒引入非感染性菌株，这些菌株就获得诱发植物细胞肿瘤化的特性。

美国华盛顿大学的科学家在植物癌细胞中检出了质粒DNA，而正常的植物细胞中没有质粒DNA。这一点十分重要，由质粒DNA引起的植物癌的形成过程，跟由肿瘤病毒引起的动物肿瘤的机制是相似的。

植物癌给人们以重要的启示，既然质粒DNA能把诱发植物细胞转化为癌细胞的遗传信息带进去，那么为什么不可以请它把我们所需要的基因也带到植物细胞中去呢？例如把抗寒、抗旱、抗病虫害以及固氮基因转移到植物细胞中去，这就有可能为植物的基因工程立下一个大功劳。

大自然真是一位杰出的基因工程师，它早在人类掌握基因工程之前，就已经在操作基因工程了。

真正的植物基因操作实验，虽然做了不少，但有明显结果的却不多。跟微生物、动物的基因工程操作相比，植物基因工程的困难要大一些。因为植物有复杂的细胞分化问题，例如一个叶肉细胞里有成千上万个有活性和相互作用的基因，这些基因到了植物根的细胞里就毫无作用。这种不表达的现象，在农作物里司空见惯。要想使基因工程在育种方面有所成功，就必须研究有关控制基因的表达因子。由于诱导细胞转化的方法有了发展，研究农作物的遗传转化以及具体操作，最近也获得进展。瑞士弗里德里希·米夏研究所的托马斯·霍恩博士和巴拉巴·霍恩博士夫妇不久前在一次国际学术讨论会上宣布。他们使用一种可进入细胞的病毒——菜花花叶病毒作载体，成功地把大肠杆菌基因重组到植物中去，这是一种具有实用价值的遗传基因拼接技术，受到人们的注目。霍恩夫妇把菜花花叶病毒的遗传基因的长链切下一段，并把从大肠杆菌上取下的可制造特殊酶的遗传基因拼接在长链上，把这种脱氧核糖核酸（DNA）涂在一种类似茺菁的植物

79
21世纪中学生物、地理创新教学实验设计与探索全书

叶子上，DNA 就进入叶子的细胞中去，在那里复制表达。大肠杆菌的遗传基因就在植物叶子里起作用了。这一技术有两大特点。第一，可以对生长在地面的植物直接进行基因重组（又叫基因拼接）。第二，比较安全可靠，可不让拼接过的菜花花叶病毒的 DNA 扩散到自然环境中去。

如果这一技术能在其他植物叶子上同样有效的話，那么植物基因工程无疑会取得许多意想不到的收获。植物基因工程找不到理想载体的年代将变成历史。一大批抗病虫害、抗寒、抗旱又高产的农作物品种将会问世。例如，不久前比利时科学家应用基因工程培育出抗虫害的烟草新品种。人们早就知道苏云金杆菌产生的毒素能杀死昆虫的幼体。比利时科学家把控制产生这一毒素的基因转移到烟草细胞中去，用这些细胞培养形成的植株便表现出对昆虫幼体有很强的杀伤力。吃了这种烟草的昆虫幼体在 48 小时后就全身麻痹，三天内死去。尤其令人兴奋的是，烟草这种抗御虫害的特性还能一代一代遗传下去。

当植物基因工程刚刚在世界上兴起时，即七十年代初，我国的周光宇教授也在国内研究植物基因工程，找到了植物基因工程研究的理论和技术，这就是把外源基因导入受体植物的可能性和现实性，使它表达和遗传。1978 年，周光宇教授跟她的同事们一起，进行把外源基因导入棉花的实验研究，在此基础上，他们又把棉花枯萎病抗原 DNA 导入感病棉株，当年就获得具有抗性的棉花种子。即使在病田中，子代棉株的产量也比原受体感病品种产量提高 50% 左右，并且保存原品种的一般性状。这说明，周光宇教授及同事们对 DNA 导入技术的应用非常成功。他们的成果在国内外引起较大反响，受到好评。

五、奇妙的化工厂

一提到化工厂，你就会联想到高大的烟囱，密布的输道管，各种刺鼻的气味。现在的化工厂由于不断地排放大量有害气体，不得不搬迁到离城镇较远的郊区去。

在化学工业中，基因工程难道也有用武之地吗？有，而且还有可能代替化学工业。在有机合成工业中，这种可能性就更大。

要使基因工程进入化学工业，必须找到适合在化学工业中起催化作用的生物，并且能生产人们所需要的物质。用生物工程组建的工程菌能承担这一重任。

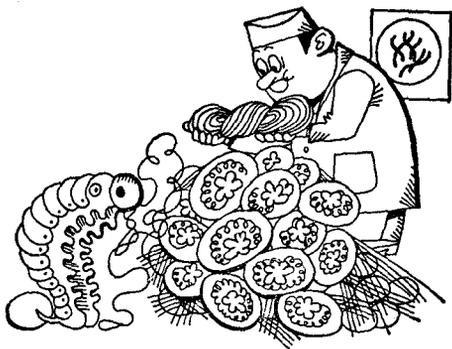
为了摆脱石油紧缺的困境，人们希望利用丰富的生物资源来生产一些化工原料，如甲烷、乙醇等。

不久前，有人把霉菌淀粉酶基因引入到大肠杆菌中去，并使它表达。这样，大肠杆菌就能使淀粉变成葡萄糖了。实验继续深入下去，又把淀粉酶基因转移到酵母单孢菌细胞内，使酵母单孢菌细胞直接利用淀粉生产高质量的乙醇。这样，就能避免通常的高压蒸煮，大大节约能源，比用化学合成法生产乙醇大约节省能源 60%，而且能缩短生产周期。

英国帝国公司正在利用 DNA 重组技术，使原来用以生产单细胞蛋白的嗜甲基杆菌产生出更适合于工业加工的聚羟丁酸酯，这是一种很好的合成纤维原料。因此，用细菌

产生的合成纤维织成布、做成衣服的时代不会太远了。更有大胆而富有现实感的计划是，日本、美国的基因工程师们正在努力把家蚕控制形成蚕丝的丝心蛋白基因在大肠杆菌中得到表达，以求在发酵罐中捞取蚕丝。如果实现这一步，那么由我国古代劳动人民首创的蚕桑缫丝业将会彻底改变面貌。

化工工业设备常常跟高温高压分不开。利用基因工程培育出的工程菌，它们不需要高温高压，在常温下就能生产一些化工产品，这一点有很重要的意义。日本、美国已用两个固定化酶体系把烯烃变成环氧烷类，所耗费用只有合成法的一半。日本用酶法生产脂肪酸已经达到工业生产规模。在常温的物理条件下运转，可节省能源，简化设备，减少污染。在通常情况下，要想得到化学结构复杂的有机物质，用化学合成法常常十分困难。但这对形形色色的生物来说却是轻而易举的事。开发基因工程的工程菌是极有希望的。从理论上讲，大多数工业有机化学制品都可以通过生物过程来生产。



从发酵罐中捞取蚕丝

基因工程在化学工业方面的应用，还可以举出不少例子，这里就不一一列举了。人们完全可以乐观地相信，在今后的10~20年内，制造油漆、塑料和农药的原料，将可以工业规模由细菌来生产。

由基因工程改造的微生物用于化学工业有许多优点：

1. 充分利用再生资源。淀粉、糖、纤维素等生物物质可以用作有机化学合成的原料。只要这些资源管理得好，就能持续而稳定地为工业提供廉价的原料。
2. 不需要高温高压条件。化学工业生产往往在高温高压下进行，这就要消耗大量的能源，还容易发生事故。利用工程菌，条件好得多，在常温常压下就可以生产。因为维持细菌生命的条件要简单得多。
3. 生产过程简化。运用生物来生产，只要一步反应就能完成，而化学合成需要多步骤反应才能完成。前者就是我们所说的直接法生产过程。在生物体内的反应，有多种酶起作用，蛋白质、脂肪、淀粉的分解就是这样，生化合成反应也是如此。这就省去了为分离、精制而设立的中间工艺过程，大大减少投资，为降低成本创造了条件。
4. 减少对环境的污染。生物学过程实质上是一种特殊的生物催化反应，可以控制生成物。生物体内的反应又都是专一的，生产的生物制品也是专一的，这就大大减少污染物的生成。用工程菌装备起来的化工厂，是任何传统的化工厂无法比拟的，是完全崭新的奇妙的化工厂。

六、基因治疗

基因工程在医学上的应用前途充满光明。这是因为，人类患的遗传病多达三万种左

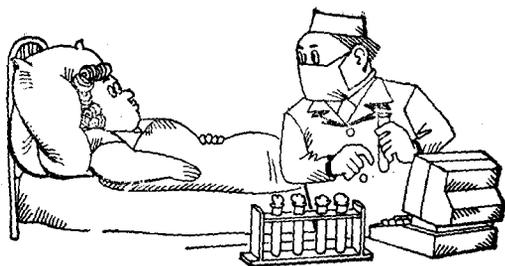
右, 遗传病的病原是基因出了问题, 用药物是无法根治的。如果用基因工程技术把致病的基因“切割”下来, “镶嵌”上正常的健康的基因, 就能治好遗传病。为什么这样可以治病呢? 原来在人体内能合成五万种以上的蛋白质, 一种蛋白质至少是由一个基因控制的。如果基因发生突变, 它就会合成异常结构的蛋白质。蛋白质结构异常, 功能随着改变, 相应地出现病变。当基因正常之后, 就能合成正常的蛋白质, 蛋白质的功能正常, 人也就不会出现病了。科学家把这种功能正常的基因, 通过基因工程的办法加入或替换某种突变的基因, 来治疗遗传病, 这叫做基因治疗。

研究基因治疗所取得的成就是异常鼓舞人心的。例如, 有一种遗传病叫半乳糖血症, 这是因为患者失去一个基因, 这个基因是控制 1-磷酸半乳糖尿苷转移酶的。缺少这种酶的人, 即患有半乳糖血症的病人, 半乳糖不能正常代谢形成葡萄糖。它在生成 1-磷酸半乳糖后, 在患者的红细胞中积累起来, 于是出现一系列的严重症状: 肝脏肿大, 眼睛出现白内障, 生长迟缓, 智力发育受到阻碍。病情严重的还会引起死亡。

1971 年, 美国科学家曼里尔用一种带有大肠杆菌半乳糖操纵子的 λ 噬菌体去感染患者的离体培养的成纤维细胞, 结果发现这种细胞获得利用半乳糖的能力。这说明导入的导源 DNA 在病人的细胞中也可以表达, 预示基因治疗半乳糖血症的可能性。

再如, 高精氨酸血症也是一种遗传疾病, 患者的症状之一是血液中的精氨酸浓度过高。这是因为血液中缺少精氨酸分解酶所致。1971 年, 联邦德国科学家把含有精氨酸分解酶基因的病毒 (对人并无致癌作用) 注射到患者体内, 使患者血液里的精氨酸浓度降低 20%。

最叫人高兴的是, 基因工程还可能是“癌”的克星。现在已经证明, 癌是致癌基因激活造成的。例如有人把来自兔的 β -血红蛋白基因注射到小鼠受精卵的核内, 再把这种受精卵放回到小鼠输卵管内发育, 生下小鼠。结果发现, 这种小鼠的肝细胞中有兔的 β -血红蛋白基因和兔的 β -血红蛋白。有的科学家把小鼠的一种基因启动因子和大鼠生长激素结构基因同时注射进



基因治疗

小鼠受精卵的前核中, 由此发育得来的一部分小鼠带有可表达的大鼠生长激素基因, 所以明显地比对照鼠长得大。这就为基因治疗展现可喜的前景。

早在十九世纪七十年代就发现一种皮肤疾患——着色性干皮症。患者的皮肤对阳光特别敏感, 发生强烈的色素沉着, 很容易恶变为皮肤癌。它是一种隐性基因造成的遗传疾病。患者跟正常人不同的是皮肤细胞中缺乏一种能够修复因紫外线辐射损伤的核酸内切酶。1975 年, 日本学者冈田用噬菌体 T_4 (含有核酸内切酶) 感染患者的离体培养的皮肤成纤维细胞。结果, 成纤维细胞获得抵抗紫外线的能力。

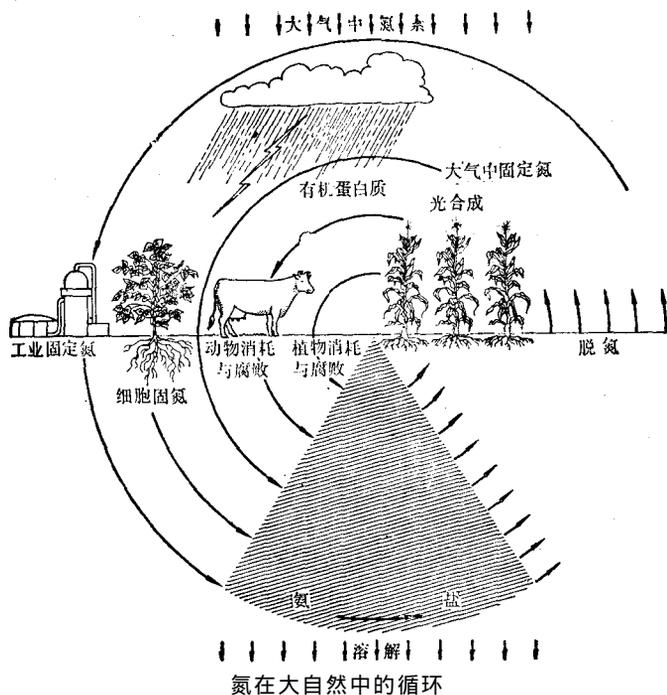
从理论上说, 既然癌症是致癌基因造成的, 那么用正常的健康基因代替致癌基因, 一切癌症都可以得到治疗。当建立人类的基因文库之后, 可以很方便地从文库中钓取所需要的基因。这样, 在未来的医院中, 完全有可能设立一个基因治疗科, 专门为遗传病

患者或癌症患者进行基因手术。当然基因治疗绝非一件轻而易举的事，在它的征途上还要突破许多技术难关。人们相信，这些难关可以突破，基因治疗也一定能成为现实。

七、固氮稻和超级鼠

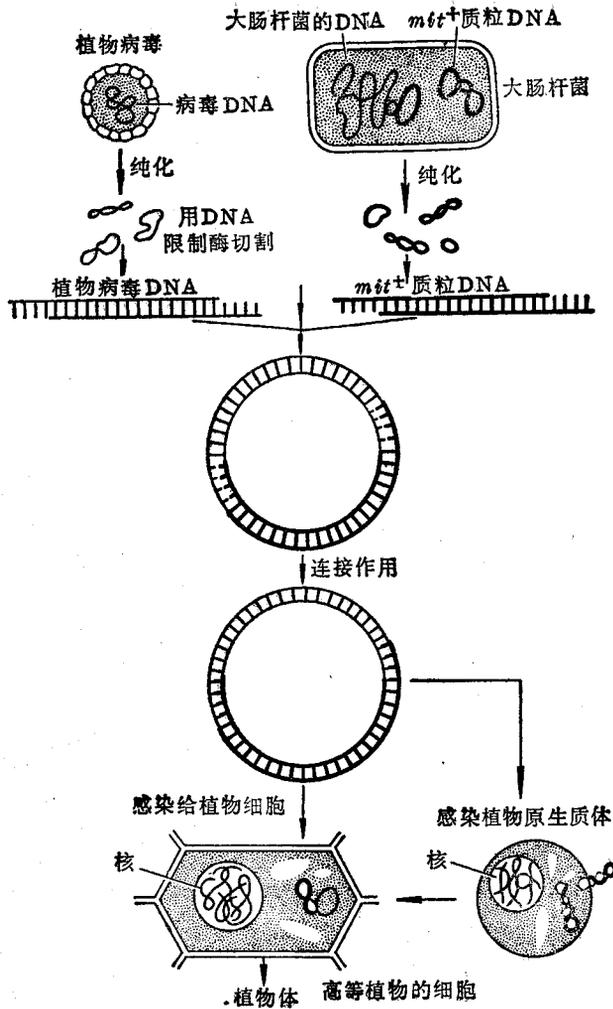
把基因工程应用于农业，应用于高等动植物，是开发基因工程的主要目标。

古老的农业是人类最基本的生产活动。“国以农为本，民以食为天”。没有农业生产，人类就无法吃饱、吃好。因此，把基因工程应用于农业，培育各种优良的农作物品种、家畜品种，是当今一项重要的研究课题。例如，农作物的收成好坏常常和天时、地利、人勤有关。但农作物有没有抗病、抗旱、抗寒的品性，同样十分重要。一种有抗病害特性的农作物（如水稻），在遇到病虫害时，它的产量往往会比无抗病害的产量高 20~30%，即使对照组颗粒无收，它仍然可以有收。所以遗传育种家把培育优良农作物品种的希望寄托在基因工程上是完全可以理解的。



基因工程在农业上的应用，其中最大胆、最富有魅力的设想，是企望通过固氮基因转移来解决非豆科作物的肥料问题。在大自然中，豆科植物是不需要施氮肥的，如大豆、豌豆、紫苜蓿等。种过大豆的土地再种水稻，就可以少施或不施氮肥了。这是因为大豆的根瘤菌能把空气里的游离氮固定并留在土壤里的缘故。可是水稻等非豆科植物却没有这种本领，它们不能跟固氮菌共生，没有间接固氮能力。因为相当多的农作物都不能固氮，要想获得丰收，只能大量施用含氮肥料，特别是化肥。世界各国为了满足农业上的需要，建立了许多氮肥厂，这不仅投资可观，而且要消耗大量能源。像美国这样工业发达的国家，农业也是第一流的，从事农业生产的人仅占美国总人口的 3~4%。美

国农用化肥生产是以石油为基础的，所以，美国的农业又叫“石油农业”。石油农业是高能耗农业。如果能解决农作物的固氮问题，就可以大大减少石油的消耗。



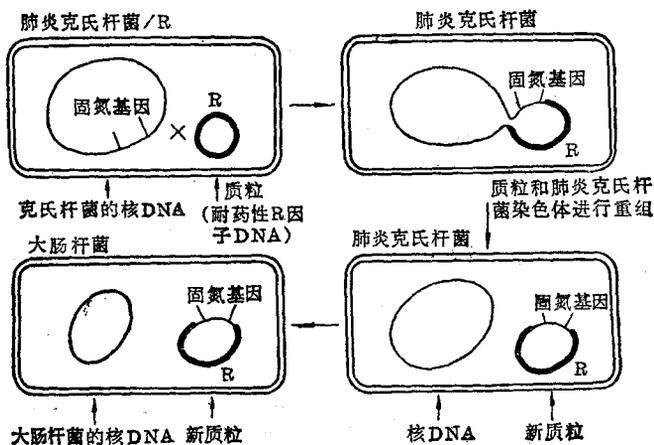
用大肠杆菌进行的基因工程

基因工程专家正在通过基因工程，把豆科植物的固氮基因转移给水稻一类农作物，这样可以不施或少施氮肥，既可以使粮食增产，肥沃土壤，又可以节约能源，减少物力和人力的消耗。

固氮菌为什么能固氮呢？究其原因它是它有固氮酶。固氮酶促使氮分子合成氨的化学反应顺利进行。固氮菌体内所以能产生出固氮酶，又是受固氮基因控制的。

因此，生物工程专家对固氮基因能否转移到水稻等禾本科植物中产生浓厚的兴趣，纷纷进行研究，希望能在不长时间有所突破，对农业生产作出贡献。

前几年，美国萨斯克斯大学的波斯特盖特等人利用 R 质粒（一种耐药性因子）成功地把肺炎克氏杆菌的固氮基因转移给没有固氮能力的大肠杆菌，并得到表达，近几年，在不少远缘菌种间也实现固氮基因的转移。因此，下一步是如何实现把固氮基因转



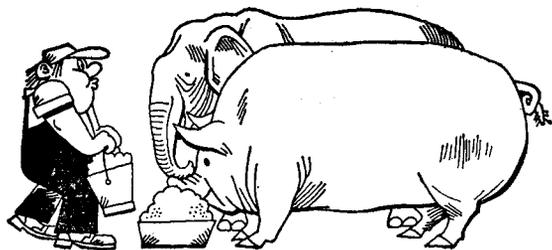
固氮基因遗传操作图

移到非豆科植物根细胞中的问题了。在大肠杆菌中可以做到的事，要在高等植物中也做到，在理论上讲是行得通的。但是，把固氮基因或带固氮基因的质粒成功地导入植物细胞后，未必能表达。即使表达了，固氮酶也未必能跟植物细胞中的电子传递系统建立良好的关系。而且，固氮酶只有在严格缺氧条件下才能行使固氮机能，因而植物体内部的结构和新陈代谢系统也必须作出相应的改变，这些都是相当艰难的。因此，使固氮基因转移的愿望，还要通过一段艰苦的探索路程才能实现。但人们可以相信，困难定能克服，固氮工程一定能实现。

把基因工程应用于畜牧业的一个令人鼓舞的实验是，1982年12月报道：美国索尔克研究所的罗·伊文斯博士领导的研究小组，把试验用大白鼠的生长激素基因转移到小白鼠受精卵中，然后把卵重新植入母鼠子宫内，结果孕育成相当于普通鼠两倍大小的“超级鼠”。经分析，大大增大的仔鼠完全是由于它们处在受精卵时就接受特别生长激素基因的缘故。如果把这一方法应用于羊、牛、猪的身上，结果又将怎样呢？很可能培育出许多超级家畜，猪有象那么大，羊有牛那么大，鼠有狗那么大。这样，我们便可以以两倍或十几倍的增长速度来发展畜牧业了，人类再也不会因缺少蛋白质而担忧了。

这实验告诉我们，基因工程将引起现代畜牧业的革命。

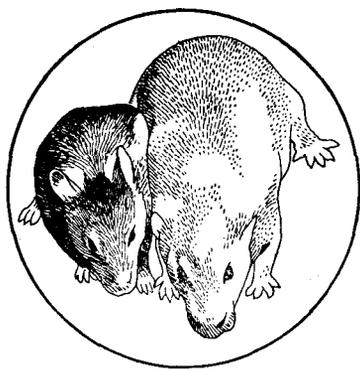
许多人都确信，基因工程的发展正在掀起一场新的农业革命，它的意义会超过先前的“绿色革命”。美国的一些科学家认为，基因工程是第三次农业革命的开端，它将改变有机农业结构，并大幅度提高农业产量。第一次农业革命是畜力代替人力进行耕种。第二次农业革命是农业机械代替畜力，同时在灌溉、施肥、防治病虫害、杂交优势利用等方面采用许多新技术。第三次农业革命，就是重组DNA技术的应用。1982年在日内瓦召开的一次遗传工程学术会议上，一些专家认



嗨！多大的猪

重组DNA技术的应用。1982年在日内瓦召开的一次遗传工程学术会议上，一些专家认

为：“到1996年，遗传工程应用在农业上的经济效益要比用于医药上的收益大十倍。”正因为如此，农业战线已成为应用基因工程的最活跃的领域之一。“大豆米”和“向日葵”就是由遗传工程培育出来的新品种。据说日本有人把大豆的遗传基因转移到水稻细胞中去，经过试管培养长成植株，稻谷的特性发生奇妙的变化，米粒中既含有高淀粉又含有高蛋白质，成为一种极好的水稻优良品种。美国科学家把菜豆的遗传基因通过根瘤菌细胞转移进向日葵细胞中去，结果产生具有特殊风味的“向日葵”。可见用基因工程培育新品种要比传统的杂交办法先进得多，快得多。对此，全世界的人都密切关注着基因工程所取得的每一个成就。



超级鼠

八、出色的“小矿工”和“小巨人”

世界上最出色的采矿工人是谁？或许你回答不出来。现在可以告诉你，是细菌。用作采矿的工程菌，才是功效最大、干得最出色的“小矿工”。这可不是奇闻，不信的话，请看事实。

利用细菌冶金，不仅能降低能源消耗，减少投资，而且能大大减轻对环境的污染。有一种专门以硫离子为食物的氧化亚铁硫杆菌，不久将会从事煤脱硫和从废水中回收贵重金属或有毒金属的工作。在加拿大、爱尔兰和南非进行的可行性试验已经表明，这种细菌可以从各种硫化物矿石中提炼出铜、锌、铀和金，生产费用低于传统的冶炼方法。细菌冶炼法，被看成是从低品位矿石中提炼铜和铀的最优方法。

金属的冶炼是一个复杂的高能耗过程，它先要从岩石中采掘出不溶性的氧化物或硫化物矿石，然后通过冶炼由化学反应还原成纯金属。冶炼是耗费能量最大的一道工序，目前采用熔炼法和化学浸提法两种方法。前者需要高温，有时还需要高压，用于高品位矿石。后者效率较低，时间长，用于低品位矿石。这两种方法成本都较高，因此，迫切需要技术革新。有谁相信，微小的细菌能在这方面起作用呢？氧化亚铁硫杆菌是生长在矿床中的一种微生物。尽管金属离子对大多数细菌有剧毒作用，但在自然界中确实有少数菌种进化成能吃金属离子的菌种。氧化亚铁硫杆菌就是其中的一员，它能使金属跟硫离子分开，把硫化物输入细胞，并氧化成易溶性硫酸盐。硫酸盐可以从细菌体内被排泄出来，这就很容易回收了。美国用这种方法每年生产25万吨硫酸铜，这些数量可以满足联邦德国需铜量的三分之二。世界上最简单的炼铜法莫过于此，只要把含铜的矿石倒进水池里就行，余下的事就由氧化亚铁硫杆菌去处理。

加拿大还开发成功一种利用氧化亚铁硫杆菌和银催化剂冶炼铜的工艺。好几家采矿公司对它极有兴趣，已投资50万美元，计划用两年时间建造一套工业规模的反应器，以期投入生产。用这种方法生产铜，效率很高，能在普通矿石中把95%的铜提炼出来。



细菌冶炼金属

经过核算，用这种方法生产铜，每千克的成本是 12~15 美分，而日本冶炼厂每千克铜的成本约 17 美分。据国外报道，细菌冶炼法可用于美国和加拿大开采的全部高品位铜矿，这无疑是采矿史上的一大创举。

虽然氧化亚铁硫杆菌能在有多种金属存在的环境中生长，但是它增殖得很慢。如果在含有砷、铅或者其他金属矿存在的环境中，氧化亚铁硫杆菌的生长就更加慢了。因此，采矿冶金学家不得不向遗传工程专家请教，希望通过基因工程来改善氧化亚铁硫杆菌耐富金属的特性。这样就能让那些“小矿工”在冶炼金属中具有超凡的本领，更能实用化。

目前对氧化亚铁硫杆菌的遗传特性了解不多，但已经发现好几个氧化亚铁硫杆菌的菌株，这些菌株中的质粒看来具有携带耐富金属密码的基因。把这种质粒移植到大肠杆菌中去，使大肠杆菌变成善于冶炼金属的“矿工”。这样效率就可以大大提高，因为大肠杆菌的繁殖能力很强。如果让这些“矿工”去从事冶炼金属的话，一定干得十分出色。

通常提取金的办法是，把含金的砷黄铁矿石或黄铁矿石磨碎成细粉，经浮选富集，在熔炼炉中加热，除掉砷、铁和硫等物质，然后用氰化物处理矿石而获得金。这种方法的效率高，能回收矿石中 86% 的金，但有很大的缺点，即在提炼过程中会产生大量含砷和硫的有害物质。现在可用一种耐砷的氧化亚铁硫杆菌来提炼黄金，它既能消除有害物质，又能使 90% 的金开采出来。这一方法的成本低于传统的化学法。

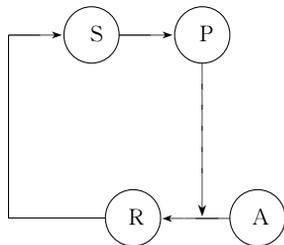
利用细菌炼铁，也是大有希望的。在自然界中有一种磁铁细菌，在体内含有磁性铁。这是因为它从土壤中吃“铁”的缘故。科学家正在计划把它体内的嗜铁基因移植到大肠杆菌体内，让大肠杆菌成为炼铁的菌种。这样，世界上许多贫铁矿就可以采掘了。

从照相馆的废液中回收银，也可以用细菌法。从矿区的废水中回收铀，不久也可以由细菌去干了。比利时的科学家利用氧化硫细菌从试验废水中分离出 90% 的铅、锌、铜、镉和钴，取得了明显的经济效益。

细菌用于煤的脱硫是很有前途的。煤粒中的硫大部分以硫化铁的形态存在，硫化铁是氧化亚铁硫杆菌最容易利用的矿石。因此，这些细菌可以去掉煤中的硫。不含硫的煤可以大大减轻对周围环境的污染。氧化亚铁硫杆菌同样可以脱去石油中的硫。

如果遗传工程师在改善氧化亚铁硫杆菌的遗传特性方面取得成功，那么，细菌浸提矿石法就一定彻底改变传统的采矿冶炼工艺。

杂生物，都无例外地是由细胞构成的。细胞的一切活动完全受基因控制。基因是生物体遗传和变异的根据。每个基因通过 mRNA（信使 RNA）传递给细胞合成工厂——核糖体，再由核糖体控制细胞内各种蛋白质的合成。人类至少有 5 万到 10 万个基因，它们为细胞的生长、分裂、分化和形态发生等一系列生命活动提供大量的控制信息。大肠杆菌细胞内的蛋白质种类有 3000 种以上，其中有催化作用的酶有 1100 种之多。这就说明，一个小小的细胞里能进行几千个生物化学反应。如果这些酶同时发生作用，细胞也会发生“爆炸”了！事实上从来不会出现这种情况，这说明细胞正常而有秩序的活动是处在高度严格控制下的。基因工程正是为了实现人类对基因控制而诞生的。人们用基因工程改造大肠杆菌，使大肠杆菌生产胰岛素、生长激素和干扰素等物质。就控制系统说，这种控制是一个简单的反馈环。基因（S）对酶（P）进行编码，而酶催化产物（A）转化为新的产物（R），R 又干预基因（S）的表达。一个基因表达，通常依赖于另一个基因产物的存在与否，有时也取决于自己的产物。这是我们在实现对细胞的基因控制时必须注意的事。



基因控制示意

细胞生长的控制 从一粒种子长成一棵植株，由一个鸟蛋变成一只鸟，没有细胞的分裂、分化和形态发生是不可能实现的。细胞分裂速度依赖于细胞内大分子物质的合成速度，而后者又取决于基因的调节水平。只要我们实现对细胞生长的最佳控制，就能控制细胞的分裂。

拿恶性肿瘤为例，它的生长周期比较短，它增殖一代的时间比正常细胞增殖时间少 5%。不要以为这 5% 不大，它却严重地影响细胞群体的数量。在一个肿瘤病人身上切除的几千克以至更重的肿瘤，不正是这 5% 造成的吗！现在，我们已能通过杂交瘤技术，利用肿瘤细胞的高速繁殖特性来生产抗体。如果我们把肿瘤的快速繁殖特性在基因工程菌上表达，这不是又能大大提高工程菌的繁殖速度了吗？我们一旦实现对癌细胞生长的控制，便能最后战胜癌症。

目前控制癌症的设想不少。如彻底切除人体组织的癌变细胞，一旦发现肿瘤，做一次彻底切除手术，当然这一手术务必做到除恶务尽。关于这一点，医生已经可以根据癌细胞的扩散模型准确地计算出癌细胞已扩散到什么部位，有多大的范围。这样，在切除肿瘤细胞时能保护正常细胞，使正常细胞免受损伤。如果计算的结果告诉我们癌细胞已经扩散到机体无法切除的程度，那就要考虑用药物治疗，这样也可使病人免受手术之苦。另一种控制的办法是对癌细胞，即发生“故障”的机体元件进行修复。这一途径涉及如何通过调节细胞内的生长控制因子的活动或者从细胞外环境输入控制信息，使癌细胞从异常的生长状态转到正常生长的稳定状态上来。第三种办法即间接更换癌变组织。现在发现，不少化学物质能有效地杀伤正在分裂的癌细胞，但是难消灭暂时还处在静息状态的细胞（即还没有完全癌变，但已经有潜在可能性的细胞）。原因是静息状态的细胞代谢水平较低，对化学药物不敏感。从预防癌症发生的角度看，决不能放过静息状态细胞，它们正是癌症病灶转移和复发的祸根。为了彻底清除癌细胞，可以诱发静息癌细胞活跃起来，然后用药物消灭。

机体衰老控制 “人活百岁，总有一死”。人是会死的，这是任何人都无法抗拒的。能不能使人的寿命长些，让死亡的日期推迟？这是完全可以做到的。这就是要控制人的衰老。

一个有机体会衰老，跟构成该机体的细胞和亚细胞水平上的功能变异有关。例如，人们作动物细胞体外培养时发现，动物的年龄越小，细胞的增殖能力越强；动物的年龄越大，细胞的增殖能力越弱。这就是为什么小孩的皮肤、肌肉、骨骼在碰伤后很容易再生愈合，而年纪大的人在碰伤后很不容易恢复的道理。有人试验用早衰的人的细胞在体外培养，发现细胞的繁殖能力比健康人细胞的繁殖能力要差得多。这一些都表明人体内细胞的增殖速度随年龄增大而递减，这是判断衰老的重要标准。我们能不能设想，通过控制细胞分裂的速度，在年轻时让体内细胞增殖得慢一些，而到老年时使体内细胞增殖得快一些，这样来调整人体细胞的总数，使它处在平衡状态，来达到推迟衰老的目的？当然，作为一个复杂的有机体，控制衰老不能只是简单调整某组织或某部分细胞的分裂和死亡速度之间的动态平衡，还必须协调有机体各个系统。我们知道，生命有机体是一个有序的系统，一旦有某一部分变得无序，就会生病了。从这一意义上说，衰老就是人体从有序向无序转化的过程。生物进化是如此，个体发育也是如此。为了维持生命有机系统的有序性，不得不从周围环境中吸收营养物质和能量，并转化为机体的一部分。这就是我们常说的新陈代谢。新陈代谢停止了，一个人既不会呼吸，也不能吃任何东西，生命也就停止了，有机体随之解体。因此，人的一生就是无序→有序→无序的过程。

控制衰老，就是维持细胞、组织和系统的结构和功能的有序性。据说美国有一个奇人，因病不能吃不能喝，居然活得很好，能像正常人一样上班，甚至打篮球。他为什么能活下来呢？是因为每日早晚两次进行体外补液，即把人体需要的各种营养成分配成营养液输入血液，来维持他的有序性。

以上所说的，归根到底是通过基因控制来控制生命有机体的生长、衰老。生命科学发展到今天，已经为实现这种控制奠定了理论和方法基础。

细胞工程

细胞工程，简单地说就是以细胞为单位的开发技术。即用细胞生物学方法对细胞进行改造、培养，让细胞按人们的意愿生产人需要的东西，或者由改变细胞的遗传物质来培养新的生物品种。通常认为细胞工程包括细胞融合、细胞核移植、细胞器移植、染色体添加、外源 DNA 导入、胚胎移植和组织培养等技术内容。一般说，用细胞工程的技术来改造和创造新生物，比起用基因工程技术来稍为容易些，它毕竟是细胞水平的技术（基因工程是分子水平的技术）。在今天，细胞工程已是生物学家手中经常应用的技术之一，在这个领域已经取得许多惊人的成就。

一、牛柿？薯柿！

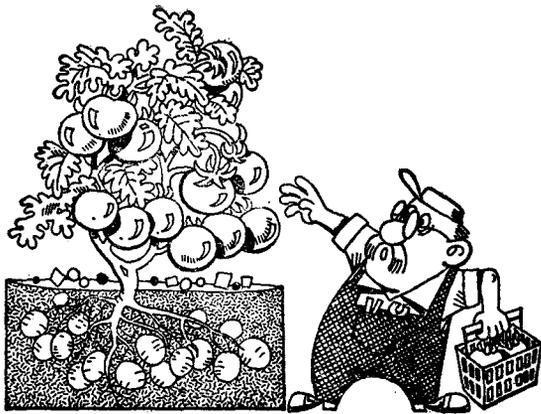
事情发生在 1983 年。这一年有一件科学新闻报道，在世界上引起一阵不小的震动，至少在生物界产生不大不小的疑虑。就是在英国《新科学家》杂志（4 月号）上说，汉堡大学生物系的麦克道尔和威廉温普教授，根据他们的设计，创造一个由动植物细胞杂交而形成的杂种怪物。他们用一头公牛身上的细胞跟一株西红柿的体细胞融合，形成的杂种细胞分化后长成一株植物怪物。杂种的株形很像番茄，但外皮坚韧，好像皮革。田间试验显示，这株杂种植物的花器适合昆虫授粉。受精以后，花器发育而形成一些特殊的饼块状果实。对果实进行生物化学分析，发现番茄果实薄薄的外皮中间含有动物性蛋白，有牛肉味道。于是，这两位科学家把这株特殊的番茄叫做牛柿。就是说它是由公牛细胞和西红柿细胞杂交而成的。

这则报道是不真实的。因为英国每年的四月 1 日是愚人节，在愚人节跟任何人开玩笑可不受指责。这家杂志跟读者开了一个玩笑，用这个虚构的科学新闻欺骗读者。事情是过去了，在当时确实有许多人信以为真。就连生物学家也担心有一天在地球上会冒出许许多多的怪物来。例如让鱼的细胞跟人的细胞融合起来，培育出一条真正的美人鱼来，或者让狮虎豹的细胞融合起来形成一头怪兽来。

牛柿的报道本身不值得去研究。但从生物技术，尤其是细胞融合技术的角度看，体细胞融合而形成杂种是完全可以实现的。世界上这方面的报道不少，已不足为奇。问题

是要让杂种细胞发育出完整的植株（或动物），就不那么简单了。

七十年代末，联邦德国的科学家成功地把两种不同的植物——马铃薯和西红柿的体细胞融合在一起，获得具有以上两种植物遗传特性的新品种。融合后的杂种细胞不仅能分裂，而且能分化，发育成一株完整的植株。新品种的问世，无疑是对大自然的挑战。因为在自然界里，马铃薯和西红柿是不能杂交而形成杂种的。人们是多么希望这一杂种能在地上部分长出西红柿，地下部下长出马铃薯来！当然，到目前为止，我们还没有看到这种奇特的现象。但能形成杂种这一成就的意义是巨大的。科学家们称这个杂种植物叫薯柿。



马铃薯与西红柿体细胞融合

体细胞融合还有一个很著名的例子，即1972年，卡尔逊等人用粉蓝烟草和郎氏烟草的叶肉细胞的脱壁原生质体（植物细胞虽然可以脱掉细胞壁，但是原生质外面仍然有一层膜，以维持细胞形状，并能跟别的原生质体融合）等量混合，放在一定浓度的硝酸钠溶液中，引起不同原生质体的融合，然后把融合后的杂种细胞放在洋菜培养基上培养，分化出植物体。粉蓝烟草的叶子无柄，密生茸毛，而郎氏烟草的叶子有柄，光滑无毛。它们的氧化酶活性也不同。体细胞杂种分化出来的新植物具有两个亲本的性状。

这种体细胞原生质体融合的复杂技术，使两个不同的植物可以不通过有性过程获得体细胞杂种。这样，就能在离体条件下使植物远缘杂交，并诱导分化成完整的植株，从而在更广泛的范围内人工合成新种。

细胞融合技术打破了种、属、科之间不能杂交的自然屏障。有一个普通的例子，骡是马和驴杂交的子代，骡兼有马和驴的特性，尽管长得十分健康，但想通过骡之间的交配来繁殖骡是很困难的。在果树中，优良品种是通过嫁接得到的，例如桃、苹果等，用这些果树的种子也繁殖不出同样的桃和苹果。因此，用细胞融合的方法无疑能开拓快速培育新品种的途径。

植物细胞有壁，要使带壁的细胞相互融合通常是困难的。六十年代，由于纤维素酶、果胶酶等的发现和应用，使植物细胞变成脱壁的原生质体融合起来就容易多了。

因为微生物细胞膜的外侧也覆有壁，因此微生物细胞融合也需脱壁而形成原生质体。细胞脱壁常常在含有聚乙二醇的条件下进行。不同的微生物，如细菌、酵母菌、霉

菌等的细胞壁成分各不相同，应选用相应的细胞壁分解酶。融合后的微生物细胞，仍然在含有聚乙二醇的培养基中培养，使细胞壁再生，还原成原有的细胞形态。一般来说，微生物的融合细胞比植物的融合细胞容易培养。所以细胞融合又是微生物育种的重要手段。

细胞互相融合现象到底是怎么一回事呢？

1957年，日本科学家冈田善雄教授在培养动物细胞时加进仙台病毒，发现两个细胞凝集在一起，产生具有两个核的细胞。这一现象就是细胞融合。按生物学的一般理论认为，一切生物体的细胞应该是最排外的实体。细胞融合现象的发现，不得不改变生物学上的传统观念。进一步研究知道，当两个细胞接触时，接触部位的细胞膜组织会自行溶解，而细胞内部物质会互相流通，接着两个细胞核会结合在一块，形成一个核，外面仍然有细胞膜包裹着。细胞融合可以说是人们见到的最奇怪的事之一。你们看，鼠细胞和人的细胞居然融合在一起，形成一个杂种细胞。杂种细胞还会分裂，形成细胞群。两种不同种的动物细胞融合后，在分裂时往往会抛弃一方的染色体，逐步恢复到一种动物的遗传本性，但也有极少数的动物杂种细胞是稳定的，并不断复制这种兼有两种特性的怪物。这又是为什么呢？在科学研究中真有无穷的奥妙！

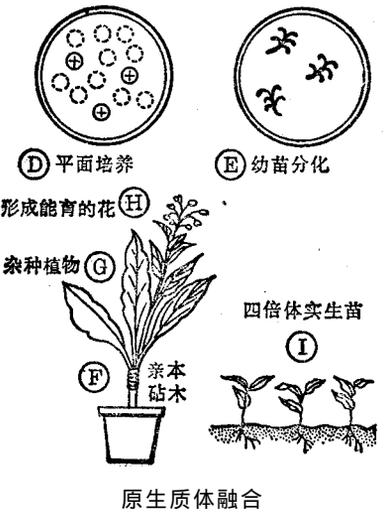
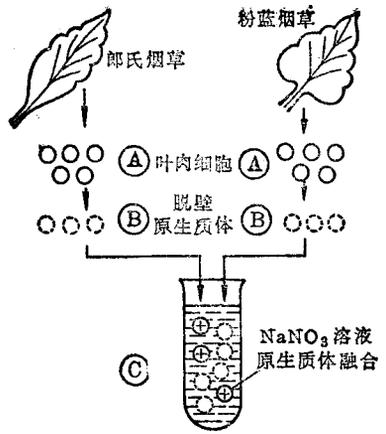
要进行细胞工程研究，必须先要得到离体细胞，并且在实验室进行离体培养。所以，我们还得掌握细胞离体培养技术。否则，就难以进行细胞核移植、细胞融合、染色体组交换等一系列实验。

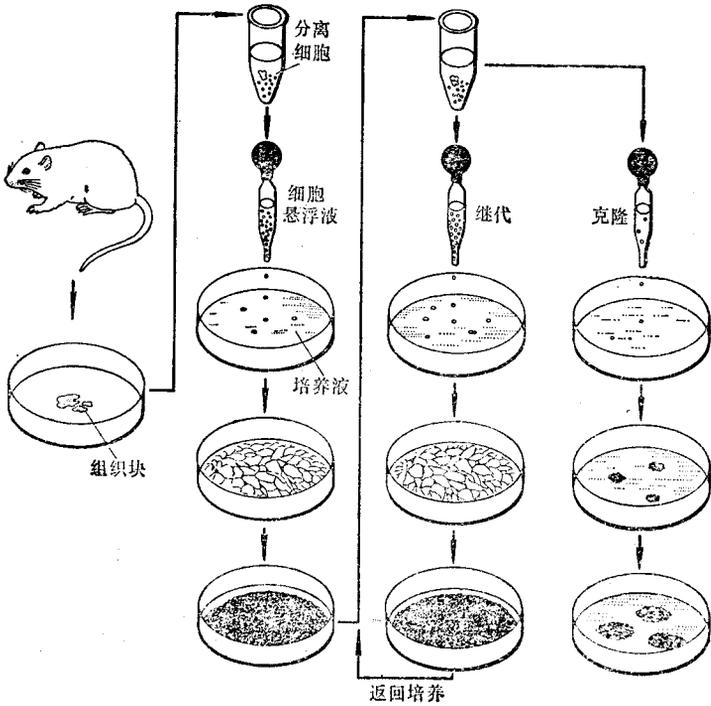
二、改邪归正的癌细胞

现在一听到癌，神经会高度紧张起来。这倒不是别的，因为癌这个字眼在人们心中早已留下可怕的形象。似乎患了癌症就无法救治。癌所以可怕，是因为癌细胞能无限度地生长。曾有从癌症病人身上切除几十千克肿瘤的报道。如果不切除掉，它还会长下去，直到把病人折磨死。尤其讨厌的是，癌细胞在体内会转移，患肠癌的病人，说不定在什么时候在肺上也出现肿块。

癌细胞的这一特性，在病人身上是有百害而无一利的。但当癌细胞离开人体后，这一特性却有可能变害为益。

在前一节，说明细胞之间可以相互融合。如果让产生抗体的淋巴细胞跟癌细胞融合起来，结果会怎样呢？这一奇妙的联想终于产生巨大的效果。1975年，英国的科学家





体细胞离体培养

米尔斯坦和柯艾勒首先创造杂交瘤技术。最初的杂交瘤是指淋巴细胞和骨髓瘤细胞融合而形成的杂交瘤细胞。杂交瘤的诞生，预示生物医学、免疫学等学科领域内的重大突破。这事引起许多国家生物学家的浓厚兴趣。杂交瘤可以用来生产单克隆抗体，于是世界上不少企业家纷纷投资，创建杂交瘤研究所。这几年杂交瘤方面的成果不断，例如把有免疫能力的小鼠的脾脏淋巴细胞跟骨髓瘤细胞融合起来，把人脾细胞跟骨髓瘤细胞融合起来，开创了用人体细胞制造单克隆抗体的新时代。

什么是单克隆抗体？杂交瘤细胞能不断地增殖，这一现象叫做单一无性繁殖系，通常叫单克隆。而这一单克隆分泌出的抗体，叫做单克隆抗体。

目前应用杂交瘤技术较多的是，把具有无限繁殖能力的癌细胞跟在体外难长期培养的淋巴细胞进行融合。为什么人们对此感兴趣呢？因为淋巴细胞内有产生抗体的B细胞和有调节免疫反应的T细胞。当B细胞跟癌细胞融合后，杂交瘤细胞能象癌细胞那样无限繁殖，又能象B细胞那样分泌特异性抗体。如果使T细胞跟癌细胞融合，形成杂交瘤细胞，也能在无限繁殖的过程中，分泌出能调节免疫反应的可溶性因子。过去都是用抗血清来制备单一特异性抗体，用T细胞制备大量可溶性因子，但都比较困难，现在可以用杂交瘤来进行工业规模的生产了。美国首先用这一技术生产单克隆抗体和淋巴因子，并首先用于诊断和治疗。现在，国际上已有几百种单克隆抗体实现商品化生产，产值有5亿多美元。

世界上已建立起数以百计的具有各种各样特异性的单克隆杂交瘤细胞系。它们所产生的抗体已经成为各个领域广泛应用的最新药品。单克隆抗体纯度高，特异性强，所以能准确地识别细胞膜、细菌、病毒、寄生虫、酶、蛋白质和激素等抗原物质的细微差

异，并跟一定的抗原发生特异性结合。这给诊断和治疗带来很大的方便。近年来，用抗癌细胞的单克隆抗体跟放射性同位素、化学药物或毒素相结合，注入体内同癌细胞结合，能在原位杀死癌细胞，而对其他正常细胞毫无损伤。这种以单克隆抗体为主的综合性药物好比是专攻癌的“导弹”，人们把这种治疗方法形象地比喻为导弹疗法。1981年有人报道，用蓖麻病毒蛋白和单克隆抗体连结起来，成为专攻癌细胞的免疫毒素，几乎能杀死骨髓中所有的肿瘤细胞，而不损伤产生红细胞和白细胞的正常细胞。

在研究生殖和避孕问题中也能采用杂交瘤技术制备特异性单克隆抗体，用来提纯和纯化性激素、精子、卵透明带、早期胚胎抗原带。有人还用杂交瘤技术取得能分泌抗孕酮单克隆抗体的杂交瘤细胞系，这样就可以制备大量的抗孕酮单克隆抗体。注射这种抗体，就能阻止受精卵在子宫粘膜上着床，达到避孕的目的。所以，杂交瘤技术已在生物学、医药等领域广泛应用，取得许多成就。

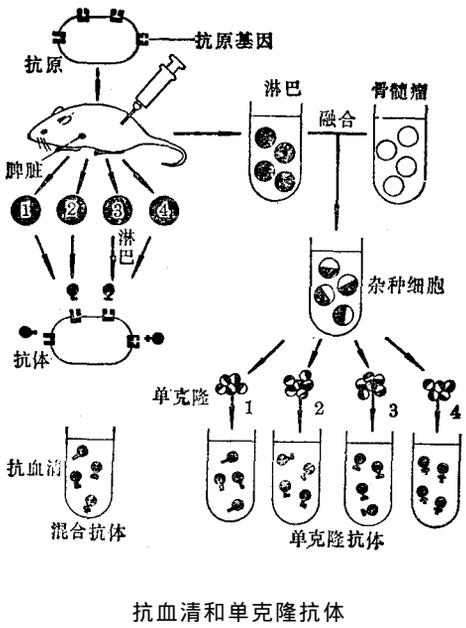
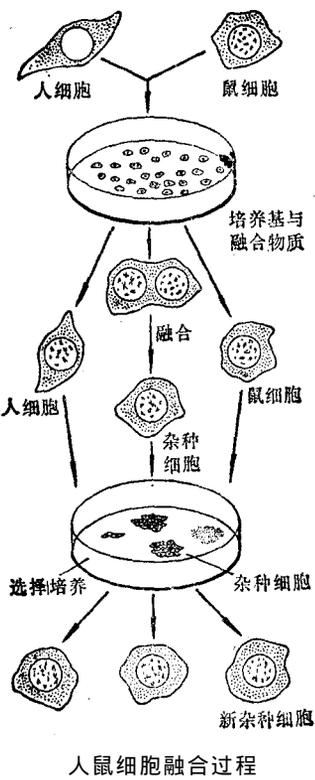
单克隆抗体在制备酶、激素和干扰素等物质中是一种十分可靠的精制工具。剑桥大学的科学家用单克隆抗体提取干扰素，使干扰素的纯度提高5,000倍。这是因为单克隆抗体不仅纯度高，特异性强，而且亲和力大的缘故。

杂交瘤技术和基因工程是生物工程中两颗绚丽夺目的明珠。在不到十年的时间里，发展如此迅速，大有迅雷不及掩耳之感。这一技术从诞生到应用于生产只有几年时间，更是科技史上不多见的。

把杂交瘤技术跟DNA重组技术巧妙地结合起来，人类将取得驾驭生命的超自然的伟大力量，推动生命科学不断向前发展。

1984年诺贝尔奖金评选委员会根据米尔斯坦和柯艾勒博士的贡献，把这一年度的诺贝尔医学生理学奖金奖给他俩，表彰他们对科学事业作出的杰出贡献。

杂交瘤的产生，使作恶多端的癌细胞得到改邪归正的机会。我们在生产单克隆抗体时，就发现癌细胞确实为人类立了一大功。



三、非洲蛙·猛犸·埃及王子

非洲蛙、猛犸和埃及王子之间难道有什么联系？有，这就是细胞工程中的核移植技术。

在三十多年前，美国费城癌症研究院的两位科学家 R·W·伯利格斯和 T·J·金，尝试用细胞核移植的办法使动物进行无性繁殖。他们从一个授体细胞中小心翼翼地分离出细胞核，把它移入同种雌性动物的成熟卵细胞中（卵细胞中原有的核已经去掉或者用紫外线杀死），让移入的细胞核来指挥整个生长发育过程，直到新的动物长成。在整个过程中，没有雌雄两性细胞的结合，是一个标准的无性过程。这两位科学家用青蛙作材料得到了蝌蚪。

到六十年代，英国科学家戈登用同样的办法成功地得到健康的小蝌蚪。值得注意的是，戈登采用的细胞核是从蝌蚪肠壁细胞中取出的。到 1975 年，戈登及其同事将青蛙皮肤细胞中的核，移入卵细胞中，培育出许多小蝌蚪，其中有一只长成蛙，即非洲蛙。

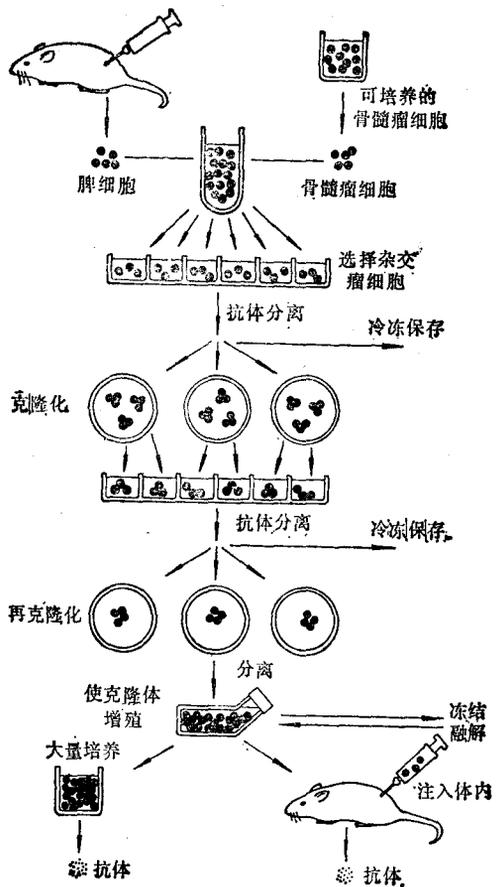
近年来，科学家研究哺乳动物的无性生殖，取得重要的成果。尽管哺乳动物的卵细胞很小，只有蛙卵细胞的十分之一到二十分之一，科学家们应用超微型手术器械，不但能打开老鼠和兔子的卵细胞，取出核，再把授体细胞核放进去。他们还做过人卵细胞的去核和植核试验。对人卵细胞的去核和植核操作，目的是为了研究癌症。

在 1977 年，再一次用核移植的办法得到七只活泼的小鼠。这一试验的成功，为培育优良的家畜品种和保存濒临死亡的动物开创了新的路子。

细胞核移植的成功，勾出科学家们许多美好而奇特的设想，其中以古猛犸和埃及王子的复生最富有魅力了。

事情还得从 1979 年说起。这一年在苏联西伯利亚地区的冻土层里发现一头古猛犸的遗体。西伯利亚地区纬度高，那里的气温很低，因此猛犸的遗体能很好地保存下来。解剖时发现，猛犸的肌肉是鲜红色的，如同宰杀不久的猪肉在冰库里保存的一样。哺乳类动物细胞核移植的成功，唤起了生物学家复活古猛犸的遐想。

猛犸的形态和大小跟现代的大象相似，全身有长毛，生活在寒冷地带。它是第四纪



单克隆抗体生产过程

的动物，根据推算，从苏联西伯利亚发掘出来的古猛犸尸体，离开现在至少有一万年以上。

假如从西伯利亚猛犸遗体上找到这样一块肌肉，使低温保存下的细胞在实验室里开始复活，细胞里的核（DNA）开始活动。那么复活猛犸就有可能了。设想的办法就是取出猛犸肌肉细胞里的核，再移植到去核的大象的卵细胞内，再把这个卵细胞放到现代母象的子宫里去，经过一段时间，母象会生下一头跟古猛犸完全一样的现代猛犸。如果可以用无性生殖的办法（即核移植）得到一头雌猛犸和一头雄猛犸的话，那么，这两头猛犸便可以进行有性生殖，繁殖后代。这一早已在地球上绝迹的动物又能出现在我们这个世界上了。这可能是真正的奇迹，细胞工程创造的奇迹。

用这一办法进行人类的无性生殖可以吗？

用无性生殖法来复制人，在各方面都比复制非洲蛙和鼠困难得多，成功的可能也遥远些。从生物技术角度考虑，处理动物的细胞和人的细胞没有什么重要区别，但在实验室中取女性的卵细胞总不能象对待雌鼠那样吧！毫无疑问，要取得女子的卵细胞还得征求她本人的同意。即使对待有志于献身科学事业的妇女，同样也要尊重人家。在取卵时要特别细致，绝不能影响妇女的健康。这里面当然有许多技术问题，还有伦理问题，都不是容易解决的。

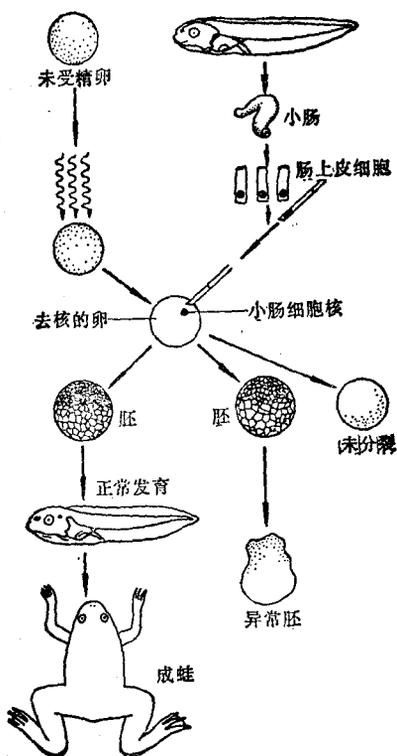
到目前为止，世界上没有人能说明用无性生殖法复制出来的人，在各方面跟受体者的特殊关系以及跟其他正常人之间的关系。

不久前，科学家发现在柏林古物博物馆中存放的第 721 号木乃伊的细胞仍有生命力。这个木乃伊是一位死在 2430 年前仅一周岁的古埃及王子的尸体。科学家认为，通过细胞核移植有可能在一位现代妇女体内生下一个“年龄”是 2430 岁的埃及王子。真是奇妙的幻想。

人类对科学事业的追求精神同样会体现在细胞工程上，在这一领域中可能会出现诸如古猛犸和古埃及王子复生的奇迹。

四、试管婴儿及其他

在过去，一个妇女因为输卵管堵塞而不能生育，是无法让她生一个活泼可爱的小宝



核移植过程



使古猛犸复生

贝的。

可是，从1978年7月25日这一天在英国诞生世界上第一个试管婴儿以来，仅仅8年时间，全世界已经有几百个试管婴儿诞生，在澳大利亚还诞生一对试管双胞胎呢！试管婴儿的诞生，给那些不能生育的夫妇带来欢乐，更是生物学家和医学家们的欣慰。

如果没有体外受精和胚胎移植的成功，就谈不上试管婴儿的问世。如果你有兴趣的话，那就请你了解一下世界上第一个试管婴儿是怎样诞生的吧！这里面可有许多令人高兴，使人忧愁的情节。现在就让我们把这一成功的探索，暂时叫作“生命之歌”吧！

破天荒地进行这一操作的，是著名的英国科学家爱德华博士。他曾经在爱丁堡大学实验室里做过老鼠胚胎移植实验，后来又致力于研究卵细胞的成熟和受精方面的问题，并取得进展。在高等灵长类动物中，爱德华博士对35只猴子作过胚胎移植。有一天，一对没有孩子的夫妇来看望他，爱德华和妻子露思发觉这对夫妇十分喜欢孩子，可是自己不能生育，原因是女方输卵管阻塞。爱德华十分同情他们，在脑子里盘算如何把人的胚胎移植到子宫里，使这对夫妇能有孩子。这对夫妇就是后来出了名的布朗先生和他的妻子。

为了慎重起见，爱德华博士作了多次实验，发现母牛、绵羊、老鼠和猴子的卵细胞都能在实验室中完成它的成熟过程。各种不同的卵细胞都可以自发地完成成熟过程，只是时间不同。猪的卵细胞跟人的一样，要36小时才能成熟，啮齿动物的卵细胞只要几小时便能成熟，牛和猴的卵细胞成熟时间介于两者之间。爱德华还发现，所有动物的卵细胞在培养液中的成熟过程跟在卵巢中的自然成熟过程是一样的。这对于进行人的胚胎移植有重要意义。因为人的卵细胞也是这样成熟的，说明人卵细胞可以在体外——试管中受精。

实验就这样开始，爱德华在所取卵细胞培养成熟的当天，将活的精子加入培养皿，但是接二连三的实验都没有受精，爱德华几乎绝望了。

正在忧虑之时，爱德华博士得到一位妇产科医生的帮助，她向爱德华提供从病人身上切除下来的卵巢组织，可避免从人体身上直接收集卵细胞的麻烦。爱德华从卵巢组织培养出12个人卵细胞，它们在培养液里都成熟了。爱德华博士把收集来的精液加入其中的9个卵细胞中，留下3个卵细胞作对照。

在显微镜下认真而又仔细地观察，发现一个精子正好穿入第一个卵细胞。当时爱德华简直不敢相信自己的眼睛。不可思议的奇迹，人卵细胞在体外受精成功了。为了让别人相信这是事实，爱德华摄下在显微镜下看到的情景。爱德华在1969年发表论文，报道他进行56个卵细胞体外受精的情况。论文发表以后，引起各方面的关注，英国报刊上用醒目的大字标题：“试管中创造出来的生命”，以示祝贺。

受精成功了，那么体外受精的卵细胞能不能发育成胚胎呢？

“世上无难事，只怕有心人。”爱德华博士把受精卵放在几种不同的培养液中培养，找到最佳的培养液。人卵细胞在受精后的一天，分裂成两个细胞，2—3天分裂成4个细胞，受精卵细胞沿着自己固有的发育路线行进，在它们成为人形之前发生一系列的形态变化。当看到这些培养胚分裂成两个、四个、八个细胞以至更多细胞时，爱德华兴奋极了。他说，从来没有像看到生命开始那样激动人心。受精卵发育到胚胎期时，是胚

移植到母亲子宫前的最后生长阶段。

当一切准备妥当，爱德华博士决定对布朗夫妇进行一次世无前例的手术。他从布朗夫人的卵巢中取出卵细胞来，在实验室中用布朗先生的精子进行体外受精。受精卵在培养液中培养到胚泡期时，移植到布朗夫人的子宫中。1978年7月25日，布朗夫人生下一个活泼可爱的女孩。这就是世界上第一个试管婴儿。这是真正的“生命之歌”。

试管婴儿的诞生引起激烈的争论。当试管婴儿研究工作在七十年代初起步时，英国一名诺贝尔化学奖的获得者就声称这种研究是哗众取宠。另一些科学家认为应该研究，实验室方法只是模仿人体内生殖系统的自然成长过程，这有什么值得大惊小怪呢？

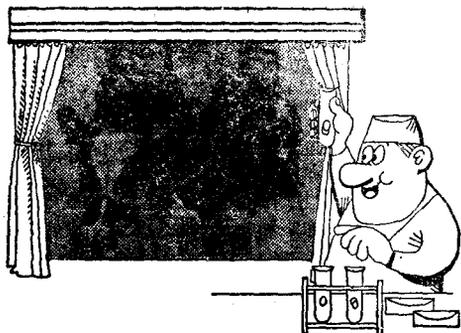
布朗先生说：“对一个被人认为永远不会有孩子的人来说，怀孕简直像奇迹一样，我真有说不出的高兴。”

至于试管婴儿问世之后的伦理问题，只好由社会学家们去讨论了。

布朗先生的孩子已经上小学，据说长得聪明伶俐，很可爱。

人居然可以在试管里培养，那么其他哺乳动物当然也可以在试管里出现了。英国科学家迪·斯特雷顿首先成功地实现小猪胚胎的移植，使一头母猪产下8头小猪。胚胎是由美国提供的，受精后4天，胚胎用飞机运往英国，移植到一头英国母猪的子宫内，在那里发育成小猪。

有意思的是，美国科学家在这个基础上进一步对牛的受精卵进行手术，使一个卵细胞得到两头牛。这就是当受精卵一分为二时，使它们分离，这两个分开的细胞便分别发育成两条可爱的小牛。英国科学家采取在受精卵分成四个时再分离，诞生出三头小牛（因为有一个细胞死亡）。



请看，一个受精卵变成两头牛

受精卵的移植用在畜牧业上，可以获得相当大的经济效益。一头优良品种的母牛，通过受精卵的移植，一生中可生出40—50头牛犊，而通常只能生8头牛犊。

我们知道，母牛每次发情时往往只能排出一个卵细胞，利用注射孕马血清激素的方法，使母牛出现排卵过旺现象，这样每次能排出20个左右的卵细胞。在母牛排卵发情期，及时地进行人工受精，受精率可达95%以上。用手术取出全部受精卵，移植到普通的、健康的母牛子宫内。这样，一头普通母牛一生中便能生出几十头优良品种的牛犊。

1984年3月9日，世界上第一只试管小山羊在日本著名的科学城筑波的畜产试验场诞生。这只小山羊是由我国青年科学家内蒙古大学的讲师旭日干和日本科学家花田章教授合作试验成功的。日本科学家认为，山羊体外受精成功，为生物工程改良家畜品种开辟了道路，也使畜牧业上梦寐以求的人工控制家畜雌雄性别成为可能。因此，这项科研成果既有理论上的指导意义，又有巨大的现实意义。尽管世界上应用体外受精医治不育症的技术取得一个又一个进展，试管婴儿也接踵问世。然而家畜的体外受精却很困

难。在美国仅有一例牛的体外受精成功，其他家畜的体外受精还处在探索阶段。1983年10月底，旭日干博士克服种种困难，从母山羊体内取出成熟的卵细胞，跟经过处理的公山羊精子在试管里受精，然后把12个受精卵移植到五只两岁以上的母山羊子宫内，其中有四只着床失败，只有一只成功。经过几个月，试管山羊终于来到人间。在这项研究工作中，旭日干博士作出了重要的贡献，受到花田章教授的赞扬。旭日干已学成归国，决心在内蒙古大学搞出新的试管畜。

五、无籽西瓜的由来

夏日炎炎，人们都非常喜欢吃西瓜。但西瓜里的许多籽使我们吃起来感到很不方便。科学家经过不断努力，培育出三倍体无籽西瓜。这种西瓜差不多完全没有或者有极少几粒瓜籽。它含糖量高，抗病力强，产量不低于普通二倍体西瓜，因此受到人们的欢迎。

下面就来介绍无籽西瓜是怎么培育出来的。

培育三倍体无籽西瓜，首先要选择优良的二倍体种，把二倍体种诱变成四倍体。一般在子叶期用0.2—0.4%秋水仙素溶液点滴在幼苗生长点上，每天滴一、二次，连续两天。诱变成功率有20%。多倍体植物的叶肥厚，花大，气孔和花粉粒也大，通过花粉母细胞的染色体可以把它们辨别出来。把诱导成功的四倍体植株作为母本，用二倍体品种作为父本进行杂交，就能得到三倍体的种子。有了三倍体种子，不仅能在田间播种，而且可以在组织培养室内大规模育苗生产。在二倍体植株花粉刺激下，三倍体植株上能长出无籽西瓜。三倍体无籽西瓜无法进行正常的减数分裂，不能通过有性途径繁殖后代。因此，每年都要用四倍体和二倍体的种子自交留种或杂交制种。这是很麻烦的事，但无籽西瓜有比较高的经济效益，仍然受到大家的青睐。



受欢迎的无籽西瓜

无籽西瓜所以会出现，是因为染色体数目的变化造成的。

知道一点遗传学知识的人都会记得，每一种生物都有一个基本的染色体组，包括一定数目的染色体，这是生物遗传物质的总体。在高等动植物中，体细胞含双倍数染色体，叫做双倍体，用 $2n$ 来表示。经过减数分裂产生的配子中含单倍数染色体，叫做单倍体，用 n 表示。

在通常情况下，配子的单倍数染色体是一个基本染色体组，而体细胞中含有双倍（二倍）染色体组。如果体细胞的基本染色体组不是二倍，而是三倍、四倍、五倍……的基本染色体组，这种生物种就叫做多倍体。

多倍体现象普遍存在于植物界，这对于物种进化和选种具有重要意义。例如小麦、棉花、油菜、烟草等都是自然进化中形成的多倍体。由于染色体成倍增加，植物的生理功能、形态发育、产量和品质都会发生巨大变化，并且会出现可供人们利用的优良性

状。因此，多倍体植物早就引起遗传学家和植物育种家的极大注意。

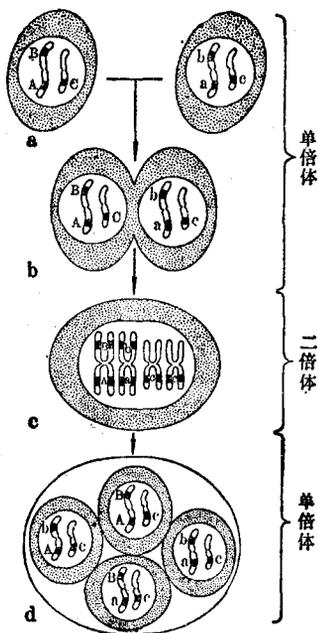
细胞工程问世后，人工诱导多倍体也成了一件很普遍的事，无籽西瓜就是其中一例。

在自然界中多倍体植物相当普遍，而动物多倍体却十分罕见。这是因为植物的发育和繁殖跟动物的发育和繁殖有不同特点的缘故。植物和动物的细胞都可能由于细胞分裂时胞质分裂受阻而形成多倍体细胞。有人分析过鼠肝脏细胞的染色体，发现其中的二倍体细胞占 54.5%，四倍体细胞多达 40%，还有 5% 的八倍体细胞。但是，动物不象植物那样能进行营养繁殖，体细胞染色体加倍而形成的多倍体细胞不能发育成多倍体。动物的器官分化和配子形成时期也比植物早，染色体加倍后的体细胞不参予配子的形成，因此后代不会出现多倍体。此外，高等动物的有性生殖也跟植物不同，即使能够形成染色体加倍的配子，也极少有可能通过自体受精而保存下来。这就是很少见到动物多倍体的原因。

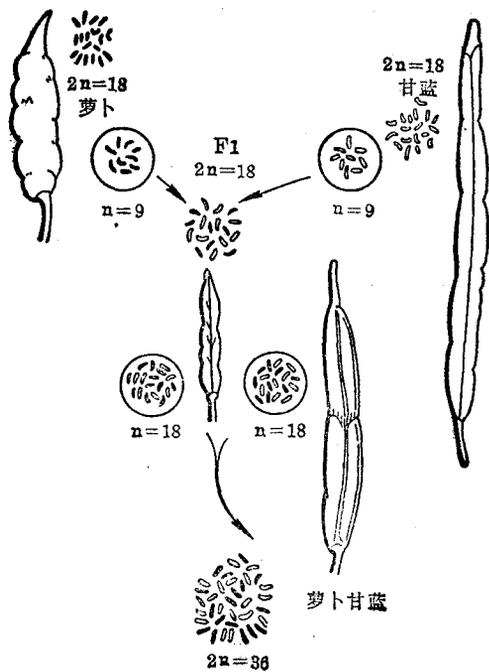
在植物界中，被子植物约有三分之一属于多倍体。1961 年有人调查 2300 种牧草，其中 80% 是多倍体。人们发现，越是在自然条件恶劣的环境中，多倍体植物越多。在极地、沙漠、高山地带带有相当数量的多倍体植物，说明多倍体植物有适应恶劣自然环境的能力。

根据形成多倍体时加倍染色体组的来源不同，多倍体可以分同源多倍体和异源多倍体两种。前者是指同一种染色体的加倍形成的；后者是指不同种的染色体加倍形成的。同源三倍体大都是减数分裂不正常而形成的。所以有时在二倍体植株上偶尔会出现三倍体种子，并发育成三倍体植株。例如三倍体黄花菜、三倍体香蕉等都是自然形成的。同源三倍体不能结出种子，但能依靠营养繁殖而保存下来。

在异源多倍体产生时，通过种间杂交产生的杂种，它的染色体不能配对，因此不能进行有性繁殖，只有这个杂种再经过染色体加倍，才能形成能育的配子，由这样的雌雄配子结合就能产生双二倍体的合子。著名的萝卜甘蓝就是这样形成的。



单倍体与二倍体的关系



萝卜甘蓝形成示意

在细胞工程领域，添加染色体是很重要的技术之一。它在培育新品种方面有非常重要的意义。

六、从一个细胞到一株植物

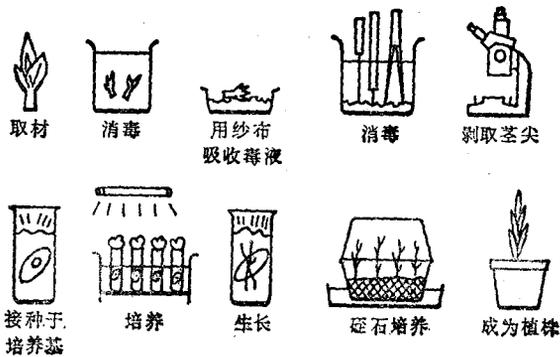
在实验室里，科学家能把植物体上的任何一个细胞变成一株植物，这就是植物组织培养技术创造的奇迹。植物组织培养，就是在无菌条件下对植物离体组织（细胞）进行培养的技术。这一技术的产生，是根据植物细胞全能性理论创造出来的。原来植物体内的所有细胞都可能发育成为独立的个体，有增殖、分化成完整植株的潜在能力。因此，科学家能用花粉、茎尖、叶片、根尖或者普通体细胞在培养室里培育出完整的植株。

从二十年代起，生物学家哈伯兰特首先成功地对植物叶肉细胞进行离体培养。到三十年代，使植物的根尖在离体条件下不断地生长，同时把植物的形成层块培养，得到愈伤组织。这一时期的研究，为以后的植物组织培养和细胞培养奠定了基础。进入四十年代，利用植物生长激素处理烟草茎尖和愈伤组织，能控制植物组织生长和芽的形成。这一时期，生物学家发现激动素。激动素是许多植物在生长时形成的一种细胞分裂素，对细胞分裂有刺激效应。

进入五十年代，生物学家利用胡萝卜的一个体细胞成功地培养出一株完整的胡萝卜，从而证明植物细胞的全能性。不久，又用曼陀罗的花药培养得到单倍体植株。

从七十年代起，植物细胞原生质体培养和体细胞杂交得到迅速发展，有十多种植物能从原生质体经再分化长成植株，利用原生质体融合得到的杂种细胞也分化成植株。这样就为植物组织培养进入培育新品种领域提供新的手段。法国是第一个应用组织培养技术繁殖种苗的国家。今天，组织培养已经在许多国家建立起生产基地，就连东南亚国家，如泰国、菲律宾、马来西亚、新加坡，都在用组织培养技术进行兰花等观赏植物的试管育苗。仅新加坡，每年外销的兰花就达 800 万美元。对其他花卉和经济作物，也利用组织培养快速繁殖，进入商品化生产阶段。

作为植物组织培养的材料，可以取自植物的根尖、茎尖、叶片、花药等部分。下面以茎尖培养为例，扼要地介绍组织培养的操作过程。



茎尖组织培养

茎尖培养技术，又叫生长锥或顶端分生组织培养。原则上讲，植物的茎尖都可以取材加以培养，不论是顶芽还是腋芽都适合组织培养。芽可取自大田栽培植株或室内萌发的苗。剪取2~3厘米长的壮芽，剥去外面的老叶、黄叶和比较容易去掉的小叶，经表面消毒，在无菌室内或超净工作台上，把消毒好的芽放在双筒解剖镜下进行十分细致的剥离，剥取生长锥外面的幼叶和叶原基，直到显露出圆滑的生长锥。不同植物的生长锥大小、形状、外围幼叶和叶原基着生方向不同，因此剥离的方法也不尽相同。剥离最重要的一点是要迅速、准确，因为时间长了容易造成污染，不准确会碰伤生长锥。剥制好以后，用锋利的小刀切取需要的生长锥，一般长0.3毫米，随即放入培养基中培养。

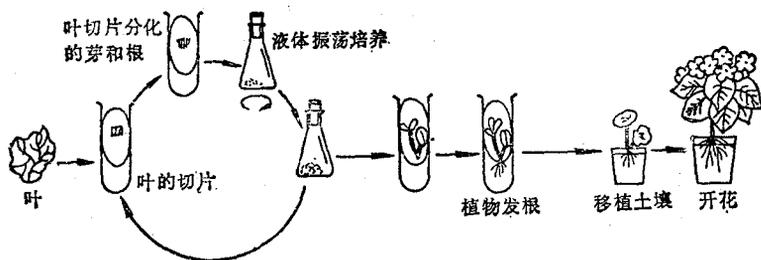
经过适时培养，一个生长锥会分化长成许多株植物。如果不断地进行继代培养，那么一个生长锥在一年中可以得到几百万株苗。有人报道，用组织培养方法培养日本大丁香，一个生长锥一年可得1000万株幼苗。

根尖和叶片的组织培养大体上也是这样一个过程。如图示的秋海棠叶片培养。

植物茎尖组织培养有许多优点：

1. 可去病毒。这是因为植物的顶端没有病毒或极少有病毒感染。一般越是接近生长锥顶部，病毒越少。

我国大田播种脱毒马铃薯就是利用组织培养法育成的。脱毒马铃薯就是指无病毒感



秋海棠叶片培养

染的马铃薯。在一般情况下，马铃薯很容易受病毒感染。我国农业科技工作者采用马铃薯茎尖作材料，通过组织培养获得没有病毒感染的马铃薯种苗——脱毒种苗。1983年，我国用脱毒种苗试种12000多亩，亩产达1411千克，比未脱毒的马铃薯亩产680千克增产107%。有一个农民竟获得每亩2500千克的高产纪录。我国栽种马铃薯的面积达5000万亩，如果全部采用脱毒薯种，总产量可增加2500万吨，相当于全国每人平均多获得25千克马铃薯，增产总值合人民币20亿元以上。应用组织培养技术所取得的经济效益不是十分明显吗！

2. 可快速繁殖。一粒种子通常只有一株苗，如果分蘖好一些，也只有几株苗。但用组织培养就不一样，只要不断继代培养，可以在短时期内繁殖大量种苗，通常一个生长锥可长出10多株。这10多株再进行培养，可得到100多株，由100多株变成1000多株。只要经过六代培养，在不到半年时间内就可以得到100多万株幼苗，这种繁殖速度是通常种子繁殖无法相比的。

3. 可工厂化生产。任何花卉或经济作物，原则上都可能进行工厂化培养。问题是要对不同的植物摸索出一套工厂化生产的工艺。在国外，开办一个育苗工厂，大批量向

社会供应种苗已经十分普遍了。近几年，我国的工厂化育苗也取得了进展。

4. 组织培养可用于保存稀有的或者将要灭绝的植物种。世界上的各种名贵植物，即使在世界上只剩下最后一棵，也不用担心。我们取下一个茎尖，通过组织培养方法，在很短时间内就能获得成千上万的种苗。

植物组织培养因为材料来源不同，可以分为：

胚胎培养——用成熟或未成熟的离体胚来培养。

器官培养——用根尖、茎尖、叶原基、花器各部分原基、未成熟的花器官各部分以及未成熟的果实等培养。

愈伤组织培养——用植物各种器官的外植体增殖而形成的愈伤组织进行培养。

悬浮培养——用能保持较好分散性的离体细胞或很小的细胞团在培养液中进行培养。

原生质体培养——用机械或酶处理方法去掉细胞壁，分离出原生质体进行培养。

植物培养——用幼苗和较大植物来培养。

植物组织培养能不能取得成功，有许多条件，不能一一列举，其中培养基（培养液）的配制十分重要。不同的植物对培养基的要求是不同的。因此，培养基的配方常常成为“秘方”。从事植物组织培养的科技人员，要不断筛选出最佳配方，来适合不同植物的培养。

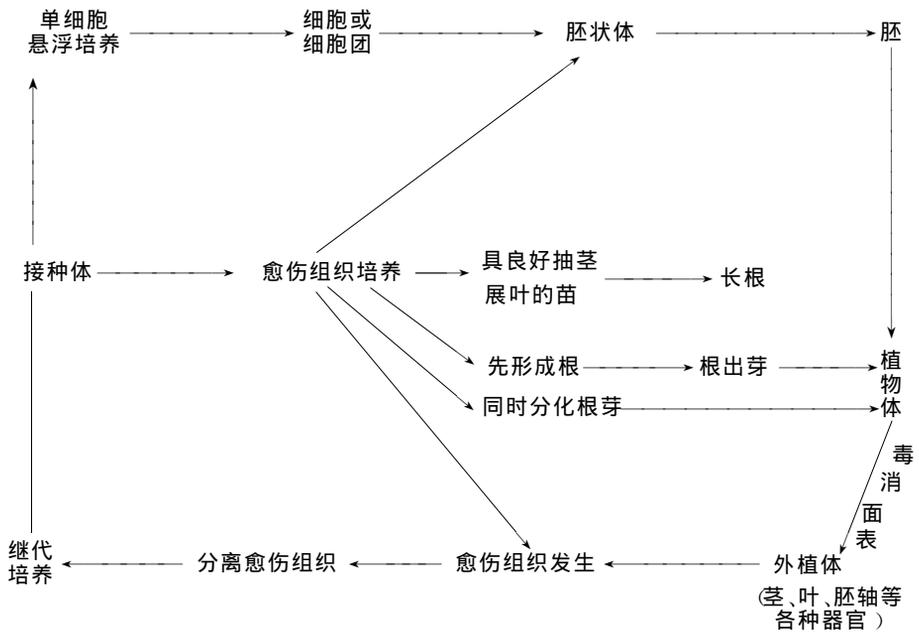
植物组织培养再生植株的途径是多种多样的。根据不同需要选择不同的再生植株途径，是从事组织培养研究和实现工厂化生产种苗必须注意的问题。

七、植物的工厂化生产

种草养花，封山育林，是绿化大地的重要措施。

我国有世界上第一流的园林建筑艺术。俗话说：“上有天堂，下有苏杭”。到过苏州和杭州的人，无不被那些精巧的园林建筑和构思巧妙的布局所折服。我国的园林总是跟观赏植物、盆景分不开的。几千年来，我国古代劳动人民曾培育出许多名花异草，而且各地都有自己的特殊品种，如洛阳牡丹，云南茶花、杜鹃、大理花，长春君子兰，杭州桂花，武汉梅花等。如今，人民生活水平提高，党和政府重视，花卉种植业越来越兴旺发达，呈现一派欣欣向荣的景象。我国许多城市都已经有自己的市树市花。这几年，市场上鲜花的需求量日益增加，大有供不应求之势。

在国外，花卉生产已经形成新型的产业部门。荷兰是世界上最大的花卉输出国，每年仅花卉出口赚取的外汇高达 13 亿美元。现在，世界上每年花卉市场的成交额有 130 亿美元。许多国家种花已经不是原先那种状况了，而是大规模地采用新技术，特别是组织培养技术，进行工厂化生产。在这种花卉工厂中有恒温设备、消毒设备、无菌操作台，而且都是由电脑控制的，试管苗成千上万地排列在架子上，鲜花一年四季常开不败。日本有一家花卉工厂，用自动控制系统使 5 000 盆菊花在同一天开放。没有现代科学技术，是无论如何做不到的。新加坡的热带兰花生产公司也是世界上著名的花卉生产厂家。



植物组织培养再生植株的几个途径

在我国，把组织培养技术应用于花卉的开发生产，近几年来取得不小成绩。据不完全统计，我国培育成功的试管花有近百种。例如，郑州市园林研究所用试管育苗法培育出 1000 多株月季花。通过组织培养，月季的一个芽在一年内可繁殖三万多株苗，比通常用扦插法要快得多。江苏林科所的科技人员已经成功地用月季花的嫩芽培养，经过三个月就开花，并试种 50 多个品种，都获得成功。

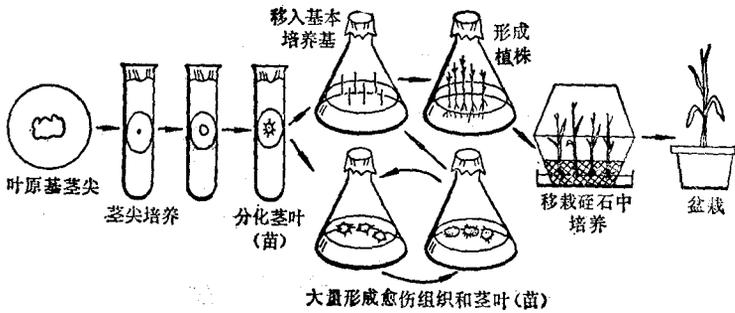
在花卉工厂化生产研究方面，我国近年也取得显著的成就，特别是找到一整套康乃馨（又名香石竹）的工厂化生产工艺流程，并已投入生产。康乃馨是一种国际流行花，花大色艳，市场上的需要量很大。我国栽培的康乃馨每年得从国外进口，而且栽培一段日子后，品种就要退化。为了解决这个问题，上海复旦大学生物系和上海园林科研所的部分同志，采用茎尖组织培养的办法，取得大量试管苗。用试管苗培育出的花质量高，深受人们喜爱。

组织培养技术在农业上的应用日趋成熟，我国的科技人员在这方面同样取得突出的成绩。土豆、甘蔗、柑橘等经济作物的组织培养，快速无性繁殖，在我国已开始推广，并取得一定的经济效益。以甘蔗为例，通常每亩甘蔗要用许多蔗种，在我国南方地区每年栽种几十万亩甘蔗，为此每年要有大量“白糖”重新埋入地里。我国著名的植物生理学家罗士韦教授及其同事采用组织培养的办法，在工厂里快速繁殖甘蔗幼苗成功，一棵蔗芽就能得到上百万株甘蔗苗。广西柳城县甘蔗研究中心在这基础上，把原来固体培养胚性细胞团成苗改成液体培养芽器官，直接获得大量蔗苗。他们还成功地建立一套完整的新工艺。据报道，液体培养法比固体培养法的增殖速度快一百万倍以上，平均一个工

人在一年时间内能生产百万株蔗苗，取得良好的经济效益。

我国黑龙江省盛产黑豆。黑豆果实中含的维生素比苹果高四十倍。农民们要扩大播种面积，但种子奇缺。又因黑豆会发生退化，严重地影响我国黑豆的生产。我国科技人员急农民所急，用了三年时间，经过几百次试验，终于找到一种理想的培养基配方，使黑豆苗芽迅速繁殖，满足了农民的需要。试验结果表明，利用黑豆茎尖育苗比常规育苗速度提高六千倍，而生产成本却降低 65%。

在中草药组织培养研究中，人参是最有代表性的。吉林人参是我国著名的中药材，有促进消化机能，调节新陈代谢，改善全身营养和防癌作用。但是，野山人参的资源奇缺，因此不得不采用人工种参。然而人参对土壤、气候等条件要求非常严格，加上人参的生长周期比较长，在同一块土地上需要许多年时间才能复种一次。所以，人参货源受限，价格也贵。我国南京药学院的研究人员从 1978 年开始对人参进行组织培养研究，经过五年努力，终于从人参的胚轴和嫩茎上分离出体细胞，在试管里培养，得到人参组织的培养物（即人参的药用成分）。人参培养物跟商品人参的化学成分基本相似，具有



百合的大量繁殖

镇静、抗疲劳和免疫等药理活性。早在几年前，我国台湾省的科学家对人参进行组织培养，经过四个月，得到开花的人参，曾经轰动一时，用组织培养方法进行百合的大量繁殖已很普遍，受到广泛应用。

八、邮件中的森林

为了让光秃秃的荒山披上绿装，一是人工栽种，一是飞机播种。前者需要大量的树苗，后者需要大量的种子，缺少这一些，就不能大规模地造林。组织培养技术可以帮助克服这些困难。用一种树苗的茎尖进行组织培养，能在较短时间内得到许多苗木，如果用细胞悬浮液培养，成千上万的苗木就源源不断地生产出来。难怪加拿大一位科学家说，在一升培养液里能倒出 300 万株优良苗木。一点也不夸张，科学家把玻璃试管稍为平放一下，里面就可以倒出 10 万株树苗。

培育一个大森林所需要的树苗，用一个邮包就可以从一个国家寄到另一个国家。我们说把一座森林寄走，在科技发达的今天就能办到。这在过去是想都不敢想的。许多奇迹不断从实验室里创造出来。

世界上各种各样的绿色植物，都是远古植物祖先的后裔。有些植物分布十分广泛，到处可见到它们的踪迹，如芦苇、繁缕；而有些植物分布在很小的区域，如水杉、银杏；还有些植物由于地质变化、环境变迁，正在减少甚至濒临灭绝，如不进行抢救，它们将很快在地球上消失。任何植物种的消失，都是无法补救的损失。植物学家为了抢救这些行将绝灭的植物作过不懈的努力，取得不少卓有成效的成果。要不是采取必要的措施，恐怕不少植物已成了历史上的过客。例如，



邮寄森林

有“活化石”美称的中国水杉，原先只分布在我国四川省万县、石柱县和湖北省利川县一带，方圆不过 400 千米的山林里。其实，水杉在历史上曾经有广泛的分布区，在北半球几乎都有它们的踪迹，但在一二百万年前的冰川时期，它们受不了冰川的袭击，渐渐地绝迹了。我国四川、湖北交界的地方，因没有受到冰川影响，水杉才得以保存下来。

现在，水杉不仅在我国各地广泛栽种，成为公园、庭院常见的风景树，而且已经走向世界，被世界上五十多个国家和地区引种栽培。水杉非但没有绝灭，相反更是“子孙满堂”了。

红杉也是一种珍贵的植物活化石。它同我国的水杉同属杉科，是古老的裸子植物。在距今六千多万年前，它们也曾广泛生活在北半球。同样由于冰川的原因，把分布在欧亚大陆上的绝大部分红杉摧毁了，仅在美国的一个小范围内残留着。红杉有“世界爷”之称，它不仅树冠美丽，树杆高大，而且寿命很长，一般能活 500~800 年，最长寿的能存活 2000 年以上。如果红杉有记忆的话，它就可以回忆起相当于从我国秦代至今世界上的风风雨雨。可惜，红杉在我国早已绝迹了。

为了满足水杉、红杉不断引种的需要，单靠它们本身的自然繁殖远远不能适应。因此植物学家采用植物组织培养法快速繁殖水杉、红杉苗，让数以万计的试管苗从工厂里生产出来。因此，大规模地拯救行将灭绝的植物种，采用组织培养技术就能发挥巨大的作用。真是英雄有了用武之地。

此外，植物组织培养技术还能用来保存遗传性状，目的是为了保存一些特殊的基因组。杂交育种，就是直接利用基因组。要是在世界上植物种越来越少，利用植物资源就难以继续下去。所以，从遗传学的角度看，希望世界上的基因组越多越好。野生的植物提供的基因组对培育新的作物品种十分重要，杂交玉米的问世就是典型例子。没有在墨西哥发现野生玉米，就不可能有今天的杂交玉米。保存特殊的基因组，组织培养是最有效的办法。

无论是愈伤组织，还是悬浮培养液中的无数细胞，都可以得到完整的植株。这种以愈伤组织和单细胞形式保存某些特定的基因组，是较理想的办法。这里保存基因组的目的是不是得到植株。如果一株一株长出来，在试管内是无法保存的。所以，要在细胞分裂完全中止的条件下保存。也就是说，要在试管中让植物的愈伤组织或者细胞生长十分缓慢。要做到这一点，必须降低温度或在培养基（液）中加进植物生长抑制剂等。例如，

在 0—6℃ 下保存马铃薯、草莓、苹果等温带作物，这样保存的草莓可六年不死。需要时，它们又可继续生长发育。

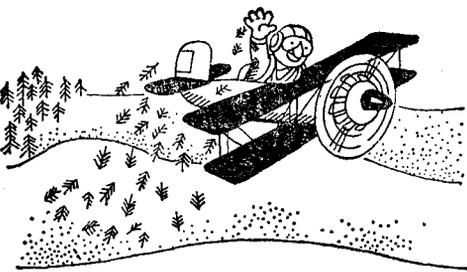
总之，随着应用领域的扩大，组织培养技术日益受到人们的重视。

九、人工种子和单倍体

种子是所有种子植物传种接代的器官。当然，也有极少数的种子植物可以用根、茎、叶等器官进行无性繁殖，但这不是种子植物繁殖方式的主流。为了要使农作物获得高产，不得不每年制种和选种，以选育高产的品种。

一旦选育出优良品种，要大面积推广时往往会遇到种子不够的问题。有没有新方法在短期内制造出大量的足够用的种子呢？有，这就是人工种子制造技术。在组织培养技术进入工厂化生产的时代，人工种子越来越受到人们的宠爱。

什么是人工种子呢？就是用组织培养的方法，大量快速繁殖形成的胚状体（不定胚）或苗等植物体，用球体胶囊包裹起来，制成可以发育成植株的模拟种子。胚状体的形成效率极高，每 100 升培养液可得到 7200 万株苗木，相当于 400 平方千米苗圃面积的生产量。人工种子完全能在工厂里生产，不必在田间操劳。开设这种种子工厂，就可以一年四季源源不断地生产农民需要的各种各样种子。



播种人工种子

人工种子要在农业生产上真正起作用，必须象自然界产生的种子那样具有以下特点：

1. 它的形状、大小、遗传性状和生理特性要均匀一致、稳定，发育成苗率高。
2. 能供给植物生长发育所必须的氧和营养物。
3. 能直接播种在土壤中，并不受微生物伤害。

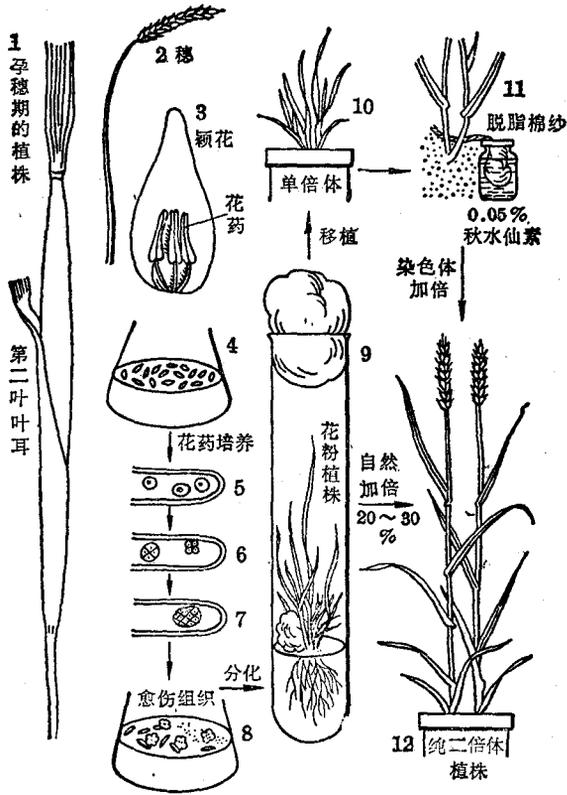
具有以上特点，才能算是真正的人工种子。

现在已经生产并得到应用的人工种子有伞形科的胡萝卜。其他的人工种子虽有报道，如咖啡、雀麦以及茄科植物等，但还在试验中，没有十分稳定的结果。人工种子的发展前景十分诱人，以后在荒山造林，人工种子会大显身手。欧洲共同体把研制人工种子作为生物工程中的重要内容是很有远见的。建立完整的人工种子工业，将大大促进林业生产的发展。

现在，我们再来看一下单倍体育种是怎么回事。单倍体育种，实际上是把组织培养技术应用于育种。花粉是只含有单倍染色体（不一定是—个染色体组）的细胞。由花粉诱导出愈伤组织，形成单倍体植物，然后经过染色体加倍，形成性状稳定的双倍体新种。这样培育新品种的方法就是单倍体育种。

在通常的育种过程中，能不能培育出纯系是关键之一。什么是纯系呢？纯系就是植物连续自花授粉若干代后形成遗传型一致的品系。大多数农作物、果树和花卉，都是异花授粉的，所以要得到纯系相当困难。一般要经过 7—8 代自交才能得到遗传上相对

稳定的性状。形成纯系后，子代就不再产生性状分离。拿果树来说，从幼苗长到开花结果，一般都要有3~5年时间。“枣三李四”，就是指枣树要三年开花结枣，李树要四年才能收李。因此，要想得到枣树的纯系，大约需要几十年时间，而且结实率也低。这对培育枣树的新品种很不利。在培育新种时迫切需要找到在最短时间内得到纯系的方法。现在这个方法终于找到了，这就是用花粉培养单倍体。花粉在培养条件下，经过几周就可以诱导出愈伤组织，再由愈伤组织分化出完整的植株。这样培育出来的植株细胞中的染色体组是单倍的，通过染色体加倍就能得到双倍体植株。这样的植株是相当好的纯系，利用该纯系很容易得到新品种。不用说，这个过程比常规育种的时间要短得多。



从花粉培养单倍体的过程

- 1~3. 孕穗期的植株、穗和颖花 4~8. 接种后花药中花粉发育为愈伤组织 9. 从愈伤组织分化出花粉植株
- 10. 单倍体植株 11. 染色体加倍的方法 12. 纯二倍体

单倍体育种大大提高育种速度，简化掉许多常规的育种程序，提高了选择率。目前采用花粉培养成功的植物有50多种。我国在单倍体育种方面所取得的成果被国外所公认，具有世界先进水平。用这种方法培育出的烟草、水稻和小麦等优良品种，已在生产中广泛应用。

也许有人要问，花粉是一个细胞吗？是的。所以花粉培养，也就是对细胞的培养，是细胞工程的一个方面。

我国单倍体育种工作起步较晚，但进展迅速。以小麦为例来说明单倍体育种的一般

途径。产生单倍体植株的方法概括说来就是在无菌条件下把花粉放在人工培养基上培养，诱导花粉发育成完整的植株。对小麦来说，第一步是诱导小麦花粉长出愈伤组织；第二步是诱导愈伤组织分化成苗；第三步让幼苗变成壮苗，并由自然加倍或人工加倍为正常的双倍体。这样就可以培育出小麦新品种了。我国科技人员用这个办法培育出的冬小麦新品种，取名京花1号。京花1号的成穗率高，抗病力强，适应性强，比对照组能增产10%以上，亩产都在300—400千克，最高达500千克以上，目前已大面积推广。

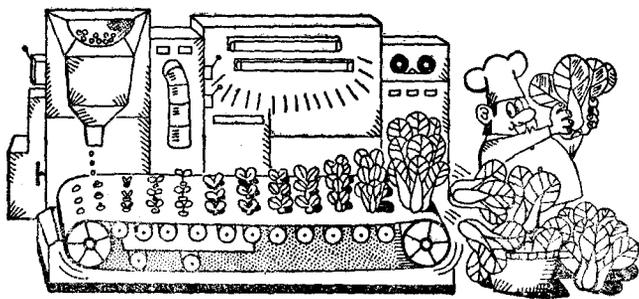
十、市中心的蔬菜工厂

大城市的蔬菜供应，由于土地面积日趋减少，运输成本和劳务费用的增加，变得越来越紧张。在蔬菜生产的淡季，问题更加突出。

能不能在城市的市中心不用土地而大规模地生产蔬菜呢？既然花卉能在工厂中生产，蔬菜在工厂里生产当然也不会有什么困难。美国一家公司认为，自动控制的蔬菜生产工厂是未来有前途的发展领域。在新兴的蔬菜工厂中，从种子发芽到长成商品菜都是在一条缓慢移动的绿色培育板畦上实现的。整个车间对蔬菜生产环境实行严格控制，按工业方式管理。从工厂生产出来的蔬菜连根一起装入塑料袋里，袋上印有“厨房收获”的字样，意思是袋里的蔬菜还在生长，到厨房里烹调时才算是收获。蔬菜在塑料里能继续生长10~14天，一直保持嫩绿的色泽。顾客十分欢迎这种新鲜的蔬菜。当它们进入市场后，立即被人抢购一空。

在美国德卡尔布有一家蔬菜工厂，厂房面积是4648平方米，蔬菜种植面积是4455平方米，整个工厂职工人数仅39人，分两班生产，主要生产莴苣和菠菜，年产量29万箱，经营得相当不错。

蔬菜工厂的厂房结构一般都比较简单，采用平顶钢架。整个厂房中没有影响蔬菜生长的各种不利条件，诸如高温、阴湿、低温、少光等等。跟普通菜田相比，这里可以说是最佳的生长环境，蔬菜在这里能无忧无虑地生长。生产线分上下两层，每层都有苗床、培育板畦以及从收获到包装的全套设备。



蔬菜工厂

种子用自动机械定时播种在面积不大的苗床上，每天至少可以播六万粒。种子在苗床上萌发后，移植到培育板畦上。每块培育板畦有许多海绵状突起的培育基。蔬菜在培育基内生长，定时供给含有各种营养成分的水，随着蔬菜的长大要慢慢改善环境。如培育基之间的距离要加大。当然，这一切都是由电脑自动控制的，不必劳驾工人去操作。为了满足蔬菜生长所需要的足够的光能，工厂中不用普通的电灯（白炽灯或日光灯），

而采用脉冲光源。因为任何植物的光合作用都是分步进行的。光合作用的第一步要摄入光能，时间极短。第二步把光能用于化学反应，这一步所需时间是前一步的 1000 倍。因此采用脉冲光源比较经济合算。如果灯光一直亮着，在进行化学反应的第二步时，光能就白白浪费了。用脉冲光源培育蔬菜，能加速蔬菜生长，蔬菜的重量竟能两天增加一倍。培育板畦在脉冲光源照射下缓慢移动，小苗在短时间内（一般只需要 7 天左右）就可以长成商品菜。商品菜被送到有采收、整形、包装、计重等工序的工段，最后存入仓库待运。整个工厂一年四季都能连续生产。

实现蔬菜工厂化生产，必须具备如下条件，一是基础技术必须相当扎实，如对组织培养、高速播种、脉冲光源、板畦移动装置等都要熟练掌握；二是维持蔬菜连续生产的营养补给线要非常完善；三是有良好的购销渠道。有了这些条件，就可以创建蔬菜工厂了。

工厂化生产的蔬菜经济效益怎样呢？以莴苣为例进行比较，在一般菜地里，一公顷（10000 平方米）土地的产量是 1.2 吨，用温室栽培能收获 12 吨，而在工厂中生产产量可达 120 吨，是菜地种植的 100 倍。尽管后者花费较大，但仍然是赚钱的。美国德卡布尔蔬菜工厂的建设费用是 400 万美元，生产成本跟一般温室水培法种菜差不多，但产量却高 10 倍。

正因为如此，世界上不少国家都在研究蔬菜工厂化生产的新途径，寻求投资少、见效快的好办法。美国在这方面是相当积极的，已经办了不少蔬菜工厂。在日本、苏联也有这样的工厂投入生产。苏联一家蔬菜工厂生产周期仅七天，产品很受顾客欢迎。因为从工厂里生产的蔬菜不仅新鲜，而且没有污染。

发酵工程

发酵工程又叫微生物工程。它就是利用微生物发酵作用，通过现代工程技术手段来生产有用物质，或者把微生物直接应用于生物反应器的技术。发酵是微生物特有的作用，在几千年前就被人类认识了，并且用来制造酒、面包。这里说的发酵工程，是大规模发酵生产工艺的总称。它是在发酵工艺基础上吸收基因工程、细胞工程和酶工程以及其他技术的成果而形成的。发酵工程比传统的发酵工艺有许多优越性（表3）。

表3 传统发酵工艺和发酵工程的比较

	传统发酵工艺	发酵工程
1.	间歇发酵	连续或半连续发酵
2.	悬浮细胞	固定化细胞
3.	常温	45℃左右（快速、节能）
4.	细胞利用一次	细胞能反复利用
5.	天然或诱变菌株	工程菌
6.	蒸馏产品	萃取、膜吸附、改善蒸馏
7.	间接测定产物成分	传感器直接测定
8.	简单控制	电脑控制

发酵工程跟化学工业、医药、食品、能源、环境保护和农牧业等许多领域关系密切，对它的开发有很大的经济效益。DNA重组技术和生物反应器（装有固定化酶的容器，能进行生物化学合成），是生物工程中的两大支柱。从工业规模生产这一点看，生物反应器尤其重要。因为只有通过微生物发酵，才能形成新的产业。它自己有显著的特点：

1. 以生物为对象，不完全依赖地球上的有限资源，而着眼于再生资源的利用，不受原料的限制。
2. 生物反应比化学合成反应所需的温度要低得多，同时可以简化生产步骤，实行

生产过程的连续性，大大节约能源，缩短生产周期，降低成本，减少对环境的污染。

3. 开辟一条安全有效地生产价格低廉的纯净的生物制品的新途径。

4. 能解决传统技术或常规方法所不能解决的许多重大难题，如遗传疾病的诊治，并为肿瘤、能源、环境保护提供新的解决办法。

5. 可定向创造新品种、新物种，适应多方面的需要，造福于人类。

6. 投资小，收益大，见效快。

国际微生物学会联合咨询委员会主席海登教授说：“生物工程可能形成一股引起工业调整和社会结构改革的力量。”正因为如此，发酵工程引起世界各国政府的重视，纷纷把微生物发酵工程列入本国科学技术优先开发的项目。

一、工业微生物异军突起

1905年，德国微生物学家R·科赫因对结核杆菌和结核菌素的研究取得重大成就，而荣获诺贝尔奖金。他发明固体培养基，用它分离培养细菌，创造细菌的纯粹培养法。他又改进细菌染色法，为研究细菌的形态和结构创造有利条件。荷兰科学家E·C·约翰逊教授研究使啤酒发酵的酵母，创造单细胞的纯粹培养法。以后有人采用纯粹培养法选择适当酵母，用于啤酒的工业生产，为纯粹培养法在工业发酵上的应用开辟了道路。约翰逊的学生哈斯发现，当时用的由明胶制成的固体培养基很容易发生液化现象，使用时有困难。哈斯的妻子建议用琼脂代替明胶，获得较好的效果。这种琼脂培养基被后人采用，一直沿用到今天。后来又有人创造一种培养皿，可供微生物平板分离用。从此以后，分离出的微生物日益增多，新的微生物不断被发现。这样，可供工业用的微生物也日益充实起来，一支微生物生力军异军突起。

工业用的微生物主要分细菌和放线菌，酵母菌，霉菌三大类。

人类利用微生物的历史相当悠久，早在公元前4 000~3 000年，埃及人已知道酒和醋的酿造方法。约在公元前2 000年，人类已会酿造葡萄酒。我国古代劳动人民掌握酿酒的历史也相当久远，在3 000多年前的殷商时代，已有盛酒的器皿了，说明当时酿酒已成为较普遍的事。但是，古代人不知道酿酒时有微生物在起作用。直到十七世纪以后，由于显微镜的发明，人们才用显微镜看到那些小生命——微生物。把微生物不同种类鉴定出来，给它们命名还是本世纪初的事。

工业微生物的发现史是很有意思的，例如醋酸菌的发现。人们发现，把啤酒、葡萄酒等含酒精较少的饮料在空气中放置稍久，上面便会长出一层薄膜，啤酒、葡萄酒就会变酸，渐渐地变成醋。虽然这个现象很平常，但直到1837年才有人指出是细菌作怪。是什么细菌呢？当时还不清楚。直到1878年，约翰逊才把它们搞清楚。原来使酒变酸的细菌是醋酸杆菌和巴氏杆菌，是这两种小东西作怪。微生物学家探索微生物奥秘的兴趣越来越浓，发现的细菌也越来越多。1900年，又发现一种库氏杆菌，使得醋酸菌这个家族成员中又增加了一个。到1914年，微生物学家发现放线菌，其中最著名的要算生产链霉素的链霉菌。以后又逐渐发现不少新菌种，它们被用来生产抗生素。现在生产的抗生素多达七十多种，全是细菌的产物。

酵母菌的发现是在 1937 年。当时有人发现在酒精发酵液的沉淀中有许多透明的圆形和卵形细胞，不知是什么菌。微生物学家对它们进行跟踪研究，发现这些细胞还能长出芽孢，并且在发酵中起主角作用。于是把这些菌叫做酵母菌，意思是发酵之母。

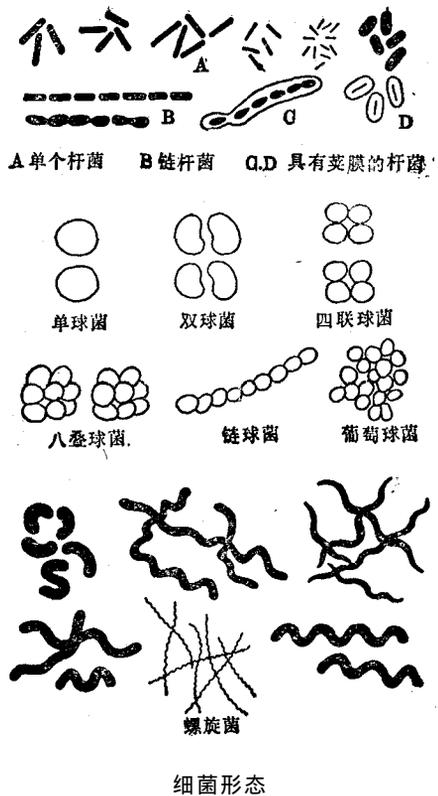
霉菌的发现和研究的比细菌稍迟。但是它的应用广泛，对它的研究后来居上，研究得比较详细，并出版了专著。以青霉菌为例，早在 1809 年，青霉菌这个菌名就已经有了，但对它不很了解。1929 年，英国的弗莱明有一次偶然的机会，发现在青霉菌的周围不能生长葡萄球菌，远离它的葡萄球菌也被溶解掉。在培养皿中发现这一现象的，除弗莱明外，还有日本的科学家。但弗莱明抓住这一现象不放，终于发现，青霉素是由青霉菌分泌出来的。由于弗莱明发现青霉素的功绩，1945 年他荣获诺贝尔奖金。从此以后，研究抗生素的人大大增加，从菌种选择、鉴定、变异和在工业上的应用，都取得不少成果。

现在，这三大类微生物都成为发酵工程中的主力军，是工业微生物中应用最普遍的三大类。根据微生物菌种专利的国际条约，专门成立了微生物银行。这是国际上的菌种保管机构。它的任务是提供菌种样品，满足审查专利当局及其他人对菌种的需要。通过基因工程，由人工制造的自然界原来没有的工程菌当然也可存入微生物银行。

微生物跟动、植物相比，有如下几个显著特点：

1. 繁殖快。微生物的繁殖速度快得惊人。拿细菌来说，每隔 20 分钟即可分裂一次，即一个变成两个。在一天时间内即可繁殖 72 代，如果一个不死，这是多大的数字呢！总数达到 4 722 366 482 869 645 213 696 个。如果按每 10 亿个细菌重 1 毫克计算，它们的重量就是 4722 吨。假如再这样繁殖 4~5 天，它们就会形成跟地球同样重量的物体。当然不会出现这种情况，因为影响细菌繁殖的各种因素随时都在起作用。微生物这种惊人的繁殖速度，为在短时间获得大量菌体提供方便。用酵母生产单细胞蛋白质，每隔 8~12 小时就可以收获一次。

2. 食谱杂。微生物利用物质的能力极强，凡是能被动植物用的，这些小东西都能



偶然发现溶菌现象

利用，如蛋白质、脂肪、糖类以及无机盐。甚至有些不能被动植物利用的物质，如纤维素、石油、塑料，以至有毒物质，微生物也有办法分解它们。这样，人们就可以用微生物来开展综合作用，化废为宝。

3. 分布广。微生物在自然界中的分布极广泛，是任何动植物所无法相比的。上至几万米高空，下至几千米深的海底，高达 300°C 的温泉，冷至 -80°C 的极地，都可以找到它们的踪迹。微生物大量存在的地方是土壤，那里是微生物的一统天下，在1克肥沃的土壤中有几十亿个微生物。这就为我们开发利用微生物提供条件。我国就从土壤中筛选出许多抗生素的生产菌。

4. 代谢旺盛。微生物虽然很小，但胃口“大”，能“吃”会“拉”，代谢旺盛，素有活的“化工厂”之称。微生物的代谢强度比高等动物的代谢强度高几千倍到几万倍。例如一千克酒精酵母一天能分解几千千克糖类，使它们变成酒精。这样就可以为工厂化生产发酵产品提供有利条件。

5. 适应性强。微生物的适应性强，能对严酷的外界环境随机应变，保存自己。例如，肺炎双球菌有荚膜，可以抵抗白细胞的吞噬。再如细菌的芽孢、放线菌的分生孢子，真菌的各种孢子，更能抵抗外界不良环境的侵害，一般能成活几年甚至几千年。我们可以利用这个特点保藏菌种，诱变菌种，改变微生物的遗传特性和代谢途径。

6. 容易培养。微生物对营养要求一般都不高，农副产品、工厂下脚料都可以用来培养微生物。沼气发生池就是利用粪便、草木纤维等生产沼气的。另外大多数微生物的反应条件温和，一般能在常温常压下生长繁殖，不需要昂贵的设备，这比用化学法生产化工原料要优越得多。同时，微生物培养不受季节、气候影响，因而能长年累月地进行工业化生产。

这样，微生物发酵工程受到人们的重视，也就理所当然了。把发酵工程作为生物工程开发的突破口，这几年取得了异乎寻常的成果。

二、液体面包和酒精

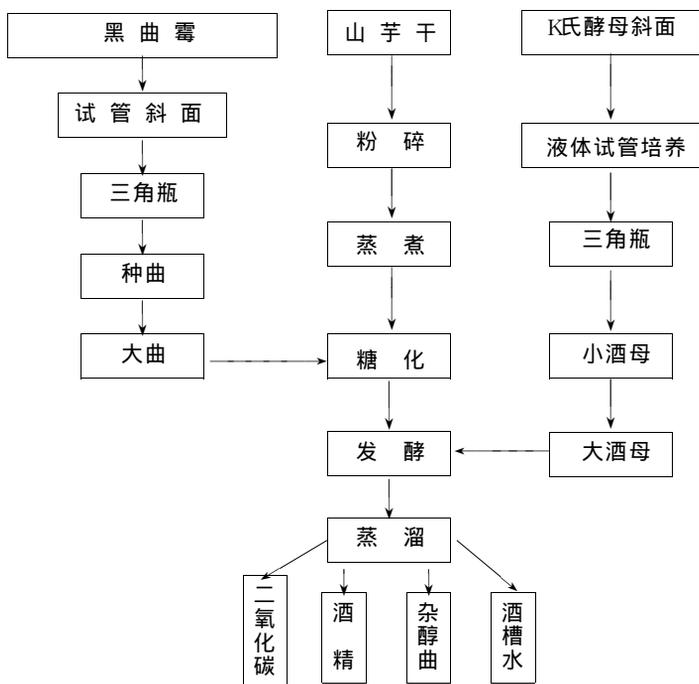
我们在前面曾介绍啤酒的酿造是古埃及人首先创造的。那时的生产规模很小，无法跟今天的啤酒厂相比。到十九世纪末期，在约翰逊发明酵母的纯粹培养法以后，酿造工业才获得大规模发展。现在的啤酒工业已成为欧美各国的大工业，啤酒也成为人们喜爱的饮料。

生产啤酒的主要原料是大麦和啤酒花。大麦，大家是知道的。而啤酒花是什么东西呢？

它是多年生草本植物结的球果状果穗，可以使啤酒产生特殊的苦味和香味。因此，叫它啤酒花。

选用优良的啤酒酵母是提高啤酒的产量和质量的关键。世界上啤酒工业生产的规模越来越大，可是仍然满足不了人们的需要。因此，寻找高效啤酒发酵酵母始终是微生物学家的使命。

在显微镜下观察啤酒酵母的细胞形态，发现它呈圆形或卵圆形。生产啤酒的工艺流程，大体是这样的：大麦经加工处理，形成麦芽。麦芽经过糖化，形成麦芽汁，过后煮



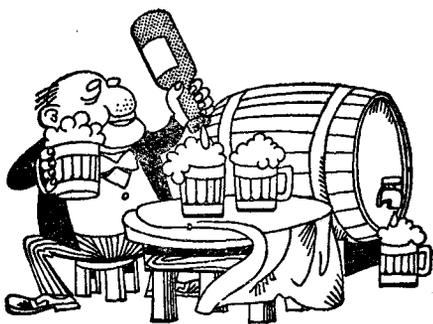
酒精生产工艺流程

沸、添加啤酒花，然后冷却、澄清。再经过两次发酵，过滤后便得到啤酒，包装后便可以出厂。

我国的青岛啤酒闻名世界。这是因为青岛啤酒用崂山矿泉水酿制而成，风味与众不同。

啤酒是一种含有低度酒精（一般只含酒精3~5%）和二氧化碳的饮料酒，营养价值极高，在国外有液体面包之称。

在啤酒的生产过程中，如果受到乳酸杆菌和醋酸菌污染，产生的啤酒就会混浊、发粘、变酸。因此，在啤酒生产中要防止这两种细菌的污染。



液体面包——啤酒

人类酿酒的历史相当久远。最初是在家庭作坊中用手工操作酿酒的。一只蒸锅、几只大缸就可以做了。当然产量很低。我们日常生活中用糯米酿的米酒，西藏藏族同胞吃的青稞酒，都是一家一户生产的，称不上是酿酒工业，更谈不上是制造重要工业原料的酒精工业了。

到了一百多年前，由于有机化学合成工业的发展，酒精成了重要的化工原料以及医药消毒用品，需求量越来越大。从酒中蒸馏酒精的现代工艺发明之后，酒精和啤酒的生产都成了现代发酵工业中的重要产业。

我们知道，酒是由粮食发酵而生产的。一般都是用麦芽作糖化剂，使淀粉转化为糖，糖再转化为酒精。第二次世界大战以后，酒精生产有了新的办法，这就是用液体曲生产酒精。此外也采用糖蜜制造酒精。

这样就大大增加鲜度。

有一种叫鲁氏酵母的菌种，能够在含 18% 的食盐基质中繁殖，使葡萄糖转化为乙醇（酒精）、甘油，从而进一步生成酯和糖、醇，增加酱油的风味。乳酸菌在酱油发酵中可生成乳酸乙酯，使得酱油的香气很浓。

我们可千万不要小看酱油，酱油中的化学成分多达三、四百种，这些物质都是在酱油发酵过程中产生的，如乳酸、醋酸、琥珀酸、葡萄糖酸，这些都是高级脂肪酸，为我们人体所需要。

也许有人会问，酱油中的色素是从哪儿来的？

在白色衬衣上滴了几滴酱油，干后洗都洗不干净，真有点讨厌。酱油中的色素是一种叫类黑色素的颜色，它是蛋白质在水解时的产物酪氨酸氧化生成的。

这样，我们可以知道酱油中所以五味俱全，营养丰富，其中的鲜味来自氨基酸和核酸类物质的钠盐，甜味来源于糖类和某些氨基酸，酸味来自有机酸，苦味来自酪氨酸和乙醛，咸味来自食盐。

食醋自古就是我国人民生活中的一种酸味调料。在我国，山西的老陈醋和镇江醋都久负盛名。食醋中含有醋酸、糖分和氨基酸等营养物质。在食品中加上食醋，能提高人们的食欲。食醋是细菌的发酵产品，通常利用醋酸杆菌发酵产生。制造食醋也以淀粉为原料，同样要霉菌和酵母菌参与。

现在，我们再来看看淀粉怎样变成食醋的。第一步，淀粉在曲霉菌的作用下水解成糊精和葡萄糖。第二步，酵母菌使葡萄糖发酵成酒精和二氧化碳。第三步，酒精在醋酸菌的作用下氧化成乙酸（即醋酸）。

食醋的色香味来自这样几方面：

在食醋生产中用红曲做糖化剂，红曲霉色素赋予食醋红色。食醋的香气来自各种酯类，其中以乙酸乙酯为主，它是在发酵过程中产生的。食醋有四种味道，酸味来自醋酸，甜味由糖分形成，鲜味来自氨基酸，咸味来自食盐。我国的传统食醋工业在今天又大放光彩，用发酵工程生产食醋，无论在数量方面，还是质量方面，都有明显提高。食醋成为我国副食品出口的一支“老枝新花”。

四、从发酵罐里取药

抗生素是医师常用的药物，它能抑制微生物的生长。抗生素的种类很多，除少数几种可以人工合成外，大多数都是由抗菌菌在发酵罐里通过发酵分泌出来的。抗菌菌这类微生物，主要是一些放线菌以及若干真菌和细菌。它们产生的抗生素能抑制有些微生物



鲜美的酱油



香醋扑鼻

生长，还能杀死某些微生物。如青霉菌产生的青霉素，链霉菌产生的链霉素，土霉菌产生的土霉素以及多粘芽孢杆菌产生的多粘菌素等，都能杀灭某些微生物。目前，抗生素应用十分广泛，已成为医师手中治疗多种微生物感染性疾病和某些癌症的重要药物。在畜牧兽医学，抗生素被用来防治某些传染病，有些还可以促进家畜、家禽的生长发育。在农业上，可用抗生素防治植物的病虫害。在食品工业中，抗生素用作某些食品的保存剂。由于社会需求量大，抗生素生产获得相当充分的发展，已经成为医药业的重要部门。

我们在前面曾谈到青霉素被发现的情况。青霉素的发现曾轰动一时，受到微生物学家们的注意。青霉素是一种不稳定的物质，在当时还无法大规模生产。直到1939年才找到表面培养法，建立培养室，但培养一次要用十万个牛奶瓶。进入这样的培养室，如同进入牛奶瓶世界。显然，用这种办法生产青霉素是很不方便的。直到1943年发明深层培养法，才转入大规模工业生产阶段。青霉素的工业化生产，为现代抗生素发酵工业奠定了基础。

从四十年代起，抗生素接二连三地被发现。1944年发现链霉素，1947年发现氯霉素，1948年发现金霉素，1949年发现土霉素，1953年发现四环素。这些抗生素很快都用发酵法进入工业规模的生产。当然，有些抗生素，现在也可以合成或半合成，但发酵法仍然是主要的生产法。借助基因工程创造新的抗生素，前途是相当乐观的。

维生素是生物生长和代谢所必需的微量有机物。现在已经发现20多种维生素，它们分成油溶性维生素和水溶性维生素两大类。人和动物缺少维生素就不能正常生长，还会发生特异性病变——维生素缺乏症。由于有机化学合成的发展，多种维生素能用化学合成法生产，但有几种维生素仍然是用发酵法生产的。使用发酵法生产的维生素有维生素 B_2 、维生素C和维生素 B_{12} 等。

维生素 B_2 即核黄素，它存在于小米、大豆、绿叶菜、肉、肝、蛋和乳制品中，是人体生长必需的物质。人缺乏维生素 B_2 时会引起口角炎、阴囊炎等。家禽缺乏维生素 B_2 时，产蛋率会降低。

1937年开始用微生物发酵法生产维生素 B_2 ，最初用的是丙酮丁醇梭菌发酵，从发酵液中提取核黄素，产量很低。为了满足市场的需要，人们不断选择菌种，使维生素 B_2 的产量逐年上升。目前，1毫升发酵液中能提取7000微克，比1940年时的500微克提高13倍。现在，微生物学家又找到新的微生物：棉阿舒囊霉菌和阿舒假囊酵母菌，用它们发酵生产维生素 B_2 ，产量又有提高。

维生素C也叫抗坏血酸，是一种水溶性维生素。它广泛存在于新鲜蔬菜和一些水果中。它不稳定，很容易被氧化，而且在保存和烹调时容易被破坏掉。所以，在人们日常生活中，炒菜的时间不能太长，而要热锅快炒，这样可免使维生素C大量被破坏。人如果缺少维生素C，会得坏血病，所以维生素C有抗坏血酸的名称。人需要的维生素C，一般都可以从食物中得到供应。

为了使维生素C的生产工业化，不得不仰仗微生物发酵。有一种微生物叫胶醋酸杆菌，它能把山梨醇氧化成山梨糖。山梨糖是合成维生素C的原料。现在世界上许多国家仍然用这个方法生产维生素C。

维生素 B₁₂ 是一种含钴的复杂有机化合物。人体缺少维生素 B₁₂，就会影响核酸、蛋白质等物质的中间代谢，引起恶性贫血。维生素 B₁₂ 还能促进猪、鸡等家禽的生长发育。目前维生素 B₁₂ 的发酵生产有两种：一种是由链霉菌生产，一般从链霉素发酵液中提取；另一种是使用丙酸菌发酵生产。从上面的介绍可以看出，微生物发酵法已成为生产维生素的主要方法。

那么用发酵法生产核酸类物质的前景怎样呢？核酸类物质一般都在细胞核里。因此，靠从细胞核来提取核酸类物质是很有限的。

核酸类物质，主要是指核酸的衍生物，如环状腺苷酸，腺三磷、辅酶 A、辅酶 I、黄素腺嘌呤二核苷酸、糖核苷酸等。这些物质都可以用发酵法生产。因此，出现核酸工业就理所当然了。由于核酸类物质发酵研究的日益深入，新发现的核酸衍生物日见增多，用途日益广泛。核酸衍生物极有可能成为治疗癌症、肝病、冠心病的新药源。

脱氧核糖核酸 (DNA) 是在上一个世纪 (1869 年) 发现的。在各种微生物细胞中的 DNA 含量不同，细菌是 0.37~4.5%，酵母菌 0.03~0.52%，真菌是 0.15~3.3%。到目前为止，人们还无法在实验室合成大量 DNA。因此，科学研究和医学上需要的 DNA，只能从细胞中分离提取。

从细胞里面提取 DNA 的工艺是相当复杂的。如果微生物能在细胞外面积累 DNA，岂不是件理想的事吗？经过微生物学家不断探索，在 1955 年，发现一种叫嗜卤脱氮小球菌的细菌能在细胞外积累 DNA。以后发现金黄色葡萄球菌、枯草杆菌属、假单胞菌属、节杆菌属等都有这一特性。1972 年，又发现以石蜡为唯一碳源的一类菌能在细胞外积累大量的 DNA，这就为发酵生产 DNA 提供了菌种。但是，还有一个技术问题没有解决，就是怎样从发酵液中提纯 DNA。因为在发酵液中除了含有 DNA 外，还有大量的糖、RNA 和蛋白质副产品。只要找到分离方法，那么大规模发酵生产 DNA 就能成为现实。

四、鲜美可口的人造肉

为解决人类未来对蛋白质的需求，可以大力发展畜牧业和海洋、淡水养殖业。但是，通过非农业途径生产单细胞蛋白是最有吸引力的。这是因为，单细胞蛋白可以大规模地进行工厂化生产，不受天气、环境的影响。

什么是单细胞蛋白呢？所有的微生物都是核酸和蛋白质的实体，又是单细胞。用发酵法生产这些单细胞微生物就可以得到极为丰富的单细胞蛋白。因为微生物的繁殖速度惊人，是植物和动物无法相比的。母鸡每天生一个蛋是算高产了。一头体重 500 千克的牛，每天只能合成 0.5 千克的蛋白质。而 500 千克的活菌体，只要有合适的条件，在 24 小时内能够生产 1250 千克的单细胞蛋白质。可见，家畜和家禽合成蛋白质的本领比微生物要小得多。

单细胞蛋白质营养丰富，既可作饲料，又可作食品。它们含有大量的氨基酸、维生素、矿物质和可供利用的其他营养成分。作为饲料，早已引起世界各国的注意。单细胞蛋白一般都由细菌、酵母菌、真菌或藻类那样的单细胞或多细胞微生物通过发酵进行生

产。例如，苏联用啤酒厂的废液发酵生产单细胞蛋白，年产量达110万吨，是世界上最大的单细胞蛋白生产国。预计到1990年，苏联的单细胞蛋白产量可达1100万吨。单细胞蛋白在国际市场上越来越受到重视，人们再也不用担心饲料紧缺了。

用发酵法生产单细胞蛋白，这几年发展迅速，因为它有许多优点：

1. 不受气候和季节影响，能很快地生长繁殖。

2. 转化率高，多数微生物都以碳源（如淀粉）为原料，使它变成蛋白质。每1000升发酵罐一年能生产出50吨单细胞蛋白。

3. 生产工厂可设在不适合农作物生长但有原料可利用的地方。例如石油开采地区就是建立单细胞蛋白生产工厂的理想地方。

利用废物生产单细胞蛋白的工艺，最近几年也有很大进展。例如亚硫酸盐废液、碳水化合物废液以及农业纤维素废物，都可以用来发酵生产单细胞蛋白。为了说明这方面的情况，我们介绍一下以甲醇—细菌生产线和直链石蜡—酵母生产线产生单细胞蛋白的工艺。

甲醇—细菌生产线 它以甲醇为单细胞蛋白的发酵碳源，因为甲醇极易溶解于水，又很容易从天然气、轻油和煤中得到纯净物。所选择的细菌一定要以甲醇为生长所需的碳源。这类微生物要选用能高速度消化甲醇、产生高含量蛋白、繁殖快、有高营养价值和无毒性（不能致病），而且性能稳定的菌种。在生产时，把甲醇装入发酵罐，再放入以甲醇为碳源的细菌，经过发酵就得到大量的单细胞蛋白。

直链石蜡—酵母生产线 选择以直链石蜡为碳源的酵母作为生产单细胞蛋白的菌种。为什么选用酵母呢？因为酵母细胞内的核酸含量比一般细菌低，如果单细胞蛋白作为人的蛋白质食品，这一点十分重要。而且酵母很容易分离，在一般情况下，每千克直链石蜡能生产1千克酵母，转化率几乎是百分之百。加上可以连续发酵，产量是相当可观的。

这几年单细胞蛋白受到企业家的重视，是因为它丰富的营养成分。据研究，人体必需的8种氨基酸（除甲硫氨酸外），单细胞蛋白中都含有。所以人们叫它人造肉。成人每天吃10~15克干酵母，就能满足人体对营养物的需要了。用单细胞蛋白喂养家畜和家禽，肉长得快，牛奶增加，产蛋率提高，并且能增强机体的抗病力。干酵母在医疗上常常用来作为帮助消化的药品。酵母浸出汁和酵母海藻糖还能作生化试剂，用于生物化学和微生物学的研究。

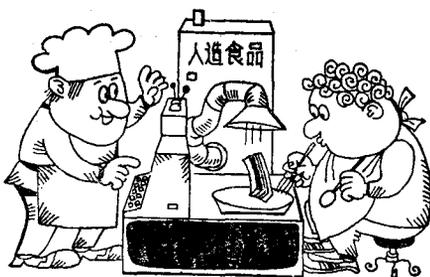
五、鲜味和酸甜味

现在，家家户户在烹调时都喜欢用味精，因为味精有鲜味，菜中加入少量味精便变得鲜美可口。

叶精是什么东西？它是谷氨酸的钠盐。谷氨酸是氨基酸的一种。氨基酸是含有氨基的有机酸，是组成蛋白质的基本单位。所有的生命形态都是蛋白质存在的方式，因此可以把氨基酸看成是构成生命的基础。人和其他生物的蛋白质经过酸和酶水解以后，可得到20种氨基酸，其中就有谷氨酸。在很长时期内，谷氨酸是通过水解蛋白质制得的。

自从1957年用微生物发酵糖类生产谷氨酸以来，发酵法就取代水解法。

氨基酸对生命实在太重要了。对人体来说，氨基酸分成必需氨基酸和非必需氨基酸。必需氨基酸是人体生长发育所必不可少的，它们不能由人体自行合成，只能由每天的食物来提供。它们是甲硫氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸、色氨酸和苯丙氨酸。非必需氨基酸是能在人体内合成的氨基酸，有丙氨酸、丝氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、脯氨酸、羟脯氨酸、精氨酸、胱氨酸和半胱氨酸等。这类氨基酸即使食物中没有，也没有多大问题。



人造食品

为了得到各种氨基酸，一般都采用蛋白质水解，少数几种氨基酸用化学合成和微生物发酵。

谷氨酸的生产，过去采用两种办法，一种是从甜菜中提取；另一种是由蛋白质水解。每50千克干面筋能生产13千克谷氨酸。所以，成本比较高，也浪费原料。为了谷氨酸的大规模生产，在1957年，微生物学家找到用糖类发酵生产谷氨酸的菌种和工艺。这种菌种是从土壤里筛选出来的，命名为谷氨酸棒状杆菌。用这种菌发酵能使葡萄糖变成谷氨酸，转化率在理论上有81%，但实践结果是40~50%。这是因为还有其他副产品，而且菌体在发酵中需要消耗能源。

在谷氨酸发酵中，生物素起重要作用。当生物素缺乏时，谷氨酸的形成受阻，产量低。生物素太高时也阻碍谷氨酸的生成。只有在生物素限量时，才会大量分泌谷氨酸。在培养基质中加些玉米浆，甘蔗糖蜜，可以代替生物素，保持适当浓度，以维持谷氨酸的高产水平。

柠檬酸是重要的化工原料（具有甜味），广泛用于食品、医药等工业。在食品工业中，用量占40%。主要用于饮料、果酱、糖果。在医药工业中的用量约为30%，常作为调味剂用于糖浆、片剂中。

过去，柠檬酸要从柑橘或菠萝中提取，产量远远满足不了市场需要。直到1938年，才开始用发酵法生产柠檬酸，产量大大提高。

在自然界中能产生柠檬酸的微生物很多，其中黑曲霉产生柠檬酸的能力较强，因此，它常被作为连续发酵的菌种。山芋干是生产柠檬酸的主要原料。现在已经找到一整套工艺流程，成为我国生产柠檬酸举足轻重的一招。

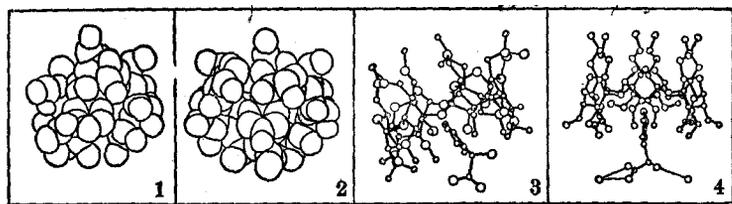
除以上介绍外，好多种氨基酸能用发酵法生产，如赖氨酸、苏氨酸、天冬氨酸等。氨基酸工业可望成为重要的工业部门。

酶 工 程

酶是生物体内产生的有催化能力的蛋白质，即催化剂。催化剂能加速化学反应，而它本身的量和化学性质在化学反应后不发生改变。酶就是一种在生命系统中能加速或催化化学反应的蛋白质。酶工程是利用酶、细胞、细胞器具有加速或催化某种生物化学反应的特性，并借助于工艺手段和生物反应器进行某种产品生产的技术体系。

一、酶的奇特本领

生物体内的新陈代谢是由许许多多错综复杂的化学反应组成的。不论是低等的微生物，还是高等的动植物，体内的生化反应都显得井井有序，有条不紊，而且是连续进行的。它们为什么能这样有规律地进行生化反应呢？为什么能迅速地把高分子物质（如蛋白质、脂肪、淀粉）变成可以被人体吸收的简单有机物呢？揭开秘密，原来是有许多酶在起作用。许多酶构成一个有规律的酶系，它们控制和调节复杂的代谢活动。就拿酵母利用糖类发酵生成酒精来说，需要十二步反应。这十二步反应就是在十二种酶组成的酶系催化下完成的。所以，酶对一切生物的生命活动有重要意义。没有酶，也就没有生命活动。生命是不能离开酶而存在的。



四种酶的化学结构模式图

酶有几个明显的特点：

一是它们有高效催化本领。酶能使化学反应的速度提高 $10^{10} \sim 10^{12}$ 倍，一个酶分子在一分钟内能使几百个到几百万个底物分子转化。拿一个常见的例子来说，某人中午吃了一顿蛋炒饭，餐后感到肚子饱了。然而过不了几小时又觉得饿了。蛋炒饭里面的淀

粉、脂肪和蛋白质到哪里去了呢？它们被消化掉了。这就是说，它们在酶的催化下变成简单的有机分子，由肠壁吸收了。参加这一化学反应的酶主要是淀粉酶（分解淀粉和糖成葡萄糖的一类酶）、脂肪酶（水解脂肪为脂肪酸和甘油的一类脂酶）和蛋白酶（催化蛋白质水解的一类酶）。没有这些酶参加活动，一碗蛋炒饭可能还是蛋炒饭，不会发生什么变化。酶的神奇功能也就在此。

二是酶有高度的专一性。一种酶只能催化一种化学反应。到目前为止，在自然界中发现的酶大约有 3000 种，它们催化的化学反应也有 3000 种左右。一种酶控制和调节一种化学反应，这就是它的专一性。所以，蛋白酶总跟底物蛋白质相对应，葡萄糖氧化酶总跟底物葡萄糖相对应。一个人患消化不良的病，很可能是缺少胃蛋白酶引起的，吃上一点药用胃蛋白酶就可以治疗。

三是酶十分敏感。酶对外界条件很敏感，因此很不稳定。当遇到高温、强酸、强碱和某些重金属离子时，酶就会失去活性，不起作用。酶在一般情况下难以保存，这就给广泛应用带来不小的困难。

酶的另一个特点是提纯和固定困难。

前面两个特点是酶的优势，要充分发挥。后两个特点是酶的劣势，需要克服。酶工程的一系列技术正是为了扬长避短，让酶更好地为人类服务。

二、酶的分类和固定

根据酶催化的反应类型，酶可以分为以下六类。

1. 氧化还原酶类 这类酶专门催化氧化还原反应，通常又分氧化酶和脱氢酶两种。顾名思义，氧化酶催化的反应都是有氧分子参与的，而脱氢酶催化的反应总伴有氢原子的转移。

2. 转移酶类 这类酶催化化合物中一些基团的转移，即一种分子上的一种基团在化学反应中转移到另一种分子上去。

3. 水解酶类 这类酶催化水解反应，使有机大分子水解成简单的小分子化合物。例如，脂肪酶催化脂肪水解成甘油和脂肪酸。

4. 裂合酶类 这类酶能使复杂的化合物分解成好几种化合物。

5. 异构酶类 它专门催化同分异构化合物之间的转化，即使分子内部的基团重新排列。例如，葡萄糖和果糖就是同分异构体，在葡萄糖异构酶催化下，葡萄糖和果糖之间就能互相转化。

6. 合成酶类 这类酶使两种或两种以上的物质化合而成新的物质。

根据不同需要可以选择不同类型酶。酶在国民经济的许多部门得到合理的应用，创造了许多财富。例如在食品工业中，早先生产葡萄糖是由酸催化的，发现 α -淀粉酶以后，改用 α -淀粉酶催化，使葡萄糖的产量大大提高。食品工业中利用的酶，早期大都来自动植物。如来自动物的酶有凝乳蛋白酶、胰蛋白酶、胃蛋白酶等，来自植物的酶有麦芽糖淀粉酶、番木瓜蛋白酶等。由于酶工业的迅速发展，现在许多酶已改用微生物生产了，因为微生物生产的酶成本低，产量高。现在市场出售的食品工业用酶，有 80%

用于跟淀粉有关的产业。

但是，要想更广泛地使用酶，却存在不小的困难。提纯酶，保存酶可不是一件轻而易举的事。酶一般很难从反应物中分离出来，无法反复使用。这一点完全不同于无机化学反应中的催化剂。从六十年代开始，固定酶的技术才有所突破。这就是使酶跟某种载体结合在一起，既能保存自己，反复使用，又不失去催化性能。

酶的固定方法，可以分为化学法和物理法两种。物理固定即吸附法。因为酶是蛋白质，它能依靠静电离子、疏水性和分散作用而被吸附在不同载体的表面上。虽然被吸附在载体表面上的酶会逐渐脱落，但这种方法简便，仍然被广泛地应用。例如把酶加到凝胶体中，酶就被吸附在表面上。它跟凝胶体之间既不形成化学键，又能保持自己的催化性能，很容易制成颗粒状的含酶凝胶体。把它们填满柱形生物反应器就十分方便。还有更理想的做法是，把酶装进胶囊里。酶在胶囊里，外面有一层膜，不会向外漏出，这样便不受外界影响。

化学固定是常见的酶固定法。一组酶分子跟一组载体分子相互作用，形成共价键。两个相互化合的原子各提供一个电子，形成一个电子对，这样的键就叫做共价键。酶跟载体之间形成的共价键越多，酶的稳定性越强。当然酶的活性是不会受到影响的。

酶固定一般采用什么载体呢？载体又分为天然载体、人工载体和无机载体。最常见的天然载体是多糖——衍生纤维素、淀粉糊和琼脂。这些载体本身是惰性的，通常不容易跟酶形成固定的结构，因此事先要使它们活化。现在已经证明，这种载体不如含有反应基团的蛋白质。人工载体是以聚苯乙烯、酚醛聚合物、聚丙烯酸酯为基础的颗粒状树脂。它们是酶的极好载体，其中最受欢迎的载体是尼龙，因为它的表面容易活化。用尼龙可制造尼龙丝、尼龙薄膜、尼龙管方和其他形状的产品。因此在尼龙导管反应器的表面固定酶是非常理想的，因为化学反应可以在整个尼龙导管内进行。无机载体包括硅凝胶、大孔玻璃等，主要用于酶的吸附。

有了如此众多的固定酶的载体，使酶得以广泛地应用于工业生产和科学技术研究领域。例如，工业上生产葡萄糖，过去采用酸水解法，现在用固定糖化酶取得非常好的效果。用固定纤维素酶可以从非食用纤维素原料中得到葡萄糖和其他食用糖。在科学研究中，酶已成为研究光合作用、新陈代谢作用的理想工具。

科学家们一直在不断探索酶的作用本质。最近苏联科学家对此又有新的发现。他们发现，酶能加速电极反应。这一性能是人们过去不知道的。酶参加电子转移，再次证明它们将在未来工业中起独特的作用。实验证明，固定在电子导体表面的酶能够起电化学反应催化剂的作用。过去为了进行电催化，常常采用以铂为基础的贵金属催化剂，现在找到了能同导体交换电子和实现相应的生物电化学反应的酶，能使反应速度提高几百万倍。苏联科学家把促进生物电化学反应的酶的作用叫做生物电催化。这样又为酶的应用开拓出新的途径。

三、特大油田

在地球上，植物纤维素是最丰富的，而且是可不断再生的资源，它跟人类的生存有

密切的关系。太阳每年辐射到地球上的光能只有 0.1% 被绿色植物利用，即通过光合作用形成纤维素和其他有机物而被植物储藏起来。其中纤维素最多，约占三分之一到二分之一。经过计算，地球上绿色植物每年大约能生产 40 亿吨纤维素。植物纤维素是由最简单的葡萄糖分子组成的。这么丰富的葡萄糖却未被很好利用，除了用来造纸、纺织外，大量的稻草、麦秆、花生壳、玉米芯、甘蔗渣和各种米皮、杂草、树枝都白白地浪费掉了。算一算这笔账，这是多么大的一笔财富啊！几十亿吨植物纤维素如果转化为酒精，转化率是 50%，那么也可得到 20 亿吨酒精。酒精是很好的燃料，这就等于找到一个特大的油田。绿色植物每年能再生，所以是取之不尽、用之不竭的新能源。

要想充分利用纤维素，就得有大量的纤维素酶。纤维素酶在自然界里分布很广泛，在细菌、真菌、某些无脊椎动物和高等动物的胃里都有，反刍动物的胃里更是纤维素酶集中的地方。牛、马、羊这类食草动物正是依靠胃里的纤维素酶把纤维素分解成糖的。因此，想得到纤维素酶并不困难。

纤维素酶从发现到现在已有七十多年的历史，但真正利用它为人类造福还是近十来年的事，主要用它来生产葡萄糖和酒精。这也是纤维素酶应用的主要目标。

纤维素酶的酶解跟酸水解相比，有不少优点。例如，它可以在常温常压下进行，不需要昂贵的耐酸设备，而且反应专一，产品纯净。利用纤维素酶糖化 5~20% 浓度的纤维素底物，经过 6~24 小时，就有 50% 的纤维素变成可溶性糖。在纤维酶糖化连续化系统中，经过 40 小时催化反应，从反应罐里就可得到 5% 浓度的葡萄糖流水液。脱水以后，就是纯净的葡萄糖了。

经过不断完善，纤维素酶糖化工艺在今天是不存在技术困难了。为了进一步提高产品的产量和质量，现在大多采用纤维素酶的高产菌种作为催化剂，而不用纯净的纤维素酶。选育高产、耐热和能分解植物纤维素的新菌种也就成为微生物学家面临的迫切任务。毫无疑问，纤维素分解细菌繁殖得越快，它的转化率也越高。

在国外有人试验用纤维素酶和饲料一起喂猪，发现使猪生长加速，因此受到人们的关注。

“满山都是草，遍地皆是宝”。把纤维素酶基因转移到大肠杆菌细胞内，培育出新的纤维素酶高产菌种，一定能为酒精和葡萄糖工业掀起新的革命。

四、人工酶

生物体内的天然酶都是由几百个氨基酸分子组成的蛋白质。酶所以有那么强的催化作用，跟它特有的结构有关。酶有一个活化中心，即它的催化基团。在化学反应中，催化基团处在两个底物小分子中间，把两个小分子紧紧地拉在周围，使它们结合起来。这就好比一个大人的两只手拉住两个小孩使他们亲近。酶的这种作用能大大加速生物化学反应。

不论是化学家还是生物学家，都热切地希望把生物体内的生化反应搬进工厂。在工厂里生产淀粉、脂肪和蛋白质以及其他生物制品，需要大量的各种各样的酶。于是寻求人工合成酶就成为热门的研究课题。人工酶就是用化学合成的办法得到的催化率跟天然

酶相近的大分子物质。

研制人工酶还处在开始阶段，经过几年的努力已经取得重大的进展。例如已经合成的人工酶环状精，它能象天然酶那样有选择地把具有一定形状和疏水性质的分子结合到自己的催化基团周围，这一点跟酶的功能很相似。这种人工合成的环状精是由葡萄糖单体组成的。环状精催化的反应是芳香环和甾体烃的氯化反应。另一些人工酶能有选择地合成氨基酸，还有些人工酶能模拟核糖核酸酶水解 RNA。目前研制的人工酶，它的催化速度已接近天然酶，也就是说能使化学反应的速度提高一亿倍以上（天然酶通常是 100 亿~10000 亿倍）。只要设计得当，人工酶的催化速度还可以提高。这就足以说明，在酶工程研究领域，人工酶是大有可为的。

人们对人工酶极感兴趣，因为它为我们开拓出一条提高化学反应速度的途径，而且研究酶促反应和研制人工酶来设计新的化学合成路线，能在工厂中生产新的物质。

我们现在还不知道许多生物化学反应的详细步骤，因此不能在工厂中合成淀粉、脂肪和蛋白质。而这些大分子物质却能在细胞中生成。当然细胞制造这些物质都是在酶的参与下完成的。如果我们的科学家有朝一日掌握了这一过程的全部细节，并能合成各种各样的酶，那么我们就能在工厂中生产粮食。

当然，要进行复杂有机物的非生物合成，即使所有的技术问题都解决了，还要考虑经济效益好不好。如果用化学合成法生产 1 千克淀粉的成本比农业生产获得 1 千克淀粉的成本高许多，这种化学合成就没有实际意义，仅有理论上的价值。不过许多人相信，酶工程肯定会给人类带来巨大的经济效益，也一定会为人类造福。

五、酶工业方兴未艾

当人类还处在游牧时代时，就知道利用犊胃中的凝乳酶作为牛奶的凝固剂来制造干酪。但是，利用微生物生产酶制剂，是到上一世纪末（1894 年）才开始的。因此，今天的酶工业还相当年轻，跟古老的纺织工业不好相比。

1935 年，日本首先开始用固体培养法和液体静置培养法生产细菌淀粉酶。第二次世界大战以后，抗生素陆续被发现，微生物工业进入迅速发展时期。1949 年开始，才采用深层通风培养法大量生产细菌淀粉酶，为淀粉的转化打下基础。经过十年的进一步研究，到 1959 年，日本采用细菌淀粉酶和糖化酶，确立了酶法生产葡萄糖的新工艺。这方面，日本处于世界的领先地位。葡萄糖作为食品原料以及医用品，很受人们的欢迎。但是，葡萄糖作甜味添加剂并不理想，它的甜度只及蔗糖的 60~70%。增加甜度就成为迫切的问题了。不断的探索、细心的研究，终于发现一株能生产强葡萄糖异构酶的放线菌，采用它进行转化糖的工业化生产，产量大大提高，而且产品的甜度增加。这种转化糖中含果糖 42%，葡萄糖 52%，低聚糖 6%，人们叫它第一代转化糖。在食品工业中，如作清凉饮料的甜味添加剂，果糖的含量达到 55% 是最理想的。现在这个问题已经解决，用离子交换树脂层析法进行层析，就可以得到含 55% 果糖的第二代转化糖。第二代转化糖在美国和日本已成为非常重要的甜味添加剂，在乳酸饮料、清凉饮料、冰淇淋、蛋糕、面包、果品罐头和乳制品等食品的生产中广泛应用。

现在,许多酶如 β -淀粉酶、 α -淀粉酶、异淀粉酶、葡萄糖异构酶、葡萄糖氧化酶、蛋白酶、纤维素酶、脂肪酶等几十种酶制剂,都已陆续生产出来,它们在工业和医药业上发挥重要的作用。近几年,科学家从微生物中发现的酶已有2500多种,各国正在申请专利的酶制剂也有1000多种。可以肯定,酶工业的前途十分远大。美国预测,到1990年,世界上酶制剂的产值可达17亿美元。如果把酶应用于工业生产后创造的产值计算在内,那么就要大大超过以上数字。现在有不少工业部门是直接或间接依赖酶存在的。没有 α -淀粉酶、 β -淀粉酶、葡萄糖异构酶,纤维素酶,那么淀粉糖工业、果糖葡萄糖浆工业,酒精工业等就难以存在和发展。

酶已经在国际上成为重要商品,酶的生意也越做越兴隆。例如,美国马里兰州有一家小公司专门生产限制性内切酶。这种酶能识别外源DNA的特定部位,并只在那里切割DNA。在公司开办初期的1977年,年收入只有35万美元,到1981年超过1000万美元。欧洲有两家公司专门生产用于洗涤剂的酶,一年的销售额达1.1亿美元。

在我国,酶工业有一定基础,目前在全国有20多家工厂在生产酶制剂,投产的酶有7种,研制成功的酶有20多种,酶已应用在30多种行业中。但是,跟先进国家相比,我们仍然是落后的,必须急起直追。这几年,我们的微生物专家、酶工程专家做出了很好的成绩,引起国际上的重视。例如啤酒,由于发酵周期长,增产受到限制,为了满足市场需要,不得不投资兴办新的啤酒厂。上海工业微生物研究所的科技人员跟上海华光啤酒厂合作,应用固定化酵母发酵制啤酒的新工艺,发酵周期缩短45%,而产品质量跟老工艺生产的不相上下,这就为啤酒增产创出一条路子。再如,薯渣是马铃薯、山芋制取淀粉后的剩余物,过去一直作为猪饲料处理。我国科技人员在薯渣内接种柠檬酸菌,生产出质量很好的柠檬酸钙。柠檬酸钙不仅能满足国内的需要,而且能出口。黑龙江有一家食品厂通过酶法新工艺,成功地用玉米生产饴糖,为玉米的综合利用开创了新路。用玉米生产的饴糖生产糖果,每吨可节省400多元。如果全面推广这个方法,全国每年可以增加几千万元的收入。

生物技术群

生物工程中的基因重组技术、细胞融合技术、微生物发酵技术、酶制剂技术以及组织培养技术等，统称生物技术。从整体上看，生物技术只有部分可以应用于工农业生产，大部分技术还处在开发研究和不断完善的阶段。所以，把生物技术看成是具有巨大经济效益的未来技术是比较确当的。然而，在当今世界上，一项新的技术总是很快以技术群的雄姿出现的。生物技术正在跟别的新技术结合，产生更多的崭新技术，这一点我们千万不可忽视。开发生物技术，必须注意到这一事实。

一、生物电子技术

在八十年代初，生物工程中的基因重组技术跟微电子技术攀上了亲，形成崭新的生物电子技术。它是利用基因重组技术原理，通过电子计算机设计出能进行信息处理的微型高分子元件（也叫生物集成块），从而利用蛋白质生产一种只有细胞那么大小的生物电子计算机。这种计算机能根据指令自我繁殖，自我组装。因为制造生物电子计算机的程序已通过基因重组全部存入 DNA 中了。这种富有幻想色彩的大胆设想，一经提出就引起轰动，对它的研究也是意想不到的快。

细胞是可以复制的，这是因为在细胞核中有一台奇妙的“计算机”，即基因组。它不仅操纵细胞的分裂、复制，而且控制细胞的分化。一个鸡蛋所以会变成一只可爱的小鸡，正是基因控制的缘故。微电子技术的发展日新月异，现在已进入到第五代，即可以在指甲大小的硅片上集成几万个电子元件的微电脑问世了。第五代电子计算机又叫智能电脑、思考型电脑。那么能不能在单位面积上集成更多的元件呢？从理论上说是可以的，但事实上行不通，因为元件数量过多，互相之间留下的空隙没有了，电子就会在各个元件之间互相乱跑，失去控制。当元件之间的距离接近分子大小时，要想隔离它们就十分困难。富有创造性的科学家从细胞核里的 DNA 储存不可计数的遗传密码得到启发，设想用蛋白质分子做成集成块，而且做成立体的，使它们能容纳比硅片上更多的集成电路和元件。

在 1974 年，科学家发现某些有机分子有整流作用，如血红蛋白。当给它微弱电流

时,能象常规电子计算机和微处理机内部的元件一样,有“通”和“断”的信号,这就能进行二进位制的编码。这一现象给科学家们极大的鼓舞。于是,设想用蛋白质分子涂在玻璃片上,上面再覆盖金属线路,做成常规的平面集成电路。做到这一步在技术上并不困难。进一步的工作是用 DNA 作信息载体,改造成可能制细胞的指令,利用蛋白质作原料生产细胞电子计算机。如果要修改设计,只要对原来的 DNA 重新组合,就能改变产品的型号。这简直有点像《天方夜谭》里的故事,叫人难以相信。

然而这是事实。美国有的科学家已经研制成功生物集成块,并取得专利。制作时,用蛋白质分子涂在玻璃片上,上面覆盖一层塑料,再用电子流刻蚀方法在上面描出线路,然后用酒精洗涤,露出下面的蛋白质。然后把它浸入含有银的溶液里,显露的蛋白质就跟银结合在一起。这就是生物集成块,它具有同半导体一样的导电性。

生物集成块开创了一个新时代,它比超大规模集成电路更富有魅力。科学家们设想让生物集成块能从人体细胞中获得信息、处理信息。把它移植进人体后,用来治疗由于 DNA 指挥失误而引起的疾病。

二、生物机械技术

生物技术跟机械技术结合而产生的新技术,就是生物机械技术。它根据生物有机体的功能原理进行机械设计创造高功效的机械产品。

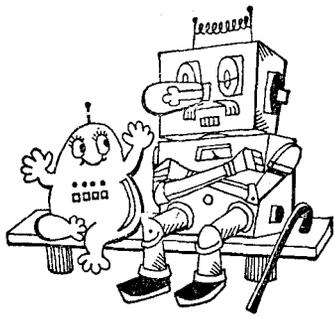
原来,生物有机体不仅是极佳的硬性加工系统,也是最优的柔性加工系统。研究生物有机体,会给人们许多启示。生物机械技术加上微电子技术,便造就出我们这个时代的宠儿——机器人。

生产机器人的产业是技术密集型产业,它已经成为一些国家的尖端产业之一。人类希望制造活动机械人来帮助自己干活,这种想法由来已久。古希腊有一个神话,说神王宙斯给他的儿子米罗斯·克利特国王一尊青铜巨人。巨人名叫泰勒,它跟真人大小相仿,可以活动,成为米罗斯·克利特国王的忠实看门人。任何人要见国王陛下,没有泰勒的同意就休想进门。当然,泰勒跟今天的机器人不好相比,在古代也不可能造得如此神奇。

无独有偶,我国宋代科学家沈括在《梦溪笔谈》中也记载过一个会帮助人捉老鼠的木头人。公元 1041~1048 年间,有一个姓李的人造了一个会活动的木头人。木头人左手拿香饵,引诱老鼠来吃,右手持铁棍。当贪吃的老鼠爬上来吃食物时,木头人的左手趁机抓住老鼠,右手举起铁棍猛打下去,老鼠就一命呜呼了。

无论是古希腊的青铜巨人,还是我国宋代的木头人,充其量不过是一种机械装置,跟今天用电脑控制的机器人是不好比的。

出现机器人这个名词,还是本世纪二十年代的事。这是从捷克作家卡列尔·卡佩克写的一部科学幻想剧开始的,剧本名称叫《罗萨姆万能机器人》。从此以后,机器人这



机器人

个词一直沿用到今天。

目前世界上的机器人可以分成以下三类。

1. 遥控型机器人 这种机器人有人的手和脚的功能，可以在远离人的地方工作，它的行动完全受人控制。最初，这类机器人被分派在核反应堆旁工作，因为它们不怕放射性物质。现在，它们从事的工种越来越多，有的在高空作业，有的在水下工作，有的不知疲倦地去搬运危险品。

2. 自动型机器人 这是六十年代研制的机器人，它们按输入的工作程序、按人的指令去完成某些工作。人们把事先准备好的程序输入自动型机器人的电脑，它就按程序一步一步去工作，一点也不会偷懒。让它们担任“检验员”，对产品检验极为严格，铁面无私，毫不留情。

3. 自治型机器人 自治型机器人比前面两种机器人要“进化”得多。它们能了解自身的情况，还能了解周围的情况。它有模拟人的大脑功能的电脑，能思考和联想。电脑跟密布全身的“神经”相连，具有视觉、听觉、味觉和触觉，甚至连皮肤的颜色也跟人一样。这样的机器人能当老师、营业员、服务员。日本研制成功机器人护士，它能扶起不能自由行动的老人，帮助病人移动位置或翻身等。这一机器人护士重460千克，能抱起相当于自重17%（约80千克）的患者，以每小时3千米的速度自由行动。它还能模仿人的动作，以“主人和仆人的方式”进行工作。日本是世界上拥有机器人最多的国家。

更加高级的机器人，能帮助专家设计、思考、出主意。它被叫做“专家系统”，是专家们的真正好帮手。

三、人造器官技术

人要向大自然学习，向一切生物学习。在生物界中，可为人类之师的生物，可供人们模仿的技术样板，多得不可胜数。不论是低等的单细胞动物，还是复杂的高等动物，都表现出相当高超的功能。就拿材料来说，我们的科学家设计出不少新型材料，如聚酯玻璃纤维、纤维增强金属、耐磨的新型陶瓷材料、玻璃钢等等，这些材料虽然都有各自的优点，但都无法跟生物复合材料比拟。

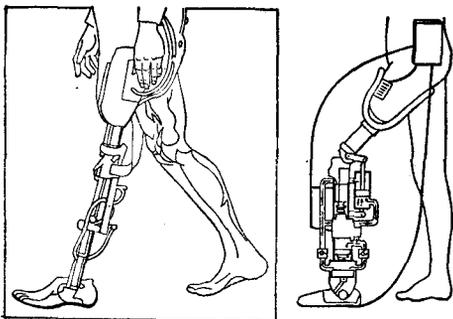
人造膜材料在世界上已有不少，可是比起细胞膜来却望尘莫及了。细胞膜能主动输送物质，还兼有其他多种功能。因此，研究人造膜的科学家无不从细胞膜中得到启示。

在生物界中，骨、甲壳、贝壳这样的结构材料，由于在无机质中含有若干蛋白质而显示优良的物理特性。例如骨头，在受到外力作用时具有延展性金属那样的“屈服”现象。而贝壳的抗张强度可达1吨/厘米²。在动物界，硬组织相当发达，我们可见到矿物化的骨、牙、贝壳、甲壳，也可见到角质化的角、爪、毛发和鳞等。

人们研究各种各样生物材料的目的是，要从中得到启发，从而在工厂中造出供人体使用的各种器官，如人造血管、人造血液、人造骨头、人造心脏、人造肾脏、人造肺等，为人造器官的诞生和发展开拓出一条康庄大道，使医学进入人工配件时代。

当一个人被汽车撞伤或者不慎从脚手架上堕落，手臂骨折时，如果是一般性骨折，

那只要请外科医生进行整治，用石膏固定，经过一段时间休息，骨折部位就会愈合。万一是粉碎性骨折，情况就相当严重了，常常不得不截肢，失去一条手臂。这对患者来说是很痛苦的。有没有办法找到代替骨头的材料，移植进去，恢复手臂的功能呢？有。这就是人工假肢。美国的一位外科矫形专家是这样为病人移植人造手指的：他用两根轻而非常坚固的金属钛管，联结耐用而柔软的人造橡胶活动关节，由六种不同型号的人造关节代替指骨。经这样的手术后，就可以恢复手指的功能。



人工假肢

人体配件就是指由人工生产的、供替换人体内部器官、组织以及某些生物成分的配件。目前的人体配件还不算多，还仅仅在几个主要器官上取得可喜的进展。人体的奇特功能是极其富有魅力的。例如，感觉器官的感知功能，神经和大脑的功能、五官功能等等，都是十分神秘的，尽管作了许多研究，至今我们还未得真谛。就连翱翔天空的鸟类，游弋大海的鱼类的运动功能和机理，尚有许多奥秘令人不可理解，何况对于人体呢！

人造器官作为商品出现，在我们这个时代，是科技进步的必然结果。科学家预测，十年后人造器官会发展成一个大产业部门。人寿延年，长生不老是人类追求的目标，也是研究的重要课题。

人造器官的生产，美国居世界领先地位，其次是日本。美国开发的品种最多，生产的数量也最大，而且质量比别国的好。从长远的观点看，人造器官当然比不上天然器官。医生当然很希望植入天然的异体脏器或脏器细胞，让它们执行功能，这是最理想不过的。然而，异体脏器都是从突然因各种事故逝世的病人身上取下的，数量十分有限，远远不能满足需要。人造器官可以大量制造，又不引起排异的免疫反应。这就是为什么在这方面研制那么积极，发展那么迅速的原因。

人造器官问世之后，总的情况是供不应求。就拿人工肾来说，日本使用人工肾的病人达6万人，如能满足需求的话，将有10万病人接受人工肾的移植。仅此一项，就形成一个1千亿日元的市场。据报道，日本的心脏病患者（主要是心肌梗塞）占有相当大的比例，因此人工心脏的研制在日本进展很快。在1970年前，日本东京大学医学系渥美和彦教授领导的研究小组，在山羊身上使用人造心脏，当时他们为三只山羊移植人工心脏，存活率都在六个月以上。这几年人工心脏的研究又有新的突破。美国犹他州大学的科尔夫博士对人工心脏的研究取得举世瞩目的进展，他领导的研究小组已成功地为一位52岁的病人移植人工心脏。尽管这位病人后来因为并发症而死亡，但人工心脏能在他身上正常工作，这本身就是奇迹。

人造血液 它是一种氟碳化合物，能很强地跟氧结合，又能把氧释放出来。因此是很理想的人造血液制造材料。动物实验表明，输入人造血液，没有引起严重的急性中毒现象和致癌、畸形、致变异的反应。有的动物经过多次人造血液的“完全交换”，即用

人造血液完全代替体内原有的血液，生存了一年之久。据日本报道，注射人造血液而救活了九名危及生命的大出血病人。举这些例子，为了说明人造血液研制所取得的可喜成果，而不是说明人造血液象人体骨髓制造出来的血液那样完美无缺。

人造肾脏 它是一种用有孔的化学纤维卷成筒状的透析型血液过滤器，尿流经时能除去废物。早在十多年前，就能批量生产人造肾脏。目前正在研究的一种轻型人造肾脏，比原来的更先进，不久即可投入生产，在临床上广泛应用。

人造肝脏 这是根据利用活性碳过滤掉有毒物质的原理制造的。在塑料制成的圆筒中填满活性碳或者离子交换树脂，当血液从中通过时，血液中的有毒物质就被吸附。有四名急性肝衰竭昏迷的病人接受人工肝脏治疗后，四名都重新清醒过来，其中一名还存活一段日子。

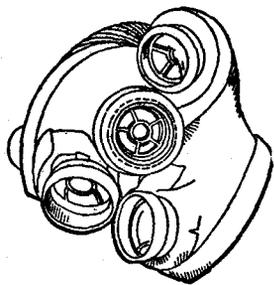
人造胰脏 这是专门为糖尿病患者注射胰岛素而控制血糖值的实用微型装置。把它植入人体，能连续测定血液中的血糖含量，自动控制胰岛素的注入量。

人造肺 这是医院为做心脏手术而向血液中补充氧气的一种装置。

人造心脏 这是血液泵和驱动装置组成的小型自动机械，在体内能代替心脏进行血液循环。

人造视觉 目前还处在研制阶段，由电子计算机向眼睛传递信息。专家们正在设计一套包括装在眼眶内的电视摄影机和装在眼镜架上的微型程序器来分析视物，达到看清东西的目的。

根据专家预测，到下一个世纪初，除人脑以外，人体上的所有器官都可以更换。这无疑会给病人带来福音。我们期望有这么一天，植上人工心脏的人能参加马拉松比赛。



人造心脏

四、生物技术群的出现

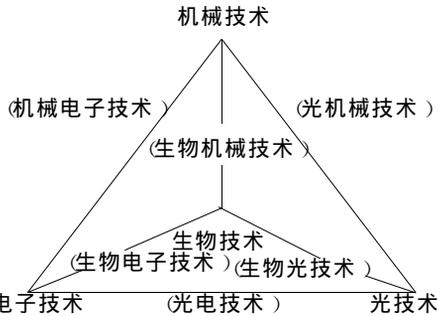
在我们这个时代，新技术日新月异，各种技术都在不断丰富充实，生物工程也在不断创新和完善中。所有的技术，尤其是新技术都不是孤立发展的，它总是跟别的技术互相渗透，互相结合，形成新的技术群。围绕生物技术的发展，这几年陆续出现一组崭新的技术，我们把它叫做生物技术群。

前面介绍过的生物电子技术，生物机械技术，就是生物技术群中的两项。为了说明生物技术群产生的原因，我们把电子技术、机械技术、光技术看成是一个等边三角形的顶点，生物技术便是这个三角形的中心。从它们的相互关系中，我们可以看到生物技术群的概貌。因此，有的科学家把下一世纪叫做生物工程世纪，不是故弄玄虚。这也是当今世界上许多物理学家、化学家、电子技术专家向生物工程转移的原因。他们充满信心地要在生物工程领域里干出一番业绩来。

生物工程本身的突飞猛进，以及其他技术、其他学科成果的引进，为生物技术群的出现打下坚实的基础。拿生物光电技术来说，激光技术的进步，光纤技术的突破，为生物信息的开发利用提供方便。生物用光传递信息的本领是十分高明的，青蛙对空中飞行

的昆虫十分敏感，而对停在旁边的昆虫却毫无反应。飞行中的鹰能看见跑窜中的老鼠。揭开这些秘密，生物光技术是责无旁贷的。在光传感器、信息储存检索用的光录像盘技术中，我们都可以发现生物利用光的影子。

生物技术跟机械技术、光技术、电子技术融合而形成的技术群，构成现代产业社会的高技术。如果说机械技术是人的手和脚的延长，那么上面四位一体的高技术，就是模仿人体系统最有权威的技术系统。电子技术可以代替人类的思维和判断，因此是大脑的放大，成为人工智能中最富有生命力的技术。光技术可以协调人眼和感觉系统的功能，它可以补充和提高人的认识功能。



生物技术跟其他技术相互渗透

当然，生物技术跟其他技术结合起来，也会出现一组新的技术群，这里就不一一赘述了。

下编 生物课教学实验探索

生物探索式教学法探索

随着教学理论的发展，世界各国相继提出了许多教学方法，如发现法、图表教学法、范例教学法、程序教学法、掌握学习法、探索式教学法等。在这众多的教学方法中，越来越被人们所重视的是，在教学指导思想上注意启发式教学，重视对学生学习方法的指导并在教师的指导下，创造一个更有生气的课堂教学气氛。探索式教学法是体现这一教学指导思想的教学方法之一。北京市一〇一中学郭小丽、上海市南汇县教育局教研室张才龙等老师将这种方法引进生物教学，在教学工作中做了一些试验，并总结如下：

一、理论依据

(1) 学生探索与教师指导的关系

学生的探索不同于科学家的探索，学生的探索是在教师的指导下进行的。这里必然存在着学生探索与教师指导的关系问题。教师既不能包办代替学生的探索，但又不能放任自流，听其自然。为此教师应做好以下的指导工作。

1) 精心设计教学程序

前面已经提到，探索教学有其特殊的程序。制订与执行程序是教师指导的主要方面。学生是沿着教学程序一步一步地发现问题和解决问题的。

2) 做好上下程序间的过渡引导

从前一程序转入下一程序时要有引导，目的是为了启发学生思维。

3) 突出重点突破难点

探索教学法作为传授新知识的一种手段,对教材的重点加以突出,对难点必须加以突破。必要时可以采用启发式讲述法。探索教学方法应与其它教学方法相互配合,各取所长,共同为达到教学目的服务。

4) 充分发挥教科书的作用

应当把教科书作为引导学生探索的“科技文献”看待,使学生养成遇到问题就向实际请教、向书本请教的习惯。要让学生带着问题自学教材,这样,阅读起来重点明确,也容易理解。课后要让学生进一步消化吸收教科书的内容。

(2) 影响探索教学法的因素

1) 受教学内容的限制 在生物教学中并不是所有的内容都可以采用探索教学法。只有那些易于发现、易于启发、易于由感性认识上升到理性认识的内容才适宜于用探索教学法。

2) 受学生状况的限制 探索法是让学生主动获取知识的一种方法,如果脱离学生实际就必然导致失败。如果说讲述法有给教师一定的临场调整余地,那么探索法则很难临场调整,尤其是对程序的调整。因此要求教师对学生有更多的了解。如果教材太难,学生跟不上,采用此法将会对学生知识的掌握带来影响。

3) 受教学设备的限制 没有相应的实验设备和材料是很难展开探索教学的。教师演示实验,然后引导探索,最后得出结论,这种教学法也符合探索程序,不妨称为“演示探索法”。这种方法对设备条件的要求相对来说要低一些,因此更容易推广。

4) 受定势的影响 习惯势力无形地束缚了学生和教师。那种教师讲学生听的被动接受知识的教学方法在师生双方已形成一种定势。要打破这种定势需要学生的努力,更需要教师的努力,需要发挥教师的主导作用。

5) 受教时的影响 现在的教时框得太紧太死。每一教时又限定45分钟。如果改变这种现状,实行弹性教时,则需要教育管理上加以研究。

二、教学程序

探索教学法的教学程序应该作如下安排,首先,教师提出问题。比如,提出什么是血液的秘密?接着,由学生经过实验获取感性材料,这就是通过制作与观察血片以及讨论观察结果,认识红细胞的形态构造。然后,引导思维探讨,以揭示本质(质疑问难),也就是由红细胞的形态构造引出功能。通过学生阅读教材,教师重点讲述,认识红细胞的功能。最后,进行归纳总结,并为下节课设置悬念。

这一程序不像传统生物学教学程序那样由教师讲述各种知识,学生理解识记或者机械识记,然后通过实验来验证教师传授的知识。探索教学法将实验作为学生探索客观世界,获取感性材料的手段。正因为如此,学生在做实验时对实验结果的真正含义是不知道的。只有经过思维,经过查阅资料等活动,使感性认识上升到理性认识,才能理解这些感性材料的真正含义。

学生通过自己的实践,获取感性材料,经过思维使之上升到理性认识,这是一条重要的学习途径。这条途径的意义在于学生不但可以获取人类已知的知识,将来用同样的

途径也可以获取人类未知的知识。

探索教学法的教学程序和科研人员的研究过程是一致的。学生按照这一教学程序进行的学习过程，实际上就是一个科研过程。两者的区别在于学生的这种探索是在教师指导下进行的。探索的对象对学生来说是未知的，而对教师则是已知的。科研人员的探索则往往是独立进行的，是一种艰苦的攻坚战。两者尽管不同，但都遵循着同一个程序即认识程序。这就是探索教学法赖以存在和发展的理论依据。

三、实施案例

以《叶结构》一节为例的教学程序可设计如下：

(1) 教师提出问题和解决问题的方法

1) 教师提出问题：①叶由哪三部分组成？②气孔在上、下表皮的分布有什么特点？③叶的结构与其生理功能相适应的特征是什么？

2) 教师提出解决问题的方法：①用显微镜观察叶的切片；②观察叶结构挂图；③阅读教材和辅导材料；④总结，写出笔记。

(2) 学生进行探索

学生在教师的提示下，可根据各自的特点，独立地选择方法进行探索。可先用显微镜观察切片再阅读教材和观看挂图，也可先阅读教材和观看挂图再观察切片。在观察、阅读和分析、综合的基础上，每个学生写出重点内容的摘要笔记。

(3) 师生共同讨论和解决问题。

1) 由教师选择几个笔记范例并由学生将此写在黑板上或讲解结果。学生笔记举例如下：

学生甲

第二节 叶的结构

叶分三部分：表皮、叶肉、叶脉

〈1〉表皮：无色透明、排列紧密、有角质层。

〈2〉叶肉：分栅栏组织和海绵组织。细胞内含有叶绿素，是进行光合作用的场所。

〈3〉叶脉：有导管和筛管，输导水分和有机物。

学生乙

第二节 叶的结构

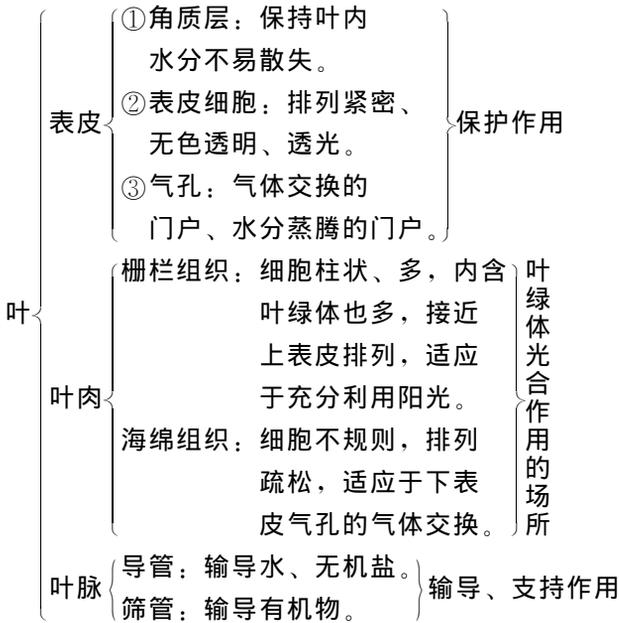
分三部分 { 表皮
叶肉
叶脉

- 〈一〉表皮 {
 - 无色透明
 - 角质层
 - 有气孔
- 〈二〉叶肉 {
 - 栅栏组织：细胞多、柱状、叶绿体多
 - 海绵组织，细胞少、叶绿体少。
- 〈三〉叶脉 {
 - 导管：输导水、无机盐。
 - 筛管：输导有机物。

2) 学生在教师的指导下，通过比较、归纳获得正确的结论并选择最佳的笔记设计，由教师进行补充和修改。教师补充和修改后的笔记举例如下

A 类型

第二节 叶的结构



B 类型

		特点	功能	组织类型	
叶的结构	表皮	①具有角质层 ②细胞排列紧密，无色 ③具气孔	①保护体内水分 ②透光，防病菌的侵入 ③气体交换和水分蒸腾的门户	保护组织	
	叶肉	栅栏组织	①细胞柱状排列紧密 ②细胞内含叶绿体多	接近上表皮排列，适应于充分地利用阳光进行光合作用	营养组织
		海绵组织	①细胞不规则排列 ②细胞内含叶绿体少		
	叶脉	①有导管 ②有筛管 ③纤维	输导水分、无机盐 输导有机物 支持作用	输导组导 机械组织	

3) 巩固、总结。

(4) 师生共同进行评价

评价内容包括内容的完整性、格式的条理性和语言表达的完美性，最后进行成绩记分。

生物课引导探索式教学法

为了使生物课堂教学既有利于学生学习掌握基础知识和技能又有利于发展学生的能力,齐齐哈尔教育学院信家桢老师在1984年提出了改革传统的生物课堂教学结构的设想。同年9月开始在初中一年级植物学课堂教学中进行了改革实验,到1987年7月已完成第三轮实验。通过教学实验和研究,逐步形成了“引导探索式教学法”。

引导探索式教学法的基本思路是:充分利用生物教学的直观性、实验性和实践性的特点,使局部的或全部的探索学习与接受的学习有机结合;在教师的引导下,学生主动地探索和获取新的知识和技能,发展智力和能力。

一、课前的几项准备

(1) 将教材内容划分为若干教学单元,确定每个单元教学的中心课题

教学单元的划分,应以各章、节知识的相对独立性和完整性为依据。由于教材内容编排特点的不同,一个教学单元可以是一章,也可以是一节。每个教学单元阐述的核心,即重点内容,就是该单元教学的中心课题。对中心课题的表述要简明扼要,便于教师和学生掌握。

(2) 精心设计学生探究学习的方法和程序,确定教师必须直接讲授的内容和要求学生自学的内容。

(3) 编写单元内容的学习思考题

题目的内容要具有探究因素,适合学生的“最近发展区”。引导学生由表面到内部、由部分到整体地认识生物的形态结构,由现象到规律地理解生理功能。

(4) 确定各单元的教学时数

可根据学习过程的长短,并参照教学大纲的规定来确定教学时数。既要保证学生有充分而必要的学习时间,又能按时完成现行教学计划。

二、基本教学环节

(1) 单元教学的开始，教师向学生说明本单元学习的中心课题

利用学生已有的生物学常识、生活常识、有趣的生命现象和问题，引出中心课题内容，能够激发学生浓厚的学习兴趣，产生强烈的探求未知、解决问题的要求。学生的思维活动处于主动、积极的状态，能够迅速进入主动探索学习的过程。对于需要几节课完成的教学单元，还应向学生说明本节课的预期目标。

(2) 教师引导学生主动地探索学习

提出本单元的学习思考题，引导学生的思路。在全班学生明确了观察或实验的操作程序和方法的基础上，利用各种生物直观教具（挂图、模型、标本、实物、幻灯片、电影片、电视片等）或实验装置，进行观察或进行探索性实验。学生在获得生动、丰富的感性认识的基础上，通过自己的思考，对所探究的问题尝试作出解答，获得初步的认识。教师应指导学生运用正确的观察方法，掌握实验的技能和技巧，解决遇到的困难和问题。注意启发和引导学生对已获得的感性认识进行认真地分析和归纳。抽象的论述性的教材内容，可以通过自学阅读的方式进行探究，充分发挥教科书在探究学习中的作用。教师必须直接讲授的内容，一定要仔细讲解清楚，从而更有利于学生探究的学习。学生积极地参与教学过程，才能充分发挥自己的学习潜力并最大程度地调动学生学习的主动性和积极性；不断钻研，探索未知，才是真正体现以学生为主体的思想。探究的学习方式这方面有其特殊作用，同时它更有利于培养学生的观察能力、实验操作能力、思维能力，从而不断提高学生独立获取知识的能力。在学生学习的过程中，又不可缺少教师的启发、指导和帮助，充分发挥教师的主导作用是提高教学质量的重要保证。

(3) 学生之间相互交流和讨论在探究学习中获得的初步认识和理解

通过对各自获得的初步认识的交流和讨论，使学生对观察、实验结果的分析，对概念和原理的认识，更加趋于准确、完整和深化。教师注意给学生以恰当的启发和引导，鼓励学生对不同的看法进行议论；使讨论既围绕中心课题内容，又能不断地激发他们的思维活动，提高思维的深度和广度，促进创造性思维的发展。对于讨论中存在的共性问题，及时地加以说明或纠正，培养学生逐步形成科学的思维方法和思维习惯。

(4) 知识的归纳、整理和系统化

在交流讨论的基础上，引导学生对本单元学习的知识按教材内容的知识结构加以归纳和整理，把零散的知识条理化和系统化，体现出知识的内在联系。引导学生从生物的生活习性、形态结构、生理功能以至生命机理的相互联系中去加深理解，牢固记忆，灵活运用。同时教会学生归纳总结的方法，使之逐步达到独立境界。这样就有利于学生掌握本学科的基本知识结构，为今后的学习奠定了基础。在科学技术飞速发展，知识量迅速增加的今天，这将更有利于学生的发展。

(5) 课堂内的练习与学习效果的反馈

课内练习题目要突出重点，短小而灵活多样，避免机械地记忆和重复。着重于知识的理解和运用，培养学生分析问题的能力和表达能力。课内练习能及时地巩固所学知

识,提高能力,提高课堂教学效率,又减轻了课外负担。课内练习又能及时得到学习效果的反馈信息,了解学习的漏洞,并及时加以弥补。有利于提高学生的知识质量也为教师调整教学提供了参考。

以上各教学环节不是一个固定不变的教学模式,在运用时,应针对教材内容的特点、学生的知识和能力基础、学校的教学条件,加以灵活运用,以实现预期的教学目的。

引导学习教学法探索

保定地区教研所杨树堂、保定师范专科学校张伟老师实验并总结的“引导学习教学法”是以“课堂学习索引题”（简称“索引题”）为学习线索，通过教师指导和学生自学，达到学生掌握基础知识、训练基本技能和开发智力的目的。它能引导学生积极主动地学习，充分体现学生的主体地位，强化课堂的主体效应。

一、理论依据

（1）教学程序科学性强，符合教学规律

“启动”激发了学生的学习动机，创造了一个良好的开端；“读练”因为由“索引题”为前导，促使学生由被动的听讲变为主动的“索取”，强化了思维的转化；通过“矫正”活跃了课堂的“双边”活动，有利于信息的反馈；“小结”不但将本节课的知识系统提高，还注意到了知识的“外延”。

（2）符合学生学习的生理规律

1) 从人脑对信息的处理过程来看，学生的眼、耳、口、手并用，反射活动多，大脑对信息的处理次数也多，所以质量好。这不仅促进了知识的获取、掌握，还有利于抽象思维能力的加强。

2) 以学生的反应类型看，学生以“索引题”为前导分段学习（每段 15 分钟左右），学生的探求反应不断产生，有效地抑制“驯化反应”的形成。

3) 从知识的记忆规律看，“多种感官参与”和“反复识记”，减少了遗忘量，减缓了遗忘速度。

（3）充分体现教师为主导，学生为主体的教学思想，强化课堂的主体效应。

二、基本教学环节

引导学习教学法的教学程序为：启动——读练——矫正——小结，见下页图。

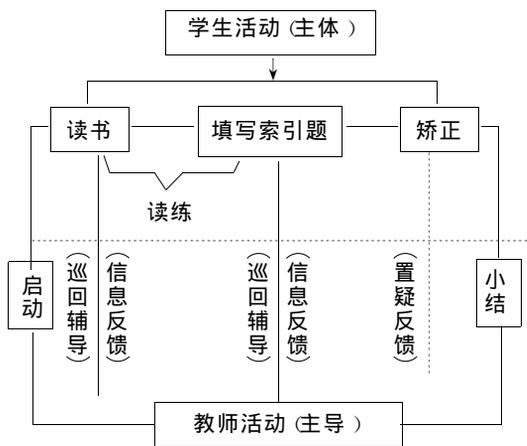
第一环节：启动

启动是由教师采用一定手段，提出课题的矛盾，激发学生的求知欲，使学生处于愤悱状态。

启动的方法视教学内容和教学条件而定。

1) 直接启动：

就是直接提出探索目标。如讲“种子的成分”一节，根据学生只知道小麦种子含有淀粉，并不知还有其它成分的知识基础，出示小麦粒和面粉，问：你知道小麦种子除含淀粉外，还有哪些成分呢？面粉就是淀粉吗？



直接启动多用于生物体的形态、结构、概念。让学生一开始把精力就集中于探索目标上。

2) 间接启动：

就是通过学生回顾旧知识，建立新旧知识的联系。如在“消化系统的结构和功能”一节，问：①组成人体结构的基本功能单位是什么？②一个成年人全身约有 60 万亿个细胞，这么多的细胞能不能直接从外界摄取营养物质呢？③人体各个细胞怎样才能获得营养物质呢？

间接启动能步步深入，具有承上启下的特点。

3) 直观启动：

就是利用直观教具进行置疑启动。它能活跃学生思维，增强探求欲望。如在讲海盘车时，出示标本或挂图，问：你们知道这是一种什么生物吗？它生活在什么地方？

4) 根据日常生活实践或自然现象置疑启动：

提出的问题是学生司空见惯的，但又解释不清。如杨树叶为什么春绿秋黄呢？

第二环节：读练

启动后，激起了学生的求知欲望，随后让学生带着问题，以事先由教师编制的“索引题”为前导读书，掌握知识，填写“索引题”。

“索引题”的编写原则：

- 1) 一般不打乱教材的前后顺序，由前到后逐段编写。
- 2) “索引题”可采用填空、填图、填表、选择、判断等题型。
- 3) “索引题”的编制，一要有启发性，能诱发和引导学生进行积极思维；二忌顺文

编制（即照搬课文）以防学生照猫画虎，囫圇吞枣。

4) 提出的问题难易适中。

另外，每一段落的“索引题”后还应提一些促使学生灵活运用知识的小思考题。

例：《动物学》“蝗虫”一节：形态：

形态：蝗虫的身体由许多____构成，分为____、____、____三部分。身体的表面包着一层坚韧的____。其作用是：①____。②____。

蝗虫在生长发育过程中有蜕皮现象，是因为____的原因。

小思考：在阳光下，为什么蚯蚓容易晒死，而蝗虫则不能被晒死？

读练过程的注意事项：第一，教师首先提出具体要求，如看课本哪部分内容；填写哪些“索引题”以及应掌握的程度（了解、理解、掌握）。第二，学生填写“索引题”要默写。

第三环节：矫正

矫正的目的是运用信息反馈，巩固强化知识。教师将学生在默填“索引题”时，通过巡视所了解到的问题，进行置疑，指定学生回答，纠正错误。

矫正的方法：

- 1) 自我矫正：让学生将填写完的“索引题”，依据课本内容进行纠正。
- 2) 引导矫正：在教师的启发诱导下，让学生纠正错误答案。
- 3) 教师矫正：通过教师启发、诱导，学生还回答不上来的问题，则教师讲解纠正。同时，教师要掌握学生普遍存在的问题，以备小结。

第四环节：小结

一般由教师和学生共同完成。教师主要侧重查漏补缺，并注意知识和实际的结合运用。如讲蝗虫的口器时，提出为什么用胃毒剂杀死蝗虫；讲气门时，提问为什么用易挥发的药物杀死蚊、蝇等害虫。

当学生按“索引题”分段将课文学习完毕后，教师还要进行整体总结，对所学知识加以引申和提高。

生物“导读、精讲、 质疑、练习”四步教学法

这是由保河四中杨麦昌老师实验并总结的。

一、第一步：导读

——教材是教学的依据，要学好知识，必须先熟悉教材

为使学生的无意注意向有意注意转化，可采用富有启发性的导言先激发起学生的学习兴趣，再指出本节要学的内容，并让学生先预读本节内容。为达到预期目的，同时提出几道预习题，引导学生预读时积极思维，使学生受到有力的思维训练。当然，预习题要富有情趣，使学生在愉悦中接受新知识。如在讲《性别决定和伴性遗传》时，预习题可采用：①人类的性别是怎样决定的？生男孩生女孩由谁决定？②色盲是怎样遗传的？为什么男性患者多于女性患者？③我国婚姻法为何规定直系血亲和三代以内旁系血亲不准结婚？

二、第二步：精讲

——教师要在整体上驾驭教材，重点把握教材，科学使用教材

在学生预读教材的基础上，始终围绕教材的重点设计教学过程：对教材的一般内容略讲；对教材的知识和能力训练重点处，则调动一切教学手段，重点讲解。把握了教材的重点，即抓着了教材的“纲”，其它内容就容易理解和掌握了。对个别难点还要联系实际，举例说明，特殊对待。另外，讲解时对本节内容与前后知识有关处，也要很好地启发诱导学生加以总结和联系，使知识系统化，这样既可巩固旧知识，又为今后教学埋下伏笔，使学生在以后的教学中不会感到太突然。如讲《减数分裂》时，除了讲述分裂周期中各个时期的变化特点外，还可引导学生联系染色体与染色质的结构组成的区别，DNA分子的复制等内容。另外还要指出减数第一次分裂中，同源染色体的相互分离，非同源染色体的自由组合；同源染色体联会时，姐妹染色单体之间可能发生交叉互换等。这些都可为以后学习基因遗传的三大规律奠定基础。

三、第三步：质疑

——提出一个问题，往往比解决一个问题更重要

为了解学生对教学内容的掌握情况，在每节课讲完后，积极鼓励学生发现和提出问题，引导学生提出这样或那样的问题，欢迎学生发表创新见解，从根本上改变教师问、学生答的被动局面，激发学生的思维活动。渴望自我表现是中学生的主要心理特征之一，自己经过独立思考提出的问题一旦被解决，心理上就会充满欢乐，进而产生新的学习动力，以求得下一次的自我表现。延续下去，就会引起浓厚的学习兴趣，养成刻苦钻研的习惯，提高学习效率。如介绍噬菌体侵染细菌的实验，证明脱氧核糖核酸是遗传物质时，有的学生就提出：噬菌体的DNA分子进入细菌体内后，细菌的DNA分子为何不能正常表达？对有些爱钻牛角尖的学生也应注意正确对待。爱钻牛角尖的学生，大部分都是爱思考爱动脑的学生，对这些学生加以正确引导是会收到好的效果的。

四、第四步：练习

——练在实处，领会要旨，举一反三

及时反馈，及时矫正。教师为掌握知识而教，学生为掌握知识而学。课堂教学中，不失时机地组织学生练习，既能提高教学质量，又有助于减轻学生过重的课业负担，收到事半功倍的效果。课堂最后把精心选编印好的课堂练习题发给学生，让学生对所讲内容加深认识，加深理解，当堂消化，及时巩固，通过练习深化所学知识。当然，练习题不宜过多，要练到点子上，练在要害处，题型多样化，难易适度。在学生练习中及时发现和解决问题，共性问题课堂上及时矫正，个别问题课后重点辅导。课堂上能解决的问题决不留到课下，真正减轻学生的课业负担，使学生在轻松愉快中掌握知识。

总之，教学的过程不只是一个单纯的传授知识的过程，它更是一个教给学生学习方法，使之努力探索新知识、掌握新知识的过程。这就对教师提出了更高的要求：既要钻研教学大纲和教科书，又要准备练习题，准备和设计导言，把握课堂教学节奏，遵循学生的认知规律，因材施教，向四十五分钟要质量。

生物“目标、探索、 引导、反馈”课堂教学结构

农村中学生物教学如何改革，才能为发展农业生产和乡镇企业培养更多的创造性和开拓型人才？这是一个值得重视的问题。山东省泰安郊区教研室杨静文老师针对农村中学学生具有较丰富的直接的生产和生活经验、熟悉生物，以及学校周围充满生命活力的动植物的环境特点，进行了探索式教学尝试。又学习布卢姆教育目标分类学理论，把探索式教学和这种理论相结合，逐步形成了“目标——探索——引导结论——反馈补救”课堂教学结构。

一、明确目标

教师在认真学习教学大纲和教材的基础上，确定知识点，制定明确的探索目标，并向学生出示。

二、探索

分四个环节完成。

1) 质疑激情

教师在学生现有知识的基础上，设计并提出具有启发性和趣味性的问题，激发学生进入探索的境界。

例如在讲果实和种子形成知识时提出：“你想知道果实和种子是怎样形成的吗？你知道一朵西瓜花，一朵向日葵花，都经过传粉，它们各能结出几个果实？每个果实里都有多少粒种子？”

又例如在讲蛛形纲和多足纲时提出：“你知道蜘蛛是怎样结网和捕食的吗？为什么很细的蛛丝能承担蜘蛛的爬行？”

无疑，这些问题的提出使学生明确了学习目标，对调动他们积极主动地进行探索学习起着重要的作用。

2) 把活的生物引进课堂，为学生独立探索创造条件

在教师周密计划下，师生共同努力把活的生物引进课堂。例如在讲蛛形纲和多足纲知识时，教师捉园蛛六只、跳蛛四只、蟹蛛五只、蝎四只、蚰蜒六只、菜粉蝶四只、河蟹六只，另外又从药材公司买进蜈蚣四只，分装在准备好的“观察盒”中。上课时，教师把“观察盒”、放大镜、大缝针、镊子和探索报告分发给每个小组。当学生打开“观察盒”时，一只只活的小动物摆在面前，他们即被这些既认识又陌生的活物所吸引，教室气氛活跃，这就为他们进行独立探索创造了条件。

3) 围绕目标，引导探索

教师再次向学生提出探索目标和探索方法，引导学生紧绕目标进行独立探索。教师在学生探索过程中只起引导、指点、设障置疑作用，不包办代替，以有助于培养他们的思维能力。例如学生在探索蛛形纲和多足纲几种动物的形态结构时，学生用放大镜观察附肢的分节及步足形态，有些学生发现这些蜘蛛步足有的粗短、有的较细长；有的则发现它们腹部大小不同，身体的分节也略有不同；还有的学生把蜘蛛放在桌上，让其自由行动，结果发现有的能跳，有的则用八足向左右伸展，既能横行又能倒退。学生热烈交谈，兴趣极浓。但此时也往往容易被无关内容所吸引，离开探索目标，所以教师不仅要随时提醒，并应给予及时分析指导。例如教师告诉学生：“腹部圆而略扁，背部有斑纹的是园蛛，这是一种结网蛛；会蹦跳的叫跳蛛，过着游猎生活；既能横行又能倒退，样子像螃蟹的叫蟹蛛。”同时他又引导学生思考，为什么它们第一对附肢和第二对附肢的形态不同呢？这与生活习性和功能有什么关系？蝎和蜈蚣的“武器”是什么？两者有什么异同？教师及时设障置疑，学生思考教师所提出的问题，每个人都有自己的想法。学生在以动眼、动口、动手、动脑的探索活动中主动向大脑输入与探索目标有直接关系的教材信息，这些信息经加工整理，就能对探索目标有初步的认识。

4) 交流点拨

在个人探索的基础上，学生之间开展讨论，互相补充与纠正。教师在适当时候可提出一些具有启发性的问题，引导学生进行相似对象的比较，以帮助学生抓住探索对象的主要特征，从而认识规律，掌握概念和原理。例如教师提出：“比较蜘蛛、蜈蚣、河蟹、菜粉蝶之间形态结构有什么共同之处？它们是一个纲的动物吗？为什么同属节肢动物？”学生在教师引导下，使个人探索和集体智慧结合，使认识向更接近探索目标的方向发展，并完成探索报告。

三、引导结论，板书纲要

在交流探索报告时，教师对于完成较好的学生和小组，要给予肯定和鼓励，他们感到自我探索获取知识的愉快，产生继续探索新知识的心理要求；对于错误的，教师要及时纠正。例如在交流时，有学生提出蜘蛛和蝎的身体分部不同，并且蝎是胎生的，初生的小蝎能集结在母蝎的背上，所以蝎和蜘蛛不应同属一纲。还有学生提出蝎的身体应分为头胸、腹和尾三部分。这时教师要给予更正错误，引导学生阅读有关课文，突出指导学生理解和掌握这一部分教材的实质，然后再结合挂图，通过前后知识的回忆，对比分析，引导学生认识规律，从而得出正确的结论。此时，教师应将结论写在黑板上，再次

把知识信息输入学生的头脑里贮存。

四、反馈补救

教师针对探索目标，精心设计各种类型的练习题。例如反馈题、设计实验题、综合应用题等联系实际的习题。采用口答、笔试、同桌讨论、竞赛抢答等灵活多样的形式，检查学生的认知水平。例如在讲完蛛形纲和多足纲知识后，要求学生完成多足纲、甲壳纲、昆虫纲主要特征的对比表格，要求学生回答：“棉红蜘蛛危害哪些农作物？怎样危害？”又例如在讲完茎的输导功能后提出：“如何利用茎的输导功能来发展农业生产、提高农作物产量？”教师通过上述方式及时掌握信息，采取纠正等措施，以达强化记忆、消化吸收的目的。

生物“疑探释审”教学法探索

“疑探释审”教学法，是湖南祁阳一中李根深老师在总结生物教学的经验与教训的基础上形成的。

(1) 疑

就是教师采用最佳媒体和方法激发学生质疑。“疑”应具有导向性和可知性。所谓导向性是指“疑”应蕴含教与学的目标，即要体现教学大纲和教材对教学的要求。可知性就是指学生通过努力探索且必须努力探索才能对所设之疑作出正确的解释，不可太易，不能太难。

为实现教学期望，还要考虑质疑透明度，即要求学生在质疑媒体的作用下和老师的引导下，很快抓准教师所设之疑，达到疑不离宗旨，也不含混。因此，教师选用的激疑媒体和导引方法一要针对性强，二要准确清晰，三要新颖奇特。

常用的激疑媒体和引疑方法有：挂图模型感知法、幻灯投影暗示法、生物标本辨析法、演示实验呈现法、分组实验观察法、实习收获交流法、知识纵横比较法、生活经验引入法、知识缺陷挑逗法、科研新成果激励法、文字资料铺垫法、作业练习蕴涵法，等等。这些媒体和方法运用得恰当，可达到理想的效果。

(2) 探

就是学生围绕上面的“疑”在老师的辅导下或阅读教材和参考资料或做实验或参观实习，探索出“疑底”——问题答案。这里学生的学是独立自学探索，教师巡回于学生之间，有“请”即赴，有问即到，送教到人，当好咨询，同时搜集学生探索“情报”，主动去启发引导。

(3) 释

就是释疑，要求学生把自己探索到的规律加以整理，加以诠释，并有条有理地答疑，即为“疑底”。下课时教师应将疑底全部收上来。

(4) 审

包括审阅和审议。审阅，就是教师将学生的疑底逐个批阅，并做好记录，分析存在什么问题，据此选出一两份有代表性的疑底交由学生审议，审议就是学生在下一节课学习新课前审议教师选出的疑底。首先教师可采取表决办法把学生分为对立的两个代表

队，然后让他们辩护与反驳；有时，还可以由教师根据学生疑底的情况，设计一些判断分析题，让学生争鸣，使学生得以巩固知识、加深认识；最后，教师小结，将学生推向新疑的境地。

由上可见，此教法为跨课时教法，“疑探释”上一节课进行，“审”课外或下节课学习新课时进行。

这种教法有以下特点：

(1) “双主”共作于教学

教学中教师始终起到了主导作用，或启发质疑、或为学生探索咨询，或审阅疑底、或小结学生审议，既有宏观控制，又有微观指导，像布卢姆那样掌握学生。学生一直处于紧张、自主、热情状态，或猜想质疑、或独立探索、或诠释疑难、或审议他人疑底，真正发挥了主体作用。这样，教与学配合默契，信息相互反馈及时，教师能机智地控制教与学，学生能及时把握学习，形成了教学相生的佳境。

(2) 教学过程简单，便于课内异步学习，有利于提高单位时间利用率

传统教学过程包括组织教学、检查复习、讲授新课、巩固新知和布置课外作业五个步骤，这一教法实际上只有疑练温三个步骤，但仍没有违背学习规律，学生学习同样经历了感知教材、理解教材、巩固知识和运用知识四个阶段，并且更具体，更实在。教师只当学生学习的咨询对象。各种水平的学生由听众变为“学者”，节约了听课时间，有更多的自主权，便于异步教学，提高课时利用率。

(3) 当堂收卷，能统一控制学习进度，跨课堂审议，可帮助学生巩固知识

允许全班学生在一堂课内异步学习，但下课时收缴疑底，实现同进度异步自学，能使差一点的学生产生紧迫感，急起直追，不至于越滑越远，导致教师无法扶持；好一点的学生不至于老是超前，导致教而失控，坠毁学习积极性。下节课学习新课前的学生审议疑底，让讨论中复习巩固知识。

生物“读讲做”教学程序设计

为了贯彻和落实邓小平同志关于教育要实现“三个面向”的战略思想，使中学教育更好地适应现代化建设的需要，为了促使教师的教育观点、教学方法和教学手段进行改革，加快由传统教学方法向现代教学方法的转变，根据生物学科的特点以及目前中学生物教学的现状和条件，湖南师大附中高康民、刘洪秀、刘敏等老师设计并实验用“读、讲、做”的教学程序来进行课堂教学。通过实验探索在传授知识和技能的同时，如何培养和发展学生的能力，特别是自学能力、分析问题和解决问题的能力。

(1) “读”是在教师的指导下，学生阅读、感知和理解教材的自学过程

“读”在每节课（传授新知识的课）的前十分钟内集中进行（时间可酌情增减）或者分散进行。

学生阅读的内容是整课教材，或是教师指定的部分教材。“读”的方法：

- 1) 教师提出课题，设置疑问（口述或板书），学生带着问题读书；
- 2) 教师指定内容，学生阅读、理解教材，体会重点和难点，发现问题；
- 3) 教师指导学生在前一次读、议的基础上，再读重点和难点内容。凡是学生能够理解和掌握的知识尽量通过“读”来解决；

- 4) 教师根据教学《大纲》和教材中知识的内在联系及其在整个教材中的地位（难易程度和知识的迁移效率等）精选部分内容让学生阅读。学生阅读的方式有：默读、朗读、读议结合等等。具体用的方法和形式，视教材内容、教材特点、学生知识基础、理解水平以及对“读”适应的程度而定。在学生阅读教材时，教师应巡视、观察学生阅读的情况；收集学生提出的问题。

(2) “讲”是在学生阅读之后，教师以精讲为主要手段、师生共同分析和解决问题的教学过程

时间控制在 25~30 分钟左右。

首先，教师对学生的阅读活动进行“诊断”。通过向学生提问来检查学生阅读的情况，然后，将问题归纳，确定“讲”的内容和方法。教师讲的方式：

- 1) 学生理解和掌握了的知识少讲或不讲，做到相信学生，承认学生的劳动，提高阅读兴趣。

2) 教材内容繁多时,帮助学生归纳、总结、系统化,使学生加深理解。

3) 对于点拨一下就能理解的知识不多讲,帮助沟通新旧知识的联系,让学生自己去理解和掌握。

4) 学生中有争议的问题,组织讨论,引导他们找出正确的答案。

5) 对于似懂非懂、不能肯定的内容,帮助他们进一步确认。

6) 全班大多数学生能理解的知识可以让学生讲,教师进行肯定、修正或作适当补充。使学生分析问题解决问题的能力以及语言表达能力得到锻炼,鼓励学生独立思考,认真阅读。

7) 学生难于理解的、比较抽象的知识,教师应重点讲授,并用各种直观手段,帮助学生由感性认识上升到理性认识。

(3) “做”是广泛的学生活动,这是理解和巩固知识的过程,又是获得知识并向技能转化的过程。

“做”的形式有试写板书提纲、课堂讨论、回答问题、学生之间相互问答、做书面作业、实验操作、观察实物、整理课堂笔记、绘制图表等等。教师根据教学内容和课的类型,选用“做”的形式。时间一般控制在十分钟左右。“做”的分量要适当、难易要适度,特别是书面作业,可以采用填空、涂抹、判断、列比较表、改错、问答等多种类型的习题。学生的作业及时批改,有全批改、重点改、学生相互批改等方式。

生物“引导——探索——归纳”教学法

生物教学中如何发挥教师的主导作用，如何发挥学生的学习积极性和主动性，发展学生智力、培养学生观察能力和实际操作能力，一直在探索的问题。为了解决上述的这些问题，武汉市第十四中学生物组、湖北省中小学教学研究室生物组实验并总结了本教学法。

“引导——探索——归纳”教学法，即在教师的指导下，通过学生的观察、实验、阅读等探索过程，由学生和教师一起进行归纳。它的核心是“探索”，即充分发挥学生的学习积极性和主动性，养成自学习惯，培养分析问题和解决问题的能力。它的重点是“归纳”，就是利用表格、图示等形式比较系统地集中地突出教材内容的重点和难点，以便学生学习得更深刻，掌握得牢固。其具体做法是：

(1) 引导

它包括导入新课和讲授新课的全过程。导入新课的做法多种多样，这里仅举几例：

一是以问答的方式导入新课，如教师在植物学里讲“叶的呼吸作用”时问：“上一节课，我们学习过植物在进行光合作用时把光能转变为化学能，并贮藏在有机物里，那么植物本身怎样才能利用贮藏在这些有机物里的能量呢？”学生答：“通过呼吸作用。”这样就把前后所学知识连接起来了。

二是以具体实物通过形象思考的方式导入新课，如教师在讲动物学中的“家鸽”时，手举一只活泼乱扑的鸽子走上讲台问道：“我把手一松鸽子会怎样？”学生答：“飞了。”教师接着问：“鸽子为什么会飞？它有哪些适应飞翔的特征？下面让我们通过观察和实验来探索这个问题吧。”这就为下一步学习新课内容牵上了线，学生则兴趣盎然地带着问题去观察、学习。

三是以实验的方式导入新课，如教师在生理卫生课讲“人体的呼吸运动”时，首先要求学生双手扞住自己的胸部，体会一下有什么感觉。这时人人扞住胸部做实验，并回答：“胸脯在一上一下。”“对。这一上一下就是人体的呼吸运动。”教师接着问：“这一上一下是如何产生的？”同时挂出预先制定好了的表格（见表一），每个学生也发一张这样的表格，要求学生在已学过的运动系统的基础上结合胸部实验和阅读教材来回答问题填写表格。

表一

平静呼吸时各部位变化情况

部位 过程	肋间外肌和膈肌	肋骨和胸骨	膈顶	胸廓容积	肺内气压	肺
吸气 (主动)						
呼气 (被动)						

这样，学生由导入新课所引起的兴奋，又转入另一个讲授新课的探索阶段，从而自始至终保持着旺盛的精力和强烈的求知欲。

(2) 探索

它是在讲授新课的过程中，在教师的引导下由学生自觉地进行探索的阶段。无引导的探索，对于初中学生来说不仅会乱了课堂秩序，而且还收不到预期的效果。因此，为了使学生在有目的地去探求新知识，教师必须让学生带着问题，从观察、实验入手，并结合阅读教材，有计划有步骤地进行。这样，探索阶段又可以分为两步：

1) 从观察、实验入手。生物学科是一门实验性很强的科学，要想掌握它，就得亲自观察、实验。无论植物学、动物学还是生理卫生都与实际联系很紧密，每一章每一节的教学都可以从观察、实验入手。例如，上面提到过的：“鸟会飞，那么，鸟有哪些特征适应飞翔呢？”教师把这个问题交给学生，同时把学生分成八个实验小组，并提示学生在观察、实验中，要结合①减轻身体重量，②获得运动能量这两方面来考虑问题。教师列出表二：家鸽适应飞翔生活的形态特征，分“外部形态和羽毛，骨骼、肌肉系统，消化系统，循环系统，排泄系统，神经系统，生殖系统”八栏。（略）

又如，教师在讲“叶的呼吸作用”时，是这样把学生引入探索中去的：“既然，植物靠呼吸作用来利用贮藏在有机物里的能量，那么，植物（包括叶）的呼吸作用又是怎么回事？”接着让课外活动小组的同学上台汇报他们做实验的结果。这时，讲台上摆着三组实验：一组是经过遮光1~2天处理的内装有绿色植物的塑料袋，袋的一角用夹子夹着带有玻璃管的橡皮管；一组是棉套保温密封多日的玻璃瓶，内装有正在萌发的绿豆种子，再一组是玻璃瓶内装有干燥的绿豆种子，作为对照。显然，第一组实验可以使澄清的石灰水变混浊，说明绿色植物（包括叶）在进行呼吸作用时放出二氧化碳；第二组玻璃瓶内的温度升高，证明萌发的种子进行呼吸作用时放出热量（当然也可以证明它放出二氧化碳）；第三组对照实验没有什么变化。经过课外活动小组的同学这么一边讲一边做，大家对绿色植物叶的呼吸作用就有一个很深刻的感性认识了。

2) 引导学生阅读教材。初中学生，具有“好奇”、“好动”的特点，从观察、实验入手，可以把他们的手、眼调动起来，至于如何把他们的脑也调动起来，这可以在阅读教材上做一些文章，做法主要是靠教师灵活而又巧妙的引导，即教师课前必须根据教材的重点和难点，制定一套有归纳作用的图表，让学生带着问题看书。例如，上面提到的“人体的呼吸运动”表一，就是学生一边做扞住胸部实验一边阅读教材完成的。又如，教师讲“叶的呼吸作用”一导入新课时就挂出了两个表：“叶的呼吸作用”和“叶的呼吸作用与光合作用区分的比较”（见表三表四），要求学生结合观察、实验、挂图等阅读

教材，提倡同座位同学互相讨论，这时，教师巡视于行间，问答解疑，相机指点，有的放矢，为下一步进行的归纳做好准备。

表三 叶的呼吸作用

实质	生物吸收空气中的_____，将有机物分解成_____和_____，同时释放出_____。
公式	$\boxed{} + \boxed{} \rightarrow \boxed{}$ $+ \boxed{} + \boxed{}$
意义	呼吸过程中分解有机物所释放的_____，大部分作为植物进行_____。
外界条件的影响	主要是_____、_____、_____。

表四 叶的呼吸作用与光合作用区别的比较

光合作用	呼吸作用
1. 在植物的_____中进行。	(1) 在植物的_____都能进行。
2. 有_____才能进行。	2. 有无_____都能进行。
3. _____二氧化碳，_____氧气。	3. _____氧气，_____二氧化碳。
4. _____有机物，_____能量。	4. _____有机物，_____能量。

(3) 归纳

这是课堂教学程序的最后一步（包括布置作业），是学生获得完全知识的“焦点”。用一位教师的话说，“归纳”就是学生在教师的引导下，创造性地完成教师所提出的“蓝图”，并付诸于“高楼大厦”的过程。教师在处理教材时，不是什么都嚼得烂烂的喂给学生，而是提纲挈领地提出一套知识的脉络带引导学生去学习。例如，在讲“人体的呼吸运动”时提出表一，讲“家鸽”时提出表二，讲“叶的呼吸作用”时提出表三和表四。

归纳，是课堂教学最活跃的时刻，因为学生经过一番观察、实验、阅读等探索过程后，掌握了第一手材料，人人都举手，个个想发言，似有“不吐不快”之感。教师在这个时候应该发挥主导作用，既不能急于求成，从中加以干预，也不能任其自流，无休止地争论下去，必须适可而止。例如，教师叫学生上台填写“平静呼吸时各部位变化情况”（见表一），经过三四个学生反复填写基本上正确后，可以再补问一下：“还有没有不同意见？”接着又有几个学生去修改，在“胸廓容积”这一栏中，有的填写“扩大”，有的填写“增大”、“增加”，这时，教师可以作总结，肯定其正确，纠正其错误，以达到较为完整的科学的认识。

目标教学与生物学素质教育

一、问题的提出

如何适应时代的要求，抓好生物学素质教育，提高学生（21世纪建设人才）的生物学素质，是摆在中学生物教育工作者面前的一项重大课题。

然而，在应试教育的压力仍然存在的今天，要在生物学这样一个“小科”中抓好素质教育，说说容易，实行起来会特别困难。

把生物学素质教育纳入目标教学的轨道，依据生物教育目标分类的理论和方法，制定科学的教学目标、单元教学目标和课时教学目标使生物教学朝着既定的目标推进，使师生对整个教学过程洞察明晰，心中有数。这样，实现目标的强烈欲望将促进生物学素质教育步步到位。诚然，要达到这样一个理想的境界，付出的艰辛是不言而喻的。

二、确立完整性的素质教育目标

完整性的素质教育目标，有两层含义：一是让学生全面发展的目标；二是面向全体学生的目标。

义务教育生物教学大纲（以下简称新大纲）为本学科制定了明确的教学目的要求，主要包括知识教育、能力培养和政治思想教育三个方面。依据新大纲确立的教学目的要求，学生的全面发展就能落到实处。

对于知识教育，既要摒弃单纯传授知识的传统观念，又要明确知识教育对学科教学来说永远是第一位的。因为没有知识教育作为基础，能力培养和政治思想教育都没有依附，也无从谈起，所以在教学过程中对知识教育要有所倾斜（就中学的整体教育来说，自然德育是首位）。

对于能力培养，既要知识能力培养必须以知识教育作为基础，更要明白培养学生的能力才是教学的最终目的。“授人以鱼，不如授人以渔”，新大纲提出的培养学生的观察能力、实验能力、思维能力和自学能力，正是打开生物科学殿堂的四把金钥匙。切实培养

学生的四种能力，必将使他们终身受益。

对于政治思想教育，不能为了在学科教学中加强政治思想教育而喧宾夺主，更不能把生物教学异化为政治课教学，而应该是潜移默化、自然渗透。所谓的自然渗透不等于可以忽略思想教育内容，任何知识的传授都是在一定的立场、观点和方法的支配下进行的，我们应该充分探讨教材内在的思想因素对学生进行教育。

确立面向全体学生的目标，旨在提高全体学生的素质。如果说前一个目标是衡量教学内容及质量的尺度，那么，这个目标则是教学的着眼点和归宿。与应试教育面向少数尖子学生相比，素质教育面向全体学生的困难要大，而这种困难与应试教育下师生之间所形成的不正常交往不无关系。由于片面追求升学率，教师对不同程度的学生往往自觉或不自觉地流露出不同的态度：对优等生给予良好的激励和较多的指导；对一般学生给予一般的指导；对差生给予的是鄙视或漠不关心。学生在与教师的这种交往中相应的态度是：优等生为了保持教师对自己的良好印象和自己在班级中的地位，就加倍努力学习，力争好成绩；一般学生感到争取优良无望，但又不甘心落到下等，因此只付出一般的努力；差生则由于受到鄙视，认为自己再努力也是白费劲，结果心思根本不用在学习上。

为了实现面向全体学生的目标，教师必须对每一个学生负责，教师不仅在口头上，而且在思想上行动上真正树立每一个学生都能学好生物的信念，并把帮助中差生的提高与培养尖子生放在同等重要的位置，满腔热情地帮助中差生克服学习上的困难，促使他们的学习水平不断地得到提高。

三、实现素质教育目标应着力解决的几个问题

1) 生物教师必须是生物学教育事业的执着追求者。

不论中考、高考是否考生物，也不论学校把生物视为“小科”或“副科”，面对被漠视了的生物教育，要一往情深地投注全部精力。决不要把教师个人的作用小看了，如果你能在学生中树立一个使学生敬佩而向往的形象，其作用将是不可估量的。在多年的教学研究工作中，笔者曾耳闻一些教师因学校把生物课视为“副科”，便感叹自己无所作为，致使其所在生物课陷于放任自流；也曾目睹另一些教师以自己生物教育事业的执着追求，引导一批批的学生走向热爱生物学的道路。“亲其师，信其道”，学生对教师的崇敬之情，是能够改善学生对所学知识的倾向性的。

2) 把激发学生的学习兴趣作为目标教学的一个重要环节。

应试的压力没有了，要使生物教学朝着既定的目标前进，除了教师的高度责任感之外，学生的学习兴趣具有更为特殊的重要意义。

然而，空讲“21世纪是生物学世纪”，并不能激发学生生物课的兴趣和欲望。应选用一些针对性强的实例贯穿于章节教学之中，向学生说明生物学与人类的产生、生活息息相关；强调人类的生存和幸福离不开生物学；剖析生物学能为人口众多的中华民族实现优化环境、优生优育、丰衣足食、健康长寿等共同理想造福。

有了强烈的兴趣驱使，学生对生物课的学习将变被动为主动，并千方百计地向学习

的深度和广度进军。那种应试教育下因死记硬背而出现的高分低能现象也将随之而消失。

3) 做好因材施教。

因材施教是一个大家关注较多的课题，研究成果俯仰皆是，无需作更多的理论探讨。这里仅就学科贯彻因材施教谈一点粗浅认识。

作为一个学科教师，我们不可能也没有必要期望自己的学生个个都立下学习生物学的志向，但却有可能也有必要在普遍提高学生生物学素质的同时，让一些热爱生物学的学生脱颖而出。

普遍提高学生的生物素质，在当今的时代显得非常的重要。这里先说两个实例：

例 1. 据报载某农民因妻生女逼妻离婚不成，就用砂枪射杀其妻。这一酿成家庭悲剧的愚昧行为，显然是缺少应有的生物学知识。

例 2. 《野生动物保护法》颁布了四年多，但大肆捕猎、贩卖和宰杀珍稀野生动物的行为却屡禁不止。这一危及人类生存环境的愚昧行为，同样是对生物科学的无知。

两个实例从一个侧面说明，中学生物教育培养千千万万具有一定生物学素质的劳动者，比之于高等教育培养少数专门人才，具有更为深广的意义。

让一些热爱生物学的学生脱颖而出，同样是时代赋予我们生物教师的重任。这里也说一个实例：著名的全国优秀教师肖邦娟，在她辛勤耕耘的课堂里，就先后有一些优秀学生脱颖而出，其中俞玮就是较为突出的一个。俞玮同学设计的“失重对草履虫生长和繁殖的影响”方案，是从全国一万多个方案中选出的最佳方案，是搭乘美国航天飞机上太空进行实验的我国第一个生物实验方案。这项成果突破了我国生物实验上太空的难关，为我国中学生争了光，为祖国赢得了荣誉。

肖邦娟老师是我们生物教师学习的楷模，像肖老师一样，在生物教学倾注心血，辛勤耕耘，在普遍提高学生生物学素质的同时，让一些优秀学生脱颖而出，这是我国现代化建设的需要，也是时代赋予我们生物教师的光荣职责。我们哪能因为高考不考生物而稍有松懈呢！

(黎 介)

第五篇

生物课教学实验理论探究

.....
21世纪中学生物、地理创新教学实验设计与探索全书
.....

.....

21世纪中学生物、
地理创新教学实验设计与探索全书

.....

792

新形势下生物教学的思考

随着国家开放搞活，教育改革潮起浪涌。作为生物学教学，其前景如何，怎样适应新形势的发展，应该引起我们生物教师的思考。笔者不揣冒昧，愿谈点看法，与同仁们商讨。

一、生物教学面临的问题

自1981年高考恢复生物学考试以来，经本学科老师们的共同努力，使这门一度被人们忽视的基础课走出了低谷，由高考的30分到50分，直至发展到70分。生物教师的热情被激发起来了，积极性调动起来了，长期被压抑的智慧火花迸发了。他们以忘我的牺牲精神，活跃在教育的田园里，勤奋地耕耘，挥洒着汗水，为培育“四有”人才尽心尽责。

但是，随着教育改革高潮的掀起，生物教师的心情在兴奋的同时，也增添了几分忧虑。作为全国政治、经济、文化中心的北京，率先改革了高考会考科目，提出了“大文”、“大理”的会考计划，并公布了理科不考生物、政治、文科不考地理的方案。一时间，不少省份、地区纷纷效法，使这几科的教师产生了不良的心理效应，无形中影响了他们的积极性。以生物科言之，不少教师对生物教学的前景失去了信心，甚至有“改行”的想法。此情此景，不能不说是生物教学的一大障碍。我认为，部分教师萌生这种想法是正常的，他们的担心并不多余。因为就目前的现状而论，生物课在中学里尚未得到人们的足够重视，不少领导和教育工作者还把它当作“副课”看待，如果高考再取消生物学考试，其前景便可想而知，难怪有的报刊发出“生物教学前景未卜”、“请重视生物课吧”的呼吁。对于我们生物教师来说，思考之余，还应该面对和正视现实，尽快摆脱悲观失望的心绪，以良好的精神风貌立足于生物教学的讲坛上，争闯出新形势下生物教学的新路子。

二、新形势下生物教师的任务

现实是很难改变的。但我们可以创造条件去适应新的形势，尽自己最大努力去赢得主动，使生物教学去占取应居的“一席之地”。

（一）端正思想、重视自我

《中华人民共和国义务教育法》第十四条规定：“教师应当热爱社会主义教育事业，努力提高自己的思想、文化、业务水平，爱护学生，忠于职责”。我们既已选择了教师这一职业，就应该兢兢业业、一丝不苟地做好自己的本职工作。首先，要端正思想，提高认识，能够面对并正视现实，理解当前的改革形势，把自己的思想纳入教育工作的总规道，设法改变面临的不利局面，排除所有干扰事业成功的因素，一如既往地努力工作。其次，要看重自我。既然设立这门课，就一定得有人教，历史把生物教学的使命赋予了我们，我们就应义不容辞地担当起来，并不能认为个人所教的课在学校无足轻重得不到领导、同事或学生的看重而自暴自弃，甘心沉沦。最可取的是，以饱满的热情，旺盛的精力，勤奋工作的态度，去赢得人们的理解和信任。我们要体现自身价值，不是靠语言，更不是靠任课的“主”、“副”，而是靠行动，靠做出的成绩。可以说，行动是无声的语言，成绩是最有说服力的证据。君不见，长期以来，在教育战线上，涌现出了数不清的优秀分子和先进典型，其中，我们生物教师就占有很大的比例，他们用自己的行动，塑造了我们这个群体的形象以及证明了我们生物教师任劳任怨的工作作风。这难道不值得我们自豪之余，去刻意追求、努力进取吗？

（二）要加强专业研究

一个生物教师，欲驾轻就熟地做好自己的本职工作，并取得较大的成绩，就应不断地汲取新知识，及时地总结经验、教训，提高自己的专业水平。

我们知道，教师应具备的知识包括两个方面——专业知识和外围知识。专业知识精深，外围知识广博，是实现“居高临下”教学及完善自身价值所必需的。这除了要认真地向书本学习和向别人虚心学习外，还应进行一定的科研和教研课题，然后依照目标，创造条件加以实施。

教师从事科学研究，其课题的确定，应与教材内容及当地的生产实际相联系，设计好科研程序和实施方案，要做到目的性强，科学而严谨。这可结合学校的具体情况进行，如利用学校的实验室或生物实习基地，搞组织培养、引种、嫁接、养殖等试验，与当地的科研、生产部门挂起钩来，将科研成果用于地方经济建设。这样，不但可充实自己的业余生活，而且能为发展商品经济获得一定的效益。

具备一定的教研能力，是一个生物教师所应有的基本素质。新形势下的生物教学，需要我们去适应、去探索。我们不但要研究教材，同时也要研究教法、研究学生。用新教育理论作指导，制订出切实可行的教改计划，因时因地因人而制宜，扬长避短，充分发挥自己的优势，达到改进教学的目的。如我在课堂教学中，针对学生的心理和生理特

点,开展“愉快教育”的尝试,使学生在愉悦的环境里接受知识,取得较好地教学效果。有关做法已得到上级教育部门的肯定与同行们的认可。我深切地体会到,加强教学研究,可以使我们的教学出现“山重水复疑无路,柳暗花明又一村”的新意境。

我们生物教师队伍是一个庞大的群体,因各人的情况不同,爱好和性格不一,因而科研和教研选题也应因人而异。但无论如何,只要我们做一个有心人,能以严谨的治学态度、科学的工作方法去开展科研和教研活动,就一定会取得较大的成绩。

(三) 讲究教学方法和授课艺术

教学既是一门科学,又是一门艺术,欲达到预期的效果,就需要讲究教学方法和授课艺术。尤其是新形势下的生物教学,更应灵活多样,切忌平铺直叙,泛泛长述。要从激起学生的兴趣入手,调动起他们学习的积极性和主动性,从而很好地完成生物教学大纲所规定的教学任务。

1. 注意挖掘教材的新、趣、活成分

注意挖掘教材的新、趣、活成分,有利于激发学生的学习兴趣,是使学生变“苦学”为“乐学”的一种有效措施。

所谓“新”,就是指教师注意传授与教材相关的最新科学成果。它需要我们不断地吸取新知识,收集新材料,来丰富课堂教学。如1982年元月,新华社报道了1981年11月20日我国人工合成酵母丙氨酸 TRNA 的新闻;1990年,新华社又播发了科学家白春礼观察到 DNA 三链新结构的成就,我都将其作为教学的补充材料交待给学生,用以激发他们的求知欲和探索精神,取得了较好的教学效果。

“趣”:乌申斯基曾说过:“没有丝毫兴趣的学习,将会扼杀学生探求真理的欲望”。如何才能讲出趣?我的做法是,在教学中结合一些自然现象和生活现象的例子,深入浅出地讲解有关的教材知识;根据教材上的科学结论,简明地讲述其研究或发现过程,等等。这些都有利于激情引趣,集中学生课堂学习的注意力。

“活”:是指教师在授课过程中,根据教材特点进行灵活处理。如通过新旧知识联系、概念类比等等方法,使学生由此及彼、循序渐进地掌握知识,这样,不但可使学生避免学习上的“负迁移”,而且能达到“触类旁通”的效果。

2. 理论联系实际

长期来,在生物教学上存在着一种倾向,那就是脱离实际只注重理论阐述。这样的结果,学生只能在教师“填鸭式”灌注下,被动地接受知识,因而往往感到枯燥无味、兴趣索然。

作为生物课,它是一门实验性很强的科学。教学时,需要理论与实际紧密结合,才能使学有兴趣,很好地掌握教材知识。教师要做到理论联系实际的教学,就必须选择,占有丰富的材料,以便从生物学上去解释一些有关的自然现象和生活现象、解决动物养殖和植物栽培等生产实践的具体问题。如利用自然选择的观点解释生物适应现象;用“顶端优势”原理说明果树修剪、棉花摘心对增加果实产量的道理;用渗透吸水的原理说明一次施肥过多造成作物萎蔫的原因,等等。通过理论与实际相结合的教学,不但能调动学生学习的积极性,而且能帮助他们理解和掌握有关教材知识。我在教学过

程中，把教材要联系的实际在备课时作好充分的设计，用什么实例说明哪些教材内容，用哪些教材内容去解释什么实例，都事先设计好，在教学中，不论讲到什么知识，都能顺心如意，信手拈来。这样，不但教师讲得得心应手，而且学生听得兴趣盎然，从而使教和学达到了有机的统一。

3. 教学形象、直观、生动

生物课是一门实验性、直观性很强的学科，在课堂教学中，教师如能充分利用实物、模型、标本及挂图等，便可引导学生从无意注意过渡到有意注意，从而调动起学习的积极性和主动性。如事先采集一些活体标本，拿到课堂上进行直观教学，就能使学生“百闻不如一见”。我在进行“叶”一部分的教学时，发动学生采集了各种各样的叶子，放在教室里，让学生观察叶的形态、叶脉的类型，然后再让他们对照教材内容去加以分类、记忆，学生便很好地掌握了这部分知识。由此可见，教学形象、直观、生动，是使学生由感性认识上升到理性认识的必要手段，应该引起我们生物教师的高度重视。

总而言之，新形势的生物教学，需要我们生物教师解放思想，在科研、教研上大胆探索，在教学形式和授课艺术上锐意革新。只有这样，才能使生物教学更富活力。

(刘玉宝)

指导好学生实验的教学探索

中学生物学教学大纲明确了“生物课是中学必修的一门基础课程。”指出“生物课要贯彻‘教育要面向现代化、面向世界、面向未来’的精神，使学生掌握生物学基础知识和基本技能，培养学习生物学的兴趣和能力，为他们进一步学习文化科学知识，参加社会主义现代化建设，打下必要的基础。”中学教育不仅要为高一二级学校输送合格的新生，还要为四化培养大批优良的劳动后备力量。这给生物教学提出了更高的要求：不但要使学生扎实地掌握生物学的基础知识，还要初步学会生物学实验的基本技能，为今后从事的科学实验打下良好的基础。

生物学是一门实验科学。实验教学是培养学生掌握生物科学基本技能的主要途径，在整个教学活动中占有重要地位。基本技能的培养，就是从实验开始。在中学生物教材中的41个实验里包含了众多技能中最基本的部分。

如何提高生物实验教学的质量，怎样指导学生做好每一个实验，要做好以下几方面的工作。

一、中学生物学实验教学工作的一般要求和对问题的处理

1. 要制定严格的实验室规则和各种制度

目前，我国各校生物实验课大部分是在实验室上。为保证学生在实验室上好实验课，制定实验室的各种规章制度是很有必要的。例如北大附中，根据学生的特点，制定了这样的实验室管理规则：

- (1) 进入实验室不许大声喧哗、打闹，不许在实验室吃零食，保持室内清洁；
- (2) 未经教师允许，不得动用仪器；
- (3) 保持实验室安静，实验时研讨问题应低声进行，以免影响他人实验；
- (4) 不得任意动用其它器材，未经允许不准将仪器带出实验室；
- (5) 损坏仪器、实验用具，必须赔偿；
- (6) 实验前必须学习实验室有关安全规则，并严格遵守其有关规定；
- (7) 实验完毕，必须把实验室整理干净，经教师检查后方可离开。

2. 实验仪器的使用方法要正确,操作要规范

保证观察、实验成功的先决条件就是使用仪器、设备方法正确,操作规范。这对学生科研素质的培养以及品德教育都是必需的。

在实验过程中,教师的一举一动都应成为学生的榜样。不论是仪器的搬运、放置、使用、制片、观察、画图等,都要严格按照操作规定做。

例如,使用显微镜的方法步骤:安放、对光、观察。怎样拿显微镜,安放的位置,对光达到什么亮度才算合适,等等问题都需要教师反复讲,让学生一步一步操作、反复的练习、纠正。随着使用次数增多,学生就能正确使用显微镜了。

3. 实验过程中出现的问题要及时纠正

学生在实验过程中所发生的问题很多。常见的有:

(1) 操作上的问题 如装片发生气泡和重叠;切片切得过厚;解剖动物时发生大出血和内脏破损等。

(2) 观察上的问题 使用显微镜两眼不能同时睁着,用左眼看目镜;或用手捂住右眼,或一睁一闭;不会调距、不会移片、不会控制光圈。很多学生在使用显微镜时,常常向老师诉说“我用低倍镜看清楚了,一换高倍镜就找不到了。”

(3) 画图上的问题 图的设计比例不当,不是顶天立地就是缩成一团;线条粗细不均、断断续续、细胞核涂成黑疙瘩,打点不圆留尾巴,注名称不整齐等。

如何纠正实验中出现的问题,正确无误地将实验中每个步骤的具体要求和注意事项教给学生,是培养他们实验技能的关键环节。

指导学生实验,培养能力,首先,要确保学生实验时教师的指导准确。实验前老师要亲自实践一下,找出实验中的难点,验证课本上的实验用品、实验方法与实际操作有没有出入,以便指导学生达到预期的效果。其次,这次备课中的实践,也是教师的再学习,从而提高教师本身的实验技能和素质。

例如:高中生物“叶绿体色素提取、分离”实验。教材上写着用5克菠菜叶研磨后加2毫升丙酮,我们给改成加20毫升丙酮。还有配制的层析液放进烧杯里,上面盖上培养皿。通过实践,我们用直径粗一些的试管(直径大于1厘米),口上装好胶塞,以防液体挥发。这种改进有以下几项优点:(1)减少浪费。每人一个试管,既经济又方便;节约了层析液。(2)液纸的长度与试管高度相等,有利于色素中胡萝卜素的层析(胡萝卜素能析到管口处)。(3)降低了有毒溶剂的污染。

二、指导并培养学生生物学实验中的基本技能和方法

1. 使用实验器具和仪器的技能

熟练地使用显微镜是实验技能的基础。教师不能只满足于学生机械的模仿,应该把有关知识告诉学生。例如:大多数学生有这样的操作:在低倍镜下观察完毕后,要换成高倍物镜时,由于不懂操作要求,常是用手直接推动物镜转换。这种操作是错误的,但错在什么地方学生并不清楚。教师应该告诉他们这样做的害处是:易使物镜的光轴发生倾斜。因为物镜转换器是精密度很高的重要部件,其转动板采用铜合金制成,性能制

定，但材料质地较软，螺纹受力很易破坏，经常用力直接推物镜，会造成光学系统的轴线倾斜。一旦物镜螺纹孔被破坏，整个转换器就要报废。正确的操作方法应该是用手捏着物镜转换器的转动板旋转。

再如：粗准焦螺旋和细准焦螺旋的使用。低倍镜观察标本，用粗准焦螺旋就可清楚地看到，不需用细准焦螺旋。书上写用细准焦螺旋调清楚，学生也就这样操作。其实这样做是没有必要的。细准焦螺旋的精确度很高，它的旋转范围不超过一圈。而粗准焦螺旋转动一圈是细准焦螺旋的许多倍。细准焦螺旋用在用高倍镜观察时，当物镜直接从低倍镜转换过来后，常只能看到模糊的图象，这时把细准焦螺旋微微地旋转，即可调清晰。因此，让学生知其然也知其所以然，就会减少许多弊端。中学实验除用显微镜外，还要用解剖用具。解剖实验纠正最多的是学生拿解剖剪的方法，正确的方法不得使，习惯的拿法又剪不动，所以有的实验一节课都做不完。

对学生实验的指导，不能急于求成。学生基本技能的形成是有阶段性的，是循序渐进的。初次接触一种实验仪器，既要熟悉，掌握有关的知识，又要实际动手，对学生来讲，是有一定难度的，事倍功半是必然的，随着使用次数的增多，技能就会逐渐提高。

2. 制作临时装片和徒手切片的技能

制作临时装片和徒手切片是中学生物中最重要也是最主要的实验技能，而且绝大部分实验集中在初中阶段。植物学中：植物体的基本结构，根、茎、叶、花，低等藻类，微生物等；动物学中原生动物；人体生理中的口腔上皮细胞，血涂片；高中生物中植物的有丝分裂和细胞的质壁分离等实验，都需要这种技能。在此技能中，如盖玻片、载玻片的擦拭；装片材料的展平；切片材料的切薄及盖盖玻片时怎样减少气泡等。要求指导教师动作规范、敏捷，要有严谨的正确示范，严格的要求，学生才能会会正确的操作技能。

制作临时装片，要注意：（1）取材要适量。如水绵，只取几条即可；番茄果肉，用针挑出一点点就行；否则影响观察。对液体材料，只需取一、二滴，多了使盖玻片漂浮，用吸水纸吸很容易把材料吸跑。（2）材料大小要适当。撕洋葱表皮，叶表皮，应先用刀片轻划一个小方块，再用镊子撕，这样放在载玻片的中央，做出的装片美观。（3）对运动的材料要加些阻止物。如一滴水中的草履虫，它的运动速度很快，在显微镜下观察很难观察清楚。如在标本液中放少量棉絮纤维或擦镜头纸，再盖上盖片，就容易观察多了。

徒手切片，主要是在观察根、茎、叶的结构时，需要做徒手切片。材料切得薄，各部分的结构才能观察清楚，这是制作临时切片中的技术难点。关于这方面的实验技术，有不少介绍：有用单刀片在载玻片上切的；有改变实验材料，用叶片较厚，较硬的大叶黄杨做叶的横切切片的；过去的植物学叶横切片用胡萝卜或土豆做夹持物，夹上叶片，用单刀片拉切；现在书上写的是用两个刀片切，在两刀之间夹一胶带纸更好。总之，这些方法的目的是把材料切的薄，使观察效果好。

3. 做简单生理实验的技能

生理实验是加深理解知识的一种手段，也是培养学生完成一个生理实验具体动物的技能。以实验组织教学，是将有关的实验内容观察、实验、读书、议论，以及探索问题

的实质结合为一体。例如植物学中“有机物的制造”一章的中心内容是叶的功能（光合作用）。有关叶的生理功能的知识较难掌握，中学限于条件，不可能运用实验的方法来观察和剖析细胞内的种种生理变化。对于初中学生来讲，概括能力和抽象思维能力需要经常用具体的、直观感性认识来加以逐步的丰富和提高。一般采取演示和分组实验，使学生有目的地观察、实验、读书、讨论、思考和解决问题。这一章可用几个实验将前后教材串连在一起使之系统化。（1）光合作用需要光，产物是淀粉（分组实验）；（2）光合作用只有在叶绿体的部分才能进行（分组）；（3）光合作用需要二氧化碳（演示）；（4）光合作用有气体产生（分组）；（5）检验光合作用产生的气体是氧气（分组）。

通过观察实验过程中的每一细节，对观察到的现象认真分析综合、归纳概括，然后得出结论。

4. 解剖动物的技能

解剖的目的在于观察。因此，解剖的顺序要适当，部位要准确，操作要规范。为了使学生更好地掌握解剖动物的技能，教师的示范动作是很重要的。特别是脊椎动物的解剖实验，最重要、最困难的一个环节是老师的示范性演示操作。这一环节如果搞好了，对指导学生动手实验有着非常重要的作用，几乎决定这堂实验课的成败。有的教师在进行实物解剖示范上往往效果不太理想，原因之一是因为解剖的个体太小，学生看不清楚；其次是操作过程复杂，学生不易理解和记忆。在这种情况下，难免同学下座位互相询问，或直接问老师，造成课堂混乱，影响实验效果。

如何解决解剖实验中的难点，简化交待过程，使学生易学易懂？可用现代化的电教设备将教师的解剖操作过程详细的录像，也可以用模拟解剖来指导学生的动物解剖实验。例如初二动物学“观察和解剖青蛙（或蟾蜍）”“解剖小白鼠”（现课本上不做此实验，我们认为这个实验应该做，这对学习人体生理卫生有帮助）。课前用塑料泡沫做一个立体的放大的分层剪贴模型，上课时老师按照解剖的步骤，做模拟解剖（内脏器官可摘除）。这样，可以提高解剖实验的效率、观察的效果，使整个实验干净利落。

5. 画动物、植物简图的技能

初、高中的生物实验内容，要求学生画出实验观察对象的各种图形。通过绘图，能够培养学生对实验对象科学地观察、思维和表达的能力，进一步巩固基础知识和基本技能。画生物简图，不仅是观察、实验的忠实记录，也是对所学知识的加深理解和巩固。因此，对学生绘图的指导十分必要。

（1）常用的绘图工具

主要有直尺（带刻度）、三角板、黑色铅笔（3H）、软橡皮、绘图纸等。

（2）绘图的要求

中学生物需要画的图可分为宏观和微观两种图。在描绘前要充分掌握对象的基本知识，仔细比较自己观察到的实际形象与课本文字描述和图形异同点，凡是实验中要求观察到的部位（包括形态、结构、特征）一定要找到、看清。最后根据绘图要求，按观察到的实际图像描绘。（为什么用显微镜观察时，要左眼看目镜右眼睁着，就是为绘图所用。）

（3）绘图的具体步骤

A. 图位布局

动手画简图之前，要考虑好简图在实验报告纸上或绘图纸上的位置和大小，图的位置应稍偏左，以便在简图的右侧留出指示线和注名称的地方；在图的下方留出书写图名和显微镜的放大倍数；图的上方写实验报告的题目和班级、姓名。图形布局要求美观大方。

B. 勾画轮廓

根据观察到的实际形象，先以铅笔轻轻用线条或虚线勾画图形的大轮廓，然后再勾画其中各部分的小轮廓，一副“草图”就出形了。

C. 整形加工

在草图的基础上，进一步加工整形。画线条要注意用笔均匀，粗细一致。勾线运笔的方向一般从左到右，从上到下，这样勾出的线条流畅。根据各部分结构、质地等特点，用点点来表示；点要点得均匀，有层次，不可成大片地乱点，点要圆不拖带尾勾。

D. 标准名称

图中各部分名称，一般可直接标注或间接标注。直接标注就是将各部分结构，用指示线从图中拉到图外，直接标上名称；间接标注是用1、2、3……表示各部结构，在图的正下方写出标号的实指名称。在标注时要注意以下问题：多细胞的图标注应集中在同一细胞中；指示线避免迂回、交叉，以免混乱不清；字体要工整清晰，不可潦草。

E. 清理画面

绘完图要根据要求重新复核一次，有误或有漏的地方及时修正，补充。最后在图形的正下方写出本图的名称。

6. 观察动、植物的生活习性、形态结构和饲养动物、栽培植物的技能

观察活动是学习生物学不可缺少的环节。观察不只是验证知识的手段，也是培养学生钻研生物学的一条重要途径。

观察活动中，要求学生做到：客观、准确、敏锐。客观即尊重客观事实，不带任何主观印象；准确即对任何一项内容的观察，都要反复、细致地进行，不能只凭一、两次观察所见就记录下来；敏锐是指在观察中善于捕捉一般人所容易忽略的现象，以便获得珍贵的第一手资料。观察活动可以有目的、有计划地组织学生去动物园、植物园或校园对某一种动物、植物进行观察；还可以因地制宜，在校园某一角落开辟一块生物园地，让学生种植一些与教学内容有关的植物或饲养小动物，观察其生活习性、形态结构。

例如：花生又叫落花生，是豆科植物。谁都吃过花生，但很少有人知道花生的植株呈什么样，为什么又叫落花生？豆科植物都是在地上开花结果，花生的花开在哪儿？果实哪儿？组织学生在生物园里自己亲手种花生，自己解释产生的疑惑。通过栽培活动，培养观察能力和自己解决问题的能力。又如饲养小动物，观察“蚕的一生”。春天从蚕卵开始养起，记录蚕的生活史：几次蜕皮，身体的变化……。除了观察它的生活习性、生长发育外，还可以给学生设一些课题进行科学小实验，提高学生的科研意识。

对学生基本技能的培养，不仅在学校，在生物实验课上，而且在家中也可以培养生物实验能力。因为中学生物实验取材广、简便易做，但往往培养期长，需要连贯性的观察，所以家庭实验是有必要的。教师根据教学内容，有计划的给学生拟定实验的题目和

方法。比如：种子的萌发过程；植物的呼吸和蒸腾；植物的扦插；观察鱼类、蛙和蚕的发育过程……。家庭实验不仅能巩固学生的知识、发展学生的智力，也能培养学生观察实验和描述生物形态和功能的能力，激发他们热爱科学、学科学、用科学的兴趣。

除了以上六项生物实验技能的培养指导以外，还应该组织学生野外实习或参加生物夏令营活动。这是对所学书本知识的补充，也是对生物基本技能的综合考查。

指导野外实习、参加夏令营，首先要教育学生有正确的指导思想，让学生懂得到大自然中学习是课堂教学的扩展和继续。要进行组织纪律性的教育，进行思想道德品质的教育，进行爱国主义和集体主义的思想教育；还应进行技能培养的教育。其次是充分的准备工作；如采集工具、捕虫网，药剂和解剖器械的准备；工具书的准备。在活动中学生可能发生的生活问题也要考虑到。

综上所述，在指导学生实验，培养生物实验技能过程中，教师要不断总结经验，不断学习新知识，掌握新技术。在生物教学中，坚持以教师为主导，学生为主体的原则，开展灵活生动的课堂实验教学和丰富多彩的课外活动。通过做各种生物实验，使学生得到动手、动脑的锻炼，提高他们的观察能力，思维能力和自学的 ability。为建设祖国打下良好的基础。

培养学生的观察与描述能力的探索

一、生物教学中观察能力的培养

当今，科学技术的飞速发展，信息高速公路的开通，使人类社会进入了一个社会信息化变革的时代。在这个时代中，知识“新陈代谢”的速度越来越快，新的知识在较短的时间内就会代替旧知识而作为理论基础被利用，以科学家统计的生物文献更新的时间为例，生物医学是3.0年，生理学是7.2年，植物学是10.0年。随着知识更新速度的加快，人们普遍意识到：必需及时，不断地提高自己掌握和运用知识的能力，才能适应社会的发展。当代的中学生是跨世纪的一代，他们肩负着时代赋予的承上启下的重任，面对着信息时代的挑战，他们需要具有更强的接受信息和处理信息的能力。这就要求我们的教育要从应试教育转变为素质教育，从信息灌输式转化为信息处理能力式，要把培养学生的能力做为教育的中心问题。

观察能力是学生需要具备的重要能力之一。人们常把观察称为智力结构的门户，观察是发展学生记忆能力，想象能力和思维能力的基础，学生观察能力的强弱对学生其他智力的开发是十分重要的。因此，教师在教学中，应当把培养学生的观察能力做为重要的教学任务之一。

1. 什么是观察能力

观察能力是指运用感官进行有目的、有计划、持久的知觉活动。是学生认识自然，获取信息必不可少的一种智能活动。观察在生命科学研究上具有重大作用，生命现象和生命活动的规律是生物学家通过观察发现的，荷兰德尔夫特市的列文虎克（Anthony van Leeuwenhoek）用显微镜观察一滴池塘水发现了微生物世界，英国皇家学会的实验管理员胡克（Robert Hooke）受列文虎克的影响，在显微镜下观察软木切片发现了细胞。奥地利生物学家孟德尔（Gregor Johann Mendel）通过观察杂交豌豆后代的性状发现了遗传规律，创立了遗传学。在对生命现象观察的过程中，生物学家们积累了大量感性材料，在此基础上经过大脑思维加工形成了理论学说。英国生物学家达尔文在五年环球考察中，积累了丰富的动植物及大自然的观察资料，经过研究提出了自然选择进化

论，写下了《物种起源》这部巨著。达尔文在“对我的智力的评估”一文中有这样一段话：“我具有比一般水平的人更高的本领，能够看出那些容易被人忽略的事物，并且对它们作细致的观察。我在观察和收集事实方面，勤奋努力，真是无以复加的了。”勤奋努力地观察，是达尔文获得成功的原因之一。

2. 培养观察能力的要求

生物学是一门实验科学，观察是进行生物学研究的基本方法之一。为了更好地培养学生的观察能力，我们必须知道正确、良好地观察能力是：

(1) 能充分有效地使用视、听、嗅、味、触各种感官，并在这些感官感觉的基础上进行思维。

(2) 观察具有客观性和全面性。

(3) 能作定性和定量的观察。如，种子成分的定性观察，骨的各种成分比例，视野中叶表皮气孔数目的定量观察。

(4) 能作动态的观察。例如，观察蛙的个体发育过程，动物的行为活动等。

(5) 能选择适当的观察对象。

(6) 能发现观察对象间的差异。

学生也许不可能将以上的各项完成的很好，但教师应该在生物教学中努力通过各种途径和方法培养学生具有正确、敏锐的观察能力。

3. 培养学生观察能力的途径和方法

学生的观察能力只有在观察活动中才能形成和发展。在生物教学的各种活动中都离不开观察，这些教学活动都是培养学生观察能力的途径。

(1) 充分利用课堂教学培养学生的观察能力

A. 利用教材中的插图和挂图培养学生的观察能力 挂图是生物教学中常用的一种直观教具，它和教材中的插图都是根据教材的主要内容或者难点而绘制的，它们都具有紧密配合教材，生动、形象、可视性强的特点。使用挂图和插图进行教学，可以充分调动学生的视听感官，通过视听感官与大脑思维的积极协调活动，将抽象思维转化为形象思维，使学生能很好地理解教材，同时也使学生的观察能力和分析判断能力得到加强。

例如：在《细胞分裂》一节中，利用挂图讲完“植物细胞的有丝分裂过程”后，教师挂出《动物细胞有丝分裂过程图》，将两张挂图同时展出，请学生对比观察两张过程图上的相同处和不同处，然后让学生对照“植物细胞的有丝分裂过程”图，讲述动物细胞有丝分裂的过程，及动植物细胞有丝分裂过程的差异。最后，教师总结。这种学生自己观察—讲述、老师总结的方法对培养学生的观察、分析、表达能力是很有意义的。

再如，在讲解生物的拟态概念时，教师挂出《枯叶蝶拟态图》，图中枯叶蝶的背面观在课前已用纸盖住。教师指图向学生提问：“图中植物的枝上有几片‘枯叶’，请同学们仔细观察这几片‘枯叶’是否有差异？”提问后，学生的兴趣极浓，注意力都集中在图上，观察一会儿后，教师请学生来回答，当学生的答案被教师否定后，后激发学生更认真地去看图。如果学生回答图中“枯叶”有差异，教师可请学生指图说明差异之处，然后，教师将盖住枯叶蝶背面观的纸揭去，指明这片“枯叶”不是叶，而是一只美丽的蝶。这时，教室往往会哗然，学生急迫地想知道原因，教师再讲解拟态的概念，学生会

获得深刻的印象，同时也培养了观察的敏锐性。

在教学中使用挂图和插图时需要注意：④教师在备课时要充分钻研图的内容，指图要准确，讲解要严谨，以使學生观察正确。⑤出示图的时间要适当，要紧密配合教材内容，不可过早或过晚，以免分散学生的注意力。⑥教师要具体指导看图的方法。在请学生看图前，要把图中的符号、结构名称、切面位置等内容交待清楚。

B. 通过演示实验培养学生的观察能力 演示实验是一种加深学生感性认识的直观教学方法。也是培养学生观察能力的有效途径。教师进行演示实验时，学生只有通过认真的观察，才能获得对事物现象的感性认识，为掌握教材打下基础。在演示实验中，为使學生观察准确，教师应该：①演示操作必须规范，准确，实验现象要清楚。②演示前要先讲清实验装置的名称、构造、性能、原理及注意事项。③要指导学生进行观察，指导的方法有边讲边观察，先讲后观察，先观察后讨论、总结。但无论用哪种方法，都要启发学生在观察过程中积极思维，要透过现象看本质。

在课堂教学中，观察生物模型和实物标本以及幻灯、录像、教学电影、多媒体计算机等现代教学手段的运用也都是培养学生观察能力的重要途径。

(2) 通过生物实验培养学生的观察能力

在生物实验中，学生要通过视、听、嗅、触、味全面观察动植物和人体的形态、结构和生理功能，因此是培养学生观察能力的主要途径。在生物实验培养学生的观察能力时，教师要做好以下几方面的工作：

A. 充分做好实验前的准备工作 这是保证观察顺利进行的前提。准备工作应该包括：(a) 准备实验用具和选取实验材料。(b) 做好准备实验。课前，教师一定要按实验要求亲自做一遍实验，以便了解观察内容的各个细节和观察中易出现的问题，上课时能正确指导学生。(c) 精心设计观察的方法和程序。例如，在《观察蚯蚓》的实验中，根据观察内容采用了“观察—思考—总结”的观察程序和探索式同步观察法。在教学过程中，对每个观察内容，首先是让学生在教师引导下独立观察和思考，然后请学生阅读教材或者教师用谈话或讲述的方式进行总结。

B. 要明确观察的内容、步骤，指出观察的重点和难点及解决的方法。在学生开始观察前，教师要通过讲解，学生预习或者印发观察提纲的方法，使学生明确观察的内容、步骤、重点、难点，使学生在观察时目标明确，有条不紊，重点突出，难点易克，以达到预期效果。例：《观察蚯蚓》提纲：

目的要求：1. 观察蚯蚓的外部形态。2. 观察蚯蚓的运动。3. 观察蚯蚓对刺激的反应。

材料用具：活蚯蚓，玻璃板，棉球，醋，手电筒。

观察内容：

观察蚯蚓外部形态表

方法步骤	观察记录	分析和讨论
体色	背部色____, 腹部色____。	1. 刚毛对蚯蚓的生活有什么意义?
体形	体呈____形, 前端____, 后端____。	2. 蚯蚓的外部形态有哪些特点与其生活习性和环境相适应?
体节	有(或无)	3. 蚯蚓的体节与其进化有何关系?
口和肛门(用手分别挤压两端)	有肉质唇状物翻出的一端是____, 没有一端的是____。	
环带(先观察, 然后用手轻摸。)	环带位于____端, 较其它体节色____, 表面____。	
粘液和刚毛(先观察, 再用放大镜观察)	感到体表____和____, 刚毛着生在体节的____部位。	

C. 要掌握与观察有关的基本技能。对生物现象的观察仅使用感官是不够的, 往往要借助于各种观察用具和技能。如, 动植物细胞、组织及微生物等一些微小的结构必须要用显微镜或放大镜才能看见, 观察时还要将标本做成装片(或切片), 若要使观察的结构清晰可辨则要将标本染色, 有些标本需长期进行观察, 就要制成腊叶标本或者浸制标本, 观察动物的内部结构首先要进行解剖。在进行观察前, 一定要使学生掌握各种观察工具的使用和技能的应用, 这对学生顺利地进行观察, 培养观察能力是很重要的。学生在学习时, 应该让他们做到: 一要懂得用途和性能, 二要操作规范, 三要爱护各种观察用具。

D. 要指导学生学会观察的方法。古人说:“授之以鱼, 仅供一餐之需; 授之以渔, 可解一生之求。”能力是通过学习方法而获得的。培养学生观察能力的关键是教会学生掌握正确的观察方法, 这就是:

a. 要按一定的顺序观察。观察的顺序要按所观察的对象来决定, 一般是: 先整体, 后分部; 先外形, 后内部; 先前(头)端, 再后(尾)端; 先上(背)侧, 后下(腹)侧。b. 要抓住观察对象的特征, 有重点地进行观察。每种观察对象都具有许多特征, 如果样样都去观察, 就可能眼花缭乱, 一无所获。观察时要随时指导学生紧密结合实验目的, 抓住观察对象的主要特征进行观察, 这样才能重点突出, 效果显著。例如: 观察鲫鱼的外部形态, 重点应该观察与其水生生活相适应的一些特征: 体形、体色、侧线及鳍等。此外, 在重点观察时还要提醒学生注意观察要细致, 以培养学生良好的观察习惯。c. 要勤于思维。观察是一种伴有思维活动的高级形式的知觉活动。因此, 教师一定要指导学生不仅要用感官和工具去“观”, 更要用脑去“察”, 要将观到的现象进行分析、比较、判断, 通过思维得到准确的结果, 要使“直观性观察”升华为“逻辑性观察”。就是说, 要指导学生在观察中不要只停留在“看到什么”, “是什么”的验证教材内容的水平上, 而是要多问几个“为什么”, 使观察具有探索性, 为此, 教师应有意识地引导学生必须用生态观点去观察生物的生活习性, 外部形态及行为; 要用结构与生理相适应的观点去观察生物的结构和生理活动; 要用进化的观点去观察生物各类群的特

征；要在个体—细胞—分子的水平上去观察生物个体的内部结构；要在种群—群落—生态系统的水平上观察生物界。d. 观察要有记录。教师要教会学生对观察现象和结果做认真的记录，并要对这些现象和结果，对观察的成败原因进行分析。这对培养学生的良好观察习惯和科学态度是十分必要的。

E. 指导学生实验是获得成功的关键

我们分析了学生实验失败的诸多原因后，在指导学生实验时，就特别注意抓住以下环节，帮助学生获得成功：a. 选取当年培养的分裂旺盛的新鲜材料做实验。b. 装片制作过程中，严格掌握材料解离、染色、漂洗的时间，解离液和染料的浓度及压片的技术。c. 观察是学生感到最难的环节，学生只从教材插图（或挂图）上看到过细胞周期中各时期的细胞图解，这种图解与实物之间差别很大，因此，学生不会观察实物，常常讲“找不到”。针对这种情况，教师在用挂图（或插图）讲完课后，将实物的显微像片翻印发给学生，让学生与图解对比识别。同时，还用洋葱根尖切片进行演示观察，通过这些观察准备，学生再观察自己制作的植物细胞有丝分裂装片时，实验室内响起的就是“找到了”的喜悦声了。在观察中，如果学生观察失败了，教师要帮助学生找出失败的原因，鼓励学生的自信心和勇气，这对培养学生的观察兴趣和科学素质是十分有意义的。

传统的观察实验，往往是验证性的，学生只是按规定的步骤，进行预期的观察，在观察活动中涉及“学生主体”的内容不多，这对求知欲强的学生来讲，观察兴趣会受到一定的影响。如果教师将学生做为主体，用探索式的方法，设疑引导观察，让学生在解疑中获得成功，这会使学生的观察兴趣大增。

（3）通过课外活动和野外观察培养学生的观察能力

学生在课外活动和野外观察中，通过采集、制作动植物标本，栽培植物，饲养动物，进行杂交实验，组织培养，生态调查等可以获得大量的感性材料，扩大知识视野，同时还培养了观察兴趣、观察能力和科学的工作方法。特别是野外观察还能陶冶学生的情操，使他们热爱大自然，增强他们保护自然的意识。因此，课外活动和野外考察是培养学生观察能力的又一条重要途径。

4. 观察能力培养过程中应注意的问题

无论通过什么途径和方法培养学生的观察能力，都要注意下面三点：

（1）观察要有明确的目的

观察是一种具有很强目的性的活动。它要求人们能从纷乱的事物中，迅速、准确地分辨出所要观察的对象。观察活动的这种特点，告诉了我们：观察目的明确，被观察的对象就完整、清晰，观察目的不明确，被观察的对象就模糊不清，一无所得。在教学中，教师往往看到这种情况，学生都喜欢观察生物，但观察时往往凭兴趣出发，只愿意观察他们喜欢观察的对象，而将观察目的弃之一边。因此，教师要时刻提醒、指导他们按观察目的进行观察。

（2）观察要有科学态度

实事求是进行正确观察所必备的重要素质。教师在培养学生的观察能力时要重视学生实事求是的科学态度的培养。教师要要求学生的观察记录、生物图、对观察对象的

描述等一定要符合观察到的真实情况。

(3) 观察要有兴趣

兴趣是观察的挚友，是培养学生观察能力的先决条件之一。为了提高学生的观察兴趣，教师可以给学生介绍有趣的生命现象，开展课外活动，进行野外考察，参观动物园、植物园、博物馆，以激发学生观察的兴趣。学生往往有一种成就感，这种成就感也表现在生物观察中，当观察成功时，他们就兴趣盎然，反之，则兴趣索然。在观察中，教师要努力创造条件使学生的观察获得成功，以增强他们的观察兴趣。《观察植物细胞有丝分裂》的实验中，学生往往因观察不到植物细胞有丝分裂的各个时期，而失去观察的兴趣。

二、生物教学中培养学生描述能力的方法

描述是指用适当的语言或文字传递观察到的信息。也就是说，描述是在观察的基础上完成的，描述能力的培养要与观察活动紧密结合。

1. 描述对象

- (1) 观察直观教具（挂图、模型、标本、幻灯等），进行描述。
- (2) 观察生物的生活习性、外部形态、内部结构、生理活动及行为，进行描述。
- (3) 在课外活动和野外考察中，让学生描述所观察到的各种生命现象。

2. 描述要求

- (1) 描述一定要实事求是，要按观察对象的真实情况进行描述，切忌夸大和缩小。
- (2) 描述要用生物术语，所用语言或文字要贴切、准确。
- (3) 描述要按观察的顺序进行，要条理清楚，逻辑严密，具有系统性。

指导学生自学和阅读课外读物探究

一、培养学生自学能力的重要性

1. 可以提高生物学的教学质量

什么叫自学能力？自学能力是指独立获取新知识的本领。这种能力与提高生物学的教学质量有什么关系呢？

我们知道，学生掌握知识大致要经历三个阶段：领会、巩固和应用。老师在上课时，通过讲课，在帮助学生领会知识上起了重大的作用。但是，由于老师讲课的速度与每个学生接受知识的速度之间存在着不同步的现象，这就使得下课之后，还会有相当多的学生要通过自己的学习来进一步完成“领会”的任务。至于在知识的巩固和应用阶段，尽管学生从老师那里收益不少，但更多的要靠自己摸索着来完成。

从另一个角度来讲，学生要通过一系列具体的学习环节才能完成对知识的掌握过程。一般常见的有：预习、上课、课后复习、阶段复习，以及考试等等。在各个学习环节中，可以明显地分为两部分：一是在老师直接指导下的学习环节，如上课；二是靠学生自己独立来进行的学习环节，如预习、课后复习、阶段复习和考试等。由于学生在自学环节上存在着自学能力的差异，如自学积极性上的差异和学习方式上的差异，这些是造成学生在学习效果上出现明显差异的重要原因。从工作角度说，正是我们在教学过程中忽视了对这些自学环节的指导，造成了学生在这些学习环节中自学能力的低下，从而影响了生物学的教学质量。

有人说，在我们的教学中，对学生的`学习问题，指责多，批评多，而了解帮助和指导少；对学生布置学习任务多，对学生能不能完成，怎么去完成，了解帮助少；对上课、作业和考试管得多，对其它学习环节（自学环节）管得少。这比较客观地反映了生物学教学中的弱点。

可见，如果老师不能控制住学生学习的全过程，尤其是没能通过教学活动来有效地培养学生的自学能力，那么，就会造成学生在自学的学习活动中效率很低的现象。

因此，通过教学活动来培养学生的自学能力，以提高学生在自学环节中的学习质

量,就成了提高生物学教学质量,减轻学生过重负担的一项极有价值的重要工作。

2. 为学生终身学习创造条件

对一个中学生来讲,毕业后,将继续上学深造或者工作就业。

我们说,学生毕业后,不仅上大学深造需要极强的自学能力,就是工作就业了,仍然需要再学习。因此,同样需要极强的自学能力才能满足迅速发展的社会需要。

我们知道,由于科学技术的发展,现代社会出现了两个明显的特点:一个是知识急剧扩增;一个是知识更新加快。这些特点在未来社会将更加突出。这样,一个学生在校期间学到的知识,到工作岗位上是不够用的,必须继续学习,终生学习。华罗庚讲,“在人的一生中,进学校靠别人传授知识的时间,毕竟是短暂的,犹如妈妈扶着走,在一生中是极短的时间一样。学习也是绝大部分时间要靠自己坚持不懈地刻苦努力,才能不断地积累知识。一切创造发明,都不是靠别人教会的,而是靠自己想,自己做,不断取得进步。”针对这种情况,作为一个要对学生一辈子负责的生物学教师来讲,在生物学的教学过程中,就应当努力承担起培养学生自学能力的责任。只有各学科的老师都这样做,学生将来离校后,才能跟上迅速发展的社会,自立于社会,才有可能为四化做出贡献,不至于成为一个识字的“新科盲”。

二、指导学生自学的途径

由于能力只有在活动中,而且只有在那种没有这些能力就不能实现的活动中才能得到培养。因此,培养自学能力也就只有在自学活动中来培养。

对生物教学而言,主要可以借助于老师的教学活动来实现对预习、课后复习、实验、阶段复习、课外阅读等自学活动的指导,达到提高学生自学能力的目的。

1. 对预习活动的指导

(1) 预习的好处

预习就是上课前的自学。具体说就是在老师讲课以前,学生先自己独立地去阅读新课的内容,做到初步了解所要学的知识,并做好学习新知识的准备工作,这个自己学习的过程叫预习。

预习的好处大致有以下几点:一可以做好上新课的知识准备,有的学生所以听课效果差,原因是没有准备好学新课所必需的有关的旧知识。通过预习在上课前发现了自己在知识上的缺欠,就可以在上课前及时补上,从而避免上课“听天书”的现象。二可以提高听讲水平。由于预习后,有的问题学明白了,有的问题没有学明白,这样在上课时,可以提高学习的积极性和目的性。为什么这么说呢?因为当老师讲到自己看懂的部分,可以检验自己理解得是否正确,起到验证、比较和巩固的作用;老师讲到自己没弄明白的部分,会格外专心听讲。三可以提高记笔记的水平。经过预习知道老师讲的哪部分是书上有的哪部分是书上没有的,这样记笔记的针对性就更强了,能把更多的精力放在思考问题上。至于事先做了预习笔记的同学,上课学起来就更加主动了,可以把更多的时间放在听讲思考上。由于预习有上述几点好处,因此学生不仅可以通过预习提高自学能力,而且可以迅速改变学习的被动局面。

D. 能养成爱动脑筋的习惯。课后复习时直接看书, 要比“尝试回忆”省脑筋, 但不容易留下深刻的印象, 效果往往不好。而尝试回忆要追寻过去思索的过程, 要概括上课所学的主要内容, 一旦想不起来时, 还要千方百计寻找回忆的线索, 这很费脑筋。一个经常搞尝试回忆的学生, 不仅记忆力大增, 而且容易养成好动脑筋的习惯。有人说, “人们总是逃避艰苦的思考,” 而尝试回忆正是使学生避免成为思想懒汉的好办法。

有的学生也搞课后复习, 可是复习的方法却象看小说似的把书从头到尾读一遍, 这种读书, 往往是一看就想起来, 一放下书就忘记了, 很不可靠。如果一个学生离开书本就不能独立地把所学的知识回忆出来, 也就很难做到独立应用这些知识了。

(2) 看教科书

我们知道, 教科书是教育部门组织专家、学者和有经验的中学教师, 根据教学大纲、学科的知识体系, 针对学生的特点和社会发展的需要而编写的。一般写得非常精炼, 严谨和深刻, 是一般的学习参考书无法替代的。

可以说, 教科书是老师教、学生学的共同依据, 也是老师考核学生的主要依据。如果在课后复习时, 不认真钻研教科书, 就无法掌握好中学的基础知识。因此, 抓住了教科书也就抓住了基础和根本, 这也正是优秀生共同的经验。为了发挥书的作用, 提高看书的效率, 在看书时应当提倡边看边想边写, 也就是说, 在看书的时候, 要动脑筋, 并把思考的成果写出来。简单的办法是把概念、原理及要点勾划出来, 如果时间充裕, 可以把思考的成果用简要的文字、图示等方式写在书上的空白处, 为记忆和以后的再学习提供方便。例如, 课后复习到生理卫生的呼吸系统部分, 知道鼻腔的功能是使经过鼻腔的空气由干燥变湿润, 由寒冷变温暖, 由肮脏变清洁。为了便于记忆, 不妨在书上相应的空白处写上:

干 $\xrightarrow{\text{粘膜、粘液}}$ 湿; 冷 $\xrightarrow{\text{毛细血管}}$ 暖; 脏 $\xrightarrow{\text{鼻毛, 粘液}}$ 洁

以后, 再复习到这部分时, 一看写的这个提示, 就能迅速抓住鼻腔的构造和功能之间的联系。

有些学生在平时看书时, 不善于对教科书进行“加工”, 结果, 在考前复习时找不到重点, 不知道看哪部分好, 所以, 只好从头看书, 由于要看的内容太多, 结果搞得复习很紧张, 只得靠开夜车来应付。可见, 平时看书时, 如果注意动脑筋对教科书进行“加工”, 到考前就可以节省大量时间。

(3) 整理笔记

要使学生懂得, 笔记本不应当仅仅是上课的记录, 要在平时的学习过程中, 不断地“加工”, 把笔记本变成在复习时真正有用的学习材料。

怎么做笔记呢?

笔记本, 可把笔记分成两部分:

A. 打开笔记本右边的一页, 主要用来记课堂笔记, 在这一页的右上角可以用彩色笔写上这页笔记的题目。如“光合作用”, “呼吸作用”等, 以利学习时查找, 在这一页的右侧, 可用铅笔划一竖道, 竖道的右侧部分专门用来记上课的随笔。如听讲时自己的体会、疑问、老师强调的重点问题等。整理笔记时, 要求学生先把上课没有记下来的部

分补上，再把记得不准确的地方更正过来，使学生的笔记能保证完整和准确。再把笔记本上记录的疑点弄明白，如果有必要，可以把有关的内容补充进笔记。

B. 笔记本左边的一页。这一页所记的内容应当与正页的内容相关。在预习时，可以把涉及新课的一些旧概念、旧知识，从书上摘录下来，作为上课的预备知识。如学生预习时，看到生态系统的成分时，提到了“生产者：主要是指绿色植物。它们能够利用阳光，通过光合作用，把无机物制造成有机物，把光能变成储存于有机物中的化学能，所以把它们叫做生产者。”如果对“光合作用”部分感到比较生疏，就可以引导学生认真看一下第二章生物的新陈代谢中的“光合作用”部分，把光合作用的意义、场所、过程等搞清楚，并把要点整理出来，写在左侧这一页上。另外，在左侧的这一页，还可以记以下内容：预习时发现的问题或体会；听讲或看书时自己悟出来的重要体会；容易出现的错误或易混淆的概念；从参考书上摘录下来的针对性强的精彩内容；以及补充书上或老师讲课中的不足等。

如果平时这样引导学生做笔记，到复习时，学生一打开笔记本，右上角是笔记的中心题目，右边一页是课堂笔记，左边的一页是与中心题目有关的知识，然后再指导学生在这一小小的平面上，把有内在联系的知识有机地结合在一起，并固定下来。这样，学生每次看笔记时，都能强化这种联系，到了复习时，就大大节省了查书、找资料、重新思考、临时归纳和重新记忆的时间，尤其在考试前，只要看看笔记，看看平时劳动换来的成果，就有可能迅速地把握住知识。有了这样的笔记，就象一个个“集成电路块”，可以为专题性的复习提供极大的方便，加快知识系统化的过程。

由于笔记是为学生自己服务的，因此笔记必须具备个人的特点，应当引导学生根据自己对每个问题的掌握程度来决定笔记的详略。平时，要在整理笔记上花点时间，但也不能花过多的时间，要根据实际可能提供的时间来决定整理笔记的深度和广度，做笔记也可以使用一些符号，如细胞用“C”，只要自己能看懂就行了，以节省些时间。

要使学生认识到，有了整理出一份好笔记的愿望，学习时必然会更加专心致志，学习效率也会大大提高。

对于教师来说，具体指导课后复习的方式，主要有以下几种方式：

(1) 课上示范

看教科书的示范。

尝试回忆的示范，不妨在每节课的最后阶段，和学生一起来尝试回忆刚讲过的内容，并引导学生用最简捷明了的办法，把一节课的主要内容概括地表达出来。

在上课时，老师和学生一起来讨论，看谁通过学了新课后的复习，能把所学的内容用文字或图示表现出来。还可以和学生讨论，怎么表达会更有利于记忆。例如，在课后复习完生理卫生的“人体的形态、结构简介”后，有的学生把这部分简单概括为“一管二腔三层四部”，（一指的是椎管，二指的是颅腔和体腔，三指的是皮肤、肌肉和骨骼，四指的是头、颈、躯干和四肢）使这部分知识很好记。

(2) 检查落实、表扬和帮助

一种方式是上课提问，检查学生看书的认真钻研程度。例如，在高中生物学中有这样一段话：“各种氨基酸分子在结构上都具有共同的特点，这就是每种氨基酸分子至少

都含有一个氨基 ($-\text{NH}_2$) 和一个羧基 ($-\text{COOH}$) ……”可以在上课时间问学生, 这里的至少是什么意思? 又如高中生物学中说: “调节生理活动的许多激素是蛋白质, 调节新陈代谢各种化学反应的酶都是蛋白质。”教师可以问学生, 这里为什么用许多激素, 而不用“都”字。通过这些经常性的提问, 就可以不断地表扬那些深入钻研教科书, 力求甚解的学生, 使学生逐步养成深入钻研教科书良好的学习态度。

3. 对实验的指导

生物学是一门实验学科, 离开了实验, 不仅很难深入地学好生物学, 而且也不利于自学能力的提高。因为通过实验活动能提高学生的观察能力、动手能力和思维能力, 而这些基本能力恰恰是作为自学能力这种综合能力结构中的重要组成部分。因此要提高自学能力, 就离不开实验活动。

怎样通过实验来提高学生的自学能力呢? 重要的是在教学活动中为学生提供观察实验和动手操作实验的机会。采用边讲边实验的教学方式, 将演示实验变成学生实验, 把小组或双人实验变成单人实验, 以及开设课外实验小组等。其中单人实验对提高学生的自学能力起着极为明显的作用。由于实验在其它章节有专门的论述, 这里只是从培养自学能力的角度简要说一下。

4. 对系统复习的指导

(1) 系统复习的好处

系统复习就是用比较集中的时间, 对学过的知识进行再加工的过程。

经过系统复习后, 知识的掌握可以更加巩固, 更加完整, 更加系统化。这就是温故知新中“知新”的含义。实践证明, 提高学生能力水平的一个重要因素就是要提高学生所掌握知识的质量, 这个质量主要看知识系统化和概括化的水平。系统化和概括化水平高的知识更有利于应用。

任何学科的理论, 无非是由科学概念和原理所组成的知识系统。平时, 通过分学科、分章、分节的学习, 初步掌握了基本概念和原理, 这些概念和原理, 都不是孤立的, 而是相互联系, 又相互区别的。通过系统复习的“加工”, 认识到了这种联系和区别, 才能把这些概念和原理组成一个完整的知识系统, 使知识的理解达到系统化, 概括化的高度。

(2) 系统复习的程序

A. 阅读

就是围绕学习的中心课题, 认真看书、看笔记, 看作业和试卷等学习材料。一般是先回忆后阅读, 边阅读边思考, 随时想着, 怎么用最简捷、形象、明白的方式把反映事物内在联系和区别的“知识之网”给表达出来。

B. 整理

主要指整理编制出复习的笔记。把系统复习的成果用笔记的方式固定下来。有了整理复习笔记的愿望, 复习时就会更加专心, 在整理复习笔记的过程中, 实现知识由“繁而杂”向“少而精”的转化, 实现知识由无序向有序、向“网络化”的转化。整理笔记的过程就是组建“知识大厦”的过程。

C. 练习

知识的领会和巩固究竟达到了什么水平，要通过练习，也就是说要在应用中得到检验，在应用中进一步发现问题，进一步思考、钻研，从而加深对知识的领会和巩固。

(3) 系统复习应注意的问题

A. 系统复习之前，要按照知识的体系，确定好系统复习的专题，然后围绕一个专题来进行。例如，能量代谢专题，物质代谢专题，有性生殖专题等。

B. 要搞好平时的学习，平时要把概念原理等“建筑原材料”准备好，复习时，才有可能用这些原材料组建起知识大厦。平时不认真学习，到了进行专题复习时，难免会转变为“专题补习”。

C. 系统复习是一项艰苦的脑力劳动，费时多，因此，一定要为自己创设一个安静的环境，较长的学习时间，这样，复习才会有明显的效果。

D. 在复习的全过程中，要善于发现问题，进行深入的钻研。

三、对课外阅读的指导

阅读是学生获取知识的主要来源，阅读分为课内阅读和课外阅读两类。课内阅读的主要对象是课本，而课外阅读的主要对象是一些课外读物。优秀生为什么知识这么丰富，头脑那么聪明呢？这往往与他们长期坚持大量阅读课外读物有关。

在阅读课外读物时，应注意些什么问题呢？

1. 选好读物

中学生课内的学习任务比较重，因此，可供课外阅读的时间是有限的，老师在指导学生选择课外读物时，一定要提醒学生，选择课外读物时，不要离开了当时课内学习的中心课题，紧紧结合课内学习的中心课题来看有关的课外书，可以大大加深对有关知识的理解。例如，学习遗传规律时，不妨看看科普读物“遗传漫话”；学习细胞部分时，不妨看看科普读物“细胞”一书，以增加一些科学史知识，对理解课内知识，十分有利。

至于，具体课外读物的选择，可以请教教师，优秀生，也可以到图书馆、书店去查阅，只要明确了解阅读的“专题”，是不难找到好的课外读物的。

2. 处理好博览和精读的关系

博览就是“观大略”，在短时间内阅读大量书籍，为精读创造条件。办法有，看简介，看目录，看前言，看开头和结尾等等。从而对书有一个大致的了解。在博览的基础上，才可能选出适合自己精读的书。精读课外读物时，也不见得一气呵成，可以围绕课内学习的中心问题，一部分一部分地去学，以推动课内的学习。精读时，要勤思考，善于发现问题，深入钻研，要及时将阅读的体会，以阅读笔记的方式记录下来。由于精读没有离开当时课内学习的中心课题，因此，会大大促进课内学习质量的提高。

生物教学中的国情教育

生物科学是研究生命现象及其本质的科学，生命运动的本身及生物科学的发展都充满了唯物主义和辩证法。我在生物教学实践中，将资源、人口、环境这三方面的知识有机联系，以加强国情教育、培养爱国主义思想为主线，激发学生对祖国大好河山、丰富资源的自豪感，更培养他们关心祖国命运、前途的责任感和建设四化、振兴中华的使命感，收到了较为理想的效果。

一、生物学科中进行国情教育的主要内容

1. 生物资源教育 初中动植物课本中，有很多知识涉及到我国生物资源的内容。在教学中，结合有关内容，收集报刊杂志上的资料，用翔实材料，确切的数字进行讲解。如学到脊椎动物时，说明我国陆栖脊椎动物有 2000 多种，占世界种数 10% 以上，其中鸟类有 1660 种，占世界 13.5%，并拥有丹顶鹤、褐马鸡、金丝猴、大熊猫等世界珍稀品种。学到植物时，说明我国是世界上植物资源最丰富的国家之一，居世界第三，森林资源丰富，共有木本 7000 多种，其中乔木 2800 多种，还有银杉、水杉、银杏、珙桐、金钱松、台湾杉、鹅掌楸等 30 多种特有珍贵的树种，具有“活化石”之称，是世界著名的“子遗植物”。我国地大物博，丰富的动植物资源为我们的发展提供了较好的条件，这是我们的优势。从中可以培养学生热爱社会主义祖国的情感，树立民族的自尊心和自信心。

与此同时，必须如实向学生指出我们所面临的资源困境，以此唤起他们忧患意识。如我国可耕地面积仅占世界 7%，而且自 1985 年以来，正以每年几百万亩的速度减少。我国森林面积仅占世界 4%，人均水平排在世界第 120 位，森林复盖率仅有 12%。生物资源不断遭到破坏，许多动植物种类已经灭绝或濒于灭绝，如朱鹮，在全世界仅存日本 4 只和我国 10 只。通过教学，学生既看到了我国地大物博、资源丰富的优势，又认清目前资源方面出现的困境和危机，增强了他们的自豪感和责任感。

2. 人口知识教育 人口众多是我国的一个突出国情，人口教育是国情教育的一个重要方面，对于初高中学生都应加强人口教育。鉴于目前人口教育未列入生物教学大

纲，我经常通过举办专题讲座的形式，对学生进行教育。讲座一般分三个专题：

①介绍马克思主义人口理论的基本观点。②介绍世界人口概况和我国人口现状，以及人口与经济、社会、环境、资源等的关系。③介绍我国控制人口增长的目标和具体要求。

通过教学，学生不仅掌握了一些基本观点，懂得了人口再生产的道理，而且认识了人口与生产、生活和社会进步、发展的密切关系，深切感受到我国人口太多的问题不解决，就很难做到国富民强，实现四化也是一句空话。

在人口教育中可以有机结合资源问题。如我国幅员辽阔但人口太多，耕地、林地、草地的人均占有量都低于世界平均水平。物产资源虽然丰富，但人均占有量却排在世界第80位。我国用占世界7%的耕地，养活着占世界22%的人口，这既是我们难能可贵的成绩，也是我们民族的沉重负担。人口与资源比例失调，必然制约社会经济发展和人民生活水平提高。

这些事实使学生认识到人类赖以生存的地球空间是有限的，自然资源和环境的承载力也是有限的，人类必须控制自己，做到有计划地发展。对于占世界人口五分之一的中国来说，就必须把实行计划生育作为一项基本国策。

我国人口数量多、基数大、年龄构成比较轻，青少年占的比重大。对于中学生进行人口教育可以使他们更深刻地了解我国国情，明白实行“控制人口数量、提高人口素质”这一人口政策的道理，通过他们积极向社会宣传，而且作为未来人口的繁衍者，将来就能身体力行，这对于促进社会主义物质文明和精神文明建设，对于促进中华民族的健康与繁荣，都具有十分重要意义。

3. 环境保护教育 资源、人口和环境是当代困扰人类的重大问题，又是构成生态环境的三要素，彼此之间互相依存，制约，有着密切的关系。我在高中生物教学中，结合生物和环境关系内容，向学生阐明生物必须依赖环境而生存，更强调生物的生命活动对环境的影响，强调人必须对生命自然界持尊重的态度，并牢牢树立起人在生态系统中处于中心地位的观念，从而使学生认识到维持生态平衡，保护环境的重要性和紧迫性。在教学过程中，我重视用大量具体事例说明人类破坏生态平衡所造成的恶果。影响生态平衡的人为因素有两类，一是人类对自然的不合理利用，二是工农业发展带来的环境污染。

我国的黄土高原曾是植被繁茂的森林草原地带，是古代文化发源地之一。由于封建皇朝几百年来掠夺式的开发，植被破坏，水土流失，成为一片荒山秃岭。而且大量泥沙被河水带到华北平原，造成了黄河中下游河床高出地面，形成世界罕见的“悬河”，严重威胁黄河中下游两岸人民的安全。我国海南、广西和云南西双版纳的热带雨林被滥砍滥伐，森林资源急剧减少，大量珍贵稀有植物陷入濒危状态。生态平衡的破坏导致灾害频繁。80年代非洲连续十多年干旱，发生罕见大灾荒，受灾国家达36个，受灾人口几千万，有数百万人饿死。这与其说是天灾不如说是人祸，是滥伐、滥垦、滥牧，严重破坏生态环境的结果。今夏我国有18个省、市、自治区发生洪涝灾害，截止8月1日统计，受灾人口2.2亿，经济损失685亿元。就拿太湖流域来说，特大洪涝灾害固然是气候异常造成的，但也不能排除人为的因素。六、七十年代的盲目围湖造田使太湖面积及

蓄水能力都减缩 6%，由于三分之二的出口遭人为封堵，出湖流量仅为 1954 年的三分之一。同时一些工业城市过量的抽取地下水，使地面下沉也加重了险情。因而尽管今夏降水量未超过建国以来最多的 1954 年，但灾情却大大超过。这些事实使学生认识到，人类合理利用自然是何等重要。

目前大量使用矿物燃料使大气中 CO_2 增加，加剧了温室效应。据估计，地球上的煤、石油、天然气等象今天这样消耗下去，下个世纪中叶，大气中 CO_2 含量将增加一倍，使地球气温升高 $1.5\text{—}4.5^\circ\text{C}$ ，其结果是干旱面积扩大，沿海地区更易受洪涝袭击，自然灾害将空前频繁。这仅是一例。学生在学习过程中逐渐确立“环境就是资源”，“环境就是财富”的观念，懂得了人类只有一个地球，为人类自身的生存和发展必须自觉保护自然环境，从而提高了环境意识和保护环境的责任感。

二、国情教育的主要途径

1. 课堂教学 结合生物课本知识，适当补充有关资料，在课堂教学（包括实物实验课）中将资源、人口、环境教育互相联系，有机结合，渗透国情教育。通过翔实的材料，确切的数据，科学理论的讲解，恰到好处的画龙点睛，使学生在接受科学知识的同时了解国情，受爱国主义熏陶，起到“随风潜入夜，润物细无声”的作用，学生在不知不觉中“入耳入脑”，容易接受。

2. 举办讲座 定期举办各种专题讲座，如人口教育，环境污染及其保护，爱护和节约自然资源等等。这种讲座因为知识性强，信息量大，对于渴望获得最新知识刺激的青少年学生来说，吸引力极大。因此参加人数多，接受教育面比较广。如果在讲座中采用录象等电教手段，效果更佳。而且学校安排比较灵活主动，不受教学大纲限制，还可以配合各项中心活动进行。这种讲座可以是全校性的，也可以分年级进行，或者不规定对象自愿参加，一般来说都收到较理想效果，是深受学生欢迎的。

3. 课外活动 学生的课余生活是丰富多采的，生物课外活动的形式也是多种多样的，如生物兴趣小组、学科知识竞赛、组织社会调查等等，关键是把各种活动有意识地与国情教育挂起钩，有意识地作好安排。这种活动，融知识性、趣味性、教育性于一炉，使学生在兴趣盎然中受到潜移默化的爱国主义教育。例组织学生调查堡镇地区水质情况，了解水质污染的原因，保护水质的措施等等。许多学生不仅以身作则，而且积极宣传和认真监督，改善了学校、家庭和自然的自然环境。

课外活动还可以从实际出发，指导学生在校园、教室、家庭中建立生物角或生物园地，从中得到有益的锻炼和教育。

三、国情教育的体会

1. 贯穿辩证法教育 如在资源教育中，既介绍我国丰富的动植物资源，又指出目前面临的资源困境，更告诉学生党和政府为保护资源采取的措施和已经取得的成绩。以植树造林为例，40 年来，我国造林近 5 亿亩，人工森林面积居世界之首，被誉为

“世界生态工程之最”的“三北”防护工程和正在抓紧建设的五大防护工程对于增加植物资源、改变生态环境都具有重大意义。又如在人口教育中，既使学生认清我国人口太多导致人口与经济、资源、环境的突出矛盾，又让他们了解实行计划生育以来我国少生二亿人，这是举世瞩目的成绩，而今后的工作仍是任重而道远。

用辩证方法既讲优势，又讲危机，更讲成就和青年一代的责任，从而增强学生对党和社会主义祖国的感情，唤起他们关心祖国命运和前途的责任感、紧迫感，进而进一步确立刻苦学习、振兴中华的使命感。

2. 贯穿乡情和热爱家乡教育 在教育中注意将爱国主义教育同热爱家乡教育相结合，将国情和乡情相联系，从而让学生从最熟悉的环境中，获得关于祖国的具体体验，从热爱家乡出发奠定献身祖国的思想基础。如让学生了解崇明岛的生物资源及其保护、开发和利用，了解本地区的环境污染情况及环境保护、环境监测的措施；引导学生关心家乡人民的健康防病和计划生育工作。结合崇明东滩团结沙及东旺沙的围垦工程，向学生介绍它们的开发规划，那里将建成上海最大的无公害农副产品基地、将建立鸟类保护区……等等。从中使学生领会到爱国主义绝不是抽象的东西，而是我们民族千百年积淀下来的对国土家园的深厚感情。其中就包括着对家乡的热爱，振兴农业、振兴崇明是青年一代的职表，因为崇明农、林、牧、副、渔各业的发展，关系到浦东的开发，关系到国家的四化建设。

3. 贯穿日常行为规范教育 把爱国主义教育贯穿于日常行为规范中，引导学生大处着眼，小事做起。如在生物实验中，时时提醒学生，实验对象是活生生的生物，处死动物是为获得科学知识不得已而为之。为观察而捕捉动物，不要破坏其栖息环境，观察完毕应放回原地。采集植物标本不搞掠夺式，要爱护一草一木，使保护生态意识扎根于学生心田。又如教育学生爱惜自然资源，自觉养成节约一滴水、一度电、一粒米的勤俭节约习惯。再如要求学生提高环境意识，认真监督和自觉保护环境，在一定程度上改善了学校、家庭及社会的环境。

(谭慧贤)

总结经验 转变思想 勇于改革 提高质量

——对做好生物教材工作的几点意见

遵照毛主席的教导：“没有调查就没有发言权”、“群众是真正的英雄”、“实践出真知”。我从今年春季开学开始，就在北京市崇文区第96中学系统听生物教材试教课，还先后到天津、廊坊、武汉等地调查研究，包括听生物课、与实验学校领导座谈、与生物教师座谈、参观学校的生物实验室和植物园。通过一个学期的调查研究工作，我向第一线的教师和教研人员学到许多宝贵的东西，收获很大，使我再一次深刻体会到毛主席的英明教导是颠扑不破的真理。

根据义务教育教学计划和生物学教学大纲的精神，义务教育生物教材的改革特点，以及一年来生物教材试验工作的成绩、经验、困难和问题，对今后的生物教材试验工作谈几点意见。

一、施行义务教育法要努力转变思想

实施义务教育，是现代化大生产和社会生活发展的需要，是一个社会现代文明的标志，是全面提高民族素质，进行社会主义现代化建设的根本大计。

大量事实说明，施行义务教育法，是人们观念的一次深刻转变。作为生物学科义务教育教材试验工作来讲，也存在转变思想问题，这是做好试验工作的关键和前提。首先，要认识清楚生物教材试验工作是义务教育的学制、教学计划、教学大纲和教材的整体改革中的重要组成部分，是为普通教育整体改革服务的。第二，对于目前存在的对生物课还不够重视等问题，在思想上不要受干扰和影响，要坚定自己的决心和信心，为忠诚党的教育事业，努力做出优异成绩。第三，进行义务教育生物教材的试验工作，在思想认识、教法改革、知识更新、实验教学等方面，对生物教师的要求都比过去更高了，工作量也加大了，这就带来了不少困难。面对这种现实情况，要求生物教师做到勇挑重担，不怕困难，具有为革命而奉献一切的精神！第四，为了培养具有开拓、创新精神的社会主义建设的一代新人，要牢固树立改革的思想，即改革教育思想、教育内容和教学方

法，只有改革，才能创新，才能前进！要把改革的思想落实到每章、每节、每一次的教学活动中。

二、结合生物学科特点加强政治思想教育

义务教育生物学教学大纲对于思想教育的教学目的明确规定为：“通过生物学的教学，使学生受到辩证唯物主义和爱国主义教育。初步建立生物学的基本观点；培养实事求是的科学态度，不断探求新知识的精神；热爱大自然，认识保护自然资源的重要性；以及正确的审美观和高尚的情操。”

江泽民总书记在今年3月9日的信中指出，要从小学生（甚至幼儿园）、中学生直至大学生，由浅入深，坚持不断地给以中国近、现代史及国情的教育。目的是要提高中国人的民族自尊心、民族自信心。国家教委副主任何东昌同志3月下旬对加强德育教育问题也作了重要指示：基础教育还存在着办学条件急需改善和提高教育质量等问题，我们现在首先要解决的是德育问题，要以德育为首。90年代讲提高素质，首先是政治素质。今后十年要切实加强学校的德育工作。

结合生物学科特点，如何加强政治思想教育？

首先，生物教师要牢固树立“教书育人”的思想。面对当前国际经济发展的挑战和国际反动势力“和平演变”图谋的挑战，基础教育要为坚持和发展社会主义制度培养可靠的接班人打好基础，生物教师也负有不可推卸的责任。要把政治思想教育寓于知识教育之中，通过有关生物学知识的学习，培养学生坚定的政治方向，热爱社会主义祖国和热爱中国共产党的思想感情；辩证唯物主义思想，科学的态度和方法；以及高尚的道德品质和情操。

结合生物学知识的教学，主要对学生进行以下辩证唯物主义观点的教育：1. 生命的物质性观点。生物科学是研究生命活动规律的科学，通过研究原子、分子、细胞、组织、器官、系统、个体、种群、群落、生态系统等不同层次的物质及其运动，从中探究生命的本质及其规律性。2. 辩证的观点。主要包括生物体与其生活环境相互依存、相互制约的观点，结构和功能的辩证统一及局部和整体的辩证统一的观点，生命的存在和发展是内在矛盾运动的观点。

关于生物进化观点的教育，主要是指以下几点：1. 要坚持内因是根据、外因是条件的辩证观点，防止“外因论”。2. 进行“无神论”教育，破除迷信思想。3. 进行科学观点教育，防止“目的论”。4. 对于复杂的进化问题防止简单化、公式化的解释。

关于生态学观点的教育，着重在三方面。一是教育青少年用保持生态平衡的观点来认识保护环境的重要性。二是要求青少年全面、辩证地认识生物体与环境的关系，强调人类的活动要有利于开发资源、保护环境和防除公害，防止对环境的污染和破坏。三是教育青少年热爱美丽的大自然，热爱祖国丰富的动植物资源。要使学生认识到世界上生存着的每种生物都来之不易，尤其对濒临灭绝的生物要保护好。要让学生热爱森林、草原、海洋以至整个大自然，再进一步升华到热爱人生、热爱世界。

三、以启发式教学思想为指导，不断改进教学方法

义务教育生物教材的重要编写原则之一，就是以启发式教学思想为指导，使教材有利于进行启发式教学。因此，要求教师以启发式教学思想进行教学，不断探索和改进教学方法，应该说，如果仍用注入式指导思想来进行教学，肯定是不能完成好教学任务的。

教无定法，教要有法。教师应该根据教材内容，学生的知识基础、生理和心理特点，教学设备条件，直观教学手段和季节性等综合情况，来确定具体的、最佳的教学方法和教学方案。为了推动教学方法的改革和创新，现将一年来生物教材试验工作中，广大生物教师讲授新教材行之有效的几种主要的教学方法介绍如下。

（一）边讲边观察法

义务教育生物教材，按照学生从感性到理性、从现象到本质的认识规律，几乎在每节教材的一开始都设有「看一看，想一想」的栏目。因此，要求教师课前要准备好学生应观察的材料，课堂上指导学生认真、仔细地观察，并启发学生积极思考问题。对这部分教学内容，一般可以采用边讲边观察法。关键的问题是，要尽可能让学生观察活的实物，如不可能则应观察标本，教学模型和挂图则次之。对于学生进行观察后提出的分歧意见，教师一定要认真加以解决，而不能模棱两可。因此，教师在上课之前，一定要做好生物专业知识的准备，并且对要求学生观察的实物或标本，自己先仔细地观察，弄清每部分的结构和功能，以便解决课堂教学中学生提出的各种问题。

（二）谈话法

教师和学生通过谈话的方式进行教学，可以启发学生回忆已有的感性知识和理性知识；密切联系学生的生活实际和当地自然资源；引导学生分析、综合、判断，最后师生共同得出结论。因此，这种教学方法可以充分体现教师为主导、学生为主体的作用。关键的问题是教师要紧紧围绕教材的重点和难点设问，所提的一系列问题能引导学生深入思考和得出正确的结论。

（三）讲解法

这种教学方法曾经被误认为就是注入式教学，美国在 80 年代给讲解法恢复了名誉。实际上，讲解法是不可忽视的基本的教学方法，几乎每节课都要采用。尤其是教学重点和难点，理论性较强的内容，必须采用讲解法，如讲解生物学的名词、概念和原理等。一定要划清讲解法和注入式的界限。采用讲解法时，要贯彻启发式的教学思想。

（四）演示实验的方法

义务教育生物教材为了帮助学生理解知识和加强能力的培养，安排了许多课堂演示实验和小实验。做好演示实验要注意三点：一是教师事先要准备好必备的实验材料、用

具、装置等；二是对演示实验的效果，要保证绝对成功，防止得出不正确的结果；三是所做的演示实验要让全班学生看清楚，因此要放得高点。

（五）学生实验的方法

1. 克服季节性不符的困难，事先设法准备好实验材料。

由于义务教育教学计划和生物学教学大纲规定，初中一年级上学期讲授植物和细菌、真菌、病毒部分的内容，下学期讲授动物部分的内容。因此，生物教学中存在季节性不符的问题，给教师准备生物实验材料的工作带来了不少困难。如何克服这个困难？广大教师的经验是：（1）制定学年和学期的实验材料采集历，以保证有计划地、适时地提前采集好实验材料，或培养出要用的动植物。（2）组织学生就地采集动植物实验材料，这对广大农村学校来说是普遍可以做到的。（3）号召学生自带某些实验材料，如蚯蚓、鲫鱼、青蛙等。（4）为解决生物实验经费少的困难，可以由学生自愿赞助一点（几角至1元）实验材料费，从而保证学生可以做蚯蚓、蝗虫、鲫鱼、青蛙等实验。（5）由学校植物园地提供实验材料。（6）教师指导由学生组成的动物饲养小组饲养家兔或小白鼠，以解决演示实验和学生实验所需。

2. 实验课的安排，要因校制宜。

（1）有条件的学校，可以按照正常的教学进度，采用边观察、边实验、边讲解的方法。如果学校的实验材料多，实验设备条件好，学生的知识基础、实验能力和课堂纪律较好，就可以采用这种教学方法。这种教学方法的好处是学生对知识容易理解，有利于培养学生的观察、实验、思维能力。关键问题是教师要事先做好充分准备，上课时要认真搞好组织教学。

（2）应该根据实验内容、目的要求、设备条件、学生的知识基础和实验能力的不同情况，确定实验课先上或后上，即进行探究式实验或验证式实验。一般来说，需要基础知识较多、观察和操作要求较高、实验内容比较多而复杂的实验，大多进行验证式实验。例如，观察根尖的结构、叶的结构、家兔的解剖。对于需要基础知识不多、实验材料易找、实验操作比较容易的实验，可以进行探究式实验。

（3）由于存在季节性不符的问题，有些实验不能及时安排，在这种情况下，可以先讲授生物学基础知识，在气候合适、实验材料采集或培养好以后，集中在一二天内组织平行班级补做教学大纲所规定的学生实验。集中补做实验的好处有二：一是充分使用和节约实验材料；二是可以较好地解决生物实验室安排不开的困难。

（4）为了帮助学生理解和掌握实验的方法、步骤和实验过程中要注意的问题，最好在实验课上先放映关于这个实验的录像片，以便形象、具体地说明实验操作或解剖动物的具体方法。如果没有条件先放映录像片，则可以用分层剪贴图来说明，也可以收到良好的效果。

（5）为取得良好的实验课效果，必须把学生分成实验小组，有机地组织起来，并且加强教师对实验小组的辅导。一般来说，实验室较大，显微镜台数较多、解剖器套数较多的情况下，可以二三名学生为一组，在这种条件下，可以由教师分阶段逐步引导各实验小组，同步进行观察、操作、解剖、填写实验作业等内容。这种同步实验法非常适合

初中一二年级的学生，可以使实验小组内的每个学生各司其责，大家互相配合，整节实验课进行得有条不紊、秩序井然。相反，实验条件较差的学校，只能五六名学生为一组，这种情况下则不宜采取同步实验法，而是在上实验课时由教师先讲清实验的目的要求、材料用具、方法步骤、注意事项等，然后各实验小组按要求完成实验课的任务，而教师要加强对实验小组的检查、辅导和评分。

（六）关于直观教学手段

初中一二年级的学生，他们的思维特点是正处于由形象思维向抽象思维过渡的阶段，而形象思维还起着重要作用。因此，无论是编写生物教材，还是进行生物教学，都必须积极地、合理地选择和运用直观教学手段。

结合生物学科的特点，要十分重视以下几种直观教学手段。首先，要充分利用义务教育生物教科书中的彩图和黑白插图，帮助学生更好地理解、掌握教材内容。第二，课堂教学时要自制一些教学挂图，可参照教科书中的插图弧绘制，动员班上少数绘图基础好的学生协助完成。第三，几乎每一节生物课都需要放映录像片配合教学。特别是讲授有关动植物的生态环境、生活习性、动物的行为、生理过程、生殖发育过程等；以及有关演示实验和学生实验的内容，放映录像片更是不可缺少。在生物教材试教过程中，还没有来得及制作出与教材内容配套的录像片，目前可以根据教学需要，选用已有的录像片，也可以对已有的录像片进行选择 and 重新编辑，都能收到很好的效果。第四，放映教学电影，也是重要的直观手段。如配合《动物的行为》专章的教学，放映了《动物的信息传递》和《动物的拟态》两部片子，效果很好。最后，教师的教学语言，要求形象、生动、绘声绘色，使学生有身临其境之感，以利对教学重点、难点的理解和掌握。应该说，语言直观是最基本的直观手段，应该高度重视。

完成生物教学的教学方法有多种，具体到一节课内，往往是以一种教学方法为主，同时辅以其他的教学方法，例如观察法和谈话法可以结合运用。总之，教师要根据本地、本校的具体情况，制定出最佳教学方案，认真贯彻启发式教学指导思想，不断改进教学方法。

四、必须认真开展生物教学研究工作的

根据各地一年来在生物教材试验工作中开展教研活动创造的经验，针对初中生物教科书第二册教材的特点，对进一步开展好第二年的生物教学研究工作的，提出以下几点建议：

（一）解决好师资问题是使试验工作取得成功的关键

初中生物教科书第二册教材，无论在生物专业知识方面，还是在实验教学方面，以及进一步探索、改进教学方法方面，都对生物教师提出了新的更高的要求。因此，生物教学研究工作的首要任务就是必须认真解决好师资问题。主要应该做好四项工作：

1. 重视并抓好生物教师转变思想的工作，使他们更自觉、主动地为义务教育教材

试验工作做出奉献！

2. 抓紧教师的生物学专业知识的培训。因为《生物》二册教材中的第五部分《生物的遗传、进化和生态》，是建国以来第一次在初中二年级正式讲授，所以，在教材编写和进行教学这两方面，都缺乏现成的经验，而需要大胆探索和创新。应该强调的是，广大农村初中的生物师资，在数量上和教学水平上与实际需要都存在不小的差距。因此，组织初中生物教师进行生物的遗传、进化和生态知识的培训势在必行，迫在眉睫，这项工作一定要抓紧、抓实。

3. 认真进行第五部分教材的教法研究。如何将生物的遗传、进化和生态的知识深入浅出地教给初二的学生，如何同时体现好量力性和科学性的教学原则？这是个不太容易解决的问题。例如，关于遗传的物质基础，对于染色体、DNA和基因，在具体教学方法上和教学手段上，究竟怎样处理为好？需要进行多次的反复的研究。对于这部分教材的教学，要防止出现两种情况：一种是照本宣科，基本上是念课本，谈不上什么讲解；另一种是总想把知识“交待清楚”，却忽略了初二学生的知识基础和接受能力，从而形成拔高现象。重要的问题是，要积极探索出切合实际情况的教法。

4. 组织生物实验员的培训。因为《生物》二册教材中的第四部分《人体生理卫生》，安排的学生实验和演示实验都较多，需要事先制订好实验工作计划，提前解决实验材料的采集、购买和处理，实验仪器设备的增添和装置，所以有必要组织生物实验员培训班。这是使实验课得到正常开设和取得良好实验效果的保证。

当前要注意防止一种倾向，即经过生物专业知识培训的教师，或者经过专门培训的生物实验员，回到学校后竟然去做其他工作，以至培训工作前功尽弃。这个问题要认真解决。

（二）进一步加强和做好生物教学研究工作的

首先，要加强教学研究工作的计划性，要做到既有一个学期的计划，又有每个月的计划，计划要落实到每个教课的老师身上。关键的问题是要切合教师完成教学任务的实际需要。一般来说，可以组织教师集体备课、观摩教学、专题研讨等，大致隔周活动一次。这样，可以帮助教师胜任教学工作，提高教学质量。

其次，对《生物的遗传、进化和生态》这部分教材，可以就某些章节教材的试验与评价问题，进行教育科学专题研究。通过专题研究，可以从教学实践上检验教材，总结出行之有效的教学方法，进一步推动生物教材试验工作。

（叶佩珉）

生物教学中进行思想教育需处理好的几个关系

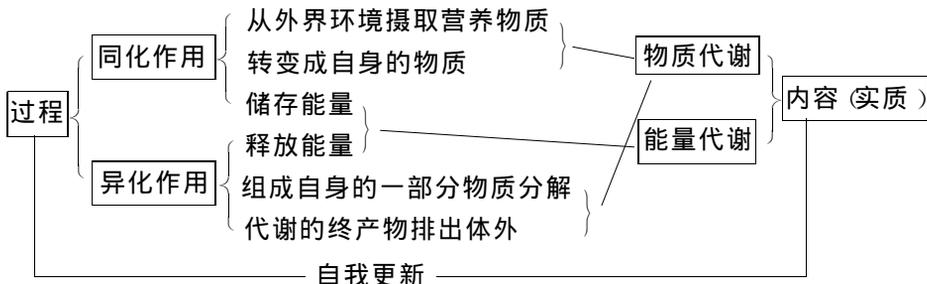
一、教育与教学的关系——寓教育于教学之中

教育和教学应是水乳交融的关系，有人把思想教育比做糖，教学比做水，糖应溶于水，给学生一杯糖水喝，这种比喻是恰如其分的。教学永远有教育性，教学过程的始终都具有教育性，脱离教育性的教学是不存在的，脱离生物学知识、技能、能力教学的教育则是空洞的，枯燥的说教，不但起不到教育作用，而且会使学生产生逆反心理，适得其反。因此，要处理好教育与教学的关系，就要注意寓教育于教学之中。

例如，“新陈代谢”是生物学知识中极为重要的内容，又是进行辩证唯物主义基本观点教育的极好内容。教学中，不能把“新陈代谢”讲成政治课，也不能没有辩证唯物主义基本观点的指导和渗透，要引导学生分析如下问题：

(1) 新陈代谢的两个相反过程同化作用和异化作用是怎样进行的？(2) 同化作用与异化作用的区别（矛盾性）表现在哪些方面？(3) 同化作用与异化作用的相互联系（统一性）表现在哪些方面？(4) 同化作用与异化作用的区别、联系有什么重要意义？

通过上述问题的分析，一方面对新陈代谢的知识形成以下的图表；另一方面要学生明确同化作用与异



化作用的对立统一是生命物质变化发展（运动）的根本原因，从而使生命能自我更新，成为生命的最基本的特征和其它各种基本特征的生理功能基础。

从上例可以看出，学生在学习和掌握新陈代谢知识的基础上，接受了辩证唯物主义

基本观点的教育。其他很多内容如光合作用与呼吸作用的关系、遗传与变异的关系以及生物变化发展的内因与外因、量变与质变等等关系，都可水乳交融地通过教学而进行思想政治教育。

二、科学性与思想性的关系——教书育人

处理好这个关系实际是在教学过程中贯彻科学性与思想性统一这一重要的教学原则，与前一个关系的内容相近，但又不完全一样。教学过程的科学性包括：

(1) 教学内容的科学性。教学中传授给学生的知识、技能应是符合客观规律的，能正确反映生物科学体系的系统性、连贯性、整体性、和生物科学的基本原理、观点、方法。

(2) 教学方法和教学组织的科学性。教学中的方法和组织应符合教学原则，符合学生的年龄、心理特点，符合学生的认识规律、认识水平和知识基础。

教学过程的科学性越强，思想性越强。教学过程的思想性除了包括前一个关系中提到的寓教育于教学之中，还包括整个教学过程要有正确的指导思想，即教师在教学中要以“三个面向”为指针，既要向学生传授系统的现代化的科学知识和技能，注意培养学生的学习能力，又要对学生进行思想政治教育，为培养德智体美劳全面发展的“四有”人才打基础。这要求教师做到既教书又育人。

例如，绪论课是极为重要的起始课，每当讲到学习生物的目的意义时，常有学生反映你是“老王卖瓜”，对此项内容不以为然。“为什么要学习生物学”的问题，既是知识教育，又是学习目的教育的内容，因此是重要的，而学生中有的人认为自己将来不准备从事生物专业的学习和研究，所以学不学两可，学得好坏无所谓。面对这种想法，生物教学中教师如果仅仅讲学习生物课将来有什么具体的用处。就远远不够了，是解决不了学生想法的。在近几年的绪论课上，为了对学生进行学习目的的思想教育，首先把课时延长至2—3节（一般绪论课要求上一节课，多用的课时在以后的教学中挤出来）；其次对“为什么要学习生物学”的问题，增加两项内容：(1) “T型”人才的要求。“四化”建设不但需要人才有专门的知识、技能和能力，即“|”型人才，而且需要专门人才有广博的、其他方面的知识、技能为基础，即“—”型的人才，二者的结合就是“T型”人才。(2) “知识背景”是要求。一个人无论将来干什么，如果有较为广博、深厚的知识为背景，对于他所从事的工作是极有益处的，容易在工作中有所发现和创造。根据这两点，学生很清楚地看到，学习生物学知识正是在为将来的工作和学习打下基础、扩展背景，因而使学生在学习目的上提高了认识，增强了学习的积极性。

三、思想性与趣味性的关系——寓庄于谐

生物教学中对学生进行思想政治教育，应使教学充满趣味性，使学生对生物课的学习产生浓厚的兴趣而爱学，可以说激发学生在学习生物课的兴趣，是进行思想政治教育的重要心理学基础。兴趣是指学生对学习内容的一种特殊的认识倾向，就是说在认识过程

中,对学习内容带有相对稳定的、能维持较长时间的趋向。如果学生对生物学的学习带有了这种趋向,就会使他们在学习知识的同时受到思想教育。试想,教师干巴巴地讲课,学生根本不爱学生物课,教育效果也是很差的。因此,教师在教学中要力求做到寓教于谐,越是思想性强的教学内容,越应有趣味性。

例如,初中《动物学》讲到文昌鱼,这是进行爱国主义教育的极好内容,如果仅仅告诉学生文昌鱼在世界各地分布极少,而在我国的分布之广,产量之高是世界第一的,就降低了这一内容的教育意义。为了使这一内容的教育意义更大一些,必须使教学具有趣味性。在教学中当给学生讲了一个福建厦门刘五店鳄鱼岛一带流传的美丽的传说后,学生知道了文昌鱼名称的来源。这一段有趣的小故事紧紧地吸引着学生,使他们对我国的文昌鱼的捕捞历史悠久,产量高,分布广有了更深刻的认识,爱国主义教育自然而然地在教学的趣味性中进行了。

四、师生感情与思想政治教育的关系——情理交融

教师与学生之间既是教与学的师生关系又应该是民主的、平等的同志式关系。学生可以从教师那儿得到知识、技能,得到理解、爱护;教师从学生那儿得到的是尊重、信任。学生可以向教师敞开心扉,教师则应以朋友、兄长的姿态出现,帮助、引导学生不断地前进,成长。青少年学生正处于生理和心理的特殊发育时期,他们的“成人感”随着年龄的增长而逐渐强烈,因而对家长、教师的管束和要求,自然地产生一种反感和戒备心理,成为进行思想政治教育的心理障碍。因此,教师在教学中要设法消除学生对教师的戒备,求得师生感情的和谐,心理的相容,让学生不惧怕、不躲避、不厌烦教师,愿意接近教师。向教师掏心理话,这就为进行思想政治教育创造了良好的条件。

在教学中,课堂气氛的好坏可以说是师生感情好坏的一种反映。那种紧张的师生关系所造成的紧张的课堂气氛,那种枯燥无味、照本宣科的教学和喋喋不休,干巴巴的说教所造成的沉闷的课堂气氛、对思想政治教育也是极为不利的。良好的师生关系和活跃、融洽的课堂气氛,解除了学生对教师的戒备心理而产生一种“安全感”和愿意上这门课的欲望。此时教师的教学和教育任务就可较为顺利地进行了。

例如,八六届初三毕业的两班学生,是从初一一直教到初三的,师生关系比较好,课堂气氛也比较活跃,所以学生对教师没有什么顾忌,什么问题都敢和教师说,有一个女生曾给我写过这样一封信:

肖老师:

……

在刚才上的那节课上,您说青春期是人生最重要的一个时期,在身体上和思想上都发生了很大的变化,因此我非常害怕。因在平时,从各种各样的书上、杂志中无意中看到了一些男女性的知识,我既感到神秘,又感到惶恐因为我怕这是学坏的标志。在同学们、家长们谈话间,我又知道了“性早熟”这个词。您说这算不算性早熟,如果是,那么有什么坏处。如果有坏处,怎样才能从脑子中、思想上清除这些东西。

(以下她又提出了一些性别变异的问题,此处从略)

问了这么多，您该烦了，不过我还请您替我保密，我不愿让人知道，因为这些话出自我口实在不合适，请您千万替我保密。

×××

86、4、16.

一个女学生能够把自己不愿让别人知道的想法和问题，向一个男老师说出来，说明了学生对教师的尊重和信赖。这也正是教师对学生进行思想政治教育的好机会，是送上门来的教育工作。我找这个学生谈了一次。从生理的角度解答了她的问题，从心理角度分析了产生这些问题的原因，并告诉她应如何正确对待有关性的知识。鼓励她发挥“自控力”，把时间和精力更好地用于提高思想觉悟和搞好学习上。经过这次谈话，基本上解决了她的问题，消除了顾虑。同时我也从中进一步了解了学生的思想状况，使教学中的教育更有有的放矢了。

五、表扬与批评的关系——以表扬为主

教学中对学生进行思想政治教育。尤其是进行品德教育，要善于发现和扶植学生的积极因素。我们的教育对象学生，都是既有积极因素，也有消极因素，他们是二者的统一体。而学生思想提高的过程，就是他们积极因素战胜消极因素，达到一个新的水平的过程。

教学中首先要善于发现学生的积极因素，特别是对后进生或犯错误，有缺点的学生。例如，一次实验课，内容是制作洋葱表皮细胞的临时装片，有两个同学把载玻片打破了，因为怕批评没敢跟老师说明情况。在实验结束后整理、检查仪器和用具时，发现了此事，当老师问这是谁弄坏的？两个学生都站起来说是自己弄坏的。此时，教师完全有理由批评他们一顿，以教育他们和全班。如果教师能从中发现他们的积极因素，就可以采取另一种处理办法。先肯定他们能承认是自己弄坏的载玻片，表扬他们能承担责任，然后问明损坏时的情况，告诉他们今后无论上课下课发生什么样的问题，犯了什么样的错误，都要承认下来，从中吸取教训，是能够得到老师和同学们的谅解的。这种没有批评的批评，就是发现学生的积极因素，并借此来克服学生自身的不足，效果是好的。

教学中教师还要善于化消极因素为积极因素，使本来应受批评的事转化为表扬。例如，初中有些男生，课堂上好动，自觉性较差，管不住自己，如果总是批评他们效果一定不会好，不管他们也不行。后来结合动物实验课材料采集，发动这些纪律较差的同学采集蚯蚓、蟾蜍等，既调动这些后进同学的积极性，使他们的消极因素化为积极因素，又解决了部分生物实验的材料问题。当进行实验教学时，帮助采集标本的学生格外兴奋和有兴趣，纪律问题也没有了；当老师表扬他们，并说实验材料中有一部分是他们采集时，他们由衷地发出了微笑。后来的生物课他们也成了积极分子。可见，以表扬为主，不但能使学生产生学习好生物的兴趣和积极性，而且对培养学生优良的道德品质也有重要作用。

以表扬为主，并不是不要批评，对学生的缺点、错误和恶作剧等都不能姑息，该批

评就应严厉批评。但是批评应从爱护和尊重的角度出发，不能感情用事，不能伤害学生，而且要批评得有理，所谓有理，一是说老师要把问题搞准，了解清楚，即学生的问题是应该批评的，不能冤枉学生；二是说老师的批评要讲明道理，让学生心悦诚服。例如，一次上课发现好几个学生低头看书，过去看时，学生很快将书收起来，原来下一次课要考政治，学生在临阵磨枪。有的同学在看政治时，把生物书放在政治书的下边，老师一过来赶快把书换一下，以骗过教师。对于这种影响生物教学的问题，是应该批评的。着重讲了两方面的道理：(1) 同学们想把政治考好的想法是对的，但做法不对，一门课能否学好主要在于平时的努力，靠临阵磨枪，可能会侥幸得个好分数，但知识的掌握是不牢靠的。应该专时专用，不能顾此失彼。(2) 做错了事不要文过饰非。简单讲解文过饰非这个成语的含义及其危害。讲清了这两方面的道理，学生都很服气，以后的课基本上没有人再看其他的书了。另外，批评时也要注意表扬那些没有问题的学生，使错误与正确有个对比，这样一方面鼓励了先进，另一方面使不正确的学生有个学习的榜样和方向。

六、经常教育与机会教育的关系

思想政治教育是生物教学的重要任务之一，因此教学中要注意教育的经常性，同时也要随时结合我国生物科学技术发展出现的新成就、新成果和对世界科技贡献，进行爱国主义教育；结合教学过程中发生在周围的一些事情、问题，以及对这些事情和问题的处理，进行观点教育和道德品质教育。这就是机会教育。前者的关键在于平时能注意积累生物科技发展的素材，备课时结合教材内容，将素材用于教学之中。此点不多举例。后者的关键在于把握教育的时机，捕捉典型的、具有代表性的事例，适时地对学生进行教育。

例如，一次动物课上讲两栖动物的循环，我在黑板上画了个简图，把左、右两个字写颠倒了。此时有个学生在下边说：“错了！”我一看的的确是错了，马上改正过来。此时我认为是个进行教育的好机会，首先表扬了发现老师写错字的同学，说明他认真听讲，积极思考，敢于指出老师的问题，这是大家应该向他学习的；其次，虚心地接受学生指出的问题，并要求学生今后随时发现随时指出自己的问题。这次机会教育较为成功，教师的虚心态度换来的不是学生对老师的瞧不起，而是教师在学生中威信的提高，同时，也使学生在不知不觉中受到了品德教育。机会教育的实例还有许多，不一一列举。

七、课内教育与课外教育的关系

课外活动是进行思想政治教育的重要方面，在课外要经常与学生谈心，了解他们的想法和问题，以便有的放矢地在课外和课内进行教育。比如，课下了解到有的同学个子比较矮，成了思想负担，他们常问为什么个子矮，怎么使个子长高？吃什么能长高？等问题。针对这些问题，一方面要讲生理知识，更重要的是解除他们的思想包袱。不要为自己的身材不高而烦恼，而应更多地把精力用于身体的锻炼和思想、学习的提高上。在

课下还了解到一些同学对于人体和动物的一些现象有迷信思想，诸如做梦、眼皮跳、动物成精等。还有一些不科学的传说，诸如鳄鱼流泪、壁虎的尿有毒等。对于这些都应在课下或课上予以科学的解释，以进行辩证唯物主义基本观点的教育。

八、单科教育与整体教育的关系

思想政治教育是中学教学的重要任务，又是一项多部门参与，多侧面、多层次进行的综合、系统工程。作为单科教学应是这一工程的重要组成部分。生物教学也不例外。因此，那种认为单科教学在思想政治教育中无能为力的想法是不正确的、欲以单科教学完成整个思想政治教育任务的想法也是不现实的，不可能的。如何处理好单科教育与整体教育的关系，这主要是指在思想认识上要明确二者的关系。我认为，应以思想政治教育的任务为总的指导思想，在单科教学中，在力所能及的范围内，尽可能多地、尽可能好地进行思想政治教育。如果每一个部门、每一个单科教学的教师都能这样来思考问题，那么学生的思想政治教育工作一定会出现一个崭新的局面，也会收到明显的效果。

(肖尧望)

怎样在教学中进行科学态度教育

在《九年义务教育全日制初级中学生物教学大纲（试用）》的引言中明确指出：“通过生物课的学习，使学生获得生物学基础知识，形成基本的生物学观点，培养学习生物学的能力和兴趣，初步具有科学态度，掌握一些科学方法，为他们参加社会主义现代化建设，适应现代化生活和进一步学习文化科学知识，打下必要的基础。”在《大纲》关于“教学中应该注意的几个问题”中也提出：“生物学是一门实验科学，观察和实验是生物科学基本的研究方法。通过观察、实验、参观、讨论、实习等教学活动，可以培养学生的兴趣，启发他们学习的主动性，形成客观的、实事求是的科学态度。”《大纲》的这两点表述，实际是对教学中进行科学态度教育的内容和途径提出了明确的要求，也反映出进行科学态度教育是十分重要的。

要在生物教学中进行科学态度的教育，离不开具体的生物和生物学知识，离不开实验，观察等基本技能，也离不开教师对学生的指导及平时教育的积累。因此，教师首先就应该具有科学态度，应该明确科学态度教育的重要性，科学态度教育的性质和如何进行科学态度的教育。

一、科学态度及科学态度教育的重要性

1. 什么是科学态度？

科学态度应该是指一个人对各种事物（包括我们身边的各种生物和所要学习的生物学知识）的看法和对这些事物所采取的行动或行为，是符合事物发展的客观规律的，是实事求是的。

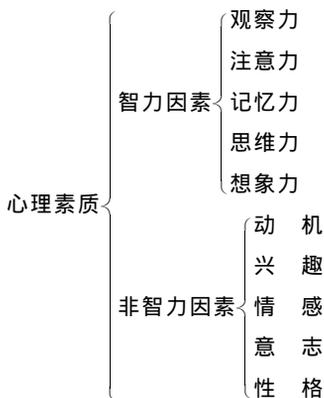
众所周知，科学是人们关于自然、社会和思维的知识体系，这一知识体系是人类在长期的生活、生产的实践过程中，逐渐认识、积累起来的，一切真知都来源于实践。因此，科学态度的核心问题是实事求是，科学态度教育的核心问题也是教育学生要具有实事求是的科学态度。

2. 科学态度教育是素质教育的重要内容。

一般认为人的素质包括身体素质、文化素质、道德素质、心理素质四个方面。科学态度的教育，对于提高人的文化、道德、心理素质都有重要作用，特别是对提高人的心理素质的作用更为突出。

人的心理素质组成因素如表 1 所示

表 1 心理素质组成因素表



从智力因素的角度看，科学态度教育就是要教会学生在观察、实验、实习等实践活动中和在获得感性认识的过程中，来学习、获取知识和获得理性认识，这无疑对提高学生的观察力、注意力和思维力等智力因素有重要作用。

从非智力因素的角度看，科学态度教育不但有激发学生学习兴趣的作用，而且对于培养学生良好的意志品质和性格特征，也具有重要的促进作用。

由于非智力因素对智力因素的发展起着动力、定向、引导、维持、调节、强化等作用，所以非智力因素的发展必然促进智力因素的发展。反之，智力因素发展顺利、不断提高，又会促进动机、兴趣、情感、意志、性格等非智力因素的加强。因此，科学态度教育可以促进这一良性循环的运行。

从上述分析可知，科学态度教育如果属于心理素质的内容的话，其性质既可包含于智力因素的范围之内，也可包含于非智力因素的范围之内。如果是前者，说明科学态度是培养观察力、注意力、思维力必不可少的内容。如果是后者，说明科学态度是激发动机、兴趣，培养情感、意志、性格必不可少的动力。有了实事求是的科学态度，必将提高人的各方面素质。

3. 生物教学中科学态度教育的主要内容至少应包括下述内容：

(1) 教育学生学会全面地看待自然界、生物界和生物学知识，克服认识上的片面性。

(2) 教育学生学会用变化发展的观点来看待生物的生命活动过程，避免孤立、静止地去看生命活动。

(3) 教育学生学会对生物和生物学知识能够具体问题具体分析，学会相对地看问

题,克服认识上的绝对化。

(4) 教育学生学会通过观察、实验、实习、参观、采集制作标本、收集整理资料等实践活动来发现和认识事物和学习生物学知识,避免单纯地接受知识、背记知识的倾向。

(5) 教育学生学会运用所学知识去解释生活、生产实践中提出的各种具体问题,避免理论与实际的脱节。

(6) 教育学生学会把获得的有关生物和生物学知识的感性认识上升为理性认识,避免认识仅停留在低级阶段。

(7) 教育学生学会在各种实践活动中,特别是在观察、实验、实习等实践活动中,积累、记录有关资料,有序地进行操作,善始善终地完成全过程,克服实践活动中行动或行为的随意性。

(8) 教育学生学会正确使用生物科学术语,运用科学的思维方法和学习方法来掌握生物科学的概念、规律、原理、观点等,避免学习行为的无序状态。

4. 科学态度教育的重要意义。

从上述科学态度教育的主要内容看,可知其意义是十分重要的。

首先,科学态度教育不仅使学生从尽可能多的实践活动中获取知识,而且能使他们对生物和生物学知识有正确的看法和行动,进而为他们将来走向社会后,对自然、社会、人的思维的发展,也有正确的看法和行动,为他们形成科学的世界观和方法论奠定良好的基础。

例如,学生在学习过程中,通过完成一系列有关光合作用的实验后,他们在教师的指导下获得了有关光合作用的原料、条件、产物、实质、意义等众多知识,并且能够运用这些知识去解释农业生产中的一些实际问题。这在他们幼小的心灵中,必然会形成“实践出真知”的初步印象,加上教师有意识地进行教育,会使学生对知识的来源有正确的认识,也会使他们更加看重实践活动,对他们将来形成实事求是的科学态度无疑起着重要的作用。

第二,科学态度教育不仅能使学生形成科学的思维方法和学习方法,而且对于他们形成较强的观察能力、实验操作能力、思维能力和自学能力有重要的推动作用。

例如,学生在实际观察生物或标本时,就要有明确的观察目的,会使用观察工具,了解观察的方法和步骤,会按一定顺序(如由上到下、由表及里、由宏观到微观、由形态到结构等等)进行观察,会写出观察记录和对观察到的现象进行分析并得出一定的结论。在教师的指导和教育下,学生能按上述要求进行实际观察,这实际上就是科学态度的教育和训练,其中也包含了对学生思维方法、学习方法的指导和各种能力培养的内容。

第三,科学态度教育不仅能使学生获得发现和探索知识的方法,而且对于他们形成认真、严谨、勤奋的良好意志品质和性格特征有重要的促进作用。

例如,学生在解剖了蝗虫的口器后,发现那一对呈深棕色十分坚硬的上颚,与咀嚼

食物具有适应关系。在教师的指导下，学生通过自己的探索而发现了他们自己过去不知道的知识，这一探索、发现知识的方法和过程，正是科学态度教育的重要方面。有时在学生探索、发现知识的过程中，一次、两次不能成功，则需要认真、耐心地多次重复直至成功。在教师的指导和帮助下，一旦学生的探索、发现获得成功，教师要加以赞扬、鼓励，这对于学生形成良好的意志品质和性格特征是十分重要的。

总之，科学态度教育无论是对学生的思想品德教育，还是对学生的科学文化知识和心理品质的培养，都有重要的意义。可以说，科学态度教育是培养跨世纪人才的重要内容，学生具有科学态度，才能适应 21 世纪社会发展的需要。

二、如何进行科学态度教育

1. 按《大纲》的要求，组织好观察、实验、参观、讨论、实习等教学活动。

(1) 对于学生亲身参与的、实践性强的教学活动，要有目的、有次序、有要求、有结果。

A. 观察：包括课内观察和课外观察，课内观察又包括观察实物、标本、模型、插图、图表等；课外观察主要包括观察实物。无论是观察什么，除前面提到的要求外，重要的是要教会学生观察的顺序和观察的记录。

例如，观察叶芽的结构时，要求学生用刀片纵切开杨树叶芽后，按由外到内、由上到下的顺序进行观察，然后照实物画出叶芽纵剖面示意图（这就是观察的记录），再与书中的图对照辨认各部分的结构和记录名称。这一过程既观察了实物，又观察了插图，使学生不仅获得了知识，而且使他们获得了方法，又使他们获得实事求是的科学态度的教育。

再如，观察青蛙的外部形态时，要求学生测量青蛙前、后肢的长度和头、躯干部的长度，并做好数据的记录。然后要求学生计算前、后肢长度与头、躯干部长度的比例，并做好数据的记录。如有条件还可以用同样方法来测量蟾蜍的上述数据。当学生对自己测得的数据加以比较时，就会很容易地发现青蛙的后肢发达是与善于跳跃的运动方式相适应。而与蟾蜍的后肢相比较，会发现蟾蜍的后肢不如青蛙发达，进而得出它不善于跳跃而善于爬行的特点。这一过程把定性观察变为定量观察，使观察的结果更为准确，更能说明事物的本质特征，更加符合实际情况，也使科学态度教育更加深刻。

再如，观察人体的形态结构时，要求学生按从上到下、由表及里的顺序观察自己的身体和模型或插图。观察后学生会发现人体的形态结构可按观察顺序分为“四部”（即头、颈、躯干、四肢）、“三层”（即皮肤、肌肉、骨骼）、“两腔”（即颅腔、体腔，体腔又包括胸腔、腹腔）、“一管”（即椎管）。在教师指导下，学生获得了“四、三、二、一”的观察结果，使他们对人体形态结构有了一个整体的、有序的认识，在此认识过程中也包含了科学态度的教育和学习方法的指导。

B. 实验：实验包括学生分组实验、教师演示实验、学生课外小组实验等。在实验

教学中进行科学态度教育，就要使学生明确每一个实验的目的；了解实验仪器和装置的使用方法，以及实验材料的培养和选择；了解实验的方法、步骤和注意事项；能够解释实验的原理和实验的结果；学会绘制生物图和填写实验报告；练习或学会设计一些简单的实验；注意实验完毕对实验用具的整理和清洁，养成善始善终的习惯。

例如，植物细胞的吸水和失水的演示实验，完全可以让学生在课下进行，然后在课上让学生分析、讨论实验的结果和应得出的结论。进而可以要求学生按实验原理来设计一些不同的实验方法。在这个过程中，要特别强调实验中的“等量”问题，只有实验中用的材料和一些液体是等量的，才有可比性，才能得出符合实际的正确的结论，否则是不科学的。这是进行科学态度教育的关键所在。

再如，高中《生物》中“观察根对矿物质元素离子的交换吸附现象”的实验过程，有两个“等量”问题，一是把染色的根分成两等分；一是蒸馏水和 CaCl_2 溶液要等量。这两个等量问题解决好了，结论就容易获得了。另外，实验中还要强调将染色的根浸于蒸馏水中的目的是起对照实验的作用，这也是科学态度教育的重要内容。

再如，高中《生物》中“叶绿体中色素的提取和分离”的实验过程是较复杂的，要进行科学态度教育，就要实事求是地对整个实验过程进行详细地分析，让学生在实验前后和实验当中明确以下众多问题：

研磨叶片为什么要加入少许 SiO_2 和 CaCO_3 ？

研磨叶片为什么要加入 2ml 的丙酮？

研磨叶片时为什么要迅速而充分？

将研磨液过滤后的滤液收集到小试管中，为什么要用棉塞将试管口塞紧？

制备滤纸条时为什么要将纸条的一端剪去两角？

划滤液细线时为什么线条越细越好？

为什么不能让层析液没及滤纸条上的滤液细线？

为什么要用培养皿盖盖在层析液的烧杯上？

实验结果显示滤纸条上的色素带自下而上依次是什么色素？

色素为什么能在滤纸条上分离？

各种色素中，扩散速度最快的是哪一种色素？具有什么颜色？

各种色素中，扩散速度最慢的是哪一种色素？具有什么颜色？

各种色素带中，最宽的是哪一种色素？具有什么颜色？

各种色素带中，最窄的是哪一种色素？具有什么颜色？

为什么各种色素带的宽窄有差异？

实验后的滤纸条经干燥后，为什么要避光保存？

实验结束后为什么要用肥皂将手洗干净？

整个实验采用的是什么方法？

通过整个实验和对实验结果的分析，说明了什么问题？

通过对上述问题的解决，使学生从实验的实践活动中获得了知识和方法，必然也对

他们形成科学态度有重要帮助。

C. 讨论：讨论是进行科学态度教育的一种很好的形式，一般包括全班性讨论和分组讨论。讨论的过程要自始至终处于教师的控制之中，一方面使讨论顺利进行，一方面使教师进行科学态度教育的意图得以贯彻、落实。

例如，在“植物体是一个整体”的教学中，可组织学生讨论这样的问题：

植物体的结构层次是怎样的？

植物体的每个细胞之间在结构上有什么关系？

植物体各器官的主要功能是什么？

举例说明植物体各器官的功能之间有什么联系？

植物体的营养生长和生殖生长有什么关系？

通过上述讨论能得出什么结论？

这些问题的讨论，限于初中一年级学生年龄、知识、能力水平不高，可由教师组织全班性讨论，一个问题一个问题加以解决，最后由学生得出“植物体是一个整体”的结论。结论的获得是学生参与的结果，参与的过程中有知识的归纳、总结和上升为理性认识的过程，教师在最后的总结中就可以顺理成章地进行科学态度的教育。

再如，在“新陈代谢”的教学中，按初中二年级学生的水平，可由教师组织学生进行分组讨论，每组重点研讨一个问题，并指定小组长将本组讨论情况在全班汇报。最后由教师归纳、总结出新陈代谢的过程、图解、概念和意义。

再如，在平时的课堂教学中，经常会遇到学生回答某些问题时的答案不同，教师应抓住这个机会让学生充分发表意见，进行讨论，引导学生得出正确的结论。教学中，让两种或多种意见进行正面交锋，经过争论、辩论、讨论，获得正确的结论，这正是值得发扬的一种科学态度。

D. 实习、参观、调查：这几种教学实践活动应事先有个计划，订出目的、方法、提纲和注意事项，切实做好组织工作。其中特别重要的是提纲这一项，有了提纲可使学生在实践活动中有章可循，知道干什么、怎么干，这样才能有效果而达到预期目标（实例不一一列举）。在上述实践活动中一定要求学生实事求是地按提纲进行，把观察和调查来的实际情况进行分析和研究，从中获得知识和对一些问题的看法，从而达到对学生进行科学态度教育的目的。

2. 在讲授教学中，按科学态度教育的内容处理好教学内容。

生物学教学内容中，有许多是进行科学态度教育的极好素材，应予以高度的重视。这些内容主要有以下几方面：

(1) 教学内容中提到的一些生物科学史，自然现象、事实，统计数据，图表等，要充分加以利用，对学生进行科学态度教育。

例如，“李时珍的故事”、“光合作用是怎样发现的”、“一个著名的科学实验”、“青霉素的来历”、“达尔文和他的进化思想”等；高中《生物》中的“细胞的发现和细胞学说的建立”、“燕麦胚芽鞘的实验”、“孟德尔的植物杂交实验”、“米勒的实验”……等等

内容，都需要教师认真地从中挖掘科学态度教育的因素。特别是科学家们严密的逻辑思维过程和实验设计，契而不舍为科学献身的精神等，都是对学生进行科学态度教育的重要内容。

再如，教学内容中的一些图解、图表是从科学事实或实践中高度抽象出来的信号形式，可以非常概括而直观地反映事物的本质。教师对这些内容要帮助学生完成从具体到抽象的认识过程，从而对学生进行科学态度的教育。

(2) 教学内容中的概念、规律、定理、公式、原则等，在教学中要尽量使学生参与到获取这些知识的过程之中，从而使他们受到科学态度的教育。

例如，在“神经系统”的教学中，会遇到大量的基本概念，如“反射”的概念，应该在列举很多反射的实例后，引导学生分析这些具体的实例有些什么共同的特点，然后把共同特点中最本质的内容抽出来，即形成了“反射”这个概念的内涵。接着，应该让学生把“反射”的概念与“反激性”的概念加以比较，找出不同的特点，使学生明确反射的概念只适用于具有神经系统的动物，这就形成了“反射”这个概念的外延。至此，学生参与了“反射”概念形成的全过程，使他们明确了概念是从许多具体的同类事物中抽象出来的，这本身就是对事物认识的一种科学的态度。

再如，初中“光合作用”的教学中，让学生亲自动手进行了一系列实验后，得出了光合作用原料、条件、产物的结论，再让学生把结论中的三个内容用公式的形式表述出来。要求学生把原料写在左侧，产物写在右侧，条件写在中间，在这样的指导下，学生一般都能较好地写出光合作用的公式。至此，学生参与了光合作用公式的形成全过程，科学态度教育也就融于其中了。

(3) 处理好教学内容中一般与特殊、主要与次要、现象与本质的关系，使学生受到科学态度的教育。

例如，在“种子的结构”的教学内容中，双子叶植物种子多用豆科植物的种子为例，它们具有两片肥厚的子叶，而且没有胚乳。这两个特点只是一般双子叶植物种子的特点，而不能看成是所有双子叶植物种子的特点，因为有些双子叶植物种子中也有胚乳的结构，如蓖麻的种子就有胚乳。在教学中处理这部分教学内容时就要注意这种一般和特殊的关系。

再如，高中《生物》有关“伴性遗传”的教学内容中，明确提到色盲遗传的特点之一是：“一般地说，色盲这种病是由男性通过他的女儿遗传给她的外孙的”。这一特点仅是一般情况，因而教学中要注意到特殊情况，引导学生从图解中发现特殊情况是：色盲病也可以由女性通过她的女儿遗传给他的外孙，这样就能较全面地反映色盲病的遗传特点。

再如，高中《生物》“水分代谢”的教学内容中提到：“植物细胞在形成液泡以后，主要靠渗透作用来吸收水分。”就是说，植物细胞在形成液泡以后仍然有膨胀吸水，只不过不是主要的吸水方式。注意到主要与次要的关系可全面地理解和处理教学内容。

再如，在“心率”的教学内容中，测得的心率仅仅是现象，教学中应注意透过现象

分析本质问题。应引导学生分析心率与心输出量的关系，进而认识与心肌发达与否的关系。这样就可以使学生透过现象看到事物的本质。

从上述几例说明，教学中处理好几个关系，可以使学生会全面地、相对地、深入地看问题，避免片面、绝对、表面地看问题。

(4) 教学过程中，教育、引导学生使用生物学术语来描述生物和生命活动现象、表述生物学知识内容。

例如，学生经常使用生活用语来描述人体的一些结构，像脖子（颈）、脑袋（头）、排骨（肋骨）、腰子（肾）、尿脬（suī pāo，膀胱）……等等。在描述植物时，也常使用葵瓜子（向日葵瘦果）、谎花（雄花）、须子（叶卷须、茎卷须）、花芯（花蕊）等生活用语。在描述动物时，也常使用须子（昆虫触角）、大夯（昆虫的后足）、金刚（昆虫的蛹）、鳄鱼和鲸鱼（鳄和鲸）等生活用语。教学当中，学生在表述生物知识时也不会使用生物学术语。学生在回答呼吸作用的意义时，经常说：不呼吸就憋死了，或说不呼吸就没气了。

教学中教师本身要注意语言的规范，语言的科学、准确，还要在提问学生时和批阅作业、试卷时，以及在课外与学生交谈和接触中，注意纠正学生不使用科学术语的问题，这本身就是一项科学态度教育的重要内容。

3. 在各种类型的教学活动中，切实突出各类知识之间客观存在着的联系。

生物学各门学科之间存在着密切的知识联系，每一门生物学科内各部分知识之间也存在着密切的联系，生物学与其他学科如数学、物理、化学、地学，乃至哲学等其他社会科学也有着内在的联系。这些联系是客观存在的，生物教学中应该真实地反映这些联系，让学生能够掌握具有联系的知识，而不是孤立的知识，将对他们形成实事求是的科学态度和科学的思维方法、学习方法具有重要的作用。

关于知识之间的各种联系，教师应该在钻研教学大纲和分析教材的过程中进行挖掘，这在后面的文章中还有专门的论述，此外不多赘述。仅强调一点，在钻研教材和备课中，教师应该具有进行科学态度教育的意识，真正在教学实践中使科学态度教育落实到学生身上。

三、进行科学态度教育应注意的几个问题

首先，教师应确立科学的世界观，自己对自然、社会和人的思维有正确的、科学的看法和行动，即具有科学的态度，才能引导和教育学生正确、科学地去认识自然、社会和人的思维活动，才能透过事物的现象去认识本质，才能掌握事物发展的规律，才能逐步形成和确立科学的世界观和方法论，以及实事求是的科学态度。

第二，教师应不断丰富自己的专业知识和其他方面的科学文化知识，不断调整自己的知识结构，以自身热爱科学、追求真理、治学严谨、勇于探索的科学态度、兴趣、情感、意志、性格等去影响、教育学生。

第三，教师应尽可能地创造条件，给学生以发现、探索知识的机会和氛围，给学生更多的实践的机会。处理好学生接受学习和发现学习的关系，处理好教师进行讲授教学和探索教学的关系。完全否定接受学习和讲授教学，完全肯定发现学习和探索教学，都是不全面、不合逻辑的。在传统教学中重接受和讲授、轻发现和探索的倾向，影响了学生科学态度的形成和能力的培养，因此，应该在教学改革中注重发现学习和探索教学，将会改变过去重知识轻能力的倾向，也会有助于科学态度的教育。

第四，科学态度教育是个渐进的过程，不是短时间内能完成的，因此教师不能操之过急，急于求成，更不能在急躁之余代替学生的思维和对事物的认识以及所采取的行动。有的教师在学生的实践活动中一时得不出结论时，代替学生得出结论，是不足取的。

第五，教师应加强自身教学基本功的训练，除深入钻研大纲、教材，备好每一节课外，特别要使自己的教学语言、板书、板图和教具的使用、教学多媒体的使用，更加科学、准确、严谨、直观；要使组织教学更加连贯、系统，富于逻辑性，这样才能使每一节课都能对学生科学态度的形成具有潜移默化的教育作用。

激发学生的学习兴趣培养良好的学习习惯的理论探究

一、怎样激发学生的学习兴趣

心理学家指出，兴趣是人对事物的特殊认识倾向，这一特殊认识倾向是说，人在认识事物的过程中所带有的相对稳定的指向、趋向，能够维持较长的时间。无论是对客观事物的兴趣还是对自身主体的兴趣，总是伴随着快乐、欣喜、满意等肯定的情感体验。

学生的学习兴趣，是学生的一种求知的欲望，是他们力求认识事物、渴望获得文化科学知识和不断探求真理，而带有情绪色彩的一种意向活动。学习兴趣是学习动机中最现实、最活跃的成分，对于学生从事认识、学习、实践，获取知识、形成和发展能力，是一种强大的动力，对于学生智力的发展起着定向、维持和强化的作用。

在教学中，激发学生的学习动机和兴趣是十分重要的，学生有了学习的动机和兴趣，就会在教师的引导下主动地去探求、发现知识，并在此过程中逐步形成能力和发展智力，使教与学的过程更加顺利而收到事半功倍的效果。做为一个生物教师，不但应该具有激发动机和兴趣的理论认识和明确的意识，而且还应该了解激发动机和兴趣的途径，掌握激发动机和兴趣的方式方法。

1. 激发学生学学习动机和兴趣的途径和方法。

(1) 重视并上好起始课

学生对生物学知识的学习能否产生浓厚的兴趣，很重要的一环是起始课上能否调动起学生的学习积极性。精心研究和设计起始课的教学安排，是每一个生物教师都必须认真考虑的内容，也是教学基本功的一项重要内容。

有的教师在初一新生入学通知书发放的同时，随信寄去一项要求，要求新生在暑假期间或采集制作一份动物标本，或采集制作一份植物标本，或写出一篇观察动、植物生长发育的记录，或写出一篇参观、考察的日记，或收集、整理、制作3~5张生物科技信息卡片等等。教师在学生报到注册时将作品收上来，进行分班、分类整理，并选出其

中的优秀作品。在起始课上,教师充分利用学生的作品进行教学,讲述、展示、评价、表扬,还可以对优秀作品进行全校范围内的展览,对那些比较标准、规范的标本要留作教具……。课上,学生的积极性被调动了起来,他们学习生物学知识的兴趣被激发出来了。因为学生在假期中通过自己亲自动手制作了标本或写出文章,亲自观察了生物或收集了资料,在这一过程中,他们探索、发现了许多新奇的知识;课上又体验到了自己的劳动成果派上了用场的成就感,这两方面正是学生的兴趣产生的源泉。

有的教师在起始课时,就把学生带到了校园里去观察,使学生认识到平时那些平淡无奇的、视而不见的生物中,却有着令人惊奇的奥秘,从而激发起他们探索这些奥秘的动机和兴趣。这种做法符合了学生的年龄、心理特点,使他们在接触实际、接触大自然中、在兴奋、欢愉的气氛中感受到了探求知识的必要和重要。也有的教师更进一步,带学生到校外去参观植物园、动物园、博物馆,或带学生到野外去上课,都是很值得提倡的方法,但要做好思想、物质、组织等方面的准备工作,有目的、有计划地去实施。

还有的教师在实验室里上起始课,首先学会使用放大镜、显微镜等观察工具,并实际观察一些标本。让学生开始就观察微观的生物世界,在此基础上,再引导学生来认识生物学学习的目的方法。这种方法所以能激发学生的学习动机和兴趣,是因为他们平时观察都是用眼直接观察生命的宏观世界,而微观的生命世界对他们来说是新奇的、神秘的,也是他们急于想知道的,因而注意力很快集中到显微镜上,动机和兴趣被激发出来了。

起始课的设计和教法还可有多种形式,教师应结合本地区、本校和学生的情况,创造出更合适的方法来激发起学生的学习动机和兴趣。

(2) 通过课堂教学激发动机和兴趣

课堂教学是激发学习动机和兴趣的主要途径,每一个教学环节都可采取一定的方法来影响和调动学生,下面分几个方面来说明:

A. 教学中结合生物科学价值观的教育,对学生进行学习目的的教育。

学习生物学知识不仅是学生个人发展的需要,更重要的是社会发展的需要,对于后者学生一般是不理解的,这要通过社会、家庭、学校各个方面的影响和教育,才能使學生逐步认识到。只有当学生认识到学习对人类社会发展有重要意义,并与个人发展统一起来时,才能形成学习动机和兴趣。因此,教师应深入钻研教材,将生物科学技术的社会意义挖掘出来,并在教学过程中把生物学知识与国家的发展远景结合起来,使学生的求知欲望与为四化建设贡献力量的理想结合起来,从而使学生形成良好的、持久的学习动机和兴趣。学习目的的教育应贯穿于教学的全过程中。

B. 精心设计好每节课的引言。

有的教师在“光合作用”的教学中,一开始先讲了科学家海尔蒙特进行柳树实验的小故事,然后提出“柳树长大时,建造自身的原料是从哪儿来的?”这一引言很快把学生探求光合作用奥秘的动机和兴趣激发了起来。

有的教师在“昆虫的发育”的教学中,先问谁养过家蚕?然后让养过蚕的同学讲述

家蚕生殖发育的全过程。学生讲述自己亲身经历过的事情，兴趣极高，其他同学也因能听到自己的同学讲述知识，也感到十分亲切、有趣。这种类型的引言也能有效地激发学生的兴趣。

有的教师在“血管和心脏”的教学中，先让学生观察自身体表的血管并测量脉搏，从而引出血管的种类和心脏的功能结构等问题。这种引言使学生以自身为观察对象，从中认识到自身有许多许多知识可以去探求，因而是极有兴趣的。

有的教师以演示实验做为引言的内容，有的教师直接以要解决的生物学问题为引言，有的教师联系生产、生活实际做为引言的内容……。无论哪一种类型的引言，都要抓住这一极好时机激发出学生的学习动机和兴趣。

C. 以生物科学知识本身固有的魅力吸引学生，激发他们的兴趣。

自然界的生物种类繁多，千奇百怪、趣味无穷，生物科学知识的发展日新月异，新成就、新发现层出不穷。但生物科学研究中又有许多疑难课题至今未果，生物界的许多自然之谜也令众多科学家迷惑不解。生物界和生物科学发展的这种“新、奇、疑、趣”的特点正是吸引学生的魅力所在。教师在教学中就要充分利用这些特点来吸引学生。

此外，生物科学知识的实践魅力、辩证魅力、逻辑魅力等也是固有的。为什么绝大多数学生爱上生物课，爱上实验课，爱去观察、采集、制作标本，爱与生物教师交谈，这正是生物科学实践的魅力。为什么很多学生愿意研究新陈代谢中同化作用与异化作用的关系，对种子萌发内在条件和外界条件的关系感兴趣，对生物与环境、结构与功能的关系感兴趣，这正是生物科学知识的辩证魅力之所在。为什么高中学生对“遗传和变异”一章极有兴趣，除了知识本身的实践性和辩证性的魅力外，重要的还有知识本身的逻辑魅力在吸引学生。特别是孟德尔的豌豆杂交实验中，他所创造的“测交”的方法可以说是逻辑推理的极好典范。通过实验可以由看得见的性状表现，来推测看不见的遗传因子（基因）确实存在，这一推理过程正是吸引学生的逻辑魅力所在。

在教材的钻研中，教师应该深刻体会和挖掘知识本身所固有的魅力，揭示出隐藏在知识内部的奥秘，然后展现在学生面前，使之成为学生兴趣的重要源泉

D. 加强教学的直观性。

学生认识事物、学习知识是从感性认识开始，能够以直观的、感性的刺激作用于学生的感官，则会激发起他们的兴趣。作为生物教师应善于在教学中引导学生去感知教师所提供的各种生动、形象、具体的材料，激发起他们的兴趣。在此基础上，再引导学生从表象到概念、从具体到抽象、从特殊到一般、从感性到理性地去理解和掌握知识。可见加强教学的直观性是符合学生年龄、心理特点和认识规律的。

教学中加强直观性，就要运用好生物体的实物、标本、模型、挂图、图解等教具；安排好各种演示实验、动手实验、参观、实习、考察、调查等实践活动；运用好投影、录像、电影等多种媒体的教学手段。此外，还要加强语言、板书、手势、形体等方面的直观，加强与生产、生活实际相联系等等。教学中加强直观性不能是走马灯式地一一展现各种教具，不能杂乱无章地使用各种直观手段，而应使教学的直观性服务于激发学生

的学习兴趣,服务于教学目的。因此,教学的直观性是教师应该认真加以研究和精心加以设计的重要备课内容。关于直观性问题后文中有专题论述,在此不多赘述。

E. 创设矛盾、新情境、悬念,激发兴趣,启发思维。

教学中教师要善于造成学生心理上“知”与“不知”的不平衡,促使学生产生一种恢复平衡的动机和兴趣。在学生面前创设出新的矛盾、新的情境和各种悬念后,学生感到用已学过的知识已无法解决面临的新问题,必须用新的、更高深的知识去解决,因而产生求知欲。

例如,在“蒸腾作用”的教学中,教师通过演示实验并联系水分的吸收,使学生了解了根吸收的水分绝大部分又都从叶片蒸散到大气中了,然后提出问题:根吸水、叶散水,这是不是一种浪费?这样把根、叶的两种矛盾的生理功能摆在了学生面前。学生对矛盾产生了解决这一矛盾的兴趣和积极的思维活动。此时,教师再进行下一步教学就有了基础。

再如,有的教师在讲完光合作用和呼吸作用以后,提出了“新疆地区的西瓜为什么特别甜”的问题,并提示新疆地区气候特点是昼夜温差较大,然后让学生讨论。这实际上是给学生创设了一个新的情境,他们会很有兴趣地去讨论,各抒己见,最后得出正确的解释,获得新的、更深的知识。

再如,有的教师在讲完花的结构以后,提出“为什么有的花开放后结果,有的却不结果?”的问题。学生正欲思考这个问题或希望教师给予解答时,教师却说:且听下节课分解。把这一悬念留给学生,这自然会激发学生想探究这个问题的兴趣,使一些学生主动去自学,也为下一节课的教学奠定了良好的心理基础。

F. 采用适合学生年龄、心理特点的、多样化的教学方法,突出学生的主体地位。

生物教学过程不能只有一种单一的、呆板的教学模式,应对诸如实验、形态结构内容、生理内容、分类内容、生态内容、进化内容的课,有不同的教法。就是同一类型内容的课,也应有不同的教法。根据学生的特点也应有不同的教法。

从学生的角度看,他们是认识事物、学习知识的主体,他们的年龄、心理特点决定了他们的兴趣往往产生于课堂上新的知识内容、新颖的教学形式;产生于课堂上他们动手、动脑、动口、动脑的条件和机会,产生于他们对各种问题争论、发表自己见解并获得成绩的机会。

作为教师就应该根据教学大纲和教学内容的要求,结合学生的特点,不断改进教学方法,使教学方法多样化,让学生经常处于一种新的期待之中,喜欢上生物课,盼着上生物课。在教学内容方面,教师应该经常把生产、生活中的实际问题或生物科技新的信息和成就,结合到教学内容之中,使之有更多的新意来吸引学生。教师还应善于组织教学,创造更多的学生活动的条件和机会,克服教师的“一言堂”和“满堂灌”,创造出生动活泼、充满生气的课堂教学气氛。

G. 进行学习方法的指导,让学生学有所得,获得成功的情绪体验。

生物教学中,教师不但要使学生爱学、学会生物学知识,而且还要使学生会学、会

用生物学知识。当学生爱学、学会、会学、会用生物学知识时，他们就会有心理上的满足，有一种“成就感”，这是一种成功的情绪体验。这种积极的情绪体验使学生感受到了学习的乐趣，又会进一步激发他们的学习动机和兴趣。要达到这一境界，需要教师在教学中使知识、技能的教学与学习方法的指导同步进行，让学生在获得知识和技能的同时获得学习的方法和能力。关于学法指导的具体措施将在下面的培养良好的学习习惯的内容中予以论述。

以上仅就课堂教学过程中如何激发动机和兴趣，提出七个方面的问题，实际绝不止这些方面。如教学中通过美育来激发学生的兴趣；利用学生争强好胜的心理，通过竞赛、竞争来激发学生的兴趣；通过教学“反馈—矫正”的过程来激发学生的兴趣等等。每一位生物教师都应在课堂教学过程中着意去研究、创造更多更好的方法、措施来激发学生的学习动机和兴趣。

(3) 改革考试方法

以往的生物教学形成了一个“讲科学知识、背科学知识、考科学知识”的模式。这种模式把学生禁锢在死记硬背的框框之中，使学生逐渐对学习产生厌烦情绪而又无可奈何，挫伤了他们学习的积极性，大大抑制了他们的学习兴趣。为了保护、激发学生的学习兴趣，不但要转变传统的一些教育思想，改变一些教学方法，而且还要改革考试的方法，通过改革考试方法来激发学生的学习兴趣。

传统的考试方法一般在期末由教师把一学期的教学内容进行一次总复习，然后学生进行答卷，教师阅卷后评出学期成绩。这种评价学生学习的方法不能真正地考查出学生的知识、能力和思想品德的水平，也不能真正促进学生知识的掌握和能力的提高。因此，改革考试方法势在必行。

很多学校的实践证明，用“积分法”来考查学生的学习状况是可行的、有效的，也受到了学生普遍的欢迎。“积分法”一般是在开学的起始课上对学生宣布，具体方法是把100分分解为各个项目的分数，项目的确定可根据学校条件、学生水平和教师素质等方面来加以研究。如动手实验分、采集制作标本分、参观（或调查、实习等）分、作业分、制作卡片分、测验分、期末考试分等等，这些项目可按一定比例分配一定的分数。到期末时，将各项得分加起来即是学期总成绩。有的教师还对那些积极参与课堂教学过程，踊跃发言提出新见解的学生，或在生物课学习中有突出表现的学生，给予附加分鼓励。

这种“积分法”，不但有利于知识、技能教学，有利于德育和能力培养，而且极大地调动了学生的学习积极性，激发了他们学习生物课的兴趣，同时也确实减轻了他们的课业负担，出现了学生生动活泼、主动地学习生物学的局面。

(4) 通过开展生物课外活动来激发学习动机和兴趣

课堂教学是课外活动的基础，课外活动是课堂教学的延伸，二者互为补充、互相影响、互相促进，成为教学过程的两条重要的育人渠道。因而课外活动与课堂教学一样有着重要的教育、教学意义，而且是激发学生学习动机和兴趣的重要途径，是不容忽视

的。此点在后面也有专文论述。

2. 激发学生学习兴趣应注意的问题。

(1) 注意在教学过程中,把学生对生物课学习的短暂兴趣引导到稳定兴趣,促进学生对生物课学习的兴趣向高层次发展。教师通过各种途径和方法,激发起学生的学习兴趣,开始往往是短暂的,学生只是觉得好玩、“有趣”。此时需要教师能够设法使学生的兴趣从“有趣”发展为“情趣”,使学生真正通过学习获得成就、成功、欢愉的情绪体验而对生物课学习产生感情。在此基础上再促使一部分学生的“情趣”发展为“志趣”,使这部分学生能把对生物课的学习兴趣与自己的理想、信念紧密联系在一起,立志将来从事生物科学技术的学习和研究。这样才能使兴趣成为稳定兴趣。

(2) 注意在教学过程中激发学生的学习兴趣不能脱离教学内容和教学任务,不能为激发兴趣而去迎合学生,更不能为激发兴趣而用庸俗的玩笑或不恰当的比喻去逗学生发笑。教师在教学中要加强趣味性,教学的趣味性在激发学生学习兴趣上是有重要作用的,但教学的趣味性是为教学目的服务的,不注意这一点,有时趣味性并不一定能激发起学生的学习兴趣,往往学生笑过之后,只觉得很好玩,并无兴趣产生。心理学、生理学的研究表明,教学不宜引起学生哄堂大笑。学生大笑时大脑皮层的某些中枢高度兴奋,会抑制其他的包括学习知识的有关中枢,因而会影响到教学的效果。

(3) 注意教师自身的文化修养,平时要有意识地积累知识、完善自身的知识结构,在教学中以自己丰富的、广博的知识和对知识的融会贯通,以及机智、幽默、诙谐的语言和多样化的教学方法,去激发学生的兴趣。教师注意了这一点,就为激发学生的学习兴趣奠定了良好的知识基础。

二、怎样培养良好的学习习惯

习惯是人们由于重复或练习而形成、巩固下来并变成自身需要的行动方式。积极的、良好的习惯的形成和巩固,对于人的良好的意志品质的形成有重要意义,对于人的坚强的、持之以恒的性格特征的形成也有重要意义。良好的学习习惯的培养应属于培养意志、性格等非智力因素的范畴,对于学生智力因素的发展,起着重要的定向、维持、调节的作用。

1. 生物教学中应该培养哪些学习习惯。

(1) 做好学习准备的习惯,这里包括做好物质上的准备和做好精神上的准备。要求学生每天晚上都要准备好第二天上课用的所有学习用具,每一节课前都要准备好上课时用的所有的学习用具。还要求学生上课前要将自己的精神状态、思想调整好,以便很快进入上课的情境之中。这方面习惯的培养正是教师进行组织教学的一项重要内容和基本功。

(2) 形成课前预习、注意听讲、积极思维、及时复习、认真作业的学习习惯。要求学生通过预习熟习教学内容,发现问题,为有的放矢地听讲创造条件;要求学生上课精

神集中,积极发言参与教学,敢于提出问题和发表见解,使上课的过程真正成为探索知识、研究问题、获得能力的过程;要求学生课下及时复习,克服遗忘,认真完成作业、实习、实验、观察、采集制作标本等任务。这些方面习惯的培养需要教师与班主任和其他任课教师统一要求,协调一致,才能收到成效。

(3) 运用科学的思维方法和学习方法的习惯。要求学生运用适应、进化、整体、生态等生物学基本观点来观察生物、理解和掌握生物学知识,做到举一反三、触类旁通;要求学生逐步学会运用适合自己特点的一些识记方法,克服简单的死记硬背的方法;要求学生遇事多问为什么,运用发散思维的方法对问题从多侧面、多角度去寻求答案。这方面习惯的培养正是教学中能力培养的任务,也是教师的重要基本功。

要完成这方面学习习惯的培养,需要教师在生物教学中注意对学生进行学习方法的指导。教师在备课时对于教材内容的钻研和学习本身,就有个方法问题,这是教师的“学法”;在教学中教师要通过自己的“教法”;使学生掌握生物学知识,这里学生也有个“学法”问题,这样就形成了“学——教——学”的一个过程。因此,学生的学,有赖于教师的学和教,有赖于教师的指导和帮助。教师在教学中如能习惯于运用恰当的教法将自己的学法传授给学生,并使学生逐渐形成习惯,将使学生受益终生。例如,图表法是一种很好的学习方法,教师经常在教学中运用图表、表格、坐标曲线等来表述生物学知识内容,不但使知识简明扼要、建立联系、形成整体,而且十分直观,便于学生理解掌握。在经常运用图表的基础上,如能有意识地训练学生用图表来表述知识,指导他们运用此法,就可以使他们掌握学法并形成习惯。教师只有把学法指导做为能力培养的一项重要内容,才能有效地体现在每一节课上,有利于形成习惯。

(4) 其他方面的习惯,如有序观察的习惯,实验善始善终的习惯,整洁书写笔记、作业的习惯,按要求绘图的习惯……等等。这些方面的习惯都需要教师在平时注意加以培养和训练。

2. 培养良好学习习惯应注意的问题。

(1) 首先,要培养学生良好的学习习惯,教师本人就要有良好的学习习惯,给学生做出榜样,要求学生做到的教师自己要先做到。此点不言自明,故不多做论述。

(2) 教师对学生提出学习习惯方面的要求时,要注意一次提出的要求不能过高、过多。对于教师的要求,学生只要努力认真去做就能达到,不是高不可攀的。当某项要求达到了,再提出新的要求,而对于已达到的要求还要重复、强化,逐步使其成为学生自身需要的行动方式,达到习惯成自然的境界。

(3) 培养良好的学习习惯要始终如一,要有具体的检查、督促的措施。例如,有的教师提出进行预习的要求后,不再重复提出或不进行检查和评价,则此习惯是不能养成的。再如,生物学中适应的观点应该贯穿在每节课的教学之中,使学生能在耳濡目染之中,接受这一观点和用此观点去观察生物和掌握知识。这就需要教师将此观点贯穿始终,不断强化、重复,让学生逐步形成思维习惯。

(4) 培养良好的学习习惯,要以表扬、鼓励为主,充分发挥学生自身的积极因素去

克服消极因素，让良好的学习习惯克服并替代不良的学习习惯。对学生中有良好的学习习惯的表现要充分加以肯定，使之强化、巩固，并对其他学生也是促进，使他们有榜样可学。

(5) 良好学习习惯的培养绝不是生物教学一家的任务，同时需要与班主任、各科任课教师，以及家长密切配合，共同努力来完成。如果生物教学中是一种要求，另外学科教学是另一种要求，使学生无所适从，良好的学习习惯也是很难培养成的。

综上所述，培养学生的“学习兴趣”和“好的学习习惯”，二者的教育目的是一致的，两者是相辅相成的、互为促进的，是辩证统一的。

运用情感促进生物教学和 启发学生积极思维的探究

情感是人对外界的刺激肯定或否定的心理反应；也就是人对现实的对象和现象是否适合人的需要和社会要求而产生的体验。学生的情感是学生对他们所认识的各种事物（包括学校、教师、同学等）和所学习的知识，是否适合他们的需要和社会要求而产生的体验。如果学生所认识的事物和学习的知识适合学生的需要和社会的要求，则学生会产生愉快、满意、赞叹、热爱等情绪体验，反之，则会产生厌烦、忧愁、消沉、恐惧等情绪体验。前者能产生积极的情感效能，成为鼓舞学生认识、学习的巨大动力，而后者对于学生来说，一般会产生消极的情感效能，会影响学生的认识和学习过程。对于那些情感效能高的人来说，无论是愉快满意的情感，还是厌烦不快的情感，都能激励他去工作和学习，使任何情感都能化为行动的动力。这种境界是一般学生所达不到的，这需要教师在教学中能有意识地通过各种渠道和方法，逐步提高学生对认识周围的生物，对学习生物学知识，对生物教师的情感深度和情感效能，使之成为调节、促进智力因素发展的动力，为促进生物教学和启发学生积极思维奠定良好的情感基础。怎样运用情感促进教学和启发思维呢？

一、引导学生与周围的生命物体、生物学知识以及与生物学教师建立起良好的、积极的情感

1. 教育学生热爱自己身边的各种生物。

学生喜爱自己身边的植物和一些小动物可以说是他们的天性，但对一些肮脏的、丑陋的、凶猛的、对人类有害的动物，又有一种厌恶、惧怕的心理体验。这种矛盾的心理状态在女学生身上体现得最为明显，这就需要在教学中帮助学生解决这一矛盾，教育学生对于各种有益的动植物要加以保护，对各种有害的动植物要加以控制或消灭。使学生认识到各种生物在生态系统中的地位 and 所起的作用，使学生认识到即使一些有害的生物也是可以被人加以利用的。

学生喜爱生物，对生物有正确的看法，他们就会更好地地观察它们，或是细心栽培、饲养它们，或精心保护它们，这本身就是对生物教学的促进。

2. 指导学生爱学、学会、会学生物学知识。

教学中要使教学内容适合学生的需要，满足他们的好奇心、求知欲，使学生认识到生物科学知识对于社会发展的重要价值，因而使他们体验到学习生物学知识对于丰富自身的知识和有利于社会发展的意义。学生有了这种体验就能在教师指导下，把爱学生物学知识的兴趣，从“有趣”的阶段发展为“情趣”的阶段。

在对生物学知识有了良好的情感的基础上，教师指导学生进一步学会生物学知识和会学生物学知识，使学生更加深刻地体验到学会和会学知识的乐趣，因而更加热爱生物学知识的学习。这种情感的作用发自学生自身的内部，要比教师、家长从外部来督促和要求的效果好得多，这可以说是一种“自动化”的学习。

3. 培养师生之间良好的情感。

有经验的教师总是在教学中创造一种轻松、和谐的气氛，总是通过自己的教法、语言、表情、动作和对教学中发生的各种情况的恰当处理，让学生感到教师是可亲、可敬、可信、可爱的。教师尊重、热爱学生是培养师生间良好情感的前提。例如，教学中学生违反了纪律，教师会在处理时讲明道理，而不是一味地训斥、甚至讽刺挖苦学生，因而使学生心悦诚服；学生不会回答问题或问题回答有误，教师会循循善诱地引导学生圆满地作出答案，并指出问题的症结和分析错误的原因，使学生从中获益……。总之，学生能从教师那里获得温暖、慈爱、信任、理解、尊重的心理体验，获得知识和力量。这样的师生关系，以及由此而形成的和谐的教学气氛，使学生心理上产生一种安全感、欢愉感。这种良好的心态促使学生对教师产生一种满意、热爱、信任的情感，也使学生对所学的知识产生兴趣。学生有了问题会去找教师问个水落石出，即使没有问题，学生也会在课下找教师问长问短，说东道西，教师在此时会了解到许多学生的思想、学习情况，这极有利于进一步对学生的教育和促进课堂教学。

学生对生物课学习和生物教师有了良好的情感，就会对生物课的学习产生一种等待、盼望的心理，总希望能早一点、更多地上生物课。有的学生会因为师生关系融洽而喜爱上教师所教的课程，因而会专心致志地去钻研，表现出对生物学的“志趣”，直至将来取得成就，为国家做出贡献。

二、引导学生不断提高道德感、理智感和美感的情感深度和情感效能

人类的社会性情感可以归纳为道德感、理智感、美感三类。道德感是关于人的举止、行为、思想、意图是否符合社会道德行为标准和客观的社会价值而产生的情绪体验。按照这一认识，在生物教学中就应该加强学习目的教育、理想教育、生物科学价值观的教学、良好卫生习惯的养成教育、法制教育等，以提高学生的道德感，使学生认

识、体验到，中学生物学知识的学习对于国家、社会、家庭、个人的发展都是极有价值的，逐步使学习生物学知识成为学生的需要而提高学习的自觉性。这方面的引导更多的是属于德育范畴，可参见本书第一篇文章。

理智感是在人的智力活动的过程中产生的体验，它是和人的认识活动、求知欲、认识兴趣的满足和对真理的探求相联系的。人在认识事物和学习知识的过程中，有了新的收获、新的发现，或探索的成功，就会产生喜悦感；在学习知识过程中遇到了新的现象或未预料到的情况，会产生怀疑感或惊讶感；在学习知识过程中遇到不能作判断的时候，会产生犹豫感等，都属于理智感。按照这一认识，在生物教学中就应该创造条件和时机，让学生不断有新的收获、发现、成功，使他们产生喜悦感，体验学生进步的乐趣。有经验教师对于不同类型的学生，提出的要求也不一样，让学生稍加努力就能完成教师指出的要求，然后教师加以表扬、鼓励，使不同程度的学生都能体验到进步的喜悦，这会极大地调动起学生学习的积极性，使学生更加热爱学习生物学知识和生物教师。在生物教学中，教师还应该给学生更多地创设一些新的情境，提出一些密切联系生产、生活实际的问题，使学生在产生惊讶感的同时产生好奇感，从而激发学生探索知识的积极性。学生探索到新的知识，又会使他们得到获得新收获的体验而产生喜悦感。

美感是对事物的美的体验，美感是在欣赏艺术作品、社会上的和谐现象和自然景物时产生的。按照这一认识，在生物教学中就应该不断给学生展现大自然和生物的美，不断提高教学中的艺术性。对于前者，教师应多带领学生到大自然中去或多参观、实习、调查、采集制作标本。一方面使学生体验祖国大好山河的壮美和自然美，生物与环境的和谐美，生物体形、体态、体色的完美，一方面使学生在受到美的熏陶的同时对生物、生物学知识、生物教师产生积极的、喜爱的情感。对于后者，教师应不断提高教学设计的水平，使学生在课堂上能体验到教师的仪表美，心灵美，语言美，教具、板书、板图的艺术美，生物科学知识内在的美等等。学生在生物课上经常体验到美的熏陶，满足了他们心理上追求美的需要，自然会促进他们学习的积极性。

三、依据情感的基本特征来促进生物教学

1. 情感的波动性。

人的情感有如流水，有时比较平静，有时表现出波动，是动态的。因此有人说情感就是人的心理的一种波动状态，当人的心理处于波动状态即表现为情感，而人的心理处于平静状态即表现为理智。依据情感的这一波动性特征，在生物教学中一方面要使学生的心理经常处于波动状态，表现出对生物学知识的积极的情感，另一方面也要使学生在波动之后，使其心理处于平静状态，即理智状态，以便能理智地理解、掌握知识、技能和形成能力。因此，教师在教学中要注意掌握教学的节奏，使教学过程有张有弛、有高潮有起伏，使学生的情感有激动有平静、有激情有理智，这样才有助于教学任务的顺利完成和教学质量的提高。

例如,在许多实验课上,当学生通过显微镜观察到了微小生物或生物体的微观结构时,都会异常兴奋、甚至激动,就是说此时学生的情感波动很大。教师应该利用这种波动,给学生一个渲泄自己激动心情和喜悦感的机会,让他们来描述自己观察到的内容,并予以表扬和鼓励。接着就应该给学生的激动、兴奋适当降温,让他们冷静下来思考问题,使他们的情感平静下来进行理智的分析,以获得理性知识。掌握教学的节奏,驾驭整个教学过程,应是教师重要的基本功之一。

2. 情感的感染性。

人的情感在一定的条件下是可以感染别人的,使他人也能产生同样的或与之相联系的情感。当然,别人的情感也可以感染自己,使自己也产生同样的或与之相联系的情感。情感的感染性的最明显表现是情感共鸣和同情心。依据情感的这一感染性特征,在生物教学中教师就应特别注意以自己积极、良好的情感去感染学生。教师本人对周围的生物,对生物学知识表现出极大的热情,非常热爱且孜孜不倦,必然会在教学过程中流露出来而对学生产生巨大的感染作用,这正是教师的示范性所起的作用。反之,学生中良好的课堂气氛、尊重、热爱教师的情感,也会感染教师,使教师的教学技能更好地发挥,更加热爱学生,这正是教学相长所起的作用。

例如,教师在讲到保护野生动物资源时,带着满腔的义愤谴责了捕杀国家珍稀动物穿山甲的卑劣行径和表现了对珍稀动物惨遭杀戮的惋惜之情。这种情感感染了学生,使他们产生了对罪犯的痛恨,对珍稀动物的同情,认识到要大力提倡保护动植物资源和加强法制建设。这种感染性可以在每一节课和课外活动中体现出来,是教师应该特别予以重视的。

3. 情感的两极性。

人体在一定的情境之中,常常会出现两种性质上恰好对立的情感,表现为情绪的肯定和否定的对立性质。如满意与不满意、快乐与悲哀、热爱与憎恨、兴奋与烦闷、轻快与沉重等。情感的两极性还可以表现为积极的增力的和消极的减力的。前者可以提高人的活动能力,后者可以降低人的活动能力。依据情感的这一两极性特征,在生物教学中教师要营造一种欢愉、活泼、和谐、协作的教学氛围,使学生产生轻松、愉快、喜爱的积极增力的情感,这可以提高学生生理和心理的活动能量,促使他们积极、主动地学习。此外,教师还应有意识地促使学生处于两极的情感轮流交替、相互调剂,如使紧张与轻松、激动与平静、兴奋与抑制等情感交替出现,这对于学生学习、生活的节奏性安排是大有好处的。再有,教师在教学中还应注意促使一些消极、减力的情感向积极、增力的情感方面转化。如生物课多安排在下午上课,由于种种主客观上的原因,学生在下午上课时情绪较为低落、沉闷。此时教师就应设法使学生这种消极、减力的情感向积极、增力的情感方面转化,以保证教学任务的顺利完成。

4. 情感的情境性。

人的情感总是在一定的情境中产生的,情境中各种因素的刺激,对情感的产生往往具有综合的作用。情感的产生是以人的需要为基础的,如果客观情境中的各种事物与人

的需要相符合，能满足人的需要，则会产生积极、增力的情感，反之，会产生消极、减力的情感。可见，情感的产生是与情境密切相关的。依据情感的这一情境性特征，在生物教学中教师除了要创设愉快、活泼、和谐、协作的教学氛围外，还应不断满足学生心理上、知识上的需要，以使教学的情境有利于学生积极、增力情感的产生。

例如，很多学校和教师将实验课与教学内容融为一体，边实验边讲课，称之为“实验与知识同步教学”，受到了学生的极大欢迎，而且教学效果极佳。之所以如此，从情感的角度分析，就是因为这种教学形式创设了一种情境，可以满足学生动手、动脑、动口、动眼的需要，从而产生了喜爱这种教学形式的积极情感，他们的学习积极性自然被驱动起来。

5. 情感的移情性。

人们常常不自觉地将自己内部产生的情感赋予外物，结果人们常常感觉到外物似乎也有了某种情感。当一个人在异常欢乐时，就会觉得周围的事物也在欢乐，一乐都是美好的；当一个人在极度烦恼时，就会觉得周围的事物也在烦恼，一切都不顺眼、不顺心。依据情感的这一移情性特征，在生物教学中教师应该在激发学生积极的情感后，引导学生将情感赋予教材内容、作业、课外实习等，以加深对知识的理解和掌握，以利于感性知识向理性知识的过渡。

例如，在生物教学中，学生一般都喜欢动手实验或观察实物、标本、挂图，或翻阅插图，而不太喜欢读教材中的文字，这不利于学生对知识的理解和掌握。此时教师如能激发起学生欢愉的情感，并将这种情感引导到教材中，使学生感到读教材也是欢愉的，就可以使教学向纵深发展而收到良好的教学效果。

四、在产生积极情感的基础上启发学生积极思维

在运用情感促进生物教学过程中的一项重要内容就是启发学生的积极思维。研究表明，适中的愉快情感对智力因素中的思维力的发展是有促进作用的，而过强、过弱的愉快情感对思维力发展的促进作用要差得多，痛苦、不快的情感对思维力发展是不利的。因此，在生物教学中教师要特别注意营造欢愉的课堂气氛，激发学生的学习兴趣 and 愉快的感情。如何做呢？

1. 依据情感的特征来启发学生的积极思维。

如前所述，教学中可依据情感的波动性和两极性，在学生情感激动时提出启发性的问题，然后在学生的情感处于平静时进行理智的思考。依据情感的情境性、移情性、感染力、创设多种新的情境，围绕新情境中的矛盾、问题来启发学生的积极思维。

2. 进行思维方法和学习方法的指导。

(1) 主要的思维方法

思维是指大脑对客观事物的间接的、概括的反映及其过程。思维的最基本过程或方法是分析和综合。另外一些具有局部性质的思维过程或方法是比较、分类、抽象、概

括、具体化、系统化等。在这些局部性的思维过程或方法中，都有分析和综合的体现。

分析是在思维中把认识的对象分解为不同的组成部分、方面、特性等，对它们分别加以研究的方法。综合是把分解开来的不同部分、方面、特性等再组合为一个统一整体而加以研究的方法。分析和综合的思维方法应贯穿在整个教学和学生知识学习的过程中，是教师指导学生思维和学习的主要方法。

归纳和演绎也是一种重要的思维方法和学习方法。归纳是从个别的事实走向一般结论的、去异求同的思维方法。演绎是从一般的概念、原理走向个别结论的思维方法。归纳和演绎的思维方法也是教学和学生知识学习常用的方法，而在初中的教学中指导学生归纳的方法更适合学生的年龄、心理特征。学生一旦通过归纳得出了一般性的结论或概念，就可以指导学生用演绎的方法去认识新的个别事物，作到举一反三，去探索新的知识内容。

发散思维和集中思维的方法。发散思维也称求异思维，是指沿着多种不同的方面去思考，重新组合面临的信息和记忆系统中的信息，产生新的信息，导致问题的解决。集中思维也称求同思维，是利用已有的信息，得出某一正确的结论或问题的解决。在教学中教师往往注重促进求同思维的发展，这是一种鼓励对问题找到“正确答案”的思维方法，而“正确答案”一般只有一种，而且通常可以在课本中或通过新旧知识的回忆中找到。教学中教师对求异思维注重得不够，需要将重心向求异思维方面倾斜，以培养学生的创造性思维和能力。因为求异思维涉及到从多侧面、多角度、多方案去研究知识的获得和问题的解决，涉及到诸如推测、想象、启发、创造等方法，可以说求异思维是创造性思维的核心。在生物教学中教师应该使求同思维与求异思维有机地结合在一起，或者说使集中思维和发散思维有机地结合在一起，使学生能在求异思维的基础上再进行求同思维，使学生发挥各自的聪明才智，为形成创造性的能力奠定思维方法的基础。

(2) 明确思维方法与学习方法的关系

学习方法从根本上说是思维方法的具体体现。不论是教师还是学生，在学习知识的过程中都有相应的思维方法。正确的科学的思维方法转化到掌握具体的知识内容上，就会成为科学的学习方法。思维方法主要反映在人的大脑皮层中，而学习方法主要反映在思维的外在表现形式——语言和文字之中。可以说，思维方法是学习方法的基础，指导着学习方法，而学习方法是思维方法的具体体现。学习方法的确立和发展，也会对思维方法起到积极的影响作用，使思维方法更加丰富、深刻。因此，教学中指导学生的思维方法和学习方法，是启发学生积极思维的重要措施。

(3) 怎样进行思维方法和学习方法的指导

首先，在教学中要渗透唯物辩证法，指导学生掌握并运用生物科学的基本观点、原理和规律。这既是教学内容中的重点知识，又是进行德育和思维方法、学习方法指导的重要内容。如进化、适应、整体、生态等观点；一些哲学观点如对立统一、量变与质变、内因与外因、现象与本质等，都应渗透于教学之中。如果学生在教师指导下，掌握了这些内容，就如同掌握了一把开启生物科学知识大门的钥匙。他们会运用这把钥匙去

思考、解决学习中遇到的新问题，而使学习过程收到事半功倍的效果和产生积极的迁移效果。

第二，在教学中进行发散思维的训练和指导。特别在高中生物教学中，由于各章节知识之间有着众多方面的联系，因此对于每一重点知识都可以指导学生从多个方面去寻找知识之间的内在联系。例如，在教学中可以指导学生通过思维的发散过程，将分散在各章节中有关蛋白质的所有知识集中在一起，并使这些知识建立起联系，从而获得新的信息和认识。

发散思维的训练和指导还可以进行“一题多解”的尝试。例如，高中生物遗传和变异一章中有些重要的关于遗传规律的题目，可有多种解法，“顺推法”、“逆推法”是一般常用的方法，还可以有“方程法”，即将未知的基因看成是已知的，设其为 x ，参加到题目之中，最终将 x 解出。“一题多解”的指导可有效地启发和训练学生的发散思维，有助于学习问题的解决。

第三，指导学生掌握一些具体的识记方法。教学中应该按照知识的不同特点，配以相应的学法，以提高学习效率和效果，以及对思维方法起到积极的促进作用。在生物教学中常用的识记方法有对比法、纲要法、图表法、衍射法、排序法、卡片法等等。其中纲要法是把较为复杂的知识中的核心内容或关键词语提炼出来，作为知识的纲要加以理解和记忆。例如，细胞有丝分裂过程中染色体的规律性变化是其核心，可把这一核心用“复制”（间期）、“浓缩”（前期）、“排列”（中期）、“平分”（后期）、“复原”（末期）这十个字作为纲要。衍射法是以发散思维为基础，以某些重要知识点为核心，把与之有关的其他知识尽可能多地建立起联系，并以图表的方式表达出来。例如，可以染色体这一知识为核心，将分散在各章节中有关染色体的所有知识都建立起联系。这样，染色质、四分体、染色单体、性染色体、常染色体、同源染色体、染色体组、多倍体、单倍体，以及 DNA 和蛋白质、基因等知识内容都可以联系起来。排序法是将生物学知识按其特点排列成自然的顺序，按顺序记忆知识的效果极佳。例如，人体结构概况可排列成“四部（头、颈、躯干、四肢）、三层（皮肤、肌肉、骨骼）、二腔（颅腔、体腔）、一管（椎管）”的顺序来加以识记。

第四，指导和培养学生良好的思维习惯和学习习惯。此点在前文中已有论及。

3. 启发学生积极思维的一般方法。

（1）提问法（或谈话法）

使用这种方法时，重要的是问题的设计要具有启发性，尽量减少那些直来直去的问题或只有简单答案的问题。

（2）讨论法（或争论法）

当对某一问题有不同的见解、意见、结论时，教师不要忙于裁定谁是谁非，而应让学生充分阐述自己的看法，通过讨论、争论而得出正确的结论。讨论中和讨论后，教师都要对敢于发表自己见解的学生予以表扬鼓励。如果有的学生提出了教师没有考虑到的一些意见或见解，教师更应该大加赞扬，以保护、巩固、发展学生积极思维的积极性。

(3) 激将法（或竞争法）

教学中，教师应经常鼓动学生积极参与教学过程，进行积极的思维。教师可经常提出“看谁能首先回答出这个问题”、“看谁能提出更多的理由来解释这个问题”、“看谁能更准确地表述这个问题”等等，以激励学生争先恐后地去思考、解决问题。有时在教学中还可以运用“抢答”、“竞赛”的方法来启发学生积极思维。

(4) 情境法（或创设矛盾法）

教学中教师应围绕教学内容创设新的情境或创设矛盾，让学生置身于新情境中去思考、解决出现的新问题，或让学生面对矛盾去思考、解决矛盾，从而启发学生积极思维和推动教学进程的顺利发展。

(5) 联系法

教学中教师应尽可能多地将知识的各种联系作为启发思维的重要因素。可联系旧知识，使新旧知识形成整体，在旧知识的基础上启发学生积极思维，掌握好新知识。还可联系生产、生活中的众多实际问题来启发学生积极思维，使学生更好地理解、掌握和运用知识。还可以联系其他学科如物理、化学、数学等知识，启发学生积极思维，以使学生更深刻地理解和更灵活地掌握、运用知识。

(6) 探索法

通过演示实验、学生动手实验、观察以及多媒体教学手段的运用，使学生探索、发现知识，使结论产生于实践活动之后。特别在初中教学中，应尽量减少“先结论后验证”的教学模式，而应提倡“先探索后结论”的教学模式，以启发学生的积极思维。

(7) 其他方法

例如，指导学生通过一些实践活动或阅读课外读物后，让他们写一些小论文或小品文，以启发学生积极思维。再如，通过指导学生收集、整理资料或编辑科技板报、手写生物小报等来启发学生积极思维。教师应该结合自己的特点和学生、学校的情况，创造出更多的启发学生积极思维的方法。