

John W. 金布尔 著

**CELL
BIOLOGY**

**细
胞
生
物**

科学出版社

内 容 简 介

本书着重介绍了细胞生物学中的重大问题,诸如细胞的结构与功能、细胞代谢、细胞的遗传与控制等方面的基础理论和最新成就,并将免疫系统作为分化过程的一个实例加以阐述,是一本很好的入门书。可供大专院校生物系师生和细胞生物学工作者参考。

John W. Kimball
CELL BIOLOGY (2nd Ed.)
Addison-Wesley, 1978

细 胞 生 物 学

John W. 金布尔 著
陈立滨 崔 华 谢巧纹 译
李荫霖 曹同庚 汪开治

陈阅增 校

责任编辑 姜梦兰

科学出版社出版
北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983年5月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1983年5月第一次印刷 印张: 17 3/4
印数: 0001—11,500 字数: 408,000

统一书号: 13031·2249
本社书号: 8079·13—10

定价: 2.75 元

第一版序

近年来，生物学入门课程的教学，无论是在中学或高等院校都在经历着迅速的改变，在内容和编排上的种种革新都要求有多种短而专门的教科书，使教师能够按他们的特定课程的需要而选用。本书试图为初学者介绍活细胞的结构和功能，材料大部分来自我的一本普通教科书《生物学》（第二版，Addison-Wesley, 1968）中集中讲述细胞的部分。

本书第一部分致力于从几个结构水平来研究细胞的构造。对细胞的结构和功能了解有赖于，至少部分地有赖于对物质在更低的结构水平上的特性的了解。基于这种认识，本书首先给学生介绍原子结构的基础以及小分子的形成，接着讨论生物大分子的结构，然后再介绍细胞器，并努力把细胞器的结构和组成细胞器的大分子的结构联系起来。

本书第二部分致力于细胞代谢。首先研究物质出入细胞及其环境的机制和这些物质在细胞中的转化，然后详细讨论捕获日光能的光合作用以及释放所捕获的能的细胞呼吸。

第三部分致力于细胞的遗传控制方面的一般问题。第七章讨论作为遗传信息库的DNA的作用和高等生物细胞中染色体的作用。第八章讲述在DNA中编码的信息翻译成生物性状的途径，随后，讨论对分化细胞的和分化本身进行过程中的变化需要都有反应的可能机制，借助于这种机制遗传信息被有选择地翻译。由于上述《生物学》一书中有关这些方面的课题是和有机体的生物学内容紧密交织在一起的，因此这两章的材料大多是专为本书所写的。

哈佛大学生物学实验室

J. W. K.

[陈立滇译]

第二版序

本版的编排和目标与第一版是一样的，但是在高分子、生物力学，以及中间代谢等部分的处理上有很大的改变。近年来，从细胞赖以组成的大分子的结构和功能来了解细胞的结构和功能的研究，取得了惊人的进展。为了更好地表达这方面的材料，我全部重写了关于生命重要元素的化学(第一章)；由这些元素构成的大分子(第二章)和第四章中关于酶的作用，以及细胞呼吸和光合作用(第五、六章)等部分。所有这些都是以对电负性更宽广的介绍及由此而实现的对氧化还原电位、键能和自由能变化的定量的介绍为基础的。

应予“谴责”的(也许是应予赞扬的)是本书的其余各章都增加了篇幅。这些章致力于遗传学的广泛讨论，从一些经典遗传学的内容开始，在简单介绍细胞遗传学后即进入讨论分子遗传学的诸方面的四章。第十和第十一章的中心课题是基因的化学和表达。第十二章讨论完全分化的细胞反应于改变的环境信号时基因表达的控制；第十三章讨论细胞从未分化的前体细胞到完全分化的终点细胞的发育途径中基因表达的控制问题。最后一章是免疫系统，即把免疫系统当作分化过程的一个实例而进行研究，从而结束本书。选用其他适用的实例是完全可以的，但我选用了免疫，因为 1. 免疫细胞的分化过程不只在生物的胚胎发育期间，而是在全部生命期间一直都在进行；2. 相对地说，这是一个易于研究的系统，因此近年来对此系统已了解很多；3. 它是我本人研究兴趣集中的领域。

安多弗，马萨诸塞

1978 年 1 月

J.W.K.

【陈立滇译】

目 录

I 生命的组织

第一章 生命的化学基础：原理	2
1.1 物质的形态	3
1.2 元素	7
1.3 原子	9
1.4 化学键	13
1.5 氢键	18
1.6 亲水和疏水	19
1.7 酸和碱	19
1.8 分子量和克分子	20
1.9 pH	21
1.10 化学变化	22
1.11 键能	22
1.12 氧化-还原反应	24
1.13 结论	25
参考文献	26
第二章 生命的分子	27
2.1 碳氢化合物	27
2.2 脂类	28
2.3 碳水化合物	31
2.4 蛋白质	35
2.5 核酸	46
参考文献	48
第三章 生命的细胞基础	49
3.1 细胞——生物的结构单位	49
3.2 细胞膜	50
3.3 细胞核	53
3.4 细胞质	56
3.5 线粒体	58
3.6 叶绿体	59
3.7 核糖体	59
3.8 内质网	60
3.9 高尔基器	61
3.10 溶酶体	62
3.11 过氧化物酶体	62

3.12 液泡	63
3.13 细胞内膜的功能	63
3.14 微丝	63
3.15 微管	64
3.16 中心粒	64
3.17 纤毛和鞭毛	66
3.18 细胞外被	67
3.19 原核生物和真核生物	67
3.20 分化	68
3.21 动物组织	70
3.22 细胞与细胞的连接	72
参考文献	73

I 细胞中能的传递途径

第四章 细胞的代谢	76
4.1 细胞的环境	76
4.2 胞外液的成分	77
4.3 扩散	78
4.4 主动运输	79
4.5 内吞作用	80
4.6 外吐作用	82
4.7 细胞化学	82
4.8 酶	84
4.9 酶的调节	88
参考文献	90
第五章 细胞中能的释放	91
5.1 需要	91
5.2 消化	92
5.3 同化作用和异化作用	93
5.4 酵解	94
5.5 ATP 和 NAD	95
5.6 酵解：开始行动	97
5.7 酵解：第一次氧化作用	98
5.8 乳酸发酵	98
5.9 酒精发酵	100
5.10 细胞呼吸：柠檬酸循环	101

5.11 呼吸链.....	102
5.12 呼吸平衡表: 物质.....	105
5.13 呼吸平衡表: 能.....	107
5.14 生命的蓄电池.....	109
5.15 其他燃料是怎样的?	110
5.16 细胞呼吸的控制.....	110
5.17 这些是如何发现的?	111
5.18 能的利用.....	112
5.19 同化作用.....	113
5.20 小结.....	114
参考文献.....	115

第六章 光合作用	116
6.1 早期的实验	117
6.2 色素	118
6.3 叶绿体	121
6.4 叶	124
6.5 限制光合作用速度的因素	125
6.6 暗反应	126
6.7 光反应	130
6.8 光合系统 I 和 II	132
6.9 小结	134
参考文献.....	136

II 细胞中的控制机制

第七章 细胞的繁殖	138
7.1 细胞的遗传连续性	138
7.2 有丝分裂	142
7.3 有性繁殖的本质	145
7.4 细菌的有性繁殖	146
7.5 减数分裂	147
参考文献.....	152

第八章 遗传学: 孟德尔的工作	153
8.1 孟德尔学说: 背景	153
8.2 孟德尔的实验	154
8.3 孟德尔假说	155
8.4 测交: 对孟德尔假说的一个 检验	158
8.5 双因子杂合子——自由组合 定律	159
参考文献.....	160

第九章 染色体	161
9.1 基因和染色体的平行行为	161

9.2 性别的决定	162
9.3 X-连锁.....	165
9.4 染色体异常	167
9.5 连锁	171
9.6 染色体图	173
9.7 Creighton 和 McClintock 的证据	176
9.8 染色体连锁组的分布	176
参考文献.....	178

第十章 基因的化学性质	179
10.1 DNA: 基因物质	179
10.2 DNA 的 Watson-Crick 模型.....	183
10.3 突变.....	191
参考文献.....	193

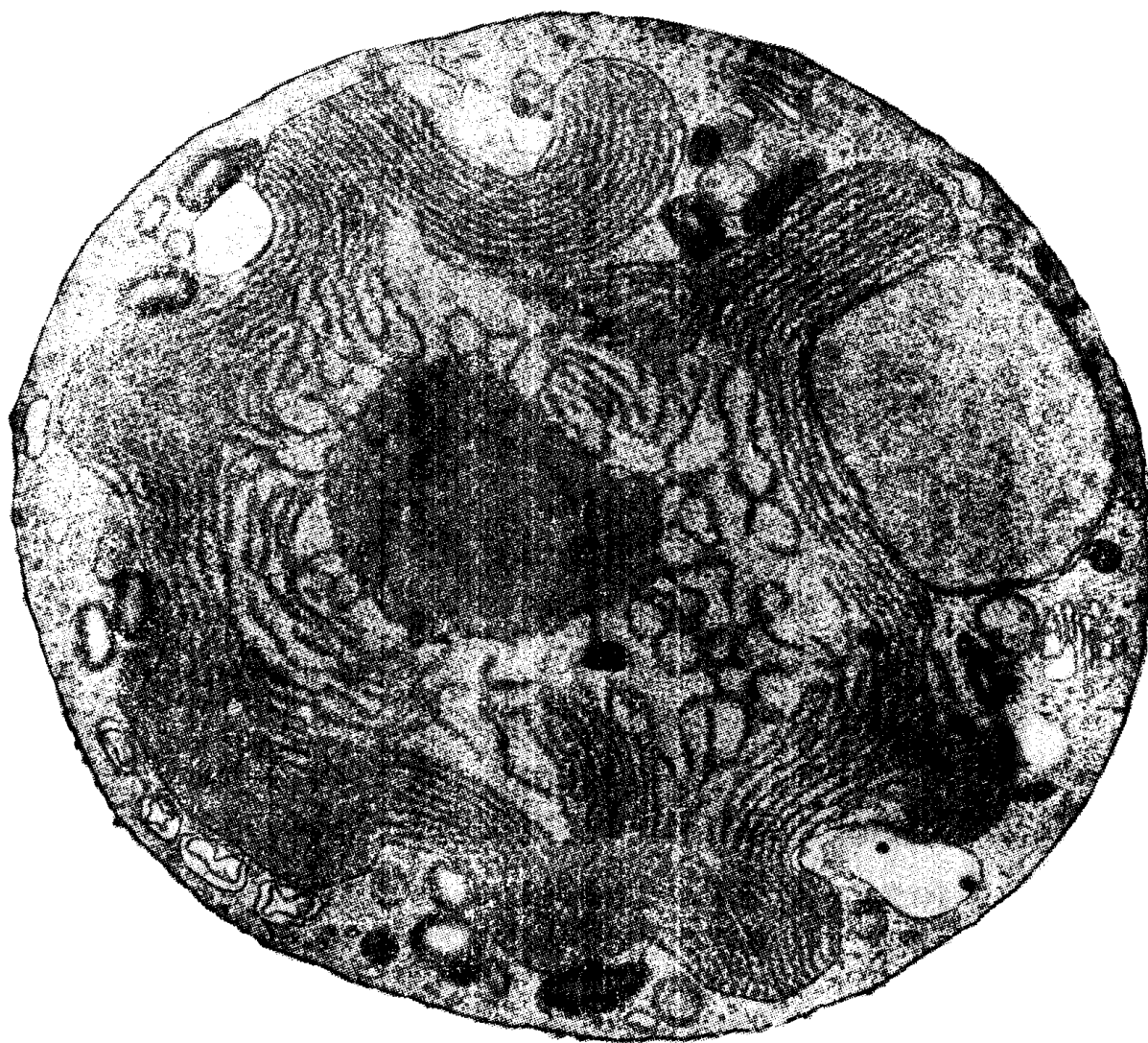
第十一章 基因表达	194
11.1 一个基因一种酶理论.....	194
11.2 先天性代谢障碍.....	196
11.3 蛋白质合成.....	199
11.4 密码.....	205
11.5 密码的验证.....	207
11.6 复等位基因.....	209
11.7 反转录酶.....	209
11.8 遗传工程的前景.....	210
11.9 总基因型的作用.....	212
参考文献.....	215

第十二章 基因表达的控制: 调控	216
12.1 基因活动的调控.....	216
12.2 真核生物的调控.....	218
12.3 巨型染色体与差别性基因活性...	222
12.4 翻译控制.....	225
12.5 小结.....	226
参考文献.....	226

第十三章 基因表达的控制: 分化	227
13.1 分化.....	227
13.2 分化细胞保持全部基因组的 证据.....	229
13.3 分化期间影响基因表达的 细胞质因素.....	234
13.4 分化期间影响基因表达的 细胞外因素.....	237
13.5 分化的可逆性.....	241

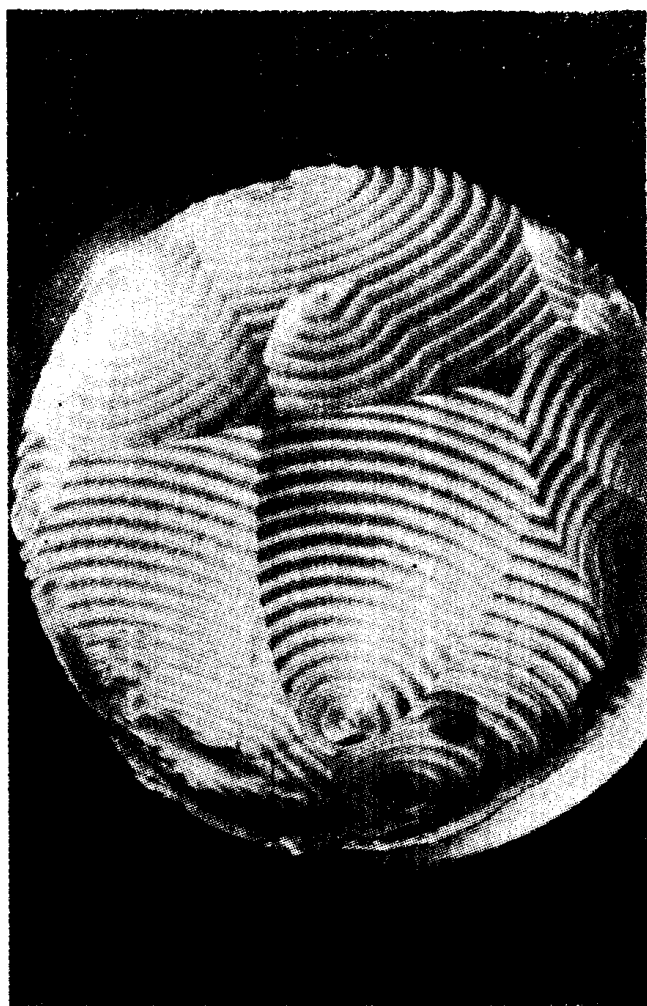
13.6 小结.....	241	14.7 抗体多样性的基础.....	257
参考文献.....	242	14.8 移植与个体独特性.....	258
第十四章 免疫系统:分化的模型.....	243	14.9 癌症与免疫监视.....	262
14.1 引言.....	243	14.10 变态反应	263
14.2 抗体是什么?	244	14.11 自身免疫	264
14.3 抗体干什么?	246	14.12 小结	266
14.4 抗原.....	250	参考文献.....	267
14.5 抗体是怎样被激发产生的?	251	国际单位制	268
14.6 二次应答.....	255	索引	269

I 生命的组织



Porphyridium, 一种单细胞微生物。电子显微镜揭示出它的单个细胞内的丰富的结构组成。(18,000 $\times$, E. Gantt 提供)

第一章 生命的化学基础：原理



在一个1公升瓶子底部附着的一种盐的晶体（近似实大）。结晶的型式反映了该化学晶格中正离子和负离子有规则的堆积（参见图1.14）。(Waldo E. Cohn 博士和国立橡树岭实验室照片服务部提供)

你或许会感到奇怪，一本关于细胞结构和功能方面的专著竟拨出篇幅研讨化学的某些基本原理。曾经有过一个时期，我们的全部有关生物的知识均是来自这样一些生物学家的敏锐的观察，这些生物学家只是以防腐剂、组织切片机、一些染色剂和显微镜之类的工具进行工作的。然而，随着化学家和物理学家的分析技术应用于生物材料，使得在远比光学显微镜下可见的要小得多的结构单位的基础上来分析这些生物材料成为了可能。这类结构单位便是原子和分子。

这类研究的结果明确了以下两点：

1. 尽管生物，以及（到较小级的）组成生物体的细胞，在外观上千差万别，但它们的化学组成却显著地相似。

2. 尽管生活物质的化学结构十分复杂，但它同样也是以存在于非生命界的材料和原理为基础的。

上述两个发现已产生了深远的后果。使生物学家的注意力从生物体彼此在许多方面的不同转向它们彼此在许多方面的相似。在这种研究方向转移的同时，我们观察生命体的方法也扩大了。生物学家不再满足于简单地研究形态学，即由细胞、组织和器官等组成有机体的方式。现在他们必须探讨有机体的这些不同的结构部件是怎样工作的，也就是说，他们还必须研究有机体的生理学。为了寻求答案，生物学家必须了解活细胞的化学构成和支配活细胞活性的化学原理。

1.1 物质的形态

至今为止，宇宙中已知有生命，并因而有活细胞存在的唯一的地方是我们这一行星。在覆盖着地球表面的极薄的一层中存在着带有生命特性的物质的独特的结构。生活物质生活在它周围的无生命环境中，并与之不停地相互作用。这一无生命环境包括：

1. 岩石圈：靠近地球表面的土壤和岩石，
2. 水圈：地球上的水，包括盐水和淡水，
3. 大气圈。

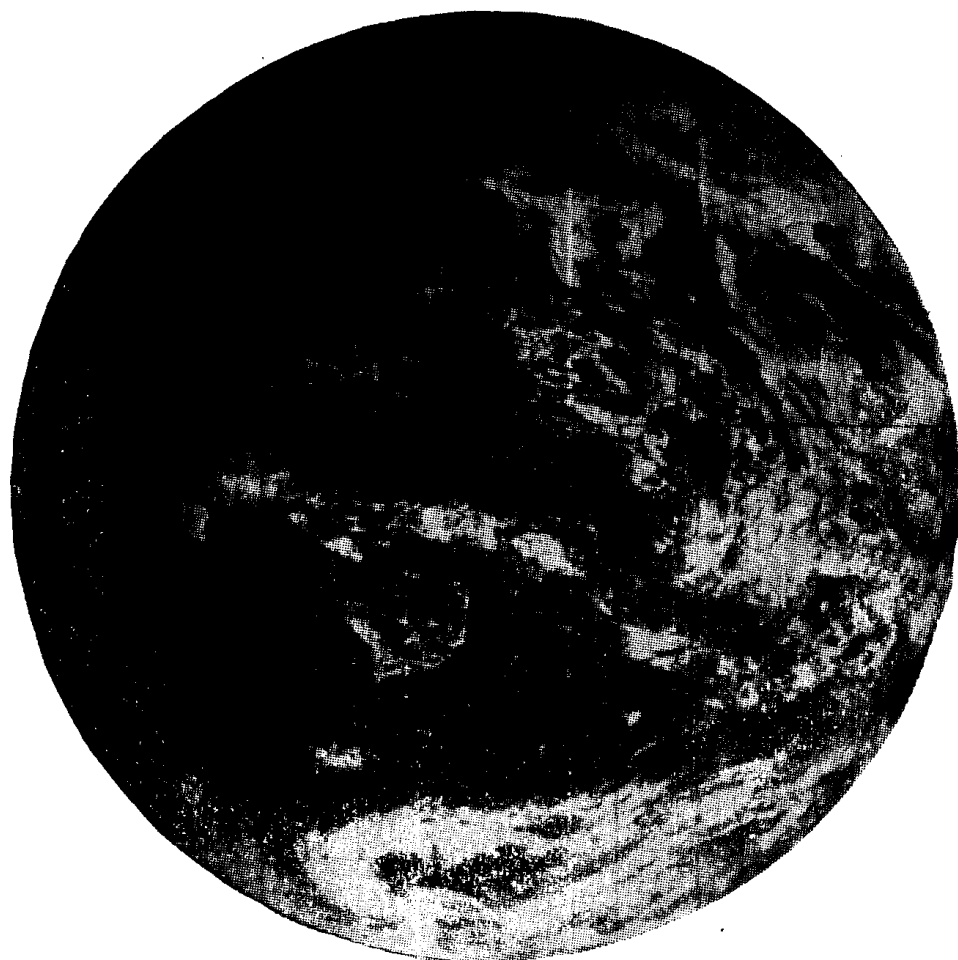
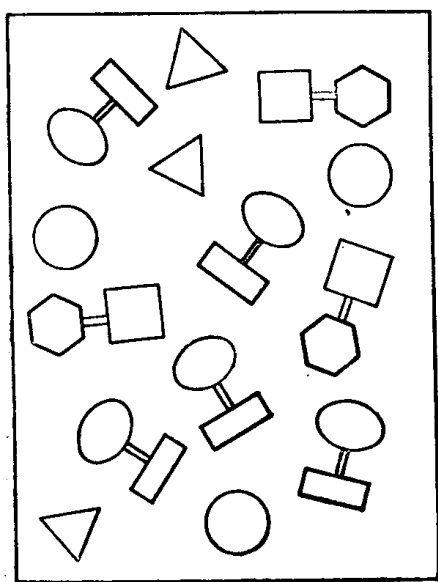


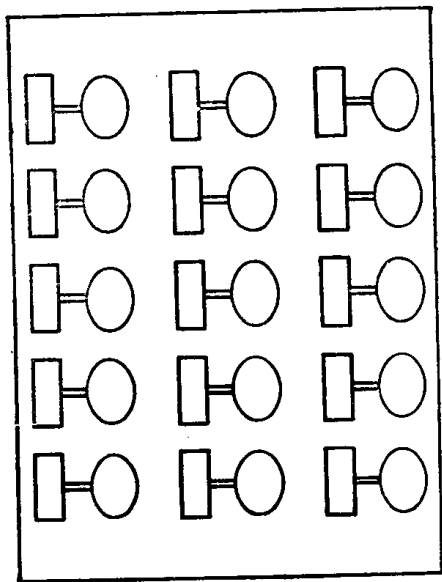
图 1.1 地球。（美国国家航空和宇航局提供）

生物圈与地球这三个非生命圈的每一个都互相交叉,即生物圈是一个狭窄的区域,其中存在着与岩石圈、水圈和大气圈相互作用着的生活物质。生物圈非常薄,绝大多数的生物都是存在于厚度不超过 20 公里(12 英里)的层内的(地球的直径约为12,750 公里)。任何一个花时间去分析这一情况的人都能清楚了解生物圈范围的大小。但只有六十年代的太空探险以及这种探险提供的自外层空间观看我们这一行星的机会,才给我们提供了关于我们和所有其他生物共存其中的空气、水及土壤层的精微特性。(图 1.1)

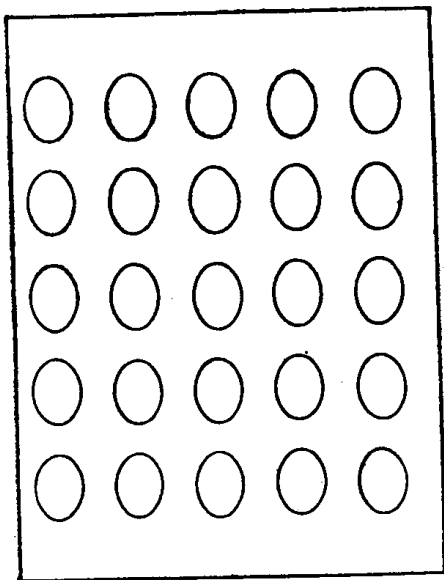
这四种圈是由什么组成的呢?如果我们仔细地检验岩石或土壤样品,我们将强烈感受到它的异质性,亦即我们将会发现它是由多种多样的可认出的组分如砂粒、云母片等所组成的。水的组成看上去比土壤均一些,而在实际上也确是如此,但如果我们蒸发海水样品,我们仍会得到含有几种不同盐类的残留物。大气圈在组成上甚至比海水更均一,但和



混合物



化合物



元素

图 1.2 物质的形态:图解。混合物是由不同比例的分子和原子所组成。组成化合物的两种或多种的原子是有确定比例的。元素完全是由一种原子所组成。

海水一样, 仔细分析也会发现多种组分。例如, 我们把一只活老鼠放入含有空气的密封容器中, 空气的组成将会改变, 以致最终老鼠将不能再呼吸这种空气——氧气已经消失 (已被二氧化碳所代替)。

土壤、水和空气——以上这些物质都是混合物的例子(图 1.2)。生活物质又是怎样的呢? 自生物的细胞中挤出汁液, 你将面对着最复杂的混合物。对于那些想要了解细胞功能的人的主要任务之一便是寻求将细胞组分分开的方法, 以便能在分离的条件下研究它们。

混合物组分的分离

我们要利用某些组分的可与其余组分相区别的特性来分离混合物的各组分。例如, 如果混合物中某些组分大于其它的组分, 我们可以驱使这一混合物通过一个有孔的障碍物, 使只有小于孔眼的组分才能通过。因而通过滤纸过滤, 我们很易于将砂子和水分离(图 1.3)。或许我们想要分离糖和淀粉的混合物, 如果我们将此混合物放入周围被水包围的玻璃纸袋中, 小分子的糖可通过玻璃纸上的孔眼而跑出袋外, 而大分子的淀粉就被留在袋中了(图 1.4)。其它的一些用以分离混合物组分的办法是利用各种组分在形状、密度、在溶剂中的溶解度或电荷等方面的差别。

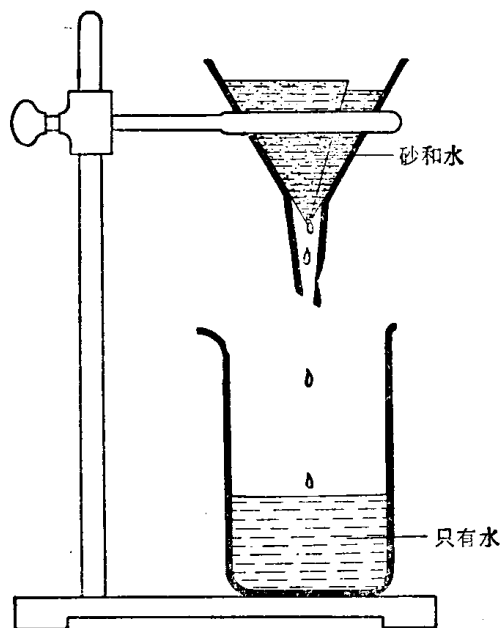


图 1.3 过滤: 任何对于通过滤纸孔眼而言过大的颗粒, 如砂粒, 可用此法从较小的分子如水分子中分离出来。

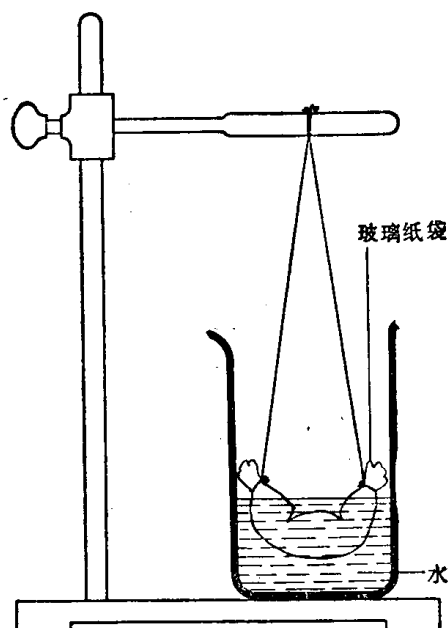


图 1.4 渗析: 玻璃纸上的孔眼小, 使大分子(如淀粉、蛋清)留在管内, 小分子和离子(如葡萄糖、 Na^+ 、 Cl^-)则很快地穿过而进入周围的水中。渗透便是将大分子自小分子和离子中分离的过程。

图 1.5 是一种用来自混合物中分离不同分子的装置, 名为层析柱。柱中充以某种固体物质, 这种物质使某些分子通过它时的阻力大于其他的一些分子。例如, 如果柱中充以带负电荷的固体物, 一个既含有带正电荷的分子亦含有带负电荷的分子的混合物通过它时, 带正电荷的分子就将被滞留在柱中。这是由于相反的电荷相互吸引而造成的。因而, 利用电荷的差异, 至少可部分地纯化不同分子的混合物。

另一方面, 如果柱中充以半固体的小珠, 这些小珠可使小分子进入它们内部而大的

分子则不能，人们就能根据分子的大小将不同分子的混合物分开。如将此类混合物自柱顶倒入，小分子能使自身分布体积大于大分子所分布的体积(图 1.6)。因而，大分子在柱中的移行较快，混合物可被分离(分段分离)为它所含的各组分。



图 1.5 柱层析。将蛋白质分子的混合物溶液加入到右边色谱柱的顶部，柱中填充的物质按照分子大小使之分离。当分离开的蛋白质离开柱底部时，它们被收集在分开的试管中。

(Instrumentation specialties 股份公司提供)

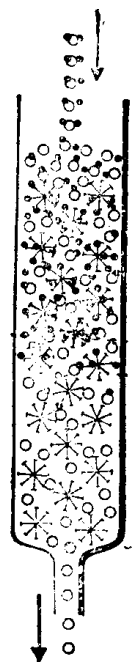


图 1.6 按照分子大小的色层分离。柱中充以半固体圆珠，可使小分子(黑点)进入其内部，而不能容纳大分子。因此，当两者的混合物进入柱子(顶部)后，小分子较之大分子分布在更大的溶剂体积中。随着溶剂通过柱子向下移动，大分子被推进的速度要比小分子快得多。

我们应用此类分离技术时应注意以下一些问题。首先，此类技术一般说来都是温和的，无需大量的能量输入。这是由于在混合物中将各组分结合在一起的作用力是弱的。其次，我们发现混合物中各组分的比例是可变的。某些矿石富含铁，而有些又是贫铁的。大海洋中的水，某些地区的含盐量大于另外的一些地区。甚至大气所含的二氧化碳和水蒸气等组分的量亦是有一定程度的变化。至于细胞，举一个例子，其水的含量的幅度就可以是从 60% 到 90%。

自我们分离混合物组分的意图而导出的第三个重要的结论是，分离出来的各组分仍保持其给混合物所提供的性质。空气能支持燃烧是其组分氧所具有的支持燃烧这一性质的必然结果。食盐(氯化钠)，无论它是混合物(海水)中的一部分或是分离成纯净的物质，其化学性质总是相同的。因而分离混合物中各组分的目的在于析离出组成该混合物的各

种纯物质。

纯物质

自混合物中分离出来的某些纯物质不能进一步地分割，氧就是一例。空气中的氧是物质的基本结构单位之一。它是一种元素，然而另一些纯物质却可被进一步分割成它们的各个组分。这类物质称为化合物。食盐(氯化钠)就是一例；水是另一例。如果将电流通过熔融的食盐，就会得到两种新物质：钠和氯。钠是一种发光的金属，它极活泼，以至于必须隔绝空气来贮存。氯为微带黄色的气体，对生命极毒。在此操作中，我们将化合物(氯化钠)分解成为构成它的元素了。

这一过程和前述的分级分离混合物的过程之间的差别是什么呢？首先，这一过程需要有一定的能量输入，这是因为化合物中将原子结合在一起的力往往是很强的。第二，化合物的各种成分是以固定的比例存在的。如果我们将电流通过 58.8 克氯化钠时，我们总是准确地得到 23 克的钠和 35.5 克的氯。同样，如果将电流通过水，氢和氧总是以不变的 16:2 的重量比产生。最后，我们还必须记住化合物组分的性质与化合物本身的性质是不同的：钠和氯二者对生物都很有害，与此相反，它们的化合物，氯化钠却是动物食物中必需的成分。

1.2 元 素

通过用各种有力的化学手段来降解化合物，最终能将它们还原成它们的组成元素，例如：水可降解成组成它的氢和氧。对岩石圈、水圈和大气圈中任何地方的化合物如是处理时，我们发现不论样品复杂到怎样的程度，最终它总能还原成某几种元素，而这几种元素属于仅包括 90 种元素的这样一个范围之内(已知还有另外的一些元素，但它们是那样的不稳定，以至于在地球上尚未被检出，只是以核物理设备特意对它们进行了少量的合成)。图 1.7 列出了地球表面附近最常见的元素的相对量。

岩 石 圈 的 组 成		人 体 的 组 成	
氧	47	氢	63
硅	28	氧	25.5
铝	7.9	碳	9.5
铁	4.5	氮	1.4
钙	3.5	钙	0.31
钠	2.5	磷	0.22
钾	2.5	氯	0.03
镁	2.2	钾	0.06
钛	0.46	硫	0.05
氢	0.22	钠	0.03
碳	0.19	镁	0.01
全部其他	<0.1	全部其他	<0.01

图 1.7 岩石圈和人体的元素组成。每一个数字表示存在的原子总数的百分数。例如，岩石圈的一个代表样品中每 100 个原子中有 47 个是氧原子，而岩石圈的每 10,000 个原子中仅有 19 个碳原子。

生活物质的混合物和化合物是极其复杂的,但是它们最终也能被还原成元素。这些元素的种类并不很多——仅有 25 种左右。图 1.7 列出了生活物质中较常见的某些元素。

从这些表格必须明确两点。第一,显然生活物质不仅是只利用它所能取得的多种元素的一部分,它从非生命环境中所获得的这些元素的相对比例与这些元素在环境中的比例也是完全不同的。换言之,生命的特性之一便是摄取非生命世界中某些稀少的元素并在活细胞内将其浓集。在地壳的原子中,氢、碳和氮原子的总和不到百分之一,但在生活物质中,却占原子的 74% 左右。生命将稀有元素浓集于其自身内部的能力是十分值得注意的。某些海洋动物将钒和碘之类的元素累积在它们的细胞中所达到的浓度竟是周围海水中的一千倍,甚至更高些。有些海藻能从海水中摄取铀,并且在它们的细胞中集中,现在甚至已建议采用自这些海藻中提取铀的方法来从海洋中“开采”铀。

关于生活物质的元素组成的第二点是,我们并不确知所需的元素的确切数目。有些元素,如硒和铝,在生物体中的浓度几乎为零。于是问题来了,即这一元素,尽管极少,是对生命起着必不可少的作用呢?还是仅仅来自生物的环境,例如它的食物的一种偶然的摄取物呢?

回答这些问题的一种尝试如图 1.8 所示。把幼年大鼠放在塑料的痕量元素隔离器中饲养。动物所得到的空气已滤去所有的灰尘。动物的食物是极度精心制备的,以使污染元素减少到最低限度。采用了这种方法,Dr. Klans Schwarz 和他的同事已能证明,除非大鼠自它们的食物中得到少量的钒、硒和氟,否则它们就不能正常地生长。就氟而言,每一百万份食物中含 0.5 份的氟便能使动物恢复正常的健康和生长。这个发现是一种讽刺,也是个重要的教训。某些氟化物是用作毒鼠药剂的,在动物能摄取的浓度时,药效很好。因此,这个元素在大剂量时是致命的,而在小剂量时对生命却又是必不可少的。

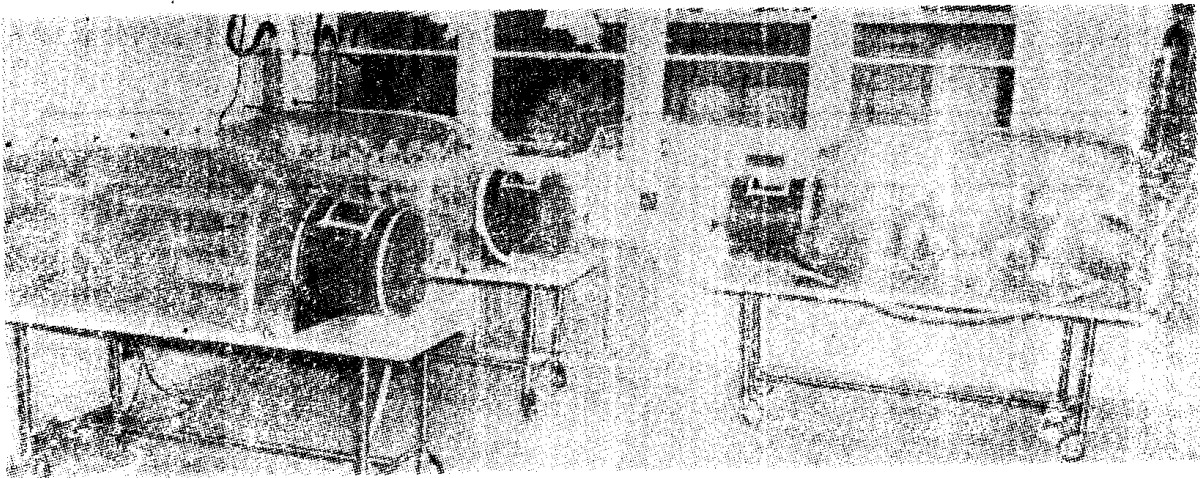


图 1.8 痕迹元素隔离器。生长在这些全塑料室中的试验动物是严格与环境污染隔离的,它们的饲料是精心制备的、精确测定了组成的食物。采用这个装置证明了,大鼠的食物中如果没有少量的硒、钒和氟时,它们不能正常生长。(加利福尼亚州,长滩,退役军人总署医院 Klans Schwarz 提供)

1.3 原 子

每一种元素是由一种原子构成的。我们可将原子定义为能与其他元素化合(多为一瞬间)的元素的最小部分。为了便于讨论元素以及组成它们的原子,我们对每一种元素都采用了一种符号表明(图 1.9)。

原子结构

没有任何人看到过原子,但是多年的研究已提供了一个可说明元素的许多可测量的性质的模型。每一个原子都有一个小而密集、带有正电的原子核,其外围以轻得多的、带有负电的粒子,名为电子。最简单的原子,氢原子的原子核是只由一个名为质子的带正电的粒子所组成。由于只含一个质子,所以氢原子的原子序数定为 1。与这一原子核相结合的也只有一个电子。电子的电荷与质子的电荷数量上是相同的,因此就整个原子而言,是电中性的。氢原子的整个重量几乎都是来自质子的重量。

氦(He)元素的原子在其原子核中有两个质子。因此它的原子序数为 2(图 1.10)。氦的原子核还含有两个称为中子的粒子。中子与质子重量相同,但不带任何电荷。质子和中子两者紧密地依附在一起而形成紧密的带正电荷的原子核。氦原子核的周围有两个电子,因此就整个原子而言仍然是电中性的。

所有其他种类原子的结构都是符合于同样的规则的。从锂(原子序数=3)到铯(原子序数=105)。各种元素的原子可按照原子序数递增的顺序而列成一表。在此一表中没有出现空格。每一种元素具有其特定的原子序数,它的原子比表中居前一位的元素的原子多一个质子和一个电子。

同位素 一种特定元素的所有原子,其原子核中都具有相同数目的质子。这个数目也就是该元素的原子序数。对于中子,就不能这样说。同一元素的不同原子的原子核中可有不同数目的中子。由于(1)中子和质子两者都有不可忽略(而且相等)的重量;(2)一个原子的全部重量实际上是由原子核的重量决定的,因而上述原子的原子量是不同的。同一元素的不同原子量的原子称为同位素。

单个原子的实际重量是极其微小的。为方便起见,原子量以标准原子,即原子核中有六个质子与六个中子的碳的同位素来表示。该标准原子以 ^{12}C 来表示之。碳-12(^{12}C)的原子量人为地指定为 12 道尔顿(以原子量研究的先驱者——约翰·道尔顿的名字命名)。可见,一道尔顿为 ^{12}C 原子重量的 $1/12$ 。质子和中子的重量都极接近于 1 道尔顿。碳-12 是最常见的但决不是碳的唯一的同位素。尚有少量存在着含六个质子和七个中子的碳 13(^{13}C)和含六个质子和八个中子的碳 14(^{14}C)。

在查阅图 1.9 时,你可能对大多数原子量都不是整数这一情况感到诧异。这是因为大多数元素的天然样品都是由各种同位素的混合物构成的。例如:天然氯的样品中,约有 75% 的原子是同位素 ^{35}Cl ,其余的是 ^{37}Cl 。这种比例造成的重量平均值为 35.5,与图 1.9 中所示的测定值相近似。

同位素的存在以及制备同位素非天然混合物的技术为生物学家提供了极其宝贵的工具。例如:我们可以制备一种生物所需用的碳化合物,使其中许多正常的 ^{12}C 原子为 ^{14}C 原子所取代。 ^{14}C 恰好是有放射性的。通过追踪活机体内放射性的状况可以得知在有机

1 氢 1H 1.00797								
2 1 锂 3Li 6.939	2 2 铍 4Be 9.0122							
2 8 钠 11Na 22.9898	2 8 镁 12Mg 24.312							
2 8 钾 19K 39.102	2 8 钙 20Ca 40.08	2 8 钪 21Sc 44.956	2 8 钛 22Ti 47.90	2 8 钒 23V 50.942	2 8 铬 24Cr 51.996	2 8 锰 25Mn 54.938	2 8 铁 26Fe 55.847	2 8 钴 27Co 58.933
2 8 铷 37Rb 85.47	2 8 锶 38Sr 87.62	2 8 钇 39Y 88.905	2 8 锆 40Zr 91.22	2 8 铌 41Nb 92.906	2 8 钼 42Mo 95.94	2 8 锝 43Tc (99)	2 8 钌 44Ru 101.07	2 8 铑 45Rh 102.905
2 8 铯 55Cs 132.905	2 8 钡 56Ba 137.34	57-71 镧系*	2 8 铪 72Hf 178.49	2 8 钽 73Ta 180.948	2 8 钨 74W 183.85	2 8 铼 75Re 186.2	2 8 锇 76Os 190.2	2 8 铱 77Ir 192.2
2 8 钫 87Fr (223)	2 8 镭 88Ra (226)	89-103 锕系*	104Rf (261)	105Ha (262)	106 (263)			

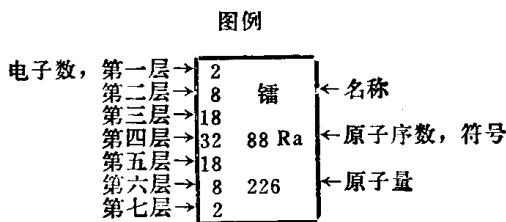


图 1.9 元素周期表。每一个纵行中的元素在它们的最外层具有相同数目的电子，因此而有相似的化学性质。这一碳化合物的正常的移行路径。因此， ^{14}C 可以用来作为一种“标记物”或“示踪物”。在以下的章节中我们将讨论这项技术的一些专门例子。现在要切记的是通过应用此项技术而明确的事实——即原子中原子核的重量对该原子的化学性质几乎没有或完全没有影响。元素以及组成它的原子(不论其原子量是多少)的化学随元素的原子序数而变化。只要是含有六个质子的原子,不论其中子数目是多少,此原子就总是碳原子。因此,六个质子和八个中子的原子是碳的一种同位素, ^{14}C 。而七个质子和七个中子却是全然不同的元素,氮-14。现在让我们来看看为什么是这样。

周期表：进一步的讨论

图 1.9 是将大多数的元素按原子序数的顺序排列而成的表。但这个表的排列较之简单的行列,说明的问题要丰富得多。将元素按上表排列后,一个突出的特性就显而易见了。这便是,有着多种共同化学性质的元素以有规则的间隔而重复出现。在从右数第二纵行是氟、氯、溴和碘。这些元素的化学行为是十分相似的。例如,如溶于水中都能产生杀菌的溶液。从左数的第二纵行是钙(原子序数=20)和锶(原子序数=38)。由核武器的