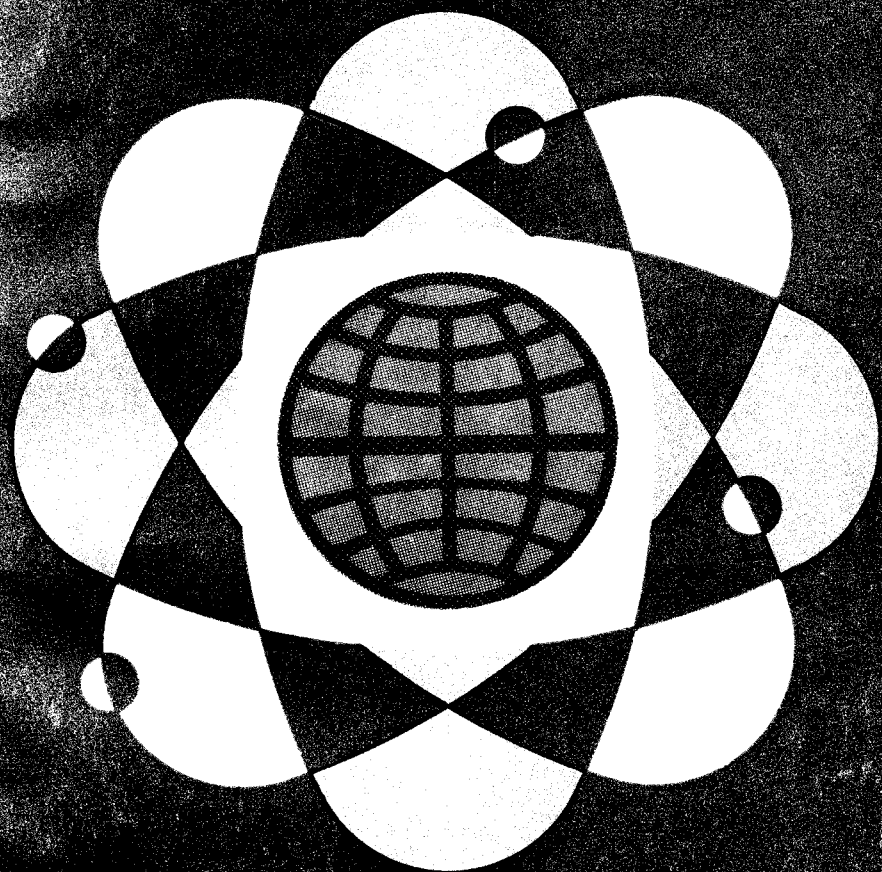




# 辐射与生命

## 内 容 提 要

本书系统介绍了辐射与生命的密切关系,并以生动的事例证明核能的开发利用给工农业生产和医药卫生事业带来了极大好处,而它施予人类的辐射大约只等于医用辐射的 $1/100-1/1000$ 。整个核工业的安全性也远远超过其它任何工业。

本书为科普读物,内容广泛,文字通俗易懂,适于核工业、医学及有关工农业部门的干部及科技人员阅读,并可供高等院校有关专业师生参考。

Radiation and Life  
by

Eric J. Hall

辐 射 与 生 命

E. J. 霍尔

沈国民 刘文才译

恽肇文 恽肇权校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

北京印刷一厂印刷

(北京西便门)

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $5\frac{7}{8}$ ·字数130千字

1983年12月第一版·1983年12月第一次印刷

印数 1—2800 ·统一书号:15175·516

定价:0.75元

辐射与生命

1-2

2-2

## 序 言

辐射的应用已成为现代生活整体的一部分。从肢体骨折的X线拍片到癌症的治疗,辐射的医学应用,现已非常平常,几乎每个医院都在使用X线设备。十年以后,要使大城市的电灯不停电,不靠核能发电就能得到充足的电力,这是不可想像的。

各种生物经常受到某些天然辐射的照射,诸如土壤和食物中的放射性,以及来自外层空间的宇宙线照射。人工辐射是指医学及工业上应用的X射线及原子能事业中的辐射。这些人工辐射也会增加对我们的照射量。由于现代技术的发展,宇航员已能去月球旅行;每年还有几百万人乘坐喷气式客机飞行,这两项也有额外的宇宙射线照射。

在医学和工业上采用辐照,它给社会带来极大的益处,这是毫无疑问的。然而过多的剂量,可以对我们的健康和幸福造成灾难性后果,这一点也是事实。辐射可以引起疾病,同时又能治疗疾病。即使是用处很大的X线拍片,不慎重的过量使用也能引起病患,而且在自身并未感觉受到损伤时就能引起遗传性的改变,导致我们后裔中出现有害效应。到目前为止,我们还不能完全肯定,究竟应该怎样来权衡危险和收益,多大的辐射剂量算是“过量”?多大剂量算是安全?我们愿意接受多大的危险作为换取某种收益的代价?

本书不讨论在战争中使用核武器的辐射。如果有朝一日,核大国间真的发生了全面冲突,并发射装有核弹头的弹道导

弹，这时，辐射效应实际上变得不重要，它与冲击波及热辐射的破坏力相比，便是小巫见大巫了。本书着重于讨论原子能的和平利用和由此产生对人的辐射照射。

本书的目的在于：一、向读者介绍一些有关辐射的科普知识。例如，什么是辐射？辐射是如何影响活机体的？二、论述现代技术中使人受到照射的各种辐射源，并且展望未来。特别要注意辐射的医学应用及工业应用的比较。当公用事业公司提出建造用于发电的核反应堆时，社会上就会掀起一股大叫大嚷的抗议声。可是，就是同一批抗议者却甘愿忍受每6个月一次的牙科X线检查。问题是这种态度是否合乎情理？

辐射恐惧已对那些沉着、理智的人们造成了最荒谬的影响。这在某种程度上是可以理解的，因为辐射是看不见的，而产生的微小生物学改变又往往在很多年内不显示出来。此外，很多人传统地对辐射有不好的印象，在头脑中还消除不了把它与原子弹、落下灰、死亡和破坏相联系。

没有别的办法，只有增加知识才能消除恐惧和猜疑。使更多的人懂得辐射可给人们益处，也可给人们带来危险，这就能更好的使他们在决定辐射对我们社会的作用时，起到好的作用。如果本书能在某种范围内起到教育公众，使他们做出聪明和理性的判断，作者就满意了。

E. J. 霍尔

1975年8月于纽约

# 目 录

## 序 言

|     |                  |         |
|-----|------------------|---------|
| 第一章 | 我们的辐射遗产 .....    | ( 1 )   |
| 第二章 | 原子内部 .....       | ( 4 )   |
| 第三章 | 看不见的射线 .....     | ( 14 )  |
| 第四章 | 细胞、小鼠及人 .....    | ( 20 )  |
| 第五章 | 自然界产生什么 .....    | ( 46 )  |
| 第六章 | 医用射线 .....       | ( 52 )  |
| 第七章 | 原子动力 .....       | ( 89 )  |
| 第八章 | 天空不会那么友好 .....   | ( 132 ) |
| 第九章 | 担些风险——受益不浅 ..... | ( 143 ) |
| 第十章 | 危险与收益的比较 .....   | ( 157 ) |

## 第一章 我们的辐射遗产

### 辐 射 环 境

地球上生命的起源和进化，一直处在有辐射本底的环境中。辐射本身不是什么新东西，更不是人们的臆造，它无时不存在于自然界中。争论较多的一点是：是生物有了进化还是辐射能影响活机体并引起突变？尽管辐射有潜在危害，生物在长期斗争中总是胜利者，而影响活机体能力和引起突变的能力又是使生物种属有不断进化的重要因素。到目前为止，还没有人能凭藉现代科学的知识，对这一问题作出肯定的回答。

我们在医疗机构受到的X线照射；在高速喷气客机旅行中受到的照射；五十年代以来原子弹试验的落下灰辐射；以及由核电站反应堆发出的辐射都是新的，人工的辐射。这些便构成了对人们的额外照射，使我们除受到自然本底的辐射外又增加了人工辐射源的照射。看起来这是限于少数人关心的问题，但实际上由于问题的重要，必须作出相应的对策，最终还必然涉及到整个社会。

我们面临的污染只是工业技术发展时代的副产品，它具有新的独特意义。有些新东西是人和动物或其它生物过去从未接触过的。例如，用作食物添加剂和杀虫剂的许多化学物质；煤和石油燃烧时产生的大量烟雾及其他副产品。所有这

些，在地球上以前并不大量存在，这些产物是人类自己生产的，也是当前人类面临的新危害。

辐射则与此不同，它一直存在于自然界中，今天我们所做的，只不过是用辐射装置给本来存在的天然本底增加额外的剂量而已，这与其它形式的污染情况不同。一般说来，当生物体系长期接触污染物时，它们对环境会有异常的适应能力，与新毒剂的对抗中，最初生物体可能受到破坏，但后来由于机体对环境的适应及其本身的进化而减弱毒剂的效应。地球上各种形式的生命体，从一出现就开始对抗本底辐射的作用而取得进化。有充分理由可以相信，只要辐射水平不太高，机体是完全可以对付的。

## “自然”生活

在我们生活的各个方面，纯粹随“自然”而安排的情况几乎是不存在的。那些主张恢复自然的人要末是未加考虑，要末是闭眼不看现实。“自然”往往使十分之一的儿童在出生时就死亡；听从“自然”支配同样有十分之一的产妇也将丧失生命。今天我们用了大量的医药措施才使人类的死亡率降低到今天可以容忍的水平。

就是这个“自然”，它使整代儿童周期性地被白喉及天花病消灭；以及由于肺结核病特有的不断干咳及逐渐的缺氧症使每代有病儿童衰弱夭折。而我们用以保证儿童健康的方法都是人为和人工创建的。

今天我们住在有空调的房子里，冬暖夏凉，乘坐着高速运输的交通工具，吃着丰富而价廉的食物——这是由于化肥补充了大自然的短缺，农药控制了大“自然”过量的病虫害。

在我们今天的现实生活中，纯由“自然”安排的事，几乎是不存在的。

我们随时都可以看到违抗这种现实的事例。有人希望用古代的手工雕刻木器来代替今天的塑料；也有人希望得到由野树林中来的草莓，尽管这种草莓既小又有虫，但有一股强烈的香味。我们现在在超级市场虽然可以买到各种草莓，比之野生的草莓，则是粒大色红，没有斑痕，但是味道差得很远。

地球上的人已经太多了，而且习惯于过高标准的生活。要求我们自愿地返回过简单而自然的生活已经不可能，至少在美国及西欧是如此，我们大家都愿意享受美好的生活，这是与农业及工业生产技术的大量自动化紧密相关的。

在食物的生产是自然生长，货物是用皮毛和本材经手工制作的时代，人类的大多数人是贫困的农奴，在贵族的庄园中仅能勉强糊口，只有极少数人才能享受手工制作的昂贵品。凡尔赛的壮观和梵蒂冈的豪华集中代表着人类的财富，这是住在小茅草屋或土房里的劳动人民创造的，这些建筑上的伟大业绩保持了千年之久。当今塑料制品，价格低廉，是广大人民都可分享的财富。虽然我们有时发出思古之情，向往那些标价很高的古品，但无论如何我们不肯放弃今天的生活方式。

因此，在“自然”生活与科学技术支配的生活之间不存在选择问题，这方面没有选择的余地。自然生活已成为不可能，而科学技术则是现实存在。问题是要兴利去害，把两者分开来对待。



## 辐射应用的增长

这里我们特别关心的是在医学、工业和动力方面辐射应用的增长。人类还从来没有因为使用新工具而带来这样的忧虑。当初燃烧大量的煤以生产动力，引燃了工业革命之火。那时国家科学委员会并没有坐下来仔细考虑烟雾可能对人类健康造成什么危害。在最初使用农药时，几乎没有想到可能对人或动物有毒害作用，而更多的却是陶醉于控制虫灾，使食物更加丰富。

今天我们已经接受了一些过去的教训，变得更加谨慎了，带着怀疑的眼光看待一切，在我们所认识的社会里没有什么东西是免费的，我们不能不付出代价而得到任何东西。每件物品都有标价。在我们的每天生活中，我们已习惯于买东西就得付钱，并考虑所支费用是否与受益相当，在我们日常生活的每个方面都是如此。对待辐射问题也不例外。

正如我们在以后几章中看到的那样，原子辐射在医学、工业和动力生产方面的运用能够提供巨大的收益。毫无疑问，人类受到过多的辐射照射又会产生不幸和痛苦。问题是我们怎样来划定界限？如何在利害之间作出权衡。

## 第二章 原子内部

### 构成物质的基本单位

为了便于理解原子辐射，我们必须懂得一点有关原子结

构方面的初步知识，因为各种辐射都发自原子的内部。本章对上过大学物理课程和具有原子结构知识的人来说，可以省略不看，而直接阅读第三章。

原子是构成物质的基本单位，一小滴普通水中含有数万亿个原子\*。一个原子的平均直径大约是一亿分之一厘米，整个原子内部几乎都是“空的”，虽然还没有人能看见原子的内部，但是通过仔细的实验，就能得出原子内部结构的完整概念。

### 早期关于物质的概念

人类对于他们生活的世界经常怀有好奇的思索。希腊人把物质分为四种要素——空气、土地、火及水。这种观点大约统治了两千多年。约在二百多年前，实验证明，空气不是不能分的，而是可以分为氮和氧。几年以后，又发现水也不是不可分的整体，它是氢和氧的结合物。

一张元素周期表渐渐形成了。元素是物质的一种形式，这种形式不能由比它简单的物质结合而成，或者它不能用一般的化学反应分解成为其它物质。举例说，氢是真正的元素。它可以一而再，再而三地分，但它最小的单位仍是氢。曾经设想元素是由原子组成的，它是完全不能分的粒子，这种粒子又圆又硬，就象海滩上的小石子。早在十九世纪就已肯定，水中的氧远比氢要重。由此得出结论，氧原子比氢原子重，而且所有的原子不尽相同。

---

\* 原文如此。据粗略计算，比此值大得多。——译者注

## 电 和 原 子

还在原子按重量排列时，电学方面也有了新发现。大约在公元前600年，希腊人发现了静电（不流动的电）。他们用琥珀和毛皮摩擦时，发现琥珀具有吸引轻小碎屑的神秘力量。我们也经常见到，当我们在干燥天气梳头时，梳子同样也获得能吸引小纸片的特性。直到十七世纪，人们才发现带电物体之间彼此吸引或排斥，电荷有截然不同的两种。两种物体摩擦后，一物体获得正电荷，另一物体则获得负电荷。正负电荷彼此吸引，试图靠拢。同种电荷（正电或负电）则彼此互相排斥。

十八世纪末，人们成功地让电流过导线，形成电流。人们对这种新的电力效应做过无数次的实验，其中有一项实验具有更深远的意义，那就是试图让电流通过含有低压气体的管子。管子一端的一块金属板接在发电机的负极，而另一端接在正极。当电流通过气体时，管子负极周围就有一种奇异的蓝色辉光，这个极我们称之为阴极。

根据这样一些实验，创造出当今常用的多种电器，包括电视机、X射线机和日光灯。管中的发光，当初统称为“阴极射线”，因为射线是从电池的阴极发出的。经过更加仔细的研究后，终于断定阴极射线由管子中气体的原子或分子释放出带电粒子流组成。根据粒子移动的方向，进一步认识到它们带有负电，故定名为电子。

根据气体放电管的这些研究，令人信服地证明了原子带有少量负电粒子。在此之前却认为原子是不可见不可分割的固体粒子。这些阴极射线实验证明了一个很重要的论点，那

就是虽然没有一个人能看到原子的内部,但通过仔细的实验,就能得出一个清晰概念,说明原子内部究竟是怎样的。由于负电粒子可从原子释放出来,因此原子必然带有负电粒子。这是一种简单而有说服力的逻辑概念。

通过一个又一个的实验,逐步确立了原子结构的图像。对原子结构的观念,我们过去曾经改变过多次,没有理由认为将来就不再改变了。但原子结构的基本轮廓却已经建立起来。

## 原子结构

只有用复杂的数学才能详尽地描述原子,但对了解辐射的产生和辐射怎样影响生物,以及了解X线摄影和核电站的基本原理,我们可以绕开复杂的数学而用简单的原子和原子核模型。

原子犹如一个小型的太阳系,在原子中心是原子核,电子以一定的轨道围绕原子核旋转,就象行星围绕太阳旋转一样。原子的全部重量几乎全集中于原子核,它是原子的实体。原子核是由带正电荷的质子及同样大小的,但不带电荷的中子组成。在轨道上旋转的电子是极小的粒子,重量约等于质子或中子的 $1/2000$ 。

原子的内部几乎都是空洞无物的空间,很难设想在如此小的体积内会有那么多的空间。这可以再次用太阳系来比拟,以帮助理解。当我们仰望天空时,就会发现太阳及太阳系行星都湮没在无底深渊的太空,行星本身与它们彼此之间的距离相比,则显得微乎其微了。在原子内部也是如此,原子核几乎占有原子的全部重量,极其微小的电子在很大的轨道上

旋转，而轨道之间是空虚的。

虽然原子核内的质子比轨道上的电子大得多，但每个质子所带电荷（正电荷）正好与每个电子的负电荷相等。原子核内带正电荷的质子与轨道上带负电荷的电子互相吸引。这种互相吸引的力量，正好保持轨道上电子的不停旋转。一个整体原子是中性的，因为原子所带的正、负电荷是完全平衡的，这点不能与太阳系相类比。正、负电荷之间的电引力使电子保持在原子核周围的轨道上运行，而万有引力使行星保持在围绕太阳的环行轨道上运行。

## 元 素

氢是最轻最简单的原子。其原子核内只有一个质子，轨道上只有一个电子。质子的正电荷恰好与电子的负电荷平衡。两种电荷完全抵销。正常状态下，原子作为一个整体来看，核内的质子数与围绕原子核轨道上的电子数总是相等的。

除氢外，所有其它原子的原子核除质子外还含有中子。中子与质子的质量大致相等，但是，它是不带电荷的，故称为中子。它在原子核内的存在并不影响原子的化学性质，原子的化学性质完全由轨道电子的模式决定。

在化学周期表中，第二个元素是氦。它的原子核有两个中子和两个质子。因此轨道上有两个电子与核内的两个质子平衡。周期表中第三个元素是锂，它的原子核有三个质子和四个中子，因此，轨道上有三个电子。同样，我们考察整个元素周期表直到铀这个元素。它是天然元素中最后一个，其轨道上有92个电子，原子核由92个质子和146个中子组成。

然而，在自然界中，即使最简单的氢原子也有不同的结构。大约每7000个氢原子中，有一个氢原子的核由一个中子和一个质子组成。但轨道上仍只有一个电子，因此保持氢有同样化学性。对这种重核的氢，人们称之为氢的“同位素”，也称为氘。所谓同位素，就是化学性质相同的原子，在它们的原子核中含有同样数量的质子，轨道上有同样数量的电子，但是核内中子数不等。实际上同位素是极平常的，几乎每种元素的同位素都如此。下几章重点讨论它是因为有些同位素是放射性的，并引起电离辐射。

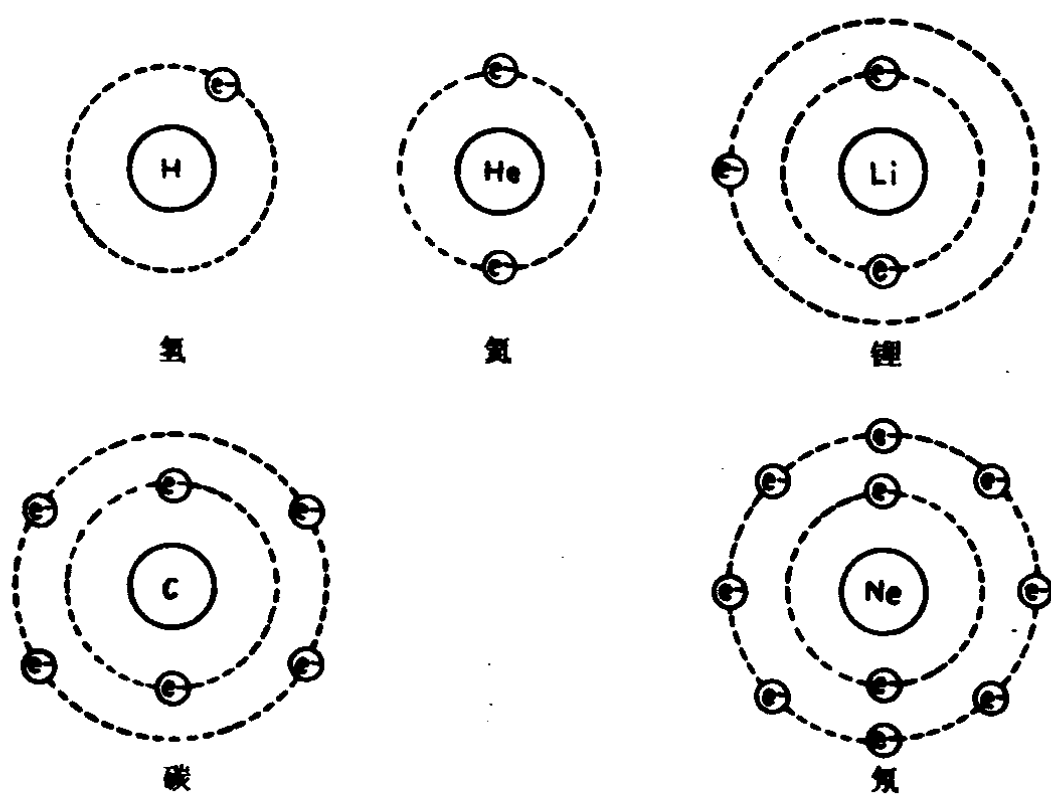


图 2.1 几个简单原子的图解。轨道上电子的负电荷数等于原子核内质子的正电荷数，电子排列于“壳层”。每一壳层只允许一定数量的电子

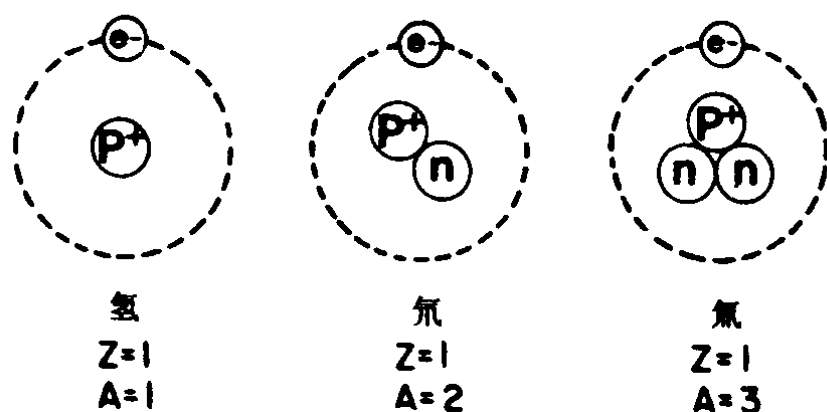


图 2.2 氢的同位素。左图是一般的类型，核内有一个质子；中图是氘，核内有一个质子和一个中子；右图是氚，核内有两个中子和一个质子。三种同位素在轨道上都只有一个电子，因此它们的化学性质一致。氚是放射性的，因其核内有多余的中子

## 分 子

自然界中虽然仅仅存在92种不同的元素，但是它们以千千万万的方式相互结合，构成我们在地球上见到的纷繁多种的物质。它们是通过不同原子之间共同（或交联）具有轨道电子，相互结合在一起而成。

电子排列在不同的轨道或壳层，按不同距离围绕原子核旋转，犹如行星中的地球、水星火星等在它们自己的轨道上绕着太阳旋转一样。这一比拟尚有局限性，因为太阳系的每个行星都有它自己的轨道，而电子通常每一壳层可有多个电子。离原子核最近的轨道有一个电子（如氢）或两个电子（如氦），但决不会有更多的电子。锂原子有三个电子，其第三个电子只得占据在第二壳层，这一层最多可容纳八个电子。钠原子有十一个电子，第一壳层有两个电子，第二壳层为八

个电子占有，而第十一个电子则单独占有第三壳层（即最外层）。

外壳层为电子数占满的原子比外壳层留有空位的原子稳定，所有的物质都寻求稳定的状态。最稳定，即化学性质不活泼的元素是惰性气体：氖、氩、氦和氙。在所有这些元素中，外层电子数都是满的，都达到最大允许数，因此它们没有参予任何化学反应的要求。

### 由共有电子构成的分子

外壳层电子不满的原子，便寻求与其它原子共同分享电子。例如氢原子外层轨道上有一个电子，和一个可再容纳一个电子的空位。如果两个氢原子配成原子对，那么它们的电子轨道可画成部分重叠。每一个电子同时填满两个原子的壳层。因此两个原子的外壳层轨道都得到满足，这个氢原子对就称为氢分子。必须指出，简单分子可由两个原子构成，而另一些则由许多原子构成极为复杂的分子。

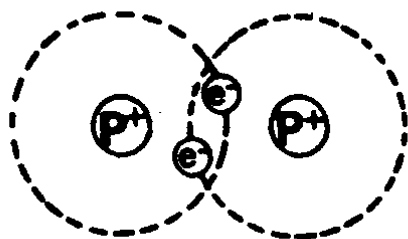


图 2.3 氢分子。每个氢原子的壳层只有一个电子及一个空位。如果两个氢原子构成对，那么它们的电子壳层图可画成部分重叠，并使共同的壳层填满空位



## 由共有电子形成化合物

氧原子核内有八个质子，轨道上有八个电子。它的内壳层已填满两个电子，外壳层虽可容八个电子，但只有六个电子。氢原子外壳层只有一个电子，也不是满位的。因此两个氢原子就可以与一个氧原子结合成水分子。这就意味着两个氢原子和一个氧原子通过共同分享外壳层的轨道电子而结合，每个氢原子贡献一个电子给氧原子。这样，氧原子的外壳层可有八个电子而满位。地球上大量的水便是通过这种极平常的化学反应形成的。水非常稳定，是一切生命体所必不可少的。

钠原子有十一个电子，第一壳层有两个电子，第二壳层为八个电子，而第三壳层只有一个电子。钠外壳层只有一个电子，它的化学性质活泼，非常不稳定。氯共有十七个电子，第一壳层两个电子，第二壳层八个电子，第三壳层为七个电子。它需要有一个电子来填补它的外壳层空位，这个空位是氯的化学性质活泼的原因。如果这两个化学不稳定物质的原子结合，则钠外层轨道上的单个电子可填充氯外层轨道中的一个空位。这样，两个原子的外层轨道处于自身满足的封闭状态。两种非常不稳定的、化学反应性强的物质结合成非常稳定的氯化钠，即食盐。

分子这样结合而成是极其普遍的，所有的原子都极力使自己的外壳层获得满位，除惰性气体外，各种元素的原子外壳层都缺一个或几个电子。分子是化合物能够存在的最小单体，单个分子盐仍然是盐。如果将它分解，那就不再是盐，而是钠原子和氯原子。