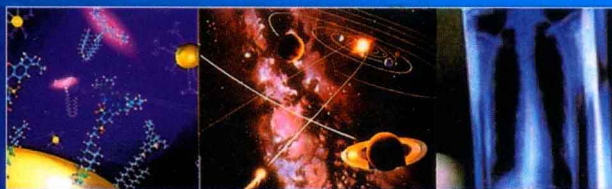


■ 余永利 吴松年 / 著

FUSHEYUJIANKANG

辐射与健康



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATION PUBLISHING HOUSE

辐射与人类健康 / 著

POSTHYDROGEN

辐射与健康



中国辐射防护学会
上海辐射防护所
SHANGHAI INSTITUTE OF RADIATION PROTECTION

FUSHEYUJIANKANG

辐射与健康

■ 余永利 吴松年 / 著

上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATION PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

辐射与健康 / 余永利, 吴松年著. —上海:

上海教育出版社, 2005.2(2011.3 重印)

ISBN 978-7-5320-9869-9

I. 辐... II. ①余...②吴... III. ①辐射危害—放射医学②辐射防护—放射医学 IV.R14

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第013002号

辐射与健康

余永利 吴松年 著

出版发行 上海世纪出版股份有限公司

上海教育出版社

易文网 www.ewen.cc

地 址 上海永福路 123 号

邮 编 200031

经 销 各地新华书店

印 刷 上海书刊印刷有限公司

开 本 850×1168 1/32 印张 2.5 插页 1

版 次 2005 年 2 月第 1 版

印 次 2011 年 3 月第 2 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5320-9869-9/R·0012

定 价 13.00 元

(如发现质量问题,读者可向工厂调换)

前面的话

宇宙充满了辐射。

自古以来，地球上的生命便暴露于自然环境的辐射中。

在我们生存的大自然里，辐射和阳光、空气、水同时存在。为什么人们对辐射总有一种莫名的恐惧感呢？这是因为辐射无色、无味、无臭以致人体无法直接感应的缘故。

人类在一百多年前发现辐射以来，就尝试让它服务于人类，如医学影像诊断、工业探伤、农产品保鲜和考古研究等，给我们带来许多方便。事实上日常生活中已经少不了辐射的应用。尤其是用于疾病诊断和治疗的医用辐射对人类贡献最大。国际原子能机构和世界卫生组织在第三届日内瓦和平利用原子能会议上统计，世界上生产的所有放射性核素约80%~90%用于医学，而用于医学的加速器约占全世界加速器总数的一半。

核医学是原子能利用的一个重要组成部分，也是现代医学的重要内容之一。核素及其辐射的应用在医学科学中引起了划时代的变化，许多疾病尤其是癌症的患者从中获益。

当我们深入了解了辐射以后，就能利用它的优点，避开它的

危险性，不再只是莫名的害怕。

为了让大家能更清楚地了解辐射，首先介绍辐射究竟是什么现象，它是如何产生的、有哪些特性以及如何与物质(如人体等)发生作用。然后，我们将着重介绍辐射尤其是医用辐射直至核医学辐射对人体健康的影响以及如何防护。

现在就让我们一起从揭开辐射的神秘面纱开始吧！



目 录

前面的话	1
1 辐射是什么	1
1-1 电离辐射的形式	2
1-2 辐射的发现	3
1-3 原子的构造	4
1-4 同位素	5
1-5 辐射的产生	5
1-6 辐射的特性	6
1-7 辐射与物质的作用	8
1-8 辐射的利用	9
2 辐射的测量	13
2-1 常用的辐射探测仪器	13
2-2 常用的辐射度量单位	14
3 辐射与健康	18
3-1 人体接受辐射的来源	19
3-2 辐射健康效应的发展过程	21
3-3 辐射造成的健康效应	22
3-4 辐射的确定效应	23

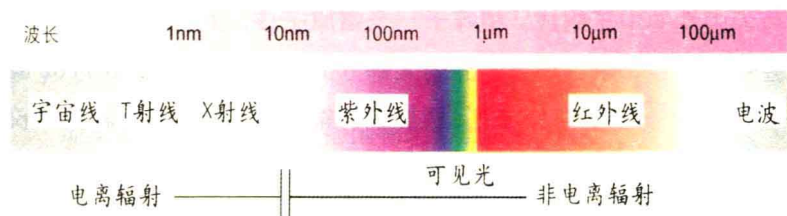
3-5 辐射的致癌性·····	25
3-6 辐射的遗传影响·····	27
3-7 辐射影响人体的途径·····	29
3-8 低剂量辐射与健康·····	30
4 辐射的安全与防护·····	31
4-1 辐射防护的原则·····	31
4-2 辐射剂量的限度·····	32
4-3 辐射防护的方法·····	32
4-4 辐射的示警标志·····	34
4-5 宇宙射线对人体健康的影响·····	35
4-6 辐射食品的安全性·····	37
4-7 核电站与辐射·····	38
4-8 美国三哩岛核电站事故·····	39
4-9 前苏联切尔诺贝利核电站事故·····	43
5 医用辐射·····	46
5-1 各种辐射诊断技术·····	46
5-2 医疗辐射对公众所致剂量·····	48
5-3 诊断辐射剂量·····	49
5-4 辐射风险·····	50
5-5 效益远高于风险·····	52

6 核医学与辐射	53
6-1 核医学检查常用的放射性药物.....	53
6-2 放射性核素在人体内的代谢.....	54
6-3 患者所受到的辐射.....	55
6-4 检查患者对周围的辐射影响.....	57
6-5 检查患者尿液与排泄物的处理.....	58
6-6 正电子发射型计算机断层(PET)检查.....	59
6-7 放射性核素治疗.....	61
 7 辐射与营养	 64
7-1 辐射对代谢的影响.....	64
7-2 辐射损伤的营养.....	68
 主要参考书目	 72

辐射是什么

辐射包括不同能量的电磁波(例如光线、无线电波及X射线等)、超声波,以及由放射性物质因衰变放出的粒子(例如 α 粒子、 β 粒子等)。

辐射大致可以分为非电离辐射及电离辐射两类。一般来说,非电离辐射(例如光线和无线电波)的能量较低,不足以改变物质的化学性质。相反,电离辐射(例如 α 粒子和 β 粒子)有足够的能量使原子中的电子游离而产生带电离子。这个电离过程通常会导致生物组织产生化学变化,因而对生物构成伤害。



非电离辐射 包括低能量的电磁辐射。我们经常接触到的有紫外线、可见光线、红外线、微波及无线电波等。它们的能量不高,只会使物质内的粒子振动,温度上升。事实上,非电离辐射在我们的生活中已被广泛应用。例如我们加工食品用的微波炉及通讯用的无线电波等。

我们要小心紫外线,虽然它不是电离辐射,但从太阳发出的

紫外线足够灼伤皮肤。在云彩较少的日子，我们应该采取适当的防晒措施，避免被太阳的紫外线灼伤。

非电离辐射也包括超声波。超声波是很高频率的声波，可以形成超声波影像，作为诊断疾病之用。

电离辐射 包括高速粒子(α 、 β 粒子)及高能量电磁波(X、 γ 射线)。它们的高能量可把其他原子内的电子撞出原子之外，产生带正电荷的离子及带负电荷的电子。

X射线是由受激发的电子射出，而其它的电离辐射主要是由不稳定原子核在衰变时射出的。

一般所指的辐射或放射线，就是电离辐射。

► 1-1 电离辐射的形式

α 粒子 α 粒子带正电荷，由两个带正电荷的质子和两个电荷为中性的中子组成，相等于一个氦原子核。由于带正电荷，它会受电磁场影响。在自然界内大部分的重元素(原子序数为82或以上)都会在衰变时释放它，例如铀和镭。由于 α 粒子的体积比较大，又带两个正电荷，很容易电离其他物质。因此，它的能量散失也较快，穿透能力在众多电离辐射中是最弱的，人类的皮肤或一张纸就能阻挡 α 粒子。

如果人类吸入或食入具有 α 粒子放射性的物质， α 粒子就能直接破坏内脏细胞。它的穿透能力虽然弱，但由于它的电离能力很强，它对生物所造成的危害并不亚于其他辐射。

β 粒子 β 粒子是高速的电子，由于带负电荷，会受电磁场影响。它的体积比 α 粒子小得多，穿透能力则比 α 粒子强，需要

一块几毫米厚的铝片才可以阻挡它。很多放射性物质都会在衰变时放出 β 粒子。

γ 射线及X射线 γ 射线及X射线都拥有高能量的电磁波。它们没有质量，也不带电荷，在电磁场内仍然能直线移动。像可见光一样，它们都是以电磁波形式传送的能量，不同的是它们的频率和能量很高，而且穿透能力很强，可以穿过人体，唯有厚厚的铅板和水泥才可以阻隔它们。

γ 射线及X射线主要的区别在于它们的辐射源。 γ 射线是由不稳定原子核射出的，而X射线则由原子核外受激发的电子射出。

中子(n) 中子不带电荷，是组成原子核的粒子之一，穿透能力极高，只有水或石蜡这些含有大量氢原子的物质，才可以阻挡它。核电站的核反应堆中，核裂变会产生高速移动的中子，通常是用水去阻挡，以控制中子的移动速度。

► 1-2 辐射的发现

最早在1895年11月，德国物理学教授伦琴(Roentgen)发现一种眼睛看不见但能穿透物质的射线。因不知其名，故称为X射线，一般俗称X光。随后不久发现X射线会使空气电离而导电。



伦琴



贝克勒尔

紧接着在1896年2月，法国科学家贝克勒尔(Becquerel)发现铀的化合物会发出一种不同于X射线，但也具有穿透能力使照相底片感光的射线，称它为铀放射线。他是第一位发现放射性的人。

1897年,英国物理学家汤姆逊(Joseph John Thomson)在从事阴极射线的实验中发现带负电的电子。

次年,1898年7月在法国巴黎,居里(Curie)夫妇首次自沥青铀矿中提炼出一种新元素,命名为钋(Po),以纪念居里夫人的祖国波兰。同年12月又成功地分离出另一新元素镭(Ra)。“放射性”(radioactivity)这个词就是居里夫人所创的。



玛丽·居里

皮埃尔·居里



卢瑟福

同在1898年,威廉·韦恩发现了带正电的质子,1899年原籍纽西兰的卢瑟福(Rutherford)发现了带2个正电单位的 α 粒子,称为阿尔法射线,同时证明带一个负电单位的 β 射线就是电子。

1900年韦拉特(Villard)发现另一种电磁波射线,能量比X射线还高,命名为 γ 射线。不带电的中子是最最后被发现的,直至1932年2月才由查德威克(Chadwick)发现。至此人类对原子核的构造,才有较清楚的了解。

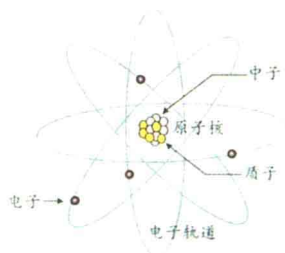


查德威克

► 1-3 原子的构造

原子的中心为原子核,内含质子和中子,体积很小但质量很大。原子核的外面有电子,像行星绕太阳一般,循着固定的轨道绕着原子核旋转。

原子核内质子数和中子数的总和称作质量数，例如钴 60，记成 ^{60}Co ，它有 27 个质子和 33 个中子，其质量数为 60。



1-4 同位素

1869 年，俄国的门捷列夫和德国的迈耶各自独立地发现了元素周期律，排出了元素周期表，那时化学家们知道的元素只有几十种。现在，已经发现的元素达到 100 多种，目前的元素周期表也比当年门捷列夫列出的元素周期表要详尽多了。最初在元素周期表中，一个元素占一个位置。后来，科学家又进一步发现，同一位置元素的原子并不完全一样：有的原子重些，有的原子轻些；有的原子很稳定，不会变，有的原子有放射性，会变化，衰变后成了另一种元素的原子。我们把这些处于同一位置的元素但有不同中子数，因而有不同特性的原子互称为同位素。同位素会放出射线的称放射性同位素。例如碘的同位素有碘 123、碘 124、碘 125、碘 126、碘 127、碘 130、碘 131 和碘 132，这中间除了碘 127 是稳定同位素(无放射性)外，其余都具有放射性。

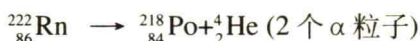
目前已知天然存在的同位素约有 330 种，其中大约 270 种是稳定同位素，其余是不稳定的放射性同位素。

1-5 辐射的产生

一般来说，辐射按其来源可以分为两大类：天然辐射和人工辐射。

天然辐射 我们接触到的天然辐射包括来自外层空间的宇宙射线及存在于食物、空气、居住环境中的天然放射性物质等。

不稳定的原子核就像脾气不好的人，需要一种发泄的途径，以便将他的怒气消弭，此时原子核就是为了回复到稳定状态，必须释放出能量，而以电磁波或粒子的形态射出，这就称为辐射（俗称放射线）。以钴 60 为例，它先放出一个 β 粒子转变成镍 60，但此时镍 60 原子核仍很不稳定，它又迅速放出两道 γ 射线，才形成稳定的镍 60 同位素。所以，一个钴 60 原子自发性地衰变时，会放出一个 β 粒子和 γ 射线。空气中天然存在的放射性同位素氡 222，它射出带 2 个正电荷的 α 粒子，形成钋 218。



钋 218 也具有放射性，会继续衰变下去。

人工辐射 我们接触到的人工辐射以用于医疗诊断的 X 射线所占比例最多。其余的来源有大气层核试验产生的放射性尘埃、夜光表、电离室、烟雾探测器等。

我们定期作胸部 X 光检查时，不禁要问这 X 光到底是怎么产生的？原来当高速运动的电子撞击重原子核时（例如钨元素）就会产生 X 射线，在医学上的用途非常大。另外，当高能轨道的电子跳回低能轨道时，也会将多余的能量，以 X 线形式射出，可应用在金属元素的定性和定量工作上。

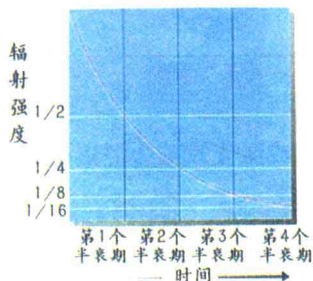
► 1-6 辐射的特性

辐射有四个重要的特性是大家必须要认识的：

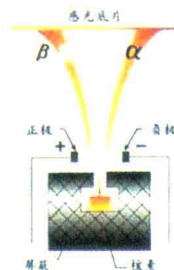
放射性衰变是自发性的反应 放射性同位素的衰变是自发性

的，无法以物理和化学的手段去改变它。

辐射受电磁场影响 辐射若带有电荷，则其行进时会受电磁场影响而偏转，



γ 射线因不带电荷，故其行进轨迹不会受电场影响。



辐射强度随时间的增加而递减 放射性同位素的衰变率(或辐射强度)会随时间的增加而递减。

辐射强度每减少一半所需要的时间称为半衰期。各放射性同位素的半衰期都是固定的，但时间都不相同，犹如人的指纹。例如碘 131 的半衰期为 8.04 天，钴 60 的半衰期为 5.26 年，空气中氡 222 的半衰期为 3.82 天。

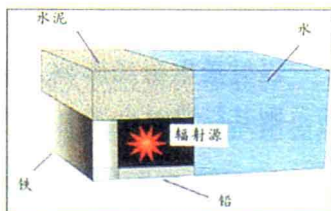
不同的辐射有不同的穿透能力 由右图可知 α 射线的穿透能力最弱，一张纸就可以全部把它



挡住。 β 射线的穿透能力稍为强一点点，它能穿透普通的纸张，但无法穿透铝板。 γ 或 X 射线的穿透力最强，需要适当厚度的混凝土或铅板才能有效地阻挡。

因此，屏蔽 X 射线或 γ 射线，使用密度高的金属材料为佳。

用铅做钴60辐射源的容器,其厚度最小,铁则需要厚些,混凝土要再厚些。若用水做屏蔽,需更厚才能达到相同的屏蔽效果。



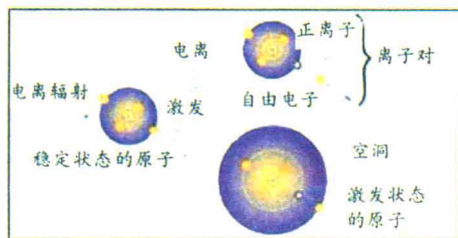
► 1-7 辐射与物质的作用

辐射撞到物质时,与物质产生电离或激发反应,把辐射本身的能量转移给物质。

电离 带电粒子通过物质时,与物质原子的壳层电子发生静电作用,电子获得足够能量后脱离轨道形成一个带负电荷的自由电子,失去一个电子的原子则变成带正电荷的离子,自由电子与离子构成离子对。这种使物质中性原子变成离子对的过程称为电离。

激发 带电粒子通过物质时,壳层电子获得的能量不足以使壳层电子脱离轨道,则从能量较低的轨道跃迁到能量较高的轨道,即原子由基态转入高能态,这种过程称为激发。

右图为一个原子被辐射电离或激发的过程。由于 α 射线带正电,非常容易和物质产生电离作用,而快速地将其本身的能量传给物质,因



此 α 射线的穿透力很弱。相反,X与 γ 射线不易和物质起作用,也就是不易将能量传给物质,所以X与 γ 射线的穿透力很强。