

高等医药院校教材

放射化学

供医学影像学专业本科使用

卿笑天 编著

西南师范大学出版社

高等医药院校教材

放射化学

供医学影像学专业使用

卿笑天 编著

西南师范大学出版社

责任编辑 米加德
封面设计 易太平
封面题字 卿笑天

放射化学
卿笑天 编著

西南师范大学出版社出版、发行
(重庆 北碚)
南充日报社印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12.8 字数:280千字
1996年1月第一版 1996年1月 第1次印刷

印数 1—500
ISBN 7—5621—1458—7/O·50

定价:23.00元

前 言

《放射化学》是根据飞速发展的现代医学的实际需要,积编著者多年教学经验,由讲稿和讲义整理而成的,供高等医药院校医学影像学专业本科学生使用的一本基础教材。本书包括核衰变、核辐射的基本性质、核辐射防护、放射性元素、核反应、放射性物质的浓集和分离、热原子化学、放射性核素在医学中的应用等基本内容,这些内容涉及到基础放射化学、放射性元素化学、核转变过程化学、应用放射化学等近代放射化学的各个分支学科。

本书初稿经四川大学祝霖教授和弋昌厚教授审阅,这次出版时又采纳了四川大学冯易君教授的宝贵意见和建议,对原书进行了仔细修改。在此仅向尊敬的老师们表示诚挚的谢意。

限于水平,书中疵错在所难免,恳请各位同道斧正。

卿笑天 1996年1月

目 录

绪 论	1
第一节 放射化学的内容	1
第二节 放射化学的特点	1
第三节 放射化学发展简况	2
第四节 放射化学与现代医学的关系	7
第一章 核衰变	9
第一节 原子核的一般性质	9
一、原子核的组成	9
二、原子核的电荷	10
三、原子核的质量	10
四、原子核的大小	11
五、核内质子、中子的数目与原子核的稳定性	12
六、原子核的能量与质能联系定律	14
七、质量亏损和结合能	15
八、核力	18
第二节 放射性	19
一、射线的种类	19
二、核衰变规律	20
三、衰变常数、半衰期、平均寿命	23
四、放射性的活度单位	25
第三节 α 衰变	25
一、 α 衰变的基本概念	25
二、 α 衰变的衰变能	26
三、 α 粒子的射程	28
第四节 β 衰变	29
一、 β 衰变的三种形式	29
二、奥歇效应	30
第五节 γ 衰变和内变换	31
一、 γ 衰变——同质异能跃迁	31
二、内变换电子	31
第二章 核辐射的基本性质	33
第一节 致电离辐射与物质的相互作用	33
一、带电粒子与物质的相互作用	33
二、 γ 射线与物质的相互作用	34

三、中子与物质的相互作用.....	37
第二节 辐射剂量学中的基本物理量和单位	38
一、描述辐射场特性的物理量.....	38
二、剂量及其单位.....	39
三、辐射防护中应用的辐射量和单位.....	41
四、致电离辐射生物效应的作用机理.....	45
第三章 核辐射防护	47
第一节 最大容许剂量当量标准	47
一、最大容许剂量当量(Dmax)	47
二、内照射最大允许剂量.....	49
三、空气和水中放射性物质的最大允许组成量度.....	51
四、操作人员的体表、衣服及工作场所的设备、墙壁 地面污染的控制水平	53
第二节 β 射线的防护	54
第三节 γ 射线的防护	56
一、无屏防护.....	56
二、屏蔽防护.....	56
第四节 中子的防护	57
一、减速剂的选择.....	58
二、吸收剂的选择.....	59
第五节 中子和 γ 射线的联合防护	59
第六节 放射性三废处理	61
一、固体废物的处理.....	61
二、液体废物的处理.....	62
三、气体废物的处理.....	65
第四章 放射性元素.....	67
第一节 天然放射系	67
一、天然放射系.....	67
二、铀(U)	69
三、钍(Th)	73
四、镭(Ra)和氡(Rn)	74
五、钋(Po)、钫(Fr)、锕(Ac)和镤(Pa)	75
六、自然界中其它的放射性核素.....	77
第二节 人工放射性元素	78
一、锝(Tc)、钷(Pm)、砹(At)	78
二、超铀元素概述.....	79
三、锕系元素的通性.....	81

四、镎(Np)	82
五、钚(Pu)	84
第五章 核反应	86
第一节 核反应的基本概念	86
一、核反应的描述	86
二、核反应中的各种守恒量	87
三、核反应机理	87
四、核反应的能量关系	89
第二节 阈能和反应截面	90
一、阈能	90
二、库仑位垒	90
三、核反应截面	91
第三节 核反应的类型	92
一、中子引起的核反应	92
二、质子引起的核反应	93
三、氘核引起的核反应	94
四、 α 粒子引起的核反应	95
五、重粒子引起的核反应	95
六、光核反应	96
七、其它核反应	96
第四节 核反应的化学效应	97
一、 (n, γ) 反应中的齐拉-却尔曼斯效应	97
二、保留现象	98
第六章 放射性物质的浓集和分离	99
第一节 同位素交换	99
一、同位素效应	99
二、同位素交换反应的热力学稳定状态	100
三、均相同位素交换反应的指数规律	100
四、均相同位素交换的机理	101
五、非均相同位素交换	102
六、生物化学体系中的同位素交换	103
第二节 放射性物质在低浓时的状态和行为	103
一、放射性物质在溶液中的状态和行为	103
二、放射性物质在固相中的状态	109
三、放射性物质在气相中的状态和行为	110
第三节 放射性物质的分离方法	110
一、共沉淀分离法	110

二、溶剂萃取法	111
三、离子交换分离法	116
四、液—液色层分离法	116
五、纸色层和薄层色层	117
六、电化学分离法	117
七、其它分离方法	118
八、快速化学分离	119
第七章 热原子化学	120
第一节 核过程中热原子的产生	120
一、原子的反冲	120
二、空穴串级引起的激发	121
三、电子震脱引起的激发电离	121
第二节 热反应的动力学理论	122
第三节 氟的反冲化学	123
一、氟的提取反应	123
二、氟的置换反应	123
三、激发—分解反应	123
四、烷基置换反应	123
五、重原子或官能团的置换反应	124
六、热自由基生成反应	124
七、双键加成反应	124
第四节 碳的反冲化学	125
一、 ^{14}C 的反冲化学	125
二、 ^{13}C 的反冲化学	125
第五节 卤素的反冲化学	126
一、氟的反冲化学	127
二、氯的反冲化学	127
三、溴的反冲化学	128
四、碘的反冲化学	128
第六节 核衰变过程的化学效应	129
一、 α 衰变的化学效应	129
二、 β 衰变的化学效应	129
三、同质异能跃迁的化学效应	130
第七节 退火效应	131
第八节 热原子化学的应用	132
一、合成新的化合物	132
二、合成放射性医用药物	132

第八章 放射性核素在医学中的应用	133
第一节 放射性药物	133
一、放射性药物的种类	133
二、放射性药物的生产和来源	134
第二节 脏器功能检查和显象	139
一、脏器功能检查	139
二、脏器显象	145
第三节 体外竞争性放射分析	148
一、竞争性放射分析的基本原理	149
二、体外竞争性放射分析法示例	149
第四节 放射性核素治疗	151
一、 ^{131}I 治疗甲状腺功能亢进症	151
二、 ^{131}I 治疗甲状腺癌转移灶	152
三、 ^{32}P 治疗真性红细胞增多症	152
四、放射性胶体腔内注射	153

附 录 放射化学实验

第一节 放射化学实验的基本知识	154
第二节 放射化学实验的基本操作	160
实验一 放射性强源的分装	164
实验二 吸附载带法测定废水中总 α 放射性	167
实验三 阴离子交换法分离 ^{59}Fe—^{60}Co	170
实验四 纸上层析法分离无载体 ^{210}Po	173
实验五 纸上电泳法分离 ^{90}Sr—^{90}Y	175
实验六 放射火箭电泳自显影测定甲胎蛋白的含量	177
实验七 平行同位素稀释法测定微量 Cs	179
实验八 用放射性指示剂法测定难溶化合物的溶解度	181
实验九 ^{125}I—甲胎蛋白标记化合物的制备	183
实验十 医用母牛的应用	186

绪 论

高等医药院校医学影像系各专业以培养人格完善、心理健康、高科技竞争意识强的,全心全意为人民服务的放射诊断及放射治疗医师为目标。为此,开出放射化学课是十分必要的。

第一节 放射化学的内容

1910年卡麦隆(Cameron)最早提出了放射化学(radiochemistry)这一名称,他指出放射化学是研究放射性元素及其衰变产物的化学性质和属性的一门学科。随着人工放射性、原子核裂变的发现,反应堆和高能加速器的建立,放射化学的经典定义出现了明显的局限性。

近代放射化学大体上可以划分为以下四个方面:

1、基础放射化学

研究放射性物质行为的物理化学规律,其中包括放射性物质在低浓时的状态和行为、同位素交换以及放射性物质分离的理论基础等。

2、放射性元素化学

研究天然放射性元素和人工放射性元素的制备、分离、纯化和鉴定,研究它们的化学性质。

3、核转变过程化学

研究各种原子核转变过程的产物及其分离、纯化、鉴定和产额测定;研究核转变过程中的反冲原子的结构、性质和化学效应。

4、应用放射化学

研究放射性核素的生产和放射性标记化合物的合成,放射性核素的应用及放射化学方法在其它学科领域内的应用。

综上所述,现在人们把放射化学定义为研究放射性物质和原子核转变过程产物的结构、性质、制备、分离、鉴定和应用的科学。无疑这一定义比卡麦隆的定义更能反映这门课程的基本内容,因而是较完整的和准确的定义。

第二节 放射化学的特点

放射化学与化学学科的其他分支在研究内容和方法上,有许多相似的地方,但由于放射化学是以放射性物质为研究对象,因此具有其自身的特点,这些特点是:

1、放射性物质一般以微量或低浓度状态存在。正因为如此,所以放射性物质在实验过程中往往受到一些偶然因素的影响,如果对这些偶然因素认识不足,不采取措施加以有效控制,就会觉得放射性物质似乎具有一些异常的不可驾驭的性质和行为。此外,那些在普通条件下得到的物理化学规律,在低浓状态下,也要经受严峻检验,并需要加以发展。

2、一切放射性核素都按其衰变规律在不断地进行着衰变,即放射化学研究的对象

是在不断变化的,所以放射性核素的制备、分离、纯化都和普通化合物不同。

3、一切放射性物质都具有辐射化学效应。辐射会使研究体系发生不同程度的化学变化,放射性核素存在的化学形式会受到辐射分解产物的影响。例如,水溶液辐射分解会产生自由基OH、原子H、水合电子、 H_2 分子和 H_2O_2 ,这些产物会改变所研究的对象的化学状态。

4、需要采用特征的放射化学研究方法。例如,由于放射性核素不断地发射特征的核辐射,因此可根据特征射线的类型、活度等来进行定性、定量鉴定。放射化学的特殊测定方法具有极高的灵敏度,如对于短寿命放射性核素的测定,可以在体系中找到少至十几个原子。

5、需要注意射线的防护问题。致电离辐射具有特殊的生物效应,对人体具有伤害作用,因此必须采取必要的措施,屏蔽它对人体的辐射,防止放射性物质进入人体。放射性废物的处理也是放射化学研究中一个必须十分注意的课题。

第三节 放射化学发展简况

从放射性的发现到现在,放射化学大体经历了三个发展阶段。

一、初期阶段(1896—1932)

放射化学发展的初期阶段的主要成就是天然放射性元素和同位素的发现,天然放射系的建立。

1895年,伦琴(Roentgen)发现了X射线。稍后不久,玛丽·居里(M. Curie)等在对Th的研究中也发现了类似的射线,她把物质能发出射线的这种性质,取名为放射性(radioactivity)。

1902年,卢瑟福(Rutherford)和索迪(Soddy)根据当时已有的资料,提出了放射性衰变理论,这一理论对于放射化学和原子核物理的发展具有十分重要的意义。

在发现Po和Ra后,许多研究工作者便致力于发现天然放射性元素的工作,研究天然放射性元素的性质,确定它们在周期表中的位置。

1912年,索迪提出了建立在同位素概念上的化学元素新理论。同位素概念的确立,对放射化学的发展具有重要的影响。在此基础上,索迪和法扬斯(Fajans)发现了放射性位移定律,有力地推动了三个天然放射系的建立,促进了新的放射性核素的发现。

1913年,法扬斯和潘瑟特(Paneth)建立了放射性同位素共沉淀的经验规律,1924年建立了共结晶共沉淀的定量规律,赫洛宾和哈恩(Hahn)在这方面也作了重要工作。在这一时期,对放射性胶体、同位素交换等开展了较广泛深入的研究。同时,海维赛(Hevesy)和潘瑟特等人开始了同位素示踪应用的研究工作。

在此期间,卢瑟福还实现了第一个人工核转变,进行了大量开拓性的工作,为核反应的研究奠定了基础。

二、蓬勃发展阶段(1932—1942)

放射化学发展的第二阶段，其主要成就是中子、人工放射性和裂变现象的发现。这些重大发现，给了核科学的发展以深刻影响，使放射化学步入了蓬勃发展的新时期。

早在 1920 年卢瑟福就曾假设过中子的存在。1932 年，查德威克 (Chadwick) 在实验室证实了卢瑟福的假设。

继中子发现之后，约里奥-居里 (Joliot-Curie) 夫妇于 1934 年发现了人工放射性同位素。人工放射性的发现，把放射化学从天然放射性元素这个狭窄的研究范围里解脱了出来，开辟了制取人工放射性核素的广阔途径。从此，人工放射性核素便不断出现，使放射性核素的数目比以前大大增加，这就为放射化学工作者提供了一个广阔的活动舞台。

1934 年，齐拉-却尔曼斯 (Szilard-Chalmers) 效应的发现，在理论上和实用上都具有重要意义。

1939 年铀裂变的发现，是放射化学发展的一个重要里程碑。在人工放射性的研究中，费米 (Fermi) 作出了重要贡献。1934 年，费米用慢中子轰击铀，得到了几种 β 放射性产物，但已经进行了铀裂变反应的费米，却并未发现裂变反应，直至 1939 年，哈恩和斯特拉斯曼 (Strassmann) 对铀的反应产物进行了仔细研究，发现了其中存在着钡的放射性同位素，这一惊人发现公布以后，梅特勒 (Meitner) 和弗里许 (Frisch) 立即对其实验结果作出了令人叹服的正确解释，他们指出铀发生了裂变，在科学家们的共同努力下，很快建立起了裂变理论。

1942 年，美国芝加哥大学建立了人类第一座原子反应堆，这项工作的技术领导人便是费米。

三、现代发展阶段 (1943——)

1943 年起，放射化学进入了现代发展阶段。这一时期已经取得的主要成就有：放射化学的研究成果广泛地应用于生产实践，大大推动了核能开发和核技术应用；中、高能核化学迅速兴起；发现了不少新元素和已知元素的同位素。

1944 年，美国建成了第一个核燃料后处理工厂。

1945 年 7 月，美国在新墨西哥州进行了第一颗原子弹试验。一月后，美国分别在日本的广岛和长崎投下了一颗铀弹和钚弹，造成了大批无辜居民的伤亡，并对他们的后代造成了远期影响。放射化学上辉煌的研究成果用于战争狂人去达到罪恶的目的，这的确是科学家们始料未及的悲剧。

原子能工业的发展，既给放射化学以极大的促进，同时又给放射化学提供了重要的实验手段，在理论和应用上大大丰富了放射化学的内容。

在原子反应堆发展的同时，加速器也有了迅速发展。1946 年，美国建立了第一台同步回旋加速器；六十年代出现了强聚焦同步加速器；1972 年，美国又建立了质子同步加速器。1976 年，西德建立了超级直线重离子加速器。中、高能重离子加速器的出现和发展，使核化学的研究发展到新的水平。

科学的发展大大促进了学科间的横向联系。由于核物理学家和核化学家的相互配合，对高能裂变、散变、碎裂、 π 介子反应……等的规律性和机理有了比较深入的了解，发现裂变同质异能态，合成了大量新核素。所有这些成果对于深入认识原子核与基

本粒子的结构和性质，对于元素的起源和天体演化的研究都有很重要的意义。

此外，超铀元素的合成和鉴定是现代核化学与放射化学的重要成就。现在世界上许多国家的核化学家和放射化学家，都正在为合成和寻找超重元素而努力，并对超重元素的性质进行了预测（参见表 I）。

表 I 预测超重元素中性基态原子的电子组态

元 素	电 子 组 态
120	$(118) 8S^2$
121	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}}$
122	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}} 7d_{\frac{3}{2}}$
123	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}} 7d_{\frac{3}{2}} 6f_{\frac{5}{2}}$
124	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}} 6f_{\frac{5}{2}}^2$
125	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}} 6f_{\frac{5}{2}}^3 5g_{\frac{7}{2}}$
126	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}}^2 6f_{\frac{5}{2}}^2 5g_{\frac{7}{2}}^3$
144	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}}^2 5g_{\frac{7}{2}}^3 6f_{\frac{5}{2}}^3 7d_{\frac{3}{2}}^3$
155	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}}^2 5g_{\frac{7}{2}}^3 6f_{\frac{5}{2}}^3 7d_{\frac{3}{2}}^2$
156	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}}^2 5g_{\frac{7}{2}}^3 6f_{\frac{5}{2}}^3 7d_{\frac{3}{2}}^3$
165	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}}^2 5g_{\frac{7}{2}}^3 6f_{\frac{5}{2}}^3 7d_{\frac{3}{2}}^1 9S$
167	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}}^2 5g_{\frac{7}{2}}^3 6f_{\frac{5}{2}}^3 7d_{\frac{3}{2}}^1 9S^2 9P_{\frac{1}{2}}$
172	$(118) 8S^2 8P_{\frac{1}{2}}^2 5g_{\frac{7}{2}}^3 6f_{\frac{5}{2}}^3 7d_{\frac{3}{2}}^1 9S^2 9P_{\frac{1}{2}}^2 9P_{\frac{3}{2}}^4$

最后，简单谈谈我国放射化学的发展情况。

我国最早建立放射化学研究机构是在 1932 年。1948 年，国立北平研究院又成立了原子学研究所。

1949 年新中国成立之后，我国的科学事业得到迅速发展。1950 年，成立中国科学院近代物理研究所。1953 年，成立原子能研究所。1956 年，从国外引进了重水反应堆和回旋加速器。在此前后，一些高等学校设立了放射化学和放射化工专业。

1964 年，我国成功地爆炸了第一颗原子弹，从而打破了极少数超级大国的该垄断局面。

在核燃料后处理方面，我国科学工作者自立更生，确定了普雷克斯流程工艺条件，设

计并建立了后处理工厂。

在加强国防建设的同时，我国也十分重视核能的和平利用。早在 1958 年，我国就召开了全国第一次和平利用原子能会议。

我国放射化学的研究工作，遍及核燃料循环，废液处理和综合利用，同位素分离、放射性同位素和标记化合物，锕系元素化学，核反应化学和裂变化学，环境科学，核分离技术，辐射化学等各个方面，在应用研究和基础研究方面都取得了令人鼓舞的成就。

表 I 列出放射化学发展中的重要事件，从中我们可以了解放射化学发展的历史梗概。

表 I 放射化学发展中的重要事件

年份	事 件	发现、研究者
1896	发现铀的放射性	贝可勒尔 (H·Becquerel)
1898	发现钍的放射性	玛丽·居里 (M·Curie); 昔米特 (G·C·Schmidt)
1898	从铀矿中发现元素Po，首创放射化学方法	居里夫妇 (P·Curie 和 M·Curie)
1898	从铀矿中发现元素镭	居里夫妇和贝蒙 (G·Bemont)
1899	从钍中发现放射性气体	卢瑟福 (E·Rutherford)
1899	发现元素锕	德比尔纳 (A·Debirne); 吉赛尔 (Giesel)
1900	用磁场将镭的辐射区分为 α 射和 β 射线	皮·居里
1900	发现镭辐射中的 γ 射线	斐拉特 (P·Villard)
1902	阐明放射性蜕变现象	卢瑟福和索迪 (F·Soddy)
1903	利用电化学法析出放射性元素	马克沃德 (W·MarcKwald)
1907	发现镭的母体	波特伍德 (B·B·Boitwood)
1912	提出放射性示踪法	海维赛 (G·Hevesy); 潘聂特 (F·Paneth)
1913	提出位移定律	索迪和法扬斯 (K·Fajans)
1913	提出同位素概念	索迪，法扬斯和汤姆生 (J·J·Thomson)
1913	提出放射性吸附共沉淀规则	法扬斯和潘聂特
1917	发现元素镉	哈恩 (O·Hahn)、梅特勒 (L·Meitner)、索迪和克朗斯通 (D·Cranston)
1919	人工核反应和质子的发现	卢瑟福
1920	最早研究同位素交换反应	海维赛和崔希曼斯特 (L·Zechmeister)
1921	首次发现同核异能素	哈恩
1925	发现同晶共沉淀规律	赫洛宾

1931	直线加速器, 回旋加速器的建立	哈恩
1932	发现中子	查德威克(J·Chadwick)
1932	提出同位素稀释法	海维赛和霍比(R·Hobbie)
1934	发现人工放射性(用化学法研究核反应产物)	约里奥-居里夫妇(F·Joliot-Curie和I·Joliot-Curie)
1934	发现核反冲的化学效应	齐拉(L·Szilard)和却尔曼斯(T·A·Chalmers)
1936	提出活化分析法	海维赛和莱维(H·Levi)
1937	合成并鉴定镓	佩里尔(C·Perrier)和西格累(E·Segre)
1939	发现裂变现象	哈恩和斯特拉斯曼(F·Strassmann)
1939	发现钷	蓓蕾(M·Perey)
1940	合成并鉴定铈	考尔松(D·R·Corson)等
1940	合成并鉴定铈	麦克米伦(E·McMillan)和阿贝尔松(P·H·Abelson)
1940	合成并鉴定钷	西博格(G·T·Seaborg)等
1942	建成第一个核反应堆	费米(E·Fermi)等
1944	建立加速器的自动稳相原理	维克斯勒(Veksler)和麦克米伦
1945	制成第一颗原子弹	美国
1945	鉴定铀	马林斯基(J·Marinsky)等
1946	提出利用 ¹⁴ C测定年代的方法	里比(W·F·Libby)
1946	建立第一台同步回旋加速器, 中能核反应化学兴起	美国
1949	合成并鉴定镨	
1950	合成并鉴定镧	汤普森(S·G·Thompson)等
1952	建立第一台质子同步加速器, 高能核反应兴起	美国
1952	鉴定镱、镨	吉奥索(A·Ghiorso)等
1955	合成并鉴定铈	
1958	合成并鉴定钆	吉奥索等
1958	发现穆斯堡尔效应	穆斯堡尔(R·L·Mossbauer)
1961	合成并鉴定铈	吉奥索等
1964	合成并鉴定104号元素	
1969		吉奥索等;
1970	合成并鉴定105号元素	弗里洛夫等
1974	合成并鉴定106号元素	

第四节 放射化学与现代医学的关系

放射化学在现代医学中的地位，随着医学事业的发展，显得越来越重要，为放射医学系的学生开设放射化学课也是具有战略眼光的安排。

一、放射性同位素与射线在现代医学上的应用

医学是我国应用放射性同位素最早、最多的一个领域。不少医疗单位在临床上应用了放射性同位素与射线进行诊断和治疗，取得了良好效果。

(一)、在诊断方面的应用

1、人体体液的测量

正常人体内的体液重量约为体重的60%，它是身体健康状况的一个重要指标。人体体液量过多，则人体浮肿；体液量过少，则是脱水的表现。为了获知体液的准确量，可将 ^{24}Na 标记的盐水溶液注入人体，经过两小时后，盐水则均匀分布于体内，与原有体液完全混合。然后抽取体液样品，测定其中 ^{24}Na 的含量，据此计算出人体内体液的总量。

2、甲状腺机能诊断

甲状腺是重要的内分泌腺体之一，它能吸收和浓集血液中无机碘，制造甲状腺素，以调节全身的新陈代谢。当甲状腺机能失调时，吸收和利用碘的能力将发生变化。利用放射性 ^{131}I 作甲状腺吸碘能力的示踪检查，可以判断甲状腺机能的状况。该法简便、可靠，优于基础代谢等检查方法，受到医务工作者和病员欢迎。

3、肾功能测定

病人在注射检查肾功能的放射性 ^{131}I 标记药物邻碘马尿酸后，经自动记录仪在体外分别测定和描绘二侧肾功能的状况，临床上称之为肾放射图。肾图的各种曲线，准确地反映了肾结石、肿瘤或压迫等各种原因造成的尿路梗阻，对诊断肾炎、急性或慢性肾功能衰竭也有一定价值。

我国从一九六二年起开展肾放射图诊断各种肾脏疾病，现在已经成为分辨肾功能不可缺少的工具。这种方法的优点是简便、安全可靠，减少经尿路做输尿管插管术所造成的痛苦。

4、冠心病的早期诊断

冠心病亦称冠状动脉硬化性心脏病。对于这种疾病，已有的早期诊断方法，如心电图和血液中胆固醇含量测定，并不理想。

应用 ^{131}I 标记的血清蛋白描绘心前区与胸部的曲线，计算出冠状循环指数，可据此诊断出冠心病。

5、肿瘤定位诊断

同位素用于肿瘤定位诊断是较为理想的。例如，使用半衰期较短的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 诊断脑部

肿瘤，方法简易，图形清晰，诊断准确性可达80—90%；用 ^{198}Au 与 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的硫化物胶体做肝脏扫描，亦有相当高的准确度。肝扫描已成为肝癌诊断不可缺少的手段。

同位素扫描还可以诊断骨肿瘤、肾脏、甲状腺与胰腺肿瘤。

限于同位素扫描仪的性能，一般病变须大于2mm才能被发现，故在早期诊断上还受到一定限制，但这一弊端是可望通过改进扫描仪而得到克服的。

6、同位素发生器的应用

同位素发生器，是一种从半衰期较长的母体同位素，产生半衰期较短的子体同位素装置。如象“挤奶”一样，因此同位素发生器又俗称“母牛”现在已有一百多条母牛可供使用。

(二)、在治疗上的应用

1、内照射

让病人口服一定数量的 ^{131}I ，则 ^{131}I 选择性地浓集于甲状腺部位，进行内照射。此法简便、经济、效果好。

用口服同位素进行内照射，还可用于甲状腺转移癌、心绞痛、慢性骨髓炎等疾病。

2、外照射

^{60}Co 射线外照射，是当前治疗恶性肿瘤的主要手段。此法对于治疗早期食道癌具有较好疗效。

放射性 ^{32}P 和 ^{90}Sr 敷贴器，可以用来治疗神经性皮炎等多种皮肤病及眼科疾病。敷贴器小而轻便，适宜于在农村开展治疗。

用 ^{90}Co 治疗鸡眼，效果也比较满意。

二、竞争放射分析在现代医学中的应用

竞争放射分析这项超微量分析新技术，具有专一性强、灵敏度高和精密度高等特点，因此它的发展越来越受到世界各国的普遍重视，并已成为基础医学、现代分子生物学、分子药理学和临床医学研究中必不可少的重要手段。

现在，我国已初步形成了一支具有相当水平的核医学科研队伍，竞争放射分析已经应用于科研和临床。例如甲状腺素试剂合的研制成功，对甲状腺疾病的诊断及疗效观察具有重要作用，由于该法是直接在体外检测，避免了放射性体内照射的副作用，且具有方法简便、不受含碘物质的影响等优点。同时，在使用抗甲状腺药物治疗时，又可动态地反映甲状腺机能状态，因此受到临床单位和患者的欢迎。

又例如，环一磷酸鸟苷和前列腺素都是机体内的微量活性物质，对机体的代谢平衡起着重要作用。如果这些物质的代谢平衡失调，就会导致许多疾病的发生。因此，测定环一磷酸鸟苷和前列腺素浓度方法的建立，为研究心血管疾病、恶性肿瘤、计划生育、传染性疾病、祖国医学理论和针刺麻醉提供了重要的工具。

在方法学的研究方面，我国也取得了可喜的进展，如同相法具有简便、快速、成本低廉和便于推广等优点。

放射医学从她登上历史舞台的那一天起，就向人们展示了强大的生命力，一切立志为祖国放射医学而献身的人，都应努力学好放射化学，以便为进一步地学好其它必修课打下坚实的基础。