

超铀元素

美国科学家西博格
学术报告记录稿

南京大学革命委员会

1973.7

美国科学家代表团成员 G. T. SEABORG 教授

来宁所作的科学报告

1973. 3. 3.

我打算谈一谈超铀元素并且把我所谈的内容用一组幻灯片放映到幕上加以说明，这样可以看得清楚。首先我打算讲一点超铀元素总的图象。然后我将谈在自然界中发现铀和104, 105元素的问题，以及在发现这两个元素上的争论。而后我将谈一谈关于制备106, 107元素的可能性，这种可能性是不大的。我还打算描述一下超重元素及其稳定岛（这种可能性是较大的）。再往后我将告诉你们关于柏克利（Berkeley）所用的加速器，即：超重离子直线加速器（SUPER HILAC。）我还要说明一下这些元素的化学性质和电子结构以及在化学上如何鉴定它们。最后，我们还稍研究一下新的仪器装置，称之为BEVALAC。它是把HILAC和BEVATRON合起来得到的一个词。

（一） 开始第一片

化学元素	
	原子序数(z)
天然元素	1 - 92 (除48, 61)
已知的超铀元素	93 - 105
超重的超铀元素(预言的)	110 - 120 (108 - 126)

化学元素包括：天然元素，其原子序数 z 从1到92，但除掉原子序数为48的铪(Te)和61的钷(Pm)，它们是合成的。这两个元素在自然界中是不存在的。将来预言的超重元素可能在

110 到120 的区域，也可能在108 到126 的区域，我们并不知道确切的界线。

〈二〉 表明：

超铀元素			
93	Neptunium	镎	Np
94	Plutonium	钚	Pu
95	Americium	镅	Am
96	Curium	镅	Cu
97	Berkelium	锔	Bk
98	Californium	锫	Cf
99	Einsteinium	锿	Es
100	Fermium	镆	Fm
101	Mendelennium	钆	Ma
102	Nobelium	镎	No
103	Lawrencium	镅	Lr
104	Rutherfordium		Rf
105	Hahnium		Ha
(104	Kurchatonium		Ku
105	Nielsbohrium		Ns)

这一片表示出13个超铀元素，以及它们的原子序数、名称和符号，并表示出元素104有两个名称因为有两个小组发现了这个元素。一般，首先发现元素者有权定出该元素的名称。但是因为有两个小组进行了同样的工作，每一个小组都给出一个名称。柏克利小组称之为 Rutherfordium (Rf) 而苏联的小组称它为 Kurchatonium (Ku)。

对于105，情况也一样柏克利小组

称为 Hahnium (Ha) 以纪念哈恩——裂变的发现者，苏联的小组称它为 Nielsbohrium (NS)。稍等，我还要进一步说明。

《三》

元素周期表

1 H																	2 He						
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
55 Cs	56 Ba	57 La	58 Hf	59 Ta	60 W	61 Re	62 Os	63 Ir	64 Pt	65 Au	66 Hg	67 Tl	68 Pb	69 Bi	70 Po	71 At	72 Rn						
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Rf	91 Db	92 Sg	93 Bh	94 Hs	95 Mt	96 Ds	97 Uu	98 Uub	99 Uut	100 Uuq	101 Uuh	102 Uus	103 Uuo	104 Uu11						
(109) < (120) < (121) < (154) < (155) < (156) < (157) < (158) < (159) < (160) < (161) < (162) < (163) < (164) < (165) < (166) < (167) < (168)																							

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Cr	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		

90	Th	91	Pa	92	U	93	NP	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	BK	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr
----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	-----	----	-----	----	-----	----

420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350 1351 1352 1353 1354

这一片示出超铀元素在周期表中怎样排列，~~系从钍(Th)~~开始，加上镭和铀均是天然元素。第一个超铀元素是~~钍~~镎(Np)一直到103~~镨~~镥(Lr)，它们与~~镧~~系元素对应。因此我们有14个~~镧~~系元素和14个~~镧~~系元素。104元素回到了周期表本身的行列里排在铪和锆的下面，可称为准铪。105元素排在铪下面，称做准铪准钽。这样，我们也可预言106，107，108，等等，一直到惰性气体18。

注意 114 是在铅下面称准铅而 110 是在铂的下面称准铂。

〈四〉

自然界中的 Pu

Darlene Hollman 在稀土矿—氟碳铈镧矿中
找到 $\frac{1}{10^{20}}$ 的 ^{244}Pu

^{244}Pu 半衰期 = 80,000,000 年

地球年龄 = 4,500,000,000 年

$$\frac{4,500,000,000}{80,000,000} = 60 \text{ 半衰期}$$

$$2^{60} = 10^{20}$$

这意味着它可能在地球一开始就存在。

现在，我准备谈谈自然界中的钚。一位女科学家叫做 Darlene Hollman 发现在稀土矿（氟碳铈镧矿）中含有 10^{20} 分之一的钚。现在的问题是（这是不是一个合理的量），让我们来进行一个简单的计算。

钚 244 的半衰期是 80 兆年，地球的年龄是 45 亿年，所以 45 亿年被 8 千万年除得出近似 60 的半衰期。因此如果 Pu^{244} 在地球一开始就存在，那么它就应以 2^{60} 因子进行衰变，而这恰好近似等于 10^{20} 。这就意味着，钚应存在于地球诞生之初，这就是为什么这位女科学家发现钚含量是 10^{20} 分之一。

她研究了 80 公斤的氟碳铈镧矿，经（选矿）后，用二乙基己基磷酸进行溶剂萃取处理，使钚从稀土矿物中分离出来。然后，她进行一系列化学处理浓集钚。而后她同纽约科学家合作，他们用质谱分析来测定微量的钚—244。于是，他们看到钚是存在于自然界。因此，我们不应再讲铀是天然元素中最重的元素，而应该说钚是天然

然元素中最重的。

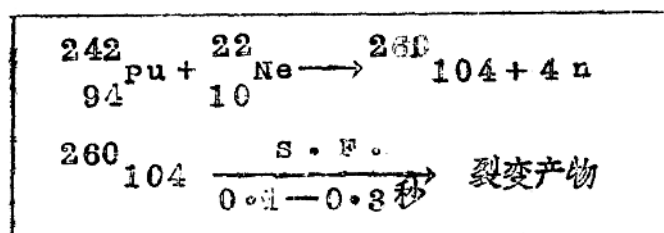
〈五〉

锶系元素的氧化态

Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Ha
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	(5)
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

我已经列出了锕系元素的氧化态。对于今天的化学家来说，已经知道了许多氧化态。如近几年来，即近两年来，我们已首次有了铈、镧、铈的二价氧化态，以至所有的重锕系元素都有二价氧化态，这些氧化态的稳定性逐渐增加。一直到铈，而铈二价氧化态是最稳定的，因此，上表中有下横线的通常是最稳定的。第三态是最稳定的态，而在系列的前面部分最稳定的是较高的氧化态，原因是 $Lr-3$ 的电子结构，它有 14 个 5f 电子的稳定的满壳层而 $Nc-2$ 和 $Md-1$ 也具有 14 个 5f 电子的满壳层。最近的工作，在阿马斯克 (Amerska) 实验室的示踪工作中已经发现并报导过这方面的情况。如果要谈锕系元素化学性质，我可以谈一下午。这里我仅谈了一点最近的工作。铈-2 像铈一样具有半满壳层，因此它也是稳定的，它们都是有 7 个 5f 的电子。5f 的壳层是稳定的，无论是半满的也好或是全满的也好。所以， $Am-2$ 也是稳定的。当继续到 104 时，你不再得到三态，但可预知是 4 态，因为它类似于铈。105 预知有 5 态，它类似于铈。

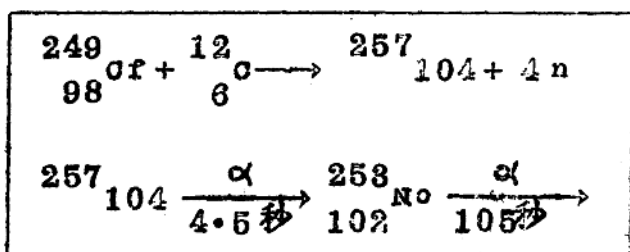
(六)



现在我打算谈一谈 104 和 105 元素的问题。

你们看看这一片，就可给你们一个概念图。在莫斯科的杜布纳实验室中的苏联小组，在弗列诺夫 (Флоров) 及其同事领导下，用 ${}^{22}_{10}\text{Ne}$ 轰击 ${}^{242}_{94}\text{Pu}$ ，得到产物 ${}^{260}_{104}$ 。他们认为， ${}^{260}_{104}$ 自发变裂，其半衰期为 0.1—0.3 秒，从而给出裂变产物。

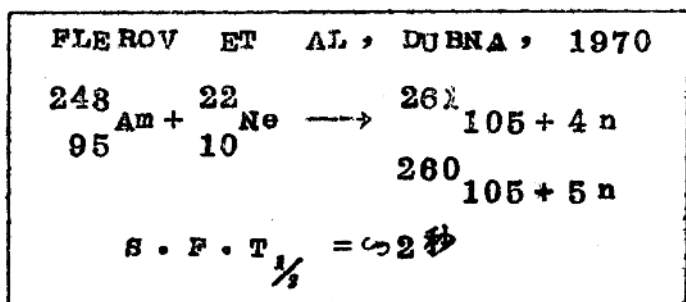
<七>



柏克利的吉奥索 (Ghvoiso) 不能证实苏联小组的工作, 他们未能找到自发裂变。他用重离子直线加速器 (HILAO) 的 ${}^{12}_6\text{C}$ 来轰击 ${}_{98}\text{Og}$, 发现一个同位素, 发射 α 粒子, 其能量可以精确测量, 而且没有其他同位素放射 α 粒子能量与他所精确测量的该同位素放出的 α 粒子能量相同。

此外, 他还发现, 生成的元素经过 α 衰变变成已知的同位素镎 (No)。因此, 如果经过 α 衰变得得到 ${}_{102}^{253}$, 那么就会知道其母体一定是 104 元素。所以, 吉奥索和弗列诺夫工作之间的区别在于: 吉奥索能确定一定的能量并找到 104 元素的子体, 而弗列诺夫的所谓自发裂变不是特定的, 许许多多同位素, 无论 104 号元素或是其它元素都会进行自发裂变衰变, 所有的自发裂变看上去都是类似的。

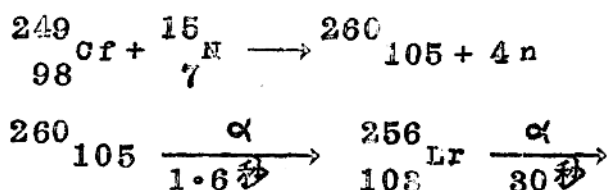
<八>



同样的情况, 弗列诺夫等, 杜布纳

${}^{22}\text{Ne} + \text{Am}$ 得到 105, 然后进行自发裂变衰变。

〈九〉

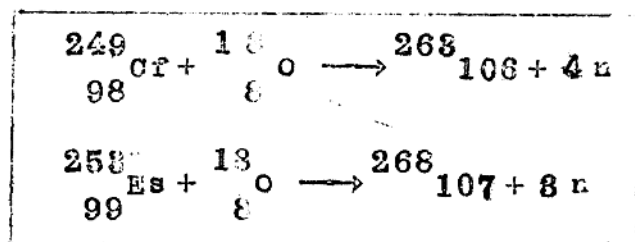


吉奥索用碳和氮产生 ${}^{260}_{105}$ 元素，它发生 α 衰变，具有特微的能量，并且找到了已经鑑定过的子体。毫无疑问，吉奥索及其同事已经完全鑑定出同位素 104 和 105。唯一的问题是他们是不是最早进行了这项工作呢？弗列诺夫的工作比较早，但问题在于其结果不正确。

（从第十片到十五片，录音未录下来）。

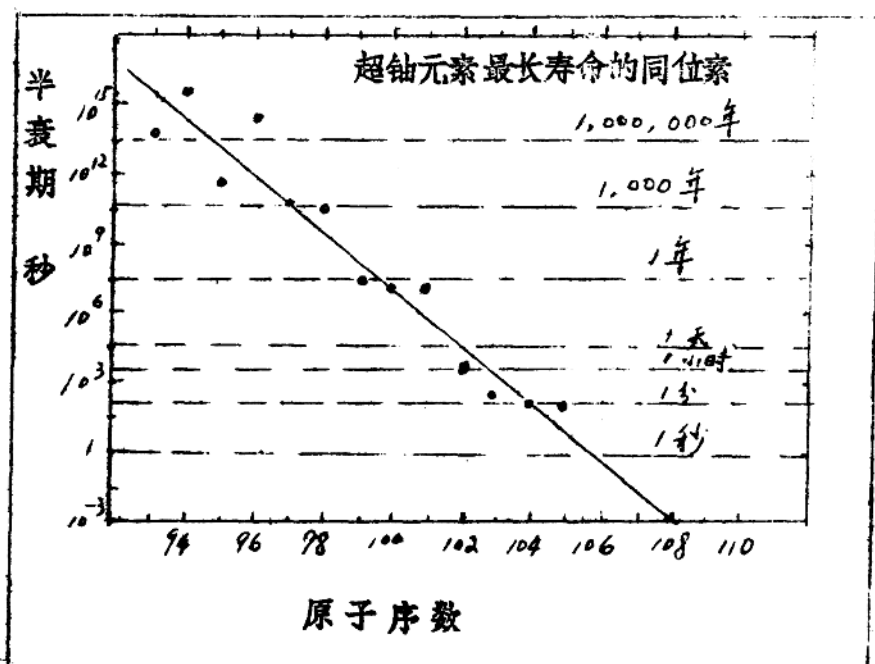
〈十〉是吉奥索和其同事者的照片。

〈十一〉



预计产生 106 和 107 的反应

〈十二〉片



〈十三〉

满壳层			
Z	N	e ⁻	
2(He)	2(⁴ He)	2(He)	1s ²
8(O)	8(¹⁶ O)	10(Ne)	2p ⁶
20(Ca)	20(⁴⁰ Ca)	18(Ar)	3d ¹⁰
50(Sn)	50(¹⁰⁰ Sn)	36(Kr)	4p ⁶
82(Pb)	82(²⁰⁸ Pb)	54(Xe)	5p ⁶
.....	126(²⁵² Pb)	86(Rn)	6p ⁶
(114)			...
(126)	(184)	(118)	7p ⁶
(164)	(318)	(168)	8p ⁶

<十四>

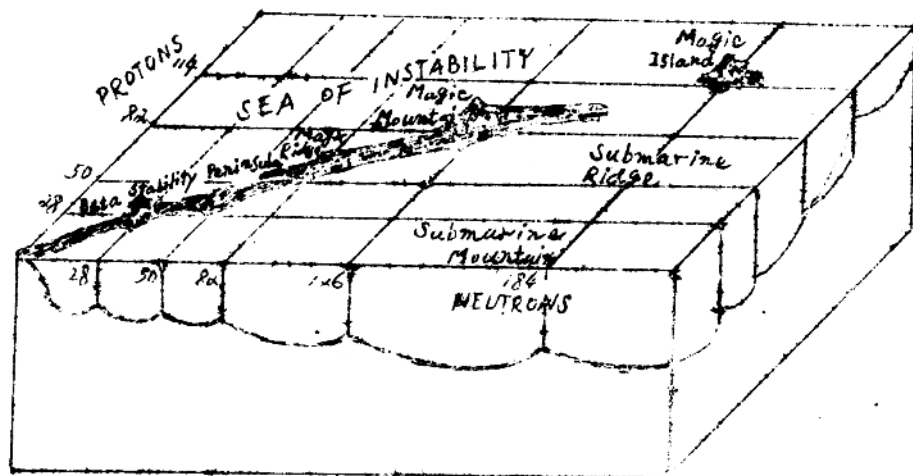
满壳层
“幻数”
Z (原子序数) = 114
N (中子) = 184
A (质量数) = $Z + N = 298$

超重元素 114 为双满壳层，中子数和质子数均是幻数。

<十五>

超重元素的“稳定岛”
Z 108 ← 114 → 126
N 176 ← 184 → 190

<十六>



这是简略的“稳定岛”。你们看，这是一个立体图形，横向坐标表示中子数，纵向表示质子数，黑色区域表示所有稳定的同位素，白色的区域表示“海”，是不稳定的同位素。若质子数和中子数都从零开始，逐渐增加，到中子数和质子数均是28的所谓双幻数处，我们画一个峰。在中子数是50处，有一条山岭，在 Z 是50处，也是一条山岭。中子数是82时，又是一条山岭。在中子数为126质子数为82的双壳层处有一个很高的山峯。再往前约在105和106号元素附近大陆就逐渐进到不稳定的“海”。绕过这个区域，就出现了一个“稳定岛”。在原子序数为114和中子数为184时，出现一个大的山峯。

你不能从这个大陆的末端游过这个不稳定的海到达这个岛，因为海中有“鲨鱼”（自发裂变）——会抓住你。如果我们试图一个一个地把中子加上，核就会发生自发裂变衰变。因此你必须从大陆末端一下子跳到岛上，你可从这里跳到那里，越过水域不被鲨鱼抓住。你们知道鲨鱼这个词吗？是一种大鱼。因此，你不得不跳过那里。为了跳过这个不稳定区，我们建议用重离子轰击达到这个目的。用重离子代替每次加一个中子的办法。这样，采用重离子可以实现一次大的跳跃。这就是真实的情况。

然而，情况比这还要复杂得多。我的意思是，岛的中心并不是严格地在质子114和中子184的地方，因为必须考虑所有的衰变方式，不仅仅只考虑自发裂变，如只考虑自发裂变，则在114和184处得到最大的稳定性，还要考虑 α 衰变， β 衰变。当你把这些都考虑进去以后，最稳定的区域或许在原子序数110处，那么就可能存在具有最长的半衰期的110的同位素。已经有人预定110元素的半衰期长达 10^9 年。但是，我认为没有那样长。我认为要短一些。因为如果其半衰期的确是如预定的 10^9 年那样长，则科

学家应能在自然中找到110, 112, 114等元素, 因为所有这些元素的寿命都和地球的年龄一样长, 应存在于地上。科学家们已经在矿中寻找, 在月岩上、在陨石中以及在宇宙线中寻找。但都没有找到。

在自然界里没有超重元素。这对我一点也不感到奇怪。我认为它们的半衰期要比 10^9 年小得多。 10^9 年是大长了。或许有一年长, 但只要有这样长就是以探测到, 如果用重离子轰击来产生这些超重元素的话。

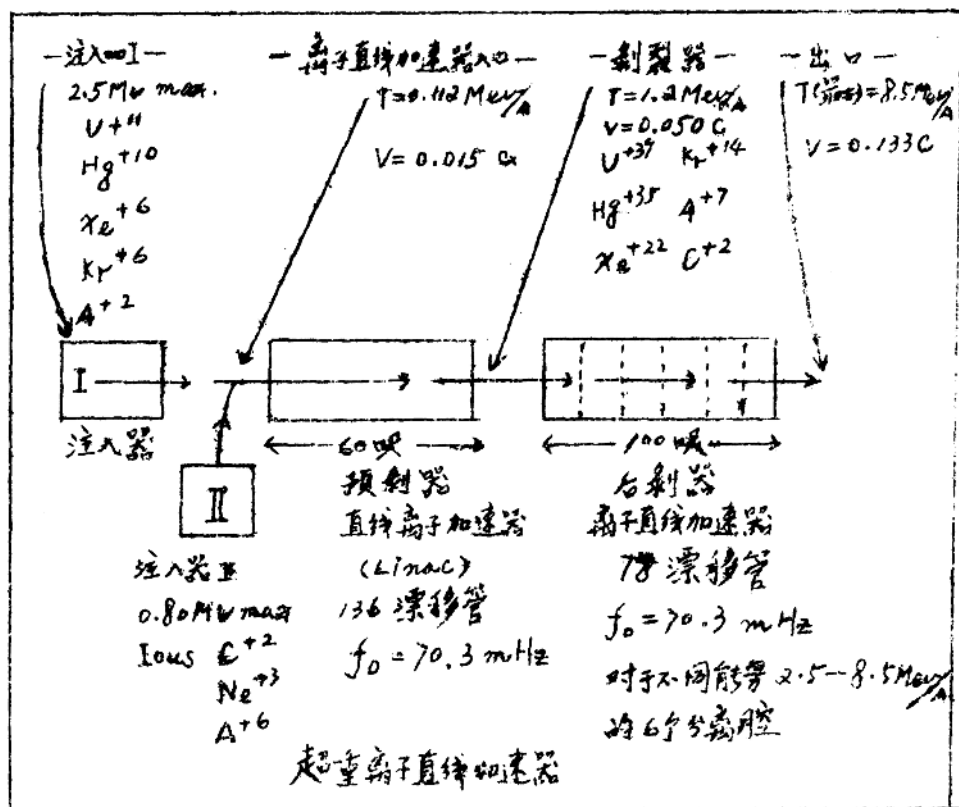
〈十七〉

可用的重离子	
1970	可加速到 18Ar , 包括 10Ne
1970—1971	加速 18Ar — 36Kr , 包括 26Fe 和 30Zn
1972—	36Kr 到 92U , 包括 54Xe

这里是到1970年用的重离子。到1970年世界上可将氦离子包括氖离子加速, 1971年, 某些加速器可将氩离子包括铁和锌离子加速。1972年, 应该说是1973年, 由于我们在1972年没有实现, 而我还没有改变这一片, 但应说是1973年, 我们希望用重离子直线加速器(HILAC)得到重离子。我们已经改装了重离子直线加速器(HILAC)并称之为超重离子直线加速器(Super-HILAC)。我们希望得到氩离子, 然后逐渐到较高的锌离子、可能汞离子, 最后或许经过两三年能加速铀离子, 这些是投射离子。他们在机器内被加速到足够高的能量, 以便它们能够克服库仑排斥, 使得我们能将任何核甚至铀加上去。

在我离开美国前两天，我们已在超重离子加速器中加速了氦离子。我们已经有了氦离子。因此，我回国后就会知道他们又做了什么，他们那时有了 2×10^{-8} 安的氦离子，所以我们准备寻找更重元素了。

(十八)



这个图太简单了一点。但我会解释的，这是超重离子直线加速器 (SHILAO)。它是过去两年中我们改装起来的。把重离子直线加速器改装，因为超重离子加速器能量更大可加速氦离子。而重离子加速器只能加速到氦，现在可以加速氦离子了，下两个月或许可加速氦，或许再过六个月加速汞，或许一年后可加速铀离子。这里有两个注入器，NO. 1. 叫做亚当 NO. 2 叫夏娃，圣经里关于亚当

和夏娃的故事，你们知道吗？在美国这是我们信的一种宗教。可以分别从这两个源几乎同时地产生离子，甚至可以安排成同时产生离子。夏娃最大可有0.80Mv的电压，为了加速就须有高的电荷。例如氦有 $8+$ ，就须剥掉8个电子。亚当具有2.5Mv电压是夏娃的三倍，因此只须剥掉 $\frac{8}{3}$ 就够了即 At^{+3} ，好处是，这样我们可得到更多的离子。因为得到 At^{+3} 比得到 At^{+8} 要容易得多。而用夏娃得到氦离子就必须有很高的电荷，而这是难以实现的。因此对于一直到铀所用的氦泡我们都用亚当。让我们用铀，铀必须剥到 $11+$ ，它进入预剥器使其加速。在线性加速器的波导管中离子从 $0.112\text{MeV}/\Delta$ 加速到 $0.2\text{MeV}/\Delta$ 。然后在预剥器后面放着剥离器它可以剥掉更多的电子以便下面加速工作更有效。它所剥掉的电子是预剥器的3.5倍。 $U+11$ 变成 U^{+39} 。这就意味着，如果以同样的加速电压就可得到3.5倍的加速。因此，它可以使后面的加速器缩短3.5倍，这是我们力所能及的。我们没有铸造比这长3.5倍的加速器，因此，我们用这一个窍门，使离子穿过碳做的叶片，由于离子运动非常快，从而被剥掉更多的电子并得到更有效的加速。然后离子通过6个分开的腔，其能量是从 $1.2\text{MeV}/\Delta$ 开始，经过分离到 $2.5\text{MeV}/\Delta$ ，一直到 $3.5\text{MeV}/\Delta$ 。我们还没有钱来完成这个工作，我们只加速到 $7.5\text{MeV}/\Delta$ 。美国是一个穷的国家，我们没有铸造整台机器，因此，我们只达到 $7.5\text{MeV}/\Delta$ ，然后用这样能量的离子去轰击另一端的靶子。

我们的钱不够的原因部分是由于通货膨胀。由于必须进行几百个小的调整工作因此机器要延期开始工作。我们还没有所需要的工程师因为我们已经没钱了。所以，吉奥索不得不自己领着他的小组成员出去跑，并亲自去做些调整的工作。你们知道，后面还有许多工作要做。我说，吉奥索不得不自己做大量的工作。由于我们没

有足够的钱来聘请工程师，他自己做了所有的调查工作。

〈十九〉 加速器照片图

这里是加速器装置图，前面是亚当，后面是夏娃。接着是三个剥离器和一个剥离区，然后是后剥器，末端是靶。

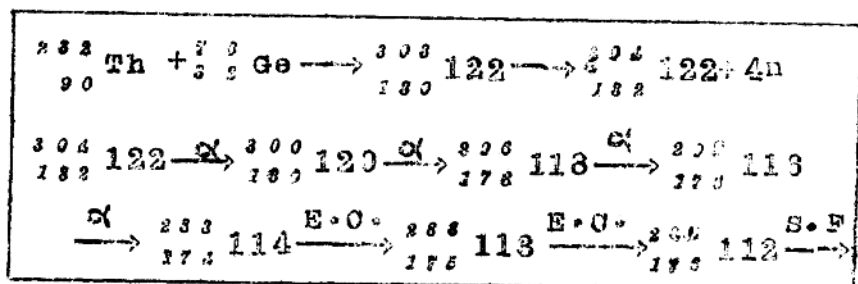
〈二十〉 加速器内部图片

这些是加速管，离子从头到尾穿过它得到加速。整个装置是放在真空密封套筒内。

〈二十一〉 加速器建筑物图片

这是一个加速器的建筑物。前面是加速器的始端，里面装着亚当作为注入器。中间是预剥器和剥离器，最后是靶室。

〈二十二〉

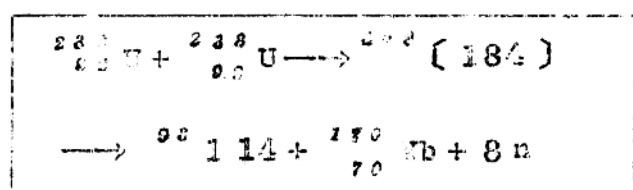


这里一个反应是作一个例子的，我们不知道以后我们是不是用它，但是同我一起工作的一个搞理论的叫施威特基(Swiatecki)他喜欢这个反应。他采用锗。他认为钪和锗可以很快地聚合一起的。但是，你们知道，主要的问题，也是重要的问题不是在“稳定岛”上的稳定性问题。我们确信在稳定岛上的元素有足够长的半衰期。问题是怎样达到它。上述反应产额太小，因此当锗或钪或钍打到靶上，可产生很高的激发能量，并且产物可分裂成两半而不是放出 α 射线退到基态。绝大多数时间内，可以说是99.99999...%内，它是发生裂变的，这就很糟糕，一点好处也没有，你那儿也到达不了，从那里出发又回到那里。因此，我们最关心的是反应是否会发

生，而不担心生成物的状态是否有足够长寿命，我们不用担心这个，那么反应是否发生呢？

我们必须寻找更巧妙的方法，进行许多计算。Swiatecki认为，如用锗轰击钍，得到此超重稳定元素还要过头一些的元素，即比超重元素还要重的元素，而这些元素可能发生衰变退到达基态而不是裂变。我们预言它们将很快地经过一系列 α 衰变而不是自发裂变，这样我们就得到稳定岛上的超重稳定元素了。

〈二十三〉



这是一个设想的反应，将来当我们能获得 ${}^{238}_{90}\text{U}$ 离子时，我们想通过 $\text{U} + \text{U}$ 的反应来得到超重元素114。但我们还不知道这样做行不行？铀的优点在于它有很多中子，而我们正需要核内有相当数目中子的。在超重元素中，中子和质子的比例比前面的元素都要高。所以我们用铀来作为靶和入射粒子。采用具有最高的中子——质子比的铀希望获得具有很高中子——质子比的超重元素。

〈二十四〉

