

哲學講座。

中央人民廣播電台廣播稿

自然科学專題講演江編

錢偉長 李 栲
周明鎮 丁 璞

中國青年出版社

哲學講座
自然科學專題講演匯編

錢偉長 李杭譲
周明鎮 丁瓊

中國青年出版社出版

(北京東四12條老君堂11號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第036號

中國青年出版社印刷廠印刷
新华書店總經售

787×1092 1/32 23/8印張 45,000字
1957年5月北京第1版 1957年5月北京第1次印製
印數1—100,000

統一書號：2009·18

定價(5)一角四分

目 次

物質的一般概念.....	錢偉長 (3)
宇宙的構造.....	李 杠 (18)
生物的进化	周明鎮 (41)
巴甫洛夫學說的哲學意義.....	丁 璞 (60)

· 哲學講座 ·

中央人民廣播電台廣播稿

自然科學專題講演匯編

錢偉長 李 栢
周明鎮 丁 璞

中國青年出版社

物質的一般概念

錢偉長

在一百年前，人們已經認識到，世界上的物質，虽然是五花八門、各式各样，有的是固体，有的是液体，有的是气体；但是所有这些物質，都是由某些最簡單的基本成份叫做元素的所組成的。例如水是氫和氧二种元素組成的；木材是由碳、氫、氧三种元素組成的。那时由偉大的俄国化学家門德列也夫根据各种元素的重量、物理性質和化学性質，排列成了一張所謂元素周期表。在这張元素周期表上，有着六七十种元素，和不少尙待发现的未知元素的空白。到今天，我們所知道的世界上的天然元素就有九十二种。还有一些元素在天然間并不存在，但是可以在實驗室里制造出来，如果連人造的一起計算在內，到現在为止已知的元素就有一百零一种。

每一种元素的最小單位是极微小的、眼睛所看不見的微粒子，叫做原子。在人們对于原子的構造还不大清楚的時候，認為同一元素的原子都是一样的，不同元素的原子都是不同的。認為世界上一共就只有那末几种原子，有的很輕，有的很重。最輕的原子叫氫原子。其它如礦原子比氫原子重十二倍，鐵的原子比氫原子重約五千六倍。有十種很重的金屬叫做鈾原子，比氫原子重二三八倍。鈾是原子能的主要材料。自然界形形色色的各种东西都是由这近百种不同的原子配合成的。原子非常小，我們用顯微鏡也看不見。如果把一万万个原子，一个接一个排起队来，也不过指甲盖那么寬。平常，我們覺得灰塵是很小的了。可是在一顆灰塵里面，也有几千万个原子。

週期	類										He 2 4.003
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1								1 H	2 He	3 Li	2 He
2	3 B	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al
3	11 Mg	12 Al	13 Si	14 P	15 S	16 Cl	17 Ar	18 Ar	19 K	20 Ca	21 Sc
4	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 Cr	24 Mn	25 Fe	26 Co	27 Ni	28 Cr	29 Mn	30 Fe
5	30 Fe	31 Zn	32 Ga	33 Ge	34 As	35 Se	36 Br	37 Kr	38 Sr	39 Y	40 Zr
6	39 Y	41 Nb	42 Ta	43 W	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Pt	48 Au	49 Hg	50 Tl
7	49 Tl	51 Ag	52 Cd	53 In	54 Sn	55 Sb	56 Te	57 Po	58 Bi	59 Po	60 At
8	59 Po	61 Sb	62 Sb	63 Bi	64 Po	65 Po	66 Po	67 Po	68 Po	69 Po	70 Po
9	69 Po	71 Po	72 Po	73 Po	74 Po	75 Po	76 Po	77 Po	78 Po	79 Po	80 Po
10	79 Po	81 Po	82 Po	83 Po	84 Po	85 Po	86 Po	87 Po	88 Po	89 Po	90 Po
11	89 Po	91 Po	92 Po	93 Po	94 Po	95 Po	96 Po	97 Po	98 Po	99 Po	100 Po
12	93 Po	94 Po	95 Po	96 Po	97 Po	98 Po	99 Po	100 Po	101 Po	102 Po	103 Po
13	103 Po	104 Po	105 Po	106 Po	107 Po	108 Po	109 Po	110 Po	111 Po	112 Po	113 Po
14	113 Po	114 Po	115 Po	116 Po	117 Po	118 Po	119 Po	120 Po	121 Po	122 Po	123 Po
15	123 Po	124 Po	125 Po	126 Po	127 Po	128 Po	129 Po	130 Po	131 Po	132 Po	133 Po
16	133 Po	134 Po	135 Po	136 Po	137 Po	138 Po	139 Po	140 Po	141 Po	142 Po	143 Po
17	143 Po	144 Po	145 Po	146 Po	147 Po	148 Po	149 Po	150 Po	151 Po	152 Po	153 Po
18	153 Po	154 Po	155 Po	156 Po	157 Po	158 Po	159 Po	160 Po	161 Po	162 Po	163 Po
19	163 Po	164 Po	165 Po	166 Po	167 Po	168 Po	169 Po	170 Po	171 Po	172 Po	173 Po
20	173 Po	174 Po	175 Po	176 Po	177 Po	178 Po	179 Po	180 Po	181 Po	182 Po	183 Po
21	183 Po	184 Po	185 Po	186 Po	187 Po	188 Po	189 Po	190 Po	191 Po	192 Po	193 Po
22	193 Po	194 Po	195 Po	196 Po	197 Po	198 Po	199 Po	200 Po	201 Po	202 Po	203 Po
23	203 Po	204 Po	205 Po	206 Po	207 Po	208 Po	209 Po	210 Po	211 Po	212 Po	213 Po
24	213 Po	214 Po	215 Po	216 Po	217 Po	218 Po	219 Po	220 Po	221 Po	222 Po	223 Po
25	223 Po	224 Po	225 Po	226 Po	227 Po	228 Po	229 Po	230 Po	231 Po	232 Po	233 Po
26	233 Po	234 Po	235 Po	236 Po	237 Po	238 Po	239 Po	240 Po	241 Po	242 Po	243 Po
27	243 Po	244 Po	245 Po	246 Po	247 Po	248 Po	249 Po	250 Po	251 Po	252 Po	253 Po
28	253 Po	254 Po	255 Po	256 Po	257 Po	258 Po	259 Po	260 Po	261 Po	262 Po	263 Po
29	263 Po	264 Po	265 Po	266 Po	267 Po	268 Po	269 Po	270 Po	271 Po	272 Po	273 Po
30	273 Po	274 Po	275 Po	276 Po	277 Po	278 Po	279 Po	280 Po	281 Po	282 Po	283 Po
31	283 Po	284 Po	285 Po	286 Po	287 Po	288 Po	289 Po	290 Po	291 Po	292 Po	293 Po
32	293 Po	294 Po	295 Po	296 Po	297 Po	298 Po	299 Po	300 Po	301 Po	302 Po	303 Po
33	303 Po	304 Po	305 Po	306 Po	307 Po	308 Po	309 Po	310 Po	311 Po	312 Po	313 Po
34	313 Po	314 Po	315 Po	316 Po	317 Po	318 Po	319 Po	320 Po	321 Po	322 Po	323 Po
35	323 Po	324 Po	325 Po	326 Po	327 Po	328 Po	329 Po	330 Po	331 Po	332 Po	333 Po
36	333 Po	334 Po	335 Po	336 Po	337 Po	338 Po	339 Po	340 Po	341 Po	342 Po	343 Po
37	343 Po	344 Po	345 Po	346 Po	347 Po	348 Po	349 Po	350 Po	351 Po	352 Po	353 Po
38	353 Po	354 Po	355 Po	356 Po	357 Po	358 Po	359 Po	360 Po	361 Po	362 Po	363 Po
39	363 Po	364 Po	365 Po	366 Po	367 Po	368 Po	369 Po	370 Po	371 Po	372 Po	373 Po
40	373 Po	374 Po	375 Po	376 Po	377 Po	378 Po	379 Po	380 Po	381 Po	382 Po	383 Po
41	383 Po	384 Po	385 Po	386 Po	387 Po	388 Po	389 Po	390 Po	391 Po	392 Po	393 Po
42	393 Po	394 Po	395 Po	396 Po	397 Po	398 Po	399 Po	400 Po	401 Po	402 Po	403 Po
43	403 Po	404 Po	405 Po	406 Po	407 Po	408 Po	409 Po	410 Po	411 Po	412 Po	413 Po
44	413 Po	414 Po	415 Po	416 Po	417 Po	418 Po	419 Po	420 Po	421 Po	422 Po	423 Po
45	423 Po	424 Po	425 Po	426 Po	427 Po	428 Po	429 Po	430 Po	431 Po	432 Po	433 Po
46	433 Po	434 Po	435 Po	436 Po	437 Po	438 Po	439 Po	440 Po	441 Po	442 Po	443 Po
47	443 Po	444 Po	445 Po	446 Po	447 Po	448 Po	449 Po	450 Po	451 Po	452 Po	453 Po
48	453 Po	454 Po	455 Po	456 Po	457 Po	458 Po	459 Po	460 Po	461 Po	462 Po	463 Po
49	463 Po	464 Po	465 Po	466 Po	467 Po	468 Po	469 Po	470 Po	471 Po	472 Po	473 Po
50	473 Po	474 Po	475 Po	476 Po	477 Po	478 Po	479 Po	480 Po	481 Po	482 Po	483 Po
51	483 Po	484 Po	485 Po	486 Po	487 Po	488 Po	489 Po	490 Po	491 Po	492 Po	493 Po
52	493 Po	494 Po	495 Po	496 Po	497 Po	498 Po	499 Po	500 Po	501 Po	502 Po	503 Po
53	503 Po	504 Po	505 Po	506 Po	507 Po	508 Po	509 Po	510 Po	511 Po	512 Po	513 Po
54	513 Po	514 Po	515 Po	516 Po	517 Po	518 Po	519 Po	520 Po	521 Po	522 Po	523 Po
55	523 Po	524 Po	525 Po	526 Po	527 Po	528 Po	529 Po	530 Po	531 Po	532 Po	533 Po
56	533 Po	534 Po	535 Po	536 Po	537 Po	538 Po	539 Po	540 Po	541 Po	542 Po	543 Po
57	543 Po	544 Po	545 Po	546 Po	547 Po	548 Po	549 Po	550 Po	551 Po	552 Po	553 Po
58	553 Po	554 Po	555 Po	556 Po	557 Po	558 Po	559 Po	560 Po	561 Po	562 Po	563 Po
59	563 Po	564 Po	565 Po	566 Po	567 Po	568 Po	569 Po	570 Po	571 Po	572 Po	573 Po
60	573 Po	574 Po	575 Po	576 Po	577 Po	578 Po	579 Po	580 Po	581 Po	582 Po	583 Po
61	583 Po	584 Po	585 Po	586 Po	587 Po	588 Po	589 Po	590 Po	591 Po	592 Po	593 Po
62	593 Po	594 Po	595 Po	596 Po	597 Po	598 Po	599 Po	600 Po	601 Po	602 Po	603 Po
63	603 Po	604 Po	605 Po	606 Po	607 Po	608 Po	609 Po	610 Po	611 Po	612 Po	613 Po
64	613 Po	614 Po	615 Po	616 Po	617 Po	618 Po	619 Po	620 Po	621 Po	622 Po	623 Po
65	623 Po	624 Po	625 Po	626 Po	627 Po	628 Po	629 Po	630 Po	631 Po	632 Po	633 Po
66	633 Po	634 Po	635 Po	636 Po	637 Po	638 Po	639 Po	640 Po	641 Po	642 Po	643 Po
67	643 Po	644 Po	645 Po	646 Po	647 Po	648 Po	649 Po	650 Po	651 Po	652 Po	653 Po
68	653 Po	654 Po	655 Po	656 Po	657 Po	658 Po	659 Po	660 Po	661 Po	662 Po	663 Po
69	663 Po	664 Po	665 Po	666 Po	667 Po	668 Po	669 Po	670 Po	671 Po	672 Po	673 Po
70	673 Po	674 Po	675 Po	676 Po	677 Po	678 Po	679 Po	680 Po	681 Po	682 Po	683 Po
71	683 Po	684 Po	685 Po	686 Po	687 Po	688 Po	689 Po	690 Po	691 Po	692 Po	693 Po
72	693 Po	694 Po	695 Po	696 Po	697 Po	698 Po	699 Po	700 Po	701 Po	702 Po	703 Po
73	703 Po	704 Po	705 Po	706 Po	707 Po	708 Po	709 Po	710 Po	711 Po	712 Po	713 Po
74	713 Po	714 Po	715 Po	716 Po	717 Po	718 Po	719 Po	720 Po	721 Po	722 Po	723 Po
75	723 Po	724 Po	725 Po	726 Po	727 Po	728 Po	729 Po	730 Po	731 Po	732 Po	733 Po
76	733 Po	734 Po	735 Po	736 Po	737 Po	738 Po	739 Po	740 Po	741 Po	742 Po	743 Po
77	743 Po	744 Po	745 Po	746 Po	747 Po	748 Po	749 Po	750 Po	751 Po	752 Po	753 Po
78	753 Po	754 Po	755 Po	756 Po	757 Po	758 Po	759 Po	760 Po	761 Po	762 Po	763 Po
79	763 Po	764 Po	765 Po	766 Po	767 Po	768 Po	769 Po	770 Po	771 Po	772 Po	773 Po
80	773 Po	774 Po	775 Po	776 Po	777 Po	778 Po	779 Po	780 Po	781 Po	782 Po	783 Po
81	783 Po	784 Po	785 Po	786 Po	787 Po	788 Po	789 Po	790 Po	791 Po	792 Po	793 Po
82	793 Po	794 Po	795 Po	796 Po	797 Po	798 Po	799 Po	800 Po	801 Po	802 Po	803 Po
83	803 Po	804 Po	805 Po	806 Po	807 Po	808 Po	809 Po	810 Po	811 Po	812 Po	813 Po
84	813 Po	814 Po	815 Po	816 Po	817 Po	818 Po	819 Po	820 Po	821 Po	822 Po	823 Po
85	823 Po	824 Po	825 Po	826 Po	827 Po	828 Po	829 Po	830 Po	831 Po	832 Po	833 Po
86	833 Po	834 Po	835 Po	836 Po	837 Po	838 Po	839 Po	840 Po	841 Po	842 Po	843 Po
87	843 Po	844 Po	845 Po	846 Po	847 Po	848 Po	849 Po	850 Po	851 Po	852 Po	853 Po
88	853 Po	854 Po	855 Po	856 Po	857 Po	858 Po	859 Po	860 Po	861 Po	862 Po	863 Po
89	863 Po	864 Po	865 Po	866 Po	867 Po	868 Po	869 Po	870 Po	871 Po	872 Po	873 Po
90	873 Po	874 Po	875 Po	876 Po	877 Po	878 Po	879 Po	880 Po	881 Po	882 Po	883 Po
91	883 Po	884 Po	885 Po	886 Po	887 Po	888 Po	889 Po	890 Po	891 Po	892 Po	

图 1. 阿德列也夫的元素周期表

到四五十年前的时候，人們对于原子的構造，开始有了了解。原子虽然很小，但是它的結構却是很复杂的。在原子的中心有一个又小又重的帶着阳电的核心，叫做原子核。外边有很多小粒子繞着原子核不停地打轉，这些小粒子大小都相等，都很輕、很小，而且都帶着份量相等的阴电，我們把它們叫做电子。由于原子核帶的阳电和这些核外电子帶的阴电的总和份量相等，所以在原子外面看起来，阴阳相抵，不觉得原子是帶电的。原子虽然很小，但是原子核和电子还要小得惊人。它們的半徑只有原子的半徑的一万分之一。如果說整个原子象一个球，这个球有普通房子那样大，那末，原子核就好象放在房間中央的一粒芝麻，而核外的电子就好象飞揚着的几点灰塵。这里說明了，一个原子从它的原子核到它外层的电子中間，还有很大的空隙。原子是空空洞洞的，并不是一个完全坚实的东西。

不同元素的原子帶着不同數目的电子。例如，最輕的氢原子只帶一个电子，碳的原子帶六个电子，鐵的原子帶二十六个电子，天然間最重的原子——鉻原子帶九十二个电子。元素周期表就是按所帶电子的数目来排列的。

原子外圍的电子，不論有多少个，它們都按自己的不同轨道打着轉。这好象太陽系，太陽在中間是相当于原子的原子核，其它行星

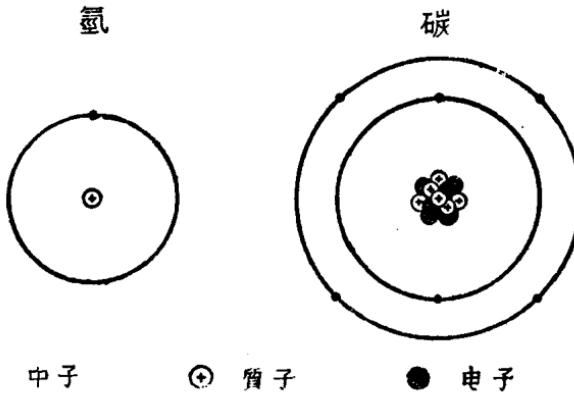


图 2. 原子構造

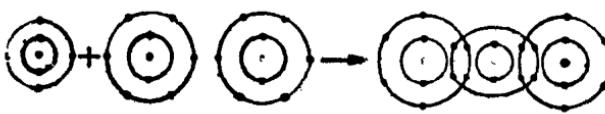


图3. 化学变化

相当于原子外
围的电子，每
个行星也都有
它自己不同的
轨道，并且按
着自己的轨道

围着太阳转。原子外圈的电子分成好几层，象最重的鉻原子的外圈电子就构成四层之多。属于最外层的电子的轨道，常常在别的原子接近时，会发生变形。这种外层电子轨道变形的过程就是发生化学变化的过程。譬如煤里含有大量的碳原子，当煤燃烧时，每一个碳原子和空气中的两个氧原子结合起来，它们的外层电子都发生了运动轨道的变形，这里面有个别电子的轨道甚至变到把三个原子核连它们的内层电子都裹在它的轨道里面。这种轨道的变化就是典型的化学变化。在造成二氧化碳的过程里，要放出能量，所以发热。有时外层电子的轨道变化要吸收能量，那末在促成这种化学变化时要外界供给热能或是电能。这种原子和原子结合以后的产品叫做分子。世界上分子的种类是很多的。最简单的是两个氢原子合成的氢气的分子，这个分子里只有二个电子。水分子是两个氢原子和一个氧原子合成的分子，共有十个电子。自然间有很复杂的分子，一个分子可以有成千上万个原子。如橡胶的分子就是这样一个很长很长的分子。它是由几种原子为单位的构成，重复地一串串地联结起来的分子，这种分子叫做高分子。

一切物质都是由分子构成的，分子在不断地运动着。温度高时，分子运动得比较快，幅度也比较大；温度低时，分子运动得比较慢，幅度也比较小。所以，一切物质就有不同的运动状态。在高温度下一般是气体，气体状态里的分子，互相间的距离很远，它们的运动比较自由，速度也比较快，碰撞的机会也比较小，一般常常可

以走上一段路程才会和另一个分子相撞。在低溫度下物質的状态一般的是固体，固体里的分子，一般排列得都很紧凑，它們都只能在一个固定的位置，来回振动或轉动，它們互相牽制着，互相約束着，在外面看来，就联成一片。要它变形时，就要对分子間的約束力做功。如溫度增高，固体中的分子的振动增大，最后就破坏了互相約束的固定的力量，分子就失掉了固定的位置，开始可以在分子群中相互地挤撞和流动，但是个别的分子还没有能力离开分子群的群体活动范围，这就是液体。如果溫度再增高时，分子的运动速度大大提高，有的分子就会窜出去，离开液体，变成气体的分子，这就是沸腾。

因此，一切物質，不論是固体、液体或气体，在內部都是不断地运动着的分子所構成的。就是分子本身，也是由不断地运动着的原子和原子的电子所構成的。运动是物質的属性，我們从这种属性里認識着物質。一切化学和物理学都是通过研究物質运动的状态，和研究运动状态的变化来認識自然界的物質状态和物質構造的。

这样的物質構造的觀念，在五十年前就逐步形成了。二十世紀以后，人們就着重在研究原子核外的电子运动轨道的結構問題。人們用各种方法，如用高速电子撞击等方法，撞去少数外层电子或一个内层电子。由于原子核外圍的电子层在这样撞击后，所有电子的运动状态都失去了平衡，它們之間，就要互相調整。在調整的过程中，以电磁波动的形式放出大小不等的各种定額能量。通过分析这些能量的大小，我們就可以推断各种电子轨道的运动状态。人們就用这样的研究方法，发展了光譜学和爱克斯光的研究。

人們并没有满足于对原子核外面的电子层結構問題的了解。人們自从发现了原子核起，就在研究着什么是原子核的結構，一直到1933年，人們才初步肯定了原子核不是單純的一个核，它里面还有兩种小的基本粒子，一种叫質子，一种叫中子。它們紧紧地挤在

一起。原子核所帶的阳电都在質子身上，每一个質子所帶的阳电和一个电子所帶的阴电，份量完全相等。中子則不帶电。質子和中子的重量差不多，但是他們比电子要重得多，它們都比电子的重量重一千四百多倍。因此，原子的重量，有百分之九十九点九以上是集中在原子核上的。所以原子核是既重又小的一个微粒。如果把喜馬拉雅山中的原子的外圍电子都驅除掉，把它們的原子核一个挤一个的聚集起来，则它們的总重量和喜馬拉雅山的重量差了很多，但是体积則可以縮小到裝在口袋里面。

原子核里帶阳电的質子数目，是和帶阴电的核外电子数目完全相等的。这就是說，原子核里有几个質子，原子核外圍就有几个电子。

同一种元素的原子都有相同数目的电子，核里也都有相同数目的質子，但核里的中子个数并不是都完全相同的。因此，同一种元素的原子的重量也不完全相同。我們把每一类重量不同而电子数目相等的各种原子，称为这种元素的同位素。同位素的核外电子相同，因此，一般化学的性質相同，在元素周期表里只代表一种元素，登記在一个位子上，所以叫做同位素。換句話說，同位素唯一不同的地方，就是核內的中子数不一样，多一些，或是少一些。

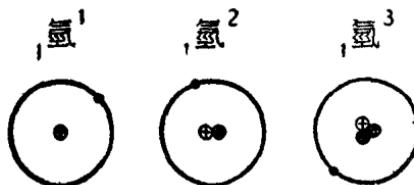


图 4. 氢的同位素

例如氢元素的原子，就有三种同位素，大多数氢原子的核就只是一个質子。极少量氢原子的核包含一个質子和一个中子，它的重量比普通氢原子約重兩倍，称为重氢。另外还

有一种人工造成的同位素，它的核里有一个質子和兩個中子，它的重量有普通氢原子的三倍，称为超重氢。碳的原子有两个同位素，較多的一种是包含六个質子和六个中子，較少的一种是包含六个

質子和七个中子。天然的碳总是包含着一定比重的兩种同位素。再如原子能材料的鈾原子有好几种同位素，鈾的同位素都有九十二个电子，核里也都有九十二个質子，但中子的数目則不同，其中有一种同位素有一百四十六个中子，所以質子和中子共有二百三十八个，这种同位素称为鈾 238；另外一种同位素的核里有一百四十三个中子，質子和中子共有二百三十五个，称为鈾 235；还有一种同位素有一百四十二个中子，称为鈾 234。

各种同位素的原子核是不是固定不变的呢？科学家經過了將近六十年的努力，已經證明原子核并不是固定不变的，并且寻得了加速和控制原子核变化的方法。在科学上，这种原子核的变化叫做原子核蛻变。

人們开始注意到原子核有蛻变的現象，是在1896年，那时有科学家注意到鈾和釷能够自动地不断地放射出一种穿透物質、能力很强的射綫，它們可以影响包在黑紙內的膠片，使膠片感光。鈾和釷就是今天的主要原子能材料。兩年后法国科学家居里夫妇又發現了鐳也有放射綫的能力，这些射綫是什么呢？它們在磁場里有一部分向一方乙种弯着射，有一部分向另一方弯着射，有一部分不受磁場的影响，一直往前发射。前一种我們叫做甲种射綫，它是由帶阳电的高速度的氦的原子核組成的。氦是一种稀有气体的元素，它的原子核比氩原子重四倍，包含着兩個質子和兩個中子。第二种射綫叫做乙种射綫，它是由高速电子組成的，帶着阴电。第三种不受磁場影响的射綫是一种波長很短的无线电波，叫做丙种射綫，它的穿透能力最

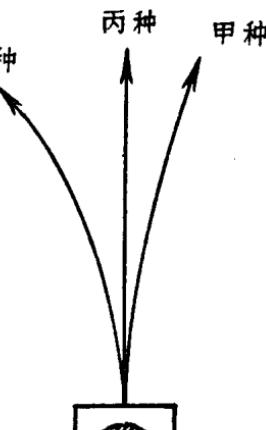


图 5. 甲种、乙种及丙种射綫

强。这些射綫肯定地都是从原子核里出来的，因此，人們开始知道原子核的內部在自发地发生着变化。

我們現在知道，鈾的自然放射的蛻變過程是很慢的。一块純鈾在四十五万万年的自然放射過程里只有一半的原子核發生變化。鈾238的原子核通過自然放射過程放射甲種射綫，即放射氦的原子核。鈾238放出了氦的核以後，少掉了兩個中子和兩個質子，只剩九十个質子和一百四十四个中子了，這個新的原子核就是鈽234。鈽234比鈾238還要不穩定，在二十四天中就能變掉一半，它會連續發射兩個電子而變成鈾234。發射的電子就組成了鈽234的乙種射綫，而在鈽234中有兩個中子，却由於在放射的過程中放出了電子而自己變成了質子。因此，鈾234中比鈽234中一方面少了兩個中子，而另一方面却多了兩個質子。鈾234的壽命也是較長的，它在二萬七千年中才會變掉一半，這樣一代一代的變下去，共經過十四代後，最後變成穩定的鉛206。鉛206在普通的鉛里有23.6%。鈽232也有同樣的性質，一块鈽232通過一百四十萬年可變掉一半，它經歷了十代以後，變成了較穩定的鉛208，它在普通鉛里有52.3%。

上面所說的各種放射物質的自然放射過程，都是不受人們的控制的。人們曾經想把鈾的放射過程加快一些，嘗試了加熱、加壓力和其他各式各樣的方法，結果都失敗了。

上面所說的各種放射物質的放射性質，指出了原子核也是不斷地在變化着的，並不是象人們想象的那样是一成不变的。我們通常遇到的原子核，象鉛的原子核等，好象是穩定的，實質上也在漸漸地一個一個地變化着，不過變得很慢，一块鐵或一块鉛都要不知道几万万年以後才能變到我們察覺得出來罢了！

但是，人們並沒有滿足，在1919年，人們用鐳里放出的甲種射綫——就是氦原子核，打击氮原子，氮原子在吸取了氦原子核後就

能放出速度很大的質子，而變成氧核。人們開始知道可以用人工的方法使原子核發生變化。

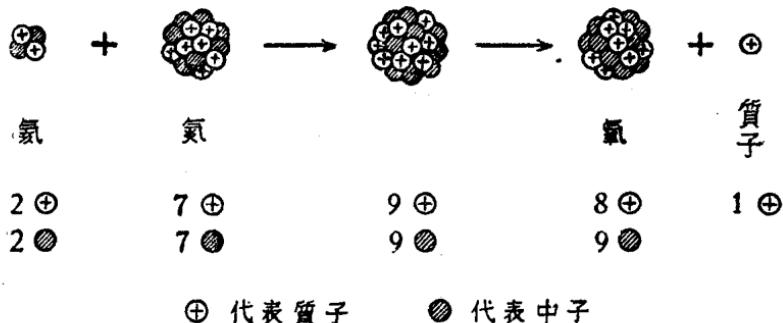


图 6. 人工原子核反应

从此以后，人們試圖用甲種射線射擊各種原子來獲得各種原子的人工變化，人們進一步把氫的原子核——質子，和其它帶陽電的原子核，在加速器里把它的速度提高來撞擊各種原子，促成原子核的人工變化。從這些實驗里，得到了各種各樣的人工放射性的同位素。但是，用帶陽電的粒子來撞擊帶陽電的原子核時，因為陽電和陽電互相排斥的緣故，帶陽電較多的大原子核就很难被撞破。

後來，人們在這些實驗里，獲得了放射中子的人工同位素。中子射線的穿透力很強，因為它不帶電，所以它可以打破帶陽電很多的重原子核。因此，中子就成了打击各種原子核、促成原子核發生變化的有效工具。

1938年底，科學家們在原子核的人工變化中獲得了一個重大的發現。當用中子打击鈾時，鈾 235 的核可以先吸收一個中子，然後又分裂成兩個碎塊，在同時，放出很大的原子能。並且在分裂過程中還打出來兩三個中子，這兩三個中子又可以碰着鄰近的鈾而發生第二次分裂，這樣一串串地分裂下去，就給我們發出了可以利用的原子能。這就是所謂鏈式反應。這樣的一串串的分裂變化，

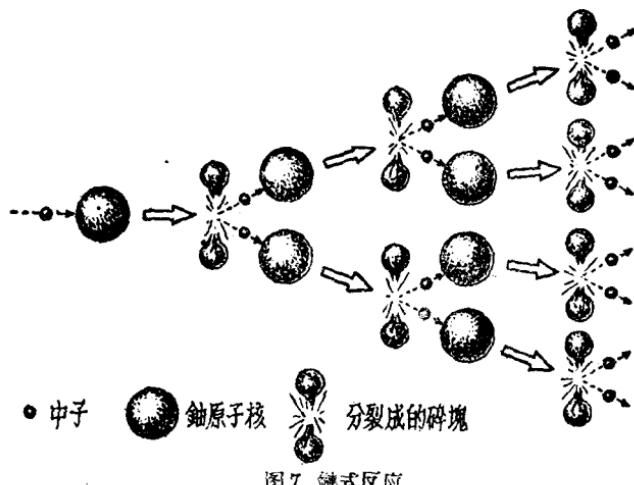


图 7. 链式反应

在后来用管制中子的密度的方法控制了起来，就是現在原子能发电的基本原則。

人們並沒有滿足于仅仅来了解如何把重的原子核变化成輕的原子核的問題，人們也研究了如何把很輕的原子核聚合成較重的原子核的問題。当速度高的重氢核和超重氢核相碰时，它們就会合并成一个氦原子的核，并且放出一个中子，同时还放出很大的原子能。为了保証这种变化能大規模地进行，就必须使所有重氢和超重氢都有极大的速度，这只有在几千万度的高溫之下，才能达到。因此，我們叫这种过程为热核子过程。氢彈就是热核子过程的一种，它是利用普通原子彈的爆炸来获得高溫的。在太阳上，溫度經常在几千万度的情况下，因此，它的内部不断地进行着一些热核子过程，放出了它的巨大的光和热。

从上面的叙述里，好象物質不論怎样复杂，总是由核外的电子，和核內的中子和質子所組成的。表面上看來，我們好象已經到了一个應該能够把这些复杂現象，进一步簡化到只用一种粒子来

說明世界的阶段，实际上这样的看法只是二十世纪四十年代初期的知識情況所决定的。这种簡化的想法，在最近十几年对于物質世界的探索中完全被粉碎了。

大約在四五十年前，物理学家就发现了光射在吸收面上就会产生压力的現象。在这以前，人們习惯上总是把物質和它的質量联系起来看的，認為表示物質的量的就是它的質量，而質量又和物質在运动中的慣性联系了起来，因此認為物質的一个屬性，就是表示它的慣性的質量。当物質投射到一个障碍面上时，这个面上就受到压力。但是，現在光投射到吸收面上以后也产生了压力，这岂不是說通常認為光只是能量的，現在也有了質量的性質了么？这个實驗的深刻探討，指出了光的質量表示了光的慣性，光的質量和它的能量成正比。正确地說來，光的能量和它的質量联系着的，光的能量等于光的質量和光速的平方的乘积。

$$E(\text{光的能量}) = m(\text{光的質量}) \times C^2(\text{光速平方})$$

有很多實驗指出了光是以微粒的特性存在着的，一束光里，包含着成千上万个光的微粒，現在我們叫它們为光子。光子的能量是由光波的頻率来决定的。和光子的能量联系着的是光子的質量，因此，光子的質量也由光波的頻率所决定。

也是在四五十年前，物理学家发现了另一个實驗事實，就是电子的慣性質量隨着运动的速度增加而增大，尤其在速度接近光速时，更加显著。这就指出了电子質量和它的动能联系着的。通过詳細的實驗証明，电子因为它的速度增加而增加的慣性質量，和它的动能成正比，比例系数也是光速的平方。

$$\Delta E(\text{电子的动能})$$

$$= \Delta m(\text{电子运动而增加的慣性質量}) \times C^2(\text{光速平方})$$

这和光子的光压現象結合在一起，就可以得到結論說：不論光子的能量和电子的动能，它們都和一定的質量联系着的。此后通过不

少实验证明，不论什么质点，在动能增加时，它们的惯性质量都根据相同的联系定律增加着。现在我们叫这个定律为物质质量和能量的联系定律，这就是，和物质的质量联系的能量，等于质量乘光速的平方。

既然是物质的能量和质量有一定的联系，那末，为什么在平常情况下，我们对运动较快的物体，并不感觉它的质量有所增加呢？主要是因为在平常情况下，这样增加的质量是很小的，一般察觉不出来。譬如，十吨重的飞机，飞到每秒鐘一千公尺的速度，这样增加的动能所相当的质量只有十万亿分之一克。因此，这样小的质量变化在十吨重里是不可能察觉得到的。

上面所说的质量和能量的联系定律，是指物质的动能或光能或其它能量所联系的质量和这个联系的规律。但是，我们知道很多通常的物体是有着它的固有的质量的。这些质量就是在静止时也还存在。譬如，一个电子的静止质量是一千万万万万万分之一克，我们能不能说，这些静止质量是不是也联系着一定的能量呢？我们现在知道它也联系着一定的能量的，我们现在称这种能量为物质的固有能量。物质的固有能量也等于物质静止质量和光速的平方的乘积。

$$E_0(\text{物质的固有能量}) = m_0(\text{物质的静止质量}) \times C^2(\text{光速平方})$$

和物质的静止质量联系着的固有能量是很大的，譬如，和一克物质相当的固有能量大约等于二亿五千万瓦小时的电力。假如我们能把物质的固有能量解放出来，变为物质的动能，则我们就几乎可以有取之不尽、用之不竭的能量来源了。原子能的实现，只是初步在工业上运用了这个事实。

在二十年前，人们发现了带阳电的阳电子，阳电子的质量和电荷量完全和电子的质量和电荷量相等。人们发现一个光子在一定条件下会转变成一个带阴电的电子和一个带阳电的阳电子。同时，