

哲学講座。

中央人民广播电台廣播稿

自然科学專題講演汇编

錢偉長 李 杭
周明鎮 丁 瓚 講

中国青年出版社

哲學講座
自然科學專題講演匯編

錢偉長 李 杭 講
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

新華書店總經售

※

787×1092 1/32 2 3/8印張 45,000字

1957年5月北京第1版 1957年5月北京第1次印刷

印數1—100,000

統一書號: 2099·18

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 杭 (18)
生物的进化·····	周明鎮 (41)
巴甫洛夫学說的哲学意义·····	丁 瓚 (60)

· 哲学講座 ·

中央人民广播电台廣播稿

自然科学專題講演汇编

錢偉長 李 杭 講
周明鎮 丁 瓚

中国青年出版社

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、各式各樣，有的是固體，有的是液體，有的是氣體；但是所有這些物質，都是由某些最簡單的基本成份叫做元素的所組成的。例如水是氫和氧二種元素組成的；木材是由碳、氫、氧三種元素組成的。那時由偉大的俄國化學家門德列也夫根據各種元素的重量、物理性質和化學性質，排列成了一張所謂元素周期表。在這張元素周期表上，有着六七十種元素，和不少尚待發現的未知元素的空白。到今天，我們所知道的世界上的天然元素就有九十二種。還有一些元素在天然間並不存在，但是可以在實驗室里製造出來，如果連人造的一起計算在內，到現在為止已知的元素就有一百零一種。

每一種元素的最小單位是極微小的、眼睛所看不見的微粒子，叫做原子。在人們對於原子的構造還不大清楚的時侯，認為同一元素的原子都是一樣的，不同元素的原子都是不同的。認為世界上一共就只有那末幾種原子，有的很輕，有的很重。最輕的原子叫氫原子。其它如碳原子比氫原子重十二倍，鐵的原子比氫原子重約五十六倍。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種東西都是由這近百種不同的原子配合成的。原子非常小，我們用顯微鏡也看不見。如果把一萬萬個原子，一個接一個排起隊來，也不過指甲蓋那麼寬。平常，我們覺得灰塵是很小的了。可是在一顆灰塵里面，也還有幾千萬個原子。

類																	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0									
1								He 2 氦 4.003									
2	Li 3 鋰 6.940	Be 4 鈹 9.012	B 5 硼 10.81	C 6 碳 12.010	N 7 氮 14.008	O 8 氧 16.000	F 9 氟 18.998	Ne 10 氖 20.183									
3	Na 11 鈉 22.997	Mg 12 鎂 24.32	Al 13 鋁 26.98	Si 14 矽 28.09	P 15 磷 30.97	S 16 硫 32.06	Cl 17 氯 35.45	Ar 18 氬 39.94									
4	K 19 鉀 39.10	Ca 20 鈣 40.08	Sc 21 釷 44.96	Ti 22 鈦 47.90	V 23 釩 50.94	Cr 24 鉻 52.01	Mn 25 錳 54.94	Fe 26 鐵 55.85	Co 27 鈷 58.94	Ni 28 鎳 58.69							
5	Rb 37 鉀 85.48	Sr 38 鈷 87.62	Y 39 鈷 88.91	Zr 40 鈷 91.22	Nb 41 鈷 92.91	Mo 42 鉬 95.95	Tc 43 錳 98.91	Ru 44 鈷 101.1	Rh 45 鈷 102.91	Pd 46 鈷 106.7							
6	Ag 47 銀 107.87	Cd 48 鎘 112.41	In 49 銦 114.76	Sn 50 錫 118.71	Sb 51 銻 121.76	Te 52 碲 127.6	I 53 碘 126.9	Xe 54 氙 131.3									
7	Cs 55 銻 132.91	Ba 56 鋇 137.36	La 57 釷 138.92	Hf 72 鈷 178.5	Ta 73 鈷 180.86	W 74 鈷 183.85	Re 75 鈷 186.21	Os 76 鈷 190.2	Ir 77 鈷 192.22	Pt 78 鈷 195.08							
	Fr 87 鈷 223	Ra 88 鈷 226	Ac 89 鈷 227	Th 90 鈷 232	Pa 91 鈷 231	U 92 鈷 238											

類																	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0									
1								He 2 氦 4.003									
2	Li 3 鋰 6.940	Be 4 鈹 9.012	B 5 硼 10.81	C 6 碳 12.010	N 7 氮 14.008	O 8 氧 16.000	F 9 氟 18.998	Ne 10 氖 20.183									
3	Na 11 鈉 22.997	Mg 12 鎂 24.32	Al 13 鋁 26.98	Si 14 矽 28.09	P 15 磷 30.97	S 16 硫 32.06	Cl 17 氯 35.45	Ar 18 氬 39.94									
4	K 19 鉀 39.10	Ca 20 鈣 40.08	Sc 21 釷 44.96	Ti 22 鈦 47.90	V 23 釩 50.94	Cr 24 鉻 52.01	Mn 25 錳 54.94	Fe 26 鐵 55.85	Co 27 鈷 58.94	Ni 28 鎳 58.69							
5	Rb 37 鉀 85.48	Sr 38 鈷 87.62	Y 39 鈷 88.91	Zr 40 鈷 91.22	Nb 41 鈷 92.91	Mo 42 鉬 95.95	Tc 43 錳 98.91	Ru 44 鈷 101.1	Rh 45 鈷 102.91	Pd 46 鈷 106.7							
6	Ag 47 銀 107.87	Cd 48 鎘 112.41	In 49 銦 114.76	Sn 50 錫 118.71	Sb 51 銻 121.76	Te 52 碲 127.6	I 53 碘 126.9	Xe 54 氙 131.3									
7	Cs 55 銻 132.91	Ba 56 鋇 137.36	La 57 釷 138.92	Hf 72 鈷 178.5	Ta 73 鈷 180.86	W 74 鈷 183.85	Re 75 鈷 186.21	Os 76 鈷 190.2	Ir 77 鈷 192.22	Pt 78 鈷 195.08							
	Fr 87 鈷 223	Ra 88 鈷 226	Ac 89 鈷 227	Th 90 鈷 232	Pa 91 鈷 231	U 92 鈷 238											

符號	原子序數	元素名稱	原子量
Fe	26	鐵	55.85

圖 1. 門德列也夫的元素週期表

到四五十年前的時候，人們對於原子的構造，開始有了了解。原子雖然很小，但是它的結構卻是很複雜的。在原子的中心有一個又小又重的帶着陽電的核心，叫做原子核。外邊有很多小粒子繞着原子核不停地打轉，這些小粒子大小都相等，都很輕、很小，而且都帶着份量相等的陰電，我們把它們叫做電子。由於原子核帶的陽電和這些核外電子帶的陰電的總和份量相等，所以在原子外面看起來，陰陽相抵，不覺得原子是帶電的。原子雖然很小，但是原子核和電子還要小得驚人。它們的半徑只有原子的半徑的一萬分之一。如果說整個原子象一個球，這個球有普通房子那樣大，那末，原子核就好象放在房間中央的一粒芝麻，而核外的電子就好象飛揚着的幾點灰塵。這裡說明了，一個原子從它的原子核到它外層的電子中間，還有很大的空隙。原子是空空洞洞的，並不是一個完全堅實的東西。

不同元素的原子帶着不同數目的電子。例如，最輕的氫原子只帶一個電子，碳的原子帶六個電子，鐵的原子帶二十個電子，天然間最重的原子——鈾原子帶九十二個電子。元素周期表就是按所帶電子的數目來排列的。

原子外圍的電子，不論有多少個，它們都按自己的不同軌道打着轉。這好象太陽系，太陽在中間是相當于原子的原子核，其它行星

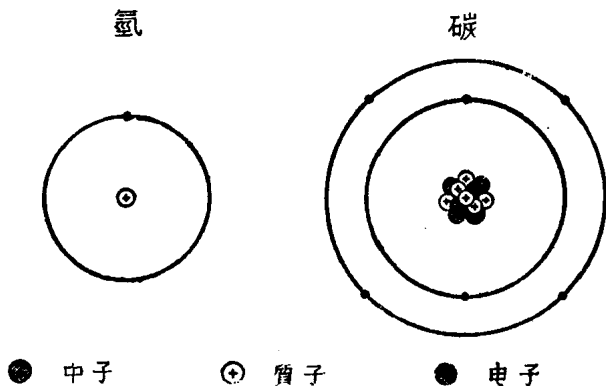


圖 2. 原子構造

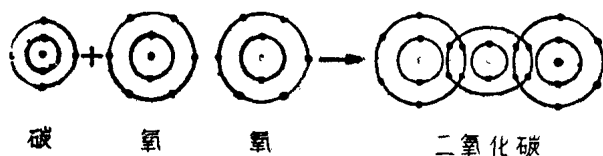


图3. 化学变化

相当于原子外圍的电子,每个行星也都有它自己不同的軌道,并且按着自己的軌道

圍着太阳轉。原子外圍的电子分成好几层,象最重的鈾原子的外圍电子就構成四层之多。属于最外层的电子的軌道,常常在别的原子接近时,会发生变形。这种外层电子軌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,当煤燃燒时,每一个碳原子和空气中的两个氧原子結合起来,它們的外层电子都发生了运动軌道的变形,这里面有个别电子的軌道甚至变到把三个原子核連它們的内层电子都裹在它的軌道里面。这种軌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。有时外层电子的軌道变化要吸收能量,那末在促成这种化学变化时要外界供給热能或是电能。这种原子和原子結合以后的产品叫做分子。世界上分子的种类是很多的。最簡單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。自然間有很复杂的分子,一个分子可以有成千上万个原子。如橡膠的分子就是这样一个很長很長的分子。它是由几种原子为單位的構造,重复地一串串地联結起来的分子,这种分子叫做高分子。

一切物質都是由分子構成的,分子在不断地运动着。温度高时,分子运动得比較快,幅度也比較大;温度低时,分子运动得比較慢,幅度也比較小。所以,一切物質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,互相間的距离很远,它們的运动比較自由,速度也比較快,碰撞的机会也比較小,一般常常可

以走上一段路程才会和另一个分子相撞。在低溫度下物質的狀態一般的是固体，固体里的分子，一般排列得都很緊湊，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，这就是沸騰。

因此，一切物質，不論是固体、液体或气体，在内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。运动是物質的屬性，我們从这种屬性里認識着物質。一切化学和物理学都是通过研究物質运动的狀態，和研究运动狀態的变化来認識自然界的物質狀態和物質構造的。

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軌道的結構問題。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，所有电子的运动狀態都失去了平衡，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軌道的运动狀態。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。

人們並沒有滿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，它里面还有兩種小的基本粒子，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，則它們的总重量和喜馬拉雅山的重量差不了很多，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。

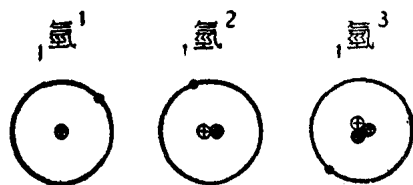


图4. 氫的同位素

例如氫元素的原子，就有三种同位素，大多数氫原子的核就只是一个質子。极少量氫原子的核包含一个質子和一个中子，它的重量比普通氫原子約重兩倍，称为重氫。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，它的重量有普通氫原子的三倍，称为超重氫。碳的原子有兩個同位素，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

質子和七個中子。天然的碳總是包含著一定比重的兩種同位素。再如原子能材料的鈾原子有好幾種同位素，鈾的同位素都有九十二個電子，核里也都有九十二個質子，但中子的數目則不同，其中有一種同位素有一百四十六個中子，所以質子和中子共有二百三十八個，這種同位素稱為鈾 238；另外一種同位素的核里有一百四十三個中子，質子和中子共有二百三十五個，稱為鈾 235；還有一種同位素有一百四十二個中子，稱為鈾 234。

各種同位素的原子核是不是固定不變的呢？科學家經過了將近六十年的努力，已經證明原子核並不是固定不變的，並且尋得了加速和控制原子核變化的方法。在科學上，這種原子核的變化叫做原子核蛻變。

人們開始注意到原子核有蛻變的現象，是在1896年，那時有科學家注意到鈾和釷能夠自動地不斷地放射出一種穿透物質、能力很強的射綫，它們可以影響包在黑紙內的膠片，使膠片感光。鈾和釷就是今天的主要原子能材料。兩年後法國科學家居里夫婦又發現了鐳也有放射綫的能力，這些射綫是什麼呢？它們在磁場里有一部分向一方乙種彎着射，有一部分向另一方彎着射，有一部分不受磁場的影響，一直往前發射。前一種我們叫做甲種射綫，它是由帶陽電的高速度的氦的原子核組成的。氦是一種稀有氣體的元素，它的原子核比氫原子重四倍，包含着兩個質子和兩個中子。第二種射綫叫做乙種射綫，它是由高速電子組成的，帶着陰電。第三種不受磁場影響的射綫是一種波長很短的無線電波，叫做丙種射綫，它的穿透能力最

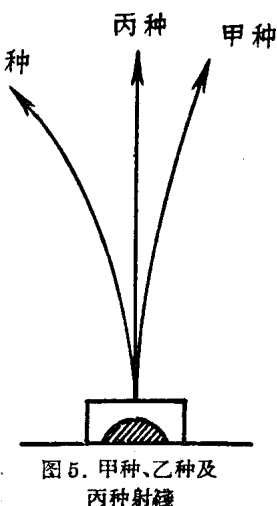


圖5. 甲種、乙種及丙種射綫

强。这些射线肯定地都是从原子核里出来的，因此，人们开始知道原子核的内部在自发地发生着变化。

我们现在知道，铀的自然放射的蜕变过程是很慢的。一块纯铀在四十五万万年的自然放射过程里只有一半的原子核发生变化。铀238的原子核通过自然放射过程放射甲种射线，即放射氦的原子核。铀238放出了氦的核以后，少掉了两个中子和两个质子，只剩九十个质子和一百四十四个中子了，这个新的原子核就是钍234。钍234比铀238还要不稳定，在二十四天中就能变掉一半，它会连续发射两个电子而变成镤234。发射的电子就组成了钍234的乙种射线，而在钍234中有两个中子，却由于在放射的过程中放出了电子而自己变成了质子。因此，钍234中比钍234中一方面少了两个中子，而另一方面却多了两个质子。钍234的寿命也是较长的，它在二万七千年中才会变掉一半，这样一代一代的变下去，共经过十四代后，最后变成稳定的铅206。铅206在普通的铅里有23.6%。钍232也有同样的性质，一块钍232通过一百四十万万年可变掉一半，它经历了十代以后，变成了较稳定的铅208，它在普通铅里有52.3%。

上面所说的各种放射物质的自然放射过程，都是不受人们的控制的。人们曾经想把铀的放射过程加快一些，尝试了加热、加压力和其它各式各样的方法，结果都失败了。

上面所说的各种放射物质的放射性性质，指出了原子核也是不断地在变化着的，并不是象人们想象的那样是一成不变的。我们通常遇到的原子核，象铅的原子核等，好像是稳定的，实质上也在渐渐地一个一个地变化着，不过变得很慢，一块铁或一块铅都要不知道几万万年以后才能变到我们察觉得出来罢了！

但是，人们并没有满足，在1919年，人们用镭里放出的甲种射线——就是氦原子核，打击氮原子，氮原子在吸取了氦原子核后就

能放出速度很大的質子，而变成氧核。人們开始知道可以用人工的方法使原子核发生变化。

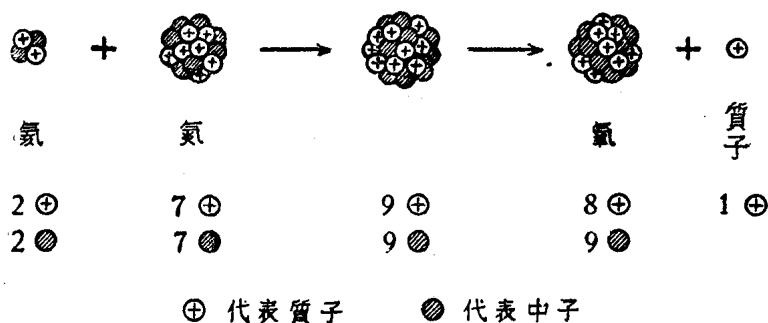


图 6. 人工原子核反应

从此以后，人們嘗試着用甲种射綫射击各种原子来获得各种原子的人工变化，人們进一步把氦的原子核——質子，和其它帶阳电的原子核，在加速器里把它的速度提高来撞击各种原子，促成原子核的人工变化。从这些实验里，得到了各种各样的人工放射性的同位素。但是，用帶阳电的粒子来撞击帶阳电的原子核时，因为阳电和阳电互相排斥的緣故，帶阳电較多的大原子核就很难被撞破。

后来，人們在这些实验里，获得了放射中子的人工同位素。中子射綫的穿透力很强，因为它不帶电，所以它可以打破帶阳电很多的重原子核。因此，中子就成了打击各种原子核、促成原子核发生变化的有效工具。

1938 年底，科学家們在原子核的人工变化中获得了一个重大的发现。当用中子打击鈾时，鈾 235 的核可以先吸收一个中子，然后又分裂成两个碎块，在同时，放出很大的原子能。并且在分裂过程中还打出来两三个中子，这两三个中子又可以碰着鄰近的鈾而发生第二次分裂，这样一串串地分裂下去，就給我們发出了可以利用的原子能。这就是所謂鏈式反应。这样的一串串的分裂变化，

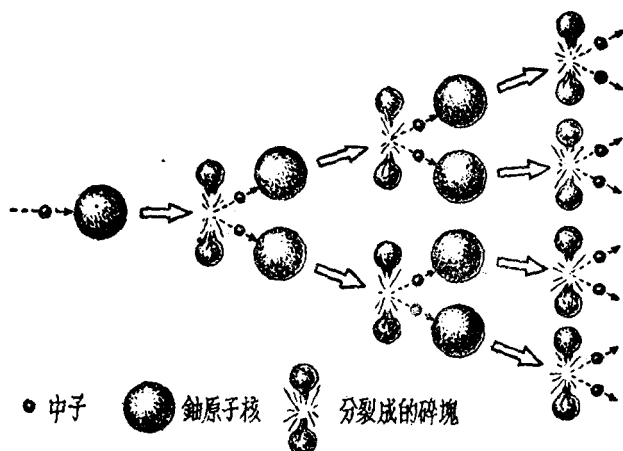


图7. 鏈式反应

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。当速度高的重氫核和超重氫核相碰时,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,就必须使所有重氫和超重氫都有极大的速度,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,它的內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。表面上看来,我們好象已經到了一个应该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紀四十年代初期的知識情况所决定的。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？这个实验的深刻探討，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。正确地說来，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。

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

有很多实验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实验事实，就是电子的慣性質量随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。通过詳細的实验証明，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：不論光子的光能和电子的动能，它們都和一定的質量联系着的。此后通过不

少实验証明,不論什么質点,在动能增加时,它們的慣性質量都根据相同的联系定律增加着。現在我們叫这个定律为物質質量和能量的联系定律,这就是,和物質的質量联系的能量,等于質量乘光速的平方。

既然是物質的能量和質量有一定的联系,那末,为什么在平常情况下,我們对运动較快的物体,并不感觉得它的質量有所增加呢? 主要是因为平常情况下,这样增加的質量是很小的,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質量只有十万亿分之一克。因此,这样小的質量变化在十吨重里是不可能察觉得到的。

上面所說的質量和能量的联系定律,是指物質的动能或光能或其它能量所联系的質量和这个联系的規律。但是,我們知道很多通常的物体是有着它的固有的質量的。这些質量就是在靜止时还存在。譬如,一个电子的靜止質量是一千万万万万万分之一克,我們能不能說,这些靜止質量是不是也联系着一定的能量呢? 我們現在知道它也联系着一定的能量的,我們現在称这种能量为物質的固有能量。物質的固有能量也等于物質靜止質量和光速的平方的乘积。

$$E_0(\text{物質的固有能量}) = m_0(\text{物質的靜止質量}) \times C^2(\text{光速平方})$$

和物質的靜止質量联系着的固有能量是很大的,譬如,和一克物質相当的固有能量大約等于二亿五千万瓩小时的电力。假如我們能把物質的固有能量解放出来,变为物質的动能,則我們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,人們发现了帶阳电的阳电子,阳电子的質量和电荷量完全和电子的質量和电荷量相等。人們发现一个光子在一定条件下会轉变成一个帶阴电的电子和一个帶阳电的阳电子。同时,