

科学和科学家的故事

13

門捷列夫定律

〔苏联〕B. 斯捷巴諾夫著

郭 文 傑 譯

109.12

上海科学技术出版社



科学和科学家的故事

13

門捷列夫定律

原 著 者 (苏联) Б. Степанов

原出版者 Трудрезервиздат

譯 者 郭 文 傑

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业许可証出 093 号

大众文化印刷厂印刷 新华书店上海发行所总經售

开本 787 × 1092 毫米 1/32 印张 1 1/16 字数 23,000

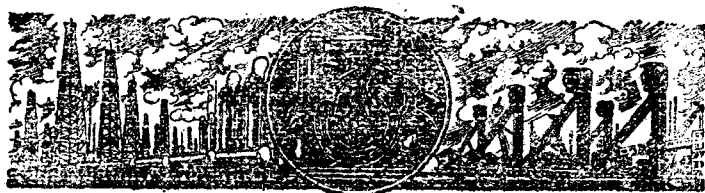
(原科技版印 15,000 册)

1959 年 3 月新 1 版 1959 年 3 月新 1 版第 1 次印刷

印数 1—10,000

統一書号: 18119 · 46

定 价: (十)0.13 元



門捷列夫定律

Б. 斯捷巴諾夫

在黑暗中徘徊

“是为了什么，在物理学和化学中做了如此多的实验？是为了什么，许多伟大的人物化精力拼性命去做危险的试验？难道只是为了把许多不同的东西和物质拾掇成乱七八糟的一堆？对它们看看和惊叹一番，却不去思索一下它们是怎样排列和如何把它们排成有秩序？……”

这段话是米哈伊尔·华西里埃维奇·罗蒙诺索夫在 1756 年时写的。一百年过去了，伟大的俄罗斯科学家所播种下的种子没有徒然白费。他所发现和证明了的物质重量守恒定律，帮助了化学从半手艺进而为精确的科学。化学家就是应用这一个规律，确定了这一事实，即不可胜数的一切物体都是由最简单的组成微粒—元素组成的；元素再不能用通常的化学方法分解成更简单的部分。

科学家从收集新事实—描述新物质的表面现象，转入深刻地研究物质的基本特性。这一研究方法成果，就是十九世纪初在化学中引用了物质的原子结构—观念。原来，每一化学元素都有

它自己的特别的原子形式或种类。鉄、鉛、硫彼此間既有不同，也和金、銅、氫以及其余的元素有別，就是因為它們的原子是不一样的。由原子組成的各物質所以有區別的主要原因，可以在原子相互的差別中找到。这一个发现，完全証實了罗蒙諾索夫的关于“化学家如不知道微粒内部的結構……那他們終究是在黑暗中摸索……”的天才的預見。

但是，原子和原子間有什么不同呢？十九世紀前二千年間，一直是把原子看作整体的、硬的微粒。原子間最本質的區別是重量的差异。在十九世紀初期所知道的并作过精確測量的就是这一点。

化学家很清楚地面臨着它的最迫切的任务了：要弄清楚自然界中存在有哪許多种原子并決定它們的原子量。知道了任何物質的分子中的原子数目、种类、重量时，就可以計算該物質的組成百分比、可以想出取得它的方法、可以計算其設備的容量及找到最好的利用这种物質的方法。

單是这些任务中的第一項，就給科学家添上許許多多的工作了。

無論是元素的学說，或是原子的学說，都肯定說不可勝數的一切物体是由一些微粒——元素或各种原子——配合組成的。元素的观念对化学的发展有很大的影响，因为它大大地簡化了对自然界的研究。元素的观念提出了为数不多的化学元素，并証明了自然界中多到无法計算的彼此不相似的物体都不外是这些元素所組成的。

但是，当需要进一步弄清楚自然界究竟有多少元素时，对于这一观念的信心又发生動搖了。十九世紀初，已經知道的原子有二十八种：1800年时人們知道的有鉄、銅、鋅、金、銀、砷、氫、氧、

氮、氯以及其他十八种元素。然而，知道这一些元素原来仅仅是个开始。1803年一年內新发现了四种元素，1808年又新发现了四种元素，十九世紀的前面五十年总共发现了二十七种元素——这一时期发现的元素与自有化学以来所发现的一样多。几乎每年都有新原子发现。这样一来就开始复杂化了。

1798年德国化学家馬尔金·克拉帕洛特发现了一种新金屬——鈾。科学家們从事鈾的探討工作、研究它的特性化了四十三年。忽然在第四十四年法国人約翰·彼里到底証明克拉帕洛特所分析出的根本不是金屬，而是金屬的氧化物——鈾和氧的化合物。鈾本身与鈾的氧化物之間，正如鉄和鉄锈之間一样有差別。几乎是半个世紀以來誰也沒有注意到这一种差別，即沒有能力断定：这些观察到的性質是氧化物所特有的，而不是金屬本身所应有的。

假如在研究已知物質时，还有这种意外收获，那么发现新的元素，則更是大大地出乎意外的事了。这时候，科学家們根本沒有任何指示可以遵循。法国人别尔恩加尔特·庫尔杜阿研究海藻的灰滓，他以硫酸作用于海藻的灰滓。有一次，他在容器中加多了一些硫酸，突然，在容器上面呈現有藍紫色的蒸汽，冷却后，蒸汽凝結成为帶有金屬光泽的黑色晶体。这就是一种新的元素——碘（按希腊語意即“藍紫色的”）。

法国的另外一个化学家安东·巴拉尔在地中海鹽田的鹽水上面做实验。他把氯气通过鹽水后，看到一种奇怪的现象：鹽水成棕黄色了。巴拉尔把使鹽水变色的那种帶有刺鼻难聞的臭气的棕色液体分离开，并確認这是一种未知的元素，他把它叫做“鹽”（按拉丁文原文意即鹽水），并把这一发现写信告诉了巴黎科学院。院士們認可了巴拉尔的报告，但因新元素的臭味而改名

叫溴(按希腊語意即“有臭气的”).

许多年来,所有欧洲各地的药房都贩卖白色的碳酸锌.有一次,药房总检查員甘諾維拉·弗里特里赫·西特洛迈耶尔在許多家药房里看到碳酸锌因受热而变黑了.西特洛迈耶尔对这一不可解的現象感到了兴趣,进行了实验,并找到了变黑的原因——鋅鹽中存在有一种未知其名的金屬.他把它分离了出来,把它叫做镉(由鋅礦的旧名而来).

庫尔杜阿·巴拉尔、西特洛迈耶尔以及另外一些科学家,他們都是偶然地发现了这些未知的元素的.他們不能預見这些元素的存在.他們是在黑暗中摸索前进,盲目地、偶然地碰上了新元素.

机遇、偶然性支配着科学家.这样会使人陷入悲观和失望,因为发现自然界中所有各种原子(元素),是那时化学家的主要任务之一.新元素一个跟着一个接踵而来,似乎这种发现將是无止境的,这使得科学家們大为迷惑不解了.1870年已經知道的化学元素已有六十三种,而且还在繼續不断的增加中.这样就破坏了化学大厦的基础.可以引出这样的結論:原子和元素的学說只是表面上簡化了对自然界的認識,但实际上誰也不能肯定——原子种类会不会多到同物体本身一样.

化学上的迷惑时期

在求原子量方面的情形也不見得好多少.

当时还不可能称量这些出乎意外之小的、小到不可見的單一个原子的重量.这些粒子是如此的小,無論增加或减少几十万万个原子,最精密的天平也无法觉察.因此,化学家們决定退一步去解决这个問題——去測定一种元素的原子比另外一种作为單

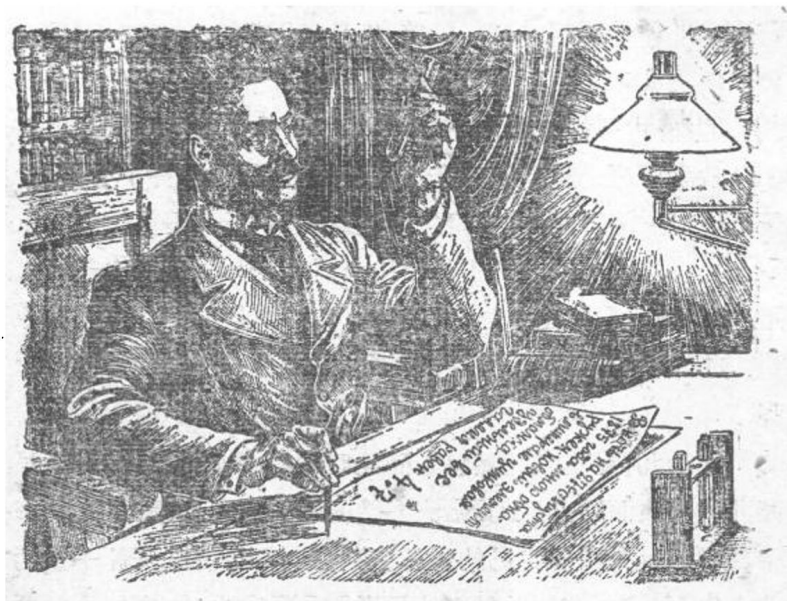
位重量的原子要輕或重多少倍。但是，就是求这个相对重量——化学家現在称之为原子量——也不是那么的容易。

例如：由分析知道，水分子中的氧重是氫重的 8 倍。但这不是就說氧原子重是氫原子重的 8 倍呢？假如水分子中氫、氧原子是一对一的話，那么 8 确实就是氧的原子量（將氫的原子量作为 1）。但是，如果水分子是由一个氫原子和二個氧原子組成的話，氧的原子量就是 4；或者相反，由一个氧原子和二個氫原子組成的，氧的原子量則是 16 等等。那么分子中究竟有多少原子呢？

在十九世紀初期，能够正确地回答这一个問題的，只不过是某几种物質而已。对于其余大多数的物質只能作猜測罢了。每一个科学家都是按他自己的意思来猜測。并且，在選擇原子量的單位上也不一致。有的取最輕的元素氫原子作單位；有的取氧原子作單位，因为它的化合物最多；也还有取氧原子量百分之一作單位的以及其他等等。我們很容易想象得到十九世紀前半期，这种單位的不一致在化学家的研究工作上要造成如何的混乱。一本化学杂志的編輯，他不得不在每一篇論文下附上許多特別的注解，沒有注解，論文的内容就只有作者本人才懂得。

这是化学上的迷惑时期。

誠然，大多数的疑团逐渐明朗了。科学家們找到了求任何物質的分子中原子数的方法。他們都同意取氧原子量的十六分之一为單位（約等于氫的原子量）。然而始終还不能自信地說：所求得的某元素的原子量一定是这样的，而不是那样的。錯誤仍和以往一样在化学家的工作中常常发生，結果对原子存在的信心也动搖了。著名的法国化学家讓·裘馬竟提議抛弃原子这一观念。照他的說法：原子观念是混乱的根源，并妨碍了科学的发展。



法国化学家列可克·德·布阿勃德朗发现了新元素镱，但他对镱的比重则作了错误的计算

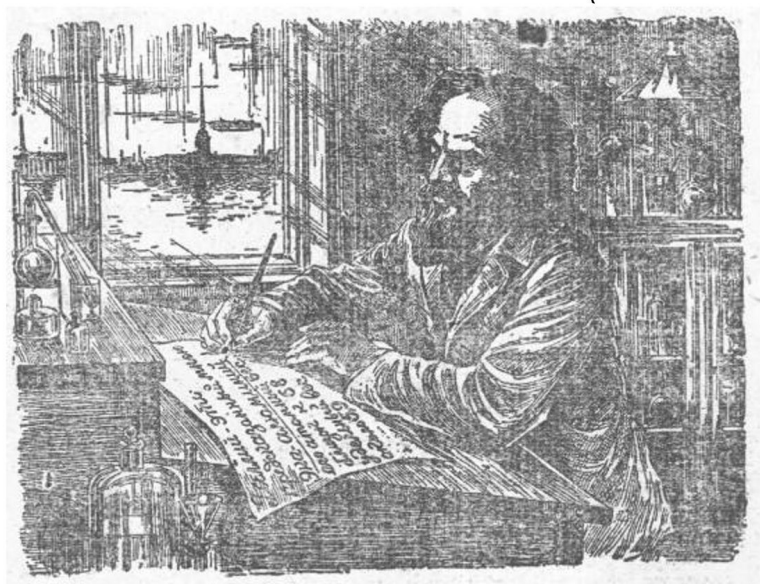
化学遭遇了深重的危机。

在十九世纪初期，作为一切化学规律的基础的原子学说，似乎不必置疑的了。然而，一年一年过去，过了几十年，却没有一个科学家能发现原子本身遵守的规律。不知道这一个规律，就不可能预见原子的性能。正因为这样，十九世纪中叶的化学就被偶然性和意外性所支配着。

突然，情况又起了急剧的改变。

从俄罗斯来的信

1875年法国化学家列可克·德·布阿勃德朗分析比里牛斯山的锌矿时，发现了锌矿中一个未知其名的元素。布阿勃德朗



門捷列夫还在发现鐳以前就已正确地預言了鐳的一切特性，并基于这一預言改正了布阿勃德朗的錯誤，这是周期律正确性的不可辯駁的証据

把这一元素叫做鐳(从法国的古名加里亞而来)。他找到它的最重要的一些性質，并在巴黎科学院的“报告集”上发表了一篇簡單的报导。这一发现的本身并没有什么精彩出奇的地方，看来也不致引起怎样广泛的評論。又发现了一个元素——第六十五个，如此而已！对于这一种报导大家早已司空見慣了。

然而，鐳的发现毕竟又很快地招致全世界的注意。开始是这样的：布阿勃德朗收到了一封信，笔迹是不熟識的，邮戳是“聖彼德堡”字样。布阿勃德朗閱讀了来信——他簡直不能相信自己的眼睛了。来信的作者肯定的說：他所找到的鐳的性質并不是完全对的，特别是該金屬的比重不应当是布阿勃德朗所求出的4.7，

而应当是在 5.9 到 6.0，該信件后的署名是“聖彼得堡大學教授狄米德理·門捷列夫”。

· 不难想象布阿勃德朗的感想，究竟是誰发现了鎔——难道不是他嗎？他不就是世界上独一无二的、手中拿着剛剛发现的鎔的人嗎？从来没有看見过鎔的这个俄罗斯教授怎能隨隨便便地笑人！

这位科学家对待科学的正确态度毕竟占了上风，真的，为什么不可以自己再作一次檢驗呢？布阿勃德朗再一次仔細地把鎔弄純淨，重新来計算它的比重。

憤慨变为惊奇和欽佩。門捷列夫是对的！鎔的比重的确是 5.96。布阿勃德朗在一篇新論文中写道：“我以为沒有必要再来說明門捷列夫先生的这一理論結論的鉅大意义了”。

这一件事情引起了普遍的注意，大家都知道发生了一件不平常的事情。意外性、偶然性、盲目乱闖的迷陣被冲破了，科学史上破天荒第一次事先預言一个新元素的发现。

科学家們翻閱了許多旧杂志，真的，还在 1872 年的德国化学杂志上，就已刊载了門捷列夫的发现自然界新定律的論文了。在这一篇論文中，門捷列夫所叙述到的，还在 1869 年的几种俄罗斯杂志中就早已发表过了。

論文被譯成了法文和英文，全世界的科学家都知道了俄罗斯科学家的发现。

門捷列夫定律

他們深信狄米德理·伊万諾維奇·門捷列夫所发现的那个定律，正是科学上所缺少的原子的基本定律。

这一个定律肯定的說：各种不同元素的原子的特点，决不是



狄米德里·伊万諾維奇·門捷列夫

最 原	單 手	性 體	最 活	活 金	不 活	過 元	不 非	活 金	活 非
N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8		
氫	氮	鋰	鈹	硼	碳	氮	氧		
1	4	6.9	9	10.8	12	14	16		

按原子量遞增次序排列起來的元素，形成了一個自然的順序，在該順这里面就是門捷列夫周期律的本質所在

其特性的偶然的排列。

門捷列夫發現了元素的自然序列，出奇的是在這一序列中當一種原子轉到另一種原子時，它們的性質的變化是有嚴格的規律性的；在一定的序列中包括了自然界中不可勝數的物體的多样性特性。

例如：典型的、金屬特性最顯明的是鋰，在化學作用中，它最能迅速地與其他元素起化合作用。在元素的自然序列中，鋰之後就是鈹，這是一種比較不大活潑的金屬，比較少有金屬的特性。例如：如果鋰在空氣中和氧化合極其迅速，立刻會蒙上一層松軟的氧化物的薄膜（銹膜），那麼，鈹和氧的化合比鋰就要慢得多。鈹後面是硼，它的金屬性質已非常的弱了，它的化學活潑性比起鋰和鈹顯然是差得多。例如：對空氣而言，硼完全是穩定的。

硼後面元素是碳，它顯然是介於金屬與非金屬十字路口間的元素。金屬有很好的導電性，它們的原子極易與非金屬的原子相化合。非金屬導電性很差，它們的原子極易與金屬的原子相化合。碳和金屬、非金屬都一樣能很好地化合。至於談到導電性，那麼金剛石形態的碳幾乎完全不導電，而石墨形態的碳導電性則很好。

在碳後面的元素是氮，它顯然已是非金屬了，但是，在非金屬中它與其後面的元素氧不同，乃是最不活潑的一種元素。氧很

活金 N9 氟 19	惰气 N10 氦 20.2	活金 N11 鈉 23	活金 N12 鎂 24.3	过渡 N13 鋁 27	过渡 N14 矽 28.1	活金 N15 磷 31	活金 N16 硫 32.1
---------------------	------------------------	----------------------	------------------------	----------------------	------------------------	----------------------	------------------------

序中有一些元素的化学性質是周期性地重复着另外一些元素的化学性質的

容易和其他大多数元素化合。在氧后面的元素是氟，这是一种最猛烈的、最活潑的和最特出的非金属。

如果將这元素序列中的七种元素排列起来，那么就得出了一非常精彩的一組。

这一組突出的地方，就在于：如果这些原子的化学性質总合起来，可以說是包括了自然界一切物体的主要的化学性質。在这一組中有金屬，有非金属；有和其他元素激烈化合的活潑元素，也有和其他元素难于化合的不活潑元素；还有介于金屬和非金屬間的过渡元素。因此自然可以設想：在其他元素中已再不可能找到和这一組的元素性質根本不同的元素了。一种元素的性質如果不是金屬性質——由活潑到不活潑，或者非金属性質——由不活潑到活潑，又不是介于金屬和非金屬間的过渡性質，那么还能有什么性質呢？

事实上，在原子序列中排列在氟后面的元素鈉，基本上是重复了鋰的性質；鈉不同于鋰的是有更大的化学活潑性、較低的熔解溫度，其他性質只是表現程度差別而已。鎂重复鈹的性質，只不过鎂更活潑和更易于燃燒罢了。鋁重复硼的性質，但鋁的金屬性表現得更为明显。象近亲一样彼此相似的有：矽与碳，磷与氮，硫与氧。于是又組成了新的一組，在这一組中包括了一切主要的化学性質。而原子序列中下一个元素鉀又是最活潑的金屬，是

鋁、鈉族中的一員；而後是鈣，這是鋁、鎂的親族，依此類推。

門捷列夫定律的大意是：在元素的自然序列中，一些元素的性質周期地重復着另外一些元素的性質，所不同的只是程度上的差別而已。正象一組組的“陀”、“來”、“米”、“弗”等等聲音一樣，自然地依次排列着，周而復始並且在周而復始的時候，也有各種不同的音程——自最低音到最高音。

在元素的自然序列中，原子性質的這一周期的反復性乃是原子的基本定律，是自然界中最重要定律之一。

門捷列夫稱自己的這一定律是周期律，把元素的自然序列叫做元素的周期系。

指 路 明 燈

從周期律中得出結論：如果存在着一種金屬性質活潑的元素，那麼應該有另外一種金屬性質比較不活潑的元素，在該元素後面，還有一個金屬性質更弱的元素，依此類推。如果它們之中少了某幾個元素，那麼這並不是因為它們這幾個在自然界中不存在，而是因為這幾個尚未被發現罷了。在周期表中，由於缺少某幾個尚未發現的元素因而中斷了原子自然序列的地方，門捷列夫就在那兒留出空格：他絕對相信這些元素是存在的，它們遲早會被發現的。

“我以為到現在我們還不可能預見某某元素的存在，正因為我們沒有任何嚴密的元素體系，故更沒有任何綫索來預見元素的特性……1870年時門捷列夫寫道。——根據周期關係的指示……不僅可以指出還缺些什麼元素，而且還可以有把握地決定這些尚未發現的元素的特性……我決定這樣做，是為了以後發現我所預言的元素之一時，就可以使我自己和別的化學家確信

作为我所提出的元素系統基础的那些假定是正确的。”

于是門捷列夫以罕有的明确性作出了許多大胆的預言。他写道：“毫无疑问，就在鉀和鈣之后缺少了一个元素，因为鈣的原子量接近于40，而下面一个元素是鈦（鈦的原子量是50—原作者注），所以这个缺少的元素的原子量應該接近于45……这种金屬是不揮发的，因为各組偶数列中的一切金屬都是不揮发的……它在常溫时不会分解水，但在稍稍提高溫度时就能分解水，正如这一类中許多其他金屬一样……”。

門捷列夫就是这样有把握地写着，活象已經看到这个还没有发现的元素一样，而实际上呢，他只是在研究着这个元素在周期表中的位置以及其相鄰元素性質的变化而已。他又同样詳細地預言了另外二个未知元素的性質；关于許多其他元素的存在問題，他也作了簡略的敘述。这样一来，他就使全世界的科学家能够根据实验檢驗他的定律是否准确。列可克·德·布阿勃德朗的发现乃是第一声。恩格斯对于門捷列夫的預言写道：“門捷列夫……所完成了的科学上的偉績，足可和列威尔計算尚未发现的行星——海王星——的軌道一事相提并論的”。

科学家們从門捷列夫的論文里讀到各元素在自然序列中，是按照它們原子量的增長次序而排列的。但是，門捷列夫从什么地方竟知道这些原子量呢？例如：在他的表中为什么鈾的原子量是以240来代替以前公認的120呢？

門捷列夫回答道：因为过去所求出鈾的原子量是不对的，周期律破天荒第一次使人們有可能决定元素的原子量應該是多少。要知道如果原子量是“120”，鈾在原子自然序列中所落到的位置，却被一个与鈾的性質毫不相同的元素所占据着，而“240”却使鈾占有了应有的位置，落在和它相近元素的一族里了。这就

是說，鈾的原子量是 240。

就是根据这样的判断使得門捷列夫又改正了其他許多元素的原子量。所有他提出改正了的数字很快地都获得了輝煌的証实。

这样一来，化学上的迷惑时期就結束了。周期律——原子的基本定律——成为光亮的指路明灯，这盞指路明灯从此就始終不变地指示給研究家正确的研究道路。

偉大发现的时期

镓是最后一个偶然发现的元素。此后一切新元素的发现，都是根据門捷列夫週期律的指示而完成的。在化学上开始了偉大发现的时期，开始了俄罗斯科学家的理論获得惊人成就的时期。

1879 年瑞典化学家拉尔斯·尼尔森发现了經門捷列夫預言并詳細描述了的第二个元素。尼尔森把它叫做釷^①（为了崇敬斯堪的納維亞）。过了一年后他写道：“这样一来，俄罗斯化学家的思想已經得到最明白的証明了，这一个思想不仅能預見所說簡單物体的存在，并且能預言它的最重要的性質。”

1885 年德国化学家文克列尔发现門捷列夫所預言的第三个元素，他把它叫做銻。門捷列夫在 1870 年就曾特別周詳地預言过这一元素的性質。所以全世界的科学家都兴高彩烈地期待着文克列尔报导发现的詳細情形。文克列尔的論文剛一問世，各国的許多人士就拿它来和十五年前发表的門捷列夫論文加以比較。以下就是他們对比的結果。

① 釷的拉丁文讀音为“斯堪的”——譯注

門捷列夫：这应当是一种可溶解的金属，它的原子量大約是72，比重大約是5.5。

文克列尔：鍺是一种金属，它的原子量是72.3，比重是5.35，熔解度为958.5度。

門捷列夫：这一种金属几乎不和酸起作用，但是可和硷起作用。

文克列尔：鍺很难和酸起作用，但在熔解时极易和硷起作用。

門捷列夫：这一金属的氧化物的比重应当大約是4.7，它极易溶解于硷，并易还原为金属。

文克列尔：氧化鍺比重是4.703，易溶于硷，并可用氫或碳还原为金属。

門捷列夫：这一金属和氯的化合物应成为液体，其比重大約是1.9，沸点大約是90度。

文克列尔：氯化鍺是比重1.887的液体，沸点是86度。

以下还有很多这样的令人感到惊奇的巧合。

文克列尔本人对于他自己发现的鍺的性质与門捷列夫的預言竟如此符合，感到惊奇万分，于是他在他的一篇論文中怀着兴奋的心情写道：“如果我们認为鍺本身是一个值得注意的元素……那么研究它的性质，在作为測驗人类的远見的試金石方面而言，乃是一个不是寻常的引人入胜的問題。未必再有例子能更明显地証明元素周期学說的正确性了……它的意义不單單是証明了一个大胆的学說，它还意味着大大地扩展了人們在化学方面的眼界，意味着在認識領域內前进了一大步。”

文克列尔在他給門捷列夫的私人信中写道：“……祝賀你的天才的研究工作中所获得的新胜利，謹向你表示我衷心的敬