

cada grupo possuem propriedades mais francamente metálicas.

**C. — Relações entre os grupos.** — Observando a tabella de Mendelejeff, á primeira vista pode parecer sem utilidade a disposição em duas columnas dos elementos de cada grupo. Confrontando, entretanto, os membros componentes de ambas as columnas, verifica-se que os elementos collocados na mesma columna são mais intimamente ligados nas suas propriedades geraes do que os elementos de columnas differentes, comprehendidas no mesmo grupo.

Assim, no primeiro grupo, o lithio, o potassio, o rubidio e o cesio se assemelham chimicamente entre si mais do que ao cobre, á prata e ao ouro.

O mesmo se observa nos demais grupos. No segundo, por exemplo, o calcio apresenta maior analogia com o estroncio e com o bario do que com o zinco e o mercurio, assim como o cadmio é mais estreitamente ligado ao zinco e ao mercurio do que ao grupo do calcio.

Estes factos são de muito interesse e salientam a importancia da lei periodica.

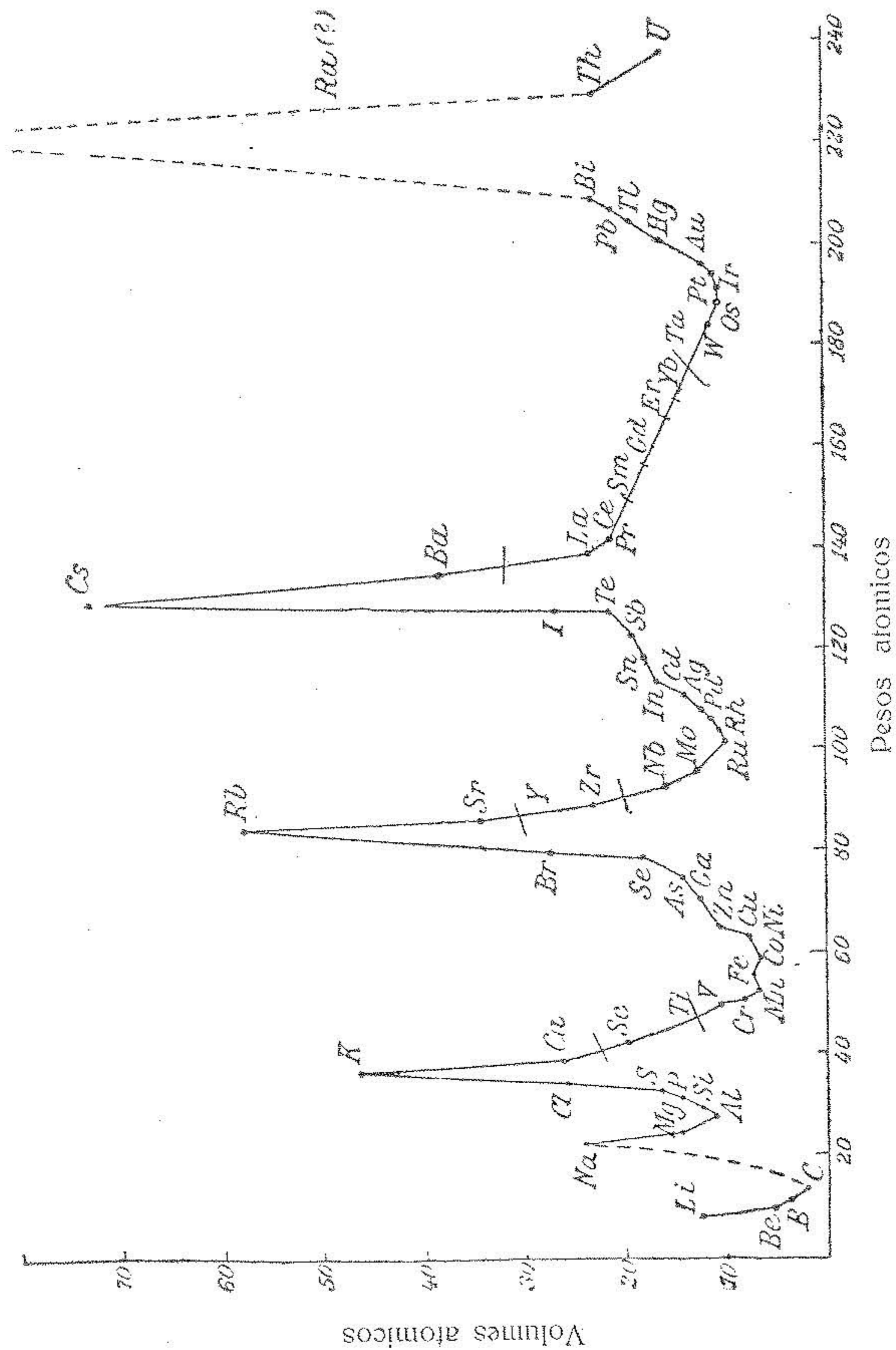
## PROPRIEDADES PHYSICAS

**A. — Volume atomico.** — Estrictamente falando os volumes atomicos se devem referir aos elementos em estado solido e em iguaes condições. Por isso alguns dos valores indicados não são comparaveis exactamente já que não é possível na pratica conseguir uma condição typo para todos elementos.

O volume atomico de um elemento é o numero de centimetros cubicos occupados por seu



# Curva dos volumes atômicos





atomo-gramma e é dado pelo resultado da divisão de seu peso atomico por seu peso especifico.

Tomando para o exemplo o potassio, cujo peso atomico é 39,10 e a densidade 0,86, o volume atomico será  $\frac{39,10}{0,86} = 66,27$ .

Fazendo a mesma verificação nos demais elementos do systema periodico verifica-se que o volume atomico varia gradativamente com o augmento do peso atomico.

Traçando-se uma curva representativa do volume atomico dos diversos elementos, seguindo a ordem crescente de seus pesos atomicos, se vê que este augmentando o volume atomico diminue e augmenta regularmente, demonstrando assim que é função periodica do peso atomico.

Observando-se o traçado do volume atomico dos diversos elementos, verifica-se que a curva desenhada apresenta cinco pontos mais altos, que correspondem aos metaes alcalinos: lithio, sodio, potassio, rubidio e cesio, e que nos pontos mais baixos se encontram os elementos, cujos pesos atomicos são, approximadamente, a media entre os pesos atomicos do ponto mais elevado precedente e o seguinte.

Acompanhando o traçado desde o inicio, encontra-se nos pontos mais altos os elementos mais fortemente basicos; os outros nos ramos descendentes. Os elementos que formam acidos estão nos ramos ascendentes.

Nessa curva vê-se tambem a differença entre os pequenos e grandes periodos da taboa de Mendelejeff.

Nos casos em que não se pode determinar a densidade no estado solido, como no oxyge-



nio, nitrogenio e fluor, estes elementos ficam assignalados, na curva dos volumes atomicos, por uma linha pontilhada.

A's vezes os elementos com propriedades chimicas semelhantes apresentam volumes atomicos approximados, por exemplo o chloro, o bromo e o iodo.

Porém tambem se encontram elementos com volume atomico quasi igual e com propriedades muito differentes, mas nestes casos depende do ramo da curva em que se acha o elemento, si no ascendente ou no descendente.

Foram notadas muitas relações entre outras propriedades physicas dos elementos, taes como o calor especifico, conductibilidade thermica e electrica, etc., e os volumes atomicos, mas as mais interessantes são as existentes entre fusibilidade e volumes atomicos.

**B — Fusibilidade e volatibilidade.** — Às relações entre o ponto de fusão dos elementos e o volume atomico se pode ver traçando uma curva dos pontos de fusão e dos pesos atomicos e comparando-a, depois, com a dos volumes atomicos.

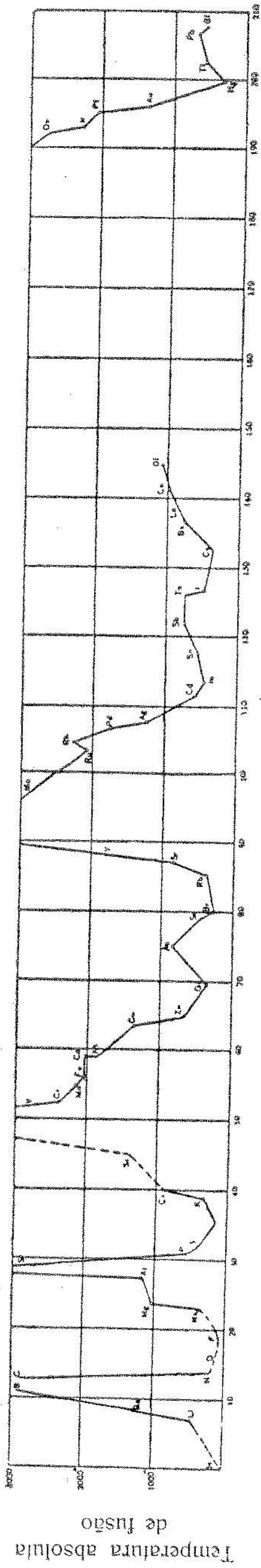
Augmentando o peso atomico, o ponto de fusão augmenta ou diminue com maior ou menor regularidade.

Entretanto os pontos maximos, assim como os minimos, não coincidem nas duas curvas: os elementos de volume atomico maior ou menor não têm, respectivamente, os pontos de fusão mais elevados ou mais baixos.

Assim os elementos facilmente fusiveis ou



## Curva da fusibilidade





volateis na temperatura ordinaria estão nos ramos ascendentes da curva dos volumes atomicos ou nos pontos mais altos e os elementos difficilmente fusiveis ou infusiveis, com os meios de que dispomos, se acham nos ramos descendentes ou nos pontos mais baixos.

Comparando as duas curvas se observa que os pontos maximos de uma dellas correspondem approximadamente aos menores da outra.

Os pontos de ebullição apresentam as mesmas variações geraes do que os pontos de fusão: todo elemento de volume atomico maior do que o do elemento de peso atomico immediatamente inferior é mais facilmente fusivel e volatil.

A curva da fusibilidade como a dos volumes atomicos é estrictamente periodica, mas em cada grupo o ponto de fusão augmenta com o peso atomico, enquanto o volume atomico diminue.

O exposto é o essencial e sufficiente para salientar a natureza periodica das propriedades physicas e chemicas dos elementos.

---



## IMPERFEIÇÕES DO SYSTHEMA PERIODICO.

Apezar das relações esclarecidas pelo systema periodico é preciso observar algumas imperfeições existentes na tabella original.

O hydrogenio, um dos elementos mais importantes, não tem lugar definido no systema, apesar da maior parte dos chimicos collocar-o em primeiro lugar na taboa, o que é ainda materia de discussão. Mais communmente é considerado como radical positivo monovalente, semelhante aos metaes alcalinos, em vista de formar compostos com os radicaes negativos taes como o chloro, mas pode tambem actuar como radical negativo monovalente, assemelhando-se aos halogenios por formar, com os metaes alcalinos, os hydruretos, semelhantes em character aos saes e quasi analogos aos chloruretos.

No primeiro grupo encontram-se o cobre, a prata e o ouro com o lithio, o potassio, o rubidio e o cesio, apesar destes ultimos quatro elementos não apresentarem relação estreita com os primeiros. Além disso o sodio em vez de estar collocado na mesma divisão do grupo com os outros metaes nitidamente alcalinos, com os quaes ficaria melhor, está com o cobre, a prata e o ouro, formando outra divisão do primeiro grupo.



No setimo grupo o manganez é collocado entre os halogenios e não no mesmo grupo do chromo ou do ferro; além disso não está na mesma divisão do grupo que comprehende o chloro, o bromo e o iodo, mas sim com o fluor, com o qual menos se assemelha do que com os demais.

No oitavo grupo existem outras irregularidades. Considerando o poder de combinação dos elementos com o oxygenio, verifica-se um augmento regular nesse poder indo do primeiro grupo ao setimo, onde se encontram os compostos  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Br}_2\text{O}_7$ ,  $\text{I}_2\text{O}_7$ , mas o fluor não se combina directamente com o oxygenio. De todos os elementos comprehendidos no oitavo grupo só existe um, o osmio, em que a valencia é de oito para o oxygenio; os demais têm valencia inferior.

Outra irregularidade observada é que apesar de haver elementos que funcionam com diversas valencias, figuram no *systema* só com uma.

Assim, por exemplo, em uma serie de saes o cobre é monovalente, porém mais communmente apparece como bivalente; a prata que pertence á mesma familia periodica é sempre monovalente, emquanto que o ouro, tambem pertencente á mesma familia, é mono ou trivalente.

Ha, além disso, difficuldade de collocar nesse quadro quinze elementos raros, chamados elementos das terras raras, existentes na quinta-serie, entre o cerio (140) e o tantalo (181). A maior parte delles dando oxydos, correspondendo á formula  $\text{M}_2\text{O}_3$ , e alguns  $\text{MO}_2$ , deveriam ser collocados na terceira ou quarta columna, que não comporta tantos elementos.

Entretanto, como alguns delles apresentam



grandes analogias em suas propriedades químicas e têm seus pesos atomicos não muito diferentes, são ás vezes collocados diversos em uma mesma columna.

Observando a tabella de Mendelejeff, notaremos que existem casos em que é preciso deixar de collocar os elementos segundo a ordem crescente de seus pesos atomicos.

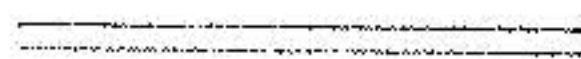
O argonio, gaz inerte, é collocado antes do potassio apesar de seu peso atomico ser maior. O cobalto se encontra antes do nickel porque esta ordem condiz melhor com suas propriedades, em vista do cobalto apresentar maior semelhança com o ferro. O tellurio é posto antes do iodo apesar de seu peso atomico ser maior, para incluil-os, respectivamente, nos grupos do enxofre e dos halogenios, pois assim o requerem sua valencia e outras relações químicas.

Vê-se tambem que o cobre e o mercurio são collocados em columnas differentes, não obstante terem grande analogia química; do mesmo modo o bario e o chumbo, e o thallio e a prata.

Mesmo com estas irregularidades, considerando que os elementos do grupo do argonio, ultimamente descobertos, se intercalam perfeitamente na taboa de Mendelejeff, assim como os elementos radio-activos, é de justiça concluir pela utilidade do *systema* periódico, apesar da opinião contraria de alguns que se deixam impressionar mais pelos defeitos existentes do que pelos grandes serviços que presta, chegando mesmo a pensar em mera casualidade, sem se lembrarem da possibilidade de não estarem perfeitamente conhecidos os elementos e os demais phenomenos da natureza, em vista de nossos conhecimentos incompletos.



Muitas imperfeições foram sanadas pela nova e verdadeira base que actualmente, em vista das recentes theorias sobre a constituição dos atomos, é dada ao systema periodico — o numero atomico. Tal assumpto, em essencia, será tratado na ultima parte deste despretencioso trabalho.





## APPLICAÇÕES DO SYSTHEMA PERIODICO.

O systema periodico dos elementos é uma das mais importantes descobertas no dominio da chimica inorganica.

E' de valioso auxilio na correcção dos pesos atomicos determinados imperfeitamente, como se poude verificar com diversos elementos.

Apontemos, porém, só alguns exemplos.

Durante algum tempo se suppôz que o indio tivesse o peso atomico de 75,6 e que o seu oxydo fosse  $InO$ , devendo por isso ser collocado no systema entre o arsenico e o selenio. Entretanto, como suas propriedades indicassem que a collocação melhor era entre o cadmio e o estanho, os chimicos continuaram as pesquisas e Meyer verificou que o peso atomico do indio era 113,4 e considerou o oxydo com a formula  $In_2O_3$ , dados estes confirmados mais tarde por Bunsen.

Este ultimo cientista encontrou para o peso atomico do cesio 123,4, o que não estava conforme o que deixava prever o systema periodico. Em vista deste desaccordo continuaram as verificações do peso atomico desse elemento, ficando determinado, por fim, o valor 132,9, que está de accordo com o systema.

Discutiu-se, tambem, durante muito tempo



para saber si a formula do oxydo do berilio era  $\text{Be O}$  ou  $\text{Be}_2 \text{O}_3$ , e como a analyse demonstrou que 9,1 partes em peso de berilio se combinam com 16 de oxygenio, o seu peso atomico no primeiro caso seria 9,1 e no ultimo 13,65. Tendo este ultimo peso atomico o berilio ficaria entre o nitrogenio e o oxygenio, mas como o nitrogenio e os elementos do grupo do enxofre formam oxydos de natureza acida e o oxydo de berilio é de caracter basico, este elemento não se collocaria bem no systema com o peso atomico 13,65.

Com o peso atomico 9,1, porém, o berilio fica disposto entre o lithio, fortemente basico, e o boro, fracamente acido, e abaixo do magnesio, com o qual apresenta semelhanças. Deste modo foi encontrado o lugar real do elemento e seu peso atomico, como foi confirmado posteriormente.

Uma das mais efficazes applicações da lei periodica é a previsão de elementos não conhecidos e da natureza de suas propriedades, como se verificou em diversos casos.

Mendelejeff chegou á conclusão de que “o caracter de um elemento tal como se manifesta nas suas propriedades physicas e chimicas é definido pelo lugar que elle occupa no systema e, notadamente, pelos quatro elementos visinhos que são chamados seus analogos atomicos.”

Os analogos atomicos de um elemento que se encontra na serie par da taboa de Mendelejeff são os elementos das series pares visinhas, o mesmo acontecendo para as series impares. D’ahi resulta que conhecendo-se exactamente as propriedades de um elemento, se pode indicar seu lugar no systema.

Tomando por exemplo o estroncio, notamos



para saber si a formula do oxydo do berilio era  $\text{Be O}$  ou  $\text{Be}_2 \text{O}_3$ , e como a analyse demonstrou que 9,1 partes em peso de berilio se combinam com 16 de oxygenio, o seu peso atomico no primeiro caso seria 9,1 e no ultimo 13,65. Tendo este ultimo peso atomico o berilio ficaria entre o nitrogenio e o oxygenio, mas como o nitrogenio e os elementos do grupo do enxofre formam oxydos de natureza acida e o oxydo de berilio é de caracter basico, este elemento não se collocaria bem no systhema com o peso atomico 13,65.

Com o peso atomico 9,1, porém, o berilio fica disposto entre o lithio, fortemente basico, e o boro, fracamente acido, e abaixo do magnesio, com o qual apresenta semelhanças. Deste modo foi encontrado o lugar real do elemento e seu peso atomico, como foi confirmado posteriormente.

Uma das mais efficazes applicações da lei periodica é a previsão de elementos não conhecidos e da natureza de suas propriedades, como se verificou em diversos casos.

Mendelejeff chegou á conclusão de que “o caracter de um elemento tal como se manifesta nas suas propriedades physicas e chimicas é definido pelo lugar que elle occupa no systhema e, notadamente, pelos quatro elementos visinhos que são chamados seus analogos atomicos.”

Os analogos atomicos de um elemento que se encontra na serie par da taboa de Mendelejeff são os elementos das series pares visinhas, o mesmo acontecendo para as series impares. D’ahi resulta que conhecendo-se exactamente as propriedades de um elemento, se pode indicar seu lugar no systhema.

Tomando por exemplo o estroncio, notamos



que o seu peso atomico é approximadamente a media da somma dos pesos dos seus quatro elementos analogos (os dois elementos visinhos da mesma serie e os dois elementos, tambem visinhos, do mesmo grupo).

Com esse meio, verificando os claros do systema, Mendelejeff predisse a existencia assim como as propriedades de alguns elementos que ainda não tinham sido descobertos e deviam preencher os espaços vazios na taboa.

Esses elementos hypotheticos eram chamados pelo nome do elemento do grupo immediatamente precedente, accrescido do prefixo "eka".

Assim no terceiro grupo era desconhecido o elemento que seguia o boro, pelo que Mendelejeff o chamou ekaboro, predizendo que o seu peso atomico seria 44, por estar esse elemento depois do calcio e antes do titanio, cujos pesos atomicos eram 40 e 48, respectivamente.

Do mesmo modo estudando as propriedades dos analogos atomicos deu detalhes consideraveis sobre as propriedades que teria esse elemento ainda desconhecido, bem como seus compostos.

Assim declarou que o ekaboro devia ser um metal luzidio, não volatil e difficilmente fusivel, soluvel nos acidos, produzindo desprendimento de hydrogenio e ter o peso especifico approximado de 3. Adiantou mais que o oxydo devia ter a composição  $Eb_2O_3$  e estar em relação com o oxydo de aluminio, assim como o de calcio está com o de magnésio, e o sulfato devia ser menos soluvel do que o de aluminio, assim como o de calcio o é do de magnésio.

Do mesmo modo, estudando detidamente as propriedades dos analogos atomicos, predisse a existencia e as propriedades dos elementos que



deviam preencher os claros existentes entre o aluminio e o indio e entre o silicio e o estanho. Ao primeiro deu o nome de ekaluminio e ao segundo de ekasilicio, e affirmou que os pesos atomicos approximados seriam 68 e 72, respectivamente.

Alguns annos depois foram confirmadas as previsões que Mendelejeff fizera com o auxilio de sua tabella. Em 1879 Nilson descobriu o escandio, com o peso atomico 44,1, concordando as suas propriedades com as do ekaboro, e Lecoq de Boisbaudrau, em 1875, o gallio, com o peso atomico 69,9, e que veio occupar o lugar do ekaluminio.

A seguir, em 1886, Winkler descobriu o germanio, que fôra previsto por Mendelejeff sob o nome de ekasilicio e cujas propriedades eram perfeitamente concordantes com as relatadas pelo chimico russo, como se verifica no quadro abaixo.

As previsões feitas por Mendelejeff, com o auxilio de sua taboa foram, como vimos, de resultado tão efficaz que se não pode negar o grande valor dessa applicação.

O systema periodico tem sido utilizado frequentemente nas pesquisas chemicas e innumeras vezes encaminhou os investigadores para novos trabalhos.

Assim, por exemplo, conforme as primeiras determinações dos pesos atomicos, os metaes do grupo da platina foram collocados na seguinte ordem Ir, Pt, Os, com os pesos atomicos 197, 198 e 199, respectivamente, apesar de se acreditar que o osmio devia estar em primeiro lugar, em vista de sua semelhança com o ferro e o ru-



**Propriedades do ekasilício**  
(previstas por Mendelejeff)

**Propriedades do germanio**  
(encontradas por Winkler)

**1. Ekasilício**

$$a) \text{ Peso atômico} = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} \text{Si} - 28,2 \\ \text{Sn} - 119 \\ \text{Zn} - 65,4 \\ \text{Se} - 79,2 \end{pmatrix} = 72,9$$

- b) Peso específico = 5,5  
c) Volume atômico = entre 13 (Si) e 16 (Sn)

**2. Es O<sub>2</sub>**

- a) Deve ter propriedades ácidas mais pronunciadas do que Sn O<sub>2</sub>  
b) Peso específico = 4,7  
c) Deve ser facilmente reductível

**3. Es Cl<sub>4</sub>**

- a) Deve ser líquido  
b) Deve ferver abaixo de 100°  
 $\frac{1}{2}[57^\circ(\text{SiCl}_4) + 115^\circ(\text{SnCl}_4)] = 86^\circ$   
c) Peso específico = 1,9

**4. Es S<sub>2</sub> deve ser solúvel em NH<sub>4</sub> HS**

**5. K<sub>2</sub> Es F<sub>6</sub> deve ser mais solúvel do que K<sub>2</sub> Si F<sub>6</sub> e menos do que K<sub>2</sub> Sn F<sub>6</sub>**

**1. Germanio**

a) Peso atômico = 72,5

- b) Peso específico a 20° = 5,469  
c) Volume atômico = 13,1

**2. Ge O<sub>2</sub>**

- a) É desprovido de propriedades básicas, o que não acontece com o Sn O<sub>2</sub>.  
b) Peso específico a 18° = 4,703  
c) É facilmente reductível, pondo Ge em liberdade.

**3. Ge Cl<sub>4</sub>**

- a) É líquido  
b) Ferve a 86°  
c) Peso específico = 1,887

**4. Ge S<sub>2</sub> é facilmente solúvel em NH<sub>4</sub> HS**

**5. K<sub>2</sub> Ge F<sub>6</sub> é mais solúvel do que K<sub>2</sub> Si F<sub>6</sub> e menos do que K<sub>2</sub> Sn F<sub>6</sub>:  
K<sub>2</sub> Sn F<sub>6</sub> = facilmente solúvel  
K<sub>2</sub> Si F<sub>6</sub> = quase insolúvel  
K<sub>2</sub> Ge F<sub>6</sub> = solúvel em 34 partes de água fervente.**



thenio assim como a platina, pelos mesmos motivos, abaixo do paládio.

Esses raciocínios levaram os químicos a novas investigações no sentido de verificar a exactidão dos pesos atômicos attribuidos a esses elementos e Seubert concluiu que eram inexactos, encontrando os seguintes valores: Os 191, Ir 193 e Pt 195.

Do mesmo modo foram corrigidas, depois de trabalhos cuidadosos, propriedades erroneamente reconhecidas até então.

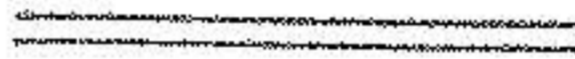
Acreditou-se, durante algum tempo, que o chumbo só possuía um composto  $Pb O_2$ , no qual apparecia como tetravalente; entretanto, procurando preparar outros saes do mesmo modo, foram immediatamente encontrados, entre outros, o tetrachlorureto e o tetracetato.

O systema periodico suggere assim diversas hypotheses e estudos como, por exemplo, o de se encontrar no oitavo grupo outros compostos de elementos, assim como  $Os O_4$ , que apresentem, todos, a valencia oito.

E' assim innegavel a grande utilidade do systema periodico que proporciona uma classificação natural dos elementos, agrupando-os de modo que indicam as relações entre as propriedades químicas e physicas desses elementos e seus compostos, assim como é ainda de alto proveito didactico, permittindo o estudo comparativo dos elementos e seus compostos entre si. Deste modo é muito mais facil e racional o estudo dessa sciencia do que estudando isoladamente cada elemento e seus compostos, sem procurar ver o lugar que, pela sua natureza e propriedades, occupa entre os demais, assim como as relações que com elles mantem.



Multiplas são portanto as applicações do systema periodico dos elementos, que se tem revelado em muitos casos como um auxiliar valioso no esclarecimento de duvidas e no estimulo para novas pesquisas.





## A VERDADEIRA BASE DO SYSTHEMA PERIODICO.

Das modernas theorias sobre a constituição atomica resultou a base inquebrantavel sobre a qual se apoia a classificação periodica de Mendelejeff.

A nova concepção de atomo, sem tirar o real e incontestavel valor do systema periodico em suas multiplas applicações, trouxe cabal explicação para muitos casos até então dubios.

Actualmente a posição do A, K, Co, Ni, Te e I é considerada exacta, a periodicidade das propriedades repousa em factos scientificamente comprovados e se relacionam os elementos isotopos com a ideia basica do systema.

Não nos estenderemos, pois o assumpto, por amplo, dá margem a um trabalho vultoso.

De accordo com as recentes theorias sobre a constituição da materia, esta em sua natureza intima é electrica.

Os atomos são considerados presentemente como agregados mais ou menos complexos de cargas electricas positivas e negativas. As positivas — **electrons positivos** — constituem a massa principal do centro do atomo ou **nucleo** e as negativas — **electrons negativos** —, formando uma capa externa, envolvem o nucleo e estão menos fortemente ligadas ao atomo.