



Prof. Paula Rocha

Física Nuclear: Introdução

1. INTRODUÇÃO

Por muito tempo, pensou-se que o átomo seria a menor porção da matéria e teria uma estrutura compacta. Atualmente, sabemos que o átomo é constituído por partículas menores (subatômicas), distribuídas numa forma semelhante à do sistema solar.

A Teoria Atomística foi edificada inicialmente no quinto século antes de Cristo pelos filósofos gregos Leucipo e Demócrito.

Romper núcleos atômicos só foi possível com a construção dos poderosos aceleradores de partículas, como os ciclotrons, os bevatrons e os tevatrons.

O ano de 1896, ano da descoberta da radioatividade pelo físico francês Antoine Henri Becquerel (1852-1908), marca o nascimento da Física Nuclear.

2. UM BREVE HISTÓRICO

Na Antiguidade, os átomos eram considerados indivisíveis. Na sua Teoria Atomística, Demócrito afirma que o Universo tem uma constituição elementar única que é o átomo, partícula indivisível, invisível, impenetrável e animada de movimento próprio.

Somente no início do século XIX, os pesquisadores em química retornaram à hipótese atômica. Esta hipótese foi proposta por John Dalton em 1803. Os postulados fundamentais de Dalton são os seguintes:

- I. Os elementos químicos consistem de partículas discretas de matéria, os átomos, que não podem ser subdivididos por qualquer processo químico conhecido e que preservam a sua individualidade nas reações químicas.
- II. Todos os átomos do mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos, particularmente em seus pesos; elementos diferentes têm átomos diferentes em peso. Cada elemento é caracterizado pelo peso dos seus átomos.
- III. Os compostos químicos são formados pela união de átomos de diferentes elementos em proporções numéricas simples.

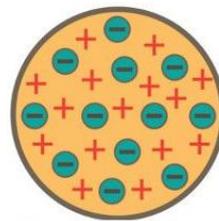
Com a finalidade de interpretar as leis volumétricas de GayLussac (1805-1808), em 1811, Amadeo Avogadro, Conde de Quaregna e Cerreto, professor de física de Turim, Itália, estabeleceu a hipótese da existência de moléculas que correspondem ao agrupamento de átomos.

Após o ano de 1834, a interpretação das leis de Eletrólise, de Michael Faraday, permitiu que se concluísse que os átomos transportavam cargas elétricas. No ano de 1869, o químico russo Dmitri Mendeleev apresentou uma classificação

periódica dos elementos na qual os átomos eram distribuídos em função dos seus pesos atômicos.

3. OS MODELOS ATÔMICOS E A DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE

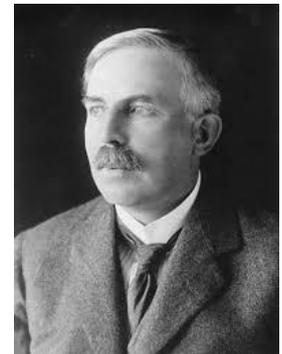
O primeiro modelo de átomo foi apresentado por J. J. Thomson (1856-1940) e ficou conhecido como "pudim de ameixas".



J. J. Thomson é um dos principais físicos do período de transição entre a Física Clássica do Século XIX e a Física Moderna do Século XX. Foi o fundador da Escola Eletrônica de Cambridge e dirigiu o Laboratório de Física dessa universidade até 1918, sendo substituído por seu assistente Rutherford.



J. J. Thomson



Ernest Rutherford

Dividiu com Lorentz a honra de haver iniciado o estudo do elétron, tendo recebido por seus trabalhos o Prêmio Nobel em 1906. Por intermédio da utilização de campos elétricos e magnéticos, determinou a relação entre a carga e a massa das partículas constituintes dos raios catódicos, e identificou que eram feixes de elétrons.

Robert A. Millikan, físico americano, professor da Universidade de Chicago, trabalhou durante nove anos (1909-1917) na determinação da carga do elétron na sua célebre experiência da gotícula de óleo. Teve também grande importância para o desenvolvimento da física atômica, as descobertas do **RAIO X** e da **RADIOATIVIDADE**.

A descoberta da radioatividade natural em compostos de urânio por Becquerel, despertou um enorme interesse dos cientistas no final do século XIX e início do século XX, na tentativa de explicar aquelas “radiações”.

Roentgen, em 1895, descobriu um tipo de radiação que atravessava corpos opacos, inclusive o corpo humano, projetando imagens de ossos em uma tela - apesar de serem absorvidos em parte por eles. Esses raios têm a propriedade de excitar substâncias fosforizantes e fluorescentes, impressionam placas fotográficas e aumentam a condutividade elétrica do ar que atravessam. Por serem completamente desconhecidos e de existência inesperada, foram chamados de Raios X, ou Radiação X, e provocaram deslumbramento em todo o mundo, sendo rapidamente utilizados na medicina e em outras atividades; somente mais tarde se descobriu o efeito nocivo dos Raios X nos organismos que sofreram prolongadas exposições a eles.



Famosa radiografia da mão de sua esposa obtida pelo físico alemão Wilhelm Conrad **Roentgen** (1845-1923) em 1895

Nos seus trabalhos, Becquerel, no ano de 1896, estabeleceu que os sais de urânio emitem radiações análogas às dos Raios X e que impressionavam chapas fotográficas. Os raios de Becquerel foram estudados, também, por Kelvin, Beattie, Smoluchwski, Elster, Geitel, Schmidt e o célebre casal Curie.



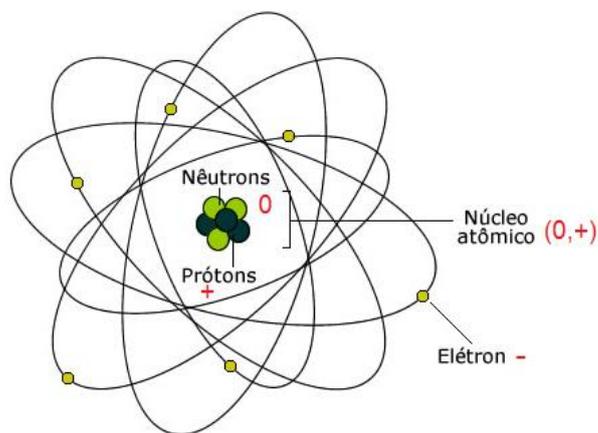
Pierre e Marie Curie

Em 1898, Madame Curie, em Paris, descobriu, ao mesmo tempo que Schmidt, na Alemanha, que entre os elementos conhecidos, o tório apresentava características radioativas, do urânio. O casal Curie já explicava a radioatividade como uma propriedade atômica. Ajudados por Bemont, separaram

quimicamente vários elementos radioativos e descobriram, em 18 de julho de 1898, o Polônio, nome que foi dado em homenagem à pátria de Maria Slodowska Curie. O rádio foi descoberto por Madame Curie em 1910 após longo trabalho, já que, para extrair 1 grama do elemento, teve que tratar aproximadamente 10 toneladas de mineral.

4. O NÚCLEO ATÔMICO.

As experiências de Rutherford, em conjunto com seus alunos Hans Geiger e Ernest Mardsen, mostraram que o núcleo dos átomos pode ser explicado considerando uma carga positiva pontual que concentra toda a massa atômica. Os elétrons, com carga negativa, ficavam ao seu redor em quantidade tal que equilibram a carga positiva do núcleo, tornando o átomo globalmente neutro.

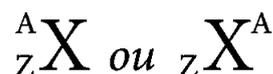


Estudos posteriores mostraram que o núcleo não é uma bolinha rígida, como foi imaginado de início, mas um sistema formado por dois tipos de partículas, que em conjunto, são denominados núcleons: o próton – com carga positiva - e o nêutron – desprovido de carga

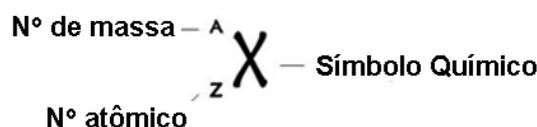
Para qualquer núcleo temos a seguinte relação:

$$A = Z + n$$

Nesta relação identificaremos três números que identificam o núcleo de um elemento: o número de massa (A), o número atômico (Z) e o número de nêutrons (n). A representação de um elemento qualquer pode ser feita seguindo a seguinte representação:



Onde:



Exemplo:

14
7
N

Este elemento químico apresenta:

- Número atômico: $Z = 7$
- Número de massa: $A = 14$

Logo, ele tem:

- 7 prótons ($Z=7$);
- 7 elétrons (n° prótons = n° elétrons);
- 7 neutrões ($A = 14 \Rightarrow n^\circ$ neutrões = $14 - 7 = 7$).

Elementos com o mesmo número atômico e números de massa diferentes são chamados isótopos. Um mesmo elemento pode ter vários isótopos. O hidrogênio tem três isótopos: o hidrogênio, o deutério e o trítio.



Hidrogênio
1 próton



Deutério
1 próton
1 nêutron



Trítio
1 próton
2 nêutrons

O urânio, que possui 92 prótons no núcleo, existe na natureza na forma de 3 isótopos:

- o U-234, com 142 nêutrons (em quantidade desprezível);
- o U-235, com 143 nêutrons (0,7%);
- o U-238, com 146 nêutrons no núcleo (99,3%).

A massa do próton é aproximadamente 1836 vezes a massa do elétron, embora ambos tenham a mesma quantidade de carga elétrica. Prótons e nêutrons têm massas muito próximas entre si.

	Partícula		
	Próton	Nêutron	Elétron
Símbolo	P	N	e^-
Massa (kg)	$1,6726 \times 10^{-27}$	$1,6749 \times 10^{-27}$	$9,1094 \times 10^{-31}$
Massa (u)*	1	1	0,0005
Carga (C)	$+1,6 \times 10^{-19}$	0	$-1,6 \times 10^{-19}$
Unidade de Carga	+1	0	-1
Energia de repouso (MeV)	938,2720	939,5654	0,5109

* Unidade de massa atômica = $1,6654 \times 10^{-27}$ kg

5. EXERCÍCIOS

5.1. (UESB) A radioatividade emitida por determinadas amostras de substâncias provém

- da energia térmica liberada em sua combustão.
- de alterações em núcleos de átomos que as formam.
- de rupturas de ligações químicas entre os átomos que as formam.
- do escape de elétrons das eletrosferas de átomos que as formam.
- da reorganização de átomos que ocorre em sua decomposição.

5.2. (UECE) Escolha a alternativa na qual é apresentada uma correta associação entre o nome do cientista e a contribuição que deu para a ciência no campo de estudos da radioatividade.

- Becquerel/descoberta da radioatividade natural.
- Marie Curie/descoberta do nêutron.
- Chadwick/descoberta dos raios X.
- Roentgen/descoberta do polônio.

5.3. Um núcleo atômico de massa M e número de massa A é formado por P prótons cada um de massa m_p , e N nêutrons, cada um de massa m_n . Determine para esse núcleo:

- O número atômico Z
- O número de nêutrons N

5.4. (ENEM) O funcionamento de uma usina nucleoeletrica típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não-físsil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoeletricas. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que

- a disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido à sua utilização em armas nucleares.
- a proibição de se instalarem novas usinas nucleoeletricas não causará impacto na oferta mundial de energia.
- a existência de usinas nucleoeletricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
- a obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleoeletricas.
- a baixa concentração de urânio físsil em usinas nucleoeletricas impossibilita o desenvolvimento energético.

5.5. Considere os elementos químicos hipotéticos m_aX , n_aY , m_Z e ${}^{m+n}_B W$, com $m \neq n$ e $a \neq B$. Analise as afirmações a seguir sobre esses elementos.

- Os elementos X e Y são isótopos entre si, por terem o mesmo número atômico.
- Os elementos X e Z são isóbaros entre si, por terem o mesmo número de massa.
- Os elementos X e Z têm o mesmo número de nêutrons.
- O elemento W tem n nêutrons a mais que Z .

Podemos dizer que:

- Todas as afirmações estão corretas
- Todas as afirmações estão erradas
- Estão corretas apenas as afirmações I e II
- Estão corretas apenas as afirmações I e III
- Apenas a afirmação III está incorreta.

5.6. (UDESC) O urânio encontrado na natureza é formado por uma mistura de três isótopos. Os mais abundantes são o urânio-238 (${}^{238}\text{U}$) com aproximadamente 99,3%; o isótopo ${}^{235}\text{U}$ com aproximadamente 0,7% e o isótopo ${}^{234}\text{U}$ nas concentrações traço. O urânio (${}^{235}\text{U}$) é

utilizado como combustível para reatores e na confecção de bombas nucleares. Desta forma, o ^{238}U é convertido para o isótopo ^{235}U através do processo de enriquecimento. Assinale a alternativa correta em relação às propriedades de isotopia do urânio.

- número de elétrons (e^-) dos isótopos de urânio: isótopo ^{234}U $e = 141$, isótopo ^{235}U $e = 142$ e isótopo ^{238}U $e = 139$.
- Os isótopos são átomos com o mesmo número de massa.
- Os isótopos são átomos com o mesmo número de prótons.
- O número de nêutrons (n) dos isótopos de urânio: isótopo ^{234}U $n = 142$, isótopo ^{235}U $n = 143$ e isótopo ^{238}U $n = 146$.
- O número de prótons (p) dos isótopos de urânio: isótopo ^{234}U $p = 234$, isótopo ^{235}U $p = 235$ e isótopo ^{238}U $p = 238$.

5.7. Indique o número de prótons, nêutrons e elétrons que existem, respectivamente, no átomo de mercúrio $^{200}_{80}\text{Hg}$:

- 80, 80, 200.
- 80, 200, 80.
- 80, 120, 80.
- 200, 120, 200.
- 200, 120, 80.

5.8. Quantos prótons, elétrons e nêutrons possui o íon de $^{23}_{11}\text{Na}^+$?

5.9. O átomo de um elemento químico possui 83 prótons, 83 elétrons e 126 nêutrons. Qual é, respectivamente, o número atômico e o número de massa desse átomo?

5.10. A experiência de Rutherford (1911-1913), na qual uma lâmina delgada de ouro foi bombardeada com um feixe de partículas, levou a conclusão de que:

- a carga positiva do átomo está uniformemente distribuída no seu volume
- a massa do átomo está uniformemente distribuída no seu volume
- a carga negativa do átomo está concentrada em um núcleo muito pequeno.
- a carga positiva e quase toda a massa do átomo estão concentradas em um núcleo muito pequeno
- os elétrons, dentro do átomo, movem-se somente em certas órbitas, correspondentes a valores bem definidos de energia.

5.11. Quais formas de radiações eletromagnéticas você utilizou hoje ou ainda vai utilizar nas próximas horas? Faça uma lista delas.

5.12. Quando se olha para a radiografia de uma mão, observa-se que, na chapa, as posições correspondentes aos ossos são claras. Isso se deve ao fato de nos corpos constituídos por átomos mais pesados:

- ser menor a absorção de raios X;
- ser maior a absorção de raios X;
- haver reflexão de raios X;
- haver difração de raios X;
- nenhuma das anteriores é correta.

5.13. A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir.

“Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação.”

Física na Escola, v. 8, n. 2, 2007 (adaptado).

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois:

- o material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
- a utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
- a contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microrganismos.
- o material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.

5.14. Os raios X são produzidos em tubos de vácuo, nos quais elétrons são submetidos a uma rápida desaceleração ao colidir contra um alvo metálico. Os raios X consistem em um feixe de

- elétrons.
- fótons.
- prótons.
- nêutrons.
- pósitrons.

5.15. Uma pessoa verificou que um dispositivo gerador de ondas eletromagnéticas emitia, predominantemente, radiações cujo comprimento de onda, no ar, era $\lambda = 1,5 \cdot 10^{-10}\text{m}$. Sabendo que a velocidade da luz vale $3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ e tendo em vista o diagrama da figura a seguir, que apresenta, de maneira aproximada, as frequências das diversas radiações componentes do espectro eletromagnético, podemos concluir que o dispositivo observado deveria ser:



- uma antena de uma emissora FM.
- um ferro de passar roupa a 300°C .
- uma antena de micro-ondas da Embratel.
- uma lâmpada elétrica comum.
- um tubo de raios X