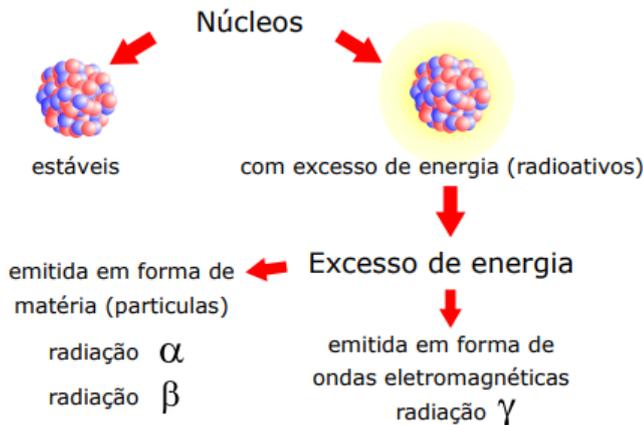


# Radioatividade

## 1. INTRODUÇÃO

O esquecimento de uma rocha de urânio sobre um filme fotográfico levou à descoberta de um fenômeno interessante: o filme foi velado (marcado) por "alguma coisa" que saía da rocha, na época denominada raios ou **radiações**.

Outros elementos pesados, com massas próximas à do urânio, como o rádio e o polônio, também tinham a mesma propriedade. O fenômeno foi denominado **radioatividade** e os elementos que apresentavam essa propriedade foram chamados de **elementos radioativos**. Comprovou-se que um núcleo muito energético, por ter excesso de partículas ou de carga, tende a estabilizar-se, emitindo algumas partículas.



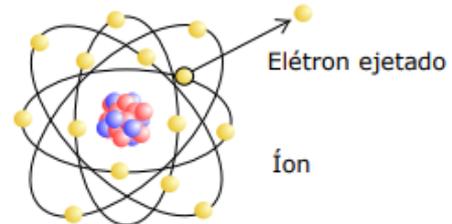
As experiências mais importantes nesse novo campo da Física foram desenvolvidas pelo casal de químicos Marie Curie e Pierre Curie. Após numerosos e cuidadosos procedimentos de separação e purificação de minérios radioativos, o casal comunicou a descoberta de dois elementos espontaneamente radioativos, ainda desconhecidos. Esses elementos foram denominados posteriormente polônio (Po) e rádio (Ra)

## 2. OS PROCESSOS NUCLEARES

Radioatividade é a propriedade dos núcleos atômicos instáveis de emitirem espontaneamente partículas e radiações eletromagnéticas, transformando-se em outros núcleos mais estáveis. Essas reações espontâneas são conhecidas como **desintegrações radioativas**, decaimentos ou transmutações.

A **radiação** pode ser entendida então, como a propagação de energia, na forma de **ondas eletromagnéticas** ou de partículas. A onda eletromagnética é constituída por campos elétricos e magnéticos, variáveis e oscilando em planos perpendiculares entre si, capaz de propagar-se no vácuo com uma velocidade de 300.000 km/s.

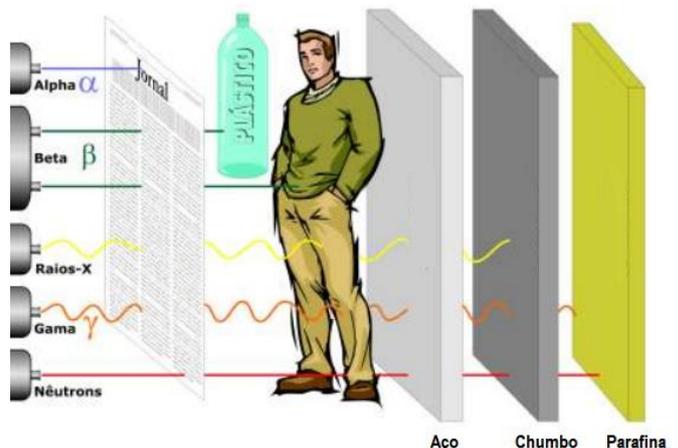
Considera-se **radiação ionizante** qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, "arranca" elétrons dos átomos ou de moléculas, transformando-os em íons, direta ou indiretamente.



Os experimentos de Rutherford sugeriram que a radioatividade era o resultado da desintegração de núcleos atômicos instáveis. Hoje sabemos que os produtos da desintegração radioativa são de três tipos: **emissão alfa** ( $\alpha$ ), **emissão beta** ( $\beta$ ) ou **emissão gama** ( $\gamma$ ).

Assim, as partículas alfa, as partículas beta e a radiação gama, emitidas por fontes radioativas, bem como os raios X, emitidos pelos respectivos aparelhos, são radiações ionizantes.

O poder de penetração na matéria das emissões radioativas difere muito de uma para outra. As partículas alfa são as radiações mais ionizantes por terem carga +2, mas, exatamente por esse motivo, além de ter maior massa, sua penetração na matéria é pequena, não conseguindo atravessar uma simples folha de papel e percorrendo poucos centímetros no ar. Dependendo de sua energia, a maioria das partículas beta, que são elétrons de origem nuclear, podem percorrer até poucos metros no ar e têm um poder ionizante bem menor do que as partículas alfa. Embora a radiação gama e os raios X sejam as radiações mais penetrantes, seu poder de ionização é baixo em relação às partículas alfa e beta.



Em geral, os núcleos radioativos são classificados em dois grupos: núcleos instáveis encontrados na natureza, cuja emissão é denominada **radioatividade natural** ou núcleos produzidos em laboratório por reações nucleares, cuja atividade é denominada **radioatividade artificial**.

### 2.1. O decaimento alfa

Um dos processos de estabilização de um núcleo com excesso de energia é o da emissão de um grupo de partículas, constituídas por dois prótons e dois nêutrons, e da energia a elas associada. São as radiações alfa ou partículas alfa, na realidade núcleos de hélio (He), um gás chamado “nobre”, por não reagir quimicamente com os demais elementos. As partículas possuem carga +2.

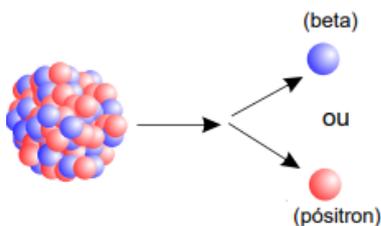


### 2.2. O decaimento beta

Outra forma de estabilização, quando existe no núcleo um excesso de nêutrons em relação a prótons, é através da emissão de uma partícula negativa, um elétron, com carga -1, resultante da conversão de um nêutron em um próton.

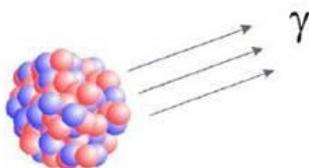
É a partícula beta negativa ou, simplesmente, **partícula beta**. No caso de existir excesso de cargas positivas (prótons), é emitida uma partícula beta positiva, chamada **pósitron**, resultante da conversão de um próton em um nêutron.

Portanto, a radiação beta é constituída de partículas emitidas por um núcleo, quando da transformação de nêutrons em prótons (partículas beta) ou de prótons em nêutrons (pósitrons).



### 2.3. O decaimento gama

Geralmente, após a emissão de uma partícula alfa ( $\alpha$ ) ou beta ( $\beta$ ), o núcleo resultante desse processo, ainda com excesso de energia, procura estabilizar-se, emitindo esse excesso em forma de onda eletromagnética, da mesma natureza da luz, sem carga elétrica, mas com energia muito maior, denominada radiação gama ( $\gamma$ ).



## 3. GRANDEZAS FÍSICAS DA RADIOATIVIDADE

### 3.1. Atividade de uma amostra radioativa

Os núcleos instáveis de uma mesma espécie (mesmo elemento químico) e de massas diferentes, denominados **radioisótopos**, não realizam todas as mudanças ao mesmo tempo. As emissões de radiação são feitas de modo imprevisível e não se pode adivinhar o momento em que um determinado núcleo irá emitir radiação. Entretanto, para a grande quantidade de átomos existente em uma amostra de material radioativo é razoável esperar-se um certo número de emissões ou transformações em cada segundo. Essa “taxa” de transformações é denominada **atividade** da amostra.

*A atividade pode ser definida como sendo o número de desintegrações de uma amostra por unidade de tempo.*

A atividade de uma amostra com átomos radioativos (ou fonte radioativa) é medida em:

$$\text{Bq (Becquerel)} = \text{uma desintegração por segundo}$$

ou

$$\text{Ci (Curie)} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

### 3.2. Meia-Vida ( $T_{1/2}$ )

Cada elemento radioativo, seja natural ou obtido artificialmente, se transmuta (se desintegra ou decai) a uma velocidade que lhe é característica.

Para se acompanhar a duração (ou a “vida”) de um elemento radioativo foi preciso estabelecer uma forma de comparação. Por exemplo, quanto tempo leva para um elemento radioativo ter sua atividade reduzida à metade da atividade inicial? Esse tempo foi denominado **meia-vida** do elemento.

Meia-vida, portanto, é o tempo necessário para a atividade de um elemento radioativo ser reduzida à metade da atividade inicial.

Isso significa que, para cada meia-vida que passa, a atividade vai sendo reduzida à metade da anterior, até atingir um valor insignificante, que não permite mais distinguir suas radiações das do meio ambiente. Dependendo do valor inicial, em muitas fontes radioativas utilizadas em laboratórios de análise e pesquisa, após 10 (dez) meias-vidas, atinge-se esse nível. Entretanto, não se pode confiar totalmente nessa “receita”, pois, em várias fontes usadas na indústria e na medicina, mesmo após 10 meias-vidas, a atividade dessas fontes ainda é alta.

## 4. EXERCÍCIOS

4.1. (Enem) Considere os seguintes acontecimentos ocorridos no Brasil:

- Goiás, 1987: Um equipamento contendo céσιο radioativo, utilizado em medicina nuclear, foi encontrado em um depósito de sucatas e aberto por uma pessoa que desconhecia o seu conteúdo. Resultado: mortes e consequências ambientais sentidas até hoje.

- Distrito Federal, 1999: Cilindros contendo cloro, gás bactericida utilizado em tratamento de água, encontrados em um depósito de sucatas, foram abertos por pessoa que desconhecia o seu conteúdo. Resultado: mortes, intoxicações e consequências ambientais sentidas por várias horas.

Para evitar que novos acontecimentos dessa natureza venham a ocorrer, foram feitas as seguintes propostas para a atuação do estado:

- I. Proibir o uso de materiais radioativos e gases tóxicos;
- II. Controlar rigorosamente a compra, uso e destino de materiais radioativos e de recipientes contendo gases tóxicos.
- III. Instruir usuários sobre a utilização e descarte destes materiais.
- IV. Realizar campanhas de esclarecimentos à população sobre os riscos da radiação e da toxicidade de determinadas substâncias.

Destas propostas, são adequadas apenas:

- (a) I e II
- (b) I e III
- (c) II e III
- (d) I, III e IV
- (e) II, III e IV

4.2. (Enem) A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da radiação 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,

- (a) O material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado
- (b) A utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
- (c) A contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microrganismos
- (d) O material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que oferecia risco à saúde
- (e) O intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

4.3. Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que elas aparecem.

Entre os diversos isótopos de elementos químicos encontrados na natureza, alguns possuem núcleos atômicos instáveis e, por isso, são radioativos. A radiação emitida por esses isótopos instáveis pode ser de três classes. A classe conhecida como radiação alfa consiste de núcleos de \_\_\_\_\_. Outra classe de radiação é constituída de

elétrons, e é denominada radiação \_\_\_\_\_. Uma terceira classe de radiação, denominada radiação \_\_\_\_\_, é formada de partículas eletricamente neutras chamadas de \_\_\_\_\_. Dentre essas três radiações, a que possui maior poder de penetração nos materiais é a radiação \_\_\_\_\_.

- (a) hidrogênio - gás - beta - nêutrons - beta.
- (b) hidrogênio - beta - gama - nêutrons - alfa.
- (c) hélio - beta - gama - fótons - gama.
- (d) deutério - gama - beta - neutrinos - gama.
- (e) hélio - beta - gama - fótons - beta.

4.4. O que é decaimento radioativo?

4.5. Um determinado radioisótopo emite radiação  $\beta^-$  e reduz sua radioatividade à **metade** da inicial. O tempo decorrido nessa redução é de 16 dias. Determine a meia-vida desse radioisótopo.

4.6. O que é Atividade de uma amostra radioativa?

4.7. O que é meia-vida de um elemento radioativo?

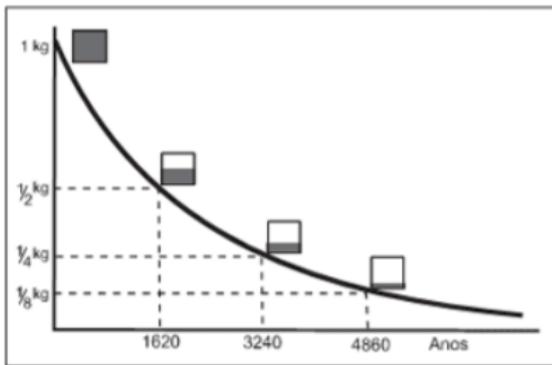
4.8. O  $^{201}\text{Tl}$  é um isótopo radioativo usado na forma de  $\text{TlCl}_3$  (cloreto de tálio), para diagnóstico do funcionamento do coração. Sua meia-vida é de 73h ( $\approx 3$  dias). Certo hospital possui 20g deste isótopo. Sua massa, em gramas, após 9 dias, será igual a:

- (a) 1,25
- (b) 2,5
- (c) 3,3
- (d) 5,0
- (e) 7,5

4.9. Em 1896, o cientista francês Henri Becquerel guardou uma amostra de óxido de urânio em uma gaveta que continha placas fotográficas. Ele ficou surpreso ao constatar que o composto de urânio havia escurecido as placas fotográficas. Becquerel percebeu que algum tipo de radiação havia sido emitido pelo composto de urânio e chamou esses raios de radiatividade. Os núcleos radiativos comumente emitem três tipos de radiação: partículas  $\alpha$ , partículas  $\beta$  e raios  $\gamma$ . Essas três radiações são, respectivamente,

- (a) elétrons, fótons e nêutrons.
- (b) nêutrons, elétrons e fótons.
- (c) núcleos de hélio, elétrons e fótons.
- (d) núcleos de hélio, fótons e elétrons.
- (e) fótons, núcleos de hélio e elétrons.

4.10. O lixo radioativo ou nuclear é resultado da manipulação de materiais radioativos, utilizados hoje na agricultura, na indústria, na medicina, em pesquisas científicas, na produção de energia etc. Embora a radioatividade se reduza com o tempo, o processo de decaimento radioativo de alguns materiais pode levar milhões de anos. Por isso, existe a necessidade de se fazer um descarte adequado e controlado de resíduos dessa natureza. A taxa de decaimento radioativo é medida em termos de um tempo característico, chamado meia-vida, que é o tempo necessário para que uma amostra perca metade de sua radioatividade original. O gráfico seguinte representa a taxa de decaimento radioativo do rádio-226, elemento químico pertencente à família dos metais alcalinos terrosos e que foi utilizado durante muito tempo na medicina.



As informações fornecidas mostram que

- quanto maior e a meia-vida de uma substância mais rápido ela se desintegra.
- apenas 1/8 de uma amostra de rádio-226 terá decaído ao final de 4.860anos.
- metade da quantidade original de rádio-226, ao final de 3.240 anos, ainda estará por decair.
- restará menos de 1% de rádio-226 em qualquer amostra dessa substância após decorridas 3 meias-vidas.
- a amostra de rádio-226 diminui a sua quantidade pela metade a cada intervalo de 1.620 anos devido à desintegração radioativa

4.11.

Texto I

Em 1938, O. Hahn e F. Strassmann, ao detectarem bário numa amostra de urânio 238 bombardeada com nêutrons, descobriram a fissão nuclear induzida por nêutrons. A colisão de um nêutron com um núcleo de um isótopo, como o U 235 , com sua conseqüente absorção, inicia uma violenta vibração, e o núcleo é impelido a se dividir, fissionar. Com a fissão cada núcleo de U 235 produz dois ou mais nêutrons, propiciando uma reação em cadeia.

(Adaptado de: OHANIAN, H. C. Modern physic. New York: Prentice Hall inc. 1995, 2 ed. p. 386.)

Texto 2

A reação em cadeia do U 235 deu um banho de radiação mortífera no centro da cidade: Cerca de dez quilômetros quadrados de Hiroshima ficaram torrados. Noventa por cento dos prédios da cidade foram destruídos. Os médicos que ainda estavam vivos não tinham idéia do tipo de arma que havia sido empregada. Mesmo quando se anunciou que uma bomba atômica fora lançada, eles não tinham noção do mal que ela pode fazer ao corpo humano nem dos seus sintomas posteriores. Era uma revolução da ciência e na guerra.

(Adaptado de: SMITH, P. D. Os homens do fim do mundo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008. p. 359-360.)



(HENFIL. Hiroshima meu humor. 4 ed. São Paulo: Geração, 2002, p. 1°.)

Considere as afirmativas a seguir:

I. Um dos principais fatores que provocou a transformação na arquitetura do poder no mundo, pós 1945, foi a invenção e utilização da bomba atômica.

II. A descoberta da fusão do isótopo U 235 tornou obsoleto e inútil o emprego das Forças Armadas convencionais nas guerras posteriores a 1945.

III. A energia liberada a partir da fusão nuclear foi empregada como fonte de abastecimento das novas indústrias surgidas no pós II Guerra.

IV. A fissão do isótopo de U-235, a partir de uma reação em cadeia liberando uma energia sem precedentes na história, é uma narrativa, em termos da Física, do evento ocorrido em Hiroshima em agosto de 1945.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e II são corretas.
- Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

4.12. A taxa de contagens de uma amostra radioativa é de 2000 contagens/minuto, em  $t = 0$ . A meia-vida do material é 2 minutos. Qual será a taxa de contagens após 4 minutos?

4.13. (UEL-PR) A irradiação para conserva dos produtos agrícolas, tais como batata, cebola e maçã, consiste em submeter esses alimentos a doses minuciosamente controladas de radiação ionizante. Sobre a radiação ionizante, considere as afirmativas:

- A energia da radiação incidente sobre um alimento pode atravessá-lo, retirando elétrons do átomo e das moléculas que o constituem.
- As micro-ondas e os raios infravermelho e ultravioleta são exemplos da radiação ionizante.
- As fontes radioativas utilizadas na conservação de alimentos são de mesma natureza das utilizadas na radioterapia.
- Por impregnar os alimentos, o uso de radiação ionizante causa sérios danos à saúde do consumidor.

Indique a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e II são corretas
- Somente as afirmativas I e III são corretas
- Somente as afirmativas III e IV são corretas
- Somente as afirmativas I, II e IV são corretas
- Somente as afirmativas II, III e IV são corretas