

# QUÍMICA

Leia o texto

## Texto I

### Descoberta da radioatividade

*Descoberta por acaso durante experiências científicas pioneiras, a radiação teve um impacto profundo e transformador para a humanidade.*



Henri Becquerel anuncianto a descoberta da radioatividade em 1896 / Royal Society of Chemistry

Uma das ferramentas mais importantes da medicina moderna, a radiação oferece hoje poderosos recursos tanto no diagnóstico quanto no tratamento de doenças. Poucos sabem, no entanto, que a descoberta da técnica representou prejuízos para vidas humanas, inicialmente, e contou com uma boa dose de acaso para acontecer.

[...] Sem saber que os raios X eram produzidos apenas por um estímulo externo, o físico francês Henri Becquerel começou a pesquisar aquela luminescência (emissão de luz após absorver energia) em alguns materiais da natureza. Para testar sua hipótese, colocou sais de urânio em uma placa fotográfica envolta em papel preto e os expôs à luz do Sol por várias horas. A placa escureceu.

Ainda comemorando a suposta comprovação de sua tese de que o urânio absorvia a energia do Sol e depois "a emitia como raios X", o físico tentou repetir a experiência dias depois. Mas como o tempo estava nublado em Paris, guardou as amostras de urânio sobre chapas fotográficas em um local escuro.

Quando retornou mais tarde, Becquerel observou que, mesmo sem terem sido expostas à luz solar, as chapas estavam sensibilizadas. Intrigado, o físico repetiu o experimento diversas vezes, variando as condições e os materiais, e percebeu que algum tipo de radiação atravessava o papel preto e velava a emulsão fotográfica.

Segundo o pesquisador Fábio Luiz Navarro Marques, gestor do Centro de Medicina Nuclear da Faculdade de Medicina da USP, o "cosmo" conspiraria mais uma vez "para que os cientistas Marie Curie e Pierre Curie se casassem e trabalhassem juntos na Universidade Sorbonne, em Paris. A partir de um equipamento desenvolvido por Pierre, Marie pôde identificar o pitchblende [urana-ta], um mineral que continha urânio e outros metais mais radioativos que o próprio urânio purificado".

Desse processo, explica o químico à CNN, Marie Curie descobriu duas substâncias muito mais ativas do que o urânio. Batizando-as de polônio e rádio, a também matemática cunhou, pela primeira vez o termo "radioatividade".

Pelas descobertas, Marie Curie não apenas se tornou a primeira mulher a ganhar o prêmio Nobel, o de

Física, em 1903 (junto com seu marido Pierre, e Becquerel), mas foi também a primeira pessoa do mundo a conquistar o prêmio duas vezes, recebendo também o de Química pela descoberta dos elementos Rádio e Polônio em 1911.

Marie Curie e os perigos da radiação

Quando morreu, em 1934, de aplasia medular, uma condição rara que impede a produção de células sanguíneas pela medula óssea, Marie Curie não conhecia completamente os efeitos malignos da radiação ionizante. Acostumada a carregar tubos de ensaio com isótopos radioativos no bolso, suas preciosas anotações, e até o seu livro de receitas, estão até hoje, guardados em caixas de chumbo blindadas, para evitar que a radiação escape.



A cientista Marie Curie em seu laboratório, em 1905 - Bettmann Getty Images

Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/o-que-e-a-radiacao-conheca-a-historia-da-descoberta-e-saiba-como-e-usada/>. Acesso em: 08 set. 2025. Adaptado.



## ATIVIDADES

- Qual a finalidade do texto I?
- Considerando as informações do texto, quais são os três primeiros elementos químicos envolvidos na descoberta da radiação?
- Qual é a importância da radiação na medicina moderna?
- Como Becquerel percebeu que a radiação não dependia da luz solar?
- Quais substâncias Marie Curie descobriu e como ela nomeou o fenômeno que observou?
- Por que as chapas fotográficas de Becquerel ficaram sensibilizadas mesmo sem luz solar?

Considere o texto a seguir para responder as questões de 7 a 10.

## Texto II

### Maiores acidentes radioativos da história

#### ♦ Acidente nuclear de Mayak ou Kyshtym (1957)

Em 1957, uma falha no sistema de resfriamento do complexo nuclear perto de Chelyabinsk resultou em uma explosão química e na liberação de cerca de 70 a 80 toneladas de material radioativo no ar. Milhares de pessoas foram expostas à radiação e evacuadas de suas casas.

Poucos dias após o acidente, 300 residentes morreram de envenenamento por radiação. Desse modo, o acidente foi categorizado como Nível 6 na Escala Internacional de Eventos Nucleares (INES).

#### ◆ Acidente nuclear de Windscale, Reino Unido (1957)

No mesmo ano em que ocorreu o acidente radioativo em Chelyabinsk, um incêndio no reator de núcleo de grafite em Cumbria, resultou em uma liberação limitada de radioatividade. O reator foi posteriormente enterrado em concreto.

Embora nenhuma morte tenha sido diretamente ligada a este acidente, ele causou 200 casos de câncer na Grã-Bretanha. Este acidente foi categorizado como Nível 5 na Escala Internacional de Eventos Nucleares (INES).

#### ◆ Oceano Atlântico Norte (1961)

Em 4 de julho de 1961, o submarino soviético K-19 estava no Oceano Atlântico Norte quando apresentou um vazamento radioativo. O veículo não tinha sistema de refrigeração para impedir que o reator superaquecesse e explodisse.

Então, sem outras opções, a tripulação entrou no compartimento do reator e consertou o vazamento, expondo-se a níveis de radiação no processo que certamente os matariam. Todos os oito membros da tripulação que consertaram o vazamento morreram de envenenamento por radiação três semanas após o incidente.

O resto da tripulação, o submarino e os mísseis balísticos que carregava também ficaram contaminados. Quando o K-19 encontrou o submarino que havia interceptado seu pedido de socorro, ele foi rebocado para a base. Depois, como foi reformado ao longo de dois anos, o entorno e os operários também ficaram contaminados. Vinte membros da tripulação original do submarino também morreram de doenças causadas pela radiação nos anos seguintes.

#### ◆ Acidente nuclear de Idaho, Estados Unidos (1961)

O Reator Estacionário de Baixa Potência nº1, ou SL-1, era um reator nuclear localizado no deserto a sessenta quilômetros de Idaho Falls, em Idaho. Em 3 de janeiro de 1961, o reator explodiu, matando três trabalhadores e causando um colapso.

A causa foi uma haste de controle que havia sido retirada incorretamente, mas mesmo após uma investigação que levou dois anos para ser concluída, as ações tomadas pelos trabalhadores um pouco antes do acidente nunca foram descobertas.

Embora o acidente tenha liberado material radioativo para a atmosfera, a quantidade foi considerada pequena, e a localização remota do reator ajudou a minimizar os danos à população vizinha. Ainda assim, o incidente é notável por ser o único acidente com reator nuclear fatal na história dos Estados Unidos e por inspirar uma mudança no projeto de reatores nucleares, de forma que um acidente envolvendo uma única haste de

controle não causasse esse tipo de dano.

#### ◆ Groenlândia (1968)

Em 21 de janeiro de 1968, um bombardeiro B-52 da Força Aérea dos Estados Unidos estava executando uma missão da Guerra Fria. Desse modo, os bombardeiros americanos com cargas nucleares permaneciam no ar o tempo todo, quando um deles que carregava quatro bombas de hidrogênio, pegou fogo.

#### ◆ Tchecoslováquia (1976 e 1977)

A usina nuclear de Bohunice foi a primeira a ser construída na Tchecoslováquia. O reator foi baseado em um projeto experimental que deveria funcionar com urânio extraído do local. No entanto, a primeira instalação desse tipo teve vários acidentes e teve que ser fechada mais de 30 vezes.

Dessa maneira, dois trabalhadores morreram em um incidente de 1976, mas o pior acidente ocorreu em 22 de fevereiro de 1977, quando um trabalhador removeu as hastes de controle incorretamente durante uma troca de combustível de rotina. Este erro simples causou um vazamento radioativo massivo, e o acidente resultante ganhou uma classificação de nível 4 na Escala Internacional de Eventos Nucleares.

Todavia, o governo soviético encobriu o acidente, então nenhuma estimativa confiável de vítimas foi divulgada ao público. No entanto, em 1979, o governo desapropriou a usina, e espera-se que seja totalmente desmontada até 2033.

#### ◆ Three Mile Island, EUA (1978)

O acidente de 1978 na usina nuclear de Three Mile Island, na Pensilvânia, foi o pior desastre da história dos Estados Unidos. Embora o acidente não tenha ceifado nenhuma vida e liberado apenas poucas quantidades de resíduos radioativos, ele provocou protestos sobre o programa de energia nuclear do país.

#### ◆ Acidente nuclear de Chernobyl, Ucrânia - ex-União Soviética (1986)

Considerado o pior desastre nuclear do mundo até agora e classificado como Nível 7 do INES, o acidente nuclear em Chernobyl aconteceu devido a uma súbita onda de energia durante um teste do sistema do reator nº 4. A tragédia ocorreu na madrugada de 26 de abril de 1986.

É difícil dizer com precisão o número de mortes atribuíveis ao acidente de Chernobyl, porque as pessoas que foram expostas a baixos níveis de radiação muitas vezes morrem pelas mesmas causas que as pessoas não expostas.

A confusão sobre o impacto do acidente deu origem a afirmações altamente exageradas de que dezenas ou mesmo centenas de milhares de pessoas morreram como resultado do acidente. Na verdade, um número de mortos muito menor pode ser diretamente atribuído à radiação de Chernobyl.

Vinte e oito trabalhadores de emergência morreram

de síndrome de radiação aguda, 15 pacientes morreram de câncer de tireoide e estima-se que o número total de mortes por cânceres causados por Chernobyl pode chegar a 4.000 entre as 600.000 pessoas que receberam as maiores exposições.

Atualmente, mais de cinco milhões de pessoas vivem em áreas consideradas 'contaminadas' com materiais radioativos do acidente de Chernobyl.

#### ◆ Goiânia, Brasil (1987)

Um dos piores incidentes de contaminação nuclear do mundo ocorreu em Goiânia, no Brasil. Um instituto de radioterapia da capital foi desativado, abandonando uma cápsula contendo um isótopo radioativo de césio ou césio-137.

Em 13 de setembro de 1987, dois catadores encontraram a unidade, carregaram-na em um carrinho de mão e venderam para um ferro-velho. O proprietário convidou amigos e familiares para ver o material azul brilhante dentro, expondo-os inadvertidamente à radiação. Sem saber do perigo, eles expuseram amigos e familiares por toda a cidade. Ao todo, 245 pessoas foram expostas à radiação e quatro pessoas morreram.

Ademais, o acidente gerou cerca de 7 toneladas de rejeitos do césio-137. Esses rejeitos foram concentrados em tambores cimentados e cobertos por concreto e vegetação em um repositório em Abadia de Goiás, no mesmo Estado.

#### ◆ Fukushima, Japão (2011)

O derretimento da Usina Nuclear Fukushima Daiichi em 11 de março de 2011 é um dos piores desastres nucleares da história mundial. Embora tenha sido classificado como Nível 5 na Escala INES, mais tarde foi escalado para o Nível 7 devido a grandes quantidades de radiação.

O acidente radioativo que ocorreu após um grande terremoto e um tsunami de 15 metros deixou mais de um milhão de pessoas desabrigadas. Embora o número de mortes diretas no incidente seja estimado em zero, cerca de 1.600 pessoas morreram devido aos procedimentos incorretos de evacuação.

Disponível em: <https://segredosdomundo.r7.com/acidentes-radioativos/>. Acesso em: 08 set..2025



## ATIVIDADES

7. Qual foi a consequência do incêndio em Windscale, em 1957?
8. O que aconteceu com o submarino soviético K-19 em 1961?
9. Qual foi a causa do acidente nuclear de Fukushima?
10. Por que o acidente de Chernobyl é considerado o pior da história?

**Leia o texto**

### Texto III

#### Química nuclear

A Química Nuclear estuda meios de utilização de todos os materiais que sofrem o fenômeno denominado de decaimento radioativo. Nesse processo, os isótopos de elementos químicos sofrem transformações e formam novos elementos ao liberar espontaneamente energia na forma de radiação.

Um dos focos de estudo da Química Nuclear volta-se para o elemento urânio, o principal combustível nuclear (utilizado em usinas nucleares, por exemplo). Os estudos sobre esse elemento são necessários para possibilitar o seu uso de uma forma cada vez mais segura.

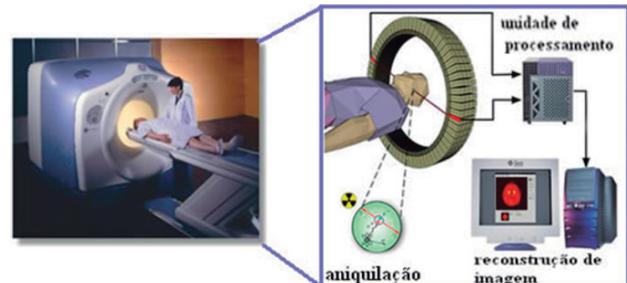
A Química nuclear está intimamente relacionada com a radioatividade, o fenômeno no qual o núcleo instável de um átomo emite partículas e ondas com o intuito de atingir a estabilidade. Quando o núcleo emite essas partículas (alfa e beta) e ondas (radiação gama), sempre acaba se transformando em um novo elemento. Como ocorre transformação de um material (elemento químico) em outro, esse é um objeto de estudo da Química.

As emissões das radiações alfa, beta e gama pelos átomos ocorrem em decorrência do decaimento radioativo dos átomos. Esse decaimento acontece de forma natural, já que a emissão (emissão radioativa natural) ocorre em virtude da instabilidade do núcleo atômico.

Muitas vezes, pode-se criar um elemento de forma artificial por meio das radiações alfa e beta ou, até mesmo, por partículas não radioativas (prótons, nêutrons e pósitrons), o que é chamado de radioatividade artificial, ou transmutação artificial. A transmutação pode ser realizada, por exemplo, por intermédio de um equipamento chamado de acelerador de partículas.

Além de ser utilizada na produção de novos elementos, a radiação tem diversas aplicações no dia a dia, a saber:

#### Radioatividade na medicina



[...] A radiação é utilizada na medicina para realizar diagnósticos e tratamento de uma variedade de doenças.

Métodos de diagnóstico baseados em radiação, como a tomografia computadorizada (TC), a fluoroscopia e a mamografia.

Ao longo dos anos, os avanços na tecnologia permitiram uma melhoria significativa na qualidade e na pre-

cisão dos diagnósticos. Os exames de imagem são mais rápidos, detalhados e acessíveis.

A capacidade de visualizar órgãos, tecidos e estruturas do corpo em alta resolução tem sido fundamental para o diagnóstico precoce de doenças, permitindo o início do tratamento adequado em estágios mais favoráveis.

[...] Além do diagnóstico, a radiação desempenha um papel crucial no tratamento do câncer por meio da radioterapia.

A radioterapia envolve o uso controlado e direcionado da radiação para destruir ou impedir a multiplicação das células cancerígenas.

Disponível em: <https://radhub.com.br/radiacao-na-medicina/>. Acesso em: jul. 2025. Adaptada.

### Geração de energia nuclear



Na busca por fontes de energia que abasteçam o mundo sem poluir o meio ambiente, uma das opções menos discutidas é a das usinas nucleares. Embora muitas pessoas pensem o contrário, a energia nuclear é limpa e uma das formas mais eficientes de gerar eletricidade. No entanto, apesar de tão poderosa, ainda é pouco utilizada no Brasil, que dá preferência à energia gerada por hidrelétricas.

"Uma usina nuclear gera eletricidade por meio da fissão nuclear, processo no qual o núcleo de um átomo, geralmente de urânio, é dividido, liberando uma grande quantidade de calor. Esse calor aquece a água, transformando-a em vapor, que movimenta turbinas ligadas a geradores de eletricidade", detalha a professora de Física Kamila Pimentel, do Colégio Católica Brasília.

Atualmente, a energia nuclear equivale a 23,7% da energia limpa mundial. Os países que mais utilizam essa fonte incluem Estados Unidos, França, China, Rússia, Coreia do Sul, Índia e Canadá.

Disponível em: <https://www.metropoles.com/ciencia/energia-nuclear-por-que-brasil-usa-pouco/>. Acesso em: jul. 2025. Adaptada

[...] Conforme sabemos, as radiações causam danos aos organismos vivos, assim alguns alimentos são irradiados, matando fungos e bactérias, que são os principais causadores do apodrecimento. Dessa forma, os alimentos, como frutas e verduras, permanecem bons para o consumo por muito mais tempo.

### Radioatividade na Agricultura



Por segurança, ao aplicar essa técnica, é preciso que os átomos radioativos cessem suas atividades antes de os alimentos serem embalados. Os alimentos irradiados trazem o símbolo a seguir, conhecido como Radura:

Outra forma de utilização pela agricultura de radiação é injetando radiotraçadores nas plantas. Esses radioisótopos artificiais recebem esse nome porque, ao serem transportados pelo corpo da pessoa, emitem radiações que permitem ver a absorção de fertilizantes pelas plantas, como ela utiliza o nutriente, determinar em que parte da folha ou das raízes certo elemento quí-

mico é mais importante e assim avaliar a eficácia do controle de insetos. Um radiotraçador muito utilizado para essa finalidade é o P-32. Essa técnica dos radiotraçadores também é importante para detectar quais são os predadores de determinadas pragas. Dessa forma, eles podem ser usados no lugar de inseticidas. Ou, então, podem ser esterilizados por radiação gama os machos das espécies que são consideradas pragas e depois soltá-los no meio ambiente para competirem com os machos normais. Isso diminuirá progressivamente a sua reprodução e o seu número.

### Radioatividade na Indústria

A maioria das pessoas pensam que as aplicações pacíficas da radioatividade se restringem apenas ao campo médico. Porém, além dos tratamentos médicos, as indústrias também vêm utilizando bastante a radioatividade. Conheça alguns desses usos: Radiografia de peças metálicas ou gamagrafia industrial: Essa aplicação de radioisótopos é importante até mesmo para salvar vidas, pois as empresas aéreas realizam a gamagrafia das partes metálicas e das soldas essenciais dos aviões, que são sujeitas a mais esforços, como asas e turbinas. Detecção de vazamentos em tubulações de água com os radioisótopos <sup>24</sup>Na ou o <sup>131</sup>I; falhas de lâminas através da instalação de uma fonte de radiações gama, como o cobalto 60, em um lado da lâmina; e um contador Geiger, do outro lado. A radiação atravessa a lâmina, chegando ao contador; assim, a leitura de variações revelará irregularidades na espessura; Em pneus: o <sup>32</sup>P é um radioisótopo usado para medir o desgaste de frisos de pneus; em linhas de produção: um exemplo é a forma como é feita a indicação do nível de um líquido em uma garrafa. De um lado da garrafa fica uma fonte radioativa e do outro lado coloca-se um detector ligado a um aparelho de medição. Quando o líquido alcança a altura da fonte, a maior parte da radiação emitida pela fonte é absorvida por ele e deixa de chegar ao detector, o que significa que o líquido atingiu o nível correto e a esteira pode andar.

Disponível em: <https://www.preparaenem.com/quimica/radioatividade-na-industria.htm>. Acesso em: jul. 2025. Adaptada



## ATIVIDADES

11. O que estuda a Química Nuclear?
12. Qual a diferença entre radioatividade natural e artificial?
13. Qual é o principal combustível nuclear usado em usinas?
14. Como funciona a geração de energia em uma usina nuclear?

15. Quais países mais utilizam energia nuclear atualmente?

16. Qual é a participação da energia nuclear na matriz de energia limpa mundial?

17. Explique como os radiotraçadores funcionam no organismo e qual a sua utilidade em diagnósticos médicos.

18. Por que o iodo-131 é eficaz no tratamento do câncer de tireoide?

19. Descreva como funciona o exame PET (Tomografia por Emissão de Pósitron) e qual radioisótopo é geralmente utilizado.

20. A forma de radiação mais conhecida em diagnósticos médicos é:

- (A) Ultravioleta.
- (B) Raios X.
- (C) Infravermelho.
- (D) Micro-ondas.
- (E) Luz visível.

21. O radioisótopo iodo-131 é utilizado principalmente para:

- (A) Diagnóstico de fraturas ósseas.
- (B) Tratamento de câncer de tireoide.
- (C) Exames de ressonância magnética.
- (D) Produção de energia em reatores nucleares.
- (E) Esterilização de instrumentos cirúrgicos.

22. O exame PET (Tomografia por Emissão de Pósitrons) é um procedimento de medicina nuclear utilizado principalmente para diagnóstico por imagem.

Nesse exame, o radioisótopo mais utilizado é:

- (A) Carbono-14.
- (B) Urânio-235.
- (C) Flúor-18.
- (D) Rádio-226.
- (E) Cobalto-60.

23. A utilização de radioisótopos na medicina é uma das aplicações mais importantes da radioatividade, integrando tanto o diagnóstico quanto o tratamento de doenças. Essa área é conhecida como medicina nuclear.

Essa utilização deve ser baseada em:

- (A) Evitar completamente seu uso por causa dos riscos.
- (B) Usar sempre a dose máxima possível para melhores resultados.
- (C) Avaliar se os benefícios superam os riscos.
- (D) Substituir por radiação ultravioleta sempre que possível.
- (E) Priorizar somente aplicações em exames fotográficos.

24. As emissões de radiação alfa, beta e gama ocorrem porque:

- (A) O núcleo do átomo busca atingir a estabilidade.
- (B) Os elétrons de valência estão instáveis.
- (C) O átomo está em equilíbrio energético.
- (D) A eletrosfera perdeu elétrons para outro átomo.
- (E) A radiação solar incide sobre os átomos.

25. Um exemplo de radioatividade artificial é:

- (A) O decaimento natural do urânio.
- (B) A emissão de radiação gama pelo césio-137.
- (C) A transmutação de elementos em aceleradores de partículas.
- (D) A formação natural do carbono-14 na atmosfera.
- (E) A radiação natural liberada pelo rádio.

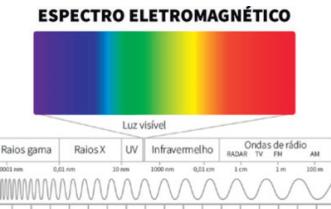
*Leia o texto.*

#### Texto IV

##### Radiações que atingem o planeta Terra

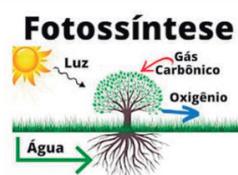
O Sol é a principal fonte de radiação que chega ao nosso planeta. Essa radiação viaja pelo espaço e atinge a atmosfera terrestre, onde parte é absorvida, parte refletida e parte chega até a superfície. Diferentes tipos de radiação possuem efeitos distintos sobre os seres vivos, podendo ser benéficos ou prejudiciais.

##### 1- Radiação Infravermelha



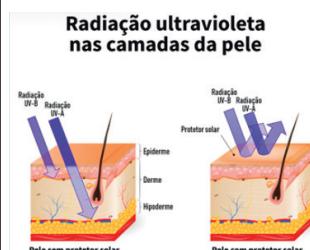
A radiação infravermelha é percebida principalmente com o calor. Ela desempenha papel fundamental no aquecimento da Terra e na manutenção do clima. No entanto, o excesso dessa radiação, associado ao acúmulo de gases de efeito estufa, pode intensificar o aquecimento global e alterar ecossistemas.

##### 2- Luz Visível



A luz visível é essencial para a vida na Terra. Ela permite a visão dos seres humanos e de outros animais, além de ser a base da fotossíntese, processo pelo qual as plantas produzem energia química a partir da energia solar. Sem a luz visível, a vida como conhecemos não existiria.

##### 3- Radiação Ultravioleta (UV)



A radiação ultravioleta tem efeitos diretos sobre os seres vivos. Em pequenas quantidades, ela estimula a produção de vitamina D na pele humana, essencial para a saúde dos ossos. No entanto, a exposição excessiva à radiação UV pode causar danos graves, como queimaduras solares e câncer de pele.

siva pode causar queimaduras, envelhecimento precoce e aumentar o risco de câncer de pele.

#### 4- Raios Cósmicos e Radiações de Alta Energia

Além das radiações solares, a Terra também é atingida por partículas de alta energia vindas do espaço, conhecidas como raios cósmicos. Grande parte dessas partículas é bloqueada pela atmosfera e pelo campo magnético terrestre. Quando interagem com a atmosfera, podem gerar fenômenos como as auroras polares. Esses raios podem induzir mutações genéticas em organismos vivos, sendo considerados efeitos indiretos.



Disponível em: [https://pt.meteorologiaenred.com/radia%C3%A7%C3%A3o-solar-no-planeta-terra.html#google\\_vignette](https://pt.meteorologiaenred.com/radia%C3%A7%C3%A3o-solar-no-planeta-terra.html#google_vignette). Acesso em: jul. 2025. Adaptada



## ATIVIDADES

26. Explique a importância da radiação infravermelha para o equilíbrio térmico da Terra e os riscos de seu excesso.

27. Qual é o papel da luz visível na manutenção da vida na Terra? Dê exemplos de sua importância para seres vivos.

28. A radiação ultravioleta (UV) pode ser tanto benéfica quanto prejudicial para os seres vivos. Explique essa dualidade.

29. O que são raios cósmicos e como eles podem afetar os seres vivos indiretamente?

30. A radiação infravermelha é percebida principalmente como:

- (A) Som e vibrações.
- (B) Luz visível.
- (C) Calor.
- (D) Raios gama.
- (E) Partículas alfa.

31. A luz visível é essencial para a vida porque:

- (A) Interfere na camada de ozônio.
- (B) Permite apenas o crescimento das plantas aquáticas.
- (C) É usada na fotossíntese e possibilita a visão.
- (D) Causa envelhecimento precoce da pele.
- (E) É totalmente bloqueada pela atmosfera.

32. O excesso de exposição à radiação ultravioleta (UV) pode causar:

- (A) Melhora no metabolismo celular.

(B) Aumento da produção de energia elétrica.

(C) Queimaduras e câncer de pele.

(D) Redução da visão em ambientes iluminados.

(E) Aumento da temperatura global.

33. Quando os raios cósmicos interagem com a atmosfera terrestre, podem gerar:

(A) O efeito estufa.

(B) As auroras polares.

(C) A destruição da camada de ozônio.

(D) O ciclo da fotossíntese.

(E) A formação da luz visível.

**Leia o texto.**

### Texto V

#### Emissões Radioativas Naturais

Existem três emissões radioativas principais, que são emitidas pelos núcleos dos elementos radioativos naturais: emissão alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e gama ( $\gamma$ ).

Ernest Rutherford realizou um experimento que contribuiu na identificação dessas emissões. Ele trabalhou com um feixe de partículas radioativas emitidas naturalmente por uma amostra de minério de urânio. Essa radiação foi colocada à ação de um campo magnético e Rutherford observou que o feixe se dividia em três partes, como mostrado a seguir:

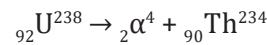
#### 1- Emissão alfa ( $\alpha$ ):

Positivo, pois era atraído pelo polo negativo do campo magnético. Visto que sofreu a ação do campo magnético, isso indicava que se tratava de partículas, as quais Rutherford chamou de partículas alfa.

Hoje, sabemos que as partículas alfas são constituídas de dois prótons e dois nêutrons, iguais ao núcleo do hélio. Como os prótons têm carga positiva e os nêutrons não possuem carga elétrica, as partículas alfas apresentam carga de +2, podendo ser representadas assim:  ${}_2\alpha^4$ .

Assim, quando um elemento radioativo emite uma partícula alfa, ele se transforma em outro elemento com o número atômico (quantidade de prótons) menor em duas unidades (pois perdeu dois prótons) e com o número de massa (quantidade de prótons e nêutrons no núcleo) menor em quatro unidades.

Por exemplo, se o urânio-238 emitir uma partícula alfa, ele se transmuta em tecnécio-234:



As emissões  $\alpha$  são as que possuem menor poder de penetração e, consequentemente, causam menor dano aos seres vivos, pois não conseguem atravessar uma camada de ar de 7 cm, uma folha de papel ou uma chapa de alumínio de 0,06 mm. Quando incidem diretamente sobre a pele, podem causar, no máximo, quei-

maduras, porque as células mortas da pele conseguem deter essas partículas.

### 2- Emissão beta ( $\beta$ ):

A segunda emissão observada por Rutherford foi a que ele chamou de beta, e que ele também concluiu que eram partículas, só que, dessa vez, com carga negativa, pois sofriam desvio causado pelo campo magnético, sendo atraídas pelo polo positivo.

As partículas beta são, na realidade, semelhantes a elétrons, com massa desprezível e são representadas por

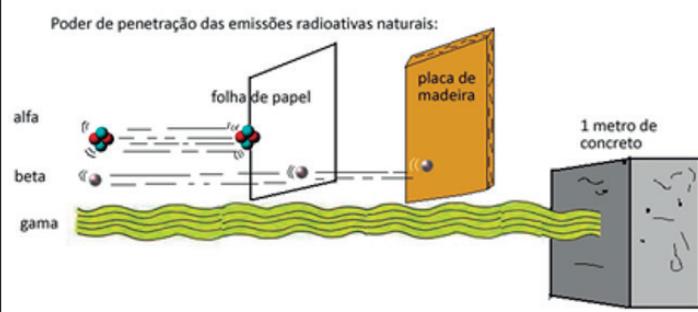
$\beta^0$  ou  $-1\beta$ . Seu poder de penetração é maior que o da emissão alfa, sendo médio. Essas partículas podem ser detidas por uma chapa de chumbo de 2 mm ou de alumínio de 1 cm, podem penetrar até 2 cm na pele e causar sérios danos.

### 3- Emissão gama ( $\gamma$ ):

O terceiro feixe observado por Rutherford não sofreu desvio pelo campo magnético; ele seguiu direto, o que significa que não eram partículas e que não tinha carga elétrica.

A emissão gama é, na verdade, uma onda eletromagnética de alta energia, sendo representada por  $\gamma^0$ .

Elas possuem o maior poder de penetração entre as três e pode causar danos irreparáveis ao organismo humano, pois pode atravessá-lo. São detidas por placas de chumbo de 5 cm ou mais e por grossas paredes de concreto.



A emissão radioativa natural mais prejudicial aos seres vivos, capaz de causar danos irreparáveis, é a radiação gama.

Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/emissoes-radioativas-naturais.htm>. Acesso em: 20 set. 2025



## ATIVIDADES

34. As partículas alfas ( $\alpha$ ) possuem:

- (A) Dois elétrons e carga -2.
- (B) Dois prótons e dois nêutrons, com carga +2.
- (C) Um próton e um elétron, sem carga.
- (D) Dois nêutrons apenas, com massa desprezível.
- (E) Um núcleo de carbono, com carga +6.

35. A emissão beta ( $\beta$ ) é formada por:

- (A) Núcleos de hélio.
- (B) Elétrons de alta energia, com carga negativa.

- (C) Raios eletromagnéticos de alta frequência.
- (D) Neutrinos que atravessam a matéria.
- (E) Nêutrons livres emitidos pelo núcleo.

36. Qual das emissões radioativas possui o maior poder de penetração?

- (A) Alfa.
- (B) Beta.
- (C) Gama.
- (D) Todas têm o mesmo poder de penetração.
- (E) Nenhuma delas penetra na matéria.

37. A emissão radioativa natural mais prejudicial aos seres vivos, capaz de atravessar o corpo humano, é:

- (A) Alfa.
- (B) Beta.
- (C) Raios-X.
- (D) Raios gama.
- (E) Radiação infravermelha.

38. Por que as partículas alfas, apesar de possuírem carga e massa consideráveis, apresentam baixo poder de penetração?

39. Explique por que a emissão gama não sofre desvio quando submetida a um campo magnético.

40. Compare os danos potenciais que podem ser causados pelas radiações alfa e beta ao corpo humano.

41. Qual é a importância do uso de materiais como chumbo e concreto na proteção contra radiações gama?

42. Quando o urânio-238 sofre emissão alfa, ocorre:

- (A) Aumento do número de massa em 2 unidades.
- (B) Diminuição do número de massa em 4 unidades.
- (C) Aumento do número atômico em 2 unidades.
- (D) Redução do número de elétrons na eletrosfera.
- (E) Nenhuma alteração no núcleo.

43. As partículas beta ( $-1\beta$ ) são equivalentes a:

- (A) Elétrons emitidos do núcleo com carga negativa.
- (B) Núcleos de hélio, com carga positiva.
- (C) Ondas eletromagnéticas de baixa energia.
- (D) Nêutrons sem carga elétrica.
- (E) Pósitrons com carga positiva.

44. Qual é a ordem crescente de penetração das radiações?

- (A) Gama < Beta < Alfa.
- (B) Alfa < Beta < Gama.
- (C) Beta < Alfa < Gama.
- (D) Alfa < Gama < Beta.
- (E) Gama < Alfa < Beta.

45. A emissão radioativa capaz de atravessar facilmente o corpo humano e que exige barreiras densas para proteção é:

- (A) Radiação alfa.
- (B) Radiação beta.
- (C) Radiação gama.
- (D) Radiação ultravioleta.
- (E) Radiação infravermelha.

*Leia o texto.*

## Texto VI

### Leis da radioatividade

As leis da radioatividade tratam da transformação que um átomo sofre em seu núcleo ao emitir radiação alfa ou beta. As leis da radioatividade foram propostas pelo químico inglês Frederick Soddy, no ano de 1911, com o objetivo de explicar a emissão de radiação a partir do núcleo de átomos instáveis.

#### 1- Instabilidade nuclear

O núcleo de um átomo é instável quando ele apresenta um número de prótons maior ou igual a 84. Porém, existem algumas exceções, pois há átomos que apresentam um número de prótons menor que 84 e mesmo assim são instáveis, como:

- Césio (Cs): apresenta 55 prótons em seu núcleo.
- Técncio (Tc): apresenta 43 prótons em seu núcleo.
- Promécio (Pm): apresenta 61 prótons em seu núcleo.

#### 2- Tipos de radiações

As radiações que podem ser emitidas a partir do núcleo de um átomo são:

- Alfa ( ${}_{2}^{\alpha} \text{A}$ ): radiação composta por 2 prótons e 2 nêutrons. Apresenta número atômico igual a 2 e número de massa igual a 4;
- Beta ( ${}_{-1}^{\beta} \text{B}$ ): radiação composta por 1 elétron. Apresenta número atômico igual a -1 e número de massa igual a 0.

Obs.: A radiação beta é um elétron produzido a partir da decomposição de um nêutron localizado no interior do núcleo de um átomo. Nessa decomposição, o nêutron ( $n$ ) transforma-se em um próton ( $p$ ), um neutrino ( $\nu$ ) e um elétron ( $\beta$ ). Essa explicação, denominada de hipótese de Fermi, foi dada pelo físico italiano Enrico Fermi e é demonstrada pela equação abaixo:

$${}_0^n \rightarrow {}_1^p + {}_0^{\nu} + {}_{-1}^{\beta}$$

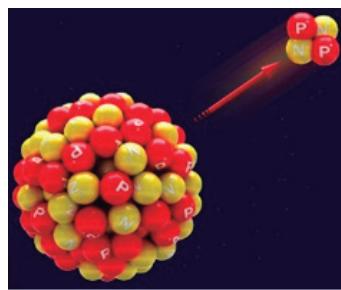
Gama ( ${}_{0}^{\gamma}$ ): radiação que é uma onda eletromagnética. Apresenta número atômico igual a 0 e número de massa igual a 0.

#### 3- As leis da radioatividade

Como a radiação gama é uma onda eletromagnética e, por isso, não apresenta número de massa (0) e

número atômico (0), existem apenas duas leis da radioatividade:

#### a) 1<sup>a</sup> Lei da Radioatividade



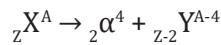
Representação da emissão de uma radiação alfa

A 1<sup>a</sup> lei da radioatividade trata da emissão de uma radiação alfa a partir do núcleo de um átomo. Como a radiação alfa apresenta número de massa igual a 4 e número atômico igual a 2, temos as seguintes alterações no núcleo do átomo:

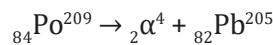
- Diminuição de 2 prótons e 2 nêutrons no núcleo do átomo.
- Diminuição do número de massa em 4 unidades.
- Diminuição do número atômico em 2 unidades.

Como há uma alteração no número de prótons no núcleo do átomo, sempre que uma radiação alfa é emitida ocorre a formação de um novo elemento químico, cujo número atômico é duas unidades menor que o que deu origem a ele.

A equação química que representa os eventos que ocorrem na primeira lei da radioatividade é:

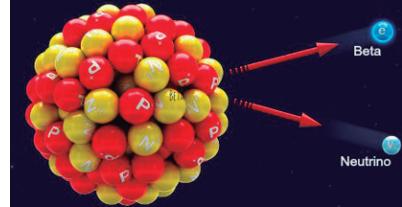


Agora acompanhe um exemplo de um átomo emisor de radiação alfa:



O Polônio apresenta número atômico 84 e número de massa 209. Ao emitir a radiação alfa, que apresenta número de massa 4 e número atômico 2, forma o elemento Chumbo, que, por sua vez, apresenta número atômico 82 e número de massa 205.

#### b) 2<sup>a</sup> lei de Radioatividade



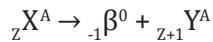
Representação da emissão de uma radiação beta

A 2<sup>a</sup> Lei da radioatividade trata da emissão de uma radiação beta a partir do núcleo de um átomo. Como a radiação beta apresenta número de massa 0 e número atômico -1, temos as seguintes alterações no núcleo do átomo:

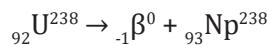
- Aumento de 1 próton no núcleo do átomo.
- Manutenção do número de massa.
- Aumento do número atômico em 1 unidade.

Como há uma alteração no número de prótons do núcleo do átomo, sempre que uma radiação beta é emitida, temos a formação de um novo elemento químico, cujo número atômico é 1 unidade maior que o que deu origem a ele.

A equação química que representa os eventos que ocorrem na segunda lei da radioatividade é:

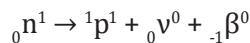


Agora acompanhe um exemplo de um átomo emissor de radiação beta:



O Urânio apresenta número atômico 92 e número de massa 238. Ao emitir a radiação beta, forma o elemento Netúnio, que apresenta número atômico 93 e número de massa 238.

O número atômico aumenta em uma unidade e o número de massa não sofre alteração porque um nêutron transforma-se em um próton, um neutrino e beta, que é eliminada, como propõe a hipótese de Fermi:



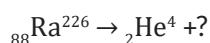
Assim sendo, podemos concluir que a massa do nêutron era 1 e não sofreu alteração, pois o próton que ficou no núcleo também tinha número de massa 1. Já o número atômico aumentou uma unidade porque o próton formado permaneceu no núcleo, alterando, consequentemente, o número atômico.

Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/leis-radioatividade.htm>. Acesso em: 20 set. 2025

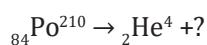


## ATIVIDADES

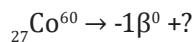
46. Complete e identifique o novo elemento formado na seguinte equação nuclear:



47. O Polônio-210 emite uma partícula alfa. Escreva a equação nuclear da reação e identifique o novo elemento formado.



48. O Cobalto-60 sofre emissão beta ( $-1\beta$ ). Escreva a equação nuclear e indique o novo elemento formado.



49. O Urânio-238 sofre uma emissão alfa. O novo elemento formado é:

- (A)  ${}_{90}^{234} Th$
- (B)  ${}_{88}^{226} Ra$
- (C)  ${}_{93}^{238} Np$
- (D)  ${}_{82}^{206} Pb$
- (E)  ${}_{43}^{234} Tc$

50. Qual é a equação correta para a emissão beta do Carbono-14?

- (A)  ${}_{6}^{14} C \rightarrow {}_{-1}^0 \beta + {}_{5}^{14} B$
- (B)  ${}_{6}^{14} C \rightarrow {}_{-1}^0 \beta + {}_{7}^{14} N$
- (C)  ${}_{6}^{14} C \rightarrow {}_{-1}^0 \beta + {}_{8}^{14} O$
- (D)  ${}_{6}^{14} C \rightarrow {}_{-1}^0 \beta + {}_{6}^{13} C$
- (E)  ${}_{6}^{14} C \rightarrow {}_{-1}^0 \beta + {}_{5}^{13} B$

51. O Polônio-210 emite uma partícula alfa. O núcleo resultante será:

- (A)  ${}_{84}^{206} Po$
- (B)  ${}_{82}^{206} Pb$
- (C)  ${}_{83}^{210} Bi$
- (D)  ${}_{80}^{210} Rn$
- (E)  ${}_{81}^{206} Tl$

52. O Bismuto-214 emite uma partícula alfa. O núcleo resultante será:

- (A)  ${}_{81}^{210} Tl$
- (B)  ${}_{83}^{210} Bi$
- (C)  ${}_{84}^{214} Po$
- (D)  ${}_{82}^{210} Pb$
- (E)  ${}_{80}^{214} Hg$

*Leia o texto.*

### Texto VII

#### Radiações e as células

##### 1- O que são radiações ionizantes?

As radiações ionizantes são formas de energia capazes de arrancar elétrons de átomos e moléculas, transformando-os em íons. Esse processo afeta diretamente as estruturas celulares, podendo causar desde efeitos mínimos até danos graves. Entre as principais radiações ionizantes estão as partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), nêutrons e radiação gama ( $\gamma$ ).

##### 2- Eventos físicos

O primeiro impacto da radiação ionizante em uma célula é físico. Quando a radiação atravessa o tecido, ela deposita energia em pequenas regiões, provocando:

**Ionização:** átomos perdem ou ganham elétrons, tornando-se instáveis.

**Excitação:** elétrons são elevados a níveis de energia mais altos, enfraquecendo ligações químicas. Essas alterações ocorrem em frações de segundos e são a base para os efeitos seguintes.

##### 3- Eventos químicos

Após a ionização, iniciam-se reações químicas dentro da célula:

**Formação de radicais livres:** moléculas de água ( $H_2O$ ) são quebradas, gerando espécies muito reativas, como o radical hidroxila ( $\bullet OH$ ).

Oxidação de biomoléculas: proteínas, lipídios e, principalmente, o DNA podem ser danificados por esses radicais livres.

Quebra de ligações químicas: ocorre a fragmentação de moléculas essenciais para o funcionamento celular.

Essas reações químicas são rápidas e aumentam o risco de mutações e morte celular.

#### 4- Eventos biológicos

As consequências finais aparecem no nível biológico:

Danos ao DNA: podem ocorrer quebras simples ou duplas nas fitas de DNA. Se não forem reparadas, podem levar a mutações.

Morte celular: em altas doses, a célula pode entrar em apoptose (morte programada) ou necrose.

Alterações genéticas: mutações podem se acumular e, em organismos multicelulares, gerar câncer.

Efeitos em tecidos: a destruição de muitas células em conjunto pode causar queimaduras, queda de cabelo e diminuição da capacidade de regeneração dos tecidos.

#### 5- Aplicações e riscos

Apesar dos riscos, as radiações ionizantes têm usos benéficos:

Medicina: radioterapia para destruir células cancerígenas.

Indústria e pesquisa: esterilização de materiais, análise de estruturas. No entanto, a exposição descontrolada pode causar efeitos agudos (náuseas, queimaduras) e crônicos (câncer, mutações hereditárias).

Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/protecao-contra-radiacao-ionizante.htm>. Acesso em: 20 set.2025



## ATIVIDADES

53. As radiações ionizantes podem:

- (A) Elevar elétrons a níveis mais altos de energia e ionizar átomos.
- (B) Apenas aquecer tecidos vivos sem alterar moléculas.
- (C) Impedir a formação de radicais livres.
- (D) Alterar somente moléculas de água, sem afetar DNA.
- (E) Não causar alterações químicas significativas.

54. A formação de radicais livres no interior da célula é um exemplo de:

- (A) Evento físico.
- (B) Evento químico.
- (C) Evento biológico.
- (D) Efeito indireto das radiações solares.
- (E) Processo exclusivo da fotossíntese.

55. Entre os efeitos biológicos das radiações ionizantes, podemos citar:

- (A) Aumento da taxa metabólica sem danos ao DNA.
- (B) Formação de novos nêutrons no núcleo atômico.
- (C) Danos ao DNA, apoptose e alterações genéticas.
- (D) Apenas oxidação de proteínas sem impacto celular.
- (E) Produção exclusiva de energia elétrica nos tecidos.

56. Um dos principais usos benéficos das radiações ionizantes para a saúde humana é:

- (A) O cozimento de alimentos por micro-ondas.
- (B) A produção de raios ultravioleta na atmosfera.
- (C) A radioterapia no tratamento do câncer.
- (D) A geração de calor pelo infravermelho.
- (E) A formação natural do ozônio

*Leia o texto.*

### Texto VIII

#### Radiação e o organismo

Quando ouvimos a palavra radiação, logo pensamos em algo perigoso. No entanto, é importante lembrar que estamos cercados por diferentes tipos de radiação todos os dias, e nem todas elas fazem mal ao nosso corpo. Para entender melhor, vamos conhecer os principais tipos e seus efeitos sobre o organismo humano.

#### 1- Radiações não ionizantes

As radiações não ionizantes são aquelas que não possuem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos do nosso corpo. Exemplos incluem as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho e a luz visível.

a) Ondas de rádio e micro-ondas: usadas em celulares, Wi-Fi e fornos de micro-ondas.

Normalmente não causam danos diretos às células, mas a exposição prolongada a altas intensidades pode provocar aquecimento excessivo nos tecidos.

b) Infravermelho: é o calor que sentimos ao ficar perto de uma fogueira. Em excesso, pode causar queimaduras ou desidratação.

c) Luz visível: essencial para a visão. Contudo, luz muito intensa pode causar lesões oculares temporárias ou permanentes.

#### 2- Radiações ionizantes

As radiações ionizantes possuem energia suficiente para alterar átomos e moléculas do corpo, podendo danificar o DNA. Entre elas estão os raios ultravioleta (UV), os raios X e a radiação gama.

- Ultravioleta (UV): emitida pelo Sol, é responsável pela produção de vitamina D na pele, mas a exposição excessiva pode causar queimaduras, envelhecimento precoce e aumentar o risco de câncer de pele.

- Raios X: muito utilizados na medicina para diagnósticos. Em pequenas doses, são seguros, mas a exposição frequente ou em altas quantidades pode provocar mutações celulares e câncer.

- Radiação gama e partículas radioativas: são extremamente penetrantes e perigosas. Usadas em tratamentos contra o câncer (radioterapia), podem destruir células doentes, mas também afetam células saudáveis se não forem bem controladas.

### 3- A dualidade da radiação: vilã ou aliada?

Nem toda radiação é prejudicial. Algumas delas são fundamentais para a vida (como a luz do Sol) ou têm aplicações positivas na ciência e na medicina (como os raios X e a radioterapia). O perigo surge quando há exposição descontrolada ou sem proteção adequada.

### 4- Cuidados essenciais

Para reduzir riscos, algumas medidas simples podem ser tomadas:

- Usar protetor solar e óculos escuros contra a radiação UV.
- Evitar a exposição prolongada ao Sol nos horários de maior intensidade (10h às 16h).
- Utilizar equipamentos de proteção em exames médicos e em ambientes que lidam com radiação.

Disponível em: <https://www.cnn.gov.br>. Acesso em: 20 set. 2025  
Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radiation>. Acesso em: 20 set. 2025

- (C) Evitar o uso de raios X em qualquer situação.
- (D) Aumentar a exposição a micro-ondas para fortalecer os tecidos.
- (E) Eliminar todas as formas de radiação do ambiente.



### De olho no Enem!

Temas de Química mais cobrados no ENEM

Fonte: Guia do Estudante – Quais são os 5 temas de química que mais caem no ENEM?

#### 1. Aplicações da Cinética Química

o Número de questões: 24

o Percentual: 4,1%

o Conteúdo abordado: velocidade das reações, fatores que influenciam (temperatura, concentração, catalisadores) e situações do cotidiano.

#### 2. Pilhas (Eletroquímica)

o Número de questões: 19

o Percentual: 3,3%

o Conteúdo abordado: funcionamento de pilhas e baterias, oxirredução, corrosão, aplicações no dia a dia e impacto ambiental.



## ATIVIDADES

57. Qual das alternativas representa corretamente uma radiação não ionizante?

- (A) Raios gama.
- (B) Raios X.
- (C) Infravermelho.
- (D) Radiação ultravioleta.
- (E) Radiação cósmica.

58. Um efeito positivo da radiação ultravioleta (UV) é:

- (A) Queimaduras solares graves.
- (B) Formação de vitamina D na pele.
- (C) Envelhecimento precoce das células.
- (D) Aumento da chance de câncer de pele.
- (E) Danos permanentes ao DNA.

59. O uso de raios X na medicina pode trazer riscos quando:

- (A) Utilizado em pequenas doses para diagnóstico.
- (B) O paciente estiver sob acompanhamento médico.
- (C) Ocorre exposição frequente ou em altas quantidades.
- (D) É aplicado apenas em exames odontológicos.
- (E) Está associado ao uso de protetor solar.

60. Para reduzir riscos da radiação no cotidiano, recomenda-se:

- (A) Tomar sol apenas entre 10h e 16h sem proteção.
- (B) Usar protetor solar e óculos escuros contra UV.

1. (Enem- 2011) Os materiais radioativos emitem diferentes tipos de radiação. A radiação gama, por exemplo, por sua alta energia e penetração, consegue remover elétrons dos átomos dos tecidos internos e romper ligações químicas por ionização, podendo causar mutação no DNA. Já as partículas betas têm o mesmo efeito ionizante, mas atuam sobre as células da pele.

RODRIGUES JR., A. A. *O que é radiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer. Física na Escola.* V. 8, n° 2, 2007. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (adaptado).

Segundo o texto, um indivíduo irradiado por uma fonte radioativa é exposto ao risco de:

- (A) transformar-se em um corpo radioativo.
- (B) absorver a radiação e armazená-la.
- (C) emitir radiação e contaminar outras pessoas.
- (D) sofrer alterações gênicas e desenvolver câncer.
- (E) transportar a radiação e contaminar outros ambientes.

2. (Enem-2020) Embora a energia nuclear possa ser utilizada para fins pacíficos, recentes conflitos geopolíticos têm trazido preocupações em várias partes do planeta e estimulado discussões visando o combate ao uso de armas de destruição em massa. Além do potencial destrutivo da bomba atômica, uma grande preocupação associada ao emprego desse artefato bélico é a poeira radioativa deixada após a bomba ser detonada.

Qual é o processo envolvido na detonação dessa bomba?

- (A) Fissão nuclear do urânio, provocada por nêutrons.  
 (B) Fusão nuclear do hidrogênio, provocada por prótons.  
 (C) Desintegração nuclear do plutônio, provocada por elétrons.  
 (D) Associação em cadeia de chumbo, provocada por pósitrons.  
 (E) Decaimento radioativo do carbono, provocado por partículas beta.

**3. (Enem- 2021)** As radiações ionizantes são caracterizadas por terem energia suficiente para arrancar elétrons de um átomo. Ao interagirem com os tecidos do corpo humano, dão origem a diversos efeitos, que podem levar à morte de células. Os principais tipos de radiação ionizante são as radiações gama (originadas em transições nucleares), raios X (originados em transições eletrônicas), alfa (núcleos de hélio), elétrons e nêutrons.

O quadro apresenta algumas propriedades para esses diferentes tipos de radiação.

Tipo de radiação	Massa (u.m.a)	Carga
Gama	0	0
Raios X	0	0
Alfa	4	+2
Elétrons	1/2000	-1
Nêutrons	1	0

Para uma mesma intensidade de radiação, a que tem o menor poder de penetração em tecidos é a radiação

- (A) alfa.  
 (B) gama.

- (C) raios X.  
 (D) elétrons.  
 (E) nêutrons.

**4. (Enem- 2022)** O elemento iodo (I) tem função biológica e é acumulado na tireoide. Nos acidentes nucleares de Chernobyl e Fukushima, ocorreu a liberação para a atmosfera do radioisótopo  $^{131}\text{I}$ , responsável por enfermidades nas pessoas que foram expostas a ele. O decaimento de uma massa de 12 microgramas do isótopo  $^{131}\text{I}$  foi monitorado por 14 dias, conforme o quadro.

Tempo (dia)	Massa residual de $^{131}\text{I}$ ( $\mu\text{g}$ )
0	12,0
2	10,1
4	8,5
5	7,8
6	7,2
8	6,0
14	3,6

Após o período de 40 dias, a massa residual desse isótopo é mais próxima de:

- (A) 24  $\mu\text{g}$ .  
 (B) 1,5  $\mu\text{g}$ .  
 (C) 0,8  $\mu\text{g}$ .  
 (D) 0,4  $\mu\text{g}$ .  
 (E) 0,2  $\mu\text{g}$ .

## FÍSICA

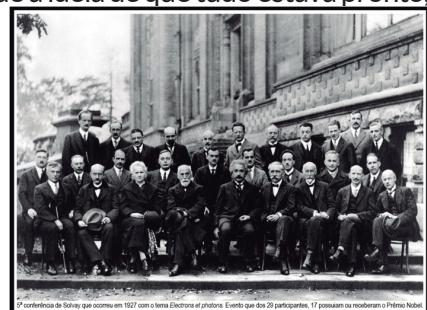
Estudante, para muitos cientistas do final do século XIX, a física atingira o ápice de sua existência. Segundo um professor de Max Planck, considerado o pai da Física Quântica, Planck não deveria estudar física pois, “nesse campo quase tudo já estava descoberto, e tudo o que restava era apenas preencher alguns buracos”. Para a comu-



Max Planck e Albert Einstein em 28 de junho de 1929. Einstein está recebendo a Medalha Max Planck. A Medalha Max Planck é uma das mais prestigiosas premiações para feitos extraordinários em física teórica. É concedida anualmente pela Deutsche Physikalische Gesellschaft (em alemão: Sociedade Alemã de Física).

nidade científica da época, a modernidade havia tomado conta do dia a dia dos seres humanos. Navios com motores elétricos, eletricidade nas ruas e nas casas, dirigíveis,

carros, submarinos, telefone, telégrafos, aviões em desenvolvimento etc. Tudo estava perfeito. As Leis newtonianas sendo aplicadas com sucesso, o estudo do calor, da óptica, em perfeita sintonia e, assim por diante. Mas, sempre existe um porém. Como explicar a radiação do corpo negro? E o comportamento dual da luz, ora se comportando como onda, ora como partícula? E quanto a matéria em níveis subatômicos, ou seja, no universo microscópio? Como a matéria se comporta? E no universo macroscópio, como analisar os efeitos da gravidade no espaço-tempo para altas velocidades? O que dizer do movimento aleatório de partículas num fluido (gás ou líquido)? Então, essas e outras indagações que a física clássica não conseguia explicar, colocaram em xeque a ideia de que tudo estava pronto, bastando apenas alguns ajustes. E, é nesse contexto que, em 1900 Max Planck com sua teoria quântica da radiação, e em 1915, Albert Einstein, com sua Teoria Especial da Relatividade revolu-



A conferência de Solvay que ocorreu em 1927 com o tema Eletrônico e fotônico. Evento que dos 29 participantes, 17 receberam o Prêmio Nobel.