



Revisa Goiás

3ª Série

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

4º BIMESTRE | 2025
ESTUDANTE



SEDUC
Secretaria de Estado
da Educação

GOVERNO DE
GOIÁS
O ESTADO QUE DÁ CERTO

BIOLOGIA

Caro(a) estudante, O material genético é parte fundamental na formação dos indivíduos. Nesse sentido, ele determina nossas características e atua na hereditariedade, que é transmitida às gerações. Mas afinal, o que é material genético? Como ele é formado? Qual é a sua função? E de que forma impacta nos tratamentos de reprodução assistida?

SAIBA MAIS:

Para saber mais sobre o tema acesse o QRCode



Leia o texto.

Texto I

O que é mutação?

As mutações podem ser definidas como mudanças que ocorrem no material genético (DNA) dos organismos vivos. Essas mudanças constituem uma importante fonte de variabilidade genética, sendo muitas vezes responsáveis pelo surgimento de novas espécies. As mudanças no material genético são extremamente importantes, pois é o DNA que carrega as informações necessárias para a síntese de proteínas. Algumas modificações nos genes afetam diretamente a proteína a ser sintetizada, resultando no surgimento de uma característica não esperada. Vale destacar que as mutações no DNA podem causar desde mudanças físicas até mudanças comportamentais.

O que causa as mutações?

As mutações podem ocorrer por causa de erros na replicação ou ainda por fatores externos. Na replicação incorreta, no momento da síntese da nova molécula de DNA, podem ocorrer erros que fazem com que a cópia não seja idêntica à original. Além de falhas na replicação, podemos citar a ação de agentes externos, que podem causar a quebra do DNA e uma reparação incorreta. Como exemplo de fatores externos, podemos citar a radiação.

Existem diferentes tipos de mutações. Existem aquelas causadas pela substituição de uma base por outra, aquelas em que ocorre inversão de novas bases e aquelas em que se observa a perda de uma porção de DNA.

As mutações ocorrem de maneira aleatória, ou seja, não surgem como forma de suprir uma necessidade do organismo ou até mesmo para prejudicá-lo de alguma forma. Por ocorrerem ao acaso, as mutações geram diferentes respostas no orga-

nismo, afetando de forma positiva, negativa ou não causando nenhuma mudança.

Chamamos de mutações silenciosas aquelas que provocam mudanças no material genético, mas as bases alteradas não influenciam as proteínas que serão produzidas. Isso acontece porque um mesmo aminoácido pode ser codificado por trincas diferentes, uma propriedade do código genético que chamamos de redundância.

As mutações nem sempre são de interesse evolutivo. Algumas mutações afetam células somáticas, não podendo ser, portanto, transmitidas aos descendentes. As únicas mutações importantes para o processo evolutivo são aquelas que afetam as células reprodutivas, pois estas podem ser transmitidas de geração a geração, causando mudanças significativas ao longo do tempo. Essas mutações são denominadas de germinativas.

O que são mutações cromossômicas?

As mutações cromossômicas ocorrem na estrutura dos cromossomos ou no número dessas estruturas em uma célula. Esse tipo de mutação geralmente causa alterações em mais de um tipo de gene. Como exemplo de mutação cromossômica, podemos citar a Síndrome de Down, que causa um aumento no número de cromossomos total de um indivíduo. O indivíduo com síndrome de Down possui 47 cromossomos (e não 46, como a maioria dos indivíduos), uma vez que possui três cromossomos 21.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-mutacao.htm>. Acesso em: 18 ago. 2025.

SUGESTÃO DE PESQUISA - Acesse o QRCode



O estudo da hereditariedade e variação genética em organismos

Disponível em: <https://cisce.com.br/blog/genetica-moderna/>. Acesso 25.jul.2025.



ATIVIDADES

1. Qual a definição de mutação genética apresentada no texto I?
2. Considerando as informações do texto, qual a importância das mutações para o processo evolutivo dos seres vivos?
3. Como ocorrem as mutações cromossômicas?

4. Os agentes externos podem afetar a estrutura do DNA? Justifique.

5. O que é uma mutação silenciosa?

- (A) Uma mutação que insere um códon de parada, interrompendo a tradução da proteína.
- (B) Uma mutação que altera a estrutura cromossômica, modificando a quantidade de genes.
- (C) Uma mutação que altera o códon, mas não modifica o aminoácido na proteína produzida.
- (D) Uma mutação que provoca a substituição de um aminoácido por outro na proteína sintetizada.
- (E) Uma mutação que não pode ser transmitida à próxima geração por ocorrer em células somáticas.

6. (PUC-RJ-2002) "A capacidade de errar ligeiramente é a verdadeira maravilha do DNA. Sem esse atributo especial, seríamos ainda bactéria anaeróbica, e a música não existiria (...). Errar é humano, dizemos, mas a ideia não nos agrada muito, e é mais difícil ainda aceitar o fato de que errar é também biológico" (Lewis Thomas. A medusa e a lesma, ed. Nova Fronteira, RJ, 1979).

Esse texto refere-se a uma característica dos seres vivos. É ela:

- (A) seleção natural.
- (B) excitabilidade.
- (C) reprodução.
- (D) excreção.
- (E) mutação.

7. (Unifesp-2003) Desde que os primeiros animais foram domesticados, o homem vem alterando suas populações a fim de melhorar as características que julga mais importantes, tais como mais carne, mais ovos, mais lã, entre outras. Numa população sem a interferência do homem, o surgimento de indivíduos com essas características "melhoradas" decorre de ou de O homem, nesse contexto, faz o papel de

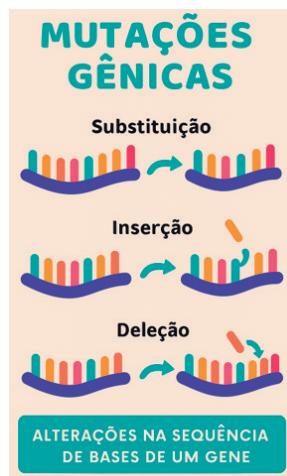
As lacunas do texto devem ser completadas, respectivamente, por

- (A) condições do ambiente ... herança direta dos pais ... agente seletivo.
- (B) condições do ambiente ... seleção natural ... agente mutagênico.
- (C) reprodução sexuada ... mutações ... agente seletivo.
- (D) reprodução sexuada ... seleção natural ... agente mutagênico.
- (E) mutações ... condições do ambiente ... agente mutagênico.

Leia o texto.

Texto II

Mutações gênicas



A mutação pode ser definida como qualquer alteração no material genético de um organismo. Essa alteração poderá promover mudanças nas características físicas, ou seja, no fenótipo. Elas podem ocorrer de forma espontânea ou de forma induzida. De forma espontânea, ocorre devido a erros na replicação do DNA e a induzida, quando o organismo é exposto a um agente mutagênico, como a radiação. As mutações

podem ocorrer em células somáticas ou germinativas (óvulo e espermatozoide) e podem ser de dois tipos: gênica ou cromossômica.

Mutação Gênica

A mutação gênica é caracterizada por alterações do código de bases nitrogenadas do DNA, que originam novas versões dos genes. Essa condição pode produzir novas características nos portadores da mutação.

Na mutação gênica pode ocorrer substituição, eliminação ou inserção de uma, ou várias bases na cadeia de DNA.

Observe a seguir os tipos de mutações gênicas:

- Substituição: ocorre a troca de um ou mais pares de bases;
- Inserção: quando uma ou mais bases são adicionadas ao DNA, modificando a ordem de leitura da molécula durante a replicação ou a transcrição;
- Deleção: ocorre quando uma ou mais bases são retiradas do DNA, modificando a ordem da leitura, durante a replicação ou a transcrição.

A mutação gênica pode, ainda, ser do tipo silenciosa. Essa mutação ocorre quando a substituição de um determinado nucleotídeo do DNA não provoca alterações nos aminoácidos sintetizados. São exemplos de mutações gênicas por substituição: Anemia falciforme; por Deleção: Síndrome de DiGeorge e Inserção: Síndrome de Huntington.

Mutação Cromossômica

A mutação cromossômica refere-se a qualquer alteração no número ou estrutura dos cromossomos e pode ser de dois tipos:

1. **Mutações numéricas:** podem ser classificadas em:

Aneuploidia ocorre quando há perda ou acréscimo de um, ou mais cromossomos, devido a erros na distribuição dos cromossomos durante a mitose ou meiose. Este tipo de mutação é responsável por causar distúrbios e doenças em humanos, como a Síndromes

de Klinefelter, de Down; de Turner; de Patau e Edwards.

Euploidia ocorre quando há perda ou acréscimo de genomas completos. Surge quando os cromossomos se duplicam e a célula não se divide. Neste tipo de mutação podem ser formados indivíduos triploides ($3n$), tetraploides ($4n$), entre outros casos de poliploidia. Nesse tipo de mutação não há viabilidade para a formação de um embrião, portanto, não existem exemplos de doenças humanas nesse tipo de alteração cromossômica. Porém, em plantas, as euploidias desempenham papel importantíssimo nos processos de adaptação e evolução.

2. Mutações estruturais: São alterações que afetam a estrutura dos cromossomos, ou seja, o número ou o arranjo dos genes e podem ser classificadas em alguns tipos:

- Deleção: quando falta um pedaço ao cromossomo. Exemplo: Síndrome de Williams.
- Duplicação: quando o cromossomo tem um pedaço repetido. Exemplo: Síndrome de Charcot-Marie-Tooth.
- Inversão: quando o cromossomo tem um pedaço invertido. Exemplo: Hemofilia do tipo A.
- Translocação: quando um cromossomo tem um pedaço proveniente de outro cromossomo. Exemplo: Leucemia Mieloide Crônica (LMC).

Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/exercicios-sobre-mutacao/>. Acesso em: 8 ago. 2025.



ATIVIDADES

8. Após a leitura do texto II, relate a diferença entre mutação gênica e mutação cromossômica.

9. Considerando o que foi lido no texto II, por que não existem mutações cromossômicas numéricas do tipo Euploidia na espécie humana?

10. Quando falamos em substituição, inserção ou deleção em genética, estamos nos referindo a um tipo de mutação:

- | | |
|-------------------|--------------|
| (A) Cromossômica. | (D) Externa. |
| (B) Estrutural. | (E) Gênica. |
| (C) Silenciosa. | |

11. Em uma sequência de DNA, ocorre a inserção de uma única base nitrogenada. Esse evento pode resultar em:

- (A) Perda completa do DNA.
- (B) Produção de uma proteína idêntica à original.
- (C) Formação de uma proteína maior e sempre funcional.
- (D) Alteração de apenas um aminoácido, sem impacto maior.
- (E) Alteração na pauta de leitura, mudando toda a sequência de aminoácidos.

12. As mutações gênicas têm papel fundamental na evolução biológica porque:

- (A) Eliminam a ação do ambiente sobre a seleção de fenótipos.

(B) Garantem que todos os descendentes sejam idênticos aos pais.

(C) Impedem a recombinação genética durante a reprodução sexuada.

(D) Sempre causam doenças, eliminando indivíduos menos adaptados.

(E) Produzem variações genéticas que podem ser selecionadas naturalmente.

13. Nas mutações cromossômicas do tipo estruturais, ocorrem modificações do tipo

- (A) duplicação, erro, translocação e reversão.
- (B) deleção, duplicação, inversão e repetição.
- (C) deleção, inversão, reversão e translocação.
- (D) deleção, duplicação, translocação e inversão.
- (E) duplicação, deleção, translocação e realocação dos genes.

14. Muitas alterações podem ocorrer na sequência dos pares de bases nitrogenadas de uma molécula de DNA, assim como mudanças na estrutura ou na quantidade de cromossomos de um indivíduo. Essas alterações são denominadas

- (A) deleções.
- (B) proteínas.
- (C) mutantes.
- (D) mutações.
- (E) seleção natural.

15. Quando há troca na sequência de bases nitrogenadas no gene que não altera a síntese final do aminoácido, denominamos mutação do tipo

- (A) inversão.
- (B) deleção.
- (C) inserção.
- (D) silenciosa.
- (E) translocação.

16. (Enem-2015) A cariotipagem é um método que analisa células de um indivíduo para determinar seu padrão cromossômico. Essa técnica consiste na montagem fotográfica, em sequência, dos pares de cromossomos e permite identificar um indivíduo normal (46, XX ou 46, XY) ou com alguma alteração cromossômica. A investigação do cariótipo de uma criança do sexo masculino com alterações morfológicas e comprometimento cognitivo verificou que ela apresentava fórmula cariotípica 47, XY, +18.

A alteração cromossômica da criança pode ser classificada como:

- (A) estrutural, do tipo deleção.
- (B) numérica, do tipo euploidia.
- (C) numérica, do tipo poliploidia.
- (D) estrutural, do tipo duplicação.
- (E) numérica, do tipo aneuploidia.

17. As mutações são alterações no material genético que podem gerar novas características nos organismos. Embora muitas mutações sejam neutras ou até prejudiciais, algumas podem ser vantajosas e se espalhar em uma população.

Esse processo é importante para a evolução porque:

- (A) Substitui a recombinação genética.
- (B) Reduz a variabilidade genética da população.
- (C) Elimina todas as características desfavoráveis.
- (D) Garante que apenas mutações benéficas ocorram.
- (E) Aumenta a variabilidade genética, favorecendo a seleção natural.

18. Aneuploidia ocorre quando há perda ou acréscimo de um ou mais cromossomos, devido a erros na distribuição dos cromossomos durante a mitose ou meiose. Este tipo de mutação é responsável por causar distúrbios e doenças em humanos, como a Síndrome de Klinefelter, de Down; de Turner; de Patau e Edwards.

De acordo com as características da aneuploidia, podemos dizer que se trata de uma alteração:

- (A) Numérica.
- (B) Estrutural.
- (C) Transversa.
- (D) Recombinante.
- (E) Capacidade reprodutiva da espécie.



Colaboração

Prof.º Dr. Diogo Nery Maciel
CEPI Gervasio Santana Dourado

Leia o texto.

Texto III

Já ouviu falar em polimorfismos? Você sabe a diferença entre mutação e polimorfismo?

Já vimos que uma mutação é uma alteração no DNA de um organismo. Imagine que o DNA é como um livro com instruções para a construção do corpo. Uma mutação seria um erro de digitação que ocorre durante a cópia do livro. Essa mutação pode ocorrer aleatoriamente ou pela ação de fatores externos, em nível de nucleotídeo, gene ou cromossomo. Em termos gerais, as mutações são consideradas raras e podem ser passadas para os descendentes.

E o polimorfismo?

O polimorfismo, por outro lado, refere-se à existência de múltiplas formas ou variantes de um determinado gene em uma população, sendo encontrado com uma frequência de ao menos 1% nessa população. Essas variantes são comuns e estão presentes em uma frequência relativamente alta. Portanto, o polimorfismo é como ter diferentes versões de uma mesma palavra em um livro. Ao contrário das mutações, o polimorfismo é considerado uma variação normal e não está necessariamente associado a doenças ou condições adversas.

O polimorfismo pode surgir devido a variações em um único nucleotídeo ou envolver rearranjos maiores de sequências genéticas. Essas variações podem afetar características fenotípicas, como cor dos olhos ou tipo sanguíneo, ou podem estar relacionadas a diferenças na resposta a medicamentos e suscetibilidade a certas doenças. Portanto, a principal diferença entre mutação e polimorfismo reside na frequência e nos efeitos.

Disponível em: <https://cursaeducacao.com.br/blog/diferenca-mutacao-e-polimorfismo/>, Acesso em 24 set 2025. (adaptado)

Importância do Polimorfismo Genético

A identificação e o estudo do polimorfismo genético são cruciais para a compreensão da variabilidade genética nas populações. Essa variabilidade é um dos principais motores da evolução, permitindo que as espécies se adaptem a diferentes ambientes e condições. Além disso, o polimorfismo genético é fundamental na medicina personalizada, pois pode ajudar a prever como um paciente responderá a um tratamento específico, e possibilita abordagens terapêuticas mais eficazes, como a terapia gênica, por exemplo.

O polimorfismo genético está intimamente relacionado ao risco de desenvolvimento de diversas doenças. Variações em genes específicos podem predispor indivíduos a condições como diabetes, hipertensão, câncer e doenças autoimunes. Estudos de associação genômica têm sido utilizados para identificar esses polimorfismos, permitindo a detecção precoce e intervenções preventivas em populações em risco.

Disponível em: <https://cursaeducacao.com.br/blog/diferenca-mutacao-e-polimorfismo/>, Acesso em 24 set 2025. (adaptado)



ATIVIDADES

19. De acordo com o texto, como podemos definir polimorfismo genético e qual a sua principal diferença em relação à mutação?

20. Qual a importância dos polimorfismos genéticos para a evolução e adaptação das espécies?

21. Segundo o texto, de que forma o estudo dos polimorfismos genéticos contribui para a medicina personalizada?

22. O estudo dos polimorfismos genéticos é importante para a medicina porque:

- (A) Permite manipular diretamente o DNA dos pacientes.
- (B) Garante que nenhuma doença genética se desenvolva.
- (C) Ajuda a prever a resposta individual a medicamentos.
- (D) Elimina a necessidade de exames laboratoriais imprecisos.
- (E) Substitui com eficácia a análise e interpretação de mutações raras.

23. Em estudos populacionais de farmacogenômica, foi observado que uma variante de gene presente em cerca de 12% da população confere melhor resposta a determinado medicamento.

Tal variante não parece provocar efeito deletério em indivíduos que a possuem.

A respeito dessa variante genética, assinale a alternativa correta:

- (A) Só pode ocorrer em células somáticas, não sendo transmitida hereditariamente.
- (B) Trata-se de uma mutação rara, pois causa efeito fenotípico preciso no indivíduo que a possui.
- (C) É uma mutação silenciosa, já que não altera o fenótipo de qualquer modo, tendo um padrão típico de manifestação.
- (D) É um tipo de mutação cromossômica, pois envolve alteração estrutural ou alterações numéricas em muitos genes nos cromossomos.
- (E) Essa variante deve ser classificada como polimorfismo, por existir em alta frequência e não causar doença necessariamente.

Leia o texto.

Texto IV

Mutações provocadas por radiação: como ocorrem?



As mutações que são causadas por radiação podem ser de maneira direta ou indireta. Quando de maneira direta, a radiação age sobre uma biomolécula muito importante (DNA), provocando mudanças no material genético. Já quando acontece de maneira indireta, a radiação faz com que as moléculas de água se quebrem e liberem como produto da reação peróxido de hidrogênio (também conhecido como “água oxigenada”) que é altamente tóxico e provoca mudanças na célula.

A radiação pode passar pelo organismo sem provocar nenhuma alteração, pode danificar a célula que o organismo, prontamente, repara, pode matar a célula ou fazer com que ela se torne incapaz de se reproduzir e pode danificar o núcleo da célula, mudando sua constituição e podendo se desenvolver em algo maligno.

Os efeitos da radiação podem ser hereditários, isto é, ser passado aos descendentes tanto como forma de suscetibilidade a determinadas doenças crônicas ou como anomalias e monstruosidades à fetos que podem, em alguns casos, não sobreviver. Eles também podem ser somáticos, isto é, afetar a pessoa irradiada.

Disponível em: <https://encurtador.com.br/iwP09>, Acesso em 05 set 2025.



ATIVIDADES

24. De acordo com o texto III, o que pode provocar as mutações?

25. Segundo o texto III, as radiações podem ser de maneira direta e indireta. Explique.

26. Considerando as informações presentes no texto III os efeitos da radiação podem ser transmitidos aos descendentes. Reescreva o trecho que afirma sobre essa hereditariedade.

27. Após a leitura do texto III, qual a relação que podemos fazer entre a radiação e os tumores malignos?

28. A heterocromia de íris é uma condição em que um indivíduo apresenta duas íris com cores diferentes ou ainda apenas uma parte da íris de cor diferente. Essa característica não é passada aos descendentes, sendo restrita ao indivíduo que a porta. Essa característica é, portanto, um caso de mutação:

- (A) aleatória.
- (B) somática.
- (C) deletéria.
- (D) gamética.
- (E) germinativa.

29. A radiação ultravioleta (UV), proveniente do Sol, pode causar danos ao DNA das células da pele, aumentando o risco de câncer de pele.

Qual medida preventiva é mais eficaz para reduzir esses riscos?

- (A) Evitar atividades físicas ao ar livre.
- (B) Consumir mais alimentos ricos em ferro.
- (C) Aumentar a ingestão de água diariamente.
- (D) Tomar suplementos vitamínicos todos os dias.
- (E) Utilizar protetor solar e evitar exposição solar excessiva.

30. A radiação pode ter efeitos benéficos e nocivos. Um exemplo de benefício é o uso da radioterapia no tratamento do câncer, pois destrói células tumorais.

Por que essa técnica deve ser aplicada com cautela?

- (A) Porque reduz a oxigenação do sangue.
- (B) Porque impede a absorção de nutrientes essenciais.
- (C) Porque a radiação também pode afetar células saudáveis.
- (D) Porque aumenta a taxa metabólica das células doentes.
- (E) Porque substitui totalmente os medicamentos quimioterápicos.

31. Trabalhadores que atuam em locais com emissão de radiação (como usinas nucleares) utilizam dosímetros, aparelhos que medem a quantidade de radiação recebida. Qual é a função principal desse equipamento?

- (A) Neutralizar a radiação no organismo.
- (B) Substituir o uso de equipamentos de proteção.
- (C) Aumentar a resistência física dos trabalhadores.
- (D) Reduzir a quantidade de radiação no ambiente.
- (E) Monitorar a dose de radiação recebida pelo trabalhador.

Leia o texto.

Texto V

Doenças genéticas

As doenças genéticas são aquelas que envolvem alterações no material genético, ou seja, no DNA. Algumas delas podem possuir o caráter hereditário, repassadas de pais para filhos. Entretanto, nem toda doença genética é hereditária. Um exemplo é o câncer, ele é causado por alterações no material genético, mas não é transmitido aos descendentes.

Existem três tipos de doenças genéticas:

- **Monogenéticas ou mendelianas:** Quando apenas um gene é modificado.
- **Multifatorial ou poligênicas:** Quando mais de um gene é atingido e ocorre ainda interferência dos fatores ambientais.
- **Cromossômicas:** Quando os cromossomos sofrem modificações em sua estrutura e número.

Por exemplo, sabemos que a espécie humana possui 23 pares de cromossomos, caso apresente a falta ou excesso de um deles surge uma doença genética.

Quais as doenças genéticas mais comuns?

As principais doenças genéticas em humanos são:

• Síndrome de Down

A síndrome de Down é uma alteração genética causada pela presença de um cromossomo extra no par 21. Os portadores da síndrome apresentam fraqueza muscular, orelhas mais baixas que o normal, leve retardo mental e baixa estatura.

• Anemia falciforme

A anemia falciforme é uma alteração genética e com caráter hereditário, na qual as hemácias perdem o seu formato normal e adquirem a forma de foice. Essa condição dificulta a passagem das hemácias pelos vasos sanguíneos e compromete a oxigenação dos tecidos.

• Diabetes

A diabetes é uma doença que compromete a produção do hormônio insulina, responsável por controlar o nível de glicose no sangue. No Brasil, aproximadamente 7% da população possui diabetes.

• Câncer

Alguns tipos de câncer são causados por fatores genéticos. O termo representa um conjunto de doenças que se caracterizam pelo crescimento celular desordenado e que pode se espalhar pelo corpo.

• Daltonismo

O daltonismo é uma herança ligada ao sexo, especificamente ao cromossomo X. Ele caracteriza-se pela incapacidade de distinguir cores, como o vermelho e o verde.

• Doenças genéticas raras

Algumas doenças genéticas são extremamente raras, ou seja, apresentam baixa incidência na população. Conheça algumas das mais conhecidas:

• Distrofia muscular de Duchene

A distrofia muscular de Duchene possui caráter recessivo e ligado ao cromossomo X. Ela caracteriza-se pela ausência da proteína distrofina, o que leva ao enfraquecimento dos músculos.

• Fibrose cística

A fibrose cística é uma herança autossômica recessiva que se caracteriza pela produção de secreções que se acumulam nos pulmões e pâncreas.

• Síndrome de Patau

A síndrome de Patau ou trissomia do 13 é causada pela presença de um cromossomo a mais no par de número 13.

A doença pode causar uma série de alterações físicas e fisiológicas.

• Síndrome de Turner

A síndrome de Turner é uma doença genética caracterizada pela presença de apenas um cromossomo sexual X, o que dá origem ao seguinte cariótipo 45, X. Por isso, afeta apenas indivíduos de sexo feminino.

A doença acomete 1 a cada 3.000 nascimentos de mulheres. Além disso, a taxa de aborto pode chegar a até 97%.

• Albinismo

O albinismo é uma doença de caráter autossômico recessivo. Ele compromete a produção da melanina, o pigmento responsável pela coloração da pele, olhos e pelos. Por isso, as pessoas afetadas apresentam a pele bastante branca, além de cabelos e olhos claros.

• Fenilcetonúria

A fenilcetonúria é uma herança autossômica recessiva. A doença impede a metabolização do aminoácido fenilalanina, o qual acumula-se no sangue e pode comprometer algumas funções do organismo, principalmente no cérebro.

• Progeria

A progeria manifesta-se na infância e caracteriza-se por ser um envelhecimento acelerado, o qual pode ser até 7 vezes mais rápido do que o natural. Estima-se que atinja 1 a cada 8 milhões de nascidos. É comum que as pessoas com a doença vivam até os 15 anos.

• Hipertricrose

A hipertricrose é uma condição bastante rara, caracterizada pelo crescimento excessivo dos pelos, os quais cobrem praticamente todo o corpo. Estima-se que a hipertricrose acometa 1 a cada 1 bilhão de nascidos.

Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/doencas-geneticas/>. Acesso em 20 ago.2025.



ATIVIDADES

32. Após a leitura do texto IV, relate sobre a causa da anemia falciforme.

33. Quais são as condições genéticas para ser portador da anemia falciforme?

34. A anemia falciforme é um problema dos glóbulos vermelhos que persiste por toda a vida. É uma doença genética com a qual a pessoa já nasce, fazendo com que alguns dos glóbulos vermelhos adquiram um formato incomum. Para ser portador dessa doença, é necessário que o gene alterado seja transmitido pelo pai e pela mãe. Com base nessas informações, qual é a probabilidade de uma mãe saudável, sem os traços para a doença, e um pai com anemia falciforme, terem um filho com traço falciforme?

- (A) zero.
- (B) 25%.
- (C) 50%.
- (D) 35%.
- (E) 100%.

35. Quais são as consequências da mudança de formato das hemácias para o organismo, conforme mencionado no texto?

36. A anemia falciforme é mais comum em populações originárias da África, onde a mutação que causa a doença se manteve ao longo do tempo. Isso está associado ao fato de que os heterozigotos (portadores do gene, mas sem a forma grave da doença) apresentam resistência parcial à malária.

O texto ilustra um exemplo de qual fenômeno evolutivo?

- (A) Fluxo gênico.
- (B) Seleção natural.
- (C) Deriva genética.
- (E) Seleção artificial.
- (D) Mutação induzida.

37. Pacientes com anemia falciforme podem apresentar crises de dor intensa, cansaço e maior risco de infecções, devido à destruição precoce das hemácias.

O que explica esses sintomas?

- (A) O formato de foice melhora a circulação sanguínea.
- (B) A doença aumenta a produção de hemoglobina normal.

(C) A mutação promove aumento da produção de leucócitos.

(D) O excesso de ferro nas hemácias falciformes causa intoxicação celular.

(E) As hemácias deformadas têm menor tempo de vida e se acumulam nos vasos.

Leia o texto.

Texto VI

Síndrome de Down

A síndrome de Down é uma condição genética geralmente causada por uma cópia extra do cromossomo 21, que faz com que a criança nasça com algumas características específicas, como implantação mais baixa das orelhas, olhos puxados para cima e língua grande. Esta síndrome, conhecida também como trissomia 21, na maioria das vezes surge de uma divisão celular incorreta dos cromossomos durante o desenvolvimento do embrião, fazendo com que a criança tenha 47 cromossomos, em vez de 46. Como a síndrome de Down é o resultado de uma alteração genética, não existe nenhum tratamento específico. Porém, alguns tratamentos como a fisioterapia, a estimulação psicomotora e a fonoaudiologia são importantes para estimular e auxiliar no desenvolvimento da criança.

Disponível em: <https://www.tuasaude.com/sindrome-de-down/>. Acesso em 24 ago.2025.

SUGESTÃO DE PESQUISA - Acesse o QRCode



7 CURIOSIDADES A RESPEITO DAS PESSOAS COM SÍNDROME DE DOWN

- 1 - Síndrome de Down não é considerado doença.
- 2 - Pessoas com síndrome de Down possuem dificuldade intelectual.
- 3 - Habilidades de linguagem limitadas.
- 4 - Dificuldades no processo auditivo.
- 5 - Tempo de aprendizado demorado.
- 6 - Pessoas com síndrome de Down não são todos iguais.
- 7 - Não as trate como incapazes e coitadinhas.



Disponível em: <https://salzclinica.com.br/pessoas-com-sindrome-de-down/>. Acesso em: 30 ago.2025.



ATIVIDADES

38. Segundo o texto V, quais são as causas da Síndrome de Down?

39. Considerando as informações do texto, existe algum tratamento para a síndrome de Down?

40. A Síndrome de Down é uma condição genética causada pela presença de um cromossomo extra no par 21, fenômeno chamado trissomia do 21.

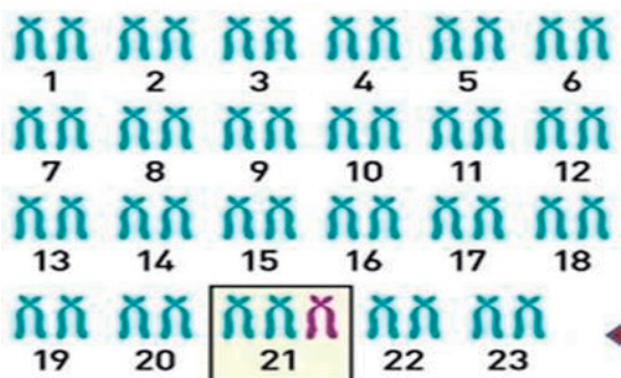
Qual alteração cromossômica caracteriza a Síndrome de Down?

- (A) Perda de um cromossomo do par 21.
- (B) Inversão de genes no cromossomo 21.
- (C) Duplicação do cromossomo sexual X.
- (D) Presença de três cromossomos no par 21.
- (E) Alteração no número de cromossomos sexuais.

41. A Síndrome de Down é um caso de alteração cromossômica bastante conhecido. Essa alteração é causada por uma cópia extra do cromossomo 21. Assim sendo, trata-se de uma mutação do tipo:

- (A) Diploidia.
- (B) Triploidia.
- (C) Trissomia.
- (D) Monoploidia.
- (E) Monossomia.

42. Observe o cariótipo abaixo.



Ele representa uma aneuploidia conhecida como:

- (A) Síndrome de Down.
- (B) Síndrome de Patau.
- (C) Síndrome de Turner.
- (D) Síndrome de Edwards.
- (E) Síndrome de Klinefelter.

43. As mutações cromossômicas são aquelas que envolvem alterações no material genético. As Síndromes de Down, Turner, Patau, Edwards e Klinefelter são exemplos de mutações cromossômicas de qual tipo?

- (A) Gênica.
- (B) Plastidiais.
- (C) Haploidias.
- (D) Euploidias.
- (E) Aneuploidias.

44. (FCM-PB) As anomalias cromossômicas são bastante frequentes na população humana. Cada espécie apresenta um cariótipo típico, isto é, um conjunto de cromossomos caracterizado e identificado em número, forma e tamanho. Alterações no material genético, quantitativas ou qualitativas, podem ocorrer durante os processos de preparação para duplicação. Mesmo durante as divisões mitóticas ou meióticas acontecem irregularidades (aberrações) na divisão celular ou ocorrem ação de agentes externos como as radiações que podem cortar cromossomos. Como os cromossomos são os depositários dos genes, qualquer alteração numérica ou estrutural é capaz de modificar a expressão gênica, originando organismos anormais ou inviáveis.

Qual das seguintes síndromes humanas apresenta uma monossomia?

- (A) Síndrome de Klinefelter.
- (B) Síndrome de Edwards.
- (C) Síndrome de Turner.
- (D) Síndrome de Patau.
- (E) Síndrome de Down.

45. (Enem- 2016) Em um hospital, acidentalmente, uma funcionária ficou exposta a alta quantidade de radiação liberada por um aparelho de raios X em funcionamento. Posteriormente, ela engravidou e seu filho nasceu com grave anemia. Foi verificado que a criança apresentava a doença devido à exposição anterior da mãe à radiação.

O que justifica, nesse caso, o aparecimento da anemia na criança?

- (A) A célula-ovo sofreu uma alteração genética.
- (B) As células somáticas da mãe sofreram uma mutação.
- (C) A célula gamética materna que foi fecundada sofreu uma mutação.
- (D) As hemácias da mãe que foram transmitidas à criança não eram normais.
- (E) As células hematopoiéticas sofreram alteração do número de cromossomos.

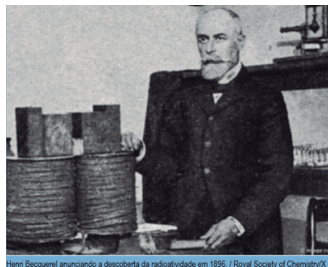
QUÍMICA

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.



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 [uranita], 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.



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

1. Qual a finalidade do texto I?
2. Considerando as informações do texto, quais são os três primeiros elementos químicos envolvidos na descoberta da radiação?
3. Qual é a importância da radiação na medicina moderna?
4. Como Becquerel percebeu que a radiação não dependia da luz solar?
5. Quais substâncias Marie Curie descobriu e como ela nomeou o fenômeno que observou?
6. 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 célio ou célio-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 célio-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

- Qual foi a consequência do incêndio em Windscale, em 1957?
- O que aconteceu com o submarino soviético K-19 em 1961?
- Qual foi a causa do acidente nuclear de Fukushima?
- 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.

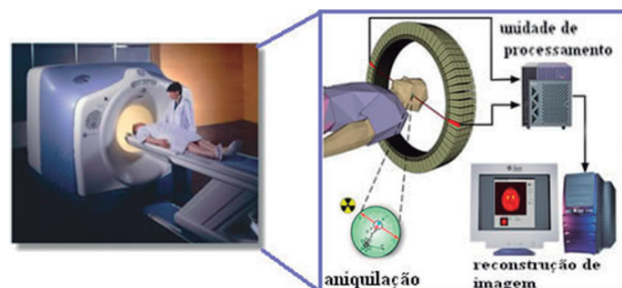
A Química nuclear está intimamente relacionada com a radioatividade, o fenômeno no qual o núcleo instável de um átomo emite partículas e ondas com o intuito de atingir a estabilidade. Quando o núcleo emite essas partículas (alfa e beta) e ondas (radiação gama), sempre acaba se transformando em um novo 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 as 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 químico

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 ^{24}Na ou o ^{131}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 ^{32}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 cézio-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.

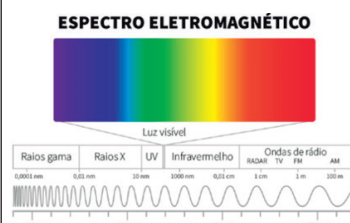
Leia o texto.

Texto IV

Radiações que atingem o planeta Terra

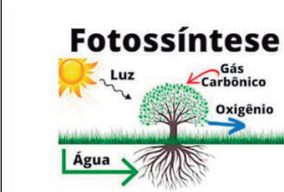
O Sol é a principal fonte de radiação que chega ao nosso planeta. Essa radiação viaja pelo espaço e atinge a atmosfera terrestre, onde parte é absorvida, parte refletida e parte chega até a superfície. Diferentes tipos de radiação possuem efeitos distintos sobre os seres vivos, podendo ser benéficos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

1- Radiação Infravermelha



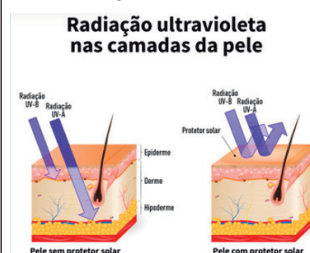
A radiação infravermelha é percebida principalmente com o calor. Ela desempenha papel fundamental no aquecimento da Terra e na manutenção do clima. No entanto, o excesso dessa radiação, associado ao acúmulo de gases de efeito estufa, pode intensificar o aquecimento global e alterar ecossistemas.

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

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. 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 (α), beta (β) e gama (γ).

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:

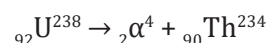
1- Emissão alfa (α):

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: ${}^4_2\alpha$.

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 transforma em tório-234:



As emissões α são as que possuem menor poder de penetração e, que conseqüentemente, 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 (β):

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.

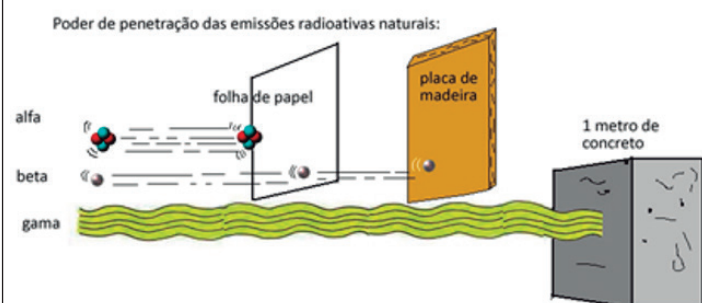
As partículas beta são, na realidade, semelhantes a elétrons, com massa desprezível e são representadas por ${}_{-1}^0\beta$ ou ${}_{-1}^0e$. Seu poder de penetração é maior que o da emissão alfa, sendo médio. Essas partículas podem ser detidas por uma chapa de chumbo de 2 mm ou de alumínio de 1 cm, podem penetrar até 2 cm na pele e causar sérios danos.

3- Emissão gama (γ):

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 ${}^0_0\gamma$.

Ela é a emissão que possui 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 (α) 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 (β) 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 (${}_{-1}^0\beta$) 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:

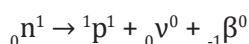
- Césio (Cs): apresenta 55 prótons em seu núcleo.
- Tecnécio (Tc): apresenta 43 prótons em seu núcleo.
- Promécio (Pm): apresenta 61 prótons em seu núcleo.

2- Tipos de radiações

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

- Alfa (${}_2^4\alpha$): radiação composta por 2 prótons e 2 nêutrons. Apresenta número atômico igual a 2 e número de massa igual a 4;
- Beta (${}_{-1}^0\beta$): 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 (ν) e um elétron (β). Essa explicação, denominada de hipótese de Fermi, foi dada pelo físico italiano Enrico Fermi e é demonstrada pela equação abaixo:



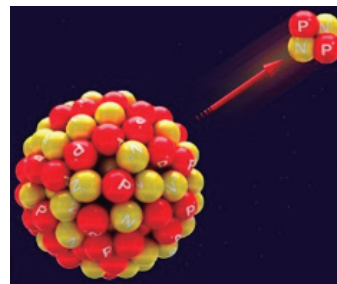
Gama (${}_0^0\gamma$): radiação que é uma onda eletromagnética. Apresenta número atômico igual a 0 e número de massa igual a 0.

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) 1ª Lei da Radioatividade



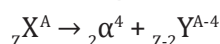
Representação da emissão de uma radiação alfa

A 1ª 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:

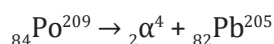
- Diminuição de 2 prótons e 2 nêutrons no núcleo do átomo.
- Diminuição do número de massa em 4 unidades.
- Diminuição do número atômico em 2 unidades.

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:

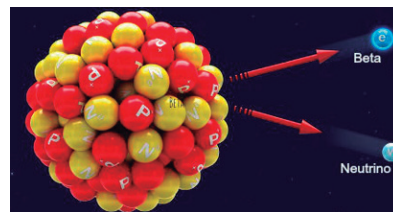


Agora acompanhe um exemplo de um átomo emissor de radiação alfa:



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) 2ª Lei de Radioatividade



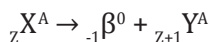
Representação da emissão de uma radiação beta

A 2ª 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:

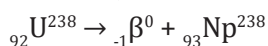
- Aumento de 1 próton no núcleo do átomo.
- Manutenção do número de massa.
- Aumento do número atômico em 1 unidade.

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:

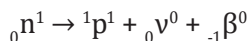


Agora acompanhe um exemplo de um átomo emissor de radiação beta:



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:



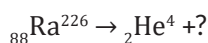
Assim sendo, podemos concluir que a massa do nêutron era 1 e não sofreu alteração, pois o próton que ficou no núcleo também tinha número de massa 1. Já o número atômico aumentou uma unidade porque o próton formado permaneceu no núcleo, alterando, consequentemente, o número atômico.

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

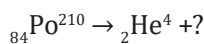


ATIVIDADES

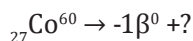
46. Complete e identifique o novo elemento formado na seguinte equação nuclear:



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 ($-\beta$). Escreva a equação nuclear e indique o novo elemento formado.



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

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

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

- (A) ${}_6^{14}\text{C} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^0 + {}_5^{14}\text{B}$
- (B) ${}_6^{14}\text{C} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^0 + {}_7^{14}\text{N}$
- (C) ${}_6^{14}\text{C} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^0 + {}_8^{14}\text{O}$
- (D) ${}_6^{14}\text{C} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^0 + {}_6^{13}\text{C}$
- (E) ${}_6^{14}\text{C} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^0 + {}_5^{13}\text{B}$

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

- (A) ${}_{84}^{206}\text{Po}$
- (B) ${}_{82}^{206}\text{Pb}$
- (C) ${}_{83}^{210}\text{Bi}$
- (D) ${}_{86}^{210}\text{Rn}$
- (E) ${}_{81}^{206}\text{Tl}$

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

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

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 (α), beta (β), nêutrons e radiação gama (γ).

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 ($\bullet\text{OH}$).

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://brasilecola.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

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



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.

- (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

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, nº 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}I , responsável por enfermidades nas pessoas que foram expostas a ele. O decaimento de uma massa de 12 microgramas do isótopo ^{131}I foi monitorado por 14 dias, conforme o quadro.

Tempo (dia)	Massa residual de ^{131}I (μg)
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 μg .
(B) 1,5 μg .
(C) 0,8 μg .
(D) 0,4 μg .
(E) 0,2 μg .

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 microscópico? Como a matéria se comporta? E no universo macroscópico, 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-



cionaram o mundo do micro e do macro respectivamente, mudando o modo de enxergar, vivenciar e interpretar o mundo em que vivemos. Vamos aos estudos!

Disponível em: <https://www.facebook.com/socientifica>. Acesso em: 12 set. 2025.

Imagem disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Confer%C3%Aancia_de_Solvay. Acesso em: 10 set. 2025.

Introdução à Física Moderna

Leia o texto.

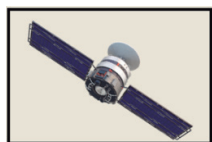
Texto I

Iniciando uma boa conversa.

LCH - Large Hadron Collider ou Grande Colisor de Hádrons



Disponível em: <https://www.freepik.com/free-photos-vectors/lhc/2>. Acesso em: 18 set. 2025.



O LHC é o maior e mais potente acelerador de partículas do mundo. Ele consegue acelerar prótons a velocidades altíssimas (99,9999991% c) que se aproximam da velocidade da luz no vácuo, ou seja, $300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Para se ter uma ideia, essa velocidade indica que algo, no caso a luz, percorre 300 mil quilômetros em apenas 1 segundo. A invenção mais rápida criada pelo ser humano é a sonda **Parker Solar Probe**, capaz de superar a velocidade de 600 mil quilômetros por hora, ou seja, a velocidade da luz no vácuo é 1800 vezes mais veloz do que a sonda **Parker Solar Probe**.

Qual é o propósito de saber isso? O que se busca com essa informação? Eis duas boas perguntas a ti, estudante.

Uma resposta relevante é considerar que o ser humano vive uma incessante busca por conhecimento e respostas sobre como se deu a origem do Universo, suas forças e partículas. Com essas informações, tem-se por objetivo descobrir o **Bóson de Higgs**, investigar a matéria escura, explorar novas forças e partículas, estudar a antimatéria, além de testar teorias de Física avançadas.

Galáxia espiral cósmica



<https://olhardigital.com.br/2025/01/08/ciencia-e-espaco/galaxia-ancestral-pode-mudar-tudo-o-que-sabemos-sobre-a-formacao-do-universo/>

Procure ampliar seus conhecimentos sobre como funciona o LHC e seus principais objetivos como, por exemplo, o que é antimatéria, o que é matéria escura, etc.

Saber sobre o LHC é o momento de se perceber a importância da **Física Moderna**, pois muito de suas descobertas envolvem situações que a Física Clássica não consegue explicar. A curiosidade intensa sobre o Universo exige uma revolução na maneira de estudar e aprofundar os conhecimentos sobre ele. Algumas indagações que surgiram no início do século XX:

- Por que as teorias eletromagnéticas não conseguiam explicar o efeito fotoelétrico?
- Foi observado uma discrepância entre a teoria e a experiência da radiação do corpo negro. Como explicar isso?
- Quanto ao éter: ele existe ou não existe?
- Existem leis da física clássica que falam da radioatividade de certos elementos e a existência do raio X?

E tantas outras dúvidas foram surgindo para descrever fenômenos que a **Física Clássica** encontrava dificuldades em esclarecer. É sabido que a Física Clássica, de Newton, tem uma validade excepcional para descrever o movimento dos planetas com sua Lei da Gravitação Universal e seus três princípios (Inércia, fundamental da dinâmica e Ação e Reação), e até mesmo situações da vida cotidiana, como corpos em movimento, queda livre, colisões etc. Porém, no mundo dos átomos, partículas subatômicas e em movimentos de altíssima velocidade (como as partículas aceleradas no LHC, por exemplo), ela encontra uma enorme dificuldade ao tentar explicá-los.

Então, surge a Física Moderna, que tem por base duas principais teorias:

- **A Teoria da Relatividade**, de Albert Einstein, que redefine o conceito de espaço e o tempo, mostrando que eles não são absolutos e que a massa e a energia são interligadas.
- **A Mecânica Quântica**, de Max Planck que descreve o comportamento da matéria e da energia em nível atômico e subatômico, revelando que a energia existe em "pacotes" discretos, chamados **quanta**.

Juntas, essas teorias abriram caminho para a criação de tecnologias incríveis, como lasers, transistores, GPS e ressonância magnética, e nos levaram a uma compreensão mais profunda sobre a origem do universo e a natureza da realidade.

A Física Moderna nos mostra um universo muito mais estranho e fascinante do que a Física Clássica jamais imaginou.

Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-um-acelerador-particulas.htm>. Acesso em: 15 set. 2025 (adaptado)

Equipe Nuredi. Setembro 2025.



ATIVIDADES

Introdução à Física Moderna:

1. Estudante, o objetivo dessa atividade é que você estude sobre a vida e obra dos gigantes da ciência que desbravaram o Universo infinito do conhecimento. Então, pesquise sobre a vida e obra de:

- Albert Einstein.
- César Lattes.
- Ernest Rutherford.
- Marie Curie.
- Niels Bohr.
- Max Planck.

2. No texto, quais foram as indagações que surgiram no início do século XX e que a física clássica não conseguia explicar? Cite outras caso existam.

3. Quais são as duas teorias consideradas principais para o fundamento da Física Moderna?

Introdução à Relatividade

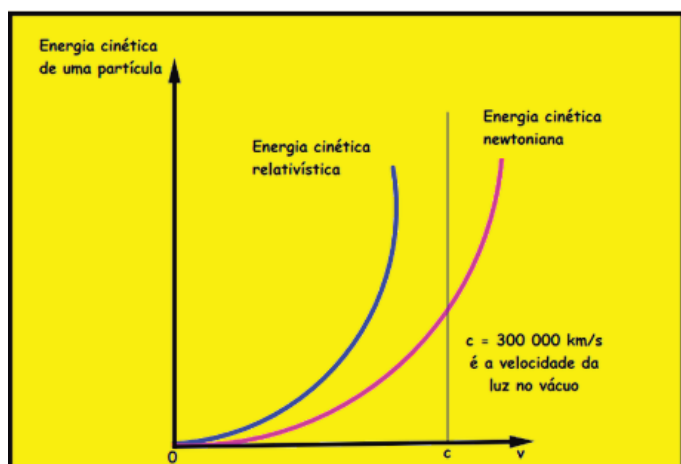
Leia o texto.

Texto II

Um pouco sobre a relatividade.

Grandezas físicas, tratadas na Física Clássica como absolutas, ou seja, totalmente independentes do referencial em que são medidas, ganham um caráter relativo quando se entra nos domínios das altas velocidades (que são as velocidades comparáveis à da luz no vácuo, cujo valor é $c = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$). Em nosso cotidiano, vivemos com velocidades muito menores que a da luz, por isso, que esse mundo relativístico nos causa muita estranheza, mesmo que nele alguns limites sejam impostos.

Observe o gráfico a seguir:



Observando o referido gráfico da energia cinética de uma partícula em função de sua velocidade v , pode-se dizer que:

- Para uma partícula, quando sua velocidade se aproxima da velocidade da luz no vácuo c , sua energia cinética relativística tende ao infinito.
- Na relatividade, o trabalho realizado por qualquer sistema para fornecer a uma partícula a velocidade c , tende ao infinito.
- A impossibilidade da existência de um trabalho infinito nos leva a concluir que v sempre será menor que c para partículas materiais.
- A Física Clássica ou Newtoniana não estabelece limites para a velocidade de uma partícula material.

Daí, tem-se que A Teoria da Relatividade Especial, proposta por Albert Einstein, se baseia em dois postulados:

1º postulado ou Princípio da Relatividade.

"As leis da Física são as mesmas em todos os sistemas de referência inerciais."

2º postulado ou Princípio da Constância da Velocidade da luz.

"A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor c para todos os sistemas de referência inerciais."

Equipe Nuredi 2025.



ATIVIDADES

Introdução à Relatividade:

4. Em 2005, comemorou-se o centenário da. Entre outras consequências, a teoria da relatividade de Albert Einstein pôs fim à ideia do éter, meio material necessário, semelhante ao som, através do qual a luz se propagava. O jargão popular "tudo é relativo" certamente não se deve a ele, pois seus postulados estão fundamentados em algo absoluto: a velocidade da luz no vácuo – 300.000 km/s.

Sobre esse tema, marque V ou F para as afirmações a seguir.

() Para uma partícula, quando sua velocidade se aproxima da velocidade da luz no vácuo c , sua energia cinética relativística tende ao infinito.

- () Na relatividade, o trabalho realizado por qualquer sistema para fornecer a uma partícula a velocidade c , tende ao infinito.
- () A Física Clássica ou Newtoniana não estabelece limites para a velocidade de uma partícula material.
- () A impossibilidade da existência de um trabalho infinito nos leva a concluir que v sempre será maior que c para partículas materiais.

5. Existem dois postulados que fundamentam a teoria da relatividade, quais são eles?

6. De acordo com a teoria da relatividade, quais são as principais consequências da teoria da relatividade restrita?

- I. Princípio da simultaneidade.
- II. Curvatura do tecido espaço-tempo.
- III. Contração do comprimento.
- IV. Dilatação do tempo.
- V. Comprovação da existência do éter.

As alternativas que correspondem ao enunciado são:

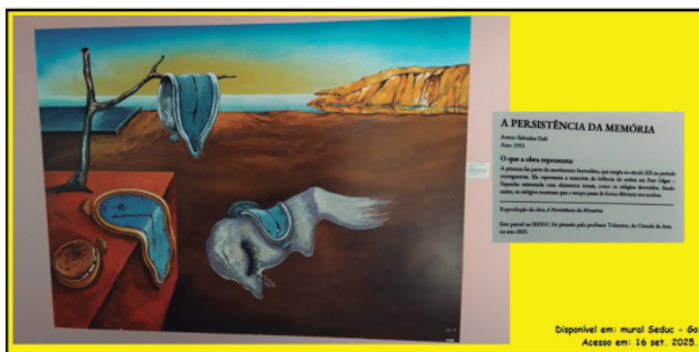
- (A) I, II e III.
- (B) I, III e IV.
- (C) II, III e IV.
- (D) I, II, III e IV.
- (E) I, II e V.

Dilatação do tempo

Leia o texto.

Texto III

Dilatação do Tempo



Segundo Einstein, criador da Teoria da Relatividade Restrita, o tempo é relativo e está vinculado à velocidade, ou seja, há uma diferença na medida do tempo por dois relógios idênticos e perfeitamente sincronizados que surge quando um desses relógios está se movendo em uma velocidade comparável à velocidade da luz ou ainda quando está sujeito a um campo gravitacional diferente do que se encontra o outro relógio.

A equação que representa essa condição da relatividade do tempo é

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Onde,

Δt_0 , é o intervalo de tempo próprio, medido por um único relógio em repouso, em segundos (s).

Δt , é o intervalo de tempo medido num outro sistema de referência (tempo dilatado), em segundos (s).

c , é a velocidade de propagação da luz no vácuo de valor aproximado $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

Importante lembrar que “A velocidade da luz no vácuo é a mesma em qualquer referencial, independente do movimento da fonte ou do sistema de referência do observador.”

v , é a velocidade medida pelo móvel em movimento, medida em metro por segundo ($\frac{m}{s}$).

“Todas as unidades de medidas precisam ser as mesmas: metro combina com metro, segundo combina com segundo por exemplo.”

Para desconstruir um pouco:



Uma curiosidade que atravessa todos os obstáculos do Túnel do Tempo.



Einstein esteve no Brasil pouco mais de uma semana em 1925.

Einstein visitou o Instituto Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro.

Ele posou para este retrato com vários cientistas, entre eles o diretor da organização, o médico Carlos Chagas (ao centro).

Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2025-05/ha-100-anos-albert-einstein-chegava-ao-brasil-em-visita-cientifica>. Acesso em: 16 set. 2025 (adaptado).

Equipe Nuredi 2025.



ATIVIDADES

Dilatação do tempo:

7. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto, a seguir, na ordem em que aparecem.

De acordo com a relatividade restrita, é _____ atravessarmos o diâmetro da Via Láctea, uma distância de aproximadamente 100 anos-luz (equivalente a 10^{18} m), em um intervalo de tempo bem menor que 100 anos. Isso pode ser explicado pelo fenômeno de _____ do comprimento, como visto pelo viajante, ou ainda pelo fenômeno de _____ temporal, como observado por quem está em repouso em relação à galáxia.

- (A) impossível – contração – dilatação
- (B) possível – dilatação – contração
- (C) possível – contração – dilatação
- (D) impossível – dilatação – contração
- (E) impossível – contração – contração

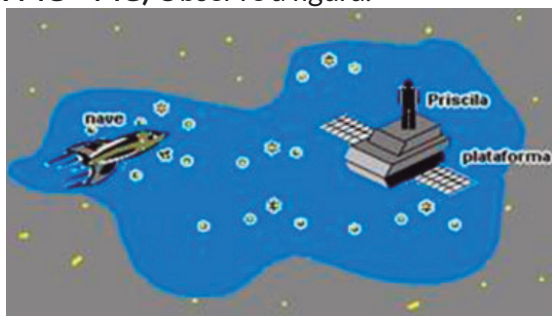
8. Há 100 anos foi realizado um experimento na cidade de Sobral, no estado do Ceará, que contribuiu para a comprovação da teoria da relatividade de Einstein. Nesse sentido, uma das mais notáveis consequências da comprovação dessa teoria está

- (A) na dilatação do tempo.
- (B) no eclipse total do Sol.
- (C) no alargamento do espaço.
- (D) na transformação de Galileu.
- (E) no deslocamento para o azul de uma galáxia.

9. (UFPE – PE) Um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial a uma velocidade constante $v = 0,8c$, onde c é a velocidade da luz no vácuo. No referencial da espaçonave, o tempo transcorrido entre o lançamento e a chegada na estação espacial foi de 12 meses. Qual o tempo transcorrido no referencial da Terra, em meses?

- (A) 5
- (B) 10
- (C) 20
- (D) 100
- (E) 200

10. (UFMG – MG) Observe a figura:



Paulo Sérgio, viajando em sua nave, aproxima-se de uma plataforma espacial, com velocidade de $0,7c$, em que c é a velocidade da luz.

Para se comunicar com Paulo Sérgio, Priscila, que está na plataforma, envia um pulso luminoso em direção à nave. Com base nessas informações, é correto afirmar que a velocidade do pulso medida por Paulo Sérgio é de:

- (A) $0,7c$.
- (B) $1,0c$.
- (C) $0,3c$.
- (D) $1,7c$.
- (E) $2,0c$.

11. (UFG – GO) Segundo a Teoria da Relatividade Restrita de Albert Einstein, o tempo transcorre de maneira diferente para observadores com velocidades diferentes. Isso significa que, para um observador em um referencial fixo, transcorre um intervalo de tempo Δt entre dois eventos, enquanto, para um observador em um referencial que viaja com uma velocidade constante v , em relação ao referencial anterior, o intervalo de tempo entre os mesmos eventos será Δt_0 . Os dois intervalos de tempo estão relacionados por:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

que representa uma dilatação temporal. Nesta expressão, c é a velocidade da luz no vácuo. Com essa teoria surge o paradoxo dos gêmeos: para o piloto de uma espaçonave que realizou uma viagem espacial, com uma velocidade constante de $0,8c$, transcorreram-se 18 anos até o seu retorno à Terra. Para o gêmeo que ficou na Terra, calcule quanto tempo durou a viagem do seu irmão, o piloto.

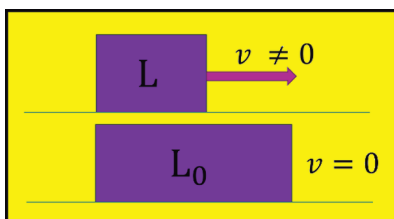
Leia o texto.

Texto IV

Contração do Espaço

Contração do comprimento (em razão do princípio da simultaneidade): o comprimento (ou distância) é tratado como relativístico, de tal forma que corpos que se deslocam em velocidades próximas à da luz observarão um encurtamento do comprimento em relação a um observador externo a eles. Assim, temos a contração do comprimento.

A contração do espaço é um resultado complementar à dilatação do tempo, considerando que qualquer velocidade sempre será a razão entre a distância percorrida e a duração do evento.



Logo, a componente na direção do eixo do comprimento de um objeto em repouso com relação a um observador é L_0 . Se for dada a esse objeto uma velocidade v na direção do eixo do comprimento, isso causará a impressão de que ocorreu um encurtamento em seu comprimento nessa direção. Ou seja, a contração do espaço é representada pela equação:

$$L = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Onde,

L_0 , é o comprimento em repouso, medido em metros (m).

L , é o comprimento observado a uma velocidade v , em metro por segundo ($\frac{m}{s}$).

c , é a velocidade de propagação da luz no vácuo de valor aproximado $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

Importante lembrar que

“A velocidade da luz no vácuo é a mesma em qualquer referencial, independente do movimento da fonte ou do sistema de referência do observador.”

v , é a velocidade medida pelo móvel em movimento, medida em metro por segundo ($\frac{m}{s}$).

A relação $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ é conhecida como fator de Lorentz, simbolizada por γ , ou seja,

Fator de Lorentz

$$\gamma = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Equipe Nuredi 2025.



Para saber mais

Procure ler o artigo no QR code, intitulado “Eclipse de Sobral: há 100 anos, evento comprovava a teoria de Einstein”. O fenômeno ocorrido na cidade de Sobral, no interior do Ceará, comprovou a relatividade geral e alçou o cientista Albert Einstein ao estrelato.

Eclipse de Sobral: há 100 anos, evento comprovava a teoria de Einstein



<https://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2019/05/eclipse-de-sobral-ha-100-anos-evento-comprova-teoria-de-einstein.html>



ATIVIDADES

Contração do espaço:

11. De acordo com as informações do texto, considere a seguinte situação: um trem de 200 m se move a uma velocidade de 0,5c ao percorrer um túnel de 80 m. Qual é o comprimento aproximado desse trem, observado por alguém parado ao lado dos trilhos?

- (A) 129 m.
- (B) 142 m.
- (C) 156 m.
- (D) 168 m.
- (E) 174 m.

12. (UPE – PE) Um trem de comprimento igual a 100 m viaja a uma velocidade de 0,8c, onde c é a velocidade da luz, quando atravessa um túnel de comprimento igual a 70 m. Quando visto por um observador parado ao lado dos trilhos, é CORRETO afirmar que o trem

- (A) fica totalmente dentro do túnel e não resta nenhum espaço.
- (B) fica totalmente dentro do túnel e sobra um espaço de 10 m.
- (C) fica totalmente dentro do túnel e sobra um espaço de 15 m.
- (D) não chega a ficar totalmente dentro do túnel, restando um espaço de 5 m fora do túnel.
- (E) não chega a ficar totalmente dentro do túnel, restando um espaço de 12 m fora do túnel.

13. Uma nave espacial, com um comprimento de repouso de 130 m, passa por uma estação de observação com a velocidade de 0,74c. Qual é o comprimento da nave medido pela estação?

(D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, Fundamentos de Física, 4a ed., cap 42. Probl. 13)

14. Um objeto que se move a uma velocidade de 0,8c mediu o comprimento de barra metálica e obteve a medida de 40 cm. Calcule o tamanho dessa barra em relação a um referencial em repouso.

15. Movendo-se com uma velocidade correspondente a 0,6c, um móvel realiza uma viagem atravessando uma distância igual a 10000 km, medida por um referencial em repouso. Qual é o valor da distância percorrida por esse corpo em movimento?

Massa e Energia Relativística

Leia o texto.

Texto V

Massa e Energia Relativística

Ainda, segundo Einstein, a massa de um objeto, medida quando o objeto está em repouso em relação a um

observador, será chamada de massa de repouso do objeto m_0 . Uma vez, sendo esse objeto animado com uma velocidade v em relação ao observador, sua massa poderá ser aferida de acordo com a equação

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Onde,

m_0 , é a massa de repouso do objeto, medido em quilograma (kg).

m , é a massa do objeto observado a uma velocidade v , em quilograma (kg).

c , é a velocidade de propagação da luz no vácuo de valor aproximado $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

Importante lembrar que:

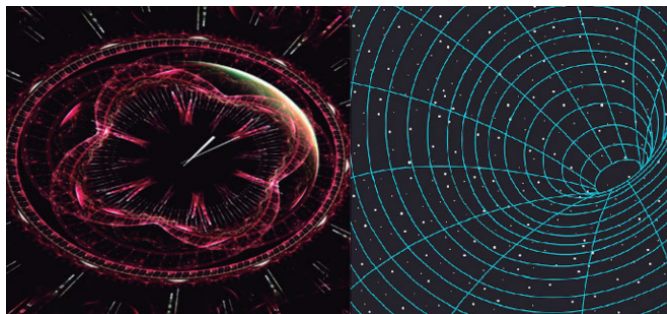
“A velocidade da luz no vácuo é a mesma em qualquer referencial, independente do movimento da fonte ou do sistema de referência do observador.”

v , é a velocidade medida pelo móvel em movimento, medida em metro por segundo ($\frac{m}{s}$).

A relação $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ é conhecida como fator de Lorentz, simbolizada por γ , ou seja,

Fator de Lorentz

$$\gamma = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

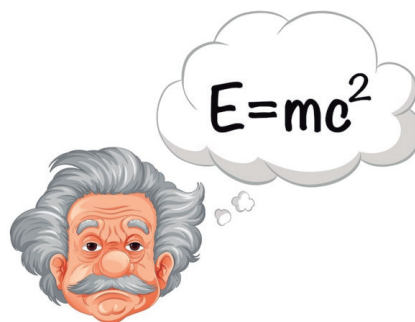


Geometria espaço-tempo

Disponível em: <https://br.freepik.com/vetores/geometria-espaco-tempo>. Acesso em: 16 set. 2025.

Uma observação que deve ser considerada é que, quando $v=c$, a massa do objeto torna-se infinita. Nessas condições, forças infinitas seriam necessárias para alterar essa velocidade até atingir a velocidade de propagação da luz no vácuo. Como é do conhecimento atual da ciência, nenhum objeto pode ser acelerado até a velocidade c da luz. Portanto, a velocidade de propagação da luz no vácuo c , é o limite de todas as velocidades.

Einstein, além de apresentar a associação espaço tempo, teve a brilhante ideia de relacionar massa e energia. Pela fórmula da massa relativística, observa-se que a massa é função da velocidade e, portanto, da energia. A relação entre a energia própria E de um corpo e sua massa m é dada pela fórmula de autoria de Einstein:



Disponível em: <https://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/equacoes-einstein>. Acesso em: 16 set. 2025.

Onde,

E é a energia equivalente à massa, medida em joule (J).

m é a massa do objeto observado a uma velocidade v , em quilograma (kg).

c é a velocidade de propagação da luz no vácuo de valor aproximado $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

$$E = m \cdot c^2$$

Equipe Nuredi 2025.



Para saber mais

Procure ler o artigo no QR code que trata do assunto “Equivalência massa-energia”. É sempre importante aliar esses artigos a outras fontes, como livros, vídeos e artigos universitários, para que o seu conhecimento se enobreça cada vez mais. Bons estudos.



https://pt.wikipedia.org/wiki/Equival%C3%Aancia_massa%E2%80%93energia

⌘ Uma curiosidade para descansar um pouco:

Os navios norte-americanos USS Enterprise, USS Long Beach e USS Bainbridge estavam em formação no Mediterrâneo, no dia 18 de Julho de 1966, e a Tripulação do Enterprise se posicionaram de tal maneira que soletraram a fórmula de equivalência massa-energia em homenagem à primeira força-tarefa formada apenas por navios com propulsão nuclear.



USS ENTERPRISE, USS LONG BEACH e USS BAINBRIDGE

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Equival%C3%Aancia_massa%E2%80%93energia. Acesso em: 16 set. 2025 (adaptado).

Equipe Nuredi 2025.



ATIVIDADES

A Massa e Energia Relativística:

16. (UFL – MG) Quando aceleramos um elétron até que ele atinja uma velocidade $v=0,5c$, em que c é a velocidade da luz, o que acontece com a massa?

- (A) Aumenta, em relação a sua massa de repouso, por um fator $\lambda = \frac{1}{\sqrt{0,75}}$.
- (B) Aumenta, em relação a sua massa de repouso, por um fator $\lambda = \frac{1}{\sqrt{0,5}}$.
- (C) Diminui, em relação a sua massa de repouso, por um fator $\lambda = \frac{1}{\sqrt{0,75}}$.
- (D) Diminui, em relação a sua massa de repouso, por um fator $\lambda = \frac{1}{\sqrt{0,5}}$.
- (E) Não sofre nenhuma alteração.

17. (UFRN – RN) Sendo a velocidade de propagação da luz igual a $3 \cdot 10^8$ m/s, a ordem de grandeza da energia de repouso de 1 g de matéria, em J é:

- (A) 10^8 .
- (B) 10^9 .
- (C) 10^{13} .
- (D) 10^{14} .
- (E) 10^{15} .

18. (UFPRL – RS) Considere as afirmativas, a seguir.

- I. O tempo transcorre da mesma maneira em qualquer referencial inercial, independente da sua velocidade.
- II. O comprimento dos corpos diminui na direção do movimento.
- III. Quando a velocidade de um corpo tende à velocidade da luz (c), sua massa tende ao infinito.

De acordo com seus conhecimentos sobre Física Moderna e as informações dadas, está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

- (A) I e III.
- (B) I e II.
- (C) II e III.
- (D) I, II e III.
- (E) II.

19. A Física Moderna é o estudo da Física desenvolvido no final do século XIX e início do século XX. Em particular, é o estudo da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade Restrita. Dadas as proposições a seguir, marque (V) para verdadeiro e (F) para falso para as afirmações a seguir:

- () Demonstra limitações da Física Newtoniana na escala microscópica.
- () Nega totalmente as aplicações das leis de Newton.
- () Explica o efeito fotoelétrico.
- () Afirma que as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.

- () Comprova que a velocidade da luz é diferente para quaisquer observadores em referenciais inerciais.
- () Demonstra que a massa de um corpo independe de sua velocidade.

20. (UNIFOR – CE) Uma partícula, cuja massa de repouso é M , é acelerada a partir do repouso até atingir 60% da velocidade de propagação da luz no vácuo. Na situação final, a massa da partícula será igual a

- (A) $0,60M$.
- (B) $1,0M$.
- (C) $1,25M$.
- (D) $1,4M$.
- (E) $1,5M$.

21. (UEG – GO) Antes mesmo de ter uma ideia mais correta do que é a luz, o homem percebeu que ela era capaz de percorrer muito depressa enormes distâncias. Tão depressa que levou Aristóteles – famoso pensador grego que viveu no século IV a.C. e cujas obras influenciaram todo o mundo ocidental até a Renascença – a admitir que a velocidade da luz seria infinita.

GUIMARÃES, L. A.; BOA, M. F. "Termologia e óptica". São Paulo: Harbra, 1997. p. 177
Hoje se sabe que a luz tem velocidade de aproximadamente 300.000 km/s, que é uma velocidade muito grande, porém finita. A teoria moderna que admite a velocidade da luz constante em qualquer referencial e, portanto, torna elásticas as dimensões do espaço e do tempo é:

- (A) a teoria da relatividade.
- (B) a teoria da dualidade onda-partícula.
- (C) a teoria atômica de Bohr.
- (D) o princípio de Heisenberg.
- (E) a lei da entropia.

Efeito Fotoelétrico

Leia o texto.

Texto VI

Efeito Fotoelétrico

Quando uma luz incide sobre uma superfície, sob certas condições, elétrons são arrancados dessa superfície. Esse fenômeno foi descoberto por volta de 1887 pelo cientista alemão Heinrich Hertz*.

A explicação do efeito fotoelétrico foi dada por Albert Einstein no seu ano miraculoso (1905), com o estudo sobre a quantização de energia proposta por Max Planck em que defendia a ideia de que um corpo aquecido emite energia não de um modo contínuo, mas sim em porções descontínuas, como se fossem partículas de energia. Essas "partículas" de energia são denominadas fótons, e a energia de um fóton é chamada quantum.

A energia de cada fóton depende da frequência f (ou comprimento de onda λ) da radiação. A representação dessa relação conhecida como equação de Planck é dada por:

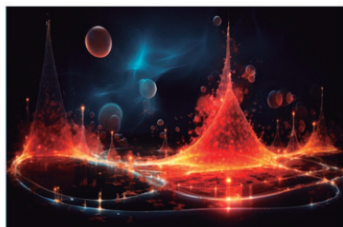
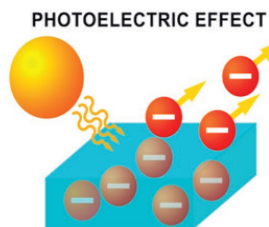
$$E = h \cdot f$$

Onde,

h é a constante de proporcionalidade de Planck, cujo valor no sistema internacional é $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

f é a frequência, medida em hertz (Hz).

E é a energia equivalente à massa, medida em joule (J).



Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-premium/diagrama-de-efeito-fotoelétrico-isolado-em-fundo-branco_136490603.htm
Acesso em: 16 set. 2025

Sendo $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, a conversão da constante da natureza (constante de Planck) será:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

A energia cinética que o elétron adquire após ser atingido por um fóton é determinada pela diferença da energia do fóton com a função trabalho (Φ):

Seja $E = h \cdot f$ a energia que cada fóton da luz incidente cede a um elétron do metal e seja W a mínima quantidade de energia que o elétron deve receber para ser extraído do metal. Essa energia, denominada função trabalho é uma característica de cada metal e, para que o elétron seja expulso é necessário que $E \geq W$.

A energia cinética máxima que o elétron adquire é dada pela equação:

$$E_c = hf - W$$

Esta equação recebe o nome de equação fotoelétrica de Einstein.

Material	Valor da função trabalho (eV)
Sódio	2,28
Cobalto	3,90
Potássio	2,24
Cobre	4,70

Relógios que funcionam com energia solar, portas automáticas de shoppings e bancos, sistemas de iluminação de vias públicas e privadas, sistemas de segurança são algumas aplicações cotidianas do efeito fotoelétrico e, atualmente em expansão, o estudo e a aplicação das células voltaicas em painéis solares com o intuito de gerar energia limpa e renovável.

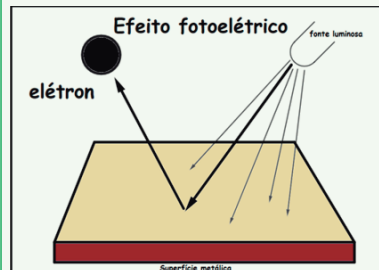
Disponível em: <https://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/fotovoltaicos>. Acesso em: 16 set. 2025.

Equipe Nuredi 2025.



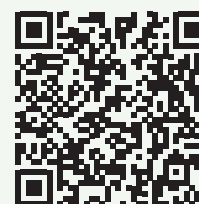
Para saber mais

Estudante, o vídeo ofertado a seguir apresenta a história da explicação do efeito fotoelétrico feita por Albert Einstein, artigo que, rendeu ao cientista o prêmio Nobel de Física no ano de 1921. São 8 minutos de muito conhecimento. Assista. Vale a pena!



<https://www.youtube.com/watch?v=USGENeYkKd4>

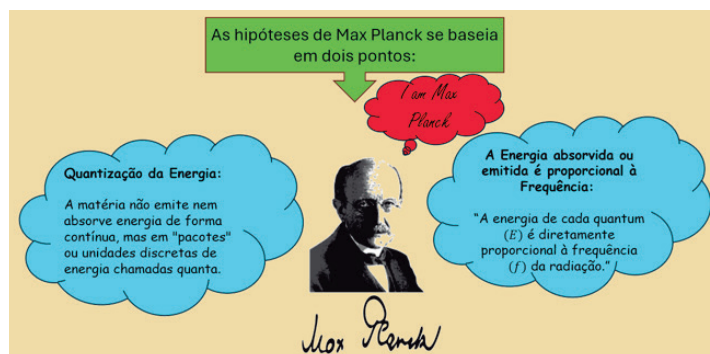
Acesse dentro do seu tempo de estudos, <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-efeito-fotoelétrico.htm> e leia um pouco mais sobre o efeito fotoelétrico e suas aplicações.



SÓ PARA RELAXAR.



Disponível em: https://cbpf.br/eduqa/html/publicacoes/monografias/monografia_jurema.pdf. Acesso em: 16 set. 2025.



ATIVIDADES

Efeito Fotoelétrico:

22. (UFC - adaptada) A função trabalho de um dado metal é $2,5\text{eV}$. A constante de Planck é $h \approx 4,2 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$ e a velocidade da luz no vácuo é $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Qual é a frequência mais baixa da luz incidente capaz de arrancar elétrons do metal?

23. (UDESC – SC adaptada) Foi determinado experimentalmente que, quando se incide luz sobre uma superfície metálica, essa superfície emite elétrons. Esse fenômeno é conhecido como efeito fotoelétrico e foi explicado em 1905 por Albert Einstein, que ganhou em 1921 o Prêmio Nobel de Física, em decorrência desse TRABALHO. Durante a realização dos experimentos desenvolvidos para compreender esse efeito, foi observado que:

1. os elétrons eram emitidos imediatamente. Não havia atraso de tempo entre a incidência da luz e a emissão dos elétrons.
2. quando se aumentava a intensidade da luz incidente, o número de elétrons emitidos aumentava, mas não sua energia cinética.
3. a energia cinética do elétron emitido é dada pela equação $E_c = \frac{mv^2}{2} = hf - W$, em que o termo hf é a energia cedida ao elétron pela luz, sendo h a constante de Planck e f a frequência da luz incidente. O termo W é a energia que o elétron tem que adquirir para poder sair do material, e é chamado função trabalho do metal.

Considere as seguintes afirmativas:

- I – Os elétrons com energia cinética zero adquiriram energia suficiente para serem arrancados do metal.
- II – Assim como a intensidade da luz incidente não influencia a energia dos elétrons emitidos, a frequência da luz incidente também não modifica a energia dos elétrons.
- III – O metal precisa ser aquecido por certo tempo, para que ocorra o efeito fotoelétrico.

Assinale a alternativa correta.

- (A) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- (B) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- (C) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- (D) Todas as afirmativas são verdadeiras.
- (E) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.

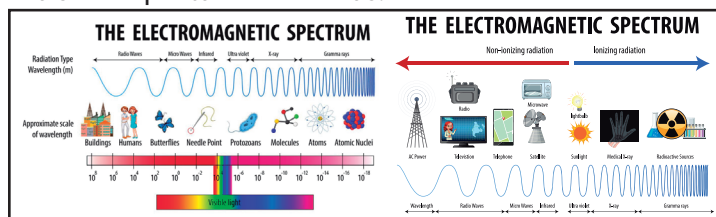
Dualidade onda-partícula

Leia o texto.

Texto VII

Dualidade onda-partícula

Todas as ondas eletromagnéticas, incluindo a luz, têm natureza dual. Ora se comportam como partículas, ora se comportam com ondas.



Disponível em: <https://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/espectro-eletromagnetico> Acesso em: 16 set. 2025.

Como a luz pode se comportar como onda ou partícula, a equação proposta pelo físico francês Louis De Broglie

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

apresenta a hipótese de que “partículas também possuem propriedades ondulatórias”, na qual:

λ é o comprimento de onda associado à partícula, medido em metro

h é a constante de proporcionalidade de Planck, cujo valor no sistema internacional é ;

v é a velocidade, medida em metro por segundo, ($\frac{m}{s}$);

Sendo $1eV = 1,6 \cdot 10^{-19}J$, a conversão da constante da natureza (constante de Planck) será $h = 6,63 \cdot 10^{-34}J \cdot s = 4,14 \cdot 10^{-15}eV$.

Importante mostrar que, a quantidade de movimento $m \cdot v$, esclarece o caráter corpuscular e o comprimento de onda λ , o caráter ondulatório. Essa explicação surgiu e se ampliou com o avanço da mecânica quântica.

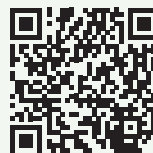


Para saber mais

Estudante, seguem dois endereços nos quais poderás enriquecer o teu conhecimento a respeito da dualidade onda-partícula. Aproveita o momento para ler também livros didáticos que tratam do respectivo assunto. É sempre bom buscar novas fontes de conhecimento. Boa leitura!



1. "Dualidade onda-partícula"; Brasil Escola. <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-natureza-dual-luz.htm>



2. “Dualidade partícula-onda” https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/m_s05.html

Assista ao vídeo **Dualidade Onda-Partícula – Louis de Broglie do HQ – Humor Quântico**. Um vídeo de 14 minutos que aborda a proposta de Louis de Broglie sobre o comportamento dual da luz. Não deixe de assistir. Você certamente irá gostar!!



https://www.youtube.com/watch?v=j_xHRZaV6fg&list=PLrJd57fz5j-jHyYn8WX8FbApaTrH4yFt2o&index=10



Disponível em: https://cbpf.br/eduq/html/aprenda_mais/jurema/ficha_dualidadeonda.htm Acesso em: 12 set. 2025.

Equipe Nuredi 2025.



ATIVIDADES

Dualidade Onda-Partícula:

24. (UFSC – SC) As ondas eletromagnéticas, como a luz e as ondas de rádio, têm um “sério problema de identidade”. Em algumas situações apresentam-se como onda, em outras, apresentam-se como partícula, como no efeito fotoelétrico, em que são chamadas de fótons. Isto é o que chamamos de dualidade onda-partícula, uma das peculiaridades que encontramos no universo da Física e que nos leva à seguinte pergunta: “Afim, a luz é onda ou partícula?”. O mesmo acontece com um feixe de elétrons, que pode se comportar ora como onda, ora com partícula. Com base no que foi exposto, assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

() Um feixe de elétrons incide sobre um obstáculo que possui duas fendas, atingindo um anteparo e formando a imagem apresentada figura acima. A imagem indica que um feixe de elétrons possui um comportamento ondulatório, o que leva a concluir que a matéria também possui um caráter dualístico.

() O fenômeno da difração só fica evidente quando o comprimento de onda é da ordem de grandeza da abertura da fenda.

() O físico francês Louis de Broglie apresentou uma teoria ousada, baseada na seguinte hipótese: “se fótons apresentam características de onda e partícula [...], se elétrons são partículas, mas também apresentam características ondulatórias, talvez todas as formas de matéria tenham características duais de onda e partícula”.

() Admitindo que a massa do elétron seja $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ e que viaja com uma velocidade de $3 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, o comprimento de onda de De Broglie para o elétron em questão é $2,4 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

() Após a onda passar pela fenda dupla, as frentes de ondas geradas em cada fenda sofrem o fenômeno de interferência, que pode ser construtiva ou destrutiva. Desta forma, fica evidente o princípio de dependência de propagação de uma onda.

() Christian Huygens, físico holandês, foi o primeiro a discutir o caráter dualístico da luz e, para tanto, propôs o experimento de fenda dupla.

25. (UFRGS – RS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria. Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$) com velocidade $v = 2,2 \cdot 10^6 \text{ ms}$ é, aproximadamente,

(A) $3,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

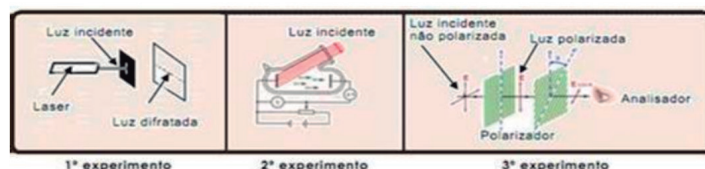
(B) $3,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.

(C) $3,3 \cdot 10^3 \text{ m}$.

(D) $3,3 \cdot 10^9 \text{ m}$.

(E) $3,3 \cdot 10^{10} \text{ m}$.

26. (UFRN – RN) Estudantes interessados em analisar a natureza dual da luz preparavam uma apresentação para uma Feira de Ciências com três experimentos, conforme mostrados na figura, a seguir.



O 1º experimento mostra a difração da luz ao passar por uma fenda estreita;

• O 2º experimento mostra o efeito fotoelétrico caracterizado pela geração de corrente elétrica a partir da incidência de luz sobre uma célula fotoelétrica; e

• O 3º experimento mostra o efeito da polarização da luz ao fazê-la incidir sobre filtros polarizadores.

A partir desses experimentos, é correto afirmar que

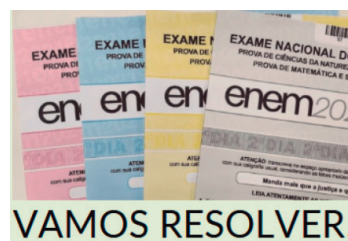
(A) o efeito fotoelétrico e a polarização evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto a difração evidencia a natureza corpuscular da luz.

(B) a polarização e a difração evidenciam a natureza corpuscular da luz, enquanto o efeito fotoelétrico evidencia a natureza ondulatória da luz.

(C) a difração e a polarização evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto o efeito fotoelétrico evidencia a natureza corpuscular da luz.

(D) o efeito fotoelétrico e a difração evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto a polarização evidencia a natureza corpuscular da luz.

(E) a polarização e a difração evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto o efeito fotoelétrico evidencia a natureza ondulatória da luz.



27. (ENEM 2023) Os raios cósmicos são fontes de radiação ionizante potencialmente perigosas para o organismo humano. Para quantificar a dose de radiação recebida, utiliza-se o sievert (Sv), definido como a unidade de energia recebida por unidade de massa. A exposição à radiação proveniente de raios cósmicos aumenta com a altitude, o que pode representar um problema para as tripulações de aeronaves. Recentemente, foram realizadas medições

acuradas das doses de radiação ionizante para voos entre Rio de Janeiro e Roma. Os resultados têm indicado que a dose média de radiação recebida na fase de cruzeiro (que geralmente representa 80% do tempo total de voo) desse trecho intercontinental é $2 \mu\text{Sv/h}$. As normas internacionais da aviação civil limitam em 1 000 horas por ano o tempo de trabalho para as tripulações que atuem em voos intercontinentais. Considere que a dose de radiação ionizante para uma radiografia torácica é estimada em 0,2 mSv.

RUAS, A. C. O tripulante de aeronaves e a radiação ionizante. São Paulo: Edição do Autor, 2019 (adaptado)

A quantas radiografias torácicas corresponde a dose de radiação ionizante à qual um tripulante que atue no trecho Rio de Janeiro-Roma é exposto ao longo de um ano?

- (A) 8
- (B) 10
- (C) 80
- (D) 100
- (E) 1 000

28. (ENEM 2023) A utilização de tecnologia nuclear é um tema bastante controverso, por causa do risco de acidentes graves, como aqueles ocorridos em Chernobyl (1986), em Goiânia (1987) e em Fukushima (2011). Apesar de muitas desvantagens, como a geração de resíduos tóxicos, a descontaminação ambiental dispendiosa em caso de acidentes e a utilização em armas nucleares, a geração de energia nuclear apresenta vantagens em comparação a outras fontes de energia. A geração dessa energia tem como característica:

- (A) Formar resíduos facilmente recicláveis.
- (B) Promover o aumento do desmatamento.
- (C) Contribuir para a produção de chuva ácida.
- (D) Emitir gases tóxicos que são lançados no ambiente.
- (E) Produzir calor sem o consumo de combustíveis fósseis.

29. (ENEM 2021) Os pesticidas organoclorados foram amplamente empregados na agricultura, contudo, em razão das suas elevadas toxicidades e persistências no meio ambiente, eles foram banidos. Considere a aplicação de 500 gr de um pesticida organoclorado em uma cultura e que, em certas condições, o tempo de meia-vida do pesticida no solo seja de anos.

A massa do pesticida no decorrer de anos será mais próxima de

- (A) 3,9 g.
- (B) 31,2 g.
- (C) 62,5 g.
- (D) 125,0 g.
- (E) 250,0 g.

30. (ENEM 2021) A figura representa uma embalagem cartonada e sua constituição em multicamadas. De acordo com as orientações do fabricante, essas embalagens não devem ser utilizadas em fornos micro-ondas.



NASCIMENTO, R. M. M. et al. Embalagem cartonada longa vida: lixo ou luxo? Química Nova na Escola, n. 25, maio 2007 (adaptado).

A restrição citada deve-se ao fato de a

- (A) embalagem aberta se expandir pela pressão do vapor formado em seu interior.
- (B) camada de polietileno se danificar, colocando o alumínio em contato com o alimento.
- (C) fina camada de alumínio blindar a radiação, não permitindo que o alimento se aqueça.
- (D) absorção de radiação pelo papel, que se aquece e pode levar à queima da camada de polietileno.
- (E) geração de centelhas na camada de alumínio, que pode levar à queima da camada de papel e de polietileno.

31. (ENEM 2016) Os raios X utilizados para diagnósticos médicos são uma radiação ionizante. O efeito das radiações ionizantes em um indivíduo depende basicamente da dose absorvida, do tempo de exposição e da forma da exposição, conforme relacionados no quadro.

Efeitos de uma radioexposição aguda em adulto		
Forma	Dose absorvida	Sintomatologia
Infralínica	Menor que 1 J/kg	Ausência de sintomas
Reações gerais leves	de 1 a 2 J/kg	Astenia, náuseas e vômito, de 3 h a 6 h após a exposição
DL ₅₀	de 4 a 4,5 J/kg	Morte de 50% dos indivíduos irradiados
Pulmonar	de 8 a 9 J/kg	Insuficiência respiratória aguda, coma e morte, de 14 h a 36 h
Cerebral	Maior que 10 J/kg	Morte em poucas horas

Para um técnico radiologista de que ficou exposto, por descuido, durante horas a uma fonte de raios X, cuja potência é de 10 mJ/s, a forma do sintoma apresentado, considerando que toda radiação incidente foi absorvida, é

- (A) DL₅₀.
- (B) cerebral.
- (C) pulmonar.
- (D) infralínica.
- (E) reações gerais leves.

32. (ENEM 2016) A telefonia móvel no Brasil opera com celulares cuja potência média de radiação é cerca de 0,6 W. Por recomendação do ANSI/IEEE, foram estipulados limites para exposição humana à radiação emitida por esses aparelhos. Para o atendimento dessa recomendação, valem os conselhos: segurar o aparelho a uma pequena distância do ouvido, usar fones de ouvido para as chamadas de voz e utilizar o aparelho no modo viva voz ou com dispositivos bluetooth. Essas medidas baseiam-se no fato de que a intensidade da radiação emitida decai rapidamente conforme a distância aumenta, por isso, afastar o aparelho reduz riscos.

COSTA, E. A. F Efeitos na saúde humana da exposição aos campos de radiofrequência. Disponível em: www.ced.ufsc.br. Acesso em: 16 nov. 2011 (adaptado).

Para reduzir a exposição à radiação do celular de forma mais eficiente, o usuário deve utilizar

- (A) fones de ouvido, com o aparelho na mão.
- (B) fones de ouvido, com o aparelho no bolso da calça.
- (C) fones bluetooth, com o aparelho no bolso da camisa.
- (D) o aparelho mantido a do ouvido, segurado pela mão.
- (E) o sistema viva voz, com o aparelho apoiado numa mesa de trabalho.

33. (ENEM 2017) O avanço científico da física nuclear permitiu conhecer, com maiores detalhes, o decaimento radioativo dos núcleos atômicos instáveis, desenvolvendo-se algumas aplicações para a radiação de grande penetração no corpo humano, utilizada, por exemplo, no tratamento do câncer.

A aplicação citada no texto se refere a qual tipo de radiação?

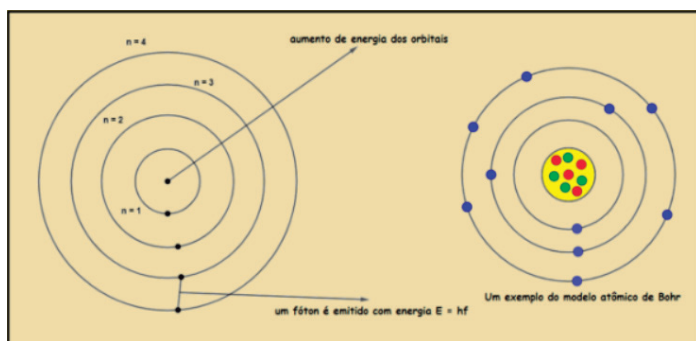
- (A) Beta.
- (B) Alfa.
- (C) Gama.
- (D) Raios X.
- (E) Ultravioleta.

Modelo atômico de Bohr

Leia o texto.

Texto VIII

Modelo atômico de Bohr



O modelo atômico de Bohr é uma das teorias mais importantes da história da física e um passo crucial para entender a estrutura dos átomos. Ele foi proposto em 1913 pelo físico dinamarquês Niels Bohr.

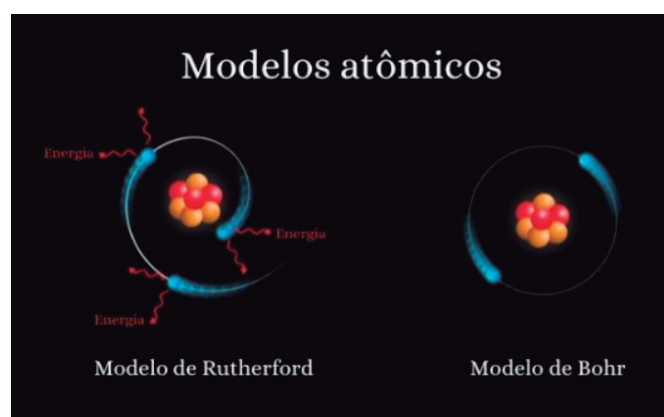
Contexto Histórico:

Para entender a importância do modelo de Bohr, é preciso olhar para o modelo que o precedeu, o **modelo de Rutherford**.

O modelo de Rutherford propunha que o átomo tinha um núcleo pequeno e denso, carregado positivamente, com elétrons girando ao seu redor. Ele era comparado a um sistema planetário em miniatura.

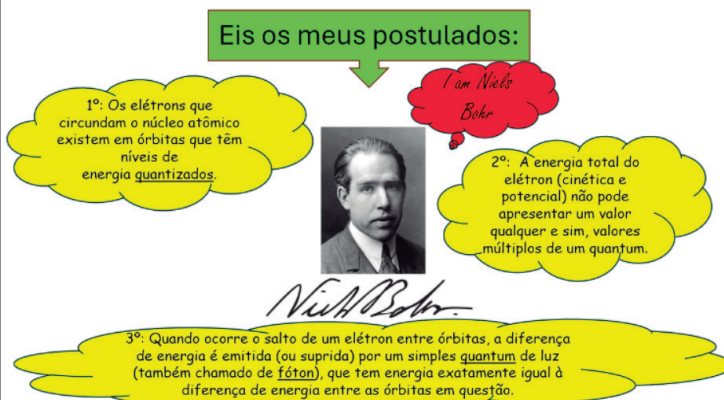
No entanto, havia um grande problema com esse modelo. De acordo com a física clássica, um elétron em órbita, que está em movimento acelerado, deveria emitir energia na forma de luz e, com isso, perder energia. Essa perda de energia faria com que ele espiralasse em direção ao núcleo e colidisse com ele em uma fração de segundo.

Ou seja, os átomos não deveriam ser estáveis, mas a realidade mostrava que eles são.



Comparação entre os modelos atômicos de Rutherford (esq.) e Bohr (dir.).

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/o-atomo-bohr.htm>. Acesso em: 26 set. 2025.



Os Postulados de Bohr

Para resolver esse problema, Bohr propôs seu modelo, que se baseava em três postulados principais:

- **Os elétrons só podem existir em órbitas específicas e fixas ao redor do núcleo.** Essas órbitas são chamadas de **níveis de energia** ou **camadas eletrônicas**. Em cada uma dessas órbitas, o elétron tem uma energia quantizada, ou seja, um valor fixo e definido. Isso resolvia o problema do colapso do átomo, pois, nessas órbitas, o elétron não emite energia.
- **O elétron não emite nem absorve energia enquanto permanece em uma órbita estável.** A emissão ou

absorção de energia ocorre apenas quando o elétron muda de uma órbita para outra.

• **A transição de elétrons entre os níveis de energia.** Quando um elétron **absorve energia**, ele salta para uma órbita mais distante do núcleo (um nível de energia mais alto). Quando ele emite energia (na forma de um fóton de luz), ele "cai" para uma órbita mais próxima do núcleo (um nível de energia mais baixo). A energia do fóton emitido ou absorvido é exatamente igual à diferença de energia entre os dois níveis.

Principais Conclusões e Limitações

O modelo de Bohr foi um sucesso notável para explicar o átomo de hidrogênio e o seu espectro de emissão (as cores da luz que ele emite). As cores específicas de luz que o hidrogênio emite (e que já eram conhecidas) puderam ser perfeitamente explicadas pelas transições de elétrons entre os níveis de energia propostos por Bohr. Isso foi uma grande vitória para a física.

No entanto, o modelo tinha suas limitações:

- Ele só funcionava bem para o **átomo de hidrogênio** e outros íons com apenas um elétron (como o Hélio ionizado, He⁺). Para átomos mais complexos, com muitos elétrons, o modelo não era preciso.
- Ele não explicava o porquê de os elétrons não emitirem energia enquanto estavam nas órbitas fixas. Ele apenas postulou isso como um fato.
- O modelo não considerava que os elétrons se comportam como ondas em determinadas situações (uma ideia que viria com a mecânica quântica).

Embora tenha sido superado pelo modelo da **mecânica quântica** (que descreve o elétron em termos de probabilidades de encontrar um elétron em uma determinada região, e não mais como uma órbita planetária), o modelo de Bohr é fundamental para o estudo da química e da física. Ele foi o ponto de partida para a compreensão da quantização da energia e ainda é usado para introduzir conceitos atômicos de forma mais simples.

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels_Bohr

<https://querobolsa.com.br/enem/quimica/modelo-atmico-de-bohr> https://gemini.google.com/app/386d88d3a4989b-d2?utm_source=app_launcher&utm_medium=owned&utm_campaign=base_all. Acesso em: 24 set. 2025. (adaptado)

Uma curiosidade sobre a Aplicação do Modelo Atômico de Bohr

"É muito comum a utilização de fogos de artifício durante jogos ou festas de fim de ano. Esses fogos funcionam segundo os princípios da quântica."



Para saber mais

Estudante, procure ler sobre a vida e obra de **Niels Bohr** e **Ernest Rutherford** tanto em e-books quanto Wikipédia, livros impressos etc.

Com essas leituras, serás capaz de correlacionar os dois modelos atômicos e entender o que favoreceu para o despertar da física quântica. Bons estudos.



ATIVIDADES

Modelo atômico de Bohr:

34. (UFRGS – RS) Uma moda atual entre as crianças é colecionar figurinhas que brilham no escuro. Essas figuras apresentam em sua constituição a substância sulfeto de zinco. O fenômeno ocorre porque alguns elétrons que compõem os átomos dessa substância absorvem energia luminosa e saltam para níveis de energia mais externos. No escuro, esses elétrons retornam aos seus níveis originais, liberando energia luminosa e fazendo a figurinha brilhar. Essa característica pode ser explicada considerando-se o modelo atômico proposto por:

- (A) Bohr.
- (B) Dalton.
- (C) Thomson.
- (D) Lavoisier.
- (E) Rutherford.

35. (Cefet – PR) Um dos grandes mistérios que a natureza propiciava à espécie humana era a luz. Durante dezenas de milhares de anos a nossa espécie só pôde contar com este ente misterioso por meio de fogueiras, queima de óleo em lamparinas, gordura animal, algumas resinas vegetais etc. Somente a partir da revolução industrial é que se pôde contar com produtos como querosene, terebintina e outras substâncias. Mas, mesmo assim, a natureza da luz permanecia um grande mistério, ou seja, qual fenômeno físico ou químico gera luz. Somente a partir das primeiras décadas do século XX é que Niels Bohr propôs uma explicação razoável sobre a emissão luminosa. Com base no texto, qual alternativa expõe o postulado de Bohr que esclarece a emissão luminosa?

- (A) Ao se mover em um nível de energia definida, um elétron libera energia na forma de luz visível.
- (B) Os elétrons movem-se em níveis bem definidos de energia, que são denominados níveis estacionários.
- (C) Ao receber uma quantidade bem definida de energia, um elétron "salta" de um nível mais externo para um nível mais interno.
- (D) Um elétron que ocupa um nível mais externo "pula" para um nível mais interno, liberando uma quantidade bem definida de energia.
- (E) Quanto mais próximo do núcleo estiver um elétron, mais energia ele pode emitir na forma de luz; quanto mais distante do núcleo estiver um elétron, menos energia ele pode emitir.

36. (UFU – MG adaptada) As afirmativas abaixo descrevem estudos sobre modelos atômicos, realizados por Niels Bohr, John Dalton e Ernest Rutherford. I. Partículas alfa foram desviadas de seu trajeto, devido à repulsão que o núcleo denso e a carga positiva do metal exerceram. II.

Átomos (esferas indivisíveis e permanentes) de um elemento são idênticos em todas as suas propriedades. Átomos de elementos diferentes têm propriedades diferentes. III. Os elétrons movem-se em órbitas, em torno do núcleo, sem perder ou ganhar energia. Assinale a alternativa que indica a sequência correta do relacionamento desses estudos com seus autores.

- (A) Rutherford, Dalton, Bohr.
- (B) Rutherford, Bohr, Dalton.
- (C) Dalton, Rutherford, Bohr.
- (D) Dalton, Bohr, Rutherford.
- (E) Bohr, Dalton, Rutherford.

Radioatividade

Leia o texto.

Texto IX

Radioatividade

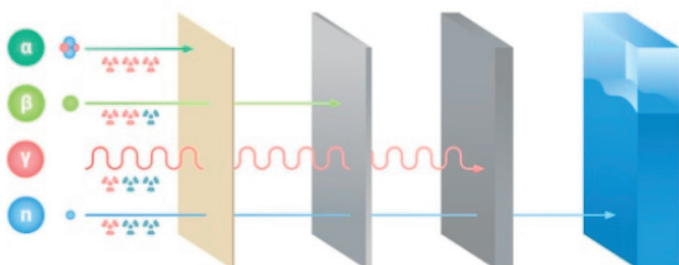
A radioatividade é um fenômeno natural em que núcleos atômicos instáveis se desintegram espontaneamente, liberando energia e partículas para atingir um estado mais estável. Esse processo foi descoberto em 1896 pelo físico francês **Henri Becquerel**, que notou que sais de urânio emitiam uma radiação capaz de velar chapas fotográficas, mesmo no escuro.

Pouco tempo depois, o casal **Marie Curie** e V aprofundaram os estudos e isolaram novos elementos radioativos, como o polônio e o rádio. Eles deram o nome "radioatividade" a esse fenômeno e ganharam um Prêmio Nobel por suas descobertas.

Ela consiste na emissão de partículas e radiações eletromagnéticas por núcleos instáveis que se transformam em núcleos mais estáveis.

Os tipos de radiação

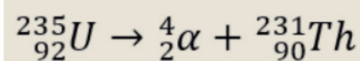
A desintegração radioativa pode emitir três tipos principais de radiação, que se diferenciam pela carga elétrica, massa e poder de penetração:



Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-premium/poder-de-penetracao-dos-raios-alfa-beta-e-gama-atraves-do-papel-aluminio-led-e-concreto-poder-de-penetracao-das-radiacoes-alfa-beta-e-gama_33637821.htm. Acesso em: 25 set. 2025.

• **Radiação alfa (α):** Consiste em núcleos de hélio, que são formados por dois prótons e dois nêutrons. É uma radiação pesada e com carga positiva, que tem baixo poder de penetração. Ela pode ser barrada facilmente por uma folha de papel

• ou pela camada mais externa da pele. No entanto, é muito perigosa se inalada ou ingerida, pois pode causar danos graves aos tecidos internos. Veja o exemplo a seguir:



Observe que o núcleo do urânio, emitindo uma partícula alfa, tem seu número atômico diminuído de duas unidades e seu número de massa, de quatro unidades, transformando-se no núcleo de tório (Th).

• **Radiação beta (β):** É composta por elétrons ou pósitrons (a antipartícula do elétron). É mais leve que a radiação alfa e tem poder de penetração intermediário. Pode ser barrada por uma folha de alumínio.

• **Radiação gama (γ):** É uma forma de onda eletromagnética de alta energia, semelhante aos raios X. Não tem massa nem carga elétrica, o que lhe confere um altíssimo poder de penetração. Das três emissões (α, β, γ) decorrentes do decaimento natural, a radiação gama é a que tem maior poder de penetração, quando emitida com a mesma energia cinética que as demais. É a forma mais perigosa de radiação externa e requer barreiras de chumbo ou concreto para ser atenuada.

Aplicações Positivas da Radioatividade

Apesar de ser muitas vezes associada a perigos, a radioatividade tem inúmeras aplicações benéficas em diversas áreas.

• **Medicina:** Na medicina nuclear, isótopos radioativos (radiofármacos) são usados para diagnóstico e tratamento. Eles são injetados no paciente e, ao se acumularem em tecidos específicos, permitem que exames como o PET-CT e a cintilografia identifiquem doenças. A radioterapia, por sua vez, usa radiação para destruir células cancerígenas.



• **Geração de Energia:** A energia nuclear é uma fonte de energia que não emite gases do efeito estufa. Usinas nucleares usam a fissão de átomos de urânio para gerar calor, que aquece a água e cria vapor para mover turbinas, produzindo energia elétrica.



• **Indústria:** Na indústria, a radiação é utilizada para esterilizar equipamentos médicos, inspecionar soldas em tubulações e medidores de espessura de materiais. A irradiação de alimentos ajuda a prolongar a vida útil, matando bactérias e insetos.

• **Agricultura:** A radioatividade é usada para desenvolver novas variedades de plantas mais resistentes a doenças, pragas e condições climáticas extremas. Além disso, ajuda no controle de pragas, esterilizando insetos machos para que eles não se reproduzam.

• **Arqueologia e Geologia:** O método de datação por carbono-14 é amplamente utilizado para determinar a idade de fósseis e artefatos antigos. Na geologia, a datação radiométrica ajuda a estimar a idade de rochas e minerais.

• Aplicações Negativas da Radioatividade

O uso da radioatividade também apresenta riscos significativos, que precisam ser gerenciados com cuidado.

• **Armas Nucleares:** A aplicação mais destrutiva da radioatividade é a criação de armas nucleares, como bombas atômicas e de hidrogênio. A explosão de uma dessas armas libera uma quantidade colossal de energia, resultando em destruição em massa, além de uma contaminação radioativa duradoura que torna a área inabitável por muito tempo.

• **Acidentes Nucleares:** Acidentes em usinas nucleares, como os de Chernobyl (1986) e Fukushima (2011), liberam material radioativo na atmosfera e no meio ambiente, contaminando solo, água e alimentos. A exposição a essa radiação pode causar câncer e outras doenças graves, além de impactar a vida selvagem.

• **Resíduos Radioativos:** O descarte de lixo nuclear é um dos maiores desafios da energia atômica. O material radioativo residual leva milhares de anos para decair a níveis seguros. Se não for armazenado de maneira adequada em depósitos geológicos profundos, pode vazar e contaminar o meio ambiente.

• **Efeitos na Saúde:** A exposição a altas doses de radiação ionizante pode causar a **Síndrome da Radiação Aguda**, que afeta gravemente o sistema imunológico, digestivo e nervoso. A exposição a longo prazo, mesmo em doses baixas, aumenta o risco de desenvolver câncer, mutações genéticas e problemas de saúde hereditários.

Em resumo, a radioatividade é uma força poderosa com um potencial enorme para o bem e para o mal. A chave está em usá-la de forma responsável e segura, priorizando o avanço científico e tecnológico, enquanto se controlam os riscos associados.

Disponível em:

<https://www.todamateria.com.br/radioatividade/>
https://gemini.google.com/app/d9a71fdf5fff3ea3?utm_source=app_launcher&utm_medium=owned&utm_campaign=base_all. Acesso em: 24 set. 2025. (adaptado)



Para saber mais

Estudante, procure ler sobre a vida e obra de Pierre e Marrie Curie, o quão é interessante perceber a potencialidade de suas descobertas em nossas vidas cotidianas.

Segue o link

<https://revistahcsm.coc.fiocruz.br/1902-pierre-e-marie-curie-isolam-o-elemento-radio/#:~:text=Em%2020%20de%20abril%20de,em%20sua%20pesquisa%20do%20pechblenda>



que trata de um texto sobre o evento de 1902, no qual Pierre e Marie isolam o elemento rádio. Uma leitura bastante saudável para o nosso cérebro. Boa leitura.

Equipe Nuredi 2025.



ATIVIDADES

Radioatividade:

37. (UESB – BA) 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.
- da reorganização de átomos que ocorre em sua decomposição.
- de rupturas de ligações químicas entre os átomos que as formam.
- do escape de elétrons das eletrosferas de átomos que as formam.

38. (FCM – MG adaptada) A compreensão das propriedades de interação das radiações com a matéria é importante para: operar os equipamentos de detecção, conhecer e controlar os riscos biológicos sujeitos à radiação, além de possibilitar a interpretação correta dos resultados dos radio ensaios.

- As partículas gama possuem alto poder de penetração, podendo causar danos irreparáveis ao ser humano.
- As partículas alfa são leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível.
- As partículas gama são radiações eletromagnéticas semelhantes aos raios X, não possuem carga elétrica nem massa.
- As partículas alfa são partículas pesadas de carga elétrica positiva que, ao incidirem sobre o corpo humano, geralmente causam queimaduras de 3º grau.
- As partículas beta são mais penetrantes e menos energéticas que as partículas alfa.

Das afirmações feitas em relação às partículas radioativas, estão CORRETAS:

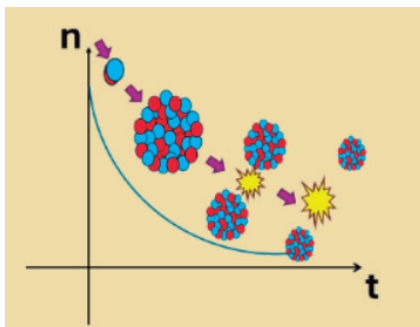
- (A) apenas I e V.
(B) apenas I, II e V.
(C) apenas I, III, e V.
(D) apenas II, III e IV.
(E) apenas I, II, III e V.

Meia - vida

Leia o texto.

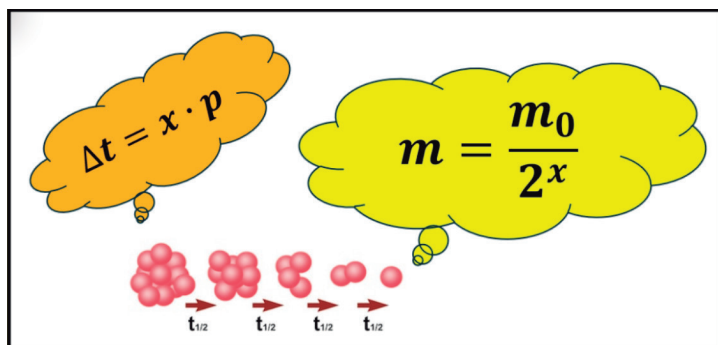
Texto X

Meia - vida



Meia-vida (ou período de semidesintegração) é o tempo necessário para que metade de uma amostra de uma substância radioativa se desintegre e se transforme em outra. A meia-vida é uma propriedade constante para cada isótopo radioativo, sendo única para cada substância. Esse conceito é usado na medicina para a dosagem de tratamentos, na arqueologia para a datação de fósseis (como a datação com carbono-14), e permite calcular a quantidade de um material que ainda resta após um determinado tempo.

“É o tempo necessário para reduzir à metade a quantidade de uma amostra radioativa.”



Onde,
 Δt representa o intervalo de tempo em anos.
 x , o número de meia-vidas.
 p , a meia-vida,
 m_0 , a massa inicial e
 m , a massa reduzida.

Vamos considerar que a meia-vida do cézio 137 ($Cs - 137$) é de aproximadamente 30 anos. Em quanto tempo, 200 g de uma amostra de cézio 137 pode ser reduzida à 50 g?



$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

$$50 = \frac{200}{2^x} \rightarrow 2^x = \frac{200}{50} \rightarrow 2^x = 4 \rightarrow 2^x = 2^2 \rightarrow$$

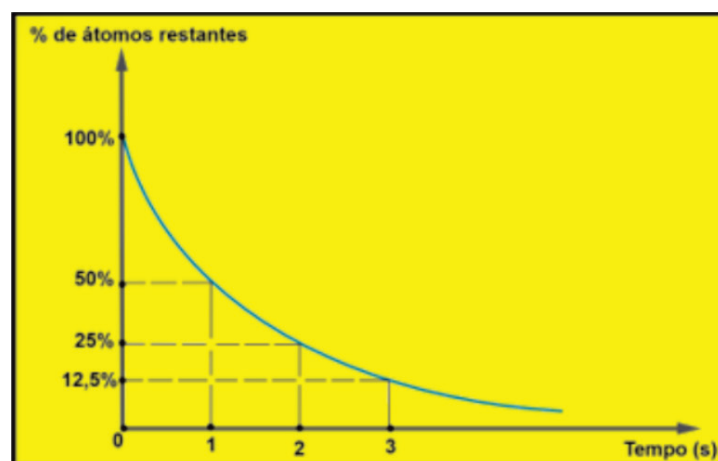
$x = 2$ meia-vidas.

Logo,

$$\Delta t = x \cdot p \rightarrow \Delta t = 2 \cdot 30 \rightarrow \Delta t = 60 \text{ anos.}$$

Perceberam que não é difícil compreender o conceito de meia-vida? Quer saber mais? Então vamos lá!

- O gráfico de n em função de t é uma curva exponencial como mostra o gráfico a seguir:



Alguns radioisótopos e suas meia-vidas apresentadas na tabela a seguir:

Radioisótopo	Meia-vida
Carbono - 15	2,4 segundos
Fósforo - 32	32 dias
Cobalto - 60	5,26 anos
Césio - 137	30,17 anos
Urânio - 235	$4,5 \cdot 10^9$ anos

No acidente em Goiânia, foram expostos 19,26 gramas de cloreto de cézio - 137 ($CsCl$). A cápsula que continha essa substância radioativa foi aberta indevidamente em um ferro-velho, espalhando o pó azulado que causou a contaminação de centenas de pessoas e resultou em mortes e problemas de saúde.

Para saber mais

Estudante, explore sua curiosidade. Em setembro de 1987, aconteceu o acidente com o Césio-137 (^{137}Cs) em Goiânia, capital do Estado de Goiás, Brasil. O manuseio indevido de um aparelho de radioterapia abandonado, onde funcionava o Instituto Goiano de Radioterapia, resultou em um acidente que envolveu, direta e indiretamente, centenas de pessoas. O acidente de Goiânia acumulou 3500 m^3 de lixo radioativo, que foi acondicionado em containers concretados. O repositório definitivo desse material está localizado na cidade de Abadia de Goiás, a 23 km de Goiânia, onde a CNEN instalou o Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste, responsável dos rejeitos radioativos e pelo controle ambiental.

<https://goias.gov.br/saude/historia-do-cesio-137-em-goiania/>
Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/radioatividade/>
https://gemini.google.com/app/d9a71fd5ff3ea3?utm_source=app_launcher&utm_medium=owned&utm_campaign=base_all. Acesso em: 24 set. 2025. (adaptado)

Equipe Nuredi 2025.



ATIVIDADES

Meia - vida:

39. (FEI - SP adaptada) Vinte gramas de um isótopo radioativo decrescem para cinco gramas em dezesseis anos. A meia-vida desse isótopo é:

- (A) 4 anos. (D) 32 anos.
(B) 8 anos. (E) 64 anos.
(C) 16 anos.

40. (PUC - Campinas - SP) O iodo - 125, variedade radioativa do iodo com aplicações medicinais, tem meia-vida de 60 dias. Quantos gramas de iodo - 125 restarão após seis meses a partir de uma amostra contendo 2,00 g do radioisótopo?

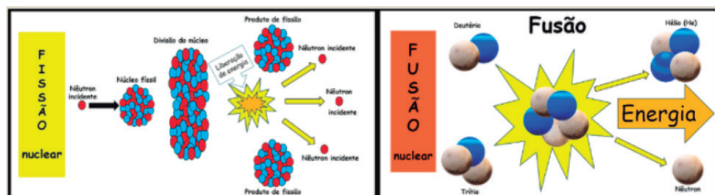
- (A) 1,50. (D) 0,25.
(B) 0,75. (E) 0,10.
(C) 0,66.

Fissão e Fusão

Leia o texto.

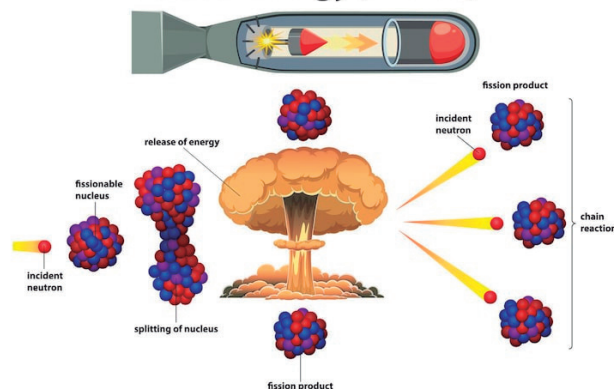
Texto XI

Fissão e Fusão



A fissão nuclear é a divisão de um núcleo atômico pesado e instável (como o urânio) em dois ou mais núcleos menores, libertando uma quantidade significativa de energia e mais nêutrons. Este processo pode ser controlado em usinas nucleares para a produção de eletricidade ou ocorrer de forma descontrolada em armas nucleares, aproveitando-se da chamada reação em cadeia.

Nuclear Energy (Fission)



Citando o urânio como exemplo, ao sofrer a fissão nuclear, se desintegra em átomos de bário ($\text{Ba} - 141$), criptônio ($\text{Kr} - 92$) e outros três nêutrons, e assim, sucessivamente, estabelecendo-se uma reação em cadeia. Cada reação emite mais nêutrons, que induzem mais novas reações de forma exponencial.

Como funciona:

- Bombardeamento de Nêutrons:** A fissão começa quando um nêutron colide com um núcleo atômico pesado e instável.
- Divisão do Núcleo:** A energia da colisão faz com que o núcleo se divida em núcleos menores.
- Libertação de Energia:** O processo de divisão libera uma enorme quantidade de energia.
- Emissão de mais Nêutrons:** A fissão também produz nêutrons adicionais que, por sua vez, podem colidir com outros núcleos pesados.

Reação em Cadeia:

- Os novos nêutrons libertados iniciam mais reações de fissão, que libertam mais nêutrons e mais energia, num processo que se autoalimenta.
- Esta reação em cadeia é controlada em reatores nucleares, utilizando substâncias que absorvem nêutrons, como o cádmio, para manter um fluxo de energia constante.
- Nas armas nucleares, a reação em cadeia ocorre de forma rápida e descontrolada, levando a uma explosão.

Aplicações:

- Geração de Eletricidade:** A energia liberada nas reações de fissão é utilizada em usinas nucleares para aquecer água, que produz vapor e aciona geradores elétricos.
- Armas Nucleares:** A fissão descontrolada é o princípio por trás das bombas atômicas.

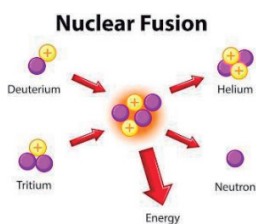
A **fusão nuclear** é a união de dois ou mais núcleos atômicos leves que formam um núcleo mais pesado, libertando uma quantidade significativa de energia. Este processo é a fonte de calor e luz do Sol e de todas as outras estrelas. Pesquisadores procuram replicar este fenômeno na Terra para gerar energia limpa, um desafio que exige condições extremas de temperatura e pressão, como o controle de um estado da matéria conhecido como plasma, usando poderosos campos magnéticos.

Como funciona:

1. **Condições extremas:** Para que ocorra a fusão, os núcleos atômicos precisam ser levados a temperaturas e pressões elevadíssimas, forçando-os a superar a repulsão elétrica e fundir-se.
2. **Plasma:** Sob estas condições, os átomos são aquecidos a ponto de os elétrons serem arrancados, formando um estado da matéria chamado plasma.
3. **Reação:** Nos reatores experimentais, o plasma é confinado por campos magnéticos. Quando os núcleos de elementos leves, como o deutério e trítio (isótopos do hidrogênio), colidem e se fundem, formam um núcleo de hélio e liberam uma enorme quantidade de energia.

Potenciais benefícios:

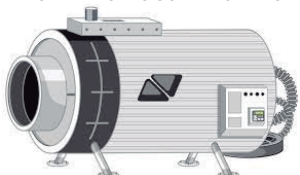
- **Energia limpa:** A fusão nuclear não produz dióxido de carbono nem lixo tóxico radioativo; o principal produto, o hélio, não é radioativo.
- **Sem riscos de explosão:** O processo não apresenta risco de explosões descontroladas nem contaminação.
- **Recursos abundantes:** Os combustíveis (como os isótopos de hidrogênio) são abundantes, tornando esta fonte de energia virtualmente inesgotável.



Desafios e o projeto ITER:

- **Tecnologia:** A principal barreira é a tecnologia necessária para criar e manter as condições extremas de temperatura e pressão, bem como confinar o plasma de forma estável e eficiente.

ITER: O maior projeto internacional para desenvolver reatores de fusão é o ITER (Reator Termonuclear Experimental Internacional), que reúne vários países para replicar o processo do Sol na Terra. É um grande projeto científico global para demonstrar a viabilidade da fusão nuclear como uma fonte de energia limpa, segura e abundante em larga escala. Através da construção de um reator experimental do tipo tokamak, o ITER visa provar que



a fusão pode gerar mais energia do que consome, pavimentando o caminho para usinas de fusão comerciais no futuro.

Uma curiosidade: No Brasil existem pesquisas a respeito da fusão nuclear. O país possui instalações como o tokamak experimental do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e tem planos para o Laboratório de Fusão Nuclear (LFN), que poderá ser um centro nacional de pesquisa.



Para saber mais

Estudante, é sempre bom enriquecer nossos conhecimentos. Não é mesmo? Pensando assim, saiba mais acessando os links a seguir e enobreça o seu cérebro. Aproveite e pesquise sobre o que é energia nuclear e como funciona uma usina nuclear.

Energia Nuclear:

www.cnem.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf



História da Energia Nuclear:

www.cnem.gov.br/ensino/apostilas/historia.pdf



Outras Aplicações Nucleares:

www.cnem.gov.br/ensino/apostilas/aplica.pdf



Radioatividade:

www.cnem.gov.br/ensino/apostilas/radio.pdf



Radiações ionizantes:

www.cnem.gov.br/ensino/apostilas/rad_ion.pdf





ATIVIDADES

Fissão e Fusão nuclear:

41. (FGV 2020) De acordo com a teoria da relatividade de Einstein, a conversão de massa em energia é regida pela expressão $E = mc^2$, sendo c a velocidade da luz no vácuo, que é igual a $3 \cdot 10^8$ m/s. No interior do Sol, ocorrem fusões nas quais quatro átomos de hidrogênio se unem para formar um átomo de hélio. A massa dos quatro átomos de hidrogênio é ligeiramente maior que a de um átomo de hélio, e essa diferença, que é de aproximadamente $5,0 \cdot 10^{-29}$ kg, é convertida em energia.

Sabe-se que a energia produzida no interior do Sol, a cada segundo, é cerca de $3,6 \cdot 10^{28}$ J. Portanto, a quantidade de prótons que se fundem no interior do Sol, a cada segundo, é

- (A) $1,6 \cdot 10^{20}$.
- (B) $4,8 \cdot 10^{32}$.
- (C) $3,2 \cdot 10^{40}$.
- (D) $7,2 \cdot 10^{56}$.
- (E) $2,2 \cdot 10^{65}$.

42. (ENEM 2022) As usinas nucleares utilizam o princípio da fissão nuclear para gerar energia elétrica. Dentro do reator, nêutrons colidem com átomos de urânio, que se dividem em dois novos átomos, liberando de dois a três nêutrons do núcleo, em uma reação em cadeia. Esse processo libera muito calor, que é utilizado para gerar energia. Porém, é necessário um sistema de arrefecimento para evitar uma explosão. Para isso, a água captada de fontes naturais circula em um sistema fechado e depois volta para o meio ambiente.

Caso esse sistema não ocorra de maneira adequada, será gerado um impacto negativo porque

- (A) produzirá gases tóxicos.
- (B) diminuirá a reserva hídrica local.
- (C) aquecerá os ecossistemas aquáticos.
- (D) aumentará a disponibilidade de nutrientes.
- (E) permitirá a contaminação por microrganismos.

Estudante, a seguir, questões variadas sobre os assuntos abordados com o intuito de oportunizar o seu desenvolvimento em relação a tudo que foi estudado até aqui. Sucesso!



ATIVIDADES

Relatividade

01. A partir da teoria de Albert Einstein, o paradoxo dos gêmeos apresenta a seguinte situação: dois irmãos gêmeos são astronautas, e um deles viaja para o espaço em

uma nave com velocidade de $0,6c$, enquanto o seu irmão permanece na base terrestre. Quando partiu em viagem, sua idade era x anos. Ao retornar, o irmão gêmeo estava que ficou na Terra estava completando 38 anos. Qual é a idade do astronauta viajante?

- (A) 32 anos.
- (B) 34 anos.
- (C) 36 anos.
- (D) 38 anos.
- (E) 40 anos.

02. Uma pessoa que viaja em um trem a uma velocidade de $0,3c$ observa que ali ocorre um evento durante 300 s. Para um observador situado à margem da ferrovia, de quanto é, aproximadamente, esse intervalo de tempo?

- (A) 285s
- (B) 300s
- (C) 306s
- (D) 316s
- (E) 320s

03. Uma viatura se locomove em uma autovia com velocidade $0,8c$ em relação ao solo. Sendo o seu comprimento real 6,0 m, qual é o comprimento dessa viatura medido por um pedestre que a observa parado na calçada?

- (A) 3,6m.
- (B) 3,8m.
- (C) 4,0m.
- (D) 4,8m.
- (E) 6,0m.

04. Um foguete de 300 m de comprimento foi lançado no espaço com uma velocidade v “em relação à Terra”. Do ponto de vista de um observador na Terra, o seu comprimento é de 200 m. Considerando a velocidade de propagação da luz no vácuo $c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$, o valor da velocidade desse foguete em relação à Terra é

- (A) $0,24 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.
- (B) $1,24 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.
- (C) $1,24 \cdot 10^{16} \frac{m}{s}$.
- (D) $2,24 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.
- (E) $2,24 \cdot 10^{16} \frac{m}{s}$.

05. Seja um próton de massa de repouso . Para que essa massa seja triplicada, qual deve ser a sua velocidade em função da velocidade da luz no vácuo c ?

(A) $v = \frac{2\sqrt{2}}{3} c$

(B) $v = \frac{4\sqrt{2}}{3} c$

(C) $v = \frac{2}{3} c$

(D) $v = \frac{8}{3} c$

(E) $v = \frac{2\sqrt{3}}{3} c$

06. Calcule a energia de repouso que um elétron armazena, sabendo que sua massa de repouso é $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ e que um elétron-volt (1eV) é uma unidade de energia que corresponde a $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Dado a velocidade de propagação da luz no vácuo $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

(A) 0,17 MeV

(B) 0,19 MeV

(C) 0,21 MeV

(D) 0,24 MeV

(E) 0,27 MeV

Efeito Fotoelétrico

07. Uma amostra de Lítio é iluminada por uma fonte de luz vermelha de comprimento de onda $6,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Se a frequência de corte dessa amostra é $6,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, é possível extrair elétrons do Lítio? Considere a velocidade de propagação da luz no vácuo $3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

(A) Sim, pois $f > f_0$.

(B) Não, pois $f > f_0$.

(C) Sim, pois $f < f_0$.

(D) Não, pois $f > f_0$.

(E) Não, pois $f < f_0$.

08. Dado um metal, a velocidade de um elétron livre é da ordem de $1 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Se a massa do elétron é $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ e a constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, o comprimento de onda de De Broglie associado ao elétron será aproximadamente

(A) 7,3 nm.

(B) 6,9 nm.

(C) 5,8 nm.

(D) 5,5 nm.

(E) 4,7 nm.

09. (OPF – SP) O efeito fotoelétrico pode ser explicado a partir de suposições de Einstein em que:

(A) a massa do elétron cresce com a velocidade.

(B) a energia da luz é quantizada.

(C) a carga do elétron cresce com a velocidade.

(D) os átomos irradiam energia.

(E) a energia da luz cresce com a velocidade.

10. (OPF – SP) Calcule o momento linear de um fóton de comprimento de onda, típico de diodos laser empregados na leitura de CDs. Dado: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, a constante de Planck.

(A) $2,5 \cdot 10^{-27} \text{ J} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}}$

(B) $3,5 \cdot 10^{-28} \text{ J} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}}$

(C) $4,5 \cdot 10^{-26} \text{ J} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}}$

(D) $8,5 \cdot 10^{-28} \text{ J} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}}$

(E) $9,5 \cdot 10^{-29} \text{ J} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}}$



LEITURAS RECOMENDADAS

Caro(a) estudante, com o intuito de proporcionar a você uma ampliação dos seus estudos, segue uma relação de livros, revistas e sites para que possa ler, dinamizar e compartilhar com o próximo. São leituras com abordagens distintas de um livro didático, porém, com muita ilustração, diversão e curiosidades. Portanto, bons estudos!

CARLOS, Fiolhais. **Física divertida**. Brasília: Editora da UNB, 2000.

VALADARES, Eduardo de Campos. **Física mais que divertida**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.

Revista Brasileira do Ensino de Física. Editada pela Sociedade Brasileira de Física. <http://sbfisica.org.br/rbef>



Física Moderna para o Ensino Médio
Osvaldo Antônio Govone | 2002



Física Moderna: Tópicos para o Ensino Médio

Dulcidio Braz Júnior | 2002



e-book Mundo dos Curiosos | 2022



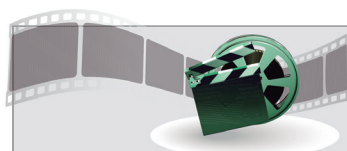
Andrew Leatherbarrow | 2019

<http://www.cnem.gov.br> Comissão Nacional de Energia Nuclear. Segurança das centrais nucleares, emergência radiológica, normas da CNEN e outros temas são abordados nesse site.

<http://www.eletronuclear.gov.br> Eletrobrás Termonuclear. Trata da Geração Nuclear com temas como Educação Ambiental, Gestão de Resíduos e outros.



Essas indicações são apenas um vetor para que possas aprofundar e enriquecer cada vez mais seus conhecimentos. Quando tiveres acesso a essas indicações, verás que tem muitas outras referências bibliográficas sobre o assunto Física Moderna. Bons e proveitosos estudos!

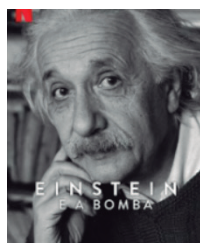


FILMES RECOMENDADOS

1. Einstein e a Bomba

Sinopse

Albert Einstein, o cientista mais famoso do mundo em 1933, precisou fugir da Alemanha após o avanço de Hitler, que começou a perseguição sistemática aos judeus. Escondendo-se da vista de todos, um dos maiores



pensadores da história se isolou para fugir da guerra, mas também foi neste momento que seu relacionamento entre a Europa e os EUA, entre o pacifismo e a agressão, se iniciou, o colocando no caminho da mais poderosa das invenções: a bomba atômica. O documentário Einstein e a Bomba utiliza as próprias palavras de Einstein por meio de imagens de arquivo, cartas e entrevistas para revelar sua vida durante duas guerras mundiais.

Não recomendado para menos de 12 anos.

2. Oppenheimer

Sinopse

Oppenheimer é um filme histórico de drama dirigido por Christopher Nolan e baseado no livro biográfico vencedor do Prêmio Pulitzer *Prometeu Americano: O Triunfo e a Tragédia de J. Robert Oppenheimer*, escrito por Kai Bird e Martin J. Sherwin. Ambientado durante a Segunda Guerra Mundial, o longa acompanha a vida de J. Robert Oppenheimer (Cillian Murphy), físico teórico da Universidade da Califórnia e diretor do Laboratório de Los Alamos durante o Projeto Manhattan - que tinha a missão de projetar e construir as primeiras bombas atômicas. A trama acompanha o físico e um grupo formado por outros cientistas ao longo do processo de desenvolvimento da arma nuclear que foi responsável pelas tragédias nas cidades de Hiroshima e Nagasaki, no Japão, em 1945. Além de Cillian, o elenco também traz nomes como Emily Blunt, Matt Damon, Robert Downey Jr., Florence Pugh, Gary Oldman, Jack Quaid, Gustaf Skarsgård, Rami Malek e Kenneth Branagh.



Não recomendado para menos de 12 anos.

3. Chernobyl - O filme

Sinopse

Não recomendado para menos de 16 anos.

Após o terrível acidente nuclear na usina de Chernobyl, um bombeiro arrisca sua vida para evitar um desastre ainda maior. Ao lado de um engenheiro e um mergulhador militar, eles partem na perigosa missão de drenar a água de um reator em chamas.



4. Césio 137 - O Pesadelo de Goiânia

Sinopse

Não recomendado para menos de 16 anos.

Em 1987, em Goiânia, dois catadores de papel encontram uma cápsula radioativa e a vendem ao dono de um ferro-velho. Aberta a cápsula, mais de 250 pessoas acabam contaminadas pela substância chamada Césio 137.





Revisa Goiás

Expediente

Governador do Estado de Goiás

Ronaldo Ramos Caiado

Vice-Governador do Estado de Goiás

Daniel Vilela

Secretária de Estado da Educação

Aparecida de Fátima Gavioli Soares Pereira

Secretária-Adjunta

Helena Da Costa Bezerra

Diretora Pedagógica

Alessandra Oliveira de Almeida

Superintendente de Educação Infantil e Ensino Fundamental

Fátima Garcia Santana Rossi

Superintendente de Ensino Médio

Osvany Da Costa Gundim Cardoso

Superintendente de Segurança Escolar e Colégio Militar

Cel Mauro Ferreira Vilela

Superintendente de Desporto Educacional, Arte e Educação

Elaine Machado Silveira

Superintendente de Atenção Especializada

Rupert Nickerson Sobrinho

Diretor Administrativo e Financeiro

Andros Roberto Barbosa

Superintendente de Gestão Administrativa

Leonardo de Lima Santos

Superintendente de Gestão e Desenvolvimento de Pessoas

Hudson Amarau de Oliveira

Superintendente de Infraestrutura

Gustavo de Moraes Veiga Jardim

Superintendente de Planejamento e Finanças

Taís Gomes Manvailer

Superintendente de Tecnologia

Bruno Marques Correia

Diretora de Política Educacional

Vanessa de Almeida Carvalho

Superintendente de Gestão Estratégica e Avaliação de Resultados

Márcia Maria de Carvalho Pereira

Superintendente do Programa Bolsa Educação

Márcio Roberto Ribeiro Capitelli

Superintendente de Apoio ao Desenvolvimento Curricular

Nayra Claudinne Guedes Menezes Colombo

Chefe do Núcleo de Recursos Didáticos

Evandro de Moura Rios

Coordenador de Recursos Didáticos para o Ensino Fundamental

Alexsander Costa Sampaio

Coordenadora de Recursos Didáticos para o Ensino Médio

Edinalva Soares de Carvalho Oliveira

Professores elaboradores de Língua Portuguesa

Bianca Felipe Ferreira

Edinalva Filha de Lima Ramos

Katiuscia Neves Almeida

Maria Aparecida Oliveira Paula

Norma Célia Junqueira de Amorim

Professores elaboradores de Matemática

Basíllrio Alves da Costa Neto

Tayssa Tieni Vieira de Souza

Thiago Felipe de Rezende Moura

Tyago Cavalcante Bilio

Professores elaboradores de Ciências da Natureza

Leonora Aparecida dos Santos

Sandra Márcia de Oliveira Silva

Sílvio Coelho da Silva

Professores elaboradores de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Eila da Rocha dos Santos

Geraldo Avelino Gomes Filho

Revisão

Cristiane Gonzaga Carneiro Silva

Diagramação

Adriani Grün