Revisa Goiás

Recompondo e ampliando aprendizagens...



3ª Série

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

4º Bimestre - 2026

Estudante

SEDUC Secretaria de Estado da Educação | Governo de GOIÁS

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

BIOLOGIA

TEMÁTICA: Doenças genéticas

CONTEXTUALIZANDO

Estudante, a diversidade genética é fundamental para a sobrevivência de uma espécie. Por exemplo, nós herdamos uma mistura de genes de nossos pais e novamente, misturamos esses genes nas próximas gerações. No entanto, durante esse processo, segmentos do DNA podem ser excluídos ou multiplicados, gerando assim, mutações genéticas. Como por exemplo, vícios e a resistência ao álcool.

Para saber mais leia o texto: **Efeitos bizarros de mutações genéticas.**

Disponível em: https://www.fatosdesconhecidos.com.br/7-efeitos-bizarros-de-mutacoes-geneticas/. Acesso em 26. jun.2026.

Leia o texto

Texto I

Mutação

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. As mutações podem ocorrer de forma espontânea ou de forma induzida.

De forma espontânea, ocorre devido a erros na replicação do DNA. E de forma induzida, quando o organismo é exposto a um agente mutagênico, como a radiação.

As mutações podem ocorrer em células somáticas ou germinativas e podem ser de dois tipos: gênica ou cromossômica.

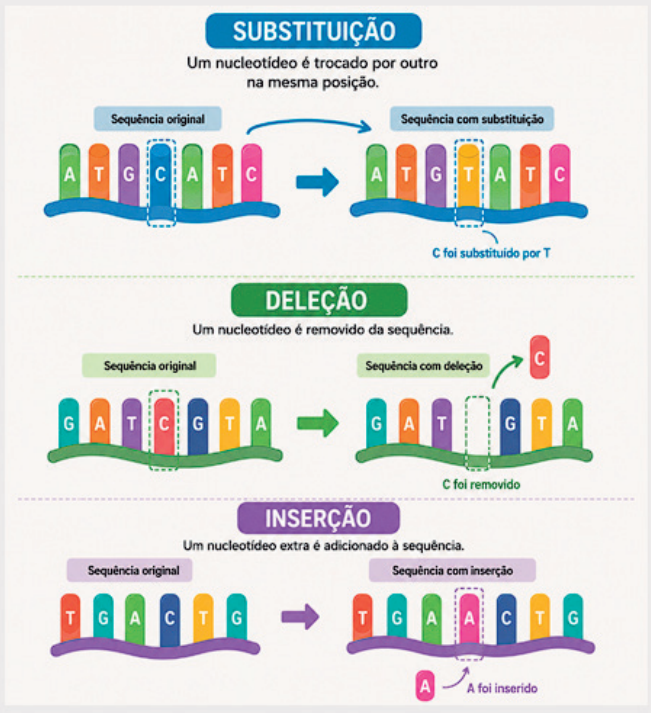
Mutação Gênica

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.

Tipos de mutações gênicas por:

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

Mutação Cromossômica

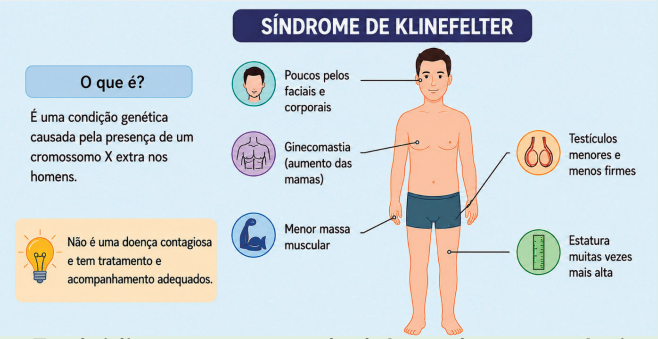
A mutação cromossômica refere-se a qualquer alteração no número ou estrutura dos cromossomos.

A mutação cromossômica pode ser de dois tipos:

Mutações numéricas: podem ser classificadas em aneuploidias e euploidias. Também chamadas de aberrações numéricas.

- Aneuploidia ocorre quando há perda ou acrésci-

mo 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.



- 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 triplóides (3n), tetraplóides (4n), entre outros casos de poliploidia.

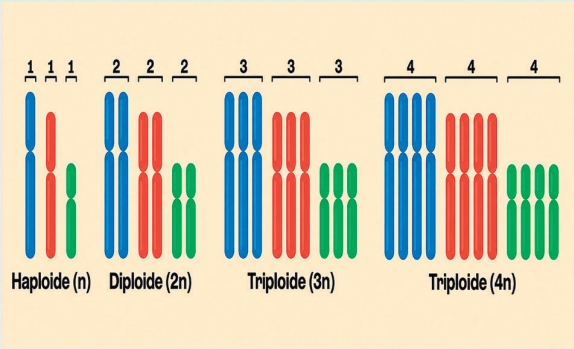


Ilustração que exemplifica as euploidias (mutação numérica)

Mutações estruturais: São alterações que afetam a estrutura dos cromossomos, ou seja, o número ou o arranjo dos genes.

Podem ser classificadas em alguns tipos:

- Deficiência ou deleção: quando falta um pedaço ao cromossomo;
- Duplicação: quando o cromossomo tem um pedaço repetido;
- Inversão: quando o cromossomo tem um pedaço invertido;
- Translocação: quando um cromossomo tem um pedaço proveniente de outro cromossomo.

Ilustração que exemplifica as mutações estruturais

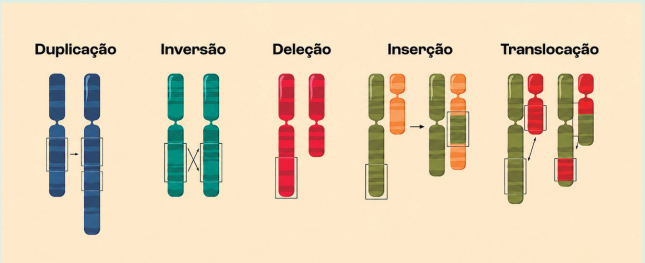


Ilustração que exemplifica as mutações estruturais Exemplos de mutações

Mutações gênicas:

- Substituição: Anemia falciforme;
- Deleção: Síndrome de DiGeorge;
- Inserção: Síndrome de Huntington.

Mutações numéricas (aneuploidias):

- Síndrome de Down;
- Síndrome de Turner;
- Síndrome de Patau.

Mutações numéricas (euplodias)

- 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.

Mutações estruturais:

- Deleção ou deficiência: Síndrome de Williams;
- Duplicação: Síndrome de Charcot-Marie-Tooth tipo 1A (CMT1A);
- Inversão: Hemofilia do tipo A (inversão no íntron 22);
- Translocação: Leucemia Mieloide Crônica (LMC).

Disponível em: https://www.todamateria.com.br/mutacao/ 20.jul.2026.

Glossário

DNA: molécula que armazena todas as informações necessárias para formar um organismo. Também permite a transmissão dessas informações entre gerações.

Base nitrogenada: um dos componentes do nucleotídeo. Correspondem às "letras" que formam a sequência do DNA como A,T,C,G.

Nucleotídeo: unidade básica dos ácidos nucleicos, como o DNA e o RNA

Sequência: ordem dos nucleotídeos no DNA ou RNA

Gene: trecho do DNA que contém a informação para produzir proteínas ou para regular processos biológicos.

Cromossomo: estruturas que contém o DNA

Genoma: conjunto completo do DNA de um organismo, incluindo todos os genes e regiões regulatórias.

https://www.genesisgenomics.com.br/blog/tipos-de-alteracoes-geneticas-mutacoes-alteracoes-cromossomicas-e-epigeneticas

Para saber mais!

Estudante, o **mapa conceitual** é uma ferramenta que organiza as informações de forma visual, facilitando a compreensão, a relação entre os conceitos e a fixação do conteúdo estudado.

Leia o texto e construa um mapa conceitual com o tema "Mutação". No mapa, inclua: definição; causas (espontânea e induzida); tipos de mutação e exemplos.

ATIVIDADES

1. O que é uma mutação genética?

2. As mutações podem ocorrer de forma espontânea ou de forma induzida. Qual é a diferença entre essas duas formas de mutação?

3. A mutação gênica é caracterizada por:
(A) Duplicação de cromossomos durante a divisão celular.
(B) Alterações na sequência de bases nitrogenadas do DNA.
(C) A redução do número de cromossomos da célula.
(D) Aumento do número de cromossomos da célula.
(E) A troca de células entre organismos diferentes.

4. Quais são os três principais tipos de mutações gênicas? Explique, de forma resumida, o que acontece em cada uma delas.

5. Explique por que uma mutação silenciosa, na maioria das vezes, não altera a proteína produzida.

6. As mutações cromossômicas podem provocar alterações no material genético. Quando ocorre ganho ou perda de um ou mais cromossomos, essa alteração é chamada de:
(A) Deleção.
(B) Inversão.
(C) Aneuploidia.
(D) Translocação.
(E) Duplicação.

7. A euploidia acontece quando ocorre:
(A) Perda de um único cromossomo.
(B) Troca de segmentos entre cromossomos.
(C) Ganho ou perda de conjuntos completos de cromossomos.
(D) Inversão de um segmento do cromossomo.
(E) Repetição de apenas um gene.

8. Em uma análise genética, foi observado que um cromossomo perdeu um de seus segmentos. Essa alteração estrutural recebe o nome de:
(A) Duplicação.
(B) Translocação.
(C) Inversão.
(D) Deleção.
(E) Euploidia

9. As mutações cromossômicas estruturais alteram principalmente:
(A) A estrutura dos cromossomos modificando o arranjo dos genes.
(B) O número de proteínas produzidas pela célula.
(C) Apenas o número de cromossomos da célula.
(D) Apenas o número de células do organismo.
(E) Somente o DNA das mitocôndrias.

10. (PUC-RJ-2002) "A capacidade de errar ligeiramente é a verdadeira maravilha do DNA. Sem esse atributo especial, seríamos ainda bactéria anaeróbia, 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 a qual características dos seres vivos?
(A) seleção natural.
(B) excitabilidade.
(C) reprodução.
(D) excreção.
(E) mutação.

11. (UERJ) Qualquer célula de um organismo pode sofrer mutações. Há um tipo de célula, porém, de grande importância evolutiva, que é capaz de transmitir a mutação diretamente à descendência.
(A) Diploides.
(B) Somáticas.
(C) Germinativas.
(D) Embrionárias.
(E) Conjuntivas.

AMPLIANDO

Estudante, as **mutações genéticas** são alterações que ocorrem no material genético (DNA) de um organismo. Elas podem acontecer naturalmente durante a duplicação do DNA ou ser provocadas por fatores externos, como **radiação, algumas substâncias químicas e determinados vírus.**

Nem toda mutação é prejudicial. Algumas não causam nenhuma alteração significativa, enquanto outras podem ser **benéficas** e contribuir para a diversidade genética. Porém, determinadas mutações podem alterar o funcionamento das células e provocar doenças.

Um exemplo é o **câncer**, que pode surgir quando mutações atingem genes responsáveis pelo controle da divisão celular, pelo reparo do DNA ou pela morte programada das células. Nesse caso, as células podem se multiplicar de maneira descontrolada.

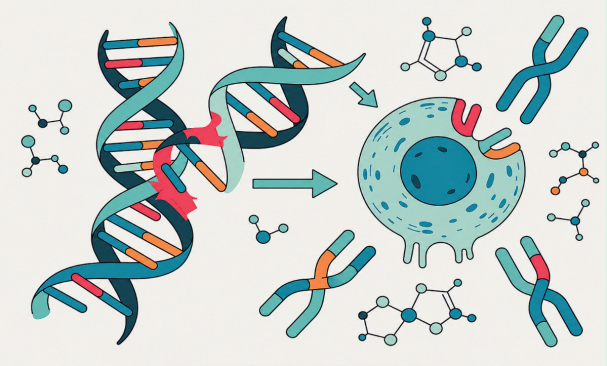
As mutações também são importantes para a **evolução dos seres vivos**, pois aumentam a variabilidade genética das populações. Assim, elas fazem parte de um processo natural da vida e podem contribuir para a adaptação dos organismos ao ambiente.

É importante lembrar que algumas mutações podem ser **hereditárias**, quando estão presentes nas células que originam os gametas e podem ser transmitidas aos descendentes. Outras são **adquiridas ao longo da vida** e não são transmitidas aos filhos.

Leia o texto.

Texto II

A genética do câncer e suas mutações



Os oncogenes e os genes supressores desempenham papéis cruciais no desenvolvimento do câncer. Oncogenes são genes que, quando mutados ou expressos em níveis elevados, podem promover o crescimento celular descontrolado. Por outro lado, os genes supressores ajudam a regular o ciclo celular e a prevenir o crescimento excessivo das células. Quando esses genes falham, as células podem se dividir sem parar, levando à formação de tumores.

As mutações somáticas ocorrem em células que não são germinativas (ou seja, não são passadas para a próxima geração). Essas mutações podem ser causadas por fatores ambientais, como radiação e produtos químicos. Quando uma célula sofre uma mutação somática, ela pode começar a se comportar de maneira anormal. Isso pode levar à formação de um tumor maligno.

As mutações podem afetar:

- o crescimento celular
- a capacidade de se dividir
- a morte celular programada

Essas alterações podem **desencadear** o câncer, uma vez que as células começam a se multiplicar sem controle.

O câncer hereditário ocorre quando alterações genéticas são passadas de uma geração para outra. Algumas síndromes genéticas, como a **Síndrome de Lynch** e a **Síndrome de Peutz-Jeghers**, aumentam o risco de desenvolver certos tipos de câncer.

Os **testes genéticos** ajudam a identificar mutações que podem aumentar o risco de câncer. Esses testes analisam seu DNA e podem revelar se você possui genes que predisponham ao câncer.

Aqui estão algumas implicações dos testes genéticos:

- **Prevenção:** Você pode adotar medidas para reduzir o risco.
- **Monitoramento:** Exames regulares podem ser realizados.
- **Decisões informadas:** Você pode escolher opções de tratamento mais adequadas.

Porém, é importante lembrar que os resultados podem trazer ansiedade. Conversar com um conselheiro genético pode ajudar a entender melhor as informações.

Seu estilo de vida pode influenciar o surgimento de mutações genéticas. Fatores como dieta, atividade física e exposição a substâncias tóxicas desempenham um papel significativo. Ao adotar hábitos saudáveis, você pode reduzir o risco de desenvolver câncer.

Considere estas práticas:

- Alimentação balanceada: Frutas e vegetais são ricos em antioxidantes.
- Exercício regular: Ajuda a manter um peso saudável.
- Evitar tabaco e álcool: Reduz o risco de várias formas de câncer.

A educação em saúde é fundamental para a prevenção do câncer. Quando você está bem informado, pode tomar decisões que impactam sua saúde. Isso inclui entender a genética do câncer e como as mutações podem levar ao desenvolvimento de tumores.

Investir em educação pode incluir:

- Leitura de materiais informativos sobre câncer.
- Conversas com profissionais de saúde sobre riscos genéticos.

Terapia gênica: uma nova esperança no tratamento do câncer

A terapia gênica é uma abordagem inovadora que visa tratar doenças ao modificar os genes. No contexto do câncer, essa técnica busca corrigir ou substituir genes defeituosos que contribuem para o crescimento dos tumores. A terapia pode ser realizada de diversas maneiras, incluindo:

- **Inserção de genes saudáveis:** Isso ajuda a restaurar a função normal das células.
- **Desativação de genes problemáticos:** Isso impede que células cancerosas cresçam e se multipliquem.

O processo geralmente envolve a entrega de material genético diretamente nas células do paciente, utilizando vetores, como vírus, que transportam os genes desejados. Essa estratégia oferece uma nova perspectiva no tratamento do câncer, focando na causa e não apenas nos sintomas.

Texto adaptado - Disponível em: https://centraldabiologia.com.br/a-genetica-do-cancer-e-suas-mutacoes-surpreendentes/. Acesso em 05.ago.2026.

ATIVIDADES

12. Explique o papel dos oncogenes e dos genes supressores de tumor no desenvolvimento do câncer. Como as alterações nesses genes podem favorecer o crescimento descontrolado das células?

13. As mutações somáticas podem ser causadas por fatores ambientais, como radiação e produtos químicos. Explique por que essas mutações podem levar ao surgimento de tumores malignos e por que elas não são transmitidas aos descendentes.

14. Os testes genéticos são uma importante ferramenta na prevenção e no tratamento do câncer. Cite duas vantagens desses testes.

15. O texto afirma que o estilo de vida influencia o risco de desenvolver câncer. Relacione hábitos saudáveis explicando como essas práticas podem contribuir com a com bom funcionamento do organismo.

16. A terapia gênica representa uma abordagem inovadora por atuar diretamente nos genes envolvidos no desenvolvimento do câncer.

Essa estratégia diferencia-se dos tratamentos convencionais porque busca

(A) impedir toda divisão celular do organismo.
(B) modificar ou corrigir genes relacionados ao crescimento dos tumores.
(C) substituir completamente cirurgias, quimioterapia e radioterapia.
(D) eliminar todas as mutações hereditárias existentes.
(E) aumentar a velocidade de multiplicação das células saudáveis.

17. A terapia gênica consiste principalmente em:

(A) Administrar medicamentos que alteram a expressão de genes.
(B) Realizar sequenciamento completo do genoma do paciente.
(C) Utilizar apenas células-tronco embrionárias para regenerar tecidos.
(D) Aplicar quimioterapia seletiva em células tumorais
(E) Introduzir material genético funcional em células de um paciente para corrigir ou compensar um defeito genético.

18. (CESMAC/2016.2) A tecnologia do DNA recombinante permitiu a criação do milho Bt, resistente ao ataque de determinados tipos de insetos. **Considerando que foi introduzido um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que promove na planta a produção de uma proteína tóxica aos insetos, mas inofensiva aos mamíferos, é correto afirmar que o milho Bt é resultado de técnica de**

(A) eletroforese.
(B) transgênese.
(C) terapia gênica.
(D) clonagem gênica.
(E) cruzamento interespecífico.

Para saber mais!

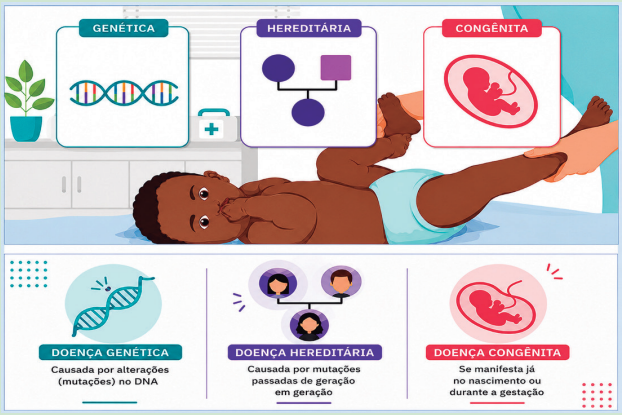
Estudante, síndrome é o termo usado para descrever um conjunto de sinais e sintomas que caracterizam as manifestações clínicas de uma ou mais doenças ou condições, independentemente da causa que as origina. As síndromes desencadeiam um conjunto de sinais e sintomas que surgem simultaneamente e podem ter origens diversas, podendo se assemelhar a uma ou mais doenças. Entenda o que são e veja os principais tipos de síndromes acessando o site.

Disponível em:https://querobolsa.com.br/enem/biologia/sindromes?utm_source=chat-gpt.com Acesso em: 19 ago. 2026.

Leia o texto.

Texto V

Doença genética, doença hereditária e doença congênita: entenda as diferenças



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, causada por uma mutação pontual no gene HBB (responsável pela cadeia beta da hemoglobina), localizado no cromossomo 11. Nesse caso, 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.

Diabete - Diabetes é uma doença com herança genética poligênica (envolve vários genes) e fatores ambientais, 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 - O câncer se forma quando o DNA de uma célula normal é danificado ou mutado. 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. 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 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 é resultante de uma mutação genética do gene LMNA que codifica a proteína ("Lâmina-A"). Manifesta-se na infância e caracteriza-se por apresentar 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.

Hipertricose - A hipertricose é uma condição bastante rara, geralmente causada por distúrbios hormonais. Em alguns casos, pode ser causada por uma mutação dominante de um gene localizado no cromossomo 8. Caracteriza-se pelo crescimento excessivo dos pelos, os quais cobrem praticamente todo o corpo. Estima-se que a hipertricose acometa 1 a cada 1 bilhão de nascidos.

Texto modificado - disponível em: https://www.todamateria.com.Acesso em: 15 ago. 2026.

Para saber mais!

Embora cada doença genética possua sinais e sintomas específicos, ainda há grande variabilidade tanto entre as doenças, quanto entre pacientes de uma mesma doença. Além disso, muitos sintomas são semelhantes a doenças comuns, tornando o diagnóstico correto um desafio para a comunidade médica.

Para saber mais sobre doenças acesse o site https://blog.mendelics.com.br/quando-suspeitar-de-uma-doenca-genetica/. Disponível em: 12 agos.2026.

ATIVIDADES

19. Quais são os tipos de doenças genéticas?

20. Genética é uma área da Biologia que estuda os mecanismos da hereditariedade, ou seja, como ocorre a transmissão de características de um indivíduo aos seus descendentes.

Em relação aos conceitos básicos de genética, relacione as colunas.

(1) Gene alelo
(2) Epistasia
(3) Euploidia
(4) Aneuploidia
(5) Polialelia

( ) Alteração cromossômica numérica em que todo o conjunto cromossômico é alterado.
( ) Condição em que um alelo de um gene bloqueia a expressão dos alelos de outro gene.
( ) Alteração cromossômica numérica que afeta, na maioria das vezes, um único par de cromossomos.
( ) Forma alternativa de um mesmo gene que ocupa o mesmo loco em cromossomos homólogos.
( ) Três ou mais formas alélicas diferentes para um mesmo loco.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

(A) 5 – 4 – 1 – 3 – 2
(B) 3 – 2 – 4 – 1 – 5
(C) 3 – 5 – 2 – 1 – 4
(D) 4 – 2 – 3 – 1 – 5
(E) 5 – 2 – 4 – 1 – 3

21. 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%.

22. Na espécie humana há uma doença hereditária, a distrofia muscular de Duchenne, em que ocorre degeneração e atrofia dos músculos esqueléticos. Essa doença é ocasionada por um alelo recessivo, localizado no cromossomo X. A distrofia de Duchenne ocorre quase que exclusivamente em meninos. O menino afetado pela doença começa a apresentar os sintomas da distrofia entre 2 e 6 anos de idade, que vai se agravando, culminando com a morte em torno dos 12 aos 15 anos de idade, isto é, antes da maturidade sexual.

Com relação à doença de Duchenne, é correto afirmar que:

(A) é transmitida aos descendentes do sexo masculino pelo pai.
(B) a mãe portadora apresenta em 25% de seus gametas o alelo para a doença.
(C) pode ser transmitida pelos pais na fase adulta a 50% de seus descendentes.
(D) é transmitida somente pela mãe portadora aos descendentes do sexo masculino.
(E) não há possibilidade de uma mulher transmitir essa doença, pois é exclusiva do sexo masculino.

23. Síndrome de Patau é uma anomalia cromossômica com prevalência de 1:20.000 nascidos vivos. Apresenta malformações congênitas, incluindo comprometimento do sistema nervoso central, cardíaco, circulatório e urogenital, além de defeitos estruturais faciais e déficit intelectual. O tempo médio de sobrevida é de 7-10 dias, sendo complicações pulmonares a causa mais comum de morte.

O tipo de mutação cromossômica envolvida nessa síndrome genética é a

(A) Trissomia do cromossomo 21
(B) Trissomia do cromossomo 13
(C) Trissomia do cromossomo 14
(D) Trissomia do cromossomo XY0
(E) Trissomia do cromossomo XX0

24. Leia o texto.

A chinesa albina abandonada bebê que se tornou modelo da Vogue



A chinesa Xueli Abbing nasceu com albinismo, condição genética que reduz a produção de melanina. Abandonada ainda bebê devido ao preconceito, foi adotada e, posteriormente, tornou-se modelo, chegando às páginas da revista Vogue.

Fonte:https://www.bbc.com/portuguese/geral-56943491 Publicado em:30 abril 2021

O albinismo é uma condição que determina a ausência de pigmentação da pele. Na espécie humana, ela é condicionada por um gene recessivo **a**. Imagine um casal cuja mãe é homozigota recessiva e o pai é heterozigoto para essa condição.

Qual é a probabilidade de o primeiro e o segundo filho nascerem com albinismo?

(A) 1/4
(B) 1/2
(C) 3/4
(D) 1/3
(E) 2/3

25. Leia o texto.

Terapia genética contra a fibrose cística

Um estudo com 136 pacientes mostrou que a terapia genética pode melhorar a função pulmonar de pessoas com fibrose cística ao atuar diretamente no gene CFTR defeituoso, responsável pela doença. Apesar dos resultados modestos, o tratamento representa um avanço promissor.

Fonte: Veja, 03/07/2015
Disponível em: http://veja.abril.com.br/noticia/saude/terapia-genetica. Acesso em 15 ago.2026.

A fibrose cística é uma doença hereditária causada por mutações no gene responsável pela produção da proteína CFTR, que atua no transporte de íons cloreto através da membrana celular. Quando essa proteína apresenta funcionamento inadequado, ocorre alteração na composição das secreções produzidas por glândulas exócrinas.

Considerando essas informações, a principal consequência do funcionamento inadequado da proteína CFTR é:

(A) aumento da produção de hormônios pelas glândulas endócrinas.
(B) redução da passagem de água para as secreções, tornando-as mais espessas.
(C) aumento da entrada de cloretos nas células, tornando as secreções mais diluídas.
(D) interrupção da produção de proteínas no interior das células.
(E) aumento da quantidade de oxigênio transportada pelo sangue.

Para saber mais!



Estudante, o mapeamento genético é uma técnica utilizada na genética para identificar a localização dos genes nos cromossomos e compreender como características hereditárias são transmitidas entre gerações. Ele permite estudar a relação entre genes, doenças e características biológicas.

Disponível em: https://www.genera.com.br/blog/mapeamento-genetico/. Acesso em: 18 ago.2026.

Colaboração

Profª Sara Carneiro Marques Silva
Colégio Estadual CEPI Antônio Albino Ferreira
Minaçu - GO

Doenças, síndromes e transtornos

Doenças, síndromes e transtornos são termos comumente utilizados pelos médicos que podem ser usados de maneira errônea pela população. Frequentemente, falamos que uma pessoa se encontra doente referindo-nos ao fato de que algo afetou sua saúde, uma vez que doença é definida, por muitos, como a ausência de saúde. Entretanto, o termo doença não deve ser usado em todas ocasiões. A seguir, diferenciaremos doenças, síndromes e transtornos, três situações distintas que prejudicam diretamente a vida de uma pessoa.

As síndromes provocam um conjunto de sinais e sintomas que ocorrem ao mesmo tempo e que podem ter causas variadas, assemelhando-se a uma ou a várias doenças. Costuma-se denominar também de síndrome uma condição que ainda não tem uma causa bem definida. Como exemplo de síndromes, podemos citar a Síndrome de Down, a Síndrome de Turner, a Síndrome de Klinefelter, a Síndrome de Guillain-Barré, a Síndrome de Sjögren e a Síndrome de Reye. Aqui merece destaque a AIDS que, apesar de ser denominada de Síndrome da Imunodeficiência Adquirida, trata-se de uma doença, com sinais e sintomas específicos e causa bem definida. O termo síndrome ainda é usado por uma questão histórica.

Os transtornos são condições de ordem psicológica e/ou mental que geram comprometimento na vida normal de uma pessoa. Essas alterações mentais são tratadas, geralmente, por psicólogos e psiquiatras e têm aumentado na atualidade devido a situações do dia a dia, como o estresse.

Disponível em: https:// mundoeducacao.uol.com.br/. Acesso em 05 ago.2026

ATIVIDADES

1. A síndrome de Down é um caso de alteração cromossômica bastante conhecido. Essa alteração é causada pelo aumento de um cromossomo 21. **Assim sendo, trata-se de:**

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

2. Em determinadas características, dois ou mais genes diferentes atuam conjuntamente na determinação de um mesmo fenótipo. Esses genes podem estar localizados no mesmo cromossomo ou em cromossomos diferentes e, por meio de suas interações, podem produzir proporções fenotípicas diferentes das previstas pela Segunda Lei de Mendel. **Esse fenômeno é denominado:**

(A) Epistasia.
(B) Poligenia.
(C) Interação gênica.
(D) Herança qualitativa.
(E) Dominância completa.

3. (Enem- 2023) Pais com síndrome de Down

A síndrome de Down é uma alteração genética associada à trissomia do cromossomo 21, ou seja, o indivíduo possui três cromossomos 21 e não um par, como é normal. Isso ocorre pela união de um gameta contendo um cromossomo 21 com um gameta possuidor de dois cromossomos 21. Embora, normalmente, as mulheres com a síndrome sejam estéreis, em 2008, no interior de São Paulo, uma delas deu à luz uma menina sem a síndrome de Down

MORENO, T. Três anos após dar à luz, mãe portadora de síndrome de Down revela detalhes de seu dia a dia. Disponível em: www.band.uol.com.br. Acesso em: 31 out. 2013 (adaptado).

Sabendo disso, um jovem casal, ambos com essa síndrome, procura um médico especialista para aconselhamento genético porque querem ter um bebê. O

médico informa ao casal que, com relação ao cromossomo 21, os zigotos formados serão

(A) todos normais.
(B) todos tetrassômicos.
(C) apenas normais ou tetrassômicos
(D) apenas trissômicos ou tetrassômicos
(E) normais, trissômicos ou tetrassômicos.

4. 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.

5. (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.

Leia o texto.

Texto VI



Cariótipo e síndrome de Down

Cariótipo é o nome dado ao conjunto de cromossomos de uma dada espécie e apresenta forma, tamanho e número característicos. A morfologia desses cromossomos é constante para a espécie, entretanto o número pode variar em casos de alterações cromossômicas. Ao preparar o cariótipo, os cromossomos condensados são arranjados em pares. Essa organização permite avaliar as estruturas de uma determinada espécie. Em humanos, existem 46 cromossomos, que são organizados em 23 pares. Os cromossomos que constituem um par possuem mesmo tamanho e mesma posição de centrômeros. 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 profissionais que o médico pode indicar para estimular e ajudar no desenvolvimento da criança.

Principais características

As características mais comuns da pessoa com síndrome de Down são:

- Rosto arredondado e achatado;
- Cabeça pequena;
- Pescoço curto;
- Orelhas pequenas e arredondadas;
- Boca pequena com língua saliente;
- Olhos puxados para cima, em formato de amêndoa.

Além disso, a pessoa com síndrome de Down também pode apresentar baixa estatura, pés pequenos e mãos largas e pequenas, com dedos curtos.

Embora nem sempre as pessoas com síndrome de Down apresentam todas essas características, geralmente existe atraso no desenvolvimento cognitivo e intelectual, o que pode causar dificuldades na fala e aprendizado, e atraso em habilidades como andar, sentar e segurar objetos.

Disponivel em: https://www.tuasaude.com/sindrome-de-down/. Acesso 17ago.2026. Adaptado.

ATIVIDADES

26. O Dia Internacional da Síndrome de Down é comemorado em **21 de março**. A data faz referência à trissomia do cromossomo 21.

Quais são as causas da Síndrome de Down?

27. Existe algum tratamento para a síndrome de Down? Justifique

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

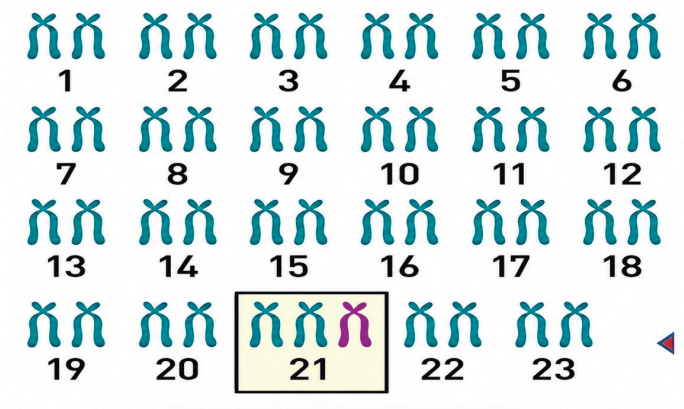
Qual alteração cromossômica caracteriza a Síndrome de Down?

(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.

29. 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.

30. 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.

SISTEMATIZANDO

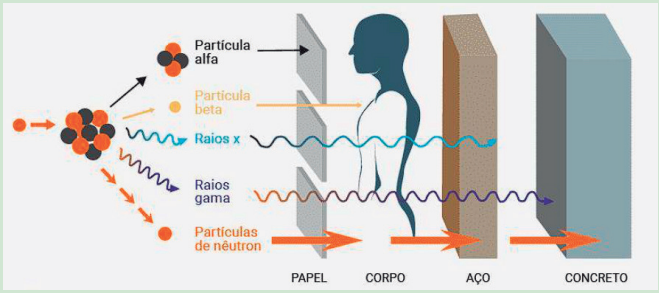
Estudante, você sabia que Goiânia-GO foi palco de um dos mais graves acidentes radiológicos do Brasil? Em 1987, ocorreu um acidente envolvendo o Césio-137, um material radioativo que estava presente em um aparelho de radioterapia abandonado. O acidente provocou a contaminação de pessoas e do ambiente, mostrando a importância de conhecer os efeitos da radiação, os riscos da exposição e as medidas de proteção e segurança.

Nos Textos III e IV, você poderá ampliar seus conhecimentos sobre esse tema, compreendendo melhor os efeitos das radiações, os riscos da exposição e a importância da prevenção e da proteção radiológica.

Bons estudos!

Leia o texto.

Texto III



Fonte: https://portal.educacao.pe.gov.br/. Acesso 19 ago.2026

Efeitos da radiação no corpo humano

É de conhecimento mundial que a exposição à radiação gerada pela fissão nuclear pode trazer sérios danos à saúde. Talvez só quem já tenha sido vítima deste acidente saiba sobre os graves efeitos da radiação no corpo humano. Um assunto de tal importância precisa ser mais difundido, portanto, acompanhe a seguir os efeitos de tal radiação.

A radiação pode provocar basicamente dois tipos de danos ao corpo, um deles é a destruição das células com o calor, e o outro consiste numa ionização e fragmentação (divisão) das células.

O calor emitido pela radiação é tão forte que pode queimar bem mais do que a exposição prolongada ao sol. Portanto, um contato com partículas radioativas pode deixar a pele do indivíduo totalmente danificada, uma vez que as células não resistem ao calor emitido pela reação.

A ionização e fragmentação celular implicam em problemas de mutação genética durante a gestação de fetos, que nascem prematuramente ou, quando dentro do período de nove meses, nascem com graves problemas de má formação.

Quimicamente falando, seria assim: as partículas radioativas têm alta energia cinética, ou seja, se movimentam rapidamente. Quando tais partículas atingem as células dentro do corpo, elas provocam a ionização celular. Células transformadas em íons podem remover elétrons, portanto, a ionização enfraquece as ligações. E o resultado? Células modificadas e, consequentemente, mutações genéticas.

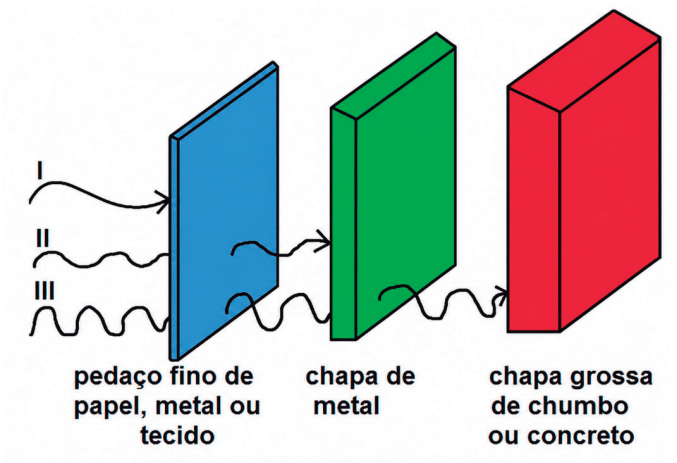
Disponível em: https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/efeitos-radiacao-no-corpo-humano.htm. Acesso em: 15 agos2026.

ATIVIDADES

31. Quais são os tipos de danos que as radiações provocam no corpo humano mencionados no texto?

32. Como ocorrem as mutações genéticas ocasionadas por radiação?

33. Um estudante ao fazer uma pesquisa sobre radiação, encontrou a seguinte figura:



Disponível em: brasilescola.uol.com.br. Acesso 19 agos.2026

Qual das radiações possuem grande poder de penetração podendo atingir órgãos internos e como ela é chamada?

(A) É a representada em III. Radiação alfa.
(B) É a representada em I. Radiação gama.
(C) É a representada em II. Radiação beta.
(D) É a representada em III. Radiação beta.
(E) É a representada em III. Radiação gama.

Leia o texto.

Texto IV

Mutações provocadas por radiação: como ocorrem?

As mutações causadas por radiação podem ocorrer 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 radicais livres altamente reativos, que podem danificar o DNA, as proteínas e as membranas celulares.



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 ou ainda danificar o DNA da celula, mudando sua constituição, com possibilidade dee desenvolvimento de 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 à fetos que podem, em alguns casos, não sobreviver. Os efeitos também podem ser somáticos, isto é, afetam apenas a pessoa irradiada.

Disponivel em : https://encurtador.com.br/iwP0. Acesso em 05 ago 2026

ATIVIDADES

34. Qual fator pode provocar mutações no material genético?

35. As radiações podem provocar danos as células de maneira direta ou indireta. Explique como ocorre cada uma dessas formas de ação.

36. Um homem foi exposto excessivamente à radiação solar e desenvolveu uma mutação nas células da epiderme, o que resultou em um melanoma (câncer de pele). Preocupado, ele questionou ao médico se essa alteração genética poderia ser transmitida para os seus futuros filhos.

Para que essa mutação seja transmitida à próxima geração, ela deveria ter ocorrido nas:

(A) Células ósseas.
(B) Células epiteliais.
(C) Células musculares.
(D) Células sanguíneas.
(E) Células germinativas.

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

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

39. A heterocromia de íris é uma condição em que um indivíduo apresenta duas írises com cores diferentes ou ainda apenas uma parte das írises de cor diferente. Essa característica não é transmitida 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.

40. A radiação proveniente do Sol, ultravioleta (UV), 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 vitamina B12.
(C) Aumentar a ingestão de proteínas diariamente.
(D) Tomar suplementos vitamínicos todos os dias.
(E) Utilizar protetor solar e evitar exposição solar excessiva.

41. A radiação pode trazer benefícios à saúde, como no tratamento do câncer por meio da radioterapia.

Por que o uso dessa técnica exige cuidados durante sua aplicação?

(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.

42. Pessoas que trabalham em ambientes com emissão de radiação, como usinas nucleares e centros de pesquisa, utilizam dosímetros para acompanhar sua exposição à radiação.

Qual é a principal função desse equipamento?

(A) Impedir os efeitos da radiação no organismo.
(B) Aumentar a resistência do organismo à radiação.
(C) Substituir o uso de equipamentos de proteção individual.
(D) Reduzir a quantidade de radiação presente no ambiente.
(E) Monitorar a dose de radiação recebida pelo trabalhador.

43. Alguns tipos de cânceres estão associados a mutações em genes responsáveis pelo controle do ciclo celular, como os genes BRCA1 e BRCA2. Esses genes atuam no reparo de danos ao DNA, ajudando a manter a estabilidade genética das células. Quando sofrem mutações, podem aumentar a predisposição ao desenvolvimento de determinados tipos de câncer.

A principal consequência das mutações nos genes BRCA1 e BRCA2 é a

(A) redução da produção de hemoglobina pelas hemácias.
(B) destruição das células de defesa do organismo.
(C) diminuição da atividade do sistema nervoso.
(D) perda do controle da divisão celular.
(E) interrupção da síntese de proteínas.

Para saber mais!

Efeitos biológicos das radiações

Estamos constantemente expostos à radiação, presente em exames médicos, no gás radônio e até em radioisótopos naturais do corpo humano (Carbono-14). Os efeitos biológicos da radiação dependem principalmente do tipo de radiação, do tecido atingido, do tempo de exposição e da intensidade da fonte radioativa.

As radiações alfa (α), beta (β) e gama (γ) apresentam diferentes poderes de penetração. A radiação alfa possui baixo poder de penetração, enquanto as radiações beta e gama podem causar danos às células, formando íons e radicais livres, o que pode provocar mutações, anemias e tumores.

Alguns tecidos são mais sensíveis à radiação, especialmente os da medula óssea, órgãos reprodutores, olhos e tecidos em desenvolvimento. Por isso, crianças e fetos são mais vulneráveis.

O tempo de exposição também é importante, pois a radiação pode ter efeitos cumulativos. Já fontes radioativas muito intensas, como em acidentes nucleares, podem contaminar o ambiente por longos períodos. Isótopos como o estrôncio-90 e o césio-137 são perigosos porque podem permanecer no organismo e no ambiente durante muitos anos.

Apesar dos riscos, quando utilizada de forma controlada, a radiação também possui aplicações importantes, como no diagnóstico médico e no tratamento do câncer.

Disponível em: https://www.preparaenem.com/quimica/efeitos-biologicos-das-radiacoes.htm. Acesso em: 10 ago.2026.



A blindagem radiológica usa materiais como chumbo e argamassa baritada para bloquear a radiação ionizante, protegendo pacientes, profissionais e o ambiente. Ela é essencial para evitar danos à saúde causados pela exposição excessiva, como câncer e danos ao DNA. Um projeto bem feito garante que a radiação fique restrita às áreas necessárias, tornando clínicas e hospitais seguros. Materiais comuns incluem aventais, painéis e vidros plumbíferos. Empresas especializadas, como a Braga X Blindagem, fornecem esses produtos para garantir segurança e conformidade.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN NN 3.01: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 2014. Aprovada pela Resolução CNEN nº 164, de 10 de março de 2014. Publicada no Diário Oficial da União em 11 de março de 2014.

MARATONA DE OLHO NO ENEM

IMPORTANTE!

Estudante, o ENEM é importante porque oferece acesso ao ensino superior e a programas como o Sistema de Seleção Unificada (SISU), o Programa Universidade para Todos (ProUni) e o Fundo de Financiamento Estudantil (FIES).

Em **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, o exame avalia conhecimentos de Física, Química e Biologia de forma contextualizada, estimulando o raciocínio, a interpretação e a compreensão de temas relacionados ao cotidiano, como saúde, meio ambiente e tecnologia. Dessa forma, o ENEM contribui tanto para a formação acadêmica quanto para a formação cidadã dos estudantes.

Veja algumas estratégias práticas para aprender:

- Diagnóstico inicial: descubra quais temas você mais erra
- Cronograma de estudos: dedique mais tempo aos assuntos que mais caem.
- Resolução de questões do ENEM: treine com provas anteriores.
- Uso de flashcards: ótimo para decorar fórmulas e funções orgânicas.
- Estudo ativo: faça resumos, mapas mentais e explique os conteúdos em voz alta

Sucesso!!

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

2. (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

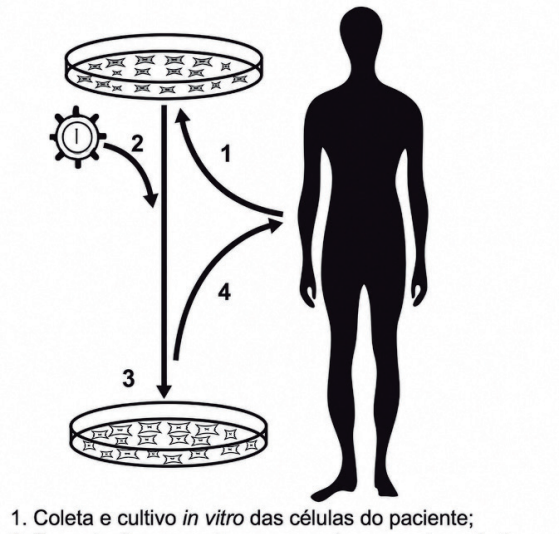
(A) estrutural, do tipo deleção.
(B) numérica, do tipo euploidia.
(C) numérica, do tipo poliploidia.
(D) estrutural, do tipo duplicação.
(E) numérica, do tipo aneuploidia.

3. (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.

4. (Enem - 2019)



1. Coleta e cultivo *in vitro* das células do paciente;
2. Transdução com vetor carregando o gene terapêutico;
3. Seleção e expansão das células com gene terapêutico;
4. Reintrodução das células modificadas no paciente.

Disponível em: www.repositorio.uniceub.br. Acesso em: 3 maio 2019 (adaptado).

A sequência de etapas indicadas na figura representa o processo conhecido como

(A) mutação.
(B) clonagem.
(C) crossing-over.
(D) terapia gênica.
(E) transformação genética.

5. (Enem-2018) Em pacientes portadores de astrocitoma pilocítico, um tipo de tumor cerebral, o gene BRAF se quebra e parte dele se funde a outro gene, o KIAA1549. Para detectar essa alteração cromossômica, foi desenvolvida uma sonda que é um fragmento de DNA que contém partículas fluorescentes capazes de reagir com os genes BRAF e KIAA1549 fazendo cada um deles emitir uma cor diferente. Em uma célula normal, como os dois genes estão em regiões distintas do genoma, as duas cores aparecem separadamente. Já quando há a fusão dos dois genes, as cores aparecem sobrepostas.

Disponível em: http://agencia.fapesp.br. Acesso em: 3 out. 2015.

A alteração cromossômica presente nos pacientes com astrocitoma pilocítico é classificada como

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

6. (Enem-2020) Pesquisadores dos Estados Unidos desenvolveram uma nova técnica, que utiliza raios de luz infravermelha (invisíveis a olho nu) para destruir tumores. Primeiramente, o paciente recebe uma injeção com versões modificadas de anticorpos que têm a capacidade de "grudar" apenas nas células cancerosas. Sozinhos, eles não fazem nada contra o tumor. Entretanto, esses anticorpos estão ligados a uma molécula, denominada IR700, que funcionará como uma "microbomba", que irá destruir o câncer. Em seguida, o paciente recebe raios infravermelhos. **Esses raios penetram no corpo e chegam até a molécula IR700, que é ativada e libera uma substância que ataca a célula cancerosa.**

Disponível em: http//super.abril,com.br. Acesso em: 13 dez. 2012 (adaptado).

Com base nas etapas de desenvolvimento, o nome apropriado para a técnica descrita é:

(A) Radioterapia.
(B) Cromoterapia.
(C) Quimioterapia.
(D) Fotoimunoterapia.
(E) Terapia magnética.

7. (Enem-2018) No ciclo celular atuam moléculas reguladoras. Dentre elas, a proteína p53 é ativada em resposta a mutações no DNA, evitando a progressão do ciclo até que os danos sejam reparados, ou induzindo a célula à autodestruição.

ALBERTS, B. et al. Fundamentos da biologia celular. Porto Alegre: Artmed, 2011 (adaptado).

A ausência dessa proteína poderá favorecer a

(A) redução da síntese de DNA, acelerando o ciclo celular.
(B) saída imediata do ciclo celular, antecipando a proteção do DNA.
(C) ativação de outras proteínas reguladoras, induzindo a apoptose.
(D) manutenção da estabilidade genética, favorecendo a longevidade.
(E) proliferação celular exagerada, resultando na formação de um tumor.

CINE PIPOCA

BIOLOGIA EM CENA: CONECTANDO A TEORIA ÀS TELAS PARA IR ALÉM DA SALA DE AULA

1. Emergência Radioativa (2026)

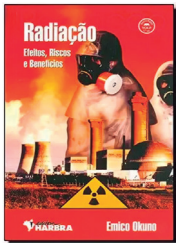


Emergência Radioativa é uma minissérie dramática da Netflix que retrata o acidente com o Césio-137 ocorrido em Goiânia em setembro de 1987, considerado o maior acidente radiológico do mundo fora de uma usina nuclear. A trama de 5 episódios mistura fatos reais e elementos de ficção para mostrar o pânico coletivo e a atuação das autoridades.



LEITURAS RECOMENDADAS

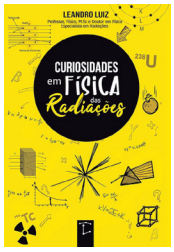
a) Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios
Autor: Emico Okuno



A obra apresenta a história de Marie Curie, uma das principais cientistas da história e pioneira nas pesquisas sobre radioatividade. Também destaca suas pesquisas e a descoberta dos elementos rádio e polônio, que tiveram grande importância para o avanço da Física e da Química. A obra também permite refletir sobre as diferentes aplicações da radioatividade, principalmente na área da saúde, onde seus estudos contribuíram para o desenvolvimento de tratamentos contra o câncer. Ao mesmo tempo, o chama atenção para os perigos da exposição contínua

à radiação, mostrando que, naquele período, seus efeitos sobre o organismo ainda eram pouco conhecidos. Dessa forma, a história de Marie Curie evidencia tanto os avanços proporcionados pela ciência quanto a necessidade de compreender e utilizar a radiação de maneira segura.

b) Curiosidades em física das radiações
Autor: Leandro Luiz



O livro abrange desde os fundamentos teóricos até aplicações práticas, explorando diferentes formas de radiação e suas propriedades. Além disso, traz curiosidades sobre descobertas científicas relacionadas ao tema, enriquecendo ainda mais a leitura.

A escrita do autor é envolvente e cativante, mantendo o leitor conectado do início ao fim. Recomendo este livro tanto para estudantes de física quanto para aqueles que têm curiosidade em compreender melhor o mundo das radiações.

c) Radioactive
Autor: Marie Curie



Este livro destina-se tanto ao público em geral, que quer respostas para suas dúvidas com relação à radioatividade, como a estudantes de nível médio que tenham de abordar o assunto em seus trabalhos escolares. Bastante atual, nenhum outro texto em português é tão acessível e prático sobre o tema das radiações. A autora pretende que a leitura desta obra conscientize as pessoas sobre a importância de se levantar os riscos e os benefícios de cada radiação, antes de expor-se a ela, e usá-la com o máximo de benefício toda vez que se fizer necessário.



DESAFIO!

1.Investigando agentes mutagênicos

Objetivo: Compreender como diferentes agentes mutagênicos podem provocar alterações no material genético, reconhecendo os mecanismos celulares de reparo do DNA e analisando possíveis consequências dessas alterações para as células e para o organismo. Desenvolver, ainda, a capacidade de relacionar conhecimentos científicos a situações de exposição ambiental e a medidas de prevenção e proteção à saúde. Dividi a turma em grupos e entregue situações diferentes para cada grupo.

- exposição à radiação ultravioleta;
- fumaça do cigarro;
- determinados produtos químicos;
- radiação ionizante;
- substâncias presentes no ambiente.

Cada grupo pesquisa: **Agente → tipo de exposição → possível dano ao DNA → mecanismo de reparo → possível consequência.**

No final cada grupo apresenta o que foi pesquisado para os demais colegas. Essa atividade permite trabalhar agentes mutagênicos e prevenção, sem passar a ideia equivocada de que toda exposição necessariamente provocará uma mutação ou uma doença.

2.Debate científico: Mutação é sempre ruim?

Objetivo: Desenvolver a capacidade de analisar, argumentar e posicionar-se cientificamente sobre os diferentes efeitos das mutações, utilizando conhecimentos sobre variabilidade genética, ambiente e evolução para compreender que as mutações podem apresentar consequências neutras, prejudiciais ou, em determinadas condições, vantajosas para os organismos.

Divida a turma em grupos e apresente a afirmação:

As mutações são prejudiciais aos organismos.

Um grupo deverá construir argumentos favoráveis à afirmação e outro deverá questioná-la. Após a apresentação, o professor conduz a discussão para mostrar que os efeitos das mutações dependem de diversos fatores e que elas podem ser neutras, prejudiciais ou, em determinadas circunstâncias, favorecer características que aumentem a adaptação ao ambiente. Essa proposta funciona muito bem como atividade de fechamento de uma sequência sobre mutações, pois exige que o estudante mobilize conceitos em vez de apenas reproduzir definições.

QUÍMICA

TEMÁTICA: Radiotividade

CONTEXTUALIZANDO

Estudante, neste material você ampliará seus conhecimentos sobre a **radioatividade**, fenômeno em que núcleos atômicos instáveis emitem radiações para se tornarem mais estáveis. Descoberta por **Henri Becquerel**, em 1896, a radioatividade foi posteriormente estudada por **Marie e Pierre Curie**, que descobriram os elementos rádio e polônio, contribuindo para importantes avanços científicos.

Você conhecerá os três principais tipos de radiação: **alfa** (α), de baixo poder de penetração; **beta** (β), de poder médio; e **gama** (ϒ), de alto poder de penetração. Também compreenderá o processo de **decaimento radioativo**, no qual um elemento pode se transformar em outro, e o conceito de **meia-vida**, que corresponde ao tempo necessário para que metade dos átomos de uma amostra radioativa se desintegre.

Além disso, estudará as principais aplicações da radioatividade, como a **radioterapia**, a **datação de fósseis**, o uso na **indústria** e na **produção de energia**, reconhecendo que, quando utilizada de forma segura e controlada, a radioatividade traz importantes benefícios para a ciência, a tecnologia e a sociedade. Vamos lá?

Leia o texto.

Texto I

A descoberta da radioatividade

Por redação 10 mar 2025, 15h00 | atualizado em 4 jun 2026, 22h20.



Piere Curie e Marie Curie, pioneiros no estudo da radioatividade
(Canva/Reprodução)

A descoberta da radioatividade em 1896 foi um marco na história da ciência. Embora os primeiros experimentos com radiação parecessem simples curiosidades de laboratório, as consequências dessa novidade reverberaram por todo o mundo, alterando o curso de diversas áreas, como a medicina, a física e até as relações internacionais.

[...] Afinal, a radioatividade não só permitiu a criação de estudos de ponta, mas também se tornou uma força poderosa em contextos militares e ambientais, mudando de forma irreversível o cenário mundial. Em 1896, o físico francês Henri Becquerel fez a descoberta que mudaria para sempre o entendimento da ciência sobre a matéria. Durante um experimento com sais de urânio e fosforescência, Becquerel observou que o urânio emitia radiação sem qualquer estímulo externo, como luz ou calor.

Esse fenômeno, mais tarde chamado de **radioatividade**, revelou que a matéria poderia liberar energia de forma espontânea, algo que até então era inimaginável. Essa descoberta foi, sem dúvida, uma das mais impactantes da física, pois sugeria que havia uma fonte de energia invisível e poderosa dentro dos átomos, algo que desafiava os conceitos conhecidos até então.

A partir dessa descoberta, outros cientistas começaram a estudar mais a fundo o fenômeno da radioatividade, como o casal Marie Curie e Pierre Curie, que em 1897 identificaram novos elementos radioativos, como o rádio e o polônio, e aprofundaram o estudo da natureza da radiação. Marie Curie, em particular, tornou-se uma das figuras mais influentes na área, ganhando dois Prêmios Nobel: um em física e outro em química, por suas pesquisas sobre a radioatividade.

Disponível em: https://guiadoestudante.abril.com.br/estudo/como-a-descoberta-da-radioatividade-mudou-o-mundo/. Acesso em 20 jun.2026. Adaptada.

Para saber mais!

Quer saber mais? Acesse o QR Code a seguir e conheça a vida e as principais contribuições de Marie Curie para a ciência.

ATIVIDADES

1 . Durante seus experimentos com sais de urânio Henri Becquerel observou que o urânio

(A) mudava de cor ao ser exposto à luz.
(B) emitia luz apenas quando aquecido.
(C) produzia eletricidade continuamente.
(D) emitia radiação sem estímulo externo.
(E) absorvia toda a radiação ao seu redor.

2. Quais elementos radioativos foram identificados por Marie e Pierre Curie?

(A) Ferro e cobre.
(B) Ouro e prata.
(C) Rádio e polônio.
(D) Carbono e nitrogênio.
(E) Hidrogênio e oxigênio.

3. De acordo com o texto I, a descoberta da radioatividade trouxe impactos em áreas como:

(A) Agricultura e gastronomia.
(B) Música e pintura.
(C) Literatura e teatro.
(D) Esporte e turismo.
(E) Medicina e física.

Leia o texto.

Texto II

Emissões Radioativas

A radioatividade é um fenômeno que resulta da emissão de energia por átomos, provocada em decorrência de uma desintegração, ou instabilidade, do núcleo de elementos químicos.

Uma reação nuclear é diferente de uma reação química. Em transformações nucleares o núcleo do átomo sofre alterações, já as reações químicas ocorrem na eletrosfera do átomo.

Desta forma, um átomo pode se transformar em outro átomo e, quando isso acontece, significa que ele é radioativo.

Tipos de emissões Radioativas

A radioatividade das partículas Alfa, Beta e das ondas Gama são as mais comuns. O tipo de radiação determina o poder de penetração na matéria, que são, respectivamente, baixa, média e alta.

Emissões Alfa $_{2}^{4}\alpha$

São partículas pesadas de carga positiva, que possuem carga elétrica +2 e massa igual a 4.

Por possuir 2 prótons e 2 nêutrons, seu núcleo é comparado ao do elemento químico hélio, e por isso, alguns autores também a chamam de "hélion".

Possui pequeno poder de penetração, e por isso a sua radioatividade pode ser impedida por uma folha de papel.

Emissões Beta $_{-1}^{0}\beta$

São partículas leves, de carga negativa, com massa muito pequena (desprezível em relação à massa do próton ou do nêutron). O elétron da partícula é produzido por reações nucleares a partir de um nêutron e possui alta velocidade.

Nessa reação, um nêutron instável se desintegra, convertendo-se em um próton, que permanece no núcleo, há a emissão de um elétron em alta velocidade e do neutrino, cuja massa e carga são desprezíveis.

Possui poder de penetração superior a radioatividade alfa, podendo penetrar uma folha de papel, mas não uma placa de metal.

Emissões Gama $_{0}^{0}\gamma$

São ondas eletromagnéticas de altíssima frequência e que não possuem massa e carga elétrica.

A sua capacidade de penetração é superior aos raios -X e faz com que a sua radioatividade passe tanto pelo papel como pelo metal.

A radiação gama é bem mais penetrante que os outros dois tipos devido o seu comprimento de onda ser bem menor, podendo facilmente atravessar todo o nosso organismo.

Partículas radioativas e suas características

Nome	Símbolo	Carga elétrica	Natureza	Poder de penetração
Alfa	α	+2	Formada por dois prótons e dois nêutrons.	Pequeno
Beta	β	-1	Elétron produzido em transformações nucleares.	Médio
Gama	γ	0	Radiação eletromagnética.	Alto

Disponível em: https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/radiacoes.htm. Acesso em 14 abr.2026.

À medida que a radiação é emitida, o átomo se desintegra, o que resulta na sua transformação, pois é o número atômico que determina o elemento químico.

O tempo que essa desintegração do elemento leva para reduzir a sua massa pela metade é chamado de meia-vida ou período de semi desintegração.

ATIVIDADES

4. De acordo com o texto, qual emissão radioativa possui maior poder de penetração?

(A) Alfa.
(B) Beta.
(C) Gama.
(D) Ultravioleta.
(E) Infravermelha.

5. Um técnico precisa escolher um material para bloquear uma fonte de raios gama em um laboratório.

De acordo com o texto II, o material mais adequado seria:

(A) Plástico fino.
(B) Papel comum.
(C) Tecido de algodão.
(D) Folha de alumínio.
(E) Camadas espessas de chumbo ou concreto.

6. Um estudante está analisando três tipos de radiação: alfa (α), beta (β) e gama (γ). Ele observa que uma delas possui carga positiva e é formada por dois prótons e dois nêutrons.

Essas são as caracteríticas da emissão radiotiva:

(A) Gama, que não possui carga elétrica.
(B) Beta, que possui carga negativa.
(C) Alfa, que possui carga positiva.
(D) Gama, que possui carga positiva.
(E) Beta, que não possui carga elétrica.

7. As emissões radiotivas podem representar riscos à saúde quando utilizadas de forma inadequada. **No entanto, quando empregadas corretamente, elas são utilizadas principalmente:**

(A) Na produção de combustíveis fósseis.
(B) No tratamento de tumores cancerígenos.
(C) Na fabricação de alimentos.
(D) Na geração de energia solar.
(E) Na transmissão de sinais de Wi-Fi.

8. (Mackenzie 2° Dia - 2024) Uma série radioativa consiste em um conjunto de radioisótopos que são formados a partir de um radioisótopo inicial, pela sucessiva emissão de partículas alfa e beta.
Na série radioativa que se inicia com o $^{234}_{90}Th$ e termina com o $^{206}_{82}Pb$, o número de partículas α e β emitidas é, respectivamente,
(A) 7 e 5.
(B) 7 e 6.
(C) 5 e 4.
(D) 6 e 4.
(E) 6 e 7.

Para saber mais!

A radiação do celular faz mal? A radiação emitida pelos celulares é um tipo de radiação eletromagnética não ionizante, que tem energia insuficiente para danificar diretamente o DNA ou causar danos celulares como a radiação ionizante (exemplo: raios-X). No entanto, os potenciais efeitos a longo prazo da exposição prolongada à radiação dos celulares ainda estão sendo estudados, e os resultados não são conclusivos. Agora, vamos ao que a Ciência diz até o momento. A maioria dos estudos em humanos até agora não encontrou uma ligação clara entre o uso de celulares e o câncer. Em 2011, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC), parte da Organização Mundial da Saúde (OMS), classificou a radiação de celulares como "possivelmente carcinogênica para humanos" (Grupo 2B), uma categoria que indica que pode haver algum risco, mas que não há evidências suficientes para provar isso.

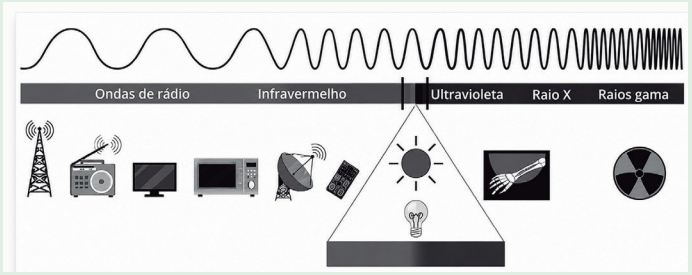
Disponível em: https://olhardigital.com.br/2024/11/01/dicas-e-tutoriais/radiacao-do-celular-faz-mal-veja-como-se-proteger/ Acesso em: jun. 2026.

Leia o texto.

Radiação

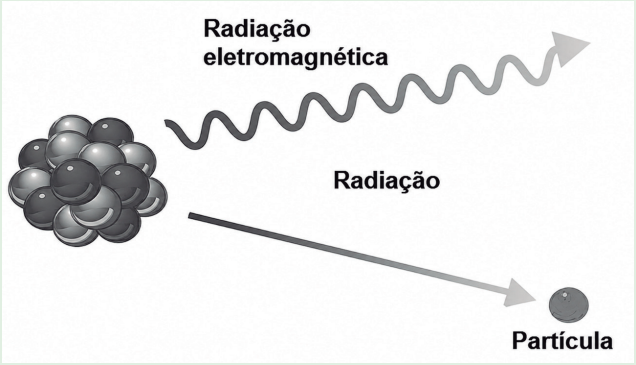
Texto III

Radiação é a transmissão de energia na forma de ondas ou de partículas.A transmissão na forma de ondas é mais comum e costumamos chamá-la de radiação eletromagnética. Nesse tipo de radiação estão inclusas as ondas da luz visível, infravermelho, ultravioleta, ondas de rádio e etc, ou seja, todas as frequências do espectro eletromagnético.



Em uma extremidade do espectro eletromagnético estão as ondas de rádio, que têm comprimentos de onda bilhões de vezes maiores que os da luz visível. No outro extremo do espectro estão os raios gama, com comprimentos de onda bilhões de vezes menores que os da luz visível.
A frequência de ondas de rádio é de cerca de 108 Hz, enquanto a frequência dos raios gama é de cerca de 1020 Hz, que é bem maior.
Os comprimentos de onda das ondas de rádio variam de alguns milímetros (décimos de polegada) a centenas de quilômetros (centenas de milhas). A luz visível, para comparação, tem comprimentos de onda na faixa de 400 a 700 nanômetros, cerca de 5.000 vezes mais curtos que as ondas de rádio de menor comprimento de onda.
Os raios gama têm comprimentos de onda menores que 10-11 metros o que é bem menor do que as ondas de rádio.
As diferenças entre essas ondas estão apenas em suas frequências e comprimentos. Ondas de menor comprimento, e consequentemente de maior frequência, carregam mais energia.

Existe também a radiação de partículas, onde a energia é transportada na forma de partículas, que podem ser nêutrons, elétrons, prótons (elétrons de carga positiva) e até mesmo núcleos inteiros de hélio.
A **radioatividade** é o processo no qual núcleos atômicos instáveis emitem radiação na forma de ondas e/ou de partículas, com o objetivo de atingir a estabilidade.



Vale lembrar que a radiação pode ser liberada também pela eletrosfera, ou seja, fora do núcleo. No entanto, esse tipo de processo não é chamado de radioatividade! Um exemplo disso são os **raios X**. Eles são uma forma de **radiação**, mas não são emitidos pelo núcleo atômico, logo, não são produtos da radioatividade.
Observe nas simulações abaixo indicadas como ocorre a radiação nos átomos e o resultado deste processo em termos de perda de seu potencial radioativo (processo denominado decaimento).

Disponível em: http://penta3.ufrgs.br/fisica/energia/Energia_nuclear/radiaes_ionizantes_e_no_ionizantes.htm. Acesso em: jun. 2026

ATIVIDADES

9. A radioatividade é definida como um processo em que

(A) elétrons da eletrosfera absorvem energia e deixam o átomo estável.
(B) núcleos atômicos instáveis emitem radiação para atingir maior estabilidade.
(C) ondas de rádio são transformadas em luz visível.
(D) partículas do núcleo aumentam a energia do átomo.
(E) átomos estáveis emitem radiação continuamente.

10. De acordo com o texto, a principal diferença entre radiação e radioatividade é que

(A) radiação e radioatividade são sinônimos.
(B) a radiação ocorre apenas em materiais radioativos.
(C) a radioatividade é um processo do núcleo atômico que produz radiação.
(D) a radioatividade é uma forma de transmissão de energia.
(E) somente a radiação pode ocorrer naturalmente.

11. Os raios X não são considerados produtos da radioatividade porque

(A) não transportam energia.
(B) são emitidos pela eletrosfera e não pelo núcleo atômico.
(C) possuem baixa frequência.
(D) são emitidos apenas por materiais radioativos.
(E) não pertencem ao espectro eletromagnético.

Leia o texto.

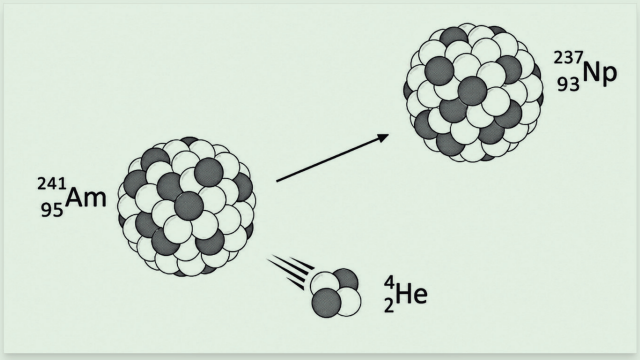
Texto IV

Meia-vida e Decaimento radioativo

A meia-vida é o tempo necessário para que metade dos átomos de uma amostra radioativa se desintegre.

- **Exemplo:** o Carbono-14 (C-14), usado em datação de fósseis, tem meia-vida de 5730 anos.
- **Exemplo:** o Iodo-131, usado em medicina, tem meia-vida de 8 dias.

O decaimento radioativo é um fenômeno físico natural e espontâneo no qual núcleos atômicos instáveis, formados por prótons e nêutrons, transformam-se em núcleos mais estáveis por meio da emissão de radiações. Durante esse processo, o núcleo perde parte de sua energia, emitindo partículas (alfa ou beta) e/ou radiação eletromagnética (raios gama), até alcançar uma configuração mais estável.



Este processo nuclear desempenha um papel crucial na física nuclear e tem implicações significativas em áreas como a medicina e a datação geológica.

Tipos de Decaimento radioativo

O decaimento radioativo pode assumir várias formas, mas os três tipos principais são alfa (α), beta (β) e gama (ɣ). Cada um deles envolve mudanças específicas na estrutura do núcleo e na liberação de partículas ou energia.

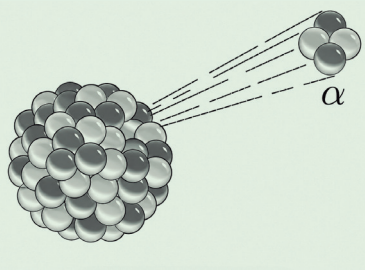
Decaimento alfa (α)

No decaimento alfa, um núcleo instável emite uma partícula alfa, que consiste em dois prótons e dois nêutrons. Essa partícula possui alta energia e carga elétri-

ca positiva, o que a torna facilmente detectável.

Um exemplo comum de decaimento alfa é o decaimento do urânio-238 em tório-234, liberando uma partícula alfa no processo.

Decaimento beta (β)



O decaimento beta envolve a transformação de um nêutron em um próton ou vice-versa dentro do núcleo. Quando um nêutron se transforma em próton, ele emite uma partícula beta negativa (um elétron) e um antineutrino. Por outro lado, quando um próton se transforma em nêutron, uma partícula beta positiva (um pósitron) e um neutrino são emitidos.

Este processo pode levar à conversão de um elemento em outro na tabela periódica.

Um exemplo de decaimento beta é a conversão de carbono-14 em nitrogênio-14.

Decaimento gama (γ)

O decaimento gama envolve a liberação de radiação eletromagnética na forma de raios gama. Esta radiação é altamente energética e pode facilmente penetrar na matéria, tornando-se uma forma perigosa de radiação ionizante.

O decaimento gama geralmente acompanha outros tipos de decaimento, como alfa e beta, para liberar o excesso de energia do núcleo.

Fórmula e cálculo do decaimento radioativo

O cálculo do decaimento radioativo é baseado em uma equação matemática que descreve como a atividade (ou quantidade de material radioativo) de uma amostra muda ao longo do tempo. Esta equação é conhecida como Lei do Decaimento Radioativo. A forma geral da equação do decaimento radioativo é a seguinte:

$$N(t)=N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Onde:

- N(t) é a quantidade de material radioativo restante no tempo t.
- N_0 é a quantidade inicial de material radioativo no tempo t=0.
- λ é a constante de decaimento radioativo, que está relacionada à meia-vida ($t_{½}$) do material radioativo pela fórmula $\lambda=\ln(2) / t_{½}$
- t é o tempo decorrido.

A tabela a seguir mostra a constante de decaimento radioativo (λ) e a meia-vida ($t_{½}$) de alguns dos principais materiais radioativos:

Material radioativo	Constante de decaimento (λ) [1/s]	Meia-vida ($t_{½}$) [anos]
Urânio-238 (U-238)	$1,54\times10^{-10}$	4.468×10^{9}
Potássio-40 (K-40)	$5,81\times10^{-10}$	$1,277\times10^{9}$
Carbono-14 (C-14)	$1,21\times10^{-4}$	5.730
Rádio-226 (Ra-226)	$2,19\times10^{-6}$	1.599
Polônio-210 (Po-210)	$4,98\times10^{-3}$	138,4
Césio-137 (Cs-137)	$9,23\times10^{-4}$	30.2
Estrôncio-90 (Sr-90)	$7,57\times10^{-4}$	28,8
Trítio (H-3)	$4,92\times10^{-3}$	12.3

Disponível em: http://penta3.ufrgs.br/fisica/energia/Energia_nuclear/radiaes_ionizantes_e_no_ionizantes.htm. Acesso em: jun. 2026.

Para saber mais!

Decaimento radioativo
Aplicações do decaimento radioativo

Algumas das áreas em que o conhecimento sobre o decaimento radioativo é ou tem sido utilizado incluem:

- **Medicina nuclear** : Na medicina nuclear, isótopos radioativos são usados para diagnóstico e tratamento. Por exemplo, o iodo-131 é usado para tratar o hipertireoidismo, enquanto o tecnécio-99m é usado em estudos de imagens médicas, como cintilografia óssea.
- **Datação geológica** : A datação por radiocarbono, baseada no decaimento beta do carbono-14, permite aos cientistas determinar a idade de fósseis e objetos arqueológicos.
- **Geração de energia** : Dentro das usinas nucleares, as reações de fissão nuclear que são desencadeadas dentro de um reator nuclear para gerar eletricidade envolvem decaimento radioativo controlado.
- **Detectores de Radiação** : Esses dispositivos são baseados neste processo físico e são essenciais para a segurança nuclear e proteção contra radiação.

ATIVIDADES

12. O decaimento radioativo é um processo em que

(A) átomos estáveis absorvem energia do ambiente.
(B) elétrons deixam a eletrosfera para formar íons.

(C) núcleos atômicos instáveis transformam-se espontaneamente em núcleos mais estáveis.
(D) prótons são criados continuamente no núcleo.
(E) os átomos deixam de existir.

13. A estabilidade de um núcleo atômico depende do equilíbrio entre

(A) força gravitacional e força magnética.
(B) força nuclear e força eletromagnética.
(C) força elétrica e força gravitacional.
(D) força centrípeta e força centrífuga.
(E) força de atrito e força peso.

14. Qual dos exemplos abaixo representa um decaimento beta?

(A) Urânio-238 → Tório-234.
(B) Carbono-14 → Nitrogênio-14.
(C) Polônio-210 → Chumbo-206.
(D) Rádio-226 → Radônio-222.
(E) Urânio-235 → Tório-231.

15. A meia-vida de um material radioativo corresponde ao tempo necessário para

(A) toda a amostra desaparecer.
(B) dobrar a quantidade de átomos radioativos.
(C) metade dos núcleos radioativos da amostra sofrer decaimento.
(D) a radiação deixar de ser emitida.
(E) o núcleo tornar-se completamente estável.

16. Em 1940, o cientista americano Willard Libby descobriu um isótopo que poderia calcular a idade de quase tudo o que contivesse material orgânico. Esse isótopo é o

(A) Urânio-238.
(B) Potássio-40.
(C) Carbono-14.
(D) Césio-137.
(E) Trítio.

17. Alguns núcleos atômicos são naturalmente instáveis e, por isso, sofrem **decaimento radioativo**, emitindo radiações até alcançarem maior estabilidade. De modo geral, os elementos químicos com **número atômico igual ou superior a 84** apresentam isótopos naturalmente radioativos.

Com base nessa informação, assinale a alternativa que corresponde a um elemento radioativo.

(A) **Sr** (Z = 38)
(B) **Cr** (Z = 24)
(C) **K** (Z = 19)
(D) **Rn** (Z = 86)
(E) **Os** (Z = 76)

Colaboração

Prof. Marcus Vinicyus De Oliveira Nogueira
Colégio Estadual Oscar Ribeiro Da Cunha Rio Verde - GO

Leis da Radioatividade

Os estudos sobre as emissões radioativas contribuíram para criação de duas leis sobre as desintegrações que ocorrem em núcleos atômicos.

Em 1911, Frederick Soddy formulou a **Primeira Lei da Radioatividade**, a respeito das emissões alfa, que se tornou conhecida como **Lei de Soddy**:

> "Um átomo instável emite uma partícula alfa (α), diminui o número atômico (Z) em duas unidades, ao passo que o número de massa (A) diminui em quatro unidades. Assim: $_2{}^4\alpha$"

Segundo essa lei, um novo elemento químico pode ser formado com número atômico com duas unidades a menos que o elemento inicial.

Exemplo:

O urânio-238 ao emitir uma partícula alfa gera o elemento tório. Da mesma maneira, o tório pode emitir uma partícula alfa e levar à formação do elemento rádio.

Emissões Alfa

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{234}_{90}Th \qquad {}^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{230}_{88}Ra$$

A partir dos exemplos anteriores, podemos propor de maneira genérica uma equação para emissões alfa:

$$^{x}_{y}A \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{x-4}_{y-2}B$$

Em 1913, Frederick Soddy, Kasimir Fajans e Smith Russell criaram a **Segunda Lei da Radioatividade**, também conhecida como **Lei de Soddy, Fajans e Russell:**

> Um átomo instável emite uma partícula beta (β), aumenta o número atômico (Z) em uma unidade, ao passo que o número de massa (A) permanece o mesmo. Assim: $_{-1}{}^{0}\beta$

De acordo com essa lei, o elemento criado é isóbaro do elemento inicial, pois possuem mesma massa atômica e números atômicos com diferença de uma unidade.

Emissões Beta

$$^{214}_{83}Bi \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{214}_{84}Po \qquad {}^{234}_{91}Pa \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{234}_{92}U$$

Quando ocorre uma emissão beta, há a conversão de um nêutron em um próton, modificando o número atômico e consequentemente um novo elemento é formado.

Para saber mais!

Elementos Radioativos

A radioatividade pode ser **natural** ou **artificial**. A radioatividade natural ocorre em elementos encontrados na natureza, como urânio, actínio e tório, que sofrem desintegrações até se tornarem estáveis. Já a radioatividade artificial é produzida em laboratório por meio de reações de transmutação, originando novos elementos radioativos, como o iodo-131 e o fósforo-30.

Disponível em: https://www.todamateria.com.br/radioatividade/. Acesso em 14 abr.2026.

SE LIGA!

Leis da radioatividade:

Saiba mais : https://www.youtube.com/watch?v=1D121VfbjWw

ATIVIDADES

1. Segundo a Primeira Lei da Radioatividade (Lei de Soddy), quando um núcleo emite uma partícula alfa (α), ocorre:

(A) Aumento de 2 unidades no número atômico e de 4 unidades no número de massa.
(B) Diminuição de 1 unidade no número atômico e manutenção da massa.
(C) Diminuição de 2 unidades no número atômico e de 4 unidades no número de massa.
(D) Aumento de 1 unidade no número atômico e manutenção da massa.
(E) Diminuição de 4 unidades no número atômico e de 2 unidades no número de massa.

2. O urânio-238 (Z = 92), ao emitir uma partícula alfa, origina um elemento com:

(A) Z = 94 e A = 242.
(B) Z = 92 e A = 234.
(C) Z = 90 e A = 238.
(D) Z = 90 e A = 234.
(E) Z = 88 e A = 230.

3. Sabendo-se que o Urânio utilizado em uma usina nuclear, como a de Fukushima, no Japão, é um material que sofre decaimento radioativo a partir da emissão de partículas alfa ($_2\alpha^4$), qual seria a massa do novo elemento formado a partir da emissão de uma partícula alfa pelo Urânio ($_{92}U^{235}$)?

(A) 231
(B) 87
(C) 88
(D) 89
(E) 90

AMPLIANDO

Estudante, vamos ampliar nossos conhecimentos sobre radiações ionizantes e não ionizantes, radioterapia e aplicação das radiações na medicina diagnóstica. As radiações são utilizadas em diversos exames para produzir imagens do interior do corpo humano, auxiliando na identificação de doenças, lesões e alterações nos órgãos e tecidos.

Neste material, você conhecerá os principais exames de diagnóstico por imagem, como radiografia, tomografia computadorizada (TC), tomografia por emissão de pósitrons (PET), ressonância magnética (RM) e ultrassonografia, compreendendo suas características, aplicações e diferenças. Também aprenderá quais desses exames utilizam radiação ionizante e quais empregam campos magnéticos ou ondas sonoras, sem exposição à radiação ionizante.

Ao final dos estudos, você compreenderá a importância dessas tecnologias para o diagnóstico e o acompanhamento de doenças, reconhecendo que seu uso é realizado de forma criteriosa para garantir que os benefícios à saúde superem os possíveis riscos da exposição às radiações.

Leia o texto.

Texto V

Efeitos das radiações sobre organismo
Radiações não ionizantes

Diferentemente da radiação ionizante, essa é uma forma de radiação eletromagnética que não possui energia suficiente para ionizar átomos ou moléculas com as quais interage. Isso significa que não é capaz de remover elétrons dos átomos e, portanto, não causa danos diretos ao DNA ou tecidos vivos da mesma forma que a radiação ionizante.



***Figura 4.4** – Símbolo utilizado internacionalmente para identificar radiações não ionizantes*

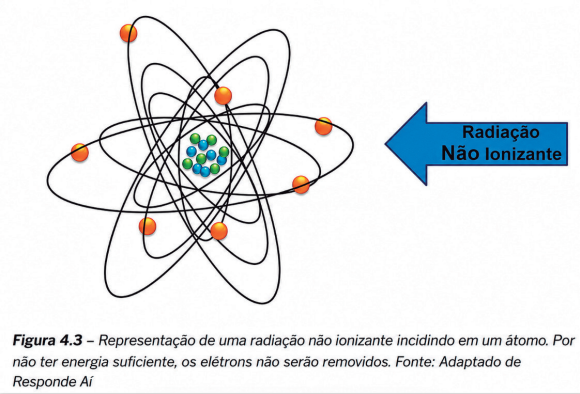


Figura 4.3 *– Representação de uma radiação não ionizante incidindo em um átomo. Por não ter energia suficiente, os elétrons não serão removidos. Fonte: Adaptado de Responde Aí*

Essa diferença fundamental na capacidade de ionização é crucial quando se consideram os efeitos na saúde humana e no ambiente. A radiação ionizante, como mencionado anteriormente, é capaz de causar danos ao DNA e tecidos biológicos, aumentando o risco de câncer e outras doenças graves. Por esse motivo, é extremamente importante limitar e controlar a exposição à radiação ionizante, especialmente em contextos como exames médicos com raios X e trabalhos com materiais radioativos.

Em contraste, a radiação não ionizante não é considerada tão perigosa, pois sua energia não é suficiente para causar danos diretos ao DNA. No entanto, isso não significa que seja completamente inofensiva. A exposição prolongada a certos tipos de radiação não ionizante pode ter efeitos adversos à saúde. Por exemplo, a exposição excessiva à radiação ultravioleta do sol (UV) pode causar queimaduras solares, envelhecimento prematuro da pele e aumentar o risco de câncer de pele.

Alguns tipos de radiações não ionizantes:

- Ondas de rádio: Usadas para comunicação de rádio e televisão.
- Micro-ondas: Usadas em aparelhos domésticos e de cozinha.
- Radiação infravermelha: Sentida como calor e usada em equipamentos como controles remotos.
- Luz visível: A faixa de luz que nossos olhos podem ver.

Disponível em: http://www.ifgoias.edu.br/attachments/article/3018/PIICT_2015_Joel%20Rosa%20de%20Almeida%20J%C3%BAnior.pdf.Acesso em: jun. 2026.

Para saber mais!

Análise dos efeitos da radiação não ionizante em adultos e crianças O link a seguir redireciona para um artigo publicado pelo IFG (Instituto Federal de Goiás) sobre os efeitos físicos e biológicos decorrentes do uso dos novos dispositivos tecnológicos em adultos e crianças

Disponível em: http://www.ifgoias.edu.br/attachments/article/3018/PIICT_2015_Joel%20Rosa%20de%20Almeida%20J%C3%BAnior.pdf.Acesso em: jun. 2026.

ATIVIDADES

18. Qual tipo de radiação não ionizante está diretamente relacionado à sensação de calor?

19. Qual tipo de radiação não ionizante pode causar queimaduras solares, envelhecimento prematuro da pele e aumentar o risco de câncer de pele?

20. Por que a atmosfera terrestre é importante para a vida no planeta?

21. Um benefício da radiação ultravioleta para os seres humanos é:
(A) A produção de vitamina D na pele.
(B) A formação das auroras polares.
(C) A realização da fotossíntese.
(D) O bloqueio dos raios cósmicos.
(E) A redução da temperatura terrestre.

22. São exemplos de radiações não ionizantes:
(A) Raios X e raios gama.
(B) Raios X e partículas beta.
(C) Raios gama e partículas alfa.
(D) Ondas de rádio e micro-ondas.
(E) Partículas alfa e partículas beta.

23. Grande parte dos raios cósmicos é bloqueada por:
(A) Nuvens e oceanos.
(B) Florestas e montanhas.
(C) Atmosfera e campo magnético terrestre.
(D) Luz visível e radiação infravermelha.
(E) Camada de solo e lençóis freáticos.

Leia o texto.

Texto VI

Radiações ionizantes

Dependendo da intensidade e da duração da exposição, a radiação pode trazer benefícios ou riscos à saúde da população exposta

Radiação ionizante é aquela que tem energia suficiente para remover elétrons dos átomos, criando então os íons (INCA, 2021).

As fontes naturais da radiação ionizante são os raios cósmicos e os radionuclídeos provenientes da crosta terrestre, encontrados em locais como no solo, nas rochas, nos materiais de construção, na água potável e no próprio corpo humano.

Em relação à exposição às radiações por fontes naturais, o radônio merece destaque. Trata-se de um gás natural, sem cheiro, cor ou sabor, que tende a se con-

centrar em ambientes fechados como minas subterrâneas, residências ou locais de trabalho (INCA 2021, 2012). Uma vez inalado, o radônio é depositado no trato respiratório e está associado ao câncer de pulmão, sendo a segunda causa deste depois do tabagismo (WHO, 2016). Uma forma de se proteger é a manutenção de ambientes ventilados, evitando a concentração desse gás.

Fontes não naturais, ou produzidas pelo homem, de radiações ionizantes são comumente encontradas nos cuidados em saúde (raios-x, tomografia computadorizada e radioterapia) e na geração de energia (usinas nucleares).

O risco de câncer proveniente dessa exposição depende da dose, da duração da exposição, da idade em que se deu a exposição e de outros fatores como, por exemplo, a sensibilidade dos tecidos frente aos efeitos carcinogênicos da radiação

Formas de exposição

No trabalho: Indivíduos que trabalham na indústria nuclear ou em torno de equipamentos que emitem radiação (instituições médicas ou laboratórios); trabalhadores em minas subterrâneas de hematita, pela exposição ao radônio.

Ambiental: Todos nós somos expostos a diferentes intensidades de radiação que inclui aquelas provenientes de fontes naturais ou produzidas pelo homem.

Principais efeitos à saúde

Efeitos agudos: Náuseas, fraqueza, perda de cabelo, queimaduras na pele ou diminuição da função orgânica. Pacientes tratados com radiação frequen-temente experimentam os efeitos agudos, devido à exposição em altas doses.

Efeitos crônicos: A radiação pode causar alterações no DNA. O câncer também é considerado um efeito da exposição à radiação, já tendo sido observadas as associações conforme o quadro a seguir:

Tipo de radiação	Câncer em humanos
Raio X e Raios Gama	Glândula salivar, esôfago, estômago, cólon, pulmão, ossos, mama, bexiga, rim, pele, cérebro e sistema nervoso central (SNC), tireoide e leucemia.
Partículas alfa	Pulmão e leucemia.
Partículas Beta	Tireoide, leucemia, glândula salivar, osso e sarcoma.

Medidas de controle: Recomenda-se o correto planejamento das atividades que serão desenvolvidas em ambientes de trabalho, de forma a diminuir as doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições acidentais. Os equipamentos de proteção Individual e Coletiva (EPC e EPI) devem ser utilizados por todos os trabalhadores (Minas Gerais, 2013).

Disponível em: https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/radiacoes/radiacoes-ionizantes. . Acesso em 14 jul.2026

Para saber mais!

Entenda o uso da radiação nos alimentos e seus benefícios

A irradiação de alimentos é uma técnica que utiliza radiação ionizante para eliminar microrganismos, aumentar o tempo de conservação dos alimentos e garantir maior segurança alimentar. Esse processo ajuda a reduzir o desperdício, preserva a qualidade e o valor nutricional dos produtos e contribui para práticas mais sustentáveis. Além disso, diminui o uso de produtos químicos na produção e conservação dos alimentos, beneficiando a saúde e o meio ambiente.

Disponível em: https://www.foodconnection.com.br/alimentosebebidas/qual-finalidade-da-radiacao-na-industria-de-alimentos-o-papel-do-setor-no-brasil/ Acesso em 14 jul.2026

ATIVIDADES

24. Quais são os tipos mais comuns de radiações ionizantes citados no texto?

25. Entre os efeitos agudos da exposição à radiação citados no texto, encontra-se:

(A) Diabetes.
(B) Miopia.
(C) Náuseas e queimaduras na pele.
(D) Hipertensão arterial.
(E) Osteoporose.

26. Uma pessoa trabalha em uma mina subterrânea com pouca ventilação. De acordo com o texto, o principal cuidado relacionado à radiação nesse ambiente é:

(A) Evitar o uso de celulares.
(B) Reduzir a exposição ao gás radônio acumulado.
(C) Proteger-se da radiação ultravioleta.
(D) Utilizar protetor solar diariamente.
(E) Evitar a transmissão de sinais de rádio.

Leia o texto.

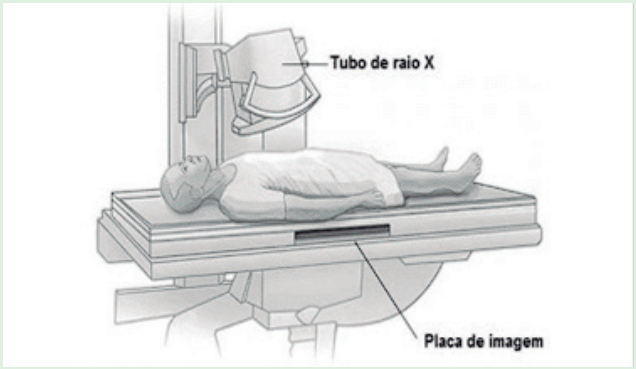
Texto VII

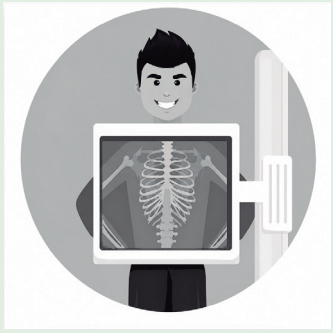
A aplicação das radiações na medicina

A aplicação das radiações na medicina diagnóstica é uma prática comum e amplamente utilizada para obter informações sobre a saúde e o funcionamento

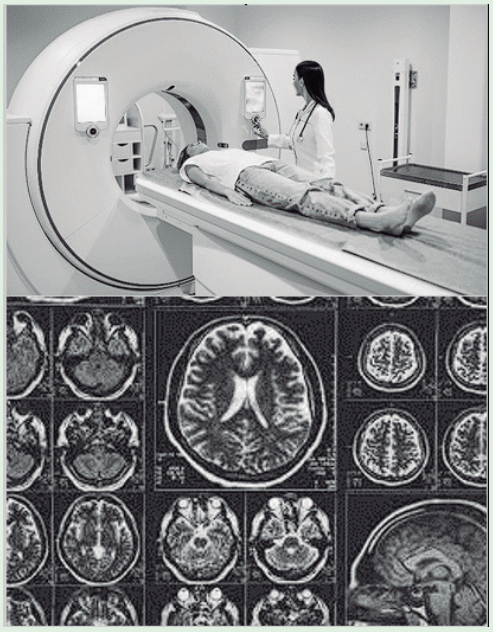
do corpo humano. Existem várias técnicas que utilizam radiações ionizantes e não ionizantes para diagnóstico médico. Aqui estão algumas das principais:

Radiografia: A radiografia utiliza radiação ionizante, geralmente raios-X, para produzir imagens bidimensionais das estruturas internas do corpo, como ossos, pulmões e órgãos. É frequentemente usada para diagnosticar fraturas ósseas, detectar doenças pulmonares, avaliar o coração e os órgãos abdominais, entre outros.

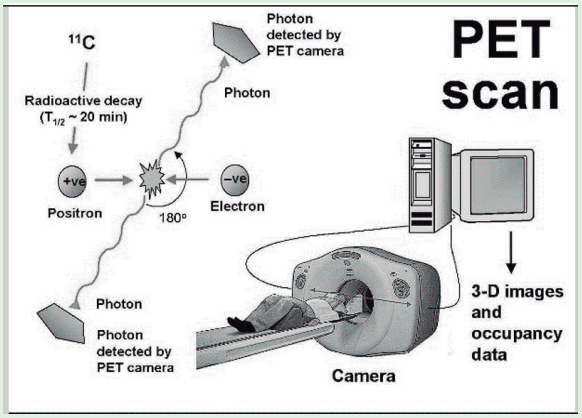


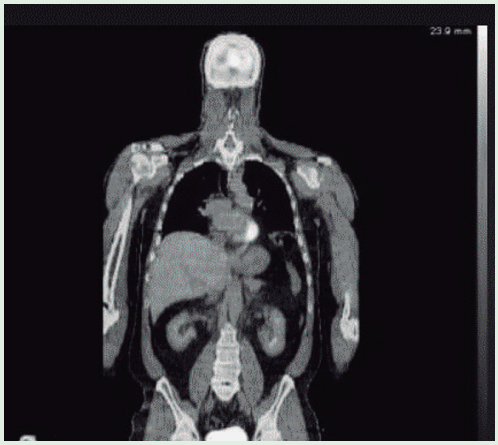


Tomografia Computadorizada (TC): A TC combina uma série de radiografias de raios-X tiradas de diferentes ângulos para criar imagens transversais detalhadas do corpo. Ela proporciona uma visualização mais precisa das estruturas internas, permitindo a detecção de lesões, tumores, anormalidades vasculares e outras condições médicas.

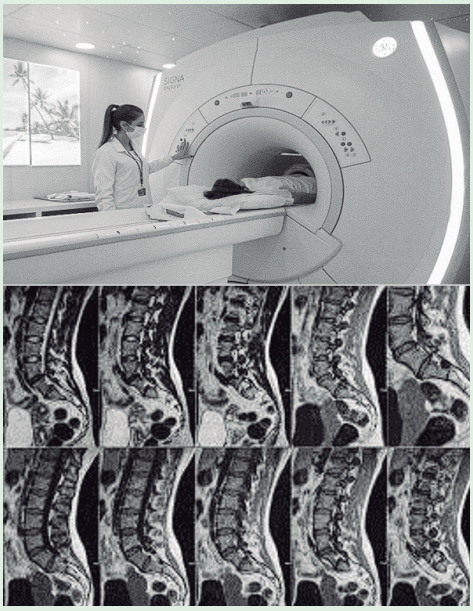


Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET): A PET utiliza radionuclídeos (isótopos radioativos) que emitem radiação gama para criar imagens funcionais do corpo. É frequentemente usada para detectar câncer, avaliar a função cerebral, identificar doenças cardíacas e avaliar a viabilidade do tecido após um ataque cardíaco.





Ressonância Magnética (RM): Embora não utilize radiação ionizante, a RM utiliza campos magnéticos e ondas de rádio para criar imagens detalhadas do corpo. É particularmente útil para visualizar tecidos moles, como o cérebro, a medula espinhal, articulações e órgãos internos, além de auxiliar no diagnóstico de várias condições médicas.



Disponível em: http://penta3.ufrgs.br/fisica/energia/Energia_nuclear/radiaes_e_seu_uso_na_medicina.html Acesso em: 20 jun.2026.Adaptado

ATIVIDADES

27. Segundo o texto, os exames que utilizam radiações devem ser realizados porque:
(A) Não oferecem qualquer risco ao paciente.
(B) São mais baratos que outros exames.
(C) Seus benefícios superam os riscos quando realizados de forma adequada.
(D) Eliminam todas as doenças.
(E) Não necessitam de orientação médica.

28. A radiografia é um exame que utiliza:
(A) Ondas sonoras de alta frequência.
(B) Campos magnéticos e ondas de rádio.
(C) Raios X para produzir imagens do corpo.
(D) Luz ultravioleta para visualizar órgãos.
(E) Apenas radiação gama.

29. A Tomografia Computadorizada (TC) diferencia-se da radiografia porque:
(A) Não utiliza radiação ionizante.
(B) Produz imagens transversais mais detalhadas do corpo.
(C) Utiliza apenas ondas sonoras.
(D) É usada somente para examinar ossos.
(E) Não permite identificar tumores.

30. O exame que utiliza radionuclídeos emissores de radiação gama para obter imagens funcionais do organismo é:
(A) Radiografia.
(B) Ultrassonografia.
(C) Ressonância Magnética.
(D) PET Scan.
(E) Tomografia Computadorizada.

31. Qual dos exames abaixo não utiliza radiação ionizante?
(A) Radiografia.
(B) Tomografia Computadorizada.
(C) PET Scan.
(D) Ressonância Magnética.
(E) Radiografia odontológica.

32. A ultrassonografia produz imagens utilizando:
(A) Raios X.
(B) Radiação gama.
(C) Ondas sonoras de alta frequência.
(D) Partículas alfa.
(E) Campos elétricos.

33. A principal vantagem da ressonância magnética é:
(A) Utilizar radiação gama.
(B) Produzir imagens detalhadas de tecidos moles sem usar radiação ionizante.
(C) Ser indicada apenas para fraturas.
(D) Utilizar ondas sonoras.
(E) Emitir partículas beta.

Leia o texto.

Texto VIII

A aplicações de materiais radioativos

Na **agricultura**, a radiação é utilizada principalmente para o controle de pragas e a conservação de alimentos. A técnica de irradiação, que emprega radiação gama, elimina microrganismos, fungos, larvas e ovos de insetos, além de retardar a decomposição e inibir o brotamento de raízes e tubérculos, aumentando o tempo de conservação dos alimentos. Esse processo é seguro, pois o alimento não entra em contato direto com a fonte de radiação e não se torna radioativo, contribuindo para a redução do desperdício e para a segurança alimentar. Veja, a seguir, um exemplo de alimento irradiado.
O mamão irradiado (Figura.1) se conserva por mais tempo, já o que passa pela maturação em condições normais se degrada rapidamente (Figura.2).



Irradiado **Figura.1**

Normal **Figura.2**

Fonte da imagem: Disponível em: https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/alimentos-irradiados.htm



Selo indicativo de alimentos irradiados

Os alimentos irradiados devem apresentar o selo **Radura**, que identifica o tratamento com radiação ionizante para aumentar a conservação e a segurança alimentar. Esse processo não torna o alimento radioativo nem oferece riscos à saúde.

Na **indústria**, a radioatividade é utilizada para aumentar a qualidade, a segurança e a eficiência dos processos. Suas principais aplicações incluem a inspeção de soldas e tubulações por radiografia industrial, a medição de espessura, densidade e nível de produ-

tos, a detecção de vazamentos por meio de radioisótopos traçadores e a esterilização de equipamentos médicos. Essas técnicas permitem realizar medições precisas e controlar processos sem danificar os materiais, contribuindo para a produção segura e de alta qualidade.

Disponível em: https://pt.kindle-tech.com/faqs/what-are-the-applications-of-radioactivity-in-industry Acesso em: 20 jun.2026.Adaptado

ATIVIDADES

34. De acordo com o texto, qual tipo de radiação é utilizado no processo de irradiação de alimentos?

35. O alimento irradiado torna-se radioativo? Explique.

36. Qual é a função do selo Radura presente nas embalagens dos alimentos?

37. Como a radioatividade é utilizada na indústria, segundo o texto?

38. Cite três aplicações da radioatividade na indústria mencionadas no texto.

39. Qual é a vantagem da radiografia industrial em relação aos materiais inspecionados?

40. De acordo com o texto, qual alternativa resume corretamente a importância da radioatividade na agricultura e na indústria?

(A) É utilizada apenas para produzir energia elétrica.
(B) Serve apenas para tornar os alimentos radioativos.
(C) Contribui para a conservação dos alimentos e para melhorar a qualidade, a segurança e a eficiência dos processos industriais.
(D) É empregada exclusivamente na fabricação de medicamentos.
(E) É utilizada apenas em pesquisas científicas.

Para saber mais!

A **radioterapia** é um tratamento contra o câncer que utiliza radiação para destruir ou impedir o crescimento das células tumorais. Pode ser aplicada sozinha ou em conjunto com cirurgia e quimioterapia, além de aliviar sintomas em casos avançados da doença (radioterapia paliativa).

Os principais tipos de radioterapia são a teleterapia, que utiliza um feixe externo de radiação direcionado ao tumor, a **braquiterapia**, em que a fonte de radiação é colocada próxima ou dentro do tumor, e a **injeção de radioisótopos**, indicada principalmente para o tratamento do câncer de tireoide. Quando realizada de forma planejada e controlada, a radioterapia aumenta as chances de sucesso no tratamento e reduz os danos aos tecidos saudáveis.

SISTEMATIZANDO

Estudante, vamos sistematizar nossos conhecimentos sobre a energia nuclear, uma importante fonte de energia obtida por reações que ocorrem no núcleo dos átomos. Você compreenderá como a fissão nuclear é utilizada nas usinas para gerar eletricidade e conhecerá a fusão nuclear, processo responsável pela produção de energia nas estrelas, como o Sol.

Ao longo deste material, você identificará as principais vantagens da energia nuclear, como a elevada produção de eletricidade e a baixa emissão de gases poluentes durante sua geração. Também analisará seus desafios, entre eles o alto custo de implantação das usinas, a produção de resíduos radioativos, os riscos de acidentes nucleares e o uso de combustíveis não renováveis, como o urânio.

Ao final dos estudos, espera-se que você seja capaz de compreender a importância da energia nuclear para a sociedade, reconhecendo seus benefícios, seus riscos e a necessidade de rigorosos sistemas de segurança e do descarte adequado dos resíduos radioativos para proteger o meio ambiente e a saúde da população.

Leia o texto.

Texto IX

Energia Nuclear

Os átomos de alguns elementos químicos apresentam a propriedade de, através de reações nucleares, transformar massa em energia. Esse princípio foi demonstrado por Albert Einstein. O processo ocorre espontaneamente em alguns elementos, porém em outros precisa ser provocado através de técnicas específicas.

Existem duas formas de aproveitar essa energia

para a produção de eletricidade: A **fissão** nuclear, onde o núcleo atômico se divide em duas ou mais partículas, e a **fusão** nuclear, na qual dois ou mais núcleos se unem para produzir um novo elemento.

A fissão do átomo de urânio é a principal técnica empregada para a geração de eletricidade em usinas nucleares. É usada em mais de 400 centrais nucleares em todo o mundo, principalmente em países como a França, Japão, Estados Unidos, Alemanha, Suécia, Espanha, China, Rússia, Coréia do Sul, Paquistão e Índia, entre outros.



Segundo a WNA (Associação Nuclear Mundial, da sigla em Inglês), hoje, 14% da energia elétrica no mundo, é gerada através de fonte nuclear e este percentual tende a crescer com a construção de novas usinas, principalmente nos países em desenvolvimento (China, Índia, etc.). Os Estados Unidos, que possuem o maior parque nuclear do planeta, com 104 usinas em operação, estão ampliando a capacidade de geração e aumentando a vida útil de várias de suas centrais. França, com 58 reatores, e Japão, com 50, também são grandes produtores de energia nuclear, seguidos por Rússia (33) e Coréia do Sul (21).

A maior vantagem ambiental da geração elétrica através de usinas nucleares é a não utilização de combustíveis fósseis, evitando o lançamento na atmosfera dos gases responsáveis pelo aumento do aquecimento global e outros produtos tóxicos. Usinas nucleares ocupam áreas relativamente pequenas, podem ser instaladas próximas aos centros consumidores e não dependem de fatores climáticos (chuva, vento, etc.) para o seu funcionamento.

Além disso, o urânio utilizado em usinas nucleares é um combustível de baixo custo, uma vez que as quantidades mundiais exploráveis são muito grandes e não oferecem risco de escassez em médio prazo. Pesquisas de opinião realizadas na Europa, nos Estados Unidos e na Ásia demonstram que a população aceita a construção de novas usinas nucleares e a substituição de plantas antigas por novas. Ambientalistas prestigiados como James Lovelock (autor da "Teoria de Gaia") e e Patrick Moore (fundador do Green Peace) são unânimes em declarar que não se pode abdicar da energia nuclear se pretendemos reduzir os riscos do aquecimento global e de todos os problemas relacionados a ele.

Disponível em: https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Espaco-do-Conhecimento/Paginas/Energia-Nuclear.aspx Acesso em: 20 jun.2026.Adaptado

ATIVIDADES

41. Segundo o texto, a energia nuclear pode ser obtida porque alguns elementos químicos têm a capacidade de

(A) emitir luz por aquecimento.
(B) produzir eletricidade por combustão.
(C) transformar energia elétrica em calor.
(D) armazenar energia apenas em seus elétrons.
(E) transformar massa em energia por meio de reações nucleares.

42. De acordo com o texto IV, existem duas formas de obtenção da energia nuclear. São elas:

(A) combustão e vaporização.
(B) eletrólise e combustão.
(C) condensação e evaporação.
(D) oxidação e redução.
(E) fissão nuclear e fusão nuclear.

43. Nas usinas nucleares, a principal técnica utilizada para gerar eletricidade é a

(A) fusão do urânio.
(B) eletrólise da água.
(C) combustão do gás natural.
(D) queima de carvão mineral.
(E) fissão do átomo de urânio.

44. Segundo o texto, a fusão nuclear ocorre quando

(A) há perda de prótons pelo núcleo.
(B) o átomo libera energia apenas por aquecimento.
(C) um núcleo atômico se divide em partículas menores.
(D) dois ou mais núcleos atômicos se unem para formar um novo elemento.
(E) ocorre a separação de elétrons do átomo.

45. (Enem 2016) A energia nuclear é uma alternativa aos combustíveis fósseis que, se não gerenciada de forma correta, pode causar impactos ambientais graves. O princípio da geração dessa energia pode se basear na reação de fissão controlada do urânio por bombardeio de nêutrons, como ilustrado a seguir.

$$^{235}U + n \rightarrow {}^{95}Sr + {}^{139}Xe + 2n + \text{energia}$$

Um grande risco decorre da geração do chamado lixo atômico, que exige condições muito rígidas de tratamento e armazenamento para evitar vazamentos para o meio ambiente.

Esse lixo é prejudicial, pois

(A) favorece a proliferação de microrganismos termófilos.

(B) produz nêutrons livres que ionizam o ar, tornando-o condutor.
(C) libera gases que alteram a composição da atmosfera terrestre.
(D) acentua o efeito estufa decorrente do calor produzido na fissão.
(E) emite radiação capaz de provocar danos à saúde dos seres vivos.

Para saber mais!

Lixo Nuclear

O **lixo nuclear**, também chamado de **lixo radioativo**, é formado por resíduos provenientes principalmente das usinas nucleares, que utilizam materiais radioativos, como o **urânio**, para gerar energia elétrica. Esses materiais também são empregados na medicina, agricultura, indústria e pesquisa.

Por emitir radiação, o lixo nuclear pode causar sérios danos à saúde, como câncer e outras doenças, além de contaminar o meio ambiente. Acidentes como **Chernobyl (1986)**, na Ucrânia, e o **Acidente com o Césio-137 (1987)**, em Goiânia, demonstram os riscos da exposição à radiação.

O descarte desses resíduos depende do seu nível de radioatividade. Materiais de baixa e média radioatividade são armazenados em depósitos específicos, enquanto os de alta radioatividade são mantidos em piscinas de resfriamento e protegidos por estruturas de aço, chumbo e concreto. Apesar dessas medidas, o armazenamento exige monitoramento constante, pois os resíduos podem permanecer perigosos por muitas décadas.

Disponível em: https://www.todamateria.com.br/lixo-nuclear/ Acesso em: 20 jun.2026.Adaptado

ATIVIDADES

46. Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado "lixo atômico". Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal.

A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de:

(A) emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
(B) acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
(C) ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.
(D) exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.
(E) emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito.

47. (UniCesumar) O radioisótopo ^{137}Cs é um dos subprodutos da fissão nuclear do ^{235}U e ^{239}Pu, sendo um importante componente do lixo atômico. Em sua desintegração radioativa, o ^{137}Cs emite uma partícula β^- e radiação g, resultando em um isótopo estável. Sua meia vida é de aproximadamente 30 anos.

Se uma amostra contendo inicialmente 27,4 mg de ^{137}Cs é armazenada por 60 anos, pode-se afirmar que o isótopo estável formado e a quantidade total de partículas β^- - emitidas são, respectivamente,

(A) ^{137}Xe e 1,5 x 10^{-4} mol de β^-.
(B) ^{137}La e 1,0 x 10^{-4} mol de β^-.
(C) ^{137}La e 0,5 x 10^{-4} mol de β^-.
(D) ^{137}Ba e 1,5 x 10^{-4} mol de β^-.
(E) ^{137}Ba e 0,5 x 10^{-4} mol de β^-.

48. (PUC-PR) Em setembro de 2017 foram completados 30 anos do mais grave acidente radioativo do Brasil. Na cidade de Goiânia, em decorrência do desmonte de um equipamento de teleterapia utilizado em um centro medicinal radiológico, peças do maquinário foram descartadas de maneira equivocada e junto havia quantidades de Césio radioativo. Houve a coleta de quase 20 gramas de cloreto de césio que possuía quantidades do isótopo 137.

A respeito dos átomos do elemento CÉSIO e de suas emissões radioativas percebe-se que

(A) que a substância encontrada no lixo, o cloreto de CÉSIO, é formada a partir de ligações covalentes.
(B) se o isótopo 137 do Césio for um emissor de duas partículas alfa e uma beta teremos a formação de átomos que apresentam número de massa 129 e número atômico 52.
(C) átomos de elementos metálicos do mesmo período da tabela periódica que o CÉSIO possui maior raio atômico que os átomos de CÉSIO.
(D) os isótopos radioativos de massa 137 do CÉSIO possuem um maior número de prótons que os átomos de CÉSIO – 133.
(E) se o tempo de meia vida do CÉSIO 137 é de 30 anos a partir de 2017 a amostra encontrada não emitirá mais partículas e ondas radioativas.

49. O processo de fissão nuclear é bastante utilizado na produção de energia elétrica em alguns países por produzir uma excelente quantidade de energia térmica. Porém, um grande malefício promovido pela fissão nuclear é a produção de lixo radioativo, que deve ser armazenado em local apropri-ado. Esse lixo geralmente é composto por elemen-tos químicos formados durante o processo de fissão.

Assim, qual dos processos abaixo representa um processo de produção de lixo radioativo, ou seja, uma fissão nuclear?

(A) $_{7}N^{14} + {}_{1}H^{1} \longrightarrow {}_{6}C^{12} + {}_{2}He^{4}$
(B) $_{1}H^{2} + {}_{1}H^{3} \longrightarrow {}_{2}He^{4} + {}_{0}n^{1}$
(C) $_{6}C^{14} \longrightarrow {}_{-1}\beta^{0} + {}_{7}N^{14}$
(D) $_{92}U^{235} \longrightarrow {}_{2}\alpha^{4} + {}_{90}Th^{231}$
(E) $_{92}U^{235} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{38}Sr^{95} + {}_{54}Xe^{139} + 2{}_{0}n^{1}$

Para saber mais!

A maior usina nuclear do mundo

Kashiwazaki-Kariwa, no Japão, é a maior usina de energia nuclear do mundo em capacidade de produção, embora apenas um de seus sete reatores tenha sido reativado.



Usina nuclear de Kashiwazaki-Kariwa, da Tokyo Electric Power Company Holdings — Foto: Associated Press

Disponível em: https://g1.globo.com/mundo/noticia/2026/01/22/japao-suspende-reativacao-da-maior-usina-nuclear-do-mundo-apos-incidente.ghtml Acesso em: 20 jun.2026.

Maratona DE OLHO NO ENEM e Vestibulares

IMPORTANTE!

Estudante, vamos trabalhar com algumas questões do Enem focalizando os assuntos de química que mais aparecem na prova de Ciências da Natureza.

Moléculas e propriedades: 8,6%
Estequiometria: 7,9%
Propriedades dos compostos orgânicos: 6,6%
Separação de misturas: 6,6%
Funções inorgânicas: 6,6%
Eletroquímica: 6,6%

Dica: além de conhecer os conteúdos, é importante saber interpretar situações-problema e aplicar os conceitos no cotidiano, característica marcante das questões de Química do Enem. Sucesso!

1. (ENEM 2025) A química nuclear é uma importante ferramenta na produção de substâncias utilizadas na área da saúde humana. A radiação emitida pelo cobalto-60 é utilizada na medicina como ferramenta de diagnóstico e no tratamento do câncer. No entanto, esse radioisótopo tem um tempo de armazenamento limitado, pois seu tempo de meia-vida é de 5,3 anos. Considere um frasco com uma amostra contendo 2,00 mg de cobalto-60, armazenado durante um período de 26,5 anos.

A massa de cobalto-60, em miligrama, que restará ao final desse tempo é mais próxima de

(A) 2,00 mg.
(B) 1,00 mg.
(C) 0,40 mg.
(D) 0,13 mg.
(E) 0,06 mg.

2.(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 I - 131, responsável por enfermidades nas pessoas que foram expostas a ele. O decaimento de uma massa de 12 microgramas do isótopo I - 131 foi monitorado por 14 dias, conforme o quadro a seguir.

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) 24µg.
(B) 1,5µg.
(C) 0,8µg.
(D) 0,4µg.
(E) 0,2µg.

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	1/2 000	−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 2020) Com a descoberta de emissões de energia do rádio-226, por Marie Curie e Pierre Curie, o fenômeno foi denominado radiação α (alfa) ou emissão α . Posteriormente, verificou-se que a emissão α na verdade são partículas correspondentes a núcleos de hélio formados por dois prótons e dois nêutrons. Assim, no decaimento α , um núcleo instável emite partículas α, tornando-se um núcleo mais estável (núcleo filho).

Se um núcleo de rádio-226 emitir duas partículas α , o número de massa do núcleo filho será
(A) 226.
(B) 224.
(C) 222.
(D) 220.
(E) 218.

5. (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.

6. (ENEM PPL 2017) O avanço científico e tecnológico 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

7. (ENEM- 2017) A técnica do carbono-14 permite a datação de fósseis pela medição dos valores de emissão beta desse isótopo presente no fóssil. Para um ser em vida, o máximo são 15 emissões beta/ (min g). Após a morte, a quantidade de 14C se reduz pela metade a cada 5 730 anos.

A prova do carbono 14. Disponível em: http://noticias.terra.com.br. Acesso em: 9 nov. 2013 (adaptado).

Considere que um fragmento fóssil de massa igual a 30 g foi encontrado em um sítio arqueológico, e a medição de radiação apresentou 6 750 emissões beta por hora. A idade desse fóssil, em anos, é
(A) 450.
(B) 1 433.
(C) 11 460.
(D) 17 190.
(E) 27 000.

8. (ENEM PPL 2012) A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir.

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

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

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois:
(A) O material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
(B) A utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
(C) A contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microorganismos.
(D) O material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.
(E) O intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

9. (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.

10. (UFG-2025, questão 60) A meia vida dos microplásticos depende de vários fatores, inclusive o tipo de plástico, as condições ambientais e o organismo que o

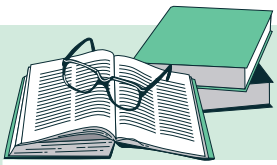
ingere. Em um determinado estudo, a meia vida biológica dos microplásticos de poliestireno em um organismo marinho foi estimada, em média, em 30 dias. Considerando um braço de mar onde a concentração desse microplástico foi determinada em 120 mg/L, qual será a concentração residual em mg/L desse microplástico após 150 dias?

(A) 18,0.
(B) 15,0.
(C) 7,50.
(D) 3,75.
(E) 1,88

11. (UFG-2025, questão 72) O manual de instalação de lâmpadas de LED tubulares informa que elas foram projetadas para substituir lâmpadas fluorescentes tubulares tradicionais com economia de até 60% no consumo de energia elétrica.

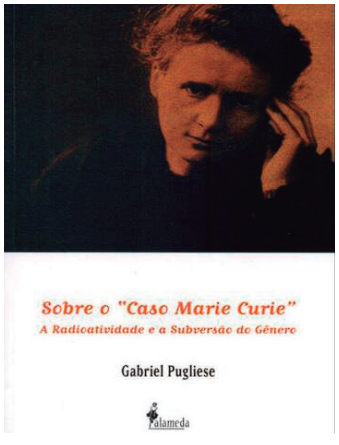
Essa economia de energia elétrica se dá porque as lâmpadas de LED produzem

(A) radiação ultravioleta intensa, emitindo pouca radiação térmica.
(B) luz a partir de alta tensão, resultando em baixa corrente elétrica.
(C) luz pelas transições eletrônicas, ocorrendo em materiais semicondutores.
(D) radiação infravermelha, sendo convertida em luz em materiais semicondutores.
(E) luz pela ionização do gás argônio, sendo mais eficiente que o vapor de mercúrio.



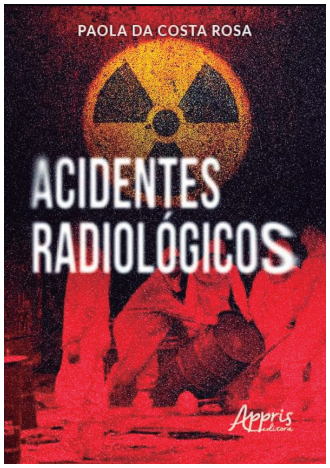
LEITURAS RECOMENDADAS

a) O Caso Marie Curie: A Radioatividade e a Subversão do Gênero
Autor: Gabriel Pugliese



O livro "O Caso Marie Curie: A Radioatividade e a Subversão do Gênero", de Gabriel Pugliese, apresenta a trajetória de Marie Curie, destacando suas importantes contribuições para o estudo da radioatividade e os desafios que enfrentou por ser mulher e estrangeira na França do início do século XX. A obra mostra como o preconceito de gênero e as críticas à sua vida pessoal marcaram sua carreira, ao mesmo tempo em que valoriza sua perseverança e seu legado para a ciência. Além de abordar a história da radioatividade, o livro também promove reflexões sobre a participação das mulheres na ciência e as desigualdades de gênero no meio científico.

b) Acidentes Radiológicos
Autora: Paola da Costa Rosa

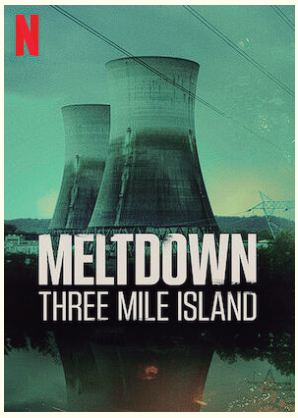


O livro Acidentes Radiológicos, de Paola da Costa Rosa, analisa os principais acidentes radiológicos registrados pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), incluindo o acidente com Césio-137 em Goiânia. A obra apresenta as causas, as falhas de segurança, as consequências desses acidentes e as medidas adotadas para prevenir novos eventos. Além disso, destaca a importância da radioproteção, da educação, das normas de segurança e dos protocolos de emergência para reduzir os riscos da exposição à radiação e garantir o uso seguro das tecnologias radiológicas.

CINE PIPOCA

QUÍMICA EM CENA: CONECTANDO A TEORIA ÀS TELAS PARA IR ALÉM DA SALA DE AULA

1. Reação Nuclear (2022) – minissérie, Netflix.



O documentário "Reação Nuclear" retrata o acidente ocorrido em 1979 na usina nuclear de Three Mile Island, nos Estados Unidos. A produção apresenta as causas e as consequências do vazamento de radiação, que contaminou áreas próximas à usina, além de reunir depoimentos de moradores e funcionários. Também contextualiza o acidente com acontecimentos da

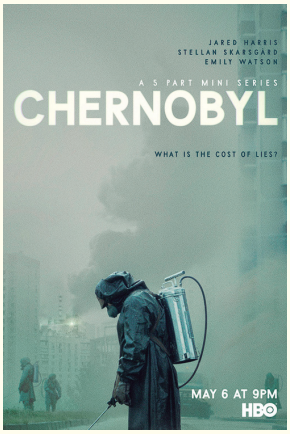
época, como a Guerra Fria e o lançamento do filme "Síndrome da China", destacando os impactos sociais e ambientais da energia nuclear.

2. Radioativo (2019) – Filme.



O filme "Radioativo" retrata a trajetória de Marie Curie, destacando sua dedicação à pesquisa científica, os desafios enfrentados por ser mulher na ciência e os efeitos da exposição prolongada à radiação em sua saúde. A obra também mostra sua parceria com Pierre Curie e a conquista do Prêmio Nobel de Química em 1911.
Além de contar sua história, o filme evidencia os impactos de suas descobertas, mostrando aplicações benéficas, como a radioterapia, e consequências marcantes, como as bombas atômicas e o acidente de Chernobyl.

3. Chernobyl (2019) – minissérie, HBO.



A minissérie **Chernobyl** dramatiza o acidente nuclear ocorrido na usina de Chernobyl, abordando suas causas, consequências e os esforços para controlar a tragédia e ajudar as vítimas. Embora tenha sido elogiada pela qualidade da produção e pelo realismo, também recebeu críticas por algumas imprecisões históricas e pela abordagem política dos acontecimentos.

O filme **Fukushima: Ameaça Nuclear** retrata o desastre de 2011 no Japão, quando um tsunami atingiu uma usina nuclear, colocando em risco uma explosão radioativa. A história destaca a atuação dos trabalhadores que permaneceram no local para evitar uma tragédia ainda maior.

Essas obras mostram que, apesar dos benefícios da radiação para a produção de energia e para a medicina, seu uso exige rigorosos cuidados para evitar acidentes e proteger a população e o meio ambiente.

FÍSICA

TEMATICA: Física Moderna

CONTEXTUALIZANDO

Estudante, no final do século XIX, novas tecnologias transformaram a sociedade, com avanços como eletricidade, automóveis, cinema, radiotelegrafia e motores elétricos. Ao mesmo tempo, alguns fenômenos não eram explicados pela Física clássica, como o efeito fotoelétrico e a radiação do corpo negro.

Essas descobertas contribuíram para o surgimento da Física Moderna, com a Mecânica Quântica, de Max Planck, e a Teoria da Relatividade, de Albert Einstein, que ampliaram a compreensão do mundo microscópico e do universo.

Leia o texto.

Texto I

A Ciência Através dos Tempos: o surgimento da Física Moderna

No final do século XIX, muitos físicos acreditavam que a Física já estava praticamente completa e que restavam apenas alguns detalhes a serem ajustados. No entanto, a própria História da Ciência mostrou que ainda havia muito a descobrir. Vejamos, a seguir, alguns exemplos das descobertas e inovações que marcaram esse período.

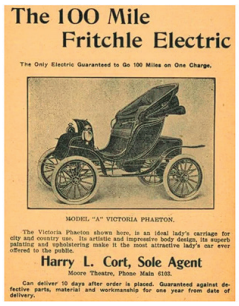
- **A iluminação elétrica** pública e residencial, que começava a substituir os antigos lampiões a gás. Antes da popularização da iluminação elétrica, a iluminação pública dependia do trabalho dos acendedores de lampiões (Figura 1), responsáveis por acen-der manualmente as luzes das ruas ao anoitecer.



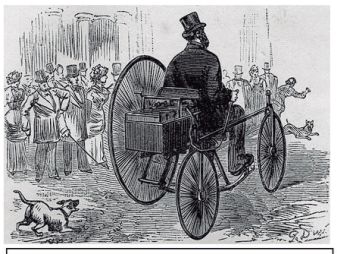
Disponível em: https://br.pinterest.com/pin/334955291046639686/. Acesso em: 14 ago.2026.

Figura1 – Acendedor de lampiões no século XIX.

- **O motor elétrico** a partir dos estudos sobre eletricidade e magnetismo. As contribuições de cientistas como Michael Faraday, Thomas Davenport e Nikola Tesla permitiram seu desenvolvimento e aperfeiçoamento. Sua utilização contribuiu para a modernização dos transportes, substituindo gradativamente os bondes movidos por tração animal, além de impulsionar a automatização das fábricas e transformar diver-sas atividades do cotidiano. A indústria automobilística desenvolveu veículos movidos a vapor, eletricidade e gasolina (Figura 2), destacando-se os motores a combustão com a expansão do uso do petróleo.



Anúncio do Victoria Phaeton, projetado por Oliver P. Fritchle, prometia entrega do carro elétrico em até 10 dias (American-Automobiles.com)



Primeiro carro elétrico da história, feito em 1881 por Gustave Trouvé (Wikimedia/CC)

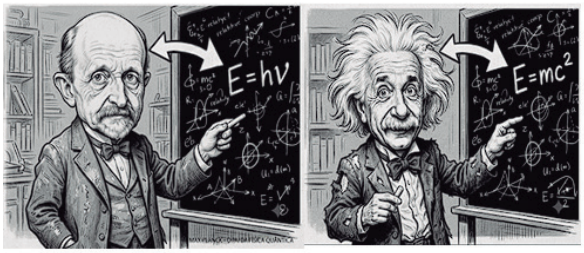
(Figura. 2)

Disponível em: https://olhardigital.com.br/2022/01/02/carros-e-tecnologia/passado-eletrico-em-1900-eletricos-eram-38-dos-veiculos-vendidos-entenda-o-que-deu-errado/. Acesso em: 12 agosto 2026.

- Dirigíveis e metrôs subterrâneos: novos meios de transporte transformaram a mobilidade nas cidades.
- Radiotelegrafia: Guglielmo Marconi desenvolveu sistemas de comunicação sem fio, permitindo a transmissão de mensagens a longas distâncias.
- Cinema: começou a se popularizar como uma nova forma de entretenimento e expressão artística.
- Gramofone: possibilitou a gravação e reprodução de músicas, ampliando o acesso à música.
- Produção de aço: sua fabricação em larga escala favoreceu a construção de pontes, ferrovias, edifícios e arranha-céus.

Na ciência, surgiam fenômenos que ainda não eram bem explicados, como a radiação do corpo negro, o efeito fotoelétrico e a controversa hipótese do éter, que buscava explicar a propagação da luz pelo espaço. Esses questionamentos contribuíram para o desenvolvimento da **Física Moderna**, especialmente da Mecânica Quântica, que trata do mundo atômico (muito pequeno), a partir dos estudos de Max Planck e da Teoria da Relatividade de Albert Einstein que abrange o universo cósmico (muito grande).

Max Planck e Albert Einstein





A Medalha Max Planck foi entregue a Albert Einstein por Max Planck em 28 de junho de 1929, na Sociedade Alemã de Física, em Berlim, Alemanha.

Crédito: AIP Emilio Segrè Visual Archives, Coleção Fritz Reiche.

Fonte: Elaboração NUREDI

ATIVIDADES

1. A hipótese do éter, mencionada no texto, procurava explicar:

(A) a formação dos metais.
(B) a produção de petróleo.
(C) a produção de energia elétrica.
(D) a propagação da luz pelo espaço.
(E) o funcionamento dos motores elétricos.

2. Antes da popularização da iluminação elétrica, as ruas eram iluminadas principalmente por:

(A) lampiões a gás.
(B) lâmpadas elétricas.
(C) motores a combustão.
(D) geradores de energia solar.
(E) sistemas de radiotelegrafia.

3. O desenvolvimento do motor elétrico esteve relacionado aos estudos sobre:

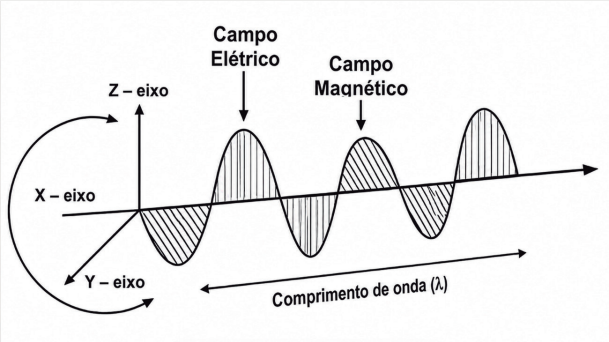
(A) luz e som.
(B) calor e pressão.
(C) química e combustão.
(D) gravidade e movimento.
(E) eletricidade e magnetismo.

Leia o texto.

Texto II

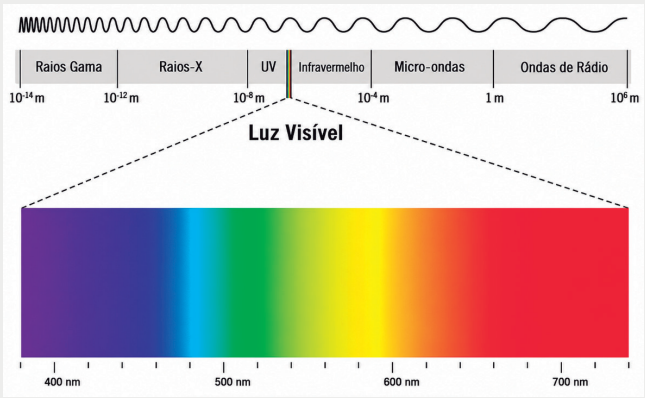
Ondas Eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas são ondas transversais e podem se deslocar no vácuo, sem a necessidade de um meio material, com velocidade aproximada de $3{,}0 \times 10^8$ m/s.. Elas são formadas por oscilações de **campos elétricos e magnéticos** perpendiculares entre si, que se propagam juntos, conforme imagem a seguir.



Disponível em: https://www.todamateria.com.br/eletromagnetismo/. Acesso em: 10 ago.2026.

O espectro eletromagnético reúne os diferentes tipos de ondas eletromagnéticas, organizados em ordem crescente de frequência e energia. À medida que a frequência e a energia aumentam, o comprimento de onda diminui. Assim, ondas de maior frequência apresentam maior energia e menor comprimento de onda, enquanto, ondas de menor frequência possuem menor energia e maior comprimento de onda, como representado na imagem a seguir.



Fonte: https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/

Características

Para caracterizar uma onda, utilizamos algumas grandezas físicas:

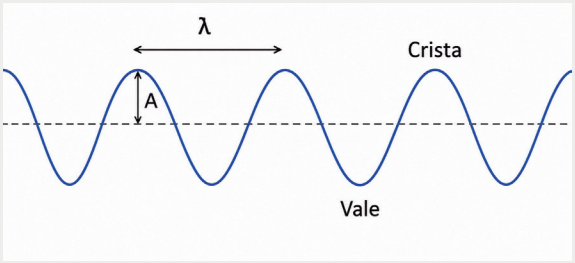
- **Amplitude (A):** corresponde à distância entre a posição de equilíbrio e a crista ou o vale da onda. A **crista** é o ponto mais alto, enquanto o **vale** é o ponto mais baixo.
- **Comprimento de onda (λ)**: é a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.
- **Velocidade (v):** indica a rapidez com que a onda se propaga e pode variar de acordo com o meio de propagação.
- **Frequência (f):** corresponde ao número de oscilações realizadas pela onda por unidade de tempo.

Sua unidade no Sistema Internacional é o **hertz (Hz)**. A frequência é determinada pela fonte que produz a onda.

- **Período (T):** é o tempo necessário para a realização de uma oscilação completa. Sua unidade no Sistema Internacional é o **segundo (s)**.

Relação entre frequência e período:

f=T1



Fórmulas

Relação entre período e frequência

O período é o inverso da frequência.

Assim:

$$T = \frac{1}{f}$$

Velocidade de propagação

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

A velocidade também pode ser calculada em função da frequência, substituindo o período pelo inverso da frequência.

Temos:

$$v = \lambda \cdot f$$

Em que:

- v = velocidade de propagação da onda (m/s);
- λ (lambda) = comprimento de onda (m);
- f = frequência da onda (Hz).

Para as ondas eletromagnéticas no vácuo, a velocidade é aproximadamente:

v=3,0×108 m/s

Exemplo

Qual o período e a velocidade de propagação de uma onda que apresenta frequência de 5Hz e comprimento de onda de 0,2 m?

Como o período é o inverso da frequência, então:

$$T = \frac{1}{5} = 0{,}2s$$

Para calcular a velocidade usamos o comprimento de onda e a frequência, assim:

$$v = 5 \cdot 0{,}2 = 1\,m/s$$

Estudante, você já utilizou um forno de micro-ondas para preparar um macarrão instantâneo, fazer pipoca ou aquecer uma fatia de pizza? Nesses casos, o aquecimento dos alimentos ocorre devido à ação das micro-ondas, um tipo de onda eletromagnética capaz de transferir energia para as moléculas presentes nos alimentos. Vamos ampliar esse tema?

As **micro-ondas** são ondas eletromagnéticas (curtas de alta frequência), que podem se propagar no vácuo com velocidade aproximada de **3,0 × 10^8 m/s** . Nos fornos de micro-ondas, o **magnetron** é o componente responsável por transformar energia elétrica em ondas eletromagnéticas, geralmente com frequência de **2.450 MHz**.

Qual é o comprimento de onda produzido pelo forno de micro-ondas?

Para descobrir o comprimento de onda, utilizamos a relação fundamental da ondulatória:

v = λ · f

Considerando:

- **v = 3,0 × 10^8 m/s**
- **f = 2,45 × 10^9 Hz**

Temos:

λ = v/f

λ = (3,0 × 10^8) / (2,45 × 10^9)

λ ≈ 0,122 m, ou aproximadamente **12,2 cm**.

Assim, o comprimento de onda das micro-ondas utilizadas no forno é de aproximadamente **12,2 centímetros**.

Ondas de rádio: possuem baixa frequência e grande comprimento de onda. São usadas em transmissões de rádio, TV e comunicações sem fio, como as realizadas pelos celulares.

Infravermelho: radiação associada ao calor, utilizada em dispositivos como controles remotos, sensores e equipamentos de visão noturna.

Luz visível: A única faixa que o olho humano consegue enxergar. É subdividida nas cores do arco-íris (do vermelho ao violeta).

Ultravioleta (UV): radiação emitida principalmente pelo Sol, responsável pelo bronzeamento da pele, mas que também pode causar queimaduras e danos às células.

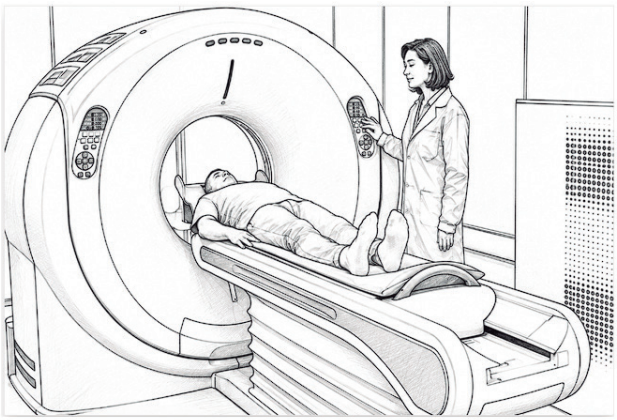
Raios X: Ondas de alta energia que conseguem atravessar tecidos moles. Muito utilizadas em diagnósticos médicos e segurança de aeroportos.

Raios gama: Maior frequência, maior energia e menor comprimento de onda do espectro. São produzidos por reações nucleares e fenômenos astrofísicos extremos.

Dando uma atenção especial para os raios gama, eles são a forma mais intensa de radiação eletromagnética do universo. Eles possuem a **maior frequência e menor comprimento de onda** de todo o espectro eletromagnético, o que significa que carregam uma quantidade massiva de energia e têm um altíssimo poder de penetração.

Exemplos Práticos de Raios Gama

- **Medicina Nuclear**: Utilizados na **radioterapia** (como a faca gama) para destruir células cancerígenas e em exames de imagem avançados, como a tomografia por emissão de pósitrons (PET).



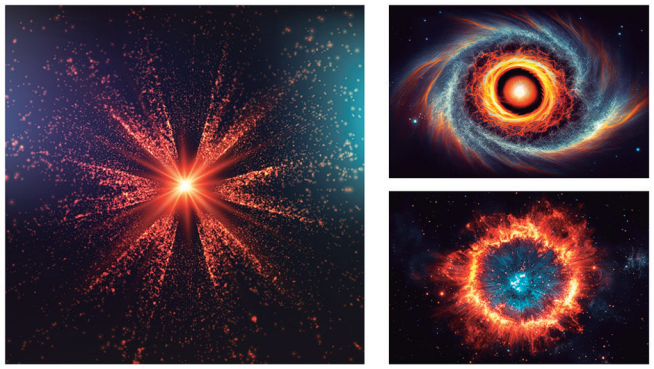
Disponível em: https://blog.unoeste.br/medicina-nuclear/ (adaptada IA). Acesso em: 13 **agosto 2026.**

- **Esterilização Industrial:** Devido ao seu poder de eliminar microrganismos, são usados para **esterilizar materiais médicos** (seringas, luvas) e para conservar alimentos, eliminando bactérias sem deixar resíduos tóxicos.



Disponível em: https://cmscientifica.com.br/o-que-e-a-esterilizacao-por-raios-gama/(adaptada IA). Acesso em: 13 agosto 2026.

- **Fenômenos Astrofísicos:** Emitidos no espaço por eventos cataclísmicos, como as **explosões de supernovas** e a atividade ao redor de buracos negros.



Disponível em: https://www.magnific.com/br/fotos-vetores-gratis/explosao-supernova/2. Acesso em: 13 agosto 2026.

- **Decaimento Radioativo:** Liberados pelo núcleo de átomos instáveis na Terra, como o **Cobalto-60** e o **Césio-137.**







Disponíveis em: www.brasilescola.com.br / www.wikipedia.org.br (adaptados). Acesso em: 13 agosto 2026.

Só para descontrair



Disponível em: https://www.recursosdefisica.com.br/ondulatoria.html.(adaptado IA) Acesso em: 14 agosto 2026.

Para saber mais!

Estudante, aproveite seus momentos de descanso e amplie seus conhecimentos sobre os temas estudados. Você pode pesquisar ou assistir a conteúdos relacionados a:

- Decaimento beta e suas características;
- Acidente radiológico com o Césio-137, ocorrido em Goiânia, em 1987;
- Pesquisadores que contribuíram para o estudo das ondas eletromagnéticas.

Vale a pena assistir!

1. Emergência Radioativa

Disponível em: https://youtu.be/s0wVghg4vS4?si=SUTtET0YRSXFFIu5. Acesso em: 10 ago.2026.

A Netflix lançou a minissérie dramática **Emergência Radioativa**, inspirada no acidente radiológico com o **Césio-137**, ocorrido em Goiânia, em 1987. A produção apresenta, de forma dramatizada, acontecimentos relacionados à tragédia e aos esforços de profissionais da saúde e pesquisadores para controlar a contaminação.

Importante: a produção é uma obra dramatizada. Por isso, alguns acontecimentos, personagens e situações podem ter sido adaptados para a narrativa.

2. Aula sobre ondas eletromagnéticas

Para complementar seus estudos, assista também à aula de Ciências do professor Iury Kesley sobre ondas eletromagnéticas. O conteúdo pode ser utilizado como revisão e aprofundamento do tema. Assistir à aula:

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=RIjFjZXNaSQ . Acesso em: 10 ago.2026.

Ufa! Vamos praticar um pouquinho?

Agora é hora de colocar seus conhecimentos em prática! Começaremos com atividades que exploram os principais conceitos estudados. Em seguida, resolveremos questões envolvendo a equação fundamental da ondulatória e, por fim, itens de vestibulares e concursos.

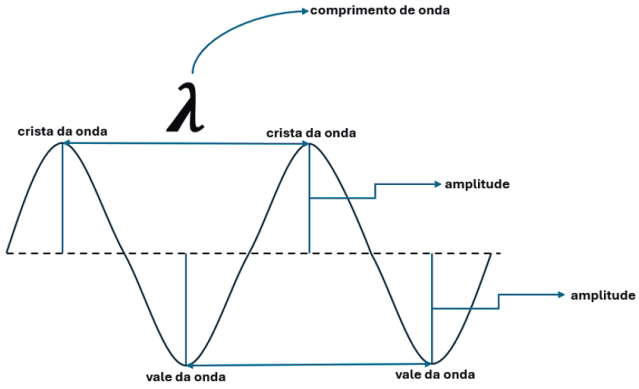
Então, mãos à obra!

ATIVIDADES

4. Uma onda oscila em um período de $0{,}1$ s. Determine a sua frequência.

5. A distância entre duas cristas consecutivas representa o comprimento de uma onda. Se a velocidade de uma onda mede $1{,}50\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ e sua frequência, $0{,}03$ Hz, qual será o seu comprimento?

6. A figura a seguir apresenta as principais características de uma onda periódica.



O comprimento dessa onda mede 30 cm e sua velocidade $90\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Calcule a frequência em hertz e o período em segundos dessa onda.

7. Um aparelho celular no Brasil emite ondas de frequências variadas.

Se a velocidade da luz é $c = 3 \cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ e, a frequência aproximada desse aparelho for $3{,}0$ GHz , calcule o seu comprimento de onda.

8. Um eletroencefalograma (EEG) registra a atividade elétrica do cérebro. Suponha que sua frequência seja 100 Hz, e sua velocidade é $c = 3 \cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Qual é o comprimento de onda desse sinal?

9. (UERJ – adaptado) A velocidade de propagação de uma onda ou radiação eletromagnética, no ar, é cerca de $3 \cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

A tabela a seguir mostra, em metros, a ordem de grandeza do comprimento de onda (λ), associado a algumas radiações eletromagnéticas.

radiação	λ (m)
raios X	10^{-10}
luz visível	10^{-6}
microonda	10^{-1}
onda de rádio	10^{2}

Uma onda eletromagnética de frequência $2{,}5 \cdot 10^9$Hz , que se propaga na atmosfera, corresponderá a radiação classificada como:

10. (UFABC – SP)



(Bill Watterson, Calvin e Haroldo)

Na tirinha, vemos Calvin transformado num raio X vivo. Esse tipo de onda eletromagnética tem frequência entre 10^{17} a 10^{19} Hz e foi descoberta em 1895 por Wilhein Rontgen. Como todas as ondas eletromagnéticas, os raios X viajam pelo vácuo com velocidade de $3{,}0 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$. Considere dois raios X, com frequências $f_1 = 1{,}5 \cdot 10^{18}$ Hz e $f_2 = 3{,}0 \cdot 10^{19}$ Hz. A razão entre os comprimentos de ondas desses raios $(\frac{\lambda_1}{\lambda_2})$, no vácuo, vale:

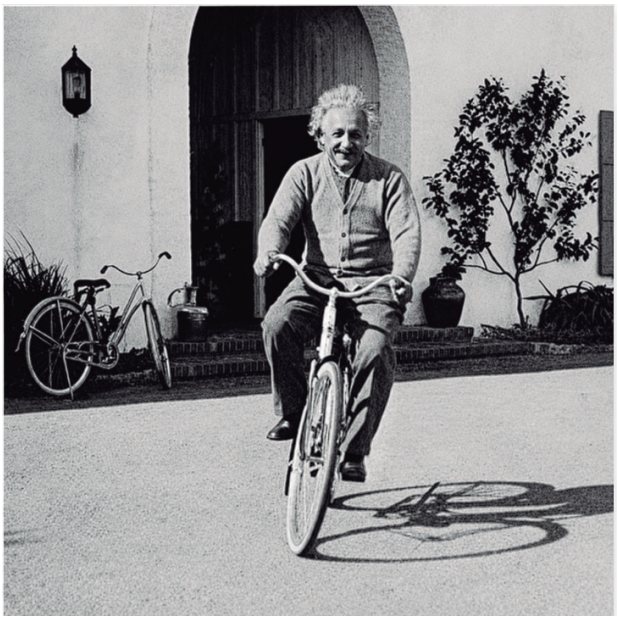
(A) 0,050.
(B) 0,50.
(C) 2,0.
(D) 4,5.
(E) 20.

AMPLIANDO

Estudante, vamos conversar um pouquinho com Einstein?

Albert Einstein foi uma das figuras mais importantes da história da Ciência. Além de suas contribuições para a Física, algumas frases atribuídas ao cientista são frequentemente utilizadas para estimular a reflexão sobre a vida e o conhecimento.

Uma imagem bastante conhecida mostra Einstein andando de bicicleta em frente à casa de Ben Meyer, em Santa Bárbara, Califórnia, nos Estados Unidos, em 1933.



Disponível em: https://www.europeana.eu/en/item/09312/928579. Acesso em: 10 ago.2026.

Einstein é frequentemente associado à seguinte reflexão:

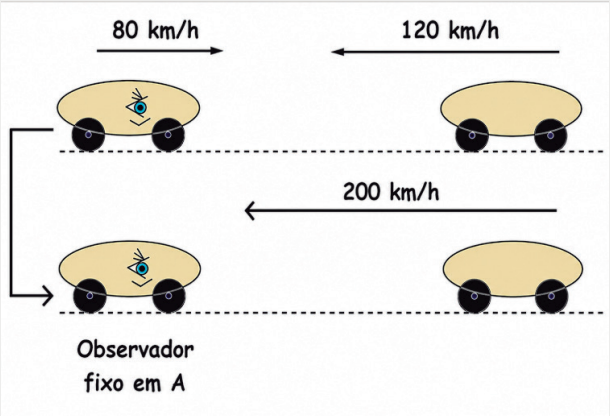
"A vida é como andar de bicicleta. Para manter o equilíbrio é preciso se manter em movimento."

Leia o texto a seguir.

Texto III

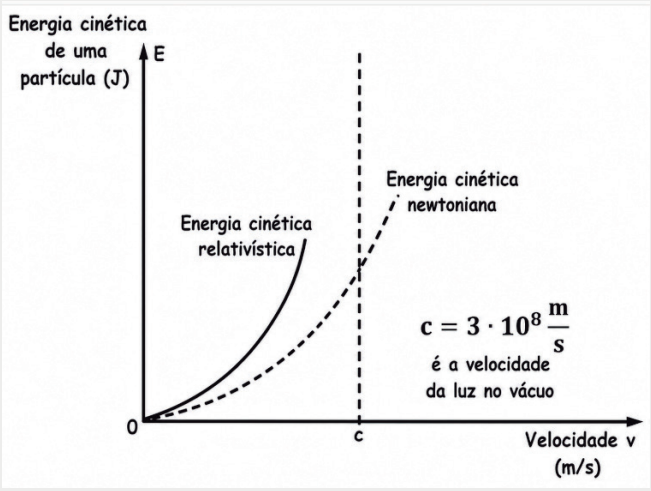
A Relatividade de Einstein

Na Física de Newton e Galileu, as velocidades podiam ser somadas diretamente. Assim, dois veículos movendo-se em sentidos opostos poderiam apresentar uma velocidade relativa igual à **soma de suas velocidades**, conforme representado a seguir.



Entretanto, quando as velocidades se aproximam da **velocidade da luz no vácuo (c ≈ 3 × 10^8 m/s)**, essa ideia deixa de ser válida. Pela **Relatividade Especial**, a

velocidade da luz é um limite para partículas materiais. Observe o gráfico da energia cinética em função da velocidade.



Esse gráfico mostra que:

- À medida que a velocidade de uma partícula se aproxima de c, sua energia cinética relativística cresce muito rapidamente e tende ao infinito.
- Para atingir exatamente a velocidade da luz, seria necessária uma quantidade infinita de energia.
- Como não é possível fornecer energia infinita, uma partícula com massa não pode atingir nem ultrapassar a velocidade da luz.
- A Física Clássica não estabelece esse limite, enquanto a Relatividade Especial estabelece a velocidade da luz como limite máximo para partículas materiais.

Conclusão: quanto mais uma partícula se aproxima da velocidade da luz, maior é a energia necessária para continuar acelerando-a, tornando **impossível atingir a velocidade da luz para qualquer objeto com massa.**

A **Teoria da Relatividade Especial**, proposta por **Albert Einstein em 1905**, modificou a compreensão de espaço, tempo, movimento e energia. De acordo com a teoria, uma partícula com massa não pode atingir a velocidade da luz no vácuo, pois, à medida que sua velocidade se aproxima de $c = 3{,}0 \times 10^8$ m/s, sua energia cinética relativística aumenta cada vez mais, tendendo ao infinito. Assim, seria necessária uma quantidade de energia infinita para acelerar uma partícula com massa até a velocidade da luz.

A teoria baseia-se em dois postulados fundamentais:

1º postulado — Princípio da Relatividade:

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

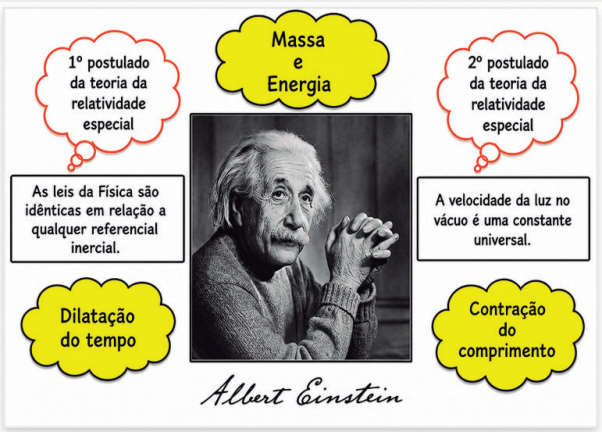
2º postulado — Princípio da Constância da Velocidade da Luz:

"A velocidade da luz no vácuo possui o mesmo valor **c** para todos os sistemas de referência inerciais, independentemente do movimento da fonte ou do observador."

Principais consequências

A Teoria da Relatividade Especial também apresenta consequências importantes:

- **Dilatação do tempo:** para um observador, relógios em movimento relativo a altas velocidades podem marcar intervalos de tempo maiores do que relógios em repouso em relação a ele.
- **Contração do comprimento:** objetos em movimento apresentam redução de seu comprimento **na direção do movimento**, quando observados em velocidades próximas à da luz.
- **Equivalência entre massa e energia:** massa e energia estão relacionadas pela famosa equação **$E = mc^2$**.



Observação: na Física Clássica, não existe esse limite fundamental de velocidade; já na Relatividade Especial, a velocidade da luz no vácuo constitui um limite para partículas com massa.

ATIVIDADES

11. VAMOS SER CURIOSOS POR UNS INSTANTES? 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:

A) Albert Einstein.
B) César Lattes.
C) Ernest Rutherford.
D) Marie Curie.
E) Niels Bohr.
F) Max Planck.

12. Em 2005, comemorou-se o centenário da Teoria da Relatividade Restrita, proposta por Albert Einstein. A teoria derrubou a ideia do éter, que seria o meio necessário para a propagação da luz, e estabeleceu como princípio fundamental que a velocidade da luz no vácuo é constante, aproximadamente 300.000 km/s, independentemente do movimento do observador.

Sobre esse tema, marque V (verdadeiro) ou F (falso):

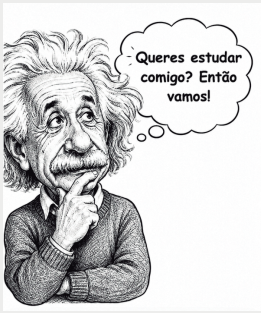
( ) A energia cinética de uma partícula tende ao infinito quando sua velocidade se aproxima da velocidade da luz.
( ) O trabalho necessário para uma partícula atingir a velocidade da luz tende ao infinito.
( ) A Física Newtoniana não estabelece um limite máximo para a velocidade.
( ) A impossibilidade da existência de um trabalho infinito nos leva a concluir que v sempre será maior que c para partículas materiais.

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

Leia o texto.

Texto IV

Dilatação do Tempo



Dilatação do Tempo

Segundo Albert Einstein, na Teoria da Relatividade Restrita, o tempo não é absoluto. A medida do tempo depende do referencial do observador e da velocidade relativa entre os referenciais.

Quando um relógio se movimenta com velocidade próxima à velocidade da luz em relação a outro relógio, os dois podem medir intervalos de tempo diferentes. Esse fenômeno é chamado de dilatação do tempo.

A equação que representa esse fenômeno é:

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

Onde:

- **Δt0** → intervalo de **tempo próprio**, medido pelo relógio que está em repouso em relação ao evento.
- **Δt** → intervalo de tempo medido por um observador para o qual o relógio está em movimento.
- **c** → velocidade da luz no vácuo, aproximadamente **3,0×108 m/s**.
- **v** → velocidade do objeto ou relógio em movimento, em **m/s**.

Um dos postulados fundamentais de Einstein estabelece que:

A velocidade da luz no vácuo é a mesma para todos os observadores, independentemente do movimento da fonte de luz ou do observador.

Como v<c, temos:

$$\Delta t > \Delta t_0$$

Portanto, o relógio em movimento mede um intervalo de tempo menor, enquanto o observador que vê esse relógio se movimentando mede um intervalo de tempo maior.

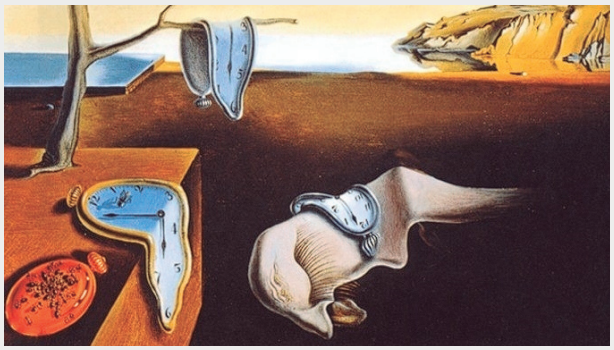
Em outras palavras: para um observador externo, o relógio que está em movimento parece funcionar mais lentamente. Quanto maior a velocidade do objeto, especialmente quando se aproxima da velocidade da luz, maior é o efeito da dilatação do tempo.

Elaboração NUREDI.

SE LIGA!

"Todas as unidades de medidas precisam ser as mesmas: metro combina com metro, segundo combina com segundo e assim por diante

A física moderna na arte moderna



A persistência da memória

Autor: Salvador Dalí

Ano: 1931

O que a obra representa:

A pintura faz parte do movimento Surrealista, que surgiu no século XX, no período entre guerras. Ela representa a memória da infância do artista em Port Lligat – Espanha, misturada com elementos irreais, como os relógios derretidos. Sendo assim, os relógios mostram que o tempo passa de forma diferente nos sonhos.

Reprodução da obra A Persistência da Memória

Este painel na SEDUC foi pintado pelo professor Tolentino, do Ciranda da Arte, no ano de 2025.

Disponível em: mural da SEDUC-GO. Acesso em: 19 agosto 2026.

Antes de iniciar as atividades, d**ivirta-se um pouco com a tirinha a seguir:**



Disponível em: tirinhasdiarias.com.br.Acesso em:

ATIVIDADES

14. Há mais de 100 anos, em 1919, foi realizado um importante experimento na cidade de Sobral, no estado do Ceará, durante um eclipse solar total. As observações realizadas contribuíram para confirmar previsões da Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein.

Entre as consequências da Teoria da Relatividade está

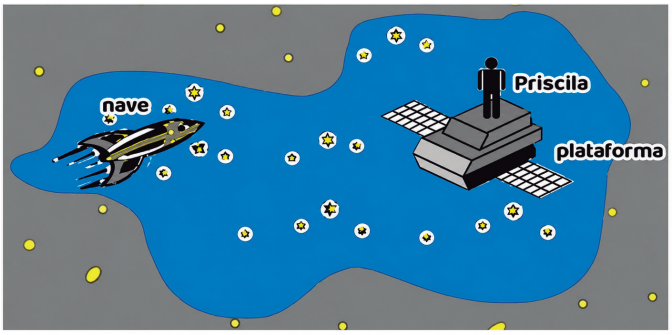
(A) a dilatação do tempo, observada quando há movimento relativo entre referenciais.
(B) a ocorrência de eclipses totais do Sol.
(C) o alargamento do espaço provocado pelo movimento dos corpos.
(D) a transformação de Galileu como princípio fundamental da relatividade.
(E) o deslocamento para o azul da luz proveniente de galáxias distantes.

15. (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

16. (UFMG – MG) Observe a figura:



Paulo Sérgio, viajando em sua nave, aproxima-se de uma plataforma espacial, com velocidade de 0,7 c, 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.

17. (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:

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

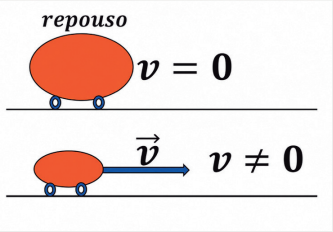
que representa uma dilatação temporal. Nesta expressão, c é a velocidade da luz no vácuo. Com essa teoria surge o paradoxo dos gêmeos: para o piloto de uma espaçonave que realizou uma viagem espacial, com uma velocidade constante de 0,8c, transcorreram-se 18 anos até o seu retorno à Terra. Para o gêmeo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

Leia o texto.

Texto IV

Contração do comprimento

A contração do comprimento é um efeito da Relatividade Restrita: um objeto que se move em velocidades próximas à velocidade da luz é observado por outro referencial como tendo seu comprimento reduzido na direção do movimento.



Ela é complementar à dilatação do tempo e está relacionada ao princípio da simultaneidade.

A fórmula é:

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

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 $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.
v, é a velocidade medida pelo móvel em movimento, medida em metro por segundo $(\frac{m}{s})$.

Elaboração NUREDI.

SE LIGA!

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

ATIVIDADES

18. 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) 126 m.
(B) 142 m.
(C) 156 m.
(D) 168 m.
(E) 174 m.

19. 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?

20. 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.

Leia o texto.

Texto V

Massa e Energia Relativística

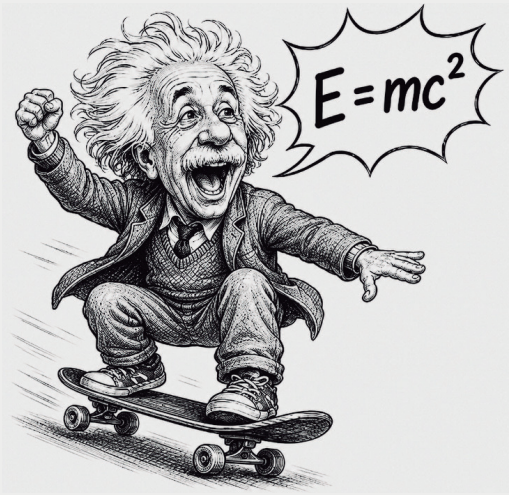
Segundo Einstein, a **massa de repouso** é a massa de um objeto quando ele está em repouso em relação ao observador. Quando o objeto se movimenta em velocidades próximas à da luz, os efeitos relativísticos tornam-se significativos.

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

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 $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.
v , é a velocidade medida pelo móvel em movimento, medida em metro por segundo $(\frac{m}{s})$.
Quando a velocidade de um objeto se aproxima da velocidade da luz (c), sua massa relativística tende ao infinito. Por isso, seria necessária uma quantidade infinita de energia para atingir cc. Assim, nenhum objeto com massa pode alcançar a velocidade da luz, que é o limite máximo de velocidade no Universo.
Logo,

$$m > m_0$$

A massa de um corpo em movimento aumenta conforme sua velocidade se aproxima da velocidade da luz. Einstein também relacionou **massa e energia**, mostrando que a massa de um corpo corresponde a uma determinada quantidade de energia.
Essa relação é expressa pela famosa equação:



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 $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

Estudante, pare um pouquinho vossos estudos e observe. Nas três equações sobre tempo, massa e comprimento, foi utilizda a relação

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

Então, essa relação é conhecida como fator de Lorentz ou fator gama (γ).

"É um número puro usado na Teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Ele mostra o quanto o tempo passa mais devagar, o espaço encolhe e a energia de um objeto mudam quando ele se move em

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

Então, essa relação é conhecida como fator de Lorentz ou fator gama (γ).

"É um número puro usado na Teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Ele mostra o quanto o tempo passa mais devagar, o espaço encolhe e a energia de um objeto mudam quando ele se move em velocidades muito altas, próximas à da luz."

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Fator_de_Lorentz Acesso em: 19 agosto 2026.

ATIVIDADES

21. (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.

22. (UFRN – RN) Sendo a velocidade de propagação da luz igual a $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$, 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}.

"Se o número for menor que 3,16, a ordem de grandeza é a potência encontrada. Mas se for maior ou igual a 3,16, então a ordem de grandeza é a potência somada a um. Ou seja, para sabermos a ordem de grandeza, precisamos transformar o número em notação científica e analisar a qual regra ele se encaixa."

Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/ordem-grandeza.htm. Acesso em: 19 agosto 2026.

23. 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.

24. (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.

25. (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.

SISTEMATIZANDO

Estudante, você já imaginou que a luz pode ser capaz de retirar elétrons de um material? Esse fenômeno é chamado de efeito fotoelétrico e foi fundamental para o desenvolvimento da Física Moderna.

O efeito fotoelétrico ocorre quando a luz incide sobre um material e seus fótons transferem energia aos elétrons, podendo provocar sua emissão. Para isso, o fóton precisa ter uma energia mínima, que depende do material.

Albert Einstein explicou esse fenômeno considerando que a luz é formada por fótons, contribuindo para o desenvolvimento da Física Moderna e da Mecânica Quântica.

O efeito fotoelétrico possui aplicações em sensores de luz, sistemas de segurança, dispositivos eletrônicos e células fotovoltaicas.

Colaboração

Professora Verônyca Santos Filho
CEPI João Barbosa Reis – CRE Aparecida de Goiânia - Go

Leia o texto.

Texto VI



Efeito Fotoelétrico e Radiação do Corpo Negro

Quando a física clássica quebrou (e o quantum nasceu)

Em 1900, a física parecia um edifício completo. Inclusive, considerava-se que a física estava praticamente resolvida. As leis de Newton, o eletromagnetismo de Maxwell e a termodinâmica compunham o que hoje chamamos de física clássica.

Havia, contudo, algumas pontas soltas. O que parecia um detalhe trivial acabou por derrubar as bases da física da época, dando origem à mecânica quântica.

O corpo negro que não existe (mas explica tudo)

Primeiro, um nome estranho: corpo negro.

Não é um objeto preto de verdade, mas um objeto ideal que absorve toda a radiação que bate nele, sem refletir nada, sendo também um emissor perfeito de radiação.

Pense numa fornalha de ferreiro: o buraco por onde se vê o interior parece preto quando o forno está frio, mas conforme ele esquenta, aquele buraco começa a brilhar, primeiro vermelho, depois laranja, até quase branco se a temperatura for alta o suficiente.

É esse comportamento, a cor mudando com a temperatura, que os físicos queriam explicar por meio de equações.

O problema, conhecido como 'catástrofe do ultravioleta', surgia das previsões de Lord Rayleigh e James Jeans.

Segundo a física clássica, a intensidade da radiação deveria crescer indefinidamente à medida que o comprimento de onda diminuísse (aproximando-se do ultravioleta). Isso implicaria que um forno doméstico emitiria energia infinita, o que é um absurdo físico.

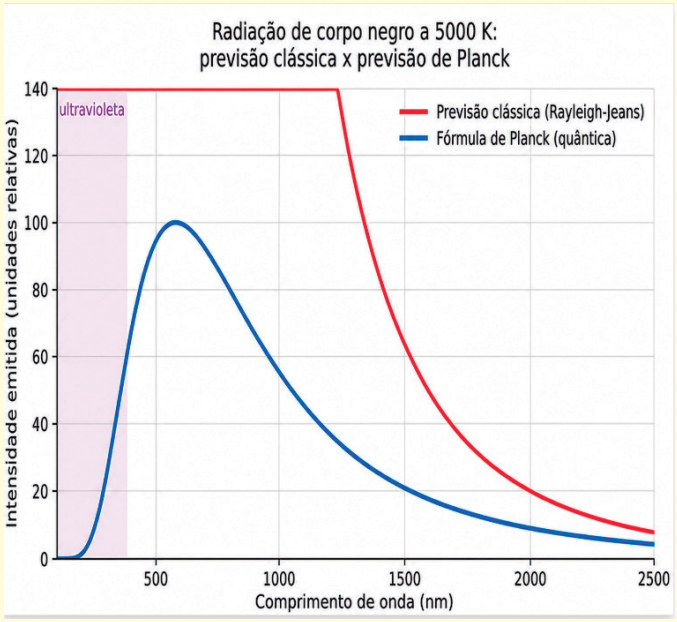


Figura 1: Comparação entre a previsão clássica (Rayleigh-Jeans) e a fórmula de Planck para a radiação de corpo negro a 5000 K.

Foi Max Planck, em 1900, quem encontrou uma saída, ainda que meio improvisada no início. Ele propôs que a energia da radiação não é emitida de forma contínua, como um fio d'água, mas em pacotes discretos, os quanta:

$$E = nhf$$

Onde,

n é um número inteiro.

h é a constante de proporcionalidade de Planck, cujo valor no sistema internacional é $6{,}63 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}$ que equivale a $4{,}14 \cdot 10^{-15}\,\mathrm{eV \cdot s}$.

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

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

Com essa mudança, a matemática finalmente batia com o que se observava em laboratório: nada de infinito, a curva subia, atingia um pico e descia, exatamente como no experimento.

Sendo que a constante de Planck se tornou fundamental para a Mecânica Quântica. O curioso é que nem o próprio Planck acreditava, a princípio, que aquilo fosse física de verdade; para ele, era mais um artifício de cálculo que dava certo. Esse artifício, no entanto,

seria o ponto de partida de tudo o que viria depois.

Um efeito estranho que ninguém conseguia explicar

Enquanto isso, outro mistério rondava os laboratórios desde 1887, quando o físico alemão Heinrich Hertz percebeu algo curioso: ao iluminar certos metais com luz, elétrons saltavam da superfície.

É o que chamamos de efeito fotoelétrico.

À primeira vista, parece simples: luz bate, elétron sai. Pela física clássica, esse processo deveria depender basicamente da intensidade da luz, já que uma luz mais forte carrega mais energia e deveria arrancar elétrons com mais facilidade. Os experimentos, porém, mostravam outra coisa. Luz vermelha bem forte não arrancava elétron nenhum, por mais tempo que ficasse ligada, enquanto uma luz azul fraca arrancava elétrons de imediato. O que determinava o efeito não era a intensidade da luz, e sim a sua frequência.

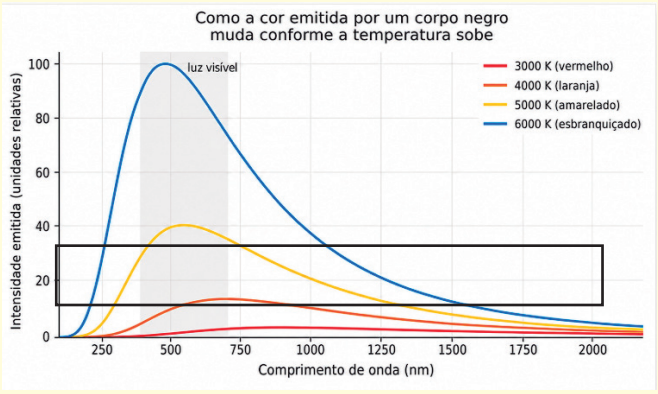


Figura 2: Variação da intensidade de radiação emitida por um corpo negro em função da temperatura.

Esse comportamento não tinha explicação dentro da física ondulatória clássica.

Em 1905, Einstein retomou a ideia de Planck e propôs algo mais radical: e se aquela quantização não fosse apenas um truque matemático, mas uma propriedade real da luz? Para Einstein, a luz seria formada por pacotes de energia, os fótons, cada um carregando:

$$E = hf$$

Cada fóton atinge um elétron e entrega sua energia de uma só vez, de forma parecida com uma colisão entre bolas de bilhar.

Essa energia, chamada de função trabalho (W), representa o custo energético para 'libertar' o elétron do material.

Se a energia do fóton (hf) for maior que W, o elétron escapa com energia cinética excedente

$$E_c = hf - W$$

Essa equação explica o comportamento observado nos experimentos: a luz vermelha tem fótons com pouca energia, insuficientes para arrancar o elétron, não importa quantos incidam sobre o metal. Já a luz azul tem fótons com energia suficiente, e um único deles já basta.

Esta equação recebe o nome de equação fotoelétrica de Einstein.

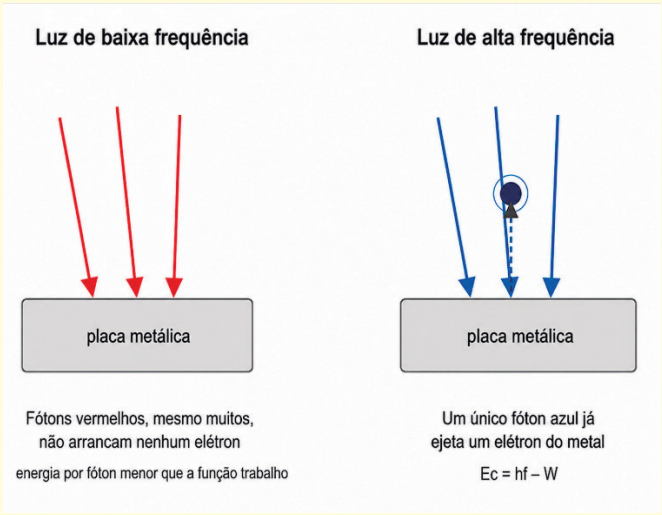


Figura 3: Representação esquemática do efeito fotoelétrico comparando luz de baixa e alta frequência.

A tabela apresenta alguns valores da função trabalho como exemplos.

Material	*Valor da função trabalho (W) em e V
Sódio	2,28
Cobalto	3,90
Potássio	2,24
Cobre	4,70
⋮	⋮

*O valor da função trabalho é sempre fixo para cada tipo de material. Significa a quantidade mínima de energia para remover um elétron da superfície de um solido para o infinito.

A prova que fechou a questão

Ideias na física precisam ser confirmadas em laboratório para valer alguma coisa. Foi o físico americano Robert Millikan quem, em 1914, mediu com precisão a relação entre a frequência da luz e a energia dos elétrons ejetados. A inclinação da reta obtida correspondia exatamente ao valor de h, a mesma constante que Planck havia proposto catorze anos antes para resolver o problema do corpo negro.

Duas situações bem diferentes, uma envolvendo fornos aquecidos e outra envolvendo luz arrancando elétrons de metais, levaram à mesma constante da natureza. Essa coincidência foi a confirmação de que

a constante de Planck não era um artifício de cálculo, mas uma grandeza fundamental do universo.

Por que isso importa para você

Esses dois fenômenos estão por trás de tecnologias que você usa no dia a dia:

- painéis solares, que transformam luz em eletricidade a partir do efeito fotoelétrico;
- sensores de câmeras; portas automáticas; e até o sensor que ajusta o brilho da tela do seu celular sozinho.
- 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: 20 agosto 2026.

Mais do que isso, o corpo negro e o efeito fotoelétrico marcam o início da física quântica. Sem a hipótese de Planck e a proposta de Einstein sobre os fótons, boa parte da tecnologia atual, do laser aos semicondutores, simplesmente não existiria.

Em suma, tanto o estudo da radiação do corpo negro quanto a análise do efeito fotoelétrico foram fundamentais para consolidar o conceito de quantização da energia. Esses marcos históricos não apenas resolveram impasses da física clássica, mas pavimentaram o caminho para toda a tecnologia quântica que utilizamos hoje.

Referências:

FELDENS, Bruno; DIAS, Penha M. C.; SANTOS, Wilma M. S. E assim se fez o quantum... Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 32, n. 2, art. 2602, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/rYdJDsTtrxZZQTg7hTnVK4D/. Acesso em: 11 ago. 2026.

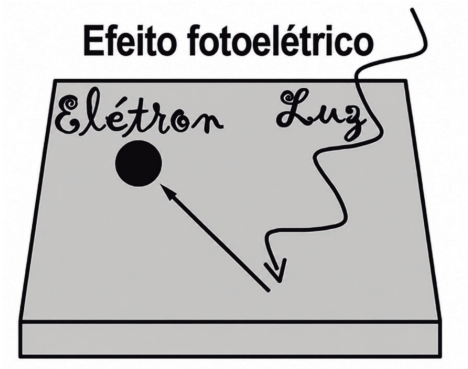
GONTIJO, Lucas Matheus Alves; RODRIGUES, Clóves Gonçalves. Sobre a evolução do conceito de calor e energia térmica. História da Ciência e Ensino: construindo interfaces, São Paulo, v. 24, p. 19-51, 2021. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2201.13206. Acesso em: 11 ago. 2026.

STUDART, Nelson. A invenção do conceito de quantum de energia segundo Planck. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Carlos, v. 22, n. 4, p. 523-535, 2000. Disponível em: https://arxiv.org/pdf/physics/0106037. Acesso em: 11 ago. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Instituto de Física. Radiação de corpo negro: introdução à física quântica. Rio de Janeiro: UFRJ, [s.d.]. Disponível em: https://www.if.ufrj.br/~reinaldo/corponegro.pdf. Acesso em: 11 ago. 2026.

WIKIMEDIA COMMONS. Max Planck e a quantização da energia. Cadernos de Astronomia, [s.d.]. Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Max_Planck_e_a_quantiza%C3%A7%C3%A3o_da_energia.pdf. Acesso em: 11 ago. 2026.

ATIVIDADES



26. (UFC – adaptada) A função trabalho de um dado metal é $2{,}5\,\text{eV}$. A constante de Planck é $h \approx 4{,}2 \cdot 10^{-15}\,\text{eV s}$ 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?

Leia o texto.

Texto VII

Dualidade onda-partícula

Todas as ondas eletromagnéticas, incluindo a luz, apresentam natureza dual, ou seja, podem se comportar tanto como ondas quanto como partículas.

A partir dessa ideia, o físico francês Louis de Broglie propôs que as partículas também possuem propriedades ondulatórias. Assim, uma partícula em movimento pode estar associada a um comprimento de onda, dado pela equação:

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

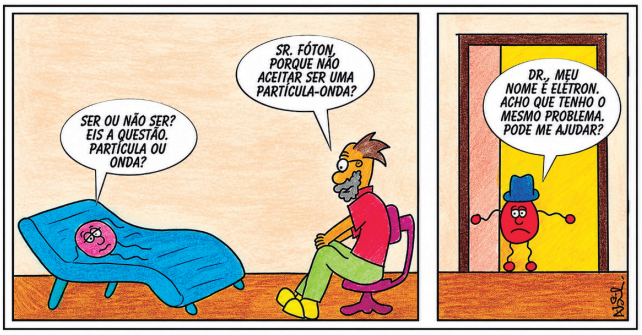
Em que:

- λ é o comprimento de onda associado à partícula, medido em metros (m);
- m é a massa da partícula, medida em quilogramas (kg);
- vv é a velocidade da partícula, medida em metros por segundo (m/s);
- pp é a quantidade de movimento da partícula, dada por p=mvp = mv.
- h é a constante de proporcionalidade de Planck, cujo valor no sistema internacional é $6{,}63 \cdot 10^{-34}\,\text{J} \cdot \text{s}$.;

É importante destacar que a quantidade de movimento (p)(p) está relacionada ao caráter corpuscular da matéria, enquanto o comprimento de onda (λ)(\lambda) evidencia seu caráter ondulatório.

Essa explicação foi fundamental para o desenvolvimento da Mecânica Quântica, mostrando que partículas e ondas não são conceitos totalmente separados: dependendo da situação observada, a matéria e a radiação podem apresentar características de ambos.

Estudante, relaxe um pouco antes de se concentrar nas atividades. Está bem!



Disponível em: https://cbpf.br/eduhq/html/aprenda_mais/jurema/imagens_dualidade-onda/184.html. Acesso em: 20 agosto 2026

ATIVIDADES

27. (UFSC – SC-Adaptada) As ondas eletromagnéticas, como a luz, apresentam dualidade onda-partícula, podendo se comportar tanto como ondas quanto como partículas chamadas fótons. Da mesma forma, partículas como os elétrons também podem apresentar comportamento ondulatório ou corpuscular, dependendo da situação.

Com base no que foi exposto, assinale V ou F.

( ) 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 $2{,}4 \cdot 10^{-12}\,\text{m}$.

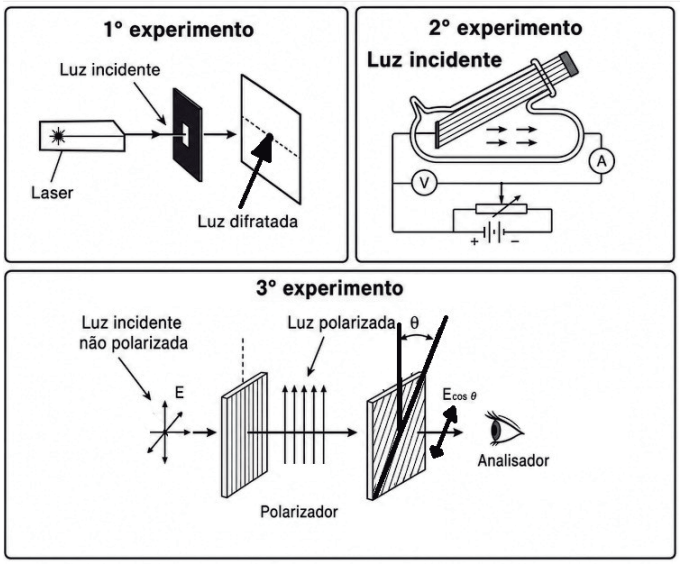
( ) Após a onda passar pela fenda dupla, as frentes de ondas geradas em cada fenda sofrem o fenômeno de interferência, que pode ser construtiva ou destrutiva. Desta forma, fica evidente o princípio de dependência de propagação de uma onda.

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

28. (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 $\text{h} = 6{,}6 \cdot 10^{-34}\,\text{J} \cdot \text{s}$ o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $\text{m} = 9 \cdot 10^{-31}\text{kg}$) com velocidade $\text{v} = 2{,}2 \cdot 10^{6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ é, aproximadamente,

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

29. (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 1° experimento mostra a difração da luz ao passar por uma fenda estreita;
- O 2° experimento mostra o efeito fotoelétrico caracterizado pela geração de corrente elétrica a partir da incidência de luz sobre uma célula fotoelétrica; e
- O 3° experimento mostra o efeito da polarização da luz ao fazê-la incidir sobre filtros polarizadores.

A partir desses experimentos, é correto afirmar que

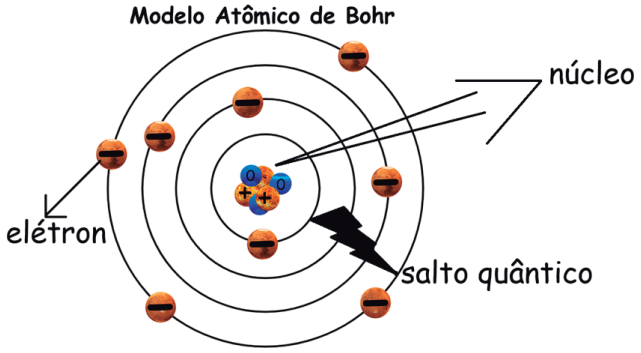
(A) o efeito fotoelétrico e a polarização evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto a difração evidencia a natureza corpuscular da luz.
(B) a polarização e a difração evidenciam a natureza corpuscular da luz, enquanto o efeito fotoelétrico evidencia a natureza ondulatória da luz.
(C) a difração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

Leia o texto.

Texto VIII

Modelo Atômico de Bohr: postulados, conclusões e limitações

O modelo atômico de Bohr, proposto em 1913 por Niels Bohr, surgiu para solucionar problemas do modelo de Rutherford. Segundo a Física clássica, os elétrons em movimento ao redor do núcleo deveriam perder energia continuamente e colidir com o núcleo, o que não acontece nos átomos reais.



Bohr propôs que:

- Os elétrons ocupam órbitas ou níveis de energia específicos, chamados camadas eletrônicas.
- Enquanto permanecem em uma órbita estável, os elétrons não emitem nem absorvem energia.
- Quando um elétron absorve energia, passa para um nível mais energético, mais distante do núcleo.
- Quando emite energia, retorna para um nível de menor energia, liberando um fóton de luz.
- A energia emitida ou absorvida corresponde à diferença de energia entre os níveis.



O modelo explicou com sucesso o átomo de hidrogênio e seu espectro de emissão, mas apresentou limitações para explicar átomos com vários elétrons. Além disso, não explicava por que os elétrons não perdiam energia nas órbitas estáveis nem considerava seu comportamento ondulatório.

Apesar de ter sido superado pela mecânica quântica, o modelo de Bohr foi fundamental para a compreensão da quantização da energia e da estrutura atômica.

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

https://querobolsa.com.br/enem/quimica/modelo-atomico-de-bohr https://gemini.google.com/app/386d88d3a4989bd2?utm_source=app_launcher&utm_medium=owned&utm_campaign=base_all

Acesso em: 20 agosto 2026. (adaptado)

ATIVIDADES

30. (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.

31. (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.

Leia o texto.

Texto IX

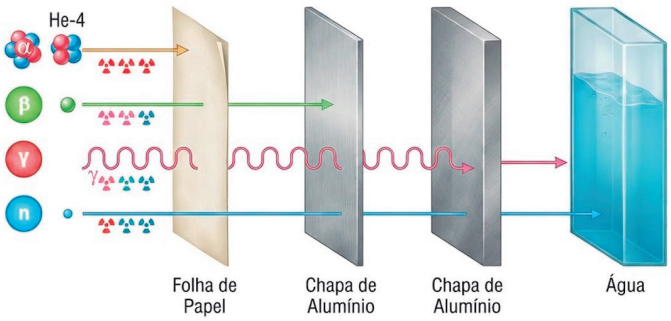
Radioatividade

A radioatividade é o fenômeno em que núcleos atômicos instáveis se transformam espontaneamente em núcleos mais estáveis, emitindo partículas e energia. Foi descoberta por Henri Becquerel, em 1896, e posteriormente estudada por Marie e Pierre Curie.



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: 20 agosto 2026.

- Alfa (α): formada por dois prótons e dois nêutrons; possui baixo poder de penetração e pode ser barrada por uma folha de papel.
- Beta (β): formada por elétrons ou pósitrons; apresenta poder de penetração intermediário e pode ser barrada por uma lâmina de alumínio.
- Gama (γ): é uma onda eletromagnética de alta energia, sem massa e sem carga, com alto poder de penetração, sendo atenuada por materiais como chumbo ou concreto.

A radioatividade possui diversas aplicações positivas, como na medicina, geração de energia, indústria, agricultura e datação de fósseis e rochas.

Por outro lado, apresenta riscos, relacionados a acidentes nucleares, resíduos radioativos e exposição excessiva à radiação, que pode causar danos à saúde.

A radioatividade pode trazer grandes benefícios para a sociedade, mas seu uso exige controle, segurança e responsabilidade.

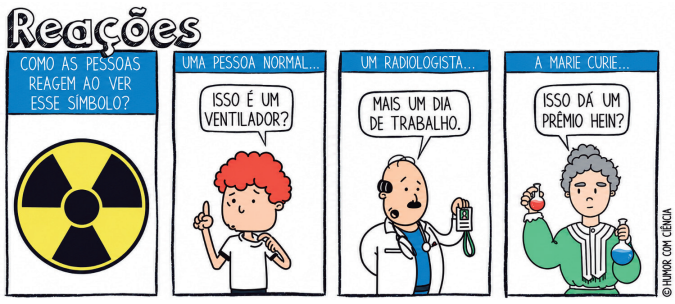
Disponível em:

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: 20 agosto 2026. (adaptado)

Tudo depende do ponto de vista:



ATIVIDADES

32. (UESB – BA) A radioatividade emitida por determinadas amostras de substâncias provém

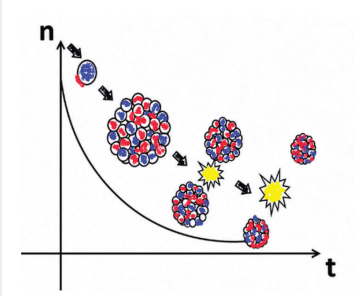
(A) da energia térmica liberada em sua combustão.
(B) de alterações em núcleos de átomos que as formam.
(C) da reorganização de átomos que ocorre em sua decomposição.
(D) de rupturas de ligações químicas entre os átomos que as formam.
(E) do escape de elétrons das eletrosferas de átomos que as formam.

Leia o texto.

Texto X

Meia-vida

A meia-vida é o tempo necessário para que metade dos núcleos radioativos de uma amostra se desintegre.



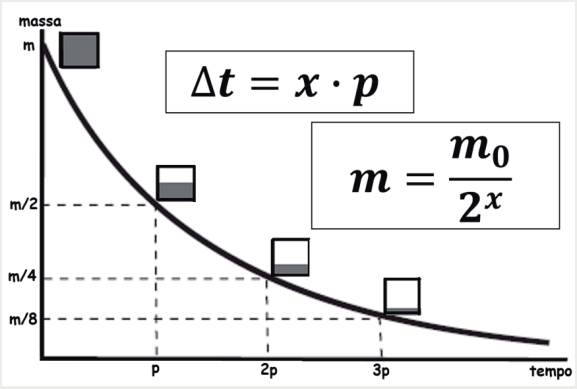
- É uma característica própria e constante de cada isótopo radioativo.
- Após cada período de meia-vida, a quantidade de material radioativo é reduzida à metade.
- É utilizada na medicina, para determinar a duração e a dosagem de substâncias radioativas, e na arqueologia, como na datação por carbono-14.

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: 20 agosto 2026. (adaptado)



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.

Exemplo1: Vamos considerar que a meia-vida do césio 137 ($Cs - 137$) é de aproximadamente 30 anos. Em quanto tempo, 200 g de uma amostra de césio 137 pode ser reduzida à 50 g?

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

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

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

x = 2 meia-vidas.

Logo: $\Delta t = x \cdot p \rightarrow \Delta t = 2 \cdot 30 \rightarrow \Delta t = 60$ anos.

Exemplo2: se uma amostra começa com 100 g e sua meia-vida é de 10 anos:

0 anos → 100 g
10 anos → 50 g
20 anos → 25 g
30 anos → 12,5 g

Para saber mais!

Estudante, explore sua curiosidade!

Em setembro de 1987, ocorreu em Goiânia um grave acidente radiológico envolvendo o césio -137 (^{137}Cs). Uma cápsula de um aparelho de radioterapia abandonado foi rompida, liberando um pó azul de cloreto de césio -137, que foi manipulado e espalhado.

O acidente contaminou centenas de pessoas e gerou cerca de 6.000 toneladas de rejeitos radioativos, que foram armazenados em uma instalação construída para esse fim, em Abadia de Goiás, sob responsabilidade da CNEN.

ATIVIDADES

33. (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.
(B) 8 anos.
(C) 16 anos.
(D) 32 anos.
(E) 64 anos.

34. (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.
(B) 0,75.
(C) 0,66.
(D) 0,25.
(E) 0,10.

Colaboração

Prof. Pedro Mateus Arruda
CEPI Professora Telma Vieira de Sales – CRE Aparecida de Goiânia – Go

Estudante, este é um momento oportuno para revisar todo o conteúdo estudado até aqui por meio de questões. Aproveite para resolver, tentar, errar e recomeçar. Insista e persista até alcançar seu objetivo: compreender o que você estudou. Muita paciência e bons estudos!

1. Os satélites do sistema GPS orbitam a Terra a aproximadamente 20.000 km de altitude e viajam a cerca de 14.000 km/h. Cada satélite possui um relógio atômico de alta precisão. Devido aos efeitos da Teoria da Relatividade, o tempo passa de maneira ligeiramente diferente para os relógios dos satélites e os relógios na superfície terrestre.

Se essas diferenças não fossem consideradas, os erros na medição do tempo se acumulariam e poderiam provocar erros de vários quilômetros na localização dos usuários. Por isso, os sistemas de GPS precisam aplicar correções relativísticas aos relógios dos satélites.

Essas correções são necessárias porque, segundo a Física Moderna

(A) o tempo é uma grandeza absoluta e igual em qualquer referencial, bastando ajustar a posição do satélite.
(B) o tempo passa de forma diferente para o satélite (em

movimento e em campo gravitacional mais fraco) e para um observador na superfície da Terra, conforme preveem as Relatividades Especial e Geral.
(C) o sinal de rádio dos satélites perde energia ao atravessar a atmosfera, o que altera apenas a intensidade, não o tempo do sinal.
(D) os relógios atômicos são menos precisos que os relógios mecânicos e por isso desregulam com o tempo.
(E) a velocidade da luz varia de acordo com a altitude, o que exige recalibração constante da frequência do sinal.

2. Em reatores nucleares e em armas nucleares, uma quantidade de massa relativamente pequena é convertida em uma quantidade extraordinária de energia. Um grama de matéria, se totalmente convertido em energia, libera cerca de 9×10^{13} joules — energia equivalente à liberada pela queima de milhares de toneladas de carvão.

Esse fenômeno é explicado pela equação
(A) $F = m\cdot a$ que relaciona força, massa e aceleração.
(B) $E = h\cdot f$, que relaciona a energia de um fóton à frequência da luz.
(C) $E = m\cdot c^2$, que expressa a equivalência entre massa e energia proposta por Einstein.
(D) $N = N_0\cdot(1/2)^n$, que descreve o decaimento radioativo ao longo do tempo.
(E) $\Delta E = Ef - Ei$, que descreve a diferença de energia entre níveis eletrônicos de um átomo.

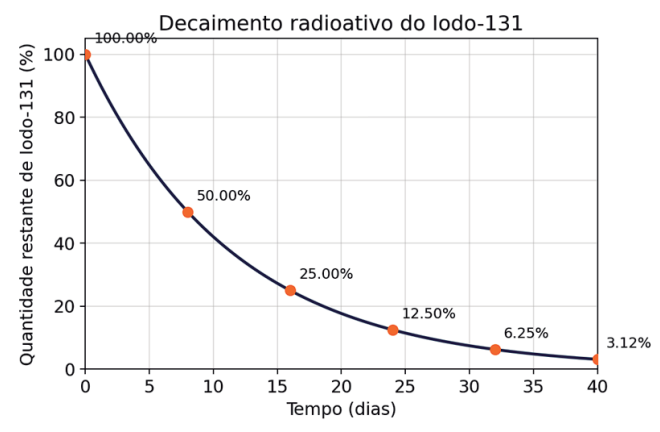
Item 3. A energia de um fóton de luz é dada pela equação $E = h\cdot f$, em que h é a constante de Planck ($h \approx 6{,}63\times10^{-34}$ J·s) e f é a frequência da radiação. Um determinado feixe de luz possui frequência $f = 6\times10^{14}$ Hz.

A energia aproximada de um único fóton desse feixe de luz é de
(A) $1{,}1\times10^{-20}$ J
(B) $3{,}98\times10^{-19}$ J
(C) $6{,}63\times10^{-34}$ J
(D) $3{,}98\times10^{19}$ J
(E) $1{,}1\times10^{20}$ J

4. Um laboratório de arqueologia analisou uma amostra de material orgânico contendo carbono-14, cuja meia-vida é de aproximadamente 5.730 anos. A análise revelou que restam apenas 25% da quantidade original de carbono-14 na amostra.

Com base nesses dados, a idade aproximada da amostra é de
(A) 2.865 anos
(B) 5.730 anos
(C) 11.460 anos
(D) 17.190 anos
(E) 22.920 anos

5. O Iodo-131 é um radioisótopo utilizado em exames e tratamentos da tireoide. Sua meia-vida é de 8 dias. O gráfico a seguir mostra a fração restante de uma amostra de Iodo-131 administrada a um paciente, em função do tempo decorrido.



Decaimento radioativo do Iodo-131 ao longo do tempo

De acordo com o gráfico, o tempo necessário para que a quantidade de Iodo-131 na amostra seja reduzida a 12,5% do valor inicial é de
(A) 8 dias
(B) 16 dias
(C) 24 dias
(D) 32 dias
(E) 40 dias

6. Em uma fissão nuclear de um núcleo de urânio-235, ocorre um defeito de massa (Δm) de aproximadamente $3{,}56\times10^{-28}$ kg, que é convertido em energia liberada no processo.

Considerando a velocidade da luz $c \approx 3\times10^8$ m/s e a equação da equivalência massa-energia de Einstein, a energia liberada em um único evento de fissão é de aproximadamente
(A) $3{,}2\times10^{-28}$ J
(B) $3{,}2\times10^{-17}$ J
(C) $3{,}2\times10^{-11}$ J
(D) $3{,}2\times10^{-5}$ J
(E) $3{,}2\times10^{11}$ J

Maratona DE OLHO NO ENEM e Vestibulares

IMPORTANTE!

Estudante, a Física no ENEM aborda conteúdos relacionados ao cotidiano, com destaque para Eletrodinâmica, Termologia, Ondulatória, Cinemática e Óptica.

Para se preparar, priorize a compreensão dos conceitos e suas aplicações, resolva questões anteriores e participe de simulados, desenvolvendo a interpretação de textos, gráficos, tabelas e situações-problema. Retome os conteúdos em que apresenta dificuldades utilizando resumos, mapas mentais, videoaulas e experimentos virtuais. Mais do que memorizar fórmulas, compreenda quando e como os conhecimentos físicos podem ser aplicados. Bons estudos!

1. (ENEM-2024) As placas que indicam saída de emergência brilham no escuro, pois apresentam substâncias que fosforecem na cor amarelo-esverdeada após exposição à luz ambiente, conforme a figura.



Esse fenômeno ocorre pela presença do sulfeto de zinco (ZnS), dopado com prata ou cobre, na superfície da placa. Zinc Sulphide Phosphorescence.

Disponível em: https://physicsopenlab.org. Acesso em: 8 nov. 2023 (adaptado).

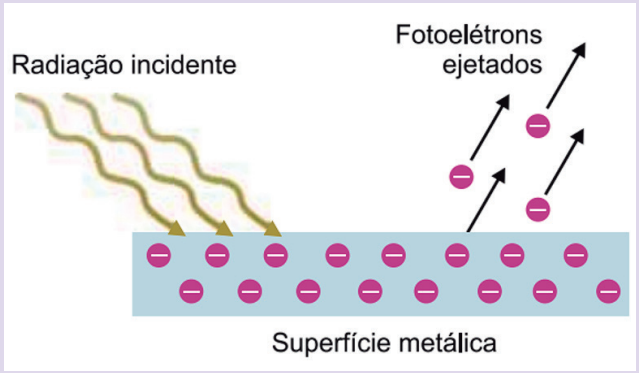
O aparecimento do brilho nessas condições ocorre como consequência de

(A) colisões interatômicas.
(B) coloração dos átomos.
(C) transições eletrônicas.
(D) reações nucleares.
(E) reflexão da luz.

2. (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 g de um pesticida organoclorado em uma cultura e que, em certas condições, o tempo de meia-vida do pesticida no solo seja de 5 anos. A massa do pesticida no decorrer de 35 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.

3. (FAMERP – SP 2026) O efeito fotoelétrico é o resultado da interação entre radiação eletromagnética e determinados materiais. Esse efeito corresponde à ejeção de elétrons pela superfície do material, geralmente metálico, quando fótons dessa radiação transferem sua energia para esses elétrons. Para que ocorra o efeito fotoelétrico, os fótons da radiação incidente devem ter uma energia mínima, que varia de acordo com o material sobre o qual a radiação incide.



(https://scienceinfo.com. Adaptado.)

A energia cinética (E_C) com que um elétron ejetado da superfície do material se movimenta, após sua ejeção, é dada por $E_C = E_F - E_0$. Nessa equação, E_F é a energia do fóton da radiação incidente e EO é a energia mínima necessária para retirar o elétron da superfície desse material. Para o sódio, essa energia mínima é de $3{,}6 \cdot 10^{-19}$ J e para o cobalto é de $6{,}2 \cdot 10^{-19}$ J.

Considere que os fótons de certa radiação ejetam elétrons com energia cinética de $3{,}0 \cdot 10^{-19}$ J ao incidirem sobre uma superfíce de sódio.

Se fótons dessa mesma radiação incidirem sobre uma superfície de cobalto, esses fótons ejetarão elétrons com energia cinética de

(A) $4{,}0 \cdot 10^{-20}$ J.
(B) $2{,}5 \cdot 10^{-20}$ J.
(C) $6{,}4 \cdot 10^{-20}$ J.
(D) $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J.
(E) $3{,}2 \cdot 10^{-19}$ J.

4. (UFRGS – RS 2026 adaptado) O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é um exemplo moderno de tecnologia cuja precisão depende diretamente da Teoria da Relatividade. Em particular, a relatividade restrita de Einstein prevê efeitos que afetam a medição do tempo nos relógios atômicos a bordo dos satélites em movimento.

Sobre a relação entre o GPS e os princípios da relatividade restrita.

( ) Os relógios dos satélites, devido à sua alta velocidade em relação a um observador na Terra (maior do que 3.800 m/s), marcam o tempo mais lentamente que os relógios na superfície terrestre, efeito conhecido como dilatação temporal.
( ) A diferença de tempo entre satélites e Terra é pequena e pode ser tratada apenas por correções em solo, dispensando qualquer ajuste prévio nos relógios a bordo.

( ) Os efeitos relativísticos previstos são compensados por ajustes prévios nos relógios dos satélites e por correções contínuas realizadas nos cálculos de posicionamento, para garantir a precisão do sistema.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

(A) V – V – F.
(B) F – F – V.
(C) V – F – F.
(D) F – V – F.
(E) V – F – V.

5. (FUVEST – SP 2026) Em 1905, Albert Einstein propôs que a luz, um tipo de radiação eletromagnética, é composta por fótons, sendo que cada fóton tem energia proporcional à frequência da luz (f) e à constante de Planck (h). Nesses termos, E = hf, e a intensidade da luz é a medida da quantidade de fótons.

Essa interpretação foi fundamental para o desenvolvimento da teoria quântica da luz e para explicar o efeito fotoelétrico. Esse efeito consiste em um fenômeno físico no qual elétrons são ejetados de um material, geralmente um metal, quando este é irradiado com luz cujos fótons têm energia maior que a energia de ligação do elétron ao material, também conhecida como função trabalho. Assim, quando o fóton incide sobre a superfície do material, a energia excedente transforma-se na energia cinética do elétron que escapa da superfície.

Em qual das situações a seguir a energia cinética do elétron ejetado no efeito fotoelétrico aumenta?

(A) Aumentando a intensidade da luz incidente.
(B) Usando uma superfície maior.
(C) Aumentando a frequência da luz incidente.
(D) Usando um material com função trabalho maior.
(E) Diminuindo a energia do fóton incidente.

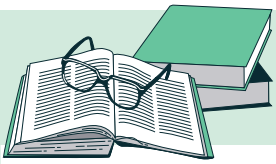
6. (UNIFEI - MG 2025) Em 2025, a teoria quântica completa 100 anos desde sua consolidação. O marco inicial dessa revolução foi dado, alguns anos antes, por Max Planck, que, ao estudar a radiação de corpo negro, propôs que a energia era emitida em "pacotes" de energia chamados quanta. A melhor contribuição da teoria de Planck para este contexto é que

(A) a energia da onda é proporcional à sua amplitude.
(B) a energia do fóton e a frequência da radiação são independentes.
(C) a emissão de energia do corpo negro ocorre de maneira contínua.
(D) a energia é proporcional à frequência da radiação emitida pelo corpo negro.
(E) a radiação de corpo negro pode ser explicada pela teoria ondulatória da luz.

7. (UEG – GO 2025) Em um experimento mental (gedankenexperiment) atribuído a Albert Einstein ao explicar a teoria da relatividade especial, considera-se o vagão de um trem viajando próximo à velocidade da luz (v < c). Dois observadores, o primeiro em repouso na plataforma (1) e o outro em repouso dentro do vagão (2), visualizam duas descargas elétricas (relâmpagos), uma na frente do trem e outra atrás dele. Para o observador (1), ambas as descargas elétricas são simultâneas.

Para o observador (2), nota-se que

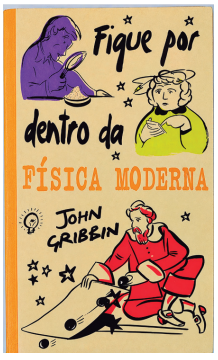
(A) os relâmpagos são simultâneos.
(B) o relâmpago à frente do trem é visto antes do relâmpago atrás dele.
(C) o relâmpago à frente do trem é visto depois do relâmpago atrás dele.
(D) os relâmpagos não são simultâneos, apesar do espaço e do tempo serem absolutos.
(E) os relâmpagos são simultâneos, mas sua percepção da realidade é prejudicada, impedindo quaisquer afirmações.



LEITURAS RECOMENDADAS

Leitura 1: Fique Por Dentro Da Física Moderna

O livro apresenta, em linguagem clara e acessível, as principais ideias da Física Moderna, desde as teorias de Albert Einstein até a Mecânica Quântica e a Teoria do Caos. A obra ajuda o leitor a compreender os avanços científicos e o conhecimento atual sobre o Universo



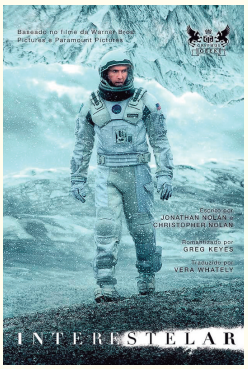
Leitura 2: O Incrível Mundo da Física Moderna

O livro apresenta os principais conceitos da Física Atômica de forma divertida e acessível. O autor combina precisão científica e elementos de ficção, tornando mais fácil compreender os fenômenos e conceitos fundamentais da Física Moderna.



CINE PIPOCA

1. INTERESTELAR



O filme mostra um futuro em que a Terra enfrenta uma grave crise ambiental e escassez de recursos. O astronauta Cooper lidera uma missão espacial em busca de um novo planeta habitável para garantir a sobrevivência da humanidade. Enquanto ele viaja pelo espaço, sua filha Murph busca uma solução científica para salvar a população da Terra. A história aborda temas como espaço, tempo, gravidade, buracos negros e sobrevivência humana.
Classificação indicativa: **10 anos.**

2. A TEORIA DE TUDO



Baseado na vida de Stephen Hawking, o filme retrata sua trajetória como astrofísico, suas importantes descobertas sobre o tempo e o Universo, seu relacionamento com Jane Hawking e os desafios enfrentados após ser diagnosticado, aos 21 anos, com uma doença motora degenerativa.
Classificação indicativa: **10 anos.**

3. OPPENHEIMER



Oppenheimer, dirigido por Christopher Nolan, é um drama histórico baseado na biografia de J. Robert Oppenheimer. O filme retrata sua atuação como físico e diretor do Laboratório de Los Alamos, durante a Segunda Guerra Mundial, no Projeto Manhattan, responsável pelo desenvolvimento das primeiras bombas atômicas. A história também aborda as consequências da criação dessas armas e as tragédias de Hiroshima e Nagasaki, em 1945.
Classificação indicativa: **12 anos.**

Estudante, Fernando Pessoa, poeta português uma vez escreveu: "Tudo vale a pena se a alma não é pequena". Trazendo essa fala para a atualidade, ele nos faz refletir sobre as noites mal dormidas, finais de semana envolvido com letras, números e livros, os passeios e brincadeiras que não aconteceram...

Afinal, o seu propósito era buscar conhecimentos e se preparar para os exames de vestibulares e para o exame nacional (ENEM).

E, assim, a boa colheita virá: aprovação nos vestibulares, boas notas no exame nacional (ENEM) e alegrias pelas suas escolhas. Por tudo isso, muito sucesso, muitas conquistas!

Maratona DE OLHO NO ENEM e Vestibulares

Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Enem
A área de Ciências da Natureza no ENEM reúne Física, Química e Biologia e exige mais do que memorização, valorizando interpretação, raciocínio e aplicação dos conhecimentos em situações do cotidiano. A prova possui 45 questões de múltipla escolha, apresentadas de forma contextualizada e interdisciplinar.

Entre os temas recorrentes estão Ecologia, Genética, Física e suas leis, circuitos elétricos, transformações químicas, radioatividade, efeito estufa, cadeia alimentar, pH, fotossíntese e fenômenos físicos do cotidiano. As questões podem envolver textos, gráficos, tabelas, situações-problema e aplicações científicas e tecnológicas, exigindo do estudante a capacidade de relacionar diferentes conhecimentos para interpretar e resolver problemas.

Leia o texto e responde as questões de 1 a 6.

RELATÓRIO DO ACIDENTE RADIOLÓGICO EM GOIÂNIA

Em setembro de 1987, a violação de uma fonte de césio-137, de 1375 Curie, removida de uma unidade de teleterapia, em Goiânia, deu origem a um acidente radiológico.

As proporções do acidente foram agravadas pelo longo tempo decorrido entre o evento e sua notificação às autoridades. A fonte, na forma de cloreto de césio, composto químico de alta solubilidade, e o seu inadequado manuseio, contribuíram para aumentar o número de pessoas e áreas contaminadas. [...]O manuseio direto da fonte ou de parte dela, a comercializa-

ção de materiais contaminados, os contatos sociais e/ou profissionais entre pessoas, a circulação de animais, ventos e chuvas, foram as principais vias de dispersão do césio-137.

Com relação a contaminação interna desses profissionais, 81,5% apresentaram níveis não mensuráveis pelo contador de corpo inteiro.

Em alguns locais, o solo foi removido e substituído por outro semelhante ou preenchido com brita e areia ou recoberto com camada de concreto. As medidas de perfilagem permitiram estimar que menos de um Curie permaneceu residualmente disperso no solo.

[...] Sendo o Brasil signatário da Convenção da "Early Notification", de imediato comunicou a AIEA a ocorrência do acidente. No contexto da Convenção sobre Assistência Recíproca.

ALVES, Rex Nazaré. Relatório do acidente radiológico em Goiânia. Brasília, DF: Senado Federal, 10 mar. 1988.

1. De acordo com o texto, um fator que contribuiu para o aumento da contaminação com o césio-137 foi

(A) a ausência completa de equipes especializadas no Brasil.
(B) o longo período entre o contato com o material e a comunicação às autoridades.
(C) a impossibilidade de detectar radiação com equipamentos adequados.
(D) a contaminação da água potável da cidade.
(E) a ocorrência de uma explosão envolvendo a fonte radioativa.

2. A exposição dos seres vivos a níveis elevados de radiação ionizante pode causar diferentes efeitos no organismo.

Isso ocorre principalmente porque a radiação pode

(A) aumentar a produção de energia pelas células, sem causar danos.
(B) estimular a reprodução celular de forma controlada.
(C) alterar moléculas e provocar danos ao material genético das células.
(D) impedir somente a absorção de água pelas células.
(E) aumentar permanentemente a quantidade de oxigênio no sangue.

3. O acidente ocorrido em Goiânia envolveu o Césio-137, um isótopo radioativo.

A radioatividade está relacionada à

(A) capacidade de um átomo aumentar seu número de elétrons.
(B) emissão espontânea de partículas ou radiação por núcleos atômicos instáveis.
(C) transformação de todos os átomos em moléculas.
(D) combinação de átomos para formar novas substâncias.
(E) à alteração do estado físico de uma substância.

4. A meia-vida do Césio-137 é de aproximadamente 30 anos. Considerando uma amostra inicial de 100 g, após aproximadamente 30 anos, espera-se que a quantidade de Césio-137 ainda não decaída seja de

(A) 10 g.
(B) 25 g.
(C) 40 g.
(D) 50 g.
(E) 75 g.

5. Durante o acidente em Goiânia, a cápsula de Césio-137 continha um pó que emitia uma luminosidade azulada.

Esse elemento sofre decaimento radioativo, processo que pode ser caracterizado por um tempo necessário para que metade da massa inicial se desintegre, denominado

(A) meia-vida.
(B) tempo de fusão.
(C) frequência de onda.
(D) período de ebulição.
(E) constante de Planck.

6. No acidente radiológico ocorrido em Goiânia, em setembro de 1987, uma fonte de **césio-137** utilizada em um equipamento de teleterapia foi retirada de uma unidade de saúde. Segundo o relatório do acidente, a fonte apresentava atividade de **1.375 curies (Ci)**.

O **curie (Ci)** é uma unidade utilizada para expressar a **atividade radioativa** de uma fonte. Considerando que 1 Ci **corresponde a $3{,}7 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo**, a atividade de 1.375 Ci corresponde, aproximadamente, a

(A) $3{,}7 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo.
(B) $1{,}375 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo.
(C) $5{,}09 \times 10^{13}$ desintegrações por segundo.
(D) $5{,}09 \times 10^{7}$ desintegrações por segundo.
(E) $1{,}375 \times 10^{13}$ desintegrações por segundo.

Revisa Goiás

Expediente

Governador do Estado de Goiás
Daniel Vilela

Secretária de Estado da Educação
Helena da Costa Bezerra

Secretário–Adjunto
Gustavo de Morais Veiga Jardim

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
Sabrina Silva Vieira Valente

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
Basilirio Alves da Costa Neto
Cleo Augusto dos Santos
José Nazareno da Costa Silva Júnior
Tayssa Tieni Vieira de Souza
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
Arleth Barbosa Ferreira Pereira

Diagramação
Adriani Grün
Alisse Theodora Ribeiro Silva
Jocelane Silva
Thayane Gabriele Oliveira Lima

SEDUC
Secretaria de Estado da Educação
Governo de GOIÁS