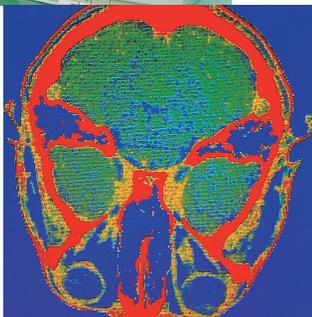


raios X ultra-som radiações eletromagnéticas
radioterapia intensidade energia raio laser
ultra-som raios X

PROJETO
ESCOLA E
CIDADANIA
EDITORA DO BRASIL

fÍSICA



Diversos tipos de radiação, capazes de atravessar os tecidos e revelar o que se passa dentro do corpo, funcionam como um auxílio precioso para o diagnóstico e tratamento de doenças – com muitos benefícios e alguns riscos.

vidas

A física ajuda a salvar

Radiologia (raios X)



Juca Martins/Pulsar

Juca Martins/Pulsar



Ultra-sonografia

Delfim Martins/Pulsar

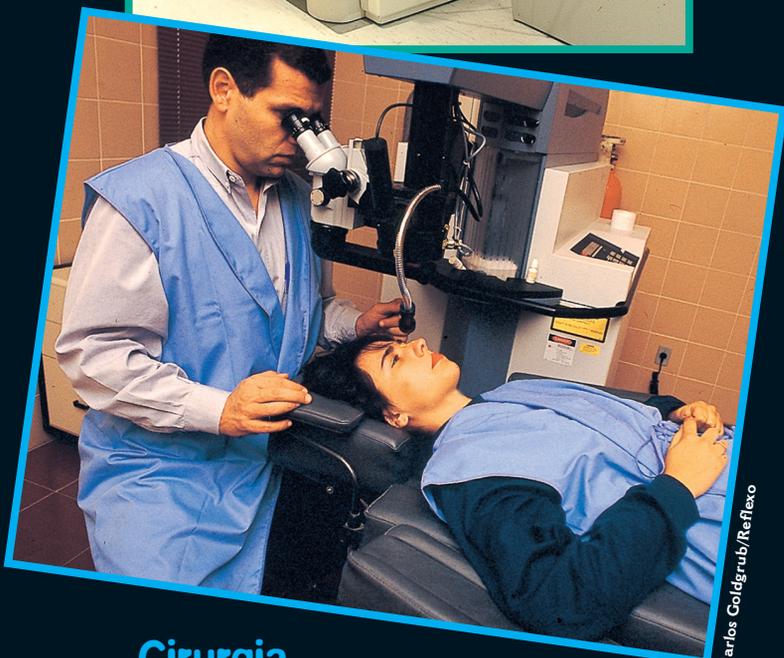


Tomografia computadorizada

Ressonância nuclear magnética



Delfim Martins/Pulsar



Carlos Colégrub/Reflexo

Cirurgia óptica a laser

Você já passou por isso?

Nesta primeira atividade, você deve contar a seus colegas sua experiência pessoal com exames, aparelhos e procedimentos médicos. Para tanto, responda às questões a seguir e discuta suas respostas com os colegas.

1 Você, ou alguém de sua família, já quebrou uma perna, um braço ou uma outra parte do corpo? Em caso positivo, como isso aconteceu? Como você ou seu parente foi transportado para o hospital? O que o médico fez para descobrir se havia ossos fraturados?

2 Você já pensou em como funciona o aparelho de raios X utilizado nos hospitais e nos consultórios dos dentistas? Explique com suas palavras como acha que isso acontece.

3 Você, ou algum conhecido seu, já realizou exames de:

- a) Tomografia computadorizada?
- b) Ultra-sonografia?
- c) Ressonância nuclear magnética?

Se tiver as imagens desses exames, mostre-as aos colegas. Junto com eles, tente imaginar como foram obtidas.

Um auxílio para a medicina

Neste módulo, discutiremos o princípio de funcionamento de alguns aparelhos utilizados pela medicina para diagnóstico e tratamento de doenças. Você terá a oportunidade de entender como funcionam os equipamentos de raios X, tomografia computadorizada e ressonância magnética, entre outros. Além disso, irá conhecer e discutir alguns efeitos, riscos e benefícios das radiações.

Os misteriosos raios X

Os raios X foram descobertos em novembro de 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen, ao realizar experiências com um tubo de raios catódicos (tubo de vidro, utilizado no estudo do movimento de elétrons, parecido com os tubos dos televisores).

Na ocasião, Roentgen notou um estranho brilho em um objeto de vidro que se encontrava à distância de um metro do tubo de raios catódicos. Resolveu então colocar um pedaço de papel preto entre o objeto de vidro e o tubo. Para sua surpresa, o vidro continuava brilhando mesmo isolado pelo papel. Uma estranha “luz invisível” atravessava o papel, causando o brilho no objeto de vidro. Ele interpôs ainda um livro, um pedaço de madeira e uma folha de alumínio, mas nada impedia que os raios daquela luz invisível chegassem ao objeto de vidro.

Roentgen percebeu que o brilho era causado por uma nova forma de radiação eletromagnética, que saía do tubo de raios catódicos, atravessava o papel e fazia brilhar o objeto de vidro. Roentgen deu o nome de raios X a essa nova radiação. Hoje esses raios são chamados pelos cientistas de raios Roentgen, em sua homenagem.

As radiações eletromagnéticas

Os raios X foram identificados por Roentgen como uma das formas de radiação eletromagnética. Mas quais são as outras formas dessa radiação?

As radiações eletromagnéticas são ondas produzidas no interior da matéria pelo movimento de cargas elétricas (elétrons, por exemplo). Além dos raios X, são conhecidas outras formas de radiação eletromagnética: as ondas de rádio, as microondas, os raios infravermelhos, a luz visível, os raios ultravioleta e os raios gama.

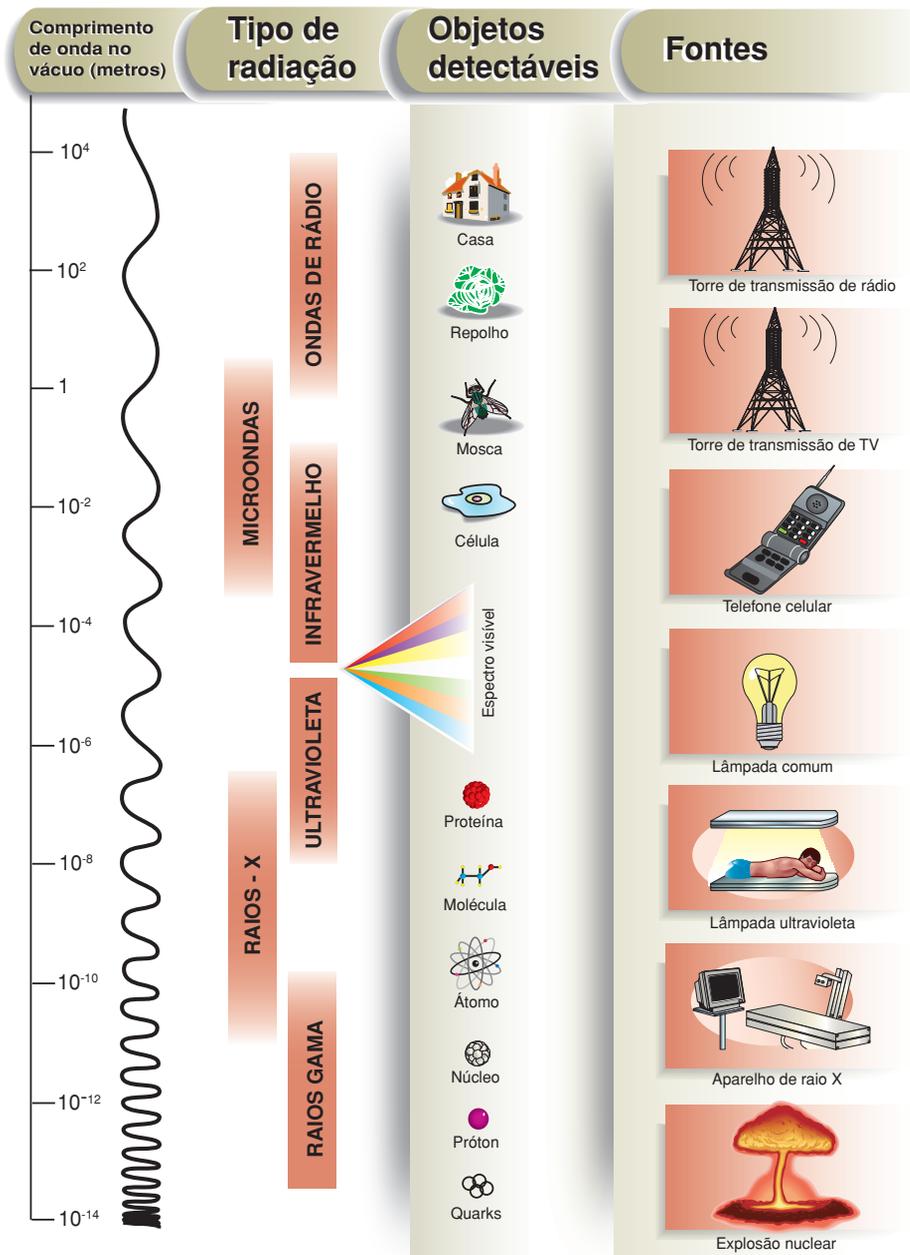
Todas elas são vibrações eletromagnéticas que se diferenciam por alguns parâmetros físicos básicos: a frequência de oscilação (número de oscilações por segundo) e o comprimento de onda (distância percorrida pela onda em um tempo determinado). Todas as radiações se propagam no vácuo (espaço vazio) com a mesma velocidade de aproximadamente 300 000 quilômetros por segundo.

A frequência, o comprimento e a velocidade de uma onda eletromagnética estão associados pela equação:

$$V = f \cdot \lambda$$

Velocidade da onda = frequência x comprimento de onda

Unidades: (m/s) (Hz) (m)



Conceito Comunicação e Pesquisa

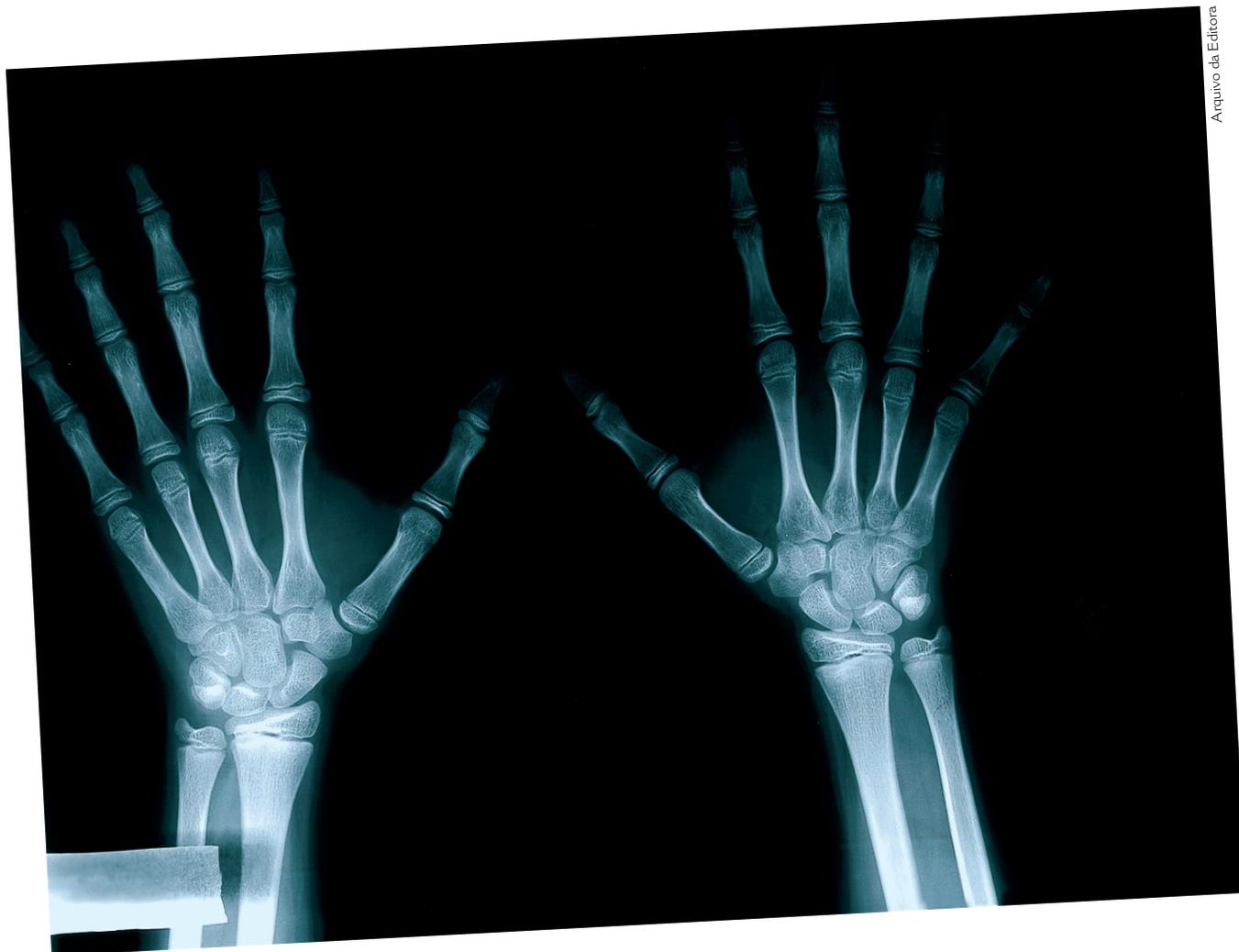
Observe atentamente a figura, que representa as diversas formas da radiação eletromagnética, os objetos que as detectam, as fontes que as produzem e discuta as questões a seguir:

1. A partir da figura, determine o intervalo de comprimento de onda correspondente aos raios X.

2. Que objetos possuem tamanho correspondente ao tamanho de detecção dos raios X?

3. Utilize a equação $V = f \cdot \lambda$ para calcular a frequência de oscilação para os limites do intervalo de comprimento de onda indicado por você na questão 1.

Roentgen colocou um filme fotográfico no lugar do objeto de vidro e diferentes materiais entre o tubo de raios catódicos e a placa fotográfica. Dessa forma obteve, entre outras, uma surpreendente fotografia dos ossos da mão de sua mulher, que serviu de cobaia para a primeira radiografia.



Arquivo da Editora

Desde sua descoberta, os raios X são muito utilizados na medicina, na indústria e em pesquisas científicas. O poder de penetração desses raios permitiu obter imagens do interior dos objetos, incluindo o corpo humano, sem precisar abri-los! Com a evolução da tecnologia, os raios X proporcionaram a criação de novas formas de diagnóstico médico, como a tomografia, a mamografia e a densitometria, por exemplo. Sem sua utilização na medicina, haveria grandes dificuldades para se avaliar a gravidade de uma fratura óssea ou a extensão de uma pneumonia.

A ESPOSA DE ROENTGEN FOI A PRIMEIRA PESSOA A TER OSSOS RADIOGRAFADOS. ELA FICOU COM A MÃO EXPOSTA AOS RAIOS X POR 15 MINUTOS.

Aplicações dos raios X na medicina

As aplicações dos raios X na medicina são estudadas por uma área chamada radiologia. A radiologia é subdividida em vários ramos. Os dois principais são a radiologia diagnóstica e a radioterapia.

Radiologia diagnóstica

A radiologia diagnóstica é o ramo da radiologia mais conhecido. É difícil encontrarmos uma pessoa que nunca tenha feito uma radiografia.

A radiografia é uma imagem em uma chapa fotográfica obtida a partir da exposição do corpo do paciente a um feixe de raios X.

Keystock



Jean Solari/Reflexo

Para isso, o paciente é colocado entre a chapa fotográfica e a fonte de raios X. Uma fração desses raios é absorvida ou espalhada pelos diferentes tecidos (músculos, ossos, gordura, sangue etc.), ao atravessar a parte do corpo a ser radiografada, enquanto o restante é transmitido através deles. É a fração transmitida que atinge a chapa fotográfica e gera, no filme, áreas com diferentes enegrecimentos.

Saia da frente! Você não é TRANSPARENTE!



Quando dizemos que nosso corpo não é transparente, estamos nos referindo à radiação eletromagnética na faixa da luz visível. A luz visível do Sol ou de uma lâmpada comum, em situações cotidianas, não é capaz de atravessar os tecidos de nosso organismo. Você não consegue ver através de sua mão.

Mas não somos “não-transparentes” a todas as formas de radiação. Diariamente, estamos imersos em um mar de diferentes ondas eletromagnéticas: ondas de rádio e TV, raios gama (radiação vinda de fora da Terra) e muitas outras ondas atravessam nosso corpo a todo instante, sem que possamos senti-las.

A transparência do organismo humano aos raios X varia de acordo com o tecido. Isso se deve, entre outros fatores, à diferença de densidade (relação entre a massa e o volume de um material: $\rho = m / v$) dos tecidos que constituem o corpo. É por isso que os aparelhos de raios X conseguem produzir uma sombra dos órgãos internos do corpo humano na chapa fotográfica.

A tabela a seguir apresenta o valor da densidade de alguns materiais. Leia-a atentamente e discuta as questões que se seguem.

Densidade dos materiais

Material	Densidade (g/cm ³)
Gordura	0,91
Água	1,00
Músculo	1,00
Osso	1,85
BaSO ₄	1,20
Chumbo	11,34

Obs.: A transparência dos materiais aos raios X é uma função exponencial da densidade. Isso significa que uma pequena diferença de densidade leva a uma grande variação na transparência.

1 Utilizando a tabela, explique por que, em uma radiografia dentária, podemos “enxergar” os dentes dentro da gengiva.



2 Podemos visualizar o sangue ($\rho = 1,00 \text{ g/cm}^3$) no interior das artérias, veias e músculos por meio de uma radiografia comum? Explique.

3 Muitas vezes, para visualização de certos volumes, tais como esôfago, estômago, intestinos, recorre-se ao uso de uma solução à base de BaSO_4 (sulfato de bário). Explique como a ingestão dessa solução pelo paciente contribui para a visualização dos órgãos de seu aparelho digestivo por meio de uma radiografia.

4 Sabendo que o ar é um composto de baixa densidade, explique por que, ao realizar uma radiografia do pulmão, o paciente precisa prender a respiração com os pulmões cheios de ar.

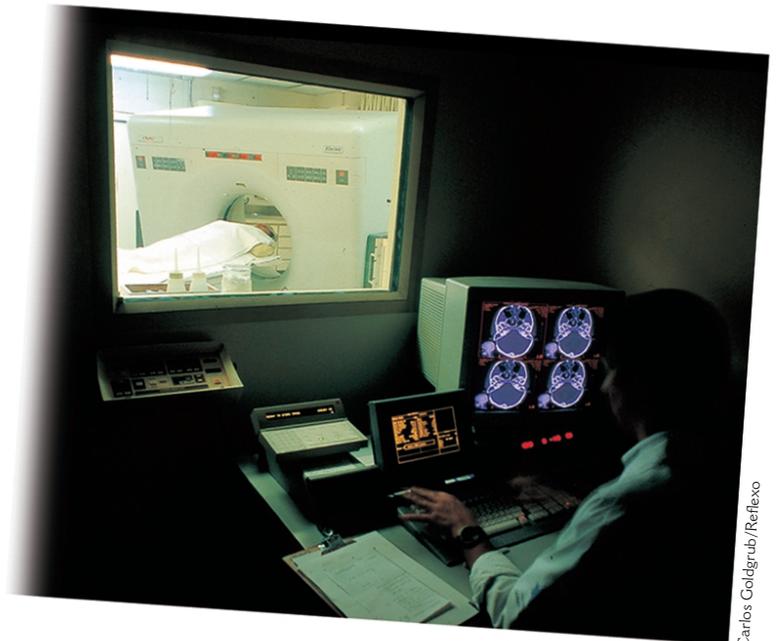
5 O chumbo é um material utilizado na confecção de aventais e na construção de paredes destinados a evitar que os operadores de aparelhos de raios X e os dentistas se exponham excessivamente à radiação. Explique por que o chumbo é empregado e como ele atua protegendo o operador.

Às vezes, é necessário visualizar o movimento de estruturas internas do paciente. Nesse caso, o radiologista precisa obter imagens do interior dos pacientes “ao vivo” e observar seus movimentos. Esse procedimento é utilizado, por exemplo, em exames de *cateterismo*, que servem para verificar o funcionamento do coração.

Para obter imagens “ao vivo”, utiliza-se uma tela fluorescente no lugar do filme fotográfico. A tela é composta de materiais fluorescentes, que possuem a propriedade de transformar a radiação X em radiação eletromagnética na faixa de luz visível. O material mais usado nessas telas fluorescentes é o sulfeto de cádmio de zinco, que produz uma luz amarelo-esverdeada, à qual a visão humana é sensível.

Para proteger o radiologista dos raios X, a parte da tela em que ele vai observar a imagem é recoberta com um vidro plumbífero, isto é, que possui chumbo (Pb) em sua composição.

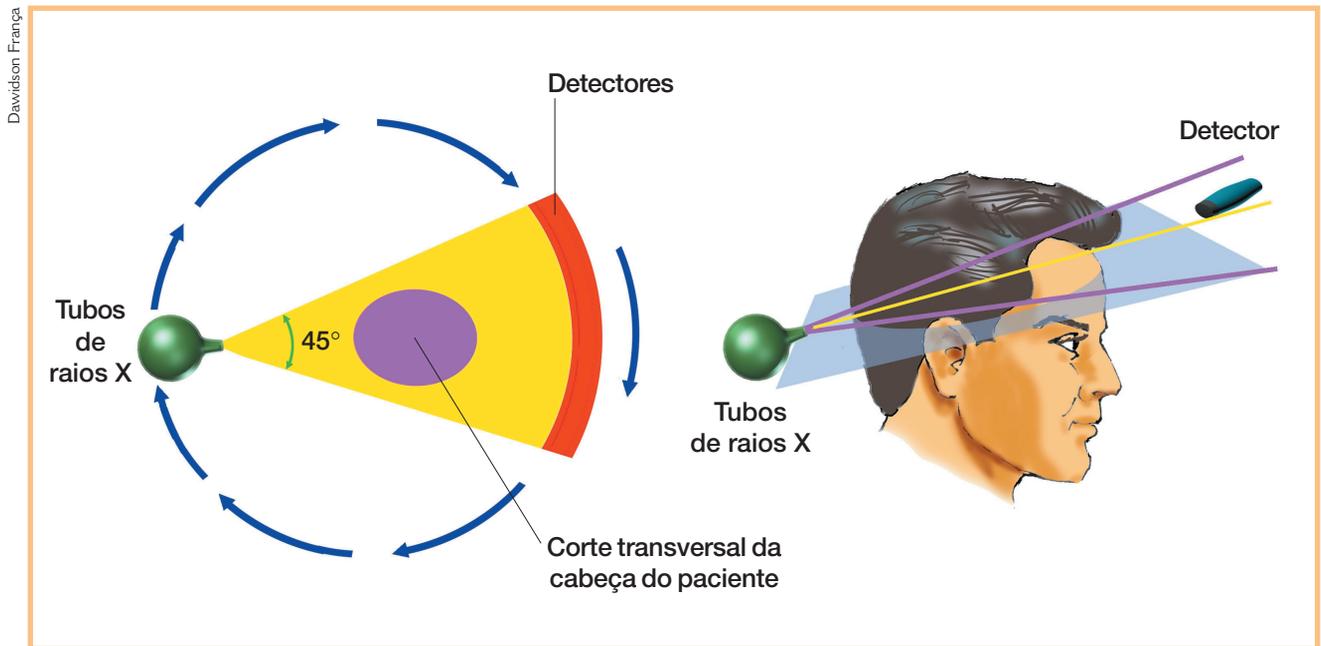
Como vimos, em radiografias comuns, ocorre a formação de uma imagem do interior do corpo humano em uma chapa fotográfica ou em uma tela fluorescente. Nessas radiografias, todos os órgãos são sobrepostos em um único plano, o que dificulta a visualização de detalhes.



Carlos Goldgrub/Reflexo

Para solucionar esse problema, a partir de 1972 foi desenvolvida uma nova técnica radiológica, a *tomografia computadorizada*, que possibilitou visualizar com nitidez somente um plano do interior do paciente. Essa técnica consiste em mover, ao mesmo tempo, a fonte de raios X e um conjunto de detectores que captam esses raios em torno do paciente.

As informações obtidas pelos sensores são enviadas a um computador, que, após analisá-las, constrói uma imagem em “corte” da região a ser examinada. Na tomografia cerebral da ilustração, obtém-se uma imagem do cérebro visto de cima, como se a cabeça do paciente tivesse sido “cortada”.



Abreugrafia

Nesta atividade, você vai conhecer o trabalho de um físico brasileiro que possibilitou a redução dos custos da radiografia utilizada em grande escala para o controle da tuberculose. Identifique no texto e discuta com seus colegas as vantagens e desvantagens desse método.

Em 1936, Manuel Dias de Abreu (1894-1962), um cientista brasileiro desenvolveu uma importante técnica radiológica que permitiu diminuir o custo das radiografias do tórax utilizadas para o controle da tuberculose no

Brasil. A abreugrafia é uma radiografia de tamanho reduzido (cerca de 70 mm). Os raios X, após passarem pelo paciente, interagem numa tela fluorescente, e a luz visível, produzida pela tela, é focalizada por uma lente em um pequeno filme fotográfico.

A abreugrafia apresenta algumas desvantagens. A principal delas corresponde ao fato de ser necessário um tempo cerca de cinco vezes maior de exposição dos pacientes à radiação do que em uma radiografia normal de tórax, além de exibir menos detalhes.

O aparelho mostrado na foto dispõe de uma fonte de radiação, e é usado no tratamento de pessoas com câncer.



The Next

Radioterapia

A radioterapia é um procedimento médico que permite tratar algumas doenças por meio dos raios X ou de outras formas de radiação capazes de interagir com os tecidos do corpo humano. Ela vem sendo utilizada para a cura de alguns tumores ou, pelo menos, para melhorar a qualidade de vida durante a fase final da vida dos pacientes com câncer.

O princípio básico da radioterapia é a destruição do tumor por absorção da energia da radiação utilizada no tratamento. O tumor a ser destruído é atingido pela radiação a partir de várias direções, o que diminui a quantidade de energia recebida pelos tecidos normais nas vizinhanças do tumor.

A radioterapia costuma ser dividida em teleterapia e braquiterapia, dependendo da distância entre a fonte de radiação e o tumor. Na teleterapia (“terapia à distância”), a fonte de radiação é colocada a muitos centímetros da região a ser tratada. E na braquiterapia (“terapia próxima”) a fonte é colocada bem perto do tumor, ficando em contato com o tecido doente ou implantada nele.

LOGIA ≠ TERAPIA

RADIOLOGIA = DIAGNÓSTICO

RADIOTERAPIA = TRATAMENTO

Os males dos raios X

Leia o texto a seguir e discuta com seus colegas quais cuidados devemos tomar antes de nos submetermos a exames ou tratamentos radiológicos.

Até aqui, você estudou as várias contribuições dos raios X para o diagnóstico e tratamento de doenças, e pode ter ficado com a impressão de que eles são os heróis da história. Talvez até esteja com vontade de sair tirando umas radiografias por aí, ou de se submeter a uma sessão de radioterapia só para ver como é. Mas cuidado! Você precisa conhecer o “outro lado da moeda”. Os raios X podem produzir efeitos danosos nas células do organismo humano.

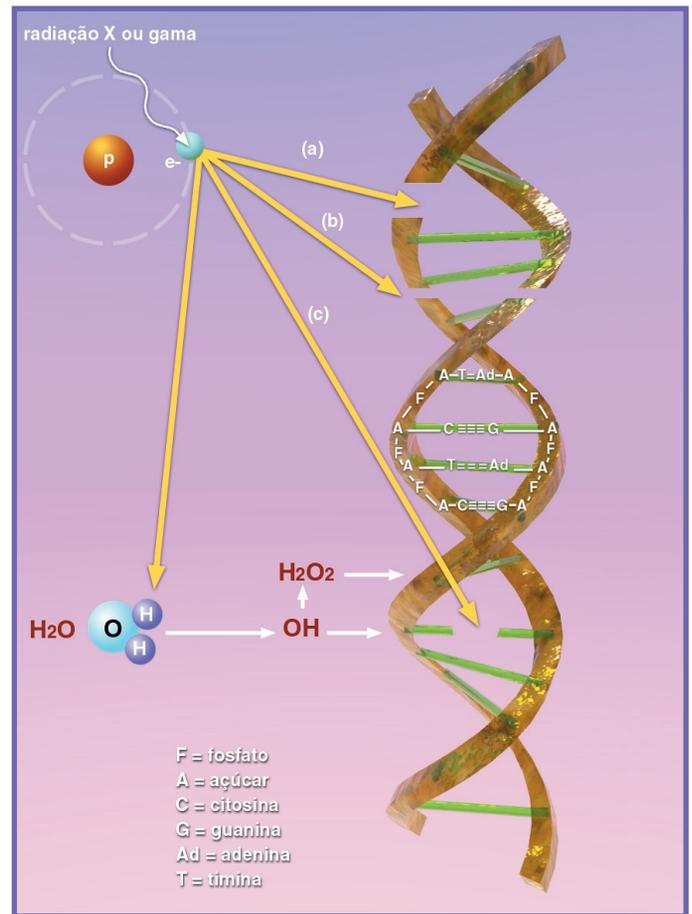
Nos últimos anos, os cientistas especializados em Física das radiações têm denunciado clínicas, laboratórios e hospitais de todo o Brasil que trabalham com aparelhos de baixa qualidade ou com técnicos despreparados. Frequentemente, ocorrem erros de diagnóstico e tratamento inadequado, que causam sérios danos e até levam muitas pessoas à morte. Um erro de diagnóstico fornecido por uma mamografia (radiografia da mama), por exemplo, pode levar uma mulher a extrair um seio sem necessidade. Além da falha nos diagnósticos, o próprio exame pode ser prejudicial ao paciente, caso o equipamento esteja mal regulado ou seja utilizado inadequadamente. A intensidade do feixe de raios X deve ser regulada para cada tipo de radiografia e os equipamentos precisam passar por manutenções periódicas.

Um dos principais efeitos danosos da excessiva intensidade das radiações sobre as células do corpo humano ocorre na molécula de ácido desoxirribonucleico (DNA), que forma os genes, responsáveis pelas informações genéticas. Alterações nessa molécula podem causar mutações nas células, desencadeando uma série de reações prejudiciais e levando, em certos casos, até à morte do paciente. Algumas dessas mutações, se atingirem as gônadas (testículos ou ovários), podem tornar-se hereditárias, sendo transmitidas às gerações futuras.

Um paciente submetido a um exame radiológico deve receber a menor exposição de radiação possível. A região

das gônadas precisa sempre estar protegida por lençóis de chumbo. As pacientes grávidas, ou mesmo as que tenham chance de estar grávidas, devem evitar ao máximo as radiografias, pois o feto pode sofrer sérias mutações.

Esteja atento. Antes de realizar um exame, converse sempre com médicos e radiologistas. Quando lhe solicitarem uma radiografia, verifique se esse procedimento é realmente necessário. Por outro lado, nunca confie demasiadamente no resultado de um único exame.



Efeitos da radiação no núcleo das células. Na figura, o elétron de um átomo de hidrogênio é atingido e lançado com grande energia, podendo provocar quebras simples ou duplas na cadeia de DNA (a, b), eliminação de uma base nitrogenada (c) ou interagir com a água, gerando o radical livre OH ou peróxido de hidrogênio (H₂O₂), que também atacam a molécula de DNA.

Parâmetros físicos das radiações

Na atividade sobre as radiações eletromagnéticas (página 5), você pôde discutir alguns parâmetros físicos

comuns a todas as formas de radiação ao se propagarem no vácuo. Você se lembra quais são eles? São: a velocidade, a frequência e o comprimento de onda. A frequência e o comprimento de onda são, no vácuo, característicos de cada forma de radiação (visível, rádio, microondas, raios X, infravermelho etc.). Já a velocidade de todas as radiações é sempre constante, no vácuo, e possui um mesmo valor (aproximadamente 300 000 km/s), independentemente da forma da radiação.

Outros parâmetros físicos importantes no estudo das radiações são a *energia* e a *intensidade*.

A energia de uma onda eletromagnética é quantizada, ou seja, só assume valores discretos. Quando a radiação eletromagnética é absorvida ou emitida pela matéria, o valor da energia varia sempre em múltiplos de uma unidade fundamental chamada *quantum* ou *fóton* de energia. A energia de cada fóton só depende do tipo de radiação e pode ser relacionada com a frequência pela equação:

$$E = h \cdot f$$

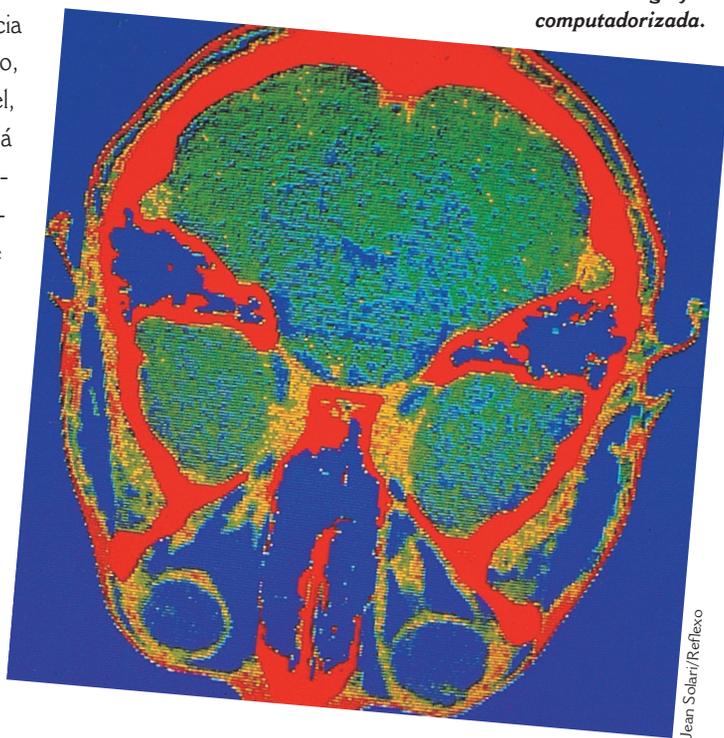
onde f é a frequência da radiação e h é uma constante universal conhecida como constante de Planck, cujo valor é $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

A energia de uma onda eletromagnética deve ser entendida como a energia de um dos fótons que a compõem.

O valor da energia independe da intensidade, que corresponde à quantidade de fótons presentes na onda. Cada tipo de radiação possui uma energia característica. Como a energia é diretamente proporcional à frequência, quanto maior for a frequência, maior será a energia da radiação. Com isso, podemos identificar os fótons dos raios X e os raios gama como os mais energéticos. (Reveja a figura da atividade da página 5: quanto maior a frequência, maior será a energia da radiação e menor será o comprimento de onda.)

O controle preciso da energia e da intensidade é fundamental para a eficiência e segurança de procedimentos médicos que envolvem as diversas formas das radiações, seja no diagnóstico de doenças, seja no tratamento por radioterapia ou nas cirurgias a laser.

Imagem produzida em sessão de tomografia computadorizada.



Jean Solari/Reflexo

ENERGIA VERSUS INTENSIDADE

NOTE BEM A DIFERENÇA:

A **ENERGIA** DO FÓTON OU DA ONDA ESTÁ RELACIONADA COM A **NATUREZA** DOS FÓTONS QUE COMPÕEM A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA;

A **INTENSIDADE** DE UM FEIXE DE ONDAS OU FÓTONS RELACIONA-SE COM A **QUANTIDADE** DE FÓTONS PRESENTE NA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.

O laser na medicina

Nesta atividade, você irá saber mais sobre a utilização de radiações laser na medicina. Leia o texto a seguir e discuta as questões com seus colegas.

O laser tem sido largamente utilizado em vários campos da especialização médica.

Existem diversas fontes de laser. A luz laser nada mais é do que uma radiação eletromagnética, só que com algumas propriedades especiais. Os vários tipos de laser cobrem uma ampla faixa do espectro eletromagnético. Há emissores com diferentes comprimentos de onda, desde a radiação infravermelha até a radiação ultravioleta, incluindo as radiações da faixa do visível (laser verde, vermelho etc.).

O laser é uma fonte de radiação eletromagnética monocromática (de uma só cor), coerente (com os fótons ordenados) e direcionada (formando um feixe fino).

Em um feixe, a radiação é concentrada de forma a produzir uma alta intensidade (um grande número de fótons) em uma pequena região. É por isso que, apesar de possuir tão baixa energia (quando comparada com a radiação X), a radiação laser pode perfurar os tecidos do corpo humano.

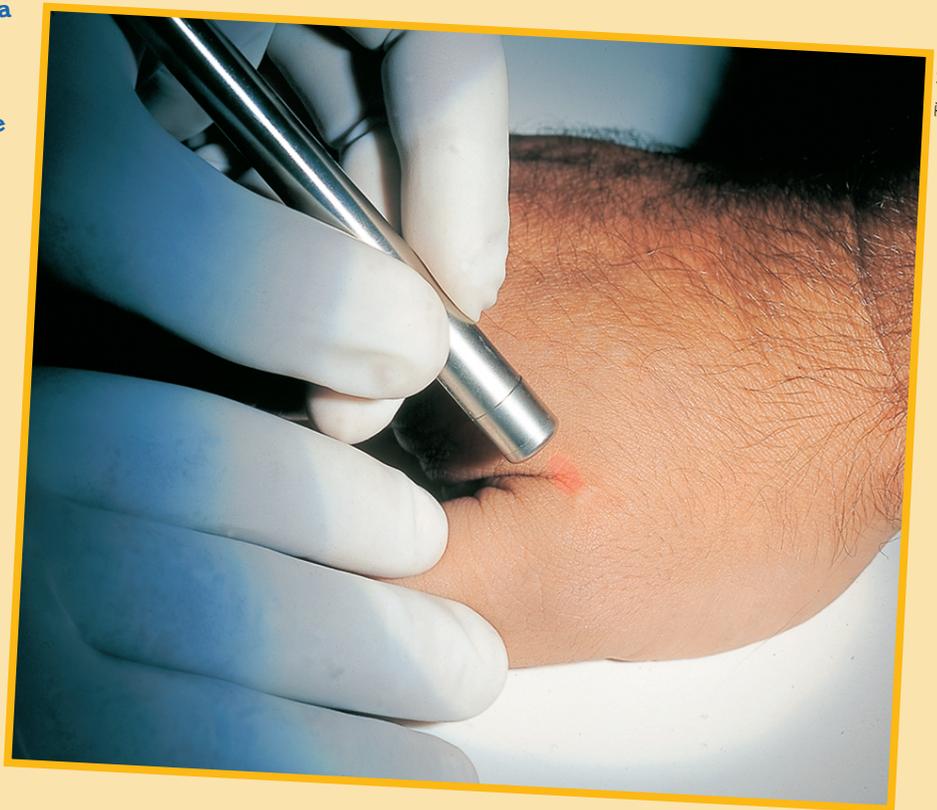
Em virtude da grande praticidade em concentrar a luz em regiões muito pequenas, os raios laser são utilizados em diversas áreas da medicina: na

oftalmologia, para o tratamento dos pequenos vasos da retina em pacientes com diabetes; na neurocirurgia, para a eliminação de pequenos tumores; nas cirurgias em geral, para cortar tecidos com grande precisão; e, na odontologia, substituindo a broca do dentista (aquele incômodo “motorzinho”) em tratamentos de canais e remoção de cáries.

A utilização dessa radiação apresenta diversas vantagens, pois geralmente é indolor e permite maior precisão nos tratamentos.

Agora, discuta as seguintes questões:

1 Utilizando a figura da atividade da página 5 e o texto que você acabou de ler, explique qual fonte possui maior energia: o laser ou os raios X?



O laser também é usado no tratamento de afecções da pele.

2 Segundo o texto, quais as principais diferenças entre uma lâmpada comum e uma fonte de laser utilizada na medicina?

3 No comércio são encontradas pequenas fontes de luz laser na forma de chaveiros ou canetas. Essas fontes, quando direcionadas para os olhos, podem danificar a retina e até causar cegueira. Explique como isso é possível, uma vez que a energia da luz laser é tão baixa. Você acredita ser adequado deixar essa fonte ao alcance de crianças ou de pessoas que não conhecem seu perigo?

4 Você tem medo do “motorzinho” (broca dentária) utilizado pelo dentista? Discuta as vantagens da utilização da radiação laser pela odontologia e pela medicina.

ATENÇÃO: NÃO TENHA RECEIO DE IR AO DENTISTA. VISITE PERIODICAMENTE ESSE ESPECIALISTA E TENHA UM SORRISO SAUDÁVEL!

Ultra-sonografia



Davidson França

A utilização de ultra-sons na medicina é uma outra forma de realizar diagnósticos médicos por meio de uma imagem do interior do corpo do paciente.

As imagens produzidas pelo aparelho de ultra-som fornecem informações sobre o tamanho, as deformações e o funcionamento de órgãos e sistemas do corpo humano.

O diagnóstico por meio de ultra-sons utiliza ondas sonoras de baixa intensidade e é muito mais seguro do que aquele feito com raios X. Apesar de alguns estudos apontarem a possibilidade de o ultra-som danificar os tecidos dos órgãos do corpo humano, entre os milhões de pacientes submetidos a exames ultra-sônicos em todo o mundo não há registro médico de um único caso em que um paciente tenha sido afetado por um aparelho desse tipo, ao contrário da utilização de raios X, que já prejudicou e até levou à morte muitas pessoas. Esse é um dos motivos pelos quais a ultra-sonografia é bastante utilizada para o acompanhamento do desenvolvimento de bebês ainda no útero materno (pré-natal).



O aparelho de ultra-som permite examinar o feto dentro do útero.

Além do controle pré-natal, o ultra-som é utilizado para: verificar o crescimento anormal de alguns órgãos, como o fígado e a bexiga; detectar a presença de tumores ou elementos indesejáveis, como cistos no ovário ou pedras nos rins; ou, ainda, verificar o funcionamento das válvulas do coração. Dependendo do tipo de exame, os aparelhos que utilizam ultra-sons podem receber nomes específicos, como o ecocardiógrafo, que realiza diagnósticos cardíacos por meio de ultra-sons (ecocardiogramas).

O ultra-som utilizado nos aparelhos médicos é apenas um dos tipos de onda sonora existentes na natureza.

As ondas sonoras

Na atividade da página 5, você pôde estudar as ondas produzidas pelos movimentos de elétrons no interior da matéria (radiações eletromagnéticas). Na próxima atividade, você vai conhecer um outro tipo de onda: as sonoras.

As ondas sonoras são produzidas pelo movimento de elementos vibradores presentes em um determinado meio material. Por exemplo, a vibração de uma corda de violão faz vibrar as moléculas do ar provocando compressões e rarefações, que se propagam como ondas progressivas; a voz humana é produzida com a vibração das cordas vocais, que também fazem oscilar o ar.

A propagação de ondas sonoras ocorre também em outros meios materiais, como a água, a madeira, a terra etc. Por isso, os golfinhos podem se comunicar dentro da água. Ao batermos com um martelo na cabeça de um prego, produzimos uma onda sonora que se propaga pela parede: alguém com o ouvido encostado na parede poderá perceber essa onda se propagando.

As ondas sonoras, diferentemente das ondas eletromagnéticas, não se propagam no vácuo (espaço vazio).

Podemos classificar as ondas sonoras segundo a frequência (número de vibrações por minuto) em que oscilam. A audição humana é sensível ao intervalo de frequência sonora entre 20 e 20 000 Hz. Abaixo de 20 Hz, as ondas sonoras são chamadas de infra-sons e acima de 20 000 Hz de ultra-sons. O ouvido humano não é capaz de detectar infra-sons ou ultra-sons.

Ouvindo os animais

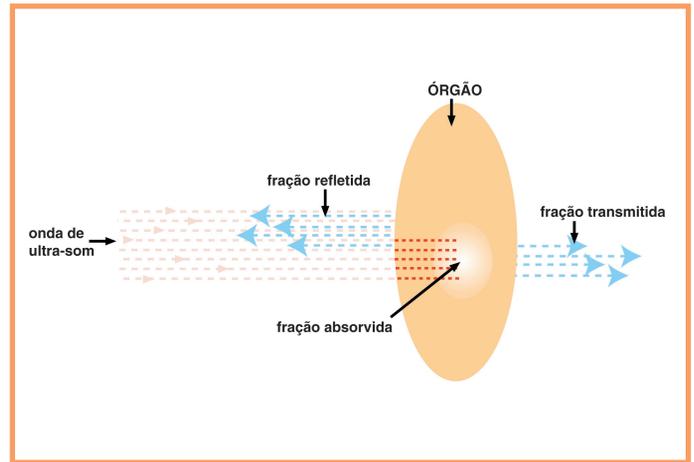
Observe a tabela a seguir e, depois, discuta as questões:

	Animal	Faixa de frequência audível
 Vicente Costa	Homem	20 Hz a 20 000 Hz
	Morcegos	10 000 Hz a 120 000 Hz
 Stefan Kolumbam/Pulsar	Golfinhos	10 000 Hz a 240 000 Hz
	Cães	15 Hz a 50 000 Hz
 Arquivo da Editora	Gatos	60 Hz a 65 000 Hz

- 1 Se um flautista emite uma nota musical com frequência de 55 Hz, quais dos animais da tabela anterior poderão ouvir o som?
- 2 Quais animais da tabela anterior ouvem infra-sons? Quais ouvem ultra-sons?
- 3 Existem apitos especiais, utilizados para o treinamento de cães de guarda, que permitem gerar sons audíveis aos cães, porém inaudíveis aos homens. Como isso é possível? Qual o intervalo de frequência dentro do qual o apito deve emitir esse som?
- 4 Os morcegos e golfinhos emitem e captam ondas sonoras e, dessa forma, se orientam em seu deslocamento, encontram alimentos e fogem de situações perigosas. Que tipo de onda sonora é emitida por eles? Por que o homem e alguns dos outros animais não ouvem a maioria dos sons emitidos por golfinhos e morcegos?
- 5 Sabendo que a velocidade do som no ar, a 20°C, é de 344 m/s, utilize a relação $V = f \cdot \lambda$ para determinar os limites do comprimento de onda para cada intervalo de frequência audível dos animais da tabela.
- 6 Qual animal possui o intervalo de audição mais largo? E qual possui o mais curto?

O princípio que permite a obtenção de imagens dos órgãos internos do corpo humano é a reflexão diferenciada da onda de ultra-som pelas superfícies que separam os órgãos. Ao passar de um meio para outro (por exemplo, de um músculo para um osso), uma fração da onda sonora é refletida, uma pequena fração é absorvida, transformando-se em calor, e uma terceira fração é transmitida através do tecido.

Como você estudou, em uma radiografia o que gera a imagem é a fração da onda eletromagnética transmitida através dos tecidos do corpo humano, ao sensibilizar uma chapa fotográfica, gerando regiões com diferentes graus de enegrecimento. Em uma imagem formada por ultra-som, uma onda sonora é emitida e a fração que não atravessa o corpo, ou seja, que é refletida na passagem de



A figura mostra como o ultra-som interage com os órgãos.

um tipo de tecido para outro, é responsável pela formação da imagem.

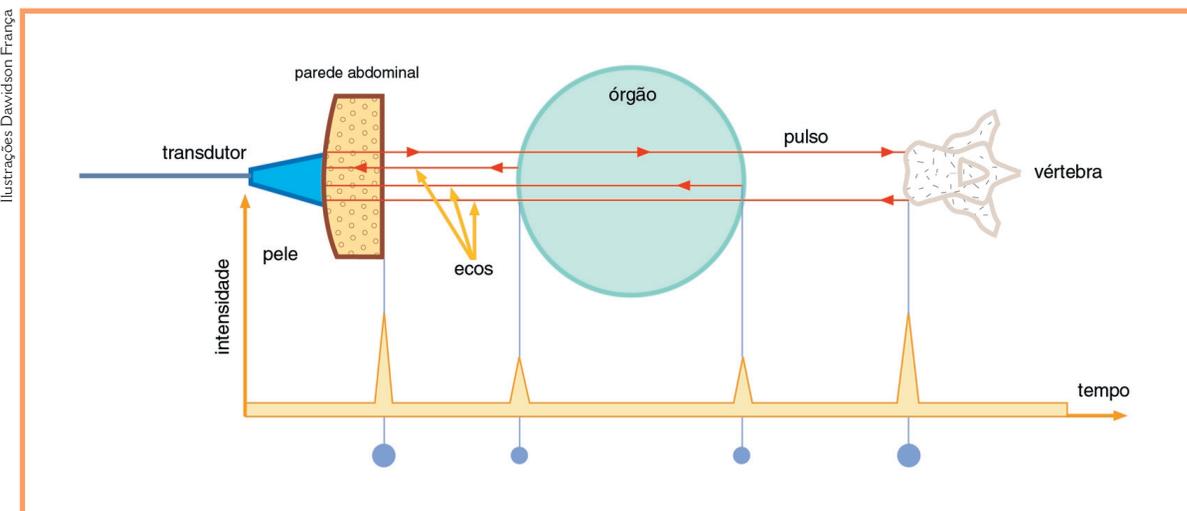
As ondas de ultra-sons são geradas por transdutores ultra-sônicos. Os transdutores são dispositivos que transformam a energia elétrica em vibrações mecânicas na faixa do ultra-som.

O mesmo transdutor que emite o sinal ultra-sônico recebe de volta os sinais que ecoam nos diferentes tecidos do corpo do paciente (veja as figuras). Ele converte esses sinais ultra-sônicos novamente em um sinal elétrico. O sinal elétrico é processado por um computador e transformado na imagem observada pelo ultra-sonógrafo (técnico em ultra-sons) ou pelo médico.



Isamar Almeida/Reflexo

Monitoração de exames computadorizados.



Ilustrações Davidson França

Processo de formação de imagens por ultra-sons.

Ressonância nuclear magnética

The Next



Equipamento para exame de ressonância nuclear magnética.

A ressonância nuclear magnética é um outro exame utilizado pela medicina para se obter imagens dos tecidos internos do corpo humano.

Em um exame desse tipo, as imagens são construídas a partir de sinais emitidos pelos núcleos dos átomos de hidrogênio (H). O hidrogênio é o elemento químico mais abundante no organismo, por fazer parte da composição da molécula de água, que constitui cerca de 75% do corpo humano.

O paciente, ou a região do corpo de interesse, é colocado dentro de um grande campo magnético (como o campo de um ímã), que alinha todos os núcleos de seus átomos de hidrogênio, como se fossem ponteiros de uma bússola. Em seguida, emite-se uma onda eletromagnética na faixa do rádio, que produz um tipo de vibração nos átomos de hidrogênio. Essa transmissão de vibração é chamada de ressonância magnética.

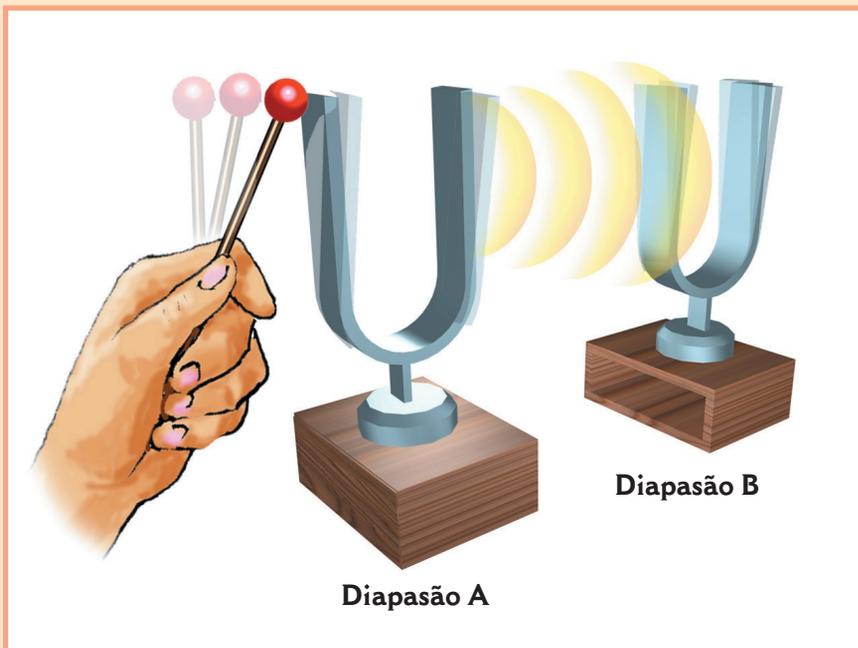
EXAME	RADIAÇÃO
Tomografia computadorizada	raios X
Ressonância nuclear magnética	ondas de rádio

A RESSONÂNCIA e a ponte de Tacoma

O fenômeno da ressonância ocorre quando um objeto vibra forçando outro a vibrar com a mesma frequência. A ressonância entre dois objetos só é possível se o objeto que provoca a vibração atingir a frequência natural do outro objeto.

A frequência natural de um objeto está relacionada com suas dimensões físicas e propriedades eletromecânicas.

Você pode observar o fenômeno da ressonância entre diapasões. Leia atentamente o texto a seguir sobre a ressonância e responda às questões.



Quando o diapasão A começa a vibrar, movido pela pancada de um martelo de borracha, o diapasão B, que é igual ao diapasão A e está colocado a pouca distância deste, começa a vibrar com a mesma frequência. Nessa situação, dizemos que o diapasão B entrou em ressonância com o diapasão A. A ressonância entre os diapasões só ocorre porque eles são iguais e, por isso, possuem a mesma frequência natural.

Existem muitas outras situações em que podemos observar o fenômeno da ressonância. Você já viu uma taça de cristal ser quebrada ao entrar em ressonância com uma corda de piano, ou com as cordas vocais de um cantor de ópera?

Uma ponte pode cair ao entrar em ressonância

com as vibrações do vento ou com o passo ordenado de uma tropa de soldados. Por não considerarem o fenômeno da ressonância, os engenheiros civis foram surpreendidos com a queda da ponte sobre o Estreito de Tacoma, nos Estados Unidos, em 1º de julho de 1940. As frequências naturais facilmente excitáveis por ventos ou por outras formas comuns de movimentos vibratórios são evitadas nas construções modernas de prédios e pontes.

Em um exame de “ressonância nuclear magnética”, os átomos de hidrogênio, que compõem as moléculas de água do corpo humano, entram em ressonância com os fótons da radiação eletromagnética na faixa do rádio, pois possuem uma das frequências naturais do átomo de hidrogênio.

1 Os diapasões são objetos utilizados para afinar as cordas de pianos. Explique por que é necessário um diapasão diferente para cada corda do piano.

2 Uma história antiga diz que Napoleão, certa vez, perdeu uma batalha porque sua tropa de soldados caiu ao tentar atravessar, marchando, uma ponte que foi destruída acidentalmente. Quais as possíveis causas dessa catástrofe? O que deve ser feito para evitar esse tipo de acidente?

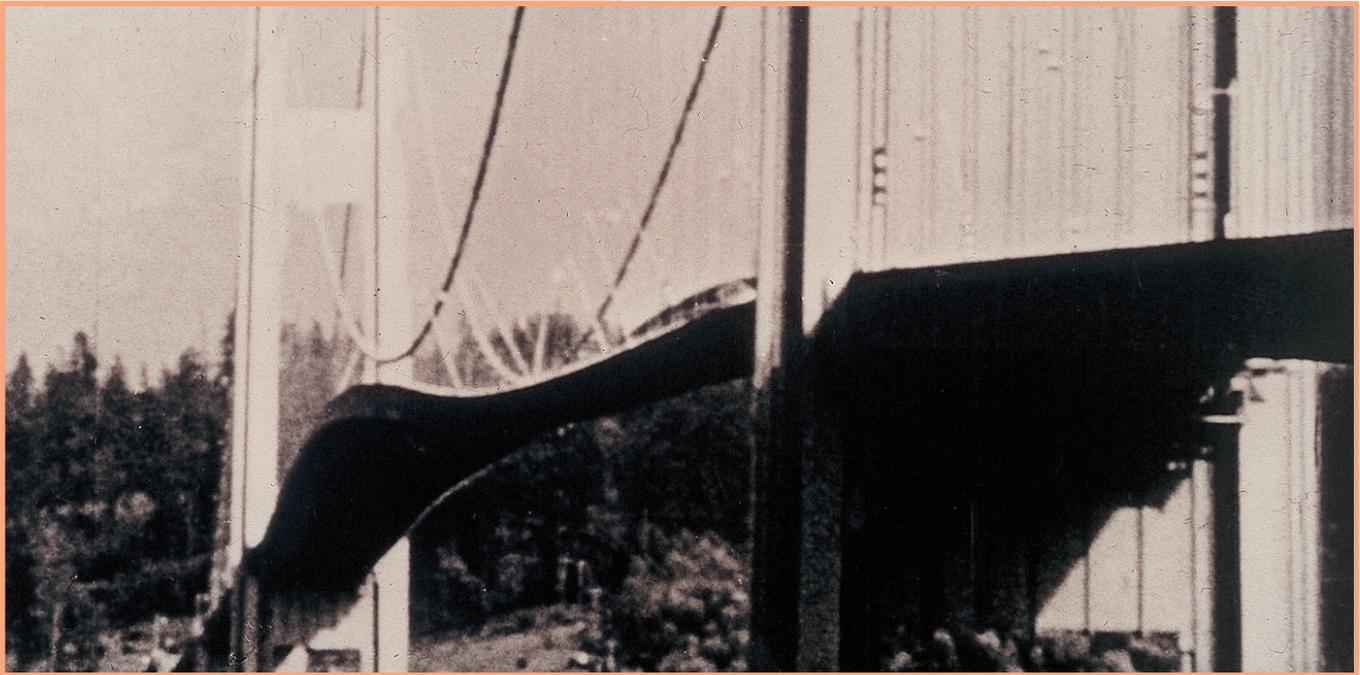
3 Tente descobrir outros fenômenos da natureza ou de seu cotidiano em que a ressonância está presente.

Quando a onda de radiofrequência é interrompida, os átomos de hidrogênio voltam a se alinhar com o campo magnético. Nesse novo alinhamento, cada átomo de hidrogênio emite um sinal que é captado por bobinas (antenas de radiofrequência) e, a partir desses sinais, torna-se possível reconstruir uma imagem no computador.

A ressonância nuclear magnética pode produzir imagens de qualquer plano (“fatia”) do corpo, mas esse tipo de exame só pode ser utilizado para avaliar e mostrar lesões em tecidos do corpo humano que possuem água em sua composição. Os ossos não podem ser examinados por uma ressonância nuclear magnética, pois não têm muita água, não vibram e aparecem na imagem do computador como uma mancha escura.

Assim como o ultra-som, a ressonância magnética não causa efeitos prejudiciais conhecidos ao organismo do paciente. Mas existem graves riscos que envolvem a força de atração, a qual pode arrancar objetos metálicos presentes no corpo do paciente, tais como clipes cirúrgicos, implantes metálicos, projéteis de arma de fogo, aparelhos de audição, marca-passos etc.

A ressonância nuclear magnética geralmente é utilizada para se observar tecidos que ficam dentro das cavidades ósseas. Ela permite, por exemplo, obter uma imagem da circulação sanguínea dentro do crânio; possibilita enxergar a medula espinhal e as raízes nervosas no interior da coluna vertebral; ou, ainda, observar as cartilagens, músculos e tendões dentro do sistema esquelético (joelhos, ombros, tornozelos etc.).



Hulton Getty/Stone Image

Antiga ponte sobre o Estreito de Tacoma, nos Estados Unidos.

Vamos brincar de médico

Para finalizar, nesta última atividade, você vai indicar e discutir a utilização dos diferentes equipamentos para a obtenção de imagens do interior do corpo humano estudados neste módulo (radiografia, abreuografia, tomografia computadorizada, ultrassonografia e ressonância nuclear magnética).

Obs.: Isto é uma brincadeira, que serve apenas para você discutir as questões abordadas. Cuidado! Você deve estar atento aos perigos da automedicação e do autodiagnóstico.

Suponha que você é um médico ou uma médica e deve responder às dúvidas sobre exames para diagnosticar doenças em seus pacientes. A seguir, são indicadas as perguntas de seus pacientes. Anote as respostas em seu caderno, justificando com o que você aprendeu neste módulo.



Paciente 1:

“Doutor, para ser admitido em uma metalúrgica eu preciso fazer uma chapa do pulmão, para ver se eu não tenho tuberculose. O senhor acha melhor eu tirar uma radiografia comum ou uma abreuografia, que é mais barata?”

Paciente 2:

“Doutor, sou técnico de um time de futebol e gostaria de tirar radiografias ao final de cada jogo para ver se ninguém quebrou as pernas. O senhor acha que eu devo fazer isso?”

Paciente 3:

“Doutor, acho que estou grávida, mas tenho medo desse tal ultra-som. Não é melhor tirar um raio X para ver meu nenê?”

Paciente 4:

“Doutor, tenho muito medo de fazer exame de ultra-som. Um tio meu disse que ficou surdo, pois o som era ultra-alto. Será que é verdade?”

• • • • • • • •

Paciente 5:

“Doutor, quando eu era criança, levei um tiro nas costas ao tentar roubar goiabas no quintal de um vizinho. Um outro médico me pediu para fazer um exame de ressonância nuclear magnética. Será que ele precisa saber dessa história?”

Paciente 6:

“Doutor, na verdade, quem precisa de ajuda é meu cachorro. Toda vez que passa o caminhão do gás tocando aquela musiquinha suave ele fica meio louco, parece que sente dor de ouvido. Será que ele tem algum trauma causado pelos entregadores de gás?”

FICHA DE AUTO-AVALIAÇÃO

Você é capaz de discutir o princípio de funcionamento de alguns aparelhos utilizados pela medicina para o diagnóstico e tratamento de doenças? Verifique, respondendo às seguintes questões e dando exemplos. Vamos lá!

1. Você sabe discutir os princípios básicos de funcionamento dos equipamentos utilizados em medicina para diagnóstico e tratamento de doenças?
2. É capaz de reconhecer a radiação X como um dos tipos de radiação eletromagnética?
3. Consegue diferenciar um procedimento radiológico para diagnóstico de um procedimento radiológico terapêutico?
4. É capaz de descrever o processo de formação de imagens do interior do corpo humano em uma radiografia?
5. Reconhece estruturas de densidades diferentes nessas radiografias?
6. Compreende a importância histórica da abreugrafia para o controle da tuberculose no Brasil? Pode indicar as vantagens e desvantagens de sua utilização?
7. Sabe explicar como é realizado o exame de tomografia computadorizada e indicar qual a radiação envolvida nesse exame?
8. Está preparado para discutir os cuidados necessários frente aos efeitos nocivos de exames radiológicos?
9. Consegue perceber a diferença entre energia e intensidade de uma onda eletromagnética? Compreende a necessidade do controle desses parâmetros físicos em clínicas, hospitais e consultórios dentários?
10. É capaz de explicar a maneira como são obtidas imagens do interior do corpo humano em um exame de ultrassom? E em um exame de ressonância nuclear magnética?

Se você se sentiu seguro ao responder — com exemplos — às questões anteriores, então, parabéns! Você já possui os elementos necessários para posicionar-se de maneira crítica quanto às questões que envolvem a física, a medicina e as radiações. Caso tenha encontrado alguma dificuldade, releia o texto e refaça as atividades ou converse com seu professor.

PARA LER

- A arte radiografada: o uso do raio X abre perspectivas no estudo de obras de arte, Alexandre Soares Leal. *Ciência Hoje*, v. 15, n. 90, maio 1996.
- *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Proteção radiológica: alguns aspectos técnicos e legais. Abio V. A. Pinto. Florianópolis: UFSC, 1987. v.1, p. 37-43.
- As modernas ferramentas para estudar o cérebro, Maurice Mashaal. *Ciência Hoje*, v. 21, n. 124. out. 1996.
- *Radiações: efeitos, riscos e benefícios*, Emico Okuno. São Paulo: Harbra, 1988.
- Revolução na medicina. *Globo Ciência*, v. 5, n. 49, ago. 1995.
- Os riscos da radiação, Emi Shimma. *Globo Ciência*, v. 4, n. 48, jul. 1995.
- Tomografia do hospital à lavoura, Paulo Estevão Cruvinel e Silvio Crestana. *Ciência Hoje*. v. 21, n. 121, 1996.

PARA NAVEGAR NA INTERNET

Sobre exames:

- www.rhesus.com

Sobre o laser na medicina:

- www.ciatic.org.br/ecco/laser_med.htm
- www.moderna.com.br/fisica/laser.htm

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, Elizabeth Santos de. A, B, C e X das radiações. In: *Revista de Ensino de Física*, v. 12. São Paulo: Ed. Sociedade Brasileira de Física, 1990.
- OKUNO, Emico. *Física para ciências biológicas e biomédicas*. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.
- _____. *Radiações: efeitos, riscos e benefícios*. São Paulo: Harbra, 1988.
- TUBIANA, Maurice e BERTIN, Michel. *Radiologia e radioproteção*. Lisboa: Edições 70, 1989 (Coleção Universo da Ciência).

PROJETO ESCOLA E CIDADANIA

Copyright © Editora do Brasil, 2000

Coordenação do Projeto

Zuleika de Felice Murrie e Eny Marisa Maia

Autores

Alexandre Custódio Pinto, Cristina Leite e José Alves da Silva

Diretora-executiva

Maria Lúcia Kerr Cavalcante de Queiroz

Gerente editorial

Jiro Takahashi

Editor

Leonardo Chianca

Editores assistentes

Fábio Furtado, Karen Tibursky Ventura, Marisa Sanchez e Sérgio Alves

Coordenação de iconografia

Mônica de Souza e Odete Ernestina Pereira

Coordenação de editoração

Joca Reiners Terron e Ricardo Borges

Assessores editoriais

Rodrigo Petronio Ribeiro e Frederico Dentello

Copidesque

Frank de Oliveira

Auxiliares editoriais

Edilene Moreira e Elenilde Sousa

Revisão de textos

Márcio Guimarães, Sandra Regina

Pesquisa iconográfica

Sérgio José da Silva

Imagens da capa

Vicente Costa, Ismar Almeida/Reflexo, Jean Solari/Reflexo

Projeto gráfico

D'Lippi Arte Editorial

Editoração eletrônica

Estúdio 39 Comunicação Visual



Este projeto contou com o apoio da FINEP
Financiadora de Estudos e Projetos

Impresso na Unidade Gráfica da Editora do Brasil



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Silva, José Alves da
Projeto Escola e Cidadania: Física / José Alves da Silva, Alexandre Custódio Pinto, Cristina Leite.
– São Paulo: Editora do Brasil, 2000.

ISBN 85-10-02655-6

I. Física (Ensino médio) I. Pinto, Alexandre Custódio. II. Leite, Cristina. III. Título.

00-2492 CDD-530.07

Índices para catálogo sistemático:

I. Física: Ensino médio 530.07

ISBN 85-10-02655-6



9 788510 026550

F4M05



EDITORA DO BRASIL

Rua Cons. Nébias, 887 • São Paulo/SP • 01203-001 • Fone: 0800 550211
Site: www.editoradobrasil.com.br • E-mail: pec@editoradobrasil.com.br