


- 5 - Qual é aproximadamente a velocidade de propagação do som no ar?
 a) 331 metros por segundo
 b) 31 metros por segundo
 c) 3,31 metros por segundo
- 6 - Qual é a velocidade de propagação da luz?
 a) 331 metros por segundo
 b) 300.000 metros por segundo
 c) 300.000.000 metros por segundo
- 7 - Que ondas são usadas nos tratamentos médicos?
 a) as ondas médias
 b) as ondas curtas e médias
 c) as ondas curtas, ultravioletas e raios GAMA de baixa intensidade.
- 8 - Como se chamam as ondas eletromagnéticas de maior frequência e menor comprimento de onda de que se tem conhecimentos científicos definidos?
 a) raios cósmicos secundários
 b) raios X
 c) raios Gama
- 9 - As frequências muito altas (V.H.F.) estão compreendidas entre:
 a) 3 e 30 megahertz
 b) 30 e 300 megahertz
 c) 3.000 e 30.000 megahertz
- 10- O ouvido humano pode perceber frequências de áudio compreendidas entre:
 a) 1 e 1.000 Hertz
 b) 10 e 10.000 Hertz
 c) 16 e 20.000 Hertz

OCCIDENTAL SCHOOLS

ESCOLA DEDICADA EXCLUSIVAMENTE AO ENSINO ESPECIALIZADO DE ELETRÔNICA—
RÁDIO—TELEVISÃO E SUAS RAMIFICAÇÕES

ESTABELECIDO EM 1947



C. Walsh, Diretor

RUA CAPITÃO SALOMÃO 59 - C.E.P. 01034 - SÃO PAULO - S.P. - BRASIL

LIÇÃO E-5 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Na lição anterior aprendemos o que é CICLO, FREQUÊNCIA e COMPRIMENTO DE ONDA. Nesta lição vamos estudar a relação existente entre a frequência e o comprimento de onda.

TABELA I
CLASSIFICAÇÃO DE FREQUÊNCIAS

CLASSIFICAÇÃO	FREQUÊNCIAS		COMPRIMENTO DA ONDA EM METROS
	MEGAHERTZ	KILOHERTZ	
Frequências Muito Baixas (VLF)	0,01 a 0,03	10 a 30	30.000 a 10.000
Frequências Baixas (LF)	0,03 a 0,3	30 a 300	10.000 a 1.000
Frequências Médias (MF)	0,3 a 3	300 a 3.000	1.000 a 100
Frequências Altas (HF)	3 a 30	3.000 a 30.000	100 a 10
Frequências Muito Altas (VHF)	30 a 300	30.000 a 300.000	10 a 1
Frequências Ultra Altas (UHF)	300 a 3.000	300.000 a 3.000.000	1 a 0,1
Frequências Super Altas (SHF)	3.000 a 30.000	3.000.000 a 30.000.000	0,1 a 0,01
Frequências Extremamente Altas (EHF)	30.000 a 300.000	30.000.000 a 300.000.000	0,01 a 0,001
Região Experimental	300.000 a 1.000.000	300.000.000 a 1.000.000.000	0,001 a 0,0003

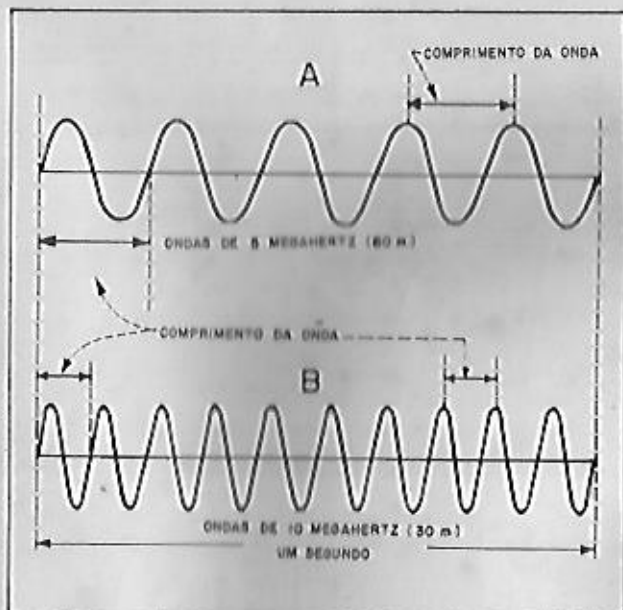


FIGURA 1

RELAÇÃO ENTRE A FREQUÊNCIA E O COMPRIMENTO DA ONDA

hertz representado graficamente por 1 ciclo (Hz), razão pela qual a ilustração apresenta 10 ciclos (Hz).

Comparando as ilustrações "A" e "B" da figura 1, observamos que as ondas ilustradas em "B" têm um comprimento equivalente ao da metade do comprimento das ondas ilustradas em "A". Isto é fácil de compreender, uma vez que as ondas de ambas as frequências são produzidas no mesmo período de tempo, de modo que uma irá apresentar o dobro do número de ondas da outra, em virtude de uma frequência ser o dobro da outra frequência. Realmente, o comprimento de cada uma das 5 ondas ilustradas em "A", cuja frequência é de 5 megahertz, é de 60 metros, enquanto o comprimento de cada uma das 10 ondas ilustradas em "B", cuja frequência é de 10 megahertz, é de 30 metros. Em outras palavras, à medida que a frequência aumenta o comprimento da onda diminui e vice-versa, o que podemos facilmente comprovar por meio da Tabela I.

Para calcularmos o comprimento das ondas de rádio (ondas eletromagnéticas) quando conhecemos a frequência, basta empregarmos a fórmula abaixo, onde vemos que se trata de uma simples divisão entre a velocidade de propagação das ondas no espaço, ou seja, 300.000 quilômetros por segundo pela frequência em quilohertz. O resultado obtido desta forma é dado em metros.

$$\text{Comprimento da onda em metros} = \frac{300.000}{\text{Frequência em kHz}}$$

Quando a frequência é dada em Hertz, a fórmula usada é a seguinte:

$$\text{Comprimento da onda em metros} = \frac{300.000.000}{\text{Frequência em Hertz}}$$

primento de onda, bem como tudo que se relaciona com as ondas sonoras e as ondas de rádio (ondas eletromagnéticas).

RELAÇÃO ENTRE FREQUÊNCIA E COMPRIMENTO DE ONDA

Observando a figura 1, vemos representadas duas sucessões de ondas de diferentes frequências.

As ondas representadas na figura 1A são de uma frequência de 5 MHz (5000 kHz), estando cada megahertz representado graficamente por 1 ciclo (Hz), razão pela qual a ilustração apresenta 5 ciclos (Hz).

As ondas representadas em "B" da mesma figura são de uma frequência de 10 megahertz (10.000 quilohertz), estando cada mega-

Vamos tomar como exemplo os casos ilustrados em "A" e "B", da figura 1, e determinar o comprimento das ondas de 5 megahertz e de 10 megahertz.

$$\frac{300.000}{5.000} = \frac{300}{5} = 60 \text{ metros}$$

$$\frac{300.000}{10.000} = \frac{300}{10} = 30 \text{ metros}$$

PROPRIEDADES DAS ONDAS SONORAS

Até agora, ao falarmos das ondas em geral, somente mencionamos aquelas produzidas na água como resultado das vibrações causadas pelo choque da pedra contra a água. Não obstante, as características das ondas de rádio e das ondas sonoras são semelhantes às que observamos no lago, como teremos a oportunidade de verificar, à medida que progredirmos em nossos estudos. Embora as características de propagação tanto das ondas sonoras como das ondas de rádio ou eletromagnéticas sejam idênticas, elas são de natureza diferente, pois as ondas sonoras são vibrações mecânicas, ao passo que as ondas eletromagnéticas são vibrações eletrônicas.

No caso das ondas geradas na superfície do lago, o meio condutor é a água, ao passo que no caso das ondas sonoras, o meio condutor ou de propagação é geralmente o ar. Quanto às ondas eletromagnéticas, seu meio de propagação continua a ser motivo de controvérsia entre os cientistas, de modo que apenas diremos que elas se propagam em todos os meios.

Todos nós já tivemos a oportunidade de observar as vibrações produzidas pelas cordas de um violão ao serem tocadas pelos dedos do músico. Tais vibrações são detectadas pelos nossos ouvidos em virtude de produzirem ondas sonoras, ao mesmo tempo que são percebidas pelo sentido da visão (movimento vibratório) e por meio do tato, ao tocarmos nas cordas, devido à sua vibração mecânica.

Outro exemplo clássico mediante o qual podemos comprovar o que acabamos de dizer a respeito das ondas sonoras é o da campainha elétrica. Quando a campainha soa, podemos perceber por meio da visão que o martelo está golpeando a campainha com grande rapidez, fazendo com que ela vibre, ao mesmo tempo que ouvimos o som característico desta vibração.

Perguntamos então: o que faz com que estas vibrações cheguem a nossos ouvidos e como isto sucede? A resposta é a seguinte: a campainha da campainha está completamente rodeada de ar, como sucede conosco, porém, aparentemente, se não usarmos outro sentido que o da vista, parece-nos que o ar não é formado de matéria alguma. Isto, entretanto, não é a verdade, pois a química nos ensina que o ar é formado por uma combinação de gases, ou seja, principalmente de Oxigênio e Nitrogênio. Os quais são elementos que podem ser convertidos em líquidos, quando submetidos a uma temperatura de 196° abaixo de zero.

Se o ar é considerado como matéria, ele é capaz de transmitir as vibrações mecânicas da campainha. Como a campainha está rodeada de ar e ela vibra, expandindo-se e contraíndo-se, cada vez que se dilata ou aumenta momentaneamente sua circunferência exterior, o ar que a circunda se comprime até certo ponto, acumulando mais ar ao redor da campainha e rarefazendo-se mais ainda o ar no espaço adjacente, conforme mostra a figura 2. O ar comprimido, por sua vez, procura voltar à sua condição normal, comprimindo as partículas de ar ao seu redor; desta forma se produz outra área de partículas comprimidas e outra de ar rarefeito, continuando este processo em círculos que se distanciam cada vez mais do ponto de origem.

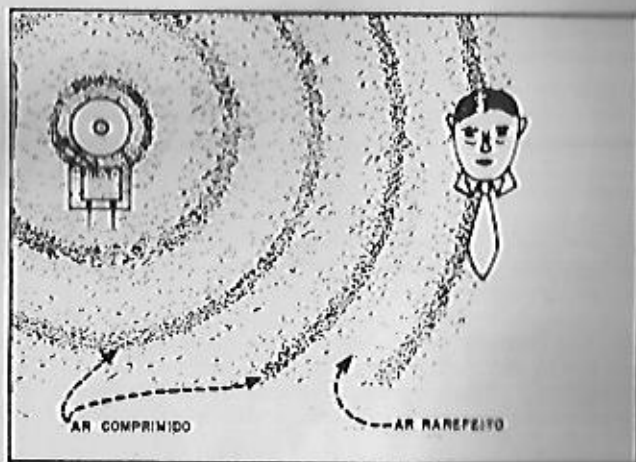


FIGURA 2
PROPAGAÇÃO DO SOM NO AR

É assim que as vibrações mecânicas produzidas pela campainha se propagam através do espaço, ou seja, na forma de compressões e rarefações do ar que, ao atuar sobre o tímpano do ouvido, transmite ao cérebro as sensações chamadas sons ou ruídos.

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS ONDAS SONORAS

A figura 3 ilustra graficamente um som ou ruído produzido por uma campainha que vibra numa velocidade de quatro vezes por segundo. Observe que, na parte superior da figura estão ilustradas as com-

pressões do ar por meio de uma concentração dos pontos que representam as partículas de ar. Na parte inferior aparece a forma das ondas produzidas por essa vibração. Neste caso, como em exemplos semelhantes, a amplitude mínima das ondas corresponde ao grau mínimo de compressão das partículas de ar, ou seja, à rarefação do ar. Aqui a linha horizontal que atravessa as ondas corresponde à condição normal ou estado das partículas de ar, quando não há compressão ou rarefação.

Todos os termos referentes às características das ondas já estudadas são aplicáveis à descrição de sua forma. Por isso, quanto maior a amplitude das ondas sonoras, tanto maior será a intensidade do som percebido pelo ouvido. Na campainha elétrica, quanto mais forte for o golpe do martelo na campainha, tanto maior será a amplitude da onda produzida. A forma das ondas sonoras pode ser vista num instrumento especial denominado osciloscópio, cujo funcionamento será estudado mais adiante neste curso.

Nas ondas sonoras, a frequência ou número de vibrações por segundo é o fator que determina o que comumente se conhece como tom. O tom de uma nota ou som musical é classificado de acordo com a frequência do som. Os sons de tom baixo ou grave são as notas musicais cuja frequência é baixa, ao passo que os sons de tom alto ou agudo são aqueles cuja frequência ou número de vibrações por segundo é alto. Por exemplo: o violoncelo produz notas graves ou baixas,

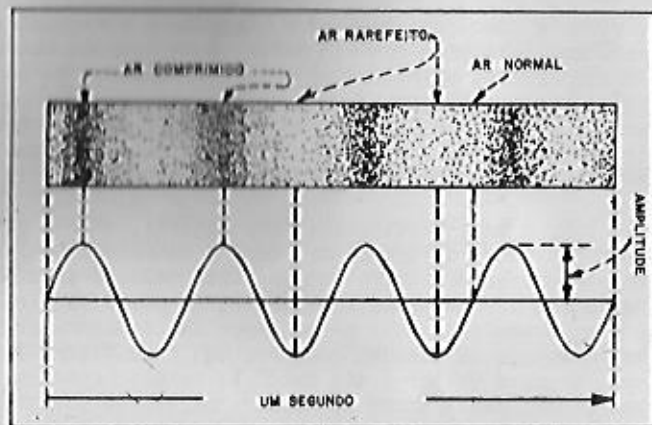


FIGURA 3
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UMA ONDA SONORA DE 4 HERTZ

porque sua frequência está compreendida entre 60 a 213 Hertz. Por outro lado, o violino produz notas agudas ou altas, porque a frequência dos sons emitidos por esse instrumento está compreendida entre 230 e 3.072 Hertz.

A voz humana, ou seja, os sons produzidos pelo choque do ar contra as cordas vocais, está compreendida entre as frequências de 96 a 1.152 Hertz, correspondendo às que estão ao redor de 96 Hertz aos baixos, ou pessoas de tom baixo, ao passo que as frequências de 1.152 Hertz correspondem às cantoras com voz de soprano (os sons mais altos que a voz humana pode produzir). Estes são os limites da voz humana. A média dos sons produzidos pela voz humana na conversação corrente é de 150 Hertz para o homem e de 250 Hertz para a mulher. É por esta razão que se diz que a mulher tem um tom de voz mais alto.

É conveniente ter presente, entretanto, que essas são as médias de frequências ou tom. Ao pronunciar uma palavra são emitidos sons de diversas frequências, pois cada letra do alfabeto tem uma frequência diferente, o que se obtém colocando a língua em posições distintas.

FREQUÊNCIAS QUE O OUVIDO HUMANO PODE PERCEBER

As frequências dos sons que o ouvido humano pode perceber estão compreendidas entre 16 Hz como limite mínimo e 20.000 Hz como limite máximo. As ondas sonoras mais baixas, ou seja, inferiores a 16 Hz, não são escutadas como um único som, mas sim como ruídos separados. Isto é, o ouvido somente percebe como um único som as vibrações acima de 16 Hz; as vibrações abaixo de 16 Hz são ouvidas a intervalos e são classificadas como ruídos, geralmente desagradáveis ao ouvido.

Os sons acima de 20.000 Hz não são percebidos pelo ouvido humano. O voo do mosquito, que corresponde mais ou menos a esta frequência, é o som com maior número de vibrações que podemos perceber. Os sons de frequência mais alta não podem ser escutados, mesmo que sejam de alta intensidade, porque as membranas auditivas são incapazes de responder a uma vibração superior a 20.000 Hz, embora animais como cães possam perceber sons mais altos. Esta é a razão porque pastores usam apitos especiais para chamar os cães que cuidam de suas ovelhas.

Como os sons cujas frequências estão compreendidas entre 16 e 20.000 Hz são os que o ouvido humano pode perceber, essas são conhecidas pelo nome de *audiofrequência* ou *frequências audíveis*.

Embora o ouvido humano possa perceber essa gama ou escala de frequências, as estações radiodifusoras de A.M. e os receptores utilizados para receber os programas das mesmas somente reproduzem sons compreendidos entre 50 e 5.000 Hz. Não obstante, no sistema de transmissão e recepção de frequência modulada, cujos princípios serão estudados numa lição mais avançada deste curso, é possível reproduzir toda classe de sons cujas frequências estejam compreendidas entre 30 e 15.000 Hz.

MEIOS EM QUE SE PROPAGAM AS ONDAS SONORAS

Segundo mencionamos ao iniciar as explicações sobre as ondas sonoras, estas são o resultado das vibrações mecânicas de um objeto num meio condutor. Esse meio deve ser matéria, esteja ele no estado sólido, líquido ou gasoso. Algumas substâncias, como a água por exemplo, pode se apresentar em qualquer dos três estados. O estado sólido é o gelo; o líquido, a água; e o gasoso, o vapor da água.

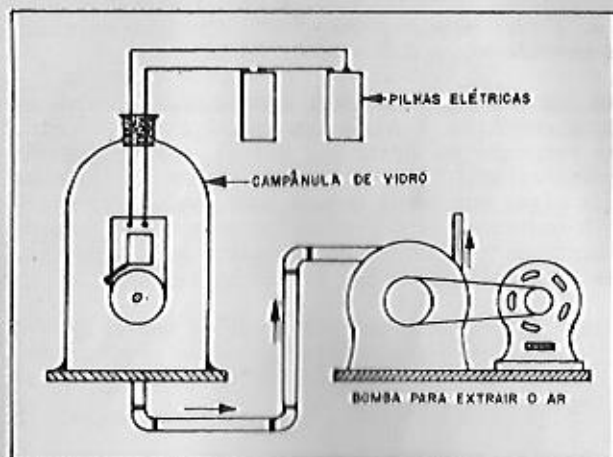


FIGURA 4

EXPERIÊNCIA QUE DEMONSTRA QUE O SOM NÃO SE PROPAGA NO VÁCUO

na funcionando. À medida que o ar é extraído do interior da campânula, os sons vão gradualmente se extinguindo, até desaparecerem por completo, quando todo o ar for bombeado para fora.

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM

A velocidade de propagação do som depende da matéria que é utilizada como meio condutor. Entretanto, podemos dizer que o som se propaga com maior velocidade e eficiência nos líquidos e nos sólidos que no ar.

O aluno, possivelmente, já terá ouvido dizer de uma pessoa se agachar e por o ouvido sobre os trilhos de Aço de uma ferrovia, quando aguarda a chegada de um trem que está fora do alcance da vista. A pessoa sabe que, se o trem não estiver muito distante, sua proximidade será revelada mediante os sons que o trilho transmite, embora não se escute o menor ruído proveniente dos sons transmitidos pelo ar. Esta experiência demonstra que a velocidade e facilidade de propagação do som no Ferro ou Aço é superior à velocidade e facilidade de propagação do som no ar.

O aluno, também, já deve ter observado numa noite de tempestade que, antes de perceber o ruído produzido por uma descarga elétrica entre a Terra e a atmosfera (raio), se vê o relâmpago produzido pela descarga. Isto se deve ao fato de que a velocidade de propagação da luz (ondas luminosas) é muito superior à velocidade de propagação do som no ar. Por conseguinte, as ondas sonoras tomam muito mais tempo para chegar ao ouvido que as ondas luminosas para chegarem à vista.

A velocidade de propagação do som no ar é, aproximadamente, de 331 metros por segundo, ao passo que a velocidade de propagação da luz é de trezentos milhões de metros por segundo (300.000 quilômetros por segundo).

A seguir, damos uma lista das velocidades de propagação do som nas substâncias mais comuns. Por exemplo, a velocidade de propagação do som no Ferro é de 5.100 m.p.s., ao passo que no ar é de apenas 331 m.p.s. Mesmo na água, a

O meio condutor utilizado com mais frequência para a propagação do som é o ar (estado gasoso), porém o som pode ser propagado tanto nos líquidos como nos sólidos. O som, entretanto, não se propaga no vácuo porque, neste caso, não há um meio condutor que faça chegar as vibrações até o ouvido, conforme demonstra a experiência ilustrada na figura 4. Observe a campainha elétrica instalada no interior de uma campânula de vidro, da qual é possível se extrair o ar por meio de uma bomba pneumática que refaz totalmente o ar no interior da campânula.

A experiência em questão é iniciada com a campainha funcionando.

velocidade de propagação das ondas sonoras é muito superior a que tem no ar. Não obstante, essas velocidades variam ligeiramente, de acordo com as mudanças de temperatura.

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM EM DIVERSAS SUBSTÂNCIAS

Substância	Velocidade em metros por segundo
Ar	331
Ferro ou Aço	5.100
Água	1.400
Cobre	3.292
Ladrilho	3.650
Vidro	5.500

INTENSIDADE DO SOM

A unidade empregada para descrever a intensidade do som (amplitude da onda) é o decibel, que corresponde a um décimo da unidade utilizada originalmente, a qual recebeu o nome de BEL em honra a Alexandre Graham Bell, inventor do telefone.

Praticamente, podemos definir o decibel como a mudança mínima de intensidade do som que o ouvido humano pode perceber. Por exemplo, para escutar uma variação na intensidade de do som de uma nota musical, cuja intensidade é de um decibel, a intensidade do mesmo som tem que subir a 2 decibéis antes que o ouvido possa perceber a diferença.

Damos, agora, uma lista de diversas modalidades de sons e suas respectivas intensidades, para que o aluno tenha uma idéia do que é o decibel.

INTENSIDADES DE DIVERSOS SOMS

Sons	Decibéis
Imperceptível	0
Escassamente perceptível	1
Murmúrio ou roçar das folhas	10 a 20
Escritório pequeno	20 a 40



FIGURA 5
APARELHO ESPECIAL DESTINADO A MEDIR A INTENSIDADE DO SOM EM DECIBÉIS

Conversação normal	40 a 50
Automôvel moderno	50 a 60
Motor de caminhão de carga ou rua de muito tráfego	70 a 80
Perfuradora de ar comprimido	90 a 100
Trovão ou explosão	110 a 130

Os sons de intensidades superiores a 80 decibéis ferem o ouvido pela vibração ou grande amplitude das vibrações e são, portanto, desagradáveis.

VELOCIDADE E FREQUÊNCIA DAS ONDAS DE RÁDIO

Como mencionamos no princípio desta lição, a velocidade de propagação das ondas de rádio é igual à velocidade de propagação da luz ou ondas luminosas. Isto se deve ao fato das ondas de rádio, as ondas luminosas e as ondas caloríficas apresentarem as mesmas características, ou seja, todas elas pertencem ao tipo de ondas de frequências muito altas, conhecidas como ondas eletromagnéticas ou irradiações eletromagnéticas.

Deduzimos, então, que as ondas de rádio são apenas uma variedade ou ga ma diferente das ondas eletromagnéticas, distinguindo-se das outras por sua frequência e comprimento de onda.

A figura 6 ilustra a classificação ou escala das ondas eletromagnéticas, de acordo com sua frequência e comprimento de onda. Observe que as ondas de rádio correspondem às ondas eletromagnéticas de frequência mais baixa, vindo em seguida as ondas caloríficas, as ondas luminosas, os raios ultravioleta, etc.

ONDAS DE RÁDIO - As ondas de rádio, ou seja, as usadas nos sistemas de radiocomunicações, estão compreendidas entre 100 quilohertz e 1.000.000 megahertz. Essas ondas, expressas segundo seu comprimento de onda, correspondem às compreendidas entre 3.000 metros e 0,03 centímetros (0,3mm). Essas são as ondas descobertas por Hertz, por meio do transmissor de faísca.

Uma das características das ondas de rádio é que não são perceptíveis aos sentidos, exceto por seus efeitos quando são aplicados ao corpo humano com grande intensidade, por meio de eletrodos especiais, como nos aparelhos médicos de diatermia.

ONDAS INFRAVERMELHAS OU ONDAS CALORÍFICAS - As ondas infravermelhas são de frequência superiores a 1.000.000 de megahertz e correspondem a comprimentos de onda inferiores a 0,03 cm (0,3mm). A partir dessas ondas, como a frequência é excessivamente elevada e o comprimento da onda é tão pequeno, adotou-se uma unidade especial que permite indicar mais facilmente o comprimento de onda. Esta unidade se chama UNIDADE ANGSTROM (Å), e equivale a décima milionésima parte de um milímetro (0,0000001 mm). É evidente que é infinitamente pequena para se poder ter um conceito prático de sua dimensão.

Em unidades Angstrom as ondas de calor estão compreendidas entre três milhões de Å (0,3 mm) e 8.000 Å. Tais ondas são emitidas pelos aquecedores de água (vapor d'água), ferros elétricos de engomar, etc. É interessante observar que uma grande parte dessas ondas são irradiadas pelo Sol, como ondas luminosas e raios ultravioletas.

ONDAS LUMINOSAS (A LUZ) - Estas ondas se caracterizam por pertencerem à única classe de ondas eletromagnéticas que a vista humana pode perceber, sem necessidade de um dispositivo especial. Apresentam características muito

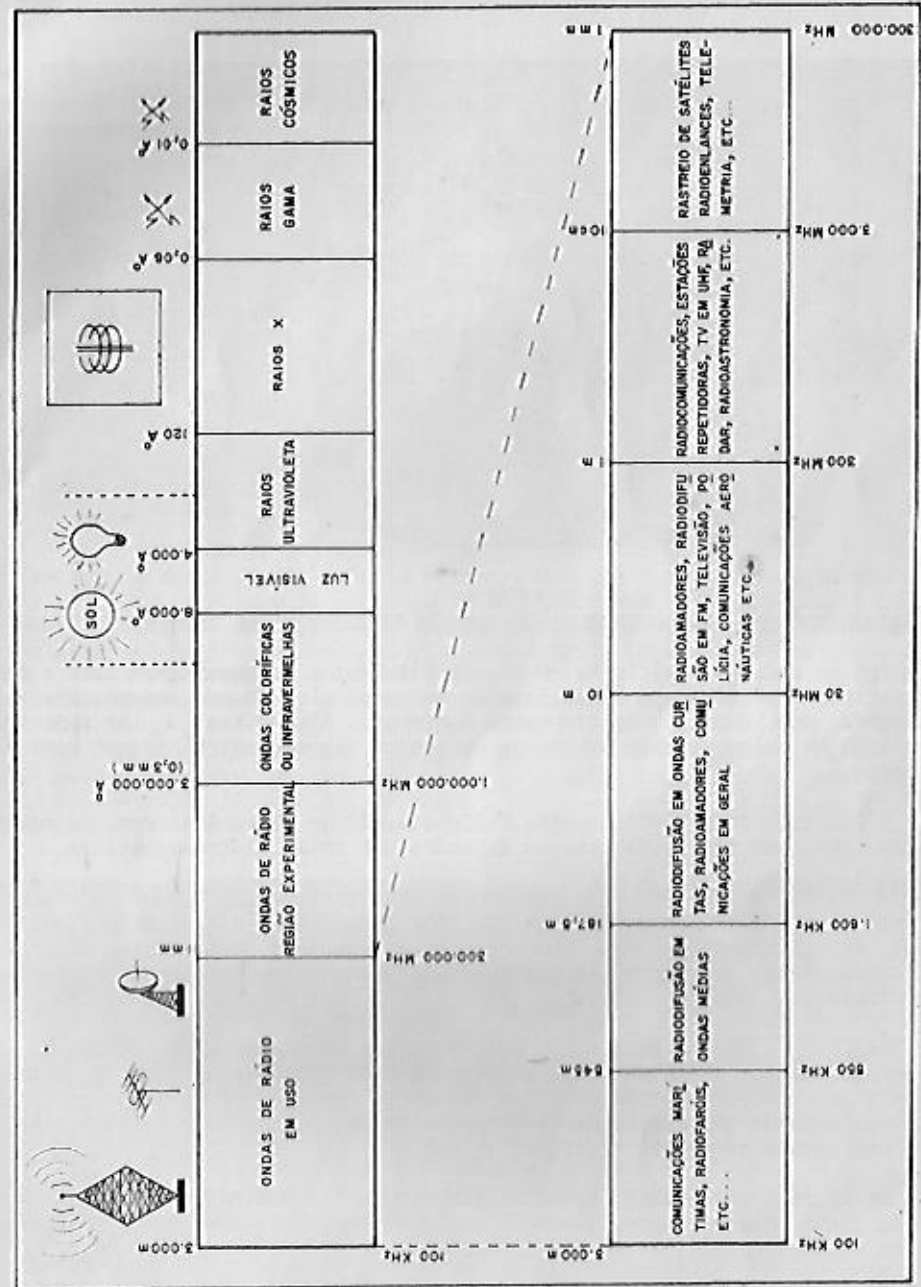


FIGURA 6 CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS



FIGURA 7
AS ONDAS CURTAS E ULTRAVIOLETA SÃO TAMBÉM UTILIZADAS NO TRATAMENTO MÉDICO

parecidas às ondas caloríficas, e alguns cientistas as consideram como o fim do espectro. A prova disso é que, quando um corpo alcança uma temperatura muito elevada, ele começa a emitir raios luminosos. Além disso, a luz pode ser convertida em calor, quando os raios luminosos são concentrados por meio de uma lente.

A luz está compreendida entre 8.000 e 4.000 unidades Angstrom. Os raios solares abrangem toda esta gama do espectro das ondas eletromagnéticas.

RAIOS ULTRAVIOLETAS - A luz ou raios ultravioletas estão compreendidos entre 4.000 a 120 unidades Angstrom. Parte desses raios são produzidos pelo Sol. Artificialmente, eles podem ser produzidos por meio de lâmpadas elétricas especiais, as quais são usadas frequentemente no tratamento de certas enfermidades.

RAIOS X - Os raios X estão compreendidos entre os comprimentos de onda correspondentes a 120 unidades Angstrom e 0,06 da mesma unidade (6 centésimos de 1 Angstrom). A característica principal dessas ondas eletromagnéticas é que são capazes de atravessar toda sorte de tecidos, couros, telas, madeiras e uma grande parte dos metais.

Os raios X são usados, principalmente, para tirar fotografias do interior do corpo humano, sendo, também, usados na indústria para fotografar a estrutura de peças metálicas de Alumínio, Aço, etc.

RAIOS GAMA E RAIOS CÔSMICOS - As ondas eletromagnéticas de maior frequência e menor comprimento de onda que se tem conhecimentos definidos são os raios gama, que são o produto das emissões ou irradiações de elementos radioativos, como o Rádio e o Urânio. Os raios são produzidos nesses elementos pela desintegração atômica espontânea dos mesmos. Não obstante, grande parte desses raios pode ser produzida artificialmente por meio de potentes aparelhos

de Raios X ou, então, pela desintegração artificial, como no caso da bomba atômica.

Na medicina, esses raios de baixa intensidade são usados para destruir tumores cancerosos, empregando-se, neste caso, o Rádio. Os sais radioativos são usados também na indústria, pois têm a propriedade de emitir raios de baixa proporção e, como são visíveis na obscuridade (fosforescentes), encontram aplicações na fabricação de mostradores de relógios e ponteiros.

Embora os Raios Gama sejam os últimos a respeito dos quais se tenha noções claras, sabe-se que existem outros raios de menor comprimento de onda que a ciência chama de *raios cósmicos secundários*, por se acreditar que sejam encontrados nos espaços interplanetários. Isso é tudo que se sabe a respeito dos mesmos até hoje.

Estas explicações servirão, indubitavelmente, para dar ao aluno um conceito mais definido da classificação e características das ondas eletromagnéticas, a cuja família pertencem as *ondas de rádio* que, no momento, nos interessam. Não obstante, ao estudarmos a televisão, teremos a oportunidade de utilizar os conhecimentos adquiridos sobre as outras classes de ondas eletromagnéticas.

Apesar das ondas de rádio, as ondas caloríferas e as ondas luminosas pertencerem à mesma família, seria errôneo crer que são parecidas em todos os aspectos, pois a diferença em frequência e comprimento de onda entre elas é enorme. Entretanto, devemos ter presente que todas as classes de ondas eletromagnéticas são manifestações de energia em diversas formas e, em muitos casos, é possível transformá-las em movimentos mecânicos, como sucede com o calor utilizado para impulsionar máquinas ou locomotivas.

CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DAS ONDAS DE RÁDIO - As ondas eletromagnéticas, que correspondem às *ondas de rádio* utilizadas hoje em dia, são classificadas em várias faixas, de acordo com o comprimento de onda e com os serviços a que se destinam nos sistemas de radiocomunicações.

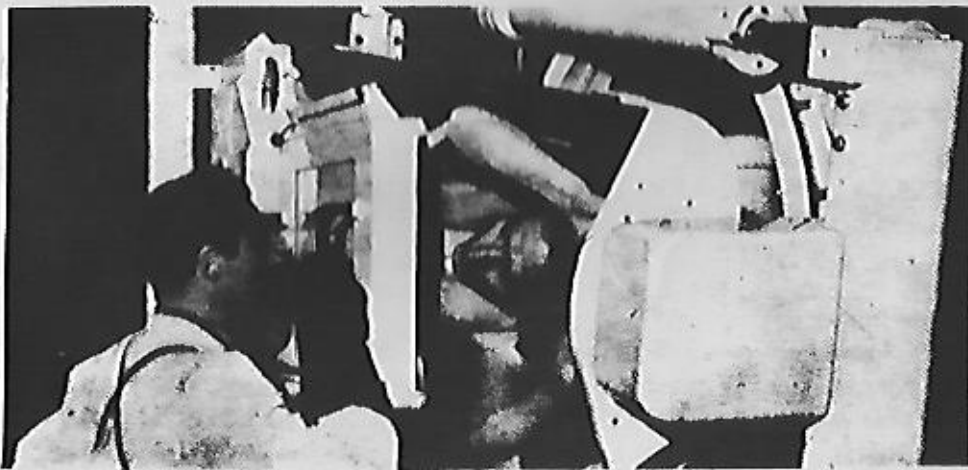


FIGURA 8
OS MODERNOS EQUIPAMENTOS DE RAIOS X PODEM SER USADOS COM O PACIENTE EM QUALQUER POSIÇÃO

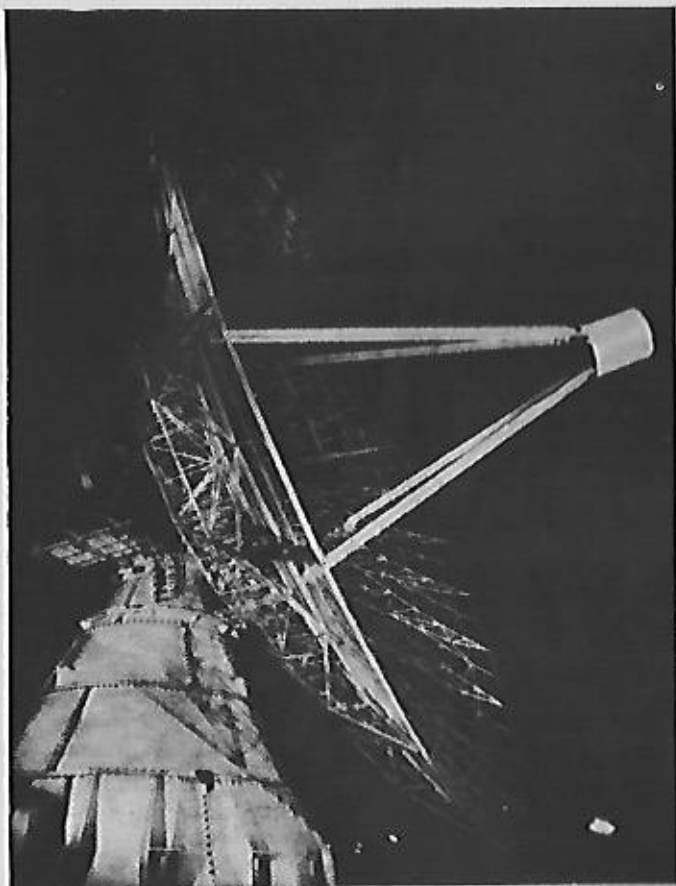


FIGURA 9

ANTENA PARABÓLICA DE UMA ESTAÇÃO DE RASTREAMENTO DE SATÉLITES

Como se observa na parte inferior da figura 6, as ondas de rádio normalmente utilizadas podem ser subdivididas em 6 blocos principais, que englobam as diversas faixas de frequências.

No primeiro bloco temos as frequências compreendidas entre 100 kHz e 550 kHz, frequências estas que correspondem à faixa de ondas longas. Essa faixa compreende diversos tipos de comunicações, inclusive os radiofaróis (para orientação da navegação aérea). Além disso, na Europa, existe também radiodifusão (emissoras comerciais) nessa faixa.

No segundo bloco temos as frequências compreendidas entre 550 kHz e 1600 kHz, que correspondem à faixa de ondas médias. Nesta faixa, estão localizadas, exclusivamente, emissoras comerciais de radiodifusão ("Broadcasting").

Por ora é suficiente que o aluno tenha em mente que as ondas longas e médias possuem certas características que tornam o seu alcance relativamente limitado, sendo somente utilizadas para abranger determinadas áreas. Já as ondas curtas, por serem refletidas pela ionosfera, têm longo alcance e são usadas para comunicações a grandes distâncias, bem como para a radiodifusão internacional.

No terceiro bloco temos as frequências compreendidas entre 1600 kHz e 30 MHz, que correspondem à faixa de ondas curtas. Nessa importante parte das ondas de rádio estão localizadas as radiodifusoras internacionais (nas faixas de 49, 31, 25, 16 e 13 metros), bem como as radiodifusoras das chamadas "faixas tropicais" (90 e 60 metros). Também na faixa de ondas curtas estão localizadas diversas faixas destinadas às comunicações entre radioamadores (160, 80, 40, 20, 15, 11 e 10 metros). Além disso, localizam-se também nessa faixa inúmeros outros serviços de radiocomunicações, tanto governamentais como de empresas privadas, operando em fonia, telegrafia e teletipo.

No quarto bloco estão as frequências compreendidas entre 30 MHz e 300 MHz, que correspondem à faixa de frequências muito elevadas (VHF). Nesta faixa temos as emissoras de TV em VHF, radiodifusão em FM, além de diversos sistemas de radiocomunicação (radioamadores, aeronáutica, polícia, serviços públicos, etc.).

No quinto bloco temos as frequências compreendidas entre 300 e 3.000 MHz, que correspondem à faixa de frequências ultra-elevadas (UHF). Esta faixa compreende radiocomunicações em geral, radioamadores, estações repetidoras, emissoras de TV em UHF, radares, radioastronomia, etc.

No sexto e último bloco estão as frequências compreendidas entre 3.000 e 300.000 MHz, que abrangem as faixas de frequências super-elevadas (SHF - 3.000 a 300.000 MHz) e de frequências extremamente elevadas (EHF - 30.000 a 300.000 MHz). Estas faixas compreendem sistemas de rastreamento de satélites artificiais, telemetria, sistemas de radioenlaces, etc.

RESUMO DOS PRINCÍPIOS MAIS IMPORTANTES APRENDIDOS NESTA LIÇÃO

- 1 - Com referência à propagação das ondas eletromagnéticas, o que interessa é a frequência da onda ou seu comprimento. Sabemos que a velocidade de propagação das ondas no espaço é de 300.000 quilômetros por segundo. É fácil, portanto, fazer uma relação entre a frequência e o comprimento de onda, uma vez que sabemos que uma onda, cuja frequência é de 300.000 KHz, tem um comprimento de 1 metro.

Podemos dizer, também, que a velocidade de propagação das ondas de rádio ou eletromagnéticas é de trezentos milhões de metros por segundo. Neste caso, a frequência seria de trezentos milhões de Hertz, o que significa que, em cada segundo haveria 300.000.000 de ciclos ou ondas completas numa extensão de 300.000.000 metros, que é a distância coberta por esta frequência em particular, no período de 1 segundo.

Agora, como num segundo são produzidos 300.000.000 de ciclos numa distância de 300.000.000 metros, é evidente que cada ciclo mede 1 metro.

- 2 - Uma onda sonora resulta da vibração mecânica num meio condutor ou vibratório. No ar cada vibração mecânica produz uma compressão e uma rarefação (um ciclo) e, assim sucessivamente, de modo a transmitir o som.
- 3 - O volume do som é representado pela intensidade, potência ou força de vibração, e na onda sonora por

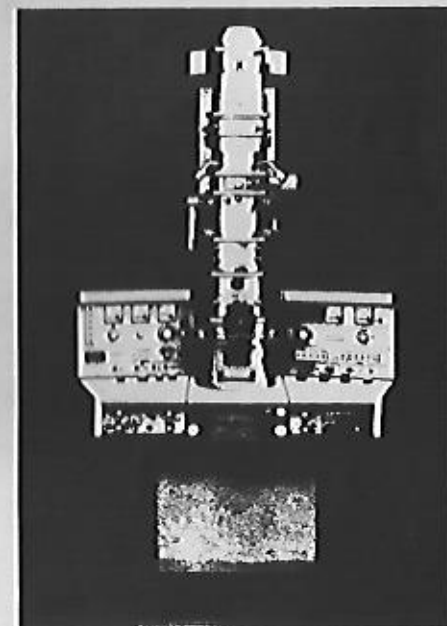


FIGURA 10
OS MICROSCÓPIOS ELETRÔNICOS TAMBÉM EMPREGAM ONDAS ELETROMAGNÉTICAS ULTRACURTAS

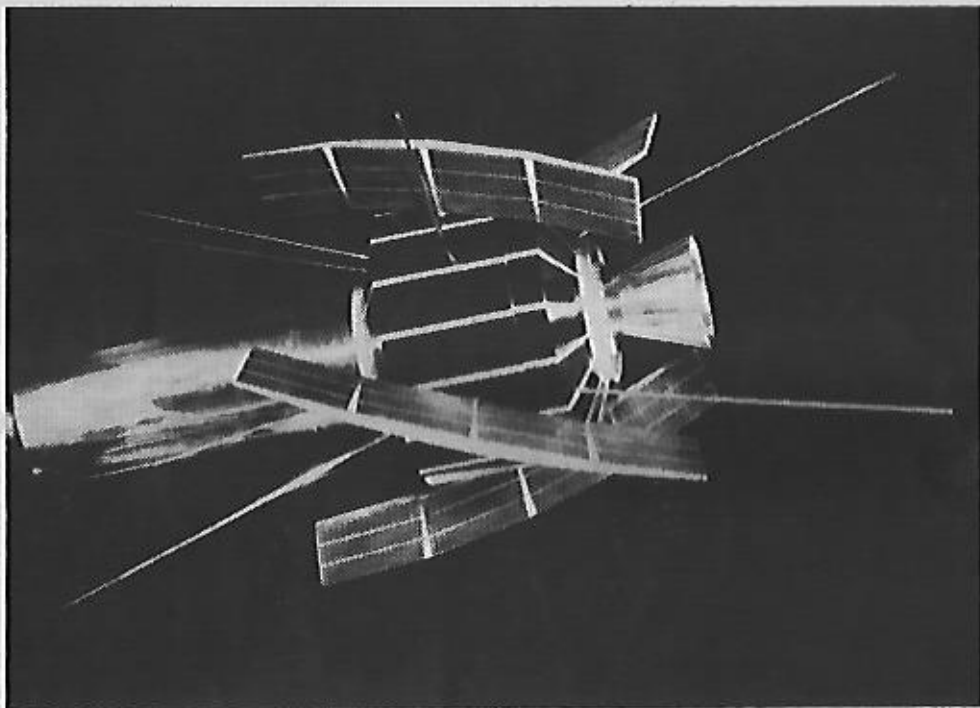


FIGURA 11

SATÉLITE ESPECIALMENTE DESTINADO À PESQUISAS NO CAMPO DA RADIOASTRONOMIA

sua amplitude.

- 4 - O tom do som é representado pela frequência da vibração, ou seja, pelo número de ciclos que a fonte sonora vibra num segundo. Por isso é que os tons podem ser graves ou baixos e agudos ou altos.
- 5 - As vibrações sonoras ou sons se propagam em qualquer meio condutor, em diferentes velocidades. O som não se propaga no vácuo, como é fácil de compreender.
- 6 - A velocidade de propagação do som no ar é de 331 metros por segundo.
- 7 - A velocidade de propagação da luz e das ondas de rádio é de 300.000.000 de metros por segundo.

 *

IMPRESSO NO BRASIL
 DIREITOS RESERVADOS 1947

EXAME DA LIÇÃO E-5



- CADA QUESTÃO APRESENTA TRÊS OU MAIS RESPOSTAS.
- SOMENTE UMA DELAS ESTÁ CORRETA.
- MARQUE A QUE JULGAR CORRETA.
- TRANSCREVA AS RESPOSTAS CORRETAS PARA A FOLHA DE EXAME ANEXA.

1 - Qual é o comprimento de onda correspondente a uma frequência de rádio de 30.000 kHz (30 megahertz)?

- a) 10 metros
 b) 1 metro
 c) 1/2 metro

2 - A principal diferença entre as ondas caloríficas e as ondas de rádio é a seguinte:

- a) as ondas caloríficas ou infravermelhas são de uma frequência muito mais elevada que as ondas de rádio de frequência mais alta
 b) as ondas de rádio são de um comprimento de onda muito menor que as ondas caloríficas
 c) as ondas caloríficas ou infravermelhas são de frequência muito mais baixa que as ondas de rádio

3 - De um modo geral, em que meio se propaga o som com maior velocidade e eficiência?

- a) no vácuo
 b) nos líquidos e sólidos
 c) no ar

4 - As audiodfrequências estão compreendidas entre:

- a) 10 e 10.000 Hertz
 b) 16 e 20.000 Hertz
 c) 20.000 e 30.000 Hertz