

Conceito de onda

Imagine duas pessoas segurando as extremidades de uma corda e uma delas sacode-a para cima e para baixo, provocando uma *perturbação*.



Esse movimento gera uma sinuosidade que se movimenta ao longo da corda. Isso ocorre porque se trata de um meio elástico que, sofrendo uma modificação, tende a retornar à sua posição de origem. A perturbação denomina-se *pulso* e o movimento do pulso constitui uma *onda*.

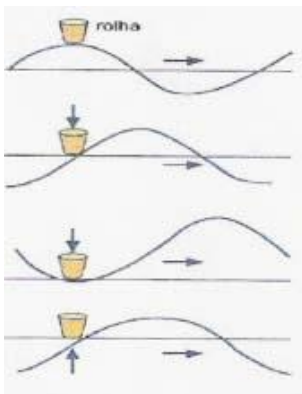
Denomina-se onda uma perturbação que se propaga num meio.

A mão da pessoa, ao movimentar as extremidades, constitui a *fonte* e a corda é o *meio* em que a onda se propaga.

Se deixarmos cair uma pedrinha sobre a superfície de um lago de água parada, a perturbação se propaga sobre a forma de uma onda circular.



Um pedaço de cortiça flutuando sobre a superfície da água não será transportado durante a passagem da onda, mas se movimentará para cima e para baixo. Isso significa que a onda lhe cedeu energia.



Uma onda transfere energia de um ponto a outro sem o transporte de matéria.

Natureza das ondas

Ondas mecânicas

Necessitam de um meio material para se propagarem. Ex: som, ondas numa corda, na superfície da água, etc. Daí decorre que:

As ondas mecânicas não se propagam no vácuo.

Ondas eletromagnéticas

São aquelas originadas por cargas elétricas oscilantes, como por exemplo, as produzidas na antena transmissora de uma estação de rádio ou TV. Não necessitam de um meio material para se propagarem.

As ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em certos materiais.

Tipos de ondas

Ondas transversais

São aquelas em que a direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração. São exemplos as ondas numa corda e as ondas eletromagnéticas.

Transversais – A direção do movimento vibratório é perpendicular à direção de propagação.



Ondas longitudinais

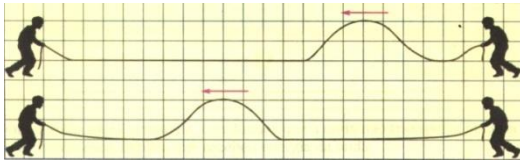
São aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. O som se propaga nos gases e nos líquidos através de ondas longitudinais.

Longitudinais – A direção do movimento vibratório coincide com a direção de propagação.



Propagação de um pulso em meios unidimensionais

Imagine que efetuemos uma perturbação na extremidade de uma corda e esta seja percorrida por um pulso.



A velocidade de propagação do pulso depende da *intensidade da força de tração* e da densidade do *meio*. A velocidade v de um pulso numa corda de comprimento l e massa m é dada por:

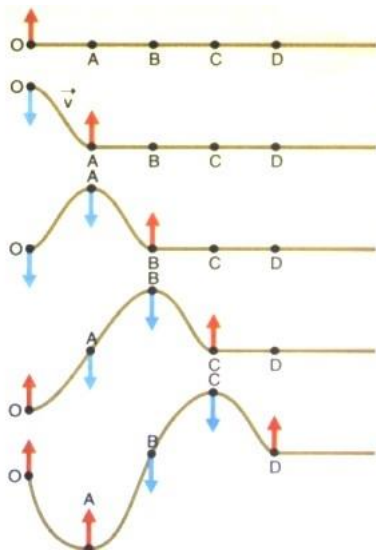
$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Onde:

T : intensidade da força que traciona a corda

$\mu = \frac{m}{l}$: densidade linear da corda

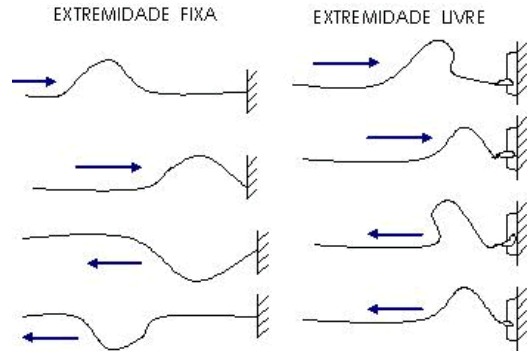
A energia que se propaga com o pulso é em parte cinética e em parte potencial elástica. À medida que o pulso se propaga, sua parte dianteira está se movimentando para cima e sua parte traseira para baixo.



Reflexão e refração de pulsos

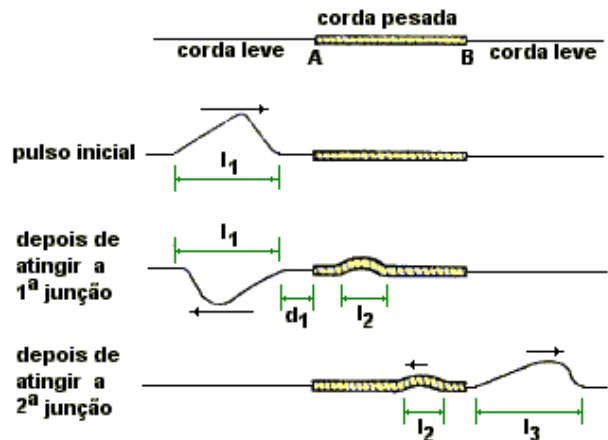
Quando um pulso atinge a extremidade de uma corda, verifica-se que ele retorna. Esse fenômeno é denominado *reflexão de um pulso* e

ocorre quer a extremidade da corda seja fixa ou livre.



Num extremo fixo ocorre reflexão com inversão de fase. Quando a reflexão ocorre num extremo livre, não há inversão de fase.

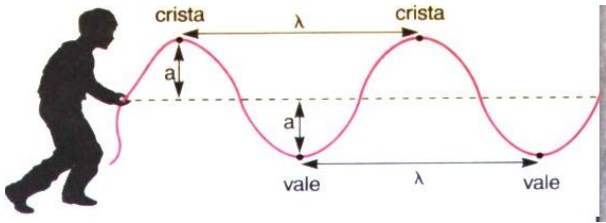
Considere agora, um sistema formado por três cordas, duas delas de pequena densidade linear e a outra de grande densidade linear. Quando o pulso atinge o ponto de junção das cordas, observa-se que ele se transmite de uma corda para outra (*refração do pulso*) e ao mesmo tempo um pulso refletido aparece na junção, movimentando-se em sentido oposto ao pulso incidente. O pulso refletido será invertido ou não, dependendo da densidade da segunda corda.



Ondas periódicas

Quando um pulso segue o outro em uma sucessão regular tem-se uma *onda periódica*. O formato das ondas individuais se repete em tempos iguais.

Um tipo simples e muito importante de onda periódica tem a forma de uma onda cossenoidal, podendo ser originado por uma fonte que realiza um movimento harmônico simples (MHS).



A amplitude do movimento está representada por "a" e o comprimento de onda por λ.

O comprimento de onda λ é igual à distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.

Portanto, o comprimento de onda λ é percorrido pela onda no período T. Lembrando que $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, a velocidade de propagação da onda pode ser escrita como:

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

Sendo a frequência $f = \frac{1}{T}$, temos:

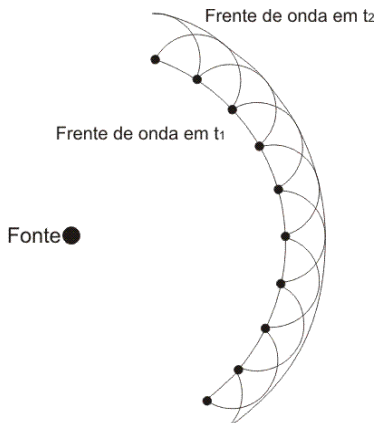
$$v = \lambda f$$

Vale lembrar que:

A frequência de uma onda é sempre igual à frequência da fonte que a emitiu.

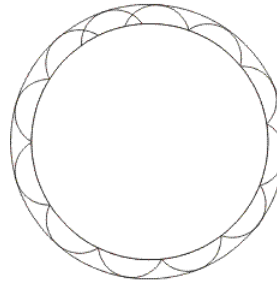
Frente de ondas - Princípio de Huygens

Para as ondas bi e tridimensionais define-se frente de onda como o conjunto de todos os pontos do meio que, em determinado instante, são atingidos pela onda que se propaga. A frente de onda separa a região perturbada da região ainda não perturbada (separadas por uma distância λ e um intervalo de tempo T).



O princípio de Huygens permite determinar a posição de uma frente de onda num instante t qualquer:

Cada ponto de uma frente de onda pode ser considerado uma nova frente de onda que se propaga com a mesma frequência da onda original.



Onda circular



Onda reta

Exercícios: Ondulatória - Conceitos Básicos

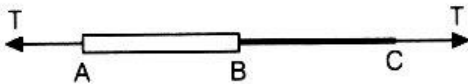
23) Qual dos seguintes tipos de onda não é onda eletromagnética?

- a) infravermelho
- b) radiação gama
- c) ondas luminosas
- d) ondas sonoras
- e) ondas de rádio

24) A velocidade de propagação de uma perturbação transversal numa corda de massa específica linear $0,010 \text{ kg/m}$, tracionada por uma força de 64 N , é, em m/s , de:

- a) 0,64
- b) 40
- c) 64
- d) 80
- e) 320

25) O esquema representa um fio de cobre sujeito à tensão T . No trecho AB, a seção do fio tem raio r , e no trecho BC, raio $r/2$. A velocidade de propagação de uma onda transversal no trecho AB é 200 m/s . No trecho BC a velocidade passa a ser:



- a) 50 m/s
- b) 100 m/s
- c) 200 m/s
- d) 400 m/s
- e) 800 m/s

26) Num teleférico é produzida uma trepidação que se propaga transversalmente com 55 m/s ao longo do cabo de aço que o suspende, Sabendo-se que o cabo tem comprimento de 400 m e massa de 2200 kg , a tração aplicada no cabo tem a ordem de grandeza, em N , igual a:

- a) 10^2
- b) 10^6
- c) 10^{10}
- d) 10^4
- e) 10^8

27) O som produzido por uma corda de violão depende do comprimento, da espessura e da tensão na corda. A frequência do som emitido pela corda:

- a) aumenta com o aumento da tensão e do comprimento.
- b) diminui com a diminuição da espessura.
- c) aumenta com a diminuição da espessura e do comprimento.
- d) diminui com o aumento do comprimento e da tensão.
- e) diminui com o aumento da espessura e da tensão.

28) O comprimento de uma onda de 120 Hz de

frequência, que se propaga com velocidade de 6 m/s vale, em metro:

- a) 0,05
- b) 0,2
- c) 0,5
- d) 0,02

29) Uma onda monocromática de frequência $2,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ propaga-se no vácuo onde sua velocidade é $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. O seu comprimento de onda em angstroms ($1 \text{ angstrom} = 10^{-10} \text{ m}$) é:

- a) $2,0 \cdot 10^2$
- b) $2,0 \cdot 10^4$
- c) $1,5 \cdot 10^2$
- d) $1,5 \cdot 10^4$
- e) $1,8 \cdot 10^4$

30) O Sol nos manda, entre outras radiações, luz vermelha, luz azul, calor, raios X, raios γ . Todas essas radiações têm em comum, no vácuo, a(o) mesma(o):

- a) velocidade de propagação.
- b) frequência.
- c) comprimento de onda.
- d) amplitude de onda.
- e) período de vibração.

31) As ondas de rádio e os raios X são dois exemplos de radiação eletromagnética. Se a frequência típica das ondas de rádio é 10^6 Hz e dos raios X é 10^{18} Hz , podemos afirmar que a razão entre os comprimentos de onda dos raios X e das ondas de rádio será da ordem de:

- a) 10^{-12}
- b) 10^{-6}
- c) 10^6
- d) 10^{12}
- e) 10^{24}

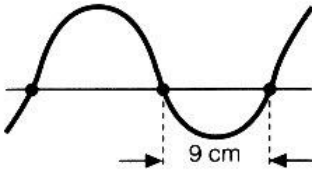
32) Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas afirmações abaixo.

I. O módulo da velocidade de propagação da luz no ar é..... que o da luz no vidro.

II. No vácuo, o comprimento de onda da luz é..... que o das ondas de rádio.

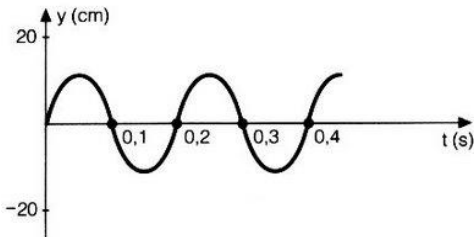
- a) maior - menor
- b) maior - maior
- c) menor - o mesmo
- d) o mesmo - menor
- e) o mesmo - maior

33) Uma onda se propaga ao longo de uma corda com frequência de 30 Hz, conforme a figura. Nessas condições podemos afirmar que sua velocidade e comprimento de onda são, respectivamente:



- a) 320 cm/s e 18 cm
- b) 540 cm/s e 18 cm
- c) 270 cm/s e 9 cm
- d) 90 cm/s e 3 cm
- e) 30 cm/s e 3 cm

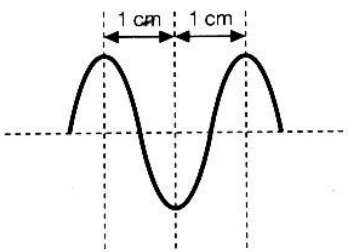
34) Uma onda produzida na superfície de um tanque de água, de 40 cm de comprimento de onda, faz com que uma pequena rolha sofra deslocamentos verticais, em relação ao nível da superfície. Conforme diagrama abaixo.



A velocidade da onda, em cm/s, é:

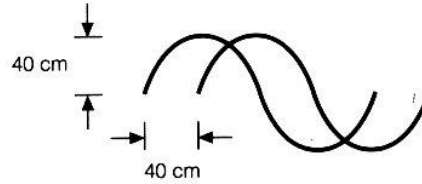
- a) 50
- b) 180
- c) 200
- d) 500
- e) 800

35) Esta figura representa uma onda senoidal propagando-se ao longo de uma corda, com velocidade igual a 0,2 m/s. Qual a frequência da onda em hertz?



- a) 0,1
- b) 1,0
- c) 10
- d) 20
- e) 50

Os testes 36 e 37 referem-se à figura abaixo, em que são mostrados dois instantâneos de uma onda progressiva numa corda, tomados com intervalos de tempo de 0,001 s.



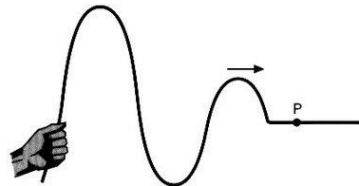
36) A velocidade de propagação da onda, em m/s, vale:

- a) $4,0 \cdot 10^2$
- b) $4,0 \cdot 10^{-1}$
- c) $4,0 \cdot 10^0$
- d) $4,0 \cdot 10^1$
- e) $4,0 \cdot 10^2$

37) A amplitude da onda, em cm, vale:

- a) $4,0 \cdot 10^{-2}$
- b) $4,0 \cdot 10^{-1}$
- c) $4,0 \cdot 10^0$
- d) $4,0 \cdot 10^1$
- e) $4,0 \cdot 10^2$

38) A figura mostra uma onda propagando-se para a direita em uma corda, com velocidade de 12,0 m/s. O ponto P, ao ser atingido pela onda, leva $3,0 \cdot 10^{-2}$ s para retornar pela primeira vez a posição inicial.



O comprimento de onda é:

- a) $2,5 \cdot 10^3$ m
- b) $2,0 \cdot 10^2$ m
- c) $3,6 \cdot 10^{-1}$ m
- d) $7,2 \cdot 10^{-1}$ m
- e) $4,0 \cdot 10^{-2}$ m

39) Numa corda vibrante homogênea, que executa pequenas oscilações livres e transversais, a mínima distância entre dois pontos que estão sempre em oposição de fase é de 0,2 m. Sendo de 400 Hz a frequência das oscilações, a velocidade de fase das ondas geradas na corda é de:

- a) 80 m/s
- b) 160 m/s
- c) 500 m/s
- d) 700 m/s
- e) 1000 m/s

40) Em um lago, o vento produz ondas periódicas que se propagam com velocidade de 2 m/s. O comprimento de onda é de 10 m. A frequência de oscilação de um barco, quando ancorado nesse lago, em Hz, é de:

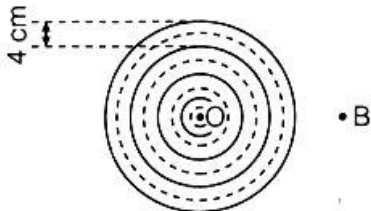
- a) 0,5
- b) 0,2
- c) 2
- d) 5
- e) 10

41) Um pescador, balançando o barco em que se encontra, produz ondas na superfície de um lago cuja profundidade é constante até a margem. Nessa situação, ele observa que:

1°) o barco executa 30 oscilações por minuto;
 2°) a cada oscilação aparece a crista de uma onda;
 3°) cada crista gasta 10 s para alcançar a margem.
 Considerando essas observações e sabendo que o barco se encontra a 18 m da margem, podemos afirmar que as ondas formadas no lago têm um comprimento de onda de:

- a) 1,8 m
- b) 0,28 m
- c) 0,9 m
- d) 3,6 m
- e) 0,56 m

42) A figura representa, esquematicamente, ondas produzidas na água por uma fonte de frequência 5 Hz localizada em O. As linhas cheias representam cristas e as tracejadas, vales.



No ponto B há uma pequena bóia localizada a 40 cm de O. O intervalo de tempo para que um pulso gerado em O atinja B é de:

- a) 10 s
- b) 8 s
- c) 4s
- d) 2 s
- e) 1 s

43) A equação de uma onda transversal é $y = 4 \cos 2\pi (t/0,2 - x/40)$ no SI. A sua velocidade de propagação é:

- a) 4 m/s
- b) 0,2 m/s
- c) 40 m/s
- d) 200 m/s
- e) 8π m/s

44) Uma onda plana é representada pela seguinte expressão: $E = 5 \cos (2\pi x - t)$. Os valores numéricos do seu comprimento de onda e período são, respectivamente:

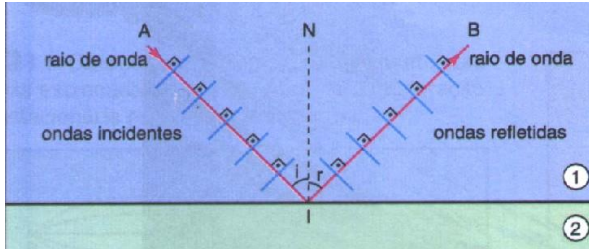
- a) 2π e 2π
- b) 5 e 2π
- c) 1 e 2π
- d) 1 e - 1
- e) 2π e -1

Gabarito

- 23. D
- 24. D
- 25. D
- 26. D
- 27. A
- 28. A
- 29. D
- 30. A
- 31. A
- 32. A
- 33. B
- 34. C
- 35. C
- 36. E
- 37. D
- 38. D
- 39. B
- 40. B
- 41. D
- 42. D
- 43. D
- 44. C

Reflexão de ondas

Para descrever uma onda sofrendo reflexão, utiliza-se uma reta perpendicular à frente de onda, denominada *raio de onda*.

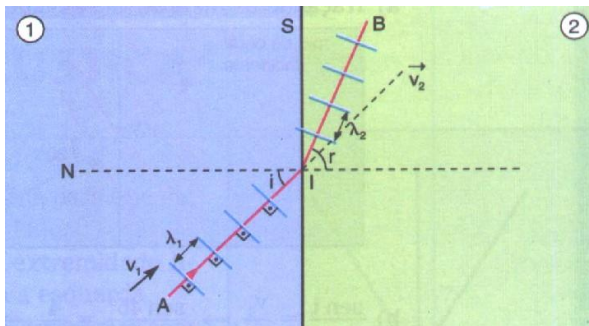


As leis da reflexão que utilizamos no caso da luz, são válidas para qualquer tipo de onda:

- o raio de onda refletido, a normal e o raio de onda incidente estão situados no mesmo plano.
- o ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência: $r = i$.

Refração das ondas

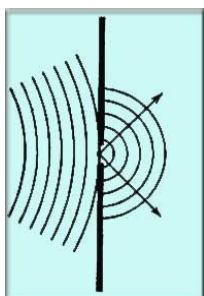
A lei de Snell-Descartes, que, como vimos na Óptica Geométrica, rege a refração das ondas luminosas, também é válida para as ondas:



$$n_1 \text{ sen } i = n_2 \text{ sen } r$$

Difração de ondas

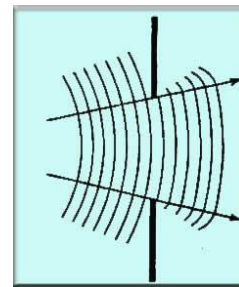
Imagine que as ondas na superfície da água incidam num obstáculo dotado de estreita abertura.



Constata-se que as ondas se espalham em todas as direções a partir da abertura. Esse fenômeno denomina-se difração.

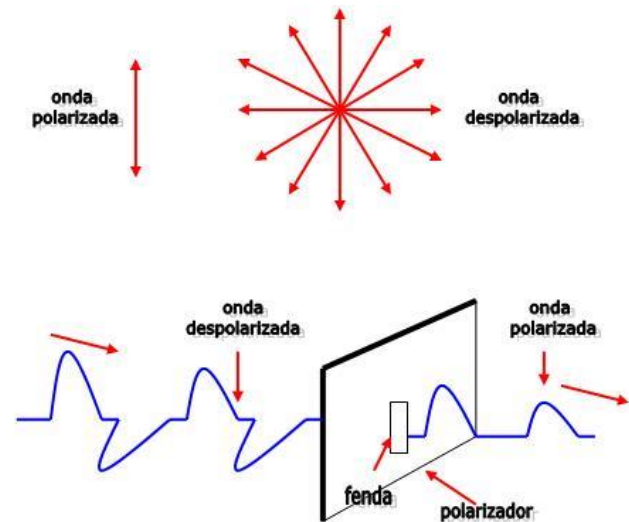
Difração corresponde à possibilidade de uma onda contornar um obstáculo.

O fenômeno somente será nítido quando as dimensões da abertura ou do obstáculo forem da ordem de grandeza do comprimento de onda da luz incidente. Na imagem abaixo, não ocorre refração.



Polarização de ondas

Movimentando-se a extremidade de uma corda para cima, para baixo e lateralmente, está irá oscilar em várias direções. Denomina-se esse tipo de onda de *onda não-polarizada*.



<http://www.colegioweb.com.br/fisica/polarizacao.html>
(Acessado em 21/01/2012)

Quando as oscilações de um meio estão em um mesmo plano, diz-se que a onda é *polarizada*. O aparelho utilizado para polarizar a onda é o *polarizador*.

Somente ondas transversais podem ser polarizadas. As ondas longitudinais não podem ser polarizadas.

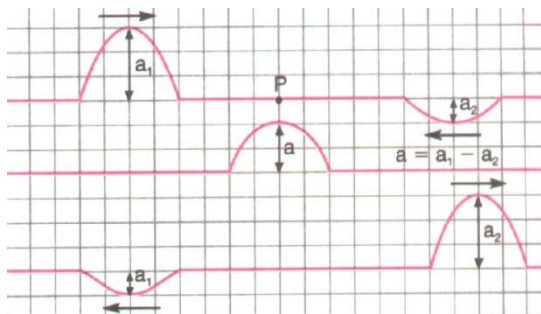
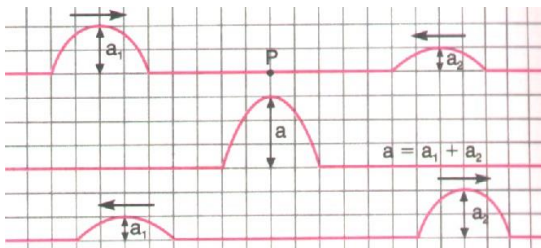
Interferência de ondas

Princípio da superposição

Imagine dois pulsos que se propagam em sentidos opostos em uma corda. Ao se encontrarem, eles dão origem ao fenômeno denominado *interferência*.

Interferência é o fenômeno resultante da superposição de duas ou mais ondas.

Após se cruzarem, as ondas continuam a ter a mesma forma e a se propagar como antes. Contudo, durante o intervalo de tempo em que as duas ondas estão superpostas, cada ponto do meio obedece ao princípio da superposição.



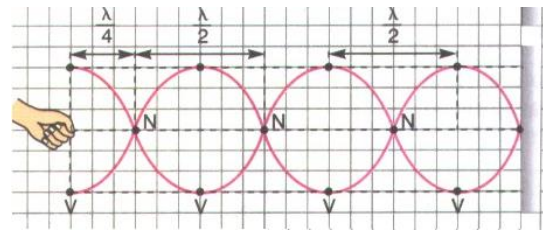
A perturbação da onda resultante durante a superposição é a adição das perturbações separadamente.

Interferência em uma dimensão - Onda estacionária

Seja dois pulsos que possuem a mesma frequência f , o mesmo comprimento de onda λ , e a mesma amplitude a , mas se propagam em sentidos opostos numa corda fixa em uma extremidade e com uma fonte de mesma frequência f na outra.



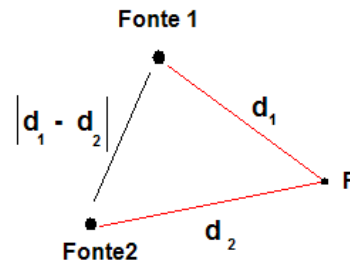
A superposição das ondas incidentes e refletidas dá origem a uma figura de interferência denominada onda estacionária.



- a distância entre um ventre V e um nó N consecutivo vale $\frac{\lambda}{4}$
- a distância entre ventres consecutivos ou entre nós consecutivos vale $\frac{\lambda}{2}$
- a interferência que determina a formação de um ventre é denominada *interferência construtiva*
- a interferência que determina a formação de um nó é denominada *interferência destrutiva*

Interferência em duas dimensões

Considere duas fontes coerentes (mesma frequência, mesma amplitude e oscilando em fase) originando ondas periódicas que atingem um determinado ponto P .



Adotando a distância entre os pontos como um múltiplo inteiro N de meio comprimento de onda, tem-se que:

$$|d_1 - d_2| = N \frac{\lambda}{2}$$

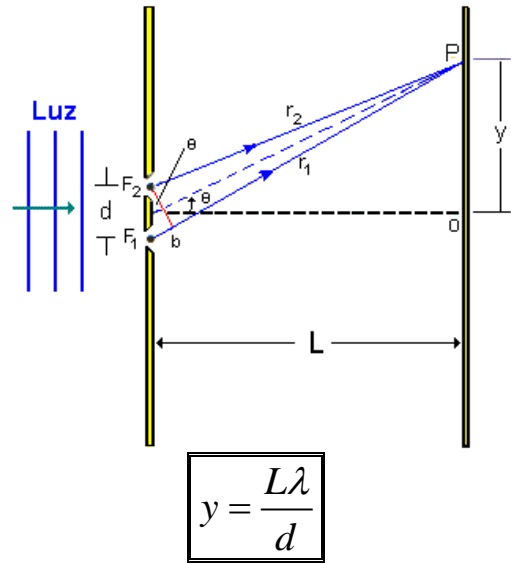
- se (N for número par) ocorre *interferência construtiva*
- se (N for número ímpar) ocorre *interferência destrutiva*

Caso as fontes sejam *não-coerentes* (mesma frequência, mesma amplitude, mas em oposição de fase) teremos:

- se (N for número ímpar) ocorre *interferência construtiva*
- se (N for número par) ocorre *interferência destrutiva*

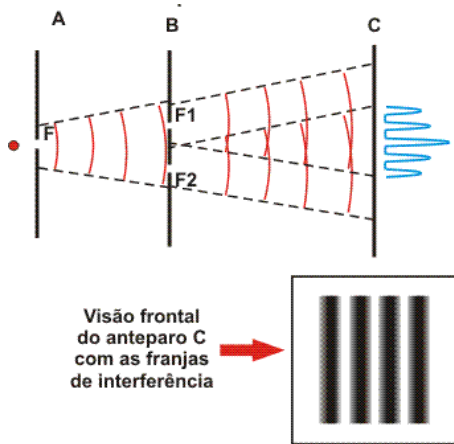


Figura mostrando a interferência entre duas ondas produzidas na superfície da água



Interferômetro de Young

A figura abaixo mostra o esquema da montagem com a qual Young obteve um padrão de interferência com a luz.



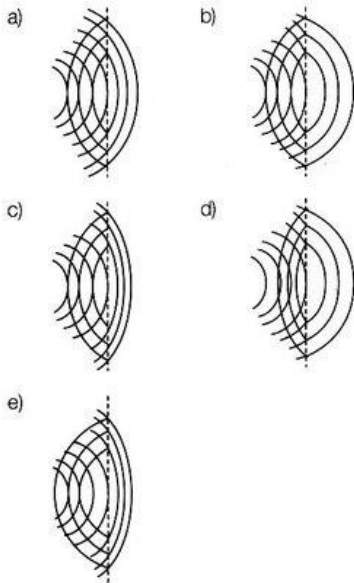
Através desta experiência, Young mediu o comprimento de onda λ das principais cores do espectro solar.

A luz produzida por uma fonte atravessa a fenda F do anteparo A e depois, ao atravessar as fendas F_1 e F_2 do anteparo B, se comporta como se houvesse duas novas fontes coerentes à original. As regiões claras são onde ocorrem interferências construtivas e as regiões escuras onde ocorrem interferências destrutivas.

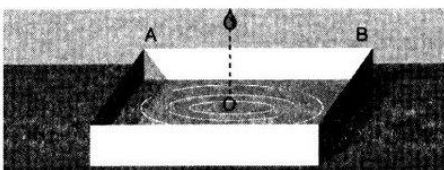
A distância y entre duas interferências consecutivas (construtivas ou destrutivas) no anteparo C pode ser obtida utilizando a relação abaixo:

Exercícios: ondulatória

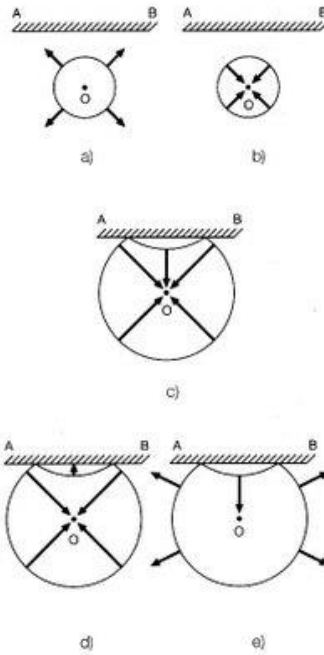
45) Uma fonte pontual produz ondas circulares na superfície de um líquido em uma cuba de ondas. As frentes de onda, ao se propagarem, encontram uma descontinuidade na profundidade do líquido, passando de uma região mais profunda para outra mais rasa, onde a velocidade de propagação é menor do que na primeira. Qual das opções abaixo ilustra corretamente o que se observa em consequência da reflexão e da refração das frentes de onda incidentes na descontinuidade (linha tracejada nas opções)?



46) Uma gota cai no ponto O da superfície da água contida em um tanque. O ponto O dista 2,0 cm da parede AB, estando muito mais distante das outras. A queda da gota produz uma onda circular que se propaga com velocidade de 20 cm/s.



Qual das figuras propostas representa a onda observada na superfície 0,15 s depois da queda da gota? (As setas representam os sentidos de propagação em cada caso.)



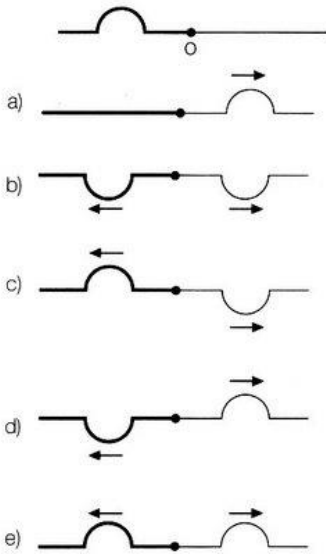
47) Quando uma radiação passa de um meio para o outro:

- I. sua frequência varia e seu comprimento de onda permanece constante.
- II. sua velocidade varia e sua frequência permanece constante.
- III. a velocidade varia e o comprimento de onda permanece constante.
- IV. a frequência, a velocidade e o comprimento de onda permanecem constantes.
- V. a frequência, a velocidade e o comprimento de onda variam.

É verdadeira a afirmação de número:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV
- e) V

48) Um pulso se propaga em uma corda composta, tensa, conforme a figura. O pulso vai da região da corda de maior para a de menor densidade linear. Após o pulso passar pela junção O, o diagrama que mostra a correta configuração do pulso (ou dos pulsos) é:



49) A tabela mostra os índices de refração (n) de algumas substâncias em relação ao ar, para a luz de vários comprimentos de onda (λ).

λ (Å)	índices de refração (n)		
	quartzo fundido	vidro crown	vidro flint
6 563	1,4564	1,5204	1,5721
5 892	1,4585	1,5230	1,5760
4 861	1,4632	1,5293	1,5861
4 340	1,4669	1,5344	1,5944

Faz-se um feixe de luz de um determinado comprimento de onda (por exemplo, $5\,892 \cdot 10^{-10}$ m) proveniente do ar penetrar em cada uma das três substâncias. A partir dessa situação e dos dados da tabela, pode-se inferir que:

- a) o índice de refração não depende da substância.
- b) a velocidade de propagação dessa luz no quartzo fundido é maior do que no vidro crown.
- c) a velocidade de propagação dessa luz no vidro flint e no vidro crown é a mesma.
- d) a frequência dessa luz no quartzo fundido é maior do que no vidro flint.
- e) a frequência aumenta quando essa luz penetra no vidro crown,

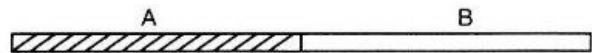
50) Um feixe de luz cujo comprimento de onda é $6,0 \cdot 10^{-7}$ m e cuja frequência é $5,0 \cdot 10^{14}$ Hz passa do vácuo para um bloco de vidro cujo índice de refração é 1,50. Quais são os valores, no vidro, da velocidade, da frequência e do comprimento de onda da luz do feixe?

	velocidade	frequência	comprimento de onda
a)	$3,0 \cdot 10^8$ m/s	$7,5 \cdot 10^{14}$ Hz	$4,0 \cdot 10^{-7}$ m
b)	$2,0 \cdot 10^8$ m/s	$5,0 \cdot 10^{14}$ Hz	$4,0 \cdot 10^{-7}$ m
c)	$2,0 \cdot 10^8$ m/s	$5,0 \cdot 10^{14}$ Hz	$6,0 \cdot 10^{-7}$ m
d)	$3,0 \cdot 10^8$ m/s	$5,0 \cdot 10^{14}$ Hz	$4,0 \cdot 10^{-7}$ m
e)	$2,0 \cdot 10^8$ m/s	$7,5 \cdot 10^{14}$ Hz	$6,0 \cdot 10^{-7}$ m

51) Um raio de luz parte de um meio A, cujo índice de refração é $n_A = 1,80$, para um meio B, cujo índice de refração é $n_B = 1,44$. Qual o valor da relação v_A/v_B entre as velocidades da luz nos dois meios?

- a) 0,56
- b) 0,80
- c) 1,00
- d) 1,25
- e) 2,16

52) Uma corda vibrante é constituída por duas partes (A e B) homogêneas e de materiais distintos. Se o comprimento de onda das ondas em A é de 15 cm e se a razão entre as velocidades das ondas em A e B é 1,5, então o comprimento de onda das ondas na parte B é de:

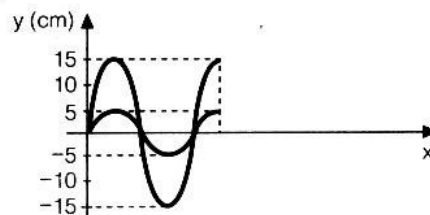


- a) 0,10 cm
- b) 15 cm
- c) 22,5 cm
- d) 10 cm
- e) 16,5 cm

53) A propriedade que uma onda possui de contornar um obstáculo ao ser parcialmente interrompida por ele é conhecida por:

- a) reflexão.
- b) refração.
- c) difração.
- d) polarização.
- e) interferência.

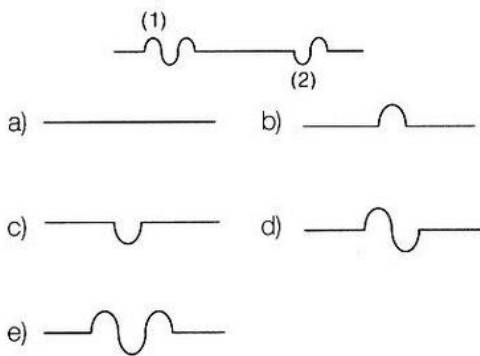
54) A figura representa duas ondas transversais se propagando simultaneamente. A superposição dessas ondas resulta numa onda cuja amplitude, em centímetros, é de:



- a) zero
- b) 5
- c) 10

- d) 15
e) 20

55) Duas ondas de mesma amplitude se propagam numa corda uniforme, em sentidos contrários, conforme a ilustração. No instante em que o pulso (1) ficar superposto ao pulso (2), a forma da corda será:



56) Um feixe paralelo de raios luminosos atravessa um pequeno orifício em um anteparo e, após, incide sobre outro anteparo colocado mais adiante, iluminando uma região de dimensões maiores do que as do orifício. A denominação mais apropriada para esse fenômeno é:

- a) reflexão
b) refração
c) interferência
d) difração
e) difusão

“Em geral, sempre que um corpo capaz de oscilar está sujeito a uma série periódica de impulsos, tendo uma frequência igual a uma das frequências naturais de oscilação do corpo, este entra em vibração com uma amplitude relativamente grande. Este fenômeno é chamado ressonância.

O empurrar de um balanço constitui um exemplo de ressonância mecânica. O balanço é um pêndulo com uma única frequência natural que depende de seu comprimento. Se a ele aplicamos uma série de empurrões regularmente espaçados, com uma frequência igual à frequência do balanço, a amplitude das oscilações pode tornar-se bem grande. Se a frequência dos empurrões difere da frequência natural do balanço, ou se os empurrões são aplicados em intervalos irregulares, dificilmente ele oscila.

Ao contrário de um pêndulo simples, que só possui uma frequência natural, uma corda esticada e presa nas extremidades possui grande número de frequências naturais.

A sintonização de um rádio constitui um exemplo de ressonância elétrica. Quando giramos o sintonizador, a frequência de uma corrente alternada no receptor se torna igual à das ondas emitidas pela estação que desejamos. É possível, também, haver uma ressonância óptica entre os átomos de um gás a baixa pressão e as ondas

luminosas emitidas por uma lâmpada que os contém: assim, a luz de um lâmpada de sódio pode fazer vibrar os átomos de sódio numa ampola de vidro, emitindo a luz amarela característica do elemento.”

Com base no texto dado, responda os testes de 57 a 60 de acordo com o seguinte código:

- a) Só a proposição I está de acordo com o texto,
b) Só a proposição II está de acordo com o texto.
c) Só a proposição III está de acordo com o texto.
d) Nenhuma das proposições está de acordo com o texto.
e) As alternativas anteriores são inadequadas.

57) I. O conceito de ressonância diz respeito a fenômenos acústicos somente,
II. Na ressonância, há sempre um reforço na frequência,
III. Os balanços só se movem por ressonância.

58) I. Um balanço só oscila quando se aplicam empurrões periódicos, de período arbitrário.
II. Os balanços são comparáveis a pêndulos porque oscilam com amplitude constante.
III. É possível variar a frequência de um balanço, quando se modifica o seu comprimento.

59) I. É possível explicar grande número de fenômenos por meio da ressonância.
II. Quando sintonizamos uma estação de rádio, estamos reforçando a amplitude do sinal que dela é recebido.
III. Pode-se, em alguns casos, explicar a emissão de luz, por meio da ressonância.

60) I. Há sistemas vibrantes que podem ressoar para diferentes frequências.
II. Os corpos que vibram, em geral, o fazem para qualquer frequência.
III. O fenômeno de ressonância é aplicável a diferentes campos da Física.

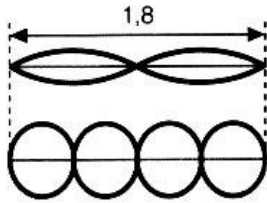
61) Uma corda de 25 cm de comprimento, fixa nas extremidades P e Q, vibra na configuração estacionária representada na figura. Sabendo-se que a frequência de vibração é de 1000 Hz, a velocidade de propagação das ondas ao longo da corda vale:



- a) 125 m/s
b) 250 m/s
c) 400 m/s
d) 500 m/s
e) 4000 m/s

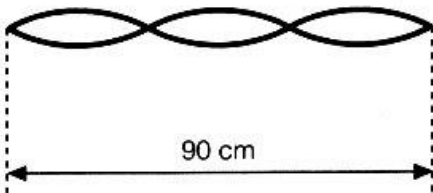
62) A figura mostra duas cordas idênticas, de comprimento 1,8 m e submetidas à mesma força de

tração. A razão (quociente) entre o comprimento de onda estabelecido na segunda corda e o comprimento de onda produzido na primeira é:



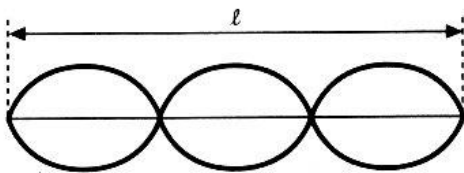
- a) 0,4
- b) 0,5
- c) 0,25
- d) 2,5
- e) 4

63) A figura representa uma configuração de onda estacionária numa corda de 90 cm, fixa em ambas as extremidades. O comprimento de onda dessa corda, em cm, é de:



- a) 15
- b) 30
- c) 45
- d) 60
- e) 90

64) Uma corda de comprimento igual a 90 cm vibra no estado estacionado conforme a figura. Sabendo-se que a velocidade de propagação nessa corda vale 18 m/s, a frequência da fonte que produziu o fenômeno, em hertz, é igual a:



- a) 10
- b) 20
- c) 30
- d) 40
- e) 60

65) Uma corda tem 2,00 metros de comprimento e está esticada pelos seus extremos fixos. Estabelece-se uma onda estacionária na corda, com a formação de sete regiões ventrais. O comprimento de onda da onda progressiva que corresponde a essa estacionária é, em centímetros, mais próximo de:

- a) 89,0
- b) 57,1
- c) 44,5
- d) 28,5
- e) 15,0

66) Uma onda transversal é aplicada sobre um fio preso pelas extremidades, usando-se um vibrador cuja frequência é de 50 Hz. A distância média entre os pontos que praticamente não se movem é de 47 cm. Então a velocidade das ondas neste fio é de:

- a) 47 m/s
- b) 23,5 m/s
- c) 0,94 m/s
- d) 1,1 m/s
- e) outro valor.

Gabarito

- 45. C
- 46. E
- 47. B
- 48. E
- 49. B
- 50. B
- 51. B
- 52. D
- 53. C
- 54. E
- 55. B
- 56. D
- 57. D
- 58. C
- 59. E
- 60. E
- 61. B
- 62. A
- 63. D
- 64. C
- 65. B
- 66. A

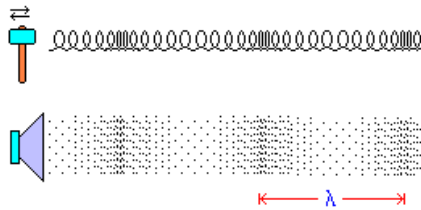
Acústica

É a parte da Física que estuda o som e suas propriedades.

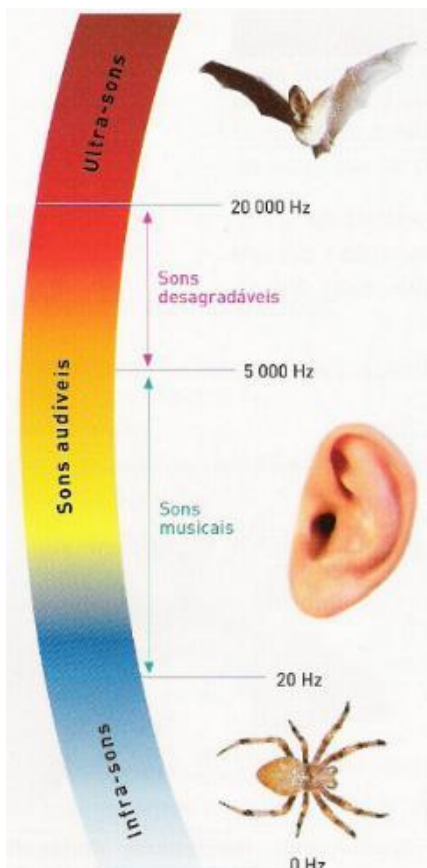
Ondas sonoras

As ondas longitudinais de pressão, que se propagam no ar ou em outros meios, são denominadas ondas sonoras.

Esse tipo de onda ocorre de várias maneiras: ao se comprimir e expandir periodicamente um tubo de ar; quando uma corda de violão vibra ou quando um diafragma do alto-falante se movimenta para frente e para trás. As moléculas do meio originam regiões de baixa e alta pressão, criando-se sucessivas camadas de compressão e rarefação.



Um ouvido normal é excitado por ondas sonoras de frequências entre 20 Hz e 20000 Hz.



<http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/Audicao.htm>

A velocidade das ondas sonoras depende da *densidade* do meio e da *temperatura*.

Ar a 0 ° C	331 m/s
Ar a 15 ° C	340 m/s
Água do mar	1.435 m/s
Cobre	3.560 m/s
Ferro	4.480 m/s
Aço	5.941 m/s
Granito	6.000 m/s

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-poluicao-sonora/poluicao-sonora-18.php>

A velocidade v , o comprimento de onda λ e a frequência f de uma onda sonora relacionam-se por:

$$v = \lambda f$$

As ondas sonoras apresentam as mesmas propriedades dos demais tipos de ondas: reflexão, refração, difração e interferência. Elas só não podem ser polarizadas porque são ondas longitudinais.

Qualidades do som

O ouvido humano distingue no som certas características, denominadas qualidades, e que são: altura, intensidade e timbre.

Altura

É a qualidade que permite ao ouvido diferenciar sons graves (baixa frequência) de sons agudos (alta frequência). A altura depende apenas da frequência do som.

Denomina-se intervalo entre dois sons de frequência f_1 e f_2 , a relação:

$$i = \frac{f_2}{f_1} \quad \text{com} \quad f_2 \geq f_1$$

Se o intervalo entre dois sons é um número inteiro, o som de frequência mais alta é denominado *harmônico* do som de frequência mais baixa, sendo este denominado *som fundamental*.

Intensidade

É a qualidade que nos permiti diferenciar os sons fortes dos sons fracos. A intensidade I de uma onda é o quociente entre a energia ΔE que atravessa uma superfície perpendicular à direção de propagação e a área A da superfície na unidade de tempo:

$$I = \frac{\Delta E}{A\Delta t}$$

Considerando I_0 a menor intensidade física do som audível (10^{-12} W/m^2) e I a intensidade física do som que se quer medir, defini-se intensidade auditiva ou nível sonoro β a seguinte relação:

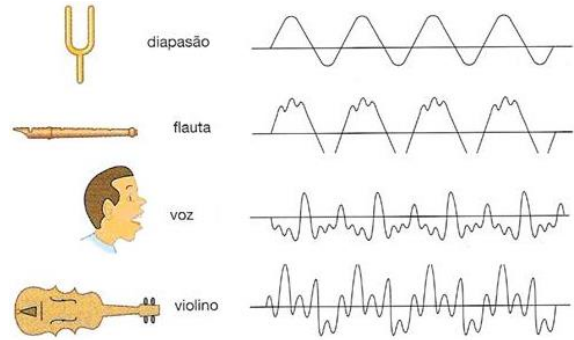
$$\beta = \log \frac{I}{I_0}$$

Onde β é medida em bel (símbolo B). Na prática geralmente medimos β em decibel (dB).



Timbre

É a qualidade que permiti ao ouvido humano diferenciar sons de mesma altura e intensidade, emitidos por fontes diferentes. Uma nota produz sensações diferentes quando emitida por um violino e por um piano. Isso se deve ao formato da onda emitida.

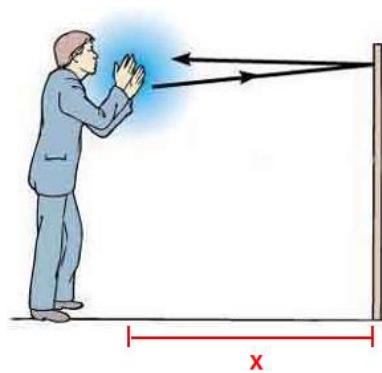


Eco

Ocorre o eco quando o som refletido é recebido pelo ouvido depois que o som direto já se extinguiu. Assim, o ouvinte percebe dois sons distintos. Para que isso aconteça, o intervalo de tempo entre a percepção dos dois sons deve ser maior que 0,1s (limite humano).

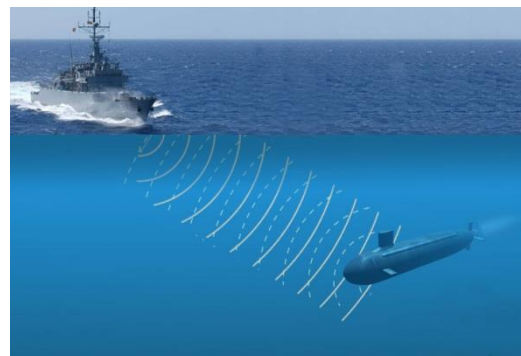
Denomina-se eco o fenômeno em que se ouve nitidamente um som refletido por obstáculos, uma ou mais vezes sucessivas.

Sendo x a distância da fonte até o obstáculo, podemos calcular a distância mínima para que ocorra o eco. Como $\Delta s = v\Delta t$, e $\Delta s = 2x$ (ida e volta), a distância x mínima será:



$$2x = 340 \cdot 0,1 \Rightarrow x = 17m$$

Sonar



O Sonar é instrumento fundamental da guerra anti-submarino. Ele é um dispositivo criado para detectar e localizar objetos submersos na água por meio das ondas sonoras que os alvos refletem ou produzem.

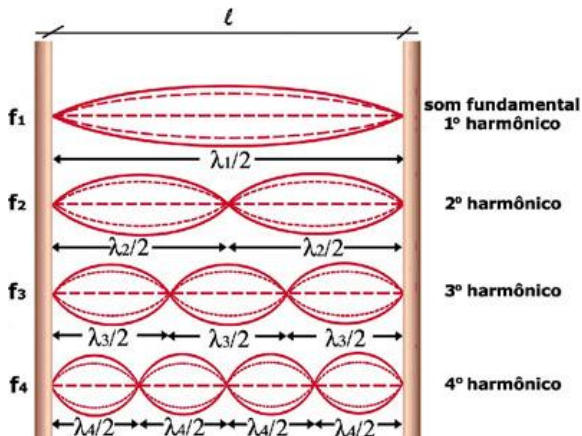
O sonar ativo funciona basicamente como o radar, só que usa pulsos sonoros no lugar das ondas de rádio. As ondas de rádio não se propagam sob a água, além de poucos metros.

O pulso do sonar é emitido e ao encontrar um obstáculo, retorna ao emissor. Medindo-se o tempo que o "ping" levou para ir e voltar, tem-se como calcular a distância do objeto ecoado com "relativa" precisão. A precisão é "relativa" porque os pulsos do sonar sofrem diversos tipos de atenuação causados pela temperatura, salinidade e pressão da água, que mudam de acordo com as estações do ano, posições geográficas e condições atmosféricas.

<http://www.naval.com.br/blog/destaque/7-como-funciona-o-sonar/um-pouco-sobre-sonar-parte-1/#axzz1k66LsZsn> (Acessado em 21/01/2012)

Cordas vibrantes

Considere uma corda de comprimento l fixa nas extremidades onde se provoca ondas transversais. A propagação e reflexão dessas ondas determinam a formação de ondas estacionárias, com nós nas extremidades, originando ondas sonoras.



A condição de formação de nós em cada extremidade restringe, portanto, os possíveis comprimentos de onda das ondas estacionárias a:

$$\lambda_n = \frac{2l}{n} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

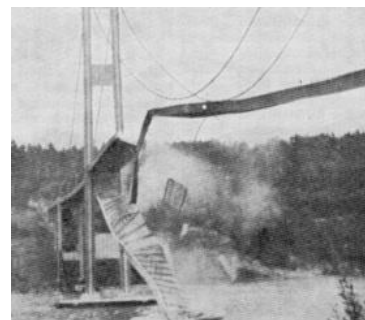
As frequências são dadas por:

$$f_n = n \frac{v}{2l}$$

Ressonância

Quando a frequência de oscilação de uma fonte coincide com a frequência natural de oscilação de um corpo na sua vizinhança, a amplitude de oscilação deste atinge valores elevados, pois a fonte cede energia progressivamente ao corpo. Esse fenômeno é denominado *ressonância*.

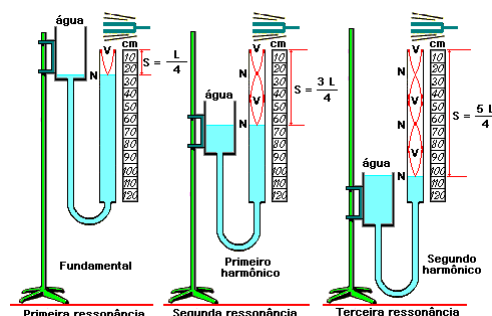
Um caso muito famoso deste fenômeno foi o rompimento da ponte Tacoma Narrows, nos Estados Unidos, em 7 de novembro de 1940. Em um determinado momento o vento começou soprar com frequência igual à natural de oscilação da ponte, fazendo com que esta começasse a aumentar a amplitude de suas vibrações até que sua estrutura não pudesse mais suportar, fazendo com que ela rompesse. Por isto, atualmente é feita uma análise profunda de todas as possíveis características que possam requerer uma alteração em uma construção civil.



Colunas de ar vibrante – Tubos sonoros

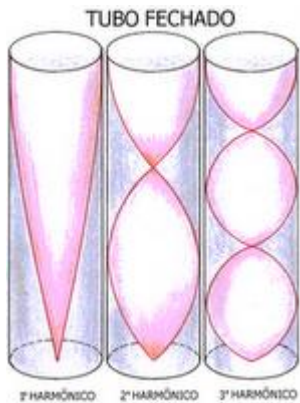
Tubo fechado

Considere um diapasão vibrando sobre a extremidade aberta de um tubo de vidro parcialmente preenchido com água. Ajustando o nível da água, verifica-se que em determinadas posições a coluna de ar no tubo entra em ressonância com o som emitido pelo diapasão.



As ondas emitidas pelo diapasão interferem com as ondas refletidas na superfície da água, originando ondas estacionárias.

O tubo terá um *nó* na extremidade *fechada* e um *ventre* na extremidade *aberta*.



Essas condições estão restritas aos possíveis comprimentos de onda:

$$\lambda_i = \frac{4l}{i} \quad i = 1, 3, 5, 7, \dots$$

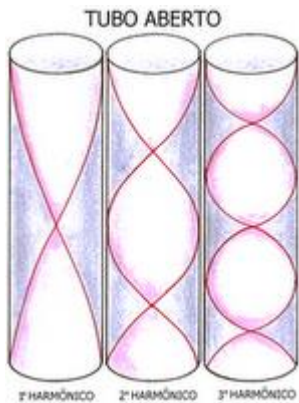
A frequência de harmônicos será:

$$f_i = i \frac{v}{4l} \quad i = 1, 3, 5, 7, \dots$$

Os tubos sonoros funcionam de modo idêntico a coluna de ar vibrando em tubos fechados.

Tubos abertos

Têm a extremidade oposta à embocadura aberta e as ondas estacionárias apresentam ventres em ambas as extremidades.



Os possíveis comprimentos de ondas são dados por:

$$\lambda_n = \frac{2l}{n} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Para um harmônico qualquer de ordem n , a frequência será dada por:

$$f_n = n \frac{v}{2l} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Efeito Doppler

Considere um observador parado numa estação quando um trem passa apitando. A altura sonora (frequência) do apito é maior quando o trem se aproxima e menor quando o trem se afasta. Esse fenômeno é denominado efeito Doppler.



De um modo geral, podemos concluir a seguinte relação entre a frequência aparente f' do som que atinge o observador e a frequência natural f do som emitido pela fonte:

$$f' = f \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_f} \right)$$

Onde:

- v é a velocidade do som
- v_f é a velocidade da fonte
- v_o é a velocidade do observador

O sinal que precede v_f ou v_o é definido em relação a um eixo orientado do observador para a fonte:



De acordo com a figura, quando o observador se aproxima da fonte o sinal de v_o é positivo e se a fonte aproxima-se do observador v_f é negativo. Caso contrário, os sinais se invertem.

Exercícios: Ondas Sonoras

67) Assinale a afirmação correta.

- a) Ondas sonoras são ondas transversais.
- b) A relação entre a velocidade de propagação de ondas, o comprimento de onda e a sua frequência é $v = \lambda \cdot f$.
- c) Ondas sonoras se propagam no vácuo com a velocidade da luz.
- d) A luz tem natureza ondulatória e se propaga em todos os meios com a mesma velocidade de 300.000 km/s.
- e) Todas as alternativas anteriores são incorretas.

68) Assinale a afirmação verdadeira.

- a) O som não se propaga no vácuo, porque ele corresponde a uma onda transversal.
- b) Tanto o som como a luz se propagam no vácuo, pois ambos correspondem a ondas longitudinais.
- c) A luz necessita de um meio material que se propague.
- d) A luz se propaga no vácuo ao contrário do som que necessita de um meio material para a sua propagação.
- e) n. r. a.

69) As ondas sonoras não podem ser polarizadas. As ondas que não sofrem polarização devem ser obrigatoriamente ondas:

- a) elásticas.
- b) longitudinais.
- c) transversais.
- d) de rádio,
- e) de TV.

70) Uma fonte emite onda sonora de frequência 500 Hz, próxima à superfície de um lago, e sofre refração na água. Determine o seu comprimento de onda no ar e na água, admitindo que as velocidades no ar e na água sejam, respectivamente, 330 m/s e 1500 m/s.

- a) 0,26 m e 2,00 m
- b) 0,40 m e 4,00 m
- c) 0,33 m e 8,00 m
- d) 0,66 m e 3,00 m
- e) n. r. a.

71) Em relação às ondas sonoras, é correto afirmar que:

- a) propagam-se em qualquer meio.
- b) são ondas longitudinais.
- c) não podem contornar obstáculos.
- d) a altura sonora é igual para todas as ondas,
- e) o timbre é igual quando duas pessoas falam a mesma palavra.

72) Na tabela seguinte, qual dos itens expressa corretamente características de uma onda sonora?

	natureza da oscilação	meio de propagação	velocidade no ar (aproximada)
a)	transversal	qualquer, inclusive vácuo	300.000 km/s
b)	longitudinal	qualquer meio material	340 m/s
c)	transversal	líquidos	340 m/s
d)	longitudinal	vácuo	300.000 km/s
e)	mista	líquidos	300.000 km/s

73) Pesquisadores da UNESP, investigando os possíveis efeitos do som no desenvolvimento de mudas de feijão, verificaram que sons agudos podem prejudicar o crescimento dessas plantas, enquanto os sons mais graves, aparentemente, não interferem no processo. (Ciência e Cultura 42 (7), supl.: 180-1, julho 1990.) Nesse experimento o interesse dos pesquisadores fixou-se principalmente na variável física:

- a) velocidade.
- b) umidade.
- c) temperatura.
- d) frequência.
- e) intensidade.

74) Quais as características das ondas sonoras que determinam, respectivamente, as sensações de altura e intensidade (nível sonoro) do som?

- a) Frequência e amplitude.
- b) Frequência e comprimento de onda.
- c) Comprimento de onda e frequência.
- d) Amplitude e comprimento de onda.
- e) Amplitude e frequência.

75) Julgue as afirmações abaixo.

I. Um som grave é um som de baixa frequência.

II. O som propaga-se mais rapidamente no ar que nos sólidos.

III. O som é uma forma de energia que se propaga por meio de ondas transversais.

IV. O intervalo acústico entre dois sons é a diferença entre as suas frequências.

São erradas:

- a) todas as afirmações.
- b) I e IV.
- c) somente I.
- d) II e III.
- e) II, III e IV.

76) Uma onda sonora é produzida por uma fonte que produz 200 vibrações por segundo. O período dessa onda, em segundos, será:

- a) 1/200
- b) 1/100
- c) zero
- d) 100
- e) 200

77) Uma fonte emite ondas sonoras de 200 Hz. A uma distância de 3400 m da fonte, está instalado um aparelho que registra a chegada das ondas através do ar e as remete de volta através de um fio metálico retilíneo. O comprimento dessas ondas no fio é 17 m. Qual o tempo de ida e volta das ondas? Dado: velocidade do som no ar = 340 m/s.

- a) 11 s
- b) 17 s
- c) 22 s
- d) 34 s
- e) 200 s

78) Um observador se encontra num balão sobre uma planície. Num momento de calmaria, o observador emite um som cujo eco ele ouve após 2 segundos. A velocidade do som no ar vale 330 m/s. A altura em que se encontra o balão é, em metros, igual a:

- a) 1220
- b) 660
- c) 330
- d) 115
- e) 37,5

79) O eco é um fenômeno causado pela:

- a) interferência entre duas fontes sonoras.
- b) refração do som no ar quente.
- c) reflexão do som num anteparo.
- d) difração do som ao contornar obstáculos.
- e) diminuição da frequência durante a propagação.

80) Uma pessoa, 680 metros distante de um obstáculo refletor, dá um grito e ouve o eco de sua voz. A velocidade do som no ar é de 340 m/s. O tempo gasto entre a emissão do som e o momento em que a pessoa ouve o eco, em segundos, é igual a:

- a) um valor que não pode ser calculado com os dados fornecidos.
- b) 1
- c) 2
- d) 4
- e) 8

81) Um aparelho de som está ligado no volume máximo. Costuma-se dizer que o "som está alto". Fisicamente, essa afirmação está:

- a) correta, porque som alto significa som de grande timbre.
- b) correta, porque som alto é um som de pequena amplitude.
- c) correta, porque som alto significa som de grande intensidade.
- d) incorreta, porque som alto é um som fraco.
- e) incorreta, porque som alto significa som de grande frequência.

82) Uma mesma nota musical emitida por um piano e por um violino não é igual. Pode-se distinguir se a nota foi emitida pelo piano ou pelo violino:

- a) pela frequência da nota.
- b) pela velocidade da propagação da onda sonora.
- c) pela amplitude de vibração da onda sonora.
- d) pela intensidade sonora.
- e) pelo timbre sonoro.

83) As qualidades fisiológicas do som são: altura, intensidade e timbre.

I. A altura é a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco de mesma frequência.

II. Intensidade é a qualidade que permite distinguir um som agudo de um som grave.

III. Timbre é a qualidade que permite distinguir dois sons de mesma altura emitidos por fontes diferentes.

- a) Somente I é correta.
- b) Somente II é correta.
- c) Todas estão corretas.
- d) I e II estão corretas.
- e) Somente III é correta.

84) Som mais agudo é som de:

- a) maior intensidade.
- b) menor intensidade.
- c) menor frequência.
- d) maior frequência.
- e) maior velocidade de propagação.

85) Uma corda de 0,5 m de comprimento e densidade linear 10^{-5} kg/m tem suas extremidades fixas. Ela emite o som fundamental quando submetida a uma força de tração de 10 N. A frequência do som fundamental é:

- a) 100 Hz
- b) 200 Hz
- c) 500 Hz
- d) 1000 Hz
- e) 2000 Hz

86) Um ponto localizado na corda de uma guitarra está vibrando com uma frequência de 400 Hz e amplitude de 1 mm. A velocidade máxima do ponto é :

- a) 0,80 m/s
- b) 8,00 m/s
- c) 2,51 m/s
- d) 5,02 m/s
- e) 25,1 m/s

87) A terceira corda de náilon de um violão é retirada e substituída por uma de aço, que tem $\sqrt{2}$ vezes a sua densidade linear. Para que a frequência fundamental permaneça a mesma de antes, é necessário que a tração seja multiplicada por:

- a) $2\sqrt{2}/2$
- b) 2
- c) $2\sqrt{2}$
- d) $\sqrt{2}/2$
- e) $\sqrt{2}$

88) Uma corda vibrante homogênea, de comprimento 1,6 m e massa 40 g, emite o som fundamental quando está submetida a uma tração de 160 N. A frequência do 3º harmônico desse som fundamental é:

- a) 200 Hz
- b) 150 Hz
- c) 125 Hz
- d) 100 Hz
- e) 75 Hz

89) Uma corda, fixa nos dois extremos, possui massa igual a 20 g e densidade linear de $4 \cdot 10^{-2}$ kg/m. Sabendo-se que vibra em ressonância com um diapasão que oscila na frequência de 400 Hz e que a onda estacionária que a percorre possui ao todo cinco nós, a força que traciona a corda tem intensidade de:

- a) 256 N
- b) 400 N
- c) 800 N
- d) 160 N
- e) 200 N

90) Um instrumento musical emite a nota lá com frequência de 440 Hz num local onde a velocidade do som é de 330 m/s. Qual o comprimento de onda associado a essa nota?

- a) 1/400 m
- b) 0,75 m
- c) 1,33 m
- d) 110 m
- e) 770 m

91) O quinto harmônico emitido por um tubo aberto possui a frequência de 1700 Hz. Sendo a velocidade de som 340 m/s, o comprimento do tubo é de:

- a) 0,2 m
- b) 0,5 m
- c) 1,0 m

- d) 1,5 m
- e) 2,0 m

92) Um tubo sonoro aberto tem comprimento 34 cm e é soprado com ar. A velocidade de propagação do som no ar é $v = 340$ m/s. O som fundamental

emitido tem comprimento de onda λ e frequência f . Assinale o conjunto coerente.

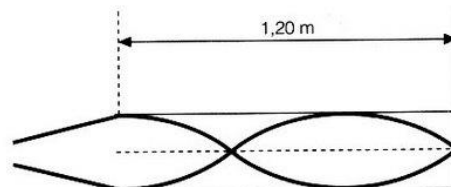
- a) $\lambda = 17$ cm; $f = 2000$ Hz
- b) $\lambda = 34$ cm; $f = 1000$ Hz
- c) $\lambda = 68$ cm; $f = 500$ Hz
- d) $\lambda = 68$ cm; $f = 1000$ Hz
- e) Nenhum dos anteriores.

93) O ouvido externo do homem pode ser considerado um tubo sonoro com 2,5 cm de comprimento, aberto em uma das extremidades e fechado na outra pelo tímpano. A frequência fundamental de ressonância do ouvido é de:

(Dado: $v_{\text{som}} = 330$ m/s.)

- a) $3,4 \cdot 10^2$ Hz
- b) $0,8 \cdot 10^2$ Hz
- c) $1,3 \cdot 10^2$ Hz
- d) $4,0 \cdot 10^2$ Hz
- e) $6,6 \cdot 10^3$ Hz

94) A figura abaixo representa uma onda estacionária que se forma em um tubo sonoro fechado. A velocidade de propagação do som no ar é 340 m/s. A frequência do som emitido pelo tubo é aproximadamente:



- a) 212 Hz
- b) 284 Hz
- c) 340 Hz
- d) 425 Hz
- e) 567 Hz

95) A velocidade do som no ar é 340 m/s. Um tubo sonoro fechado, cheio de ar, possui o comprimento de 85 mm. A frequência do som fundamental por ele emitido, em hertz, será:

- a) 10
- b) 100
- c) 340
- d) 1000
- e) 500

96) Uma pessoa parada na beira de uma estrada vê um automóvel aproximar-se com velocidade 0,1 da velocidade do som no ar. O automóvel está buzinando, e a sua buzina, por especificação do fabricante, emite um som puro de 990 Hz. O som

ouvido pelo observador terá uma frequência:

- 900 Hz
- 1100 Hz
- 1000 Hz
- 99 Hz
- Não é possível calcular por não ter sido dada a velocidade do som no ar.

97) Uma fonte sonora em repouso, situada no ar em condições normais de temperatura e pressão, emite a nota lá1 (frequência de 440 Hz). Um observador, movendo-se sobre uma reta que passa pela fonte, escuta a nota lá2 (frequência 880 Hz). Supondo a velocidade de propagação do som no ar 340 m/s, podemos afirmar que o observador:

- aproxima-se da fonte com velocidade de 340 m/s.
- afasta-se da fonte com velocidade 340 m/s.
- aproxima-se da fonte com velocidade 640 m/s.
- afasta-se da fonte com velocidade 640 m/s.
- aproxima-se da fonte com velocidade 880 m/s.

98) Duas fontes sonoras F_1 e F_2 emitem, em fase, ondas de 10 m de comprimento de onda. Um ponto qualquer do espaço nas proximidades das fontes é caracterizado por duas coordenadas r_1 e r_2 , onde r_1 é a distância do ponto à fonte F_1 e r_2 é a distância do ponto à fonte F_2 . Considerando os seguintes pontos nas imediações das fontes, cujas coordenadas são:

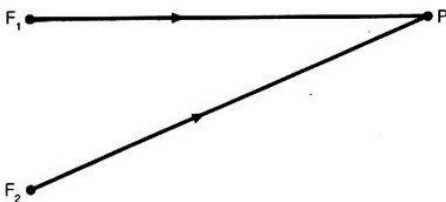
ponto A: $r_1 = 23$ m e $r_2 = 38$ m

ponto B: $r_1 = 34$ m e $r_2 = 54$ m.

é válido afirmar, em relação às superposições de ondas que ocorrem nos pontos A e B, que:

- apenas em A ocorre interferência construtiva.
- em A e em B ocorrem interferência construtiva.
- em A ocorre interferência construtiva e em B ocorre interferência destrutiva.
- em A e em B ocorrem interferências destrutivas.
- em A ocorre interferência destrutiva e em B ocorre interferência construtiva.

99) Em um tanque de ondas, duas fontes F_1 e F_2 oscilam com a mesma frequência e sem diferença de fase, produzindo ondas que se superpõem no ponto P, como mostra a figura.



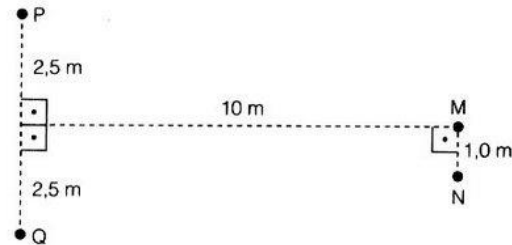
A distância entre F_1 e P é de 80 cm e entre F_2 e P é de 85 cm.

Para qual dos valores de comprimento de onda das ondas produzidas por F_1 e F_2 ocorre um mínimo de intensidade (interferência destrutiva) no ponto P?

- 1,0 cm
- 2,5 cm
- 5,0 cm
- 10 cm

e) 25 cm

100) Dois microfones, situados em P e Q como indica a figura, emitem sons de 340 Hz, são coerentes o sem defasagem.



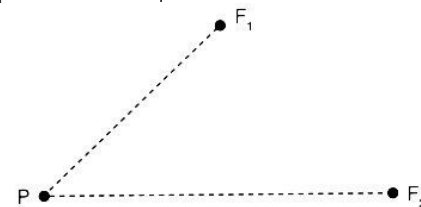
Nestas condições, em relação ao som captado nos pontos M e N, deve ocorrer:

- reforço e reforço.
- reforço e enfraquecimento.
- enfraquecimento e reforço.
- enfraquecimento e enfraquecimento.
- reforço e batimento.

101) Duas fontes sonoras coerentes, F_1 e F_2 emitem ondas de período de 0,05 s, num meio em que o som se propaga com velocidade de 400 cm/s. A amplitude das ondas emitidas pelas duas fontes são iguais. Sendo B um ponto deste meio, distante 100 m de F_1 e 500 m de F_2 , pode-se dizer que:

- em B ocorre interferência destrutiva.
- em B ocorre interferência construtiva.
- a amplitude das oscilações em B é nula.
- o ponto B é atingido pelas ondas emitidas por F_1 , mas não pelas emitidas por F_2 .
- n.r.a.

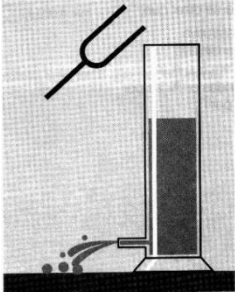
102) Dois alto-falantes, localizados em F_1 e F_2 emitem sons de mesma amplitude, mesma frequência e mesma fase. Em um ponto P encontra-se um ouvinte. Sabe-se que F_1P é menor que F_2P , que o comprimento de onda do som emitido é de 2,0 m e que $F_2P = 8,0$ m. Para que o ouvinte em P perceba interferência construtiva, o maior valor possível de F_1P é de:



- 8,0 m
- 7,0 m
- 6,0 m
- 7,5 m
- 8,5 m

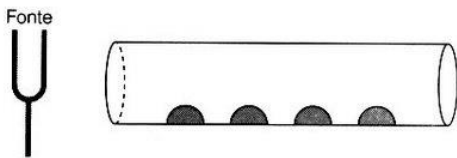
103) A figura representa um diapasão vibrando na boca de um tubo, em cujo interior o nível da água vai descendo. Um estudante nota que o som ouvido

se reforça para determinados níveis da água e não para outros. Dois níveis consecutivos de reforço do som distam 40,0 cm um do outro. Sendo de 340 m/s a velocidade do som no ar, a frequência do diapásão é, em Hz, igual a:



- a) 850
- b) 680
- c) 425
- d) 210
- e) 105

104) Em um tubo horizontal fixo e cheio de ar atmosférico espalha-se um pouco de farelo de cortiça. Junto a uma extremidade excita-se um diapásão (frequência $f = 660$ Hz). Observe a figura.



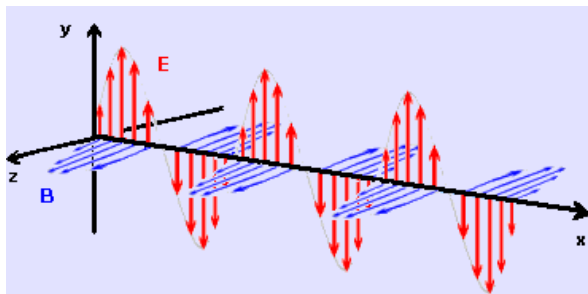
- a) No ar interno ao tubo propaga-se uma onda sonora progressiva, e só.
- b) o farelo acumula-se nos ventres de vibração.
- c) A distância internodal é próxima de 25 cm.
- d) A frequência dada é inaudível.
- e) Nenhuma das anteriores.

Gabarito

- 67. B
- 68. D
- 69. B
- 70. D
- 71. B
- 72. B
- 73. D
- 74. A
- 75. E
- 76. A
- 77. A
- 78. C
- 79. C
- 80. D
- 81. E
- 82. E
- 83. E
- 84. D
- 85. D
- 86. C
- 87. E
- 88. E
- 89. B
- 90. B
- 91. B
- 92. C
- 93. E
- 94. A
- 95. D
- 96. B
- 97. A
- 98. E
- 99. D
- 100. B
- 101. B
- 102. C
- 103. C
- 104. C

Ondas eletromagnéticas

De acordo com Maxwell, uma perturbação num ponto P , devida à oscilação de cargas elétricas, se propaga a pontos distantes através da mútua formação de campos elétricos e magnéticos variáveis. Maxwell mostrou ainda que essa perturbação apresentava todas as características de uma onda. Por isso, denominou-as de *ondas* ou *radiações eletromagnéticas*. Essas ondas são transversais com um campo elétrico e magnético variáveis e ortogonais entre si.



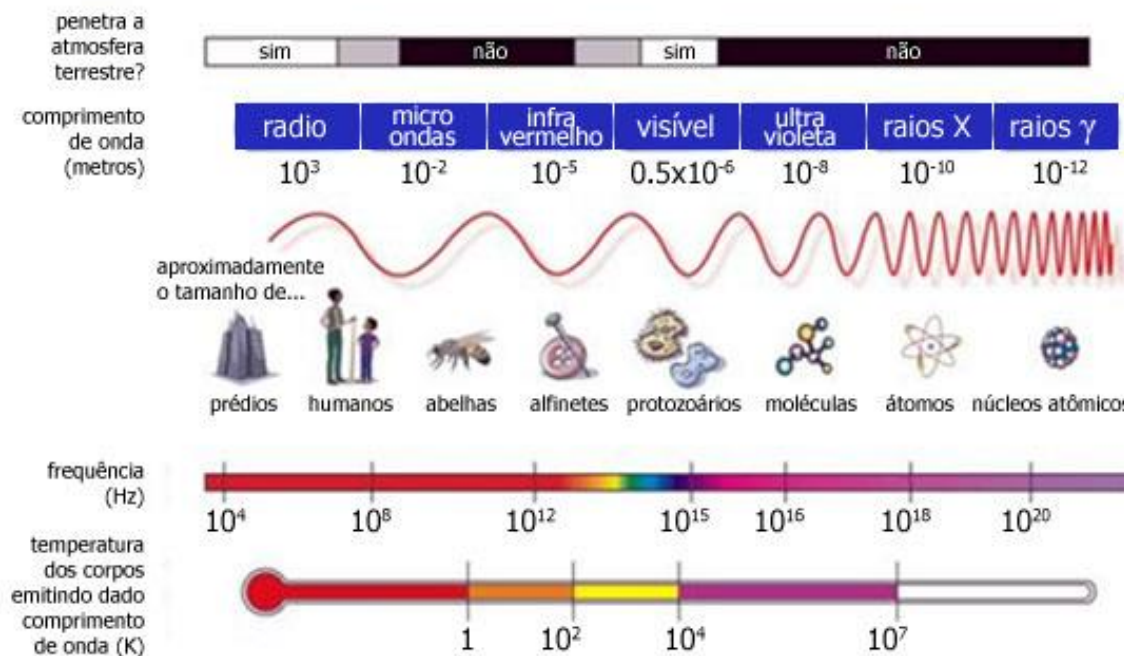
A velocidade de propagação de uma onda eletromagnética, no vácuo, vale:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Este resultado é igual ao valor da velocidade da luz no vácuo. Logo, a luz é uma onda eletromagnética.

Existe uma variação ampla e contínua nos comprimentos de onda e frequência das ondas eletromagnéticas. Abaixo, temos um resumo dos diversos tipos de ondas eletromagnéticas, o chamado espectro eletromagnético.

O Espectro Eletromagnético



http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/63_lampadas/incand/funciona03.htm (Acessado em 18/01/2012)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSINHO PRÉ-UNIVERSITÁRIO POPULAR

Física



FÍSICA MODERNA

Prof.^o Renan Schetino de Souza

Coordenação: Leticia Couto Bicalho

Radioatividade

Sabemos que o núcleo atômico é constituído por prótons e nêutrons. A repulsão entre os prótons do núcleo é compensada pela existência de uma força chamada *força nuclear fraca*. Este equilíbrio é delicado e sujeito a vários fatores como a influência dos nêutrons. Verifica-se que:

- Núcleos atômicos leves, em que o n° de prótons é aproximadamente igual ao de nêutrons, tendem a ser estáveis.
- Núcleos atômicos em que o n° de nêutrons é muito maior que o de prótons tende a ser instáveis.

Os núcleos atômicos instáveis tendem a procurar alcançar a estabilidade através da emissão de partículas e/ou energia, o que é chamado de Radioatividade Natural.

As principais emissões são:

<i>alfa</i> (α)
<i>beta</i> (β)
<i>gama</i> (γ)

As emissões α

As emissões α são partículas formadas por 2 prótons e 2 nêutrons, que são atirados em alta velocidade (de 3.000 a 30.000Km/s), para fora de um núcleo relativamente grande e instável.

O poder de penetração das partículas α é o menor das três emissões mencionadas; normalmente uma folha de papel detém essas partículas. Porém, o poder ionizante das partículas α é o maior das três radiações mencionadas (possui maior carga elétrica).

Lei de Soddy:

Quando um núcleo atômico emite uma partícula alfa, seu número atômico diminui de duas unidades e seu número de massa diminui de quatro unidades.

Ex:



No exemplo acima, ao emitir uma partícula α , o elemento Urânio transforma-se em outro (*Th*).

As emissões β

As emissões β são elétrons atirados em altíssima velocidade (de 70.000 a quase 300.000Km/s) para fora de um núcleo instável. Assim sendo, concluímos que o poder de penetração das partículas β é maior que o das α . Tendo carga elétrica menor, as partículas β são menos ionizantes que as α .

Leis de Fajans:

Quando um núcleo atômico emite uma partícula beta, transforma-se num elemento químico de número atômico uma unidade superior e seu número de massa não se altera.

Ex:

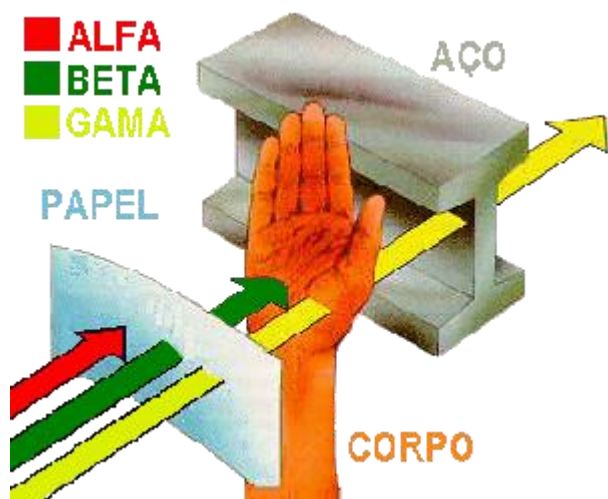


Obs: o n° atômico do elemento aumenta de uma unidade porque um nêutron se transforma em um próton, que permanece no núcleo e em um elétron (partícula β), que é atirado para fora do átomo.

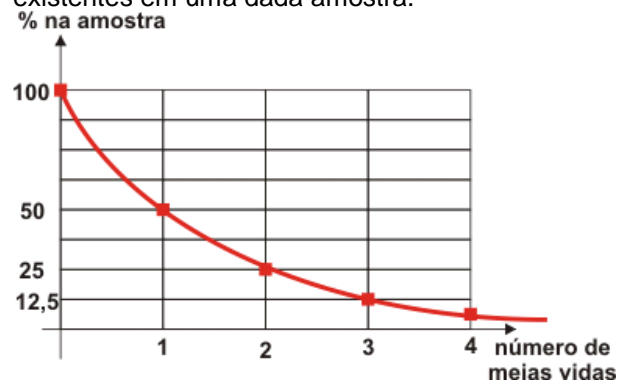
As emissões γ

As emissões γ não são partículas, mas ondas eletromagnéticas de energia muito elevada. Quando um elemento emite radiações gama ele não altera seu número atômico ou de massa, emite apenas energia. Normalmente as radiações alfa e beta são acompanhadas por emissões gama.

Como não possui carga nem massa, as emissões γ têm o maior poder de penetração das três emissões mencionadas.



Tempo de meia-vida $\left(t_{\frac{1}{2}}\right)$ ou período de semidesintegração (P) é o tempo necessário para desintegrar a metade dos átomos radioativos existentes em uma dada amostra.



Tempo de meia-vida

Conhecer a rapidez com que um elemento radioativo se desintegra é muito importante na prática. Podemos mencionar como exemplo o uso na medicina nuclear, no armazenamento do lixo nuclear e até no cálculo da idade de um fóssil.

A forma mais usual de medir a rapidez de uma desintegração é a dada pela seguinte definição:

O tempo de meia-vida é uma característica de cada radioisótopo e independente da pressão, temperatura e do composto químico no qual o radioisótopo esteja presente ou venha formar (lembre-se que radioatividade é uma propriedade do núcleo dos átomos e não de sua eletrosfera, que é a responsável pelas propriedades químicas dos elementos).

Elemento	Meia-vida, $t_{1/2}$	Tipo de radiação emitida
^{238}U (urânio, $z = 92$)	4,5 bilhões de anos	
^{234}Th (tório, $z = 90$)	24,1 dias	α
^{234}Pa (protactínio, $z = 91$)	1,17 min	β
^{234}U (urânio, $z = 92$)	245 mil anos	β
^{230}Th (tório, $z = 90$)	8 mil anos	α
^{226}Ra (rádio, $z = 88$)	1620 anos	α
^{222}Rn (radônio, $z = 86$)	3,8 dias	α
^{218}Po (polônio, $z = 84$)	3,1 min	α
^{214}Pb (chumbo, $z = 82$)	26,8 min	α
^{214}Bi (bismuto, $z = 83$)	19,7 min	β
^{214}Po (polônio, $z = 84$)	0,2 ms	β
^{210}Pb (chumbo, $z = 82$)	22,3 anos	α
^{210}Bi (bismuto, $z = 83$)	5,0 dias	β
^{210}Po (polônio, $z = 84$)	138,4 dias	α
^{206}Pb (chumbo, $z = 82$)	ESTÁVEL	

Leitura complementar: Energia Nuclear

O átomo

O núcleo do átomo é constituído de partículas de carga positiva (prótons) e de partículas de mesmo tamanho, mas sem carga (nêutrons).



Os prótons têm a tendência de se repelirem, porque têm a mesma carga. Como eles estão juntos no núcleo, comprova-se a realização de um trabalho para manter essa estrutura, implicando, em consequência, na existência de energia no núcleo dos átomos com mais de uma partícula. A energia que mantém os prótons e nêutrons juntos no núcleo é a *energia nuclear*.

Empacotamento Nuclear (Efeito Packing)

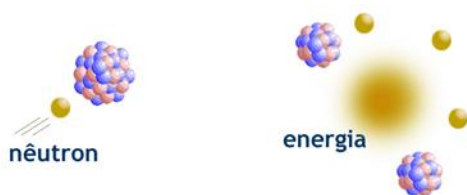
A massa de um núcleo é menor que a soma das massas das partículas que o constituem.

$$m_{\text{prótons}} + m_{\text{nêutrons}} > m_{\text{núcleo}}$$

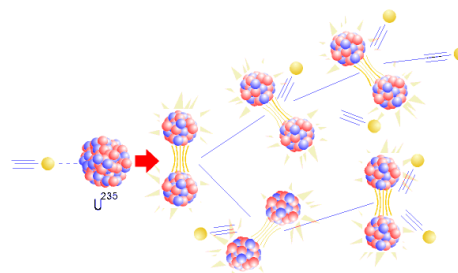
A diferença entre essas massas é convertida em energia de ligação entre as partículas do núcleo.

Fissão Nuclear

É a fragmentação de um núcleo atômico, com liberação de energia, pelo bombardeamento com partículas de alta energia. A energia liberada é a energia de ligação acumulada na formação daquele átomo.



Na realidade, em cada reação de fissão nuclear, resulta, além dos núcleos menores, dois a três nêutrons, como consequência da absorção do nêutron que causou a fissão. Torna-se, então, possível que esses nêutrons atinjam outros núcleos sucessivamente, liberando muito calor. Tal processo é denominado *reação de fissão nuclear em cadeia* ou, simplesmente, *reação em cadeia*.



Enriquecimento de Urânio

Isótopos são átomos de um mesmo elemento químico que possuem massas diferentes. U^{235} e U^{238} são isótopos de urânio.

- U^{238} só tem possibilidade de sofrer fissão por nêutrons de elevada energia cinética (os nêutrons “rápidos”).
- U^{235} pode ser fissionado por nêutrons de qualquer energia cinética, preferencialmente os de baixa energia, denominados nêutrons térmicos (“lentos”).

A quantidade de U^{235} na natureza é muito pequena: para cada 1.000 átomos de urânio apenas 7 são de U^{235} . O processo físico de retirada de U^{238} do urânio natural, aumentando, em consequência, a concentração de U^{235} , é conhecido como *Enriquecimento de Urânio*. Foram desenvolvidos vários processos de enriquecimento de urânio, entre eles o da *Difusão Gasosa* e da *Ultra Centrifugação* (em escala industrial), o do *Jato Centrífugo* (em escala de demonstração industrial) e um processo a *Laser* (em fase de pesquisa). Por se tratarem de tecnologias sofisticadas, os países que as detêm oferecem empecilhos para que outras nações tenham acesso a elas.

Bomba Atômica

Para ser possível a ocorrência de uma reação de fissão nuclear em cadeia, é necessário haver quantidade suficiente de U^{235} , que é fissionado por nêutrons de qualquer energia, como já foi dito.

A bomba (“atômica”) é feita para ser possível explodir, ou seja, a reação em cadeia deve ser rápida e a quantidade de urânio muito concentrado em U^{235} (quer dizer, urânio enriquecido acima de 90%) deve ser suficiente para a ocorrência

rápida da reação. Além disso, toda a massa de urânio deve ficar junta, caso contrário não ocorrerá a reação em cadeia de forma explosiva.

Reator Nuclear

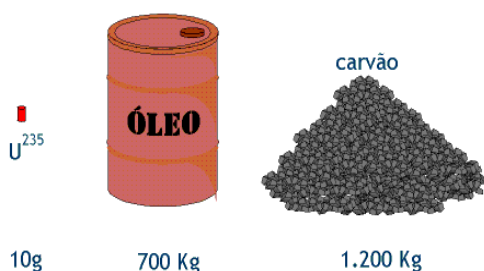
A forma de controlar a reação em cadeia consiste na eliminação do agente causador da fissão: o nêutron. A grande aplicação do controle da reação de fissão nuclear em cadeia é nos *Reatores Nucleares*, para geração de energia elétrica.

Um Reator Nuclear é construído de forma a ser **impossível** explodir como uma bomba atômica. Primeiro, porque a reação é controlada e segundo, porque a concentração de U^{235} é muito baixa (cerca de 3,2%), não permitindo que a reação em cadeia se processe com rapidez suficiente para se transformar em explosão.

Central Térmica Nuclear

Um Reator Nuclear é, na verdade, uma *Central Térmica*, onde a fonte de calor é o U^{235} , em vez de óleo combustível ou de carvão. É, portanto, uma *Central Térmica Nuclear*.

A grande vantagem de uma Central Térmica Nuclear é a enorme quantidade de energia que pode ser gerada, ou seja, a potência gerada, para pouco material usado.



A figura na página seguinte mostra o funcionamento básico de um reator para a produção de energia elétrica: o calor liberado na fissão aquece certa quantidade de água, mantida em alta pressão; a água circula por uma tubulação e aquece a água existente no gerador de vapor. Esta, ao entrar em ebulição, gera o vapor que aciona as turbinas; a energia do movimento das turbinas é transformada em energia elétrica e esta é distribuída convenientemente pelas linhas de transmissão.

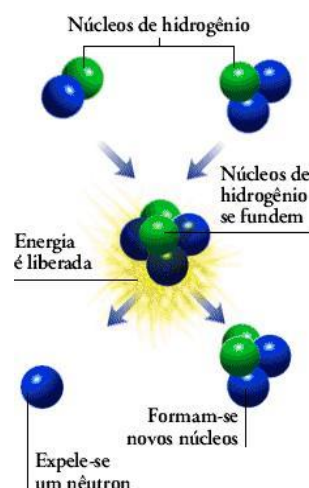
As principais partes constituintes de um reator nuclear podem ser identificadas na figura: as barras de “combustível” nuclear que constituem o

material físsil são geralmente de U^{235} e Pu^{239} . As barras de controle são de cádmio ou de boro. Elas absorvem os nêutrons em excesso, mantendo a reação sob controle e impedindo que o reator superaqueça. Para que a reação de fissão seja possível, isto é, para aumentar a probabilidade de ocorrência da fissão, deve-se diminuir a velocidade dos nêutrons emitidos pelo “combustível”. O elemento que realiza essa tarefa é o moderador, que pode ser água comum, água pesada, grafite etc.

O ônus da utilização de uma central térmica nuclear são os rejeitos radioativos que devem ser armazenados de forma conveniente para que não haja nenhum tipo de contaminação.

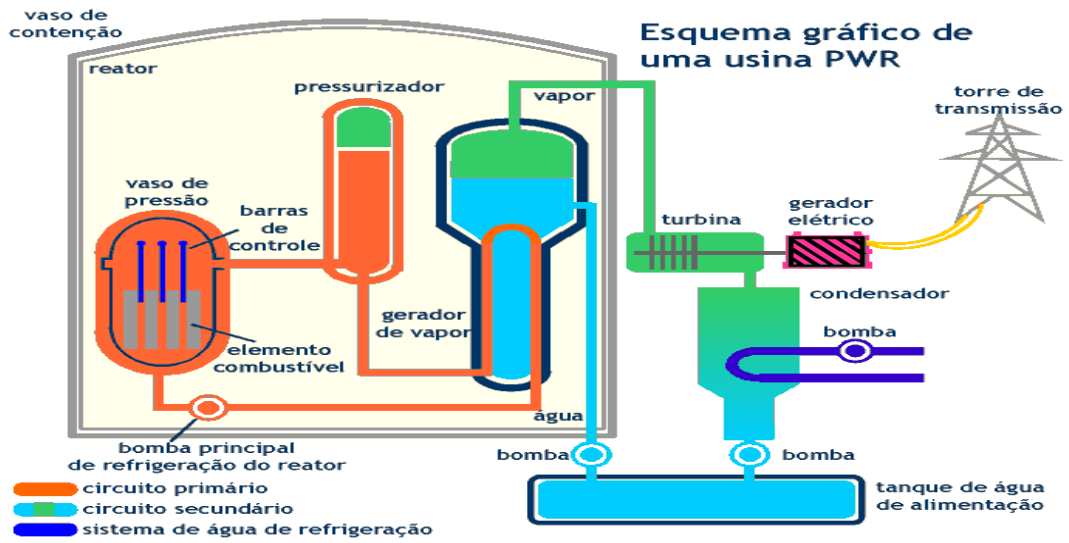
Fusão Nuclear

Fusão nuclear é a junção de dois núcleos atômicos produzindo um núcleo maior, com liberação de uma quantidade enorme de energia.



Neste processo, dois núcleos atômicos menores são fundidos para criar um núcleo atômico maior, mas, pelo efeito de empacotamento, a massa do núcleo formado será menor que a soma das massas dos componentes, ocorrendo assim grande liberação de energia. Essas reações liberam, por unidade de massa, muito mais energia do que as reações de fissão. São reações deste tipo que ocorrem no interior do sol e de todas as estrelas.

Na Terra, as reações de fusão nuclear só foram conseguidas nas bombas de hidrogênio (bomba H). Dentro da bomba de hidrogênio, explode uma bomba atômica que produz a temperatura necessária para a fusão nuclear, sem outras palavras, a bomba atômica funciona como espoleta da bomba de hidrogênio. Desse modo, consegue-se produzir explosões de até 500 megatons (500.000.000 toneladas de TNT).



Fonte: Apostila Educativa: Energia Nuclear e Aplicações da Energia Nuclear. CNEM (Comissão Nacional de Energia Nuclear). <http://www.cnen.gov.br>

Exercícios: Física Moderna

1. Considerando as seguintes afirmações sobre a estrutura nuclear do átomo.

I - O núcleo de um átomo qualquer tem sempre carga elétrica positiva.

II - A massa do núcleo de um átomo é aproximadamente igual à metade da massa de todo o átomo.

III - Na desintegração de um núcleo radioativo, ele altera sua estrutura para alcançar uma configuração mais estável.

Quais estão corretas?

- Apenas I
- Apenas II
- Apenas I e III
- Apenas II e III
- I, II e III

2. Partículas alfa, partículas beta e raios gama podem ser emitidos por átomos radioativos. As partículas alfa são íons de hélio carregados positivamente. As partículas beta são elétrons. Os raios gama são ondas eletromagnéticas de frequência muito alta. Na desintegração de ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ resultando na formação de um núcleo ${}_{86}\text{Rn}^{222}$, pode-se inferir que houve a emissão

- apenas de raios gama.
- de uma partícula alfa.
- de uma partícula beta.
- de duas partículas beta e duas partículas alfa.
- de raios gama e de duas partículas beta.

3. Num reator, núcleos de U^{235} capturam nêutrons e então sofrem um processo de fragmentação em núcleos mais leves, liberando energia e emitindo nêutrons.

Este processo é conhecido como

- fusão.
- fissão.
- espalhamento.
- reação termonuclear.
- aniquilação.

4. Em 1989 os noticiários destacaram por um certo período a realização de pesquisas sobre maneiras alternativas de obter a fusão nuclear. Tais alternativas, contudo, não se confirmaram. O que se sabe comprovadamente hoje é o que já se sabia até aquela época: a fusão nuclear é obtida a temperaturas tão altas quanto às existentes e, ao contrário da fissão nuclear utilizada nas centrais nucleares, dejetos nucleares.

Assinale a alternativa que preenche de forma correta as duas lacunas, respectivamente.

- na superfície da Terra - produz
- na superfície da Lua - produz
- na superfície da Lua - não produz
- no centro do Sol - não produz
- no centro do Sol - produz

5. (UFRS 2001). Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo.

O Sol é a grande fonte de energia para toda a vida na Terra. Durante muito tempo, a origem da energia irradiada pelo Sol foi um mistério para a humanidade. Hoje, as modernas teorias de evolução das estrelas nos dizem que a energia irradiada pelo Sol provém de processos de que ocorrem no seu interior, envolvendo núcleos de elementos leves.

- espalhamento
- fusão nuclear
- fissão nuclear
- fotossíntese
- combustão

6. Raios catódicos são constituídos de :

- íons positivos;
- ondas eletromagnéticas;
- fótons;
- elétrons;
- prótons;

7. Qual o fenômeno predominante na geração de energia no reator de uma usina nuclear?

- fissão nuclear;
- fusão nuclear;
- efeito fotoelétrico;
- espalhamento de elétrons;
- emissão de fótons;

8. Dentre as afirmações sobre reações nucleares apresentadas nas alternativas, qual está correta:

- fusão nuclear e fissão nuclear são duas maneiras diferentes de denominar a mesma reação nuclear;
- a fusão nuclear é um fenômeno comum que ocorre no dia-a-dia, podendo ser observado ao derreter-se um pedaço de gelo;
- a fissão nuclear, utilizada nas centrais nucleares, produz fragmentos radioativos;
- no processo de fusão nuclear não há liberação de energia;
- uma reação nuclear em cadeia (sequência de fissões nucleares) não pode ser iniciada nem controlada em um reator nuclear;

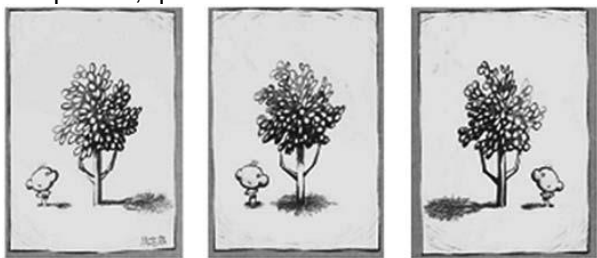
9. O tempo necessário para ocorrer o decaimento radioativo da metade dos átomos originais de uma substância pura é chamado meia-vida. É preparada uma amostra de bismuto radioativo que tem uma meia-vida de 5 dias. Após 20 dias, que percentual de bismuto na amostra ainda resta?

- 6,25 %
- 12,5 %
- 25 %
- 50 %
- 75 %

GABARITO

Exercícios Enem

1 - (Enem 2010) Os quadrinhos mostram, por meio da projeção da sombra da árvore e do menino, a sequência de períodos dos dias: matutino, meio-dia e vespertino, que é determinada:



- pela posição vertical da árvore e do menino.
- pela posição do menino em relação à árvore.
- pelo movimento aparente do Sol em torno da Terra.
- pelo fuso horário específico de cada ponto da superfície da Terra.
- pela estação do ano, sendo que no inverno os dias são mais curtos que no verão.

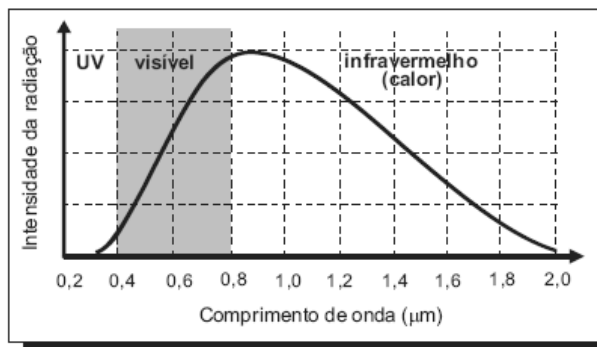
2 - (Enem 2010) Os aparelhos retrovisores, que deveriam auxiliar os motoristas na hora de estacionar ou mudar de pista, muitas vezes causam problemas. É que o espelho retrovisor no lado direito, em alguns modelos, distorce a imagem, dando a impressão de que o veículo está a uma distância maior de que a real.

Este tipo de espelho, chamado convexo, é utilizável com o objetivo de ampliar o campo visual do motorista, já que no Brasil se adota a direção do lado esquerdo e, assim, o espelho da direita fica muito distante dos olhos do condutor.

Sabe-se que, em um espelho convexo, a imagem formada está mais próxima do espelho do que este está do objeto, o que parece entrar em conflito com a informação apresentada acima. Essa aparente contradição é explicada pelo fato de:

- a imagem projetada na retina do motorista ser menor do que o objeto.
- a velocidade do automóvel afetar a percepção da distância.
- o cérebro humano interpretar como longe uma imagem pequena.
- o espelho convexo ser capaz de aumentar o campo visual do motorista.
- o motorista perceber a luz vinda do espelho com a parte lateral do olho.

3 - (Enem 2008) A passagem de uma quantidade adequada de corrente elétrica pelo filamento de uma lâmpada deixa-o incandescente, produzindo luz. O gráfico abaixo mostra como a intensidade da luz emitida pela lâmpada está distribuída no espectro eletromagnético, estendendo-se desde a região do ultravioleta (UV) até a região do infravermelho.



A eficiência luminosa de uma lâmpada pode ser definida como a razão entre a quantidade de energia emitida na forma de luz visível e a quantidade total de energia gasta para o seu funcionamento. Admitindo-se que essas duas quantidades possam ser estimadas, respectivamente, pela área abaixo da parte da curva correspondente à faixa de luz visível e pela área abaixo de toda a curva, a eficiência luminosa dessa lâmpada seria de aproximadamente

- 10%.
- 15%.
- 25%.
- 50%.
- 75%.

4 - (Enem 2010) Um garoto que passeia de carro com o seu pai pela cidade, ao ouvir o rádio, percebe que a sua estação de rádio preferida, a 94,9 FM, que opera na banda de frequência megahertz, tem seu sinal de transmissão superposto pela transmissão de uma rádio pirata de mesma frequência que interfere no sinal da emissora do centro em algumas regiões da cidade.

Considerando a situação apresentada, a rádio pirata interfere no sinal da rádio do centro devido à:

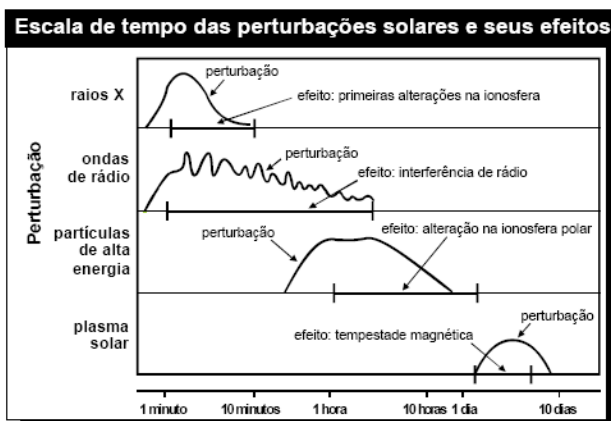
- atenuação promovida pelo ar nas radiações emitidas.
- maior amplitude da radiação emitida pela estação do centro.
- diferença de intensidade entre as fontes emissoras de ondas.
- menor potência de transmissão das ondas da emissora pirata.
- semelhança dos comprimentos de onda das radiações emitidas.

5 - (Enem 2010) Ao contrário dos rádios comuns (AM ou FM) em que, uma única antena transmissora é capaz de alcançar toda a cidade, os celulares necessitam de várias antenas para cobrir um vasto território. No caso dos rádios FM, a frequência de transmissão está na faixa dos MHz (ondas de rádio), enquanto, para os celulares, a frequência está na faixa dos GHz (micro-ondas). Quando, comparado aos rádios comuns, o alcance de um celular é muito menor.

Considerando-se as informações do texto, o fator que possibilita essa diferença entre propagação das ondas de rádio e das micro-ondas é que as ondas de rádio são:

- facilmente absorvida nas camadas da atmosfera superior conhecida como ionosfera.
- capazes de contornar uma diversidade de obstáculos como árvores, edifícios e pequenas elevações.
- mais refratadas pela atmosfera terrestre, que apresenta maior índice de refração para as ondas de rádio.
- menos atenuadas por interferência, pois o número de aparelhos que utilizam ondas de rádio é menor.
- constituída por pequenos comprimentos de onda que lhes conferem um alto poder de penetração em materiais de baixa densidade.

6 - (Enem 2007) Explosões solares emitem radiações eletromagnéticas muito intensas e ejetam, para o espaço, partículas carregadas de alta energia, o que provoca efeitos danosos na Terra. O gráfico abaixo mostra o tempo transcorrido desde a primeira detecção de uma explosão solar até a chegada dos diferentes tipos de perturbação e seus respectivos efeitos na Terra.



Internet: <www.sec.noaa.gov> (com adaptações).

Considerando-se o gráfico, é correto afirmar que a perturbação por ondas de rádio geradas em uma explosão solar

- dura mais que uma tempestade magnética.
- chega à Terra dez dias antes do plasma solar.
- chega à Terra depois da perturbação por raios X.
- tem duração maior que a da perturbação por raios X.
- tem duração semelhante à da chegada à Terra de partículas de alta energia.

7 - (Enem 2009) Os radares comuns transmitem microondas que refletem na água, gelo e outras partículas na atmosfera. Podem, assim, indicar apenas o tamanho e a distância das partículas, tais

como gotas de chuva. O radar Doppler, além disso, é capaz de registrar a velocidade e a direção na qual as partículas se movimentam, fornecendo um quadro do fluxo de ventos em diferentes elevações.

Nos EUA, a Nexrad, uma rede de 158 radares Doppler, montada na década de 90 pela Diretoria Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), permite que o Serviço Meteorológico Nacional (NWS) emita alertas sobre situações potencialmente perigosas com um grau de certeza muito maior.

O pulso da onda do radar ao atingir uma gota de chuva, devolve uma pequena parte de sua energia numa onda de retorno, que chega ao disco do radar antes que ele emita a onda seguinte. Os radares da Nexrad transmitem entre 860 e 1300 pulsos por segundo, na frequência de 3000 MHz.

FISCHETTI, M., Radar meteorológico: Sinta o vento, Scientific American Brasil, n. 8, São Paulo, jan. 2003.

No radar Doppler, a diferença entre as frequências emitidas e recebidas pelo radar é dada por

$$\Delta f = \left(\frac{2u_r}{c} \right) f_0 \text{ onde } u_r \text{ é a velocidade relativa}$$

entre a fonte e o receptor, $c = 3,0 \times 10^8$ m/s é a velocidade da onda eletromagnética e f_0 é a frequência emitida pela fonte. Qual é a velocidade, em km/h, de uma chuva, para a qual se registra no radar Doppler uma diferença de frequência de 300 Hz?

- 1,5 km/h.
- 5,4 km/h.
- 15 km/h.
- 54 km/h.
- 108 km/h.

8 - (Enem 2005) 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 serem, 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

- emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
- acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
- 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 estufa.

9 - (Enem 2006) O funcionamento de uma usina nucleoeleétrica típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não-físsil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoeleétricas. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que

- a) a disponibilidade do urânio na natureza esta ameaçada devido a sua utilização em armas nucleares.
- b) a proibição de se instalarem novas usinas nucleoeleétricas não causara impacto na oferta mundial de energia.
- c) a existência de usinas nucleoeleétricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
- d) a obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleoeleétricas.
- e) a baixa concentração de urânio físsil em usinas nucleoeleétricas impossibilita o desenvolvimento energético.

10 - (Enem 2006) Para se obter 1,5 kg do dióxido de urânio puro, matéria-prima para a produção de combustível nuclear, é necessário extrair-se e tratar-se 1,0 tonelada de minério. Assim, o rendimento (dado em % em massa) do tratamento do minério até chegar ao dióxido de urânio puro é de

- a) 0,10%.
- b) 0,15%.
- c) 0,20%.
- d) 1,5%.
- e) 2,0%.

Gabarito

- 1. c
- 2. c
- 3. c
- 4. e
- 5. b
- 6. d
- 7. d
- 8. a
- 9. c
- 10. b

Referências bibliográficas

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo. **Fundamentos da física;** Termologia, Óptica e Ondas. 7. ed. rev. aum. São Paulo: Moderna, 1999. 528 p. v. 2

ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; LUZ, Antônio Máximo da. **Física.** São Paulo: Scipione, 1999. 670 p.