



# **FÍSICA DA LUZ**

**UNESCO-IBICC**  
**PROJETO PILOTO**  
**São Paulo , 1964**





SMVazquez

FÍSICA DA LUZ

3

MODELO ONDULATÓRIO  
DA LUZ

Um Programa de  
Auto - Instrução

Primeira Versão

UNESCO - IBECC  
Projeto Piloto para  
o ensino da Física

São Paulo , 1964.

FÍSICA DA LUZ

3

programadores

Gustavo Alcala

Oscar Colmenares

José Danayre Flores

Alma Aída García

Manoel Jorge Filho

Héctor Muñoz Muñoz

Oswaldo Proaño Yépez

Maria Teresa A. Silva

Fernando Veas

Juan Westphal

consultores em

instrução programada

Francis Mechner

Le Xuan

supervisão gráfica

e ilustrações

Francisco José Donato Neto

"PROJETO PILOTO DA UNESCO SOBRE NOVOS MÉTODOS E TÉCNICAS DE  
ENSINO DA FÍSICA".

RELAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO PREPARADO PARA O CURSO  
"FÍSICA DA LUZ".

Sob os auspícios da UNESCO, desenvolveu-se em São Paulo, (Brasil) um plano de trabalho que foi denominado "Projeto Piloto sobre Novos Métodos e Técnicas de Ensino da Física". Os trabalhos que se realizaram de julho de 1963 a julho de 1964, visam o aperfeiçoamento do Ensino da Física por meio de métodos modernos, e novas técnicas de ensino.

A direção do Projeto esteve entregue à três técnicos da UNESCO e contou com a colaboração de dois consultadores em Instrução Programada e Filmes Educativos. Participaram do Projeto 26 professores de Física dos seguintes países latino-americanos: Argentina, Brasil, Chile, Cuba, Equador, Honduras, Perú e Venezuela.

O Projeto contou com a colaboração do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBEC), do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo e do Serviço de Recursos Audio-visuais do Centro Regional de Pesquisas Educacionais de São Paulo.

O material didático preparado, relacionado a seguir, foi utilizado em um curso experimental que se deu em São Paulo em julho de 1964 por ocasião do "Seminário Regional Latino-Americano sobre utilização de novos métodos e técnicas de ensino da Física".

- A. Livro de texto - Preparado segundo as técnicas do ensino programado, corresponde a 40 ou 50 horas de trabalho por parte do aluno. Divide-se em cinco partes, a saber:
0. Experiências e gráficos - Ensina como representar graficamente os resultados obtidos em experiências, e como deduzir, a partir dos gráficos, fórmulas matemáticas.
  1. Algumas propriedades fundamentais da luz - Inclui experiências sobre: propagação retilínea em diferentes meios; reflexão; reflexão difusa; refração de imagens; espectros de absorção; análise espectral; etc. O aluno deduz, a partir das experiências que realiza, as leis da reflexão e da refração.
  2. Modelo de Partículas para a Luz - O modelo pretende resumir as propriedades da luz que foram estudadas na Unidade anterior, em base às analogias observadas entre o comportamento da luz e das partículas. O modelo permite explicar certas propriedades da luz, prevendo o transporte de energia na propagação da luz e a lei do inverso do quadrado das distâncias para a luz, as quais são confirmadas experimentalmente. As previsões feitas

para para o comportamento da luz na refração e difração não sendo confirmadas experimentalmente, levam ao abandono do modelo.

3. Modelo Ondulatório - Estuda-se o comportamento das ondas e se analisa, em função do modelo ondulatório, as experiências de difração e interferência. Entre as experiências figuram: interferência com duas fendas, interferência com o espelho de Lloyd e medida do comprimento de onda da luz vermelha e da azul.

4. Ondas eletromagnéticas. Fótons - Discutem-se propriedades da luz e das ondas de rádio e a semelhança permite supor uma natureza eletromagnética comum para ambas. Estende-se ao espectro eletromagnético ao infra-vermelho e ao ultra-violeta, aos raios "x" e aos raios "γ". Experiências com papéis fotográficos e filtros de cor sugerem uma natureza quântica para a luz. É feita uma discussão elementar do efeito fotoelétrico. Faz-se um resumo das conclusões obtidas.

B. Material das experiências - O material foi planejado para ser utilizado em íntima conexão com o livro, texto e permitirá, aos alunos realizar suas próprias experiências. É apresentado em sete caixas distintas. Dar-se-á, em seguida, uma breve descrição do conteúdo das caixas.

i. Experiências e gráficos - Material para experiências sobre a lei de Hooke e pendulos.

ii. Algumas propriedades da luz - Um projetor que produz um feixe de luz, um prisma, um bloco retangular de vidro, etc. Com este material o aluno pode realizar, aproximadamente, umas 40 experiencias.

iii. Luz e partículas - Equipamento para estudar, semi-quantitativamente, a reflexão, a reflexão difusa e a refração de partículas em movimento.

iv. Fotometria - Material para comprovar experimentalmente a lei do inverso dos quadrados das distâncias para a luz, mediante um fotometro de parafina.

v. Câmara fotográfica de orifício - É constituída por um cilindro com duas tampas. É utilizada para estudar a formação de imagens, tanto visualmente, quanto fotograficamente. Os alunos poderão tirar fotografias com orifícios de diâmetros decrescentes e verão como as imagens vão se tornando mais nítidas ... até um certo ponto, pois para diâmetros menores do que um certo valor, as imagens perdem nitidez devido à difração. Poder-se-á realizar experiencias adicionais cobrindo-se com uma lente convergente ou com uma placa de zonas de Fresnel o orifício de maior diâmetro.

vi. Difração e interferência - Material que permite realizar experiencias com ondas e com luz: duas fendas, espelho de Lloyd, material para difração, etc.

vii. Fótons - Material para estudar a ação da luz sobre emulsões fotográficas. Experiências com filtros de cor sugerem um comportamento quântico da luz e a relação entre frequência e energia.

- C. Filmes mudos de curta duração - Foram produzidos 11 filmes mudos de 8 milímetros, de duração média de 4 a 5 minutos, que mostram experiências difíceis de serem realizadas, devido à dificuldade de sua preparação, seu custo, etc, na maioria dos centros de ensino. (Estes filmes se apresentam, em forma de cinta sem fim, no interior de carregadores para serem usados no projetor Technicolor 800.)
1. Duas experiências com imagens - Este filme ilustra a formação de imagens múltiplas em um tele-caleidoscópio e o comportamento de uma lente cilíndrica constituída por uma garrafa de vidro com água.
  2. Luz refletida - vidros mergulhados no interior de líquidos - Experiências que mostram como pedoços de vidros, que são visíveis no ar, se tornam menos visíveis quando mergulhados na água, e chegam a ser invisíveis se submerdos em um líquido do índice de refração igual ao do vidro.
  3. Propagação retilínea - Experiências que mostram a propagação retilínea da luz, de gotas no ar (pintura), de átomos no vácuo (evaporação e depósito de alumínio) e de elétrons (tubo de Crookes).
  4. Luz e partículas I - Mostra a analogia entre a reflexão de um feixe luminoso e a reflexão de esferas, que se chocam contra uma superfície plana e uma superfície parabólica.
  55. Luz e partículas II - Mostra a analogia entre a reflexão de um feixe luminoso e a reflexão de esferas que se chocam contra uma superfície elítica.
  6. Câmara fotográfica de orifício - Mostra-se o emprêgo de uma câmara fotográfica de orifícios (sem lente) para a obtenção de imagens. Seis fotografias, tomadas com orifícios de diâmetro que vão desde 2 mm até 0,07 mm, ilustram o aumento de nitidez da imagem com a diminuição do diâmetro e mostram os efeitos da difração que se tornam notórios com os diâmetros menores.
  7. Pulsos - Mostra-se a diferença entre uma partícula e um pulso, e dá-se exemplos de ondas longitudinais, transversais e de torsão.
  8. Radiação infra-vermelha - As experiências mostram a propagação retilínea, a absorção, a refração e a reflexão de um feixe de radiação infra-vermelha emitida por uma fonte calorífica (um soldador).
  9. Luz, raios "x" e raios " " - Mostra-se que estas três radiações têm as seguintes propriedades: propagação retilínea, absorção pela matéria e enegrecimento de emulsões fotográficas.
  10. Efeito fotoelétrico - Mediante um eletroscópio carregado negativamente mostra-se o efeito foto-elétrico em uma lâmina de zinco: o eletroscópio se descarrega em presença da luz ultra-violeta. Observa-se, também, que um eletroscópio carregado positivamente não se descarrega. Realiza-se também experiências com dois eletroscó



Epíolo de cargas diferentes.

11. Luz e elétrons - Realizam-se 4 experiências que permitem observar a estreita relação que existe entre os fenômenos luminosos e os elétricos: efeito foto-elétrico, fotocondutividade, efeito foto-volático, e funcionamento de um interruptor ótico.

D. Filme Sonoro : "A luz ... é onda?" - Filme sonoro, em 16 mm, de 30 minutos de duração. Nêlo, um professor de física e dois alunos investigam por que o som pode dobrar uma esquina enquanto parece que a luz não pode fazê-lo. Realizam várias experiências de difração em uma fenda, inicialmente com ondas na superfície da água (tanque de ondas), e em seguida, com ondas sonoras e de rádio e, finalmente, com a luz. Descobrem que a luz se comporta como uma onda, pois, se difrata. Investigam, também, a influência do comprimento de onda, com relação à largura da fenda, nos fenômenos de difração.

E. Programas de televisão - Foram preparados 8 programas de televisão, como parte integrante do curso experimental.

## INTRODUÇÃO

Você já estudou as propriedades da luz na Primeira Unidade deste curso. Estudou, também, na Segunda Unidade, as analogias existentes entre o comportamento da luz e o comportamento das partículas. Você verificou que as partículas podiam se refletir com a luz; podiam se refratar como a luz; etc; ou, em outras palavras, verificou que existiam algumas analogias entre o comportamento da luz e o comportamento de partículas. Estas analogias observadas levaram-no a admitir que a luz comporta-se como se comportam as partículas e que, como foi ensinado, equivale a admitir um "modelo de partículas para a luz".

Ao admitir um modelo de partículas para a luz, você admitiu que todos os fenômenos que ocorrem com as partículas devem ocorrer, também, com luz e com as mesmas características, e que todos os fenômenos que ocorrem com a luz, têm seu análogo com as Partículas.

Você previu, então, a lei do inverso do quadrado da distância para a intensidade da luz e previu que a velocidade da luz devia aumentar, ao passar de um meio a outro de maior índice de refração.

A primeira previsão foi confirmada, experimentalmente, com a experiência de fotômetro, mas a segunda previsão não se confirmou, ou pelo contrário, encontramos que a velocidade da luz diminui ao passar de um meio a outro de maior índice de refração, isto é, encontramos que com a luz ocorre relação oposta à prevista. Este fato quebrou a sequência de analogias já obtidas e nos diz que a luz não parece comportar-se sempre como partículas.

Um outro fenômeno da luz foi estudado e não pôde ser previsto pelo modelo de partículas: o aparecimento de linhas claras e escuras quando um feixe de luz atravessa uma fenda estreita.

Pareceu necessário então, buscar outro modelo que explicasse estes dois fatos. É o que faremos, nesta Unidade.

A luz se propaga, vai de um ponto a outro. Vem do sol e das estrelas até a Terra. Há algo que se propague, mas que não seja partícula, isto é, que não seja matéria? Há. As ondas podem ir de um ponto a outro sem transportar matéria. As ondas se propagam e não são partículas. Mas, será que as ondas se comportam como a luz?

## CAPÍTULO I

### ONDAS

1. PERTURBAÇÃO

67. Quando se diz que os meios são diferentes para a propagação de uma mesma onda?

---

---

1. Ao se lançar uma pedra em um tanque com água, modifica-se a situação normal em que se encontra a superfície da água. Em tal caso, dizemos que se produziu uma perturbação. Um vento forte move a ramagem das árvores, levanta o pó da terra, etc. Em outras palavras, modifica a situação normal da região por onde passa. Ao se mover, com as mãos, uma árvore pequena capaz de provocar o movimento de algumas folhas e frutas, (☒ produz-se; ☐ não se produz) uma perturbação.

5. ONDA PERIÓDICA.



1.

☐ produz -  
se

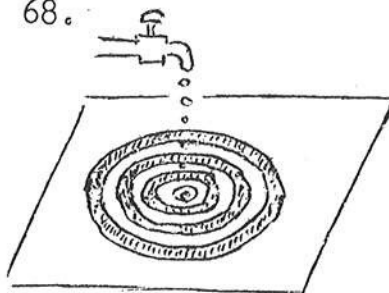
2. Produz-se uma perturbação quando se modifica a situação normal de um corpo.  
Ao cair uma gota de tinta num mata-borrão, produz-se uma perturbação que modifica a situação normal do mata-borrão, já que o mancha.  
O movimento das moléculas de ar que se produz ao ligar um ventilador ( ☐ é, ☐ não é) uma perturbação?

67. Quando, néles a onda se propaga com velocidades diferentes.

ou

(resposta parecida)

68.



Ao se abrir um torneira e deixar que sôbre a caixa de água caia uma gota por segundo produz-se sôbre a superfície da água, uma perturbação em cada segundo, e estas, se propagam uma atrás da outra, conservando, sempre, igual distância entre elas. Obtivemos,

assim uma onda periódica.

Numa onda periódica, em cada unidade de tempo, produz-se sempre ( ☐ o mesmo; ☐ diferente) número de perturbações.

2.

☐ é

3. Quando falamos, produz-se uma perturbação nas moléculas de ar que estão em frente a nossa boca.  
Quando fazemos vibrar uma corda, de um instrumento musical, produz-se uma perturbação:  
Escreva dois exemplos de perturbação.

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

68.

o mesmo

69.

CONTA  
GÔTAS



Se, sobre uma superfície de água, deixam-se cair gotas com diferentes intervalos de tempo, utilizando um conta gotas, formam-se perturbações que se propagam, sobre a superfície da água, sem conservar a mesma distância entre elas. Este (☐ é; ☐ não é) um exemplo de onda periódica.

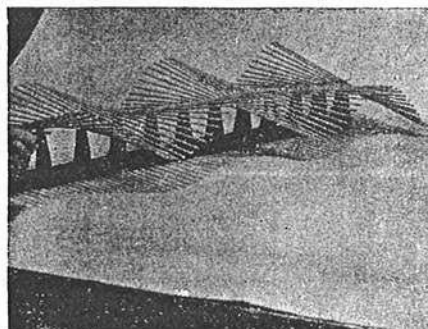
↑ DISTÂNCIA NÃO IGUAL ENTRE ONDAS

2. ONDAS

69.

não é

70.



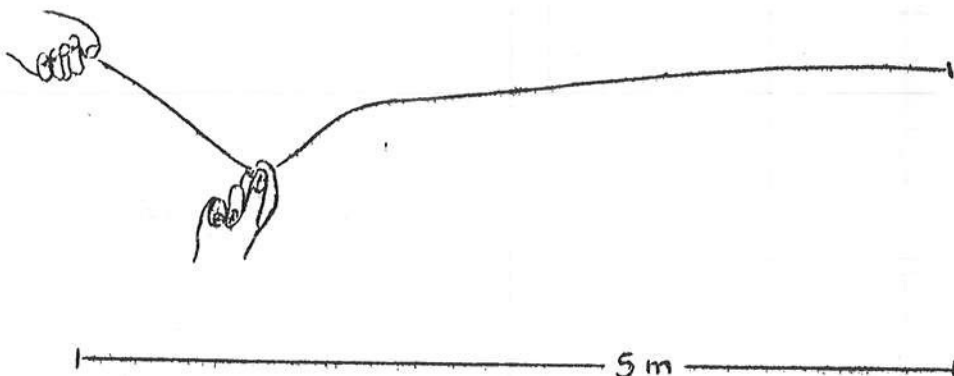
A fotografia mostra várias perturbações propagando-se na máquina de ondas, ao se produzir, num extremo A, movimentos, para cima e para baixo, com a mão. Vê-se propagar na máquina, uma série de ondas, igualmente distanciadas, que se produzem em iguais intervalos de tempo. O que se mostra na fotografia ( ☐ é; ☐ não é) um exemplo de onda periódica.

3.

- a) chuva  
b) pôr em  
marcha o  
motor de  
um veículo  
ou  
outros e -  
quivalen-  
tes.

4. Tome a corda que existe em seu material e amarre uma de suas extremidades, em um lugar fixo.

Separe-se a uns 5m de distância, segurando a outra extremidade da corda com a mão esquerda, cuidando de que não esteja nem muito esticada, nem frouxa. Olhe o desenho:

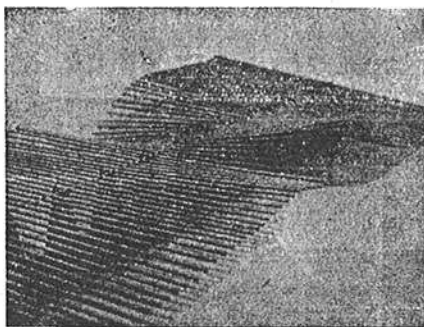


Com o polegar e o indicador da outra mão e a uns 15 cm de distância da mão esquerda, puxe para um lado a corda e a solte, em seguida. Dêsse modo, você provocou uma perturbação. Passe ao quadro seguinte:

70.

☐ é

71.



Uma só perturbação, como a indicada na foto, que se produz em A e se propaga para o outro extremo, não constitui um exemplo de onda periódica.

Se uma bandeira treme por ação de um vento contínuo, propagando-se no pano várias perturbações igualmente espaçadas e produzidas em intervalos de tempo iguais (☐ é; ☐ não é) um exemplo de onda periódica,

5. Repita a experiência e observe detidamente a perturbação que você produziu na corda.

Assinale as afirmações abaixo.

(Se tiver dúvida volte a fazer a experiência).

A perturbação:

- a) ☐ propaga-se  
b) ☐ não se propaga

A matéria, de que é feita a corda:

- c) ☐ propaga-se  
d) ☐ não se propaga

71.

☐ é

72.



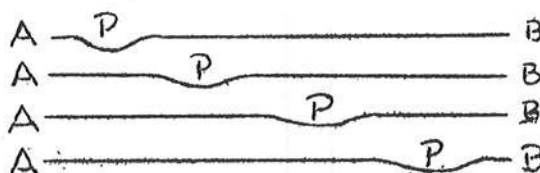
Ao se produzir movimentos compassados, para acima e para baixo, numa corda, produzem-se perturbações que guardam entre si a mesma distância, por haverem sido produzidas em intervalos de tempo iguais. O desenho, acima, mostra este fenômeno. O fato indicado é um exemplo de onda \_\_\_\_\_

5.

a) ☐ propaga-se

d) ☐ não se propaga.

6.



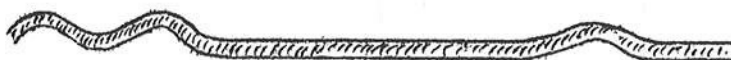
O desenho, acima, corresponde a uma experiência exatamente igual a que você realizou, momentos atrás, e ela mostra as diferentes posições que vai ocupando a perturbação P quando se propaga, na corda, da posição A até B. A fotografia mostra que:

- a) A perturbação propaga-se ao longo da corda? ☐ Sim, ☐ Não
- b) A perturbação arrasta consigo a matéria de que é feita a corda ao se transladar de A até B? ☐ Sim, ☐ Não
- c) A matéria de que é feita a corda não se propaga e permanece agitando-se, no mesmo lugar ☐ Sim, ☐ Não.

72.

Periódica

73.



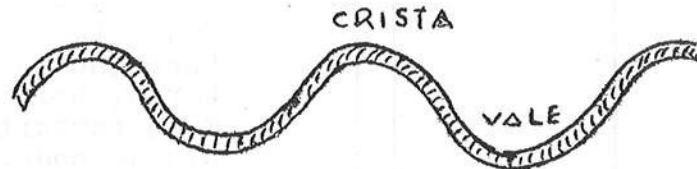
Se no extremo da corda se pulsa uma vez e, decorrido um certo tempo volta-se a pulsar duas vezes seguidas, produzir-se-ão, na corda, perturbações que não guardam a mesma distância e que foram produzidas em tempos desiguais, como as indicadas no desenho. Neste quadro tem-se um exemplo de onda periódica? ☐ Sim, ☐ Não



6.

- a) sim
- b) não
- c) sim

7. Tome a corda com a mão direita e, movendo-a para cima e para baixo, produza algumas perturbações seguidas que se propaguem, uma atrás da outra. Verifique se a corda apresenta uma forma semelhante a indicada neste desenho.



Os pontos altos são denominados cristas e os baixos, vales.



Neste desenho, assinala com a letra C as cristas e com a letra V os vales

73.

☐ não

74. Usando a cuba de ondas, faça funcionar o vibrador de barra com motor e observe a projeção das ondas na tela. As faixas brilhantes, ou sejam as cristas propagam-se mantendo ( ☐ a mesma; ☐ diferente) distância entre si.

7.



8.

Tôdas as perturbações, produzidas na corda, propagaram-se sem transportar matéria; por esta razão, constituem exemplos de ondas. Uma gota de tinta, num mata-borrão é uma perturbação que se propaga com transporte de matéria, pois é a tinta que se espalha. Esta perturbação ( ☐ é; ☐ não é) um exemplo de onda.

74.

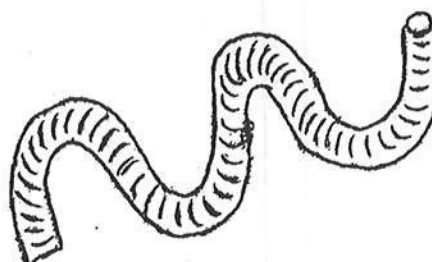
☐ a  
mesma

75. Desligando o motor, golpeie com o dedo o vibrador de barra lentamente, e depois, rapidamente. Observando na tela, você dar-se-a conta de que as faixas brilhantes não guardam entre si a mesma distância por terem sido produzidas em intervalos de tempo ( ☐ iguais; ☐ desiguais).

8.

☐ não  
é

9.



Uma sacudida, em uma mola, produz uma perturbação, como a indicada no desenho, que se propaga ao longo dela. A matéria de que está feita a mola não se propaga; permanece agitando-se no seu lugar. Esta perturbação é um exemplo de onda.

A fumaça que sai de um corpo que está queimando é uma perturbação que se propaga ( ☐ com transporte de matéria; ☐ sem transporte de matéria)

Portanto esta perturbação ( ☐ é; ☐ não é) um exemplo de onda.

☐ des-  
iguais

76. No quadro anterior, você produziu:

- a) ☐ uma onda periódica.
- b) ☐ uma onda não periódica.

Indique, em poucas palavras, a razão de ter dado a resposta anterior.

---

---

9.

☐ com  
transpor -  
te de maté  
ria

☐ não é

10. Um vento forte arrasta consigo pó, areia, papéis, junto com as moléculas de ar, transportando-os a outros lugares. Este (☐ é; ☐ não é) um exemplo de onda.

76.

☐ não  
periódica

É uma onda não periódica por ter produzido as perturbações com intervalos de tempo desiguais.

77. Nos exemplos apresentados há um fato fundamental que caracteriza a onda periódica e uma consequência deste. Assinale-os com a letra X para o fato fundamental e com a letra V para a consequência.

- a) ☐ as perturbações são produzidas em intervalos de tempo iguais.
- b) ☐ as perturbações são produzidas em intervalos de tempo desiguais.
- c) ☐ as perturbações conservam entre si a mesma distância ao se propagarem.
- d) ☐ as perturbações não conservam entre si a mesma distância ao se propagarem.

10.

☐ não é

11. O som de uma vitrola, ligada no seu volume máximo, pode ser ouvido de diversos lugares de sua casa. Além do som você pode perceber na sala onde está a vitrola vibrações das vidraças e dos lustres. Se colocarmos uma vela acesa em frente a um alto falante, a chama não se inclina para nenhum lado. O som é uma perturbação para seus ouvidos e se propagou passando pela chama, mas sem transportar matéria, tanto é que a chama não se inclina e nem se apagou. O som ( ☐ é; ☐ não é) um exemplo de onda.

77.

a) ☒ as perturbações são produzidas em intervalos de tempos iguais

c) ☒ as perturbações conservam entre si a mesma distância, ao se propagarem.

78. Nas ondas periódicas, ao intervalo de tempo decorrido entre uma perturbação e a seguinte, denomina-se período.

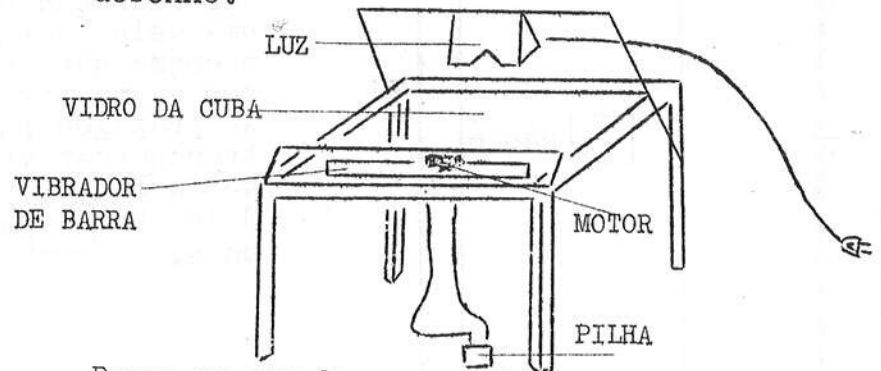
Se numa cuba de ondas forem produzidas 5 perturbações que, ao se propagarem, guardam entre si a mesma distância, assinale os intervalos de tempo que correspondem a um período.

- a) ☐ tempo decorrido entre a primeira e a última perturbação
- b) ☐ tempo decorrido entre 1ª e 2ª perturbação.
- c) ☐ tempo decorrido entre a 3ª e 4ª perturbação.

11.

$|\bar{x}|$  é

12. Monte a cuba sôbre a mesa, seguindo as instruções especiais que lhe foram dadas com a ajuda de seu professor. Então, a cuba deve apresentar um aspecto semelhante ao indicado no desenho. Reconheça cada uma das partes da cuba pelos nomes dados no desenho.



Passe ao quadro seguinte, sem separar-se da cuba.

78.

b)  $|\bar{x}|$

c)  $|\bar{x}|$

79.

Representa-se o período pela letra  $T$ . Numa onda periódica, entre a primeira e a segunda perturbação decorre um tempo  $T$ ; entre a 1ª e a 3ª, intervalo  $2T$ . Complete o seguinte:

- a) Entre a 2ª e 3ª há um intervalo de tempo \_\_\_\_\_
- b) Entre a 2ª e 4ª há um intervalo de tempo \_\_\_\_\_
- c) Entre a 2ª e 7ª há um intervalo de tempo \_\_\_\_\_



13. Golpeie a água, levemente, com o dedo indicador, tendo o cuidado de não espirrá-la. Observe o que se passa na sua superfície. Faça-o várias vezes. As perturbações formam circunferências que têm ( ☐ o mesmo centro; ☐ diferentes centros.)

79.

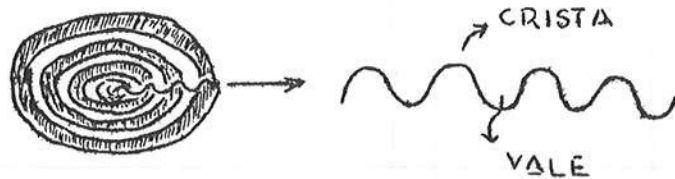
- a) T
- b) 2T
- c) 5T

80. As ondas periódicas caracterizam-se por se originarem de perturbações que se produzem em intervalos de tempos iguais, denominados períodos e que, ao se propagar mantêm entre duas perturbações sucessivas uma \_\_\_\_\_.

13.

☐ o  
mesmo cen-  
tro

14. Produza mais perturbações. Veja-as de perfil.



A superfície da água aparecerá com forma semelhante à indicada no desenho. Nela, podemos distinguir cristas e vales.

As circunferências altas correspondem a

\_\_\_\_\_

As circunferências baixas correspondem a

\_\_\_\_\_

80.

mesma dis-  
tância

81. Defina uma onda periódica

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>14.</p> <p>cristas</p> <p>vales.</p> | <p>15. Coloque sôbre a mesa e debaixo da cuba, uma fôlha de papel branco que vai lhe servir de tela. Acenda a lâmpada e produza varias perturbações com o dedo indicador. Observe a tela e verá regiões brilhantes e escuras que formam circunferências concêntricas. Faça um desenho da observação que acaba de fazer.</p> |
|                                         | <p>6. COMPRIMENTO DE ONDA</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



15.

16. As cristas concentram a luz e, por isso, tem uma projeção em forma de faixa brilhante sobre o papel que faz a vez de tela. No desenho, as faixas brilhantes são as brancas.



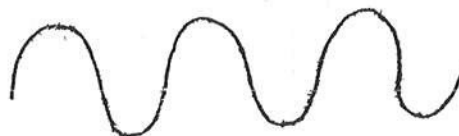
No desenho assinale com V os vales e com C as cristas.

81.

Onda periódica é uma série de perturbações que se produzem em iguais intervalos de tempo, denominado período, e que ao se propagar, mantem sempre a mesma distância entre elas.

(ou similar)

82. Ao se observar as ondas, de perfil, pode-se fazer um gráfico da onda periódica propagando-se, como mostra a figura.



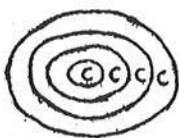
A mesma distância existe entre duas cristas sucessivas e entre dois vales sucessivos. Esta distância é denominada comprimento de onda.



o comprimento de onda.

A distância AB, indicada no desenho ( ☐ é; ☐ não é)

16.



17. À medida que as cristas propagam-se na superfície da água as faixas brilhantes propagam-se, também, na tela. As faixas brilhantes, ou sejam, as cristas propagam-se para ( ☐ o centro, ☐ os extremos) da tela.

Nota: É mais fácil acompanhar a propagação no papel do que diretamente na água; por esta razão nas experiências a serem realizadas, as observações serão feitas na tela.)

82.

não é

83. A distância entre um vale e uma crista não é um comprimento de onda. No gráfico ao lado, assinale com  $\lambda$  (lâmbda) as distâncias que representam o comprimento de onda.



17.

☐ ex -  
tremos

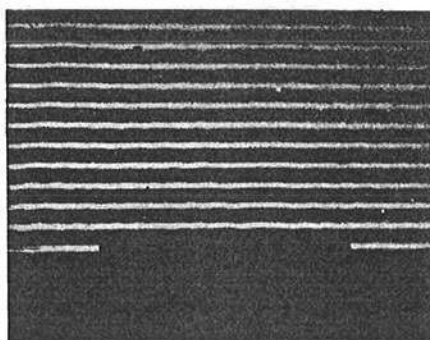
18. Coloque, sobre a superfície da água, um pedaço de cortiça e provoque, a uns dez cm. da cortiça, uma perturbação, com o dedo indicador. Observe, detidamente, o que acontece com a cortiça e a perturbação.

- a) A perturbação se propaga sem arratar consigo a cortiça? ☐ Sim; ☐ Não
- b) A perturbação se propaga arrastando a cortiça? ☐ Sim; ☐ Não
- c) A cortiça e as moléculas da água se agitam para cima e para baixo sem se propagar? ☐ Sim; ☐ Não

83.



84. A fotografia corresponde à projeção de uma onda periódica que se propaga na cuba de ondas. O comprimento de onda é a



distância entre duas faixas escuras consecutivas, ou duas faixas claras consecutivas. Meça a distância entre todas as faixas claras consecutivas

As distâncias medidas são (☐ iguais; ☐ diferentes)



18.

a) Sim

b) Não

c) Sim

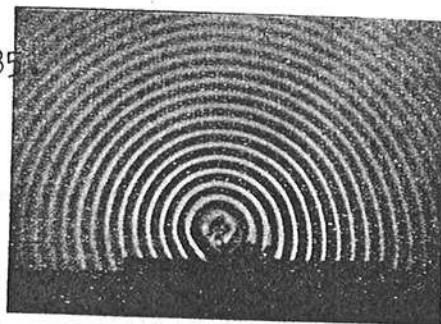
19. Se as moléculas de água e a cortiça sobem e descem num mesmo lugar, quando passa uma perturbação, isto quer dizer que a perturbação se propaga:

( ☐ com transporte de matéria, ☐ sem transporte de matéria)

84.

☐ igual

85



A fotografia mostra a projeção de uma onda periódica circular numa cuba de ondas. O comprimento de onda não é a distância entre uma faixa clara e uma escura.

Meça a distância que há entre uma faixa clara e uma escura. A distância obtida é ( ☐ igual; ☐ não é igual) a distância que existe entre duas escuras sucessivas.

19.

☐ sem  
transporte  
de matéria

20. Retire a cortiça e abaixe o conjunto formado pelo vibrador de barra, de modo que, todos os pontos da barra se assentem sobre a água ao mesmo tempo (cuide muito disto; dêle depende o êxito de seu trabalho).

Ponha em andamento o motor, ligando o fio solto a pilha. Observe o que ocorre com o vibrador e as perturbações que produz. Faça um desenho das faixas brilhantes e escuras, mais ou menos retas, que observa sobre a tela de papel.

(Depois de responder, continue em frente da cuba sem desligar o motor)

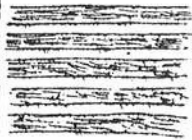
85.

☐ desi -  
gual

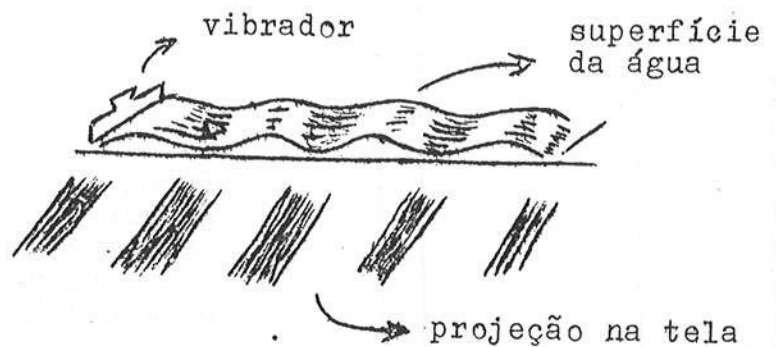
86. As distâncias entre faixas escuras consecutivas correspondem às distâncias entre vales.

As distâncias entre faixas claras consecutivas correspondem às distâncias entre. \_\_\_\_\_

20.



21.



A superfície da água e a tela apresentam um aspecto semelhante ao do desenho quando sendo produzidas estas perturbações.

a) A que corresponde, na tela, uma crista que se propaga na superfície da água?

b) A que corresponde, na superfície da água, uma faixa escura que se propaga na tela?

86.

cristas

87.

NOTA:

O comprimento de onda que se vê na projeção é uma ampliação do comprimento de onda na superfície da cuba.

O gráfico ilustra este fato.



21.

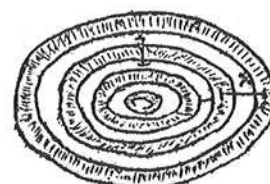
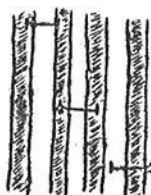
a) a uma  
faixa bri  
lhante

b) a um  
vale

22. Enquanto estão se produzindo perturbações na cuba, coloque sobre a superfície da água o pedaço de cortiça. Como a cortiça se agita para cima e para baixo, ao se propagar a perturbação, isto quer dizer que:

- ☐ a) As moléculas de água se deslocam com a perturbação
- ☐ b) As moléculas de água se agitam no mesmo lugar ao passar a perturbação.

88.



Nos desenhos estão assinalados com  $\lambda$  algumas distâncias que correspondem a um comprimento de onda, tanto de ondas na superfície da água, como de suas projeções na tela.

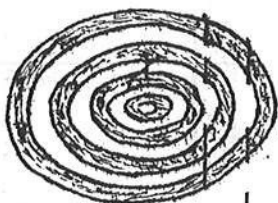
Risque com uma linha, somente aquelas distâncias que correspondem, também, a um comprimento de onda e que nos desenhos não estão assinalados com

22.

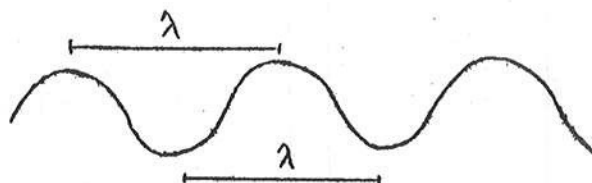
b) As moléculas de água se agitam no mesmo lugar ao passar a perturba.

23. As perturbações que se propagam sobre a superfície, sem transportar as moléculas de água, ou seja, sem transportar matéria, constituem um exemplo de ondas. As ondas que se produzem no mar, constituem um exemplo de ondas; porém num lugar próximo a praia rompem-se e a água avança para a praia. Por que deixam de ser ondas depois que elas se rompem, perto da praia? \_\_\_\_\_

88.



89. O comprimento de onda de uma onda periódica, representa-se por  $\lambda$ , (lê-se "lambda")



O desenho mostra duas distâncias que representam o comprimento de onda de uma onda periódica que se propaga na superfície da água.

Defina comprimento de onda.

23.

Por que  
transpor-  
tam maté-  
ria ao  
fazer a  
água avan-  
çar para a  
praia.  
(ou equi-  
valente)

24. Na seguinte lista de perturbações, assina-  
le as que são exemplos de ondas.

- a) ☐ o vento
- b) ☐ perturbação que se propaga numa  
mola.
- c) ☐ gota de tinta que cai num mata-bor-  
rão.
- d) ☐ fumaça.

7.

FREQUÊNCIA



24.

b .

25. Em todos os exemplos apresentados, uma perturbação toma o nome de onda quando:

- a) ☐ propaga-se transportando matéria.
- b) ☐ propaga-se sem transportar matéria.

89.  
Comprimento de onda é a distância que existe entre duas cristas ou entre vales (dois) sucessivos de uma onda periódica

90. Se de uma torneira caem tres gôtas de água por segundo, sôbre um recipiente cheio de água, formar-se-ão, também, tres perturbações em cada segundo (unidade de tempo) sôbre a superfície da água. Este valor, 3 perturbações por segundo, é a frequência da onda periodica indicada.

A frequência com que caem as gôtas da água é de \_\_\_\_\_  $\frac{\text{gôtas}}{\text{seg.}}$

25.  
b) propaga-se sem transportar matéria.

26. Como definir onda ?

---

---

90.

91. Se da torneira caem 20 gotas em 5 segundos, este valor, 20 gotas em 5 segundos, não é a frequência da onda periódica.  
A frequência neste caso será:  $\frac{20 \text{ gotas}}{5 \text{ seg}}$   
4 gotas / segundo

Se, em uma onda periódica, produzem-se 30 perturbações em 6 seg, qual é a frequência da onda? \_\_\_\_\_

3. MEIO

91.

$$\frac{30}{6} = \frac{5 \text{ perturbações}}{\text{seg.}}$$

92.

Se uma embarcação encontra-se ancorada no mar, ela subirá cada vez que por ela passar uma crista de onda. Contando-se 20 ascensões em 2 minutos, quantas ascensões ocorrerão, em cada unidade de tempo?

(Tomar como unidade de tempo o minuto)  
Qual é a frequência da onda periódica que passa pelo barco?

26.

As ondas  
são per-  
tubações  
que se  
propagam  
sem trans-  
porte de  
matéria

27. Ao cair um objeto pequeno, como uma pedrinha ou uma gota de água, num tanque, produzem-se perturbações na superfície do líquido. Estas perturbações propagam-se na superfície do líquido e por isso são denominadas ondas superficiais.



O som que se propaga no interior de um líquido não é exemplo de onda superficial. As ondas do mar propagam-se ( ☐ na superfície; ☐ no interior) da água.

92.

$\frac{20}{2} = 10$   
ascensões  
por minu-  
to

10 pertur-  
bações  
por minu-  
to

93. No papel, sobre o qual se projetam as ondas periódicas, assinale um ponto como o ponto A da figura.

Se conseguirmos contar o número de perturbações que passam por esse ponto, podemos determinar qual é o número de perturbações que se produziram na unidade de tempo, ou seja a frequência dessa onda periódica.

Se passam 60 perturbações em 5 segundos qual é a frequência da onda?



A

27.

☐ na  
superfície

28.

As ondas, produzidas com o vibrador de barra, na cuba, propagam-se na superfície da água e são exemplos de ondas superficiais.

As ondas que se propagam dentro da terra, causando os tremores e terremotos, não são exemplos de ondas superficiais.

Assinale, nos exemplos abaixo, aqueles que correspondem a ondas superficiais:

- a) ☐ som, propagando-se no ar.
- b) ☐ onda que se propaga no óleo, ao se deixar cair, sobre êle, gotas do mesmo material.

93.

$$\frac{60}{5} =$$

= 12 perturbações  
segundo

94.

A frequência é designada pela letra  $f$ .  
Como poderá definir a frequência  $f$  de  
uma onda periódica? \_\_\_\_\_

28.

b

29. A água é um meio para a propagação de ondas superficiais.  
O gelo não é um meio para a propagação de ondas superficiais semelhantes às que se produzem na água.

Nos exemplos abaixo, marque com X todos aqueles que NÃO são exemplos de meio para a propagação de ondas superficiais.

a) ☐ gasolina

c) ☐ pedra

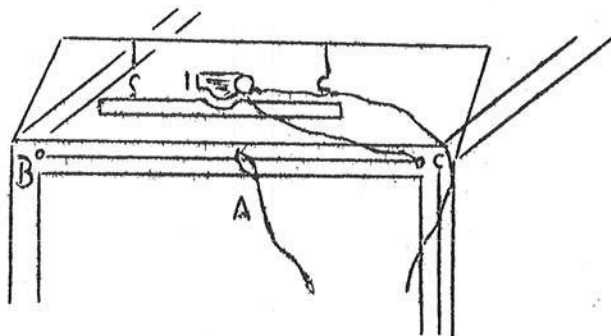
b) ☐ madeira

d) ☐ vinho

94.

Número de perturbações que se produzem na unidade de tempo.

95. Fazendo funcionar o motor da cuba, varie a frequência do motor movendo o fio A sobre BC



Se A move para B, o número de rotações do motor (☐ aumenta, ☐ diminui); e portanto, a frequência é (☐ maior) (☐ menor).

Fique em frente à cuba.



29.

b) madei-  
ra

c) pedra

30. Indique dois exemplos de meios semelhantes à água, onde se propagam ondas superficiais.

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

95.

☐ dimi-  
nue

☐ menor

96. Observe o que se passa na tela:  
Se a frequência do motor aumenta a frequência das ondas produzidas ( ☐ aumenta, ☐ diminui )

Se a frequência do motor diminuir a frequência das ondas produzidas ( ☐ aumenta, ☐ diminui )

30.

óleo  
gasolina  
outros  
líquidos

31. O som propaga-se no ar.  
No vácuo, o som não se propaga.

a) o vácuo ( ☐ é, ☐ não é,) um  
meio para a propagação do som.

b) O ar ( ☐ é, ☐ não é) um  
meio para a propagação do som.

96.

aumenta

diminui

97. Os desenhos, abaixo, correspondem a projeções de ondas.



A



B

Comparando os desenhos A e B, o comprimento de onda:

a) ☐ é maior em A

b) ☐ é maior em B

A frequência é

c) ☐ é maior em A

d) ☐ é maior em B

31.

a) ☐ não é

b) ☐ é

32. Se sabemos que as ondas sonoras (som) propagam-se na água e no gelo, como podem ser denominados a água e o gelo pelo fato de nêles se propagar o som? \_\_\_\_\_.

97.

☐ b) maior em B

☐ c) é maior em A

98. Designamos, com letras, a velocidade de uma perturbação o comprimento de onda, o período e a frequência de uma onda periódica. Assim:

a)  $V$  = Velocidade

b)  $T$  = \_\_\_\_\_

c)  $\lambda$  = \_\_\_\_\_

d)  $f$  = \_\_\_\_\_

32.

meios  
para a propagação do  
som

33.

Algo que é meio para a propagação de uma onda pode não sê-lo para a propagação de outra classe de ondas.  
O gelo é um meio para a propagação do som e (☐ é; ☐ não é) um meio para a propagação das ondas superficiais, semelhantes as que se propagam na água.

8.

RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO DE ONDA, A VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO E A FREQUÊNCIA DE UMA ONDA PERIÓDICA.

33.

☐ não é

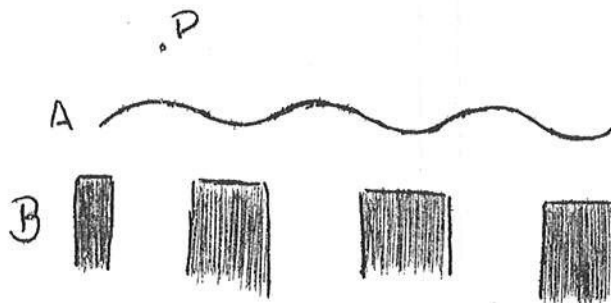
34. Pode-se falar de um meio para propagação de uma onda, somente quando nêle se propaga a dita onda. Abaixo, você tem uma lista de meios, em frente de cada um coloque a letra X se for um meio para a propagação das ondas superficiais e um V se for um meio para a propagação do som. (em frente a cada meio pode aparecer ambas as letras)

- |                                                            |                                                               |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> metal | 4. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gasolina |
| 2. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> água  | 5. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gêlo     |
| 3. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> vácuo | 6. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> madeira  |

98.

- b) período  
c) comprimento de onda  
d) frequência

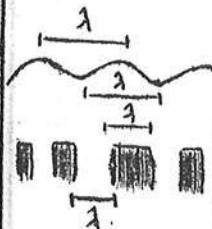
99.



No desenho, o detalhe A, apresenta uma onda superficial vista de perfil. O detalhe B representa a mesma onda vista de cima. Assinale nos desenhos o que constituiria comprimento de onda  $\lambda$ .

#### 4. VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO

99.



100. No desenho do quadro anterior está assinalado um ponto P. Cada vez que por P passa uma crista, produz-se uma perturbação no vibrador. Se as perturbações se produzem em cada intervalo de tempo igual ao período, com que intervalo de tempo passarão as cristas pelo ponto P?
-



34.

- 1. V
- 2. V X
- 3.
- 4. V X
- 5. V
- 6. V

35.



O desenho corresponde a uma experiência que você realizou:

Mostram-se as diferentes posições ocupadas pela onda que se propaga na corda. Em cada unidade de tempo ela percorre uma mesma distância. Se a onda for produzida em A, ao se propagar para B, percorre uma distância AB. Se supusermos que esta distância é 6 m e que o tempo para percorre-la é de 3 seg., que distância percorre a onda em um seg.?

100.

Com um intervalo igual ao período T.

101. Cada perturbação que passa por P, em intervalos de tempo iguais ao período, esta separada, da perturbação seguinte, por uma distância igual ao comprimento de onda .

Assim, a distância é percorrida pela perturbação num tempo igual a:

- a) ☐ T
- b) ☐ 2 T.

35.

$$\frac{6m}{3seg} = \frac{2m}{seg}$$

ou

2m em cada  
ség.

36. A resposta que você obteve no quadro anterior é de 2m em cada segundo. Esta resposta costuma ser escrita  $2 \frac{m}{seg}$ .

Se a unidade de tempo é o segundo, que distância percorre a onda em cada unidade de tempo?

101.

a) T

102. Sabe-se que a velocidade é a distância percorrida por unidade de tempo, ou seja, a relação entre a distância e o tempo ( $V = \frac{d}{t}$ ). Sabe-se que  $\lambda$  é a distância percorrida pela onda em um intervalo de tempo igual ao período T. Pode-se portanto, determinar a velocidade de propagação da onda periódica. Assim sendo,  $V = \text{---}$

36.

$$2 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

37. Se a distância percorrida por uma onda é 9 m e o tempo gasto é 3 seg., qual é a distância percorrida por unidade do tempo? \_\_\_\_\_.

102.

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

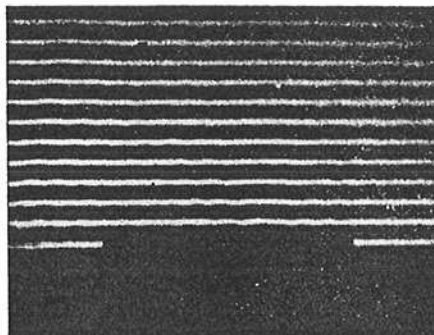
103. Se a frequência de uma onda periódica é de  $f = 20$  perturbações por segundo, isto quer dizer que, em cada segundo são produzidas 20 perturbações. Portanto, uma só perturbação ocorrerá num intervalo de tempo 20 vezes menor, ou seja, em  $\frac{1}{20}$  seg.

Em que intervalo de tempo ocorrerá uma perturbação, se a frequência é de 30 perturbações ?  
seg. \_\_\_\_\_.

37.

$$\frac{9 \text{ m}}{3 \text{ seg}} =$$

$$= 3 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$



38. A fotografia, obtida numa cuba de ondas, indica uma onda que se produziu em A e que chegou a B, após certo tempo. Em cada unidade de tempo a onda percorre a mesma distância. Se a distância AB for de 40cm. e o tempo de 2 seg. a distância que percorre a onda, por unidade de tempo é \_\_\_\_\_

103.

$$\frac{1}{30} \text{ seg}$$

104. Segundo a definição de frequência f, (número de perturbações por segundo), uma só perturbação se produzirá em \_\_\_\_\_ seg.

38.

$$\frac{40}{2} \frac{\text{cm}}{\text{seg}} =$$

$$= 20 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

39. Como se encontra a distância percorrida pela onda, por unidade de tempo?

---

104.

$$\frac{1}{f} \text{ seg.}$$

105. Uma perturbação é produzida no intervalo de tempo  $\frac{1}{f}$  e, segundo a definição de período T (intervalo de tempo em que ocorre uma perturbação):

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

39.

Dividindo a distância total pelo tempo total em percorre-la

40. Dividindo a distância percorrida pela onda pelo tempo total gasto em percorre-la, encontra-se a velocidade de propagação de onda.

Se uma onda, numa corda, percorre 18 m em 9 seg., com que velocidade se propaga?             $\frac{\text{m}}{\text{seg}}$

105.

T

106. Se a frequência (f) de uma onda periódica é de 10 perturbações por segundo, qual é o valor do período T?

$$f = 10 \frac{\text{perturbações}}{\text{segundo}}$$

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

$$T =$$



40.

$$2 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

41. Com que velocidade se propaga uma onda do som que percorre no ar 2720 m. em 8 seg?

$$V = \frac{d}{t}.$$

$$V = \underline{\hspace{2cm}} =$$

106.

$$T = \frac{1}{10} \text{ seg}$$

107. Sabemos que a velocidade de propagação de uma onda periódica é  $V = \frac{\lambda}{T}$  e

$$\text{que } T = \frac{1}{f}.$$

Portanto, pode se substituir  $T$  em

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

por  $\frac{1}{f}$  e se obterá:

$$V = \underline{\hspace{4cm}}$$

41.

$$V = \frac{2720}{8}$$

$$\frac{m}{seg} =$$

$$= 340 \frac{m}{seg}$$

42. A velocidade de propagação de uma onda é obtida, dividindo-se a distância percorrida, pelo tempo gasto em percorrerla. Portanto, a velocidade de propagação de uma onda é a relação entre

---



---

107.

$$V = \frac{\lambda}{\frac{1}{f}}$$

108.  $V = \frac{\lambda}{\frac{1}{f}}$ , ao se realizar a divisão de  $\lambda$  para  $\frac{1}{f}$  pode-se escrevê-la assim:  $V = \lambda \frac{f}{1}$ .

Por tanto:  $V =$

42.

A distância percorrida e o tempo gasto em percorrer-la

43. Defina velocidade de propagação de uma onda.

---

---

108.

$$v = \lambda f$$

109. Se a frequência de uma onda periódica é de 25 perturbações por segundo e o comprimento de onda é de 2cm. qual é a velocidade de propagação da onda?

$$f = 25 \frac{\text{perturbações}}{\text{segundo}}$$

$$\lambda = 2 \text{ cm.}$$

$$v = \lambda f$$

$$v =$$

43.

Relação  
entre dis-  
tância  
percorri-  
da pela  
onda e o  
tempo gas-  
to em per-  
corre-la.  
ou  
Distância  
percorri-  
da pela  
onda, por  
unidade  
de tempo

44. O som, no ar, propaga-se com uma veloci-  
dade de  $340 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$  e na água com uma velo-  
cidade de  $1400 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$   
A velocidade de propagação do som no ar  
é ( ☐ maior; ☐ menor) que na água?

109.

$$V = 2 \quad 25$$

$$V = 50 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

110. Um som propaga-se com uma frequência de  
1000 vibrações  
seg

onda é de 0,35m. determine a veloci-  
dade com que se propaga.

$$\lambda = 0,35\text{m.}$$

$$f = 1000 \frac{\text{vibrações}}{\text{seg}}$$

$$V = \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

44.

☐ menor

45. O som, no ar, propaga-se com uma velocidade de  $300 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$  e, em um tubo de ferro, com uma velocidade de  $5000 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$ .

A velocidade de propagação do som no ferro é (☐ maior; ☐ menor) que no ar

110.

$$V = 0,35 \cdot 1000$$

$$V = 350 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

111. Um som propaga-se com uma velocidade de  $5.400 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$ . Se seu comprimento de onda é de  $0,60 \text{ m}$ , determinar a frequência desse som.

$$V = \lambda f$$

$$F = \frac{V}{\lambda}$$

$$V = 5.400 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$\lambda = 0,60 \text{ m.}$$

$$f = \frac{\text{vibrações}}{\text{seg}} = \frac{\text{vibrações}}{\text{seg}}$$

45.

☐ maior

46. Nos exemplos anteriores, faz-se referência a mesma onda propagando-se em meios diferentes. Que ocorre com a velocidade da onda quando ela se propaga em meios diferentes?

a) ☐ é a mesma

b) ☐ é diferente

111.

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

$$f = \frac{5.400}{0.60}$$

Vibrações  
seg

9.000

Vibrações  
seg

112. A velocidade de propagação de uma onda periódica é  $V = \lambda f$ . Em palavras, isto significa: a velocidade de propagação de uma onda periódica é igual ao produto do \_\_\_\_\_.



46.

☐ é diferente

47. Que ocorre com a velocidade de uma onda quando ela se propaga em um mesmo meio?

a) é a mesma ☐

b) é diferente ☐

112.

Comprimento de onda pela frequência

113. A relação que há entre a velocidade de propagação de uma onda periódica, o comprimento de onda e o período é:  $V = \frac{\lambda}{T}$

Qual é a relação entre a velocidade de propagação de uma onda periódica, a frequência e seu comprimento de onda? \_\_\_\_\_.

47.

a) é a  
mesma

48. Serão realizadas algumas experiências com o objetivo de verificar se a velocidade de propagação de uma onda varia, variando-se as condições do meio.

Passe ao quadro seguinte

9. ENERGIA.

49. Ponha água na cuba de ondas até que alcance uma altura de 1.5 a 2 cm, aproximadamente.

Passe ao quadro seguinte.

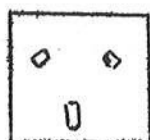
113.

$$V = \lambda f$$

114. Nos quadros anteriores, você aprendeu que as partículas em movimento transportam energia.

Uma bola de bilhar que se move sobre uma mesa, ao se choçar com outra bola, em repouso, pode colocá-la em movimento. Isto indica que a bola em movimento ( ☐ transporta; ☐ não transporta ) energia

50. Ponha a peça de vidro que contém seu equipamento dentro da água, na forma indicada no desenho abaixo. Ponha mais água, com cuidado, para que a altura da água sobre este vidro que acaba de pôr seja de 2 a 3 mm aproximadamente.

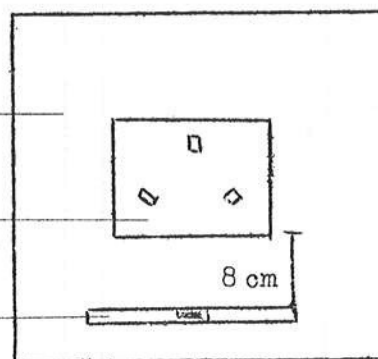


VIDRO

vidro  
da cuba

VIDRO

VIBRADOR  
DE BARRA



114.

Transporta

115. Quando há vento, as moléculas de ar em movimento, ao se chocarem com as velas de um barco, podem colocar o barco em movimento. Também isto, indica que as moléculas de ar transportam energia.

Em geral, uma partícula qualquer, em movimento, transporta \_\_\_\_\_

51.

Comprovê, mediante uma régua graduada, que as profundidades, sôbre o vidro recém posto e do resto da cuba são as indicadas. Sôbre o vidro recém posto existe uma profundidade de aproximadamente \_\_\_\_\_ mm.

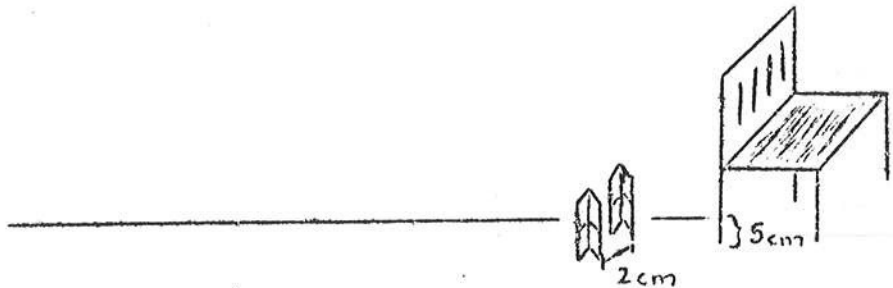
(No caso de ter valores completamente diferentes aos dados, aumente ou diminua a água).

115.

energia.

116. Vejamos o que ocorre com as ondas, ao se propagarem.

Tome a corda do seu material e até um extremo numa cadeira ou numa mesa, a 5 cm do solo. Próximo ao extremo fixo, e a 1 cm da corda de um e outro lado, coloque dois prendedores de roupa do seu material. O outro extremo da corda, sustenha-o com a mão da forma como você fez nas experiências anteriores de corda. O aspecto da corda ficará como se indica no desenho.



Passe ao quadro seguinte.

51.

2 ou 3mm

52. Acenda a lâmpada e trace na tela de papel, em linha grossa, o contorno da projeção do vidro.

117. Produza ondas na corda, puxando-a com o indicador e o polegar, como você já aprendeu.

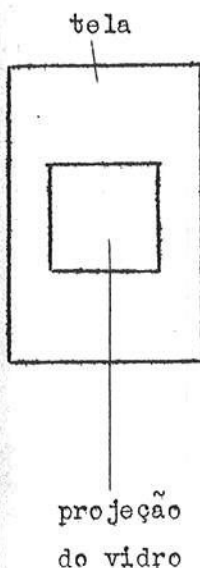
O que ocorre com o prendedor, no qual golpeia a corda, no instante em que a onda passa?

a) ☐ move-se

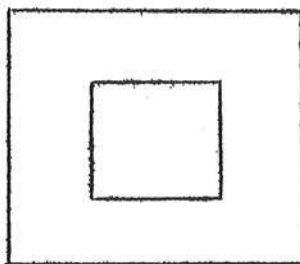
b) ☐ não se move



52.



53. A projeção do vidro que acaba de delimitar corresponde, na água à zona de menor profundidade. A figura mostra a tela de papel e nela o desenho da projeção do vidro sobre a tela.



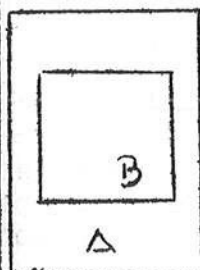
Na tela de papel, assinale com a letra A a zona que corresponde à de maior profundidade na cuba. E com a letra B a zona de menor profundidade.

117.

☐ move  
se

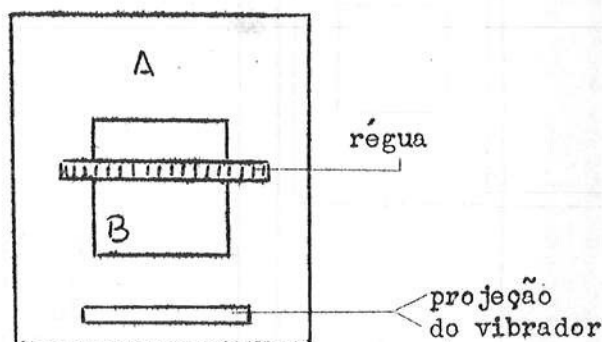
118. Se o prendedor se move ao ser golpeado pela corda, no instante em que a onda passa por ele, isto quer dizer que a onda transporta \_\_\_\_\_ ao se propagar na corda.

53.



54. Utilizando o vibrador de barra e com baixa velocidade do motor, produza ondas. Coloque-se ao lado da cuba e observe as projeções das ondas sôbre a tela.

Coloque uma régua graduada, sôbre a tela, de maneira que fique paralela a projeção do vibrador, da forma como indica a figura.



118.

energia.

119. Os aviões a jato são impedidos de voar a pouca altura sôbre as cidades, porque quando rompem a barreira do som e conseguem altas velocidades, produzem-se ondas sonoras que rompem os vidros das janelas e portas dos edifícios. Se se rompem os vidros, isto quer dizer que as ondas sonoras ( ☐ transportam; ☐ não transportam) energia.

55. Procure seguir, com a vista, uma só das projeções da onda junto a um lado do retângulo que está desenhado na tela. Repita a mesma observação uma, duas ou três vezes. Que parte da projeção da onda alcança primeiro a régua?

- a) ☐ a que se propaga na zona mais profunda (A)
- b) ☐ a que se propaga na zona menos profunda. (B)

119.

transportam

120. Na experiência que você realizou na cuba de ondas, utilizando uma cortiça, produziu-se ascensão e descida desta, quando as ondas passavam pelo ponto onde ela se localizava. Este fato, deve-se a uma causa fundamental. Assinale qual é ela?

- a) ☐ Ao se produzir a perturbação, moléculas de água eram lançadas contra a cortiça.
- b) ☐ As ondas, ao se propagarem, não transportam energia.
- c) ☐ A cortiça já estava se agitando, antes de se produzir as ondas.
- d) ☐ As ondas, ao se propagarem, transportam energia.

55.

a) a que se propaga na zona mais profunda.

56. Se as partes da projeção de uma mesma onda chegam, em diferentes tempos, à régua, isto quer dizer que se propagam com velocidades diferentes.

A parte da onda que se propaga, em que zona tem maior velocidade?

---

---

120.

d) As ondas, ao se propagarem transportam energia.

121. As ondas são perturbações que se propagam:

- ☐ a) Com transporte de matéria.
- ☐ b) Com transporte de energia.
- ☐ c) Com transporte de matéria e energia.

56.

a que se propaga sôbre a zona mais profunda.

57. Temos observado o que ocorre com as projeções das ondas superficiais, o mesmo ocorrendo com as ondas na água. Em que zona as ondas se propagam com menor velocidade?

---

121.

b) com transporte de energia.

122. Assinale um fato comum, tanto para partículas, como para ondas:

- a) ☐ transporte de matéria e energia.
- b) ☐ matéria que se propaga.
- c) ☐ transporte de energia.

57.

na zona me-  
nos profun-  
da.

58. Na cuba, as ondas superficiais viajam com maior velocidade em água mais profunda. O que pode dizer em relação aquelas que viajam em água menos profunda?

---

122.

c) trans-  
porte de  
energia.

123. Indique, se é uma onda ou uma partícula que se propaga, quando:

- a) Há matéria que se propaga com transporte de energia. ☐ partícula ☐ onda
- b) Há somente energia que se propaga com a perturbação. ☐ partícula ☐ onda



58.

viajam  
com menor  
velocida-  
de

59. De que fator depende, principalmente, a velocidade de propagação de uma onda superficial na água? \_\_\_\_\_

123.

a) Partí-  
cula

b) Onda.

124. Em geral, o que transporta consigo uma onda, ao se propagar? \_\_\_\_\_

59.  
da profun-  
didade.

60. As ondas têm velocidades diferentes. Por -  
tanto, para a propagação de ondas superfici-  
ais, águas que não têm a mesma profundidade  
podem ser consideradas como ( ☐ o mesmo  
meio; ☐ meios diferentes ).

10. QUADROS DE REVISÃO.

60.  
meios di-  
ferentes

61. Para uma mesma onda superficial, semelhante às produzidas na água, considera-se que se propagam em meios diferentes, quando:

a) a profundidade

☐ é a mesma  
☐ é diferente

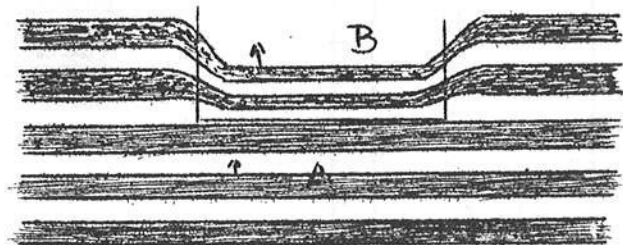
b) a velocidade de propagação

☐ é a mesma  
☐ é diferente

124.

transpor-  
ta ener-  
gia.

125.



O desenho representa as projeções, na tela, das ondas que se propagam, passando de uma zona mais profunda a menos profunda, na cuba de ondas.

a) A zona mais profunda é a ( ☐ A; ☐ B)

b) O comprimento de onda é maior em ( ☐ A; ☐ B)

c) A frequência é ( ☐ a mesma; ☐ diferente) em A e em B?

d) A velocidade de propagação é:

☐ igual em ambas as zonas  
☐ maior em A que em B  
☐ maior em B que em A

61.

☐ é diferente

☐ é diferente

62. Tome a corda que está na sua caixa e peça a colaboração de um de seus companheiros para que segure um extremo da corda, ou na sua ausência, prenda-a em algum lugar; o outro extremo segure-o você, de tal maneira que a corda penda por seu peso, da forma como indica a figura.



Passa ao quadro seguinte.

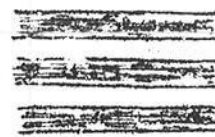
125.

- a) A
- b) A
- c) a mesma.
- d) maior em A que em B.

126.



A



B

Observando os desenhos das projeções de ondas superficiais, acima, indicadas e considerando que a frequência é igual, em A e em B, você pode concluir que:

- ☐ a) A velocidade de propagação é a mesma em A e em B
- ☐ b) A velocidade de propagação é maior em B que em A.
- ☐ c) A velocidade de propagação é maior em A que em B.
- ☐ d) O comprimento de onda é maior em B que em A

63. Você já sabe produzir uma onda numa corda, puxando-a com o polegar e o indicador. Produza-a de tal maneira que se propague ao longo da corda.

Estique um pouco mais a corda, e produza outra onda.

Em que caso a velocidade de propagação da onda é maior?

- ☐ a) quando a corda está frouxa
- ☐ b) quando a corda está tensa.

126.

127. Se se diminui o número de revoluções do motor, a frequência com que se propagam as ondas:

- ☐ a) diminui
- ☐ b) aumenta
- ☐ c) se mantém a mesma

O comprimento de onda:

b)

- ☐ d) diminui

- ☐ e) aumenta

d)

- ☐ f) mantém-se o mesmo

63.

b) quando a corda está tensa.

64. Produza outras ondas, usando diferentes tensões na corda e comprove se a observação anterior foi verdadeira.

Se se aumenta a tensão de uma corda, a onda que nela se propaga ( ☐ aumenta; ☐ diminui) de velocidade.

127.

a) diminui

e) aumenta

128. Pense, antes de responder cada pergunta:

a) A velocidade de propagação de uma onda é igual ao produto de \_\_\_\_\_

b) O expresso em palavras, seria em símbolos:

$V =$

c) mantendo constante a frequência ( $f$ ), se se diminui a velocidade de propagação, o comprimento de onda ( $\lambda$ ) ( ☐ aumenta; ☐ diminui)



64.

aumenta ☐

65. Uma corda, com diferentes tensões, pode ser considerada como meios diferentes para a propagação de uma onda, porque:

- a) ☐ a velocidade de propagação da onda muda ao variar a tensão
- b) ☐ a velocidade de propagação mantém-se igual

128.

a) comprimento de onda por frequência

b)  $v = \lambda f$

c) diminui

129. As ondas são perturbações que se propagam com:

- ☐ transporte de matéria e energia.
- ☐ transporte de energia.

65.

a)

66. Pelas experiências feitas, você conclui que:

Se a velocidade de propagação de uma onda aumenta ou diminui, o meio no qual se propaga ( ☐ é o mesmo; ☐ é diferente)

129.

transporte  
de  
energia

FIM DO CAPÍTULO I

66.

é diferen-  
te.

VOLTE À PÁGINA 1,

QUADRO Nº 68.



## CAPÍTULO II

### REFLEXÃO DE ONDAS

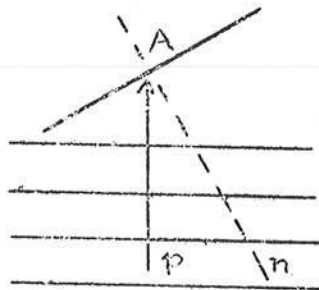
1. Fixe um extremo da corda, contida na sua caixa de material. Produza uma onda puxando a corda com o polegar e o indicador.

A onda produzida:

a) ☐ Desaparece ao chegar no extremo

b) ☐ Chega ao extremo fixo e volta

25.



Quando ondas incidem em um obstáculo, define-se o ângulo de incidência como o ângulo formado pela direção de propagação das ondas incidentes e a normal ao obstáculo.

No gráfico acima, assinale o ângulo de incidência com a letra i.



1.

b)

2. O fenômeno observado é um exemplo de reflexão de ondas.  
Como você denominaria a onda que chega ao extremo fixo?

☐ onda incidente

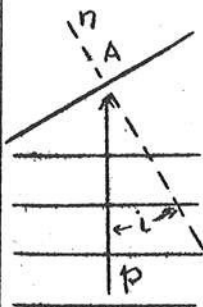
☐ onda refletida.

Como você denominaria a onda que volta?

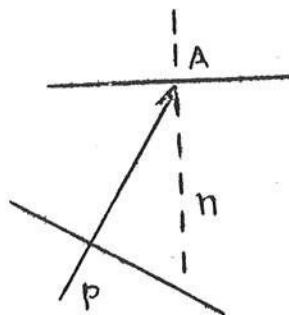
☐ onda incidente

☐ onda refletida.

25.



26.



Meça o ângulo de incidência:  $\hat{i} = \underline{\hspace{1cm}}$

2.

onda in -  
cidente

onda re -  
fletida.

3. Repita a experiência do quadro 1.  
A onda vai até o extremo fixo, reflete-se e volta até sua mão.  
A onda, ao chegar a sua mão, também se reflete?

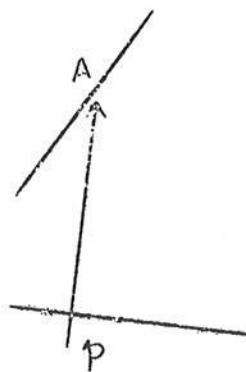
☐ sim

☐ não

26.

$$\hat{i} = 30^\circ$$

27.

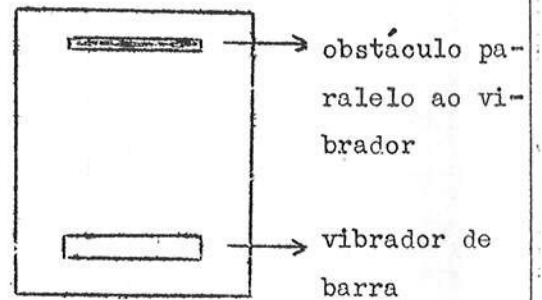


Trace por A a normal ao obstáculo.  
Meça o ângulo de incidência:  $\hat{i} = \underline{\hspace{2cm}}$

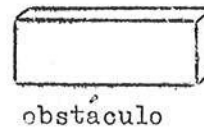
3.

sim

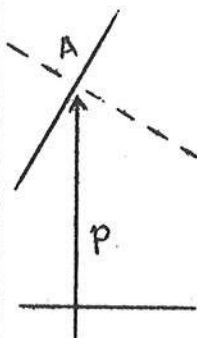
4. Com a cuba de ondas faça a montagem indicada pela figura.



O obstáculo deve assentar-se sobre uma das faces estreitas e compridas.



27.



$$\hat{i} = 60^\circ$$

28. Volte ao tanque de ondas.  
No esquema que você obteve sobre a tela, como resultado da sua experiência, trace a direção de propagação das ondas incidentes.  
No ponto A, em que a direção de propagação das ondas incidentes encontra-se com o obstáculo, trace a normal a este.  
Meça o ângulo de incidência:  $\hat{i} = \underline{\hspace{2cm}}$

5. Batendo, compassadamente e devagar, com a mão no vibrador da barra, produza uma onda e observe, na tela, o que ocorre.

A onda se reflete ao chegar no obstáculo?

28.

O valor de  $i$  depende da posição do seu obstáculo.

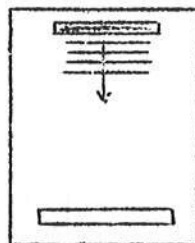
29. Ligue o motor e ilumine a cuba. Siga com todo cuidado o seguinte processo: sobre a tela, coloque a régua paralela a projeção das ondas refletidas.

DESLIGUE O MOTOR.

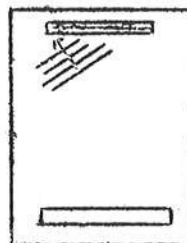
5.

sim.

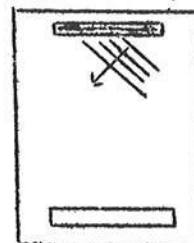
6. Qual dos desenhos abaixo indica melhor o caminho das ondas refletidas?



A



B



C



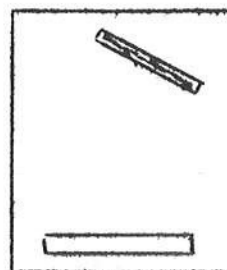
30. Verifique se a régua está realmente paralela à projeção das ondas refletidas. Para isso produza uma onda batendo levemente com a mão sobre o motor.

Se a régua está paralela à projeção das ondas, faça um traço que determine a sua posição, caso contrário volte ao quadro anterior.

6.

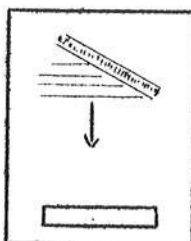
A

7. Repita a experiência com o obstáculo inclinado como mostra a figura.

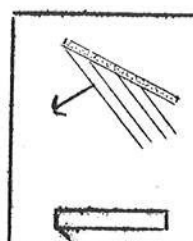


Qual dos desenhos indica melhor o caminho das ondas refletidas?

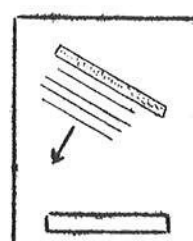
A



B

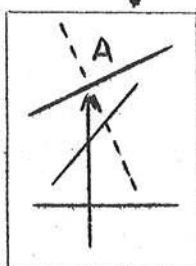


C



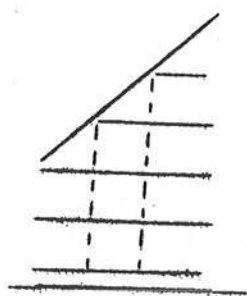
30.

tela

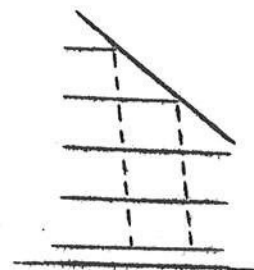


desligue a lâmpada.

31.



A



B

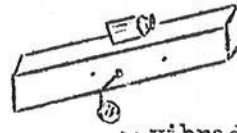
Nos desenhos A e B trace a direção de propagação das ondas refletidas.



7.

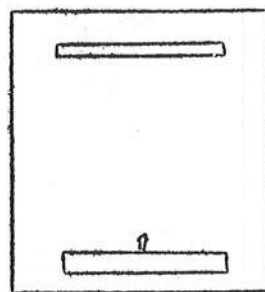
B

8. Levantando o vibrador de barra, ponha o vibrador pontual de modo que somente a esfera deste toque a água.

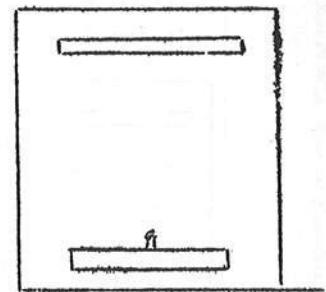


vibrador pontual

Produza uma onda, batendo com a mão no vibrador da barra, e desenhe, abaixo, a onda incidente e a onda refletida.

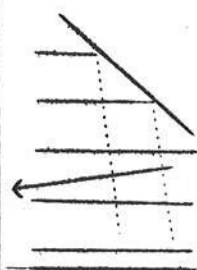
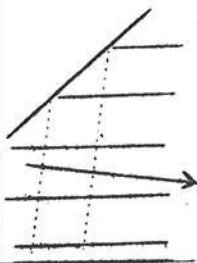


onda incidente

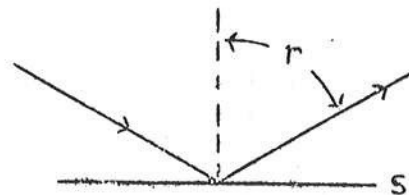


onda refletida

31.

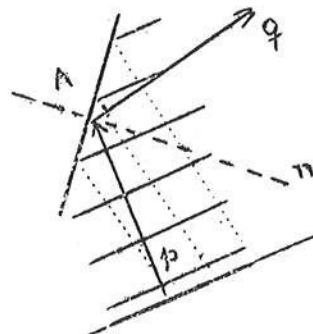


32.



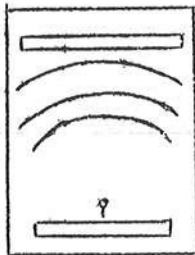
Quando o raio de luz incide sobre a superfície polida  $S$ , você define o ângulo  $\hat{r}$  como o ângulo de reflexão.

Na figura abaixo, ondas incidem em um obstáculo. Assinale o ângulo de reflexão.

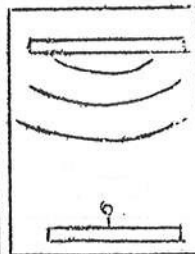


Quais são as direções que o formam?

8.



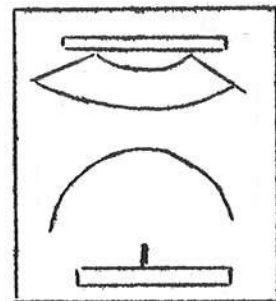
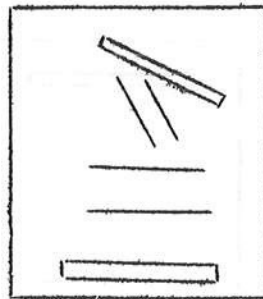
onda incidente



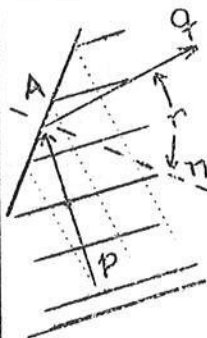
onda refletida

9. Os fenômenos que observou são um exemplo de reflexão de ondas na cuba.

Nos desenhos abaixo assinale com um i as ondas incidentes e com um r as refletidas.

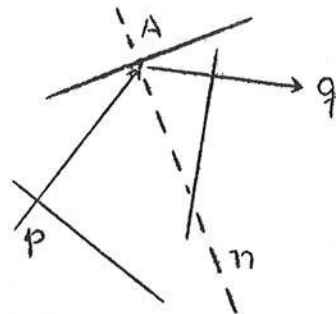


32.



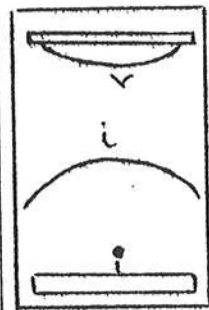
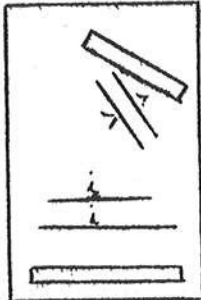
Normal e a direção de propagação das ondas refletidas.

33.



Meça o ângulo de reflexão:  $\hat{r} = \underline{\hspace{2cm}}$

9.



10. Imagine que você está em frente de rochas, em um lugar solitário, e dá um grito. Um momento depois escuta o mesmo grito. Isto indica que a onda do som se \_\_\_\_\_

33.

$$\hat{r} = 60^\circ$$

34. No esquema obtido sobre a sua tela, como resultado da experiência, trace pelo ponto A a direção de propagação das ondas refletidas.

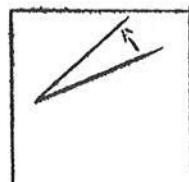
Meça o ângulo de reflexão:  $\hat{r} = \underline{\hspace{2cm}}$

10.  
reflete

11. O som refletido, que você escuta, denomina-se  
éco.  
O eco é um exemplo de \_\_\_\_\_ de ondas

34.  
O valor  
de  $\hat{r}$  de-  
pende da  
posição  
do seu  
obstáculo.

35. Varie a posição do obstáculo como in-  
dica a figura.



Coloque uma tela nova, ligue o motor e  
ilumine a cuba. Meça o ângulo de incidência:  
 $\hat{i} = \underline{\hspace{2cm}}$

Meça o ângulo de reflexão:  
 $\hat{r} = \underline{\hspace{2cm}}$

SE VOCÊ NÃO CONSEGUIR SEGUIR O PROCESSO PARA  
MEDIR OS ÂNGULOS PASSE PARA O QUADRO 36,  
SE CONSEGUIR PASSE AO QUADRO 37, MAS DES-  
LIGUE O MOTOR E A LÂMPADA, ANTES.

11.  
reflexão

12. Você já viu vários exemplos do que sucede a uma onda, ao encontrar um obstáculo. Poderá então responder esta questão: Que sucede a uma onda quando encontra um obstáculo? \_\_\_\_\_.

35.

Os valores de  $i$  e  $r$  dependem da posição do obstáculo.

36. Processo a seguir para determinar o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão.

- a) Coloque a régua coincidindo com um bordo da projeção do obstáculo e trace a direção a lápis.
- b) Coloque a régua paralela à projeção das ondas incidentes e das ondas refletidas, respectivamente, traçando as direções.
- c) Trace a direção de propagação das ondas incidentes, a normal e a direção de propagação das ondas refletidas.
- d) Meça os ângulos de incidência e reflexão.

$i$  = \_\_\_\_\_

$r$  = \_\_\_\_\_

DESLIGUE O MOTOR E A LÂMPADA.

12.  
  
se reflete.

13. Empregando o vibrador de barra, faça funcionar, o tanque de ondas, com o motor girando lentamente, a fim de produzir ondas de baixa frequência.

Varie a iluminação, até obter, sobre a tela, uma projeção nítida do que ocorre no tanque.

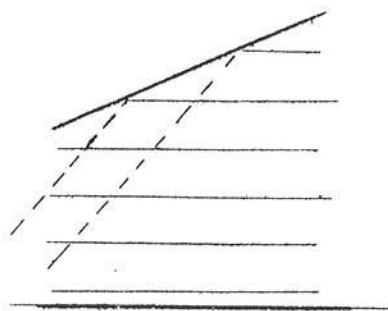
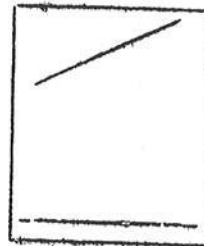
36.  
  
Os valores de  $\hat{i}$  e de  $\hat{r}$  dependem da posição do seu obstáculo.

37. A tabela abaixo representa valores obtidos em experiências semelhantes a que você realizou: Complete-a com os valores obtidos nas suas duas experiências.

|    | Ângulo $\hat{i}$ | Ângulo $\hat{r}$ |
|----|------------------|------------------|
| 1  | 15º              | 19º              |
| 2  | 22º              | 20º              |
| 3  | 28º              | 25º              |
| 4  | 30º              | 30º              |
| 5  | 35º              | 41º              |
| 6  | 47º              | 41º              |
| 7  | 47º              | 50º              |
| 8  | 56º              | 56º              |
| 9  | 63º              | 65º              |
| 10 | 64º              | 60º              |
| 11 | —                | —                |
| 12 | —                | —                |



14. Coloque, no tanque, o obstáculo que há no seu material, em posição semelhante à indicada na figura abaixo, de modo obter uma projeção do mesmo, na tela.

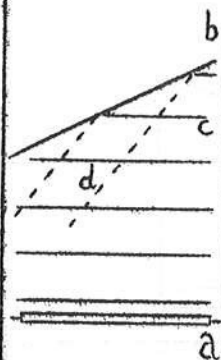


De acôrdo com o que você observa na tela, indique no desenho abaixo:

- a) o vibrador
- b) o obstáculo
- c) uma onda incidente
- d) uma onda refletida.

38. Impregando o papel milimetrado, que existe em seu material, represente os valores da tabela anterior, em um sistema de eixos com ângulo  $\hat{i}$  sôbre o eixo horizontal e ângulo  $\hat{r}$  sôbre o eixo vertical. (Cada centímetro nos eixos deve representar  $10^\circ$ ).

14.



15. Observe a projeção do obstáculo sobre a tela.

Faça coincidir uma régua com a projeção de um dos bordos do obstáculo, e trace, pela régua, uma linha indicando a direção da projeção.

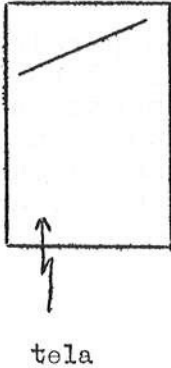
39. a) Qual o valor do ângulo  $\hat{r}$  para  $\hat{i} = 0$ ?

b) Que ponto do seu gráfico corresponde a esses valores? \_\_\_\_\_

c) Marque-o no gráfico.

NOTA. Se não tiver certeza, faça a experiência, colocando o obstáculo paralelo à barra.

15.

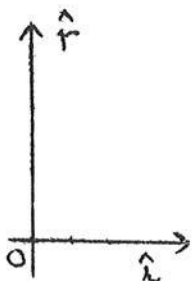


16. Agora, coloque a régua paralela à projeção das ondas incidentes.  
Tenha um cuidado especial com esta parte do seu trabalho, dela dependerá, em grande parte, o êxito da sua experiência.

DESLIGUE O MOTOR.

39.

- a)  $\hat{r} = 0$   
b) ponto  
0 (origem)  
c)



40. Trace a curva que passa pelos pontos representados em seu gráfico.

17. Verifique se a régua está paralela à projeção das ondas incidentes. Para isso, produza uma onda batendo levemente com a mão sobre o motor. Se a régua está paralela, faça um traço que determine a sua posição; caso contrário volte ao quadro anterior.

41. A curva resultante: ☐ é ☐ não é uma reta.

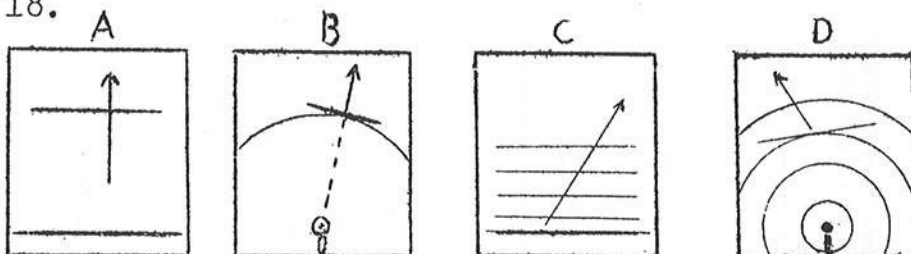
17.



tela

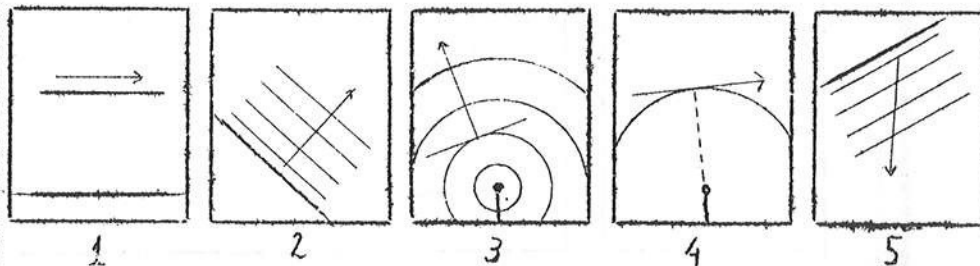
Desligue  
a lâmpada

18.



As direções traçadas nos gráficos A e B, representam a direção de propagação de um pulso, enquanto as direções assinaladas nos gráficos C e D não coincidem com a direção de propagação das ondas.

Indique em quais dos gráficos, abaixo, foi assinalada a direção de propagação.



41.

é

42. A reta que você encontrou passa pela origem, portanto, a relação  $\frac{\hat{i}}{\hat{r}}$  é

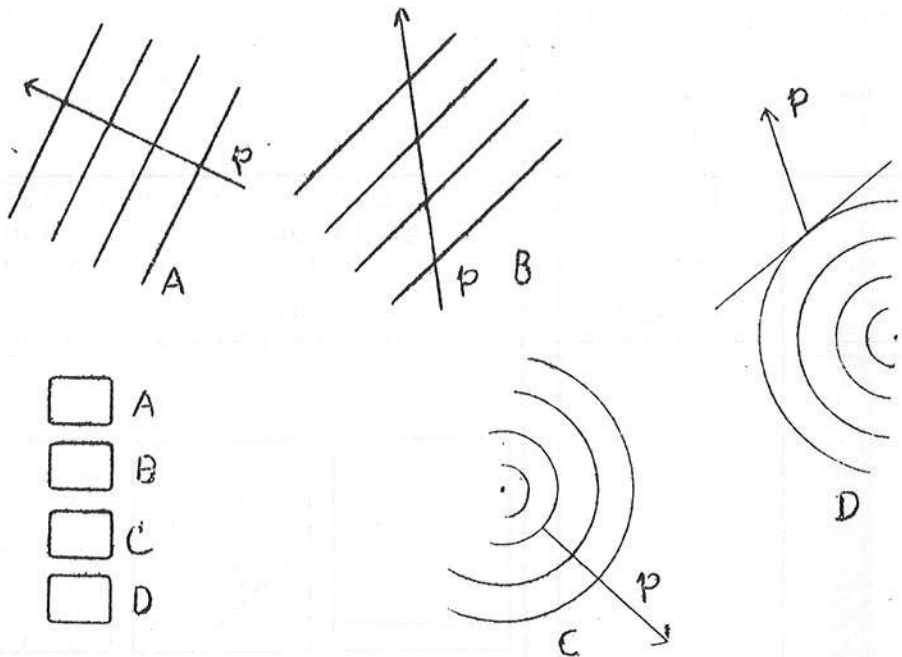
- (a) ☐ constante e diferente de zero.
- (b) ☐ constante e igual a zero.
- (c) ☐ não é constante.

18.

2  
3

19. Denomina-se direção de propagação à direção normal às cristas da onda.

Abaixo, a direção de propagação coincide com a direção  $\underline{p}$  na(s) figura(s):



- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D

42.

(a)

43. Se denominamos  $K \neq 0$  o valor constante da relação  $\frac{\hat{r}}{r}$ , ou seja  $\frac{\hat{r}}{r} = K \neq 0$ , podemos escrever que  $\hat{r} =$  \_\_\_\_\_

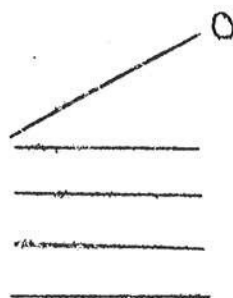


19.

A

C

20. Neste quadro e nos seguintes, use, convenientemente o transferidor para fazer os traçados.



O gráfico representa ondas que incidem sobre um obstáculo O.  
Trace a direção de propagação das ondas.

43.

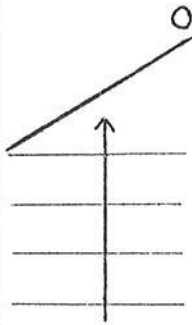
$$\hat{i} = k\hat{r}$$

44. Determine o valor numérico da constante K.

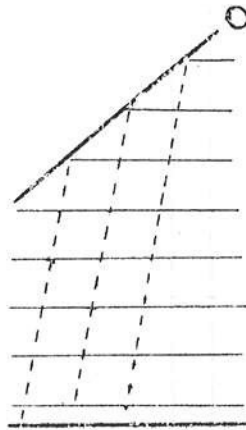
$$K = \underline{\hspace{2cm}}$$

Escreva a relação correspondente entre  $\hat{i}$  e  $\hat{r}$  para a reta que você encontrou.

20.



21.



As ondas incidem sobre o obstáculo O e são refletidas.

Trace a direção de propagação das ondas refletidas.

44.

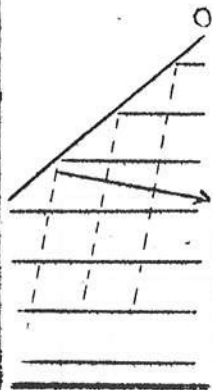
$$K = 1$$

$$\hat{i} = \hat{r}$$

45.

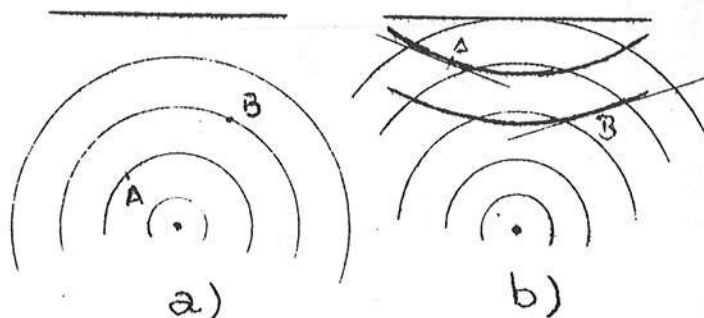
A relação entre  $\hat{i}$  e  $\hat{r}$  obtida no quadro anterior lhe permite estabelecer, para a reflexão de ondas na cuba, que : \_\_\_\_\_

21.



22. No desenho (a) as ondas se propagam em direção ao obstáculo.

Trace a direção de propagação dessas ondas nos pontos A e B.



No desenho (b), as ondas se refletem ao chegar ao obstáculo.

Trace a direção de propagação das ondas refletidas nos pontos A e B. (Já foram traçadas em tais pontos as direções tangentes às respectivas ondas.)

45.

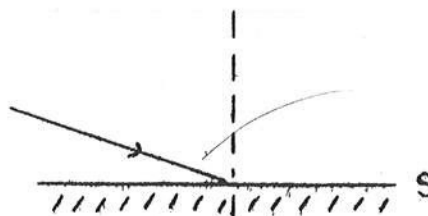
O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

46.

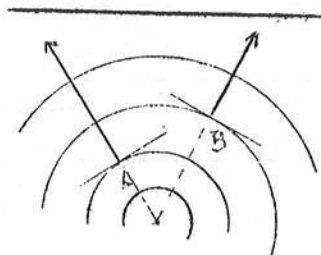
Um raio de luz incide sobre a superfície polida S.

a) Trace o raio refletido e assinale os ângulos de reflexão ( $\hat{r}$ ) e de incidência ( $\hat{i}$ ).

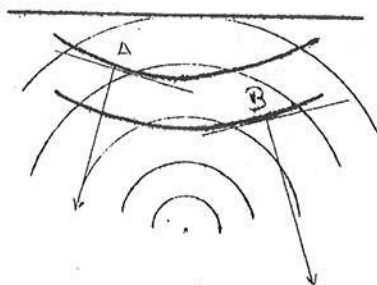
b) Qual a relação que você sabe que existe entre eles? \_\_\_\_\_



22.

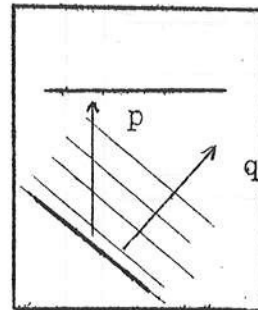


a)



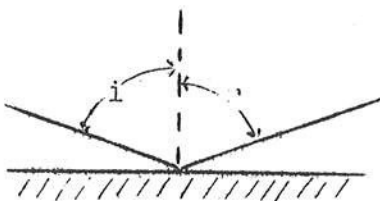
b)

23. As ondas se propagam segundo a direção:



46.

a)



b)

$\hat{i} = \hat{r}$ , ou  
são iguais

47. O que há de comum entre a reflexão da luz e a reflexão de ondas na cuba ?

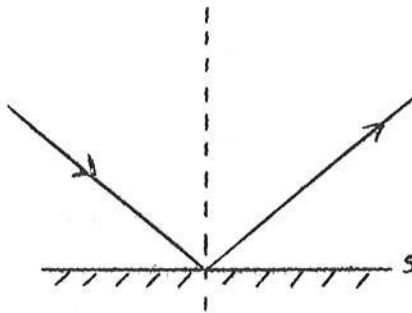
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

23.

q

24. Um raio de luz incide sobre a superfície polida s e é refletido



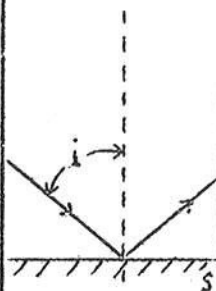
Assinale convenientemente o ângulo de Incidência.

47.

Em ambas o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

FIM DO CAPÍTULO II

24.



VOLTE À PÁGINA 72,

QUADRO Nº 25.



CAPÍTULO III

REFRAÇÃO DE ONDAS.



1. REFRAÇÃO DE ONDAS NA CUBA.

52. Na refração, se a incidência não é normal, ocorre o afastamento quando há aumento da velocidade, e a aproximação quando há diminuição.

Esta é uma propriedade comum tanto para \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ quanto para \_\_\_\_\_.

## INTRODUÇÃO

Nêste programa, falaremos de ondas, referindo-nos às ondas superficiais da água, na cuba. E vamos comparar certo comportamento das ondas com a luz.

É bom dizer que as conclusões a que chegaremos se verificam para outros tipos de ondas não estudadas nesta unidade, como as sonoras e outras.

52.

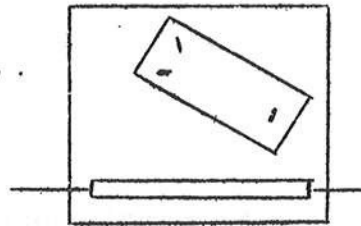
e luz

as ondas

53. Na refração de luz e na refração de ondas, se a incidência \_\_\_\_\_ o raio de luz e a direção de propagação das ondas se afastam da normal quando há \_\_\_\_\_ na velocidade, e se aproximam da normal quando há \_\_\_\_\_

1. Leia as instruções A, B, C, D, uma ou mais vezes, e comece, logo, a executar cada passo. À medida que execute cada passo faça um sinal no quadrinho que se encontra ao lado da letra, e continue com o passo seguinte até terminar.

☐ A.



Coloque a peça de vidro que contém o equipamento, na cuba, como é indicado neste gráfico.

☐ B.

Coloque água na cuba até que, em cima da peça de vidro, a altura da água seja aproximadamente 1 ou 2mm. Comprove, com uma régua graduada, se a altura da água, sobre a peça de vidro, é de 1 ou 2mm.

☐ C.

Acenda a lâmpada da cuba. Com a ajuda de uma régua, trace uma linha grossa no papel, que se encontra sobre a mesa, representando a sombra da borda da peça de vidro que está mais próxima ao vibrador.

☐ D.

Ligue o motor e faça variar o seu movimento até obter baixa rotação.

53.

não é normal

aumento

diminuição de velocidade.

54. Verificamos que, na refração de luz e na refração de ondas, se a incidência não há desvio. E assinalamos isto como uma propriedade \_\_\_\_\_ tanto para um raio de luz quanto para a direção de propagação de ondas.

2. No papel, que serve de anteparo, vêm-se as imagens das ondas em movimento. Observe-as bem, e assinale quais, entre as situações indicadas a seguir, ocorrem:

- ☐ a) as ondas não são periódicas.
- ☐ b) as ondas são periódicas
- ☐ c) as ondas passam por cima da peça de vidro
- ☐ d) as ondas passam por baixo da peça de vidro.

54.

é normal

comun

55. O que acontece a um raio de luz e à direção de propagação das ondas, na refração, se a incidência é normal?

---

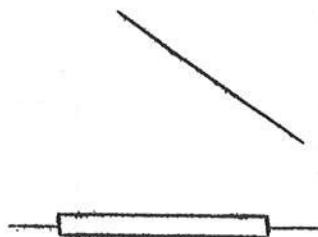


2.

b

c

3.



Se esta é a linha que traçou no papel, marque, com A, o lado correspondente à zona mais profunda, e com B, o lado correspondente à

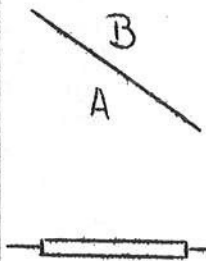
zona menos profunda.

55.

não se desviam

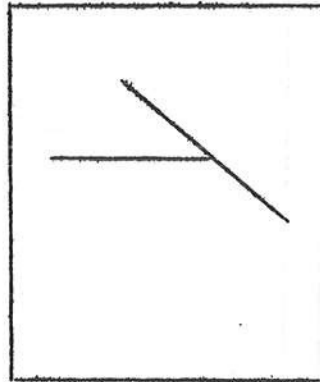
56. Se a incidência não é normal, um raio de luz e a direção de propagação das ondas apresentam, como propriedade \_\_\_\_\_ quando o fato de se \_\_\_\_\_ há aumento na velocidade, e se \_\_\_\_\_ quando há diminuição.

3.



4.

Complete, neste quadro, o diagrama do que acontece a uma onda que se vê no ante paro, ao atravessar a separação das duas zonas

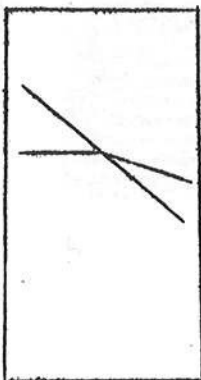


56.

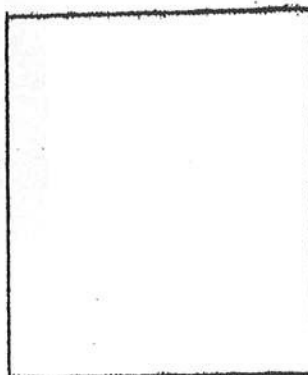
comum  
afastarem  
da normal  
aproximarem  
da normal

57. As propriedades comuns, que assinalamos, para um raio de luz e para a direção de propagação das ondas na refração, podem resumir-se assim: (1) Se a incidência \_\_\_\_\_ não se desviam (2) e se a incidência \_\_\_\_\_ se desviam: afastando-se da normal quando \_\_\_\_\_ e aproximando-se da normal quando \_\_\_\_\_

4.



5.



Faça, neste quadro, um diagrama do que acontece as duas ondas que chegam na separação das duas zonas, como se vê no ante paro.

57.

é normal

não é normal

há aumento de velocidade

há diminuição de velocidade.

58. Que propriedades comuns apresentam um raio de luz e a direção de propagação das ondas na refração?

---

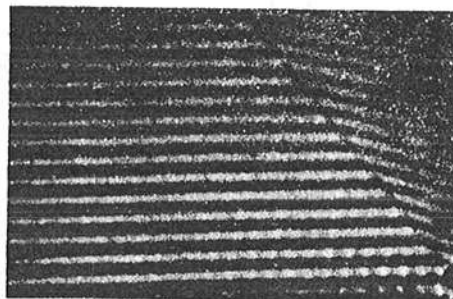
---

---

5.



6. Observe bem, as ondas no anteparo e as compare com o diagrama e a fotografia nº 1.



O que acontece às ondas, ao passarem de uma zona para outra? \_\_\_\_\_

DESLIGUE O MOTOR.

58.

Se a incidência é normal não se desviam e se a incidência não é normal, desviam-se: afastam-se da normal, quando há aumento de velocidade e aproximam-se dela quando há diminuição.  
(ou resposta equivalente)

59.

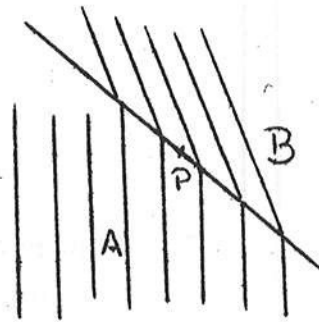
REVISÃO.

As ondas incidentes tem ( ☐ igual; ☐ diferente) comprimento de onda que as refratadas, e ( ☐ igual; ☐ diferente) comprimento de onda que as refletidas.

6.

Elas se do-  
bram  
ou  
se quebram  
ou  
se desvi-  
am

7.



Nêste diagrama,  
representam-se  
ondas que passam  
de uma zona A,  
para outra zona  
B.

Trace por P, com a ajuda de uma régua,  
as direções de propagação das ondas, nas  
zonas A e B, respectivamente.

59.

diferente

igual

60.

#### REVISÃO

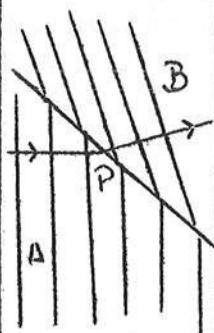
Quando as ondas se refratam, cumprem-se os  
seguintes fatos:

A frequência \_\_\_\_\_

O comprimento de onda \_\_\_\_\_

A velocidade \_\_\_\_\_

7.



8. Observe o gráfico anterior e assinale as características que se realizam:

A incidência das ondas, na linha de separação das zonas ( ☐ é normal; ☐ não é normal)

A direção de propagação das ondas ( ☐ muda; ☐ não muda)

60.

é constante

muda.

muda.

61. Revisão

A refração pode ser interpretada

☐ como uma mudança de direção

☐ como uma mudança de velocidade

☐ como uma constância na frequência



|                                                  |                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>8.</p> <p>não é normal</p> <p>muda</p>        | <p>9. O que acontece quando as ondas, que passam de uma zona para outra de diferente profundidade, não incidem normalmente na linha de separação das zonas?</p> <hr/>                                                      |
| <p>61.</p> <p>como uma mudança de velocidade</p> | <p>62. Revisão</p> <p>Quando as ondas incidem na linha de separação de uma zona profunda com uma menos profunda, podem apresentar-se ondas _____</p> <p>na primeira zona, além das ondas _____</p> <p>na segunda zona.</p> |

9.

muda a di-  
reção de  
propagação

10. Ponha o motor a funcionar novamente.

Observe bem, as ondas no anteparo e a foto-  
grafia nº 1.

O comprimento de onda na zona de menor pro-  
fundidade ( ☐ maior; ☐ menor) do  
que o comprimento de onda na primeira zona.

62.

refletidas

refratadas

63. Revisão

O raio de luz e a direção de propagação das  
ondas ( ☐ se desviam; ☐ não se des-  
viam) se a incidência é normal.

10.

menor

11. O que acontece com o comprimento de onda, quando as ondas passam de uma zona de maior profundidade a outra de menor profundidade?

---

63.

não se des-  
viam

64.

#### REVISÃO

Na refração de ondas e de luz, se a incidência ( ☐ é normal; ☐ não é normal), um aumento na velocidade corresponde a um (a) ( ☐ aproximação; ☐ afastamento) da normal; e uma diminuição de velocidade corresponde a um (a) ( ☐ aproximação; ☐ afastamento) da normal.

|                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>11.</p> <p>diminui</p> <p>ou</p> <p>se torna menor.</p> | <p>12. O comprimento de onda diminui quando as ondas passam de uma zona de ( <input type="checkbox"/> maior; <input type="checkbox"/> menor) profundidade para uma zona de ( <input type="checkbox"/> maior; <input type="checkbox"/> menor) profundidade.</p> |
| <p>64.</p> <p>afastamento</p> <p>aproximação</p>           | <p>65. REVISÃO.</p> <p>A luz e as ondas apresentam propriedades ( <input type="checkbox"/> comuns; <input type="checkbox"/> diferentes) na refração.</p>                                                                                                       |

12.

maior

menor

13. Observe, detidamente, o que acontece na linha de separação das zonas. Cada onda, que caminhando em A atinge a linha de separação, dá lugar, na zona B

☐ à mais de uma onda

☐ à uma onda só

DESLIGUE O MOTOR

RELAÇÃO ENTRE O ÂNGULO DE INCIDÊNCIA E O ÂNGULO DE REFRAÇÃO.

13.

à uma onda  
só

14. Como cada onda na zona A, tem uma cor -  
respondente na zona B, isto quer dizer  
que o número das ondas que se propagam na  
zona A, por unidade de tempo ( ☐ é  
igual; ☐ não é igual) ao número das  
ondas na zona B.

65.

comuns.

66. Você sabe que na refração da luz o quociente  
entre o seno do ângulo de incidência e o  
seno do ângulo de refração é constante, isto  
é, na refração da luz

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \text{constante}$$

Nos proximos quadros veremos se existe a  
mesma relação entre o ângulo de incidência e  
o ângulo de refração na refração das ondas.

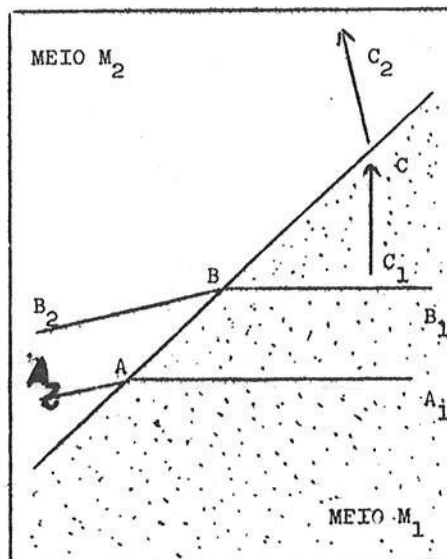


14.

é igual

15. Se, na zona A, propagam-se doze ondas por segundo, quantas ondas se propagam na zona B, num. segundo?

67. As cristas  $\overline{A_2 A A_1}$  e  $\overline{B_2 B B_1}$  da figura, representam uma onda periódica que passa de um meio  $M_1$  a outro  $M_2$ .



A reta  $\overline{AB}$ , prolongada, é a separação dos meios \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. A seta  $C_1C$  indica a direção da onda em \_\_\_\_\_ e a seta  $C_2C$  indica a direção da onda em \_\_\_\_\_.

15.

doze

16. Segundo os dados do quadro anterior, qual é a frequência das ondas, na zona B?

\_\_\_\_\_

67.

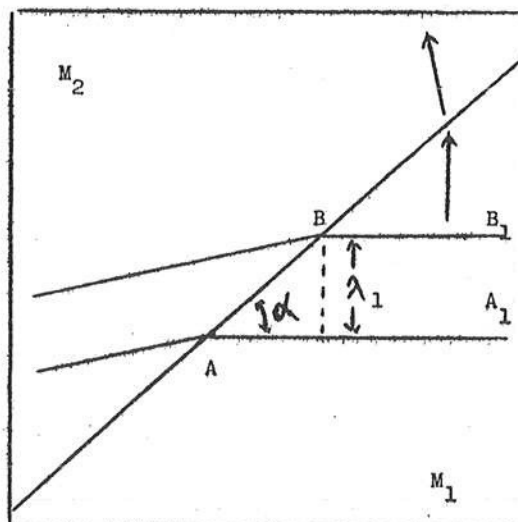
$M_1$

$M_2$

$M_1$

$M_2$

68. No meio  $M_1$  o comprimento de onda é representado pela letra grega \_\_\_\_\_, e o ângulo formado pela crista da onda  $AA_1$  com a separação dos meios  $AB$ , pela letra grega \_\_\_\_\_.



16.

doze ondas por segundo.

17. Na experiência realizada, as frequências das ondas, em cada zona, ( ☐ são iguais; ☐ não são iguais)

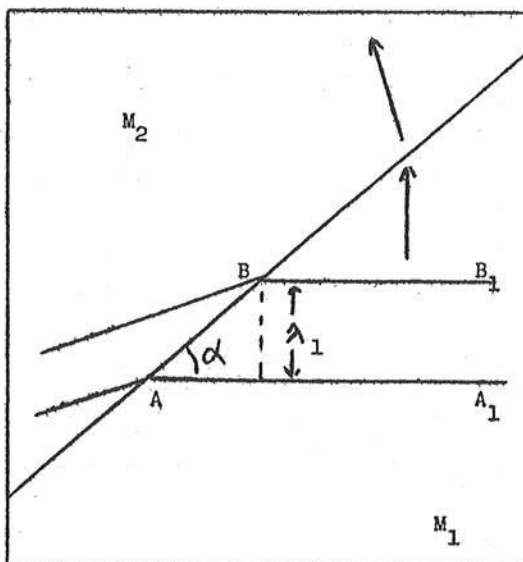
68.

1

$\lambda_1$   
 $\alpha$

69. Recordemos que o seno de um ângulo é igual ao cateto oposto dividido pela hipotenusa. Assim, na figura teremos que:

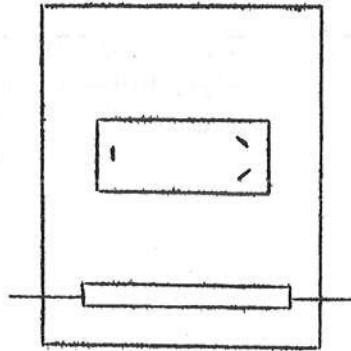
$$\text{sen } \alpha = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$



17.

são iguais

18.



Coloque a peça de vidro com uma aresta paralela ao vibrador, como está indicado no esquema.

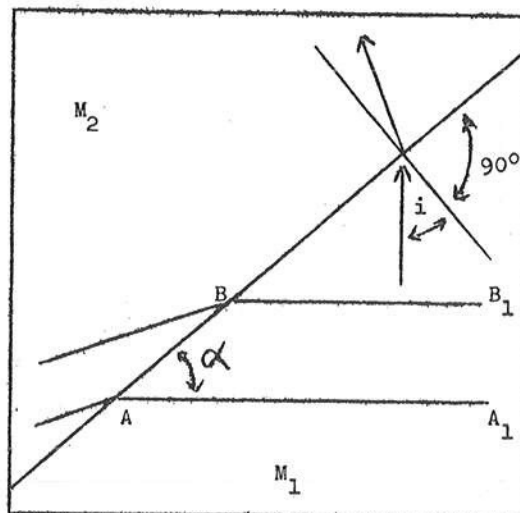
Ponha o motor a funcionar novamente.

69.

$$\frac{\lambda_1}{AB}$$

70.

Continuando em  $M_1$   
 $\hat{\alpha}$  é o ângulo que  
 forma a crista da onda  
 A A<sub>1</sub> com \_\_\_\_\_;  
 $\hat{i}$  é o ângulo de \_\_\_\_\_  
 da onda.





19.

diminui

20. Observe, detidamente, a foto nº 2 e o que vê no anteparo. Assinale as características que se realizam:

A incidência das ondas na linha de separação das zonas ( ☐ é normal; ☐ não é normal)

A direção de propagação das ondas ( ☐ muda, ☐ não muda)

71.

AB ou  
AC

$\hat{i}$   
perpendicular

$\hat{\alpha}$

ambos agudos

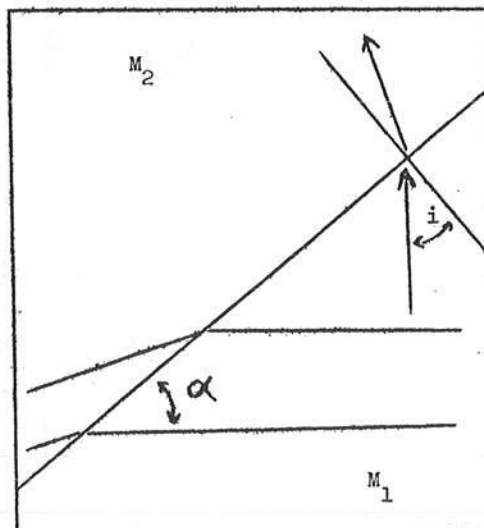
72.

Os ângulos  $\hat{\alpha}$  e  $\hat{i}$  têm seus lados

dois a dois e ambos são

Consequentemente

=





20.

é normal

não muda

21. A frequência das ondas, ao passar de uma para outra zona, ( ☐ muda; ☐ mantém-se constante)

DESLIGUE O MOTOR.

72.

perpendiculares  
agudos

$\alpha = i$

73. Se  $\hat{\alpha} = \hat{i}$ , podemos substituir  $\hat{\alpha}$  por  $\hat{i}$  na expressão obtida:

$$\frac{\lambda_1}{AB} = \text{sen } \alpha$$

e temos:

$$\frac{\lambda_1}{AB} = \text{sen } \underline{\hspace{2cm}}$$

Desta forma relacionamos o comprimento de onda com o seno do                      no meio  $M_1$ .

21.

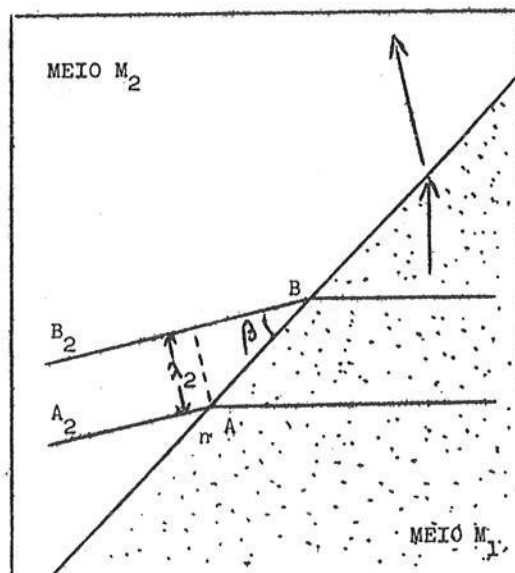
mantém-se  
constante

22. Nas experiências anteriores, as ondas passam de uma zona A, para outra zona B; isto equivale a dizer que as ondas passam de um \_\_\_\_\_ para outro \_\_\_\_\_

73.

i  
ângulo de  
incidência

74. Passemos agora ao meio  $M_2$ .



Na figura, o comprimento da onda é representado por: \_\_\_\_\_  
O ângulo que forma a crista da onda  $B_2B$  com  $AB$  é dado por: \_\_\_\_\_

22.

meio A

meio B

23. Quando a luz passa de um meio para outro, dizemos que a luz se refrata.  
Como poderíamos dizer quando as ondas passam de um meio A para outro meio B?

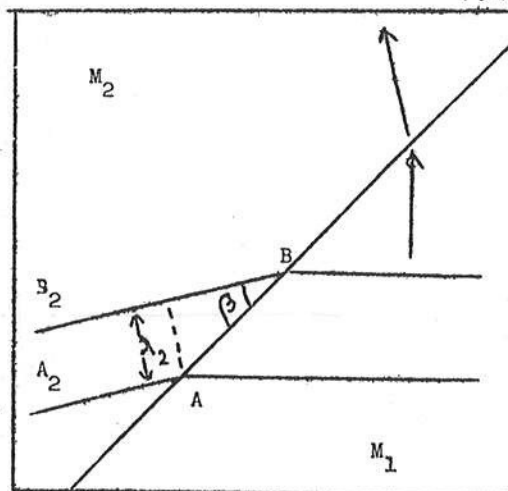
---

74.

$\lambda_2$

$\beta$

75.



Relacionemos trigonometricamente o ângulo  $\beta$  com  $\lambda_2$  e com  $\overline{AB}$ . Obteremos

$$\text{sen } \beta =$$

23.

As ondas se refratam

24. A fotografia nº1 mostra a primeira experiência realizada.

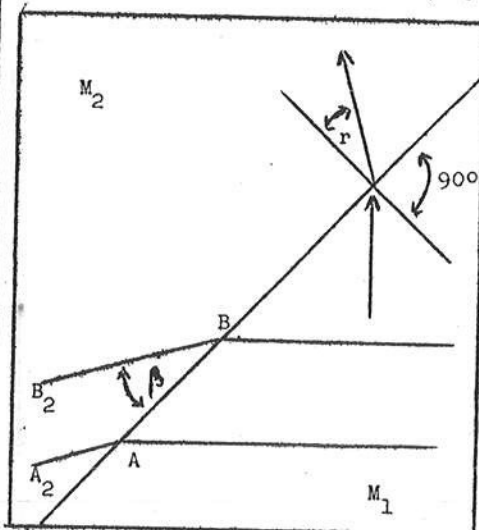
Assinale os fatos que ocorrem:

- ☐ a. incidência normal
- ☐ b. diminuição de  $\lambda$
- ☐ c. mudança da direção de propagação
- ☐ d. frequência constante
- ☐ e. as ondas se refratam

75.

$$\frac{\lambda_2}{AB}$$

76. Continuando em  $M_2$ , sabemos que:  $\hat{\beta}$  é o ângulo que forma a crista da onda  $B_2B$ , com \_\_\_\_\_;  $\hat{r}$  é o ângulo de \_\_\_\_\_ da onda.



24.

b

c

e

d

25. A fotografia nº 2 mostra a segunda experiência realizada.

Assinale os fatos que ocorrem:

- ☐ a. Incidência normal
- ☐ b. diminuição de  $\lambda$
- ☐ c. mudança de direção de propagação
- ☐ d. frequência constante
- ☐ e. As ondas se refratam

76.

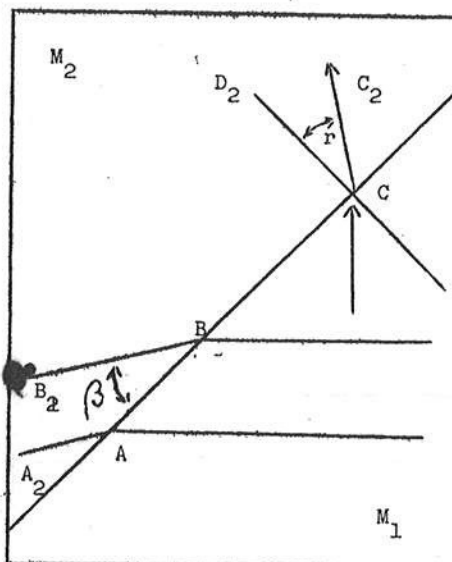
AB  
refração

77. No gráfico, comparemos os lados dos ângulos  $\hat{\beta}$  e  $\hat{r}$ .  
 $\overline{D_2C}$  é perpendicular a \_\_\_\_\_

$\overline{C_2C}$  é perpendicular a \_\_\_\_\_

Além disso:

- $\hat{r}$  é ângulo ☐ agudo,  
☐ obtuso.  
 $\hat{\beta}$  é ângulo ☐ agudo,  
☐ obtuso.



25.

- a
- b
- d
- e

26. Que fatos são comuns às duas experiências que realizou?

- ☐ a. Incidência normal
- ☐ b. Frequência constante
- ☐ c. Diminuição do comprimento de onda.
- ☐ d. Mudança da direção de propagação
- ☐ e. As ondas se refratam.

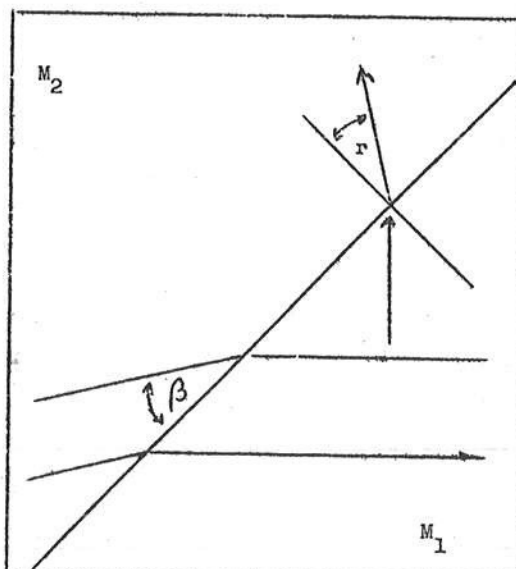
77.

AB ou AC

$B_2B$

agudo

agudo



78. Os ângulos  $\hat{\beta}$  e  $\hat{r}$  têm seus lados \_\_\_\_\_ e am -  
bos são \_\_\_\_\_.  
Portanto:

=



26.

b

c

e

27. Sabemos que  $v = \lambda f$ . Pela conclusão anterior, nas experiências realizadas, verifica-se que  $\lambda$  diminui,  $f$  é constante e portanto  $v$  diminui / aumenta

78.

perpendiculares

agudos

$$\beta = r$$

79. Se  $\hat{\beta} = \hat{r}$ , podemos substituir  $\hat{\beta}$  por  $\hat{r}$  na expressão obtida

$$\frac{\lambda_2}{AB} = \sin \beta$$

e resulta

$$\frac{\lambda_2}{AB} = \sin \text{ --- }$$

Nesta forma, relacionamos o comprimento de onda com o seno do                                           no meio  $M_2$

27.

diminui

28. Nas duas experiências realizadas, verificamos que as ondas se re \_\_\_\_\_ em ambos os casos. Sendo a frequência \_\_\_\_\_ e mudando \_\_\_\_\_ concluimos que a velocidade das ondas muda.

79.

r

ângulo de refração

80. Até aqui fizemos dedução nos meios  $M_1$  e  $M_2$  considerados isoladamente. Agora vamos relacionar as deduções feitas nos dois meios. Lembre-se que

$$\frac{\lambda_1}{AB} = \text{sen } i \qquad \frac{\lambda_2}{AB} = \text{sen } r$$

Passo o divisor AB das igualdades para o segundo membro e obterá o seguinte:

$$\lambda_1 =$$

$$\lambda_2 =$$

28.

refratam

constante

o compri -  
mento de  
onda

29. As fotografias nº 1 e nº 2 mostram on -  
das que se refratam, ao passar da zona A  
para a zona B. Se nada nos dizem sôbre a  
profundidade das zonas, por que podemos a -  
firmar, nêste caso, que a velocidade das  
ondas mudou ao passar do meio A ao meio  
B?

---

80.

AB sen i

AB sen r

81. As expressões obtidas

$$\lambda_1 = AB \text{ sen } i$$

$$\lambda_2 = AB \text{ sen } r$$

podemos dividir-as membro a membro e resul -  
ta

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{AB \text{ sen } i}{AB \text{ sen } r}$$

Aqui podemos simplificar os termos AB e  
resta:

=

29.

porque o comprimento de onda mudou.

30. Podemos certificar-nos se existe alguma mudança na velocidade das ondas, verificando se \_\_\_\_\_ muda ou não.

81.

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$$

82. Temos que  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

Sabemos também que  $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ .

Podemos então concluir a seguinte relação entre as velocidades e os senos dos ângulos  $i$  e  $r$ :

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \text{_____}$$

30.

o comprimento de onda

31. Nas experiências realizadas as ondas passam de uma zona mais profunda para outra menos profunda. Que aconteceria se as ondas se propagassem de um meio menos profundo para outro mais profundo?

A velocidade \_\_\_\_\_

A frequência \_\_\_\_\_

O comprimento de onda \_\_\_\_\_

As ondas ( ☐ se refratam; ☐ não se refratam)

82.

$$\frac{v_1}{v_2}$$

83. 
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$$

Mais  $v_1$  e  $v_2$  são constantes, isto é, não dependem do ângulo de incidência.

Se  $v_1$  e  $v_2$  são constantes, o quociente

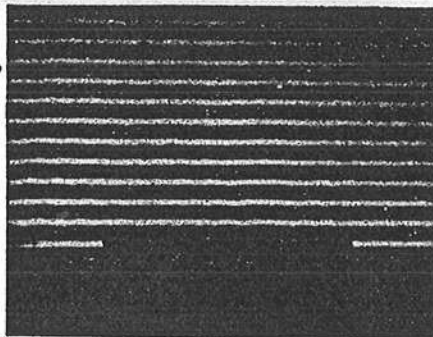
$\frac{v_1}{v_2}$  é constante e o quociente \_\_\_\_\_

é também constante.

31.

Aumenta  
é constante  
aumenta  
se refratam

32.



Tire a peça de vidro e  
ponha o motor em fun-  
cionamento.

Compare o que vê no  
anteparo com a foto Nº  
3. No caso que mostra  
a fotografia e naquele

que vê na experiência, pode-se  
dizer:

O comprimento de onda ( ☐ muda;  
☐ não muda)

A frequência ( ☐ muda; ☐ é  
constante)

A velocidade das ondas \_\_\_\_\_

A direção de propagação ( ☐ mu-  
da; ☐ não muda)

As ondas ( ☐ se; ☐ não se)  
refratam.

83.

$$\frac{\sin i}{\sin r}$$

84. Que relação existe na refração da luz entre  
o ângulo de incidência e o ângulo de re-  
fração ?

\_\_\_\_\_



32.

não muda  
é constan-  
te  
não muda  
não muda  
não se re-  
fratam

33. Coloque um obstáculo, inclinado em relação às ondas, para que nêles incidam, e observe o que acontece.

O que se pode afirmar nêste caso?

O comprimento de onda ( ☐ muda; ☐ não muda), depois que as ondas se chocam com o obstáculo.

A frequência ( ☐ muda; ☐ é constante)

A velocidade das ondas \_\_\_\_\_

A direção de propagação ( ☐ muda; ☐ não muda)

As ondas ( ☐ se refratam; ☐ se refletem)

DESLIGUE O MOTOR.

84.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{const.}$$

85. A relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de refração na refração da luz é (a mesma que a ☐ , diferente da ☐ ) relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de refração na refração de ondas.

33.

não muda

é constan-  
te

não muda

muda

se refle -  
tem.

34. Nas duas últimas experiências realizadas observa-se que, em um caso a direção de propagação não mudou, e em outro mudou; em ambos, a velocidade não mudou e assinalamos que as ondas ( ☐ não se; ☐ se) refratam.

RELAÇÃO ENTRE AS VELOCIDADES NOS DOIS  
MEIOS NA REFRAÇÃO DE ONDAS.

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>34.</p> <p>não se</p>  | <p>35. Nas duas primeiras experiências, em um caso a direção de propagação mudou e em outro, não mudou; em ambas, a velocidade mudou e assinalamos que as ondas ( <input type="checkbox"/> não se; <input type="checkbox"/> se) refratam.</p>                                                                                                                                                                                             |
| <p>85.</p> <p>a mesma</p> | <p>86. Pelo que observamos na cuba de ondas, podemos saber como varia a velocidade de uma onda conhecendo em que sentido varia a direção de propagação. Isto é, se a direção de propagação aproxima-se da normal, a velocidade <input type="checkbox"/> aumenta, <input type="checkbox"/> diminui; e se a direção de propagação afasta-se da normal, a velocidade <input type="checkbox"/> aumenta, <input type="checkbox"/> diminui.</p> |

35.

se

36. Para afirmar que as ondas se refratam, deve ocorrer:

- ☐ a) a velocidade das ondas permanece igual
- ☐ b) há mudança de velocidade das ondas
- ☐ c) sómente quando existe mudança na direção de propagação das ondas.

86.

diminui

aumenta

87. Mesmo conhecendo COMO varia a velocidade, não conhecemos ainda QUANTO varia esta velocidade.

Para saber isto, vamos determinar, mediante uma demonstração matemática simples, e com base em experiências já realizadas, a relação que existe entre as velocidades de uma onda quando passa de um meio a outro.

36.

b

37. Como pode ser interpretada a refração das ondas?

---

88. Pela analogia com a refração da luz, a relação obtida para as ondas  $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$  denomina-se também índice  $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$  do meio  $M_2$  com respeito ao meio  $M_1$ . Representemos por  $n_{2-1}$  este índice.

Então  $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} =$

37.

mudança  
na velo-  
cidade  
das ondas.  
  
(ou seme-  
lhante)

38. No quadro abaixo, procura-se resumir o que ocorre, quando as ondas se refratam ao passar de uma zona para outra menos profunda. Assinale na primeira coluna, as características que ocorrem quando a incidência é normal e, na segunda coluna, as características que ocorrem quando a incidência não é normal.

|                            | incidência normal | não normal |
|----------------------------|-------------------|------------|
| a direção de propagação    |                   |            |
| o comprimento de onda      |                   |            |
| a frequência               |                   |            |
| a velocidade de propagação |                   |            |

88.

de refra-  
ção

$n_{2-1}$

89. Se:  $\frac{\sin i}{\sin r} = n_{2-1}$

e também:  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

então  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} =$

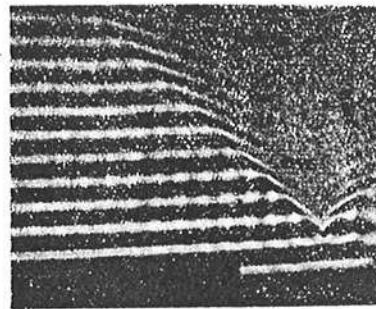
ou seja, que a relação de comprimento de on-  
da é igual também ao \_\_\_\_\_



38.

|             |             |
|-------------|-------------|
| não muda    | muda        |
| diminui     | diminui     |
| é constante | é constante |
| diminui     | diminui     |

39.



A fotografia nº 4 mostra ondas que, além de se refratar, refletem-se em parte, na separação dos dois meios.

As ondas ( ☐ refletidas; ☐ refratadas ) estão na zona mais profunda, e as ondas ( ☐ refletidas; ☐ refratadas ) estão na zona menos profunda.

89.

$n_{2-1}$

índice de refração

90. Relacionaremos agora as velocidades de propagação com os comprimentos da onda em  $M_1$  e  $M_2$

Sabemos que:  $v = \lambda f$

isto é: "A velocidade de propagação de uma onda em um meio é igual ao produto do \_\_\_\_\_"

|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>39.</p> <p>refletidas</p> <p>refratadas</p>                        | <p>40. Se aparecem ondas refletidas na zona mais profunda, além das refratadas na zona menos profunda, isto quer dizer que, na separação dos dois meios, as ondas, além de se _____, elas se _____ em parte.</p>          |
| <p>90.</p> <p>comprimen-<br/>to de on-<br/>da pela<br/>frequência</p> | <p>91. Sabemos também que: "Quando uma onda passa de um meio para outro, a frequência de vibração permanece constante".</p> <p>Então, se a onda passa de <math>M_1</math> para <math>M_2</math> não se alterará _____</p> |

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>40.</p> <p>refratar</p> <p>refletem</p> | <p>41. O que acontece com as ondas ao incidir na separação de uma zona mais profunda com outra menos profunda?</p> <hr/>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>91.</p> <p>a frequên-<br/>cia</p>       | <p>92. O comprimento da onda em <math>M_1</math> foi designado pela letra _____. Designaremos por <math>v_1</math> a velocidade de propagação neste meio. Em <math>M_2</math> o comprimento da onda é _____. Designaremos por _____ a velocidade de propagação neste meio. A frequência de vibração será a mesma em ambos os meios e a representaremos por <math>f</math></p> |

2. ANALOGIAS ENTRE A REFRAÇÃO DE ONDAS E  
A REFRAÇÃO DA LUZ.

92.

$\lambda_1$

$\lambda_2$

$v_2$

93. De acôrdo com as anotações dadas teremos  
que:

No meio  $M_1$ :  $v_1 =$

No meio  $M_2$ :  $v_2 =$

41.

se refratam  
e se refle-  
tem em par-  
te.

42. Nos seguintes quadros vamos comparar a re-  
fração das ondas, que acabamos de estudar,  
com a refração da luz, que você estudou na  
unidade I

93.

$\lambda_{1f}$

$\lambda_{2f}$

94. Ao dividir membro a membro as duas expres-  
sões anteriores, obtemos

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_{1f}}{\lambda_{2f}}$$

e cancelando os termos  $f$  resta:

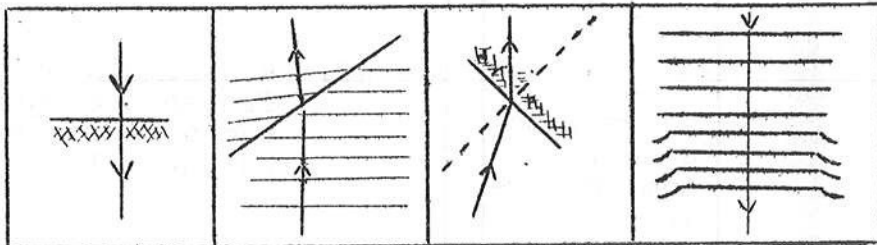
=

A expressão anterior nos diz que o quocien-  
te de \_\_\_\_\_ é igual ao quociente de \_\_\_\_\_

43. Assinale, em cada caso dos quadros abaixo, se a incidência do raio de luz, ou da direção de propagação das ondas, é normal ou não normal.

normal ☐ ☐ ☐ ☐

não normal ☐ ☐ ☐ ☐



há desvio ☐ ☐ ☐ ☐

não há desvio ☐ ☐ ☐ ☐

Assinale, em cada caso, se o raio de luz, ou a direção de propagação das ondas, desvia-se ou não.

94.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

velocidades  
com-  
primentos  
de onda

95. Se:  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

e além disto:  $n_{2-1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

então:

$$\frac{v_1}{v_2} =$$

Isto nos diz que a relação de velocidades é igual ao \_\_\_\_\_



43.

normal  
 não normal  
 não normal  
 normal  
 não há desvio  
 há desvio  
 há desvio  
 não há desvio

44. Na refração de luz e na refração de ondas, verifica-se, para o raio de luz e para a direção de propagação das ondas, que se a incidência é normal. ( ☐ há desvio, ☐ não há desvio).

95.

$n_{2-1}$

índice de refração

96. Ampliando a informação que nos dá a relação matemática anterior:

$$\frac{n_2}{n_1} = n_{2-1}$$

dizemos que: se uma onda passa de um meio qualquer  $M_1$  a outro  $M_2$ , a  $\frac{n_2}{n_1}$  no primeiro meio, dividido pela  $n_1$  no segundo meio é igual ao índice de refração do meio  $M_2$  com respeito ao meio  $M_1$ .

44.

não há des-  
vio.

45. Se a incidência é normal não há desvio.  
Este resultado da refração verifica-se  
tanto para \_\_\_\_\_ quanto para \_\_\_\_\_

96.

$$\frac{v_1}{v_2}$$

velocidade

velocidade

97. Se você conhece o índice de refração de um meio  $M_2$  com relação a outro  $M_1$  e conhece também a velocidade da onda quando se propaga no meio  $M_1$ , pode calcular a velocidade da onda ao passar para \_\_\_\_\_, aplicando a relação matemática que deduzimos:

=

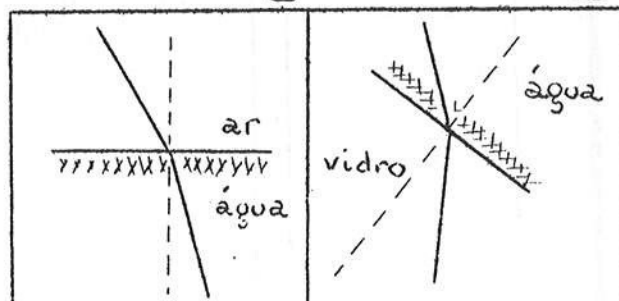
45.

a luz

as ondas

46. Nos quadros abaixo, sôbre a refração da luz, assinale em cada caso, se há diminuição ou aumento na velocidade da luz, e se o raio refratado se afasta ou se aproxima da normal.

diminuição ☐  
aumento ☐



se afasta ☐  
se aproxima ☐

97.

o meio  $M_2$

$$\frac{v_1}{v_2} = n_{2-1}$$

98. Ou seja, com a expressão matemática

$$\frac{v_1}{v_2} = n_{2-1}$$

podemos deduzir QUANTO varia a \_\_\_\_\_ de uma onda quando passa de um meio a outro.

46.

diminuição

aumento

se aproxima

se afasta

47. Se o raio refratado se aproxima da normal é porque a velocidade da luz \_\_\_\_\_ e quando se afasta da normal é porque a sua velocidade \_\_\_\_\_

98.

velocidade

99. Você pode conhecer então \_\_\_\_\_ varia a velocidade de uma onda quando passa de um meio a outro aplicando a expressão matemática

=

que nos diz que \_\_\_\_\_

47.

diminui

aumenta

48. Na refração de ondas, se o comprimento de onda aumenta, é porque a velocidade das ondas \_\_\_\_\_; e se o comprimento de onda diminui, é porque a velocidade de \_\_\_\_\_.

99.

QUANTO

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

a relação de velocidades é igual ao índice de refração.

100. Resumindo, que relação existe entre o ângulo de incidência e o ângulo de refração na refração de ondas?
- \_\_\_\_\_

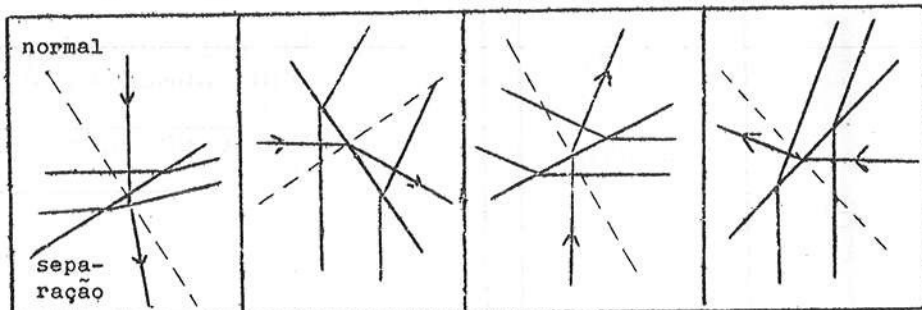
48.

aumenta

diminui

49. Nos quadros abaixo, são apresentados exemplos de refração de ondas, nos quais a incidência ( ☐ é; ☐ não é) normal. Assinale, em cada caso, quando há aumento ou diminuição de velocidade, ao passar de uma zona para outra.

aumento ☐ ☐ ☐ ☐  
diminuição ☐ ☐ ☐ ☐



se aproxima ☐ ☐ ☐ ☐  
se afasta ☐ ☐ ☐ ☐

Indique, em que caso, a direção de propagação das ondas aproxima-se ou se afasta da normal.

100.

$$\frac{\sin i}{\sin r} =$$

101. Na refração da luz verificam-se os seguintes fatos:

- A. A luz se desvia se o ângulo de incidência é diferente de zero.
- B. A luz não se desvia se o ângulo de incidência é igual a zero.
- C. A luz diminui a velocidade quando se aproxima da normal.
- D. O quociente  $\sin i / \sin r$  é constante.

Quais destes comportamentos da luz são análogos aos observados nas ondas?



49.

não é

diminuição  
aumento  
aumento  
diminuição

se aproxima  
se afasta  
se afasta  
se aproxima

50. Se as ondas não incidem normalmente na separação dos dois meios, a direção de propagação das ondas \_\_\_\_\_ da normal, quando há aumento de velocidade, e \_\_\_\_\_ quando há diminuição.

101.

todos.

102. Cite 4 analogias entre a refração da luz e a refração de ondas.

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

50.

se afasta

se aproxima  
ma

(da normal)

51. O que acontece a um raio de luz que se refrata, por aumento ou diminuição da velocidade da luz, se a incidência não é normal?

---

102.

1. desvio  
se a incidência não  
é normal.

2. não desvio  
se a incidência é  
normal

3. diminuição de velocidade  
ao aproximar-se da normal

4. quociente  
 $\frac{\sin i}{\sin r}$   
constante.

FIM DO CAPÍTULO III

51.

Se afasta  
da normal  
quando há  
aumento de  
velocidade;  
e se aproxi-  
ma quando  
há diminui-  
ção.

VOLTE À PÁGINA 97,

QUADRO Nº 52

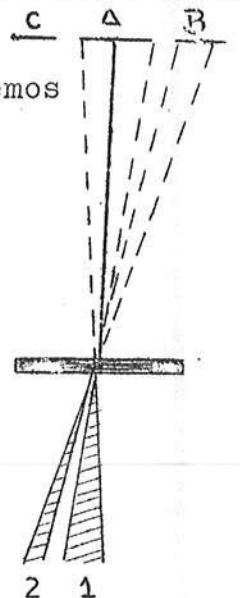


CAPÍTULO IV

DIFRAÇÃO DA LUZ E DAS ONDAS.

1. DIFRAÇÃO DA LUZ POR FENDA.

40. Nos quadros anteriores fizemos o estudo da trajetória da luz com se por cada faixa luminosa a passasse sómente o prolongamento de um raio de luz. Mas na realidade por cada faixa passa o prolongamento de um feixe de luz, como mostra a figura ao lado (tracejado). O prolongamento do feixe 2 passa pela faixa luminosa \_\_\_\_\_ (letra).



Complete a figura desenhando o feixe cujo prolongamento passa pela faixa C.

78. De acôrdo com a observação anterior podemos dizer que as ondas na água ( ☐ contornam, ☐ não contornam os obstáculos.



1. Você já observou que a luz ao atravessar uma fenda apresenta fenômenos estranhos que não apresentavam analogias com o comportamento das partículas. Nos próximos quadros vamos estudá-los com detalhes para posteriormente verificar se é possível estabelecer analogia entre estes fenômenos e o comportamento das ondas.



41. Na figura ao lado, existe algum feixe de luz passando pelo ponto P?

☐ sim ☐ não

E pelo ponto M?

☐ sim ☐ não



78.

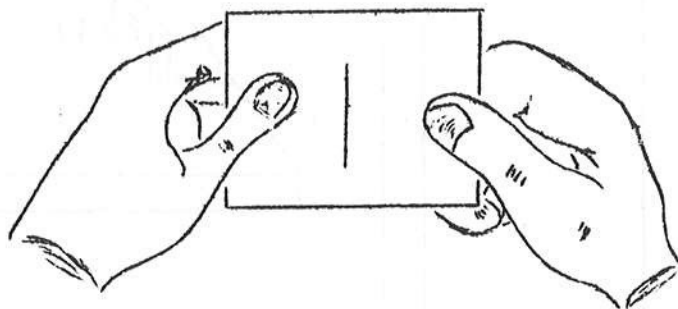
contornam

79. Os fenômenos que ocorrem quando as ondas contornam um obstáculo chamam-se difração de ondas (por obstáculo). Marque em qual das situações abaixo deve ocorrer difração de ondas por obstáculo.

- ☐ 1º As ondas na água de um lago se chocam contra os bordos.
- ☐ 2º As ondas na água de um lago encontram um poste que está espetado no meio da água.
- ☐ 3º As ondas da água de um lago encontram uma região de menor profundidade.

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | <p>2. Tome do seu conjunto de difração e interferência:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a lâmpada</li> <li>o suporte da lâmpada</li> <li>o pedaço de cartolina preta</li> <li>o pedaço de filtro vermelho</li> <li>o pedaço de filtro azul</li> <li>o diapositivo nº 2</li> </ul> <p>Atarrache a lâmpada no suporte e passe para o quadro seguinte.</p> |
| <p>41.</p> <p>sim</p> <p>não</p> | <p>42. A luz ao atravessar a fenda se desvia formando</p> <p>A. <input type="checkbox"/> um feixe contínuo de luz</p> <p>B. <input type="checkbox"/> vários pequenos feixes separados por regiões onde não há luz.</p>                                                                                                                                             |
| <p>79.</p> <p>2º</p>             | <p>80. Se as ondas não sofressem desvios na sua direção de propagação ao encontrar obstáculos teríamos uma situação como mostra a figura abaixo.</p> <p>O que ocorre com a direção de propagação das ondas quando se difratam ao encontrar um obstáculo?</p>                   |

3. Tome o pedaço de cartolina preta pelas extremidades paralelas ao corte e olhando através dêle contra a claridade tente alargá-lo e diminuí-lo puxando as extremidades com a mão.



42.

B

43. Cada pequeno feixe de luz que se forma após a luz atravessar a fenda corresponde a uma faixa luminosa das que vimos quando olhamos o filamento através da fenda.

As regiões que ficam entre os feixes de luz devem corresponder às \_\_\_\_\_

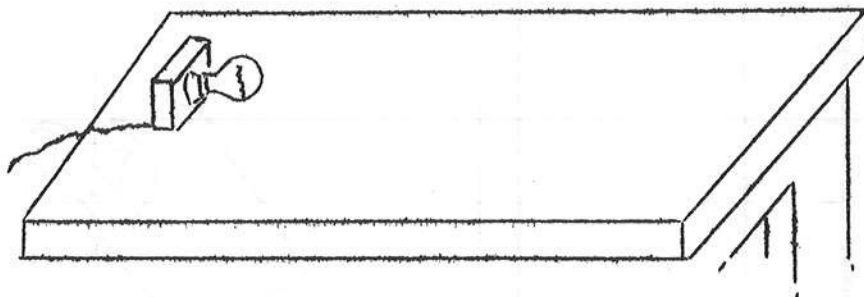
80.

Sofre um desvio

81. Quando a luz encontra um pequeno obstáculo como um alfinete se difrata desviando-se e contornando-o. Quando as ondas encontram um obstáculo se difratam desviando-se e contornando-o.

( ☐ existe, ☐ não existe) semelhança entre a difração de ondas e a difração da luz quando encontra um obstáculo.

4. Coloque a lâmpada sôbre a mesa de modo que o seu filamento fique vertical e acenda-a.



43.

faixas  
escuras

44. No quadro nº 14 já dissemos que os fenómenos que ocorrem quando a luz atravessa uma fenda estreita chamam-se DIFRAÇÃO DA LUZ.

Cite dois fenómenos importantes que ocorrem quando a luz sofre difração ao atravessar uma fenda:

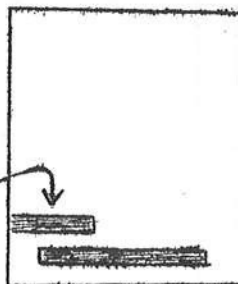
1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

81.

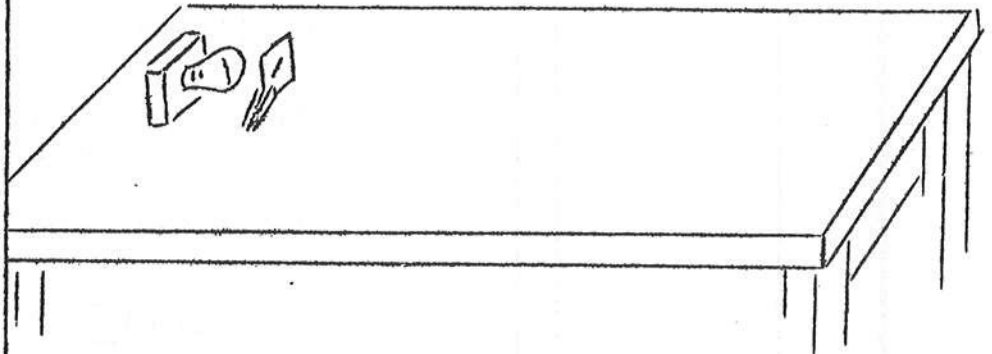
existe

82. Coloque agora o pedaço de parafina em frente à barra mas de tal forma que sômente se veja a sua metade na tela.

bloco de  
parafina



5. Tome o filtro vermelho, prenda-o no prendedor de roupa e os coloque em frente a lâmpada e distante dela aproximadamente 5 cm.



44.

a luz sofre  
desvio

aparecem  
faixas lu-  
minosas e  
escuras.

2. OUTRAS FORMAS DE OBSERVAR DIFRAÇÃO DA LUZ.

83. Observe as ondas na tela e identifique qual das figuras abaixo você vê.

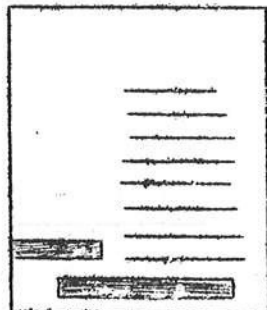


Fig. A

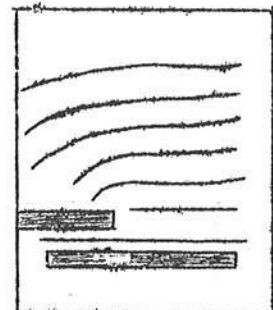


Fig. B



6. Tome o pedaço de cartolina preta, segure-a pelas extremidades paralelas ao corte. Abra bem a fenda e mantendo-se a uma distância de aproximadamente um metro da lâmpada, olhe o filamento através dela e do filtro.

Nota.- O filamento parecerá vermelho devido ao filtro.

Você vê o filamento nítidamente?

sim ☐

não ☐

45. Nos proximos quadros vamos fazer experiências para observar outros fenomenos de difração da luz.

83.

Fig B

84. Os fenomenos que causaram a curvatura das cristas de onda junto ao bordo do obstáculo chamam-se também DIFRAÇÃO DE ONDAS e por ocorrer junto ao bordo de um obstáculo chama-se difração de bordos.

Que tipo de difração podem ocorrer nos exemplos abaixo

- a) um poste fincado no interior de um lagoa
- b) uma parede que avança para o interior da lagoa e termina

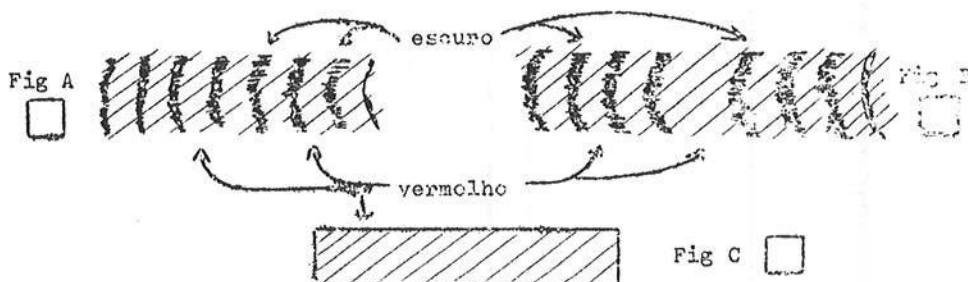


6.

sim

7. Coloque-se na mesma posição do quadro anterior e torne a olhar o filamento através da fenda e do filtro, estando a fenda bem aberta. A seguir diminua-a lentamente.

Identifique qual das três figuras abaixo representa melhor a parte central de que você viu.



46.

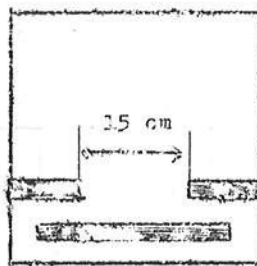
3 Tome de seu material o diapositivo  
que contém uma fenda, a lente, um alfinete e os dois blocos de madeira.

84.

a) difração  
por obstá-  
culo.

b) difração de bordo.

85. Coloque na cuba outro pedaço de parafina a uma distância de uns 15 cms. do primeiro.



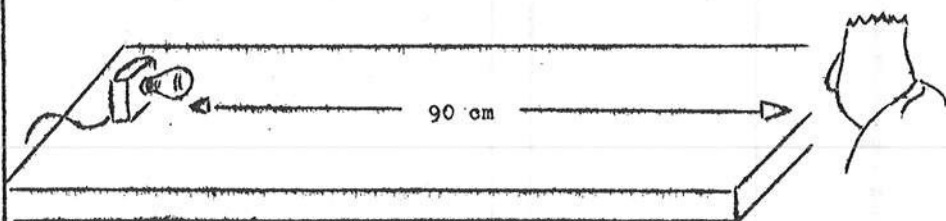


7.

Figura B

8. Você observou faixas luminosas e escuras.  
As faixas luminosas são \_\_\_\_\_  
côr

47. Coloque a lâmpada sôbre a mesa de modo que o filamento fique vertical e a distância de aproximadamente 90 cm do bordo da mesa do qual você fará as observações. Siga rigorosamente a disposição do desenho.



86. Observe as ondas na tela e identifique qual das figuras abaixo você vê.

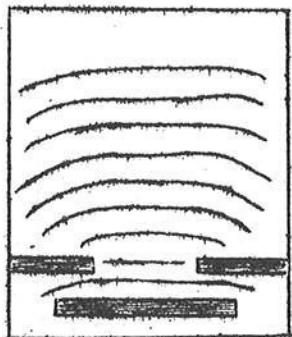


Fig A

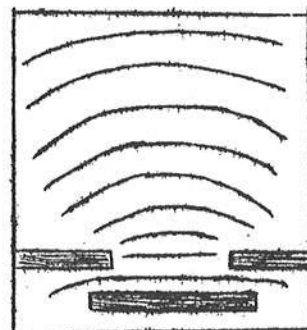


Fig B

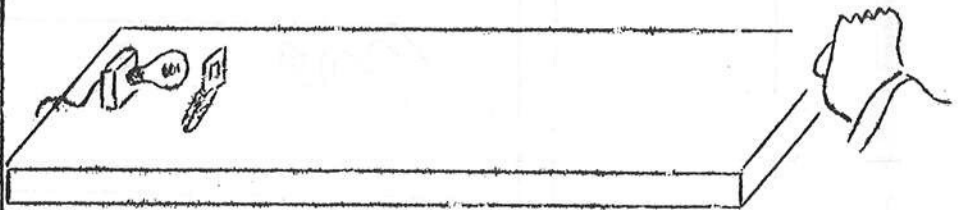


8.

vermelhos

9. De tôdas as faixas vermelhas a faixa  
\_\_\_\_\_ é maior.

48. Coloque o diapositivo e o pedaço de filtro vermelho no mesmo prendedor de roupa e os coloque em frente à lâmpada mantendo a fenda bem em frente ao filamento da lâmpada e na mesma altura desta.



86.

Figura A

87. A ocorrência de curvatura das crista de onda junto aos bordos da parafina que formam a fenda se deve à difração.

( ☐ por obstáculo, ☐ de bordos)

9.

central  
ou  
do centro  
ou  
do meio

10.

Tome o diapositivo nº 2 e olhe contra a claridade para observar que possui uma fenda fotografada.

Mantendo a fenda vertical, olhe o filamento através dela e do filtro.

Não considerando a intensidade luminosa que neste caso é menor, o efeito que você observa é o mesmo que você observou com a fenda do pedaço de cartolina?

☐ sim

☐ não

49.

Espete o alfinete no suporte de madeira de modo que fique bem vertical e os coloque a meia distância entre a lâmpada e o ponto de onde você vai observar.

Siga rigorosamente a disposição da figura.

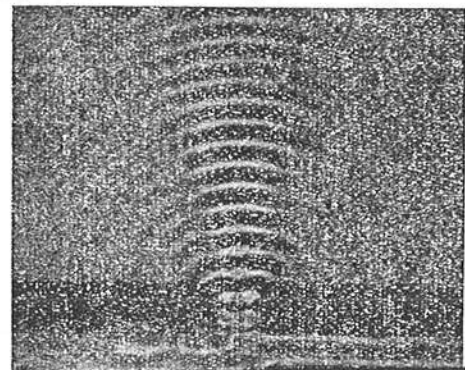


87.

de bordos.

88. Retire o bloco de parafina e verifique na tela se as ondas estão nítidas.

Se não estão nítidas é preciso melhorá-las. Coloque na cuba 2 pedaços de parafina distantes entre si 3 cms. e procure observar na tela uma configuração semelhante à fotografia abaixo. A seguir passe para o próximo quadro.



10.

sim

11. Retire o filtro vermelho do prendedor e coloque o filtro azul.

Olhe o filamento através da fenda do diapositivo nº 2 e do filtro.

O que você observa?

---

---

50. Com um olho fechado, coloque-se junto ao bordo da mesa em posição de observação e mova-se lateralmente para procurar o ponto no qual o seu olho recebe mais luz da lâmpada através da fenda. Em seguida coloque o alfinete em uma posição que intercepte a luz que você está recebendo.

(Não esqueça que você deve estar recebendo a luz mais intensa possível).

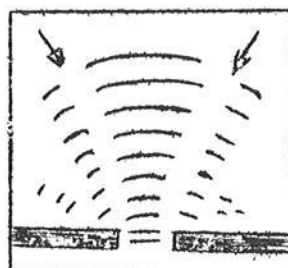
89. O desenho abaixo é um esquema do que se vê na fotografia nº 1.

As setas indicam 2 zonas onde não se observa a propagação de ondas.

Você pode observá-las também na fotografia?

☐ sim,

☐ não



11.

faixas es-  
curas e lu-  
minosas

ou

faixas  
escuras  
e azuis

12. Também com o filtro azul a faixa cen-  
tral é mais larga que as outras?

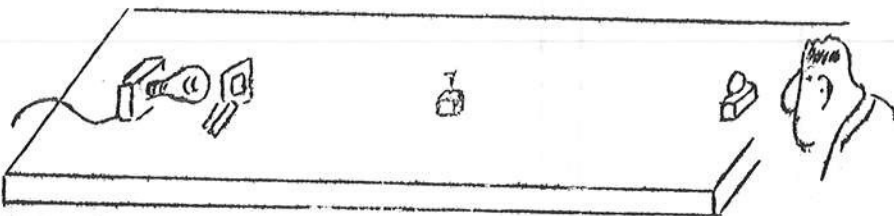
sim ☐

não ☐

Nota.- Se você esqueceu, olhe nova-  
mente através da fenda.

APAGUE A LUZ.

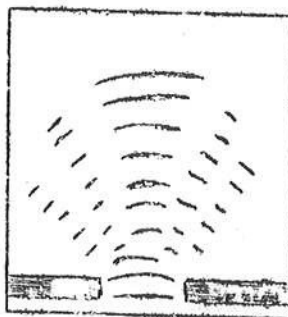
51. Tome a lente e a coloque no bloco de  
madeira que possui uma ranhura adequada.  
Coloque-os a uns 10 cm do bordo da  
mesa do qual você vai observar, de modo que  
o centro da lente fique alinhado com a fen-  
da e o alfinete. Siga rigorosamente a dis-  
posição da figura.



89.

sim

90. As zonas mostradas no quadro anterior nas  
quais não se observa a propagação de on-  
das, chama-se zonas nodais. Quantas zo-  
nas nodais você pode observar no desenho  
abaixo?



12.

sim

13. As fendas que você usou eram largas ou estreitas?

☐

largas

☐

estreitas

52.

Com um só olho aberto, coloque-se junto ao bordo da mesa, na altura exata para que o seu olho fique alinhado com o centro da lente. Você deverá observar uma mancha vermelha que é a imagem da fenda do diapositivo.

Se não conseguir, procure ajustar novamente o alfinete e a lente para que fique bem alinhado com a fenda.

90.

4  
(quatro)

91. Os fenômenos que ocorrem quando as ondas atravessam uma zona estreita chamam-se também difração de ondas, e por resultarem do estreitamento da fenda chamam-se difração por fenda.

Em qual das figuras abaixo você observa difração por fenda?

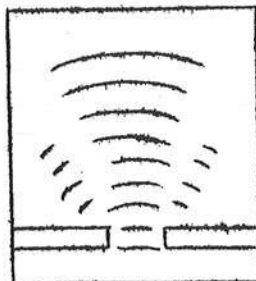


Fig A

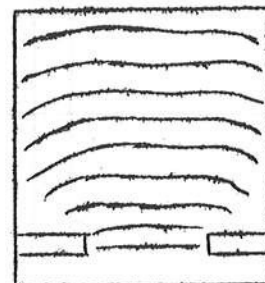
☐

Fig B

☐



13.

estreitas

14. Os fenomenos que ocorrem quando olhamos através de uma fenda estreita chamam-se DIFRAÇÃO DA LUZ.

O que vemos quando observamos difração da luz por fenda?

---

53. Olhe novamente a mancha vermelha que você observou no quadro anterior e sem perdê-la de vista, vá se aproximando da lente, até a mancha cobrir quase toda a lente.

Você deve ver a sombra do alfinete.

Qual das figuras abaixo representa melhor a sombra do alfinete? \_\_\_\_\_

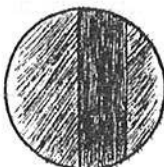


Fig A



Fig B

91.

Fig. A

92. Cite três casos diferentes de ocorrência de difração por ondas na água.

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_



14.

faixas  
escuras  
e luminosas

15. Nos proximos quadros vamos estudar o que acontece com a trajetória da luz quando vemos as faixas escuras e luminosas.

53.

fig. B

54. Na experiência anterior você viu na região de sombra \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

92.

por obstá-  
culo

por bor-  
dos

por fen-  
da

93. Quando colocamos um obstáculo o bordo de um obstáculo em uma fenda interrompendo a pas-  
sagem das ondas estamos limitando a sua  
propagação.

Quando limitamos a propagação das ondas  
ocorre a \_\_\_\_\_

16. Para o nosso estudo vamos representar a fenda vista de cima como mostra a figura abaixo.



largura da fenda

Nas figuras abaixo qual representa a maior fenda?



Fig A



Fig B

Nota.- As larguras das fendas nos desenhos são muito maiores que as larguras reais.

54.

faixas (ou linhas) vermelhas (ou luminosas) e escuras.

55. As faixas vermelhas na região de sombra se devem ao fato de a luz poder contornar os objetos que encontra.

Para contornar os obstáculos os raios luminosos devem sofrer \_\_\_\_\_ .

93.

difração de ondas

94. Quando se obtém difração de ondas?

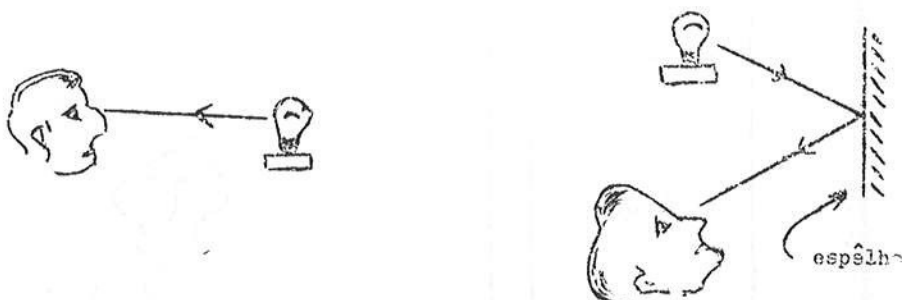
---

---

16.

Fig. B

17. Para que você veja um objeto é necessário que a luz venha do objeto aos seus olhos.



Em qual das figuras acima, a luz veio do objeto ao olho sofrendo desvio?

Fig. A ☐

Fig. B ☐

55.

desvios

56. Aos fenômenos que ocorrem quando a luz é interceptada por um pequeno obstáculo, chamam-se também DIFRAÇÃO DA LUZ.

Cite dois casos já estudados nos quais você pode observar a difração da luz.

1. \_\_\_\_\_

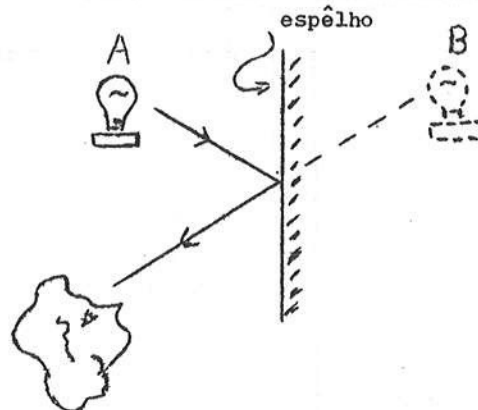
2. \_\_\_\_\_

4. ANALOGIAS ENTRE A DIFRAÇÃO DA LUZ POR FENDA E A DIFRAÇÃO DE ONDAS POR FENDA.

17.

fig. B

18.



Quando você olha a lâmpada através do espelho, você a vê (no ponto A ☐ , no ponto B ☐ )

56.

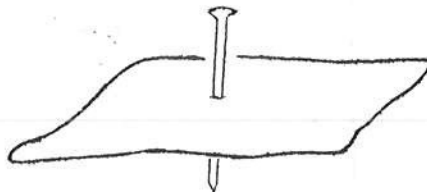
quando a luz atravessa uma fenda

quando a luz encontra um obstáculo.

57.

Tome do seu material um pedaço de papel de alumínio.

Com o alfinete, faça-lhe um furo verificando-o completamente de um lado ao outro com cuidado.



94.

sempre que limitamos a propagação de ondas.

95.

Nos próximos quadros vamos comparar a di-fração da luz por fenda com a difração das ondas por fenda.

18.

no ponto  
B

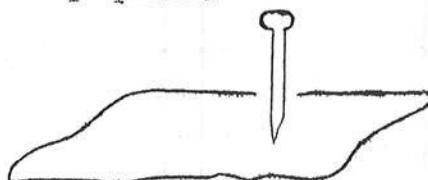
19. Na situação do quadro anterior existe alguma fonte de luz no ponto B?

sim ☐

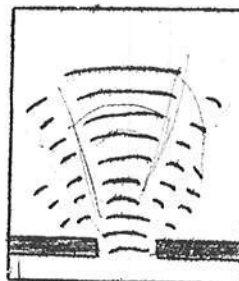
não ☐

58. Apoiando o papel sôbre um suporte rígido como um livro ou um pedaço de madeira, faça outro furo distante d'êste uns 2 cms, mas introduzindo sômente a pontinha do alfinete, para obter um furo muitíssimo pequeno. Olhe o papel contra a claridade para certificar-se de que o 2º furo é muitíssimo menor de que o primeiro.

Se isto não ocorrer faça outros furos distântes dos dois já feitos até conseguir um muitíssimo pequeno.



96. A figura ao lado representa uma configuração de difração de ondas por fenda. Chamamos zonas nodais às que contém pontos A e B de zonas nodais centrais. A distância entre 2 linhas nodais centrais é ( ☐ maior ☐ menor ) que a distância entre as outras duas zonas nodais.



19.

não

20. Não vemos os objetos no lugar que realmente ocupam quando a luz

- A. ☐ vem diretamente aos nossos olhos  
B. ☐ vem aos nossos olhos sofrendo desvio

59. Coloque a lâmpada em uma posição tal que o filamento fique horizontal e acenda-a.

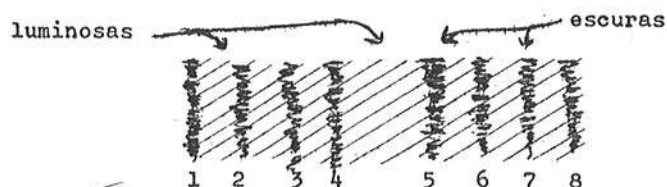
Tome o papel com os furos e coloque-se a uns 3 m. da lâmpada, numa posição tal que você fique sobre a reta do filamento.



96.

maior

97. A figura abaixo representa a configuração que você obteve quando fez a experiência de difração da luz.



Quais as 2 faixas escuras vizinhas que mais se distanciam uma da outra? \_\_\_\_\_

20.

B

21. Quando a luz vem aos nossos olhos sofrendo desvio vemos os objetos

A. ☐ no lugar que realmente ocupam.

B. ☐ no prolongamento dos raios que entram em nossos olhos.

60. Mantendo um olho fechado, coloque o papel em frente ao outro olho e observe o filamento através do furo maior.

Você consegue ver o filamento nitidamente?

☐ sim

☐ não

97.

Faixas 4  
e 5

98. Na figura do quadro 96 entre cada duas zonas nodais existe um bloco de ondas.

Qual é o maior bloco de ondas? \_\_\_\_\_



21.

B

22. Sempre que a luz vem de algum lugar onde não existe fonte de luz ou algum objeto em posição que não é real, podemos afirmar que a luz \_\_\_\_\_

60.

sim

61. Mantendo-se na mesma posição do quadro anterior olhe o filamento através do menor furo que você conseguiu. Identifique qual das figuras abaixo você observou.



Fig A ☐



Fig B ☐



Fig C ☐

98.

Bloco central

99. Nas figuras do quadro 97 entre cada par de faixas escuras fica uma faixa luminosa. Qual é a maior faixa luminosa?
- \_\_\_\_\_

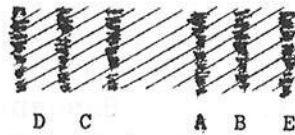
|                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>22.</p> <p>sofreu<br/>desvio</p> <p>ou<br/>equivalen-<br/>te.</p> | <p>23. Baseando-nos na posição em que vemos os objetos, em que condição podemos afirmar que a luz sofreu desvio?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>61.</p> <p>fig. A</p>                                             | <p>62. Você viu anéis escuros e iluminados ao redor do filamento quando o olhou através do pequeno orifício.</p> <p>Os anéis iluminados se observam porque a luz sofre desvios ao atravessar o orifício.</p> <p>Qual das duas frases abaixo é mais correta?</p> <p>A. <input type="checkbox"/> A luz sofre desvios mais nota - dos quando atravessa orifícios circulares.</p> <p>B. <input type="checkbox"/> A luz sofre desvios mais nota - dos quando atravessa pequenos orifícios.</p> |
| <p>99.</p> <p>central</p> <p>ou</p> <p>equivalen-<br/>te</p>         | <p>100. Dos quadros anteriores pode-se concluir que as faixas luminosas da difração da luz devem corresponder aos blocos de onda que ficam entre as zonas nodais.</p> <p>A faixa central luminosa da difração da luz deve corresponder a (o) _____</p>                                                                                                                                                                                                                                    |

23.

quando a luz vem do lugar onde não existe luz

ou quando vemos os objetos fora do lugar que realmente estão.

24.



Quando você olhou o filamento da lâmpada através da fenda viu faixas luminosas e escuras como na figura ao lado.

O filamento da lâmpada é linear e situa-se exatamente atrás do lugar onde você vê a faixa central A.

Existe uma fonte de luz onde você viu a faixa luminosa D? ☐ sim ☐ não

62.

B

63.

Os fenômenos que ocorrem quando a luz atravessa pequenos orifícios chamam-se também DIFRAÇÃO DA LUZ.

Cite três casos já estudados em que se observa a difração da luz

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

100.

Bloco central

101. Ao que deve corresponder na difração de ondas as faixas escuras da difração da luz?

\_\_\_\_\_

24.

não

25. Não existindo fonte de luz onde você viu a faixa luminosa D podemos concluir que a luz \_\_\_\_\_

63.

por fenda  
por obstá-  
culo  
por orifí-  
cio

64. Na difração da luz por fenda ocorria um desvio da luz e o aparecimento de faixas iluminadas e escuras.

Na difração da luz por obstáculo ocorria um desvio da luz (contorno do obstáculo) e o aparecimento de faixas luminosas e escuras.

Na difração da luz por orifício ocorreu desvio da luz e aparecimento de anéis iluminados e escuros.

Na difração da luz sempre se observam faixas ou anéis \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ e ainda há sempre um \_\_\_\_\_ da luz.

101.

às zonas  
nodais.

102. Ao que correspondem na difração de ondas as faixas luminosas e escuras da difração da luz?
- \_\_\_\_\_



25.

sofreu  
desvio  
ou  
equivalen  
te.

26. Se a luz sofreu desvio, onde pode ter ocorrido esse desvio?

A. ☐ no filamento da lâmpada

B. ☐ ao atravessar a fenda

64.

escuras  
iluminadas  
desvio

65. Tome a rede de tecido do seu material e coloque-se na mesma posição em que você olhou a lâmpada através do furo no papel.

Deste lugar você fará a observação do próximo quadro.

5. PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DE ONDAS.

26.

B

27. Quando ocorre desvio da luz, tudo o que vemos está no prolongamento dos raios que penetram em nossos olhos.

Quando olhamos o filamento da lâmpada através de uma fenda o prolongamento dos raios que penetram em nossos olhos (deve ☐ não deve ☐ ) passar pelas faixas luminosas.

66. Olhe a lâmpada através da rede de tecido e identifique qual a figura abaixo que mais se parece com o que você vê.



Fig A



Fig B



102.

As faixas luminosas correspondem aos blocos de ondas e as faixas escuras correspondem às linhas nodais.

103. Estudamos até agora várias formas de desviar uma onda: reflexão, refração, difração.

Nos quadros a seguir veremos se é possível encontrar em ondas um comportamento análogo à propagação retilínea da luz, isto é, se a onda se propaga em linha reta quando viaja num meio e sem obstáculos que limitem a sua propagação.



27.

deve

28. Vamos representar cada uma das faixas luminosas por um traço.

Na figura abaixo representamos a faixa central e mais duas faixas a sua esquerda.

Complete a figura desenhando mais duas faixas à direita e designando-as com as letras B e E.

D C A

66.

fig. B

67. Você observou uma cruz.

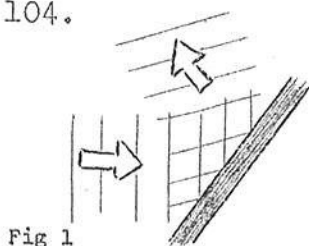
Gire a rede e verifique o que aconteceu com a cruz.

A cruz se mantém imóvel?

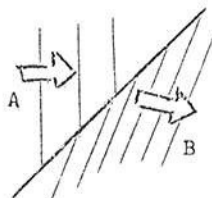
☐ sim

☐ não

104.



Como se chama o fenômeno representado na figura 1?



Como se chama o fenômeno representado na figura 2?  
(A e B são zonas na cuba de diferente profundidade).





28.

D C A B E

29. O filamento da lâmpada situa-se exatamente atrás de onde vemos uma das faixas luminosas.

Qual é essa faixa? \_\_\_\_\_

67.

não

68. Você girou a rede e a cruz acompanhou o giro.

A posição da cruz depende da posição da rede?

sim ☐

não ☐

104.

1. reflexão

2. refração

105.



Como se chama o fenômeno representado na figura?

\_\_\_\_\_

29.

a central

30.

Vamos representar na figura ao lado as faixas por traços e o filamento por um ponto.

Trace na figura ao lado a direção da luz do filamento até a fenda.

F  
D C • A B E



68.

sim

69.

No diapositivo nº 8 temos uma grande quantidade de triangulos fotografados.

A isto também se chama uma rede.

Observe o filamento através desta rede e identifique qual das figuras abaixo você observa.



Fig A

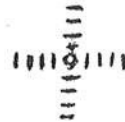


Fig B



105.

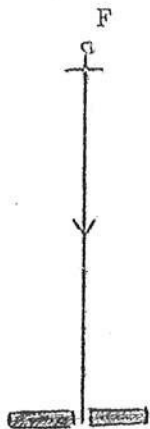
difração

106. Uma onda ao passar de um meio para outro se \_\_\_\_\_

Quando se limita a propagação de uma onda, a onda se \_\_\_\_\_

Uma onda ao incidir sobre um obstáculo se \_\_\_\_\_

30.



31.

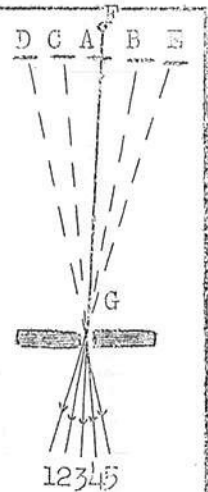
Ao atravessar a fenda a luz sofre desvio, como mostra a figura ao lado. Após a fenda os raios de luz tem uma direção tal que os seus prolongamentos passam pelas faixas luminosas.

O raio nº 2 nos permite ver a faixa \_\_\_\_ (letra).

Existe luz fazendo o percurso DG?

sim ☐ não ☐

O percurso real da luz quando vemos a faixa D é (FG5 ☐ , DG5 ☐ ).



69.

fig A

70.

As figuras observadas são distintas para a rede de tecido (quadrados) o para a rede de triângulos. Em ambos os casos os fenômenos que ocorrem são fenômenos de difração da luz.

É possível saber se uma rede é constituída de quadrados ou de triângulos observando-se fenômenos de difração através dela.

sim ☐ ☐ não

106.

refrata  
difrata  
reflete



107. Em qual dos desenhos a direção de propagação está corretamente indicada? \_\_\_\_\_

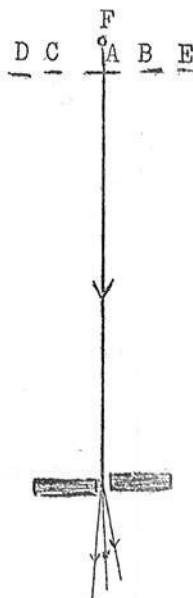
31.

B  
não  
FG5

32.

Na figura ao lado traçamos os raios que nos permitem ver as faixas D, C e A.

Complete a figura traçando os raios de luz que nos permitem ver as faixas B e E



70.

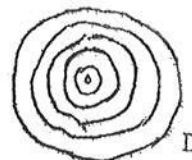
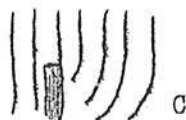
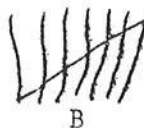
sim

71.

Quando você olha um disco fonográfico como já o fez no programa sobre cores na Unidade I, você recebe a luz refletida nas partes altas dos sulcos. A luz que incidiu nos fundos dos sulcos foi refletida em outras direções não chegando aos seus olhos. O colorido que você viu era também um fenômeno de difração.

Passo ao quadro seguinte.

108.



107.

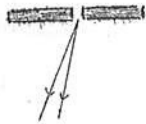
A

Em qual dos casos representados nos desenhos há desvio na trajetória da onda? \_\_\_\_\_



32.

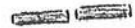
-----



33. Na figura ao lado representamos o fila -  
mento (F) e a fenda.

Trace a direção  
de luz do filamento  
até a fenda e as di-  
reções após atraves-  
sar a fenda.

F



72. As figuras abaixo mostram varias figu-  
ras que se vem ao observar fenomenos de di-  
fração.

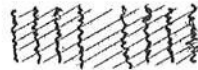


Fig A. \_\_\_\_\_

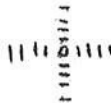


Fig B. \_\_\_\_\_



Fig C. \_\_\_\_\_



Fig D. \_\_\_\_\_

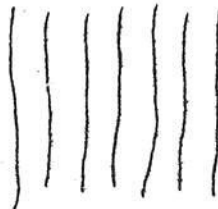
Indique ao lado de cada figura qual  
foi o diapositivo usado para a observação.

108.

B e C

109. A figura mostra uma onda na cuba.

A profundidade da água é  
constante em todos os  
pontos e não há obstácu-  
los que limitem a sua pro-  
pagação



Desvia-se a onda na sua  
trajetória? \_\_\_\_\_

Portanto propaga-se em  
linha reta a onda nessas  
condições? \_\_\_\_\_

33.



34. Ao atravessar uma fenda estreita a luz  
(sofre desvio ☐ , não sofre desvio ☐ )

72.

- A. fenda
- B. rede de quadrados (tecido)
- C. orifício
- D. rede de triângulos

73. Cite 4 possibilidades de se obter difração da luz.

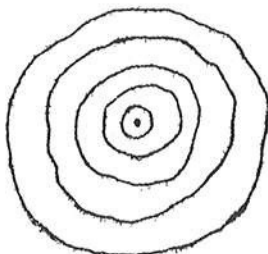
1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_

109.

não

sim

110. Qual das afirmações dadas abaixo é mais correta?



A. A onda da figura se propaga em linha reta em todas as direções. ☐

B. A onda da figura não se propaga em linha reta. ☐

34.

sofre  
desvio

35. O que se observa quando olhamos o filamento da lâmpada através de uma fenda estreita?

\_\_\_\_\_

O que acontece com a trajetória da luz ao atravessar uma fenda estreita?

\_\_\_\_\_

73.

por fenda  
por obstá-  
culo  
por orifi-  
cio.  
por rede.

74. Os bordos de uma fenda ou de um furo, um alfinete ou uma rede constituem obstáculos que limitam a propagação da luz.

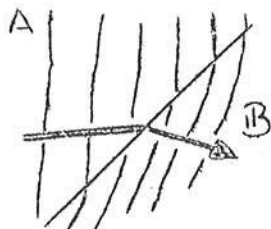
Que fenómeno ocorre quando se limita a propagação da luz?

\_\_\_\_\_

110.

A

111. A seta mostra a direção da trajetória seguida pela onda ao passar da zona A à zona B.



Há desvio na trajetória da onda?

\_\_\_\_\_

O desvio ocorreu na zona A, na zona B ou ao passar de uma zona para outra? \_\_\_\_\_

Na zona A, a onda propagou-se em linha reta? \_\_\_\_\_

Na zona B, a onda propagou-se em linha reta? \_\_\_\_\_

35.

se observam  
faixas lumi-  
nosas e es-  
curas

a trajetória  
sofre um  
desvio

36.



Fig A

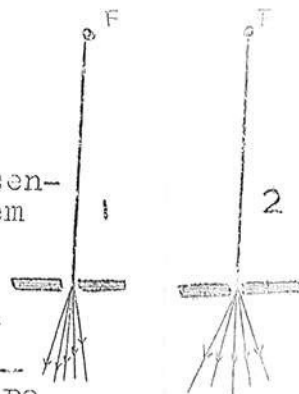


Fig B

As figuras A e B represen-  
tam duas configurações que podem  
ser observadas através de uma  
fenda estreita.

Qual dos esquemas a direi-  
ta representa a figura A? \_\_\_\_\_

Qual representa a figura B? \_\_\_\_\_



### 3. DIFRAÇÃO DE ONDAS.

111.

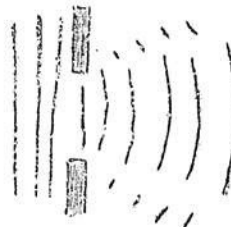
sim ao pas-  
sar de uma  
zona à ou-  
tra.

sim

sim

112. É retilínea a propagação da onda antes de  
chegar à fenda? \_\_\_\_\_

É retilínea a propagação de ondas depois de  
atravessar a fenda? \_\_\_\_\_



Onde ocorreu o desvio? \_\_\_\_\_

36.

1

2

37. Quando as faixas luminosas estão mais afastadas o desvio da luz é (menor ☐ , maior ☐ )

74.

difração  
da luz.

75. Você já estudou a difração da luz.

Nos próximos quadros vamos estudar difração de ondas para verificar se existem analogias entre a difração de ondas e a difração da luz.

112.

é

é

ao atravessar a fenda.

113. que se pode dizer da trajetória seguida por uma onda num meio se não há obstáculos que limitem a sua propagação \_\_\_\_\_

37.

maior

38. Acenda a lâmpada.

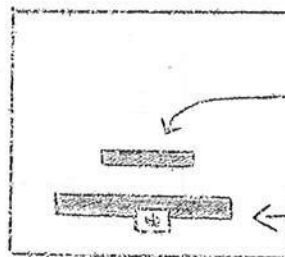
Tome novamente o pedaço de cartolina com a fenda e observe o filamento através dela e do filtro vermelho.

Olhe inicialmente com a fenda alargada e vá diminuindo-a até a menor largura possível afim de fazer as observações necessárias para completar a frase abaixo.

Quando a fenda diminui as faixas luminosas (se afastam ☐ , se aproximam ☐ ) da faixa central.

76. Ligue o motor e faça-o funcionar a uma velocidade moderada.

Coloque o pedaço de parafina em frente a barra produtora de ondas, distante desta uns 6 cms. como mostra a figura abaixo. Vá ao proximo quadro.



bloco de parafina

vibrador de barra

113.

é retilinea

FIM DO CAPÍTULO 4

38.

se afastam

39. Você observou na experiência anterior que ao diminuir a fenda as faixas luminosas se afastam.

Você já sabia do quadro anterior que se as faixas luminosas estão mais afastadas o desvio sofrido pela luz é maior.

Quando a fenda diminui o desvio da luz ao atravessar a fenda é (maior ☐ , menor ☐ ).

77. Observe as ondas na tela e identifique qual das figuras abaixo mais se parecem com a que você observa.

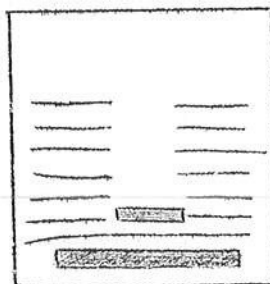


Fig A

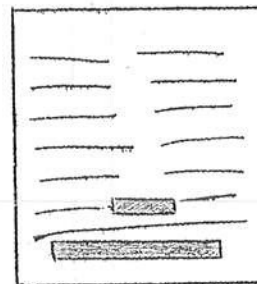


Fig B



39.

maior

VOLTE Á PAG. 152, QUADRO Nº 40

77.

Figura B

VOLTE Á PAG. 152, QUADRO Nº 78.

