Manual de Instruções e Guia de Experimentos

BANCO ÓTICO ALFA

OBSERVAÇÃO SOBRE OS DIREITOS AUTORAIS

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

POLITICA DE DEVOLUÇÕES

Todas as devoluções de produtos requerem uma autorização de devolução de mercadoria (RMA). Para isto entre em contato conosco pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638.

Produtos devolvidos para troca ou crédito deverão estar em condição de novo e na sua embalagem original. O produto não será aceito para troca ou crédito, e será devolvido para o cliente se não estiver em condição de novo.

GARANTIA

Nossos produtos possuem garantia contra defeitos de fabricação. Para maiores informações e detalhes, por favor, consulte nosso termo de garantia.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Prestamos assistência técnica permanente para nossos produtos diretamente em nossa fábrica. Durante o período de garantia legal de 90 dias o custo de frete será por conta da AZEHEB, depois deste período os custos de frete serão por conta do cliente. Antes de enviar qualquer produto para conserto entre em contato com nossa empresa pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638 para solicitar a autorização de devolução de mercadoria (RMA). Não serão aceitos produtos para conserto que tenham sido enviados sem contato prévio com nossa empresa.



ATENCÃO

Este manual é exclusivamente para fins de sugestão de montagens de experimentos.

DEPENDENDO DA VERSÃO ADQUIRIDA, A COMPOSIÇÃO DO SEU KIT PODE SER DIFERENTE DA APRESENTADA NESTE MANUAL.

CASO SEJA NECESSÁRIO CONFERIR A COMPOSIÇÃO DO PRODUTO ADQUIRIDO:

<u>VENDA PRIVADA</u>: conferir a versão adquirida no orçamento aprovado. Se necessário contactar nossos vendedores.

<u>VENDA PÚBLICA OU LICITAÇÃO</u>: conferir com a <u>PROPOSTA</u> aceita pelo pregoeiro, e não com o edital (Cópia da proposta no CD de manuais que acompanha o pedido.)

Endereço:

AZEHEB | Laboratórios de Física Rua Evaristo F.F. da Costa, 621 Bairro Jardim das Américas Curitiba – PR CEP 81530-090

Telefone: (41) 3079-6638 E-mail: azeheb@azeheb.



SUMÁRIO (PROFESSOR)

SUMÁRIO (PROFESSOR)	1
COMPOSIÇÃO	3
POSICIONAMIENTO DAS PEÇAS NO BERÇO	4
EXPERIMENTOS	5
EFEITOS DA PROPAGAÇÃO LUMINOSA	5
EXPERIMENTO 01 - PERMEABILIDADE DOS CORPOS À PROPAGAÇÃO LUMINOS	5A 5
EXPERIMENTO 02 - SOMBRA E PENUMBRA	8
EXPERIMENTO 03 - CÂMARA ESCURA	11
REFLEXÃO DA LUZ	13
EXPERIMENTO 04 - REFLEXÃO REGULAR E DIFUSA	13
EXPERIMENTO 05 – FORMAÇÃO DA IMAGEM EM ESPELHO PLANO	16
EXPERIMENTO 06 - LEIS DA REFLEXÃO EM ESPELHO PLANO	19
EXPERIMENTO 07 - ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS	22
EXPERIMENTO 08 - REFLEXÃO DA LUZ EM ESPELHOS ESFÉRICOS	24
Parte I: Espelho esférico côncavo	24
Parte II: Espelho esférico convexo	26
EXPERIMENTO 09 - PROPRIEDADES DOS RAIOS PRINCIPAIS DE UM ESPELHO CÔNCAVO	
EXPERIMENTO 10 - PROPRIEDADES DOS RAIOS PRINCIPAIS NUM ESPELHO CONVEXO	
EXPERIMENTO 11 - ESTUDO DA REFLEXÃO EM ESPELHOS ESFÉRICOS	40
Parte I: Espelho esférico côncavo	40
Parte II: Espelho esférico convexo	
REFRAÇÃO DA LUZ	44
EXPERIMENTO 12 - ÍNDICE DE REFREÇÃO RELATIVO DE UM PAR DE MEIOS	44
Parte I: Índice de refração do acrílico em relação ao ar	45
Parte II: Índice de refração do ar em relação ao acrílico	48
EXPERIMENTO 13 - REFRAÇÃO DA LUZ EM LÂMINA DE FACES PARALELAS	51
EXPERIMENTO 14 - REFRAÇÃO DA LUZ NUM PRISMA	55
REFRAÇÃO DA LUZ EM LENTES DELGADAS	58
EXPERIMENTO 15 - FOCO PRINCIPAL OBJETO E FOCO PRINCIPAL IMAGEM DE LENTE DELGADA	
Parte I: Lente biconvexa	59
Parte II: Lente bicôncava	60
EXPERIMENTO 16 - RAIOS LUMINOSOS PRINCIPAIS INCIDENTES EM LENTES DELGADAS	63
Parte I: Lente convergente	63
Parte II: Lente divergente	67
EXPERIMENTO 17 – EQUAÇÃO DOS PONTOS CONJUGADOS EM LENTES DELGAI	DAS 71
Parte I: Verificação da equação de Gauss em Lentes convergentes	71



Parte II: Lentes divergentes	<i>74</i>
Parte III: Estudo da equação da ampliação	75
INSTRUMENTOS ÓTICOS E ÓTICA DA VISÃO	<i>77</i>
EXPERIMENTO 18 - FUNCIONAMENTO DE UMA LUPA	<i>77</i>
EXPERIMENTO 19 - LUNETA ASTRONÔMICA	<i>7</i> 9
EXPERIMENTO 20 - PROJETOR ELEMENTAR	82
EXPERIMENTO 21 - ÓTICA DA VISÃO (ESTUDO DAS AMETROPIAS)	84
Parte I: O olho emétrope (Olho normal)	84
Parte II: Miopia	85
Parte III: Hipermetropia	87
DISPERSÃO, DIFRAÇÃO E POLARIZAÇÃO DA LUZ	89
EXPERIMENTO 22 - DISPERSÃO DA LUZ	89
EXPERIMENTO 23 -DIFRAÇÃO DA LUZ BRANCA	92
EXPERIMENTO 24 - POLARIZAÇÃO DA LUZ	95
EXPERIMENTO 25 – ROTAÇÃO DO PLANO DE POLARIZAÇÃO	9 <i>7</i>
EXPERIMENTO 26 - POLARIZAÇÃO POR REFLEXÃO	99
ESTUDO DAS CORES	101
EXPERIMENTO 27 - SÉRIE ADITIVA DAS CORES	101
EXPERIMENTO 28 - SÉRIE SUBTRATIVA DAS CORES	106
ADÂNDICES	100



COMPOSIÇÃO



Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
06	28002004	1,00	UN	IMPRESSO 03 - DEFEITOS DA VISAO OLHO NORNAL
06	28003004	1,00	UN	IMPRESSO 07 - DEFEITOS DA VISAO OLHO HIPERMETROPE
06	28003005	1,00	UN	IMPRESSO 08 - DEFEITOS DA VISAO OLHO MIOPE
07	03003010	1,00	UN	TRENA ACO 02 MTS VONDER 38.68.270.002
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
10	64002057	1,00	UN	CHAPA 85X85MM LETRA F
11	64002062	2,00	UN	ESPELHO DE VIDRO COM SUPORTE E MANIPULO
12	64005129	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONVEXA 90X30X15MM
12	64005128	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONCAVA 90X30X15MM
12	64005151	1,00	UN	PRISMA TRAPEZOIDAL DE ACRILICO BXAXE 60X30X15MM
12	64005132	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO SEMI-CIRCULAR 45X90X15MM
12	64001057	1,00	UN	PRISMA TRIANGULAR 60G DE ACRILICO 27X27X27X20MM
12	64005130	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO PLANO-CONCAVA 90X25X15MM
12	64005131	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO PLANO-CONVEXA 90X20X15MM
13	64005229	1,00	UN	BARREIRA DE LUZ
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	5,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
16	64002049	1,00	UN	SUPORTE PLASTICO COM DIAFRAGMA 2MM
17	64002026	1,00	UN	FILTRO AMARELO
18	64002027	1,00	UN	FILTRO CIANO
19	64002029	1,00	UN	FILTRO MAGENTA
20	64002071	1,00	UN	LENTE DE VIDRO CONCAVA Ø50MM F= -200MM
21	64002044	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø50MM F= 250MM
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
23	64002073	1,00	UN	ESPELHO DE VIDRO CONVEXO Ø050MM F= -200MM
24	64002021	1,00	UN	ESPELHO DE VIDRO CONCAVO Ø050MM F= 200MM
25	64002041	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 100MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
27	64001061	1,00	UN	REDE DE DIFRACAO 500 LINHAS/MM
28	64001022	1,00	UN	FILTRO RGB DE CORES ADICAO DE CORES
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
30	64002048	1,00	UN	REGUA BANCO OTICO 15 - 0 - 15CM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO
32	64001055	2,00	UN	POLAROIDE ROTACIONAL



POSICIONAMIENTO DAS PEÇAS NO BERÇO





EXPERIMENTOS

EFEITOS DA PROPAGAÇÃO LUMINOSA

EXPERIMENTO 01 - PERMEABILIDADE DOS CORPOS À PROPAGAÇÃO LUMINOSA

OBJETIVO: Estudar o comportamento quanto a permeabilidade à luz de corpos de naturezas diversas

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
12	64005151	1,00	UN	PRISMA TRAPEZOIDAL DE ACRILICO BXAXE 60X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	FOLHA DE PAPEL SULFITE TAMANHO A4 (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	FOLHA DE PAPEL VEGETAL SEMITRANSPARENTE TAMANHO A4 (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	PEDAÇO RETANGULAR 6X10CM DE PEPALÃO OU MADEIRA (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	FITA ADESIVA (*)

(*) Não fornecido.



Fig. 1.1 - Montagem do experimento

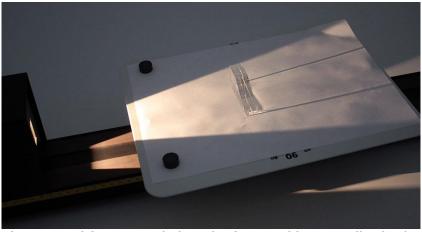


Fig.1.2 - Posicionamento da fonte luminosa e objeto a ser iluminado.



- **1.** Montar o equipamento conforme mostra a figura 1.1.
- 2. Ligar a fonte luminosa sem o diafragma.
- **3.** Colocar frontalmente à fonte de luz o corpo de acrílico trapezoidal, com sua face de menor apoiada na folha de papel.
- 4. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- 5. Observar através do objeto o que acontece com a luz ao atravessá-lo.
- **6.** Mudar a posição do corpo de prova, colocando-o com a face maior sobre a mesa e repetir o procedimento.
- **7.** Substituir o acrílico por uma pequena folha retangular (6x10cm) de papel vegetal fixado num suporte em L e repetir os procedimentos experimentais.
- 8. Recortar 6 pequenas folhas retangulares (6X10cm) de papel vegetal
- **9.** Desenhar com tinta preta uma pequena figura numa das folhas de papel vegetal, colocar frontalmente diante da fonte luminosa e observar a visibilidade resultante da figura desenhada.
- 10. Acrescentar uma a uma folhas de papel vegetal ao papel que contém a figura.
- **11.**Observar o que ocorre quanto à visibilidade e à transparência à medida que se aumenta o número de folhas de papel vegetal.
- **12.**Realizar os mesmos procedimentos de observação usando uma pequena placa retangular de madeira, ou de papelão grosso.

- 1. Quanto à sua permeabilidade à luz como se classifica a placa de acrílico? Olhando a fonte luminosa através da placa é possível ver a fonte de luz bem definida, o que significa que a luz atravessa a placa de acrílico de forma regular. Então a placa de acrílico se constitui num meio transparente à luz.
- **2.** O que acontece com a visibilidade através da placa de acrílico quando se aumenta a sua espessura?
 - A visibilidade continua a mesma e, portanto continua sendo um meio transparente à luz.
- 3. Quando se observa através da placa de madeira (ou papelão) é possível enxergar a lâmpada? Então como se classifica esse corpo quanto à sua permeabilidade à luz?

 Não. A luz não consegue atravessar esses meios e por isso são classificados como opacos à luz.
- **4.** Quando se observa a fonte luminosa (lâmpada) através da folha de papel vegetal é possível enxergar seus detalhes? Então quanto à sua permeabilidade à luz como esse material deve ser classificado?
 - Verifica-se que há apenas passagem de luz porém não se pode ver a lâmpada ou detalhes da fonte luminosa. A luz atravessa o papel vegetal, porém de forma irregular. Por isso esse meio é classificado como meio translúcido.



- **5.** À medida que se aumentou a espessura do papel vegetal, ocorre mudança quanto à sua permeabilidade à luz? Explicar.
 - À medida que a camada de papel vegetal aumenta de espessura menos delineada e mais obscura se torna a figura, diminuindo a permeabilidade desse meio à passagem da luz.
- **6.** Com base nas observações realizadas, preencher a tabela. Descrever o que foi observado e classificar os corpos quanto à sua permeabilidade à luz (transparente, translúcido ou opaco).

Corpo de prova	Observação	classificação
Placa de acrílico trapezoidal	É atravessada regularmente pela luz	transparente
Placa de madeira ou de papelão	Não permite a passagem da luz	opaca
Folha de Papel vegetal	Permite a passagem parcial e irregular da luz	translúcida



EXPERIMENTO 02 – SOMBRA E PENUMBRA

OBJETIVO: Analisar a formação dos efeitos luminosos quando um corpo opaco é iluminado por uma e por duas fontes luminosas.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição	
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO	
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ	
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A	
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO	
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR	
11	64002062	2,00	UN	ESPELHO DE VIDRO COM SUPORTE E MANIPULO	
13	64005229	1,00	UN	BARREIRA DE LUZ	
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM	
XX	XXXXXXXX	2,00	UN	FOLHA DE PAPEL SULFITE TAMANHO 44 (*)	

(*) Não fornecido.

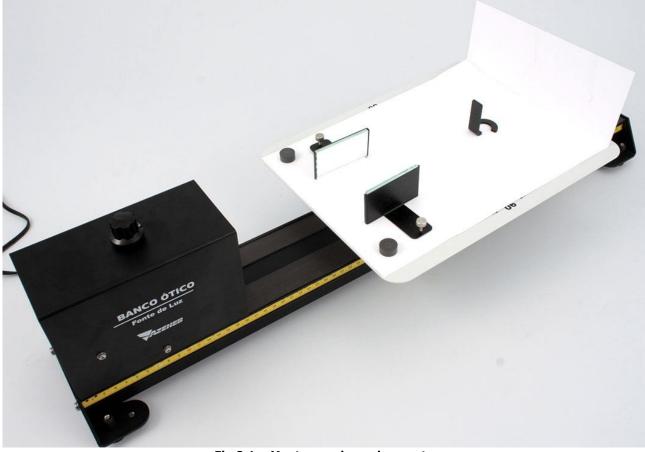


Fig.2.1 - Montagem do equipamento

- **1.** Dobrar uma folha de papel branco A4 conforme mostra a figura 2.1 e colocar sobre a base retangular. Colocar outra folha de sulfite por cima da folha dobrada e fixar as folhas utilizando os imãs de modo que a parte dobrada fique na vertical, como um anteparo.
- 2. Posicionar a fonte luminosa. Usar apenas a janela central da fonte luminosa.
- 3. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **4.** Colocar um corpo opaco conforme mostra a figura 2.1 à ±20cm à frente da fonte luminosa.



- 5. Observar a região situada atrás do corpo na parte horizontal e na parte vertical do papel.
- **6.** Aproximar e afastar o corpo opaco da fonte de luz e observar o que ocorre com a sombra nas duas regiões da folha de papel.
- **7.** Recolocar o corpo opaco a ± 20 cm à frente da fonte luminosa.
- **8.** Percorrer com a extremidade do lápis a região de sombra, procurando verificar sua extensão espacial.
- **9.** Traçar os limites do cone de luz e de sombra na parte horizontal do papel e da silhueta na parte vertical.
- **10.**Utilizar os espelhos com suporte para refletir dois feixes de luz que iluminem o objeto opaco igualmente.
- **11.**Observar a região horizontal atrás do objeto e a projetada na parte vertical do papel (anteparo).

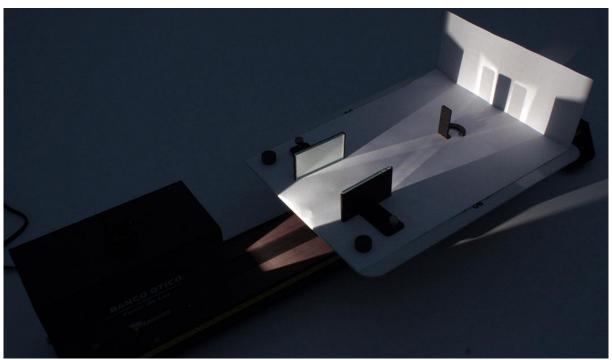
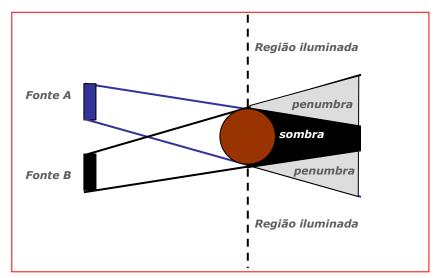


Fig. 2.2 - Resultado do experimento (Sombra e a penumbra)

- 1. O que acontece quando um corpo opaco é colocado frontalmente à uma fonte luminosa? Uma parte da região atrás do objeto não fica iluminada.
- **2.** Como é denominado o espaço que deixa de receber luz da fonte? Porque recebe essa denominação?
 - A região não iluminada é denominada de cone de sombra. Essa região ocupa um espaço entre o objeto e o anteparo e é limitada pelos raios divergentes emanados pela fonte luminosa. Daí a denominação de cone de sombra.
- 3. Conceituar cone de sombra, sombra própria e sombra projetada. Na configuração do experimento, a região do espaço entre o objeto e o anteparo (parte vertical da folha) é denominada de cone de sombra. A superfície não iluminada projetada na parte horizontal da folha é a sobra projetada, assim como a superfície projetada na parte vertical da folha de papel (anteparo) A parte posterior do objeto não alcançada pela luz é a sombra própria.



- **4.** O que ocorre com o tamanho da sombra quando se aproxima e quando se afasta o corpo da fonte de luz?
 - A sombra aumenta à medida que o objeto opaco é aproximado da fonte luminosa.
- **5.** Descrever o que foi observado no procedimento em que se usou a fonte e o espelho para iluminar o corpo opaco. Fazer um esquema ilustrativo.
 - Como o objeto está iluminado por duas fontes distintas atrás do objeto se formam três regiões diferentes quanto ao recebimento de luz (conforme mostra a figura a seguir):
 - a) Região de sombra: não recebe luz de nenhuma das duas fontes.
 - b) Região de penumbra: fracamente iluminada formada pela sombra de uma das fontes e pela iluminação da outra.
 - c) Região Iluminada: recebe luz das duas fontes.



6. Diferenciar sombra e penumbra.

Sombra é a região não iluminada pela luz que incide sobre um objeto opaco. Penumbra é uma transição entre região de sombra e iluminação total, isto é, uma região que recebe luz de uma fonte e sombra de outra.



EXPERIMENTO 03 - CÂMARA ESCURA

OBJETIVO: Obter a imagem de um objeto luminoso em uma câmara escura

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
07	03003010	1,00	UN	TRENA ACO 02 MTS VONDER 38.68.270.002
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
16	64002049	1,00	UN	SUPORTE PLASTICO COM DIAFRAGMA 2MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	VELA (*)

(*) Não fornecido com o produto.





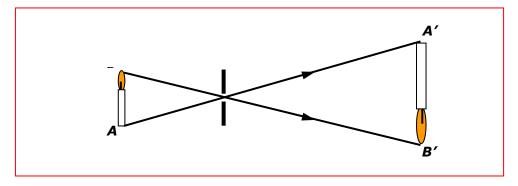
Fig.3.1 - Montagem e esquema da câmara escura

- 1. O experimento deve ser realizado em sala escura.
- 2. Forrar a mesa com uma folha de papel.
- **3.** Acender uma vela e fixá-la sobre a folha de papel (derramar um pouco de vela quente no papel e fixar a base da vela).
- **4.** Colocar um cavaleiro com o diafragma de orifício circular a uma distância p = 8 cm da vela.
- 5. Posicionar o diafragma de modo que a luz atravesse o orifício de 2mm de diâmetro.
- **6.** Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **7.** Colocar o anteparo a uma distância p' = 16 cm do diafragma.



- **1.** Olhar Através do anteparo e observar a imagem da vela projetada. Essa imagem é real ou virtual? Justificar.
 - Como essa imagem é projetável ela é formada pelos próprios raios luminosos, portanto é uma imagem real.
- 2. Qual a orientação da imagem em relação ao objeto?

 A imagem é invertida em relação à orientação do objeto.
- **3.** O resultado do experimento serve para mostrar a propagação retilínea da luz? Desenhe um esboço que mostre a formação da imagem no anteparo.



O esquema mostra a formação da imagem. Observe-se que a imagem A' do ponto A é formada pelo raio luminoso que se propaga em linha reta (assim como acontece com os raios luminosos que partem de cada ponto do objeto)

- **4.** Posicionar o cavaleiro com o diafragma a 5,0 cm da vela. Colocar o anteparo a 10 cm do diafragma.
- **5.** Afastar o anteparo e descrever o que acontece com o tamanho da imagem. Ao afastar o anteparo a imagem aumenta de tamanho, porém fica menos iluminada.



REFLEXÃO DA LUZ

EXPERIMENTO 04 - REFLEXÃO REGULAR E DIFUSA

OBJETIVO: Analisar o comportamento de um raio luminoso incidente em corpos opacos de diferentes superfícies.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição	
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ	
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A	
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO	
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR	
11	64002062	2,00	UN	ESPELHO DE VIDRO COM SUPORTE E MANIPULO	
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM	
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM	
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	CARTÃO CARTOLINA 6X10CM NEGRO (*)	
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	CARTÃO CARTOLINA 6X10CM BRANCA (*)	
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	CARTÃO CARTOLINA 6X10CM BRANCA FOSCA (*)	
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	CARTÃO CARTOLINA 6X10CM COLORIDA (*)	
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	LAMINA DE METAL PAPEL ALUMÍNIO 6X10CM (*)	

(*) Não fornecido.



Fig.4.1 - Posicionamento do equipamento para o experimento

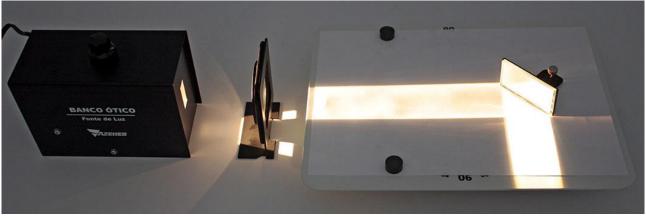


Fig.4.2 - Reflexão total com o espelho



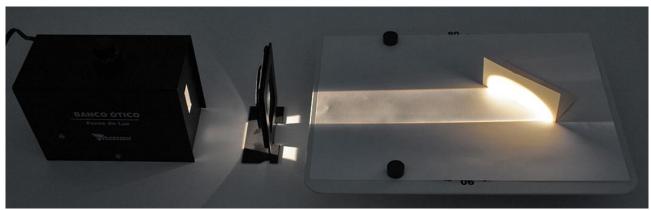


Fig.4.3 - Reflexão difusa com o anteparo de papel colorido

- **1.** Montar a fonte de luz sobre uma folha de papel A4, conforme mostra a figura 4.1.
- 2. Fixar à frente da fonte de luz o diafragma de uma fenda.
- **3.** Posicionar um cartão retangular de papel negro fosco verticalmente à folha de papel, de modo que o raio luminoso incida obliquamente à superfície do cartão.
- **4.** Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **5.** Observar com muita atenção o que acontece com a luz que emerge do cartão após a incidência quanto à luminosidade, o espalhamento dos rios luminosos, etc.
- **6.** Repetir esse procedimento com os outros corpos de prova (papel ou cartolina branca fosca, papel ou cartolina colorida fosca, papelão, lâmina de metal fosca, lâmina de metal lisa, e um espelho).

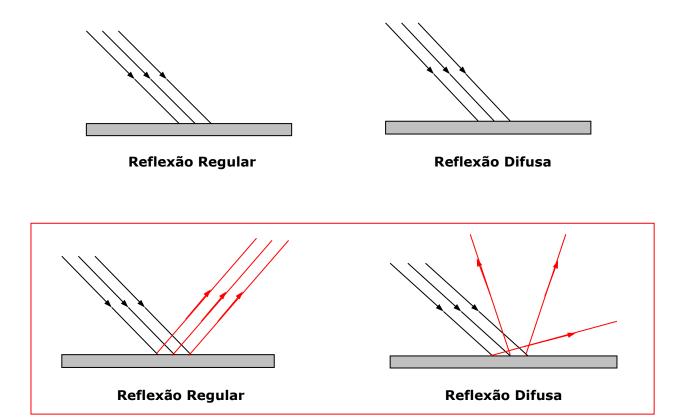
1. Anotar as observações realizadas a respeito das características dos raios luminosos emergentes das diversas superfícies utilizadas no experimento:

N	Corpo de prova	Observação a respeito do raio luminoso emergente
1	Papel negro fosco	Só se observa o raio incidente não há luz refletida
2	Papel branco fosco	Observa-se que há Luz refletida difusa
3	papel colorido	Há luz refletida, porém mais débil que no papel branco
4	Lâmina metálica	Grande parte da luz incidente é refletida em diferentes
	fosca	direções
5	Lâmina metálica lisa	Grande parte da luz é refletida quase sem difusão
6	espelho	Praticamente toda luz incidente é refletida numa única
		direção

- **2.** Quais superfícies refletem praticamente toda a luz incidente? O que diferencia essas superfícies das outras?
 - A lâmina metálica lisa e o espelho pois suas superfícies são lisas e polidas ao contrário das outras superfícies.
- **3.** Conceituar o fenômeno de reflexão da luz sobre uma superfície. É o retorno da luz desde a superfície em que incidiu.
- **4.** Diferenciar reflexão regular (ou especular) e reflexão difusa. Na reflexão regular um feixe de raios paralelos incidente reflete também como feixe de raios paralelos. Já na reflexão difusa os raios do feixe refletido possuem direções diversas.



5. Mostrar nas figuras a seguir, a reflexão regular e a reflexão difusa, conforme foi observado no experimento:



EXPERIMENTO 05 - FORMAÇÃO DA IMAGEM EM ESPELHO PLANO

OBJETIVO: Analisar a formação de imagem num espelho plano

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	5,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1 (*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

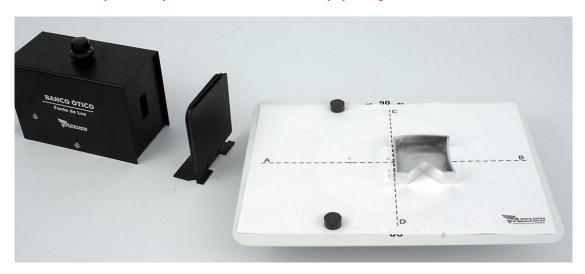


Fig.5.1 - Montagem do material experimental

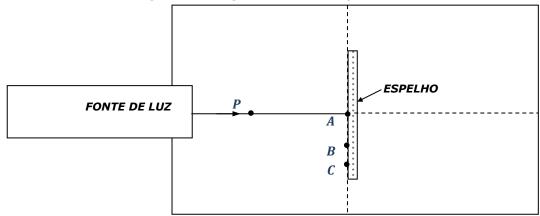


Fig.5.2 - Posicionamento do espelho marcação para o experimento

- 1. Montar o equipamento conforme a figura 5.1. Fixar no cavalete metálico uma lente planoconvexa de distancia focal 12cm (lente colimadora) e o diafragma de 1 fenda.
- 2. Sobre a base de metal colocar uma folha de papel A4 impressa com o apêndice 1. Como mostra a figura 5.1.



- **3.** Marcar no ponto médio da reta C o ponto A e outros dois pontos B e C que se situem no campo do espelho conforme figura 5.1.
- **4.** Posicionar a folha com o espelho de maneira que o raio luminoso incida perpendicularmente no espelho e contenha os pontos P e A. O ponto P será objeto para o espelho.
- **5.** Observar o que acontece com o raio refletido. O raio refletido coincide com o raio incidente.
- **6.** Reposicionar a fonte (ou a folha de papel com o espelho) de forma que o raio luminoso passe pelo ponto P e incida no espelho em B. Marcar um ponto qualquer B' no raio refletido.

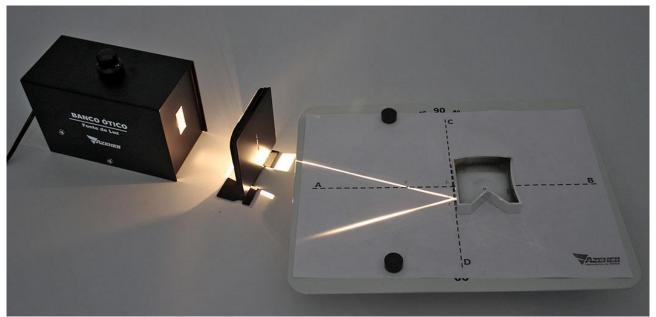


Fig.5.3 - Raio refletido no ponto B

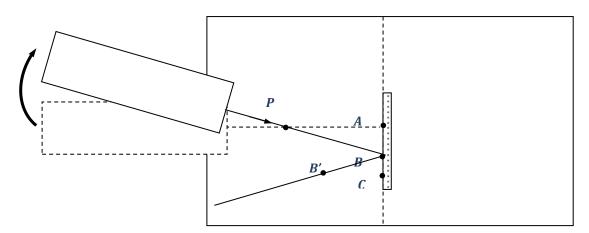


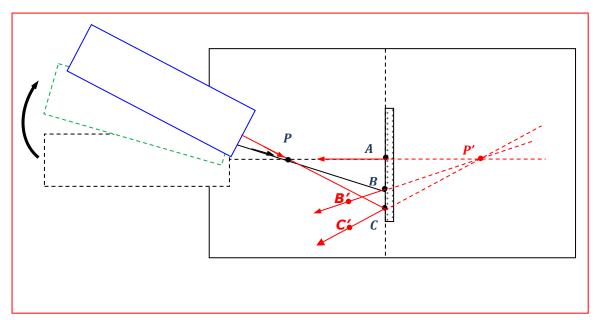
Fig.5.4 - Marcação do ponto B'

7. Reposicionar a fonte fazendo com que o raio luminoso passe por P e incida no espelho no ponto C. Marcar um ponto C' no raio refletido.



- 1. Retirar o espelho e traçar o raio incidente e o raio refletido da incidência nos pontos P e A.
- 2. Traçar o raio incidente e o refletido, pelos pontos P, B e B'.
- 3. Repetir o procedimento para os pontos P,C e C'.
- **4.** Os raios refletidos formam um feixe convergente, paralelo ou divergente? Os raios refletidos formam um feixe divergente.
- **5.** Traçar os prolongamentos (atrás do espelho) dos raios refletidos, BB', CC' e determinar o seu ponto de encontro (P'). Qual o significado físico desse ponto?

 O ponto de encontro dos prolongamentos dos raios refletidos (P') é a imagem do ponto objeto P.



- 6. Medir a distância PA e comparar com a medida da distância AP'. O que se conclui a respeito da posição da imagem em relação ao espelho?
 PA = AP' = 6,0 cm
 - A imagem é simétrica ao objeto em relação ao espelho.
- **7.** A imagem P' do ponto P fornecida pelo espelho plano é real ou virtual? Justificar. A imagem P' é virtual, pois é formada pelo encontro dos prolongamentos dos raios refletidos.



EXPERIMENTO 06 – LEIS DA REFLEXÃO EM ESPELHO PLANO

OBJETIVO: Analisar a reflexão de um raio luminoso incidente num espelho plano

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO

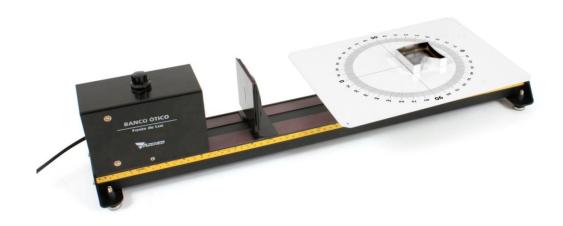


Fig.6.1 - Montagem dos componentes do banco ótico

- **1.** Montar o equipamento conforme mostra a figura 6.1.
- **2.** Encaixar o disco ótico no suporte apropriado que deve repousar sobre o banco. Fazer com que o eixo 0-0 do disco ótico fique paralelo ao banco. (Estes procedimentos de montagem do banco ótico serão utilizados em vários experimentos de ótica).
- **3.** Fixar o diafragma de cinco fendas na face do cavaleiro (suporte) voltada para a fonte luminosa e na face oposta uma lente plano-convexa de distancia focal 12cm (lente colimadora) com a face plana encostada no cavaleiro.
- **4.** Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **5.** Ligar a fonte luminosa e ajustar o feixe luminoso de forma que o raio central incida no centro do transferidor e coincida com o eixo 0-0 do disco.



- **6.** Ajustar a posição do conjunto cavaleiro-lente-diafragma de modo a obter um feixe de raios luminosos paralelos. Substituir o diafragma por outro de fenda única e ajustá-lo para que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0.
- **7.** Posicionar o espelho plano no disco ótico de maneira que a sua face coincida com o eixo 90-90 (nesta posição o raio luminoso incidente e o refletido coincidem com o eixo 0-0).
- Girar cuidadosamente o disco ótico para um ângulo i de incidência de 10° e anotar o valor do ângulo r de reflexão.
 r = 10°
- **9.** Variar o ângulo de incidência em 10º e anotar a medidas do ângulo de reflexão correspondente na tabela.
- **10.**Repetir o procedimento anterior até completar a tabela:

Ângulo de Incidência i	Ângulo de reflexão r
00	00
10°	10°
20°	20°
300	300
400	40°
500	50°
60°	60°
70°	70°

- **1.** Como é denominada a reta perpendicular ao espelho e que coincide com o eixo 0-0? Qual a sua função no estudo da reflexão.
 - Reta normal. Ela é utilizada como referência para medida dos ângulos de incidência e de reflexão.
- 2. Qual é o ângulo de incidência? E o de reflexão?
 - Ângulo de incidência é o ângulo que o raio incidente forma com a normal do espelho no ponto de incidência.
 - O ângulo de reflexão é o ângulo que o raio refletido forma com a normal do espelho no ponto de emergência.
- **3.** O que se observou a respeito dos valores do ângulo de incidência e o correspondente ângulo de reflexão?
 - São iguais qualquer que seja o ânqulo de incidência.
- **4.** Verificar o plano em que se encontram a reta normal e o raio incidente. O raio refletido também repousa neste plano?
 - O raio incidente e a normal estão num mesmo plano que é o plano do disco ótico. O raio refletido, como se pode observar, também repousa neste plano.



- **5.** Como podem ser enunciadas as duas leis da reflexão num espelho plano?
 - a) O raio incidente I, a normal à superfície refletora N e o raio refletido R estão no mesmo plano.
 - b) O ângulo de incidência i é igual ao ângulo de refração r.



Fig. 6.2 - Resultado do experimento



EXPERIMENTO 07 - ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS

OBJETIVO: Analisar a formação de imagens numa associação de espelhos planos.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição	
11	64002062	2,00	UN	ESPELHO DE VIDRO COM SUPORTE E MANIPULO	
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APENDICE 2 (*)	

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 2 em uma folha de papel sulfite tamanho A4.

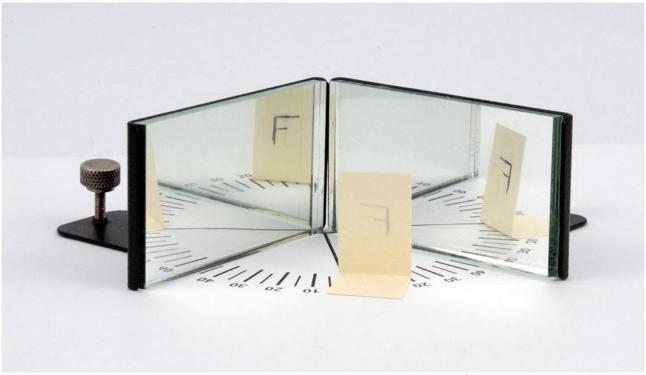


Fig.7.1 - Espelhos planos associados sobre o disco ótico

- **1.** Montar com os suportes apropriados os espelhos planos sobre uma folha de papel sulfite tamanho A4 impressa com o apêndice 2 formando um ângulo de 90º entre eles.
- 2. Recortar um pequeno pedaço de papel, desenhar a letra F, conforme mostra a figura 7.1.
- **3.** Colocar um objeto entre os espelhos e anotar na tabela o número de imagens fornecidas pela associação.
- **4.** Repetir os mesmos procedimentos para a associação de espelhos com ângulos de 30°, 45° e 60°.



1. Preencher a tabela para cada ângulo da associação.

	Ângulo entre os espelhos α	Número de imagens da associação N	Imagens enantiomorfas	Imagens não enantiomorfas
1	30°	11	6	5
2	45°	7	4	3
3	60°	5	3	2
4	90°	3	2	1

2. Calcular o número de imagens usando a expressão:

$$N = \frac{360^{\circ}}{\alpha} - 1$$

$$N_{30^{\circ}} = \frac{360^{\circ}}{30^{\circ}} - 1 = 11$$

$$1 = 11 \qquad N_{45^{\circ}} = \frac{360^{\circ}}{45^{\circ}} - 1 = 7$$

$$N_{60^{\circ}} = \frac{360^{\circ}}{60^{\circ}} - 1 = 5$$

$$N_{90^{\circ}} = \frac{360^{\circ}}{90^{\circ}} - 1 = 3$$

- **3.** Comparar o número de imagens observadas com o calculado. São iguais
- **4.** Observar, em cada caso, as imagens fornecidas pela associação e enumerar as imagens iguais e as enantiomorfas.

Imagens enantiomorfas possuem a mesma forma, porém não se superpõem por translação simples como a letra F e a sua imagem:



Percorrendo as imagens formadas pela associação num mesmo sentido, as imagens de ordem ímpar são enantiomorfas.

EXPERIMENTO 08 - REFLEXÃO DA LUZ EM ESPELHOS ESFÉRICOS

OBJETIVO:

- Estudar o comportamento dos raios luminosos incidentes em espelho côncavo e espelho convexo.
- Reconhecer foco de um espelho esférico e sua natureza.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO
XX	XXXXXXXX	2,00	UN	IMPRESSO APENDICE 1 (*)

(*) Não fornecido. Deve ser impresso em papel vegetal A4 semi-transparente.

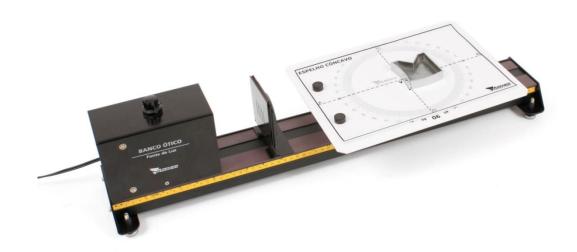


Fig.8.1 – Montagem do banco ótico para estudo da reflexão da luz em espelhos esféricos.

Parte I: Espelho esférico côncavo

- 1. Montar o banco ótico conforme mostra a figura 8.1.
- **2.** Colocar a lente colimadora (f = 12 cm) e o diafragma de cinco fendas no cavaleiro sobre o trilho entre a fonte e o disco ótico.
- 3. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.



- **4.** Ligar a fonte de luz e movimentar o cavaleiro de maneira a obter um feixe de raios luminosos paralelos. Fazer com que o raio luminoso central do feixe coincida com o eixo 0-0 do disco ótico.
- 5. Imprimir em uma folha de papel vegetal tamanho A4 o apêndice 1.
- **6.** Colocar a folha de papel vegetal sobre o disco ótico de modo que o segmento AB coincida com o eixo 0-0 e o centro da folha coincida com o centro do disco. Fixar o papel com dois imãs para que ela não se desloque sobre o disco.
- **7.** Colocar o espelho côncavo sobre o papel vegetal posicionando o ponto médio V de superfície especular no centro da folha. Marcar o ponto V.
- **8.** Traçar na folha de papel vegetal o perfil do espelho e ajustar o posicionamento do conjunto espelho-folha tal que o raio refletido central coincida com o raio incidente, conforme ilustra a figura 8.2.

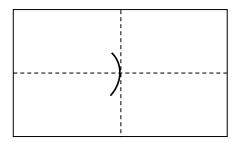


Fig. 8.2 - Modelo da folha de papel vegetal com segmentos de reta perpendiculares aos lados e marcação do espelho.

- Como é denominada a reta AB que coincide com o raio luminoso central e que passa pelo centro do espelho?
 É o eixo principal do espelho.
- **2.** Explicar o que acontece com os raios refletidos quando os raios incidentes são paralelos ao eixo principal.

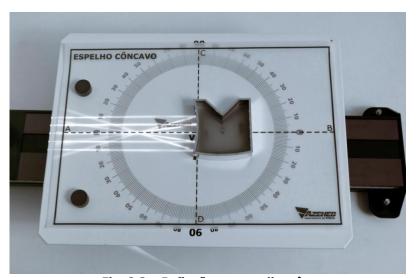


Fig. 8.3 – Reflexão em espelho côncavo

Os raios refletidos são convergentes e encontram o eixo principal num ponto denominado foco principal do espelho.



- **3.** O ponto determinado pelos raios refletidos é um ponto real ou virtual? Justificar. O ponto é real pois é encontro dos próprios raios refletidos.
- **4.** Girar cuidadosamente o disco ótico de pequenos ângulos e observar que os raios refletidos se encontram fora do eixo principal. Como são denominados esses pontos? São os focos secundários.
- **5.** Como é denominada a superfície que contém a linha que une os focos secundários e o foco principal?
 - É o plano focal do espelho.
- **6.** Marcar na folha de papel dois pontos distintos do raio incidente mais próximo de um dos lados do eixo principal e também dois pontos distintos no raio refletido correspondente. Repetir o procedimento para o raio do outro lado do eixo principal.
- 7. Retirar o espelho e completar o desenho para obtenção do foco principal do espelho.

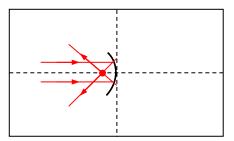


Fig. 8.4 - Determinação do foco do espelho

Parte II: Espelho esférico convexo

1. Substituir o espelho côncavo pelo espelho convexo e utilizar outra folha de papel vegetal idêntica à primeira. Posicionar o espelho com a face convexa voltada para a fonte de luz e desenhar o perfil do espelho, conforme mostra a figura 8.5:

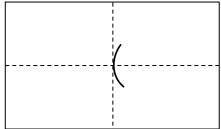


Fig. 8.5 - Modelo da folha de papel vegetal com segmentos de reta perpendiculares aos lados e marcação do espelho.

2. Ajustar a posição do espelho para que o raio luminoso central coincida com a reta AB e com o eixo 0-0 do disco ótico. Observar que o raio luminoso central deve refletir sobre ele mesmo.

1. Os raios refletidos pelo espelho convexo formam um feixe luminoso convergente ou divergente?



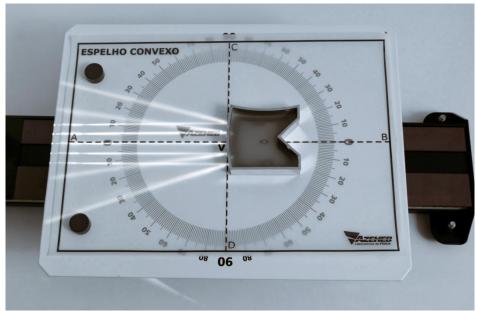


Fig. 8.6 - Reflexão em espelho convexo.

Os raios refletidos formam um feixe divergente.

- **2.** Marcar na folha de papel dois pontos em cada raio incidente e dois pontos em cada raio refletido correspondente.
- **3.** Retirar o espelho e traçar através dos pontos marcados cada raio incidente e seu respectivo raio refletido.
- **4.** Com linha pontilhada traçar os prolongamentos de cada um dos raios refletidos.

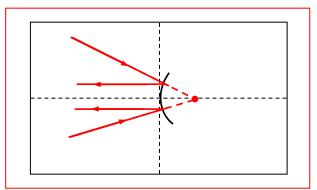


Fig. 8.7 - Reflexão em espelho convexo.

- **5.** Qual o significado físico do ponto do eixo principal onde se cruzam os prolongamentos dos raios refletidos? É o foco principal do espelho convexo.
- **6.** Esse ponto é real ou virtual? Justificar. Esse ponto é formado pelos prolongamentos dos raios refletidos, portanto é um ponto virtual.
- **7.** O foco do espelho convexo é real ou virtual? O foco do espelho convexo é virtual. Está localizado atrás do espelho.



EXPERIMENTO 09 - PROPRIEDADES DOS RAIOS PRINCIPAIS DE UM ESPELHO CÔNCAVO

OBJETIVO: Analisar as propriedades de um raio luminoso incidente num espelho côncavo. Reconhecer os elementos geométricos de um espelho esférico.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APENDICE 1 (*)

(*) Não fornecido. Deve ser impresso em papel vegetal A4 semi-transparente.

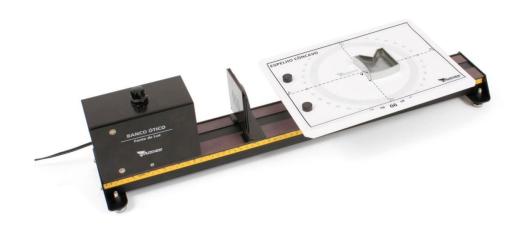


Fig.9.1 – Montagem do banco ótico para estudo das propriedades dos raios principais num espelho côncavo.

- 1. Montar o banco ótico conforme mostra a figura 9.1.
- **2.** Colocar a lente colimadora (f = 12 cm) e o diafragma de cinco fendas no cavaleiro sobre o trilho entre a fonte e o disco ótico.
- 3. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **4.** Ligar a fonte de luz e movimentar o cavaleiro de maneira a obter um feixe de raios luminosos paralelos. Fazer com que o raio luminoso central do feixe coincida com o eixo 0-0 do disco ótico.



- **5.** Substituir o diafragma de cinco fendas pelo de fenda única. O raio luminoso deve coincidir com o eixo 0-0 do disco ótico.
- **6.** Imprimir em uma folha de papel vegetal tamanho A4 o apêndice 1.
- **7.** Colocar a folha de papel vegetal sobre o disco ótico de modo que o segmento AB coincida com o eixo 0-0 do disco e o centro da folha coincida com o centro do disco. Fixar o papel com dois imás para que ela não se desloque sobre o disco.

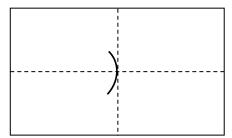


Fig. 9.2 - Modelo da folha de papel vegetal com segmentos de reta perpendiculares aos lados e o perfil do espelho côncavo traçado.

- **8.** Colocar o espelho côncavo sobre o papel vegetal posicionando o ponto médio V da superfície especular no centro da folha e o eixo principal do espelho coincidindo com o eixo 0-0 de modo que o raio incidente e o raio refletido coincidam, conforme figura 9.2.
- 9. Traçar na folha de papel vegetal o perfil do espelho.

- **1.** Girar o disco ótico cuidadosamente. Como é denominado ponto de incidência no espelho côncavo?
 - O ponto V do espelho onde está incidindo o raio luminoso é denominado de vértice.
- 2. O quer acontece com os valores dos ângulos de incidência e de reflexão? Para cada raio luminoso o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão
- 3. Como essa propriedade do raio luminoso pode ser enunciada?

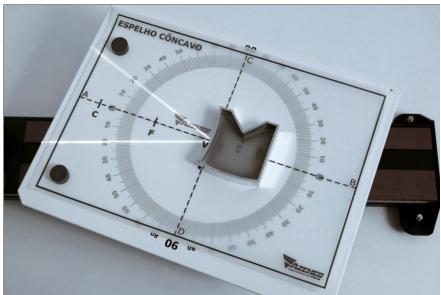


Fig. 9.3 - Raio luminoso incidente no vértice do espelho côncavo

Todo raio luminoso que incide no vértice do espelho esférico reflete simetricamente em relação ao eixo principal.



- 4. Fazer com que o raio incidente retorne à posição inicial de incidência (coincidindo com o eixo principal). Usar o botão (knob) sobre a fonte para deslocar o raio incidente. Girar cuidadosamente o disco ótico, fazendo com que o raio luminoso incida, paralelamente ao eixo principal do espelho (observar que o raio incidente não fique muito afastado).O que ocorre com o raio refletido quando a incidência é paralela ao eixo principal do espelho? Os raios refletidos cruzam o eixo principal sempre no mesmo ponto. Esse ponto (F) é denominado foco principal.
- **5.** Marcar no eixo principal o ponto F e enunciar essa propriedade do raio luminoso.

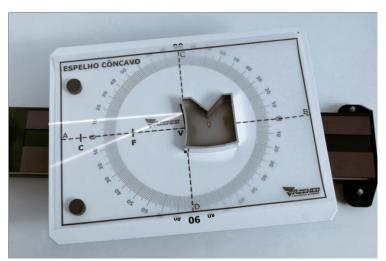


Fig. 9.4 - Raio luminoso incidindo paralelamente ao eixo principal

"Todo raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal de um espelho esférico côncavo, reflete sempre numa direção que passa pelo foco principal".

- **6.** Medir a distância FV. Como ela é denominada? FV = 6,0 cm e é denominada de distância focal f do espelho.
- 7. Girar agora o disco ótico de modo que o raio incidente passe pelo ponto F. Qual a direção do raio refletido?O raio refletido emerge do espelho paralelamente ao eixo principal.
- **8.** Como pode ser enunciada essa propriedade do raio luminoso?

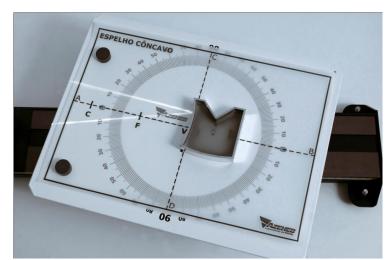


Fig .9.5 - Raio luminoso incidindo numa direção que passa pelo foco principal

"Todo raio luminoso que incide num espelho esférico numa direção que passa pelo foco principal reflete paralelamente ao eixo principal".



9. Girar o disco ótico de modo que o raio incidente e o refletido coincidam. Marcar o ponto (C) em que o raio incidente e o refletido cruzam o eixo principal. Medir a distância VC e comparar com a distância focal f.

VC = 12 cm, portanto VC= 2f

10.Como pode ser enunciada a propriedade do raio luminoso quando o raio incidente e o refletido possuem a mesma direção? Como é denominado o ponto C?

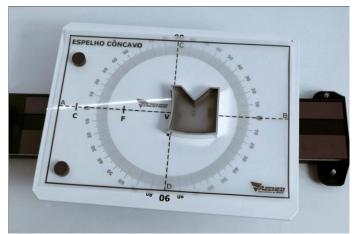


Fig. 9.6 - Raio luminoso incidindo numa direção que passa pelo centro de curvatura

"Todo raio luminoso que incide num espelho esférico, numa direção que passa pelo centro de curvatura, reflete na mesma direção do raio incidente".

O ponto C é denominado centro de curvatura (também denominado ponto autoconjugado) do espelho.

A distância VC = R = 12,0 cm é o raio de curvatura da superfície especular.

11.Qual o significado físico da distância VF? É a distância focal f do espelho esférico.

12. Como é denominada a distância VC?

É o raio de curvatura da superfície especular.

13.Medir a distância f = VF e comparar com a medida da distância R = VC

f = 6.1 cm e R 12,0 cm e $f \approx R/2$

O raio de curvatura é aproximadamente igual ao dobro da distância focal.

- **14.**Definir, com base nas observações realizadas no experimento, os elementos geométricos principais do espelho côncavo:
 - centro de curvatura C

É o centro da esfera que originou a calota especular.

raio de curvatura

É o raio R da esfera que originou a calota.

- ¸vértice V

É o polo da calota esférica que deu orígem ao espelho.

- Eixo principal e_P

É o diâmetro da superfície esférica correspondente ao espelho que contém C e V.

foco principal F

É o ponto médio da distância CV e por onde cruzam o eixo principal os raios incidentes paralelos ao eixo principal.

distância focal f

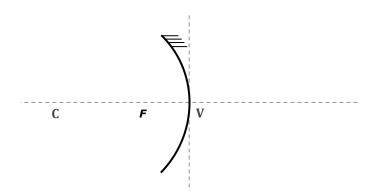
É a distância FV do foco principal ao vértice do espelho.

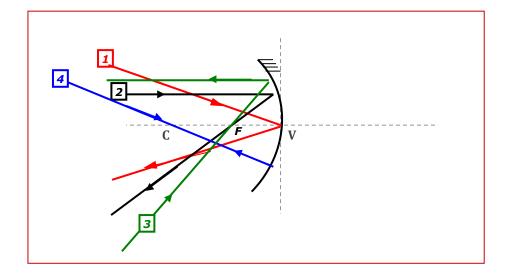
15.No espelho côncavo o foco é real ou virtual? Justificar.

O foco de um espelho esférico côncavo é real, pois é formado pelo cruzamento dos próprios raios refletidos que incidiram paralelamente ao eixo principal do espelho.



16.Traçar na folha de papel vegetal os quatro raios luminosos principais e seus correspondentes raios refletidos.





EXPERIMENTO 10 - PROPRIEDADES DOS RAIOS PRINCIPAIS NUM ESPELHO CONVEXO

OBJETIVO: Analisar as propriedades de um raio luminoso incidente num espelho convexo.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO
XX	XXXXXXXX	2,00	UN	IMPRESSO APENDICE 1 (*)

(*) Não fornecido. Deve ser impresso em papel vegetal A4 semi-transparente.

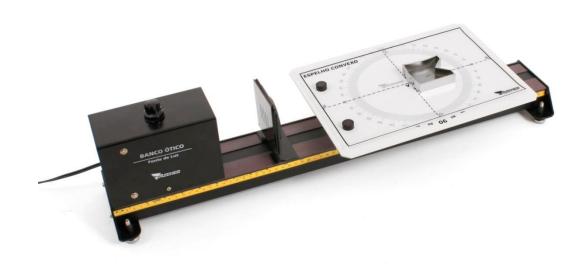


Fig.10.1 - Montagem do banco ótico para experimentos com espelho esférico.

- 1. Montar o banco ótico conforme mostra a figura 10
- **2.** Colocar a lente colimadora (f = 12 cm) e o diafragma de cinco fendas no cavaleiro sobre o trilho entre a fonte e o disco ótico.
- 3. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- 4. Imprimir em uma folha de papel vegetal tamanho A4 o apêndice 1.
- **5.** Colocar sobre o disco ótico a folha de papel vegetal (conforme figura 10.1) com a reta AB coincidindo com o eixo 0-0 do disco ótico:



- **6.** Ligar a fonte de luz e movimentar o cavaleiro de maneira a obter um feixe de raios luminosos paralelos. Fazer com que o raio luminoso central do feixe coincida com o eixo 0-0 do disco e com o segmento AB.
- **7.** Colocar o espelho convexo sobre o papel vegetal posicionando o ponto médio V da superfície especular no centro da folha e o eixo principal do espelho coincidindo com o segmento AB. Traçar com lápis o contorno do espelho convexo no papel vegetal.
- 8. Ajustar o feixe luminoso paralelamente ao eixo principal do espelho convexo.
- **9.** Observar o que ocorre com os raios refletidos pelo espelho e com os seus prolongamentos atrás da superfície refletora.

1. Os raios luminosos refletidos são convergentes ou divergentes? Onde eles cruzam o eixo principal?

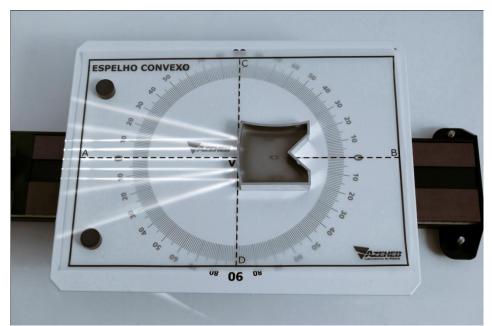


Fig. 10.2 - Raios luminoso incidindo paralelamente ao eixo principal do espelho convexo.

Os raios luminosos são divergentes, pois após refletir se afastam do eixo principal. Os raios refletidos não cruzam o eixo principal.

- 2. Marcar no papel vegetal dois pontos em cada raio incidente (próximos ao eixo principal) e em cada raio refletido.
- **3.** Retirar o espelho e traçar para cada raio refletido a reta que contém os dois pontos marcados. Prolongar tracejadamente cada uma das retas até encontrar o eixo principal atrás do espelho. Os prolongamentos dos raios cruzam o eixo principal no mesmo ponto? Como é denominado esse ponto? Ele é real ou virtual?
 - Os prolongamento dos raios refletidos cruzam o eixo principal atrás do espelho num ponto denominado fóco principal.
 - Como esse ponto está atrás do espelho e é formado por prolngamentos de raios refletidos o espelho convexo possui foco virtual.
- **4.** Trocar o diafragma de cinco fendas por outro de uma fenda, ajustar o feixe de luz para que ele incida sobre o eixo (0-0) do disco ótico. Substituir a folha de vegetal utilizada por outra no mesmo modelo.
- 5. Posicionar corretamente o espelho convexo sobre a folha e desenhar o seu perfil.



- **6.** Como é denominado o ponto V, cruzamento do eixo principal com o ponto médio da superfície especular? É o vértice do espelho.
- Girar o disco ótico cuidadosamente e verificar o que ocorre com os ângulos de incidência e de reflexão.
 São iquais.
- 8. Como essa propriedade do raio luminoso pode ser enunciada?

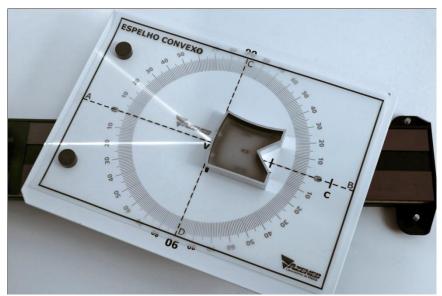


Fig. 10.3 - Raio luminoso incidente no vértice do espelho

"Todo raio luminoso que incide no vértice do espelho esférico reflete simétricamente em relação ao eixo principal".

- 9. Girar ligeiramente o botão (knob) localizado sobre a fonte para deslocar o raio incidente.A.
- **10.** Ajustar o feixe luminoso para que incida no espelho paralelamente ao eixo principal. Descrever o que acontece com a direção do raio refletido.

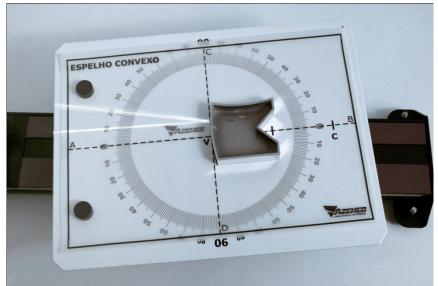


Fig. 10.4 - Raio luminoso incidente paralelamente ao eixo principal

O raio refletido, a frente do espelho diverge, e o seu prolongamento, atrás do espelho cruza o eixo principal no foco do espelho.



- **11.**Marcar na folha de papel dois pontos quaisquer do raio luminoso incidente e do raio refletido.
- **12.**Retirar o espelho e traçar pelos pontos marcados no papel o raio incidente o raio refletido e seu prolongamento.

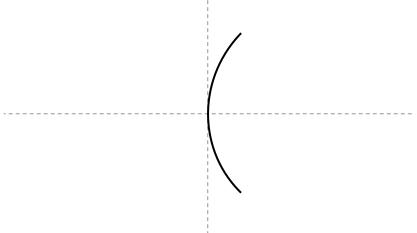
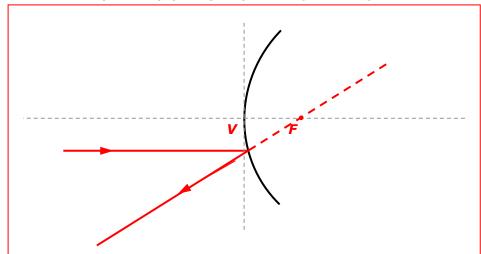


Fig.10.5 - Perfil do espelho no papel vegetal para o traçado da trajetória dos raios luminosos.



- 13. Marcar o ponto (F) de encontro dos prolongamentos dos raios refletidos.
- **14.**Como se pode enunciar esta propriedade do raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal?
 - "Todo raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal de um espelho esférico reflete numa direção que passa pelo foco principal".
- **15.**Colocar outra folha modelo sobre o disco e recolocar o espelho convexo na posição primitiva e desenhar o seu perfil. Girar o disco ótico de modo que o raio incidente ao atingir o espelho tenha o seu prolongamento passando pelo foco (atrás do espelho). Descrever o que acontece com a direção do raio refletido.
 - O raio refletido emerge paralelamente ao eixo principal.



16. Como essa propriedade pode ser enunciada?

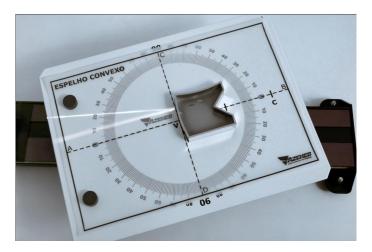
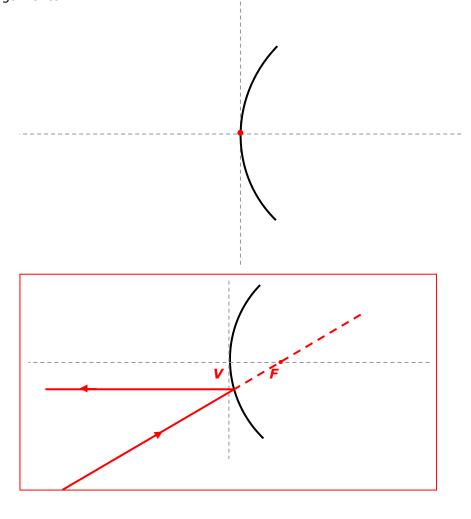


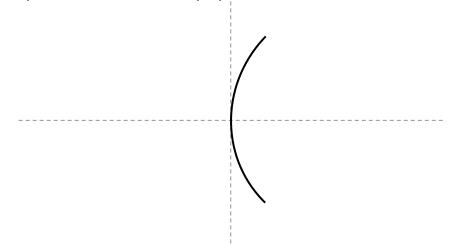
Fig. 10.6 - Raio luminoso incidindo numa direção que passa pelo foco do espelho convexo "Todo raio que incide num espelho esférico na direção do foco principal reflete paralelamente ao eixo principal"

- **17.**Marcar na folha de papel dois pontos quaisquer do raio luminoso incidente e também do raio refletido.
- **18.**Retirar o espelho e traçar pelos pontos marcados no papel o raio incidente o raio refletido e seu prolongamento.





19.Usar a mesma folha de papel vegetal e posicionar o disco de maneira que o raio incidente e o refletido coincidam. Marcar no papel dois pontos desses dois raios coincidentes. Retirar o espelho e traçar pelos dois pontos marcados, a reta que contém esses dois pontos. Prolongar tracejadamente esta reta até encontrar o eixo principal. Como é denominado esse ponto? Como pode ser enunciada essa propriedade?



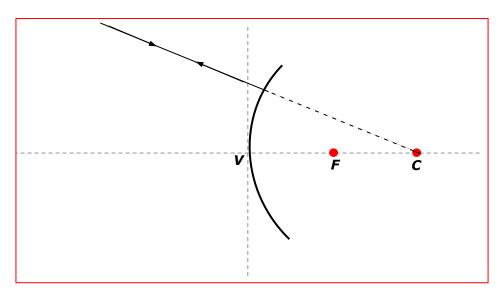


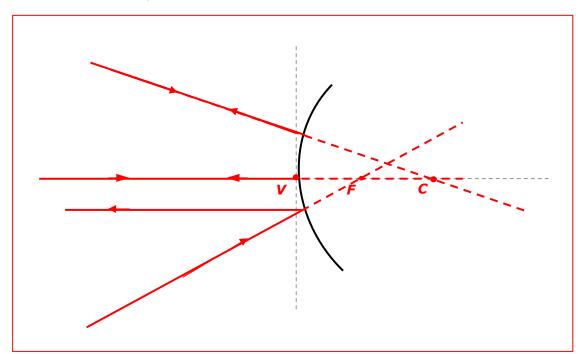


Fig. 10.7 - Raio luminoso que incide numa direção

C é o centro de curvatura do espelho e a sua distância ao vértice é R = 2f "Todo raio luminoso que incide na direção do centro de curvatura do espelho esférico reflete sobre sí mesmo".



20.O foco principal e o centro de curvatura do espelho convexo são pontos reais ou virtuais? São pontos virtuais, pois são formados pelos prolongamentos dos raios refletidos e estão situados atrás do espélho.





EXPERIMENTO 11 - ESTUDO DA REFLEXÃO EM ESPELHOS ESFÉRICOS

OBJETIVOS:

- Verificar experimentalmente a validade da equação de Gauss (equação dos pontos conjugados) para um espelho esférico côncavo.
- Obter a imagem de um objeto real fornecida por espelho esférico

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
07	03003010	1,00	UN	TRENA ACO 02 MTS VONDER 38.68.270.002
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
24	64002021	1,00	UN	ESPELHO DE VIDRO CONCAVO Ø050MM F= 200MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	VELA (*)

(*) Não fornecido.

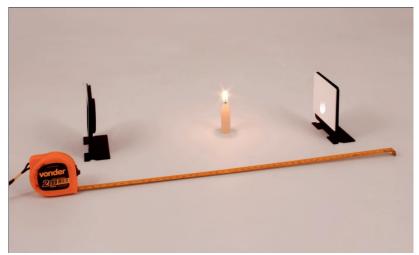


Fig.11.1 - Posicionamento dos elementos para verificação da Equação de Gauss

Parte I: Espelho esférico côncavo

- 1. Montar o dispositivo experimental conforme mostra a figura 11.1.
- **2.** Utilizar um espelho côncavo de distância focal f = +20 cm.
- **3.** Utilizar uma vela e cortá-la de forma que fique com uma altura compatível com a altura do espelho e do anteparo.
- 4. Posicionar a vela acesa (objeto O) a uma distância p de 50,0 cm do espelho.
- 5. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **6.** Ajustar a posição do anteparo movimentando-o para frente ou para trás de maneira a obter a melhor nitidez possível para a imagem projetada.
- **7.** Observar as características quanto ao tamanho, a inversão ou não e a natureza da imagem.
- 8. Medir a distância p' da imagem ao espelho.



- **9.** Reposicionar a vela para diminuindo a distância p em 5,0 cm.
- **10.**Repetir os passos 5, 6 e 7 para todos os valores sugeridos na tabela.

1. A imagem fornecida pelo espelho côncavo para as posições utilizadas no experimento é real ou virtual? Justificar. Ela é direita ou invertida? É maior ou menor que o objeto? Onde está localizada?

Como todas as imagens obtidas são projetáveis todas elas são imagens reais.

Toda imagem real (de objeto real) é invertida. Para:

P > 40 cm - Imagem real, invertida, menor e está entre o fóco e o centro de curvatura

p = 40 cm - Imagem real, invertida, igual e está no centro de curvatura

p < 40 cm - Imagem real, invertida, maior e está em p' > 40,0 cm.

2. Usar a equação dos pontos conjugados para o espelho côncavo (equação de Gauss) e calcular a distância focal F_{exp} para cada posição do objeto:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}$$

Para a primeira linha da tabela:
$$f_{\text{exp}} = \frac{pp'}{p+p'} = \frac{50,0 \times 33,0}{50,0+33,0} = 19,9 \text{ cm}$$

N	Posição do objeto p(cm)	Posição da imagem p' (cm)	Distância focal F _{exp} (cm)
1	50	33,0	19,9
2	45	36,5	20,2
3	40	40,0	20,0
4	35	48,0	20,2
5	30	60	20,0
		Valor n	nédio = 20,1

3. Calcular o valor médio da distância focal e comparar com o valor fornecido pelo fabricante.

Valor médio experimental: $f_{exp} = 20,1$ cm

Valor fornecido pelo fabricante: $f_{fab} = 20,0$ cm

4. Calcular o erro percentual entre o valor médio experimental e o valor fornecido pelo fabricante.

$$e\% = \frac{|20,0-20,1|}{20,0} \times 100\% = 0,5\%$$

- **5.** Quais as principais causas de erro que podem ter sido cometidos no experimento? Medidas das distâncias e qualidade do espelho.
- 6. Admitindo um erro tolerável de 5% o que se pode concluir a respeito da validade da Lei de Gauss para o espelho côncavo?

Como o erro experimental foi inferior ao tolerável, pode-se considerar que foi verificada a validade da Lei de Gauss para o espelho côncavo.

7. Utilizando as propriedades do raio luminoso, fazer um desenho mostrando o espelho côncavo, o objeto e a formação da imagem no anteparo para a posição do objeto em p = 30cm (utilizar uma escala de 1:5).



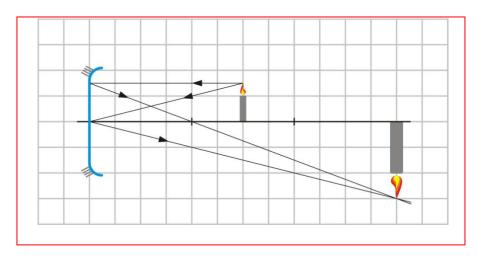


Fig. 11.2 - Esquema da formação da imagem com espelho côncavo

- 8. Informar as características da imagem. A imagem é real, invertida e maior que o objeto.
- **9.** Posicionar o objeto (vela acesa) a distâncias menores que a distância focal do espelho e descrever o que se observa quanto à localização, a natureza e quanto ao tamanho comparado ao objeto.

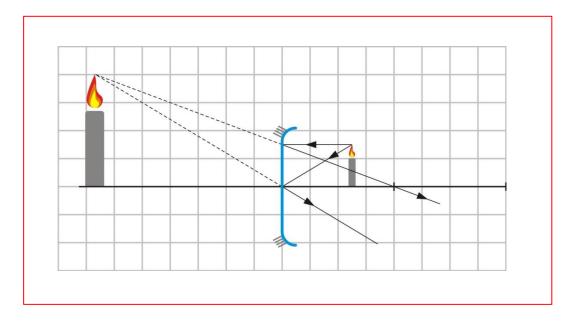
Quando o objeto é colocado a distâncias menores que a distância focal, a imagem não é projetável, pois está localizada atrás do espelho porque é formada pelos prolongamentos dos raios refletidos. A imagem conjugada pelo objeto é virtual, direita e maior para qualquer posição do objeto p com 0

O objeto foi colocado em p = 12,5 cm e o diagrama a seguir mostra a obtenção da imagem, atrás do espelho em p' = -33,3 cm.

Aplicando a equação dos pontos conjugados tem-se:

$$p' = \frac{pf}{p - f} = \frac{12,5 \times 20,0}{12,5 - 20,0} = -33,3 cm$$

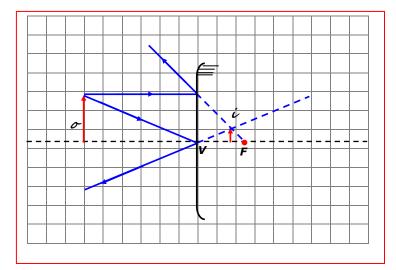
O sinal negativo indica que a imagem está atrás do espelho.



Parte II: Espelho esférico convexo

- **1.** Substituir o espelho côncavo pelo espelho convexo de distância focal -5,0 cm na mesma montagem apresentada na figura 11.1.
- 2. Colocar à frente do espelho uma vela acesa.
- 3. Utilizar um anteparo translúcido e movimentá-lo a fim de obter imagem projetável.

- 1. É possível obter imagem projetável no anteparo? Qualquer que seja a posição do objeto em relação ao espelho não se obtém imagem no anteparo.
- 2. Mostrar num diagrama que o espelho convexo fornece imagem de um objeto real e dar as suas características. (Sugestão: usar o objeto com altura 5,0 cm, colocado a 10cm do espelho e adotar para o desenho uma escala 1:2,5).



Conforme mostra o diagrama, os raios refletidos no espelho convexo são divergentes e por isso não formam imagem real, projetável à frente do espelho. No entanto, os prolongamentos desses raios se encontram atrás do espelho, formendo portanto uma imagem virtual. Observando o raio incidente paralelo ao eixo principal verifica-se que a direção do raio refletido (e de seu prolongamento) não se modifica, qualquer que seja a distância do objeto ao espelho. Isso implica em que a imagem esteja sempre posicionada entre V e F e consequentemente será sempre menor que o objeto.

Conclusão: De um objeto real o espelho convexo fornece sempre imagem virtual, direita e menor que o objeto.

3. Com os valores da distância focal f = -5,0 cm, a posição do objeto p = 15,0 cm e altura do objeto o = 5,0 cm, determinar: a)a posição da imagem:

$$p' = \frac{pf}{p-f} = \frac{15,0 \times (-5,0)}{15,0 - (-5,0)} = -3,75cm$$

b)a altura da imagem

$$i = -\frac{o \cdot p'}{p} = -\frac{5 \cdot (-3,75)}{15} = 1,25 \text{ cm}$$



REFRAÇÃO DA LUZ

EXPERIMENTO 12 - ÍNDICE DE REFREÇÃO RELATIVO DE UM PAR DE MEIOS

OBJETIVO: Utilizar as leis da refração e determinar o índice de refração relativo da luz para um par de meios transparentes.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005132	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO SEMI-CIRCULAR 45X90X15MM
15	64005086	5,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
16	64002049	1,00	UN	SUPORTE PLASTICO COM DIAFRAGMA 2MM
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM

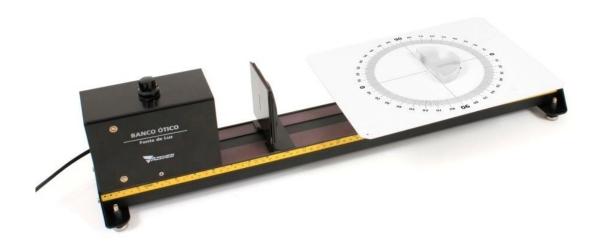


Fig.12.1 – Disposição dos componentes para experimento de determinação do índice de refração de um par de meios



Parte I: Índice de refração do acrílico em relação ao ar.

- 1. Montar o banco ótico com os componentes conforme a figura 12.1 e ligar a fonte luminosa.
- **2.** Fixar em uma das faces do cavaleiro metálico o diafragma de cinco fendas e na outra face uma lente convergente de distância focal 12 cm (lente colimadora).
- 3. Movimentar o cavaleiro para obter um feixe de raios paralelos no disco ótico.
- **4.** Substituir o diafragma de cinco fendas por um de fenda única.
- **5.** Ajustar a posição do disco ótico para que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0 do disco. Colocar o semicilindro de acrílico sobre o disco ótico, com a face plana voltada para a fonte luminosa.
- **6.** Ajustar a posição do semicilindro de modo que o ângulo de incidência e o de refração sejam iguais a zero (o centro do semicilindro deve coincidir com o centro do disco ótico e a face reta deve coincidir com o eixo 90-90).
- **7.** Observar que para este posicionamento o eixo 0-0 do disco é a reta normal à superfície que separa o ar do acrílico.
- 8. Girar o disco ótico de modo que o ângulo de incidência seja 10°.
- 9. Observar se o raio luminoso sofre desvio ao atravessar do ar para o acrílico.
- **10.**Anotar o ângulo de refração (observar que o raio luminoso coincide com o raio do semicilindro e por isso não sofre desvio ao passar do acrílico para o ar). $r = 6.5^{\circ}$
- **11.**Variar o ângulo de incidência de 10º em 10º enquanto houver raio refratado e anotar os valores dos ângulos de refração na tabela 1.
- **12.**A partir do ângulo de 80° aumentar vagarosamente o ângulo de incidência e observar qual o maior ângulo de incidência para o qual ainda existe raio refratado.

Tabela 1 ângulo de ângulo de incidência sen i refração sen r n_{acrílico, ar} i r 10° 6,5° 0,113 0,173 1,53 13° 20° 0,342 0,225 1,52 19° 0,500 30° 0,326 1,53 25° 40° 0,643 0,423 1,52 **30° 50°** 0,766 0,500 1,53 35° 60° 0,866 0,574 1,51 38° 70° 0,940 0,622 1,51 80° 41° 0,985 0,656 1,50 85° 41,5° 0,662 0,996 1,50 Valor médio do $n_{acrílico, ar} = 1,52$



- Verificar em que planos se encontram a reta normal, o raio incidente e o raio refletido. O que se observa comprova a primeira lei da refração?
 O raio incidente, o raio refletido e a normal repousam no plano do disco ótico o que confirma o que estabelece a primeira lei da refração.
- **2.** Quando o raio incidente coincide com a normal ocorre refração? Explicar. Sim, ocorre mudança na velocidade de propagação da luz ao atravessar a superfície de separação ar-acrílico, porém não há desvio na direção de propagação do raio luminoso.
- 3. O raio luminoso que incide obliquamente se aproxima ou se afasta da normal ao atravessar do ar para o acrílico? Então qual meio é mais refringente?
 O raio luminoso se aproxima da normal o que indica que o acrílico é mais refringente que o ar.
- **4.** Em que meio a velocidade da luz é menor? No meio mais refringente, que neste caso, é o acrílico.
- **5.** Utilizar a segunda lei da refração (Lei de Snell) para determinar o índice de refração do acrílico e anotar na tabela 1:

$$n_{\text{acrilico,ar}} = \frac{\text{seni}}{\text{senr}}$$

para a primeira linha da tabela:
$$n_{acrílico,ar} = -$$

$$n_{acrílico,ar} = \frac{sen10^o}{sen6.5^o} = 1.53$$

6. Comparar o valor experimental médio com o valor tabelado de 1,49.

$$e\% = \frac{|1,49 - 1,52|}{1,49} \times 100\% = 2,0\%$$

- 7. Qual o maior ângulo de incidência para o qual ainda existe raio refratado? $i\cong 90^\circ$ graus
- **8.** O que se pode concluir a respeito da existência ou não do raio refratado quando a luz atravessa do meio menos para o mais refringente?

 Quando a luz atravessa de um meio menos para um mais refringente sempre haverá raio refratado, pois o ângulo de refração é sempre menor que o ângulo de incidencia, porque no meio mais refringente o raio se aproxima da normal.

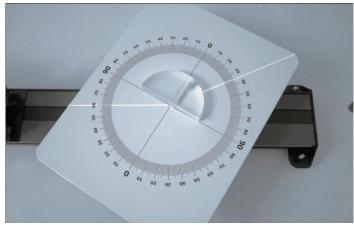


Fig 12.2 - Refração do raio luminoso ao passar do ar para o acrílico



9. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de sulfite tamanho A4 e construir uma figura conforme modelo sugerido a seguir, usando o contorno do próprio semicilindro usado no experimento. Mostrar na figura o raio incidente e o raio refletido. Usar o ângulo de 60°.

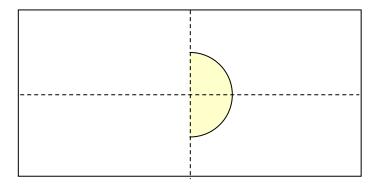
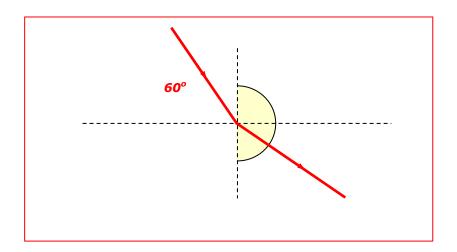


Fig. 12.3 - Modelo da folha para esboço da refração quando a luz atravessa do ar para o acrílico.



Parte II: Índice de refração do ar em relação ao acrílico.

- 1. Utilizar a mesma montagem mostrada na figura 12.1.
- 2. Colocar o semicilindro de acrílico no disco ótico com a face curva voltada para a fonte luminosa.
- **3.** Ajustar a posição do semicilindro de modo que o ângulo de incidência e o ângulo de refração sejam iguais à zero (o centro do semicilindro deve coincidir com o centro do disco ótico e a face reta deve coincidir com o eixo 90-90). Para este posicionamento o eixo 0-0 do disco é a reta normal à superfície que separa o ar do acrílico.
- **4.** Girar o disco ótico variando o ângulo de incidência de 5º em 5º. Anotar os valores dos ângulos de refração na tabela 2.

Ta	hel	la	2
ı a	ue	ıa	_

ângulo de incidência (i)	sen i	ângulo de refração (r)	sen r	n _{ar, acrílico}
5°	0,087	7,5°	0,131	0,664
10°	0,173	15,5°	0,267	0,648
15°	0,259	23,5°	0,399	0,649
20°	0,342	31,5	0,522	0,655
25°	0,423	40	0,643	0,657
30°	0,500	50	0,766	0,652
35°	0,574	61	0,875	0,656
40°	0,643	78	0,978	0,657
42°	0,669	90°	1,00	0,669
			Valor médio: N ar,	_{acrílico} =0,656

- 5. Verificar em que planos se encontram a reta normal, o raio incidente e o raio refletido. O que se observa comprova a primeira lei da refração?
 O raio incidente, o raio refletido e a normal repousam no plano do disco ótico o que confirma o que estabelece a primeira lei da refração.
- **6.** Quando o raio incidente coincide com a normal ocorre refração? Explicar. Sim, pois ocorre mudança na velocidade de propagação da luz ao atravessar a superfície de separação do acrílico para o, ar porém não há desvio na direção do raio luminoso refratado.
- 7. O raio luminoso que incide obliquamente, se aproxima ou se afasta da normal ao atravessar do acrílico para o ar? Então qual meio é menos refringente?
 O raio luminoso se afasta da normal o que indica que o ar é menos refringente que o acrílico.

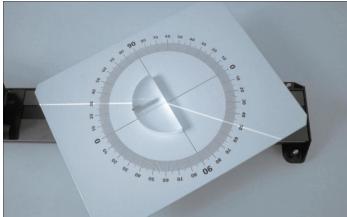


Fig. 12.3 - Refração de um raio luminoso ao passar do acrílico para o ar



- **8.** Em que meio a velocidade da luz é menor? No acrílico.
- **9.** Utilizar a segunda lei da refração (Lei de Snell) e determinar o índice de refração do acrílico para cada valor tabelado:

$$n_{ar,acrílico} = \frac{seni}{senr}$$

Para a primeira linha:
$$n_{ar,acrílico} = \frac{sen5^{\circ}}{sen7,5^{\circ}} = 0,664$$

10.Calcular o valor experimental médio $n_{m(ar,acrílico)}$ do índice de refração e comparar o valor experimental com o valor tabelado de 0,670.

$$n_{m(ar,acrilico)} = \frac{\sum n}{8} = 0,656$$

$$n_{m(ar,acrílico)} = 0,656$$

$$n_{tab(ar,acrílico)} = 0,670$$

$$e\% = \frac{0,670 - 0,656}{0,670} \times 100\% = 2,0\%$$

- 11.Repetir o experimento para ângulos maiores que 40°. Qual o valor do ângulo para o qual ainda existe raio refratado. Como é denominado este ângulo?
 O valor do ângulo de incidência para o qual ainda existe raio refratado é 42°. Esse ângulo é denominado ângulo limite.
- **12.**O que ocorre com o raio luminoso quando deixa de existir refração? Como se denomina esse fenômeno?
 - O raio luminoso retorna para o meio de onde incidiu refletindo na superfície de separação dos dois meios. Esse fenômeno é denominado de reflexão total.
- **13.**Quais as condições para que ocorra reflexão total?

 A luz deve incidir do meio mais (acrílico) para o menos refringente (ar) e sob ângulo de incidência maior que o ângulo limite.

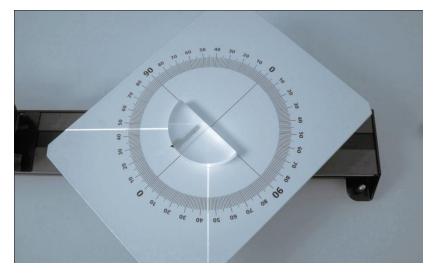


Fig. 12.4 - Raio luminoso com incidência maior que o ângulo limite

14.Imprimir o apêndice 1 em uma folha de sulfite tamanho A4 e construir uma figura conforme modelo sugerido a seguir, usando o contorno do próprio semicilindro usado no experimento. Mostrar na figura o raio incidente e o raio refletido. Usar o ângulo de 60°.

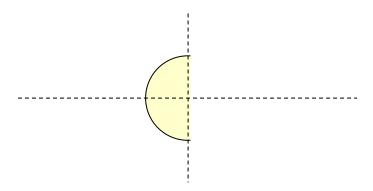


Fig.12.5- Modelo da folha para esboço da refração quando a luz atravessa do acrílico para o ar.

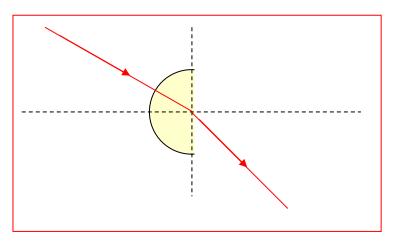


Fig. 12.6 - Resultado experimental

EXPERIMENTO 13 - REFRAÇÃO DA LUZ EM LÂMINA DE FACES PARALELAS

OBJETIVO: Estudar o desvio lateral de um raio luminoso ao atravessar uma lâmina de faces paralelas

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005151	1,00	UN	PRISMA TRAPEZOIDAL DE ACRILICO BXAXE 60X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1(*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

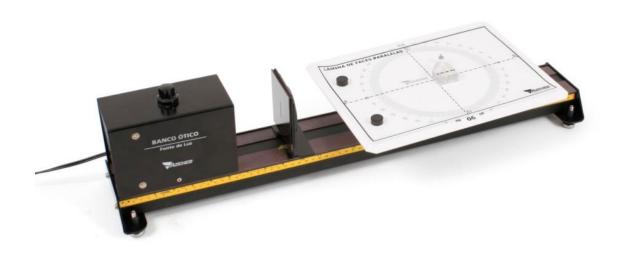


Fig. 13.1 - Disposição dos elementos no banco ótico para estudo da refração numa lâmina de faces paralelas.

- 1. Montar o banco ótico conforme a figura 13.1 e ligar a fonte luminosa.
- 2. Fixar em uma das faces do cavaleiro metálico o diafragma de cinco fendas e na outra face uma lente convergente de distância focal 12cm (lente colimadora).
- 3. Movimentar o cavaleiro para obter um feixe de raios paralelos no disco ótico.
- 4. Substituir o diafragma de cinco fendas por um de fenda única.



- 5. Ajustar a posição do disco ótico para que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0 do disco.
- **6.** Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4 e posicionar o prisma conforme a figura abaixo.

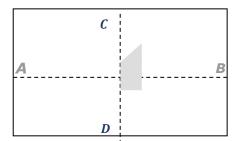


Fig 13.2 - Modelo da folha de papel vegetal mostrando os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lâmina de faces paralelas.

- **7.** Colocar a folha de papel vegetal sobre o disco ótico de maneira que o segmento AB coincida com o eixo 0-0 e o segmento CD coincida com o eixo 90-90. Prender a folha utilizando 2 imãs.
- **8.** Posicionar o corpo ótico trapezoidal conforme a figura 13.2 e desenhar cuidadosamente o seu contorno.
- **9.** Fazer o raio luminoso incidir na direção perpendicular à face menor da lâmina (coincidindo com o eixo 0-0).
- 10. Observar a trajetória do raio luminoso ao atravessar a lâmina e anotar o que foi observado.

- **1.** Para um ângulo de incidência de 0° na primeira face da lâmina (quando o ângulo de incidência coincide com o eixo 0-0) o raio luminoso sofre desvio angular ao atravessar a lâmina? E ele sofre refração?
 - Para o ângulo de incidência igual a zero o ângulo de refração também é igual a zero e portanto não há desvio. No entanto ao mudar de meio há mudança no módulo da velocidade e portanto ocorre refração sem mudança de direção.
- **2.** Girar cuidadosamente o disco ótico de forma que o raio luminoso incida num ângulo de 45°. O raio emergente sofre mudança de direção? Descrever o comportamento do raio luminoso ao atravessar a lâmina.
 - Ao incidir na primeira face o raio luminoso sofre desvio se aproximando da normal. Porém, ao atravessar a segunda face sofre novo desvio agora se afastando da normal, retomando a mesma direção em que incidiu na primeira face. O raio luminoso ao atravessar a lâmina de faces paralelas sofre apenas um desvio lateral
- **3.** Fazer o raio luminoso incidir em ângulos de 15°, 30°, 45° e 60°. Descrever o que acontece com o desvio lateral do raio luminoso.
 - Observa-se que quanto maior o ânqulo de incidência maior será o desvio lateral.



4. Refazer a incidência com θ_1 = 45°. Marcar na folha de vegetal dois pontos no raio incidente e dois pontos no raio emergente da lâmina. Retirar a lâmina e traçar por meio dos pontos marcados no papel a trajetória do raio luminoso fora e dentro do acrílico. E com linha pontilhada o prolongamento do raio incidente.

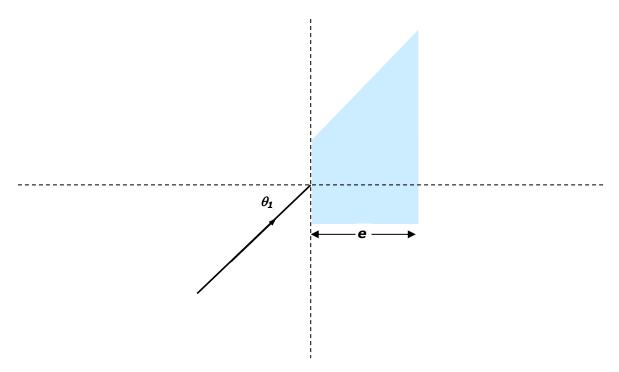


Fig.13.3- Modelo da folha para esboço da refração em faces paralelas.

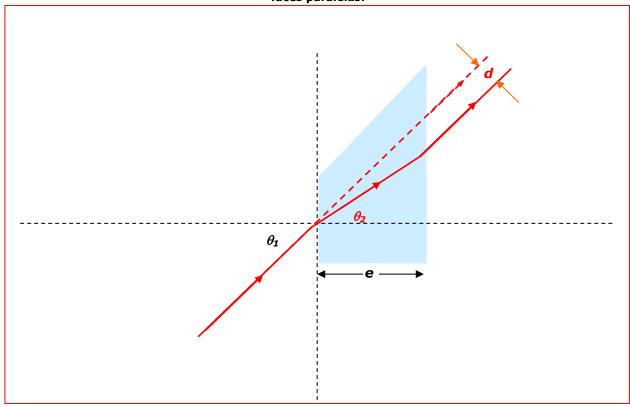


Fig.13.3 - Resultado do experimento refração em faces paralelas.



5. Medir com o transferidor na figura obtida no papel vegetal o ângulo de refração θ_2 na primeira face, a espessura da lâmina de acrílico e o desvio lateral d.

Ângulo de refração na primeira face: $\theta_2 = 28^{\circ}$ Espessura da lâmina: e = 3,0 cm Desvio medido do raio luminoso: $d_{MED} = 1,20$ cm

6. Substituir os valores experimentais de e, θ_1 , e θ_2 na expressão que fornece o desvio lateral.

$$d = e \frac{sen(\theta_1 - \theta_2)}{cos \, \theta_1}$$

$$d_{calc} = 3.0 \frac{sen(45^{\circ} - 29^{\circ})}{cos 45^{\circ}} = 1.17cm$$

7. Comparar o valor calculado do desvio lateral com o valor medido. O experimento confirma a validade da expressão?

Desvio lateral medido: $d_{med} = 1,20 \text{ cm}$ Desvio lateral calculado: $d_{calc} = 1,17 \text{ cm}$

$$e\% = \frac{|1,20-1,17|}{1,17}100\% = 2,6\%$$

8. Conhecendo o índice de refração do acrílico já determinado anteriormente, aplicar a 2ª Lei de Snell e determinar o ângulo de refração na primeira face. Comparar com o valor encontrado no experimento.

$$n_{ar} \times sen\theta_1 = n_{acr} \times sen\theta_2 \Rightarrow 1 \times sen45^0 = 1,50 \times sen\theta_2 \Rightarrow \theta_2 = 28^0$$

A diferença entre os valores está dentro do limite de tolerância.

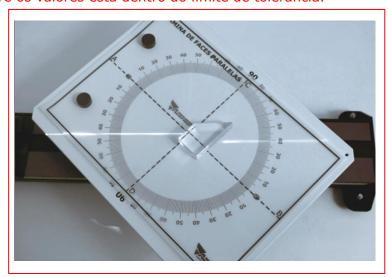


Fig. 13.5 - Resultado Experimental

EXPERIMENTO 14 - REFRAÇÃO DA LUZ NUM PRISMA

OBJETIVO: Verificar a validade da expressão que fornece o desvio angular de um raio luminoso ao atravessar um prisma

MATERIAL UTILIZADO

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005151	1,00	UN	PRISMA TRAPEZOIDAL DE ACRILICO BXAXE 60X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1(*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

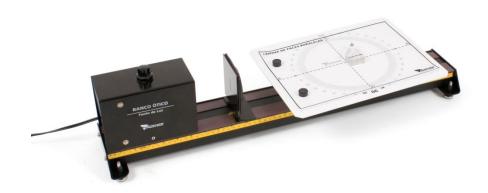


Fig.14.1 - Montagem do banco ótico para estudo da refração num prisma.

- 1. Montar o banco ótico conforme a figura 14.1 e ligar a fonte luminosa.
- **2.** Fixar em uma das faces do cavaleiro metálico o diafragma de cinco fendas e na outra face uma lente convergente de distância focal 12cm (lente colimadora).
- 3. Movimentar o cavaleiro para obter um feixe de raios paralelos no disco ótico.
- 4. Substituir o diafragma de cinco fendas por um de fenda única.
- 5. Ajustar a posição do disco ótico para que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0 do disco.



6. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4 e posicionar o prisma conforme a figura abaixo.

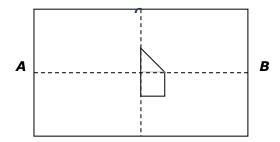
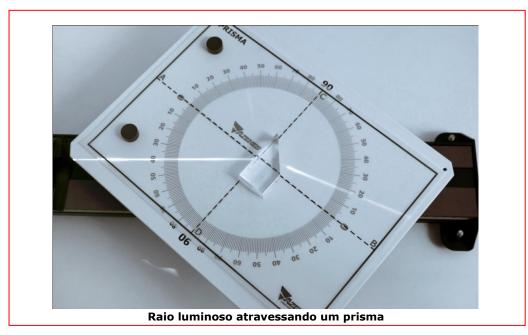


Fig. 14.2 - Modelo da folha de papel vegetal mostrando os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lâmina de faces paralelas.

- **7.** Colocar a folha de papel vegetal sobre o disco ótico de maneira que o segmento AB coincida com o eixo 0-0 e o segmento CD coincida com o eixo 90-90.
- **8.** Posicionar o prisma ótico trapezoidal conforme a figura 14.2 e desenhar cuidadosamente o seu contorno.

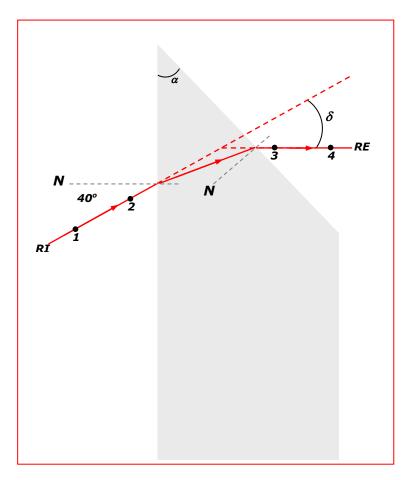
- 1. Girar o conjunto (disco-papel vegetal-prisma) para um ângulo de incidência θ_1 = 40° na primeira face. Marcar dois pontos (1) e (2) no papel vegetal coincidindo com o raio incidente.
- 2. Observar o raio luminoso emergente do prisma e marcar nele dois pontos (3) e (4).



- **3.** Retirar o prisma e traçar com lápis a trajetória do raio incidente ligando os pontos (1) e (2), prolongando até a primeira face do prisma. Ligar os pontos (3) e (4), prolongando até a segunda face.
- **4.** Completar a trajetória do raio luminoso na região interna do prisma ligando o ponto em que o raio incidente encontra a primeira face e o ponto em que o raio emergente encontra a segunda face.



- 5. Medir o ângulo δ de desvio entre o raio incidente e o raio emergente.
- 6. Traçar as normais em cada uma das faces do prisma nos pontos de incidência e de emergência.



- 7. Medir o ângilo de incidência θ_1 , o ângulo de emergência θ_2 e o ângulo de abertura α do prisma.
 - $\theta_1 = 40^{\circ}$
 - $\theta_2 = 27^{\circ}$
 - $\alpha = 42,5^{\circ}$
- **8.** Calcular o desvio através da expressão: $\delta=\theta_1+\theta_2-\alpha$ $\delta=40^\circ+27^\circ-42,5^\circ=24,5^\circ$

$$\delta = 40^{\circ} + 27^{\circ} - 42,5^{\circ} = 24,5^{\circ}$$

9. Comparar o valor experimental com o valor teórico e determinar o erro percentual. Admitese uma tolerância de 5%.

$$e\% = \frac{25^{\circ} - 24,5^{\circ}}{24,5^{\circ}} \times 100 = 2,4\%$$

REFRAÇÃO DA LUZ EM LENTES DELGADAS

EXPERIMENTO 15 - FOCO PRINCIPAL OBJETO E FOCO PRINCIPAL IMAGEM DE UMA LENTE DELGADA

OBJETIVO: Identificar os focos principais de uma lente delgada e suas características .

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005129	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONVEXA 90X30X15MM
12	64005128	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONCAVA 90X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	2,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1(*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

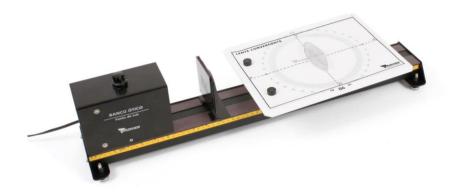


Fig.15.1 – Disposição dos componentes para experimento de determinação dos fócos principais de lentes delgadas.

- 1. Utilizar a montagem do banco ótico conforme mostra a figura 15.1.
- **2.** Fixar o diafragma de cinco fendas numa das faces do cavaleiro metálico e na outra face, a lente colimadora de distância focal +12 cm.
- **3.** Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4 e posicionar a lente conforme a figura 15.2.



- **4.** Colocar a folha sobre o disco ótico de maneira que o segmento maior coincida com o eixo 0-0 do disco e o segmento menor coincida com o eixo 90-90. Para que a folha não se desloque colocar sobre ela dois pequenos imãs.
- **5.** Ligar a fonte de luz e movimentar a lente colimadora para obter um feixe de raios luminosos paralelos.

Parte I: Lente biconvexa.

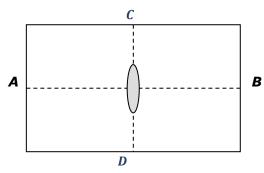


Fig.15.2 – Modelo da folha de papel vegetal com os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lente convergente.

- **1.** Colocar sobre a folha de papel vegetal o perfil de acrílico biconvexo bem centralizado, de forma que o eixo principal da lente coincida com o eixo 0-0 do disco, conforme a figura 15.2.
- 2. Ajustar o feixe luminoso paralelamente ao eixo maior e ao eixo principal da lente biconvexa.
- **3.** Ajustar bem o perfil biconvexo de maneira que o raio luminoso central não sofra desvio ao atravessar a lente
- 4. Traçar com lápis o perfil da lente no papel vegetal.
- **5.** Observar o comportamento dos raios luminosos que emergem da lente.
- **6.** Marcar dois pontos em cada um dos raios incidentes.
- 7. Marcar dois pontos em cada um dos raios refratados.



1. O que ocorre com a direção dos raios luminosos emergentes que incidem paralelamente ao eixo principal de uma lente biconvexa?



9

Os raios luminosos atravessam a lente, sofrem refração e convergem para um ponto do eixo principal.

- 2. Devido a esse comportamento como a lente biconvexa é denominada? Como a lente está imersa no ar, que é menos refringente que o acrílico ela se comporta como uma lente convergente.
- **3.** Com o auxilio dos pontos obtidos, traçar no papel vegetal a trajetória dos raios incidentes e refratados.

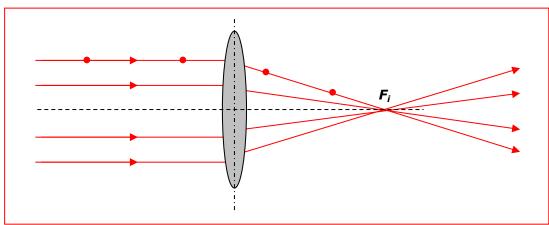


Fig. 15.4 - Desenho dos raios incidentes e refratados.

- **4.** Como é denominado o ponto do eixo principal para onde os raios emergentes convergem? Fóco principal imagem.
- **5.** Esse ponto é encontro dos próprios raios refratados ou de seus prolongamentos? Então trata-se de um ponto real ou virtual? É ponto de encontro dos prórios raios refratados, por isso é foco imagem real.

Parte II: Lente bicôncava

1. Substituir a folha de papel vegetal por outra idêntica.



2. Colocar o perfil de acrílico bicôncavo bem centralizado sobre a folha de vegetal de forma que o eixo principal da lente coincida com o eixo 0-0 do disco conforme figura abaixo.

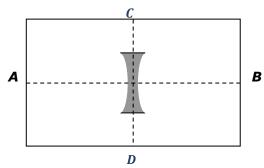
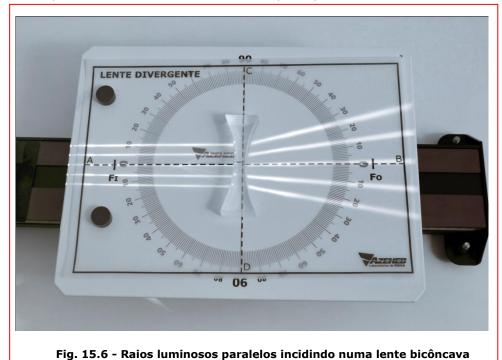


Fig. 15.5 - Modelo da folha de papel vegetal com os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lente convergente.

- **3.** Ajustar o feixe luminoso paralelamente ao eixo 0-0 do disco e ao eixo principal da lente bicôncava. O raio luminoso central não pode sofrer desvio ao atravessar a lente.
- 4. Observar o comportamento dos raios luminosos que emergem da lente.
- **5.** Marcar dois pontos em cada um dos raios incidentes.
- **6.** Marcar dois pontos em cada um dos raios refratados.

1. Os raios luminosos emergentes que incidiram paralelamente ao eixo principal da lente bicôncava se aproximam ou se afastam do eixo principal?



Se afastam do eixo principal.

- **2.** Devido a esse comportamento como a lente bicôncava é denominada? Imersa no ar se comporta como lente divergente.
- **3.** Com o auxilio dos pontos obtidos, traçar no papel vegetal a trajetória dos raios incidentes e refratados.



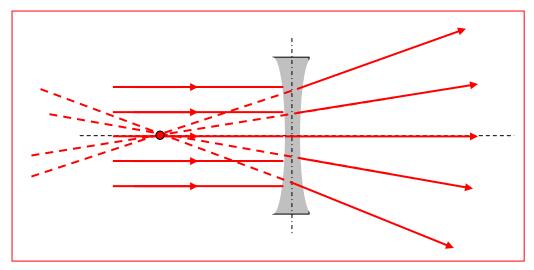


Fig. 15.7 - Desenho dos raios incidentes e refratados.

- **4.** As direções dos raios emergentes possuem um ponto comum? Esse ponto é formado pelos próprios raios ou por seus prolongamentos? Sim. Ésse ponto é formado pelos prolongamentos dos raios refratados.
- **5.** Como é denominado esse ponto? Ele é real ou virtual? É denominado foco principal imagem e como é formado pelos prolongamentos dos raios refratados é ponto virtual.
- **6.** A lente bicôncava é uma lente convergente ou divergente? Justificar. Imersa no ar a lente bicôncava é divergente.
- **7.** A lente bicôncava possui foco principal real ou virtual? Justificar O foco da lente bicôncava é virtual.



EXPERIMENTO 16 - RAIOS LUMINOSOS PRINCIPAIS INCIDENTES EM LENTES DELGADAS

OBJETIVO: Verificar as propriedades dos raios luminosos principais incidentes numa lente delgada

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005129	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONVEXA 90X30X15MM
12	64005128	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONCAVA 90X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	6,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1(*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

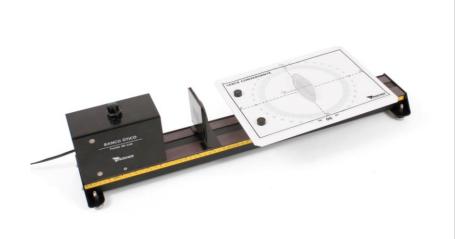


Fig.16.1 – Montagem do banco ótico para verificação das propriedades dos raios luminosos principais incidentes em lentes delgadas.

Parte I: Lente convergente

- 1. Montar o banco ótico conforme ilustração da figura 16.1.
- 2. Fixar no cavaleiro metálico o diafragma de cinco fendas e na outra face, a lente colimadora de distância focal +12 cm.
- **3.** Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4 e posicionar a lente conforme a figura 16.2.



- **4.** Colocar sobre o disco ótico a folha de papel vegetal com os segmentos AB e CD de maneira que AB coincida com o eixo 0-0 e o segmento CD coincida com o eixo 90-90. Para que a folha não se desloque colocar sobre ela dois pequenos imãs.
- **5.** Ligar a fonte de luz e ajustar a posição do cavaleiro com a lente colimadora até obter um feixe de raios luminosos paralelos. Realizar o experimento em ambiente escurecido.
- 6. Ajustar o feixe luminoso de forma que o raio luminoso central coincida com o eixo AB.
- **7.** Colocar sobre a folha o perfil de acrílico biconvexo bem centralizado com os eixos.e de maneira que o centro ótico da lente O coincida com o ponto de encontro dos eixos, conforme mostrado na figura 16.2.
- 8. Desenhar o contorno da lente na folha base e marcar o foco principal imagem Fi.

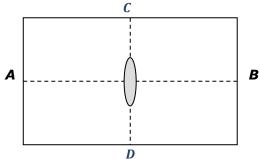


Fig.16.2 – Modelo da folha de papel vegetal (folha base) com os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lente convergente.

- 9. Substituir o diafragma de cinco fendas pelo da fenda única.
- **10.** Alinhar o raio luminoso com o segmento AB de forma que ele não sofra desvio ao atravessar a lente.

- **1.** Girar o disco ótico para pequenos ângulos (até no máximo 15°) e observar o raio emergente.
- 2. O raio luminoso (que está passando pelo centro ótico) sofre desvio ao emergir da lente?
- **3.** Como essa propriedade pode ser enunciada?

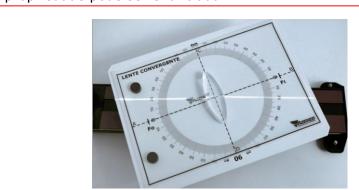


Fig.16.3 - Raio luminoso incidente que passa pelo centro ótico da lente

"Todo raio luminoso que incide no centro ótico de uma lente delgada refrata-se sem sofrer desvio".



4. Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.

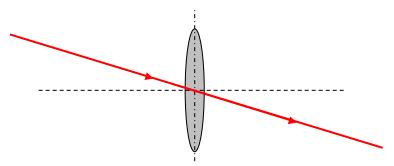


Fig. 16.4 - Desenho do resultado experimental

- **5.** Substituir a folha base por outra colocando-a na mesma posição e desenhar o contorno da lente.
- **6.** Girar ligeiramente o knob da lâmpada da fonte luminosa desviando o raio luminoso do eixo da folha base.
- **7.** Ajustar a placa de forma que o raio luminoso incida paralelamente ao eixo principal da lente. Descrever o que ocorre com o raio emergente. Como essa propriedade pode ser enunciada?

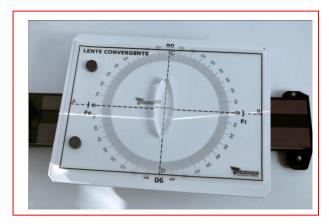


Fig.16.5 – Raio incidindo paralelamente ao eixo principal de uma lente convergente

O raio refratado passa pelo foco imagem (F_i) . "Todo raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal emerge da lente na direção do foco principal imagem $F_{i''}$ ".

8. Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.

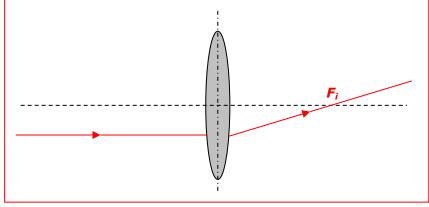


Fig. 16.6 – Desenho do resultado experimental



- **9.** Medir a distância do centro ótico da lente ao foco imagem. Como é denominada esta distância?
 - $f = OF_i = 11,0$ cm. É denominada de distância focal.
- **10.**Substituir a folha base por outra colocando-a na mesma posição e desenhar o contorno da lente.
- **11.**Girar o disco ótico de modo que o raio refratado fique paralelo ao eixo principal da lente. O raio incidente cruza o eixo principal? Como é denominado esse ponto? Como essa propriedade pode ser enunciada?

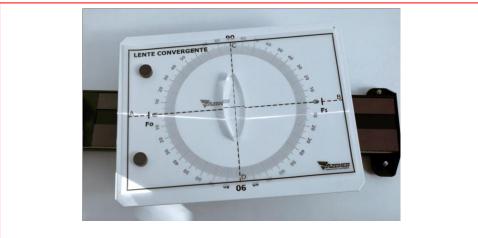


Fig.16.7- Raio luminosos incidindo numa direção que passa pelo foco objeto de uma lente convergente

Sim, o raio incidente cruza o eixo principal e esse ponto é denominado foco principal objeto (F_o) .

"Todo raio luminoso que incide na direção do foco principal objeto (F_o) refrata paralelamente ao eixo principal da lente".

- **12.**Como se pode definir fóco principal objeto?
 - De acordo com a propriedade anterior, os raios emergentes são paralelos, isto significa que formam imagem no infnito. Então pode-se definir foco principal objeto como o ponto do eixo principal que conjuga imagem imprópria.
- **13.**Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.

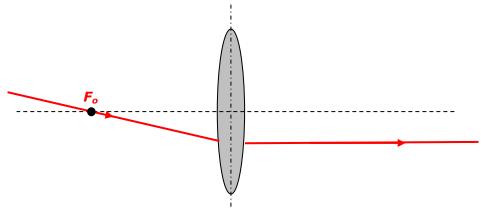


Fig. 16.8 – Desenho do resultado experimental



Parte II: Lente divergente



Fig.16.9 - Banco ótico com os componentes para realização do experimento de verificação das propriedades dos raios lumnosos principais numa lente divergente

- 1. Utilizar a mesma montagem da primeira parte. Colocar sobre o disco ótico a folha de papel vegetal (folha-base).
- 2. Colocar sobre a folha-base o perfil de acrílico bicôncavo e posicioná-lo bem centralizado com os eixos de maneira que o centro ótico da lente O coincida com o ponto de encontro dos eixos.
- **3.** Ligar a fonte de luz e ajustar a posição do cavaleiro com a lente colimadora até obter um feixe de raios luminosos paralelos.
- 4. Ajustar o feixe luminoso para que o raio luminoso central coincida com o eixo 0-0.
- **5.** Marcar na folha-base o foco principal imagem F_i (ponto do eixo principal onde os prolongamentos dos raios refratados cruzam o eixo principal).
- **6.** Substituir o diafragma de cinco fendas pelo de fenda única.
- **7.** Alinhar o raio luminoso com o segmento AB de forma que ele não sofra desvio ao atravessar a lente.



- **1.** Girar o disco ótico para pequenos ângulos (até no máximo 15°) e observar o raio emergente.
- **2.** O raio luminoso (que está passando pelo centro ótico) sofre desvio ao emergir da lente? Como essa propriedade pode ser enunciada?

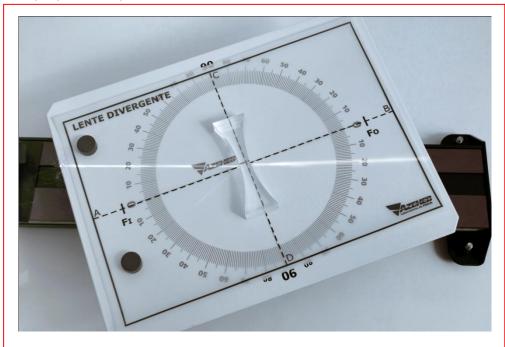


Fig.16.10 - Raio luminoso que incide passando pelo centro ótico da lente

Não.

"Todo raio luminoso que incide no centro ótico refrata-se sem sofrer desvio".

3. Construir na folha-base um esboço que mostre essa propriedade.

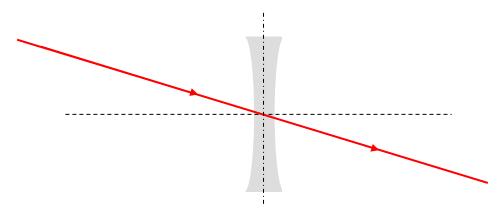


Fig. 16.11 - Desenho do resultado experimental

- **4.** Substituir a folha-base por outra a colocando na mesma posição e sobre ela a lente. Desenhar o contorno da lente.
- **5.** Girar ligeiramente o knob da lâmpada da fonte luminosa desviando o raio luminoso do eixo da folha-base.



6. Ajustar a placa de forma que o raio luminoso incida paralelamente ao eixo principal da lente. Descrever o que ocorre com a direção do raio emergente? Como essa propriedade pode ser enunciada?

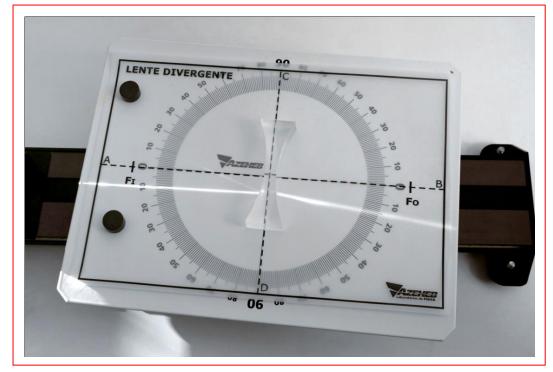


Fig.16.12 - Raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal da lente divergente

O raio luminoso refratado diverge e o seu prolongamentoraio passa pelo foco imagem (F_i). "Todo raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal de uma lente delgada emerge na direção do foco principal imagem $F_{i''}$ ".

7. Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.

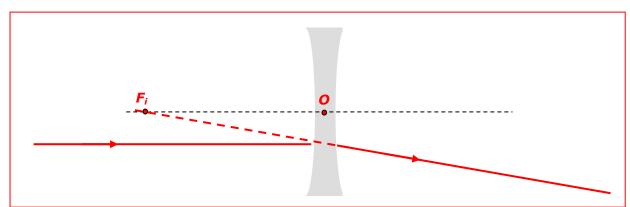


Fig. 16.13 - Desenho do resultado experimental

- **8.** Medir a distância do centro ótico de lente ao foco imagem. Como é denominada esta distância?
 - $f = OF_i = 8,0$ cm. É denominada de distância focal
- **9.** Substituir a folha base por outra colocando-a na mesma posição colocar a lente bicôncava sobre ela e desenhar o contorno da lente.



10.Girar o disco ótico de modo que o raio refratado fique paralelo ao eixo principal da lente. O raio incidente cruza o eixo principal? Como é denominado esse ponto? Como essa propriedade pode ser enunciada?

O raio incidente não cruza o eixo principal mas sim o seu prolongamento. O encontro doprolongamento do raio incidente com o eixo principal é denominado foco principal objeto (F_o) .

"Todo raio luminoso que incide na direção do foco principal objeto (F_o) refrata paralelamente ao eixo principal da lente".

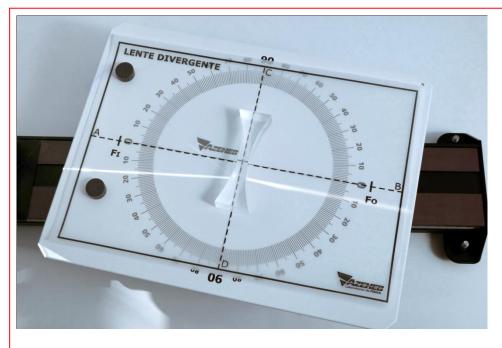


Fig.16.14 - Raio luminoso que incide numa direção que passa pelo foco objeto da lente divergente

11. Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.

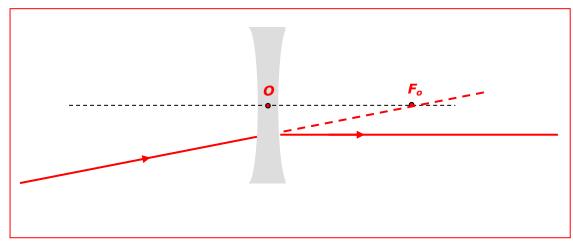


Fig. 16.15 - Desenho do resultado experimental

EXPERIMENTO 17 - EQUAÇÃO DOS PONTOS CONJUGADOS EM LENTES DELGADAS

OBJETIVO: Verificar a validade da equação dos pontos conjugados (Lei de Gauss). para lentes delgadas

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
07	03003010	1,00	UN	TRENA ACO 02 MTS VONDER 38.68.270.002
10	64002057	1,00	UN	CHAPA 85X85MM LETRA F
15	64005086	4,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
20	64002071	1,00	UN	LENTE DE VIDRO CONCAVA Ø50MM F= -200MM
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	VELA (*)

(*) Não fornecido.

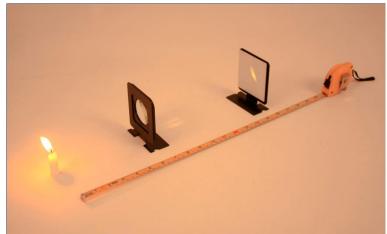


Fig.17.1 - Disposição dos componentes para verificação da equação dos pontos conjugados.

Parte I: Verificação da equação de Gauss em Lentes convergentes

- **1.** Montar os componentes do experimento conforme mostra a figura 17.1. Fixar num dos cavaleiros a lente de distância focal f = 12,0 cm e no outro um anteparo translúcido.
- **2.** Dispor a lente, o anteparo e a vela acesa, de modo que a chama da vela, a lente e o anteparo estejam na mesma altura. (Se for preciso, corta-se a vela pela base).
- **3.** Posicionar a lente a uma distância de 16,0 cm da vela (objeto). Ajustar a posição do anteparo para que a imagem fique projetada nitidamente nele.
- 4. Anotar a distância p (abscissa do objeto) entre o objeto e a lente.
- 5. Medir a distância p' entre a lente e o anteparo (abscissa da imagem) e anotar na tabela.
- **6.** Repetir os procedimentos para os demais valores de p sugeridos na tabela.



N	Abscissa do objeto p (cm)	Abscissa da imagem p' (cm)	Distanci a focal f (cm)	Aumento Linear Transversal A =-P'/p	Características da imagem
1	16,0	51,0	12,2	-3,18	Real-invertida-maior que o objeto
2	18,0	37,0	12,1	-2,06	Real-invertida -maior que o objeto
3	20,0	29,5	11,9	-1,48	Real-invertida-maior que o objeto
4	22,0	27,5	12,2	-1,25	Real-invertida-maior que o objeto
5	24,0	24,0	12,0	-1,00	Real-invertida-igual ao objeto
6	26,0	22,0	11,9	-0,85	Real-invertida-menor que o objeto
7	28,0	21,5	12,2	0,77	Real-invertida- menor que o objeto

 Usar a equação dos pontos conjugados (Equação de Gauss) e calcular para cada posição do objeto o valor da distância focal:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$
Para a primeira linha da tabela:
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{16,0} + \frac{1}{51,0} \implies f = 12,2 \text{ cm}$$

2. Calcular o valor médio da distância focal obtido experimentalmente e comparar com a distância focal da lente utilizada de 12,0 cm.

$$f_{medio} = \frac{\sum f}{N} = \frac{84,5}{7} = 12,1cm$$

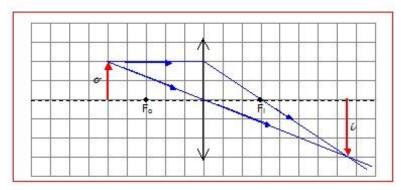
$$e\% = \frac{|12,0-12,1|}{12,0} \times 100\% = 0.08\%$$

O erro cometido é menor que a tolerância admitida de 5%.

3. A imagem projetada no anteparo é real ou virtual? Justificar. A imagem projetada no anteparo é direita ou invertida?

A imagem é real pois é projetável. A imagem projetável é formada pelos próprioos raios emergentes. Toda imagem real de objeto real é invertida.

4. Usar as propriedades dos raios luminosos principais e mostrar numa figura em escala 1:4 a obtenção gráfica da imagem para a posição da linha 3 da tabela em que o objeto está localizado em p = 20,0cm e a altura do objeto seja o = 8,0 cm . Dar as características da imagem para essa posição.



A imagem obtida graficamente é real (formada pelos próprios raios emergentes), invertida (em relação ao objeto) e maior que o objeto.



5. Comparar os resultados obtidos graficamente para a posição da imagem (p'_{graf})

$$p'_{graf} = 7,5,cm \times E = 7,5 \times 4 = 30,0 cm$$

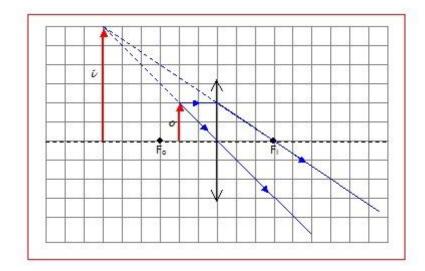
$$p'_{graf} = 30,0 \text{ cm}.$$

$$p'_{exp} = 29,5 \text{ cm}$$

$$e\% = \frac{|30,0-29,5|}{30,0} \times 100\% = 1,7\%$$

O sinal negativo se refere apenas a inversão da imagem em relação ao objeto.

- **6.** A validade da equação de Gauss foi verificada no experimento? (admitir uma tolerância de erro de 5%).
 - Sim. O erro cometido no experimento foi menor que a tolerância e pode-se admitir que está verificada a validade da equação dos pontos conjugados.
- **7.** Quais as principais causas de erros presentes no experimento? Precisão na medida das distâncias
- **8.** Posicionar a lente (f= 12,0 cm) a uma distância p < 12,0 cm do objeto (vela acesa). Movimentar o anteparo e procurar projetar nele a imagem.
- **9.** Quando o objeto é posicionado em p < f (objeto entre o foco e a lente) a lente convergente pode fornecer imagem real? Explicar a formação da imagem, dar as suas características. Não há possibilidade de se obter imagem projetada. Utilizando as propriedades dos raios principais observa-se que os raios refratados são divergentes e a imagem será então formada pelos seus prolongamentos, resultando numa imagem virtual, não projetável.



Usando a equação dos pontos conjugados para os seguintes valores:

$$p = 8,00 \text{ cm}$$

$$f = 12,0 \text{ cm}$$

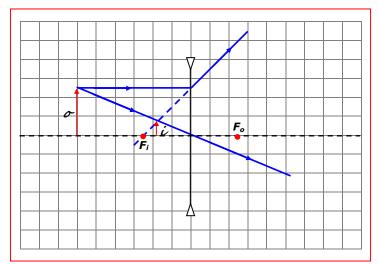
$$\frac{1}{12,0} = \frac{1}{8,00} + \frac{1}{p'}$$
 \Rightarrow p'= -24,0 cm

O sinal negativo indica que a imagem é virtual.

Parte II: Lentes divergentes

- 1. Utilizar a mesma montagem da primeira parte.
- 2. Substituir a lente convergente (f=+12 cm) pela lente divergente (plano côncava)

- **1.** Movimentar o anteparo e ou o objeto e procurar obter a projeção da imagem no anteparo. Isso é possível? Justificar.
 - Não é possível conseguir a projeção da imagem.
- 2. Olhar através da lente a vela acesa. Descrever o que se observa. Olhando-se através da lente observa-se que para qualquer distância do objeto à lente esta conjuga sempre uma imagem que se encontra do mesmo lado que o objeto e sempre menor que ele.
- **3.** Usando as propriedades dos raios principais, obter graficamente a imagem de um objeto real posicionado em p = 24,0 cm, de altura o = 10,0cm, fornecida pela lente divergente e distancia focal f = -10cm. Usar uma escala 1:4 cm.



4. Dar a posição da imagem e sua altura obtidas graficamente. Através do gráfico obtém-se:

$$p'_{graf}$$
=1,8 x E = 1,8 x 4 = 7,2 cm i $_{graf}$ = 0,8 x E = 0,8 x 4 = 3,2 cm

5. Aplicar a equação dos pontos conjugados e determinar a posição da imagem.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$
 $\Rightarrow \frac{1}{-10.0} = \frac{1}{24.0} + \frac{1}{p'}$ $\Rightarrow p'_{calc} = -7.1 \text{ cm}$

O sinal negativo na abcissa da imagem indica que é imagem virtual. Considerando a imprecisão nas medidas do desenho e os arredondamentos nos cálculos pode-se admitir que os valores obtidos graficamente são razoavelmente iguais aos obtidos através das equações.

Parte III: Estudo da equação da ampliação



Fig. 17.2 - Montagem do experimento

1. Montar sobre a bancada, conforme mostra a figura 17.2, os seguintes elementos:

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição	
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ	
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A	
07	03003010	1,00	UN	TRENA ACO 02 MTS VONDER 38.68.270.002	
10	64002057	1,00	UN	CHAPA 85X85MM LETRA F	
15	64005086	4,00	UN	N FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA	
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM	
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM	
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM	

- Ligar a fonte luminosa e medir a altura do objeto o (letra F)o = 10 mm
- 3. Medir a distância p do objeto à lente projetora. P = 18,0 cm
- 4. Movimentar o suporte com a tela para obter uma imagem nítida da letra F.

- Medir a distância p' da lente à imagem projetada.
 p' = 36,5 cm
- 2. Medir a altura da imagem projetada (i_{exp}) $i_{exp} = 20$ mm
- **3.** Aplicar a equação da ampliação e obter o valor da ampliação e o valor calculado da altura da imagem(i_{calc}).

$$A = \frac{i_{cal}}{o} = -\frac{p'}{p}$$

$$A = -\frac{p'}{p} = -\frac{36,5cm}{18,0cm} = -2,03$$

$$A = \frac{i_{cal}}{o} = -\frac{p'}{p} \Rightarrow i_{calc} = -\frac{10 \times 36,5}{18} = -20,3mm$$

O sinal negativo significa que a imagem é invertida em relação ao objeto



4. Comparar o valor experimental da altura da imagem com o valor calculado e calcular o desvio percentual. Admitir uma tolerância de 5% São praticamente iguais.

 $i_{exp} = 20$ mm e $i_{calc} = 20,3$ mm

$$e\% = \frac{20.3 - 20.0}{20.3} \times 100\% = 1.5\%$$

INSTRUMENTOS ÓTICOS E ÓTICA DA VISÃO

EXPERIMENTO 18 - FUNCIONAMENTO DE UMA LUPA

OBJETIVO: Analisar o funcionamento da lupa (Lente de aumento)

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
21	64002044	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø50MM F= 250MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM



Fig.18.1 – O uso da lupa facilita a visualização de pequenos detalhes de objetos minúsculos.

- **1.** Usar uma lente convergente L_1 de distância focal $f_1 = +5,0$ cm e observar um objeto (folha de papel com pequenas letras).
- **2.** Afastar e aproximar o objeto da lente e observar o que acontece.
- **3.** Trocar L_1 por uma lente convergente L_2 de distância focal $f_2 = 25,0$ cm e repetir os mesmos procedimentos.
- **4.** Utilizar alternadamente as duas lentes e verificar as diferenças das imagens fornecidas por cada uma delas.

- Para qual posição do objeto, a lupa (lente L₁₎ proporciona um melhor resultado de ampliação?
 Quando o objeto é colocado no foco da lente.
- **2.** Qual a natureza da imagem fornecida pela lupa L_{1?} Imagem virtual, direita e maior que o objeto.

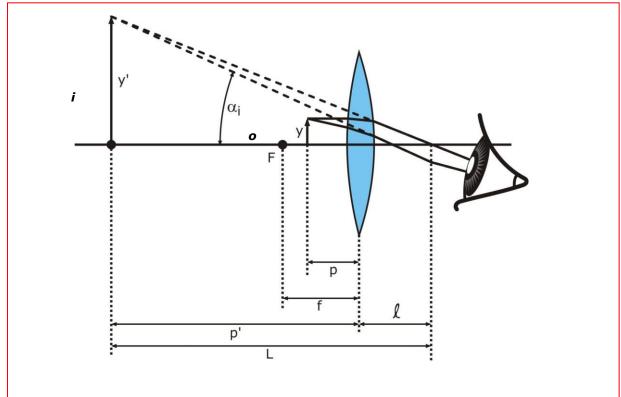


- **3.** Qual das duas lupas $(L_{1 \text{ ou}} L_{2})$ apresentou melhor resultado? Justificar. L_{1} , pois possui menor distância focal e por consequencia maior Aumento angular.
- **4.** Usar a equação de ampliação para calcular o aumento angular fornecido pela lupa L_1 .(onde d=25cm é a distância mínima de visão distinta).

$$A_a = \frac{d}{f}$$

$$A_a = \frac{25}{5} = 5$$

5. Fazer um esquema que represente graficamente a obtenção da imagem fornecida pela lupa L_1 .



EXPERIMENTO 19 – LUNETA ASTRONÔMICA

OBJETIVOS:

- Montar uma luneta astronômica e reconhecer a função de cada um de seus componentes
- Determinar a ampliação angular proporcionada pela luneta

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
15	64005086	3,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
21	64002044	1,00	UN LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø50MM F= 250MM	
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
29	64002004	1.00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM

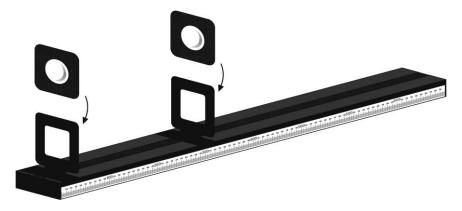


Fig.19.1 - Disposição dos componentes no banco ótico para a montagem de uma luneta astronômica.

- **1.** Posicionar a lente convergente L_1 de distância focal $f_{ob} = 25$ cm na posição 40 cm indicada pela régua do banco ótico. Esta lente é a objetiva da luneta.
- 2. Utilizar um objeto luminoso O₁ (lâmpada incandescente, objeto bem iluminado pela luz solar etc...) posicionado na mesma direção e bem afastado (a pelo menos 5m) do banco ótico.

Foi utilizada uma placa com figuras e letras iluminada pelo sol a uma distância aproximada de 5m do banco ótico.

- **3.** Usar um anteparo e movimentá-lo no banco ótico para obter uma imagem I_1 nitidamente projetada, do objeto luminoso.
- **4.** Medir a distância d_1 do anteparo à lente L_1 (objetiva). $d_1 \cong 25,0$ cm.
- **5.** Colocar uma lente convergente L_2 de distância focal $f_{oc} = 5,0$ cm na extremidade do banco ótico, atrás do anteparo. Esta lente é denominada de ocular da luneta.
- **6.** Olhar através da ocular e movimentá-la cuidadosamente de maneira que possa enxergar nitidamente a imagem projetada no anteparo.
- 7. Medir a distância d_2 do anteparo até a lente L_2 (ocular). $d_2 \cong 5,0$ cm
- **8.** Retirar o anteparo e medir a distancia L entre a objetiva e a ocular. L \cong 30 cm



9. Olhar através do conjunto para objetos distantes e observar atentamente o resultado oferecido pelo dispositivo.

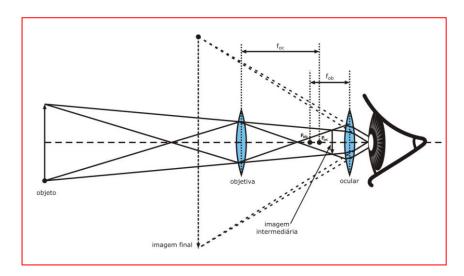
- **1.** A distância do objeto O_1 à objetiva (p_{minimo} de 5m) pode ser considerada como infinita comparada com a distância focal $f_{ob} = 25$ cm da lente. Nesse caso qual a abcissa, da imagem I_1 formada no anteparo, em relação à objetiva? Aproximadamente igual à distância focal. Quanto maior for a distância do objeto à objetiva mais próxima do foco da objetiva L_1 estará localizada a imagem projetada no anteparo.
- 2. A imagem I₁ é real ou virtual? Maior ou menor que o objeto O₁? Ela é direita ou invertida em relação ao objeto?
 A imagem projetada é real, menor e está invertida em relação ao objeto.
- **3.** O que está funcionando como objeto para a ocular L_2 ? É um objeto real ou virtual? A imagem I_1 projetada no anteparo é o objeto para a ocular L_2 . É objeto real.
- Qual a função ótica desempenhada pela ocular e qual a natureza da imagem que ela esta conjugando?
 A ocular funciona como uma lupa, proporcionando uma ampliação angular do objeto.
- 5. Comparar a distância d₂ do anteparo à ocular com a distância focal f_{oc} da ocular. O que se conclui?
 São praticamente iguais o que confirma que a ocular funciona como uma lupa.
- Qual o valor da medida da distância L entre a objetiva e a ocular denominada de tubo da luneta?
 L ≅ 30 cm
- **7.** Comparar o valor de L com a soma das distâncias focais das duas lentes. São praticamente iguais.
- **8.** Então qual deve ser a relação entre L e $(f_{ob} + f_{oc})$? $L = f_{ob} + f_{oc}$
- **9.** Ao mirar com a luneta um objeto distante, a imagem final observada é maior que o objeto? A imagem observada não é maior que o objeto. A luneta proporciona um aumento visual angular que é a relação entre o ângulo pelo qual o observador vê a imagem através da luneta e o ângulo pelo qual se observa o objeto a olho nú.
- **10.**Qual é a função da objetiva ? E da ocular? A função da objetiva é aproximar o objeto para ser observado pela lupa. Esta proporciona um aumento visual angular.
- 11.A imagem final fornecida pela luneta astronômica é real ou virtual? Direita ou invertida em relação ao objeto observado?
 A imagem final é virtual, invertida.
- **12.**Calcular a ampliação ou aumento visual angular A_a proporcionado pela luneta astronômica (Luneta de Kepler) através da equação:

$$\boldsymbol{A}_{a} = \frac{\boldsymbol{F}_{ob}}{\boldsymbol{F}_{oc}}$$

$$A_a = \frac{25cm}{5cm} = 5$$



13. Mostrar graficamente a formação da imagem fornecida pela luneta de Kepler.





EXPERIMENTO 20 – PROJETOR ELEMENTAR

OBJETIVO: Montar um projetor básico de diapositivos, conhecer as peças fundamentais e a função de cada componente.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição	
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO	
02	64002034	1,00	UN	UN FONTE DE LUZ	
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A	
10	64002057	1,00	UN	CHAPA 85X85MM LETRA F	
15	64005086	5,00	UN	UN FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA	
25	64002041	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 100MM	
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM	
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM	



Fig. 20.1 - Disposição dos componentes no banco ótico para a montagem de um projetor elementar.

- 1. Fixar a fonte luminosa de 12V na extremidade do banco ótico.
- 2. Montar uma lente de distância focal $f_c = +5,0$ cm (lente condensadora) sobre um suporte L metálico próximo à fonte de luz para colimar o feixe luminoso.
- 3. Fixar sobre um suporte L metálico a cha de aço com a letra F para ser projetado
- **4.** Posicionar a lente (objetiva) de distância focal $f_{ob} = +10,0$ cm e movimentá-la de maneira a conseguir uma imagem nítida projetada numa tela ou parede a mais ou menos 2m de distância.
- **5.** Retirar a lente condensadora, tentar melhorar a qualidade da imagem.
- **6.** Recolocar a lente condensadora e afastar ligeiramente o diapositivo da lente condensadora e tentar obter uma imagem projetada de boa qualidade.

- **1.** Quais são os elementos principais de um projetor de diapositivos? Fonte luminosa, lente condensadora e a lente objetiva.
- **2.** Qual a função da lente condensadora? Melhorar a qualidade da imagem projetada.



- **3.** Qual a função da objetiva? Projetar o diapositivo numa tela.
- **4.** Qual a natureza da imagem fornecida pelo projetor? Real, invertida e maior.
- **5.** O que se pode concluir a respeito da qualidade da imagem sem a lente condensadora? A imagem fica distorcida devido às aberrações esféricas, coma.
- **6.** O que acontece com a imagem quando o diapositivo é afastado da lente condensadora? A imagem fica menos iluminada mas ganha nitidez.
- 7. Como poderia ser calculada a ampliação proporcionada por um projetor?

Através da equação da ampliação fornecida por uma lente delgada: $A = \frac{-p'}{p}$



EXPERIMENTO 21 - ÓTICA DA VISÃO (ESTUDO DAS AMETROPIAS)

OBJETIVO: Reconhecer as ametropias do olho humano e suas correções

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição	
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO	
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ	
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A	
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO	
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR	
06	28002004	1,00	UN	IMPRESSO 03 - DEFEITOS DA VISAO OLHO NORNAL	
06	28003004	1,00	UN	IMPRESSO 07 - DEFEITOS DA VISAO OLHO HIPERMETROPE	
06	28003005	1,00	UN	IMPRESSO 08 - DEFEITOS DA VISAO OLHO MIOPE	
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM	
12	64005129	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONVEXA 90X30X15MM	
12	64005130	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO PLANO-CONCAVA 90X25X15MM	
12	64005131	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO PLANO-CONVEXA 90X20X15MM	
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA	
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM	

Parte I: O olho emétrope (Olho normal)



Fig.21.1 - Painel para visualização da formação da imagem num olho normal (emétrope).

- 1. Colocar o painel do olho emétrope (normal) sobre a mesa.
- **2.** Usar na fonte de luz o diafragma de 5 fendas e posicionar o conjunto conforme mostra a figura 21.1.
- **3.** Usar a lente condensadora de Ø60MM F= 125mm para obter um feixe de raios paralelos.
- **4.** Colocar o menisco convergente (cristalino) na posição indicada no painel. Utilizar a lente plana de acrílico biconvexa.

- **1.** Se os raios luminosos incidentes no olho são praticamente paralelos onde se encontra o ponto remoto do olho normal?
 - O ponto remoto do olho humano normal se encontra no infinito.



- **2.** Tendo em vista as dimensões do olho que distância pode ser considerada como infinito? Levando-se em conta objetos nem muito grandes e nem muito pequenos, pode-se considerar como infinito o objeto a uma distância de 5,0 m.
- **3.** Onde se situa o ponto próximo de um olho normal?

 Para o olho humano normal o ponto próximo está situado em torno de 25 cm. O ponto próximo do olho humano normal é denominado de distância mínima de visão distinta.

Parte II: Miopia



Fig.21.2 - Formação da imagem num olho míope

- 1. Substituir o painel do olho normal pelo do olho míope.
- 2. Colocar o cristalino no lugar indicado e observar a formação da imagem.

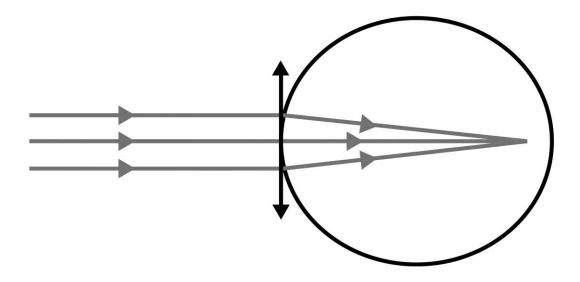
- **1.** Onde se forma a imagem num olho míope? Antes da retina.
- 2. Onde está situado o ponto remoto do olho míope? Justificar.

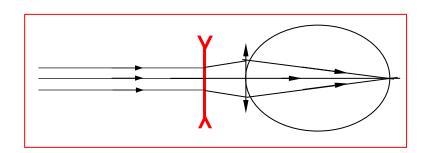
 O ponto remoto do olho míope não está situado no infinito ou seja um objeto situado no infinito (neste caso aproximadamente 5,0 m) não forma imagem exatamente na retina, mas aquém desta.
- **3.** Para que os raios luminosos formem imagem na retina é necessário usar uma lente convergente ou divergente?

 Divergente. Esta lente forma a imagem do objeto que está no infinito no ponto remoto do míope (que é o ponto em que o míope enxerga bem).
- **4.** Colocar um menisco bicôncavo à frente do cristalino e descrever o que ocorre. Como a lente colocada é divergente, os raios luminosos vão formar imagem na retina corrigindo a ametropia.



5. Completar a figura do olho míope com a correção realizada.







Parte III: Hipermetropia

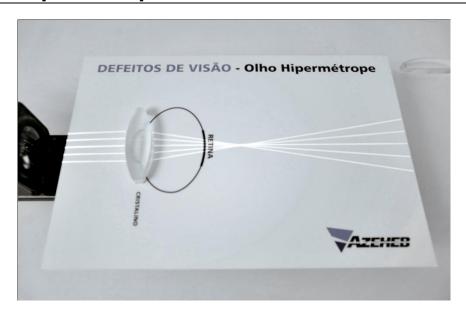


Fig.21.3- Formação da imagem num olho hipermétrope.

- **1.** Substituir o painel do olho normal pelo do olho hipermetrope.
- 2. Colocar o cristalino no lugar indicado e observar a formação da imagem.

- 1. Onde se forma a imagem num olho hipermetrope?

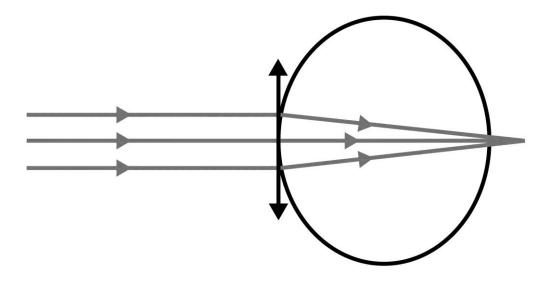
 Além da retina. O olho hipermetrope tem seu foco além da retina geralmente ocasionado por um achatamento do globo ocular no sentido ântero-posterior.
- 2. Onde está situado o ponto próximo do olho hipermetrope?

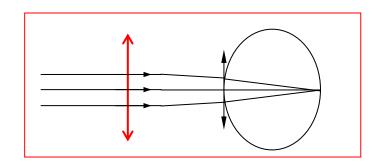
 O ponto próximo do olho hipermetrope está situado a uma distância maior que a distância mínima de visão distinta (que é de 25,0 cm para o olho normal).
- 3. Para que os raios luminosos formem imagem na retina é necessário usar uma lente convergente ou divergente?

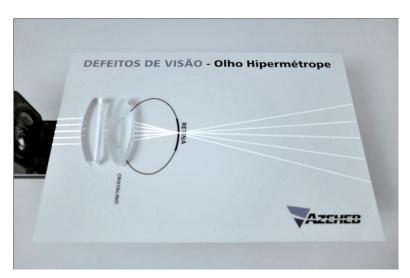
 Convergente. Essa lente leva a imagem de um objeto para o ponto próximo do hipermetrope que está situado a uma distância maior que a distância mínima de visão distinta
- **4.** Colocar um menisco plano-convexo à frente do cristalino e descrever o que ocorre. Como a lente colocada é convergente, os raios luminosos vão formar imagem na retina corrigindo a ametropia.



5. Completar a figura do olho hipermetrope com a correção realizada.







DISPERSÃO, DIFRAÇÃO E POLARIZAÇÃO DA LUZ

EXPERIMENTO 22 - DISPERSÃO DA LUZ

OBJETIVO: Verificar a dispersão da luz branca por dupla refração num prisma

Código	Quant.	Unid.	Descrição
64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
64001057	1,00	UN	PRISMA TRIANGULAR 60G DE ACRILICO 27X27X27X20MM
32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XXXXXXXX	1,00	UN	FOLHA DE PAPEL SULFITE TAMANHO A4 (*)
	64002006 64002034 38039005 64005030 64005171 64002012 64002016 64001057 32002004 64005086 64002045	64002006 1,00 64002034 1,00 38039005 1,00 64005030 1,00 64005171 1,00 64002012 1,00 64002016 1,00 64001057 1,00 32002004 2,00 64005086 1,00 64002045 1,00	64002006 1,00 UN 64002034 1,00 UN 38039005 1,00 UN 64005030 1,00 UN 64005171 1,00 UN 64002012 1,00 UN 64002016 1,00 UN 64001057 1,00 UN 32002004 2,00 UN 64005086 1,00 UN 64002045 1,00 UN

(*) Não fornecido.

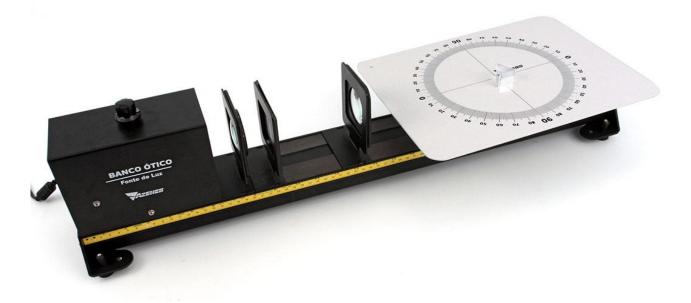


Fig.22.1 - Montagem do banco ótico para estudo experimental da dispersão da luz

- **1.** Colocar uma lente convergente de distância focal f = 5,0cm posicionada 4cm à frente da fonte luminosa. Essa lente é utilizada para iluminar a fenda.
- 2. Colocar a placa de uma fenda na frente da lente e ajustar a sua posição para que fique bem iluminada.
- **3.** Utilizar uma lente convergente de distância focal f = +10cm e movimentá-la para que a imagem da fenda fique projetada nitidamente no anteparo. (tela ou parede branca).
- 4. Fixar sobre o trilho o suporte com o disco ótico.



- **5.** Colocar sobre o disco ótico o prisma de 60º e ajustar para que o raio luminoso atinja uma das faces do prisma.
- 6. Girar o prisma até obter o espectro de decomposição da luz branca projetado na tela.

1. Descrever o que acontece com um feixe de luz branca ao atravessar o prisma.

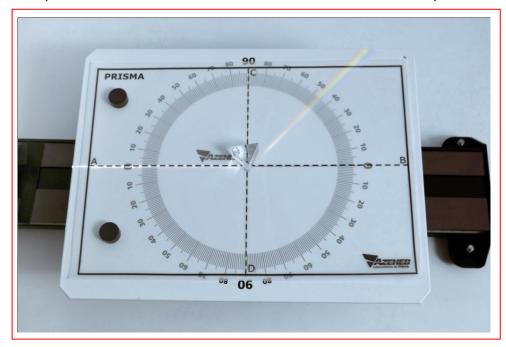


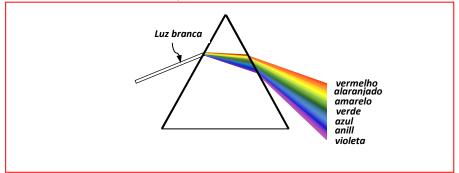
Fig. 22.2 – Resultado experimental

Ao atravessar o prisma, num determinado ângulo a luz branca foi separada em suas componentes. O índice de refração de um meio depende da frequência da radiação que o atravessa. Como a luz branca é composta de várias frequências, cada cor (com sua faixa de frequência característica) sofre um desvio diferente. No prisma se torna bem visível essa separação pelo fato da luz sofrer duas refrações.

- **2.** Qual é a ordem das cores do espectro de decomposição no prisma, tomadas na ordem crescente dos desvios?
 - Vermelho-laranja-amarelo-verde-azul-anil-violeta
- **3.** Qual cor corresponde à radiação que sofre maior desvio no prisma? E a que sofre menor desvio?
 - O maior desvio ocorre para o violeta (maior frequência) e o menor desvio para o vermelho (menor frequência).
- **4.** Para qual radiação o índice de refração do prisma é maior? Para qual cor é menor? O índice de refração é maior para o violeta e é menor para o vermelho.



5. Fazer um diagrama que mostre a trajetória do feixe incidente e do feixe emergente e a ordem das cores resultantes da dispersão da luz branca.





EXPERIMENTO 23 - DIFRAÇÃO DA LUZ BRANCA

OBJETIVO: Determinar o comprimento de onda das radiações luminosas que compõe a luz branca através da interferência por difração.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
15	64005086	5,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
25	64002041	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 100MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
30	64002048	1.00	UN	REGUA BANCO OTICO 15 - 0 - 15CM

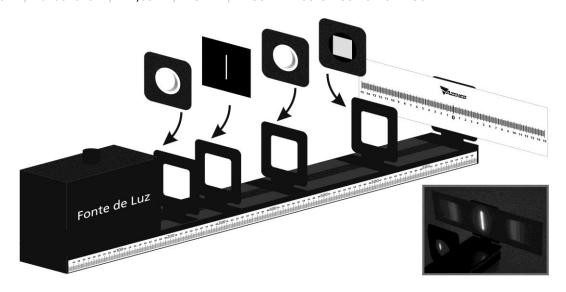


Fig.23.1 – Montagem do banco ótico para decomposição da luz branca por difração em fendas múltiplas.

- 1. Montar o banco ótico conforme mostra a figura 23.1.
- **2.** Fixar num cavaleiro metálico na frente da fonte luminosa uma lente convergente L_1 de distância focal f = 5cm. Essa lente é utilizada para iluminar a fenda.
- **3.** Colocar em outro cavaleiro o diafragma com uma fenda, na frente da lente L₁.
- **4.** Utilizar uma lente convergente L_2 de distância focal +10cm para projetar a fenda no anteparo milimetrada posicionado no final do banco ótico.
- **5.** Ajustar a posição da lente L₂ para que a fenda projetada fique bem nítida.
- **6.** Colocar a rede de difração na frente da lente L_2 e ajustar para que o espectro fique projetado nitidamente no anteparo e na mesma horizontal.
- **7.** Ajustar a posição da rede de difração para que fique a mais de 20cm do anteparo de projeção.
- 8. Medir a distância a da rede de difração ao anteparo



9. Medir no anteparo a distância x do centro de cada cor do espectro difratado até a raia central (branca). Fazer as leituras das distâncias em milímetros.

Montagem alternativa:

Ao invés da lente de 10cm usar uma de + 25cm e a tela (parede) a 1,0 m da rede Com esta montagem a precisão nas medidas é maior e diminui o erro.

Cor da radiação	a (10 ⁻³ m)	X (10 ⁻³ m)	λ (10 ⁻⁹ m)
Vermelha	260	87,0	635
Laranja	260	82,0	602
Amarela	260	79,0	581
verde	260	72,0	534
Azul	260	66,0	492
violeta	260	58,0	435

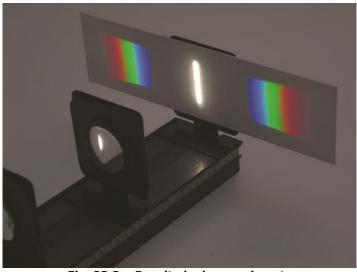


Fig. 23.2 - Resultado do experimento

- **1.** O que se observa de cada lado da raia central (luz branca) projetada na tela e simetricamente em relação a ela?
 - Observa-se um espectro colorido do vermelho ao violeta resultado da decomposição da luz branca
- 2. Qual a cor da radiação que sofre maior desvio? E a que sofre menor desvio? Maior desvio é para o vermelho e menor para o violeta.
- **3.** Qual a ordem das cores das radiações partindo da radiação de maior desvio (maior comprimento de onda)
 - Vermelho-laranja-amarelo-verde-azul-anil-violeta.
- **4.** Comparar a ordem das cores no desvio sofrido pela luz branca na dispersão no prisma e na difração na rede.
 - difração na rede. Na dispersão no prisma quanto maior a frequência (menor comprimento de onda) maior é
 - o desvio sofrido. Assim o violeta sofre maior desvio. Violeta-anil-azul-verde-amarelo-laranja-vermelho.
 - Na difração na rede quanto menor a frequência (maior comprimento de onda) maior é o desvio da ventral central. Por isso o vermelho sofre maior desvio:
 - Vermelho-laranja-amarelo-verde-azul-anil Violeta.



5. Estabelecer uma relação entre comprimento de onda da radiação e o afastamento da ventral na difração da luz branca.

$$\lambda = \frac{D \cdot x}{\sqrt{a^2 + x^2}} \Rightarrow x = \frac{a\lambda}{\sqrt{D^2 - \lambda^2}} \text{ como D} >> \lambda \text{ resulta: } x = \frac{a\lambda}{D} \text{ ou seja quanto maior o}$$

comprimento de onda da radiação maior será o desvio da ventral correspondente.

6. Estabelecer uma relação entre a frequência da radiação e o desvio na difração da luz branca.

Como a frequência varia com o inverso do comprimento de onda, quanto menor a frequência da radiação maior o desvio sofrido pela ventral.

7. Calcular o valor do comprimento de onda para cada radiação sugerida na tabela, usando a equação:

$$\lambda = \frac{\mathbf{D} \cdot \mathbf{x}}{\sqrt{\mathbf{a}^2 + \mathbf{x}^2}}$$

$$\lambda = \frac{2.10^{-6} \times 0.087}{\sqrt{0.260^2 + 0.087^2}} = 6.35.10^{-7} \,\text{m}$$

$$\lambda = \frac{2.10^{-6} \times 0,082}{\sqrt{0.260^2 + 0.082^2}} = 6,02.10^{-7} \,\text{m}$$

$$\lambda = \frac{2.10^{-6} \times 0,079}{\sqrt{0,260^2 + 0,079^2}} = 5,81.10^{-7} \,\mathrm{m}$$

$$\lambda = \frac{2.10^{-6} \times 0,072}{\sqrt{0,260^2 + 0,072^2}} = 5,34.10^{-7} \,\text{m}$$

$$\lambda = \frac{2.10^{-6} \times 0,066}{\sqrt{0,260^2 + 0,066^2}} = 4,92.10^{-7} \,\text{m}$$

$$\lambda = \frac{2.10^{-6} \times 0,058}{\sqrt{0,260^2 + 0,058^2}} = 4,35.10^{-7} \, \text{m}$$

8. Dados os valores tabelados dos comprimentos de onda das radiações componentes da luz branca, comparar esses valores com os encontrados experimentalmente.

Cor	Valor médio de λ(nm)	Valor experimental de λ(nm)	Erro percentual
Vermelho	650	635	2,3
Laranja	600	602	0,3
amarelo	575	581	1,0
Verde	530	534	0,8
Azul	485	492	1,4
Violeta	420	435	3,6

9. Calcular o erro percentual para cada radiação. Para a primeira linha da tabela:

$$e\% = \frac{\left|\lambda_{tab} - \lambda_{exp}\right|}{\lambda_{tab}} \times 100\% = \frac{\left|650 - 635\right|}{650} \times 100\% = 2,3\%$$

10.Quais as principais causas de erros que podem estar presentes no experimento? Qualidade da projeção e as medidas das distâncias.

EXPERIMENTO 24 - POLARIZAÇÃO DA LUZ

OBJETIVO: Analisar o comportamento dos filtros de polarização ao serem atravessados por um feixe luminoso.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição	
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO	
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ	
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A	
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM	
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA	
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM	
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM	
32	64001055	2,00	UN	POLAROIDE ROTACIONAL	



Fig.24.1 - Montagem do banco ótico para estudo da polarização da luz.

- 1. Montar o banco ótico com a fonte numa das extremidades conforme mostra a figura 24.1.
- 2. Colocar sobre o banco ótico um cavaleiro com uma lente convergente de distância focal +12cm (lente colimadora) e fixar na outra face do suporte o diafragma com uma fenda.
- **3.** Colocar na outra extremidade do banco ótico um anteparo para projeção e ligar a fonte de luz.
- **4.** Posicionar um polaroide rotacional a 10cm do diafragma com uma fenda, girar o cursor colocando-o na posição 0°.
- **5.** Observar a projeção luminosa obtida no anteparo quando o feixe luminoso atravessa apenas um filtro polarizador.
- **6.** Fixar no banco ótico um segundo polaroide rotacional à $10 \, \text{cm}$ do primeiro, com o cursor também em 0° e observar o que acontece com a intensidade do feixe luminoso projetado na tela.



- **7.** Girar lentamente o segundo polaroide até um ângulo de 90º em relação ao primeiro e observar o que ocorre com a projeção.
- **8.** Continuar o giro do segundo filtro polarizador até atingir um ângulo de 180° entre os filtros e observar o que ocorre com a mancha de luz projetada na tela durante o procedimento.
- **9.** Repetir os procedimentos experimentais girando agora o primeiro polaroide e mantendo fixo o segundo. Observar o que ocorre com a projeção da luz e comentar sobre a polarização da luz.

1. Com base nas observações realizadas preencher a tabela:

Ângulo entre os filtros	Projeção da mancha de luz (muito clara, clara, escura)	ângulo que apresenta o mesmo resultado que o da primeira coluna
0°	Muito clara	-
45°	clara	-
90°	Escura (desaparece)	-
135°	Clara	45°
180°	Muito clara	0 °

- **2.** O que é um polaróide? É um dispositivo ótico que transmite seletivamente a luz que tem seu plano de polarização paralelo ao eixo de transmissão do polarizador.
- **3.** O que acontece com a luz ao atravessar o primeiro polaróide?

 Ao atravessar o primeiro polaróide a radiação luminosa passa a oscilar num único plano (paralelo ao eixo de transmissão do polarizador), porém continua iluminando o anteparo.
- **4.** O que acontece com a luz quando o segundo polaróide gira de um certo ângulo? Como inicialmente os planos de polarização são paralelos a tela fica iluminada. A medida que o segundo polaróide é girado a luz deixa gradualmente de passar por ele, escurecendo o anteparo. Quando estiverem cruzados a 90° nenhuma luz atravessa o segundo polaróide.
- **5.** Os resultados do experimento mostram que a luz possui características de onda transversal? Justificar.
 - Sim porque somente ondas transversais podem ser polarizadas e para cada um dos filtros passam somente as partes de luz que possuem planos paralelos de oscilação.



EXPERIMENTO 25 - ROTAÇÃO DO PLANO DE POLARIZAÇÃO

OBJETIVO: Analisar a rotação do plano de polarização de um feixe luminoso (rotação de Faraday).

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
16	64002049	1,00	UN	SUPORTE PLASTICO COM DIAFRAGMA 2MM
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
25	64002041	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 100MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
32	64001055	2,00	UN	POLAROIDE ROTACIONAL
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	RÉGUA DE PLÁSTICO TRANSPARENTE (*)

(*) Não fornecido.

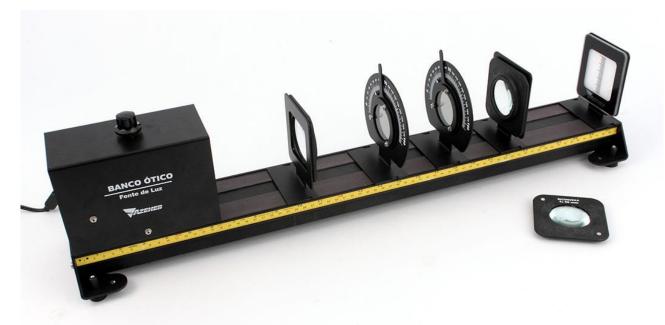


Fig.25.1 – Montagem do banco ótico para estudo da rotação do plane de polarização da luz.

- 1. Colocar no banco ótico cinco suportes e fixar neles os seguintes dispositivos:
 - Suporte 1: Na primeira face a lente convergente L_1 de distância focal +5cm e na outra face, a lente convergente L_2 de distância focal +12cm.
 - Suporte 2: Primeiro filtro polarizador P₁ a 10cm das lentes.
 - Suporte 3: Segundo filtro polarizador P₂ a 5,0cm do primeiro.
 - Suporte 4: Lente convergente L₃ com distância focal +10,0cm.
 - Suporte 5: Anteparo para projeção.
- **2.** Ajustar a posição das lentes L_1 e L_2 para que o feixe de luz ilumine bem o primeiro polaroide e também o segundo.
- **3.** Se o anteparo de projeção está recebendo luz da fonte, é por que está passando luz pelos polaroides rotacionais.



- **4.** Girar P₁ para que os filtros polarizadores figuem cruzados.
- **5.** Ajustar a posição da lente L₃ para projetar, no anteparo, a imagem da régua colocada entre os polaroides rotacionais.



6. Observar a projeção luminosa.



- 1. Ao ser inserido o corpo entre os dois polaroides o plano de luz polarizada no primeiro polaróide apresentou rotação? Justifique sua resposta. Sim. Quando a luz polarizada atravessa um material oticamente ativo interposto entre os dois polaróides o plano de oscilações do vetor E sofre uma rotação proporcional ao percurso na substância. A rotação desse plano permite novamente a passagem do feixe luminoso.
- 2. Porque a imagem parece estar colorida, apesar da luz fornecida pela fonte ser de luz branca?
 - O material oticamente ativo interposto entre o polarizador e o analisador apresenta diferentes ângulos de rotação para as diferentes componentes da luz branca polarizada. Quanto maior o comprimento de onda de uma componente, menor será o ângulo de rotação que ela sofre.
- **3.** Girar adequadamente o analisador. Descrever o que é observado no anteparo. Conforme o analisador é girado observa-se que a luz desaparece no anteparo, mostrando dessa forma o valor do ângulo de rotação do plano de polarização.



EXPERIMENTO 26 - POLARIZAÇÃO POR REFLEXÃO

OBJETIVO: Analisar a polarização da luz por reflexão e realizar a medida do valor do "ângulo de Brewster".

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64001057	1,00	UN	PRISMA TRIANGULAR 60G DE ACRILICO 27X27X27X20MM
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
32	64001055	2,00	UN	POLAROIDE ROTACIONAL



Fig.26.1 - Montagem do banco ótico para estudo da polarização da luz por reflexão.

- **1.** Colocar na frente da fonte de luz um suporte metálico com uma lente convergente de distância focal 12cm (lente colimadora) e o diafragma com cinco fendas.
- 2. Ligar a fonte de luz e ajustar a posição da lente colimadora para obter um feixe de raios paralelos.
- 3. Substituir o diafragma de cinco por outro de fenda única.
- **4.** Posicionar o suporte com o disco ótico de forma que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0. Ligar a fonte de luz e ajustar o raio luminoso bem no centro do transferidor.
- **5.** Colocar o semicilindro sobre o disco ótico de maneira que os ângulos de incidência e de refração sejam iguais a zero. A face plana deve ficar voltada para a fonte de luz.
- **6.** Fixar sobre um suporte um filtro polarizador e em outro, distante 10cm, um anteparo.
- 7. Girar o disco ótico em 20º.



- 8. Colocar o polaroide (analisador) e o anteparo na direção do raio refletido.
- **9.** Observar a projeção do raio refletido no anteparo, após atravessar o polaroide.
- **10.**Girar o polaroide de 90º e observar a projeção do feixe luminoso. Retornar o polaroide para a posição inicial.
- **11.** Repetir os procedimentos 9 e 10 para os ângulos de 40°, 50° e 60°.

1. Encontrar um ângulo de reflexão θ_B entre 50° e 60° de tal forma que ao girar o polaroide a mancha luminosa projetada desapareça. Ângulo de reflexão, $\theta_B = 56$ °

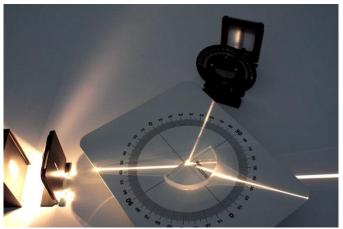


Fig. 26.2 - Resultado Experimental

- **2.** Medir o ângulo de reflexão, θ_B ângulo de Brewster, encontrado no procedimento anterior e o correspondente ângulo de refração θ_R . $\theta_R = 34^\circ$
- **3.** Medir o ângulo α entre o raio refletido e o raio refratado. O que se conclui? $\alpha = 90^{\circ}$
- **4.** Qual a direção de polarização? É perpendicular ao plano de incidência.
- 5. Calcular a tangente do ângulo de Brewster θ_{B} .

$$tg\,\theta_B = tg\,56^\circ = 1,48$$

que é igual ao índice de refração do acrílico.

6. Dentro de uma tolerância admitida de 5% pode-se considerar que o experimento verifica a validade da Lei de Brewster? (índice de refração do acrílico n=1,50) A lei de Brewster estabelece que "a tangente do ângulo de Brewster θ_B é igual ao índice de refração do material que constitui o semicilindro". A diferença entre o índice de refração experimental 1,48 e o tabelado 1,50 é menor que a tolerância admitida. Por isso pode-se considerar verificada experimentalmente a Lei de Brewster.



ESTUDO DAS CORES

EXPERIMENTO 27 - SÉRIE ADITIVA DAS CORES

OBJETIVO: Reconhecer as cores primárias e suas cores secundárias complementares na série aditiva de cores.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
11	64002062	2,00	UN	ESPELHO DE VIDRO COM SUPORTE E MANIPULO
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
28	64001022	1,00	UN	FILTRO RGB DE CORES ADICAO DE CORES
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	FOLHA DE PAPEL SULFITE TAMANHO A4



Fig.27.1 – Montagem para experimento da série aditiva

- 1. Colocar a fonte de luz sobre o barramento.
- 2. Colocar na frente da fonte de luz um suporte metálico com a lente convegente de Ø60mm F= 125mm. No outro lado do suporte fixar o filtro RGB.
- **3.** Colocar na frente do filtro a base retangular com transferidor. Sobre a base fixar com os imãs uma folha de papel sulfite tamanho A4.

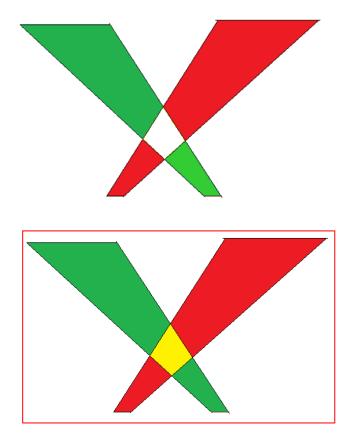


4. Utilizar os espelhos e o anteparo para montar as adições de cores. Os espelhos possuem ajuste de inclinação para aumentar ou diminuir a intensidade da cor refletida.



Fig.21.2 - Superpondo as cores

1. Qual a cor que resulta da adição das cores primárias, vermelho e verde?



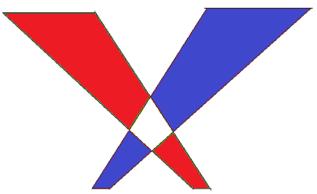
A adição das cores primárias vermelha e verde resulta a cor secundária amarela.

- 2. Qual a denominação usual da cor resultante em relação às cores projetadas? Esta cor (o amarelo) é denominada de cor **secundária** da adição **vermelho + verde.**
- **3.** Qual a cor primária que não participou desta adição de cores? Azul
- **4.** Cada cor secundária é a complementar da cor primária que não entrou na sua formação. Então qual é a cor complementar do azul?

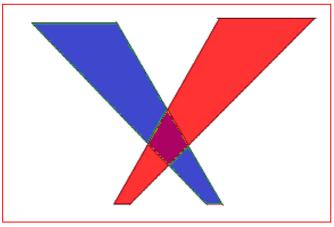
 O amarelo é a cor secundária complementar da cor primária azul.



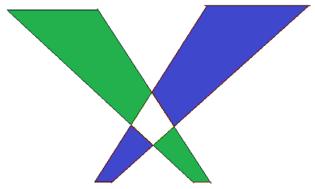
- **5.** Qual a cor resultante da adição do azul com sua cor complementar? Cada cor primária somada à sua cor secundária complementar resulta no branco.
- **6.** Substituir o filtro verde pelo filtro azul. Qual a cor que resulta da adição das cores primárias, vermelho e azul?



A adição das cores primárias vermelha e azul resulta a cor secundária magenta.

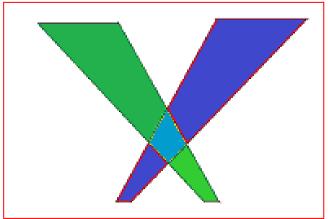


- **5.** O magenta é cor complementar de qual cor primária? Da cor que não participa da sua formação, o verde.
- **7.** Qual a cor resultante da adição do verde com sua cor complementar (o magenta)? Cada cor primária somada à sua cor secundária complementar resulta no branco.
- **8.** Substituir o filtro vermelho pelo filtro verde. Qual a cor que resulta da adição das cores primárias, verde e azul?



A adição das cores primárias verde e azul resulta a cor secundária ciano.





- **9.** De qual cor primária o ciano é cor complementar? Da cor vermelha que não participa da formação do ciano.
- **10.**Qual a cor resultante da adição do vermelho com sua cor complementar (o ciano)? Cada cor primária somada à sua cor secundária complementar resulta no branco.
- **11.**Colocar na janela central do projetor o filtro de cor azul e nas janelas laterais os filtros vermelho e verde.
- **12.**Ajustar a projeção de maneira que permita a superposição das cores duas as duas e no centro da projeção a superposição das tres cores.
- 13. Colorir ou indicar na figura a seguir as cores e as combinações observadas na projeção.

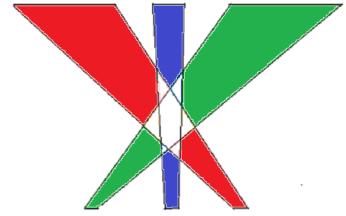
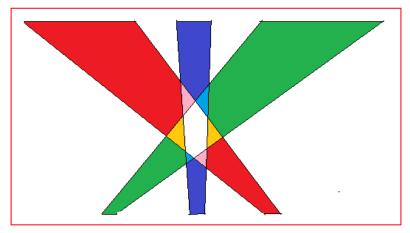


Fig.21.3 - Superpondo as tres cores primarias.



14.Qual a cor que resulta na região em que estão projetadas simultaneamente as três cores?

Branco



15.Com base nos experimentos realizados completar a tabela 1.

Tabela 1

ADIÇÃO DAS CORES PRIMÁRIAS	COR SECUNDÁRIA RESULTANTE	COR PRIMÁRIA QUE NÃO PARTICIPA DA ADIÇÃO
VERMELHO + VERDE	AMARELO	AZUL
VERMELHO + AZUL	MAGENTA	VERDE
VERDE + AZUL	CYANO	VERMELHO

- **16.**Usar a tabela 1 para classificar a combinação das cores primárias e a cor resultante da adição.
- **17.**Completar a tabela 2 com a cor secundária suplementar correspondente.

Tabela 2

COR PRIMÁRIA	COR SECUNDÁRIA COMPLEMENTAR	
AZUL	AMARELO	
VERDE	MAGENTA	
VERMELHO	CIANO	



EXPERIMENTO 28 - SÉRIE SUBTRATIVA DAS CORES

OBJETIVO: Estudar a mistura subtrativa de cores baseada na absorção por meio de filtros.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
15	64005086	4,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
17	64002026	1,00	UN	FILTRO AMARELO
18	64002027	1,00	UN	FILTRO CIANO
19	64002029	1,00	UN	FILTRO MAGENTA
21	64002044	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø50MM F= 250MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM



Fig. 28.1 – Banco ótico com os componentes para estudo da série subtrativa de cores.

- 1. O experimento deve ser realizado em ambiente escuro.
- 2. Colocar numa das extremidades do banco ótico a fonte luminosa e na extremidade oposta um suporte em L com o anteparo (ou realizar a projeção na parede).
- **3.** Usar a lente de distância focal 25 cm na posição $x_L = 45$ cm da escala.
- **4.** Fixar um suporte em L em $x_1 = 25$ e outro em $x_2 = 35$ cm da escala.
- **5.** Ligar a fonte de luz e ajustar o posicionamento da lente para obter uma boa iluminação da tela.



- 1. No experimento da série aditiva verifica-se que entre duas cores primárias aditivas se encontra uma cor secundária aditiva. Por exemplo, entre o vermelho e o verde, está o amarelo. Uma cor secundária aditiva é ao mesmo tempo uma cor primária subtrativa. Quais são então as três cores primárias subtrativas?
 Amarelo, cyano e magenta.
- 2. Colocar o filtro amarelo no suporte mais próximo da fonte luminosa. Que cores (primárias aditivas) componentes da luz branca atravessam o filtro amarelo?

 Vermelho e verde
- **3.** Qual cor primária é absorvida quando a luz branca atravessa o filtro amarelo? A cor azul
- **4.** Trocar o filtro amarelo pelo ciano. Que cores (primárias aditivas) componentes da luz branca atravessam o filtro ciano?

 Verde e azul
- 5. Qual cor primária é absorvida quando a luz branca atravessa o filtro ciano? A cor vermelha
- **6.** Trocar o filtro ciano pelo magenta. Que cores (primárias aditivas) componentes da luz branca atravessam o filtro magenta?

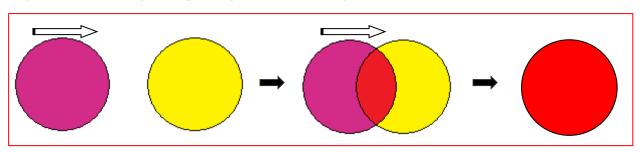
 Vermelho e azul
- **7.** Qual cor primária é absorvida quando a luz branca atravessa o filtro magenta? A cor verde
- 8. Completar a tabela para resumir as conclusões:

Tabela 1

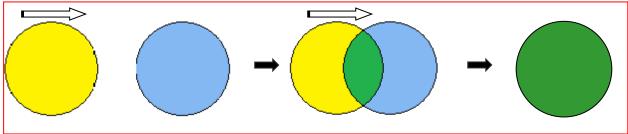
FILTRO (cor primária subtrativa)	COMBINAÇÃO DAS CORES PRIMÁRIAS ADITIVAS	COR PRIMÁRIA ABSORVIDA (subtraída na projeção)
AMARELO	Vermelho e verde	azul
CIANO	Verde e azul	vermelho
MAGENTA	Vermelho e azul	verde

9. Colocar o filtro amarelo num lado do primeiro suporte e no outro lado o filtro magenta. Que cor primária aditiva é obtida no anteparo?

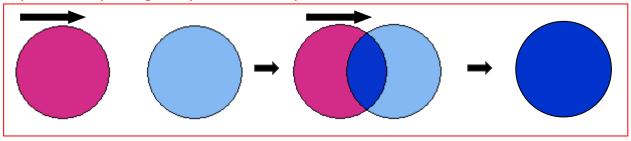
A cor que atravessa os dois filtros é a cor vermelha, comum às componentes do amarelo (vermelho+verde) e magenta (vermelho + azul).



10.Substituir o filtro magenta pelo filtro ciano. Que cor primária aditiva é obtida no anteparo? A cor que atravessa os dois filtros é a cor verde, comum às componentes do amarelo (vermelho+verde) e ciano (verde + azul).



11.Substituir o filtro amarelo pelo magenta. Que cor primária aditiva é obtida no anteparo? A cor que atravessa os dois filtros é a cor azul, comum às componentes do ciano (azul+verde) e magenta (vermelho+azul).



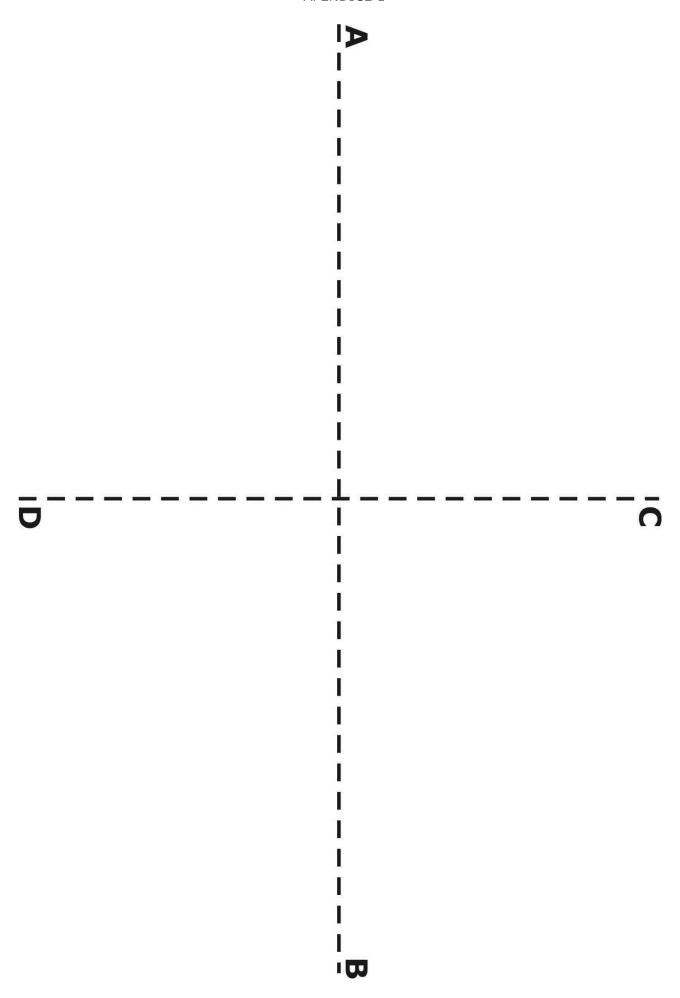
12.Com base no que foi realizado preencher as tabela 2.

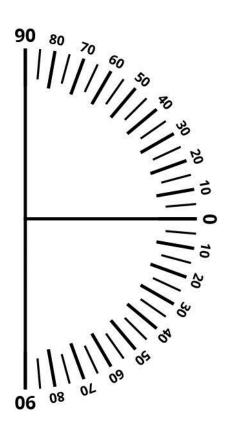
Tabela 2

Tabola 2								
FILTROS	COR PROJETADA	CORES ABSORVIDAS						
(cores primárias subtrativas)		(subtraídaS na projeção)						
AMARELO e MAGENTA	vermelho	Verde e azul						
AMARELO e CIANO	verde	Vermelho e azul						
CIANO e MAGENTA	azul	Vermelho e verde						

APÊNDICES







SUMÁRIO (ALUNO)

SUMÁRIO (ALUNO)10)9
EXPERIMENTOS	, 3
EFEITOS DA PROPAGAÇÃO LUMINOSA	, 3
EXPERIMENTO 01 - PERMEABILIDADE DOS CORPOS À PROPAGAÇÃO LUMINOSA	. 3
EXPERIMENTO 02 - SOMBRA E PENUMBRA	. 5
EXPERIMENTO 03 - CÂMARA ESCURA	8
REFLEXÃO DA LUZ 1	10
EXPERIMENTO 04 - REFLEXÃO REGULAR E DIFUSA1	10
EXPERIMENTO 05 - FORMAÇÃO DA IMAGEM EM ESPELHO PLANO 1	12
EXPERIMENTO 06 - LEIS DA REFLEXÃO EM EXPELHO PLANO1	15
EXPERIMENTO 07 - ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS1	17
EXPERIMENTO 08 - REFLEXÃO DA LUZ EM ESPELHOS ESFÉRICOS 1	19
Parte I: Espelho esférico côncavo1	19
Parte II: Espelho esférico convexo2	21
EXPERIMENTO 09 - PROPRIEDADES DOS RAIOS PRINCIPAIS DE UM ESPELHO CÔNCAVO2	22
EXPERIMENTO 10 - PROPRIEDADES DOS RAIOS PRINCIPAIS NUM ESPELHO CONVEXO2	26
EXPERIMENTO 11 - ESTUDO DA REFLEXÃO EM ESPELHOS ESFÉRICOS3	30
Parte I: Espelho esférico côncavo3	30
Parte II: Espelho esférico convexo3	33
REFRAÇÃO DA LUZ3	35
EXPERIMENTO 12 - ÍNDICE DE REFREÇÃO RELATIVO DE UM PAR DE MEIOS 3	35
Parte I: Índice de refração do acrílico em relação ao ar3	
Parte II: Índice de refração do ar em relação ao acrílico	39
EXPERIMENTO 13 - REFRAÇÃO DA LUZ EM LÂMINA DE FACES PARALELAS4	11
EXPERIMENTO 14 - REFRAÇÃO DA LUZ NUM PRISMA4	14
REFRAÇÃO DA LUZ EM LENTES DELGADAS4	16
EXPERIMENTO 15 - FOCO PRINCIPAL OBJETO E FOCO PRINCIPAL IMAGEM DE UMA LENTE DELGADA4	
Parte I: Lente biconvexa4	<i>17</i>
Parte II: Lente bicôncava4	18
EXPERIMENTO 16 - RAIOS LUMINOSOS PRINCIPAIS INCIDENTES EM LENTES DELGADAS5	50
Parte I: Lente convergente5	5 <i>0</i>
Parte II: Lente divergente5	53
EXPERIMENTO 17 – EQUAÇÃO DOS PONTOS CONJUGADOS EM LENTES DELGADAS 5	
Parte I: Verificação da equação de Gauss em Lentes convergentes5	55
Parte II: Lentes divergentes5	
Parte III: Estudo da equação da ampliação6	51

>>>>>>>>>>>

INSTRUMENTOS ÓTICOS E ÓTICA DA VISÃO	62
EXPERIMENTO 18 - FUNCIONAMENTO DE UMA LUPA	62
EXPERIMENTO 19 - LUNETA ASTRONÔMICA	64
EXPERIMENTO 20 - PROJETOR ELEMENTAR	6 <i>7</i>
EXPERIMENTO 21 - ÓTICA DA VISÃO (ESTUDO DAS AMETROPIAS)	
Parte I: O olho emétrope (Olho normal)	69
Parte II: Miopia	70
Parte III: Hipermetropia	
DISPERSÃO, DIFRAÇÃO E POLARIZAÇÃO DA LUZ	<i>7</i> 3
EXPERIMENTO 22 - DISPERSÃO DA LUZ	<i>7</i> 3
EXPERIMENTO 23 -DIFRAÇÃO DA LUZ BRANCA	<i>7</i> 5
EXPERIMENTO 24 – POLARIZAÇÃO DA LUZ	<i>7</i> 8
EXPERIMENTO 25 – ROTAÇÃO DO PLANO DE POLARIZAÇÃO	80
EXPERIMENTO 26 - POLARIZAÇÃO POR REFLEXÃO	82
ESTUDO DAS CORES	84
EXPERIMENTO 27 - SÉRIE ADITIVA DAS CORES	
EXPERIMENTO 28 - SÉRIE SUBTRATIVA DAS CORES	

EXPERIMENTOS

EFEITOS DA PROPAGAÇÃO LUMINOSA

EXPERIMENTO 01 - PERMEABILIDADE DOS CORPOS À PROPAGAÇÃO LUMINOSA

OBJETIVO: Estudar o comportamento quanto a permeabilidade à luz de corpos de naturezas diversas

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
12	64005151	1,00	UN	PRISMA TRAPEZOIDAL DE ACRILICO BXAXE 60X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	FOLHA DE PAPEL SULFITE TAMANHO A4 (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	FOLHA DE PAPEL VEGETAL SEMITRANSPARENTE TAMANHO A4 (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	PEDAÇO RETANGULAR 6X10CM DE PEPALÃO OU MADEIRA (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	FITA ADESIVA (*)

(*) Não fornecido.



Fig. 1.1 - Montagem do experimento

- 1. Montar o equipamento conforme mostra a figura 1.1.
- 2. Ligar a fonte luminosa sem o diafragma.
- **3.** Colocar frontalmente à fonte de luz o corpo de acrílico trapezoidal, com sua face de menor apoiada na folha de papel.
- 4. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **5.** Observar através do objeto o que acontece com a luz ao atravessá-lo.
- **6.** Mudar a posição do corpo de prova, colocando-o com a face maior sobre a mesa e repetir o procedimento.

- **7.** Substituir o acrílico por uma pequena folha retangular (6x10cm) de papel vegetal fixado num suporte em L e repetir os procedimentos experimentais.
- **8.** Recortar 6 pequenas folhas retangulares (6X10cm) de papel vegetal
- **9.** Desenhar com tinta preta uma pequena figura numa das folhas de papel vegetal, colocar frontalmente diante da fonte luminosa e observar a visibilidade resultante da figura desenhada.
- 10. Acrescentar uma a uma folhas de papel vegetal ao papel que contém a figura.
- **11.**Observar o que ocorre quanto à visibilidade e à transparência à medida que se aumenta o número de folhas de papel vegetal.
- **12.**Realizar os mesmos procedimentos de observação usando uma pequena placa retangular de madeira, ou de papelão grosso.

>>	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	Quanto à sua permeabilidade à luz como se classifica a placa de acrílico?
2.	O que acontece com a visibilidade através da placa de acrílico quando se aumenta a sua espessura?
3.	Quando se observa através da placa de madeira (ou papelão) é possível enxergar a lâmpada? Então como se classifica esse corpo quanto à sua permeabilidade à luz?
4.	Quando se observa a fonte luminosa (lâmpada) através da folha de papel vegetal é possível enxergar seus detalhes? Então quanto à sua permeabilidade à luz como esse material deve ser classificado?
5.	À medida que se aumentou a espessura do papel vegetal, ocorre mudança quanto à sua permeabilidade à luz? Explicar.

6. Com base nas observações realizadas, preencher a tabela. Descrever o que foi observado e classificar os corpos quanto à sua permeabilidade à luz (transparente, translúcido ou opaco).

Corpo de prova	Observação	Classificação
Placa de acrílico trapezoidal		
Placa de madeira ou de papelão		
Folha de Papel vegetal		

EXPERIMENTO 02 – SOMBRA E PENUMBRA

OBJETIVO: Analisar a formação dos efeitos luminosos quando um corpo opaco é iluminado por uma e por duas fontes luminosas.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
11	64002062	2,00	UN	ESPELHO DE VIDRO COM SUPORTE E MANIPULO
13	64005229	1,00	UN	BARREIRA DE LUZ
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
XX	XXXXXXXX	2,00	UN	FOLHA DE PAPEL SULFITE TAMANHO 44 (*)

(*) Não fornecido.

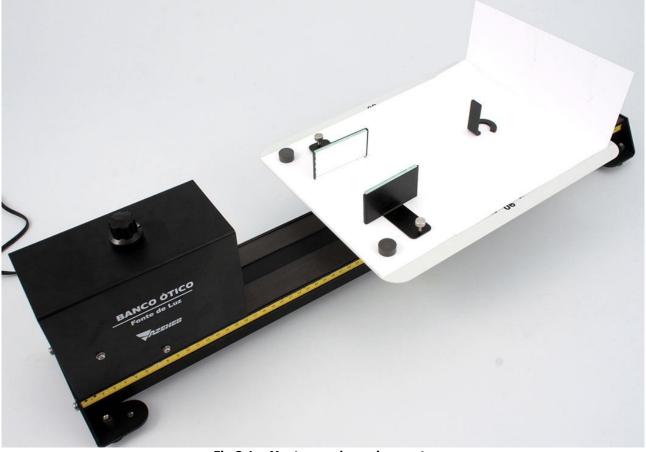


Fig.2.1 - Montagem do equipamento

- **1.** Dobrar uma folha de papel branco A4 conforme mostra a figura 2.1 e colocar sobre a base retangular. Colocar outra folha de sulfite por cima da folha dobrada e fixar as folhas utilizando os imãs de modo que a parte dobrada fique na vertical, como um anteparo.
- 2. Posicionar a fonte luminosa. Usar apenas a janela central da fonte luminosa.
- 3. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **4.** Colocar um corpo opaco conforme mostra a figura 2.1 à ±20cm à frente da fonte luminosa.

- 5. Observar a região situada atrás do corpo na parte horizontal e na parte vertical do papel.
- 6. Aproximar e afastar o corpo opaco da fonte de luz e observar o que ocorre com a sombra nas duas regiões da folha de papel.
- **7.** Recolocar o corpo opaco a ± 20 cm à frente da fonte luminosa.
- 8. Percorrer com a extremidade do lápis a região de sombra, procurando verificar sua extensão espacial.
- 9. Traçar os limites do cone de luz e de sombra na parte horizontal do papel e da silhueta na parte vertical.
- 10. Itilizar os espelhos com suporte para refletir dois feixes de luz que illuminem o objeto

10	opaco igualmente.
11	Observar a região horizontal atrás do objeto e a projetada na parte vertical do papel (anteparo).
>>	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	O que acontece quando um corpo opaco é colocado frontalmente à uma fonte luminosa?
2.	Como é denominado o espaço que deixa de receber luz da fonte? Porque recebe essa denominação?
3.	Conceituar cone de sombra, sombra própria e sombra projetada.
4.	O que ocorre com o tamanho da sombra quando se aproxima e quando se afasta o corpo da fonte de luz?

>>>>>>>>>>>

Diferenciar son	nbra e penumb	ra.		

EXPERIMENTO 03 – CÂMARA ESCURA

OBJETIVO: Obter a imagem de um objeto luminoso em uma câmara escura

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
07	03003010	1,00	UN	TRENA ACO 02 MTS VONDER 38.68.270.002
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
16	64002049	1,00	UN	SUPORTE PLASTICO COM DIAFRAGMA 2MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	VELA (*)

(*) Não fornecido com o produto.





Fig.3.1 - Montagem e esquema da câmara escura

- 1. O experimento deve ser realizado em sala escura.
- 2. Forrar a mesa com uma folha de papel.
- **3.** Acender uma vela e fixá-la sobre a folha de papel (derramar um pouco de vela quente no papel e fixar a base da vela).
- **4.** Colocar um cavaleiro com o diafragma de orifício circular a uma distância p = 8 cm da vela.
- 5. Posicionar o diafragma de modo que a luz atravesse o orifício de 2mm de diâmetro.
- **6.** Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **7.** Colocar o anteparo a uma distância p' = 16 cm do diafragma.

>>>>>>>>>>>>

•	Olhar Através do anteparo e observar a imagem da vela projetada. Essa imagem é real ou virtual? Justificar.
•	Qual a orientação da imagem em relação ao objeto?
•	O resultado do experimento serve para mostrar a propagação retilínea da luz? Desenhe um esboço que mostre a formação da imagem no anteparo.
•	Posicionar o cavaleiro com o diafragma a 5,0 cm da vela. Colocar o anteparo a 10 cm do diafragma.
•	Afastar o anteparo e descrever o que acontece com o tamanho da imagem.

REFLEXÃO DA LUZ

EXPERIMENTO 04 - REFLEXÃO REGULAR E DIFUSA

OBJETIVO: Analisar o comportamento de um raio luminoso incidente em corpos opacos de diferentes superfícies.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
11	64002062	2,00	UN	ESPELHO DE VIDRO COM SUPORTE E MANIPULO
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	CARTÃO CARTOLINA 6X10CM NEGRO (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	CARTÃO CARTOLINA 6X10CM BRANCA (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	CARTÃO CARTOLINA 6X10CM BRANCA FOSCA (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	CARTÃO CARTOLINA 6X10CM COLORIDA (*)
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	LAMINA DE METAL PAPEL ALUMÍNIO 6X10CM (*)

(*) Não fornecido.

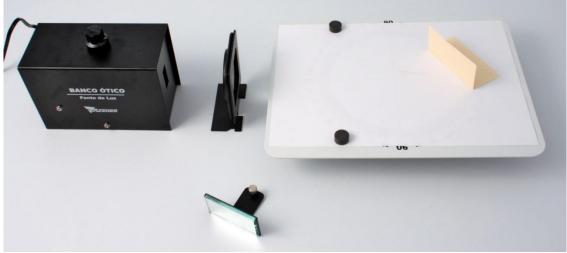


Fig.4.1 - Posicionamento do equipamento para o experimento

- 1. Montar a fonte de luz sobre uma folha de papel A4, conforme mostra a figura 4.1.
- 2. Fixar à frente da fonte de luz o diafragma de uma fenda.
- **3.** Posicionar um cartão retangular de papel negro fosco verticalmente à folha de papel, de modo que o raio luminoso incida obliquamente à superfície do cartão.
- 4. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **5.** Observar com muita atenção o que acontece com a luz que emerge do cartão após a incidência quanto à luminosidade, o espalhamento dos rios luminosos, etc.

	//////////////////////////////////////										
6.	ра		com os outros corpos de prova (papel ou cartolina branca fosca fosca, papelão, lâmina de metal fosca, lâmina de metal lisa, e								
>>	>> /	Análise de Resultados e	e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>								
1.	 Anotar as observações realizadas a respeito das características dos raios luminosos emergentes das diversas superfícies utilizadas no experimento: 										
N Corpo de prova Observação a respeito do raio luminoso emer											
1 Papel negro fosco											
	2	Papel branco fosco									
	3	papel colorido									
	4	Lâmina metálicafosca									
	5	Lâmina metálica lisa									
	6	espelho									
3.		perfícies das outras?	reflexão da luz sobre uma superfície.								
4.	Diferenciar reflexão regular (ou especular) e reflexão difusa.										
	_										
5.		ostrar nas figuras a segui experimento:	ir, a reflexão regular e a reflexão difusa, conforme foi observado								

Reflexão Regular

Reflexão Difusa

EXPERIMENTO 05 - FORMAÇÃO DA IMAGEM EM ESPELHO PLANO

OBJETIVO: Analisar a formação de imagem num espelho plano

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	5,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1 (*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

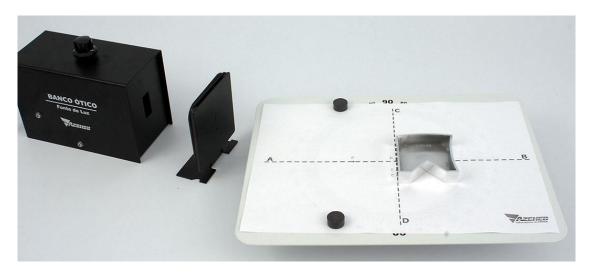


Fig.5.1 - Montagem do material experimental

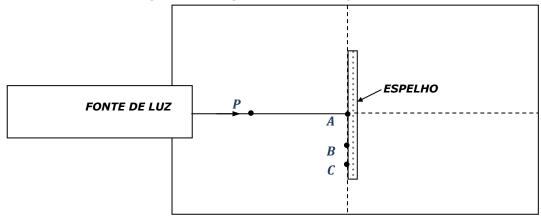


Fig.5.2 - Posicionamento do espelho marcação para o experimento

- 1. Montar o equipamento conforme a figura 5.1. Fixar no cavalete metálico uma lente planoconvexa de distancia focal 12cm (lente colimadora) e o diafragma de 1 fenda.
- **2.** Sobre a base de metal colocar uma folha de papel A4 impressa com o apêndice 1. Como mostra a figura 5.1.

- **3.** Marcar no ponto médio da reta C o ponto A e outros dois pontos B e C que se situem no campo do espelho conforme figura 5.1.
- **4.** Posicionar a folha com o espelho de maneira que o raio luminoso incida perpendicularmente no espelho e contenha os pontos P e A. O ponto P será objeto para o espelho.
- **5.** Observar o que acontece com o raio refletido.
- **6.** Reposicionar a fonte (ou a folha de papel com o espelho) de forma que o raio luminoso passe pelo ponto P e incida no espelho em B. Marcar um ponto qualquer B' no raio refletido.

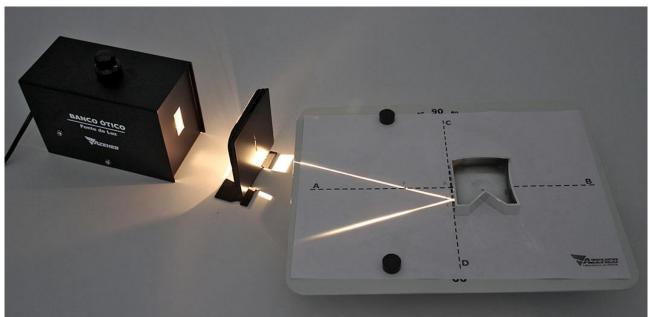


Fig.5.3 - Raio refletido no ponto B

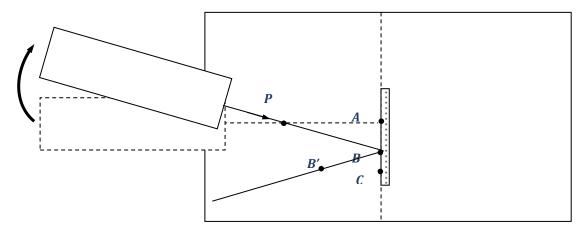


Fig.5.4 - Marcação do ponto B'

7. Reposicionar a fonte fazendo com que o raio luminoso passe por P e incida no espelho no ponto C. Marcar um ponto C' no raio refletido.

>>>>>>>>>>>>

>>	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	Retirar o espelho e traçar o raio incidente e o raio refletido da incidência nos pontos P e A.
2.	Traçar o raio incidente e o refletido, pelos pontos P, B e B'.
3.	Repetir o procedimento para os pontos P,C e C'.
4.	Os raios refletidos formam um feixe convergente, paralelo ou divergente?
5.	Traçar os prolongamentos (atrás do espelho) dos raios refletidos, BB', CC' e determinar o seu ponto de encontro (P'). Qual o significado físico desse ponto?
6.	Medir a distância PA e comparar com a medida da distância AP'. O que se conclui a respeito da posição da imagem em relação ao espelho?
7.	A imagem P' do ponto P fornecida pelo espelho plano é real ou virtual? Justificar.

EXPERIMENTO 06 – LEIS DA REFLEXÃO EM ESPELHO PLANO

OBJETIVO: Analisar a reflexão de um raio luminoso incidente num espelho plano

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO

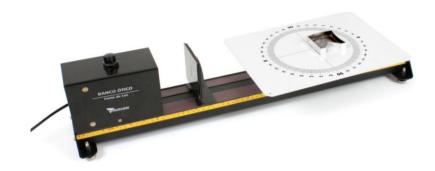


Fig.6.1 - Montagem dos componentes do banco ótico

- 1. Montar o equipamento conforme mostra a figura 6.1.
- **2.** Encaixar o disco ótico no suporte apropriado que deve repousar sobre o banco. Fazer com que o eixo 0-0 do disco ótico fique paralelo ao banco. (Estes procedimentos de montagem do banco ótico serão utilizados em vários experimentos de ótica).
- **3.** Fixar o diafragma de cinco fendas na face do cavaleiro (suporte) voltada para a fonte luminosa e na face oposta uma lente plano-convexa de distancia focal 12cm (lente colimadora) com a face plana encostada no cavaleiro.
- 4. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **5.** Ligar a fonte luminosa e ajustar o feixe luminoso de forma que o raio central incida no centro do transferidor e coincida com o eixo 0-0 do disco.
- **6.** Ajustar a posição do conjunto cavaleiro-lente-diafragma de modo a obter um feixe de raios luminosos paralelos. Substituir o diafragma por outro de fenda única e ajustá-lo para que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0.

>>>>>>>>> MANUAL DO ALUNO << < < < < < < < < < < < < < < < < <	

7.	/////	>>>>>>	00 ALUNO<<<<<	<<<<<							
	Posicionar o espelho plano no disco ótico de maneira que a sua face coincida com o eixo 90-90 (nesta posição o raio luminoso incidente e o refletido coincidem com o eixo 0-0).										
8.	. Girar cuidadosamente o disco ótico para um ângulo i de incidência de 10° e anotar o valor do ângulo r de reflexão. $r = \underline{\hspace{1cm}}$										
9.	. Variar o ângulo de incidência em 10º e anotar a medidas do ângulo de reflexão correspondente na tabela.										
10	Repetir o procedim	ento anterior até completa	ar a tabela:								
		Ângulo de Incidência	Ângulo de reflexão r								
		00	<u> </u>								
		100		-							
		200		-							
		300		-							
		400		-							
		500		-							
		60°		1							
		700		1							
2.	Qual é o ângulo de	incidência? E o de reflexã	0?								
	O que se observou a respeito dos valores do ângulo de incidência e o correspondente ângulo de reflexão?										
3.			do ângulo de incidên	cia e o correspondente							
	ângulo de reflexão?	m que se encontram a re									

EXPERIMENTO 07 - ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS

OBJETIVO: Analisar a formação de imagens numa associação de espelhos planos.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
11	64002062	2,00	UN	ESPELHO DE VIDRO COM SUPORTE E MANIPULO
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APENDICE 2 (*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 2 em uma folha de papel sulfite tamanho A4.

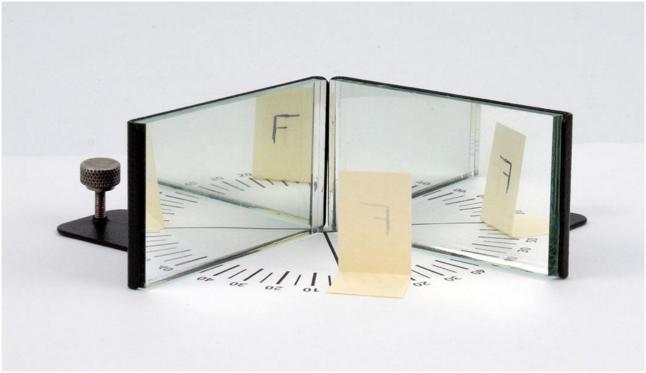


Fig.7.1 - Espelhos planos associados sobre o disco ótico

- **1.** Montar com os suportes apropriados os espelhos planos sobre uma folha de papel sulfite tamanho A4 impressa com o apêndice 2 formando um ângulo de 90º entre eles.
- 2. Recortar um pequeno pedaço de papel, desenhar a letra F, conforme mostra a figura 7.1.
- **3.** Colocar um objeto entre os espelhos e anotar na tabela o número de imagens fornecidas pela associação.
- **4.** Repetir os mesmos procedimentos para a associação de espelhos com ângulos de 30°, 45° e 60°.

1. Preencher a tabela para cada ângulo da associação.

	Ângulo entre os espelhos α	Número de imagens da associação N	Imagens enantiomorfas	Imagens não enantiomorfas
1	30°			
2	45°			
3	60°			
4	90°			

2. Calcular o número de imagens usando a expressão:

$$N = \frac{360^{\circ}}{\alpha} - 1$$

3.	Comparar o número de imagens observadas com o calculado.								
4.	Observar, em cada caso, as imagens fornecidas pela associação e enumerar as imagens iguais e as enantiomorfas.								

EXPERIMENTO 08 - REFLEXÃO DA LUZ EM ESPELHOS ESFÉRICOS

OBJETIVO:

- Estudar o comportamento dos raios luminosos incidentes em espelho côncavo e espelho convexo.
- Reconhecer foco de um espelho esférico e sua natureza.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO
XX	XXXXXXXX	2,00	UN	IMPRESSO APENDICE 1 (*)

(*) Não fornecido. Deve ser impresso em papel vegetal A4 semi-transparente.



Fig.8.1 – Montagem do banco ótico para estudo da reflexão da luz em espelhos esféricos.

Parte I: Espelho esférico côncavo

- 1. Montar o banco ótico conforme mostra a figura 8.1.
- **2.** Colocar a lente colimadora (f = 12 cm) e o diafragma de cinco fendas no cavaleiro sobre o trilho entre a fonte e o disco ótico.
- 3. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- 4. Ligar a fonte de luz e movimentar o cavaleiro de maneira a obter um feixe de raios luminosos paralelos. Fazer com que o raio luminoso central do feixe coincida com o eixo 0-0 do disco ótico.

- **5.** Imprimir em uma folha de papel vegetal tamanho A4 o apêndice 1.
- **6.** Colocar a folha de papel vegetal sobre o disco ótico de modo que o segmento AB coincida com o eixo 0-0 e o centro da folha coincida com o centro do disco. Fixar o papel com dois imãs para que ela não se desloque sobre o disco.
- **7.** Colocar o espelho côncavo sobre o papel vegetal posicionando o ponto médio V de superfície especular no centro da folha. Marcar o ponto V.
- **8.** Traçar na folha de papel vegetal o perfil do espelho e ajustar o posicionamento do conjunto espelho-folha tal que o raio refletido central coincida com o raio incidente, conforme ilustra a figura 8.2.

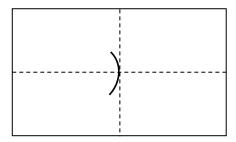


Fig. 8.2 - Modelo da folha de papel vegetal com segmentos de reta perpendiculares aos lados e marcação do espelho.

1.	Como é denominada a reta AB que coincide com o raio luminoso central e que passa pelo centro do espelho?
2.	Explicar o que acontece com os raios refletidos quando os raios incidentes são paralelos aceixo principal.
3.	O ponto determinado pelos raios refletidos é um ponto real ou virtual? Justificar.
4.	Girar cuidadosamente o disco ótico de pequenos ângulos e observar que os raios refletidos se encontram fora do eixo principal. Como são denominados esses pontos?
5.	Como é denominada a superfície que contém a linha que une os focos secundários e o foco principal?

7. Retirar o espelho e completar o desenho para obtenção do foco principal do espelho.

Repetir o procedimento para o raio do outro lado do eixo principal.

6. Marcar na folha de papel dois pontos distintos do raio incidente mais próximo de um dos lados do eixo principal e também dois pontos distintos no raio refletido correspondente.

Parte II: Espelho esférico convexo

1. Substituir o espelho côncavo pelo espelho convexo e utilizar outra folha de papel vegetal idêntica à primeira. Posicionar o espelho com a face convexa voltada para a fonte de luz e desenhar o perfil do espelho, conforme mostra a figura 8.5:

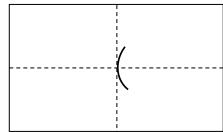


Fig. 8.5 - Modelo da folha de papel vegetal com segmentos de reta perpendiculares aos lados e marcação do espelho.

2. Ajustar a posição do espelho para que o raio luminoso central coincida com a reta AB e com o eixo 0-0 do disco ótico. Observar que o raio luminoso central deve refletir sobre ele mesmo.

>>	> Análise	de Resul	tados	e Concl	usões>>>	>>>>>	>>>	>>>>	>>>>>	·>>>>>>>	>>>
1.	Os raios divergent		pelo	espelho	convexo	formam	um	feixe	luminoso	convergente	ou
											_

- 2. Marcar na folha de papel dois pontos em cada raio incidente e dois pontos em cada raio refletido correspondente.
- **3.** Retirar o espelho e traçar através dos pontos marcados cada raio incidente e seu respectivo raio refletido.
- **4.** Com linha pontilhada traçar os prolongamentos de cada um dos raios refletidos.

5.	Qual o significado físico do ponto do eixo principal onde se cruzam os prolongamentos dos raios refletidos?
6.	Esse ponto é real ou virtual? Justificar.
7.	O foco do espelho convexo é real ou virtual?

EXPERIMENTO 09 - PROPRIEDADES DOS RAIOS PRINCIPAIS DE UM ESPELHO CÔNCAVO

OBJETIVO: Analisar as propriedades de um raio luminoso incidente num espelho côncavo. Reconhecer os elementos geométricos de um espelho esférico.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APENDICE 1 (*)

(*) Não fornecido. Deve ser impresso em papel vegetal A4 semi-transparente.

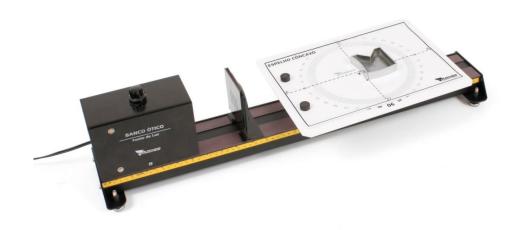


Fig.9.1 – Montagem do banco ótico para estudo das propriedades dos raios principais num espelho côncavo.

- 1. Montar o banco ótico conforme mostra a figura 9.1.
- **2.** Colocar a lente colimadora (f = 12 cm) e o diafragma de cinco fendas no cavaleiro sobre o trilho entre a fonte e o disco ótico.
- 3. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **4.** Ligar a fonte de luz e movimentar o cavaleiro de maneira a obter um feixe de raios luminosos paralelos. Fazer com que o raio luminoso central do feixe coincida com o eixo 0-0 do disco ótico.

- **5.** Substituir o diafragma de cinco fendas pelo de fenda única. O raio luminoso deve coincidir com o eixo 0-0 do disco ótico.
- 6. Imprimir em uma folha de papel vegetal tamanho A4 o apêndice 1.
- **7.** Colocar a folha de papel vegetal sobre o disco ótico de modo que o segmento AB coincida com o eixo 0-0 do disco e o centro da folha coincida com o centro do disco. Fixar o papel com dois imãs para que ela não se desloque sobre o disco.

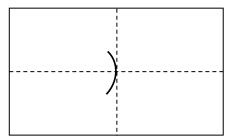


Fig. 9.2 - Modelo da folha de papel vegetal com segmentos de reta perpendiculares aos lados e o perfil do espelho côncavo traçado.

- **8.** Colocar o espelho côncavo sobre o papel vegetal posicionando o ponto médio V da superfície especular no centro da folha e o eixo principal do espelho coincidindo com o eixo 0-0 de modo que o raio incidente e o raio refletido coincidam, conforme figura 9.2.
- 9. Traçar na folha de papel vegetal o perfil do espelho.

L.	Girar o disco ótico cuidadosamente. Como é denominado ponto de incidência no espelho côncavo?
2.	O quer acontece com os valores dos ângulos de incidência e de reflexão?
3.	Como essa propriedade do raio luminoso pode ser enunciada?
1.	Fazer com que o raio incidente retorne à posição inicial de incidência (coincidindo com ceixo principal). Usar o botão (knob) sobre a fonte para deslocar o raio incidente. Giral cuidadosamente o disco ótico, fazendo com que o raio luminoso incida, paralelamente aceixo principal do espelho (observar que o raio incidente não fique muito afastado).O que ocorre com o raio refletido quando a incidência é paralela ao eixo principal do espelho?
5.	Marcar no eixo principal o ponto F e enunciar essa propriedade do raio luminoso.
5	Medir a distância FV. Como ela é denominada?

	Girar agora o disco ótico de modo que o raio incidente passe pelo ponto F. Qual a direção lo raio refletido?
-	Como pode ser enunciada essa propriedade do raio luminoso?
e	Girar o disco ótico de modo que o raio incidente e o refletido coincidam. Marcar o ponto (C em que o raio incidente e o refletido cruzam o eixo principal. Medir a distância VC comparar com a distância focal f.
	Como pode ser enunciada a propriedade do raio luminoso quando o raio incidente e defetido possuem a mesma direção? Como é denominado o ponto C?
-	
- (Qual o significado físico da distância VF?
- !.(Como é denominada a distância VC?
- 1.	Medir a distância f = VF e comparar com a medida da distância R = VC
	Definir, com base nas observações realizadas no experimento, os elementos geométrico orincipais do espelho côncavo: centro de curvatura C
-	raio de curvatura
-	vértice V
-	Eixo principal e _P
_	foco principal F
	distância focal f

15.	No esp	elho	côncav	o o f	oco é re	eal ou virt	tual?	Justifica	ır.			
			C 11							luminosos		

16.Traçar na folha de papel vegetal os quatro raios luminosos principais e seus correspondentes raios refletidos.

EXPERIMENTO 10 - PROPRIEDADES DOS RAIOS PRINCIPAIS NUM ESPELHO CONVEXO

OBJETIVO: Analisar as propriedades de um raio luminoso incidente num espelho convexo.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição	
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO	
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ	
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A	
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO	
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR	
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM	
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM	
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM	
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA	
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM	
31	64005068	1,00	UN	ESPELHO CONJUGADO 3 EM 1 CONCAVO/CONVEXO/PLANO	
XX	XXXXXXXX	2,00	UN	IMPRESSO APENDICE 1 (*)	

(*) Não fornecido. Deve ser impresso em papel vegetal A4 semi-transparente.



Fig.10.1 - Montagem do banco ótico para experimentos com espelho esférico.

- 1. Montar o banco ótico conforme mostra a figura 10
- **2.** Colocar a lente colimadora (f = 12 cm) e o diafragma de cinco fendas no cavaleiro sobre o trilho entre a fonte e o disco ótico.
- 3. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- 4. Imprimir em uma folha de papel vegetal tamanho A4 o apêndice 1.
- **5.** Colocar sobre o disco ótico a folha de papel vegetal (conforme figura 10.1) com a reta AB coincidindo com o eixo 0-0 do disco ótico:

- **6.** Ligar a fonte de luz e movimentar o cavaleiro de maneira a obter um feixe de raios luminosos paralelos. Fazer com que o raio luminoso central do feixe coincida com o eixo 0-0 do disco e com o segmento AB.
- **7.** Colocar o espelho convexo sobre o papel vegetal posicionando o ponto médio V da superfície especular no centro da folha e o eixo principal do espelho coincidindo com o segmento AB. Traçar com lápis o contorno do espelho convexo no papel vegetal.
- 8. Ajustar o feixe luminoso paralelamente ao eixo principal do espelho convexo.
- **9.** Observar o que ocorre com os raios refletidos pelo espelho e com os seus prolongamentos atrás da superfície refletora.

1.	Os raios luminosos refletidos são convergentes ou divergentes? Onde eles cruzam o eixo principal?
2.	Marcar no papel vegetal dois pontos em cada raio incidente (próximos ao eixo principal) e em cada raio refletido.
3.	Retirar o espelho e traçar para cada raio refletido a reta que contém os dois pontos marcados. Prolongar tracejadamente cada uma das retas até encontrar o eixo principal atrás do espelho. Os prolongamentos dos raios cruzam o eixo principal no mesmo ponto? Como é denominado esse ponto? Ele é real ou virtual?
4.	Trocar o diafragma de cinco fendas por outro de uma fenda, ajustar o feixe de luz para que ele incida sobre o eixo (0-0) do disco ótico. Substituir a folha de vegetal utilizada por outra no mesmo modelo.
5.	Posicionar corretamente o espelho convexo sobre a folha e desenhar o seu perfil.
	Posicionar corretamente o espelho convexo sobre a folha e desenhar o seu perfil.
6.	Posicionar corretamente o espelho convexo sobre a folha e desenhar o seu perfil. Como é denominado o ponto V, cruzamento do eixo principal com o ponto médio da

	ever o que acontece com a direção do raio refletido.
.Marca refleti	r na folha de papel dois pontos quaisquer do raio luminoso incidente e do ra do.
	r o espelho e traçar pelos pontos marcados no papel o raio incidente o raio refletido colongamento.
	1
.Marca	r o ponto (F) de encontro dos prolongamentos dos raios refletidos.
Como. princi	se pode enunciar esta propriedade do raio luminoso que incide paralelamente ao ei pal?
.Coloca	ar outra folha modelo sobre o disco e recolocar o espelho convexo na posiç
primit	iva e desenhar o seu perfil. Girar o disco ótico de modo que o raio incidente ao atin elho tenha o seu prolongamento passando pelo foco (atrás do espelho). Descrever
	contece com a direção do raio refletido.

. 7. Marcar na folha raio refletido.	de papel dois pontos quaisquer do raio luminoso incidente e também o
8. Retirar o espelho seu prolongame	o e traçar pelos pontos marcados no papel o raio incidente o raio refletido ento.
o refletido coinc	folha de papel vegetal e posicionar o disco de maneira que o raio incidente cidam. Marcar no papel dois pontos desses dois raios coincidentes. Retirar
Prolongar tracej	ar pelos dois pontos marcados, a reta que contém esses dois ponto jadamente esta reta até encontrar o eixo principal. Como é denomina no pode ser enunciada essa propriedade?
Prolongar tracej	jadamente esta reta até encontrar o eixo principal. Como é denomina
Prolongar tracej	jadamente esta reta até encontrar o eixo principal. Como é denomina
Prolongar tracej	jadamente esta reta até encontrar o eixo principal. Como é denomina

EXPERIMENTO 11 - ESTUDO DA REFLEXÃO EM ESPELHOS ESFÉRICOS

OBJETIVOS:

- Verificar experimentalmente a validade da equação de Gauss (equação dos pontos conjugados) para um espelho esférico côncavo.
- Obter a imagem de um objeto real fornecida por espelho esférico

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
07	03003010	1,00	UN	TRENA ACO 02 MTS VONDER 38.68.270.002
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
24	64002021	1,00	UN	ESPELHO DE VIDRO CONCAVO Ø050MM F= 200MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	VELA (*)

(*) Não fornecido.

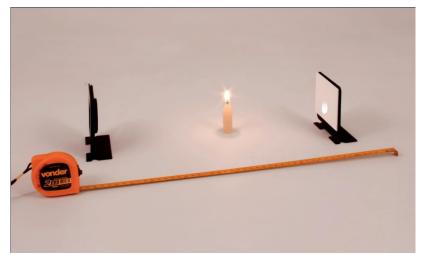


Fig.11.1 – Posicionamento dos elementos para verificação da Equação de Gauss

Parte I: Espelho esférico côncavo

- 1. Montar o dispositivo experimental conforme mostra a figura 11.1.
- **2.** Utilizar um espelho côncavo de distância focal f = +20 cm.
- **3.** Utilizar uma vela e cortá-la de forma que fique com uma altura compatível com a altura do espelho e do anteparo.
- 4. Posicionar a vela acesa (objeto O) a uma distância p de 50,0 cm do espelho.
- 5. Escurecer o ambiente em que o experimento está sendo realizado.
- **6.** Ajustar a posição do anteparo movimentando-o para frente ou para trás de maneira a obter a melhor nitidez possível para a imagem projetada.
- **7.** Observar as características quanto ao tamanho, a inversão ou não e a natureza da imagem.
- 8. Medir a distância p' da imagem ao espelho.

- **9.** Reposicionar a vela para diminuindo a distância p em 5,0 cm.
- **10.**Repetir os passos 5, 6 e 7 para todos os valores sugeridos na tabela.

- 2. Usar a equação dos pontos conjugados para o espelho côncavo (equação de Gauss) e calcular a distância focal F_{exp} para cada posição do objeto:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

N	Posição do objeto p(cm)	Posição da imagem p' (cm)	Distância focal F _{exp} (cm)
1	50		
2	45		
3	40		
4	35		
5	30		
		Valor médio	=

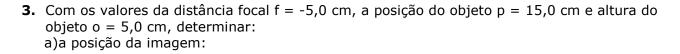
3.	Calcular o valor médio da distância focal e comparar com o valor fornecido pelo fabricante.

- **4.** Calcular o erro percentual entre o valor médio experimental e o valor fornecido pelo fabricante.
- **5.** Quais as principais causas de erro que podem ter sido cometidos no experimento?

		I UIII	esca	ala de	1:5).											
	ır as d	aract	erísti	cas da	a ima	gem.										
nforma																
nforma																
nforma																
	nar o	ohiet	o (ve	ala ace	esa) a	dist	âncias	men	ores	alle	a di	stân	icia f	ocal	do est	helh
Posicior	nar o	objet aue	o (ve	ela ace	esa) a a qua	n dista anto	âncias à loc	men alizac	ores ão, a	que nat	a di	stân za e	icia 1 e qu	ocal	do esp ao ta	oelh ima

Parte II: Espelho esférico convexo

-																						
	Proced	iment	tos I	Exp	erir	ner	ıtai	S>>	>>>	>>>	>>>	·>>	>>>	>>>	>>	>>:	>>:	>>>	>>	·>>	>>	>>>>
	Substitui montage									O C	onv	/ex	o de	e di	stâ	nci	a fo	ocal	_ <u>[</u>	5,0	cm	n na i
Colocar à frente do espelho uma vela acesa.																						
J	Itilizar u	m ant	epar	o tr	ans	lúci	do є	e mo	ovin	nen	tá-	lo	a fir	n d	e ol	ote	r ir	nag	en	ı p	roje	etáve
	Análise	de R	esu	ltad	los	e C	onc	clus	ões	>>	>>	>>	>>>	>>	>>>	>>>	>>>	·>>	>>	>>	>>:	>>>>
	possíve	el obte	r im	age	m p	roie	etáv	el n	o a	nte	par	·o?										
5	lostrar r uas cara spelho e	acterís	ticas	s. (S	Suge	estã	ío: ι	ısar	0 0	bje	to (cor	n al									
									H			H										
				+								Н										
			ALLEI III									1111					11111			1111		



b)a altura da imagem

REFRAÇÃO DA LUZ

EXPERIMENTO 12 – ÍNDICE DE REFREÇÃO RELATIVO DE UM PAR DE MEIOS

OBJETIVO: Utilizar as leis da refração e determinar o índice de refração relativo da luz para um par de meios transparentes.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005132	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO SEMI-CIRCULAR 45X90X15MM
15	64005086	5,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
16	64002049	1,00	UN	SUPORTE PLASTICO COM DIAFRAGMA 2MM
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM



Fig.12.1 – Disposição dos componentes para experimento de determinação do índice de refração de um par de meios

Parte I: Índice de refração do acrílico em relação ao ar.

- 1. Montar o banco ótico com os componentes conforme a figura 12.1 e ligar a fonte luminosa.
- 2. Fixar em uma das faces do cavaleiro metálico o diafragma de cinco fendas e na outra face uma lente convergente de distância focal 12 cm (lente colimadora).
- 3. Movimentar o cavaleiro para obter um feixe de raios paralelos no disco ótico.
- 4. Substituir o diafragma de cinco fendas por um de fenda única.
- **5.** Ajustar a posição do disco ótico para que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0 do disco. Colocar o semicilindro de acrílico sobre o disco ótico, com a face plana voltada para a fonte luminosa.
- 6. Ajustar a posição do semicilindro de modo que o ângulo de incidência e o de refração sejam iguais a zero (o centro do semicilindro deve coincidir com o centro do disco ótico e a face reta deve coincidir com o eixo 90-90).
- 7. Observar que para este posicionamento o eixo 0-0 do disco é a reta normal à superfície que separa o ar do acrílico.
- 8. Girar o disco ótico de modo que o ângulo de incidência seja 10°.
- 9. Observar se o raio luminoso sofre desvio ao atravessar do ar para o acrílico.

10	Anotar	0	ângulo	de	refração	(observa	r qu	ıe	0	raio	luminoso	coincide	com	0	raio	do
	semicili	indr	o e por	isso	não sofre	e desvio a	о ра	issa	ar	do ac	rílico para	o ar).				
	r =															

- 11. Variar o ângulo de incidência de 10º em 10º enquanto houver raio refratado e anotar os valores dos ângulos de refração na tabela 1.
- 12. A partir do ângulo de 80° aumentar vagarosamente o ângulo de incidência e observar qual o maior ângulo de incidência para o qual ainda existe raio refratado.

	7	Γabela 1		
ângulo de incidência i	sen i	ângulo de refração r	sen r	n _{acrílico, ar}
10°				
20°				
30°				
40°				
50°				
60°				
70°				
80°				
85°				
		Valor médio do) Nacrilica ar	=

	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	Verificar em que planos se encontram a reta normal, o raio incidente e o raio refletido. C que se observa comprova a primeira lei da refração?
2.	Quando o raio incidente coincide com a normal ocorre refração? Explicar.
3.	O raio luminoso que incide obliquamente se aproxima ou se afasta da normal ao atravessal do ar para o acrílico? Então qual meio é mais refringente?
4.	Em que meio a velocidade da luz é menor?
5.	Utilizar a segunda lei da refração (Lei de Snell) para determinar o índice de refração do acrílico e anotar na tabela 1:
6.	Comparar o valor experimental médio com o valor tabelado de 1,49.
7.	Qual o maior ângulo de incidência para o qual ainda existe raio refratado?
_	O que se pode concluir a respeito da existência ou não do raio refratado quando a luz

9. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de sulfite tamanho A4 e construir uma figura conforme modelo sugerido a seguir, usando o contorno do próprio semicilindro usado no experimento. Mostrar na figura o raio incidente e o raio refletido. Usar o ângulo de 60°.

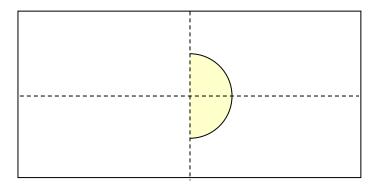


Fig. 12.3 - Modelo da folha para esboço da refração quando a luz atravessa do ar para o acrílico.

Parte II: Índice de refração do ar em relação ao acrílico.

- 1. Utilizar a mesma montagem mostrada na figura 12.1.
- 2. Colocar o semicilindro de acrílico no disco ótico com a face curva voltada para a fonte luminosa.
- **3.** Ajustar a posição do semicilindro de modo que o ângulo de incidência e o ângulo de refração sejam iguais à zero (o centro do semicilindro deve coincidir com o centro do disco ótico e a face reta deve coincidir com o eixo 90-90). Para este posicionamento o eixo 0-0 do disco é a reta normal à superfície que separa o ar do acrílico.
- **4.** Girar o disco ótico variando o ângulo de incidência de 5º em 5º. Anotar os valores dos ângulos de refração na tabela 2.

Tabela 2

ângulo de incidência (i)	sen i	ângulo de refração (r)	sen r	n _{ar, acrílico}
5°				
10°				
15°				
20°				
25°				
30°				
35°				
40°				
42°				
			Valor mádio. B	_

Valor médio: n _{ar, acrílico}=

5.	que se observa comprova a primeira lei da refração?
6.	Quando o raio incidente coincide com a normal ocorre refração? Explicar.
7.	O raio luminoso que incide obliquamente, se aproxima ou se afasta da normal ac atravessar do acrílico para o ar? Então qual meio é menos refringente?
8.	Em que meio a velocidade da luz é menor?

9. Utilizar a segunda lei da refração (Lei de Snell) e determinar o índice de refração do acrílico para cada valor tabelado:

$$n_{ar,acrílico} = \frac{seni}{senr}$$

10.Calcular o valor experimental médio $n_{m(ar,acrílico)}$ do índice de refração e comparar o valor experimental com o valor tabelado de 0,670.

11.Repetir o experimento para ângulos maiores que 40° . Qual o valor do ângulo para o qual ainda existe raio refratado. Como é denominado este ângulo?

12.O que ocorre com o raio luminoso quando deixa de existir refração? Como se denomina esse fenômeno?

13.Quais as condições para que ocorra reflexão total?

14.Imprimir o apêndice 1 em uma folha de sulfite tamanho A4 e construir uma figura conforme modelo sugerido a seguir, usando o contorno do próprio semicilindro usado no experimento. Mostrar na figura o raio incidente e o raio refletido. Usar o ângulo de 60°.

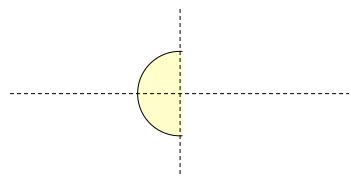


Fig.12.5- Modelo da folha para esboço da refração quando a luz atravessa do acrílico para o ar.

EXPERIMENTO 13 - REFRAÇÃO DA LUZ EM LÂMINA DE FACES PARALELAS

OBJETIVO: Estudar o desvio lateral de um raio luminoso ao atravessar uma lâmina de faces paralelas

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005151	1,00	UN	PRISMA TRAPEZOIDAL DE ACRILICO BXAXE 60X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1(*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

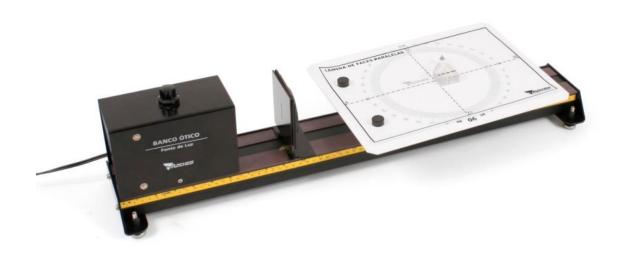


Fig. 13.1 - Disposição dos elementos no banco ótico para estudo da refração numa lâmina de faces paralelas.

- 1. Montar o banco ótico conforme a figura 13.1 e ligar a fonte luminosa.
- 2. Fixar em uma das faces do cavaleiro metálico o diafragma de cinco fendas e na outra face uma lente convergente de distância focal 12cm (lente colimadora).
- 3. Movimentar o cavaleiro para obter um feixe de raios paralelos no disco ótico.
- **4.** Substituir o diafragma de cinco fendas por um de fenda única.

- **5.** Ajustar a posição do disco ótico para que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0 do disco.
- **6.** Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4 e posicionar o prisma conforme a figura abaixo.

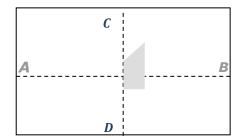


Fig 13.2 - Modelo da folha de papel vegetal mostrando os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lâmina de faces paralelas.

- **7.** Colocar a folha de papel vegetal sobre o disco ótico de maneira que o segmento AB coincida com o eixo 0-0 e o segmento CD coincida com o eixo 90-90. Prender a folha utilizando 2 imãs.
- **8.** Posicionar o corpo ótico trapezoidal conforme a figura 13.2 e desenhar cuidadosamente o seu contorno.
- **9.** Fazer o raio luminoso incidir na direção perpendicular à face menor da lâmina (coincidindo com o eixo 0-0).
- 10. Observar a trajetória do raio luminoso ao atravessar a lâmina e anotar o que foi observado.

>>	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	Para um ângulo de incidência de 0° na primeira face da lâmina (quando o ângulo de incidência coincide com o eixo 0-0) o raio luminoso sofre desvio angular ao atravessar a lâmina? E ele sofre refração?
2.	Girar cuidadosamente o disco ótico de forma que o raio luminoso incida num ângulo de 45°. O raio emergente sofre mudança de direção? Descrever o comportamento do raio luminoso ao atravessar a lâmina.
3.	Fazer o raio luminoso incidir em ângulos de 15°, 30°, 45° e 60°. Descrever o que acontece com o desvio lateral do raio luminoso.

4. Refazer a incidência com θ_1 = 45°. Marcar na folha de vegetal dois pontos no raio incidente e dois pontos no raio emergente da lâmina. Retirar a lâmina e traçar por meio dos pontos marcados no papel a trajetória do raio luminoso fora e dentro do acrílico. E com linha pontilhada o prolongamento do raio incidente.

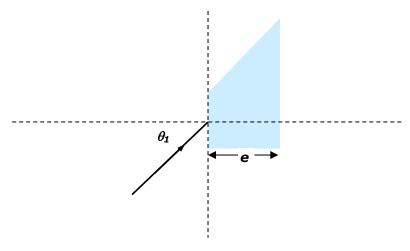


Fig.13.3- Modelo da folha para esboço da refração em faces paralelas.

5. Medir com o transferidor na figura obtida no papel vegetal o ângulo de refração θ_2 na primeira face, a espessura da lâmina de acrílico e o desvio lateral d.

6. Substituir os valores experimentais de e, θ_1 , e θ_2 na expressão que fornece o desvio lateral.

$$d = e \frac{sen(\theta_1 - \theta_2)}{cos \, \theta_1}$$

7. Comparar o valor calculado do desvio lateral com o valor medido. O experimento confirma a validade da expressão?

Desvio lateral medido: $d_{med} = \underline{\hspace{1cm}}$ cm Desvio lateral calculado: $d_{calc} = \underline{\hspace{1cm}}$ cm

8. Conhecendo o índice de refração do acrílico já determinado anteriormente, aplicar a 2ª Lei de Snell e determinar o ângulo de refração na primeira face. Comparar com o valor encontrado no experimento.

EXPERIMENTO 14 - REFRAÇÃO DA LUZ NUM PRISMA

OBJETIVO: Verificar a validade da expressão que fornece o desvio angular de um raio luminoso ao atravessar um prisma

MATERIAL UTILIZADO

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005151	1,00	UN	PRISMA TRAPEZOIDAL DE ACRILICO BXAXE 60X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1(*)

^(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

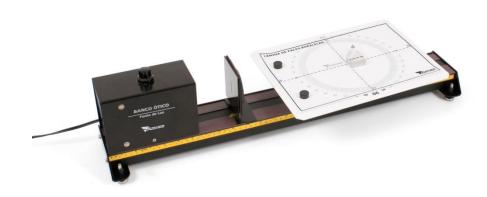


Fig.14.1 - Montagem do banco ótico para estudo da refração num prisma.

- 1. Montar o banco ótico conforme a figura 14.1 e ligar a fonte luminosa.
- **2.** Fixar em uma das faces do cavaleiro metálico o diafragma de cinco fendas e na outra face uma lente convergente de distância focal 12cm (lente colimadora).
- 3. Movimentar o cavaleiro para obter um feixe de raios paralelos no disco ótico.
- 4. Substituir o diafragma de cinco fendas por um de fenda única.
- 5. Ajustar a posição do disco ótico para que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0 do disco.

6. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4 e posicionar o prisma conforme a figura abaixo.

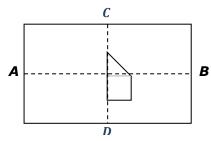


Fig. 14.2 - Modelo da folha de papel vegetal mostrando os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lâmina de faces paralelas.

- **7.** Colocar a folha de papel vegetal sobre o disco ótico de maneira que o segmento AB coincida com o eixo 0-0 e o segmento CD coincida com o eixo 90-90.
- **8.** Posicionar o prisma ótico trapezoidal conforme a figura 14.2 e desenhar cuidadosamente o seu contorno.

- **1.** Girar o conjunto (disco-papel vegetal-prisma) para um ângulo de incidência θ_1 = 40° na primeira face. Marcar dois pontos (1) e (2) no papel vegetal coincidindo com o raio incidente.
- 2. Observar o raio luminoso emergente do prisma e marcar nele dois pontos (3) e (4).
- **3.** Retirar o prisma e traçar com lápis a trajetória do raio incidente ligando os pontos (1) e (2), prolongando até a primeira face do prisma. Ligar os pontos (3) e (4), prolongando até a segunda face.
- **4.** Completar a trajetória do raio luminoso na região interna do prisma ligando o ponto em que o raio incidente encontra a primeira face e o ponto em que o raio emergente encontra a segunda face.
- 5. Medir o ângulo δ de desvio entre o raio incidente e o raio emergente. δ =
- **6.** Traçar as normais em cada uma das faces do prisma nos pontos de incidência e de emergência.
- 7. Medir o ângilo de incidência θ_1 , o ângulo de emergência θ_2 e o ângulo de abertura α do prisma.

$$\theta_1 = \underline{\hspace{1cm}} \theta_2 = \underline{\hspace{1cm}} \alpha = \underline{\hspace{1cm}}$$

- **8.** Calcular o desvio através da expressão: $\delta = \theta_1 + \theta_2 \alpha$
- **9.** Comparar o valor experimental com o valor teórico e determinar o erro percentual. Admitese uma tolerância de 5%.

REFRAÇÃO DA LUZ EM LENTES DELGADAS

EXPERIMENTO 15 - FOCO PRINCIPAL OBJETO E FOCO PRINCIPAL IMAGEM DE UMA LENTE DELGADA

OBJETIVO: Identificar os focos principais de uma lente delgada e suas características .

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005129	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONVEXA 90X30X15MM
12	64005128	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONCAVA 90X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	2,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1(*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

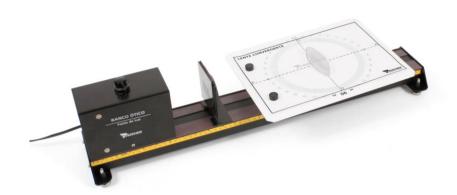


Fig.15.1 – Disposição dos componentes para experimento de determinação dos fócos principais de lentes delgadas.

- 1. Utilizar a montagem do banco ótico conforme mostra a figura 15.1.
- **2.** Fixar o diafragma de cinco fendas numa das faces do cavaleiro metálico e na outra face, a lente colimadora de distância focal +12 cm.
- **3.** Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4 e posicionar a lente conforme a figura 15.2.

- **4.** Colocar a folha sobre o disco ótico de maneira que o segmento maior coincida com o eixo 0-0 do disco e o segmento menor coincida com o eixo 90-90. Para que a folha não se desloque colocar sobre ela dois pequenos imãs.
- **5.** Ligar a fonte de luz e movimentar a lente colimadora para obter um feixe de raios luminosos paralelos.

Parte I: Lente biconvexa.

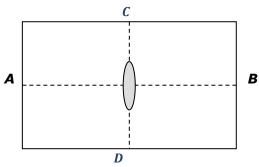


Fig.15.2 – Modelo da folha de papel vegetal com os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lente convergente.

- **1.** Colocar sobre a folha de papel vegetal o perfil de acrílico biconvexo bem centralizado, de forma que o eixo principal da lente coincida com o eixo 0-0 do disco, conforme a figura 15.2.
- 2. Ajustar o feixe luminoso paralelamente ao eixo maior e ao eixo principal da lente biconvexa.
- **3.** Ajustar bem o perfil biconvexo de maneira que o raio luminoso central não sofra desvio ao atravessar a lente
- 4. Traçar com lápis o perfil da lente no papel vegetal.
- **5.** Observar o comportamento dos raios luminosos que emergem da lente.
- **6.** Marcar dois pontos em cada um dos raios incidentes.
- 7. Marcar dois pontos em cada um dos raios refratados.

Parte II: Lente bicôncava

- **1.** Substituir a folha de papel vegetal por outra idêntica.
- **2.** Colocar o perfil de acrílico bicôncavo bem centralizado sobre a folha de vegetal de forma que o eixo principal da lente coincida com o eixo 0-0 do disco conforme figura abaixo.

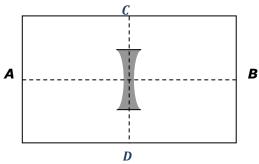


Fig. 15.5 - Modelo da folha de papel vegetal com os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lente convergente.

- **3.** Ajustar o feixe luminoso paralelamente ao eixo 0-0 do disco e ao eixo principal da lente bicôncava. O raio luminoso central não pode sofrer desvio ao atravessar a lente.
- **4.** Observar o comportamento dos raios luminosos que emergem da lente.
- **5.** Marcar dois pontos em cada um dos raios incidentes.

6.	Marcar dois pontos em cada um dos raios refratados.
>>	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	Os raios luminosos emergentes que incidiram paralelamente ao eixo principal da lente bicôncava se aproximam ou se afastam do eixo principal?
2.	Devido a esse comportamento como a lente bicôncava é denominada?
3.	Com o auxilio dos pontos obtidos, traçar no papel vegetal a trajetória dos raios incidentes e refratados.
4.	As direções dos raios emergentes possuem um ponto comum? Esse ponto é formado pelos próprios raios ou por seus prolongamentos?
5.	Como é denominado esse ponto? Ele é real ou virtual?
6.	A lente bicôncava é uma lente convergente ou divergente? Justificar.
7.	A lente bicôncava possui foco principal real ou virtual? Justificar

EXPERIMENTO 16 - RAIOS LUMINOSOS PRINCIPAIS INCIDENTES EM LENTES DELGADAS

OBJETIVO: Verificar as propriedades dos raios luminosos principais incidentes numa lente delgada

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005129	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONVEXA 90X30X15MM
12	64005128	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONCAVA 90X30X15MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	6,00	UN	IMPRESSO APÊNDICE 1(*)

(*) Não fornecido. Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4.

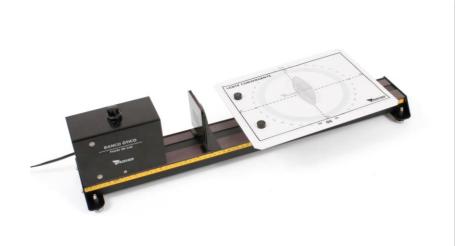


Fig.16.1 – Montagem do banco ótico para verificação das propriedades dos raios luminosos principais incidentes em lentes delgadas.

Parte I: Lente convergente

- 1. Montar o banco ótico conforme ilustração da figura 16.1.
- 2. Fixar no cavaleiro metálico o diafragma de cinco fendas e na outra face, a lente colimadora de distância focal +12 cm.
- **3.** Imprimir o apêndice 1 em uma folha de papel vegetal tamanho A4 e posicionar a lente conforme a figura 16.2.

- **4.** Colocar sobre o disco ótico a folha de papel vegetal com os segmentos AB e CD de maneira que AB coincida com o eixo 0-0 e o segmento CD coincida com o eixo 90-90. Para que a folha não se desloque colocar sobre ela dois pequenos imãs.
- **5.** Ligar a fonte de luz e ajustar a posição do cavaleiro com a lente colimadora até obter um feixe de raios luminosos paralelos. Realizar o experimento em ambiente escurecido.
- 6. Ajustar o feixe luminoso de forma que o raio luminoso central coincida com o eixo AB.
- **7.** Colocar sobre a folha o perfil de acrílico biconvexo bem centralizado com os eixos.e de maneira que o centro ótico da lente O coincida com o ponto de encontro dos eixos, conforme mostrado na figura 16.2.
- 8. Desenhar o contorno da lente na folha base e marcar o foco principal imagem Fi.

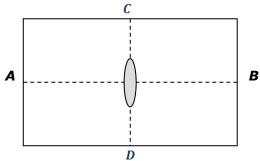


Fig.16.2 – Modelo da folha de papel vegetal (folha base) com os segmentos de reta perpendiculares aos lados e o posicionamento da lente convergente.

- 9. Substituir o diafragma de cinco fendas pelo da fenda única.
- **10.** Alinhar o raio luminoso com o segmento AB de forma que ele não sofra desvio ao atravessar a lente.

- **1.** Girar o disco ótico para pequenos ângulos (até no máximo 15°) e observar o raio emergente.
- 2. O raio luminoso (que está passando pelo centro ótico) sofre desvio ao emergir da lente?3. Como essa propriedade pode ser enunciada?
- **4.** Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.
- **5.** Substituir a folha base por outra colocando-a na mesma posição e desenhar o contorno da lente.
- **6.** Girar ligeiramente o knob da lâmpada da fonte luminosa desviando o raio luminoso do eixo da folha base.

>>>>>>>>>>>

7.	Ajustar a placa de forma que o raio luminoso incida paralelamente ao eixo principal da lente. Descrever o que ocorre com o raio emergente. Como essa propriedade pode ser enunciada?
8.	Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.
9.	Medir a distância do centro ótico da lente ao foco imagem. Como é denominada esta distância?
10	Substituir a folha base por outra colocando-a na mesma posição e desenhar o contorno da lente.
11	Girar o disco ótico de modo que o raio refratado fique paralelo ao eixo principal da lente. O raio incidente cruza o eixo principal? Como é denominado esse ponto? Como essa propriedade pode ser enunciada?
12	Como se pode definir fóco principal objeto?
12	Construir na folha haso um oshoso quo mostro ossa propriedado

13.Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.

Parte II: Lente divergente

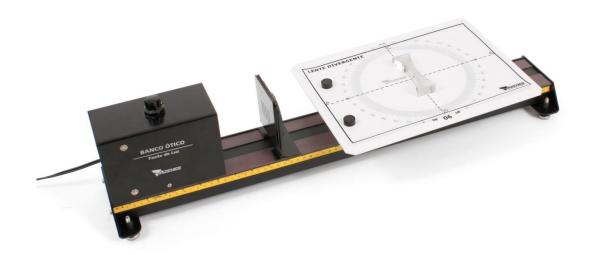


Fig.16.9 - Banco ótico com os componentes para realização do experimento de verificação das propriedades dos raios lumnosos principais numa lente divergente

- 1. Utilizar a mesma montagem da primeira parte. Colocar sobre o disco ótico a folha de papel vegetal (folha-base).
- 2. Colocar sobre a folha-base o perfil de acrílico bicôncavo e posicioná-lo bem centralizado com os eixos de maneira que o centro ótico da lente O coincida com o ponto de encontro dos eixos.
- **3.** Ligar a fonte de luz e ajustar a posição do cavaleiro com a lente colimadora até obter um feixe de raios luminosos paralelos.
- 4. Ajustar o feixe luminoso para que o raio luminoso central coincida com o eixo 0-0.
- **5.** Marcar na folha-base o foco principal imagem F_i (ponto do eixo principal onde os prolongamentos dos raios refratados cruzam o eixo principal).
- **6.** Substituir o diafragma de cinco fendas pelo de fenda única.
- **7.** Alinhar o raio luminoso com o segmento AB de forma que ele não sofra desvio ao atravessar a lente.

>>	> Analise de Resultados e Conclusoes>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	Girar o disco ótico para pequenos ângulos (até no máximo 15°) e observar o raio emergente.
2.	O raio luminoso (que está passando pelo centro ótico) sofre desvio ao emergir da lente? Como essa propriedade pode ser enunciada?
3.	Construir na folha-base um esboço que mostre essa propriedade.
4.	Substituir a folha-base por outra a colocando na mesma posição e sobre ela a lente. Desenhar o contorno da lente.
5.	Girar ligeiramente o knob da lâmpada da fonte luminosa desviando o raio luminoso do eixo da folha-base.
6.	Ajustar a placa de forma que o raio luminoso incida paralelamente ao eixo principal da lente. Descrever o que ocorre com a direção do raio emergente? Como essa propriedade pode ser enunciada?
7.	Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.
8.	Medir a distância do centro ótico de lente ao foco imagem. Como é denominada esta distância?
9.	Substituir a folha base por outra colocando-a na mesma posição colocar a lente bicôncava sobre ela e desenhar o contorno da lente.
10	Girar o disco ótico de modo que o raio refratado fique paralelo ao eixo principal da lente. O raio incidente cruza o eixo principal? Como é denominado esse ponto? Como essa propriedade pode ser enunciada?

11.Construir na folha base um esboço que mostre essa propriedade.

EXPERIMENTO 17 - EQUAÇÃO DOS PONTOS CONJUGADOS EM LENTES DELGADAS

OBJETIVO: Verificar a validade da equação dos pontos conjugados (Lei de Gauss). para lentes delgadas

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
07	03003010	1,00	UN	TRENA ACO 02 MTS VONDER 38.68.270.002
10	64002057	1,00	UN	CHAPA 85X85MM LETRA F
15	64005086	4,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
20	64002071	1,00	UN	LENTE DE VIDRO CONCAVA Ø50MM F= -200MM
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	VELA (*)

(*) Não fornecido.

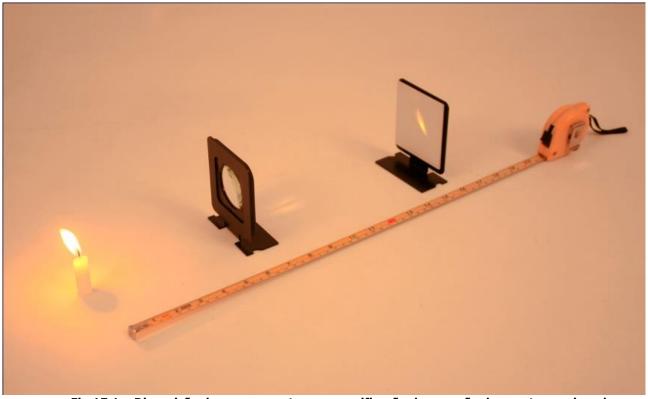


Fig.17.1 - Disposição dos componentes para verificação da equação dos pontos conjugados.

Parte I: Verificação da equação de Gauss em Lentes convergentes

- **1.** Montar os componentes do experimento conforme mostra a figura 17.1. Fixar num dos cavaleiros a lente de distância focal f = 12,0 cm e no outro um anteparo translúcido.
- 2. Dispor a lente, o anteparo e a vela acesa, de modo que a chama da vela, a lente e o anteparo estejam na mesma altura. (Se for preciso, corta-se a vela pela base).

- **3.** Posicionar a lente a uma distância de 16,0 cm da vela (objeto). Ajustar a posição do anteparo para que a imagem fique projetada nitidamente nele.
- **4.** Anotar a distância p (abscissa do objeto) entre o objeto e a lente.
- **5.** Medir a distância p' entre a lente e o anteparo (abscissa da imagem) e anotar na tabela.
- **6.** Repetir os procedimentos para os demais valores de p sugeridos na tabela.

N	Abscissa do objeto p (cm)	Abscissa da imagem p' (cm)	Distanci a focal f (cm)	Aumento Linear Transversal A =-P'/p	Características da imagem
1	16,0				
2	18,0				
3	20,0				
4	22,0				
5	24,0				
6	26,0				
7	28,0				

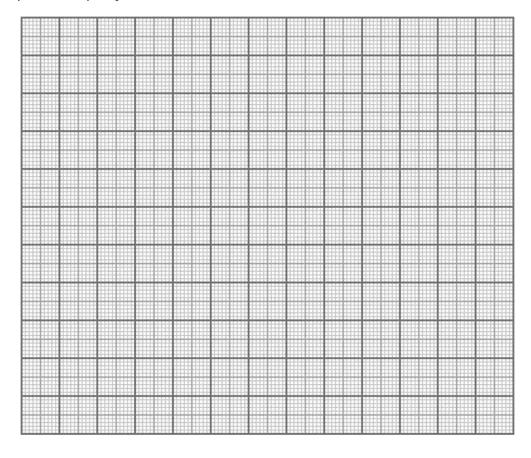
1. Usar a equação dos pontos conjugados (Equação de Gauss) e calcular para cada posição do objeto o valor da distância focal:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

2. Calcular o valor médio da distância focal obtido experimentalmente e comparar com a distância focal da lente utilizada de 12,0 cm.

3. A imagem projetada no anteparo é real ou virtual? Justificar. A imagem projetada no anteparo é direita ou invertida?

4. Usar as propriedades dos raios luminosos principais e mostrar numa figura em escala 1:4 a obtenção gráfica da imagem para a posição da linha 3 da tabela em que o objeto está localizado em p = 20,0cm e a altura do objeto seja o = 8,0 cm . Dar as características da imagem para essa posição.

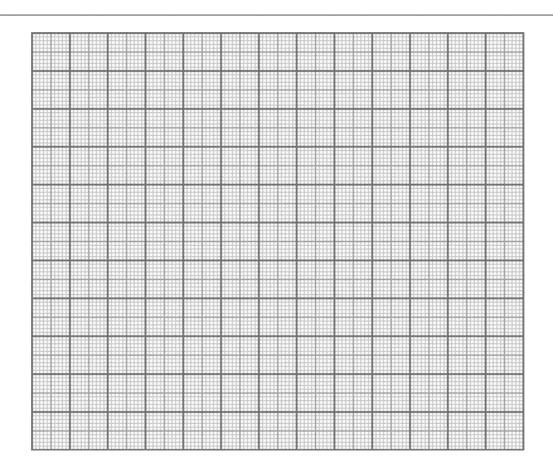


5. Comparar os resultados obtidos graficamente para a posição da imagem (p'_{graf})

- **6.** A validade da equação de Gauss foi verificada no experimento? (admitir uma tolerância de erro de 5%).
- 7. Quais as principais causas de erros presentes no experimento?

8. Posicionar a lente (f= 12,0 cm) a uma distância p < 12,0 cm do objeto (vela acesa).

	Movimentar o anteparo e procurar projetar nele a imagem.
9.	Quando o objeto é posicionado em p < f (objeto entre o foco e a lente) a lente convergente pode fornecer imagem real? Explicar a formação da imagem, dar as suas características.



Parte II: Lentes divergentes

Ĭ	tilizar	an	nesm	a m	ionta	agen	n d	a pri	meira	a parte	€.							
S	ubstit	uir	a len	te c	onve	erge	nte	(f=-	+12 c	m) pe	la le	nte d	dive	ergen	te (plar	no cô	ncav
	Anális	se d	e Re	sul	tade	os e	Co	nclu	sões	5>>>	>>>	>>>:	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>
	Movim Isso é						ou o	obje	eto e	procu	rar c	bter	- a	oroje	ção	da	imag	jem
C)lhar a	atrav	ڎs d	a le	nte	a ve	la a	acesa	. De	screve	r o q	lue s	se o	bserv	∕a.			
l	Jsando	o as	pror	rie	dade	s do	os r	aios	princ	cipais.	obte	er ar	rafic	came	nte	a ir	naae	em d
r						= 24	4,0	cm,	de a	altura	0 =	: 10,	0cn					
	cai po		oriuu.		٠.,	_				000015	ו⁄ו ב	· cm.						
•	e dista	ncia	foca	lf=	= -1(Ocm	. ر	Jsar	uma	escala	1 1.4	C						
•	e dista	ncia	foca	l f =	= -10	Ocm	. (Jsar	uma	escar								
•	e dista	ncia	foca	l f =	= -10	Ocm	. (Jsar	uma	escala								
	e dista	ncia	foca	l f =	= -10	Ocm	. (Jsar	uma	escala								
•	e dista	ncia	foca	f =	= -10	Ocm	. (Jsar	uma	escara								
•	e dista	ncia	foca	l f =	= -1(Ocm		Jsar	uma	escala								
•	e dista	ncia	foca	f =	= -1(Ocm		Jsar	uma	escala								
•	e dista	ncia	foca	l f =	= -1(Ocm		Jsar	uma	escala								
•	e dista	ncia	foca	f =	= -1(Ocm	. (Jsar	uma	escala								
•	e dista	ncia	foca	f =	= -1(Ocm	. (Jsar	uma	escala								
•	e dista	ncia	foca		= -1(Ocm	. (Jsar	uma	escala								
•	e dista	ncia	foca	f =	= -1(Ocm	. (Jsar	uma	escala								
	e dista	ncia	foca	f =	= -1(Ocm .	. (Jsar	uma	escala								
	e dista	ncia	foca	f =	= -1(Ocm	. (Jsar	uma	escala								
	e dista	ncia	foca	f	= -1(Ocm	. (Jsar	uma	escala								
	e dista	ncia	foca	f =	= -1(Ocm	. (Jsar	uma	escala								
	e dista	ncia	foca	f =	= -1(Ocm .	. (Jsar	uma	escala								
	e dista	ncia	foca	f =	= -1(Ocm .	. (Jsar	uma	escala								
€	e dista	ncia	foca	f =	= -1()cm	. (Jsar	uma	escala								

>>>>>>>>>>>

5.	Aplicar a equação dos pontos conjugados e determinar a posição da imagem.

Parte III: Estudo da equação da ampliação



Fig. 17.2 - Montagem do experimento

1. Montar sobre a bancada, conforme mostra a figura 17.2, os seguintes elementos:

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
07	03003010	1,00	UN	TRENA ACO 02 MTS VONDER 38.68.270.002
10	64002057	1,00	UN	CHAPA 85X85MM LETRA F
15	64005086	4,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM

- 2. Ligar a fonte luminosa e medir a altura do objeto o (letra F) o = _____ mm
- **3.** Medir a distância p do objeto à lente projetora. P = ____ cm
- 4. Movimentar o suporte com a tela para obter uma imagem nítida da letra F.

- **5.** Medir a distância p' da lente à imagem projetada. p' = ____ cm
- **6.** Medir a altura da imagem projetada (i_{exp}) $i_{exp} = \underline{\qquad} mm$
- **7.** Aplicar a equação da ampliação e obter o valor da ampliação e o valor calculado da altura da imagem(i_{calc}).

$$A = \frac{i_{cal}}{o} = -\frac{p'}{p}$$

8. Comparar o valor experimental da altura da imagem com o valor calculado e calcular o desvio percentual. Admitir uma tolerância de 5%

INSTRUMENTOS ÓTICOS E ÓTICA DA VISÃO

EXPERIMENTO 18 - FUNCIONAMENTO DE UMA LUPA

OBJETIVO: Analisar o funcionamento da lupa (Lente de aumento)

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
21	64002044	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø50MM F= 250MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM



Fig.18.1 – O uso da lupa facilita a visualização de pequenos detalhes de objetos minúsculos.

- **1.** Usar uma lente convergente L_1 de distância focal $f_1 = +5,0$ cm e observar um objeto (folha de papel com pequenas letras).
- 2. Afastar e aproximar o objeto da lente e observar o que acontece.
- **3.** Trocar L_1 por uma lente convergente L_2 de distância focal $f_2 = 25,0$ cm e repetir os mesmos procedimentos.
- **4.** Utilizar alternadamente as duas lentes e verificar as diferenças das imagens fornecidas por cada uma delas.

- 1. Para qual posição do objeto, a lupa (lente $L_{1)}$ proporciona um melhor resultado de ampliação?
- 2. Qual a natureza da imagem fornecida pela lupa L_{1?}

3. Qual das duas lupas ($L_{1 \text{ ou}} L_{2}$) apresentou melhor resultado? Justificar.

4. Usar a equação de ampliação para calcular o aumento angular fornecido pela lupa L_1 .(onde d=25cm é a distância mínima de visão distinta).

$$A_a = \frac{d}{f}$$

5. Fazer um esquema que represente graficamente a obtenção da imagem fornecida pela lupa L_1 .

EXPERIMENTO 19 – LUNETA ASTRONÔMICA

OBJETIVOS:

- Montar uma luneta astronômica e reconhecer a função de cada um de seus componentes
- Determinar a ampliação angular proporcionada pela luneta

 Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
15	64005086	3,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
 21	64002044	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø50MM F= 250MM
 26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
 29	64002004	1.00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM

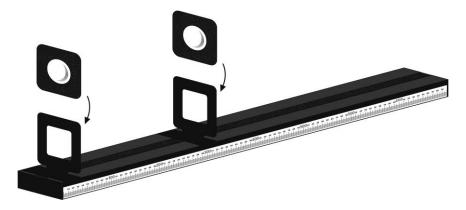


Fig.19.1 - Disposição dos componentes no banco ótico para a montagem de uma luneta astronômica.

- **1.** Posicionar a lente convergente L_1 de distância focal $f_{ob} = 25$ cm na posição 40 cm indicada pela régua do banco ótico. Esta lente é a objetiva da luneta.
- 2. Utilizar um objeto luminoso O_1 (lâmpada incandescente, objeto bem iluminado pela luz solar etc...) posicionado na mesma direção e bem afastado (a pelo menos 5m) do banco ótico.

- **3.** Usar um anteparo e movimentá-lo no banco ótico para obter uma imagem I_1 nitidamente projetada, do objeto luminoso.
- **4.** Medir a distância d_1 do anteparo à lente L_1 (objetiva). $d_1 \cong \underline{\hspace{1cm}}$ cm.
- **5.** Colocar uma lente convergente L_2 de distância focal $f_{oc} = 5,0$ cm na extremidade do banco ótico, atrás do anteparo. Esta lente é denominada de ocular da luneta.
- **6.** Olhar através da ocular e movimentá-la cuidadosamente de maneira que possa enxergar nitidamente a imagem projetada no anteparo.
- 7. Medir a distância d_2 do anteparo até a lente L_2 (ocular). $d_2\cong$ ____ cm
- **8.** Retirar o anteparo e medir a distancia L entre a objetiva e a ocular. L \cong _____ cm

9.	Olhar através do conjunto para objetos distantes e observar atentamente o resultado oferecido pelo dispositivo.
>>	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	A distância do objeto O_1 à objetiva (p_{minimo} de 5m) pode ser considerada como infinita comparada com a distância focal $f_{\text{ob}}=25\text{cm}$ da lente. Nesse caso qual a abcissa, da imagem I_1 formada no anteparo, em relação à objetiva?
2.	A imagem I_1 é real ou virtual? Maior ou menor que o objeto O_1 ? Ela é direita ou invertida em relação ao objeto?
3.	O que está funcionando como objeto para a ocular L ₂ ? É um objeto real ou virtual?
4.	Qual a função ótica desempenhada pela ocular e qual a natureza da imagem que ela esta conjugando?
5.	Comparar a distância d_2 do anteparo à ocular com a distância focal f_{oc} da ocular. O que se conclui?
6.	Qual o valor da medida da distância L entre a objetiva e a ocular denominada de tubo da luneta? L cm
7.	Comparar o valor de L com a soma das distâncias focais das duas lentes.
8.	Então qual deve ser a relação entre L e $(f_{ob} + f_{oc})$?
9.	Ao mirar com a luneta um objeto distante, a imagem final observada é maior que o objeto?
10	Qual é a função da objetiva ? E da ocular?
11	A imagem final fornecida pela luneta astronômica é real ou virtual? Direita ou invertida em relação ao objeto observado?

12.Calcular a ampliação ou aumento visual angular A_a proporcionado pela luneta astronômica (Luneta de Kepler) através da equação:

$$A_a = \frac{F_{ob}}{F_{oc}}$$

13. Mostrar graficamente a formação da imagem fornecida pela luneta de Kepler.

EXPERIMENTO 20 – PROJETOR ELEMENTAR

OBJETIVO: Montar um projetor básico de diapositivos, conhecer as peças fundamentais e a função de cada componente.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
10	64002057	1,00	UN	CHAPA 85X85MM LETRA F
15	64005086	5,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
25	64002041	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 100MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM



Fig.20.1 - Disposição dos componentes no banco ótico para a montagem de um projetor elementar.

- 1. Fixar a fonte luminosa de 12V na extremidade do banco ótico.
- 2. Montar uma lente de distância focal $f_c = +5,0$ cm (lente condensadora) sobre um suporte L metálico próximo à fonte de luz para colimar o feixe luminoso.
- 3. Fixar sobre um suporte L metálico a cha de aço com a letra F para ser projetado
- **4.** Posicionar a lente (objetiva) de distância focal $f_{ob} = +10,0$ cm e movimentá-la de maneira a conseguir uma imagem nítida projetada numa tela ou parede a mais ou menos 2m de distância.
- **5.** Retirar a lente condensadora, tentar melhorar a qualidade da imagem.
- **6.** Recolocar a lente condensadora e afastar ligeiramente o diapositivo da lente condensadora e tentar obter uma imagem projetada de boa qualidade.

1. Quais são os elementos principais de um projetor de diapositivos?

>>>>>>>>>>>>

2.	Qual a função da lente condensadora?
3.	Qual a função da objetiva?
4.	Qual a natureza da imagem fornecida pelo projetor?
5.	O que se pode concluir a respeito da qualidade da imagem sem a lente condensadora?
6.	O que acontece com a imagem quando o diapositivo é afastado da lente condensadora?
7.	Como poderia ser calculada a ampliação proporcionada por um projetor?

EXPERIMENTO 21 - ÓTICA DA VISÃO (ESTUDO DAS AMETROPIAS)

OBJETIVO: Reconhecer as ametropias do olho humano e suas correções

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
06	28002004	1,00	UN	IMPRESSO 03 - DEFEITOS DA VISAO OLHO NORNAL
06	28003004	1,00	UN	IMPRESSO 07 - DEFEITOS DA VISAO OLHO HIPERMETROPE
06	28003005	1,00	UN	IMPRESSO 08 - DEFEITOS DA VISAO OLHO MIOPE
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64005129	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO BICONVEXA 90X30X15MM
12	64005130	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO PLANO-CONCAVA 90X25X15MM
12	64005131	1,00	UN	LENTE PLANA DE ACRILICO PLANO-CONVEXA 90X20X15MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM

Parte I: O olho emétrope (Olho normal)



Fig.21.1 - Painel para visualização da formação da imagem num olho normal (emétrope).

- 1. Colocar o painel do olho emétrope (normal) sobre a mesa.
- **2.** Usar na fonte de luz o diafragma de 5 fendas e posicionar o conjunto conforme mostra a figura 21.1.
- **3.** Usar a lente condensadora de Ø60MM F= 125mm para obter um feixe de raios paralelos.
- **4.** Colocar o menisco convergente (cristalino) na posição indicada no painel. Utilizar a lente plana de acrílico biconvexa.

1. Se os raios luminosos incidentes no olho são praticamente paralelos onde se encontra o ponto remoto do olho normal?

2.	Tendo em vista as dimensões do olho que distância pode ser considerada como infinito?
3.	Onde se situa o ponto próximo de um olho normal?

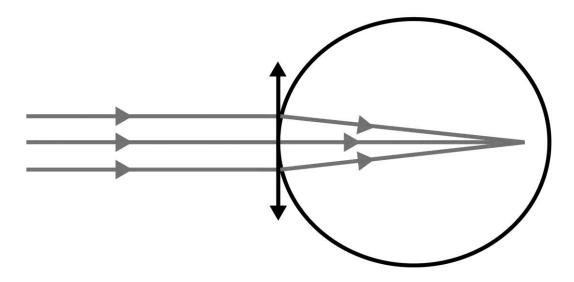
Parte II: Miopia



Fig.21.2 - Formação da imagem num olho míope

>>	> Procedimentos Experimentais>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
۱.	Substituir o painel do olho normal pelo do olho míope.
2.	Colocar o cristalino no lugar indicado e observar a formação da imagem.
>>	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
L.	Onde se forma a imagem num olho míope?
2.	Onde está situado o ponto remoto do olho míope? Justificar.
3.	Para que os raios luminosos formem imagem na retina é necessário usar uma lente convergente ou divergente?
4.	Colocar um menisco bicôncavo à frente do cristalino e descrever o que ocorre.

5. Completar a figura do olho míope com a correção realizada.



Parte III: Hipermetropia

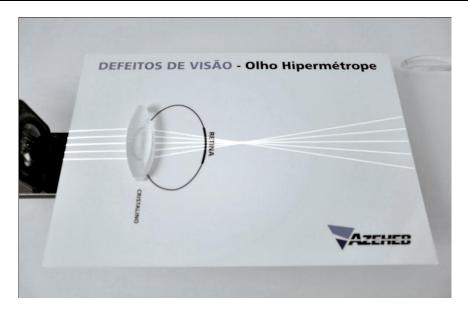


Fig.21.3- Formação da imagem num olho hipermétrope.

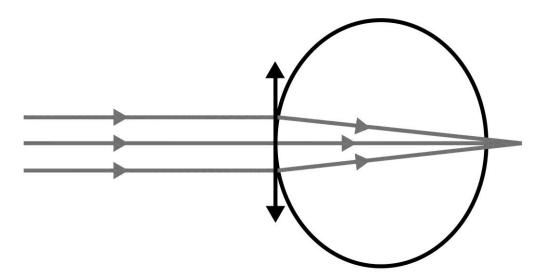
>>> Procedimentos	Experimentais>>	>>>>>>	>>>>>>	>>>>>>>>>>>>
-------------------	-----------------	--------	--------	--------------

- **1.** Substituir o painel do olho normal pelo do olho hipermetrope.
- 2. Colocar o cristalino no lugar indicado e observar a formação da imagem.

- 2. Onde está situado o ponto próximo do olho hipermetrope?

3.	Para que os raios luminosos formem imagem na retina é necessário usar uma lente convergente ou divergente?
4.	Colocar um menisco plano-convexo à frente do cristalino e descrever o que ocorre.

5. Completar a figura do olho hipermetrope com a correção realizada.



DISPERSÃO, DIFRAÇÃO E POLARIZAÇÃO DA LUZ

EXPERIMENTO 22 - DISPERSÃO DA LUZ

OBJETIVO: Verificar a dispersão da luz branca por dupla refração num prisma

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64001057	1,00	UN	PRISMA TRIANGULAR 60G DE ACRILICO 27X27X27X20MM
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	FOLHA DE PAPEL SULFITE TAMANHO A4 (*)

(*) Não fornecido.

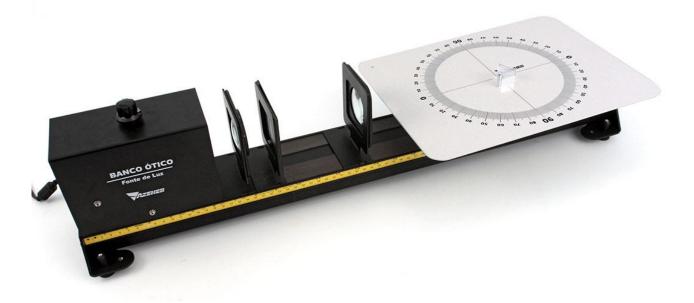


Fig.22.1 - Montagem do banco ótico para estudo experimental da dispersão da luz

- **1.** Colocar uma lente convergente de distância focal f = 5,0cm posicionada 4cm à frente da fonte luminosa. Essa lente é utilizada para iluminar a fenda.
- 2. Colocar a placa de uma fenda na frente da lente e ajustar a sua posição para que fique bem iluminada.
- **3.** Utilizar uma lente convergente de distância focal f = +10cm e movimentá-la para que a imagem da fenda fique projetada nitidamente no anteparo. (tela ou parede branca).
- 4. Fixar sobre o trilho o suporte com o disco ótico.

>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	>>>MANIIAI DO	ALUNO<<<<<<<<

5.	Colocar sobre o disco ótico o prisma de $60^{\rm o}$ e ajustar para que o raio luminoso atinja uma das faces do prisma.
6.	Girar o prisma até obter o espectro de decomposição da luz branca projetado na tela.
>>	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	Descrever o que acontece com um feixe de luz branca ao atravessar o prisma.
2.	Qual é a ordem das cores do espectro de decomposição no prisma, tomadas na ordem crescente dos desvios?
3.	Qual cor corresponde à radiação que sofre maior desvio no prisma? E a que sofre menor desvio?
4.	Para qual radiação o índice de refração do prisma é maior? Para qual cor é menor?

5. Fazer um diagrama que mostre a trajetória do feixe incidente e do feixe emergente e a ordem das cores resultantes da dispersão da luz branca.

EXPERIMENTO 23 - DIFRAÇÃO DA LUZ BRANCA

OBJETIVO: Determinar o comprimento de onda das radiações luminosas que compõe a luz branca através da interferência por difração.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
15	64005086	5,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
25	64002041	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 100MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
30	64002048	1.00	UN	REGUA BANCO OTICO 15 - 0 - 15CM

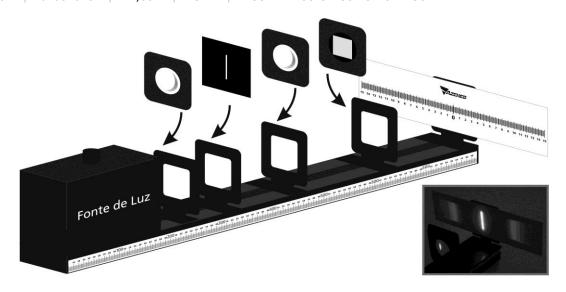


Fig.23.1 – Montagem do banco ótico para decomposição da luz branca por difração em fendas múltiplas.

- 1. Montar o banco ótico conforme mostra a figura 23.1.
- **2.** Fixar num cavaleiro metálico na frente da fonte luminosa uma lente convergente L_1 de distância focal f = 5cm. Essa lente é utilizada para iluminar a fenda.
- **3.** Colocar em outro cavaleiro o diafragma com uma fenda, na frente da lente L_1 .
- **4.** Utilizar uma lente convergente L_2 de distância focal +10cm para projetar a fenda no anteparo milimetrada posicionado no final do banco ótico.
- **5.** Ajustar a posição da lente L₂ para que a fenda projetada fique bem nítida.
- **6.** Colocar a rede de difração na frente da lente L_2 e ajustar para que o espectro fique projetado nitidamente no anteparo e na mesma horizontal.
- **7.** Ajustar a posição da rede de difração para que fique a mais de 20cm do anteparo de projeção.
- 8. Medir a distância a da rede de difração ao anteparo

9. Medir no anteparo a distância x do centro de cada cor do espectro difratado até a raia central (branca). Fazer as leituras das distâncias em milímetros.

Montagem alternativa:

Ao invés da lente de 10cm usar uma de + 25cm e a tela (parede) a 1,0 m da rede Com esta montagem a precisão nas medidas é maior e diminui o erro.

Cor da radiação	a (10 ⁻³ m)	X (10 ⁻³ m)	λ (10 ⁻⁹ m)
Vermelha			
Laranja			
Amarela			
verde			
Azul			
violeta			

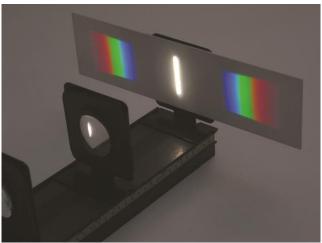


Fig. 23.2 - Resultado do experimento

11.	o que se observa de cada lado da raia central (luz branca) projetada na tela e simetricamente em relação a ela?
12.	Qual a cor da radiação que sofre maior desvio? E a que sofre menor desvio?
	Qual a ordem das cores das radiações partindo da radiação de maior desvio (maior comprimento de onda)
14.	Comparar a ordem das cores no desvio sofrido pela luz branca na dispersão no prisma e na difração na rede.

	Estabelecer uma relação entre comprimento de onda da radiação e o afastamento da ventral na difração da luz branca.
16.	Estabelecer uma relação entre a frequência da radiação e o desvio na difração da luz branca.
17	Calcular o valor do comprimento de onda para cada radiação sugerida na tabela, usando a

$$\lambda = \frac{D \cdot x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

18.Dados os valores tabelados dos comprimentos de onda das radiações componentes da luz branca, comparar esses valores com os encontrados experimentalmente.

Cor	Valor médio de λ(nm)	Valor experimental de λ(nm)	Erro percentual
Vermelho	650		
Laranja	600		
amarelo	575		
Verde	530		
Azul	485		
Violeta	420		

19.Calcular o erro percentual para cada radiação.

equação:

20.	Quais as principais causas de erros que podem estar presentes no experimento?

EXPERIMENTO 24 - POLARIZAÇÃO DA LUZ

OBJETIVO: Analisar o comportamento dos filtros de polarização ao serem atravessados por um feixe luminoso.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
32	64001055	2,00	UN	POLAROIDE ROTACIONAL

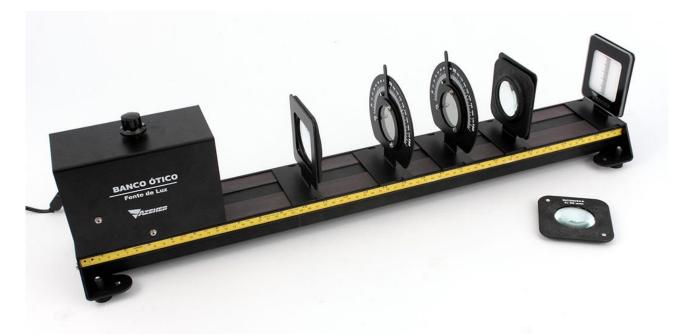


Fig.24.1 - Montagem do banco ótico para estudo da polarização da luz.

- 1. Montar o banco ótico com a fonte numa das extremidades conforme mostra a figura 24.1.
- 2. Colocar sobre o banco ótico um cavaleiro com uma lente convergente de distância focal +12cm (lente colimadora) e fixar na outra face do suporte o diafragma com uma fenda.
- **3.** Colocar na outra extremidade do banco ótico um anteparo para projeção e ligar a fonte de luz.
- **4.** Posicionar um polaroide rotacional a 10cm do diafragma com uma fenda, girar o cursor colocando-o na posição 0°.
- **5.** Observar a projeção luminosa obtida no anteparo quando o feixe luminoso atravessa apenas um filtro polarizador.
- **6.** Fixar no banco ótico um segundo polaroide rotacional à 10 cm do primeiro, com o cursor também em 0° e observar o que acontece com a intensidade do feixe luminoso projetado na tela.

>>>>>>>>	L DO ALUNO<<<<<<<<

- **7.** Girar lentamente o segundo polaroide até um ângulo de 90º em relação ao primeiro e observar o que ocorre com a projeção.
- **8.** Continuar o giro do segundo filtro polarizador até atingir um ângulo de 180° entre os filtros e observar o que ocorre com a mancha de luz projetada na tela durante o procedimento.
- **9.** Repetir os procedimentos experimentais girando agora o primeiro polaroide e mantendo fixo o segundo. Observar o que ocorre com a projeção da luz e comentar sobre a polarização da luz.

1. Com base nas observações realizadas preencher a tabela:

Ângulo entre os filtros	Projeção da mancha de luz (muito clara, clara, escura)	ângulo que apresenta o mesmo resultado que o da primeira coluna
0 °		
45°		
90°		
135°		
180°		

2.	O que é um polaróide?
3.	O que acontece com a luz ao atravessar o primeiro polaróide?
4.	O que acontece com a luz quando o segundo polaróide gira de um certo ângulo?
5.	Os resultados do experimento mostram que a luz possui características de onda transversal? Justificar.

EXPERIMENTO 25 - ROTAÇÃO DO PLANO DE POLARIZAÇÃO

OBJETIVO: Analisar a rotação do plano de polarização de um feixe luminoso (rotação de Faraday).

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
16	64002049	1,00	UN	SUPORTE PLASTICO COM DIAFRAGMA 2MM
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
25	64002041	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 100MM
26	64002040	1,00	UN	LENTE DE VIDRO BICONVEXA Ø50MM F= 050MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
32	64001055	2,00	UN	POLAROIDE ROTACIONAL
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	RÉGUA DE PLÁSTICO TRANSPARENTE (*)

(*) Não fornecido.

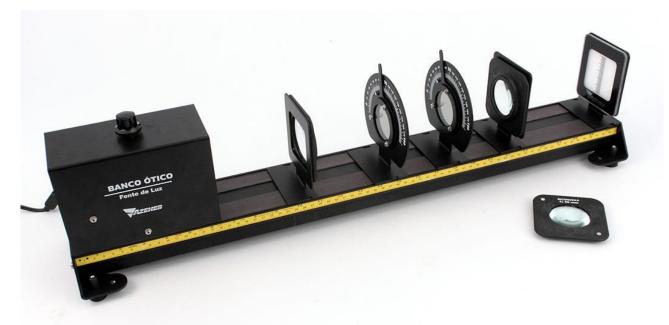


Fig.25.1 – Montagem do banco ótico para estudo da rotação do plane de polarização da luz.

- 1. Colocar no banco ótico cinco suportes e fixar neles os seguintes dispositivos:
 - Suporte 1: Na primeira face a lente convergente L_1 de distância focal +5cm e na outra face, a lente convergente L_2 de distância focal +12cm.
 - Suporte 2: Primeiro filtro polarizador P₁ a 10cm das lentes.
 - Suporte 3: Segundo filtro polarizador P₂ a 5,0cm do primeiro.
 - Suporte 4: Lente convergente L₃ com distância focal +10,0cm.
 - Suporte 5: Anteparo para projeção.
- **2.** Ajustar a posição das lentes L_1 e L_2 para que o feixe de luz ilumine bem o primeiro polaroide e também o segundo.
- **3.** Se o anteparo de projeção está recebendo luz da fonte, é por que está passando luz pelos polaroides rotacionais.

- **4.** Girar P₁ para que os filtros polarizadores fiquem cruzados.
- **5.** Ajustar a posição da lente L₃ para projetar, no anteparo, a imagem da régua colocada entre os polaroides rotacionais.



6. Observar a projeção luminosa.



1.	Ao ser inserido o corpo entre os dois polaroides o plano de luz polarizada no primeiro polaróide apresentou rotação? Justifique sua resposta.
2.	Porque a imagem parece estar colorida, apesar da luz fornecida pela fonte ser de luz branca?
3.	Girar adequadamente o analisador. Descrever o que é observado no anteparo.

EXPERIMENTO 26 - POLARIZAÇÃO POR REFLEXÃO

OBJETIVO: Analisar a polarização da luz por reflexão e realizar a medida do valor do "ângulo de Brewster".

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
08	64002012	1,00	UN	CHAPA C/ 1 FENDA 82MM X 82MM
09	64002016	1,00	UN	CHAPA C/ 5 FENDAS 82MMX82MM
12	64001057	1,00	UN	PRISMA TRIANGULAR 60G DE ACRILICO 27X27X27X20MM
15	64005086	2,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM
32	64001055	2,00	UN	POLAROIDE ROTACIONAL



Fig.26.1 - Montagem do banco ótico para estudo da polarização da luz por reflexão.

- **1.** Colocar na frente da fonte de luz um suporte metálico com uma lente convergente de distância focal 12cm (lente colimadora) e o diafragma com cinco fendas.
- 2. Ligar a fonte de luz e ajustar a posição da lente colimadora para obter um feixe de raios paralelos.
- 3. Substituir o diafragma de cinco por outro de fenda única.
- **4.** Posicionar o suporte com o disco ótico de forma que o raio luminoso coincida com o eixo 0-0. Ligar a fonte de luz e ajustar o raio luminoso bem no centro do transferidor.
- **5.** Colocar o semicilindro sobre o disco ótico de maneira que os ângulos de incidência e de refração sejam iguais a zero. A face plana deve ficar voltada para a fonte de luz.
- **6.** Fixar sobre um suporte um filtro polarizador e em outro, distante 10cm, um anteparo.

- 7. Girar o disco ótico em 20º.
- 8. Colocar o polaroide (analisador) e o anteparo na direção do raio refletido.
- **9.** Observar a projeção do raio refletido no anteparo, após atravessar o polaroide.
- **10.**Girar o polaroide de 90º e observar a projeção do feixe luminoso. Retornar o polaroide para a posição inicial.
- 11. Repetir os procedimentos 9 e 10 para os ângulos de 40°, 50° e 60°.

	Thepetin of procedimentor is a 10 para of angulor ac 10 / 50 °C 00 1
>>	> Análise de Resultados e Conclusões>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
1.	Encontrar um ângulo de reflexão θ_B entre 50° e 60° de tal forma que ao girar o polaroide a mancha luminosa projetada desapareça. Ângulo de reflexão, θ_B =
2.	Medir o ângulo de reflexão, θ_B - ângulo de Brewster, encontrado no procedimento anterior e o correspondente ângulo de refração θ_R . θ_R =
3.	Medir o ângulo α entre o raio refletido e o raio refratado. O que se conclui? α =
4.	Qual a direção de polarização?
5.	Calcular a tangente do ângulo de Brewster θ _B .
6.	Dentro de uma tolerância admitida de 5% pode-se considerar que o experimento verifica a validade da Lei de Brewster? (índice de refração do acrílico n = 1,50)

ESTUDO DAS CORES

EXPERIMENTO 27 - SÉRIE ADITIVA DAS CORES

OBJETIVO: Reconhecer as cores primárias e suas cores secundárias complementares na série aditiva de cores.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
04	64005030	1,00	UN	BASE PARA TRASFERIDOR BANCO OTICO
05	64005171	1,00	UN	TRANSFERIDOR RETANGULAR
11	64002062	2,00	UN	ESPELHO DE VIDRO COM SUPORTE E MANIPULO
14	32002004	2,00	UN	IMA CILINDRICO FERRITE Ø17 X 8MM
15	64005086	1,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
22	64002045	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø60MM F= 125MM
28	64001022	1,00	UN	FILTRO RGB DE CORES ADICAO DE CORES
XX	XXXXXXXX	1,00	UN	FOLHA DE PAPEL SULFITE TAMANHO A4

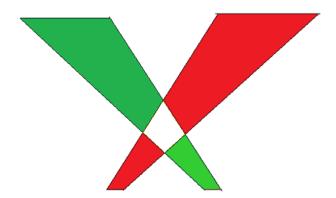


Fig.27.1 – Montagem para experimento da série aditiva

- 1. Colocar a fonte de luz sobre o barramento.
- 2. Colocar na frente da fonte de luz um suporte metálico com a lente convegente de Ø60mm F= 125mm. No outro lado do suporte fixar o filtro RGB.
- **3.** Colocar na frente do filtro a base retangular com transferidor. Sobre a base fixar com os imãs uma folha de papel sulfite tamanho A4.

4. Utilizar os espelhos e o anteparo para montar as adições de cores. Os espelhos possuem ajuste de inclinação para aumentar ou diminuir a intensidade da cor refletida.

1. Qual a cor que resulta da adição das cores primárias, vermelho e verde?

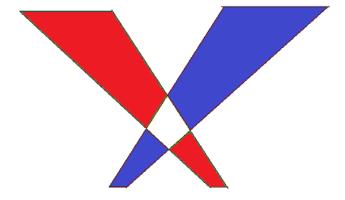


3.	Qual a cor primária que não participou desta adição de cores?
4.	Cada cor secundária é a complementar da cor primária que não entrou na sua formação Então qual é a cor complementar do azul?

2. Qual a denominação usual da cor resultante em relação às cores projetadas?

5.	Qual a cor resultante da adição do azul com sua cor complementar?

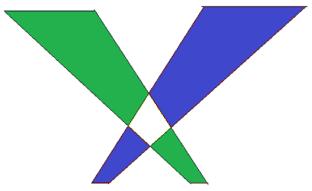
6. Substituir o filtro verde pelo filtro azul. Qual a cor que resulta da adição das cores primárias, vermelho e azul?



5.	O magenta é cor complementar de qual cor primária?

7. Qual a cor resultante da adição do verde com sua cor complementar (o magenta)?

8. Substituir o filtro vermelho pelo filtro verde. Qual a cor que resulta da adição das cores primárias, verde e azul?



9. De qual cor primária o ciano é cor complementar?

10. Qual a cor resultante da adição do vermelho com sua cor complementar (o ciano)?

- **11.**Colocar na janela central do projetor o filtro de cor azul e nas janelas laterais os filtros vermelho e verde.
- **12.**Ajustar a projeção de maneira que permita a superposição das cores duas as duas e no centro da projeção a superposição das tres cores.
- **13.**Colorir ou indicar na figura a seguir as cores e as combinações observadas na projeção.

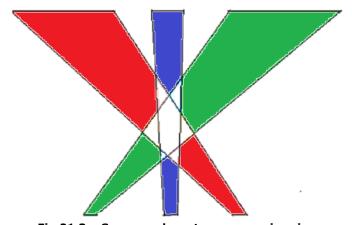


Fig.21.3 – Superpondo as tres cores primarias.

14.Qual a cor que resulta na região em que estão projetadas simultaneamente as três cores?

15.Com base nos experimentos realizados completar a tabela 1.

Tabela 1

ADIÇÃO DAS CORES PRIMÁRIAS	COR SECUNDÁRIA RESULTANTE	COR PRIMÁRIA QUE NÃO PARTICIPA DA ADIÇÃO
VERMELHO + VERDE		
VERMELHO + AZUL		
VERDE + AZUL		

- **16.**Usar a tabela 1 para classificar a combinação das cores primárias e a cor resultante da adição.
- **17.**Completar a tabela 2 com a cor secundária suplementar correspondente.

Tabela 2

1 010	U.G =
COR PRIMÁRIA	COR SECUNDÁRIA COMPLEMENTAR
AZUL	
VERDE	
VERMELHO	

EXPERIMENTO 28 - SÉRIE SUBTRATIVA DAS CORES

OBJETIVO: Estudar a mistura subtrativa de cores baseada na absorção por meio de filtros.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
01	64002006	1,00	UN	BARRAMENTO
02	64002034	1,00	UN	FONTE DE LUZ
03	38039005	1,00	UN	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC 12V/2A
15	64005086	4,00	UN	FIXADOR METALICO FENDA/LENTE BANCO OTICO ALFA
17	64002026	1,00	UN	FILTRO AMARELO
18	64002027	1,00	UN	FILTRO CIANO
19	64002029	1,00	UN	FILTRO MAGENTA
21	64002044	1,00	UN	LENTE DE VIDRO PLANO CONVEXA Ø50MM F= 250MM
29	64002004	1,00	UN	ANTEPARO QUADRADO ACRILICO 80X75MM



Fig. 28.1 – Banco ótico com os componentes para estudo da série subtrativa de cores.

- 1. O experimento deve ser realizado em ambiente escuro.
- 2. Colocar numa das extremidades do banco ótico a fonte luminosa e na extremidade oposta um suporte em L com o anteparo (ou realizar a projeção na parede).
- **3.** Usar a lente de distância focal 25 cm na posição $x_L = 45$ cm da escala.
- **4.** Fixar um suporte em L em $x_1 = 25$ e outro em $x_2 = 35$ cm da escala.
- **5.** Ligar a fonte de luz e ajustar o posicionamento da lente para obter uma boa iluminação da tela.

>	٠>	>	>	٠,	>	٠,	>	>	. >	٠	>	>	>	>	. >	> `	>	٨	1	4	٨	11	1	Δ	1	Γ)(7	4	1	1	I١	V	\cap	<	٠.	<	<	٠ <	-	<	<	٠.	<	<	٠ <	- ,	<	<	•	٠.	<	<	•

er ar	o experimento da série aditiva ncontra uma cor secundária a narelo. Uma cor secundária ad uais são então as três cores prin	ditiva . Por exemplo, entre litiva é ao mesmo tempo u	o vermelho e o verde, e	stá d					
	olocar o filtro amarelo no supor litivas) componentes da luz bra			ária:					
Qı	ual cor primária é absorvida qua	ando a luz branca atravessa	o filtro amarelo?						
	ocar o filtro amarelo pelo cia anca atravessam o filtro ciano?		aditivas) componentes d	a lu:					
Qual cor primária é absorvida quando a luz branca atravessa o filtro ciano?									
	ocar o filtro ciano pelo mager anca atravessam o filtro mager		aditivas) componentes d	a lu:					
Qı	ual cor primária é absorvida qua	ando a luz branca atravessa	o filtro magenta?						
_	ompletar a tabela para resumir	as conclusões: Tabela 1							
Co			COR PRIMÁRIA						
Co	FILTRO (cor primária subtrativa)	COMBINAÇÃO DAS CORES PRIMÁRIAS ADITIVAS	ABSORVIDA (subtraída na projeção)						
Co	(cor primária subtrativa) AMARELO		ABSORVIDA						
Co	(cor primária subtrativa)		ABSORVIDA						

>>>>>>>>>>

10.	. Substituir	o filtro	magenta	pelo filt	ro ciano	. Que co	r primária	aditiva	é obtida	no	anteparo?

11.Com base no que foi realizado preencher as tabela 2.

Tabela 2

FILTROS (cores primárias subtrativas)	COR PROJETADA	CORES ABSORVIDAS (subtraídaS na projeção)
AMARELO e MAGENTA		
AMARELO e CIANO		
CIANO e MAGENTA		

Manual de Instruções e Guia de Experimentos

CONJUNTO DE DIAPASOES COM CAIXA DE RESSOÂNCIA

OBSERVAÇÃO SOBRE OS DIREITOS AUTORAIS

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

POLITICA DE DEVOLUÇÕES

Todas as devoluções de produtos requerem uma autorização de devolução de mercadoria (RMA). Para isto entre em contato conosco pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638.

Produtos devolvidos para troca ou crédito deverão estar em condição de novo e na sua embalagem original. O produto não será aceito para troca ou crédito, e será devolvido para o cliente se não estiver em condição de novo.

GARANTIA

Nossos produtos possuem garantia contra defeitos de fabricação. Para maiores informações e detalhes, por favor, consulte nosso termo de garantia.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Prestamos assistência técnica permanente para nossos produtos diretamente em nossa fábrica. Durante o período de garantia legal de 90 dias o custo de frete será por conta da AZEHEB, depois deste período os custos de frete serão por conta do cliente. Antes de enviar qualquer produto para conserto entre em contato com nossa empresa pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638 para solicitar a autorização de devolução de mercadoria (RMA). Não serão aceitos produtos para conserto que tenham sido enviados sem contato prévio com nossa empresa.



ATENCÃO

Este manual é exclusivamente para fins de sugestão de montagens de experimentos.

DEPENDENDO DA VERSÃO ADQUIRIDA, A COMPOSIÇÃO DO SEU KIT PODE SER DIFERENTE DA APRESENTADA NESTE MANUAL.

CASO SEJA NECESSÁRIO CONFERIR A COMPOSIÇÃO DO PRODUTO ADQUIRIDO:

<u>VENDA PRIVADA</u>: conferir a versão adquirida no orçamento aprovado. Se necessário contactar nossos vendedores.

VENDA PÚBLICA OU LICITAÇÃO: conferir com a PROPOSTA aceita pelo pregoeiro, e não com o edital (Cópia da proposta no CD de manuais que acompanha o pedido.)

Endereço:

AZEHEB | Laboratórios de Física Rua Evaristo F.F. da Costa, 621 Bairro Jardim das Américas Curitiba – PR CEP 81530-090

Telefone: (41) 3079-6638 E-mail: azeheb@azeheb.



SUMÁRIO (PROFESSOR)

COMPOSIÇÃO	2
EXPERIMENTOS	
EXPERIMENTO 01 - RESSONÂNCIA E BATIMENTO DE ONDA SONORA EM DIAPASÕES	
Parte I - Ressonância com onda sonora	3
Parte II: Batimento com onda sonora	



COMPOSIÇÃO



Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
1	53004002	0,01	CET	MANIPULO DE LATAO NIQUELADO M3X10
1	63005023	1,00	UN	MASSA ACOPLAVEL DO DIAPASAO
2	63002005	2,00	UN	DIAPASAO C/ CAIXA DE RESSONANCIA
3	63002007	1.00	UN	MARTELO P/ DIAPASAO



EXPERIMENTOS

EXPERIMENTO 01 - RESSONÂNCIA E BATIMENTO DE ONDA SONORA EM DIAPASÕES

OBJETIVO: Reconhecer os fenômenos de ressonância, batimento e as condições para a ocorrência desses fenômenos.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
 1	53004002	0,01	CET	MANIPULO DE LATAO NIQUELADO M3X10
 1	63005023	1,00	UN	MASSA ACOPLAVEL DO DIAPASAO
 2	63002005	2,00	UN	DIAPASAO C/ CAIXA DE RESSONANCIA
 3	63002007	1.00	UN	MARTELO P/ DIAPASAO

Parte I - Ressonância com onda sonora

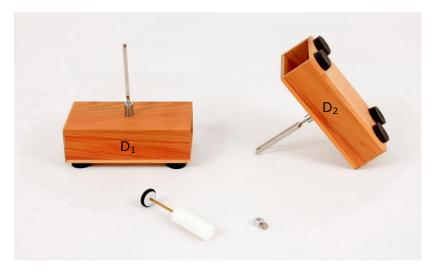


Fig. 3.1 - Disposição dos diapasões e caixas acústicas

- **1.** Na figura 3.1 o diapasão D_1 está na posição ativa **A** (de funcionamento) e o diapasão D_2 com a haste de massa repousando sobre a mesa na posição que será denominada **N** (neutra). Nesta posição evita-se que o diapasão D_2 vibre.
- 2. Os procedimentos a seguir devem ser repetidos algumas vezes para uma boa observação. Ao utilizar o martelo basta percutir levemente o diapasão para não danificá-lo.
- 3. Retirar as massas dos diapasões.
- **4.** Percutir levemente o diapasão D₁ de forma a perceber bem o som emitido. Abafar o diapasão (basta segurar a haste com a mão), retornando-o à posição N.
- **5.** Fazer o mesmo com o diapasão D_2 e verificar se ambos emitem o mesmo som (na mesma frequência).



- **1.** Manter o diapasão D_2 na posição N e retirar o diapasão da caixa de D_1 . Percutir o diapasão livre, aproximá-lo do ouvido e procurar ouvir o som emitido.
- **2.** Percutir novamente o diapasão e aproximá-lo da extremidade aberta da caixa conforme figura 3.2 e observar se há ou não reforço do som quando da aproximação do diapasão da boca da caixa acústica.
- **3.** Explicar o que foi observado no segundo procedimento.



Fig. 3.2 - Diapasão provocando ressonância na coluna de ar da caixa.

Quando o diapasão é aproximado da extremidade aberta da caixa a onda sonora refletida interfere com a onda incidente resultando uma onda estacionária na coluna de ar contida na caixa, proporcionando um reforço no som. Diz-se que a onda sonora está em ressonância no interior da caixa.

4. Percutir o diapasão livre e encostar o pé do diapasão na superfície da caixa de D₁, conforme a figura 3.3. Em qual das situações se obtém o som com maior intensidade: Quando o diapasão é apenas aproximado ou quando ele toca a superfície da caixa? Justificar.



Fig.3.3 - Diapasão livre provocando ressonância por contato.

No segundo procedimento (diapasão livre encostado na caixa de D_1) o som fica mais reforçado pelo fato de haver menor perda de energia para o ambiente. Sem o contato parte da energia é absorvida pelo ar.



5. Colocar D_2 sem a massa de haste na posição A. Percutir o diapasão livre de D_1 , encostá-lo na caixa de D_2 e em seguida, retirá-lo (figura 3.4).



Fig.3.4 - Diapasão livre provocando ressonância por contato.

- **6.** Nesse experimento, ocorre a ressonância? Quais os elementos que passaram a oscilar? Sim. Oscilam a caixa, a coluna de ar no interior da caixa e o diapasão D₂, pelo fato de D₁ e D₂, possuírem mesma frequência natural de oscilação. O sistema continua oscilando após a retirada do diapasão livre, porque o diapasão D₂ recebeu energia e continua oscilando.
- **7.** Colocar uma massa de haste na metade de um dos ramos do diapasão D₂. e repetir o procedimento. Neste caso, ocorre ressonância? Explicar e justificar o que se observa. A coluna de ar e a caixa oscilam enquanto o diapasão livre estiver encostado à caixa, porém após ser retirado cessa a oscilação porque D₂ (com massa) não entra em ressonância por não possuir a mesma frequência do diapasão livre.
- **8.** Posicionar os diapasões na condição ativa **A** de maneira que suas caixas fiquem com as extremidades abertas voltadas uma para outra conforme figura 3.5.
- **9.** Percutir o diapasão D_1 e em seguida abafá-lo. Observar o que ocorre com o diapasão D_2 . Houve transferência de energia de D_1 para D_2 ? Porque se pode fazer tal afirmação?



Fig.3.5 - Ressonância entre dois sistemas de mesma frequência.

Sim houve transferência de energia de D_1 para D_2 pelo fato de D_2 emitir após D_1 ter sido abafado.

10. Repetir este procedimento algumas vezes para perceber bem o fenômeno. Descrever e explicar o fenômeno observado. Dar as condições para que tal fenômeno ocorra. Quando o diapasão D₁ é abafado observa-se que o diapasão D₂ se mantém emitindo o mesmo som de D₁. A onda sonora emitida por D₁ incide na haste de D₂ e como a frequência natural de oscilação dos diapasões é a mesma, D₂ absorve energia da onda incidente e passa a oscilar na mesma frequência. Este fenômeno é denominado de ressonância. Para que ocorra a ressonância é necessário que a frequência natural do sistema receptor (no caso o diapasão D₂) seja igual à frequência do portador de energia incidente (no caso a onda sonora emitida por D₁)



- **11.**Colocar a massa de haste no diapasão D_2 e repetir o procedimento anterior. Observar o comportamento do diapasão D_2 . Executar o procedimento algumas vezes para perceber bem o fenômeno. O que diferencia este procedimento do anterior? Descrever e explicar o que foi observado.
 - O que foi observado: Quando abafado o diapasão D_1 após ter sido percutido, observa-se que o diapasão D_2 não emite som. Isto ocorre porque a massa colocada em D_2 modificou sua frequência natural de vibração e por isso não entrou em ressonância com a onda sonora emitida por D_1 .
- **12.**Percutir um dos diapasões e aguardar alguns instantes. Colocar a massa de haste mais ou menos na metade de um dos ramos do diapasão e percuti-lo novamente. Observar a diferença no comportamento do diapasão com e sem a massa de haste.
 - O acréscimo da massa de haste provoca variação na frequência do som emitido.



Parte II: Batimento com onda sonora



Fig.3.6 - Diapasões para estudo do batimento

- **1.** Posicionar os dois diapasões sem as massas de haste com as extremidades abertas voltadas uma para a outra., conforme a figura 3.6.
- 2. Percutir um dos diapasões e em seguida o outro. Observar o que acontece.
- 3. Colocar a massa em um dos diapasões.
- **4.** Percutir um dos diapasões e em seguida o outro. Observar o que ocorre com o som resultante da superposição das duas ondas sonoras emitidas.

- 1. Variar ligeiramente a posição da massa e explicar o que acontece com a frequência da onda resultante da superposição das duas ondas primitivas.
 A intensidade do som resultante da superposição das duas ondas sonoras ora aumenta ora diminui.. Como as frequências dos diapasões são ligeiramente diferentes ora ocorre interferência construtiva das duas ondas sonoras (aumentando a intensidade do som), ora ocorre interferência destrutiva (diminuindo e até anulando a intensidade do som). Esse fenômeno é denominado de batimento das duas ondas sonoraS. A frequência com que isso ocorre é denominada de frequência de batimento (f_B). Para que tal fenômeno ocorra é necessário que seja pequena a diferença de frequência entre as duas ondas.
- 2. Descrever e explicar o que foi observado com a variação da posição da massa de haste. À medida que se procede a uma variação na diferença das frequências dos dois diapasões ocorre variação na frequência de batimento (ou número de máximos reforços do som por segundo), obedecendo à seguinte equação:

$$f_B = |f_1 - f_2|$$



SUMÁRIO (ALUNO)

EXPERIMENTOS			
EXPERIMENTO 01 - RESSONÂNCIA E BATIMENTO DE ONDA SONORA EM DIAPASÕES	2		
Parte I: Ressonância com onda sonora	2		
Parte II: Ratimento com onda sonora	6		



EXPERIMENTOS

EXPERIMENTO 01 - RESSONÂNCIA E BATIMENTO DE ONDA SONORA EM DIAPASÕES

OBJETIVO: Reconhecer os fenômenos de ressonância, batimento e as condições para a ocorrência desses fenômenos.

Item	Código	Quant.	Unid.	Descrição
1	53004002	0,01	CET	MANIPULO DE LATAO NIQUELADO M3X10
1	63005023	1,00	UN	MASSA ACOPLAVEL DO DIAPASAO
2	63002005	2,00	UN	DIAPASAO C/ CAIXA DE RESSONANCIA
3	63002007	1,00	UN	MARTELO P/ DIAPASAO

Parte I: Ressonância com onda sonora

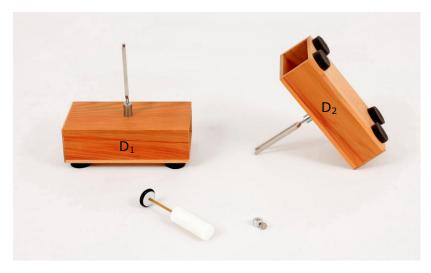


Fig. 3.1 - Disposição dos diapasões e caixas acústicas

- **1.** Na figura 3.1 o diapasão D_1 está na posição ativa **A** (de funcionamento) e o diapasão D_2 com a haste de massa repousando sobre a mesa na posição que será denominada **N** (neutra). Nesta posição evita-se que o diapasão D_2 vibre.
- 2. Os procedimentos a seguir devem ser repetidos algumas vezes para uma boa observação. Ao utilizar o martelo basta percutir levemente o diapasão para não danificá-lo.
- 3. Retirar as massas dos diapasões.
- **4.** Percutir levemente o diapasão D_1 de forma a perceber bem o som emitido. Abafar o diapasão (basta segurar a haste com a mão), retornando-o à posição N.
- **5.** Fazer o mesmo com o diapasão D_2 e verificar se ambos emitem o mesmo som (na mesma frequência).



- **1.** Manter o diapasão D_2 na posição N e retirar o diapasão da caixa de D_1 . Percutir o diapasão livre aproximá-lo do ouvido, e procurar ouvir o som emitido.
- **2.** Percutir novamente o diapasão e aproximá-lo da extremidade aberta da caixa conforme figura 3.2 e observar se há ou não reforço do som quando da aproximação do diapasão da boca da caixa acústica.
- **3.** Explicar o que foi observado no segundo procedimento.



Fig. 3.2 - Diapasão provocando ressonância na coluna de ar da caixa.

4. Percutir o diapasão livre e encostar o pé do diapasão na superfície da caixa de D₁, conforme a figura 3.3. Em qual das situações se obtém o som com maior intensidade: Quando o diapasão é apenas aproximado ou quando ele toca a superfície da caixa? Justificar.



Fig. 3.3 - Diapasão livre provocando ressonância por contato.





5. Colocar D_2 sem a massa de haste na posição A. Percutir o diapasão livre de D_1 , encostá-lo na caixa de D_2 e em seguida, retirá-lo (figura 3.4).



Fig. 3.4 – Diapasão livre provocando ressonância por contato.

5.	Nesse experimento, ocorre a ressonância? Quais os elementos que passaram a oscilar?
7.	Colocar uma massa de haste na metade de um dos ramos do diapasão D_2 . e repetir o procedimento. Neste caso, ocorre ressonância? Explicar e justificar o que se observa.

- **8.** Posicionar os diapasões na condição ativa **A** de maneira que suas caixas fiquem com as extremidades abertas voltadas uma para outra conforme figura 3.5.
- **9.** Percutir o diapasão D_1 e em seguida abafá-lo. Observar o que ocorre com o diapasão D_2 . Houve transferência de energia de D_1 para D_2 ? Porque se pode fazer tal afirmação?

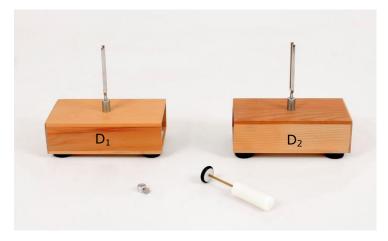
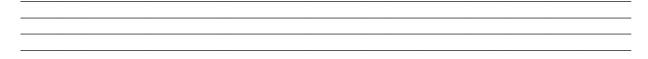


Fig. 3.5 - Ressonância entre dois sistemas de mesma frequência.





10	Repetir este procedimento algumas vezes para perceber bem o fenômeno. Descrever e explicar o fenômeno observado. Dar as condições para que tal fenômeno ocorra.
11	Colocar a massa de haste no diapasão D_2 e repetir o procedimento anterior. Observar o comportamento do diapasão D_2 . Executar o procedimento algumas vezes para perceber bem o fenômeno. O que diferencia este procedimento do anterior? Descrever e explicar o que foi observado.
12	Percutir um dos diapasões e aguardar alguns instantes. Colocar a massa de haste mais ou menos na metade de um dos ramos do diapasão e percuti-lo novamente. Observar a diferença no comportamento do diapasão com e sem a massa de haste.



Parte II: Batimento com onda sonora



Fig.3.6 - Diapasões para estudo do batimento

- **1.** Posicionar os dois diapasões sem as massas de haste com as extremidades abertas voltadas uma para a outra., conforme a figura 3.6.
- 2. Percutir um dos diapasões e em seguida o outro. Observar o que acontece.
- 3. Colocar a massa em um dos diapasões.
- **4.** Percutir um dos diapasões e em seguida o outro. Observar o que ocorre com o som resultante da superposição das duas ondas sonoras emitidas.

L.	Variar ligeiramente a posição da massa e explicar o que acontece com a frequência da onda resultante da superposição das duas ondas primitivas.
2.	Descrever e explicar o que foi observado com a variação da posição da massa de haste.



Manual de Instruções e Guia de Experimentos

CALORÍMETRO ELÉTRICO COM RESISTOR

OBSERVAÇÃO SOBRE OS DIREITOS AUTORAIS

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

POLITICA DE DEVOLUÇÕES

Todas as devoluções de produtos requerem uma autorização de devolução de mercadoria (RMA). Para isto entre em contato conosco pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638.

Produtos devolvidos para troca ou crédito deverão estar em condição de novo e na sua embalagem original. O produto não será aceito para troca ou crédito, e será devolvido para o cliente se não estiver em condição de novo.

GARANTIA

Nossos produtos possuem garantia contra defeitos de fabricação. Para maiores informações e detalhes, por favor, consulte nosso termo de garantia.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Prestamos assistência técnica permanente para nossos produtos diretamente em nossa fábrica. Durante o período de garantia legal de 90 dias o custo de frete será por conta da AZEHEB, depois deste período os custos de frete serão por conta do cliente. Antes de enviar qualquer produto para conserto entre em contato com nossa empresa pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638 para solicitar a autorização de devolução de mercadoria (RMA). Não serão aceitos produtos para conserto que tenham sido enviados sem contato prévio com nossa empresa.



ATENÇÃO

Este manual é exclusivamente para fins de sugestão de montagens de experimentos.

DEPENDENDO DA VERSÃO ADQUIRIDA, A COMPOSIÇÃO DO SEU KIT PODE SER DIFERENTE DA APRESENTADA NESTE MANUAL.

CASO SEJA NECESSÁRIO CONFERIR A COMPOSIÇÃO DO PRODUTO ADQUIRIDO:

<u>VENDA PRIVADA</u>: conferir a versão adquirida no orçamento aprovado. Se necessário contactar nossos vendedores.

VENDA PÚBLICA OU LICITAÇÃO: conferir com a PROPOSTA aceita pelo pregoeiro, e não com o edital (Cópia da proposta no CD de manuais que acompanha o pedido.)

Endereço:

AZEHEB | Laboratórios de Física Rua Evaristo F.F. da Costa, 621 Bairro Jardim das Américas Curitiba – PR CEP 81530-090

Telefone: (41) 3079-6638 E-mail: azeheb@azeheb.com.br



SUMÁRIO (MANUAL DO PROFESSOR)

COMPOSIÇÃO	1
ITENS RECOMENDADOS (VENDIDOS SEPARADAMETE)	2
CONHECENDO O CALORÍMETRO ELÉTRICO	
PARTE EXTERNA	3
PARTE INTERNA	3
EXPERIMENTOS	4
EXPERIMENTO 01 – DETERMINAR A CAPACIDADE TÉRMICA DO CALORÍMETRO	4
EXPERIMENTO 02 - EQUIVALENTE ELÉTRICO DO CALOR	6



COMPOSIÇÃO



Código	Quant.	Unid.	Descrição
65001006	01	UN	CALORIMETRO ELETRICO C/ RESISTOR



ITENS RECOMENDADOS (VENDIDOS SEPARADAMETE)

Código	Quant.	Unid.	Descrição	Foto
08002008	01	UN	FONTE DE ALIMENTACAO DIGITAL 32V/3A MINIPA MPL-1303M	919
55009020	01	UN	CABOS DE LIGACAO (PAR) 1.00M BANANA/BANANAAZUL C/ DERIVACAO	T
55009021	02	UN	CABOS DE LIGACAO (PAR) 1.00M BANANA/BANANAPETRO C/ DERIVACAO	
55009023	02	UN	CABOS DE LIGACAO (PAR) 1.00M BANANA/BANANAVERMELHO C/ DERIVACAO	
G08007006	01	UN	TERMOMETRO DIGITAL MV-363 MINIPA	
G08004003	02	UN	MULTÍMETRO DIGITAL ET-1002 MINIPA	
02009041	01	UN	BECKER DE VIDRO FORMA BAIXA GRADUADO GRIFFIN 0250ML	
02009159	01	UN	PROVETA GRAD. DE VIDRO C/ BASE POLIETILENO 0100ML	
65001027	01	UN	QUEIMADOR DE ACO INOX P/ ALCOOL	
02005032	01	UN	TELA DE ARAME GALVANIZADO C/ DISCO REFRATARIO	
65001060	01	UN	TERMOMETRO QUIMICO DE LIQUIDO ESCALA EXTERNA -10C A +150C	
65005085	01	UN	TRIPE DE FERRO TRIANGULAR 12X6CM	A
G05002003	01	UN	BALANCA MECANICA DE PRECISAO 2610g/0,1g MODELO MB2610	



CONHECENDO O CALORÍMETRO ELÉTRICO

PARTE EXTERNA



PARTE INTERNA





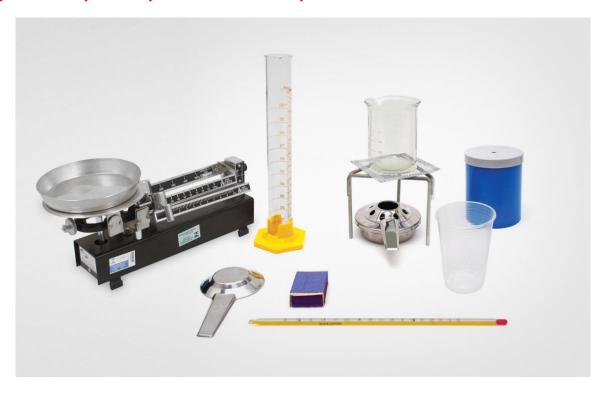
EXPERIMENTOS

EXPERIMENTO 01 – DETERMINAR A CAPACIDADE TÉRMICA DO CALORÍMETRO

OBJETIVO: Determinar experimentalmente o equivalente em água de um calorímetro (capacidade térmica do calorímetro).

Código	Quant.	Unid.	Descrição
02009041	01	UN	BECKER DE VIDRO FORMA BAIXA GRADUADO GRIFFIN 0250ML (*)
65001006	01	UN	CALORIMETRO ELETRICO C/ RESISTOR
02009159	01	UN	PROVETA GRAD. DE VIDRO C/ BASE POLIETILENO 0100ML (*)
65001027	01	UN	QUEIMADOR DE ACO INOX P/ ALCOOL (*)
02005032	01	UN	TELA DE ARAME GALVANIZADO C/ DISCO REFRATARIO (*)
65001036	01	UN	TERMOMETRO QUIMICO DE LIQUIDO ESCALA EXTERNA -10C A +150C (*)
65005085	01	UN	TRIPE DE FERRO TRIANGULAR 12X6CM AZE0092CA001 C/ACAB (*)
G05002003	01	UN	BALANCA MECANICA DE PRECISAO 2610g/0,1g MODELO MB2610 (*)
23015001	01	UN	CAIXA DE FÒSFORO (*)
XXXXXXXX	01	UN	COPO DESCARTÁVEL (*)

(*) Não acompanha o produto. Vendido separadamente.



- 1. Utilizar o equipamento conforme mostra a figura.
- 2. Colocar no calorímetro 50 mililitros de água (m_1) , retirados diretamente da torneira. $m_1 = 50g$
- **3.** Agitar cuidadosamente o calorímetro com água, aguardar o equilíbrio térmico e medir a temperatura (θ_1) do conjunto água fria + calorímetro. $\theta_1 = 27,5^{\circ}\text{C}$



4. Colocar 80 mililitros de água (m_2) no béquer e aquecer até uma temperatura (θ_2) entre 60° C. e 70° C.

Retirar o bequer do aquecimento e medir novamente a temperatura (θ_2). Anotar os valores da massa m_2 e da temperatura θ_2 .

$$m_2 = 80g$$

 $\theta_2 = 65^{\circ}C$

- **5.** Colocar esta água quente rapidamente no calorímetro, tampar e introduzir o termômetro em seu interior, tampando-o imediatamente.
- **6.** Observar cuidadosamente o comportamento da temperatura indicada no termômetro. Agitar suavemente o calorímetro para facilitar as trocas de calor entre as quantidades de água e o copo do calorímetro. Esperar até que a temperatura se estabilize. Esta temperatura (θ_E) é a temperatura de equilíbrio térmico do sistema.
- 7. Completar a tabela com os dados coletados.

Experimento	m ₁ (g)	m ₂ (g)	θ ₁ (° C)	θ ₂ (° C)	θ _E (0 C)	E(g)
1	50	80	27,5	65,00	47,5	20,00
2	56	84	28,0	64,00	47	19,16
3	62	91	27,5	67,00	48,5	20,12
					Média	19,76

8. Repetir o experimento mais duas vezes, usando em uma delas de 5 a 10g a mais de água quente e na outra de 5 a 10g a mais de água fria.

1. Considerar o sistema como sendo adiabático, aplicar o Princípio das Trocas de Calor e determinar o valor do equivalente em água do calorímetro para cada experimento:

$$\begin{aligned} Q_{cal} + Q_{AF} + Q_{AQ} &= 0 \\ E \cdot (\theta_E - \theta_1) + m_1 \cdot c_{\acute{a}gua} \cdot (\theta_E - \theta_1) + m_2 \cdot c_{\acute{a}gua} \cdot (\theta_E - \theta_2) &= 0 \\ E \cdot (47, 5 - 27, 5) + 50 \cdot 1 \cdot (47, 5 - 27, 5) + 80 \cdot 1 \cdot (47, 5 - 65) &= 0 \\ E &= 20 \frac{cal}{^{\circ}\text{C}} \end{aligned}$$

Porque o valor do volume de água medido em mililitros e a massa de água em gramas pode ser expresso pelo mesmo número?

Porque se está considerando a densidade da água igual a 1 g/cm³ que é igual a 1g/mL.

$$d = \frac{m}{v} \Rightarrow m = dV \Rightarrow m = 1 \frac{g}{cm^3} \cdot V(mL) = 1 \frac{g}{mL} \cdot V(mL) = V(g)$$

- 2. Qual o significado físico do equivalente em água de um corpo numa troca de calor? É a massa de água que possui a mesma capacidade térmica do corpo (no caso, do calorímetro).
- 3. Enumerar as principais fontes de erro neste experimento.
 - a) Erro na medida das massas de água quente e fria.
 - b) Erros nas leituras das temperaturas.
 - c) Perda de calor para o ambiente entre a leitura da temperatura da água quente e a sua colocação no interior do calorímetro.

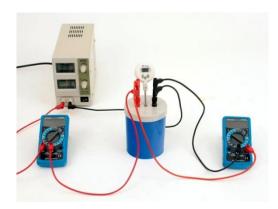


EXPERIMENTO 02 - EQUIVALENTE ELÉTRICO DO CALOR

OBJETIVO: Determinar o equivalente elétrico do calor utilizando cronômetro manual e comparar com o valor tabelado.

Código	Quant.	Unid.	Descrição
65001006	01	UN	CALORIMETRO ELETRICO C/ RESISTOR
08002008	01	UN	FONTE DE ALIMENTACAO DIGITAL 32V/3A MINIPA MPL-1303M
55009020	01	UN	CABOS DE LIGACAO (PAR) 1.00M BANANA/BANANAAZUL C/ DERIVACAO
55009021	02	UN	CABOS DE LIGACAO (PAR) 1.00M BANANA/BANANAPETRO C/ DERIVACAO
55009023	02	UN	CABOS DE LIGACAO (PAR) 1.00M BANANA/BANANAVERMELHO C/ DERIVACAO
G08007006	01	UN	TERMOMETRO DIGITAL MV-363 MINIPA
G08004003	02	UN	MULTÍMETRO DIGITAL ET-1002 MINIPA
02009041	01	UN	BECKER GRADUADO FORMA BAIXA 250mL(*)
02009160	01	UN	PROVETA DE VIDRO COM BASE DE PLASTICO 250mL(*)
G62001138	01	UN	CRONOMETRO DIGITAL MANUAL (*)

(*) Não acompanha o produto. Vendido separadamente.



Montagem utilizando multímetros



Montagem usando medidores da fonte

- **1.** Ajustar a fonte de alimentação com os seguintes procedimentos:
 - Ligar a fonte de alimentação
 - Ajustar a tensão para aproximadamente 15,0 V.
 - Curto-circuitar a fonte e ajustar a corrente para aproximadamente 2,00 A.
 - Desligar a fonte.
- 2. Colocar 80 g de água da torneira no calorímetro.
- 3. Tampar o calorímetro e Introduzir o termômetro em seu interior.
- **4.** Aguardar o equilíbrio térmico e anotar a temperatura inicial θ_i .

$$\theta_{\rm i} = 24.3^{\rm o} C$$

5. Preparar o cronômetro manual para medida do tempo. As medições serão realizadas a cada 10 segundos. É conveniente que as medidas de tempo e temperatura sejam realizadas por mais de um experimentador.



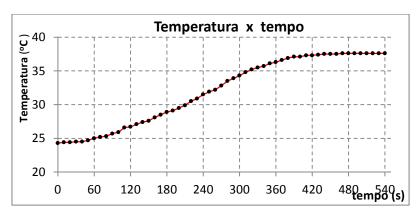
- **6.** Realizar a conexão do resistor do calorímetro à fonte de alimentação de maneira a permitir a medição da tensão aplicada e da corrente que circula no resistor.
- 7. Efetuada a conexão, a fonte indicará uma tensão menor para a corrente ajustada.
- **8.** Ligar a fonte de alimentação e simultaneamente acionar o cronômetro. Anotar os resultados experimentais de temperatura (θ) , tensão (U) e corrente (i) para os valores de tempo sugeridos na tabela.
- **9.** No instante t=360s abrir o circuito desconectando um dos cabos da fonte. Dessa maneira a fonte deixa de fornecer energia ao sistema.

t	θ	U	i	P
(s)	(°C)	(V)	(A)	(W)
0	24,3	7,5	2,05	15,375
10	24,4	7,5	2,05	15,375
20	24,4	7,5	2,05	15,375
30	24,5	7,5	2,05	15,375
40	24,5	7,5	2,05	15,375
50	24,7	7,5	2,05	15,375
60	25	7,5	2,05	15,375
70	25,2	7,5	2,05	15,375
80	25,3	7,5	2,05	15,375
90	25,7	7,5	2,05	15,375
100	25,9	7,5	2,05	15,375
110	26,6	7,5	2,05	15,375
120	26,7	7,5	2,05	15,375
130	27,1	7,5	2,05	15,375
140	27,4	7,5	2,05	15,375
150	27,6	7,5	2,05	15,375
160	28,1	7,5	2,05	15,375
170	28,5	7,5	2,05	15,375
180	28,9	7,5	2,05	15,375

t	θ	U	i	P
(s)	(°C)	(V)	(A)	(W)
190	29,1	7,5	2,05	15,375
200	29,5	7,5	2,05	15,375
210	29,9	7,5	2,05	15,375
220	30,5	7,5	2,05	15,375
230	30,9	7,5	2,05	15,375
240	31,5	7,5	2,05	15,375
250	31,9	7,5	2,05	15,375
260	32,2	7,5	2,05	15,375
270	32,8	7,5	2,05	15,375
280	33,5	7,5	2,05	15,375
290	33,9	7,5	2,05	15,375
300	34,3	7,5	2,05	15,375
310	34,8	7,5	2,05	15,375
320	35,2	7,5	2,05	15,375
330	35,5	7,5	2,05	15,375
340	<i>35,7</i>	7,5	2,05	15,375
350	36,1	7,5	2,05	15,375
360	36,3	7,5	2,05	15,375
<i>370</i>	36,6	0	0	0

t	θ	U	i	P
(s)	(°C)	(V)	(A)	(W)
380	36,9	0	0	0
390	37,1	0	0	0
400	37,1	0	0	0
410	37,3	0	0	0
420	37,3	0	0	0
430	37,4	0	0	0
440	37,5	0	0	0
450	37,5	0	0	0
460	37,5	0	0	0
470	37,6	0	0	0
480	37,6	0	0	0
490	37,6	0	0	0
500	37,6	0	0	0
510	37,6	0	0	0
520	37,6	0	0	0
530	37,6	0	0	0
540	37,6	0	0	0

1. Confeccionar o gráfico "temperatura x tempo".



2. Calcular para cada valor do tempo o valor da potência fornecida pela fonte de alimentação:

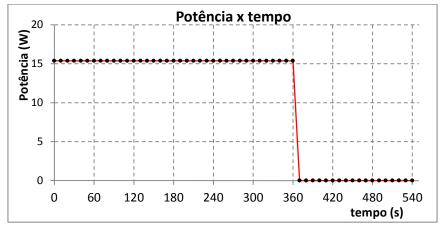
$$P = U \cdot i$$

Como a fonte mantém constante a tensão U e a corrente i, a potência fornecida em qualquer instante é constante:

P = 7,50x2,05 = 15,375J



3. Confeccionar o gráfico "Potência x tempo".



Utilizar uma planilha eletrônica para fazer os cálculos e plotar os gráficos.

4. Calcular o valor da área A sob a curva. Qual é o seu significado físico? A área sob a curva tem o valor da energia fornecida pela fonte de alimentação.

$$A = E = 7,50x2,05 = 15,375j$$

5. Calcular o valor da quantidade de calor consumida pelo sistema (responsável pela elevação de temperatura). A capacidade térmica do calorímetro é 20 cal/°C. Para temperatura final é razoável considerar o valor intermediário no patamar de temperatura.

$$Q = Q_{Calorimetro} + Q_{água}$$

Como temperatura final foi adotado o valor de 37,6 °C.

$$\begin{split} Q &= C_{calorimetro} \cdot \Delta \theta + m_{agua} \cdot c_{agua} \cdot \Delta \theta \\ Q &= 20 \cdot (37,6-24,3) + 80 \cdot 1 \cdot (37,6-24,3) \\ Q &= 1330 cal \end{split}$$

6. Considerar o sistema termicamente isolado e aplicar o Princípio da conservação da energia para determinar o equivalente elétrico do calor.

Como o sistema é considerado termicamente isolado a energia fornecida pela fonte de alimentação é igual à energia térmica absorvida pelo sistema calorímetro + água:

$$Q = E$$

$$1330cal = 15375J$$

$$1cal = \frac{15375}{1330}J$$

$$1cal = 4,162J$$

7. Comparar o valor experimental com o valor tabelado igual a 1 cal= 4,186 J.

$$\delta = \frac{4,186 - 4,162}{4,186} \cdot 100\% = 0,57\%$$



SUMÁRIO (MANUAL DO ALUNO)

SUMÁRIO (MANUAL DO ALUNO)	1
CONHECENDO O CALORÍMETRO ELÉTRICO	
PARTE EXTERNA	1
PARTE INTERNA	1
EXPERIMENTOS	2
EXPERIMENTO 01 – DETERMINAR A CAPACIDADE TÉRMICA DO CALORÍMETRO	2
EXPERIMENTO 02 - EQUIVALENTE ELÉTRICO DO CALOR	



CONHECENDO O CALORÍMETRO ELÉTRICO

PARTE EXTERNA



PARTE INTERNA





EXPERIMENTOS

EXPERIMENTO 01 – DETERMINAR A CAPACIDADE TÉRMICA DO CALORÍMETRO

OBJETIVO: Determinar experimentalmente o equivalente em água de um calorímetro (capacidade térmica do calorímetro).

Código	Quant.	Unid.	Descrição
02009041	01	UN	BECKER DE VIDRO FORMA BAIXA GRADUADO GRIFFIN 0250ML (*)
65001007	01	UN	CALORIMETRO SIMPLES (*)
02009159	01	UN	PROVETA GRAD. DE VIDRO C/ BASE POLIETILENO 0100ML (*)
65001027	01	UN	QUEIMADOR DE ACO INOX P/ ALCOOL (*)
02005032	01	UN	TELA DE ARAME GALVANIZADO C/ DISCO REFRATARIO (*)
65001036	01	UN	TERMOMETRO QUIMICO DE LIQUIDO ESCALA EXTERNA -10C A +150C (*)
65005085	01	UN	TRIPE DE FERRO TRIANGULAR 12X6CM AZE0092CA001 C/ACAB (*)
G05002003	01	UN	BALANCA MECANICA DE PRECISAO 2610g/0,1g MODELO MB2610 (*)
23015001	01	UN	CAIXA DE FÒSFORO (*)
XXXXXXXX	01	UN	COPO DESCARTÁVEL (*)

((*)) Não acompanha o produto. Vendido separadamente.



- 1. Utilizar o equipamento conforme mostra a figura.
- 2. Colocar no calorímetro 50 mililitros de água (m₁), retirados diretamente da torneira.
- **3.** Agitar cuidadosamente o calorímetro com água, aguardar o equilíbrio térmico e medir a temperatura (θ_1) do conjunto água fria + calorímetro. $\theta_1 = \underline{\hspace{1cm}}$
- **4.** Colocar 80 mililitros de água (m_2) no bequer e aquecer até uma temperatura (θ_2) entre 60° C. e 70° C.

Retirar o bequer do aquecimento e medir novamente a temperatura (θ_2) . Anotar os valores da massa m_2 e da temperatura θ_2 .



- **5.** Colocar esta água quente rapidamente no calorímetro, tampar e introduzir o termômetro em seu interior, tampando-o imediatamente.
- **6.** Observar cuidadosamente o comportamento da temperatura indicada no termômetro. Agitar suavemente o calorímetro para facilitar as trocas de calor entre as quantidades de água e o copo do calorímetro. Esperar até que a temperatura se estabilize. Esta temperatura (θ_E) é a temperatura de equilíbrio térmico do sistema.
- 7. Completar a tabela com os dados coletados.

Experimento	$m_1(g)$	m ₂ (g)	θ ₁ (° C)	θ ₂ (° C)	θ _E (ο C)	E(g)
1						
2						
3						
					Média	

8. Repetir o experimento mais duas vezes, usando em uma delas de 5 a 10g a mais de água quente e na outra de 5 a 10g a mais de água fria.

1.	Considerar o sistema como sendo adiabático, aplicar o Princípio das Trocas de Calor e determinar o valor do equivalente em água do calorímetro para cada experimento:
	Porque o valor do volume de água medido em mililitros e a massa de água em gramas pode ser expresso pelo mesmo número?
2.	Enumerar as principais fontes de erro neste experimento.

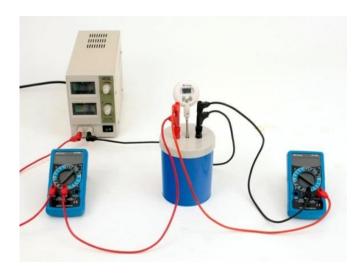


EXPERIMENTO 02 - EQUIVALENTE ELÉTRICO DO CALOR

OBJETIVO: - Determinar o equivalente elétrico do calor utilizando cronômetro manual e comparar com o valor tabelado.

Código	Quant.	Unid.	Descrição
65001006	01	UN	CALORIMETRO ELETRICO C/ RESISTOR
08002008	01	UN	FONTE DE ALIMENTACAO DIGITAL 32V/3A MINIPA MPL-1303M
55009020	01	UN	CABOS DE LIGACAO (PAR) 1.00M BANANA/BANANAAZUL C/ DERIVACAO
55009021	02	UN	CABOS DE LIGACAO (PAR) 1.00M BANANA/BANANAPETRO C/ DERIVACAO
55009023	02	UN	CABOS DE LIGACAO (PAR) 1.00M BANANA/BANANAVERMELHO C/ DERIVACAO
G08007006	01	UN	TERMOMETRO DIGITAL MV-363 MINIPA
G08004003	02	UN	MULTÍMETRO DIGITAL ET-1002 MINIPA
02009041	01	UN	BECKER GRADUADO FORMA BAIXA 250mL(*)
02009160	01	UN	PROVETA DE VIDRO COM BASE DE PLASTICO 250mL(*)
G62001138	01	UN	CRONOMETRO DIGITAL MANUAL (*)

(*) Não acompanha o produto. Vendido separadamente.





Montagem utilizando multímetros

Montagem usando medidores da fonte

- 1. Ajustar a fonte de alimentação com os seguintes procedimentos:
 - Ligar a fonte de alimentação
 - Ajustar a tensão para aproximadamente 15,0 V.
 - Curto-circuitar a fonte e ajustar a corrente para aproximadamente 2,00 A.
 - Desligar a fonte.
- 2. Colocar 80 g de água da torneira no calorímetro.
- 3. Tampar o calorímetro e Introduzir o termômetro em seu interior.
- **4.** Aguardar o equilíbrio térmico e anotar a temperatura inicial θ_i .

$$\theta_{\rm i} =$$



- **5.** Preparar o cronômetro manual para medida do tempo. As medições serão realizadas a cada 10 segundos. É conveniente que as medidas de tempo e temperatura sejam realizadas por mais de um experimentador.
- **6.** Realizar a conexão do resistor do calorímetro à fonte de alimentação de maneira a permitir a medição da tensão aplicada e da corrente que circula no resistor.
- 7. Efetuada a conexão, a fonte indicará uma tensão menor para a corrente ajustada.
- **8.** Ligar a fonte de alimentação e simultaneamente acionar o cronômetro. Anotar os resultados experimentais de temperatura (θ) , tensão (U) e corrente (i) para os valores de tempo sugeridos na tabela.
- **9.** No instante t=360s abrir o circuito desconectando um dos cabos da fonte. Dessa maneira a fonte deixa de fornecer energia ao sistema.

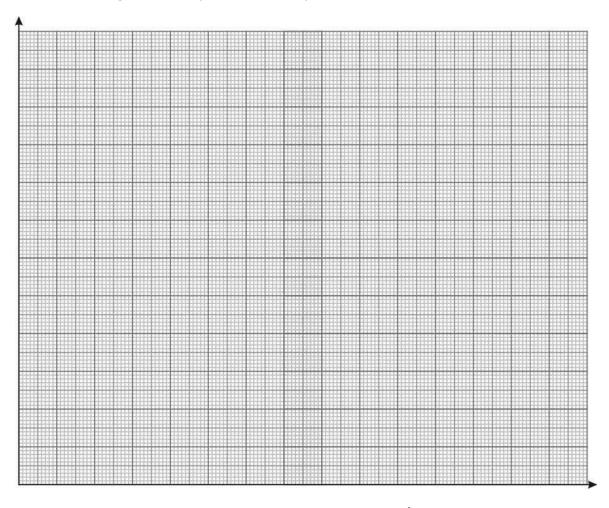
t	θ	U	i	Р
<i>(s)</i>	(°C)	(V)	(A)	(W)
0				
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
110				
120				
130				
140				
150				
160				
170				
180				

t	θ	U	i	Р
(s)	(°C)	(V)	(A)	(W)
190				
200				
210				
220				
230				
240				
250				
260				
270				
280				
290				
300				
310				
320				
330				
340				
350				
360				
370				

t	θ	U	i	Р
(s)	(°C)	(V)	(A)	(W)
380				
390				
400				
410				
420				
430				
440				
450				
460				
470				
480				
490				
500				
510				
520				
530				
540				



1. Confeccionar o gráfico "temperatura x tempo".



2.	Calcular alimenta	·	cada	valor	do	tempo	0	valor	da	potência	fornecida	pela	fonte	de



		1111111	-			-			###	###	ш									11111		-				-	
												H															
alcul alcul levaç empe	ar (;ão eratu	o va de ira f	alor ten ïnal	da npe é r	a (erat	qua cura oáv	ınti a). vel	da A coi	de ca nsid	de apa der	e (calc lad o v	or e alc	cor tér or i	nsu mic nte	mi ca rm	da do ed	pe) (elo calc o r	si orín 10 p	ste net pat	ema ero arr	é nar	de	ter	al/ mp	°C era
ara c																									-		



Manual de Instruções e Guia de Experimentos

LABORATÓRIO DIDÁTICO DE ELETRICIDADE

OBSERVAÇÃO SOBRE OS DIREITOS AUTORAIS

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

POLITICA DE DEVOLUÇÕES

Todas as devoluções de produtos requerem uma autorização de devolução de mercadoria (RMA). Para isto entre em contato conosco pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638.

Produtos devolvidos para troca ou crédito deverão estar em condição de novo e na sua embalagem original. O produto não será aceito para troca ou crédito, e será devolvido para o cliente se não estiver em condição de novo.

GARANTIA

Nossos produtos possuem garantia contra defeitos de fabricação. Para maiores informações e detalhes, por favor, consulte nosso termo de garantia.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Prestamos assistência técnica permanente para nossos produtos diretamente em nossa fábrica. Durante o período de garantia legal de 90 dias o custo de frete será por conta da AZEHEB, depois deste período os custos de frete serão por conta do cliente. Antes de enviar qualquer produto para conserto entre em contato com nossa empresa pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638 para solicitar a autorização de devolução de mercadoria (RMA). Não serão aceitos produtos para conserto que tenham sido enviados sem contato prévio com nossa empresa.



ATENÇÃO

Este manual é exclusivamente para fins de sugestão de montagens de experimentos.

DEPENDENDO DA VERSÃO ADQUIRIDA, A COMPOSIÇÃO DO SEU KIT PODE SER DIFERENTE DA APRESENTADA NESTE MANUAL.

CASO SEJA NECESSÁRIO CONFERIR A COMPOSIÇÃO DO PRODUTO ADOUIRIDO:

<u>VENDA PRIVADA</u>: conferir a versão adquirida no orçamento aprovado. Se necessário contactar nossos vendedores.

VENDA PÚBLICA OU LICITAÇÃO: conferir com a PROPOSTA aceita pelo pregoeiro, e não com o edital (Cópia da proposta no CD de manuais que acompanha o pedido.)

Endereco:

AZEHEB | Laboratórios de Física Rua Evaristo F.F. da Costa, 621 Bairro Jardim das Américas Curitiba – PR CEP 81530-090

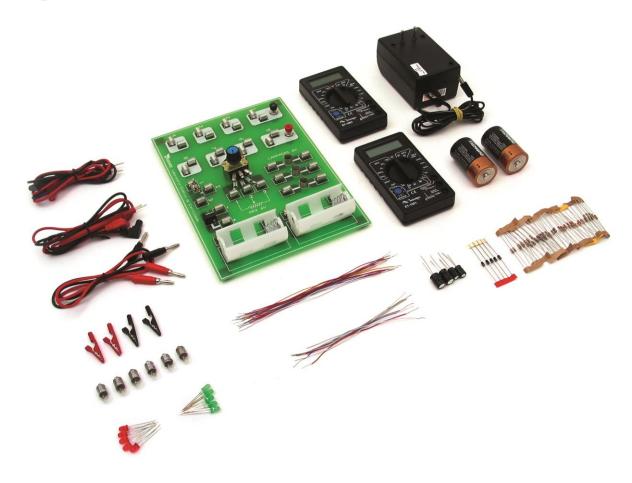
Telefone: (41) 3079-6638 E-mail: azeheb@azeheb.



INTRODUÇÃO

O Laboratório didático de eletricidade foi desenvolvido para a realização de uma grande variedade de experimentos em eletricidade. A placa para ensaios de circuitos elétricos pode ser utilizada para experimentos com circuitos simples até estudos mais complexos como Leis de Kirchhoff, diodos e carga e descarga de capacitores. A simbologia utilizada neste manual aparece detalhadamente no experimento 1.

EQUIPAMENTO



OBSERVAÇÕES GERAIS

MULTÍMETROS DIGITAIS

O Multímetro digital é um instrumento com múltiplas escalas e múltiplas funções de medida, como resistência, tensão e correntes alternadas e contínuas. As medidas são apresentadas em um visor de cristal líquido. A seleção de função de medida é feita girando um botão central e alguns modelos ou através de botões em outros.

Vantagens: As medidas realizadas com multímetros digitais são de fácil leitura e de excelente precisão. Os estudantes aprendem mais rapidamente a utilizar estes multímetros do que os multímetros analógicos. Outra vantagem destes multímetros é seu baixo custo para a compra.

Desvantagens: A maioria dos multímetros funciona à bateria ou pilhas. O tempo de vida de uma bateria de um multímetro digital é relativamente pequeno o faz com que a troca tenha que ser efetuada várias vezes dependendo de sua utilização. Outra desvantagem é a escala de medidas, ela apresenta sempre o maior valor da escala, por exemplo, 2000V, mas o visor apresentará no máximo 1999V, isto pode causar confusão em alguns usuários.

Para experimentos de eletricidade básica nós indicamos:

Multímetro Digital ET-1001 (Código: 14040003)

LÂMPADAS

O laboratório didático de eletricidade acompanha 3 lâmpadas miniaturas de 6V com potências diferentes (3W, 2W e 1,5W) e mais uma lâmpada sobressalente de cada potência. Isto torna os experimentos mais versáteis e realistas, pois podemos associar lâmpadas de diferentes potências.

PLACA DE ENSAIOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

As molas estão soldadas na placa e servem como conveniente método para conectar os mais diversos componentes como resistores, capacitores, diodos, fios e etc. Algumas molas estão ligadas diretamente aos componentes da placa como o potenciômetro, os soquetes para as pilhas, a chave, as lâmpadas e a entrada para alimentação da fonte de 6V. Na placa existem 8 ilhas de conexão numeradas onde as molas são ligadas em pares orientadas perpendicularmente entre elas. Isto facilita a montagem dos mais diversos circuitos.

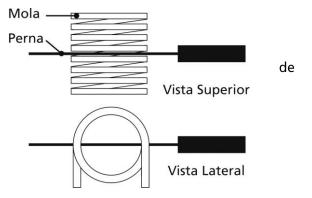
As molas são produzidas em metal temperado de alta resistência, por isto não deformam permanentemente. Isto aumenta a vida útil da placa, pois evita que as molas quebrem ao longo do tempo.

Os resistores, os fios e os outros componentes devem ser armazenados com cuidado após os experimentos a fim de evitar que os componentes se percam com facilidade.

Ao colocar as pilhas nos soquetes, verificar a polaridade (+/-), não é problema se inverter a polaridade das pilhas, mas em alguns circuitos é Perna necessário que a polaridade esteja correta.

A placa de ensaios possui uma entrada para uma fonte alimentação de 6V/2A. Esta fonte de alimentação possui proteção contra curto circuito.

As conexões dos componentes na placa de circuitos são simples, basta pressionar as pernas dos componentes entre os elos das molas de conexão. Para uma conexão perfeita é necessário que as pernas dos componentes atravessem os elos das molas de conexão. Observe o desenho.



EXPERIMENTOS

Os experimentos deste manual foram desenvolvidos para o aprendizado de eletricidade básica. O estudo começa com experimentos básicos utilizando a placa para ensaios de circuitos elétricos para que o usuário se familiarize ao seu funcionamento. Após esta fase inicial iniciam-se os experimentos mais complexos como associação série e paralelo de resistores, Leis de Ohm e Kirchhoff. Para finalizar estudamos o funcionamento dos capacitores, suas associações e a carga e a descarga em circuitos RC. Além destes experimentos, a placa para ensaios de circuitos elétricos permite que sejam criados novos experimentos, ou ainda, que experimentos sejam adaptados.

Experimento 01 – Conhecendo a Placa para Ensaios de Circuitos Elétricos – 1,2 e 3

Experimento 02 – Código de Cores - 8

Experimento 03 - Medindo Tensões - 4

Experimento 04 - Medindo Correntes - 5

Experimento 05 – Lei de Ohm – 9 e 10

Experimento 06 – Associação de Resistores 11-12

Experimento 07 – Associação de Lâmpadas

Experimento 08 – Lei de Kirchhoff 13-14-15

Experimento 09 – Estudo de Capacitores 16 -17-18 -19

Experimento 10 – Estudo de Diodos – 6-7

Experimento 11 - Carga e Descarga de um Capacitor | Circuito Rc

Experimento 12 - Descarga de Capacitores | Cálculo Experimental da Resistência Interna do Voltímetro | Circuito Rc

Experimento 13 - Descarga de Capacitores | Associação Série de Capacitores | Circuito Rc

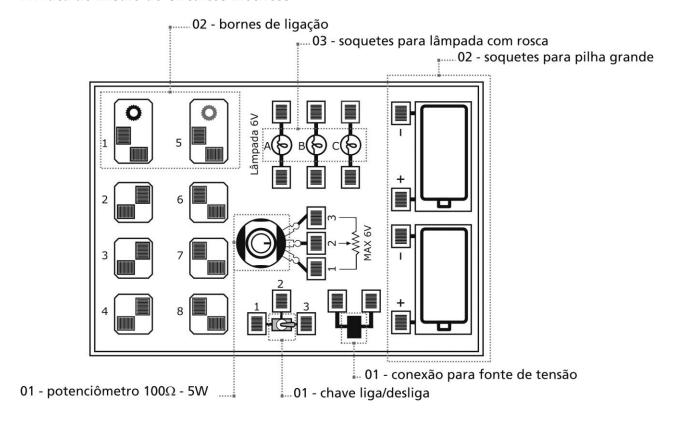
Experimento 14 - Descarga de Capacitores | Associação Paralela de Capacitores | Circuito Rc

EXPERIMENTO 1 - CONHECENDO A PLACA PARA ENSAIOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

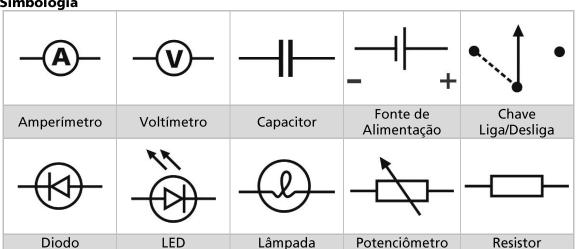
Proposta

Este primeiro experimento é dividido em 3 partes. A proposta deste experimento é ajudar na familiarização com a placa para ensaios de circuitos elétricos antes de executar experimentos com circuitos mais complexos e apresentar a simbologia que é utilizada na representação de ciruitos elétricos.

A Placa de Ensaio de Circuitos Elétricos



Simbologia



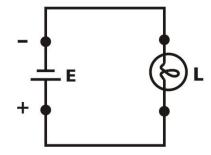
PARTE 1 -LIGAR UMA LÂMPADA EM UMA FONTE DE 6V

Material Necessário

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 2 fios para conexão
- 1 lâmpada de 6V/2W

Procedimentos

- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- 2. Ligar o pólo positivo da fonte de tensão (6V) a um dos lados da lâmpada C.
- **3.** Ligar o outro lado da lâmpada C ao pólo negativo da fonte de tensão (6V).



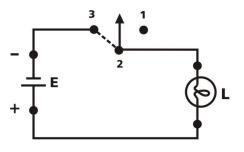
PARTE 2 -LIGAR UMA LÂMPADA EM SÉRIE COM UMA CHAVE E UMA FONTE DE 6V

Material Necessário

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 1 lâmpada de 6V/2W

Procedimentos

- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- 2. Ligar o pólo negativo da fonte de tensão (6V) ao ponto 3 da chave.
- 3. Ligar o ponto 2 da chave a um dos lados da lâmpada C.
- **4.** Ligar o outro lado da lâmpada C ao pólo positivo da fonte de tensão (6V).
- **5.** Mudar a posição da alavanca na chave e observar a lâmpada.



PARTE 3 -UTILIZAR O POTENCIÔMETRO COMO DIVISOR DE TENSÃO (0V À 6V) E A CHAVE EM SÉRIE COM A LÂMPADA.

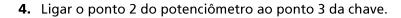
Potenciômetro – resistor que permite variação de sua resistência elétrica.

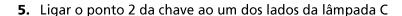
Material Necessário

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 5 fios para conexão
- 1 lâmpada de 6V/2W

Procedimentos

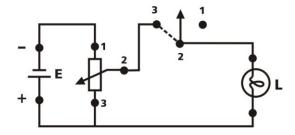
- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Ligar o pólo positivo da fonte de tensão (6V) ao ponto 3 do potenciômetro.
- **3.** Ligar o pólo negativo da fonte de tensão (6V) ao ponto 1 do potenciômetro.





6. Ligar o outro lado da lâmpada C ao ponto 3 do potenciômetro.

7. Ligar a chave e girar o dial do potenciômetro. Observar o brilho da lâmpada.



EXPERIMENTO 2 - CÓDIGO DE CORES

Proposta

Aprender como identificar o valor da resistência de um resistor pelo código de cores e comparar o seu valor com o ohmímetro.

Material Necessário

- 10 resistores com resistências elétricas diferentes.
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos

Resistência elétrica é uma grandeza física que representa uma constante de proporcionalidade entre a tensão e a intensidade de corrente elétrica. O valor da resistência elétrica de um resistor depende do material de que é feito e de sua geometria. A unidade de resistência elétrica é o ohm cujo símbolo é a letra grega Omega (Ω) . Exemplo: a resistência de um fio de ferro é 10ohms ou 10Ω . O instrumento utilizado para medir a resistência elétrica de um resistor é chamado de ohmímetro.

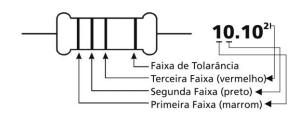
Os resistores mais comuns são de carvão ou fio fabricados com diversos tamanhos e valores.

O valor da resistência elétrica de um resistor vem codificado no corpo do resistor com anéis coloridos que são associados um número para cada cor.

Código de Cores

cor	Valor	Tolerância
prata	-2	10%
ouro	-1	5%
preto	0	
marrom	1	1%
vermelho	2	2%
laranja	3	
amarelo	4	
verde	5	
azul	6	
violeta	7	
cinza	8	
branco	9	

Exemplo de como se utiliza o código de cores:



Resistor 1, seja um resistor com o código de cores, marrom, preto e laranja (desconsiderar a tolerância).

	Cor	Valor
Primeira Cor:	Marrom	1
Segunda Cor:	Preto	0
Terceira Cor:	Laranja	3
Quarta Cor:	Ouro	5%

Valor da resistência elétrica:

R = 10.1000 R = 10000 ohm $R = 10000\Omega$

Colocar o resistor entre as ilhas de conexão 1 e 2 e escolher uma escala adequada no ohmímetro para medir o valor da resistência elétrica do resistor.

Valor medido R =

Resistor 2, seja um resistor com o código de cores, marrom, vermelho e vermelho (desconsiderar a tolerância).

Cor	Valor
Marrom	1
Vermelho	2
Vermelho	2
Ouro	5%
	Marrom Vermelho Vermelho

Valor da resistência elétrica:

R = 12.100 R = 1200 ohm $R = 1200\Omega$

Colocar o resistor entre as ilhas de conexão 1 e 2 e escolher uma escala adequada no ohmímetro para medir o valor da resistência elétrica do resistor.

Valor medido F	? =
----------------	------------

Procedimentos

- 1. Escolher outro resistor e colocar entre as ilhas de conexão 1 e 2.
- 2. Identificar as cores do resistor.

Faixa 1 cor_	
Faixa 2 cor_	
Faixa 3 cor_	
Faixa 4 cor	

3. Verifique o seu valor usando o código de cores.

R = ohm (valor nominal).

- **4.** Escolha uma escala adequada no multímetro para medir o valor da resistência do resistor.
- **5.** Medir o valor da resistência e completar a tabela.

 $R = \underline{\hspace{1cm}}$ ohm

6. O valor da resistência encontrado pelo ohmímetro é próximo do valor nominal?

7. Repetir os procedimentos anteriores para os outros resistores e completar a tabela abaixo.

	1ª faix	ка	2ª faixa)	3ª faixa	a				
Resistor	COR	Nº	COR	Nº	COR	Nº	R (Ω)	Medido $R(\Omega)$	Erro %	Tolerância %
R ₁	marro m	1	preto	0	laranja	3	10000 (Ω)	9970 (Ω)	0,3%	5%
R ₂	marro m	1	vermelho	2	vermelh o	2	1200 (Ω)	1220 (Ω)	1,67%	5%
R ₃										
R_4										
R_5										
R_6										
R ₇										
R ₈										
R ₉										
R ₁₀										

Tabela 1

EXPERIMENTO 3 - ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Proposta

Aprender como funcionam as associações de resistores em série, paralelo e misto.

PARTE 1 -ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES COM RESISTÊNCIAS IGUAIS.

Material Necessário

- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 4 fios para conexão
- 3 Resistores iguais
- 1 multímetro digital com pontas de prova

Procedimentos

Preparar o multímetro para medir resistência. Fixar o cabo preto no borne de entrada COM do multímetro e o cabo vermelho no borne de entrada $V\Omega$ mA. Fixar bem para estabelecer um bom contato. ($V\Omega$ mA, esta representação quer informar que nesta posição pode medir tensão, resistência elétrica e intensidade de corrente em mA). Ler o manual de instruções do multímetro digital ET1001.

Antes de iniciar os experimentos escolher três resistores iguais e preencher a tabela abaixo:

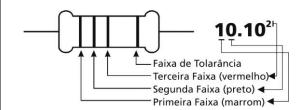
	Cores das Faixas			Valor	Valor	%	%	
	1 ^a	2ª	3ª	4ª	Indicado(Ω)	Medido (Ω)	Erro	Tolerância
R ₁								
R ₂								
R ₃								

Tabela 2

Código de cores

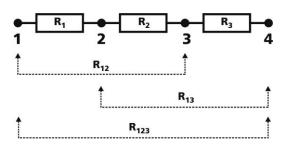
cor	Valor	Tolerância
prata	-2	10%
ouro	-1	5%
preto	0	
marrom	1	1%
vermelho	2	2%
laranja	3	
amarelo	4	
verde	5	
azul	6	
violeta	7	
cinza	8	
branco	9	

Exemplo de como se utiliza o código de cores:



Associação de Resistores em Série.

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
 - Colocar o resistor R₁ entre as ilhas de conexão 1 e 2
 - Colocar o resistor R₂ entre as ilhas de conexão 2 e 3
 - Colocar o resistor R₃ entre as ilhas de conexão 3 e 4

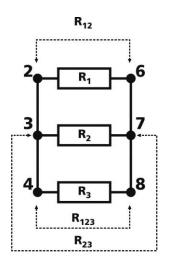


2. Com o multímetro, medir as resistências indicadas e preencher a tabela.

	Valor Medido (Ω)
R ₁₂	
R ₂₃	
R ₁₂₃	
	Tabela 3

Associação de Resistores em Paralelo.

- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
 - Colocar o resistor R₁ entre as ilhas de conexão 2 e 6
 - Colocar o resistor R₂ entre as ilhas de conexão 3 e 7
 - Colocar o resistor R₃ entre as ilhas de conexão 4 e 8
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 2 e 3
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 3 e 4
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 6 e 7
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 7 e 8



2. Com o multímetro, medir as resistências indicadas e preencher a tabela.

	Valor Medido (Ω)	Valor Medido sem R_3 (Ω)
R ₁₂		
R ₂₃		
R ₁₂₃		

Tabela 4

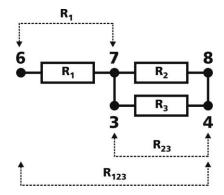
- **3.** Depois de realizar as medidas acima, retirar o resistor R₃, refazer as medidas e preencher a tabela acima.
- **4.** O que ocorreu com o valor da resistência?

Associação de Resistores Mista (Série e Paralelo)

- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
 - Colocar o resistor R₁ entre as ilhas de conexão 6 e 7
 - Colocar o resistor R₂ entre as ilhas de conexão 7 e 8
 - Colocar o resistor R₃ entre as ilhas de conexão 3 e 4
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 3 e 7
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 4 e 8
- 2. Com o multímetro, medir as resistências indicadas e preencher a tabela.

	Valor Medido (Ω)
R ₁₂	
R ₂₃	
R ₁₂₃	
	Tahela 5

Tabela 5



PARTE 2 -ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES COM RESISTÊNCIAS DIFERENTES

Material Necessário

- - 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- - 4 fios para conexão
- - 3 Resistores diferentes
- - 1 multímetro digital com pontas de prova.

Procedimentos

Preparar o multímetro para medir resistência. Fixar o cabo preto no borne de entrada COM do multímetro e o cabo vermelho no borne de entrada $V\Omega$ mA. Fixar bem para estabelecer um bom contato. ($V\Omega$ mA, esta representação quer informar que nesta posição pode medir tensão, resistência elétrica e intensidade de corrente em mA). Ler o manual de instruções do multímetro digital ET1001.

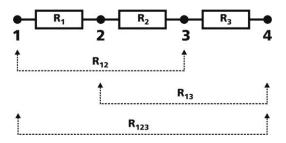
Antes de iniciar os experimentos escolher três resistores iguais e preencher a tabela abaixo.

	Cores das Faixas			Valor	Valor	%	%	
	1 ^a	2ª	3ª	4ª	Indicado(Ω)	Medido (Ω)	Erro	Tolerância
R ₁								
R ₂								
R ₃								

Tabela 6

Associação de Resistores em Série.

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
 - Colocar o resistor R₁ entre as ilhas de conexão 1 e 2
 - Colocar o resistor R₂ entre as ilhas de conexão 2 e 3
 - Colocar o resistor R₃ entre as ilhas de conexão 3 e 4



2. Com o multímetro, medir as resistências indicadas e preencher a tabela.

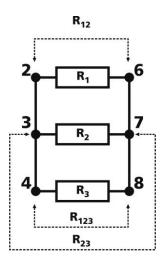
	Valor Medido (Ω)
R ₁₂	
R ₂₃	
R ₁₂₃	
	Tabela 7

Associação de Resistores em Paralelo.

- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
 - Colocar o resistor R₁ entre as ilhas de conexão 2 e 6
 - Colocar o resistor R₂ entre as ilhas de conexão 3 e 7
 - Colocar o resistor R₃ entre as ilhas de conexão 4 e 8
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 2 e 3
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 3 e 4
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 6 e 7
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 7 e 8
- **2.** Com o multímetro, medir as resistências indicadas e preencher a tabela.

	Valor Medido (Ω)	Valor Medido sem R_C (Ω)
R ₁₂		
R ₂₃		
R ₁₂₃		

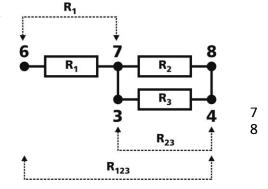
Tabela 8



- **3.** Depois de realizar as medidas acima, retirar o resistor R_C, refazer as medidas e preencher a tabela acima.
- **4.** O que ocorreu com o valor da resistência?

Associação de Resistores Mista (Série e Paralelo).

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
 - Colocar o resistor R₁ entre as ilhas de conexão 6 e 7
 - Colocar o resistor R₂ entre as ilhas de conexão 7 e 8
 - Colocar o resistor R₃ entre as ilhas de conexão 3 e 4
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 3 e
 - Ligar com um fio de conexão as ilhas de conexão 4 e
- **2.** Com o multímetro, medir as resistências indicadas e preencher a tabela:



	Valor Medido (Ω)
R ₁₂	
R ₂₃	
R ₁₂₃	
	Tabela 9

Conclusões

- **1.** Qual foi o erro (%) comparado com a tolerância indicada nos resistores?
- 2. Observando os valores encontrados nos experimentos, qual é a regra para associação de resistores iguais ou diferentes em série? E em paralelo? Justifique sua resposta com base nos dados coletados nos experimentos.

Extra

Utilizando os mesmos resistores dos experimentos já realizados e mais alguns fios, monte e meça as resistências em novos circuitos com mais de três resistores. Monte circuitos com quatro ou mais resistores testando os conceitos aprendidos nos experimentos anteriores.

EXPERIMENTO 4 - MEDINDO TENSÕES

Proposta

Aprender como é realizada a medida de tensões utilizando o multímetro digital e verificar o comportamento da tensão em relação à resistência nos mais diversos circuitos.

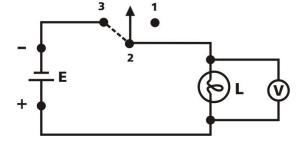
PARTE 1 - COMO MEDIR TENSÕES UTILIZANDO O MULTÍMETRO

Material Necessário

- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 1 lâmpada de 6V/2W

Procedimentos

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Com três condutores ligar a lâmpada a uma fonte de 6V em série com a chave:
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão (6V) ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a um dos lados da lâmpada C.
 - Ligar o outro lado da lâmpada C ao pólo positivo da fonte de tensão (6V).
- **3.** Estudar o mecanismo de liga/desliga da chave, para observar a maneira pela qual a chave se encontra ligada ou desligada. Para fazer este estudo observar a alavanca da chave quando ligada e quando desligada. Procure entender bem o funcionamento da chave para que nos próximos experimentos ela fique na posição desligada.
- **4.** Ajustar o seletor de escala do multímetro para medida de tensão (DCV) em 20. O voltímetro é um instrumento utilizado para medidas de tensão.
- **5.** Fixar o cabo preto no borne de entrada COM do multímetro e o cabo vermelho no borne de entrada VΩmA. Fixar bem para estabelecer um bom contato. (VΩmA, esta representação quer informar que nesta posição pode medir tensão, resistência elétrica e intensidade de corrente em mA). Ler o manual de instruções do multímetro digital ET1001.
- **6.** Para medir a tensão, devemos ligar o voltímetro em paralelo com o componente elétrico (lâmpada).
- **7.** Para medir a tensão à que a lâmpada submetida, devemos colocar as duas pontas de prova do voltímetro digital nos bornes de pressão da lâmpada C.
- 8. Anotar o valor registrado no visor do voltímetro digital. Prestar atenção com a polaridade, se estiver com a polaridade invertida vai aparecer um sinal de menos no visor do voltímetro digital. Para corrigir a polaridade no voltímetro basta inverter as pontas de prova.
 V=
 V
- **9.** A tensão indicada no voltímetro pode ficar oscilando um pouco na ordem de um ou dois centésimos, sempre utilizar neste caso o valor médio.
- **10.** Medir a tensão da fonte de alimentação, colocando as duas pontas de prova do voltímetro digital nos pólos positivo e negativo da fonte.
- **11.** Anotar o valor registrado no visor do voltímetro digital (o valor encontrado é igual ao do item 9, se o resultado for diferente justifique essa diferença). V=_____V



PARTE 2 -MEDINDO TENSÕES EM CIRCUITOS COM RESISTORES **IGUAIS**

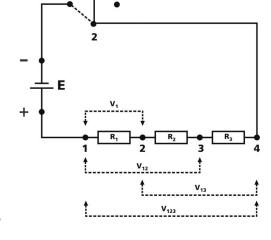
Medindo tensões em um circuito série.

Material Necessário

- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 3 resistores iguais

Procedimentos:

- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- 2. Escolher três resistores iguais e preencher a tabela abaixo com os valores dos resistores:



Resistor	Valor (Ω)			
R1				
R2				
R3				
Tabola 10				

Tabela 10

- 3. Com três condutores ligar três resistores iguais em série com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga.
 - Colocar o resistor de R₁ entre as ilhas de conexão 1 e 2
 - Colocar o resistor de R₂ ohm entre as ilhas de conexão 2 e 3.
 - Colocar o resistor de R₃ ohm entre as ilhas de conexão 3 e 4.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave ilha de conexão 4.
 - Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
 - Ligar a ilha de conexão 1 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V)
- **4.** Passar a alavanca da chave para a posição ligada.
- 5. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **6.** Medir as tensões e completar a tabela abaixo.

Resi	stência (Ω)	Tensão (V)		
R ₁		V_1		
R_2		V_2		
R_3		V_3		
R ₃		V_{12}		
R ₂₃		V_{23}		
R ₁₂₃		V_{123}		

Tabela 11

Medindo tensões em um circuito paralelo.

Material Utilizado

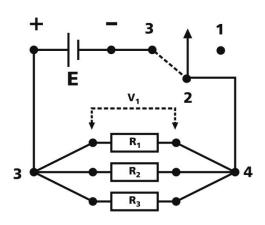
- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 3 resistores iguais

Procedimentos

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos
- **2.** Escolher três resistores iguais e preencher a tabela abaixo com os valores dos resistores:

Resistor	Valor (Ω)
R ₁	
R ₂	
R ₃	

Tabela 12



- **3.** Com três condutores ligar três resistores iguais em paralelo com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga
 - Colocar os três resistores R₁, R₂ e R₃ entre as ilhas de conexão 3 e 4
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 4.
 - Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
 - Ligar a ilha de conexão 3 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V)
- 4. Passar a alavanca da chave para a posição ligada.
- 5. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **6.** Medir as tensões e completar a tabela abaixo:

1
2
3
123

Tabela 13

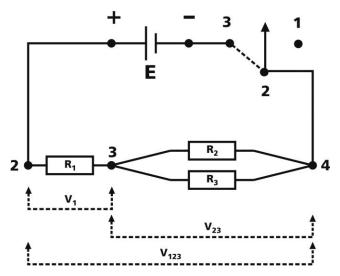
Medindo tensões em um circuito misto (série/paralelo)

Material Utilizado

- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 3 resistores iguais

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos
- **2.** Escolher três resistores iguais e preencher a tabela abaixo com os valores dos resistores:

Resistor	Valor (Ω)
R1	
R2	
R3	
Ta	abela 14



- **3.** Com três condutores, ligar três resistores iguais, conforme circuito, com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga:
 - Colocar os resistores R₂ e R₃ entre as ilhas de conexão 3 e 4
 - Colocar o resistor de R₁ entre as ilhas de conexão 2 e 3.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 4.
 - Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
 - Ligar a ilha de conexão 2 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V)
- 4. Passar a alavanca da chave para a posição ligada.
- 5. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **6.** Medir as tensões e completar a tabela abaixo:

Resi	stência (Ω)	Te	ensão (V)
R ₁		V_1	
R ₂₃		V_{23}	
R ₁₂₃		V_{123}	
	Tabe	la 15	

PARTE 3 - MEDINDO TENSÕES EM CIRCUITOS COM RESISTORES DIFERENTES

Medindo tensões em um circuito série

Material Utilizado

- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 3 resistores diferentes

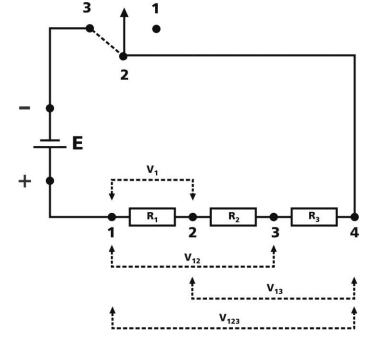
- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** -Escolher três resistores diferentes e preencher a tabela abaixo com os valores dos resistores:

Resistor	Valor (Ω)
R ₁	
R ₂	
R ₃	

Tabela 16

- **3.** Com três condutores ligar três resistores diferentes em série com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga:
 - Colocar o resistor R₁ entre as ilhas de conexão 1 e 2.
 - Colocar o resistor R₂ entre as ilhas de conexão 2 e 3.
 - Colocar o resistor R₃ entre as ilhas de conexão 3 e 4.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave ilha de conexão 4.
 - Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
 - Ligar a ilha de conexão 1 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V)
- 4. Passar a alavanca da chave para a posição ligada.
- 5. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **6.** Medir as tensões e completar a tabela abaixo:





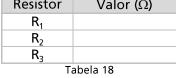
Medindo tensões em um circuito paralelo

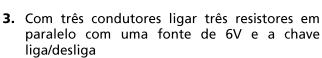
Material Utilizado

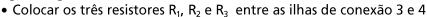
- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 3 resistores diferentes

- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos
- 2. Escolher três resistores diferentes e preencher tabela abaixo com os valores dos resistores:

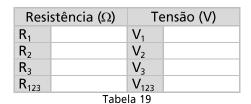
Resistor	Valor (Ω)
R ₁	
R ₂	
R ₃	
Ta	bela 18

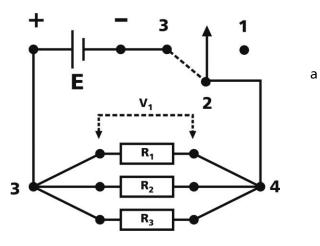






- Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
- Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 4.
- Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
- Ligar a ilha de conexão 3 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V)
- 4. Passar a alavanca da chave para a posição ligada.
- 5. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **6.** Medir as tensões e completar a tabela abaixo:





Medindo tensões em um circuito misto (série/paralelo)

Material Utilizado

- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 3 resistores diferentes

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Escolher três resistores diferentes e preencher a tabela abaixo com os valores dos resistores:

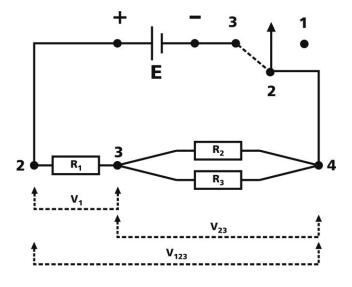
Valor (Ω)

Tabela 20

- **3.** Com três condutores ligar três resistores diferentes conforme circuito acima com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga
 - Colocar o resistores R₂ e R₃ entre as ilhas de conexão 3 e 4
 - Colocar o resistor R₁ entre as ilhas de conexão 2 e 3.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 4.
 - Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
 - Ligar a ilha de conexão 2 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V)
- **4.** Passar a alavanca da chave para a posição ligada.
- 5. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **6.** Medir as tensões e completar a tabela abaixo:

Resi	stência (Ω)	Te	ensão (V)
R ₁		V_1	
R ₂₃		V_{23}	
R ₁₂₃		V_{123}	

Tabela 21



EXPERIMENTO 5 - MEDINDO CORRENTES

Proposta

Aprender como é realizada a medida de correntes utilizando o multímetro digital e verificar o comportamento da corrente em relação à resistência nos mais diversos circuitos.

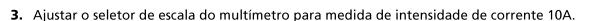
PARTE 1 - COMO MEDIR CORRENTES ELÉTRICAS UTILIZANDO O MULTÍMETRO DIGITAL

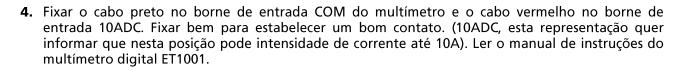
Material Utilizado

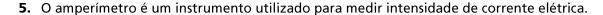
- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 5 fios para conexão
- 1 lâmpada 6V/2W

Procedimentos

- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Com quatro condutores ligar a lâmpada a uma fonte de 6V em série com a chave e um amperímetro digital.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 8.
 - Ligar a ilha de conexão 8 a ilha de conexão 7.
 - Ligar a ilha de conexão 7 a um dos lados da lâmpada C.
 - Ligar o outro lado da lâmpada C ao pólo positivo da fonte de tensão 6V.
 - Ligar a chave. A lâmpada acendeu?

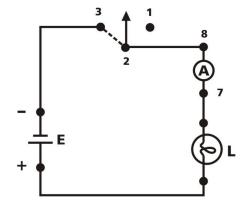






- **6.** Para medir a intensidade de corrente elétrica que a lâmpada está submetida, devemos ligar o amperímetro em série com os componentes elétricos (lâmpada / chave / fonte).
- **7.** Para medir a intensidade de corrente elétrica à que a lâmpada está submetida, devemos desfazer a ligação, ou seja, abrir o circuito entre as ilhas de conexão 7 e 8 e colocar as pontas de prova do amperímetro digital nas ilhas de conexão 7 e 8.
- **8.** Observar que o amperímetro está ligado em série com o circuito.
- 9. Anotar o valor registrado no visor do amperímetro digital (prestar atenção com a polaridade, se estiver com a polaridade invertida vai aparecer um menos no visor do amperímetro digital. Para corrigir a polaridade no amperímetro basta inverter as pontas de prova).
 I = A

10. A intensidade de corrente elétrica indicada no amperímetro pode ficar oscilando um pouco na ordem de um ou dois centésimos, sempre utilizar neste caso a valor médio.

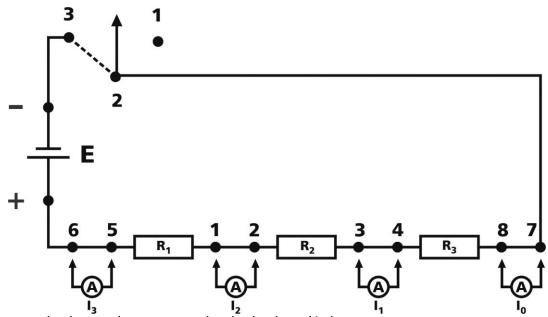


a polaridade no amperimetro, o cabo preto na posição COM é o cabo egativo).
na posição ligada e lâmpada acesa, retirar o amperímetro digital das ilhas de conexão 7 e 8.
eu com a lâmpada?
tro está ligado em série ou em paralelo com a lâmpada? Justifique sua resposta.

PARTE 2 - MEDINDO CORRENTES ELÉTRICAS EM UM CIRCUITO SÉRIE

Material Utilizado

- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 7 fios para conexão
- 1 resistor 47Ω .
- 1 resistor 100Ω .
- 1 resistor 220 Ω .



- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- 2. Com sete condutores ligar três resistores em série com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga
 - Colocar o resistor de 47Ω entre as ilhas de conexão 1 e 5
 - Colocar o resistor de 100Ω entre as ilhas de conexão 2 e 3.
 - Colocar o resistor de 220Ω ohm entre as ilhas de conexão 4 e 8.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave ilha de conexão 7.
 - Ligar a ilha de conexão 7 a ilha de conexão 8.
 - Ligar a ilha de conexão 4 a ilha de conexão 3.
 - Ligar a ilha de conexão 2 a ilha de conexão 1.
 - Ligar a ilha de conexão 5 a ilha de conexão 6.
 - Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
 - Ligar a ilha de conexão 6 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V)
- **3.** Fixar o cabo preto no borne de entrada COM dos multímetros e o cabo vermelho no borne de entrada VΩmA. Fixar bem para estabelecer um bom contato. (VΩmA esta representação quer informar que nesta posição o amperímetro pode medir de acordo com a grandeza escolhida medir tensão, resistência e correntes até 0,200A). Ler o manual de instruções do multímetro digital ET1001.
- **4.** Em um dos multímetros selecionar a escala de 20 DCV este será o voltímetro. No outro multímetro selecionar a escala de 20m DCA este será o amperímetro.

- **5.** Para realizar as medidas das correntes l₀ devemos abrir o circuito entre as ilhas de conexão 8 e 7 e colocar o amperímetro e fazer a leitura. Finalizada a leitura refazer a ligação anterior Para as outras correntes realizar o mesmo procedimento abrindo o circuito entre as ilhas 3 e 4, 1 e 2, 5 e 6 respectivamente e medindo a corrente, não esquecer de refazer a ligação após realizar a medida.
- **6.** Preencher a tabela abaixo com os valores medidos:

Resistência (Ω)	Corrente (A)	Tensão (V)	
R ₁	Io	V_1	
R ₂	I ₁	V_2	
R ₃	I ₂	V_3	
R ₁₂	I ₃	V ₁₂	
R ₂₃		V ₂₃	
R ₁₂₃		V ₁₂₃	

Tabela 22

Os valores de tensão são iguais ou diferentes? Justifique sua resposta.
8 – Os valores de corrente são iguais ou diferentes? Justifique sua resposta.

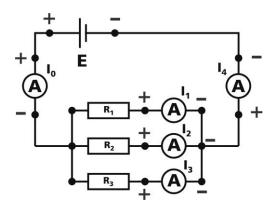
PARTE 3 - MEDINDO CORRENTES ELÉTRICAS EM UM CIRCUITO PARALELO

Material Utilizado

- 1 multímetro digital com pontas de prova
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 9 fios para conexão
- 1 resistor 47Ω .
- 1 resistor 100Ω .
- 1 resistor 220 Ω .

- Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Com nove condutores ligar três resistores em paralelo com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga.
 - Colocar o resistor de 47Ω entre as ilhas de conexão 2 e 6
 - Colocar o resistor de 100Ω entre as ilhas de conexão 3 e 7.
 - Colocar o resistor de 220Ω ohm entre as ilhas de conexão 4 e 8.
 - Ligar a ilha de conexão 2 a ilha de conexão 1.
 - Ligar a ilha de conexão 3 a ilha de conexão 1.
 - Ligar a ilha de conexão 4 a ilha de conexão 1.
 - Ligar a ilha de conexão 6 a ilha de conexão 5.
 - Ligar a ilha de conexão 7 a ilha de conexão 5.
 - Ligar a ilha de conexão 8 a ilha de conexão 5.
 - Ligar a ilha de conexão 5 ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 2 da chave.
 - Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
 - Ligar a ilha de conexão 1 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V).
- **3.** Fixar o cabo preto no borne de entrada COM dos multímetros e o cabo vermelho no borne de entrada VΩmA. Fixar bem para estabelecer um bom contato. (VΩmA esta representação quer informar que nesta posição o amperímetro pode medir de acordo com a grandeza escolhida medir tensão, resistência e correntes até 0,200A). Ler o manual de instruções do multímetro digital ET1001.
- **4.** Em um dos multímetros selecionar a escala de 20 DCV: este será o voltímetro. No outro multímetro selecionar a escala de 20m DCA: este será o amperímetro.
- **5.** Para realizar a medida da corrente l₀ devemos abrir o circuito entre a ilha de conexão 1 e o pólo positivo da fonte, colocar o amperímetro e fazer a leitura. Finalizada a leitura refazer a ligação anterior. Para medir l₄, devemos abrir a conexão entre o ponto 3 da chave e a ilha de conexão 5, inserindo o amperímetro. Para as correntes l₁, l₂ e l₃, realizar o mesmo procedimento abrindo o circuito entre as ilhas 5 e 6, 5 e 7, 5 e 8, respectivamente, medindo cada corrente. Não esquecer de refazer a ligação após realizar a medida.
- 6. Preencher a tabela abaixo com os valores medidos:

Resistência (Ω)		Corrente (A)		Tensão (V)	
R ₁		Io		V_1	
R_2		I ₁		V_2	
R_3		I_2		V_3	
R ₁₂		l ₃		V_{123}	



R ₂₃		I ₄		
R ₁₂₃				
T 1 1 22				

Tabela 23

7.	Os valores de tensão são iguais ou diferentes? Justifique sua resposta.
8.	Os valores de corrente são iguais ou diferentes? Justifique sua resposta.

EXPERIMENTO 6 - LEI DE OHM

Proposta

Aprender como se relacionam as variáveis que estão envolvidas na Lei de Ohm (Resistência, Intensidade de Corrente Elétrica, Diferença de Potencial)

PARTE 1 | USANDO UM RESISTOR | RELAÇÃO ENTRE TENSÃO E INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 5 fios para conexão
- 1 resistor de 120ohm (marrom, vermelho, marrom)
- 2 multímetros digitais com pontas de prova.

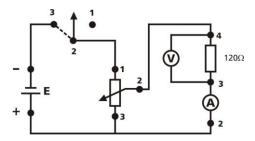
- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Com cinco condutores montar um divisor de tensão e controlado pela chave.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave ao ponto 1 do potenciômetro.
 - Ligar o ponto 3 do potenciômetro ao pólo positivo da fonte de tensão 6V.
 - Ligar o ponto 2 do potenciômetro ilha de conexão 4.
 - Colocar o resistor de 220Ω entre as ilhas de conexão 3 e 4.
 - Ligar ilha de conexão 2 ao ponto 3 do potenciômetro.
- 3. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir corrente, girar a escala até 200m DCA.
- 4. Colocar as pontas de provas do amperímetro entre as ilhas de conexão 2 e 3.
- 5. Observar que o amperímetro está ligado em série com o circuito.

6.	O amperímetro	é um instrum	ento utilizado	para	medir	 e	deve	ser
	ligado em	con	o circuito.					

- 7. A resistência interna do amperímetro é um valor _____ (grande / pequeno).
- 8. Ajustar o seletor de escala do outro multímetro para medir tensão, girar a escala até 200 DCV.
- 9. Colocar as pontas de prova do voltímetro entre as ilhas de conexão 3 e 4.
- **10.** Observar que o voltímetro está ligado em paralelo com o resistor.

11. 0 voltímetro	é um instrumento utilizado pa	ra medir	e deve ser
ligado em	com o circuito.		

- **12.** A resistência interna do voltímetro é um valor _____ (grande / pequeno).
- **13.** Ligar a chave e girar o dial do potenciômetro. Observar as variações de corrente e tensão.
- **14.** Inicialmente aplicar uma tensão de 1V DC ao resistor.



- OBS.: A tensão indicada no voltímetro pode ficar oscilando um pouco na ordem de um ou dois centésimos, sempre utilizar neste caso o valor médio.
 15. Observar o valor da intensidade da corrente elétrica.
 I = ______A
 - **OBS.:** A intensidade de corrente elétrica indicada no amperímetro pode ficar oscilando um pouco na ordem de um ou dois centésimos, sempre utilizar neste caso a valor médio.
- **16.** Calcular a razão entre a tensão e a intensidade de corrente elétrica.

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R =$$
____ohm

17. Colocar estes dados na tabela abaixo e completá-la para as tensões indicadas.

Tensão V (V)	Corrente I(A)	Resistência R (ohm)	Potência V . I = P(W)
1,0			
2,0			
3,0			
4,0			
5,0			

Tabela 24

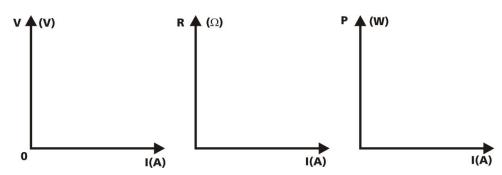
18. Na última linha da tabela, completar com o máximo valor de tensão encontrado.

19. A razão $\frac{V}{I}$ é denominada de ______ e é expressa em _____.

20.O produto (V . I), nos fornece a ______ e é medida em _____.

21. Aumentando a tensão, a intensidade de corrente ______ enquanto que a resistência elétrica é

22. Ao esboçar os diagramas envolvendo tais grandezas, ter-se-á para um mesmo resistor:



23.O primeiro diagrama nos leva a conclusão de que a diferença de potencial (tensão) é ______ (diretamente proporcional / inversamente proporcional) à intensidade de corrente elétrica.

24. Enuncie a primeira lei de Ohm.

25.O segundo diagrama nos leva a conclusão de que a resistência elétrica é ______. (constante / variável)

	O terceiro diagrama nos leva a conclusão corrente elétrica se relacionam de forma _	a intensidade de
27.	Enuncie a Lei de Joule.	

PARTE 2 | USANDO UM RESISTOR | RELAÇÃO ENTRE RESISTÊNCIA E INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA.

Proposta

Aprender como se relacionam as variáveis que estão envolvidas na Lei de Ohm (Resistência, Intensidade de Corrente Elétrica, Diferença de Potencial)

Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 5 fios para conexão
- 7 resistores diferentes
- 1 multímetro digital com pontas de prova.

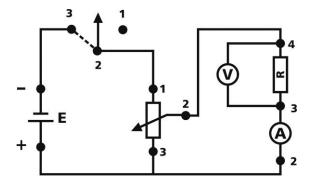
Procedimentos

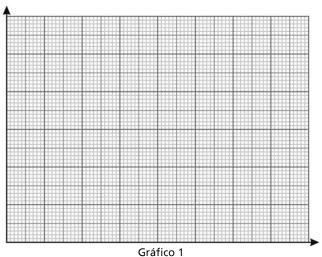
- **1.** Escolher pelo menos sete resistores diferentes para serem utilizados no circuito.
- **2.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **3.** Com cinco condutores montar um divisor de tensão e controlado pela chave.
 - Ligar o pólo negativo de uma das pilhas ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave ao ponto 1 do potenciômetro.
 - Ligar o ponto 3 do potenciômetro ao pólo positivo da pilha escolhida.
 - Ligar o ponto 2 do potenciômetro ilha de conexão 4.
 - Colocar um dos resistores escolhidos entre as ilhas de conexão 3 e 4.
 - Ligar ilha de conexão 2 ao ponto 3 do potenciômetro.
- 7. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir corrente, girar a escala até 200m DCA.
- 8. Ajustar o seletor de escala do outro multímetro para medir tensão, girar a escala até 200 DCV.
- 9. Verificar o valor indicado no voltímetro e no amperímetro em seguida colocar o valor na tabela
- **10.** Retirar o resistor anterior e colocar outro no lugar. Repetir o procedimento para os outros resistores escolhidos e preencher a tabela.

	Resistência (Ω)	Tensão (V)	Corrente (A)	Tensão / Corrente (V/A)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Tabela 25

11. Construir o gráfico da corrente em função da resistência.





	Granco					
12	Observando o gráfico, qual é a relação entre a corrente elétrica e a resistência?					
13	.A Lei de Ohm diz que a corrente elétrica é a relação entre tensão e resistência. Analisando seu gráfico, ele confirma esta afirmação?					

PARTE 3 | USANDO UMA LÂMPADA | RELAÇÃO ENTRE TENSÃO E INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

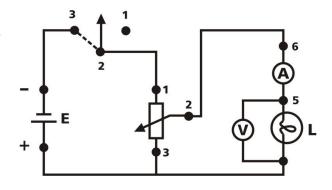
Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 6 fios para conexão
- 1 lâmpada de 6V/2W
- 2 multímetros digitais com pontas de prova.

Procedimentos

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Com cinco condutores montar um divisor de tensão controlado pela chave.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave ao ponto 1 do potenciômetro.
 - Ligar o ponto 3 do potenciômetro ao pólo positivo da fonte de tensão 6V.
 - Ligar o ponto 2 do potenciômetro a ilha de conexão 6.
 - Ligar a ilha de conexão 5 a um dos lados da lâmpada.
 - Ligar o outro lado da lâmpada ao ponto 3 do potenciômetro.
- 3. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir corrente, girar a escala até 10A
- **4.** Fixar o cabo preto no borne de entrada COM do multímetro e o cabo vermelho no borne de entrada 10ADC. Fixar bem para estabelecer um bom contato. (10ADC, esta representação quer informar que nesta posição pode intensidade de corrente até 10A). Ler o manual de instruções do multímetro digital.
- **5.** Colocar as pontas de provas do amperímetro entre as ilhas de conexão 5 e 6.
- **6.** Observar que o amperímetro está ligado em **série** com o circuito.
- 7. O amperímetro é um instrumento utilizado para medir ______ e deve ser ligado em com o circuito.
- **8.** Ligar a chave. A lâmpada deve aumentar o brilho ao girar o dial do potenciômetro.
- 9. Ajustar o seletor de escala do outro multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **10.** Colocar as pontas de prova do voltímetro nos dois lados da lâmpada.
- **11.** Observar que o voltímetro está ligado em paralelo com a lâmpada.
- **12.**O voltímetro é um instrumento utilizado para medir ______ e deve ser ligado em _____ com o circuito.
- **13.** Girar o dial do potenciômetro e observar as variações de corrente e tensão.
- **14.** Inicialmente aplicar uma tensão de 1V DC nos extremos da lâmpada.

OBS.: A tensão indicada no voltímetro pode ficar oscilando um pouco na ordem de um ou dois centésimos, sempre utilizar neste caso a valor médio.



15. Medir o valor da intensidade da corrente elétrica.

I = _____ A

- OBS.: A intensidade de corrente elétrica indicada no amperímetro pode ficar oscilando um pouco na ordem de um ou dois centésimos, sempre utilizar neste caso a valor médio.
- **16.** Calcular a razão entre a tensão e a intensidade de corrente elétrica.

 \Rightarrow R= ____ ohm

17. Colocar estes dados na tabela abaixo e completar a mesma para as tensões indicadas.

Tensão V (V)	Corrente I(A)	Resistência R (ohm)
1,0		
2,0		
3,0		
4,0 5,0		
5,0		

Tabela 26

- **18.** Na última linha da tabela, completar com o máximo valor de tensão encontrado.
- **19.** A resistência elétrica do filamento da lâmpada é um valor constante?
- 20. Comparando a tabela acima com a tabela do experimento anterior podemos concluir que o filamento da lâmpada como resistor

(obedece a Lei de Ohm / não obedece a Lei de Ohm).

EXPERIMENTO 7 – ASSOCIAÇÃO DE LÂMPADAS

Proposta

Aprender como se relacionam as variáveis corrente elétrica, tensão e resistência em associações de lâmpadas em série e paralelo.

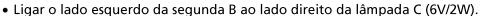
PARTE 1 - ASSOCIAÇÃO DE LÂMPADAS EM SÉRIE

Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 7 fios para conexão
- 2 lâmpadas de 6V/2W
- 1 lâmpada de 6V/250mA
- 2 multímetros digitais com pontas de prova

Procedimentos

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- 2. Com sete condutores ligar as lâmpadas a uma fonte de 6V em série com a chave:
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão (6V) ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão
 6
 - Ligar a ilha de conexão 5 no lado direito da lâmpada A (6V/250mA).
 - Ligar o lado esquerdo da lâmpada A ao lado direito da lâmpada B (6V/2W).

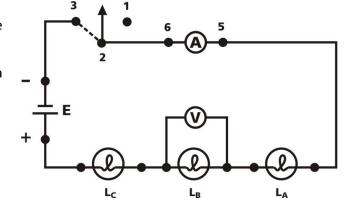


- Ligar o lado direito da lâmpada C pólo positivo da fonte de tensão 6V.
- 3. Observar que as lâmpadas estão associadas em série.
- 4. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir corrente, girar a escala até 10A.
- **5.** Fixar o cabo preto no borne de entrada COM do multímetro e o cabo vermelho no borne de entrada 10ADC. Fixar bem para estabelecer um bom contato. (10ADC, esta representação quer informar que nesta posição pode intensidade de corrente até 10A). Ler o manual de instruções do multímetro digital.
- 6. Colocar as pontas de provas do amperímetro entre as ilhas de conexão 5 e 6.
- **7.** Medir a intensidade de corrente elétrica.

I₁ = _____ A

- 8. A intensidade de corrente elétrica que circula nas lâmpadas A, B e C são iguais ou diferentes?
- **9.** Retirar o amperímetro que esta entre as ilhas de conexão 5 e 6 e refazer as ligações entre as ilhas utilizando um condutor no lugar do amperímetro.
- **10.** Abrir o circuito entre as lâmpadas A e B e medir a corrente elétrica entre as lâmpadas A e B. Colocar uma ponta de prova no lado direito da lâmpada A e a outra ponta de prova no lado esquerdo da lâmpada B. Não esquecer de ligar os pontos anteriores.

$$I_2 = A$$



uma ponta de prova no lado direito da lâmpada B e a outra ponta de prova no lado esquerdo lâmpada C. Não esquecer de ligar os pontos anteriores. I ₃ = A	da
12. A intensidade de corrente que circula nas lâmpadas são (iguais / diferentes) $I_1 = $	
13. Ajustar o seletor de escala do outro multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.	
14. Fixar o cabo preto no borne de entrada COM do multímetro e o cabo vermelho no borne entrada VΩmA. Fixar bem para estabelecer um bom contato. (VΩmA, esta representação quinformar que nesta posição pode medir tensão, resistência elétrica e intensidade de corrente mA). Ler o manual de instruções do multímetro digita.	ıer
15. Com as lâmpadas ligadas, medir a tensão aplicada em cada lâmpada. $V_A = \underline{\hspace{1cm}} V$ $V_B = \underline{\hspace{1cm}} V$ $V_C = \underline{\hspace{1cm}} V$	
16. Somar as tensões acima. $V = V_1 + V_2 + V_3$ $V = \underline{\hspace{1cm}} V$	
 17. Medir a tensão aplicada entre a lâmpada A e a lâmpada C. V = V 18. Comparar o valor da tensão do tem 15 com a do item 14. São iguais ou diferentes? 	
19. Com os valores de tensão e intensidade de corrente elétrica aplicada em cada lâmpada, calcula resistência elétrica de cada lâmpada. R ₁ = R ₂ = R ₃ =	ra
20. Calcular a resistência total da associação. $R = R_1 + R_2 + R_3 = $	
21. Calcular a resistência total da associação. $R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \underline{\qquad}$	
22. Comparar o valor da resistência elétrica do item 18 com a do item 19. São iguais ou diferentes?	
23. Com as lâmpadas ligadas, soltar uma lâmpada do soquete, qual foi o comportamento das out lâmpadas?	ras
24. Escreva suas conclusões com relação às grandezas, corrente e tensão, na associação em série.	

11. Abrir o circuito entre as lâmpadas B e C e medir a corrente elétrica entre as lâmpadas B e C. Colocar

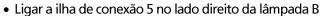
PARTE 2 – ASSOCIAÇÃO DE LÂMPADAS EM PARALELO

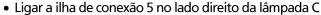
Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 9 fios para conexão
- 2 lâmpadas de 6V/2W
- 1 lâmpada de 6V/250mA
- 2 multímetros digitais com pontas de prova.

Procedimentos

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Com nove condutores, ligar as lâmpadas em paralelo a uma fonte de 6V em série com a chave:
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão (6V) ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 6
 - Ligar a ilha de conexão 5 no lado direito da lâmpada A





- Ligar o lado esquerdo da lâmpada A ao lado esquerdo da lâmpada B.
- Ligar o lado esquerdo da lâmpada B ao lado esquerdo da lâmpada C.
- Ligar o lado esquerdo da lâmpada C ao pólo positivo da fonte de tensão 6V.
- 3. Observar que as lâmpadas estão associadas em paralelo.
- 4. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir corrente elétrica, girar a escala até 10A.
- **5.** Fixar o cabo preto no borne de entrada COM do multímetro e o cabo vermelho no borne de entrada 10ADC. Fixar bem para estabelecer um bom contato. (10ADC, esta representação quer informar que nesta posição pode intensidade de corrente até 10A). Ler o manual de instruções do multímetro digital.

6. Colocar as pontas de provas do amperímetro entre as ilhas de conexão 5 e 6.

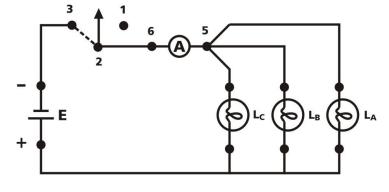
7.	Medir a intensidade de corrente elétrica. I=	_A.	Podemos	considerar	esta	corrente	como
	sendo a corrente que está chegando nas lâmpadas?						

8. A intensidade de corrente elétrica que circula nas lâmpadas A, B e C são iguais ou diferentes?

9. Retirar o amperímetro que está entre as ilhas de conexão 5 e 6 e refazer as ligações entre as ilhas de conexão 5 e 6.

10. Medir a corrente elétrica que circula na lâmpada A: I₁=______A. Abrir o circuito entre a ilha de conexão 5 e a lâmpada A. Colocar as pontas de prova do amperímetro entre o ponto 5 e o lado direito da lâmpada A. Não esquecer de ligar os pontos anteriores.

11. Medir a corrente elétrica que circula na lâmpada B: l₂=_____A. Abrir o circuito entre a ilha de conexão 5 e a lâmpada B. Colocar as pontas de prova do amperímetro entre o ponto 5 e o lado direito da lâmpada B. Não esquecer de ligar os pontos anteriores.



12. Medir a corrente elétrica que circula na lâmpada C: l₃=A. Abrir o circuito entre a ilha conexão 5 e a lâmpada C. Colocar as pontas de prova do amperímetro entre o ponto 5 e o lad direito da lâmpada C. Não esquecer de ligar os pontos anteriores.
13. A intensidade de corrente que circula nas lâmpadas são (iguais / diferentes)
14. Somar as correntes elétricas: =
15. O que é um nó?
16. O circuito estudado tem quantos nós?
17. O que é um ramo?
18. O circuito estudado tem quantos ramos?
19. O que é uma malha?
20. O circuito estudado tem quantas malhas?
 21. Comparar o item 14 com o item 7. São iguais ou diferentes? 22. Ajustar o seletor de escala do outro multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV. 23. Com as lâmpadas ligadas, medir a tensão aplicada em cada lâmpada. Colocar as pontas de prova de voltímetro nos extremos das lâmpadas.
24. As tensões são iguais ou diferentes? V ₁ = V V ₂ = V V ₃ = V V = V
25. Medir a tensão aplicada entre a lâmpada A e a lâmpada C. V = V
 26. Com os valores de tensão e intensidade de corrente elétrica aplicada em cada lâmpada, calcular resistência elétrica de cada lâmpada. R₁ =
27. Calcular a resistência total da associação.
$R = \frac{V}{I}$ \Rightarrow $R = \underline{\qquad}$
28. Calcular a resistência total da associação. $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \underline{\hspace{1cm}}$

29.	Comparar o valor da resistencia eletrica do tem 26 com a do item 27. São iguais ou diferentes
	Com as lâmpadas ligadas, soltar uma lâmpada do soquete. Qual foi o comportamento das outra lâmpadas?
31.	Escreva suas conclusões com relação às grandezas corrente e tensão na associação em paralelo.

EXPERIMENTO 08 – LEIS DE KIRCHHOFF

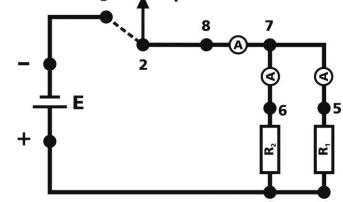
PARTE 1 - LEI DOS NÓS

Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 7 fios para conexão
- 2 multímetros digitais com pontas de prova.
- 1 resistor 120 (marrom / vermelho / marrom)
- 1 resistor 330 (laranja / laranja / marrom)

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Escolher dois resistores diferentes e preencher a tabela:

Resistor	Valor (Ω)		
R ₁			
R ₂			
Tabela 27			



- **3.** Com cinco condutores ligar dois resistores em paralelo e em série com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga.
 - Colocar o resistor de R₂ ohm entre as ilhas de conexão 2 e 6.
 - Colocar o resistor de R₁ ohm entre as ilhas de conexão 1 e 5.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 8.
 - Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
 - Ligar a ilha de conexão 8 à ilha de conexão 7.
 - Ligar a ilha de conexão 7 à ilha de conexão 6.
 - Ligar a ilha de conexão 7 à ilha de conexão 5.
 - Ligar a ilha de conexão 1 à ilha de conexão 2.
 - Ligar a ilha de conexão 2 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V).
- **4.** Passar a alavanca da chave para a posição ligada.
- **5.** Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir corrente elétrica, girar a escala até 200m DCA.
- **6.** Abrir o circuito entre as ilhas de conexão 7 e 8 e colocar as pontas de provas do amperímetro.
- **7.** Medir a intensidade de corrente elétrica: l=_____A. Podemos considerar esta corrente como sendo a corrente que esta chegando nó (ponto 7)? _____
- **8.** A intensidade de corrente I se divide em 2 correntes I_1 e I_2 . Podemos considerar que as correntes I_1 e I_2 estão saindo do nó (ponto 7)? _____
- **9.** Retirar as pontas de prova do amperímetro entre as ilhas de conexão 7 e 8 e refazer a ligação utilizando um condutor elétrico.
- **10.** Para medir a intensidade da corrente I₁ vamos abrir o circuito entre as ilhas de conexão 6 e 7 e colocar as pontas de provas do amperímetro entre as ilhas de conexão 6 e 7.

- **11.** Medir a intensidade de corrente que circula no resistor de 120 ohm. I₁ ______A
- **12.** Refazer as ligações entre as ilhas de conexão 6 e 7 utilizando um condutor elétrico.
- **13.** Para medir a intensidade da corrente I_2 vamos abrir o circuito entre as ilhas de conexão 5 e 7 e colocar as pontas de provas do amperímetro entre as ilhas de conexão 5 e 7.
- **14.** Medir a intensidade de corrente que circula no resistor de 330ohm. $l_2 =$ _____A
- **15.** Somar as correntes $I_1 \in I_2$. $I = I_1 + I_2$
 - $I = I_1 + I_2$ I = A
- **16.**O valor de I no item 14 com o valor de I no item 6 são ______. (iguais / diferentes)
- **17.** A soma das correntes que chegam em um nó é igual a _____ das correntes que saem do nó.
- **18.** Refazer a experiência para outros resistores.

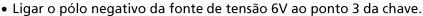
PARTE 2 - LEI DAS MALHAS 1

Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 1 multímetro digital com pontas de prova.
- 1 resistor 56Ω (verde / azul / preto)
- 1 resistor 120Ω (marrom / vermelho / marrom)
- 1 resistor 330Ω (laranja / laranja / marrom)

Procedimentos

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- 2. Com três condutores ligar dois resistores em série com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga.
 - Colocar o resistor de 56 ohm entre as ilhas de conexão 1 e 2
 - Colocar o resistor de 120 ohm entre as ilhas de conexão 2 e 3.
 - Colocar o resistor de 330 ohm entre as ilhas de conexão 3 e 4.



- Ligar o ponto 2 da chave ilha de conexão 4.
- Colocar a alavanca da chave na posição desligada.
- Ligar a ilha de conexão 1 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V)
- 3. Passar a alavanca da chave para a posição ligada.
- 4. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **5.** Medir a queda de tensão no resistor 1.

$$V_1 =$$
_____ V

6. Medir a queda de tensão no resistor 2.

$$V_2 =$$
______ V

7. Medir a queda de tensão no resistor 3.

$$V_3 =$$
_____ V

8. Somar as quedas de tensões.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

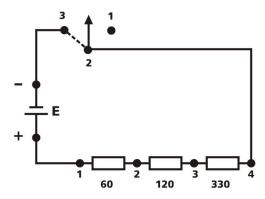
9. Medir a tensão da fonte (E - fem) (fem – força eletromotriz).

10. Comparar os itens 8 e 9. São iguais ou diferentes? _____

11. Completar a lei das malhas abaixo:

A soma das fem é igual soma das _____ de tensões.

12.Como sugestão para um outro experimento, colocar nos soquetes, duas pilhas novas e realizar a mesma experiência tendo em série com os resistores três fontes de tesão (E1, E2 e E3)



PARTE 3 - LEI DAS MALHAS 2

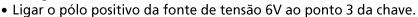
Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 7 fios para conexão
- 1 multímetro digital com pontas de prova.
- 1 resistor 56Ω (verde / azul / preto)
- 1 resistor 120Ω (marrom / vermelho / marrom)
- 1 resistor 330Ω (laranja / laranja / marrom)
- 2 pilhas grandes

Procedimentos

Montar o circuito a seguir na placa para ensaios de circuitos elétricos.

- **1.** Com cinco condutores ligar dois resistores em série com uma fonte de 6V e a chave liga/desliga:
 - Colocar o resistor de 56 ohm entre as ilhas de conexão 1 e 2
 - Colocar o resistor de 120 ohm entre as ilhas de conexão 2 e 3.
 - Colocar o resistor de 330 ohm entre as ilhas de conexão 3 e 4.
 - Colocar a alavanca da chave na posição desligada.



- Ligar o ponto 2 da chave ao pólo negativo da primeira pilha.
- Ligar a primeira pilha em série com a segunda pilha, ligando o pólo positivo da primeira pilha no o negativo da segunda pilha.
- Ligar o pólo positivo da segunda pilha a ilha de conexão 4.
- Ligar a ilha de conexão 1 ao pólo positivo da fonte de tensão de 6V.
- 2. Passar a alavanca da chave para a posição ligada.
- 3. Ajustar o seletor de escala do outro multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **4.** Medir a queda de tensão no resistor 1.

$$V_1 = _{---} V$$

5. Medir a queda de tensão no resistor 2. $V_2 =$ ______ V

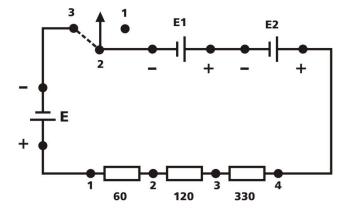
6. Medir a queda de tensão no resistor 3
$$V_3 =$$
______ V

7. Somar as quedas de tensões.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

8. Medir a tensão da fonte (E1 pilha 1).

9. Medir a tensão da fonte (E2 pilha 2).



10. Medir a tensão da fonte (E3).

E3 = ___

11. Somar as forças eletromotrizes.

E = E1 + E2 + E3

E = ___

12. Completar a lei das malhas abaixo. A soma das fem é igual soma das _____ de tensões.

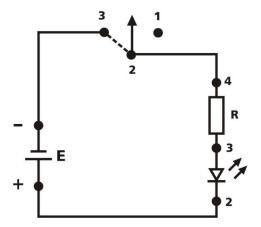
EXPERIMENTO 09-POLARIZAR CORRETAMENTE UM LED.

Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 Placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 1 LED vermelho
- 1 resistor de 120Ω (marrom, vermelho, marrom)

Procedimentos

- **1.** Montar o circuito a seguir na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Com três condutores ligar o LED a uma fonte de 6V em série com um resistor e a chave.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 4.
 - Colocar o resistor de 120 ohms entre as ilhas de conexão 3 e 4.
 - Colocar o LED vermelho entre as ilhas de conexão 2 e 3.
 - Ligar a ilha de conexão 2 ao pólo positivo da fonte de tensão (6V).



- Identifique a polaridade do ponto 3. _______ (positivo / negativo)
 Observar o LED vermelho, ele tem duas hastes de aproximadamente 30mm, a polaridade do LED é definida pelo comprimento das hastes.
 Identifique a polaridade do ponto 2. _______ (positivo / negativo)
 Se ao ligar a chave o LED brilhar então a polaridade está correta.
 Inverter a ligação do LED. O que ocorreu? ________
 Qual haste do LED é positiva?
 Com o LED ligado, medir a tensão no resistor. V_R = __________
- $V_L =$ _____V **11.** Com o LED polarizado invertido, medir a tensão no resistor. $V_R =$ _____V.
- **12.** Com o LED polarizado invertido, medir a tensão no LED. $V_L = \underline{\hspace{1cm}} V.$

10. Com o LED ligado, medir a tensão no LED.

13.O LED com a polaridade invertida permite a passagem de corrente elétrica? Justifique.

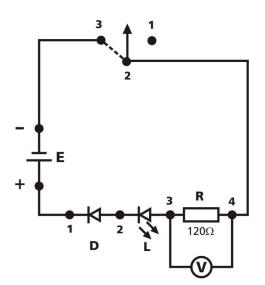
EXPERIMENTO 10-POLARIZAR CORRETAMENTE UM DIODO

Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 1 LED vermelho
- 1 diodo 4007
- 1 resistor de 120ohm (marrom, laranja, marrom)
- 1 multímetro digital com pontas de prova

Procedimentos

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Com três condutores ligar o diodo em série com o LED a uma fonte de 6V e em série com um resistor e chave.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão 6V ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 4.
 - Colocar o resistor de 120Ω entre as ilhas de conexão 3 e 4.
 - Colocar entre as ilhas de conexão 2 e 3 o LED vermelho, prestar atenção com a polaridade do LED, a haste maior que é positivo na ilha de conexão 3.
 - Colocar o diodo entre as ilhas de conexão 1e 2
 - Ligar a ilha de conexão 1 ao pólo negativo da fonte de tensão (6V).



- 3. Identifique a polaridade da ilha de conexão 3. _____ (positivo / negativo)
- **4.** Observar o diodo, ele possui um anel branco que indica sua polaridade.
- **5.** Identifique a polaridade da ilha de conexão 1. _____ (positivo / negativo)
- **6.** Se ao ligar a chave o LED brilhar então a polaridade do diodo está correta.
- 7. Inverter a ligação do diodo. O que ocorreu?
- **8.** Com o LED aceso, medir a tensão no resistor.

$$V_R = \underline{\hspace{1cm}} V$$

9. Com o LED aceso, medir a tensão no LED.

$$V_1 = V$$

10. Com o LED aceso, medir a tensão no diodo.

$$V_d = \underline{\hspace{1cm}} V$$

11. Com o diodo polarizado na posição invertido, o que ocorreu com o LED?

12. Com o diodo polarizado na posição invertido, medir a tensão no resistor.

$$V_R = \underline{\hspace{1cm}} V$$
.

а

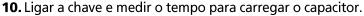
V _L =	o polarizado na posição invertido, medir a tensão no LED. _V.			
14. Com o diodo polarizado na posição invertido, medir a tensão no diodo. $V_D = \underline{\hspace{1cm}} V$.				
15. O diodo com	n a polaridade invertida permite a passagem de corrente elétrica? Justifique			
16. O LED tem ca	aracterísticas de um diodo? Por que?			

EXPERIMENTO 11-CARGA E DESCARGA DE UM CAPACITOR | CIRCUITO RC

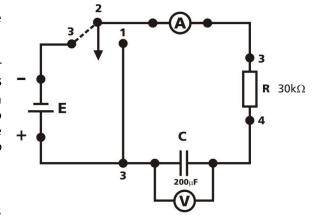
Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 2 multímetros digitais com pontas de prova.
- 1 capacitor 220µF
- 2 resistores $1M\Omega$
- 1 cronômetro manual

- **1.** Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- 2. Com cinco condutores, ligar um capacitor eletrolítico C de 220μF em série com dois resistores de 1MΩ e uma fonte com aproximadamente 6V. Prestar atenção no capacitor, pois existe uma indicação de polaridade que deve ser considerada no momento de se fazer às ligações.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão (6V) ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave ilha de conexão 8
 - Ligar a ilha de conexão 8 com a ilha de conexão 4
 - Colocar o resistor R₁ entre as ilhas de conexão 3 e 4.
 - Colocar o resistor R₂ entre as ilhas de conexão 2 e 3.
 - Colocar o capacitor entre as ilhas de conexão 1 e 2 a haste maior do capacitor deve ficar no ponto positivo.
 - Ligar a ilha de conexão 1 ao pólo positivo da fonte de tensão 6V.
- 3. Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir tensão, girar a escala até 20 DCV.
- **4.** Colocar as pontas de prova do voltímetro nos extremos do capacitor e anotar na tabela os valores de tensão nos tempos definidos.
- **5.** Ajustar o seletor de escala do multímetro para medir intensidade de corrente elétrica, girar a escala até 2000µ DCA.
- **6.** Abrir o circuito entre a ilha de conexão 8 e a ilha de conexão 4.
- 7. Colocar as pontas de prova do amperímetro entre as ilhas de conexão 8 e 4.
- **8.** Inicialmente o capacitor de capacitância $C = 220\mu F$ deve estar totalmente descarregado.
- **9.** Quando a chave for fechada em 3, o capacitor C é carregado através dos resistores R_1 e R_2 , observar a intensidade de corrente e a tenção no capacitor.



- no instante t=0
- intensidade de corrente elétrica inicial I=_____A
- tensão no capacitor V = V
- tempo para carregar capacitor até 5V t=____s



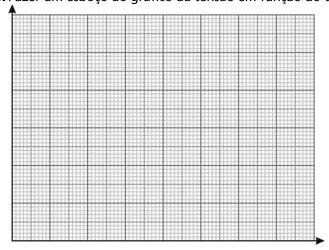
- **11.** Consideramos que um capacitor está plenamente carregado quando a tensão no capacitor torna-se igual à força eletromotriz da fonte. E a intensidade de corrente no circuito tende a zero.
- **12.** Como se comporta a intensidade de corrente? ______ (varia com o tempo / não varia com o tempo)
- **13.** Como se comporta a tensão no capacitor C?

14. Como se comporta a queda de tensão no resistor R.

- **15.** Repetir os procedimentos anteriores para que se entenda bem o comportamento da tensão e intensidade de corrente elétrica na carga de um capacitor.
- **16.** Descarregar o capacitor para iniciar as medidas de tempo na carga do capacitor nos valores definidos.
- **17.** Ligar a chave para carregar o capacitor observando os valores definidos na tabela. Para cada valor de tensão definido, coletar as medidas de tempo com o cronômetro manual, completando a tabela abaixo. Iniciar a contagem no momento que ligar a chave.

tempo	V (V)
0,00	0,00
	0,50
	1,00
	1,50
	2,00
	2,50
	3,00
	3,50
	4,00
	4,50
	5,00

18. Fazer um esboço do gráfico da tensão em função do tempo.



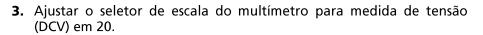
- E_H = _____
- E_V =_____

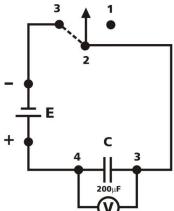
EXPERIMENTO 12-DESCARGA DE CAPACITORES | CÁLCULO EXPERIMENTAL DA RESISTÊNCIA INTERNA DO VOLTÍMETRO | CIRCUITO RC

Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 1 multímetro digital com pontas de prova.
- 1 cronômetro digital.
- 1 capacitor 220µF

- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- 2. Com três condutores, ligar um capacitor eletrolítico C de 220µF em série com uma fonte 6V. Prestar atenção no capacitor, pois existe uma indicação de polaridade que deve ser considerada no momento de se fazer às ligações.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão (6V) ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 4
 - Colocar o capacitor 220µF entre os pontos 3 e 4 a haste maior do capacitor deve ficar no ponto positivo.
 - Ligar a ilha de conexão 3 ao pólo positivo da fonte de tensão 6V.

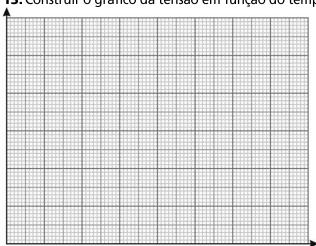




- **4.** Fixar o cabo preto no borne de entrada COM do multímetro e o cabo vermelho no borne de entrada VΩmA. Fixar bem para estabelecer um bom contato. (VΩmA, esta representação quer informar que nesta posição podemos medir tensão, resistência elétrica e intensidade de corrente em mA). Ler o manual de instruções do multímetro digital.
- 5. Para medir a tensão devemos ligar o voltímetro em paralelo com o com o capacitor .
- **6.** Para medir a tensão a que está submetido o capacitor, devemos colocar as duas pontas de prova do voltímetro digital nos extremos do capacitor.
- **7.** Ligar a chave para carregar o capacitor.
- **8.** Anotar o valor registrado no visor do voltímetro digital V = ______ V. Prestar atenção com a polaridade, se estiver com a polaridade invertida vai aparecer um menos no visor do voltímetro digital. Para corrigir a polaridade no voltímetro basta inverter as pontas de prova.
- **9.** A tensão indicada no voltímetro pode ficar oscilando um pouco na ordem de um ou dois centésimos, sempre utilizar neste caso a valor médio.
- **10.** Admitindo que o capacitor está plenamente carregado sob a tensão da fonte.
- **11.** Desligar a chave, o capacitor vai descarregar no voltímetro.
- **12.** Coletar as medidas de tempo para os valores de tensão indicados na tabela.

tempo	V (V)
0,00	6,00
	5,50
	5,00
	4,50
	4,00
	3,50
	3,00
	2,50
	2,00
	1,50
	1,00
	0,50

13. Construir o gráfico da tensão em função do tempo.



E_H = _____

 $E_{V} = _{--}$

- **14.** No instante t = 0, o capacitor C passa a se descarregar através do voltímetro. A corrente de descarga no circuito de malha única, varia com o tempo.
- **15.** Como não existe a força eletromotriz aplicamos a equação:

 $q = q_0 \cdot e^{\frac{-t}{RC}}$ (equação de descarga do capacitor) RC é chamado de constante de tempo capacitiva.

- 16. No instante t = RC a carga do capacitor esta reduzida a 36,8% de sua carga inicial, ou seja, 36,8% de sua tensão inicial.
- **17.** No gráfico encontrar a constante do capacitor C .

18. Calcular o valor da resistência do voltímetro R.

 $R = \frac{t}{C}$

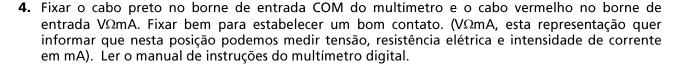
EXPERIMENTO 13-DESCARGA DE CAPACITORES | ASSOCIAÇÃO SÉRIE DE CAPACITORES | CIRCUITO RC

Material Utilizado

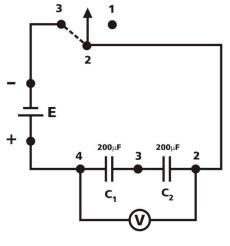
- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 1 multímetro digital com pontas de prova.
- 2 capacitores 220µF
- 1 cronômetro digital.

- **1.** Montar o circuito a seguir na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- **2.** Com três condutores, ligar dois capacitores eletrolíticos C de 220µF em série com uma fonte 6V. Prestar atenção no capacitor, pois existe uma indicação de polaridade que deve ser considerada no momento de se fazer às ligações.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão (6V) ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da a ilha de conexão 4
 - Colocar o capacitor 220µF entre as ilhas de conexão 3 e 4 a haste maior do capacitor deve ficar no ponto positivo.
 - Colocar o outro capacitor 220µF entre as ilhas de conexão 2 e 3 a haste maior do capacitor deve ficar no ponto positivo.
 - Ligar a ilha de conexão 2 ao pólo positivo da fonte de tensão 6V.



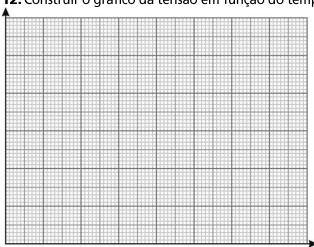


- 5. Para medir a tensão devemos ligar o voltímetro em paralelo com o com o capacitor.
- **6.** Para medir a tensão a que estão submetidos os capacitores, devemos colocar as duas pontas de prova do voltímetro digital nos extremos do capacitor da associação em série de capacitores.
- **7.** Ligar a chave para carregar o capacitor.
- **8.** Anotar o valor registrado no visor do voltímetro digital V = ______ V. Prestar atenção com a polaridade, se estiver com a polaridade invertida vai aparecer um menos no visor do voltímetro digital. Para corrigir a polaridade no voltímetro basta inverter as pontas de prova.
- **9.** A tensão indicada no voltímetro pode ficar oscilando um pouco na ordem de um ou dois centésimos, sempre utilizar neste caso a valor médio.
- **10.** Admitindo que o capacitor está plenamente carregado sob a tensão da fonte, desligar a chave, o capacitor vai descarregar no voltímetro.
- **11.** Coletar as medidas de tempo para os valores de tensão indicados na tabela.



tempo	V (V)
0,00	6,00
	5,50
	5,00
	4,50
	4,00
	3,50
	3,00
	2,50
	2,00
	1,50
	1,00
	0,50

12. Construir o gráfico da tensão em função do tempo.



 $\mathsf{E}_\mathsf{H} =$ $\mathsf{E}_\mathsf{V} =$

- **13.** No gráfico encontrar o valor da tensão que corresponde a 36,8% da tensão inicial.
- **14.** No gráfico encontrar a constante da associação de capacitores em série. R C =
- **15.** Encontrar o valor da capacitância da associação.

$$C = \frac{t}{R}$$

16. Calcular o valor da capacitância da associação.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

C =

17. Admitindo um erro de 5%, comparar o item 15 como item 16. São iguais ou diferentes?

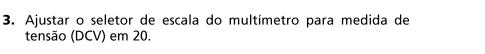
EXPERIMENTO 14-DESCARGA DE CAPACITORES | ASSOCIAÇÃO PARALELA DE CAPACITORES | CIRCUITO RC

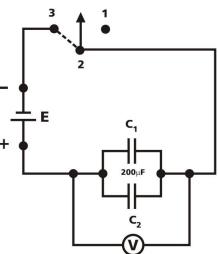
Material Utilizado

- 1 fonte de tensão 6V
- 1 placa para ensaios de circuitos elétricos
- 3 fios para conexão
- 1 multímetro digital com pontas de prova.
- 2 capacitores 220µF
- 1 cronômetro digital.

Procedimentos

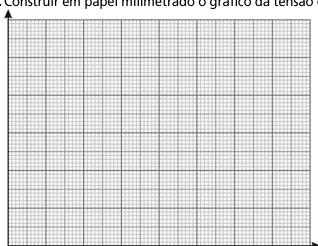
- 1. Montar o circuito na placa para ensaios de circuitos elétricos.
- 2. Com três condutores, ligar dois capacitores eletrolíticos C de 220µF em paralelo a uma fonte 6V. Prestar atenção no capacitor, pois existe uma indicação de polaridade que deve ser considerada no momento de se fazer às ligações.
 - Ligar o pólo negativo da fonte de tensão (6V) ao ponto 3 da chave.
 - Ligar o ponto 2 da chave a ilha de conexão 4
 - Colocar os capacitor es 220µF entre as ilhas de conexão 3 e 4 a haste maior do capacitor deve ficar no ponto positivo.
 - Ligar a ilha de conexão 3 ao pólo positivo da fonte de tensão 6V.





- **4.** Fixar o cabo preto no borne de entrada COM do multímetro e o cabo vermelho no borne de entrada VΩmA. Fixar bem para estabelecer um bom contato. (VΩmA, esta representação quer informar que nesta posição podemos medir tensão, resistência elétrica e intensidade de corrente em mA). Ler o manual de instruções do multímetro digital.
- 5. Para medir a tensão devemos ligar o voltímetro em paralelo com o com o capacitor.
- **6.** Para medir a tensão a que estão submetidos os capacitores, devemos colocar as duas pontas de prova do voltímetro digital nos extremos da associação em paralelo de capacitores.
- 7. Ligar a chave para carregar o capacitor.
- **8.** Anotar o valor registrado no visor do voltímetro digital V = ______ V. Prestar atenção com a polaridade, se estiver com a polaridade invertida vai aparecer um menos no visor do voltímetro digital. Para corrigir a polaridade no voltímetro basta inverter as pontas de prova. A tensão indicada no voltímetro pode ficar oscilando um pouco na ordem de um ou dois centésimos, sempre utilizar neste caso a valor médio.
- **9.** Admitindo que o capacitor está plenamente carregado sob a tensão da fonte, desligar a chave, o capacitor vai descarregar no voltímetro.
- **10.** Coletar as medidas de tempo para os valores de tensão indicados na tabela.

11. Construir em papel milimetrado o gráfico da tensão em função do tempo.



E_H =_____

E_V =_____

12. No gráfico encontrar o valor da tensão que corresponde a 36,8% da tensão inicial.

V = _____ V

13. No gráfico encontrar a constante do capacitor C .

R.C = _____

14. Encontrar o valor da capacitância da associação.

$$C = \frac{t}{R}$$

 $C = \underline{\qquad \qquad \frac{477}{1,1.10^{-6}}}$

15. Calcular o valor da capacitância da associação.

 $C = C_1 + C_2$

16. Considerando uma tolerância de erro de 5%, compare item 14 como item 15. São iguais ou diferentes? _____

Manual de Instruções e Guia de Experimentos

GERADOR ELETRICO DE MESA COM BLECAUTE

OBSERVAÇÃO SOBRE OS DIREITOS AUTORAIS

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

POLITICA DE DEVOLUÇÕES

Todas as devoluções de produtos requerem uma autorização de devolução de mercadoria (RMA). Para isto entre em contato conosco pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638.

Produtos devolvidos para troca ou crédito deverão estar em condição de novo e na sua embalagem original. O produto não será aceito para troca ou crédito, e será devolvido para o cliente se não estiver em condição de novo.

GARANTIA

Nossos produtos possuem garantia contra defeitos de fabricação. Para maiores informações e detalhes, por favor, consulte nosso termo de garantia.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Prestamos assistência técnica permanente para nossos produtos diretamente em nossa fábrica. Durante o período de garantia legal de 90 dias o custo de frete será por conta da AZEHEB, depois deste período os custos de frete serão por conta do cliente. Antes de enviar qualquer produto para conserto entre em contato com nossa empresa pelo nosso **formulário de contato**, ou pelo email <u>contato@azeheb.com.br</u> ou pelo telefone (41) 3079-6638 para solicitar a autorização de devolução de mercadoria (RMA). Não serão aceitos produtos para conserto que tenham sido enviados sem contato prévio com nossa empresa.



ATENÇÃO

Este manual é exclusivamente para fins de sugestão de montagens de experimentos.

DEPENDENDO DA VERSÃO ADQUIRIDA, A COMPOSIÇÃO DO SEU KIT PODE SER DIFERENTE DA APRESENTADA NESTE MANUAL.

CASO SEJA NECESSÁRIO CONFERIR A COMPOSIÇÃO DO PRODUTO ADQUIRIDO:

<u>VENDA PRIVADA</u>: conferir a versão adquirida no orçamento aprovado. Se necessário contactar nossos vendedores.

VENDA PÚBLICA OU LICITAÇÃO: conferir com a PROPOSTA aceita pelo pregoeiro, e não com o edital (Cópia da proposta no CD de manuais que acompanha o pedido.)

Endereço:

AZEHEB | Laboratórios de Física Rua Evaristo F.F. da Costa, 621 Bairro Jardim das Américas Curitiba – PR CEP 81530-090

Telefone: (41) 3079-6638 E-mail: azeheb@azeheb.com.br



SUMÁRIO (MANUAL DO PROFESSOR)

SUMÁRIO (MANUAL DO PROFESSOR)	
COMPOSIÇÃO	
ACESSÓRIOS (VENDIDOS SEPARADAMENTE)	
EXPERIMENTOS	
EXPERIMENTO - GERADOR ELÉTRICO MANUAL	4
Parte I: Gerador conectado ao voltímetro	4
Parte II: - Gerador conectado às lâmpadas	5
Parte III: Gerador conectado ao osciloscópio	6



COMPOSIÇÃO



Código	Quant.	Unid.	Descrição
67001020	01	UN	GERADOR ELETRICO MANUAL COM BLECAUTE



ACESSÓRIOS (VENDIDOS SEPARADAMENTE)

Código	Quant.	Unid.	Descrição	Foto
G08004006	01	UN	MULTÍMETRO DIGITAL MODELO ET-2082C	Therefore 11-0000
G08010006	01	UN	OSCILOSCÓPIO DIGITAL MODELO MVB- DSO 50MHZ	Soft brain branching of the soft branching of the soft brain
55009033	01	UN	CABO DE LIGAÇÃO COM DERIVAÇÃO (PAR) 1,00M BANANA/BANANA PRETO/VERMELHO	



EXPERIMENTOS

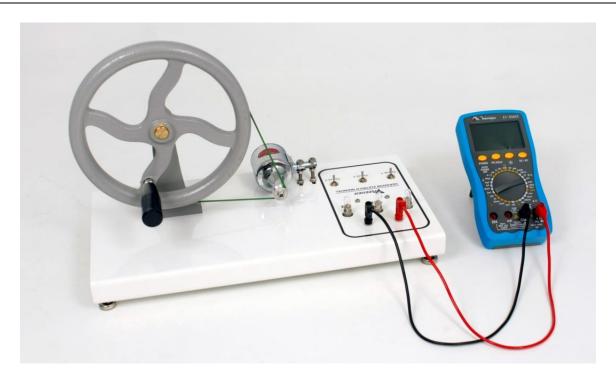
EXPERIMENTO - GERADOR ELÉTRICO MANUAL

Objetivo: Estudar o funcionamento de um gerador elétrico manual.

Código	Quant.	Unid.	Descrição
67001020	01	UN	GERADOR ELETRICO MANUAL COM BLECAUTE
G08004006	01	UN	MULTÍMETRO DIGITAL MODELO ET-2082C (*)
G08010006	01	UN	OSCILOSCÓPIO DIGITAL MODELO MVB-DSO 50MHZ (*)
55009033	01	UN	CABO DE LIGAÇÃO COM DERIVAÇÃO (PAR) 1,00M BANANA/BANANA PRETO/VERMELHO (*)

(*) Não acompanha o produto. Vendido separadamente.

Parte I: Gerador conectado ao voltímetro



- **1.** Manter com as chaves das lâmpadas desligadas.
- 2. Colocar a correia na polia da manivela e na polia do gerador.
- 3. Ajustar a escala do voltímetro para 20 VAC e conectá-lo aos terminais do gerador.
- **4.** Girar a manivela para acionar o gerador em vazio.
- **5.** Aumentar gradativamente a velocidade de giro e observar o que ocorre com a tensão indicada pelo voltímetro.
- **6.** Repetir o procedimento acrescentando ao circuito uma lâmpada de cada vez. Observar o que ocorre com a tensão indicada pelo voltímetro e com a dificuldade para girar a manivela à medida as lâmpadas são acrescentadas.



>>>>>>>>>>>

1. O que acontece com a tensão indicada pelo voltímetro conforme se aumenta a velocidade de giro da manivela? Justificar a resposta.

Com o aumento da velocidade de rotação a variação de fluxo magnético $(\frac{d\Phi_B}{dt})$ aumenta, aumentando a força eletromotriz induzida.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

2. Explicar o que se observou quanto à tensão indicada pelo voltímetro à medida que foram acrescentadas as lâmpadas (cargas) ao circuito.

Conforme se acrescenta carga ao circuito, aumenta a corrente induzida nas bobinas que produz um aumento na força contraeletromotriz, diminuindo a tensão.

3. Justificar porque a dificuldade em girar a manivela aumenta conforme as cargas são acrescentadas?

O campo criado pela corrente induzida contraria o campo magnético gerado pelo imã dificultando a rotação do gerador.

Parte II: - Gerador conectado às lâmpadas

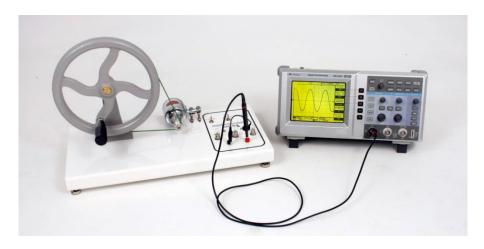


- **1.** Usar a mesma montagem da primeira parte com as chaves das lâmpadas desligadas.
- 2. Girar lentamente a manivela e ligar a chave de uma das lâmpadas.
- **3.** Aumentar o giro da manivela e observar o que ocorre com o brilho da lâmpada.
- **4.** Manter a velocidade de giro da manivela constante e ligar a chave de duas lâmpadas e a seguir das três lâmpadas.
- **5.** Observar o que ocorre que ocorre com o brilho das lâmpadas.



- **1.** O que acontece com o brilho da lâmpada conforme se aumenta a velocidade de giro da manivela? Justificar a resposta.
 - O brilho da lâmpada aumenta, pois conforme já observado anteriormente ocorre um aumento da tensão.
- **2.** Explicar o que se observou à medida que foram acrescentadas as lâmpadas (cargas) ao circuito para a mesma velocidade de giro do gerador.
 - Ao se acrescentar uma lâmpada em paralelo à primeira, o brilho de ambas diminui. Isso ocorre devido o surgimento de uma fcem maior, diminuindo a tensão fornecida pelo gerador às lâmpadas.

Parte III: Gerador conectado ao osciloscópio



- 1. Usar a mesma montagem dos procedimentos anteriores com uma lâmpada ligada.
- 2. Conectar os terminais da lâmpada ao osciloscópio.
- **3.** Girar a manivela e observar a forma da figura na tela do osciloscópio.

- Qual a forma da figura correspondente à variação de tensão apresentada no osciloscópio?
 A tela fornece uma forma de onda senoidal.
- 2. A tensão fornecida pelo gerador é contínua ou alternada? Justificar. Como a tensão varia de forma senoidal, trata-se de tensão alternada.



SUMÁRIO (MANUAL DO ALUNO)

SUMÁRIO (MANUAL DO ALUNO)	
EXPERIMENTOS	
EXPERIMENTO - GERADOR ELÉTRICO MANUAL	2
Parte I: Gerador conectado ao voltímetro	
Parte II: Gerador conectado às lâmpadas	3
Parte III: Gerador conectado ao osciloscópio	4



EXPERIMENTOS

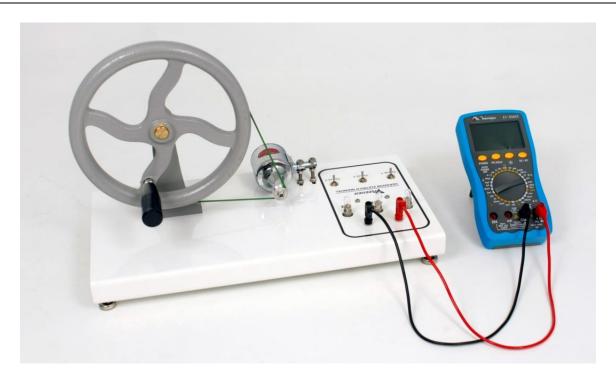
EXPERIMENTO - GERADOR ELÉTRICO MANUAL

Objetivo: Estudar o funcionamento de um gerador elétrico manual.

Código	Quant.	Unid.	Descrição
67001020	01	UN	GERADOR ELETRICO MANUAL COM BLECAUTE
G08004006	01	UN	MULTÍMETRO DIGITAL MODELO ET-2082C (*)
G08010006	01	UN	OSCILOSCÓPIO DIGITAL MODELO MVB-DSO 50MHZ (*)
55009033	01	UN	CABO DE LIGAÇÃO COM DERIVAÇÃO (PAR) 1,00M BANANA/BANANA PRETO/VERMELHO (*)

(*) Não acompanha o produto. Vendido separadamente.

Parte I: Gerador conectado ao voltímetro



- **1.** Manter com as chaves das lâmpadas desligadas.
- 2. Colocar a correia na polia da manivela e na polia do gerador.
- 3. Ajustar a escala do voltímetro para 20 VAC e conectá-lo aos terminais do gerador.
- **4.** Girar a manivela para acionar o gerador em vazio.
- **5.** Aumentar gradativamente a velocidade de giro e observar o que ocorre com a tensão indicada pelo voltímetro.
- **6.** Repetir o procedimento acrescentando ao circuito uma lâmpada de cada vez. Observar o que ocorre com a tensão indicada pelo voltímetro e com a dificuldade para girar a manivela à medida as lâmpadas são acrescentadas.



********** MANUAL DO ALUNO *********

1.	O que acontece com a tensão indicada pelo voltímetro conforme se aumenta a velocidade de giro da manivela? Justificar a resposta.
2.	Explicar o que se observou quanto à tensão indicada pelo voltímetro à medida que foram acrescentadas as lâmpadas (cargas) ao circuito.
3.	Justificar porque a dificuldade em girar a manivela aumenta conforme as cargas são acrescentadas?

Parte II: Gerador conectado às lâmpadas



- 1. Usar a mesma montagem da primeira parte com as chaves das lâmpadas desligadas.
- **2.** Girar lentamente a manivela e ligar a chave de uma das lâmpadas.
- 3. Aumentar o giro da manivela e observar o que ocorre com o brilho da lâmpada.
- **4.** Manter a velocidade de giro da manivela constante e ligar a chave de duas lâmpadas e a seguir das três lâmpadas.
- **5.** Observar o que ocorre que ocorre com o brilho das lâmpadas.



*********** MANUAL DO ALUNO **********

L .	O que acontece com o brilho da lâmpada conforme se aumenta a velocidade de giro da manivela? Justificar a resposta.
2.	Explicar o que se observou à medida que foram acrescentadas as lâmpadas (cargas) ac circuito para a mesma velocidade de giro do gerador.
Pa	rte III: Gerador conectado ao osciloscópio
>>>	Procedimentos Experimentais >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
۱.	Usar a mesma montagem dos procedimentos anteriores com uma lâmpada ligada.
2.	Conectar os terminais da lâmpada ao osciloscópio.
3.	Girar a manivela e observar a forma da figura na tela do osciloscópio.
>>>	Análise de Resultados e Conclusões >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
L.	Qual a forma da figura correspondente à variação de tensão apresentada no osciloscópio?

