

Hands-on

Introdução à Óptica

Introduction to Optics

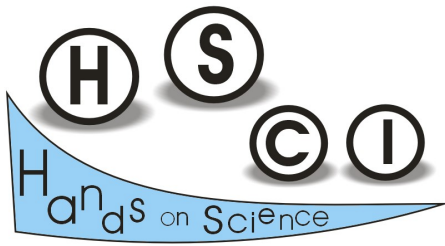


Guia de experiências bilingue
Bilingual experiments guide

Rede Hands-on Science / Hands-on Science Network

**Manuel Filipe Pereira da
Cunha Martins Costa**

Departamento de Física
Escola de Ciências
Universidade do Minho



Copyright © 2016 HSCI

ISBN 989-95095-2-3

Impresso/Printed by: Copissaurio Repro – Centro Imp. Unip. Lda. Campus de Gualtar, Reprografia Complexo II, 4710-057 Braga, Portugal

Cópias/Number of copies: 250

Julho de 2016/July 2016

Primeira edição/First printing: Setembro/September 2006 (200 cópias/copies)

Distribuído/Distributed worldwide by the *Associação Hands-on Science Network* - contact@hsci.info

O livro está disponível gratuitamente em/ Full text available online (open access) at

<http://www.hsci.info>

Por favor use o formato seguinte quando citar este livro/Please use the following format to cite material from this book:

Hands-on Introdução à Óptica/Introduction to Optics. Guia de experiências bilingue/Bilingual experiments guide. Manuel F. M. Costa MF. Edição/Edition: Hands-on Science Network, 2016.

O material constante neste livro é da responsabilidade única dos autores/The material published in this book are exclusive responsibility of the authors.

Os autores e a Hands-on Science Network não aceitam qualquer responsabilidade pelo uso de informação constante neste livro/The authors of this book and the Hands-on Science Network, none of them, accept any responsibility for any use of the information contained in this book.

Todos os direitos reservados/All rights reserved.

É dada autorização ao uso do material constante neste livro na condição de ser feita adequada referência à fonte, o seu uso ser exclusivamente para efeitos educacionais e nenhuma taxa ou rendimento de qualquer tipo ser cobrado/Permission to use is granted if appropriate reference to this source is made, the use is for educational purposes and no fees or other income is charged.

BREVE INTRODUÇÃO BRIEF INTRODUCTION

A óptica é nos nossos dias, sem a menor dúvida, um dos mais importantes domínios da física. É, assim, fundamental que dele tenham um conhecimento sólido que pode, e deve, começar ainda na escola primária ou mesmo no jardim de infância, num processo de descoberta activa e participada pelos alunos que, aliás sentem uma empatia, interesse e curiosidade especial por este tema da Luz e da Óptica que directamente se relaciona com um dos seus sentidos mais importantes: a visão. Este guia de experiência pretende estabelecer um caminho, simples e naturalmente identificável mesmo pelos mais jovens alunos, de **descoberta** pela experimentação hands-on dos conceitos base da **luz e da óptica**.

Optics is in our days indubitably one of the most important domains of physics. It is, thus, essential that they acquire a solid knowledge on this subject as early as possible from primary school or even at kindergarten, in a process of discovery active and participated by the pupils who naturally have an empathy, interest and special curiosity for this Light and Optics subject as it directly relates with one of our major senses: the vision. This experiments' guide intends to establish a way, simple and easily identifiable even by the youngest pupils, of **discovery**, by hands-on experimentation, of the basic concepts of **light and optics**.

Manuel Filipe P. C. M. Costa
(Universidade do Minho)

À DESCOBERTA DA ÓPTICA...



1. A LUZ



1.1. FONTES DE LUZ

Olha à tua volta.

Vês um série de objectos. Uns mais brilhantes, outros mais escuros. Uns transparentes, outros opacos, outros translúcidos. De muitas cores e formas.

Se conseguisses apagar a luz (desligar todas as fontes de luz (!)... já sabes o que acontecia... Aos teus olhos tudo desapareceria!

O mesmo acontecia se fechasses os olhos... Sem fontes de luz e sem olhos ...!



NUNCA OLHES DIRECTAMENTE PARA O SOL NEM PARA A SAÍDA DO LASER!

Localiza as diferentes fontes de luz.

Notas algumas diferenças entre elas?

Deita uma gota de fluoresceína num copinho pequeno com água. Ilumina-a com a lanterna. O que acontece?

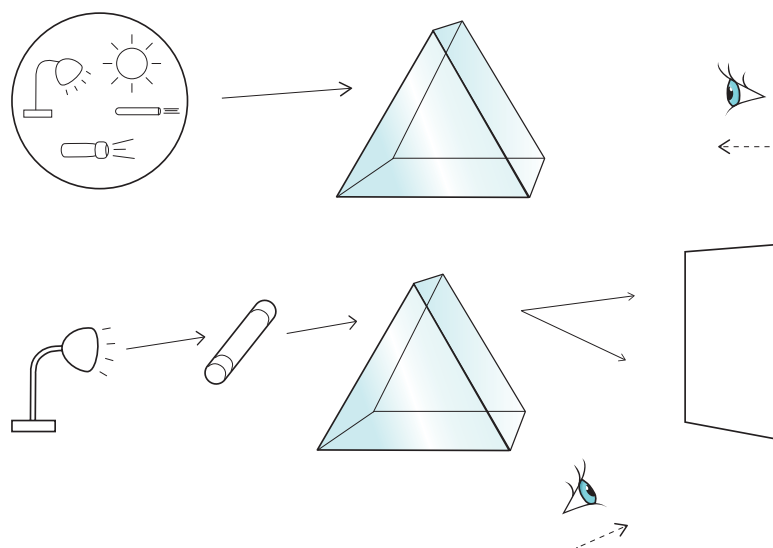
Põe, sucessivamente, filtros de diferentes cores (folhinhas de plástico colorido) em frente da lanterna. Ilumina novamente o copinho. Que diferenças notas?

1.2. DISPERSÃO

Nas tuas aulas já viste uma representação do espectro electromagnético. Recorda-o e relembra que comprimentos de onda estão associados às cores do arco íris.



Coloca o prisma fornecido no trajecto, sucessivamente, de feixes de luz provenientes de diferentes fontes (sol, candeeiro, lanterna, ... laser - pede ajuda ao professor!) como se mostra abaixo. Usa também o espectroscópio de que dispões apontando-o para a fonte de luz (...mas, atenção, não apontes directamente para o laser nem para o sol. Usa a luz reflectida por uma folha branca).



Regista o que fores observando.

À semelhança do que fizeste com a fluoresceína coloca, sucessivamente, filtros de diferentes cores em frente da lanterna. Ilumina novamente o prisma. Que diferenças vais notando?

Que conclusões tiras destas experiências?

2. A VISÃO



2.1. O OLHO

Já viste em aulas anteriores como é que o teu olho é constituído e como funcionam as suas componentes mais importantes.

Vais, agora, seguindo as instruções do professor e com a ajuda do aparelho fornecido, observar o interior do teu olho.

Descreve o que viste.

2.2. O PONTO CEGO

Segura esta folha com o braço esticado. Fecha o olho esquerdo. Foca o centro da cruz. Deves conseguir ver ambos os símbolos (cruz e círculo). Vai aproximando a folha dos teus olhos. A certa altura ... onde se meteu o círculo?



2.3. VISÃO BINOCULAR

Estica o braço segurando um lápis na mão. Fecha um dos olhos e verifica a posição do lápis. Fecha agora o outro e observa a posição do lápis. Ilustra o que viste fazendo um esquema simples.

Comenta.

2.4. A VISÃO DAS CORES

O processo de detecção da cor pelo olho humano é algo complicado mas de uma forma simples podemos dizer que a sensação de cor é obtida pela excitação de 3 tipos de sensores (cones) localizados junto ao centro da retina (na fóvea). Já vimos que a cada tipo de luz está associado um ou uma gama de comprimentos de onda

diferentes. Ora, cada um daqueles sensores é sensível a praticamente todos os comprimentos de onda (da gama visível) mas com um máximo acentuado de sensibilidade apenas para uma certa gama de comprimentos de onda. Um deles é particularmente sensível aos comprimentos de onda associados à cor azul, outro aos do verde e o outro ao vermelho. É o conjunto dos três estímulos que permite ao cérebro determinar quais as cores dos objectos observados.

Uma pequena observação: poderás já ter ouvido dizer que cada cor tem o seu comprimento de onda ou que comprimento de onda é cor! Não é bem assim! e muitos exemplos poderiam ser apresentados. Vejamos só um exemplo simples ... uma luz com um comprimento de onda de cerca de 590 nm é vista (por exemplo usando um prisma) com a cor laranja. No entanto se juntarmos luz amarela e vermelha podemos obter a mesma cor laranja. Além disso... como é que conseguiríamos ver esse comprimento de onda se o sensor do vermelho só fosse sensível aos comprimentos de onda do vermelho; o sensor de verde aos comprimentos de onda do verde...

2.5. MISTURA DE CORES

Um objecto tem uma determinada cor se: emitir, reflectir ou transmitir (deixar passar) luz dessa cor. Por exemplo uma folha de celofane verde é desta cor porque absorve todas as outras cores só reflectindo ou deixando passar a luz verde. O que achas que aconteceria à saúde de uma planta verde se fosse iluminada apenas com uma luz verde?

Desde há muito que sabes que se juntares tintas de cores diferentes podes obter outras cores.

Vamos agora ver o problema da adição de cores.

Diz-se que com três cores apenas (as principais) podemos obter todas as outras, variando as quantidades relativas de cada uma. Isto não é absolutamente verdade mas quase ...

As cores principais são o azul, o verde e o vermelho.

O amarelo fica de fora! Vamos ver porquê.

Na fonte de luz tripla que te será fornecida coloca o filtro vermelho na janela da esquerda e o verde na central (ou vice-versa). Na janela da direita coloca o filtro amarelo. Ajusta os espelhos de forma a que os feixes verde e vermelho se sobreponham no alvo, ficando o feixe amarelo logo ao lado. Ambas as manchas serão amarelas. Provavelmente muito parecidas !

Coloca agora em frente aos olhos uma folha vermelha bem iluminada. *Deixa os teus olhos habituarem-se ao vermelho.* De repente retira a folha e olha para o alvo onde estão as duas manchas amarelas. O que vês?

Coloca agora uma folha verde em frente dos olhos. Repete o procedimento anterior. De que cor aparecem agora ambas as manchas no alvo?

_____!

Queres confirmar que as manchas amarelas tem origens/composições diferentes. Obtêm os seus espectros usando o prisma, ou o espectroscópio, como fizeste atrás.

Substitui o filtro amarelo pelo azul. Rodando o espelho junta o azul ao vermelho e ao verde. Qual é o resultado ?

Troca os filtros entre si, tenta alterar as intensidades dos três feixes (pede o conselho do professor), bloqueia cada um deles sucessivamente, ..., de forma a conseguires obter sobre o alvo o máximo número de cores possível.

Regista as coisas mais interessantes que fores observando.

Por exemplo:

Vermelho+verde= _____;

V+azul= _____;

v+a= _____ (estas três cores também são importantes...);

Substitui agora o alvo por folhas coloridas. Que diferenças observas.

Convém chamar a atenção para o facto de **peessoas diferentes poderem ver cores diferentes**.

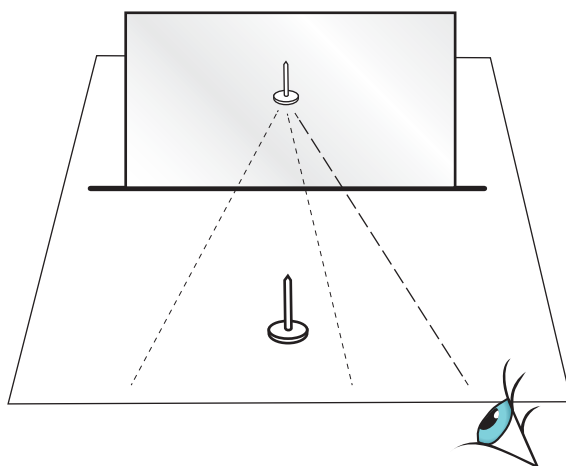


AVISA O PROFESSOR SE ALGUM DOS MEMBROS DO GRUPO TIVER PROBLEMAS.

Algumas dos resultados que viste parecem não estar de acordo com a tua experiência de mistura de tintas. O que se passa é que as tintas adquirem as suas cores por absorverem as *outras cores*, subtraindo-as assim da luz que saí delas! Por exemplo, se misturares tintas vermelha, verde e azul o resultado será uma cor muito escura quase o preto (porque os três pigmentos juntos acabam por absorver toda a luz que neles incida). Já viste que, quando somas luz vermelha, verde e azul consegues um, quase, branco!



3. O ESPELHO PLANO



1. À semelhança da figura coloca um espelho a meio de uma folha branca. Marca o posição do espelho com uma linha.
2. A cerca de 10 cm do espelho coloca um prego (boneco...).
3. Coloca os teus olhos ao nível da mesa de trabalho onde puseste a folha.
4. Olha para a imagem que o espelho dá do objecto.

Onde te parece que ela está (se forma)?

5. Com a ajuda de uma régua marca com uma linha a direcção da imagem. (coloca a régua sobre o papel e aponta-a na direcção onde vês estar a imagem dada pelo espelho).
6. Desloca a tua cabeça lateralmente de forma a veres a imagem no espelho de outras direcções. Marca-as.

7. Retira agora o espelho e prolonga as linhas até que elas se cruzem. O ponto onde isso aconteça será a posição da imagem !

Que achas disto?

8. Põe um lápis de pé sobre esse ponto. Coloca o espelho na sua posição.

Volta a observar a imagem. E então...?

Mede a distância do objecto ao espelho _____ e da imagem ao espelho _____.

Compara-as.

3.1. DIREITA E ESQUERDA

Olha de frente para o espelho. Onde fica a mão direita da tua imagem?

Porquê?

Dobra a cabeça entre as pernas e olha de novo para o espelho (também serve fazer o pino!). A confusão mantém-se?

4. ESPELHOS CURVOS

1. No centro de uma folha branca (A3 de preferência) desenha uma circunferência de 10 cm de raio. Coloca-a sobre a base de traçado de raios.
2. Segura o espelho flexível sobre o topo da circunferência. Ficarás com um espelho côncavo se olhares da base da folha (centro de curvatura)
3. Repete o procedimento usado com o espelho plano.
4. Coloca agora o espelho flexível sobre o base da circunferência. Ficarás com um espelho convexo se olhares da base da folha (lado oposto ao centro de curvatura)
5. Repete o procedimento atrás.

Que diferenças entre os efeitos de ambos e com o espelho plano observaste?

Olha agora a tua cara nos espelhos côncavo e convexo. O que vês?

5. REFRAÇÃO

Introduz uma moeda no fundo de uma chávena. Afasta-te ligeiramente até deixares de a ver. Lentamente deita água na chávena.

O que acontece?

Sabes o porquê?

Ainda não...? Coloca a placa de vidro fornecida sobre uma folha de papel milimétrico. Olha para a placa de cima. As linhas do papel parecem ter _____.

Deita agora a placa sobre a folha. Faz incidir, paralelamente e bem junto do papel (verás uma linha vermelha aparecer *marcada* sobre o papel) um raio do laser fornecido sobre uma das suas faces. Verás o raio atravessar a placa de vidro e sair pelo outro lado. Marca a posição da placa na folha e desenha os raios.

A direcção de propagação do raio de luz alterou-se ao entrar e ao sair da placa. É que o vidro tem uma densidade óptica (índice de refração) superior à do ar (acontece o mesmo para a água). Portanto a luz propaga-se aí mais lentamente e *quererá ficar aí o menor tempo possível*.

No ponto de incidência do raio laser na primeira face da placa (ponto de encontro entre o raio e a face) traça um segmento de recta perpendicular à face da placa (a normal). Compara a inclinação do raio que incide na primeira face da placa

(dioptro - é a superfície de separação entre dois meios com índices de refração diferentes) relativamente à normal, com a inclinação do raio dentro do vidro.

Repete este procedimento para o segundo dioptro (vidro/ar).

Quando um raio de luz passa de um meio de maior índice de refração para um meio de menor índice de refração, a sua direcção de propagação _____ da normal ao dioptro. Quando um raio de luz passa de um meio de menor índice de refração para um meio mais refractivo, a sua direcção de propagação _____ da normal ao dioptro. (*aproxima-se ou afasta-se?*)

Voltando à moeda no fundo do copo ...

São os raios refractados que entram nos teus olhos. Tenta desenhar a trajectória dos raios que saem da moeda, saem da água e chegam aos teus olhos. Ora, o teu cérebro assume que os raios se propagam em linha recta. Não tem em consideração que a trajectória dos raios de luz que saem da moeda foi desviada na superfície de separação entre a água e o ar. E, assim, a moeda parece ter subido!

5.1. TRAÇADO DE RAIOS

Vamos agora repetir o procedimento experimental que descrevemos no ponto anterior, mas agora usando outras peças (componentes ópticas) - espelhos, prismas e lentes.

Faz incidir, paralelamente e bem junto à base de traçado de raios (podes colocar um papel sobre ela) um raio do laser fornecido sobre uma das suas faces da componente fornecida (verás uma linha vermelha aparecer marcada sobre o papel).

Dependendo da peça alguma da luz será reflectida, outra refractada. Marca a posição da peça usada na folha e desenha todos os raios que vês sobre o papel.

6. LENTES

Vamos continuar um pouco mais com o traçado de raios.

Coloca, e marca, sobre uma folha de papel milimétrico, lado a lado, um lente biconvexa e uma lente bicôncava. Se ainda o não tiveres feito, fixa o laser de forma a que o raio se veja claramente sobre a folha como se mostra na figura. Marca o raio que incide na lente e o que dela sai. Desloca lateralmente a folha (direcção da seta) de cerca de 1 centímetro. Marca a nova posição do raio incidente e do raio refractado (o que sai da lente). Repete este processo até teres varrido as duas lentes.

Obtiveste uma série de raios paralelos incidindo sobre as lentes. O que é que aconteceu aos raios quando saíram das lentes? o que distingue os efeitos das duas?

Os raios que saem da lente biconvexa cruzam-se num ponto (zona) á frente da lente. É o foco da lente. À distância deste à lente chama-se distância focal, que mede a força da lente. A potência da lente em dioptrias (se usas óculos já ouviste este termo antes) é igual ao inverso da distância focal (expressa em metros - como aliás deve ser expressa qualquer medida de uma distância!). Portanto quanto menor for a distância focal maior é a potência da lente.

Os raios que saem da lente bicôncava divergem, mas se os prolongares para trás da lente verás que os seus prolongamentos se cruzam num ponto, o foco, que, por isso, se diz virtual (lembras-te das imagens no espelho?)

Vamos agora brincar com algumas lentes a sério.

6.1. A LUPA



Segura a lente A a alguns centímetros desta folha, por exemplo. Se for necessário foca a imagem (nítida) que vês afastando ou aproximando a lente do papel. O que vês?

Usa agora a lente B. Quais as diferenças?

Tenta agora a lente C.

Qual é a principal diferença entre as lentes A e B e a lente C.

6.2. O PROJECTOR



Monta o sistema esquematizado na figura. Tenta obter sobre o écran uma imagem nítida do slide (objecto) deslocando a lente. Compara a imagem com o objecto:

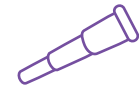
Substitui a lente A pela B.

Usa agora a lente C. Consegues obter uma imagem nítida sobre o alvo?

Experimenta tirar o alvo e olhar daquele lado para dentro da lente. E então ?

(imagem virtual !...).

6.3. O TELESCÓPIO



Segura a lente B bem junto de um dos teus olhos (quase a tocar as pestanas!). Com a outra mão segura a lente A perto da primeira (alguns centímetros). Fecha o outro olho e aponta as lentes para um objecto distante (no fundo da sala, lá fora - nunca olhes para o sol !!!). Afasta ou aproxima ligeiramente a lente A da B até veres um imagem nítida. Descreve-a em comparação com o objecto.

Acabaste de montar um telescópio de Kepler. Vamos montar agora um telescópio de Galileu.

Substitui a lente B pela C e repete o procedimento anterior.

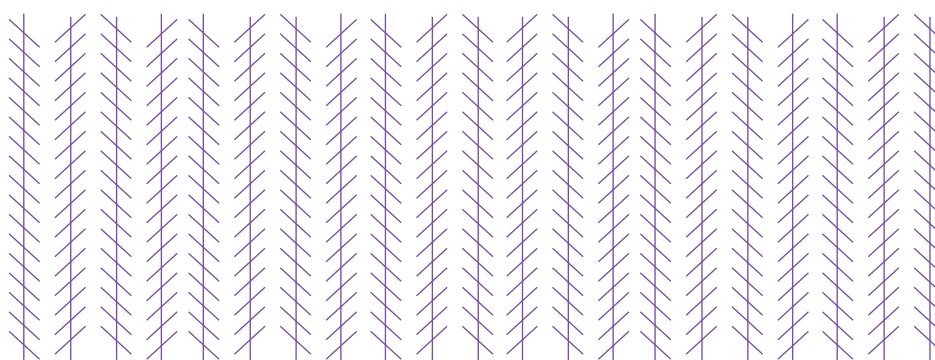
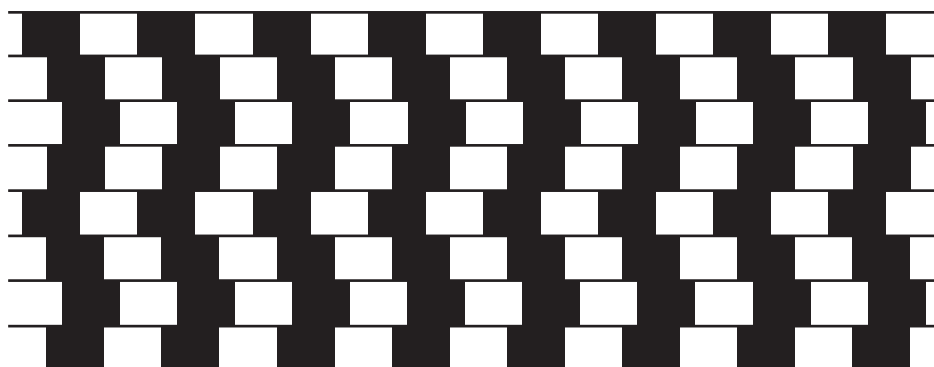
Compara os dois tipos de telescópio.

7. ILUSÕES ÓPTICAS



Observa as várias cartas que te são fornecidas.

Comenta o que vês.



9. FIBRAS ÓPTICAS



Como já viste nas aulas, de uma forma simples podemos dizer que uma fibra óptica é formada por um tubo de vidro muito fino (alguns microns) rodeado por um outro de índice de refração inferior. O raios de luz que entram na fibra vão se propagar dentro dela por reflexão total interna no dióptro (cilindrico) entre o núcleo (interior) e a casca (camada exterior). Para aumentar a resistência da fibra ela é normalmente revestida por uma camada protectora.

1. Começa por observar com uma lupa uma das extremidades da fibra. faz um pequeno esboço do que vês.
2. Aponta uma das extremidades da fibra à lanterna.
Observa a outra extremidade.
3. Passa um lápis entre a lanterna e a fibra.
Observa a outra extremidade.
4. Segura em frente da lanterna, uma das pontas da fibra na mesa com um pouco de plasticina.
5. Dobra (não demasiado!) a fibra várias vezes e vai observando a outra extremidade da fibra.
6. Introduce filtros de cor à frente da lanterna.

Que comentários te sugerem estas experiências?

Já pudeste ver *com as tuas próprias mãos* um pouquinho do que é a óptica.

Aproveita agora o resto do tempo disponível para *brincar* um bocadinho com o que foste aprendendo.



NUNCA OLHES DIRECTAMENTE PARA O SOL NEM PARA A SAÍDA DO LASER!

Se tiveres alguma dúvida ou quiseres explorar algum outro assunto faz saber ao teu professor.

Introduction to Optics

Experiments Guide
(continuous structure)



The Hands-on Science Network

EXPLORING OPTICS ...



1. THE LIGHT



1.1. LIGHT SOURCES

Look around you.

You see a wide number of objects. Some of these objects are brighter, and some of them are darker. Some are transparent, while some are opaque, and some of them are translucent. They are many colours and shapes.

If somehow you managed to turn the light off (shut down all the sources of light (!)...) you can predict what would happen ... Everything around you *disappears*, and the same would happen if you closed your eyes ... No sources of light ... no visual perception!



NEVER LOOK DIRECTLY AT THE SUN OR THE LASER BEAM!
Never look at a bright light for more than just an instant.

Identify the various sources of light around you.

Notas algumas diferenças entre elas?

Place a little bit of fluorescein dye in a small glass with water, and shine the flashlight inside the glass. What happened?

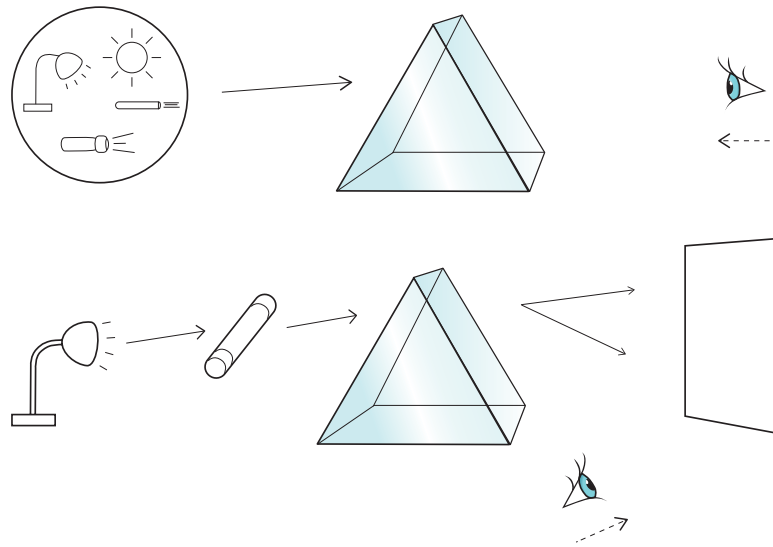
Successively, place several filters of different colours (small plastic colour sheets) in front of the flashlight and shine the flashlight inside onto the glass again. Do you see any differences?

1.2. DISPERSION

I'm sure you have already seen a representation of the electromagnetic spectrum in one of your classes. Think about it for a while, and try to recall which wavelengths are associated with the colours of the rainbow.



Shine light from different sources on your prism (the Sun, flashlight, laser – ask your teacher for some advice) as shown below. Aim the spectroscope at the light source (be careful, don't aim it directly at the sun or the laser beam; instead, use the light reflected by a white piece of paper for instance).



Write down the things you see.

Repeat what you did for the fluorescein by placing several filters in front of the flashlight. What differences do you see?

What conclusions do you draw?

2. VISION



2.1. THE HUMAN EYE

In previous classes you have observed the anatomy of your eye and the way its most important parts work.

Now, listen to your teacher's instructions very carefully, and observe the interior part of your eyeball with the help of a proper device.

Describe the things you see.

2.2. THE BLIND SPOT

Hold this sheet with your arm stretched out in front of you, and close your left eye. Focus on the centre of the cross. You should be able to see both images (the cross and the circle). Slowly bring the sheet towards your eyes. Suddenly ... where has the circle gone?



2.3. BINOCULAR VISION

Hold a pencil in your hand, and stretch out your arm in front of you. Close one of your eyes and check the position of the pencil. Change eyes and repeat. Try to represent what you have seen through a simple diagram.

Comment on your work.

2.4. THE VISUAL PERCEPTION OF COLOURS

The process through which the human eye perceives colour is somewhat complicated, but in general terms the sense of colour is obtained through the stimulation of 3 types of sensors (cones) placed near the centre of the retina (in the fovea). We have said previously that every type of light is associated with a wavelength

(better with a range of different wavelengths). Well, each one of these sensors is sensitive to almost every wavelength (of the visible range), but its highest level of sensitivity occurs only within a narrow range of wavelengths. One of them is particularly sensitive to the wavelengths associated with the blue colour, the other one to those associated with green, and the other one to those associated with red. It is this set of stimuli that allows the brain to determine the colours of the objects we see.

Remark: You might have heard that each colour has its own wavelength or that a wavelength is colour. This is not exactly true, and I could give a few examples to prove this. Let's see... A light source with a wavelength of about 590 nm is orange (for instance you can get it when you pass white light through a prism). However, if you mix a yellow and a red light beam you will obtain orange as well. Besides, how would we be able to see that wavelength if the red sensor were sensitive only to the wavelengths associated with red; the green sensor to the ones associated with green...

2.5. MIXING COLOURS

An object has a certain colour if: it emits, reflects or transmits (allows to pass) light of that particular colour. For instance, a green cellophane sheet is green because it absorbs every other colour, and reflects or allows only the green light to pass on. What do you think would happen to the health of a green plant if it were illuminated only by with? a green light?

I'm sure you know that if you mix paint of two different colours (or more) you will get a colour that is different from the colours you mixed.

We will now discuss the problem of adding colours' lights.

It is said that with three colours (the main ones) it is possible to obtain every other colour, simply by varying the relative amounts of each colour. This is not absolutely true, but almost...

The main colours of a light beam are blue, green and red.

Yellow is not one of them! Let's see why.

Place the red filter at the left slit of the triple light source, and the green filter at the front slit (or vice versa). Place the yellow filter at the right slit. Set the mirrors so that the red and green beams coincide on the object (a white sheet of paper for instance) and the yellow beam shines right next to them. Both images will be yellow, and probably very similar!

Now, place a well-lit red sheet in front of your eyes. Let your eyes get used to the red. Remove the sheet quickly, and look at the object where the two yellow images are. What do you see?

Now place a green sheet in front of your eyes, and repeat the process. What colours are the images now

_____!

Confirm if the yellow stains have different origins/compositions. Try to obtain their spectra through the prism or the spectroscope like you did before.

Replace the yellow filter with the blue one. Turn the mirror, and add the blue beam to the red and the green beams. What colour do you obtain?

Switch the filters, try to alter the intensity of each beam (ask your teacher for some advice), and block each beam successively in order to obtain as many colours as possible. Write down the most interesting things you see.

For instance:

red+green= _____;

r+blue= _____;

g+b= _____ (the three colours you will obtain are important as well... Do you remember the mixing of paints?...);

Replace the object with coloured sheets. What are the differences.

Keep in mind that different people may see different colours.



WARN YOUR TEACHER IF YOU THINK THAT A MEMBER OF YOUR GROUP IS HAVING PROBLEMS WITH THIS EXPERIMENT

Some of the results you obtained may not have corresponded to your expectations as far the addition of colours is concerned (you are used to mix colour inks... not light beams...). Every ink has a particular colour because it absorbs and subtracts the other colours. For instance, if you mix red, green and blue paint you will get a very dark colour, almost black (because these three pigments together absorb “all” light that falls upon them). Have you noticed that when you mix red, green and blue light beams you get a beam that is almost white?

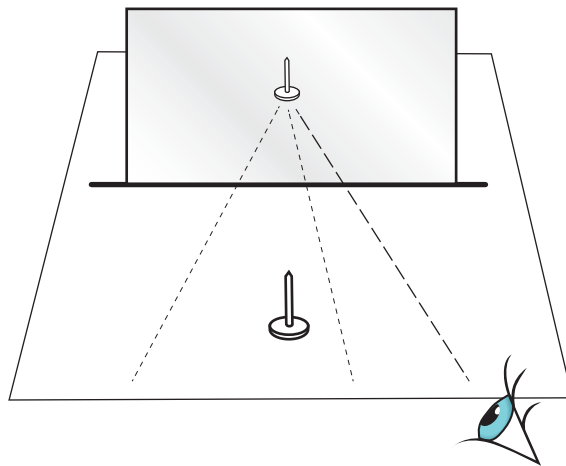
Remember the 3 colours you got a while ago: $r+g$; $r+b$; $b+g$?
Mix inks of these colours...



... its funny is it not?!

3. MIRRORS

3.1. THE FLAT MIRRORS



1. Place a mirror in the middle of a white sheet as shown above, and draw on it a line that represents the position of the mirror.
2. Place an object (doll, pin...) about 10 cm from the mirror
3. Place yourself with your eyes leveled with the table (as in the drawing).
4. Observe the image of the object in the mirror.

Where do you think the image is formed?

5. With the help of a ruler draw a line that represents the direction of the image. (Place the ruler on the paper and aim it in the direction of the image in the mirror).

6. Move your head a little to see the image from other directions, and write down their directions.
7. Remove the mirror and extend the lines until they cross. This point is the position of the image!

Write down your opinion on this.

8. Hold a pencil vertically over that point, and place the mirror in the correct position.

Observe the image again. Write down what you think.

Measure the distance between the object and the mirror _____
and between the image and the mirror _____.

Compare them.

3.1.1. Right and left

Face the mirror and try to work out where the right hand of your image is. Why?

Place your head between your legs and face the mirror again (if you stand upside down it will work as well). Are you still confused...?

3.2. CURVED MIRRORS

1. Draw a circle with a 10 cm radius at the centre of a white sheet (preferably A3). Place it on the ray-tracing base.
2. Hold the bendable mirror on the top of the circle. If you observe it from the bottom of the sheet (centre of curvature) you will have a concave mirror.
3. Place the bendable mirror on the bottom of the circle now. If you observe it from the bottom sheet (opposite to the centre of curvature) you will have a convex mirror.
4. Repeat what you did before with the concave mirror.

What differences do you see in the results obtained? What are the differences between these results and the ones obtained with the flat mirror?

Observe your face in the convex and concave mirrors. What do you see?

3.3. REFRACTION

Place a coin in the bottom of a cup, and move yourself slightly away until you stop seeing it. Slowly add some water to the cup.

What happened?

Can you explain why?

No? Place the glass block on a sheet of millimetre paper. Look at it from above. The paper lines seem to have _____.

Lay the glass block on the sheet of millimetre paper. Shine the laser beam collaterally onto one of the sides of the glass block, and close to the paper (a red line will appear over it). The beam will cross the glass block and emerge from the other side. Draw the outline of the glass block and the beams on the paper.

The direction of the beam changed as it entered the glass block and as it emerged from it. You see, glass has a higher optical density (refractive index) than air (and the same happens to water). Thus, light will propagate in a slower way inside the glass, and thus will stay inside as briefly as possible.

At the point of incidence of the laser beam, that is, where the beam and the first side of the glass block meet (the so called diopter - the surface of separation between two media with different refractive indices), draw a line perpendicular to the side of the glass block (this line segment is called the normal – normal to the diopter). Compare the inclination of the incident beam in relation to the normal with the inclination of the beam inside the glass.

Repeat the process for the second dioptre (glass/air).

When a light beam travels from a higher refractive index medium to a lower refractive index medium, the direction of propagation _____ (approaches/deviates) the normal, which is perpendicular to the diopters. On the other hand, when a light beam travels from a lower refractive index medium to a higher

refractive index medium, the direction of propagation _____ the normal.
(*approaches or deviates from?*)

Let's go back to the coin in the bottom of the cup ...

It's the refracted beam that reaches your eyes. Try to draw the path of the emerging beams. Your brain assumes that the rays propagate in a straight line, and does not consider that the path of the emerging beams might have been deviate once it passed the surface of separation between the water and the air. Therefore, the coin seems to have emerged!

3.4. RAY TRACING

In this experiment you will repeat the previous experimental process, but you will use different pieces of equipment (optical components) – mirror, prism and lens.

Shine the laser beam collaterally and close to the ray-tracing base (you can place a piece of paper on it if you want to) onto one of the sides of the piece you are working with (a red line will appear over the paper).

The light will be reflected or refracted depending on the piece you use. Draw the position of the piece and the beams you see on the paper sheet. Repeat this process for the different pieces you use.

Write down the most interesting things you see.

4. LENSES

You will work with the ray-tracing base for a little longer.

Place, side by side, a concave and a convex lens on a sheet of millimetre paper, and draw their positions. Hold the laser so that you can see the beam clearly on the paper sheet as shown in the image. Draw the incident and emerging beams. Move the paper sheet laterally (in the direction of the arrow) 1 mm.

Draw the new position of the incident and refracted beams (the one that emerges from the lens) and repeat this process until you have scanned both lenses.

You have obtained a series of parallel beams shining on the lenses. What happened to the emerging beams? What is the difference between the effects of both lenses?

The beams that emerge from the double convex lens will cross at a point (in fact a small area) in front of the lens, called the focal point of the lens. The distance from the centre of the lens to the focal point is called the focal length and measures the power of the lens. The power of the lens in dioptres (I'm sure you've heard this word before if you wear glasses) equals the inverse of the focal length (expressed

in metres – which is in fact the correct unit of measurement for distances). Therefore, the shorter the focal length is, the greater will the power of the lens be.

The beams that emerge from the double concave lens will diverge, but if you extend them to the other side of the lens you will realize that they will cross on a, say, “virtual point”, the focal point of the lens (remember the images in the curved mirror?)

You will now perform a few experiments using real lenses.

4.1. THE MAGNIFYING GLASS



Hold lens A a few centimetres from an “object”, this paper sheet for instance. If necessary focus the image by moving the lens back or forth a little. What do you see?

Use lens B now. What differences do you register?

Try lens C now.

What is the main difference between lenses A and B, and lens C?

4.2. THE PROJECTOR



Assemble the set up sketched in the diagram represented in the picture, and try to obtain (on the target) a sharp image of the slide (the object) by moving the lens back and forth. Compare the image with the object.

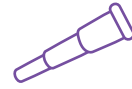
Replace lens A with lens B.

Use lens C now. Can you obtain a sharp image of the object?

Remove the target, and then look at the lens from that output side.
What do you think?

(Virtual image!...).

4.3. THE TELESCOPE



Hold lens B close to your eye (until it almost touches your eyelashes). With your other hand, hold lens A close to lens B (a few centimetres apart). Close the other eye, and aim the lenses at a distant object (at the end of the room, outside – never look at the Sun directly!!!). Move lens A back and forth slightly until the image is focused. Describe it and compare it to the object.

You have just set up a Keplerian telescope. You will now set up a Galilean telescope

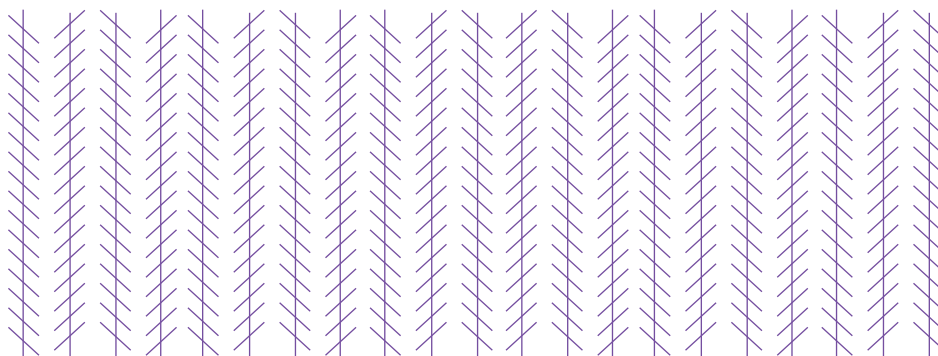
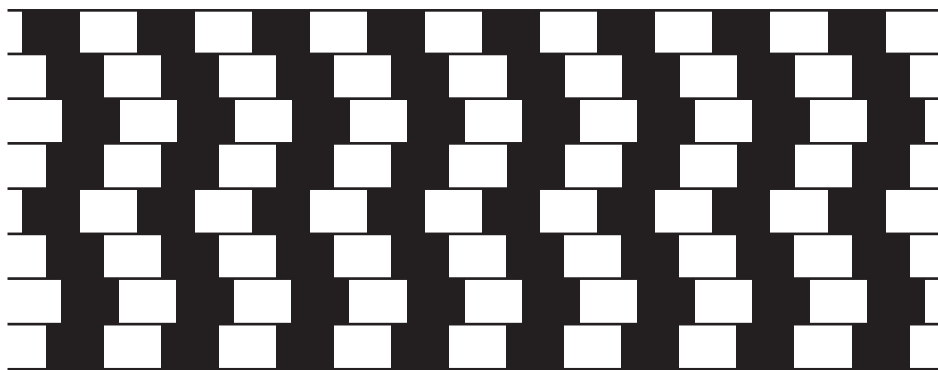
Replace lens B with lens C and repeat what you did previously.

Compare the two telescopes.

5. OPTICAL ILLUSIONS



Observe the set of cards that have been provided to you, and comment on what you see.



7. OPTICAL FIBRES



As you have learned in class, an optical fibre is made of a very thin glass tube (a few microns), which is surrounded by a similar tube with an inferior refractive index. The light beams that enter the fibre will propagate on the inside through a process called total internal reflection in the (cylindrical) dioptré between the core (interior) and the clad (outer layer) of the fiber.

1. Observe one of the ends of the optical fibre with the magnifying glass and draw what you see
2. Aim the flashlight at one end of the optical fibre, and observe the other end.
3. Place a pencil between the flashlight and the fibre, and observe the other end.
4. Fix one of the ends of the fibre to the table with some plasticine in front of the flashlight.
5. Bend the fibre several times (not too much... fibers may brake quite easily) and observe the other end.
6. Place colour filters in front of the flashlight.

Comment on these experiments.

With these experiments you were able to study *optics with your own hands*. Enjoy the rest of your time by playing a little with the things you learned.

Aproveita agora o resto do tempo disponível para *brincar* um bocadinho com o que foste aprendendo.



NEVER LOOK DIRECTLY AT THE SUN OR THE LASER BEAM!

If you have any questions or if you are curious about anything else, let your teacher know.

