

# Porque é que o quadrado vermelho desaparece?

Constança Providência e Pedro Providência

## Material

- Caixa de papelão forrada de cartolina preta
- Papel celofane vermelho, azul e verde
- Cartolina preta e branca
- Papel mate vermelho, verde e azul
- Cola e tesoura

## A cor dos objetos

Certamente já observaste um arco-íris num dia de chuva. As gotas de água separam a luz branca do Sol em diferentes componentes que os olhos identificam com cores diferentes. Sobrepondo-as novamente voltamos a ter branco. Mas não são necessárias todas as cores do arco-íris para obter branco: basta sobrepor igual quantidade de vermelho, verde e azul. Três é o menor número de cores necessárias para reproduzir todas as cores, incluindo o branco! Os nossos olhos estão preparados para detetar estas três cores e criar mais de dez milhões de cores diferentes pela combinação de quantidades diferentes de cada uma.



Fig. 1 - Sobreposição de três focos emitindo luz de cor vermelha, azul e verde. A região da parede onde as três cores se sobrepõem fica branca. (fonte: *Wikipedia*)



Fig. 2 - Arco-íris. (fonte: *Wikipedia*)

Mas, então, por que é que uma camisola é vermelha? Será a cor uma propriedade da camisola ou depende de algo mais? Na verdade a cor de um objeto depende da cor da luz que a ilumina. Se estiveres vestido de vermelho e saíres à rua num dia de Sol todos dirão que estás vestido de vermelho. Mas, imagina que entras numa sala iluminada de luz azul. De que cor és visto? Dir-te-ão que estás vestido de preto. Uma superfície vermelha absorve a luz verde e a luz azul e só reflete a luz vermelha. Assim, se estiveres a ser iluminado apenas com luz azul, a tua roupa vermelha absorve toda a luz azul e não reflete nada: parece preta, o que corresponde à ausência de cor. A tabela 1 ajuda-te a identificar quais as cores que são absorvidas ou refletidas por cada superfície.

Imagina que queres passar despercebido numa casa assombrada que tem todas as suas divisões pintadas de preto ou branco. Além disso, as salas são iluminadas com luz vermelha, verde ou azul. Supõe ainda que levas contigo três fatos que te cobrem completamente: um vermelho, um verde e um azul. Que fato deves escolher para atravessar cada sala e que salas deves mesmo evitar?

Para responderes a estas perguntas faz a seguinte experiência. Precisas de uma caixa de cartão (por exemplo uma

Tabela 1

superfície \ luz	branco	preto	vermelho	verde	azul
	reflete	absorve	reflete	absorve	absorve
	reflete	absorve	absorve	reflete	absorve
	reflete	absorve	absorve	absorve	reflete

caixa de resmas de papel A4) forrada de cartolina preta por dentro. Na tampa de cima faz um buraco centrado com dimensões aproximadas de 15 cm x 18 cm. Prepara três filtros: um vermelho, um azul e um verde. Para cada um toma um quarto de cartolina preta, dobra-a ao meio, e faz um buraco centrado de 15 cm x 18 cm em ambas as partes da cartolina dobrada. Coloca no meio da cartolina dobrada um retângulo de papel celofane vermelho com medidas 18 cm x 20 cm, a tapar o buraco, colando o celofane à cartolina e ambas as metades da cartolina uma à outra. Se o celofane for muito fino usa dois retângulos iguais sobrepostos. O teu filtro está pronto. Repete para os filtros verde e azul.

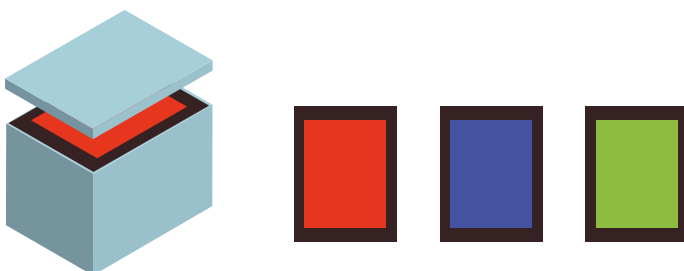


Fig. 3 - Caixa forrada de preto com a tampa com abertura e um filtro a cobrir a caixa por baixo da tampa; os três filtros, vermelho, azul e verde.

Agora prepara uma folha branca de papel e uma folha preta colando-lhes recortes de papel vermelho, verde ou azul com formas diferentes. Por exemplo cola triângulos azuis, quadriláteros vermelhos, e outras formas verdes. Podes também preparar as folhas no teu computador com um programa gráfico e imprimi-las. Coloca, agora, a folha branca no fundo da caixa forrada de preto, tapa a caixa com o filtro vermelho dobrando um pouco as bordas para não deslizar nem cair para dentro da caixa e cobre com a tampa da caixa. Vira a caixa para a luz. O que observas? Repete substituindo a folha branca pela preta. O que observas desta vez? Então já consegues responder à pergunta colocada? Como te deves vestir para passares despercebido e que salas deves evitar?

Quando olhamos através do filtro vermelho a folha branca no fundo da caixa não conseguimos ver os quadriláteros e todas as outras formas aparecem com a cor preta. O que se passa? A luz branca atravessa o filtro vermelho que apenas deixa passar a luz vermelha. O fundo branco

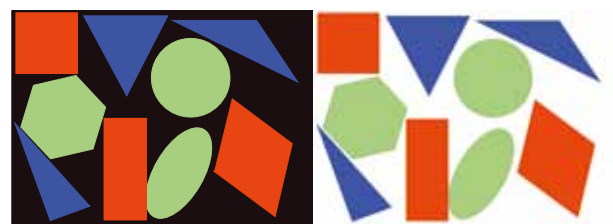


Fig. 4 - Fundo preto (esquerda) e branco (direita) com montagem de formas geométricas vermelhas, verdes e azuis.

reflete todos os tipos de luz. Se apenas é iluminada com luz vermelha só pode refletir o vermelho, e os nossos olhos vêem-no vermelho. Um objeto vermelho reflete apenas o vermelho e absorve o verde e o azul. Quando iluminado com vermelho vai refletir toda a luz. É também observado com a cor vermelha, confundindo-se com o fundo. Um objeto azul só reflete o azul e absorve o vermelho e o verde. Se for iluminado com luz vermelha vai absorver toda a luz e não reflete nada. É visto como sendo preto. O mesmo se passa com um objeto verde que só consegue refletir o verde. Quando iluminado com vermelho fica preto porque absorve toda a luz. Assim, o mais seguro para atravessar uma sala branca iluminada com luz vermelha sem seres visto é vestir um fato vermelho. Concordas?

Observa agora a cartolina preta através do filtro vermelho? Consegues perceber o que observas? Desta vez só se veem as formas vermelhas. Porquê?

O vermelho reflete a luz vermelha, o azul e verde absorvem a luz vermelha, e o fundo preto absorve a luz de todas as cores. Assim, o fundo e as formas azuis e verdes ficam pretas e só distinguimos o vermelho dos quadriláteros. Então numa sala preta iluminada com uma luz vermelha é melhor não te vestires de vermelho que serás logo descoberto. Escolhe antes o azul ou verde.

E o que se passa com os filtros azuis e verdes? Se colocares no fundo da caixa a cartolina preta com as formas verdes, azuis e vermelhas vêes que: qualquer que seja o filtro verde ou azul as formas



Fig. 5 - Fundo branco (esquerda) e fundo preto (direita) com filtro vermelho.

vermelhas não são vistas. Os filtros verde e azul não deixam passar qualquer luz vermelha. Também as formas azuis parecem quase pretas com o filtro verde, e as verdes quase pretas com o filtro azul, mas não se confundem tão bem com o fundo preto da caixa como as formas vermelhas. Então se estiveres numa sala preta iluminada por uma luz verde ou azul é preferível vestires-te de vermelho. Concordas?

Coloca agora a cartolina branca com as colagens verdes, vermelhas e azuis no fundo da caixa e observa-a através do filtro azul. O que observas? As formas vermelhas parecem pretas. As verdes ficam mais escuras mas não totalmente pretas. As formas azuis aparecem azuis mas com um azul diferente do azul refletido pelo fundo da caixa. Estes resultados indicam que não é seguro atravessar uma sala branca iluminada com luz azul, e o melhor é evitares as salas brancas da casa assombrada iluminadas com luz azul. Algo semelhante se passa com as salas brancas iluminadas com luz verde.

Os filtros verde e azul não funcionam tão bem como o vermelho e os motivos poderão ser vários. Os filtros podem não estar bem calibrados e o filtro azul deixa passar um pouco de luz verde, e vice-versa, o filtro verde deixa passar um pouco de luz azul. Nem sempre é possível desenvolver técnicas que nos permitam obter filtros perfeitos. Mas a diferença também pode estar associada ao modo como detetamos o verde e o azul, ambas as cores estimulando as mesmas partes do olho. O corpo humano é muito complexo e ainda não é claro como é que a informação relativa à cor é processada pelo cérebro.

É possível criar efeitos muito interessantes brincando com a cor das luzes e das paredes de uma sala. Para descobrires alguns destes efeitos visita a página <http://www.carnovsky.com/RGB.htm> que mostra os trabalhos de dois designers de Milão. Queres tu criar os teus próprios desenhos que mudam conforme o filtro que usares para os iluminar? Experimenta! Usa a caixa e os filtros que preparaste.

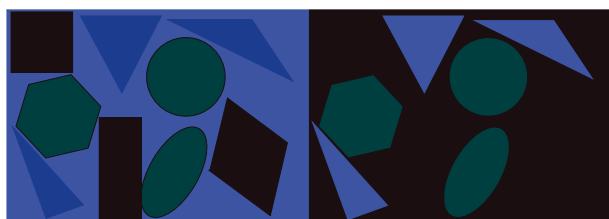


Fig. 6 - Fundo branco (esquerda) e fundo preto (direita) com filtro azul.

## Uma Introdução à Mecânica

Carlos Fiolhais

Não são muitos os professores de Física portugueses que põem à disposição dos seus alunos e dos alunos de outros, sob a forma de livro impresso, elementos de estudo. Muitos fazem-no sob a forma de notas de curso *on-line*. Mas o livro está bem longe de estar morto e todos sabemos que a manipulação física das folhas de um livro para a frente ou para trás não é exactamente o mesmo que percorrer um ficheiro num ecrã. O conteúdo pode ser exactamente o mesmo, mas o *design* conta. Num livro que seja nosso podemos sublinhar e anotar o que bem queremos (bem sei que isso é de certo modo possível também num ficheiro *pdf*, mas não é a mesma coisa...).

É, por isso, de saudar que os físicos António Silvestre e Paulo Teixeira, professores do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (o primeiro, doutorado pela Universidade de Lisboa e especialista em ciência de materiais, e o segundo, doutorado pela Universidade de Southampton e especialista em matéria mole), tenham decidido publicar as suas lições do curso de Mecânica Geral que ensinam na sua escola a estudantes do primeiro ano de Engenharia Química e Biológica. O livro foi um êxito, pois, saído em 2013, um ano depois aparecia a segunda edição, convenientemente revista. No prefácio à primeira edição os autores justificavam a sua obra referindo a escassez de obras de Física Introdutória em português. De facto, como eles próprios reconhecem, há muitas em português do Brasil, quer em tradução quer originais. Eles referem dois dos clássicos traduzidos para português, o Sears e Zemansky e o Halliday e Resnick. Mas há outros, como o Tipler (que adoptei quando ensinei Física Geral em Portugal) ou o Hecht (que adoptei em cursos desse tipo que dei nos Estados Unidos e que tem tradução em português). Não penso, como os autores, que as traduções brasileiras sejam más, mas concordo com eles que constitui um lucro para a cultura portuguesa a publicação de obras pedagógico-científicas usando a nossa norma. A física é universal, mas, agora que há entre nós mais estudantes a estudar física, sejam eles de física, sejam de outras ciências, sejam ainda de engenharia, eles lucram em ter à sua disposição mais manuais na sua língua-mãe. Este livro vem, em boa hora, juntar-se a outros congéneres -

não muitos, lembro-me do *Fundamentos de Física*, saído na Almedina, de Maria José Almeida e Maria Margarida Costa, que já vai na terceira edição e que, além de mecânica, inclui outros temas da Física Clássica, como Electromagnetismo e Óptica.

O livro em apreço é bastante completo abordando os assuntos da mecânica de um modo padrão, progredindo do conceptualmente mais fácil para o mais difícil: após a apresentação do cálculo vectorial, os autores tratam a cinemática do ponto, as leis de Newton, a dinâmica de uma partícula material, a dinâmica de um sistema de partículas, a dinâmica do corpo rígido e, finalmente, a relatividade restrita (interessante, mas há tempo?). Um apêndice apresenta relações matemáticas. O capítulo introdutório sobre cálculo vectorial poderia também ter vindo em apêndice, sendo chamado no corpo principal do texto à medida que a física o exigisse (o professor poderia sempre, perante alunos carentes, começar pelo apêndice). Tendo consultado de forma aleatória algumas das secções em que está estruturado percebi logo que a escrita era clara, cumprindo o livro o seu propósito pedagógico. Gostei, por exemplo, da discussão sobre massa variável, que nem sempre se faz. Não simpatizei tanto com a secção sobre “energia térmica” e “conservação da energia total”. De facto, não gosto da expressão “energia térmica”, por ela poder dar azo a más interpretações, como a de calor: prefiro falar em “energia interna”. E falar de energia total é algo ambíguo, pois poder-se-ia logo ter esclarecido que num sistema que além de mecânico é termodinâmico, à variação da energia mecânica (do sistema como um todo, visto como “concentrado” no centro de massa) acresce a variação de energia interna. Mas este assunto tem muito que se lhe diga (por exemplo, a questão do pseudo-trabalho) e percebo que os autores tenham querido ser sucintos. O livro em causa tem o grande mérito de incluir numerosos exemplos de aplicação, com questões resolvidas e problemas (as soluções estão, e muito bem, no fim). Fiquei um pouco admirado de o livro não incluir mais exemplos relacionados com a biologia, já que o público-alvo é formado por alunos de Engenharia Química e Biológica, mas percebo essa omissão uma vez que a mecânica introdutória não encontra uma aplicação fácil nessas áreas.

De que é que gostei mais e do que é que gostei menos neste livro? Gostei mais das secções com asterisco, aplicações da mecânica muito interessantes, que num caso resultam de investigação pedagógica original dos autores (designadamente a que consta do artigo “Uma normal muito anormal” publicado na *Gazeta de Física* em 2000). Há aqui verdadeiras pérolas, que dificilmente se encontram noutra lado. Gostei menos da apresentação do livro, demasiado espartana, numa época em que os livros de Física Geral internacionais privilegiam as imagens, incluindo não só fotografias como simulações computacionais. Mas mais e melhores ilustrações tornaria caro um livro que é barato.

Recomendo portanto o novo manual não só a alunos que estão a frequentar nas universidades ou politécnicos uma disciplina introdutória de Física, como, agora que houve uma ligeira alteração dos programas do secundário, aos professores de Física desse grau de ensino que queiram ter

à mão um livro de referência sobre o sempre eterno tema da mecânica clássica e relativista. Os autores e a sua escola estão de parabéns por mais esta contribuição ao ensino da Física em Portugal.



### **Mecânica. Uma introdução**

António Jorge Silvestre e

Paulo Ivo Teixeira

Lisboa: Edições Colibri e

Instituto Politécnico de Lisboa,

2.<sup>a</sup> edição revista, 2014

ISBN 978-989-689-295-1