

VAMOS EXPERIMENTAR!

Constança Providência



Ficha Técnica:

Editora: Sociedade Portuguesa de Física

Diretor: Bernardo Gonçalves Almeida

Título: Vamos Experimentar

Autores: Constança Providência

com a colaboração de

Camille Ducoin, Catarina Cosme, Helena Alberto, Helena Arede, Joana Pancas,
Marta Henriques, Pedro Providência

Ilustradora: Rita Wolters

Composição/paginação: Marília Peres

Capa: Rita Wolters

A Gazeta de Física

tem já uma longa história. O seu primeiro

número foi publicado em 1946, sob a direção de Jaime Xavier de Brito, Rómulo de Carvalho, Armando Gibert e Lídia Salgueiro, figuras fundamentais no impulso inicial da revista. Em outubro de 2026, a Gazeta de Física assinala, assim, um marco histórico relevante: a celebração dos seus 80 anos de existência.

A Gazeta de Física é a publicação oficial da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) e constitui, por isso, um importante meio de divulgação das atividades da Sociedade, das suas Delegações e das suas Divisões Técnicas. Desde a sua fundação, a revista tem procurado estabelecer uma ponte entre a comunidade científica e a sociedade em geral. Como se afirma no número inaugural, “A «Gazeta de Física» tem por primeiro e grande objectivo contribuir activamente para o desenvolvimento e elevação dos estudos de Física em Portugal em todos os graus de ensino, assim como para o esclarecimento dum público mais vasto sobre a posição real da intervenção da Física na vida moderna e sobre a acção do nível científico dos físicos e técnico-físicos no ritmo e na independência do progresso industrial do nosso País.”

Desde a sua origem, a missão da Gazeta encontra-se, assim, claramente definida. A revista publica artigos de divulgação científica dirigidos a estudantes, professores e investigadores em Física. Estes podem ter natureza teórica, experimental ou aplicada e procuram promover o interesse dos jovens pelo estudo da Física, incentivar a troca de ideias e fomentar o intercâmbio de experiências profissionais entre quem ensina, investiga e aplica a Física.

A Gazeta pretende alcançar públicos de todas as idades, com especial enfoque nos mais jovens, estimulando o gosto pela Física e contribuindo para a formação das novas gerações. Neste contexto, destaca-se a secção “Vamos Experimentar!”, especialmente orientada para os mais novos. As atividades propostas são direccionadas a alunos do 1.º ciclo, podendo ser realizadas quer em sala de aula, com o apoio de professores e em colaboração com colegas, quer em ambiente familiar, envolvendo pais, familiares e amigos. Para além disso, muitas das experiências podem também ser adaptadas para introduzir conceitos de Física no 3.º ciclo e no ensino secundário, alargando, assim, o seu alcance entre o público mais jovem e aumentando a sua utilidade pedagógica.

No ano de 2026, estão a ser desenvolvidas diversas iniciativas para assinalar os 80 anos da Gazeta. Entre elas, destaca-se a disponibilização online do conjunto de textos da secção “Vamos Experimentar!”. A sua publicação digital permite reunir, organizar e tornar facilmente acessíveis os seus conteúdos, facilitando a sua consulta por parte de professores, alunos e do público em geral. Deste modo, a disponibilização destes materiais para toda a comunidade através da página da Sociedade Portuguesa de Física, contribui para uma maior disseminação do conhecimento, para a valorização das secções da Gazeta, em particular do “Vamos Experimentar!” aqui envolvido, e para o reforço do papel da Gazeta de Física como instrumento de divulgação e educação científica.

Termino com um agradecimento especial à Constança Providência, que, ao longo destes anos, tem mantido esta secção com enorme dedicação, contribuindo de forma muito importante para a qualidade da Gazeta de Física. Um agradecimento também à Marília Peres que compilou os textos para esta publicação.

Bernardo Almeida

Diretor da Gazeta de Física

Uma pequena explicação

Em 2010 quando a Teresa Peña assumiu a direção da Gazeta de Física perguntou-me se eu aceitava manter uma secção regular na Gazeta propondo atividades experimentais de física dirigidas às crianças do 1.º ciclo. Com a experiência que tinha da coleção “Ciência a Brincar” aceitei o desafio. Sabia, por ter acompanhado as turmas das minhas filhas e da minha sobrinha durante o 1.º ciclo, que nestas idades as crianças estão abertas a experimentar, testar e discutir as suas observações e conclusões. Sem se aperceberem aplicam os conhecimentos que vão adquirindo na matemática e língua portuguesa e desenvolvem as suas capacidades manuais tão frequentemente menosprezadas. Este gosto, se não for alimentado, dilui-se no 2.º e 3.º ciclo.

As atividades propostas seguem a ordem cronológica com que apareceram na Gazeta de Física. Os temas escolhidos poderão ter uma ligação direta ao tema central discutido na Gazeta de Física, ser inspirados num assunto da atualidade ou simplesmente despertar a curiosidade. Partem geralmente de uma pergunta. Com materiais simples, muitas vezes reciclando materiais que seriam deitados fora, é possível chegar a uma resposta e compreender o que está a acontecer. As atividades da secção “Vamos Experimentar!”, geralmente colocadas em forma de perguntas, são desafios para as crianças do 1.º ciclo que podem ser realizadas em sala de aula com os colegas e professores ou em casa com os pais e irmãos. As mesmas atividades podem ser facilmente usadas para introduzir os vários temas de física no 3.º ciclo ou secundário. Eu própria utilizo algumas delas no ensino universitário. Deixo um aviso: as experiências sempre funcionam, só que, por vezes, o que estamos a testar não era bem o que queríamos. Quando isso acontece não se deve desistir mas pode-se perguntar a um colega do Agrupamento, enviar uma pergunta à SPF. É bom testar as experiências sempre antes de as apresentar em aula.

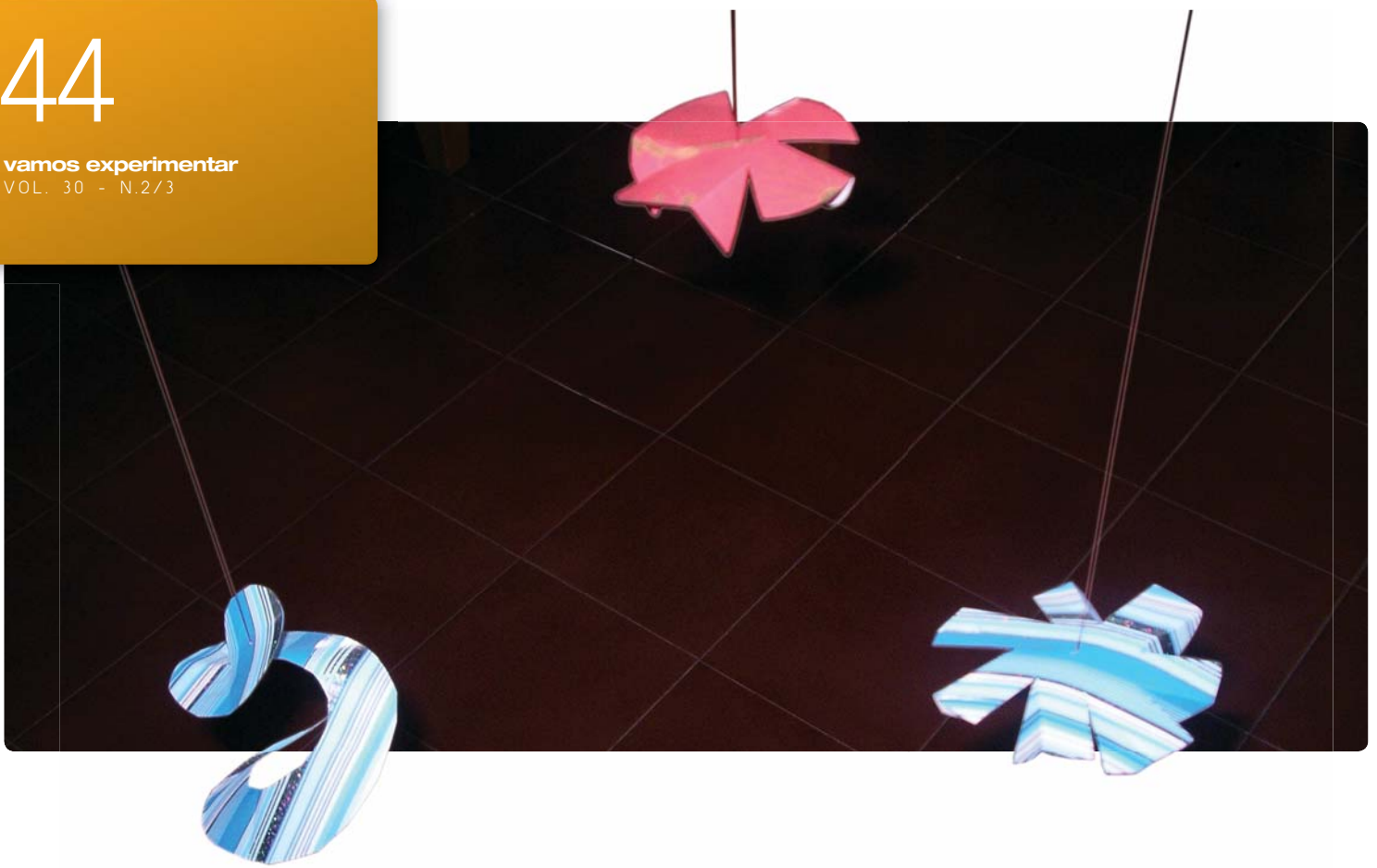
As atividades propostas contaram frequentemente a colaboração de outras pessoas com formações diversas cujos nomes estão indicados em cada experiência. Com elas aprendi muito e deixo aqui o meu obrigada. Pude sempre contar com o parecer crítico da física minha amiga Lucília Brito a quem agradeço a paciência e todos comentários tão pertinentes que tornaram estas propostas muito mais claras e com uma linguagem rigorosa. Agradeço também a paciência com que a ilustradora Rita Wolters foi tornando as atividades mais claras ao longo de todas estas páginas.

O gosto pela física foi-me transmitido pelo meu pai e foi com ele que aprendi que experimentando podemos responder às perguntas que o mundo nos coloca. Espero também conseguir transmitir este gosto a todos os que quiserem mergulhar nas propostas apresentadas.

Constança Providência

Índice

∞	Porque rodopia o móbile?.....	1
∞	Uma câmara mágica.....	3
∞	Branca ou preta: que roupa vestir?.....	5
∞	Qual abana mais? (com Helena Alberto)	7
∞	Mão direita e mão esquerda: qual é a diferença?	9
∞	Qual resiste mais? (com Camille Ducoin)	12
∞	Porque é que o relógio de pêndulo atrasa no Verão? (com Camille Ducoin)	15
∞	Porque é que os fios eléctricos são cobertos de plástico?.....	17
∞	Como funciona uma balança?.....	20
∞	Porque é que se espalha o corante?	22
∞	Como funciona um moinho?.....	25
∞	Como medir a espessura de um filme de óleo?.....	28
∞	Que simetrias encontras? (com Pedro Providência)	31
∞	Porque é que o quadrado vermelho desaparece? (com Pedro Providência).....	34
∞	Onde devo colocar o aquecedor?	37
∞	Consegues equilibrar um triângulo na ponta dum lápis?	39
∞	Quantas faces tem a fita de Moebius?.....	41
∞	Um tornado numa garrafa.....	43
∞	O Golo de Ronaldo	45
∞	Consegues fazer um floco de neve de papel?	47
∞	Qual voa mais tempo?	49
∞	Nuvens e icebergues	52
∞	À descoberta dos exoplanetas!	54
∞	Como se formam as ondas.....	56
∞	Quando estarão todos doentes?	59
∞	É eletricidade ou magnetismo?.....	62
∞	Fontanários: brincando com a Física!.....	65
∞	O que são materiais “frustrados”?.....	68
∞	Porque está a mudar o clima?.....	71
∞	O que é o vento? (com Helena Arede, Marta Henriques, Joana Pancas).....	73
∞	O equilibrista do Gabinete de Física (com Helena Arede, Joana Pancas)	76
∞	Como funciona o comboio maglev? (com Helena Arede, Joana Pancas)	79
∞	Um balão a jato: o que o faz voar?	82
∞	Os pêndulos comunicadores!.....	84
∞	Estruturas criativas (com Pedro Providência).....	86
∞	Porque não cai a Lua?	89
∞	Será um osso de mamute?.....	91
∞	Sabes o que é matéria escura? (com Catarina Cosme)	93
∞	O que é afinal a gravidade?	96



Porque rodopia o móbile?

MOVIMENTOS DE CONVECÇÃO

Constança Providência

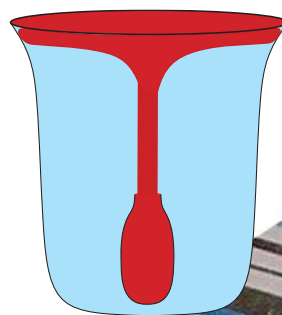
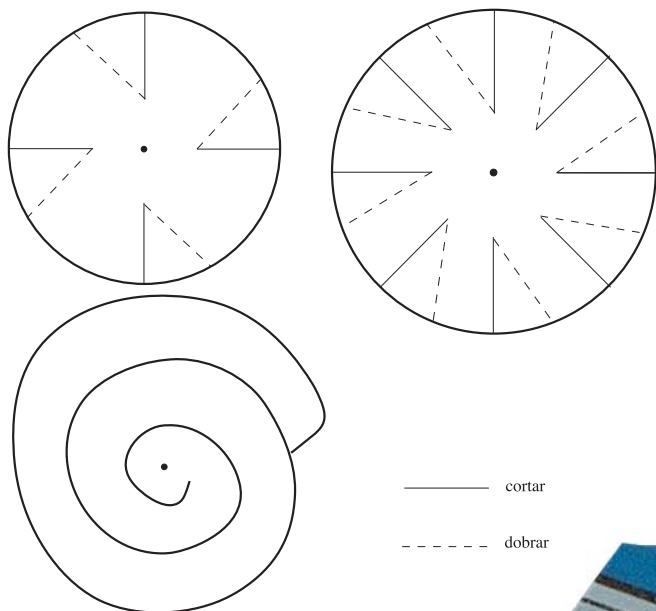
NO INVERNO OS DIAS SÃO CURTOS E FRIOS E FREQUENTEMENTE CHOVE. É A ALTURA IDEAL PARA FAZERES ESTA EXPERIÊNCIA EM CASA OU NA TUA SALA DE AULAS. E SERÁ UMA ÓPTIMA IDEIA PARA ENFEITARES A SALA!

Material:

- papéis variados (branco, metalizado ou decorado)
- aquecedor ligado
- tesoura, linha, agulha, missangas e cordel comprido
- frasco de vidro alto e largo, pequeno frasco de vidro e corante alimentar

Fotocopia as formas ao lado, uma espiral e dois círculos com golpes para formares duas hélices, uma com quatro pás e outra com oito. Amplia-as se o desejares e transpõe-nas para um papel de que tu gostes: pode ser metalizado, branco ou papel para embrulhar prendas. Corta estas formas pelos traços a cheio e dobra os cantos das pás das hélices pelos traços a tracejado de modo a ficarem perpendiculares à hélice. Com a ajuda de uma agulha passa uma linha de cerca de 50cm pelo ponto central indicado a cheio, não esquecendo de dar um grande nó na ponta de linha para ela ficar presa ou, se preferires, de enfiar uma missanga na ponta do fio. Aproxima de um aquecedor a tua espiral ou hélice pendurada na linha de modo a fica por cima do aquecedor a cerca de 20cm. Observa o que se passa! Porque será que a espiral e as hélices rodopiam formando lindos móveis? O que é que as empurra? E será que o mesmo sucede a todas as formas? Experimenta inventar outras formas que também rodem bem.

Constança Providência é professora da Universidade de Coimbra e tem prestado especial atenção à educação científica durante a infância, através da realização de experiências. É co-autora e impulsionadora dos livros da série “Ciência a Brincar” (Bizâncio).

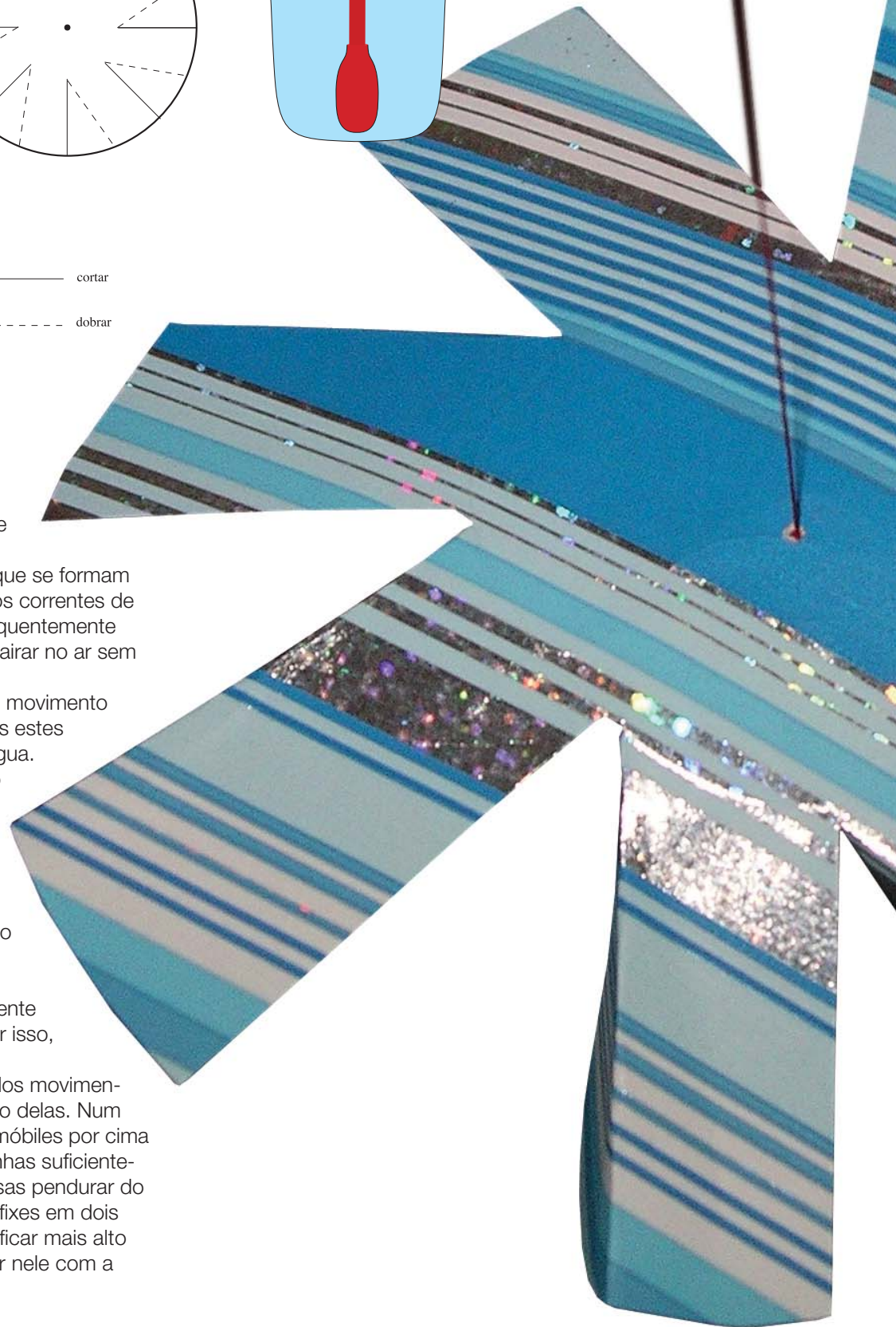


O ar aquecido pelo aquecedor que sobe e empurra o papel. Se a sua forma for adequada ele roda. O ar quente sobe porque é mais leve que o ar frio, comparando o peso de iguais volumes de ar. Às correntes que se formam quando o ar quente sobe chamamos correntes de convecção. Estas correntes são frequentemente aproveitadas pelos pássaros para pairar no ar sem precisarem de bater as asas!

Com água poderás facilmente ver o movimento de uma corrente quente a subir, pois estes movimentos também ocorrem na água. Precisas de um frasco de vidro, alto e largo cheio de água fria e um pequeno frasco cheio de água bem quente com umas gotas de corante ou tinta. Coloca o frasco pequeno com cuidado no fundo do frasco cheio de água fria e observa o que se passa.

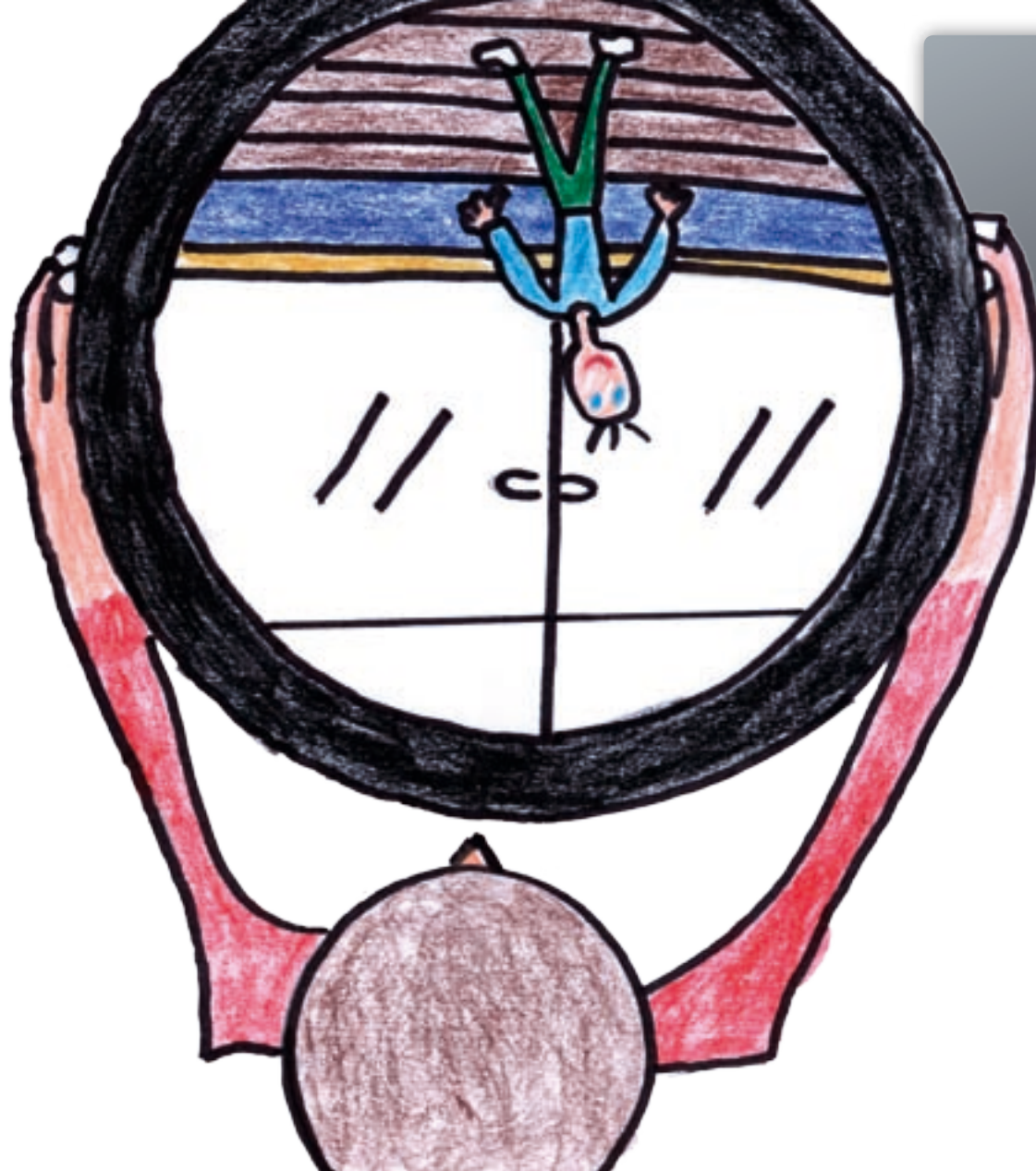
Acabaste de fazer o modelo de um vulcão no fundo do mar! A água quente é mais leve do que a água fria e, por isso, sobe e flutua na água fria.

Agora que já percebeste a origem dos movimentos de convecção podes tirar partido delas. Num dia de festa enfeita a tua sala com móveis por cima dos aquecedores. Basta cortares linhas suficientemente longas de modo que os possas pendurar do tecto da sala, ou de um cordel que fixes em dois pontos da sala. Este cordel deverá ficar mais alto que as pessoas para ninguém tocar nele com a cabeça.



Bibliografia

François Cherrier, Física recreativa, Editorial Verbo, 1977.
 Constança Providência, Benilde Costa e Carlos Fiolhais, Ciência a Brincar 3: descobre a água, Editorial Bizâncio, 2003.



Uma câmara mágica

Constança Providência

NO LIVRO “CIÊNCIA A BRINCAR: DESCOBRE O PATRIMÓNIO”, DE CONSTANÇA PROVIDÊNCIA E CARLOS FIOLEIS - NÚMERO 8 DA COLECÇÃO “CIÊNCIA A BRINCAR” DA EDITORA BIZÂNCIO, A SAIR EM JUNHO DE 2008 - DESCRIVE-SE, PARA OS MAIS PEQUENOS (CRIANÇAS DE 4 A 12 ANOS) O MODO DE CONSTRUIR UMA CÂMARA ESCURA.

Material

- lata pequena com um lado aberto
- cartolina preta
- papel de seda e um elástico
- tesoura e fita-cola

CÂMARA ESCURA

Sabes como é que antigamente os pintores desenhavam paisagens? Sentavam-se numa câmara escura que, como o próprio nome indica, é um pequeno quarto escuro, e copiavam para uma folha de papel a imagem que um espelho lhes projectava para dentro da câmara através de um pequeno buraco. Em muitos museus de ciência, como o

Constança Providência é professora da Universidade de Coimbra e tem prestado especial atenção à educação científica durante a infância, através da realização de experiências. É co-autora e impulsora dos livros da série “Ciência a Brincar” (Bizâncio).



Museu de Ciência da Universidade de Coimbra, encontram-se câmaras escuras. Encontra-se também uma numa torre do Castelo de São Jorge em Lisboa. Mas como funcionam essas câmaras?

Para perceberes o melhor é construíres a tua câmara escura. Precisas de uma lata pequena, que pode ser de refrigerante ou de vegetais enlatados, tendo um lado aberto. Pede a um adulto para fazer um buraco muito pequenino, com uma ferramenta bicuda, no centro da base da lata. Corta uma rodela de papel de seda com o dobro do diâmetro da lata. Cobre o lado aberto da lata com o papel de seda e fixa o papel à lata com um elástico de modo que o papel fique bem esticado. Corta depois um retângulo de cartolina preta com cerca do dobro de altura da lata e com largura suficiente para dar uma volta e meia à lata. Enrola a cartolina em torno da lata de modo a ficar bem justa e prende-a com fita-cola. Antes de enrolares a cartolina podes pintá-la a teu gosto. A base da lata coberta de papel de seda deverá ficar dentro do rolo de cartolina e a base com o pequeno buraco ajustada a uma das extremidades do rolo. Deves ter muito cuidado a construir a câmara: só deverá entrar luz pelo burquinho no fundo da lata. Se entrar luz pelo espaço entre a cartolina e a lata, terás de colar com fita-cola a cartolina à base da lata.

A CÂMARA ESTÁ AGORA PRONTA! APONTA A TUA CÂMARA, A FACE COM O PEQUENO BURACO, PARA A JANELA NUM DIA DE SOL E OLHA PARA DENTRO DA CÂMARA. O QUE VÊS?

A câmara parece mágica, pois vê-se uma imagem de pernas para o ar. É assim que funciona o olho humano, embora este seja bastante mais complicado. A imagem que se forma na retina também fica de pernas para o ar! Felizmente o cérebro aprendeu a interpretar as imagens invertidas como estando direitas...

CONSEGUES EXPLICAR PORQUE É QUE A IMAGEM FICA DE PERNAS PARA O AR?

SUGESTÃO: Se o buraco no fundo da lata ficar muito grande tapa-o com um pouco de fita-cola preta ou cartolina preta e faz um buraco na fita-cola ou cartolina com um alfinete.

AGRADECIMENTOS: Agradeço à Mariana o desenho da imagem na câmara escura e à Rita o modelo decorado de uma câmara escura.



Branca ou preta: que roupa vestir?

Constança Providência

NUM DIA QUENTE QUE T-SHIRT DEVES VESTIR: UMA BRANCA OU UMA PRETA? SERÁ QUE A COR DA T-SHIRT AJUDA A MANTERMO-NOS MAIS FRESCOS? FICARÁS A SABER DEPOIS DE FAZERES A SEGUINTE EXPERIÊNCIA NUM DIA DE SOL.

Material

- várias garrafas de vidro de 2dl com rolha
- termómetro
- papel de lustro de várias cores, fita-cola
- água

ABSORÇÃO DE LUZ

Enrola à volta de uma garrafa uma folha de papel branco e à volta da outra uma folha de papel preto. Deita a mesma quantidade de água em ambas as garrafas, até cerca de três quartos, e tapa ambas com uma rolha. Coloca ambas ao sol durante uma hora. Decorrido este tempo destapas e, com o termómetro, mede a temperatura da água em cada uma das garrafas. Qual está mais fresca e qual está mais quente?

Agora já sabes: num dia muito quente é melhor andares vestido com cores claras, de preferência branco, porque o branco reflecte a luz do Sol. Pelo contrário, o preto absorve a luz pelo que as superfícies pretas aquecem mais. É também por isso que no Alentejo as casas são caiadas: como o branco reflecte a luz do Sol, as casas não aquecem tanto.

Temperatura da água após 30 minutos num local escuro. As garrafas ficaram afastadas umas das outras, para não influenciarem o arrefecimento das garrafas vizinhas.

EMISSÃO DE ENERGIA

Já verificaste que o branco reflecte a luz solar mais que o preto e, por isso, as casas em regiões quentes são caiadas e no Verão o melhor é andarmos vestidos com cores claras. E durante a noite, que casas arrefecem mais depressa? E no Inverno, de que cor deve ser a tua camisola de lã, para não arrefeceres tão depressa? Também nestes casos a cor terá alguma influência?

Faz a seguinte experiência. Escolhe as cores de papel de

Temperaturas finais, após 40 minutos de exposição ao sol. Temperatura inicial: 22,9°C

Qual aquece mais?



Qual arrefece mais depressa?



Então agora já sabes responder: num dia frio sem Sol de que cor deverá ser a roupa que vestes de modo a não arrefeceres tanto? Perdes igual quantidade de energia qualquer que seja a cor e, por isso, podes escolher aquela que mais gostares!

lustru que queiras experimentar. Dobra as folhas ao meio de modo a ficar o branco para dentro e enrola cada folha dobrada à volta de uma garrafa, segurando-a com fita-cola. Depois de teres forrado todas as garrafas deita igual quantidade de água quente em cada, mede a temperatura da água e tapa as garrafas com uma rolha. Regista a temperatura e a hora inicial e coloca as garrafas num lugar fresco sombrio. Meia hora mais tarde mede novamente a temperatura de cada garrafa e regista as temperaturas. O que concluis? Qual foi a garrafa que arrefeceu mais? As diferenças são pequenas não são? Na verdade a cor não tem influência no modo como um corpo arrefece, mesmo comparando o branco com o preto.

Bibliografia:

Ciência a brincar: descobre o património!, Constança Providência e Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio, 2008.

Constança Providência é professora da Universidade de Coimbra e tem prestado especial atenção à educação científica durante a infância, através da realização de experiências. É co-autora e impulsora dos livros da série "Ciência a Brincar" (Bizâncio).



Qual abana mais?

Constança Providência e Helena Alberto

Material

- cartão grosso
- cartolina A4 de 250 g/m²
- tesoura e fita-cola ou cola

FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA

Sabias que quando há um terremoto as casas não abanam todas do mesmo modo? Na mesma cidade poderão cair algumas casas e outras não. Porque será? No dia 1 de Novembro de 1755 as casas que caíram primeiro em Lisboa foram as casas altas de pedra e as igrejas. Também o vento poderá colocar um edifício a abanar: os arranha-céus têm de ser construídos de um modo especial para não abanarem.

Que edifícios abanam mais num terremoto ou com o vento?

Faz a seguinte experiência: constrói quatro modelos simples de edifícios em cartolina, um alto e um baixo com o mesmo tipo de cartolina, e dois da mesma altura um de cartolina e outro de cartão grosso.



Quando estiverem prontos poderás testar como eles reagem quando são postos a vibrar. Corta doze tiras de cartolina e três tiras de cartão grosso com dimensões 6 cm x 21 cm e dobra-as em U. Cada tira dobrada representa um andar. O andar da base deve ter dobras adicionais para ser fixado à base. Cola cada andar ao andar de baixo com fita-cola ou cola baton sobrepondo parcialmente as tiras de forma a que os andares fiquem bem ligados uns aos outros. Tem o cuidado de sobrepor sempre o mesmo comprimento em ambos os lados do andar para no final o prédio não ficar inclinado.

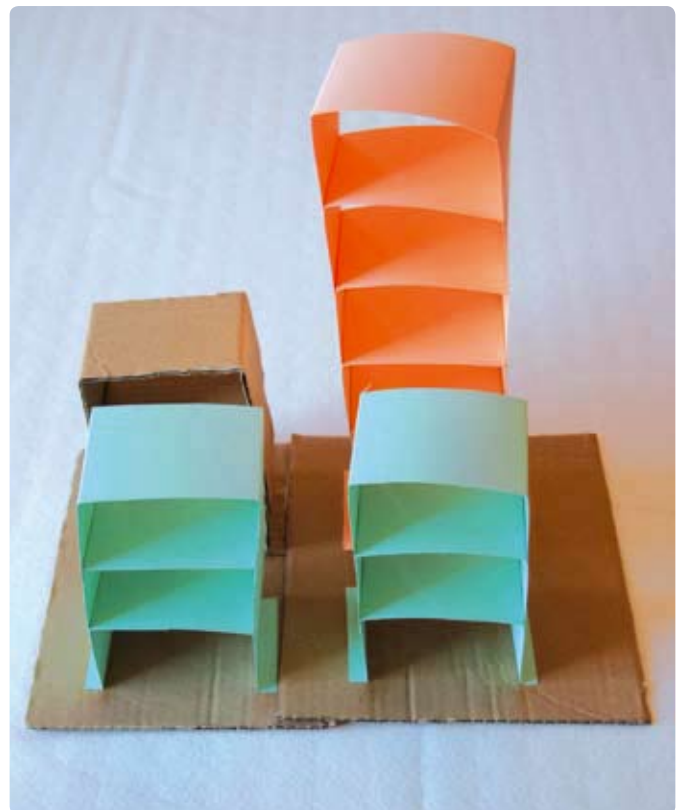
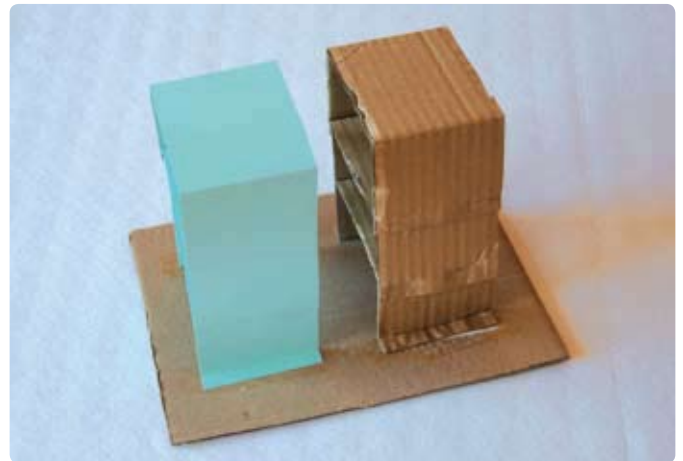
Constrói um prédio de seis andares e um de três andares e fixa-os a uma base de cartão grosso. Com as outras seis tiras constrói dois edifícios de três andares cada, um de cartolina e outro de cartão, e fixa-os a outra base de cartão.

Segura uma base de cada vez com ambas as mãos e põe-a a vibrar, abanando primeiro lentamente e depois rapidamente. O que observas? Repete com a segunda base.

O prédio alto vibra com amplitude elevada quando abanas a base lentamente. Nestas circunstâncias o prédio baixo não vibra. Se abanares a base mais rapidamente, isto é se aumentares a frequência de vibração, encontrarás uma frequência para a qual o prédio baixo vibra com uma amplitude elevada e o prédio alto quase não vibra.

Considera agora a base com ambos os prédios da mesma altura mas feitos com cartão de espessuras diferentes. O prédio de cartão grosso só vibra se abanares muito rapidamente a base. Quando este vibra o prédio de cartolina fina não vibra. O prédio de cartolina vibra se não abanares muito a base, mas, nestas condições o prédio de cartão não vibra.

Cada edifício reage mais a uma determinada frequência de vibração. Esta frequência depende da estrutura do edifício, dos materiais usados na sua construção e da sua altura. Se o sismo tiver uma frequência próxima desta frequência especial, o edifício vibra com grande amplitude. Dizemos que há ressonância. Há sismos em que os edifícios altos vibram mais e há outros em que os edifícios baixos são os mais afectados. Noutros sismos são os edifícios mais flexíveis que vibram e noutros os que têm uma maior rigidez. Tudo depende do tipo de sismo e da sua frequência de vibração. A construção anti-sísmica não impede a vibração, mas pode aumentar a flexibilidade da estrutura de forma a que o prédio vibre como um todo, sem cair. E os arranha-céus terão de ser construídos de modo que o vento não os consiga pôr a vibrar pois ninguém gosta de viver num prédio que abana com o vento!



Bibliografia:

Ciência a brincar: descobre o património!, Constança Providência e Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio, 2008

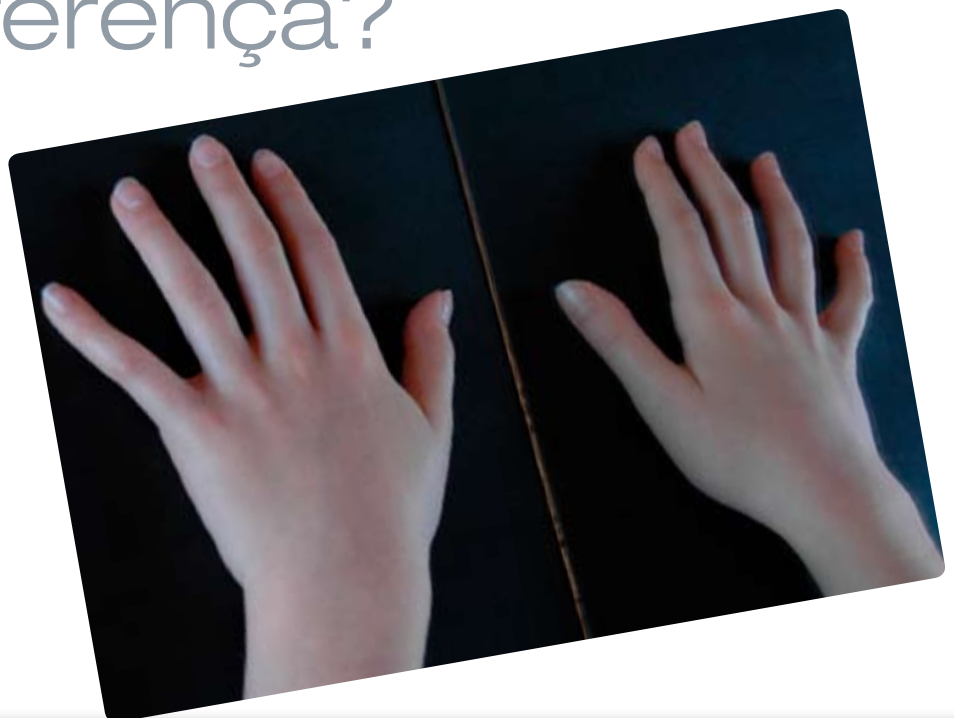


Mão direita e mão esquerda: qual é a diferença?

CONSTANÇA PROVIDÊNCIA

Material

- espelho
- uma folha de papel A4
- tesoura
- dois cliques
- canetas para pintar



O SENTIDO DE ROTAÇÃO DO HELICÓPTERO

Olha para a tua mão direita. Será igual à tua mão esquerda? Consegues sobrepor ambas as mãos? Não, elas são diferentes. Também não consegues enfiar na mão direita a luva da mão esquerda. Mas há uma semelhança que descobrirás com a ajuda de um espelho. Coloca a tua mão esquerda com o dedo polegar virado para o espelho e compara a sua imagem no espelho com a tua mão direita. São quase iguais! Dizemos que as mãos são quirais. “Quiral” é uma palavra que tem origem na palavra grega $\chi\epsilon\iota\rho$ que significa mão.

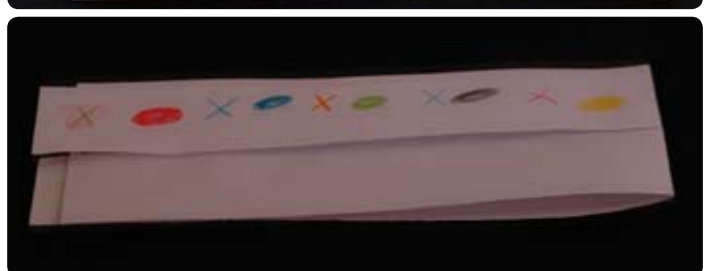
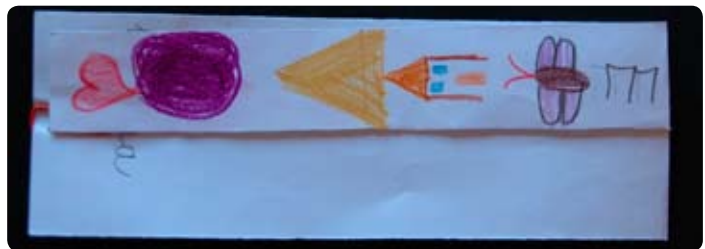
Objectos quirais, apesar de semelhantes, têm algumas propriedades diferentes. Com esta experiência muito simples vais descobrir uma, mas a natureza tem muitos exemplos.



Corta duas tiras de 6 cm de largura a todo o comprimento da folha A4. Faz um golpe de 12 cm de comprimento a meio de cada tira como indica a figura: estas duas tiras mais estreitas serão as asas de dois helicópteros. Enfeita a asa direita e a asa esquerda de cada um dos helicópteros de modo que a imagem no espelho da asa direita seja igual à asa esquerda.



Num dos helicópteros dobra a asa direita para trás e a esquerda para a frente vincando bem. No outro dobra a asa esquerda para trás e a direita para a frente. Enfia um clipe no centro da parte de baixo de cada helicóptero. Os teus helicópteros estão prontos! Segura um dos helicópteros colocando dois dedos por baixo das asas e larga-o. Repete o mesmo com o outro. Observa como voam: será que as suas asas giram para o mesmo lado?

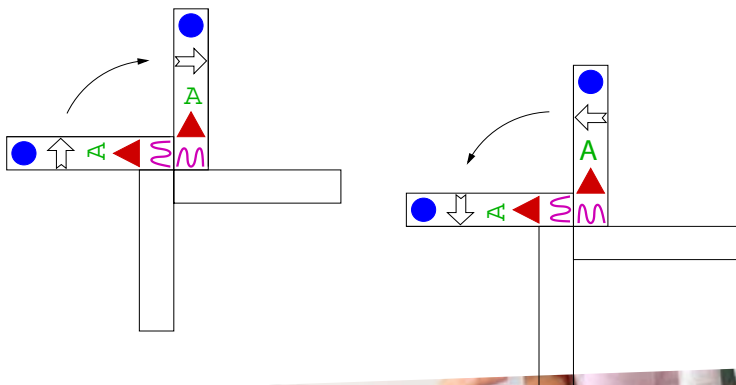




Se construíres tantos helicópteros de um tipo como do outro e os puseres todos a voar a probabilidade de apanhares um helicóptero que gira para a esquerda é igual à probabilidade de apanhares um helicóptero que gira para a direita. Há simetria relativamente ao número de cada tipo de helicópteros. Se apenas construíres helicópteros de um tipo deixa de haver simetria na tua sala.

O cientistas estão convencidos de que a simetria relacionada com a reflexão num espelho não é perfeita no Universo!

Não! Um gira para a direita e outro para a esquerda por serem objectos quirais.



Agradecimentos:

Agradeço à Professora Conceição Nave e a todos os alunos da turma do 1º A da Escola da Solum de Coimbra a colaboração na realização desta experiência e os lindos helicópteros.



Constança Providência é professora da Universidade de Coimbra e tem prestado especial atenção à educação científica durante a infância, através da realização de experiências. É co-autora e impulsionadora dos livros da série “Ciência a Brincar” (Bizâncio).

Qual resiste mais?

Constança Providência
Camille Ducoin

Papéis variados testados pelos alunos do 2A da Escola da Solum

Material

- cliques grandes (tamanho 10)
- papel de várias espessuras
- agrafador
- envelopes de papel
- 50 porcas de tamanho 12 mm
- furador de papel



Fig. 1 - Montagem para testar a resistência do papel

Resistência do papel

Todos nós temos problemas com as folhas dos dossiers: se não temos cuidado, as folhas acabam sempre por se rasgar, ficando soltas. Mas, afinal o que podemos fazer para evitar que o papel se rasgue?

Propomos-te uma experiência que te permite descobrir qual é o papel mais resistente. Deste modo já sabes qual deverás comprar para não teres tantos problemas com folhas arrancadas.

Faz com um furador um buraco no topo de uma folha e enfia um clipe grande nesse buraco. Na extremidade oposta fixa um envelope de papel com agrafos. Deve ficar bem preso. Pede a um colega para segurar o clipe com a folha pendurada. Com cuidado e lentamente vai deitando porcas para dentro do envelope. Quantas porcas tiveste de deitar até o papel rasgar? Experimenta outros tipos de papel e regista o número de porcas necessárias para

rasgar o envelope. Qual é o papel mais resistente? E o menos resistente? Se puxares a folha do dossier com uma força superior ao peso das porcas que registaste no teu caderno vais rasgar a folha! Podes ainda testar a resistência da folha quando fortaleces o buraco da folha com um anel próprio. Ou ainda, o que acontece quando em vez de uma folha usas duas ou três simultaneamente. Quantas porcas precisas para rasgar o buraco quando tens uma folha, duas folhas e três folhas? Repete cada medição três vezes. Verás que obténs resultados próximos mas poderão não ser coincidentes. Isto acontece porque quando repetimos a experiência não conseguimos reproduzi-la nas mesmas condições: usamos movimentos mais ou menos bruscos, seguramos o clipe de um modo diferente, deitamos as porcas no envelope mais ou menos lentamente.

Tipo de papel	Número de pesos
Folha quadriculada (100 g/m ²)	26
Folha de 60 g/m ²	19
Folha de 80 g/m ²	22
Cartão	51 (não rasgou)
Papel jornal	8
Papel higiénico	2
Papel crepe	9
Folha picotada (60 g/m ²)	18
Folha azul (60 g/m ²)	18
Papel metalizado para prendas	2
Papel de revista	11
Serpentinas	3
Lenço de papel	12
Rolo de papel higiénico	50 (não rasgou)

Tabela 1 - Resistência de vários tipos de papel

Fadiga do papel

Mas por vezes as folhas rasgam-se apenas com um leve puxão. Isso geralmente acontece porque já as passaste tantas vezes para trás e para a frente que vão ficando cada vez mais estragadas. Dizemos que o papel se rasgou por fadiga e muitos materiais partem simplesmente porque foram usados durante muito tempo. Uma das tarefas dos engenheiros é determinar em que condições um objecto pode ser utilizado sem partir por fadiga. Para testares os teus papéis à fadiga faz o seguinte: escolhe um tipo de papel e monta de novo o papel com o envelope e o clipe. Coloca dentro do envelope um terço das porcas necessárias para rasgar o papel (cinco se o papel rasgar com 14 porcas). Agora levanta e poisa várias vezes o papel com o envelope até o papel se rasgar. Eleva bem no ar o envelope com as porcas. Regista no teu caderno o tipo de papel, o número de porcas que usaste e o número de vezes que levantaste até o papel se rasgar. Volta a repetir aumentando o número de porcas. O que concluis? Poderás verificar que o resultado depende



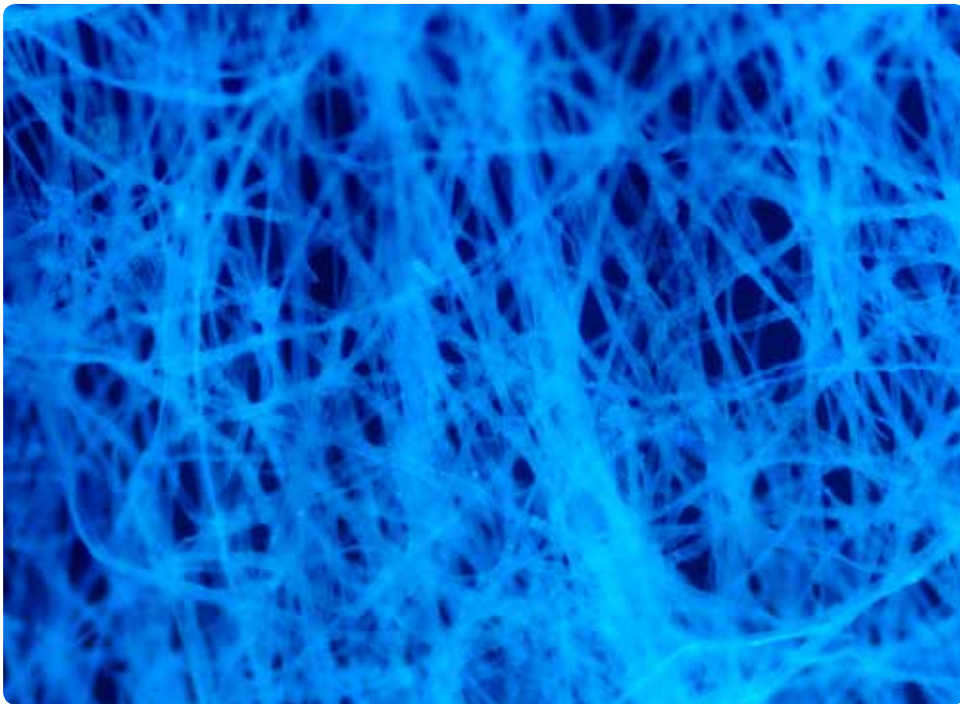


Imagem de um lenço de papel através de um microscópio identificando-se facilmente as fibras do papel (fonte: Wikipedia; autor: Richard Wheeler / Zephyris).

do modo como levantas o papel: se o fizeres lentamente e com cuidado conseguirás levantar o papel sem o rasgar mais vezes do que se o fizeres rapidamente e com movimentos bruscos. Usa sempre o mesmo método ao testares a influência do número de porcas.

Qual é o papel que preferes usar no teu caderno? Agora já percebes em que condições o papel se rasga e o que deves fazer para evitar que ele se rasgue.

O papel é feito de fibras de celulose retiradas da madeira ou de outras plantas. Na figura vêes uma imagem das fibras dum lenço de papel. A palavra papel deriva do termo grego que designava o material utilizado no Antigo Egipto para escrever, o papiro, produzido da planta papiro. Produzem-se vários tipos de papel, uns com fibras mais fortes e outros com fibras mais fracas. Terás de escolher o mais adequado conforme o uso que lhe queiras dar. Certamente que não vais usar para embrulhar uma encomenda o mesmo papel que utilizarias para te assoar.

Agradecimentos

Esta actividade foi realizada na turma do 2A da Escola EB1 da Solum em Coimbra no âmbito da disciplina Estudo do Meio. Agradecemos a toda a turma e à Professora Conceição Nave o entusiasmo com que exploraram as propriedades do papel.

Número de folhas	Número de porcas
1 folha	14, 11, 14, 15, 14
2 folhas	23, 29, 30, 30, 28
3 folhas	39, 41, 40, 37, 45

Tabela 2 - Resultados de várias medições da resistência de uma ou mais folhas do mesmo tipo de papel. Foi usado papel de 60g/m².

Número de porcas	Número de vezes levantado
5	204
7	100
9	16

Tabela 3 - Resistência à fadiga em função do número de vezes que o papel é levantado de cima da mesa (método lento). Foi usado papel de 60g/m².

Número de porcas	Número de vezes levantado
5	76
7	50
9	13

Tabela 4 - Resistência à fadiga em função do número de vezes que o papel é levantado de cima da mesa (método rápido). Foi usado papel de 60g/m².

Porque é que o relógio de pêndulo atrasa no Verão?

Constança Providência

Camille Ducoin

Material

- fio de lã ou outro
- porcas de tamanho 8
- régua
- relógio com ponteiro de segundos ou cronómetro



Certamente já viste um relógio de pêndulo! Talvez em casa dos teus avós ou em casa de um amigo, ou talvez tenhas um relógio de pêndulo em tua casa. Sabes porque se utiliza um pêndulo para medir o tempo? Vamos descobrir! O relógio de pêndulo foi inventado por Christiaan Huygens mas já Galileu tinha tentado construir um.

Um pêndulo é um sistema muito simples: basta pendurares na ponta de um fio comprido um objecto. Pega no fio pela outra ponta, desvia o objecto da sua posição de equilíbrio e larga-o: o objecto fica a oscilar. Os físicos gostam muito deste sistema por ser muito simples e porque todos os outros mais complicados se comportam como este nalgumas condições.

Mas afinal porque podemos utilizar o pêndulo como relógio? Vais descobrir facilmente a resposta se fizeres a seguinte experiência.

Constrói um pêndulo atando uma porca à ponta de um fio com cerca de 60-70 cm de comprimento. Mede o comprimento do fio e anota o valor no teu caderno. Pede a um colega para segurar pela ponta

livre. Desvia a porca do equilíbrio, conta as oscilações que faz durante 30 segundos e toma nota deste número. Volta a repetir quatro vezes. Toma sempre nota do valor obtido. Atenção que o teu colega que segura o fio não deve mexer a mão. E para não te enganares é melhor pedires a outro colega ajuda para medir o tempo. O que concluis dos valores obtidos? O número de oscilações é quase sempre o mesmo!

É por isso que podemos construir um relógio com um pêndulo! Basta saber quantas oscilações o pêndulo faz por minuto e depois contar, contar, contar as oscilações... Claro que assim não vai funcionar porque logo nos enganamos na contagem. Christiaan Huygens resolveu este problema e inventou um mecanismo que conta as oscilações: o relógio de pêndulo.

O pêndulo tem algumas propriedades interessantes. Será que o número de oscilações depende da massa do objecto que penduras no fio? O que acontece se em vez de uma porca usares mais? Repete a experiência mantendo o mesmo comprimento (é importante não variar o comprimento!) do fio e usando duas e três porcas. Que resultados obténs? O número de oscilações é diferente? Repete sempre cinco vezes cada medição.

Na verdade a massa do objecto não tem influência no resultado!

E se alterarmos o comprimento do fio, o número de oscilações será diferente? Verifica o que acontece quando o comprimento do fio varia. Repete a experiência com uma

porca mas com um fio mais curto, por exemplo com 45 cm. Quantas oscilações faz o pêndulo em trinta segundos? O número de oscilações é maior! E se o fio for mais comprido, o que sucede? Neste caso o número de oscilações em trinta segundos diminui.

Podes prever que os pêndulos têm alguns problemas. Já deves ter observado que as oscilações do pêndulo vão sendo cada vez menores e o pêndulo acaba mesmo por parar. Chamamos a este fenómeno amortecimento. Este problema teve de ser resolvido por Christiaan Huygens quando inventou o relógio de pêndulo, introduzindo um mecanismo especial. Para o relógio não parar é necessário dar a corda de vez em quando. Outro problema é a variação do comprimento do pêndulo com a temperatura: no Verão o fio do pêndulo aumenta de comprimento e no Inverno diminui!

Então no Verão, quando o comprimento do pêndulo

aumenta, o relógio atrasa ou adianta? E no Inverno? (ver resposta no fundo da página)

Este problema também se resolve corrigindo o comprimento do pêndulo no Verão e no Inverno, através de um pequeno parafuso que existe nos relógios.

Podes usar o teu pêndulo para jogar com os teus amigos. Pede a um dos amigos para bater as palmas regularmente sem olhar para o pêndulo. Cada um dos restantes amigos, à vez, tenta reproduzir o ritmo do batimento de palmas com um pêndulo. Para cada jogador o ritmo do batimento de palmas deve ser diferente. Quem conseguir reproduzir o ritmo mais rapidamente ganha!

Agradecimentos

Esta actividade foi realizada na turma do 2A da Escola EB1 da Solum em Coimbra no âmbito da disciplina Estudo do Meio. Agradecemos a toda a turma e à Professora Conceição Nave o entusiasmo com que descobriram como funciona o pêndulo.

Tabela 1 - Número de oscilações em 30 segundos de um pêndulo com 67 cm variando o número de porcas

comprimento do fio: 67 cm			
Nº de oscilações em 30 s	1 porca	2 porcas	3 porcas
Medida 1	38	36	36
Medida 2	37	37	36
Medida 3	37	37	37
Medida 4	36	37	37
Medida 5	37	37	37

Tabela 2 - Número de oscilações em 30 segundos de um pêndulo com 45 cm e uma porca.

comprimento do fio: 45cm					
1 porca	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5
Nº oscilações	44	44	45	44	44

Tabela 3 - Número de oscilações em 30 segundos de um pêndulo com 95 cm e uma porca.

comprimento do fio: 95cm					
1 porca	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5
Nº oscilações	30	31	31	30	31



Resposta: No Verão, quando o comprimento do pêndulo aumenta, o relógio de pêndulo atrasa e no Inverno, quando o comprimento diminui, adianta.

Porque que é que os fios eléctricos são cobertos de plástico?

Constança Providência



Lanterna e lanterna aberta

Material

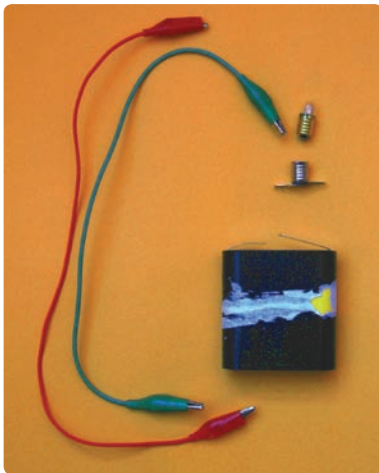
lâmpada
casquilhos
pilha de 4,5 V
vários fios com crocodilos ou cliques
materiais diversos

Como funciona uma lanterna?

Sabes como funciona uma lanterna? O que é que existe no seu interior que permite acender a lâmpada quando o desejas? É fácil ver o interior das lanternas que têm a forma de um paralelepípedo achatado. Abre uma destas pilhas e desloca o interruptor para cima e para baixo. Observa o que acontece.

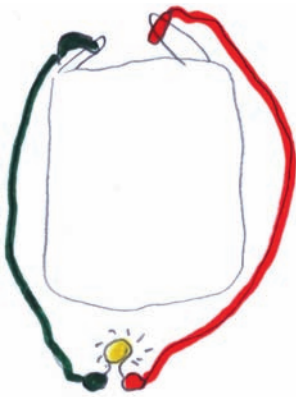
Lanterna e lanterna aberta

Para entenderes bem como funciona uma lanterna, constrói a tua própria lanterna. Vais precisar de uma pilha de 4,5 V, uma lâmpada pequena, um casquilho e dois fios, tal como vês na figura.



Material para montar uma lanterna

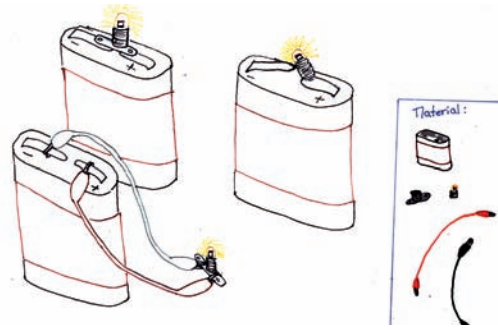
Os dois fios têm na extremidade dois crocodilos que permitem prender os fios a onde quiseres sem que eles se soltem. Já deves ter percebido de onde vem o nome: não achas que são parecidos com a cabeça de um crocodilo? Agora atarraxa a lâmpada no casquilho e descobre como deves ligar os fios ao casquilho e à pilha de modo a acender a lâmpada. Conseguiste? Basta ligar um dos fios a um dos pólos da pilha e a uma das extremidades do casquilho, e o outro fio ao outro pólo da pilha e à outra extremidade do casquilho. Os pólos da pilha são as duas fitas metálicas de saem da pilha. Faz um desenho da tua lanterna!



Montagem de um circuito com lâmpada ligada

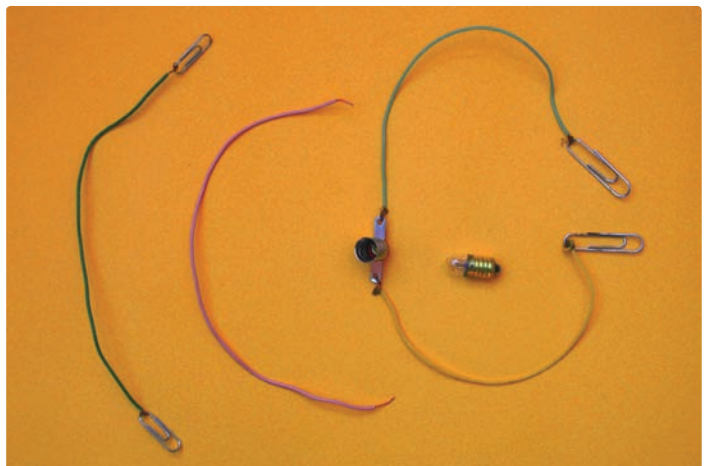
Na verdade os fios não são essenciais. Podes acender a lâmpada apenas tocando com o casquilho directamente nos pólos da pilha. Consegues acender? Os fios só são precisos para fazermos a montagem sem precisarmos de segurar a pilha e o casquilho com a lâmpada.

Mas será que o casquilho também é essencial, ou só o usamos para tornar a montagem mais fácil? Retira o casquilho e tenta acender a lâmpada aproximando-a da pilha. Repara que só na posição correcta a lâmpada se acende. Consegues? A rosca da lâmpada deve tocar num dos pólos da pilha e a ponta inferior da lâmpada no outro pólo.



Como acender a lâmpada usando fios e casquilho com lâmpada, casquilho com lâmpada ou apenas lâmpada (desenho de Rita Wolters).

Em vez de fios com crocodilos podes usar fios simples que compras numa loja de electrónica. Corta o fio em bocados com cerca de 20 cm de comprimento. Descasca as extremidades de ambos os lados de modo a ficares com o metal à vista e prende a cada extremidade um clipe. Os cliques fazem as vezes dos crocodilos. Numa loja de material eléctrico também compras as lâmpadas, casquilhos e pilhas. Para descascar as extremidades dos fios terás de usar um alicate especial.



Prepara os teus próprios fios com cliques e o auxílio de um alicate especial.

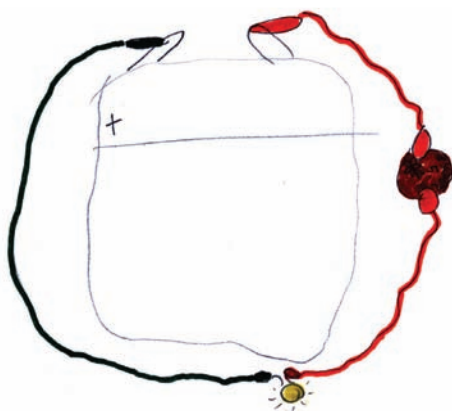
Materiais condutores e materiais isoladores

Mas afinal porque é que os fios eléctricos têm metal no interior e plástico à volta? Faz a seguinte experiência. Monta o circuito novamente, de modo a acender a lâmpada, mas usa três fios: fazes o mesmo que fizeste anteriormente mas

agora ligas dois dos fios um ao outro usando os crocodilos. Se separares os fios ligados entre si o que acontece à lâmpada? Não acende porque o circuito está aberto e não se forma uma corrente eléctrica que atravessa a lâmpada. Experimenta colocar diferentes materiais entre os dois fios: um bocado de papel, um prego, um bocado de papel de alumínio, uma moeda, um bocado de plástico, um bocado de fio de cobre, um lápis (a madeira e a mina do lápis) e outros materiais que queiras testar. Anota as tuas observações numa tabela com três colunas: no topo da primeira coluna escreve **Material**, no topo da segunda escreve **Acende** e no topo da terceira escreve **Não Acende**. Usa uma linha nova para cada material.

Material	acende	não acende
papelão		X
esferovite		X
pano		X
prata	X	
moeda	X	
carica	X	
elástico		X
prego	X	
lápis madeira		X
lápis grafite	X	
plástico		X
fio de cobre	X	

Materiais condutores e não condutores.



Circuito para testar se um material é condutor.

Chamamos condutores aos materiais que conduzem a electricidade, formando-se uma corrente eléctrica (a lâmpada acende), e isoladores aos materiais que não conduzem a electricidade (a lâmpada não acende). Dos materiais que testaste quais são isoladores? E quais são condutores?

Fios eléctricos cobertos de plástico

Agora já sabes porque é que os fios eléctricos têm um metal dentro, geralmente cobre, e porque é que são forrados

a plástico por fora. Precisas do metal para conduzir a electricidade. O plástico protege-te e não te deixa apanhar um choque se tocares num fio.



Fio eléctrico usado nas instalações eléctricas das nossas casas.

Observa um bocado de fio eléctrico dos que são usados na instalação eléctrica das nossas casas: são grossos e constituídos por três fios mais finos. Dois dos fios são como os dois fios de que precisaste para acender a lâmpada. O terceiro fio protege-te e, no caso de algo correr mal, a electricidade é conduzida directamente para a Terra através deste fio em vez de atravessar o teu corpo. A corrente eléctrica nos fios da nossa casa não é como a corrente que se forma no teu circuito com uma pilha: é tão forte que nos pode matar se tocarmos directamente na parte metálica dum fio ligado. Toma sempre muito cuidado com tomadas e aparelhos eléctricos.

Agradecimentos

Esta actividade foi realizada na turma do 2A da Escola EB1 da Solum em Coimbra no âmbito da disciplina Estudo do Meio. Agradeço a toda a turma e à Professora Conceição Nave o entusiasmo com que descobriram como funciona uma lanterna. Agradeço à Rita o desenho.

Material	acende	não acende
papelão		X
esferovite		X
pano		X
prata	X	
moeda	X	
carica	X	
elástico		X
prego	X	
lápis (madeira)		X
lápis (grafite)	X	
plástico		X
fio de cobre	X	

Como funciona uma balança?

Constança Providência



Material utilizado

Queres comparar o peso do teu estojo com o do teu colega de carteira mas não tens uma balança. O que podes fazer? Alguma vez pensaste sobre como funciona uma balança?

Há dois tipos de balanças baseadas em princípios diferentes: um dos tipos, a balança de pratos, é como o balancé e compara as massas de dois objectos colocados em pratos diferentes; o outro tipo, como a balança de casa de banho, determina o peso do objecto. A massa e o peso de um objecto não são a mesma coisa mas estão relacionados. Há, no entanto, uma grande diferença entre estas duas quantidades: enquanto que a massa de um objecto não varia com a posição, o mesmo não acontece com o peso. O teu peso é a força com que a Terra te puxa. Ora esta força é tanto maior quanto mais próximo estás do centro da Terra e, por isso, pesas mais na praia, ao nível do mar, do que no topo dos Himalaias, a 8 km de altitude. Vamos perceber como funciona uma balança que determina o peso.

Pega num elástico de borracha e puxa-o. O que acontece? Fica mais comprido. Dizemos que se deformou. Quanto mais força exerceres nele mais comprido ele fica.



Fig. 1 - Balança de pratos.

Será que não poderias usar o elástico para descobrir qual dos dois estojos é mais pesado?

Material

elásticos e cliques
régua
copo de plástico e fio
porcas do tamanho 8
uma garrafa de água



Fig. 2 - Balança de casa de banho.

Com a ajuda de um clipe pendura o estojo no elástico, ou pendura um saco de plástico no clipe e coloca o estojo dentro do saco. Mede com uma régua o tamanho do elástico e regista este valor. Faz o mesmo para o segundo estojo. E agora já sabes qual dos dois estojos é mais pesado? É aquele que esticou mais o elástico! Acabaste de construir uma balança simples baseada nas propriedades do teu elástico: se exerceres uma força sobre o elástico ele estica e, quanto maior a força, maior será o seu comprimento. Assim, quanto maior for o peso do estojo, maior é a força com que a Terra o puxa e maior é o comprimento do elástico. Podes pesar outros objectos do mesmo modo: pendura um saco de plástico no clipe e põe



Balança-saco: balança feita com um elástico, saco de plástico e cliques.



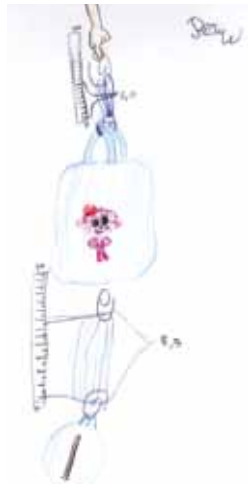
Utilizando a balança saco para pesar um estojo.

dentro do saco os objecto que quiseres pesar. Regista para cada objecto o tamanho do elástico. Qual é o objecto mais pesado?

Objecto	Comprimento do elástico (cm)	Quanto esticou? (cm)
nada	7,0	0,0
estojo	14,0	7,0
caderno	11,0	4,0
boneco	8,0	1,0
flauta	8,5	1,5
livro	16,0	9,0
camisola	10,0	3,0

Tabela 1 - Vários objectos pesados com um elástico. O elástico não deformado tem comprimento 7 cm.

Pesagem de um boneco e de uma flauta com uma balança saco.



Depois de teres pesado os objectos que escolheste volta a medir o tamanho do elástico sem nada pendurado. Tem o mesmo comprimento que tinha inicialmente? O tamanho do elástico ficou um pouco maior não foi? Se pendurares no elástico apenas objectos leves poderás verificar que ele volta ao tamanho inicial quando retiras o objecto. Experimenta pendurar o estojo vazio num elástico novo. Mede o comprimento do elástico antes e depois de teres pendurado o estojo vazio. O que concluis?

Pega num elástico novo e mede-o. Usa o elástico para pesar uma garrafa de água cheia. Volta a medir o elástico sem nada pendurado. Regista todas as medições no teu caderno. O que concluis?

Objecto	Comprimento do elástico (cm)	Quanto esticou? (cm)
nada	9,0	0,0
garrafa cheia	48,0	39,0
nada	13,0	4,0

Tabela 2 - Deformação do elástico por ter pesado um objecto demasiado pesado

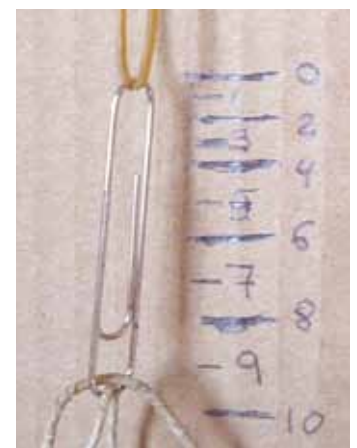
Se pendurares um objecto demasiado pesado, como um estojo cheio de lápis e canetas, ou uma garrafa cheia de água, quando voltares a medir o comprimento do elástico sem nada pendurado, obténs um comprimento maior do que o tamanho inicial. Dizemos que o elástico ficou com uma deformação permanente. Isto significa que usaste o elástico para determinar um peso demasiado grande: todas as balanças têm a indicação do peso máximo que não deverás ultrapassar.

Podes melhorar a tua balança de modo a não precisares de usar uma régua de cada vez que penduras um objecto. Para isso, fixa um elástico a uma tira de cartão de 15 cm

por 6 cm. Numa das extremidades, cola uma tira de fita-cola e faz um buraco a meio com a ajuda de um lápis afiado. A fita-cola fortalece a cartolina. Pendura no buraco um clipe com um elástico enfiado e com um pouco de fita cola por cima do clipe o fixa-o ao cartão. Enfia neste clipe um segundo clipe que servirá para tu segurares a balança. Pendura na outra ponta do elástico um terceiro clipe no qual enfiar um saco de plástico ou um copo. Se optares pelo copo faz dois buracos em pontos postos do bordo do copo, passa um fio pelos buracos e ata-o de modo a fazeres uma asa. Agora terás de calibrar a tua balança. Começa por marcar um traço grande que indique o tamanho do elástico quando o copo está vazio. Coloca, agora duas porcas no copo e volta a marcar o tamanho do elástico com um traço grande. À frente do risco escreve 2. Volta a repetir com quatro, seis, oito e dez porcas. De cada vez faz uma marca e escreve à frente o número de porcas que colocaste no copo. Entre cada dois traços faz um traço pequeno no meio e à frente indica o número correspondente (entre o traço do 2 e 4 deve ficar o 3). Tens finalmente a tua balança preparada



Balança com copo uma escala.



Pormenor da escala da balança.

para pesares o que quiseres, desde que não seja muito pesado, claro!

Se quiseres construir uma balança para medir pesos maiores o que poderás fazer? Bastará usares um elástico mais grosso ou dois ou três elásticos finos simultaneamente. Neste caso para calibrares a balança terás de usar mais porcas de cada vez. Experimenta!

Agradecimentos

Esta actividade foi realizada na turma 3A (2010/2011) e na turma 3D (2006/2007) da EB1 da Solum em Coimbra no âmbito da disciplina Estudo do Meio. Agradecemos às duas turmas e à Professora Conceição Nave o entusiasmo com que realizaram a actividade.

Porque é que se espalha o corante?

Constança Providência

Material

plasticina de duas cores
 uma palhinha
 um transferidor
 dois copos ou frascos
 dois pratos brancos
 corante alimentar e conta gotas
 termómetro e cronómetro
 papel quadriculado e lápis
 uma moeda de um cêntimo e uma
 de dois cêntimos

O que seria do verão sem água? Sem um copo de água fresca para tirar a sede, sem um mergulho no mar, no rio ou na piscina quando está quente, ou sem uma batalha de água com os amigos? Mas já terás perguntado alguma vez o que é a água?

A água é formada de pequenas partículas, as moléculas de água. São as propriedades destas partículas que determinam o comportamento da água, que é muito especial. Por exemplo, ao contrário de muitas outras substâncias, a água no estado sólido (aquilo a que chamas gelo) flutua na água líquida. Experimenta deitar um cubo de gelo num copo de água: o gelo afunda ou flutua? Flutua! E porquê? Coloca um frasco meio cheio de água no congelador depois de teres marcado a altura da água com uma caneta. Verifica qual a altura da água depois de ter congelado. É maior, não é? A água ocupa um volume maior quando passa ao estado sólido. Se tomares o mesmo volume de gelo e água líquida e pesares, verás que o gelo é mais leve. Dizemos que o gelo é menos denso que a água líquida, e é por isso que flutua na água.



Fig. 1 - Frasco com água antes e depois de estar no congelador. A marca azul indica a altura da água antes de ir para o congelador.



Vamos fazer o modelo de uma molécula de água. Precisamos de dois pedaços de plasticina de cor diferente, uma palhinha e um transferidor. Com uma das cores, faz uma bolinha de plasticina com cerca de 2 cm de diâmetro e com a outra cor, duas bolinhas com cerca de 1 cm de diâmetro. Corta dois pedaços de palhinha de 4 cm de comprimento e espeta cada um nas bolinhas mais pequenas. Espeta a outra extremidade das palhinhas na bola grande como indica a figura 2. Se quiseres representar bem a ligação das bolinhas pequenas à grande verifica que o ângulo entre as duas palhinhas é $104,5^\circ$. Já tens o teu modelo pronto: a bola grande representa um átomo de oxigénio, as bolinhas pequenas dois átomos de hidrogénio e as palhinhas a ligação eléctrica que as mantém unidas.

Mas como podemos ter a certeza que a água é formada por moléculas? Afinal não as vemos!

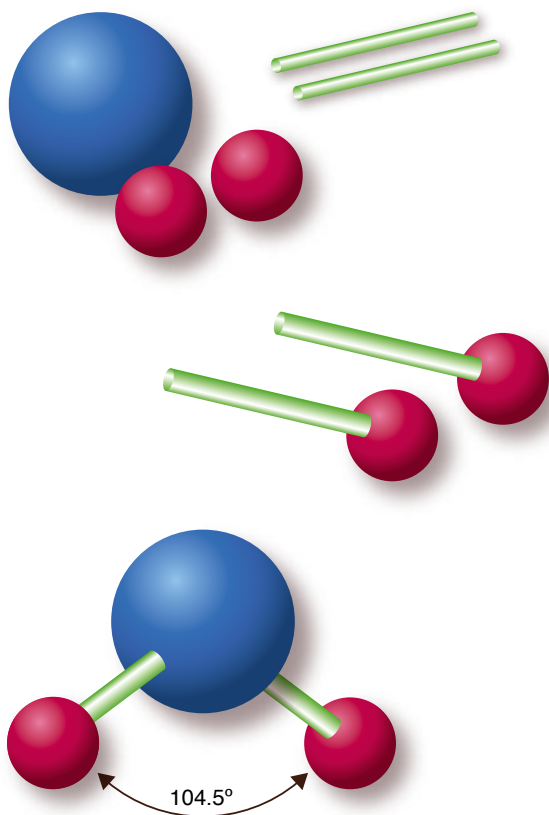


Fig. 2 - Montagem de uma molécula de água



Fig. 3 - Modelo de uma molécula de água

Podemos, no entanto, perceber que existem pelo modo como se comportam em certas condições. Prepara dois pratos brancos e deita em cada um deles 1 dl de água, num deles água quente e no outro água à temperatura ambiente. Mede a temperatura da água antes de a deitares no prato e regista. Deita no centro de cada prato um gota de corante alimentar e, com um cronómetro, mede o tempo que o corante demora a atingir o bordo da água. O que concluis? Na Figura 4 podes observar a evolução do corante na água em três instantes consecutivos.

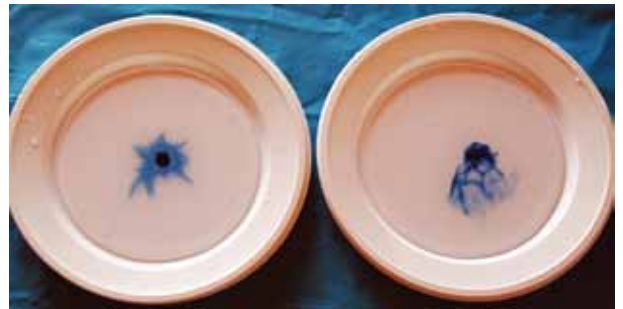


Fig. 4 - No prato da esquerda a água está a 25° e no da direita a 60° . As fotos foram tiradas com intervalos de aproximadamente 30 segundos.

A tinta espalha-se em ambos os pratos mas é muito mais rápida a chegar ao bordo no prato com água quente. Porquê?

Na verdade, o corante, tal como a água, também é formado por partículas. Depois de teres deitado o corante na água, as suas partículas sentem choques das moléculas de água em todas as direções e aos poucos vão-se afastando do centro do prato, executando um movimento ao acaso. Como todas as partículas do corante sofrem choques, o corante

espalha-se por todo o prato. Mas porque é que na água quente o corante se espalha mais depressa? É porque quanto mais quente está a água, mais rapidamente se deslocam as moléculas de água e, por isso, mais encontrões por segundo dão nas partículas de corante.

	Prato 1	Prato 2
Temperatura (° C)	25	60
Tempo	6 min	30 s

Registo da temperatura inicial da água nos pratos e do tempo que decorreu até o corante atingir o bordo da água no prato.

Se quiseres imaginar a trajectória de uma das partículas de corante no prato de água, faz o seguinte. Precisas dum quadrado de papel quadriculado de lado 20 cm, uma moeda de 1 cêntimo e outra de dois cêntimos. Deita as moedas ao ar e, quando caírem, observa as faces que ficarem para cima: se saírem dois números, marca um traço no papel para a direita; dois símbolos, um traço para a esquerda; um "1" e símbolo, um traço para baixo; e um "2" e um símbolo, um traço para cima. Repete 20 vezes. A tua partícula já se afastou do ponto de partida? Continua até a partícula chegar à borda ou até te cansares...

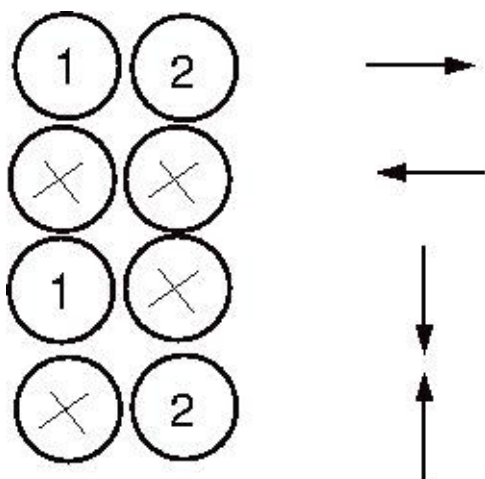
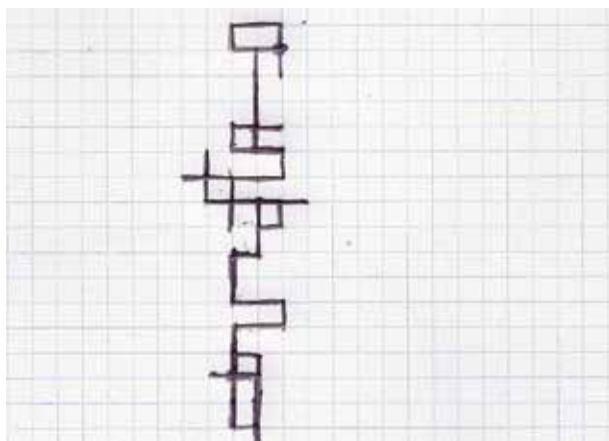


Figura 5 - Movimento de uma partícula simulado com a ajuda de duas moedas. As regras utilizadas durante a simulação estão indicadas na figura da direita.

Compara com os desenhos dos teus colegas. A partícula consegue afastar-se do centro?

O movimento das partículas de corante na água é conhecido por movimento browniano. Robert Brown identificou-o pela primeira vez em 1827 quando observava com um microscópio o movimento dos grãos de pólen numa gota de água. Mas foi Einstein quem pela primeira vez interpretou a origem deste movimento num dos seus famosos artigos de 1905. É assim que a ciência avança: observando e explicando o que se observa de um modo consistente.

Agradecimentos

Agradeço à Rita a simulação do movimento browniano e a ajuda na execução da experiência.

Bibliografia

"Ciência a Brincar: Descobre o Património!", Constança Providência e Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio (2008)

http://en.wikipedia.org/wiki/Brownian_motion



Como funciona um moinho?

Constança Providência

Material

- dois garraões de água vazios e tampas
- paus para espetadas
- rolhas
- palitos
- tesoura e papel

Moinhos e azenhas

Os moinhos foram usados desde a antiguidade para fazer farinha do grão dos cereais. Os romanos e os árabes introduziram em Portugal os moinhos que tiram partido do movimento do ar e da água para acionar o seu mecanismo. Já viste algum moinho em funcionamento? Conheces o mecanismo que põe as mós em movimento?

Vamos fazer duas montagens simples para entenderes o funcionamento de um moinho. Há moinhos de vento e moinhos da água. Os moinhos de água podem funcionar com uma roda de pás horizontal, é o caso dos rodízios, ou vertical, é o caso das azenhas. Para construir o modelo de um moinho de vento e de um moinho de água de roda vertical pre-

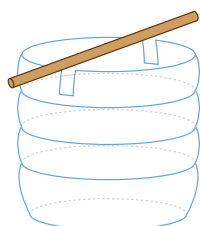


Fig. 1 - Corta o topo do garraão e faz duas fendas no bordo em lados opostos

cisas de paus de espetadas, rolhas, garraões de plástico vazios e respetivas tampas, papel e tesoura.

Corta o topo de dois garraões e faz duas ranhuras em lados opostos no bordo do garraão cortado, conforme a Figura 1. Aí irás apoiar um pau de espetada de modo que ele possa rodar com facilidade. Será colocado em movimento ou pelo vento ou pela água.

Para o moinho de água pede a um adulto que atravesse uma rolha de cortiça com um pau de espetada, ao longo do seu eixo, e faça 4 a 5 cortes longitudinais na rolha. Utiliza o plástico do topo das garraões de plástico para cortar 4 ou



Fig. 2 - Roda do moinho de cortiça com pás de plástico

5 pequenos retângulos, conforme o número de fendas na rolha. Encaixa-os nas fendas da rolha (Figura 2): vão servir de pás da roda do moinho. Apoia o eixo com a rolha sobre

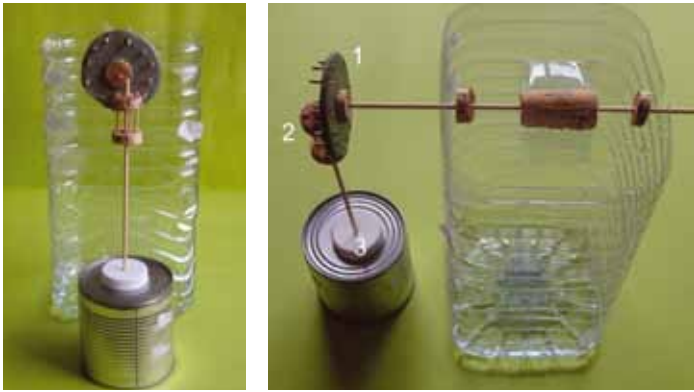


Fig. 3 - Modelo de moinho de água com entrosga (1), carreto (2) e mó (3): vista de frente e lateral. Se quiseres colocar a roda em movimento desencanaixa o carreto para não se estragar.

as fendas que cortaste no garrafão. Tens a roda da tua azenha preparada para funcionar! Usa uma garrafa pequena para deitares água sobre as pás e observa em que sentido rodam. Para evitar que a rolha toque nos bordos do garrafão podes enfiar duas rodela de cortiça, uma de cada lado da roda (Figura 3).

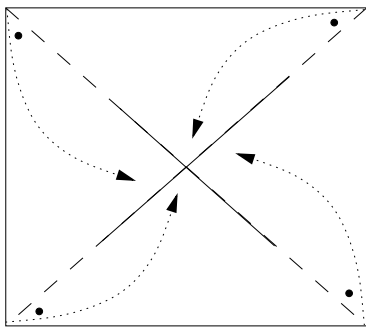


Fig. 4 - Modelo de vela. Corta pelo tracejado. Enfia o espeto no centro e nas quatro extremidades com uma pinta preta.

Para o moinho de vento, terás de preparar uma vela: corta um quadrado de uma folha de papel A5. Dobra o quadrado pelas diagonais e com uma tesoura dá golpes, até um quarto das diagonais a partir dos vértices, obtendo oito pontas (Figura 4). Espeta um pau de espetada pelo centro do quadrado e enfia no mesmo pau quatro pontas alternadas. Com duas rodela de cortiça enfiadas em ambas as extre-



Fig. 5 - Modelo de moinho de vento: com tampa à esquerda e modelo de entrosga à direita

midades do pau, pressiona as quatro pontas contra o centro do quadrado: tens a tua vela construída. Enfia uma tampa de garrafão no pau, em substituição da entrosga, e apoia o pau com a vela nas ranhuras de um garrafão de água cortado, ficando a vela fora do garrafão e a tampa no espaço entre as ranhuras (Figura 5). Sopra na vela e observa o que acontece! Tens o teu moinho pronto para colocar em movimento a mó, desta vez usando o vento.

Mas como é possível colocar em movimento uma mó horizontal? Num moinho de rodízio, a roda do moinho é horizontal e pode colocar diretamente a mó em movimento: uma das mós, o pouso, mantém-se imóvel enquanto a outra, a mó andadeira, está a girar.

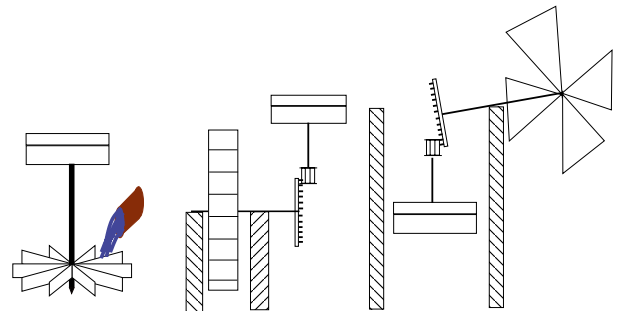


Fig. 6 - Rodízio (esquerda), azenha (centro) e moinho de vento (direita) com indicação da colocação das mós, e entrosga e carreto na azenha e moinho de vento.

Mas no moinho de vento ou na azenha é necessário um mecanismo extra: o eixo da vela ou da roda da azenha atravessa uma roda dentada que tem os dentes perpendiculares à roda, a entrosga. Por sua vez os dentes da entrosga encaixam-se nas fendas do carreto, que é atravessado por um eixo fixo da mó andadeira. O conjunto formado por entrosga e carreto é um mecanismo utilizado para transmitir movimento: o movimento de rotação do eixo horizontal é transmitido ao eixo vertical fixo à mó. Engenhoso, não?



Fig. 7 - Entrosga e carreto. Fotografia tirada da página <http://museu.sesimbra.pt/tag/outeiro/>

Podes fazer um modelo de entrosga e carreto com cortiça, e palitos, mas para ficar mesmo a funcionar é muito complicado. Para a entrosga corta uma rodela de esferovite de 2 cm de raio, espetá-lhe 12 pedaços de palito de cerca de 0,5 cm, igualmente espaçados, em torno da borda e enfia-a no eixo da vela ou da roda. Para o carreto corta duas rodela de cortiça, encaixa 4 pedaços de palito com cerca de 2 cm entre ambas e passa o eixo da mó pelos seus centros. Para a mó andadeira usa uma tampa de garrafão e para o pouso uma lata com um furo no centro. Os moleiros gostam que a entrosga tenha 36 ou 40 dentes e o carreto 4 a 5 fuseis, a palavra técnica para designar os paus verticais que o formam. Quando a entrosga dá uma volta, quantas voltas dá o carreto, ou a mó que roda com o carreto?

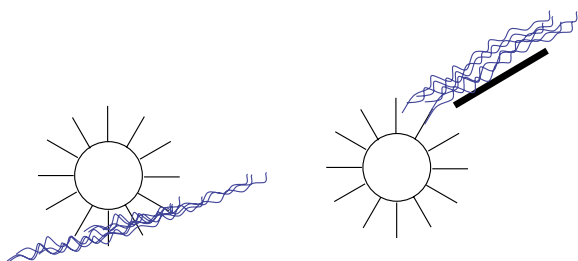


Fig. 8 - Roda de azenha a apanhar água de baixo (esquerda) ou de cima (direita)

As rodas das azenhas podem apanhar a água por cima, a água é canalizada e cai no topo da roda, ou por baixo, a roda está parcialmente dentro de um curso de água com corrente. Em que sentido gira a roda da azenha em cada um dos casos?

Na zona de Penacova e Bussaco há muitos moinhos de vento. Poderás encontrá-los no Roxo, Aveleira, Gavinhos, Portela da Oliveira e Atalhada. E agora deixo-te a questão: porque terão sido abandonados os moinhos? O que os veio substituir?

Na verdade, entretanto, as pessoas aprenderam a aproveitar o movimento do ar e da água de um modo muito mais eficiente gerando eletricidade. Sabes como?

Mas essa é uma outra história...



Agradecimentos:

Agradeço ao Helmut Wolters as fotografias dos moinhos e à Mónica Wolters as fotografias técnicas. Agradeço ainda às Professoras Isabel Lourenço e Nazarete Catré do Agrupamento Eugénio de Castro de Coimbra por me terem envolvido num projeto da escola sobre moinhos.

Bibliografia

- Fernando Galhano, "Moinhos e Azenhas de Portugal", Centro de Estudos de Etnologia de Lisboa (1979)
- <http://moinhosdeportugal.no.sapo.pt/>
- Vídeo de moinho a funcionar: <http://www.youtube.com/watch?v=ivntEiCB400>
- <http://museu.sesimbra.pt/tag/outeiro/>



<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dieselrainbow.jpg>

Como medir a espessura de um filme de óleo?

Constança Providência

Material

- prato grande de vidro transparente
- papel quadriculado
- papel milimétrico
- azeite
- um alfinete fino
- pó de lycopódio¹ e doador de rede fina
- proveta de cerca de 100 ml
- contas pequenas de madeira
- argola de silicone
- craveira e régua

É frequentemente necessário utilizar métodos indiretos para efetuar a medição duma quantidade em Física. Vamos dar um exemplo. A matéria é formada por átomos, e estes de partículas ainda mais pequenas, os eletrões, os protões e os neutrões. O raio de um protão é cerca de 0,000 000 000 000 001 m. Como podes imaginar, não se pode medir o raio do protão com uma régua! É preciso utilizar métodos muito complicados, propostos e montados por físicos, para realizar esta medição.

Imagina um filme de óleo, uma fina camada de óleo em cima de água, como frequentemente aparece quando a es-

trada está molhada. Estes filmes apresentam cores muito bonitas quando o Sol incide neles.

Vamos descobrir como podemos determinar a sua espessura, muito maior que o raio do protão, mas demasiado fina para podermos usar uma régua. Na verdade, a espessura dum filme é inferior a um micrometro, a milésima parte de um milímetro.

Começaremos por testar o método com contas de madeira das que se utilizam para fazer colares. Precisamos de contas, de uma argola de silicone com cerca de 6 cm de diâmetro e de uma proveta. Coloca a argola sobre uma folha de papel e enche-a de contas de modo a teres uma única camada de contas (Figura 1). Deita as contas na proveta e mede o volume que ocupam (Figura 2). Mede também o diâmetro da argola. Com estas medições como poderás determinar o diâmetro de cada conta? Ora o volume ocupado pelas contas é sempre o mesmo quer as contas estejam na proveta ou dentro da argola. Neste último caso o volume é dado pela área limitada pela argola multiplicada pela altura da camada, ou seja o diâmetro de uma conta:

$$\text{volume} = \text{área} \times \text{diâmetro},$$

ou ainda,

$$\text{diâmetro} = \text{volume}/\text{área}.$$

¹ Pode ser adquirido numa farmácia.



Fig. 1

Medimos o volume das contas na proveta, o diâmetro da argola e obtivemos

$$\text{volume} = 25 \text{ cm}^3$$

$$\text{diâmetro da argola} = 6 \text{ cm.}$$

Calculámos a área da argola = $28,3 \text{ cm}^2$. Com estes dados obtivemos o diâmetro das contas = $0,88 \text{ cm}$. Medindo a conta com uma craveira obtivemos $0,79 \text{ cm}$ (Figura 3). O nosso método indireto deu-nos uma estimativa muito boa.

Vamos agora aplicar este método à determinação da espessura de um filme de azeite em cima de água. Será apenas uma estimativa com mais incertezas que o cálculo do diâmetro da conta, mas vai-nos dar uma boa ordem de grandeza.

Coloca um prato de vidro com um diâmetro superior a 30 cm em cima de uma folha de papel quadriculado. Deita água no prato e polvilha a superfície com pó de licopódio. É importante usares o pó para facilmente identificares os limites do filme. Coloca o pó de licopódio até às extremidades do prato de modo a que limite sempre a zona da superfície com azeite.



Fig. 3



Fig. 2

Mergulha um alfinete fino em azeite e verifica que quando o retiras pequenas gotas de azeite escorregam pelo alfinete e caem. Deita uma destas gotas no centro do prato com água e vê o que acontece ao pó de licopódio. Verás que se forma uma figura mais ou menos irregular. Se fizeres incidir luz na superfície do prato verás que o pó limita uma fina camada de azeite com as cores do arco-íris.

Quando a figura tiver estabilizado determina a sua área contando os quadrados do papel quadriculado por baixo da figura. Se não tiver corrido bem da primeira vez repete. Para polvilhar a superfície de um modo uniforme usa um coador com uma rede fina. Antes de poderes calcular a espessura do filme ainda terás de fazer uma estimativa do volume da gota de azeite que deitaste sobre a água. Um modo possível é pedires a um colega para colocar uma folha de papel milimétrico vertical próxima do alfinete mergulhado em azeite. Vê a gota a formar-se e mede o seu diâmetro quando ainda está presa na ponta do alfinete. Esta medida permite calcular o volume da gota de azeite incluindo a ponta do alfinete, cerca de $d^3/2$. Estimando que o volume ocupado pelo alfinete é metade deste volume, obtemos para a gota de azeite metade do volume calculado, $d^3/4$.



Fig. 4

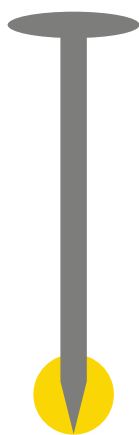


Fig. 5

Realizámos a experiência e obtivemos:

diâmetro da gota de azeite na extremidade
do alfinete = 2 mm

área do filme de azeite = 158 quadrículas com
5 mm de lado = 3950 mm².

Agora podemos determinar a espessura da camada de azeite: espessura = volume da gota de azeite/ área da mancha de azeite = $2/3950 = 0,000\ 506$ mm. Dizemos que tem uma espessura de 506 nanómetros. O nanómetro é uma medida de comprimento e obtém-se dividindo um milímetro em 1000 partes, e uma destas partes novamente em 1000 partes.

O valor obtido foi apenas uma estimativa. Há várias incertezas envolvidas na obtenção deste número. Quais? Como poderíamos melhorar o resultado?

Uma das maiores incertezas está certamente na estimativa do volume da gota de azeite, e uma segunda na determinação da área da mancha de azeite. Melhorar qualquer das duas vai melhorar os teus resultados.

A espessura deste filme de azeite é da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da luz visível e é por esse motivo que a mancha de azeite adquire as cores do arco-íris: são figuras de interferência. Poderás aprender mais tarde a explorar estas figuras para determinar com uma precisão maior a espessura do filme.

Agradecimentos

Agradeço ao meu colega José António Paixão todas as dicas e o precioso pó de lycopódio que poderá ser encontrado em farmácias. Agradeço ainda à minha colega Lucília Brito por todas as críticas e pela cuidadosa edição do texto.

Para saber mais:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film_interference
- <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/estimating-size-molecule-using-oil-film>
- Prova experimental ap_exp(1).pdf em <http://olimpiadas.spf.pt/apuramento/1999.shtml>

Correspondência

Heliografia extrema: Retificação

Recebemos do nosso leitor e colaborador Guilherme de Almeida um comentário relativo ao artigo “Heliografia extrema”, da autoria de Horácio Fernandes, publicado na última edição da Gazeta de Física (vol. 35, nº 2, pág. 33) e que transcrevemos:

(...) Há um interessante artigo de Horácio Fernandes (pp. 33-34), bem feito, mas com uma “aborrecida gralha” que merece reparo e rectificação. (...) Sensivelmente a meia altura da coluna esquerda da página 34, aparece isto: “Ter em atenção que a imagem do Sol não será pontual devido à qualidade do espelho, mas gerará uma imagem de poucos milímetros quadrados.”

Ora mesmo que o espelho fosse a perfeição absoluta e ainda que não houvesse aberrações, a imagem do Sol não se reduziria nunca a um ponto. Na verdade, para um espelho com 20 cm a 40 cm de distância focal (como o autor refere na pág. 33) a imagem do Sol seria um pequeno círculo de 1,75 mm de diâmetro (para $f = 20$ cm) e de 3,5 mm de diâmetro (para $f = 400$ mm). Nunca seria um ponto, pois o Sol, visto da Terra, não é uma fonte pontual, nem sequer aproximadamente.

Como nota justificativa, veja-se que:

- O diâmetro aparente do Sol, visto da Terra, é de cerca de $0,5^\circ$, ou seja, $0,00873$ rad.
- Para uma distância focal f , expressa em milímetros, o diâmetro d da imagem, no “plano” focal do espelho será $d = f \times 0,00873$ (mm).
- Por exemplo, para $f = 200$ mm, o diâmetro da imagem do Sol, formada por esse espelho, seria $d = 200 \times 0,00873 = 1,75$ mm.
- É um velho mito (aliás recorrente) a ideia de que com uma lupa os raios solares dela emergentes se concentram “num ponto”.



Que simetrias encontras?

Constança Providência¹, Pedro Providência²

¹ CFC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

² CES, Universidade de Coimbra

Material

- cartolina 50 cm × 70 cm de duas cores cortada em quadrados de 8 cm × 8 cm
- tesoura e cola
- espelho

Possivelmente já sabes que os azulejos foram introduzidos em Portugal pelos mouros - azulejo vem da palavra árabe *az-zulayj* que significa pedra polida – e desde o século XV são utilizados no nosso país como elemento decorativo. O azulejo que vês na Figura 1 (esquerda) é do Mosteiro de Santa Clara em Coimbra, e constitui um elemento de uma parede coberta de azulejos. Repara bem: se o rodar de 90° vês alguma diferença? E se o rodar de 180°? Ou 270°? Depois de efetuares a rotação obténs um azulejo igual ao primeiro, e não conseguimos distinguir o azulejo rodado do não-rodado, concordas? Dizemos que o azulejo tem uma simetria de rotação que o deixa *invariante* – uma palavra usada pelos físicos e matemáticos e que apenas significa que a sua forma não varia: o azulejo apresenta-se igual antes e depois da rotação. Se olhares com mais atenção para o azulejo verificas que ele resulta da repetição do elemento a tracejado na Figura 1 (direita) com orientações diferentes.

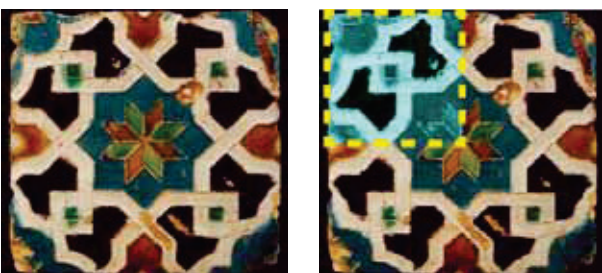


Figura 1

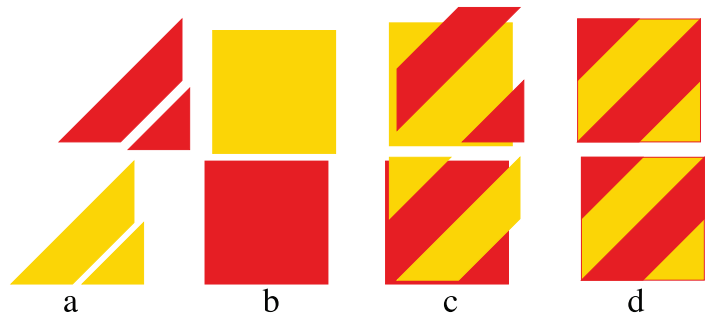


Figura 2

Compreender as propriedades de um material torna-se muito mais fácil quando conseguimos identificar as suas simetrias. Por exemplo, as propriedades dum cristal dependem do tipo de simetrias que apresenta.

Vamos usar os azulejos para identificar algumas dessas simetrias e construir vários painéis partindo de um azulejo elementar.

Considera o azulejo da Figura 2(d). Prepara vários azulejos iguais para realizares as experiências que se seguem. Para isso corta duas cartolinas de cores contrastantes, por exemplo vermelho e amarelo, em quadrados de 8 cm por 8 cm (com uma cartolina de 50 cm × 70 cm fazes 40 quadrados). Corta ao meio, ao longo de uma diagonal, 13 quadrados vermelhos, de modo a obteres 26 triângulos. Corta cada um destes triângulos em duas partes por uma paralela à hipotenusa que divide a altura do triângulo em dois, como mostra a Figura 2(a). Obténs de cada triângulo um trapézio e um triângulo mais pequeno que deverás colar sobre um quadrado amarelo como indica a Figura 2(c). Proceda analogamente com 13 dos quadrados amarelos, colando os trapézios e triângulos pequenos que obténs sobre os quadrados vermelhos. Ficarás com 52 azulejos semelhantes à Figura 2(d).

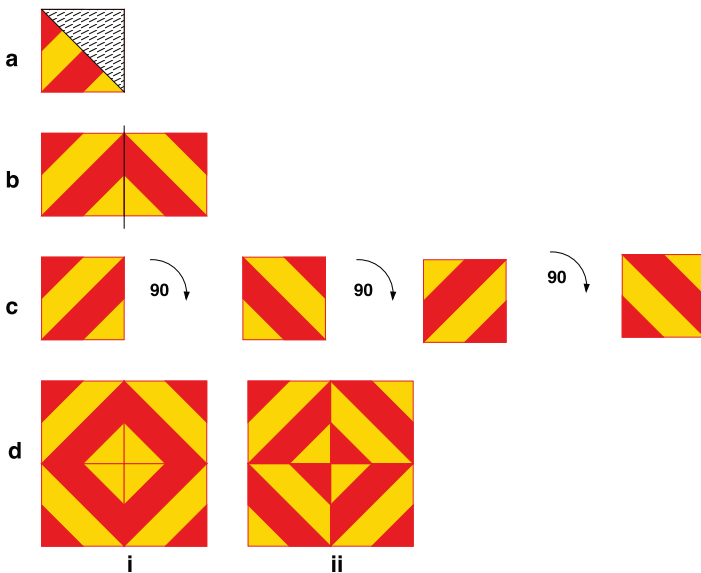


Figura 3

Vamos descobrir de que modo podemos associar estes azulejos criando painéis com simetrias diferentes.

Observa um dos azulejos e descobre as simetrias que tem. Consegues?

Corta um destes azulejos ao meio pela diagonal perpendicular às riscas, como na Figura 3(a). Encosta um espelho à diagonal do azulejo cortado e olha para o conjunto: azulejo cortado mais imagem no espelho. Obténs o azulejo inteiro! Dizemos que este azulejo tem simetria de reflexão relativamente a essa diagonal. A simetria de reflexão é uma simetria muito importante em física.

Os azulejos construídos não são, no entanto, invariantes perante uma rotação de 90° , 180° ou 270° . Na Figura 3(c) estão representados o azulejo original e o azulejo depois de ter sofrido uma rotação de 90° , 180° ou 270° : repara como todas as orientações são distintas com o canto vermelho a ocupar as quatro possíveis posições. Repara também que o azulejo que obténs por rotação de 90° é igual ao obtido por reflexão num espelho colocado ao longo da aresta com o canto amarelo como indicado na Figura 3(b).

Associando quatro azulejos com as quatro orientações diferentes podemos construir os dois quadrados da Figura 3(d). Quais são as simetrias de cada um destes quadrados? Descobre outros quadrados diferentes formados por quatro azulejos.

Vamos agora construir uma variedade de painéis e frisos - um friso é um painel que se estende ao longo de uma linha. Para isso vamos usar a repetição do azulejo elementar da Figura 2(d) e todas as suas possíveis orientações diferentes obtidas por rotação ou reflexão.

- 1- Constrói um friso constituído por uma linha de azulejos justapostos todos com a mesma orientação, Figura 4(a). Dizemos que o friso tem simetria de translação porque se deslocarmos o friso como um todo ao longo da direção do friso de uma distância igual ao lado do azulejo obtemos um friso essencialmente igual. Seria precisamente igual se fosse infinitamente longo.



Figura 4

- 2- Constrói outros frisos associando ao primeiro azulejo um azulejo rodado ou refletido, e repetindo por translação o conjunto de dois azulejos. Consegues obter os frisos da Figura 4(b) e (c)? Consegues construir outros diferentes?

- 3- Constrói os painéis da Figura 5 repetindo a) o azulejo original, b) qualquer um dos azulejos Figura 3 (d-i) e (d-ii), c) o conjunto de dois azulejos da Figura 3(b). Em cada um dos painéis está identificado o motivo que se repete ao longo das duas direções do painel. Repara que no painel (b) e (c) existem dois quadrados diferentes formados de quatro azulejos que, por repetição, dão origem ao mesmo painel.

Na realidade existem materiais feitos de um mesmo elemento mas que têm propriedades completamente diferentes devido ao modo como o elemento se liga aos vizinhos e às simetrias que o material adquire. Como exemplo podemos referir as possíveis formas em que o carbono se apresenta: poderá ser cristalino e duro como o diamante, ou preto e macio como a grafite, ou com propriedades extraordinárias de condução térmica e elétrica como o grafeno.

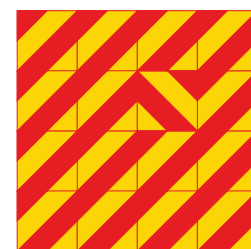


Figura 6

É muito difícil produzir um material sem defeitos, assim como por vezes também os painéis de azulejos apresentam defeitos - encontras os defeitos dos painéis da imagem no início do artigo? Mas

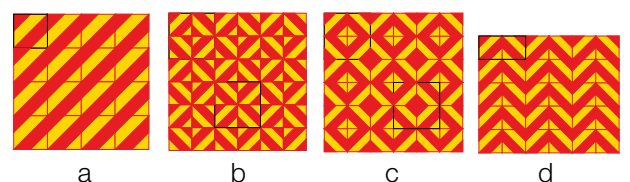


Figura 5



Figura 7

estes defeitos são geralmente muito importantes por influenciarem as propriedades dos materiais: por exemplo a cor dos diamantes, a dureza de materiais como o aço ou a condutividade de semicondutores.

Na Figura 7 estão representados mais três azulejos do Mosteiro de Santa Clara à Velha de Coimbra. Descobre as simetrias de cada um. Constrói diferentes painéis com estes azulejos usando o material suplementar que podes descarregar da página da Gazeta e observa os efeitos que podem originar.

Bibliografia

Constança Providência e Carlos Fiolhais, *Ciência a brincar: descobre o património!*, Editorial Bizâncio, 2009.

Pedro Providência, Constança Providência, Martha Tavares, Artur Coôrte-Real, Carlota Simões, "Monastery of Santa Clara-a-Velha in Coimbra: Heritage education and mathematics", "La Educación Patrimonial en España y Europa", Madrid (2012.)

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.

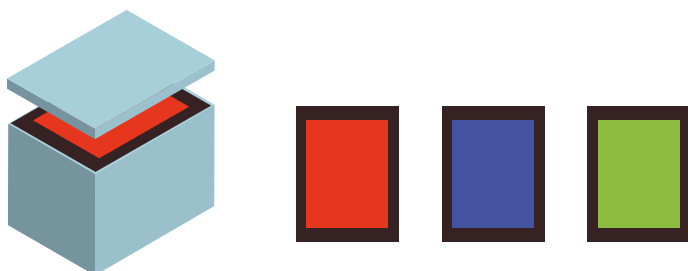


Fig. 3 - Caixa forrada de preto com a tampa com abertura e um filtro a cobrir a caixa por baixo da tampa; os três filtros, vermelho, azul e verde.

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.

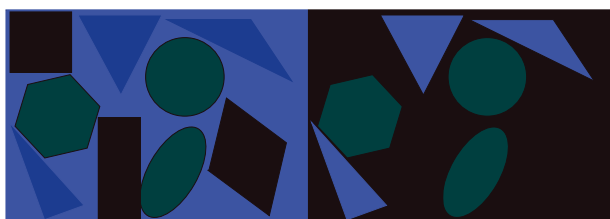


Fig. 6 - Fundo branco (esquerda) e fundo preto (direita) com filtro azul.



Onde devo colocar o aquecedor?

Constança Providência

Material

- taça grande de vidro
- dois frascos de vidro pequenos
- corante alimentar vermelho e azul
- gelo e água quente

Movimentos de convecção da água

Talvez já tenhas reparado que os aparelhos de ar condicionado estão geralmente instalados perto do teto, e os de aquecimento central próximo do chão. Se nunca pensaste neste problema, faz um levantamento em tua casa, na escola e noutros edifícios que visites. Anota onde estão montados os aparelhos de ar condicionado e os aquecedores. Chegas a alguma regra geral? Afinal de contas, os aparelhos de ar condicionado são frequentemente utilizados tanto para baixar a temperatura duma sala no verão, como para a aquecer no inverno. Será que esta solução é eficiente? Sabes como podemos decidir qual é o local ideal para instalar qualquer um destes aparelhos?

Faz a seguinte experiência. Primeiro, prepara o seguinte material: uma vasilha grande e alta de vidro, dois frascos pequenos de vidro transparente, corante azul e vermelho (ou outras duas cores que se vejam facilmente), água gelada preparada com água da torneira e gelo, e água muito quente (cuidado, não te queimes).

Enche a vasilha grande com água da torneira. Num dos frascos pequenos, deita gotas de corante azul e enche-o com a água gelada. No outro frasco, deita gotas de corante vermelho e enche-o com a água quente. Com cuidado, coloca primeiro o frasco com



Fig. 1

o corante azul dentro da vasilha de água (Figura 1). Tenta manter a abertura do frasco pequeno tapada com o dedo, enquanto entra na água. Se preferires ata um fio fino à volta do gargalo e, segurando pelo fio, deixa o frasco entrar lentamente na água. Verifica o que acontece. A água azul sai do frasco?

Agora repete o mesmo procedimento e introduz na vasilha o frasco com água vermelha (Figura 2). Observa o que acontece logo que retiras o dedo da boca do frasco pequeno. Forma-se um pequeno vulcão submarino que expelle “lava” pela boca do frasco! A água vermelha vai-se acumular à superfície. Depois, à medida que arrefece por estar em contacto com a água da vasilha, espalha-se lentamente.

Consegues explicar o que se passa? Na verdade, uma das propriedades da água, designada por *densidade*, varia com a temperatura: a densidade da água é menor quanto maior for a temperatura, e é máxima quando a sua temperatura



Fig. 2

estiver perto dos $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. O que significa dizer que a água quente é menos densa que a água à temperatura ambiente? Basta tomar iguais volumes de cada tipo de água e pesá-los: a água quente vai pesar menos que a água à temperatura ambiente. Por ser menos densa, a água quente tem tendência a subir. Por outro lado, a água fria, com uma temperatura próxima de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, é mais densa que a água à temperatura ambiente, e, por isso, não sobe, não saindo do frasco.

Será que agora sabes dizer o que se passaria se, com cuidado, deitasses água vermelha quente (Figura 3) dentro de uma vasilha de água à temperatura ambiente? Onde é que ela vai ficar? E se deitares na mesma vasilha, igualmente com cuidado, água muito fria azul (Figura 4), o que lhe vai acontecer? Experimenta, usando novamente a tua vasilha grande de vidro, enchendo-a com água limpa.



Fig. 3



Fig. 4

Pois é, a água quente vermelha acumula-se à superfície da água, e a água fria azul desce para o fundo da vasilha, e assim se mantêm, até a temperatura da água começar a ficar uniforme. Consegues explicar porquê? Ora, numa sala, em vez de água, tens ar, que se comporta de um modo semelhante. Será que agora já sabes dizer onde deves colocar o teu aquecedor, para aqueceres a sala de um modo eficiente?

Precisamente, ao nível do chão, onde geralmente são montados os aquecedores. E o que achas da utilização de um

aparelho ao nível do teto para aquecer uma sala? Será que funciona?

Aos movimentos da água quente a subir e da água fria a descer chamamos *movimentos de convecção*, e podem ser observados enquanto a água não ficar a uma temperatura uniforme. O mesmo se passa com o ar. O que geralmente se faz para tornar a temperatura de uma sala uniforme mais rapidamente é associar ao aquecedor, ou ar condicionado, um ventilador que origina movimentos mais rápidos.

Por opção pessoal, a autora do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.

Referências

François Cherrier, *Física recreativa*, Editorial Verbo, 1977.

Constança Providência, Benilde Costa e Carlos Fiolhais, *Ciência a Brincar 3: descobre a água*, Editorial Bizâncio, 2003.

Constança Providência, *Gazeta de Física* 30, nº 3/4, 44 (2007).

Consegues equilibrar *um triângulo na ponta dum lápis?*

Constança Providência

Material:

- Fio e colher
- Cartão
- Tesoura
- Compasso
- Esquadro e régua
- Lápis
- Clipe

Encontra o centro de massa!

Certamente já tentaste equilibrar um objeto na ponta dum dedo, mas não é fácil. Nesta experiência simples, ensinamos-te a equilibrar um objeto plano com uma forma qualquer na ponta de um lápis! Prepara-te e poderás fazer um número de circo!



Corta de um pedaço de cartão um quadrado, um retângulo, um círculo e um triângulo, como na Figura 1. Verifica se consegues equilibrar estas figuras geométricas na ponta dum lápis, ou, para ser mais fácil, na outra extremidade.

Se tiveres um lápis com uma borracha usa o lado da borracha e verás que isso ajuda. Conseguieste?



Figura 1

O ponto que debes apoiar sobre o lápis é o centro de cada uma das figuras. É o seu centro de massa. A massa do objeto distribui-se simetricamente relativamente àquele ponto. No caso do círculo, o centro de massa é o ponto onde espetaste o compasso. O centro do quadrado e do rectângulo é o ponto onde se cruzam as duas diagonais, que obténs unindo vértices opostos, como se mostra na Figura 2. Determina a posição desses pontos. Apoia o centro de massa sobre a extremidade do lápis e verás como consegues manter as figuras equilibradas no topo do lápis, sem caírem. Mas basta afastares um pouco o lápis do ponto “mágico”, o centro de massa da figura, para ela cair. Verifica.

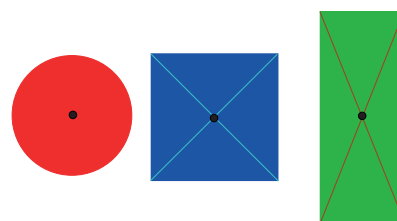


Figura 2

E o triângulo, sabes encontrar o seu centro? Usando uma régua determina o meio de cada aresta. Une cada um destes pontos ao vértice oposto.

Verás que as três linhas se cruzam num único ponto, precisamente o seu centro de massa, como na Figura 3. Já consegues equilibrar o triângulo?

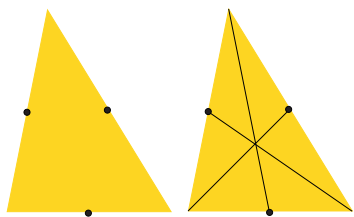


Figura 3

E se o objeto tiver uma forma não simétrica como a da Figura 4, como encontrar o seu centro de massa?

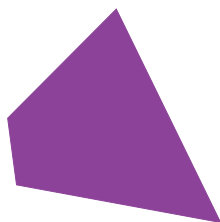


Figura 4

Existe uma técnica muito simples. Ata um fio a uma colher ou outro objeto com algum peso, por exemplo a tua borracha. Na outra extremidade faz um laço e enfia-o num clipe. Agora faz um pequeno buraco próximo da borda da figura e enfia o clipe no buraco. Se não quiseres furar a figura, utiliza um pouco de fita-cola e faz o buraco na fita-cola mesmo encostado à borda da figura. Segurando pelo clipe, deixa o fio e a figura pendentes e pede a um colega que marque a direção do fio sobre a figura – basta fazer um pequeno traço no seu centro. Tem em atenção que o buraco onde enfias o clipe deve ser suficientemente grande para que o objeto tenha liberdade de rodar e escolher a posição de equilíbrio! Só assim este método funciona. Escolhe agora outro ponto na borda da figura e depois de teres feito um pequeno buraco enfia o clipe e repete a operação marcando sobre a figura a direção do fio. Este novo traço deve-se ter cruzado com o anterior. Se voltares a repetir esta operação escolhendo um terceiro ponto para enfiar o clipe obterás um novo traço que vai cruzar-se com os outros dois

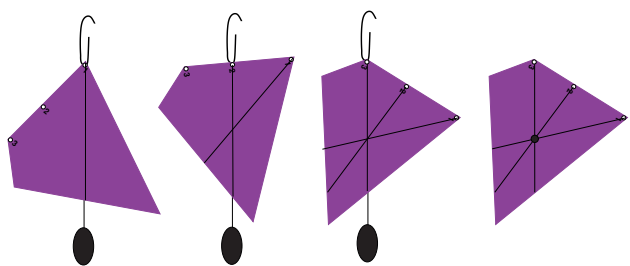


Figura 5

anteriores precisamente no mesmo ponto, como se vê na Figura 5. E agora já consegues equilibrar a tua figura de forma irregular? Podes fazer o mesmo com qualquer outra forma por exemplo a de um animal.

Se determinares o centro de massa com muito cuidado talvez consigas equilibrar a figura na ponta do lápis. Mas se não conseguires é normal. Em todos os processos experimentais introduzimos alguns erros que não é possível eliminar, e, por isso, poderás não ter determinado o centro massa com a precisão necessária, mas apenas a sua posição a menos de um pequeno erro. Se consegues equilibrar a figura na extremidade não afiada do lápis podes dizer que o erro com que determinaste o centro de massa é menor que a área da extremidade do teu lápis.



Figura 6

Quantas faces tem a fita de Moebius?

Material:

- Folhas de papel A4
- Tesoura, faca de cortar papel
- Fita cola
- Lápis e caneta de feltro

A matemática e a física sempre andaram de mãos dadas: a física serve-se da matemática para explicar a natureza e a matemática inspira-se na física para propor novos modelos. Em 2016, o prémio Nobel da física foi atribuído a três cientistas que utilizaram a topologia, uma área da matemática, para descrever novas formas da matéria. A topologia estuda as formas, em particular as propriedades de um objeto quando o esticamos, fletimos, engelhamos ou torcemos, mas sem o rasgar, cortar ou colar. Vamos descobrir alguns objetos com propriedades muito interessantes.



Fig. 1 - Fita com marcação ao meio preparada para ser usada



Fig. 2 - Preparação de uma fita de 60 cm

Começa por construir uma fita de Moebius. Pega numa folha A4, dobra-a ao meio ao longo do comprimento e corta-a em duas. Se tiveres vincado bem o papel consegues rasgá-lo pelo vinco obtendo duas tiras direitas, se não, usa um canivete ou uma tesoura. Volta a dobrar cada tira ao meio e a cortar pelo vinco, obtendo quatro tiras de cerca de 5 cm por 30 cm. Com um lápis, traça uma linha marcando o meio de

cada fita, de ambos os lados (Fig. 1). Vais precisar de fita cola para construir a tua fita de Moebius. Junta duas das fitas pela largura colando-as com dois pedaços de fita cola da largura da fita, um pela frente e outro por trás. Ficaste com uma tira com cerca de 60 cm por 5 cm (Fig. 2). Toma agora as duas extremidades da fita, torce a fita dando-lhe meia volta, e cola as duas extremidades com dois pedaços de fita cola, tendo o cuidado de manter a tira torcida (Fig. 3). A tua fita de Moebius está pronta!



Fig. 3 - Fita de Moebius

Vamos explorar as propriedades deste objeto. És capaz de dizer quantas faces tem a fita?

Antes de responderes, toma uma das fitas de papel que ainda não usaste: quantas faces tem esta fita? Se com uma caneta de feltro vermelha fores de uma extremidade à outra ao longo da linha marcada no centro da fita, ficas com um traço vermelho apenas numa das faces da fita. A fita tem duas faces, a de cima e a de baixo, e a tua caneta vermelha apenas marcou a face de cima.

Faz agora o mesmo na tua fita de Moebius: marca uma cruz no ponto onde começares a traçar o risco, e desenha com a caneta de feltro vermelha um risco ao longo da fita, seguindo o traço marcado a lápis. O que aconteceu de estranho? O risco vermelho termina na cruz onde começaste, depois de dares duas voltas! Toda a fita ficou marcada por um risco vermelho! A fita de Moebius apenas tem uma face.

Também na natureza, algumas partículas que entram na constituição da matéria têm uma propriedade semelhante: o *spin*. Só depois de o *spin* sofrer duas rotações completas é que a partícula volta ao estado inicial. Os eletrões, prótons e neutrões são algumas destas partículas.

A fita de Moebius tem outras propriedades interessantes. Com uma tesoura, corta-a ao meio ao longo da linha que traçaste. O que obténs? Uma única argola!



Fig. 4 - Argola simples sem torção

Se tivesses construído uma argola sem a torceres (Fig. 4) e a cortasses ao meio, quantas argolas obterias? Experimental! Ao contrário da fita de Moebius, neste caso terias duas argolas.

Vamos explorar outros objetos e ver que o número de meias voltas ou voltas inteiras com que torces as fitas dá origem a objetos diferentes. Corta novamente uma folha A4 em quatro fitas com cerca de 30 cm por 5 cm. Cola-as duas a duas, pelo lado menor, com fita cola. Forma com as duas tiras compridas uma cruz, como na Fig. 5, e com fita cola fixa-as. Agora, junta duas das pontas opostas, formando uma argola sem torção, e cola as pontas com fita cola. Une as outras duas extremidades, mas com o cuidado de dar uma meia volta numa das pontas antes de as colares (Fig. 6, painel da direita).

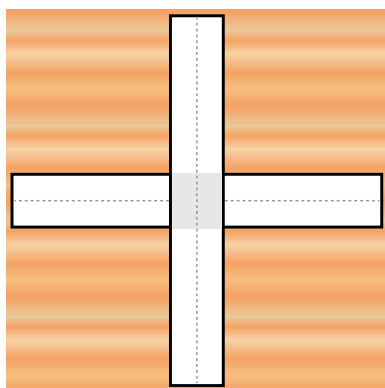


Fig. 5 - Duas fitas em cruz coladas uma à outra no centro

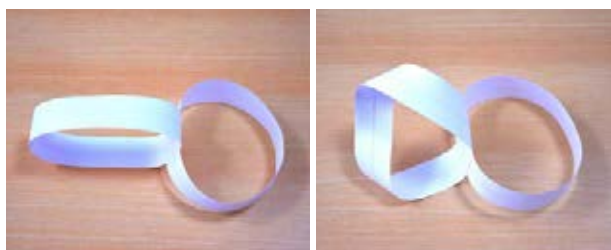


Fig. 6 - Superfície com duas argolas, ambas sem torção (esquerda), uma com meia volta e outra sem torção (direita)

Constrói mais duas cruzes com quatro fitas semelhantes às anteriores. Numa delas, junta as pontas opostas sem as torceres duas a duas: ficas com duas argolas unidas sem torção (Fig. 6 painel da esquerda). Na outra cruz, cola as pontas opostas duas a duas, mas tendo o cuidado de, em cada argola que formares, teres dado uma meia volta. Corta pela linha marcada no meio das fitas, tendo o cuidado de não sair fora da linha e, em especial, de não dar nenhum golpe na borda das argolas. O que é que obténs de cada uma das cruzes? O que é que as distingue? Qual delas deu origem a duas argolas ligadas? E a um quadrado?

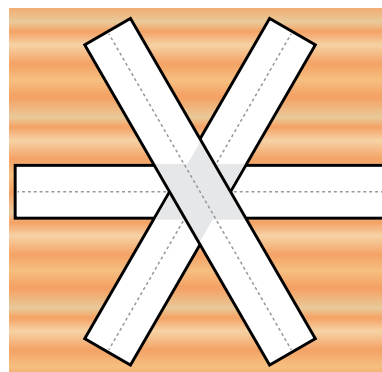


Fig. 7 - Preparação em estrela de três fitas coladas pelo centro. Todas as fitas têm marcação no centro.

Podes fazer outras experiências. Por exemplo, em vez de formares uma cruz com duas fitas, forma uma estrela com três fitas, fixando-as no centro com fita cola (Fig. 7). Agora cola as pontas opostas duas a duas de modo a teres duas argolas não torcidas e uma argola com uma meia volta. Corta ao longo do risco que passa pelo meio das fitas. O que obténs no final? E se tivesses dado uma volta completa em vez de meia volta? Em qual dos casos obténs um hexágono? E dois triângulos ligados?

Espero que tenhas gostado! A matemática pode ser muito divertida, mas também muito útil e ajuda-nos a perceber o mundo que nos rodeia!

Sugestões: Em vez de fitas com 60 cm por 5 cm podem-se utilizar outras dimensões, como 30 cm por 2,5 cm, obtidas cortando ao comprimento uma folha A4 em oito partes. Para crianças pequenas poderão ser demasiado pequenas.

Bibliografia

1. David Parker, *Hands-on Maths*, <http://www.davidparker.com/janine/mathpage/topology.html#LESSON1>
2. *MATH and SCIENCE with my KIDS*, <https://toomai.wordpress.com/2008/03/30/math-with-scissors/>
3. D. Castelvecchi, "The strange topology that is reshaping physics", *Scientific American* (artigo reproduzida da revista *Nature* de 20 de Julho de 2017) <https://www.scientificamerican.com/article/the-strange-topology-that-is-reshaping-physics>

Um tornado numa garrafa

Constança Providência

Centro de Física da Universidade de Coimbra



Material:

- Duas pequenas garrafas de água vazias e suas tampas
- Fita adesiva forte
- Tesoura pequena
- Água

Certamente já ouviste falar de ciclones, furacões ou tufões. São todos nomes dados ao mesmo fenómeno. Os furacões formam-se sobre os oceanos em regiões de água quente e são constituídos por ventos muito fortes que giram em torno do centro do furacão, conhecido por *olho do furacão*. Carregam grandes quantidades de água, podendo ter um diâmetro entre 200 km e 2000 km e durar vários dias. É o movimento de rotação da Terra que põe estas grandes quantidades de ar em rotação. Um tornado é um fenómeno diferente, que também envolve a rotação de ar a velocidades muito grandes, podendo atingir 500 km por hora. Têm, no entanto, dimensões muito menores - o diâmetro

geralmente não ultrapassa 2 km - e uma duração curta de apenas alguns minutos.

Chamamos *vórtice* ao ar ou água a girar em torno de um eixo e poderá formar-se em muitas outras condições e ter dimensões muito variadas. Em dias de outono com vento, é frequente vermos pequenos vórtices formados por ar que, carregando folhas secas, gira em torno de um eixo. Estudar o modo como os fluidos se comportam e, em particular, como se formam estes vórtices é muito importante para percebermos não só a formação e evolução de um furacão, mas também como se propaga um fogo, ou como se mantém um avião no ar. Há cientistas que se dedicam a fazer estes estudos usando grandes computadores.



Uma máquina de vórtices

Vamos criar um vórtice usando duas garrafas. Precisamos de duas pequenas garrafas de água vazias. Com uma pequena tesoura, corta um buraco circular de 1 cm de diâmetro no centro de cada uma das duas tampas. Cola as tampas uma à outra usando uma fita adesiva forte (Figura 1). Ficaste com uma



Figura 1

espécie de tubo com duas roscas, uma de cada lado. Enche uma das garrafas até dois terços de altura e enrosca o tubo à garrafa com água. Enrosca a garrafa vazia ao outro lado do tubo. Aperta bem para não escorrer água para fora quando viraes o conjunto. Para tornares o conjunto mais estável, podes aplicar fita adesiva por cima do tubo e topo das garrafas. Tens a tua máquina de vórtices pronta!

Com cuidado, vira a tua máquina de vórtices de modo a ficares com a garrafa com água do lado de cima. O que aconteceu à água (Figura 2)?

A água não cai! Porque será? A verdade é que a garrafa de baixo não está vazia. Ela está cheia de ar e a água só consegue entrar se houver um buraco por onde o ar possa sair.



Figura 2

Agora pega na tua máquina de vórtices pelo tubo que liga as duas garrafas e, com cuidado, mantendo-o vertical, põe a água no seu interior a girar,



Figura 3

imprimindo um pequeno movimento de rotação à garrafa. O que observas?

Formaste possivelmente um vórtice no interior da garrafa de cima (Figura 3). Se não conseguiste, tenta novamente que acabarás por conseguir. Mas não só o vórtice se formou, como a água passou para a garrafa de baixo. E porquê?

Se repetires e observares com atenção, verás que a água gira em torno do centro do vórtice, o qual não tem água. Na ligação entre as duas garrafas, passa a existir uma abertura, que deixa o ar de baixo subir e a água descer. Também no centro do furacão não se sentem os ventos fortes e reina uma grande calma.

Poderás também construir uma máquina de vórtices com duas garrafas grandes e conseguirás criar vórtices maiores, mas, por ficarem mais pesadas, poderá ser mais difícil colocar a água em rotação. Experimenta!

Agradecimentos

Agradeço à Rita Wolters os desenhos que ilustram a experiência.

Créditos

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hurricane_Isabel_10_sept_2003_1640Z.jpg

Jacques Desclotres, MODIS Rapid Response Team, NASA/GSFC

O Golo de Ronaldo

Constança Providência

Material

- Copo cheio de água
- Bacia
- Duas folhas de papel e fita-cola
- 2-3 metros de linha de coser
- Duas cerejas com pé ou dois balões pendurados por um fio

O efeito de Magnus

Possivelmente observaste que o terceiro golo que o Ronaldo marcou no jogo do mundial contra Espanha foi um pouco estranho. A bola parecia enfeitçada. O que realmente se passou com a bola?

A física explica facilmente este efeito, e é frequente ser aplicado em jogos de bola como o futebol, o ténis, o ping pong ou o bilhar. Vamos realizar uma série de experiências que te vão ajudar a perceber como funciona o golo estranho. Para isso vais também descobrir algumas propriedades do ar, em particular, do ar em movimento.

O ar exerce uma força sobre todos os corpos em que toca. Para o confirmares faz esta experiência muito fácil. Em cima de uma bacia, enche um copo com água e cobre-o com um pedaço de papel maior que a boca do copo. Segura o papel sobre o copo com uma mão e, num movimento rápido, vira o copo com a boca para baixo. Continua a segurar o copo nesta posição mas retira a mão que segura o papel. O que se passa?

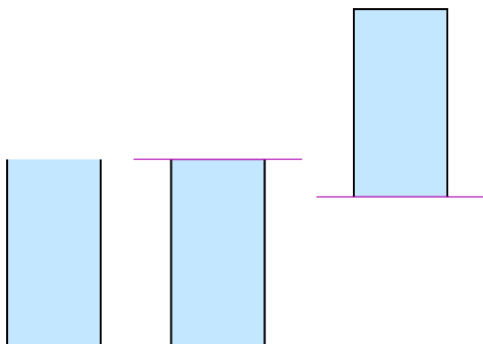


Fig. 1

A água não cai! O papel mantém-se agarrado à boca do copo e segura a água. É o ar que exerce uma força sobre a folha de papel e a impede de cair.

O físico suíço Daniel Bernoulli, que viveu no séc. XVIII, mostrou que quando um fluido está em movimento, pode ser um líquido como a água ou um gás como o ar, a força que exerce sobre os objetos depende da sua velocidade: quanto maior a velocidade do fluido, i.e. quanto mais depressa se desloca, menor a força que exerce. Podes confirmar este resultado fazendo a seguinte experiência: segura duas cerejas, ou duas bolas ou balões pendurados por um fio, um em cada mão, mantendo-os um ao lado do outro a uma distância de 2-3 cm, como indicado na Figura 2a). Sopra para o espaço entre ambos. O que acontece?

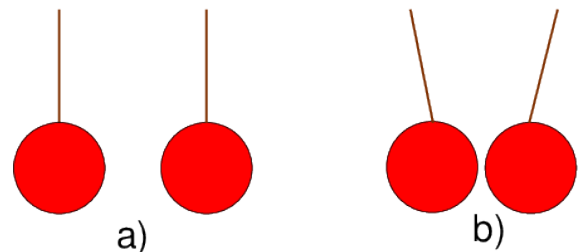


Fig. 2

As duas cerejas (bolas) aproximam-se! Poderíamos pensar que o sopro as iria separar mas enganámo-nos. Na verdade, quando soprarmos o ar que passa entre as cerejas move-se mais rapidamente do que o ar que está em contacto com o lado oposto das cerejas. Pelo princípio de Bernoulli o ar que passa entre as cerejas exerce uma força menor que o ar parado em contacto com o lado de fora das cerejas, e as cerejas são empurradas uma em direção à outra.

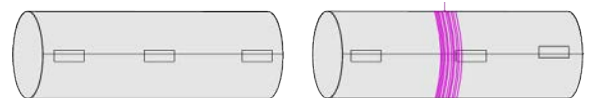


Fig. 3

Agora já vais perceber o golo do Ronaldo. Pega numa folha A4 e faz um rolo com cerca de 6 cm de diâmetro, enrolando pelo lado menor e colando com um pouco de fita-cola de modo que o rolo não se

desfaça (vê a Figura 3). Põe-te em cima de uma cadeira e larga o rolo: ele cai na vertical devido à força da gravidade, vê a Figura 4a).

Agora pega numa linha com cerca de três metros de comprimento e enrola-a em torno do centro do rolo, como na Figura 3. Põe-te novamente em cima de uma cadeira, e larga o rolo segurando pela ponta da linha. Será que desta vez o rolo também cai na vertical?

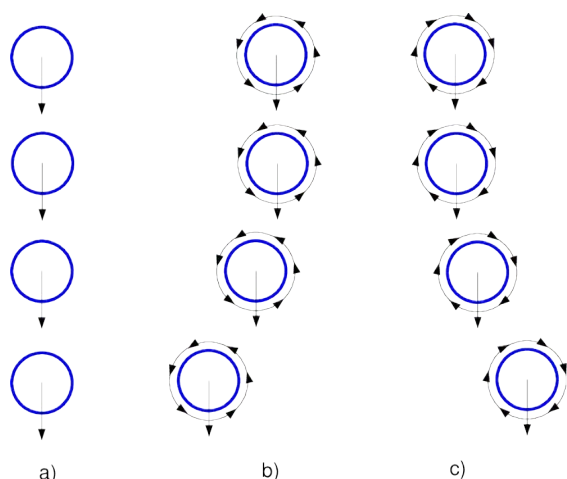


Fig. 4

Não! Desvia-se para o lado, tal como a bola que o Ronaldo chutou! Podes enrolar o fio no sentido contrário, e largar de novo: desta vez o rolo desvia-se para o lado oposto, conforme se mostra na Figura 4b) e 4c). Sim, o Ronaldo tem de saber bem em que sentido deve colocar a bola a girar para conseguir o efeito que quer! Consegues fazer o mesmo que o Ronaldo? Experimenta!

E como explicamos o efeito? O princípio de Bernoulli ajuda-nos. O rolo, ao mesmo tempo que cai, gira em torno de si próprio. Na Figura 4 representamos esse movimento de rotação por uma linha fina preta com setas a indicar o sentido do movimento. Se olhares para um dos rolos vêes que a seta que indica o sentido de rotação de um dos lados aponta no sentido do movimento de queda do rolo e do outro lado no sentido oposto. Do lado em que os sentidos são iguais o ar move-se mais depressa e exerce uma força menor: o rolo vai desviar-se para esse lado durante o movimento. Assim, se o Ronaldo estiver virado para a baliza e quiser fazer entrar a bola no canto direito terá que pôr a bola a rodar no sentido dos ponteiros do relógio (Figura 5).

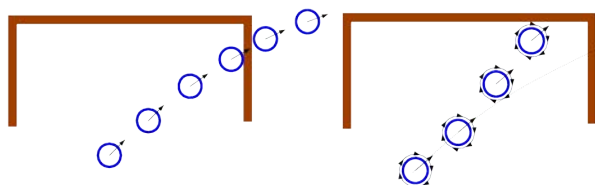


Fig. 5

Na verdade o efeito estranho que o rolo e a bola sentem tem um nome: é o efeito de Magnus, por ter sido o físico alemão Heinrich Gustav Magnus o primeiro a estudá-lo.

Bibliografia

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Magnus_effect

Agradeço à Lucília Brito os seus comentários que sempre tornam estas propostas muito mais claras.

Curiosidade

Porque é que os relógios se atrasam na Europa desde Janeiro?

Luis Melo, IST

Os relógios que usam a frequência da rede eléctrica para contar o tempo (como, por exemplo, os típicos relógios-rádios de mesa-de-cabeceira ou os fornos de microondas) atrasaram cerca de 6 minutos desde Janeiro deste ano. Este atraso deve-se a um ligeiro desvio desta frequência, que entretanto terá sido corrigido.

A rede eléctrica que alimenta as nossas tomadas inverte a polaridade 100 vezes por segundo -50 vezes de “-” para “+”, 50 vezes de “+” para “-”, passando pelas mesmas condições exactamente 50 vezes por segundo, ou seja com uma frequência de 50Hz. Desde Janeiro que esta frequência foi em média 49.996Hz, o que equivale a dizer que 50 “contagens” correspondiam na realidade a um pouco mais de 1 segundo, mas os relógios achavam que só tinha passado 1 segundo exacto. A solução é acertar os relógios de vez em quando (o que é sempre aconselhável).

O desvio na frequência da rede deveu-se a um desentendimento entre os operadores das redes da Sérvia e do Kosovo, cujo efeito se propagou a toda a Europa continental.



Em 2018 a EPS - Sociedade Europeia de Física está a fazer 50 anos. Nesse âmbito, a cerimónia oficial de comemoração do 50º aniversário será realizada no dia 28 de setembro,

na Universidade de Genebra, na Suíça. Para mais informações sobre o evento consultar www.eps50.org.

Consegues fazer um floco de neve de papel?

Constança Providência

Material

- Folhas de papel branco A4
- Tesoura
- Transferidor

O inverno é tempo de neve em muitos locais de Portugal. E mesmo não vivendo em locais onde neva gostamos de viajar para a ir ver. O que forma o manto de neve que deixa toda a paisagem branca? Pequenos cristais com as formas mais variadas! A fotografia na figura 1 mostra vários cristais de neve entre os caules de duas plantas.



Fig. 1 - Cristais de neve (fotografia de Thomas Bresson)

Em finais do século XIX, início do século XX, o agricultor Wilson Bentley, maravilhado pela beleza dos flocos de neve, dedicou-se a observá-los e fotografá-los, adaptando um microscópio à câmara fotográfica. Foi pioneiro na fotografia de cristais de neve. Em 1884 conseguiu obter a sua primeira fotografia de um cristal de neve. Na figura 2 podes admirar algumas das fotografias que nos deixou.



Fig. 2 - Microfotografias tiradas por Wilson Bentley nos finais do século XIX

Perceber porque que é que os flocos de neve aparecem em formas diferentes e o que é que define a sua forma tem sido um assunto que vários físicos têm estudado. Sabe-se que as diferentes formas estão associadas a temperaturas diferentes e a

diferentes graus de humidade do ar. Se vives num local com neve podes ir passear e descobrir que formas os cristais de neve podem ter com a ajuda.

Se olhares para os cristais de neve da figura 2 identificas facilmente uma característica comum a todos: têm seis pontas ou seis lados muito semelhantes. Dizemos que têm simetria hexagonal, a simetria de um hexágono. O que significa dizer que um objeto tem simetria hexagonal?

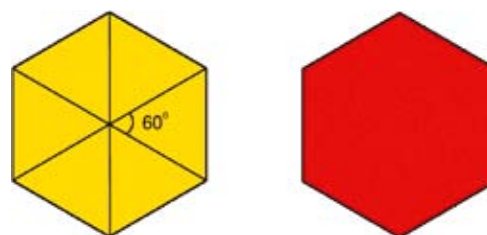


Fig. 3 - Hexágonos equiláteros

Corta um hexágono com os lados todos iguais como o da figura 3. O hexágono amarelo foi obtido justapondo seis triângulos equiláteros, seis triângulos com os lados todos iguais. Os lados de qualquer um destes triângulos fazem entre si um ângulo de 60° . Roda o hexágono de um ângulo de 60° . Podes usar um transferidor para medir o ângulo. Consegues distinguir a nova orientação do hexágono daquela que tinha inicialmente? Não, na verdade, são iguais! Dizemos que um objeto tem simetria hexagonal quando a sua forma não varia se a rodarmos dum ângulo de 60° ou um múltiplo de 60° .

Observa agora as fotografias dos flocos de neve tiradas por Wilson Bentley. Terão simetria hexagonal?



Fig. 4 - Modelo de uma molécula de água

E porque é que a simetria de um floco é hexagonal? As propriedades da água são determinadas pelas partículas que a formam, as moléculas de água. A figura 4 mostra o modelo de uma molécula formada por dois átomos de hidrogénio, as bolas vermelhas mais pequenas, e um átomo de oxigénio, a bola amarela maior. Os átomos de hidrogénio estão ligados ao oxigénio formando um ângulo de $104,5^\circ$ entre eles. Se quiseres fazer um modelo consulta a Gazeta 34, vol 3 & 4. Cada molécula de água liga-se a outras três formando estruturas com simetria hexagonal.

Tirar fotografias como as de Wilson Bentley é difícil e requer equipamento especial. Um desafio é criar modelos de flocos de neve em papel. Vamos ver como:

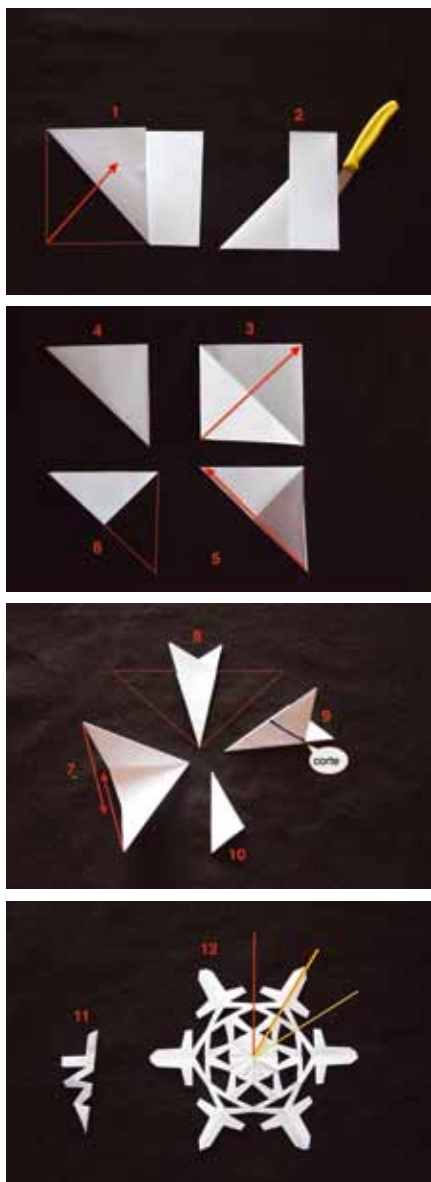


Fig. 5 - Instruções para obter um floco de neve em papel

Seque as instruções da figura 5: corta um quadrado de uma folha A5, (1) e (2), dobra o quadrado ao meio pela diagonal (4) e volta a dobrar ao meio (5). Obtiveste um triângulo (6) que vais dobrar em três partes iguais conforme as indicações dos passos (7) e (8). Corta a parte superior da figura que obtiveste conforme indicado em (9). No final ficaste com um triângulo-

lo (10), no qual vais fazer vários recortes (11). Os recortes feitos em (11) deram origem ao floco (12). As linhas vermelhas identificam o triângulo (11). Esta forma e a sua imagem no espelho, marcada a amarelo, vão-se repetir seis vezes. Tens de ter cuidado de modo que os teus cortes não vão de um lado ao outro do triângulo (10) para não o separares em duas partes. Agora é só teres imaginação e cortares flocos de neve tão variados como aqueles que a natureza faz. Podes ver alguns exemplos na figura 6

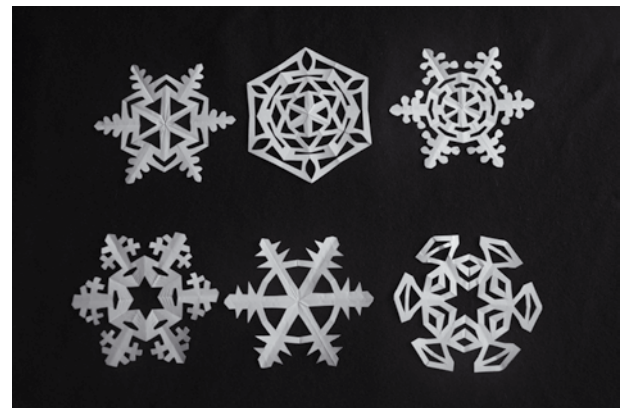


Fig. 6 - Flocos em papel

Depois de já te teres treinado a cortar flocos de neve deixo-te um desafio mais difícil: corta flocos de papel que sejam semelhantes a verdadeiros flocos de neve! Consegues cortar flocos que se assemelhem aos de Wilson Bentley na figura 2 ou aos lindos cristais fotografados por Kenneth G. Libbrecht, um físico que se tem dedicado a descobrir os segredos dos cristais de neve, da figura 7



Fig. 7 - Fotografias de cristais de neve de Kenneth G. Libbrecht (ver em <http://www.snowcrystals.com/>)

Bibliografia

1. <https://www.instructables.com/id/How-to-Make-6-Pointed-Paper-Snowflakes/>
2. Wilson Bentley <http://www.snowflakebentley.com/i>
3. Kenneth G. Libbrecht, <http://www.snowcrystals.com/>
4. <http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/project/project.htm>
5. Vamos experimentar, Constança Providência, Gazeta 34, 3&4, pg 37

Qual voa mais tempo?

Constança Providência¹

¹ Centro de Física, Universidade de Coimbra

Material

- Papel
- Régua
- Lápis
- Cronómetro
- Caderno

Avião de papel

Estou certa que já te perguntaste porque voam os aviões. Os irmãos Wright, dois americanos dos Estados Unidos da América, foram os primeiros homens a construírem um avião cujo voo podia ser controlado. Desde então os aviões têm sofrido um desenvolvimento enorme e, presentemente, já podes voar num avião de dois andares, o Airbus A380-800, que leva até 555 passageiros e pode realizar voos de 14 800 km sem parar. O desenvolvimento dos aviões a nível do design, da segurança, do tamanho e da potência tem sido o resultado do trabalho de muitas pessoas entre as quais os engenheiros aeroespaciais.

São as leis da física que explicam porque voa um avião, um avião real ou um avião de papel como o que vou propor que construas. O movimento na vertical é determinado pela força da gravidade e pela força de sustentação que o ar exerce, do mesmo modo que um barco também não se afunda devido à força que a água exerce sobre ele. A capacidade do ar de sustentar o avião é definida pelo tamanho e forma das asas. O movimento na horizontal é determinado pela resistência do ar, que se opõe ao movimento do avião, e pelo impulso que lhe transmite quando o lanças. Num avião real é o motor o responsável por este movimento.

Proponho-te que sejas uma engenheira ou um engenheiro de avões de papel e desenvovas o teu próprio modelo. O desafio que deixo é o de construíres um avião que consiga manter-se a voar o máximo de tempo possível. Para isso terás de perceber bem como funciona o avião e como o poderás afinar. Poderás também testar diferentes tipos

de papel e o modo como o dobras.

Constrói o seguinte modelo muito simples mas que voa muito bem. Pega numa folha de papel A4 e marca 8 linhas transversais que distem cerca de 2 cm umas das outras como mostra a Figura 1a) (linhas de 1 a 8). Dobrar pelas linhas que marcaste: dobra da linha 1 para a linha 2, e depois da linha 2 para a linha 3, etc, até dobrares pela linha 8. Vinca bem cada dobra que fizeres. Mesmo que não consigas dobrar bem pelas linhas que marcaste, não faz mal, o importante é teres o cuidado de fazeres dobras todas paralelas umas às outras para no final o avião ficar bem equilibrado. Para ser mais fácil fazeres as dobras paralelas marca com uma linha ao comprido o centro da folha A4, e, para cada dobra que fizeres verifica que o centro da dobra se mantém alinhado. Quando tiveres feito as oito dobras transversais, dobra o retângulo que obtiveste ao meio (linha 9 a ponteadado), mantendo o rolo, que resultou das dobras sucessivas, para fora como mostra a Figura 1b). Finalmente dobra ao longo das duas linhas paralelas à linha central, linhas 10 e 11. No final ficas com um retângulo com cerca de 11cm por 8 cm, Figura 1c). Segura pela quilha do avião, a parte central em V, e ergue as asas de modo que o perfil do avião tenha a forma indicada na Figura 2. As asas devem estar acima do plano horizontal como indicado na Figura 2b).

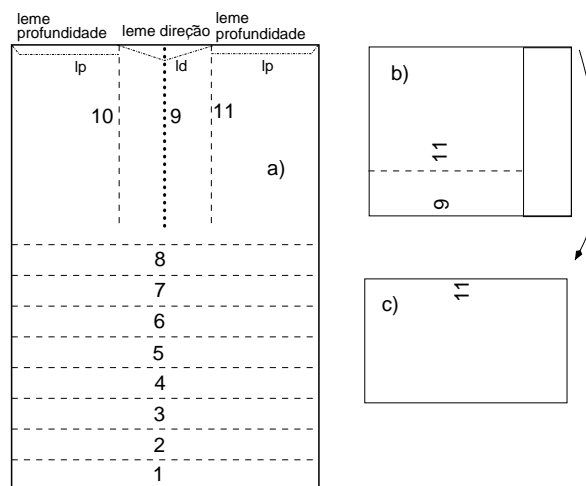


Fig. 1a) - Linhas pelas quais deves dobrar o avião, b) dobra pela linha 9, c) dobra pelas linhas 10 e 11 de modo a ficares com a linha 9 para dentro.

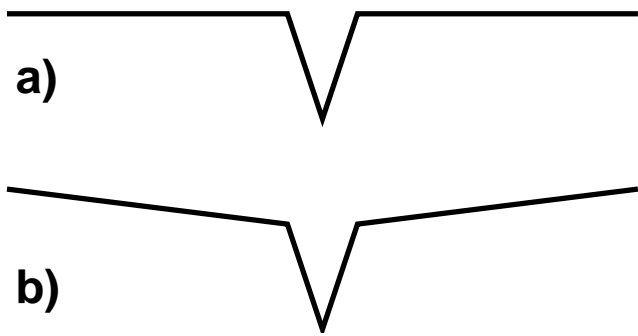


Fig. 2 - O avião de perfil de frente a) com as asas horizontais; b) com as asas ligeiramente para cima.

Agora começa a fase do aperfeiçoamento! Atira o avião com a parte mais pesada para a frente. O teu avião consegue planar ou depois de levantar cai a pique? Se cair a pique terás de o estabilizar fazendo uma ligeiras dobras para cima na extremidade das asas, ao longo das linhas ponteadas marcadas nas asas e designadas por 'lp' (Figuras 1 e 3). Chamamos a estas dobras lemes de profundidade. Será a resistência do ar que vai ajudar a controlar o teu avião desde que lhe faças as dobras corretas para desviarem o avião na direção que queres. Experimenta relançar o avião. E agora já consegue planar melhor? Podes dobrar mais ou menos e verificar qual a melhor posição dos lemes. O teu avião ainda pode ter outro tipo de problema: por exemplo vira sempre para a direita ou sempre para a esquerda. Nesse caso corrige o voo dobrando um pouco o leme de direção, indicado nas Figuras 1 e 3 com 'ld', para o lado contrário ao que o avião escolhe. Quando o avião estiver bem afinado pede a um colega para cronometrar o voo, e

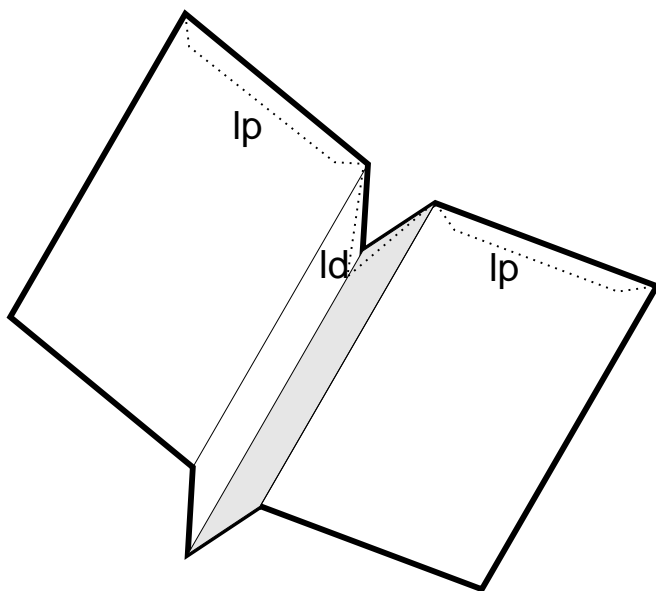


Fig. 3 - O avião com os lemes de estabilidade marcados: lp é o leme de profundidade e ld o leme de direção.

anota o tempo de voo.

Podes construir outros modelos alterando o papel, a largura das dobras, ou alterando um pouco a forma do avião, por exemplo, introduzindo as dobras 12 e 13 indicadas na figura 4, e repetindo o resto como no avião da figura 1. Este segundo modelo pode ser estabilizado dobrando as asas para

cima pelos tracejados 14 e 15 da Figura 4. Para cada modelo afina os lemes. Dá um número a cada modelo e toma nota das suas propriedades no teu caderno usando uma tabela, onde deves escrever o número do modelo e o tempo de voo. Para poderes repetir o melhor modelo, não te esqueças de indicar também o papel que usaste ou o tipo de dobras que fizeste.

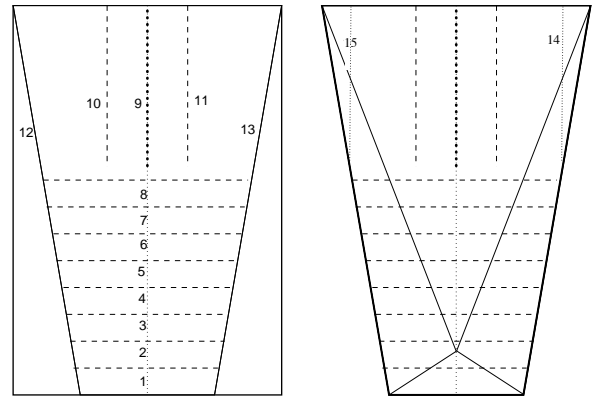


Fig. 4 - Um modelo um pouco mais complexo e com maior estabilidade.

Escolhe os teus melhores modelos e desafia os teus colegas para uma competição: concurso do avião que voa durante mais tempo. O concurso deverá ocorrer num espaço fechado grande como um ginásio, ou um corredor largo. Se não tiveres um espaço grande fechado faz o concurso ao ar livre num dia sem vento.



Fig. 5 - Avião terminado, após seguir a sequência de passos apresentados no texto e mostrados na Figura 6 da página seguinte.

Bibliografia

Ken Blackburn e Jeff Lammers, O livro dos aviões de papel, Könemann, 2004

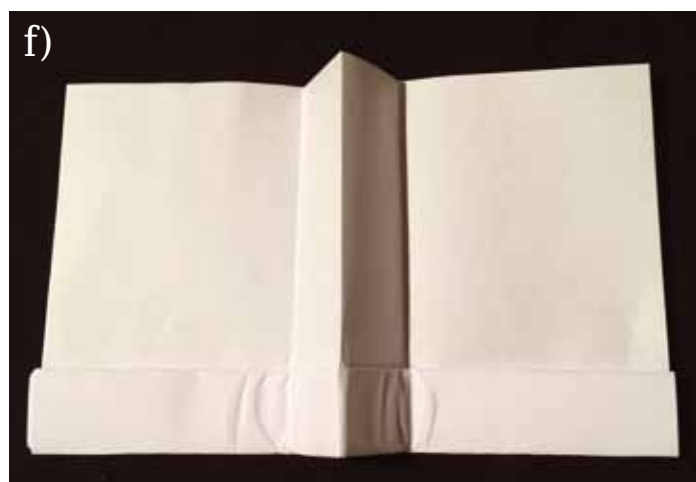
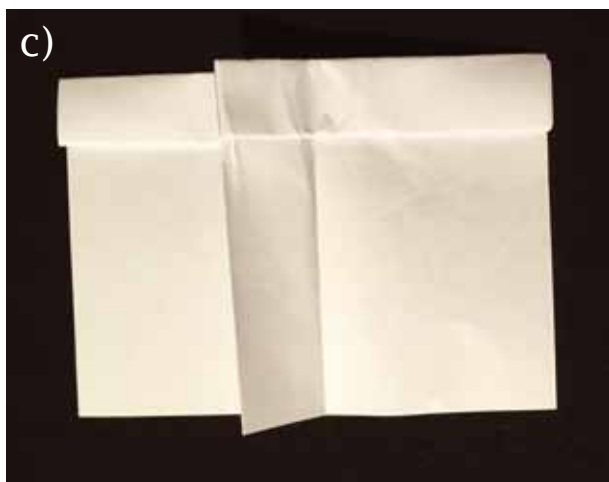
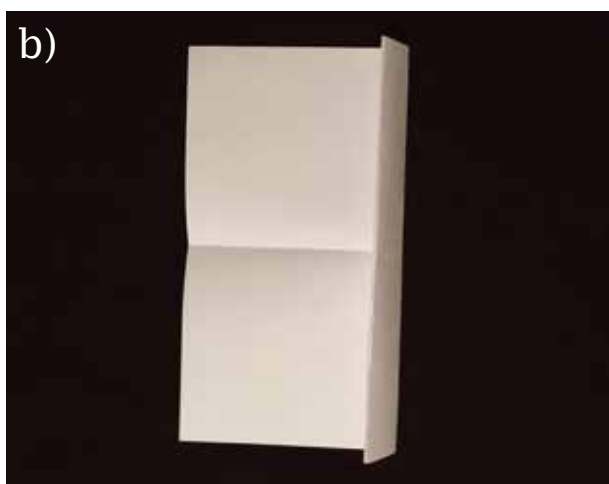
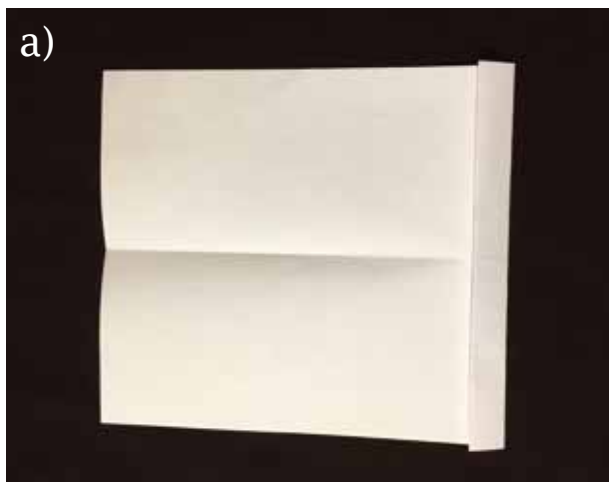


Fig. 6 - Fases sucessivas na construção do avião:
a) As primeiras três dobras transversais; b) As oito dobras transversais completas; c) Dobra pela linha 9 da figura 1a); d) Dobra pelas linhas 10 e 11 da figura 1a); e) o avião completo visto de cima; f) o avião completo visto de baixo.

Nuvens e icebergues

Constança Providência¹

¹ Centro de Física, Universidade de Coimbra

Material

- Taça ou frasco grande e largo transparente
- Copo
- Prato
- Gelo
- Lanterna
- Termómetro e congelador
- Cubos Gelo
- Sal

Uma pequena nuvem

Já reparaste que a água pode aparecer de várias formas? Podemos vê-la como água líquida ou como gelo, e sabemos que, apesar de invisível, está presente no ar na forma de vapor de água. Dizemos que a água pode existir em diferentes estados ou diferentes fases. Para passar de um estado para outro basta alterar a temperatura. As formas que a matéria pode adquirir variando a temperatura têm sido estudadas pelos físicos. Já ouviste falar dos comboios Maglev (fig. 1), comboios que levitam e se deslocam por ação de forças magnéticas? Conseguem mover-se a velocidades muito altas graças à utilização de magnetes num estado a que chamamos supercondutor, que se consegue obter a temperaturas muito baixas. Já o grande acelerador de partículas no CERN foi preparado para criar outro tipo de matéria muito especial, o plasma de quarks e glúões (fig. 2). Esta matéria poderá existir no interior de algumas estrelas. Neste caso



Fig. 1 - Comboio Transrapid 09, um maglev alemão, que se desloca com a utilização de magnetes supercondutores. Foto de Állatka, via Wikipedia

precisamos de atingir temperaturas ou densidades extremamente altas. Mas essas são outras histórias. Hoje vamos falar das fases da água.



Fig. 2 - Detetor ALICE no Large Hadron Collider do CERN utilizado para estudar as propriedades do plasma de quarks e glúões. Foto de António Saba/CERN

Quando chove, de onde vem a água que cai? Das nuvens, claro, só chove quando há nuvens. Mas então o que são as nuvens e como se formam?

Quando está calor e o vento sopra, a água evapora-se, a água dos lagos, dos mares ou dos rios, transforma-se num gás leve que sobe, o vapor de água. A atmosfera está mais fria do que a superfície da Terra. Assim, ao subir, o vapor de água vai arrefecendo e transforma-se novamente em água líquida: gotas de água muito pequeninas. As nuvens são formadas por estas gotinhas de água misturadas com vapor de água. À medida que a nuvem arrefece, as gotinhas de água vão ficando cada vez maiores. Se ficarem demasiado grandes caem e começa a chover! As nuvens cinzentas são formadas por gotas de água grandes que não deixam passar a luz do Sol.

Podes fazer uma pequena nuvem dentro de um frasco (fig. 3)! Pede a um adulto para deitar água quente dentro de uma taça transparente ou de um frasco grande. Põe dentro um copo de vidro, vazio, com a boca para cima. O copo serve de medidor de chuva e indica-te quanto choveu. Cobre a taça ou frasco com um prato e coloca pedaços de gelo em cima do prato. O prato com o gelo representa a atmosfera fria, e a água quente a água dos lagos aquecida pelo Sol, e que se evapora.

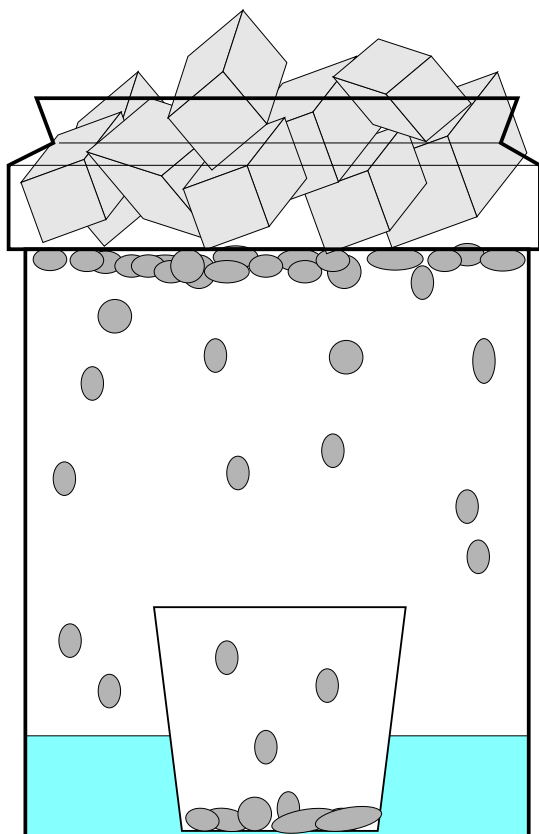


Fig. 3 - Nuvem num frasco de vidro

Observa o que acontece. Conseguiste criar uma nuvem? E chuva? O teu medidor de chuva indica que choveu?

Para veres bem a nuvem depois de deitares a água quente na taça, fecha as janelas e as luzes da sala, e faz incidir a luz de uma lanterna na taça. Consegues ver uma "pequena nuvem"?

Parte da água quente transformou-se em vapor de água, um gás leve que sobe. Quando o gás chega ao prato com gelo, arrefece e volta a transformar-se em água líquida, em pequenas gotas de água. As gotas vão aumentando até caírem!

Para chover a água precisa primeiro de se transformar em vapor de água e depois novamente em água líquida! As duas

transformações são possíveis porque a temperatura varia. E sabes em que condições conseguimos transformar água líquida em gelo?

Um pequeno icebergue

Coloca um copo com água no congelador e mede a temperatura da água de 30 em 30 minutos. Regista os teus dados num caderno. A que temperatura se começa a formar gelo? Qual é a temperatura da água enquanto ainda há água líquida?

A água transforma-se em gelo à temperatura de 0°C . E enquanto existir uma mistura de água e gelo a temperatura mantém-se em 0°C . Só quando a água tiver solidificado totalmente, a temperatura do gelo baixa até ficar à mesma temperatura do congelador. Usa o termómetro para saberes que qual é a temperatura do congelador.

Prepara um copo com água à temperatura de 0°C e junta vários cubos de gelo. Observa o que acontece. Não te esqueças de medir e registar a temperatura da água regularmente, de cinco em cinco minutos. O que concluis?

É verdade, enquanto o gelo não se derreter todo a temperatura da água mantém-se em 0°C .

Como desafio descobre a que temperatura congela a água quando tem sal e como essa temperatura depende da quantidade de sal que deitas na água. Que experiência propões?

Da observação do modo como se formam e derretem os icebergues no Ártico e no Antártico os cientistas concluem que a Terra está a aquecer (fig. 4). As consequências de um aquecimento global podem ser muitos graves para a vida na Terra. Todos temos de actuar e impedir que o aquecimento seja devido ao modo como vivemos!



Fig. 4 - Icebergue na Gronelândia. Foto de Kim Hansen via Wikipedia

Bibliografia

Ciência a Brincar 3: Descobre a água, Constança Providência, Benilde Costa e Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio, 1999.

À descoberta dos exoplanetas!

Constança Providência

CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

Material

- Castiçal com uma vela
- Ripa de plástico/régua transparente de 30 cm
- Barras de plasticina de 25 g
- Alfinete
- Fósforos

Certamente tens ouvido falar de exoplanetas. Sabes o que são? São astros como a Terra, Júpiter, Neptuno ou qualquer outro planeta do sistema solar mas que giram em torno de uma estrela que não é o Sol. Se pensares, poderás perguntar: porque é que as outras estrelas do Universo, e há tantas, não hão-de ter, também elas, planetas a rodar em torno de si, do mesmo modo que o Sol tem? Já no século XVI o filósofo Giordano Bruno defendeu esta ideia! O astrofísicos Michel Mayor e Didier Queloz da Universidade de Génèbra foram os primeiros a detetar um exoplaneta a orbitar uma estrela do tipo do Sol. Por essa descoberta, feita em 1995, receberam este ano o prémio Nobel da Física. Graças aos avanços da tecnologia que nos permite obter imagens muito mais nítidas e com maior detalhe no início do mês de Dezembro de 2019 tinha sido confirmada a deteção de 4135 exoplanetas!

E por que razão é tão interessante descobriremos exoplanetas? Será que existem, algures no Universo, outros planetas onde, tal como na Terra, há vida? Para termos respostas será necessário descobri-los... Mas, ao contrário das estrelas, os planetas não emitem luz... Não são suficientemente grandes para poderem ocorrer reações nucleares no seu centro como acontece no Sol. Então, se não nos enviam luz, como poderão ser encontrados?

Podemos descobri-los de maneira indireta, se considerarmos que giram em torno de uma estrela, e essa, sim, geralmente emite luz visível. Ao identificarmos no comportamento da estrela efeitos que só se explicam pela existência de um outro astro na sua vizinhança é bem possível que tenhamos descoberto um exoplaneta!

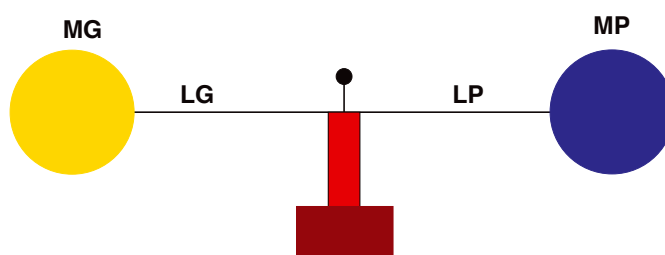


Figura 1 - Sistema binário com o centro de massa marcado por um alfinete

Faz esta experiência para perceberes um dos métodos usados para descobrir estes astros. Corta uma vela de modo a ficar com a forma de um cilindro, vê a Fig. 1. Em cima, equilibra a ripa de plástico, pode ser uma bagueite de plástico para encadernação, de preferência transparente, com duas bolas de plasticina iguais uma de cada lado. Consegues? Com a ajuda de um adulto aquece um alfinete numa vela. Fura a ripa de plástico com o alfinete quente e espeta-o na vela mantendo as bolas equilibradas. Agora podes fazer rodar as duas boas de plasticina em torno do alfinete. Repara que cada bola descreve uma circunferência com o raio igual a metade do comprimento da ripa (Fig. 2). A posição do alfinete marca o centro de massa do conjunto bolas de plasticina e ripa. No Universo há muitos sistemas binários de estrelas de massas semelhantes que rodam como o teu modelo. Claro que não há nenhuma ripa e é a força da gravidade que as mantém “ligadas”! Mas num sistema binário, as massas podem ser muito diferentes, como no caso de uma estrela com um planeta. A massa do Sol é 333000 vezes maior que a massa da Terra! Neste caso onde fica o centro de massa do sistema?

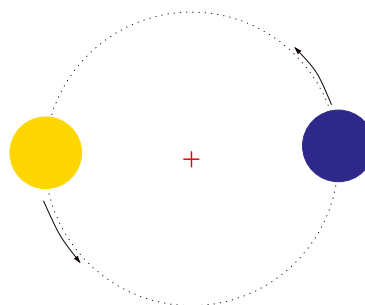


Figura 2 - Dois astros de igual massa a rodar em torno do seu centro de massa, marcado com uma cruz vermelha.

Volta a equilibrar a ripa em cima da vela mas colocando numa ponta um pequeno bocado de plasticina com cerca de 1 g e na outra ponta uma bola de plasticina de 25 g. Equilibra a ripa com as duas bolas e marca o centro de massa. Volta a repetir substituindo a bola maior por uma com cerca de 50 g e depois repete novamente usando uma bola com cerca de 75 g (Fig. 3). Em todos os casos mede a posição do centro de massa relativamente à extremidade da ripa e toma nota dos valores. Para onde se desloca o centro de massa? Se a massa da ripa de plástico fosse nula deverias verificar que o produto da massa da bola grande MG pela sua distância ao centro de massa LG é igual ao produto da massa pequena MP pela distância desta ao centro de massa, ou seja, $MG \times LG = MP \times LP$. Quando medires LG e LP considera a distância do centro das bolas ao alfinete que marca a posição do centro de massa. As tuas medições verificam aquela relação? Os desvios são devidos à massa da ripa de plástico.

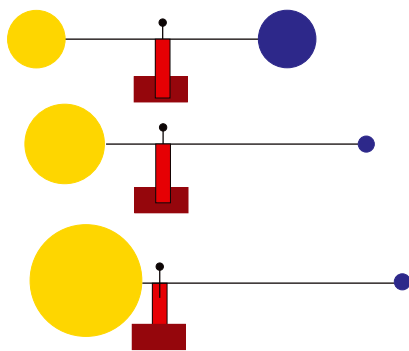


Figura 3 - Sistemas binários formados por astros com massas diferentes. Em todos os casos o centro de massa está identificado pelo alfinete. A bola amarela representa a estrela e a bola azul o exoplaneta.

Se a bola amarela for muito grande o centro de massa localiza-se dentro dela mas não no seu centro. Se fixares a ripa à vela com um alfinete quente podes colocar o sistema a rodar com a mão. Desta vez a bola grande que representa a estrela descreve apenas uma pequena circunferência com um raio inferior ao raio da bola (Fig. 4). Observada à distância apresenta um movimento oscilante: quando se move em direção a nós a luz que emite parece-nos mais azul e quando se afasta essa luz parece-nos mais vermelha. É detetando esta oscilação na luz emitida pela estrela que os exoplanetas são descobertos!

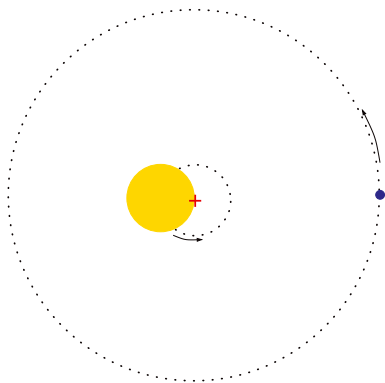


Figura 4 - Movimento de dois astros de massa muito diferente em torno do centro de massa, marcado com uma cruz vermelha.

Há um segundo modo de identificar um exoplaneta. Quando a Lua passa em frente do Sol, dizemos que há um eclipse e parte da Terra fica na escuridão. Se da Terra observarmos Vénus a passar em frente do Sol, isto é, se observarmos um trânsito de Vénus (Fig. 5), verificamos que a quantidade de luz solar que chega à Terra durante o trânsito de Vénus é menor que a usual. Esta observação também é usada para detetar os exoplanetas: se a luz emitida pela sua estrela diminuir e depois aumentar de um modo regular, isto é, de cada vez que o planeta dá a volta à estrela, indica que a estrela tem provavelmente um planeta a girar em torno dela. Isto só é observado se o telescópio estiver orientado de modo a observar o planeta em frente da estrela (Fig. 5 esquerda). Por isso, este método só pode ser usado nalguns casos.

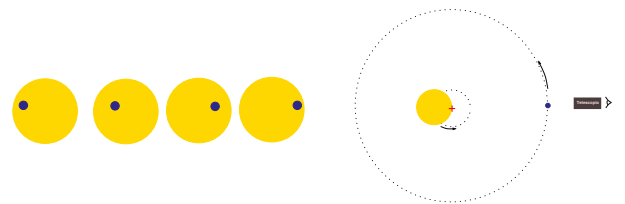


Figura 5 - Trânsito de um planeta (esquerda) e observação do trânsito (direita).

Com o desenvolvimento da tecnologia conseguimos observar cada vez mais longe e com maior nitidez. É só imaginares que tipo de sistema poderá existir e, mais tarde ou mais cedo, talvez seja descoberto! Por exemplo, um planeta com dois sóis, ou mesmo três! Imagina que uma das estrelas se está a pôr e ainda há duas no céu! O desenho (Fig. 6) representa o que um artista imaginou que poderia acontecer numa situação destas. Um sistema deste tipo é possível desde que os astros estejam suficientemente próximos uns dos outros de modo que a força da gravidade os mantenha ligados. É sempre a força da gravidade a responsável pela "dança" dos astros!

Faz agora tu o teu próprio desenho de uma imagem possível neste planeta!



Figura 6 - Desenho imaginado por um artista de um exoplaneta com uma lua e três sóis, um está a pôr-se e os outros dois ainda estão altos no céu. Image credit: NASA/JPL-Caltech

Como se formam as ondas

Constança Providência

Centro de Física, Universidade de Coimbra

Material

- bacia grande redonda
- secador de cabelo
- cronómetro
- caderno
- conta-gotas ou colher pequena

Fazendo ondas!

Certamente já te sentaste na praia a ver as ondas chegarem e quebrarem na areia. Sabes o que origina as ondas do mar? É o vento! Também num lago ou num rio a ondulação que observamos é devida ao vento (figs. 1 e 2). Enche uma bacia grande ou a banheira com água, liga um secador de cabelo e aponta-o para a água sem deixares que a água o molhe para não estragares o secador e não apanhares um choque (fig. 3). O que observas? Formam-se ondas como as dum rio ou lago! Só em



Figura 1 - Ondas no mar



Figura 2 - Ondas no rio Mondego



Figura 3 - Ondas feitas por um secador de cabelo

dias muito calmos a água de um lago se torna num verdadeiro espelho. Mas na verdade o que é uma onda e como posso criar uma onda?

Prepara uma bacia redonda grande com água, cerca de 5 cm a 10 cm de altura de água (fig. 4). Espera que a água fique parada e com um conta gotas ou uma pequena colher de café deixa cair uma gota no centro da bacia. O que observas?

Formou-se uma onda que se move em direção às paredes da bacia! Que forma tem? É uma onda circular (fig. 5)! Desenha no teu caderno a bacia e a forma da onda que se formou assinalando com uma cruz o local onde a gota caiu. São como as ondas que se formam num lago ou numa poça quando começa a chover. São sempre circulares se não existirem obstáculos à volta e a onda se puder propagar sem ser perturbada: todas as direções são equivalentes, ou, dito por outras palavras, nada distingue as diferentes direções.

Experimenta agora deixar cair uma gota de água perto da parede da bacia. Qual a forma da onda? Desenha no teu caderno, anotando sempre o local onde a gota caiu. E o que acontece se colocares um obstáculo na bacia fora do centro? Volta a deixar cair a gota no centro da bacia (fig. 6). Qual a forma da onda nestas condições? Consegues explicar porquê? Coloca outros obstáculos e anota o padrão das ondas que obténs. Quando as ondas se cruzam, interferem, somando-se ou subtraindo-se, ou seja, reforçando-se ou anulando-se.



Figuras 4 a, b, c, d: Propagação de uma onda circular



Figuras 5 - Onda circular (Crédito: Roger McLassus)
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/43/2006-01-14_Surface_waves.jpg



Figura 6 a, b, c, d: Onda lateral

Volta a deitar outra gota no centro da bacia e observa o que acontece à onda quando chega às paredes da bacia. A onda é refletida e volta para trás até ao centro da bacia. Podes ver que, uma vez atingido o centro da bacia, uma onda bem mais baixa (menos intensa) volta novamente a dirigir-se em direção às paredes da bacia. Quantas voltas a onda consegue fazer até desaparecer?

Faz a seguinte experiência com um colega. Vão precisar dum cronómetro. Verifica se o teu telemóvel tem um. Pede ao colega para cronometrar o tempo que a onda demora a voltar ao centro a partir do momento em que deitas a gota na bacia. Deves deitar sempre gotas iguais e sempre da mesma altura, cerca de um palmo acima da superfície da água. Façam cinco medições e tomem o valor médio. Para calcular o valor médio basta somarem o tempo das cinco medições e dividirem pelo número de medições.

Volta a repetir a experiência mas desta vez deita a gota de cerca de um metro de altura. Como são as ondas que se formam relativamente às anteriores? Quanto tempo demora a onda a percorrer a distância centro-parede-centro nestas condições?

Como se forma a onda e por que é que a onda depende da altura a que deitas a gota? Ao deixares cair a gota de água estás a transferir energia para a água da bacia. Quanto maior for a altura da qual a gota cai maior a quantidade de energia que transmite à água da bacia. A água é formada por pequenas partículas a que chamamos moléculas. Quando uma gota de água cai na bacia coloca as partículas da água em movimento, oscilando para cima e para baixo. Quanto

maior for a altura de que deitaste a gota maior é a amplitude deste movimento oscilatório. Repara que se colocares um pequeno objeto a flutuar, por exemplo um bocadinho de cortiça, ele não segue a onda, apenas se desloca para cima e para baixo. Quando a gota cai, primeiro movem-se as partículas de água sobre as quais a gota caiu. Mas estas partículas estão ligadas às vizinhas e perturbam-nas obrigando-as a entrar em movimento, as quais, por sua vez, vão perturbar também as suas vizinhas e é deste modo que a onda chega às paredes da bacia. Aqui a onda é refletida, isto é, a parede empurra a onda de volta para o centro da bacia.

Porque é que as partículas da água se deslocam para cima e para baixo? Na verdade, uma partícula é empurrada para baixo mas logo quer voltar à sua posição de equilíbrio. Volta para cima mas, como ultrapassa a posição de equilíbrio antes de parar, volta a ir para baixo e assim sucessivamente em torno da sua posição de equilíbrio. Na verdade a energia inicialmente transferida para a água, vai sendo cedida às partículas vizinhas e acaba por se esgotar: a amplitude das oscilações é cada vez menor e a onda desaparece. As ondas do mar (fig. 7), são mais complicadas de descrever: o vento vai sempre fornecendo mais energia às ondas e, por isso, enquanto houver vento há sempre ondas. A forma das ondas do mar também depende da profundidade da água, e no mar a profundidade da água varia muito. Mas os surfistas sabem onde encontrar as melhores ondas!



Figuras 7 - Onda gigante com surfista (Surfista: Créditos Shalom Jacobovitz)
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Mavericks_Surf_Contest_2010b.jpg

Quando estarão todos doentes?

Constança Providência

Centro de Física, Universidade de Coimbra

Material

- caderno e lápis
- duas cartolinas A3 de cor diferente
- cola e tesoura
- calculadora

Crescimento exponencial

A física é uma ciência que tem como objetivo explicar o Universo onde vivemos. Para conseguir essa tarefa tão complexa os físicos usam vários instrumentos, como telescópios para observar o Universo, e microscópios e aceleradores para olhar para o infinitamente pequeno. Mas para conseguirem interpretar o que observam utilizam outras ciências como a matemática e as ciências de computação. Vamos ver como a matemática nos pode ajudar a interpretar o que vemos e a prever o que se vai passar.

Nestes últimos meses temos passado por um período complicado devido ao modo como a COVID-19 se espalhou por todos os países do mundo. Em Portugal, tivemos de ficar confinados em casa até ao início de Maio e mesmo depois continuámos a ter aulas à distância ou a trabalhar remotamente usando os meios informáticos. E porquê?

Com uma experiência simples vais perceber. Precisas de um caderno e lápis para registares o que observas. Constrói uma tabela como as que estão ao lado: três colunas por doze linhas. Se precisares acrescenta mais linhas. Na primeira linha, o cabeçalho da tabela, escreve em cada uma das colunas: dia, número de alunos que adocece, número total de alunos doentes. Por baixo de "dia" escreve em cada célula os números 0,1,2,3,4, ... que indicam o dia a que se referem os números que vais escrever nas colunas 2 e 3. Tens a tabela preparada para tomares nota das tuas observações.

Cola duas folhas de cartolina de cores diferentes, por exemplo uma azul e outra vermelha: ficarás com uma cartolina dupla com uma cor diferente de cada lado. Corta-a em pequenos quadrados de 1,5 cm x 1,5 cm. Deves conseguir fazer pelo menos 144 quadra-

dia	número de alunos que adocece	número total de alunos doentes
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tabela 1 - Tabela para anotar as observações

dos. Agora distribui-os todos sobre uma mesa com o vermelho para baixo, de modo a fazeres doze linhas de doze quadrados (fig. 1). Todos os quadrados têm o lado azul para cima. Supõe que os quadrados representam os alunos que frequentam a tua escola. Um dia, a que chamaremos o dia 1, um dos alunos fica doente com a COVID-19. Representa-o por um quadrado vermelho virando um dos quadrados e anota no caderno no dia 1, 1 aluno na coluna 2 e 1 aluno na coluna 3. Vamos agora supor que cada aluno doente vai contagiar em média dois alunos. Dizer que é em média significa que pode ser que um só contagia um colega mas há outro que contagia três, e, por isso, em média cada um contagia dois alunos. Assim, no dia seguinte, dia 2, há mais dois alunos com COVID-19 que foram contagiados pelo primeiro aluno com COVID-19, ao todo já há 3 alunos doentes. Vira mais dois quadrados e toma nota no caderno, no dia 2 colocas um 2 na coluna 2 e um 3 na coluna 3.

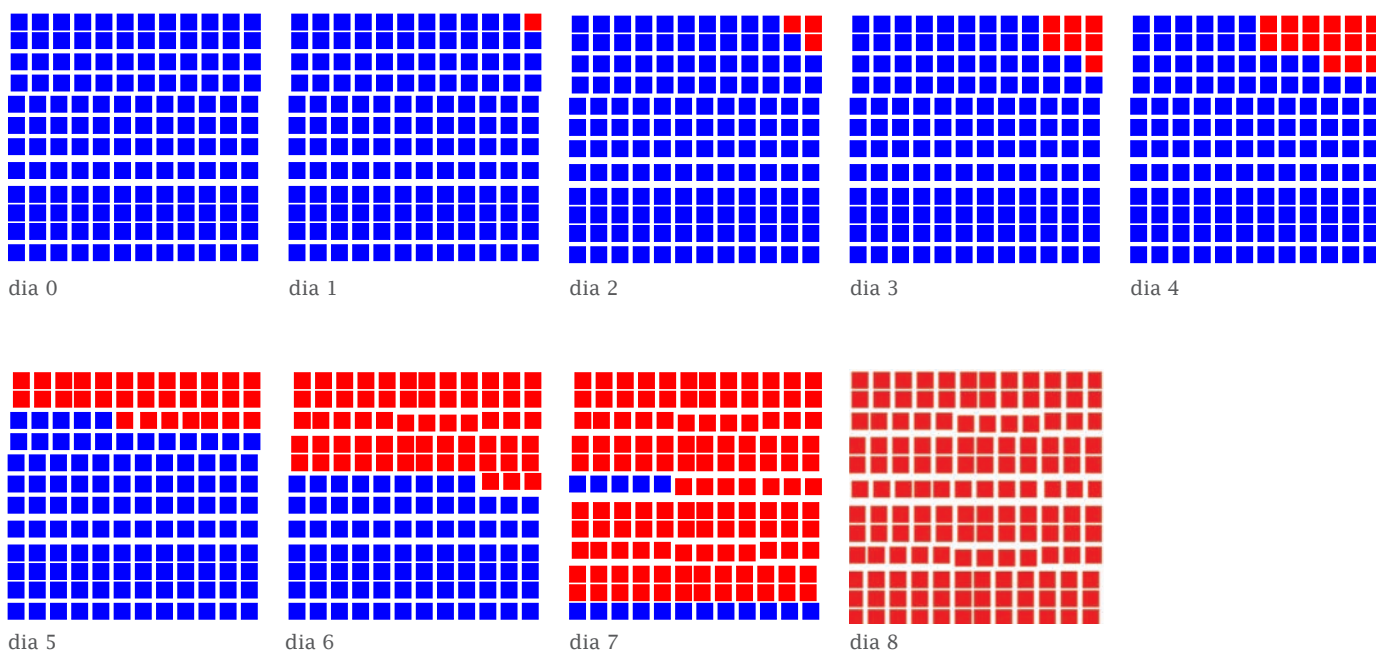


Figura 1 - Evolução do número de alunos doentes. Azul e Vermelho representam os alunos não doentes e doentes respetivamente.

Tabela 2 - Cada aluno contagia dois alunos

dia	número de alunos que adoecem	número total de alunos doentes
0	0	0
1	1	1
2	2	3
3	4	7
4	8	15
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tabela 3 - Cada aluno contagia três alunos

dia	número de alunos que adoecem	número total de alunos doentes
0	0	0
1	1	1
2	3	4
3	9	13
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tabela 4 - Para completar

dia	número de alunos que adoecem	número total de alunos doentes
0	0	0
1	10	10
2	9	19
3	8	
4	7	
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Os alunos doentes ficam isolados em casa e já não contagiam mais colegas. Agora cada um destes dois alunos vai contagiar dois colegas, e no terceiro dia há mais quatro alunos doentes. Vira mais quatro quadrados e anota no caderno no dia 3, 4 na coluna 2 e 7 na coluna 3. Se agora cada um destes alunos contagiar mais dois alunos, quantos novos alunos estarão contagiados no dia 4? E qual é o número total de alunos doentes? Em que dia estão todos doentes? E se a tua escola tivesse 1000 alunos, ao fim de quantos dias estariam todos os alunos doentes? Dizemos que o crescimento de alunos doentes com covid foi exponencial.

Podes pensar noutras situações diferentes: imagina que cada aluno contagia três alunos. Ao fim de quantos dias todos os alunos estão doentes? Anota sempre no caderno: no dia 1, 1 aluno fica doente, no dia 2, 3 alunos ficam doentes, no dia 3, 9 alunos ficam doentes. Completa a tabela indicando na coluna 2 quantos alunos adoecem nesse dia e na coluna 3 o número total de alunos doentes, até todos os alunos ficarem doentes. Quantos dias demorou? E se a tua escola tivesse 1000 alunos, ao fim de quantos dias estariam todos os alunos doentes?

Compara com o resultado que obtiveste quando cada aluno só contagiava 2 alunos. O que concluis?

Imagina agora que cada aluno só contagia um aluno, em cada dia aparece apenas um novo aluno doente. Constrói uma nova tabela semelhante às anteriores, tabela 4, e prevê ao fim de quantos dias todos os alunos ficam doentes.

Percebes agora porque é que muitos portugueses tiveram de ficar em casa confinados? Portugal poderia evoluir para um crescimento exponencial de doentes e os hospitais não teriam capacidade para os tratar. Ficando em casa não poderíamos ficar doentes ou contagiar outras pessoas. É claro que mesmo assim foi preciso manter os serviços necessários a funcionar e também foi preciso fazer compras. Fora de casa havia sempre alguma probabilidade de ficarmos doentes. Mas o risco de nos contagiarmos era muito menor porque usávamos máscaras, mantínhamos distanciamento e as lojas e serviços tinham poucas pessoas. Agora temos o número de contágios por dia mais controlado mas continuamos a precisar de reduzir o risco de contagiar alguém e, para isso, precisamos de usar máscara e mantermo-nos afastados. A probabilidade de contagiarmos alguém tem de ser menor do que um para mantermos a situação controlada.

E o que é que isso significa, uma probabilidade de contagiar alguém menor do que um? Afinal não podemos contagiar só meia pessoa...Deves novamente pensar na média. Significa, por exemplo, que se houver dez pessoas doentes, elas vão contagiar menos do que outras dez pessoas, ou seja, todos os dias o número de pessoas que fica doente é inferior ao número de pessoas que ficou doente no dia anterior.

Faz a seguinte experiência: supõe que a probabilidade de contágio se mantém sempre menor do que um e que, em cada dia, o número de alunos que fica doente é igual ao número de alunos que ficou doente no dia anterior menos um. Supõe que no primeiro dia há 10 alunos doentes. Ao fim de quantos dias não há alunos a adoecer? Quantos alunos ficaram doentes? Nestas condições a doença está controlada.

Sabias que a COVID-19 é provocado por um vírus chamado SARS-CoV-2? Na figura 2 podes ver a imagem do SARS-CoV-2 obtida com um microscópio eletrónico, um daqueles aparelhos que os físicos desenvolveram para ver o infinitamente pequeno.

No próximo Vamos Experimentar! aplicaremos a matemática que explica como a COVID-19 se espalha ao comportamento das partículas que os físicos conhecem por núcleos. E vais-te tornar num físico nuclear.

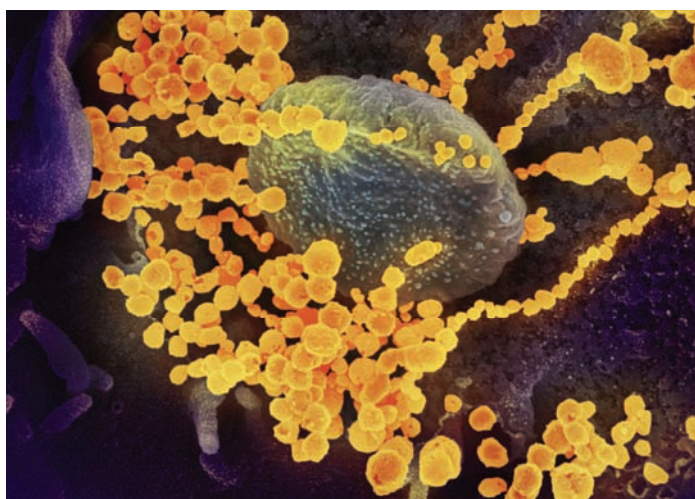


Figura 2 - Imagem tirada por um microscópio eletrónica do vírus Sars-cov-2. Crédito: NIAID-RML

https://en.wikipedia.org/wiki/Severe_acute_respiratory_syndrome_coronavirus_2#/media/File:SARS-CoV-2_scanning_electron_microscope_image.jpg

É eletricidade ou magnetismo?

Constança Providência

CfisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

Material

- dois magnetes
- bússola
- três fios elétricos de preferência com crocodilos nas pontas
- uma fita de papel de alumínio de 2 cm por 20 cm
- lâmpada num suporte
- pilha de 9 V
- balão
- bocadinhos de papel leve

Força elétrica e força magnética

Em 2020, celebrámos os duzentos anos da descoberta da existência de uma relação entre eletricidade e magnetismo pelo físico dinamarquês Hans Christian Oersted.

Foi uma importante descoberta que levou mais tarde a unificar a força elétrica e a força magnética numa mesma força: a força eletromagnética. Iniciou-se a formulação de uma teoria que foi sendo construída até ao presente e que descreve as

forças entre as partículas sub-atómicas que formam a matéria. É para conhecermos melhor essas forças que construímos máquinas como o LHC (*Large Hadron Collider* - Grande Colisionador de Hadrões) no CERN, o Centro Europeu para a Investigação Nuclear, e que reúne vários milhares de físicos, engenheiros e técnicos (figura 1). Estas equipas trabalham

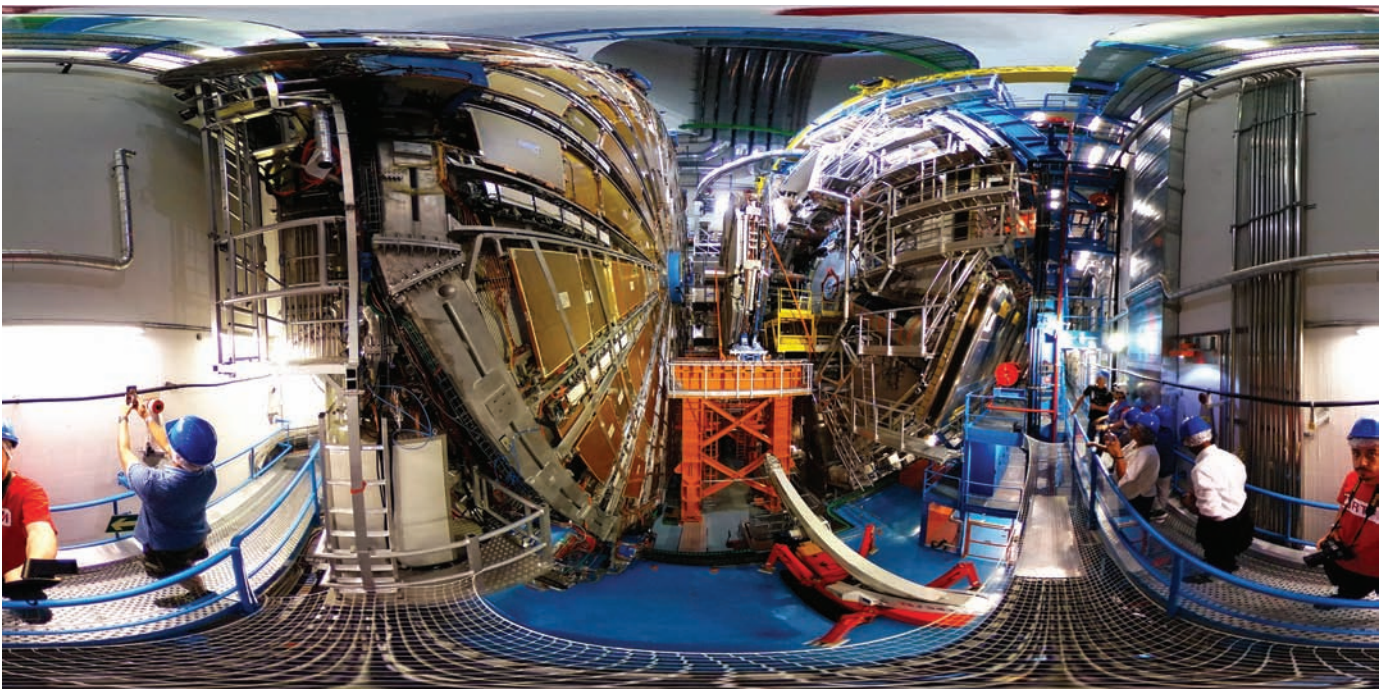


Figura 1 - Detetor ATLAS no Grande Colisionador de Hadrões no CERN na Suíça - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CERN_ATLAS_Detector.jpg
Créditos: SimonWaldherr

em conjunto para descobrir os segredos da natureza, olhando para o muito, muito, muito pequeno. E quanto mais pequenas são as partículas que queremos ver, maior tem de ser o aparelho que usamos: parece complicado?

Voltemos ao ponto de partida e vamos, então, verificar o que Oersted observou.

Experimenta aproximar um ímã de uma bússola. O que sucede? O ponteiro da bússola mexe-se! O ponteiro da bússola é um ímã e, por isso, comporta-se deste modo. Se colocares um ímã em cima da mesa e aproximares um segundo ímã deste, verificas que o ímã na mesa se desloca (figuras 2a e 2b). E se há movimento é porque existe uma força a atuar no ímã. A esta força chamamos força magnética. Como verificas atua mesmo sem haver contacto. O ponteiro da bússola permite-nos determinar para onde fica o Norte porque, devido à sua estrutura, a Terra funciona também como um enorme ímã, que exerce uma força magnética sobre a agulha da bússola e a orienta (figuras 2c e 2d).

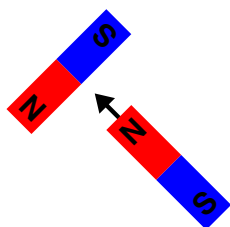


Figura 2a)

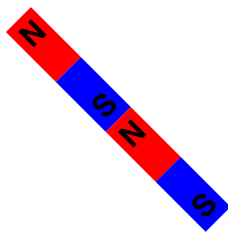


Figura 2b)

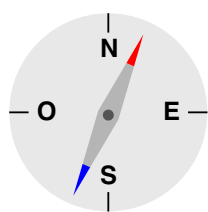


Figura 2c)

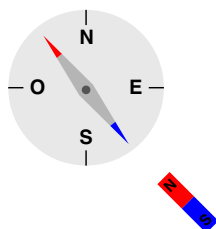


Figura 2d)

Figura 2 - Força entre dois ímãs: a) ímãs aproximam-se; b) ímãs atraem-se e deslocam-se ficando orientados conforme indicado. Efeito dum ímã sobre uma bússola: c) Bússola; d) Ponteiro da bússola desloca-se quando o ímã se aproxima.

Vamos agora fazer outra experiência: pega num balão cheio e esfrega-o bem na tua camisola. Aproxima-o de pedacinhos de papel colocados em cima da mesa. O que verificas? Os papéis saltam e podem mesmo colar-se ao balão (fig. 3). Mas se os papéis se movem é porque uma força atua sobre eles: a esta força chamamos força elétrica. Ao esfregares o balão na tua camisola, ele passa a exercer uma força elétrica sobre outros objetos. Vamos perceber porquê! Geralmente todos os objetos têm tantas cargas positivas como cargas negativas. Dizemos que estão neutros. Quando esfregas o balão na camisola algumas das cargas negativas do balão passam para a camisola e ficas com o balão “carregado” por ter mais cargas positivas do que negativas. Ao aproximares o

balão carregado do bocadinho de papel, ele consegue separar as cargas negativas das positivas do papel, “puxa” para si as cargas negativas e, assim, atrai o bocadinho de papel.

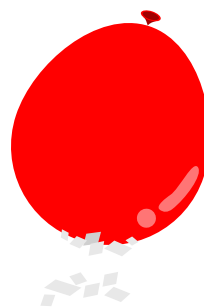


Figura 3 - Balão carregado atrai os bocadinhos de papel.

Estas duas experiências simples mostram o efeito de duas forças, presentes na natureza, que atuam à distância, isto é, sem ser necessário o contacto entre os objetos: a força magnética e a força elétrica. A coisa bonita foi a descoberta de que ambas estas forças são manifestações diferentes de uma mesma força a que chamamos força eletromagnética.

E, como se chegou a esta conclusão? Tudo começou assim: quando constróis um circuito fechado com uma pilha, fios e uma lâmpada, a lâmpada acende-se. Há uma corrente elétrica no circuito que faz a lâmpada acender. Experimenta: liga uma pilha com um fio a uma lâmpada, pega num segundo fio e liga a outra extremidade da lâmpada ao segundo polo da pilha (fig. 4a). Estabelece-se uma corrente elétrica que não é mais do que cargas elétricas em movimento. A pilha faz com que elas se desloquem no fio. O que Oersted descobriu foi que a corrente elétrica que passa pelo fio também faz o ponteiro da bússola deslocar-se! Mas isso significa que a corrente elétrica é capaz de produzir o mesmo efeito que se consegue com um ímã! Dá origem a uma força magnética! Vais descobrir que a eletricidade e o magnetismo são apenas duas manifestações de uma mesma força!

Faz a seguinte experiência. Monta um circuito com três fios, uma tira de alumínio, uma lâmpada e uma pilha. Liga a pilha, a lâmpada e a tira de papel de alumínio entre si com os três fios, e liga o terceiro fio à pilha só depois de teres ligado tudo. O que acontece à lâmpada quando fechas o circuito ligando o fio à pilha? A lâmpada acende-se. A tira de alumínio deixa passar a corrente elétrica tal como o fio.

Agora tira a lâmpada do circuito. Liga a pilha à tira de alumínio com um fio. Liga o segundo fio à outra extremidade da tira de alumínio (fig. 4b). Para já, não ligués o segundo fio à pilha. Debaixo da tira de alumínio coloca a bússola (fig. 4c). Agora num movimento rápido toca com a extremidade solta do segundo fio elétrico no polo livre da pilha. O que acontece à agulha da bússola?

Estás a observar o mesmo que Oersted observou: a agulha move-se, do mesmo modo que se move quando dela aproximamos um ímã! A corrente elétrica está a funcionar como se fosse um ímã. Cria uma força magnética. É muito importante que só toques momentaneamente com o fio elétrico no segundo polo da pilha para não descarregares rapidamente a pilha, ou mesmo causares uma pequena explosão. Na verdade, para conseguires ver o efeito estás a criar um curto circuito que pode aquecer muito a pilha.

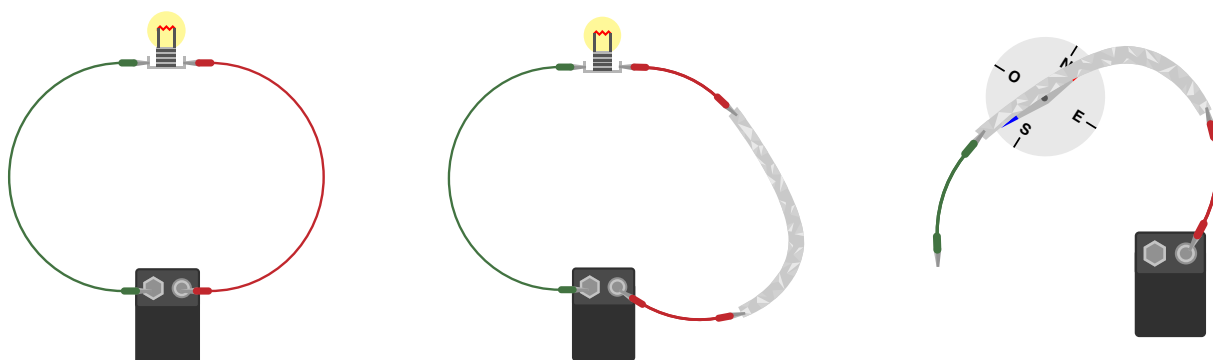


Figura 4 - 1) Circuito com lâmpada e pilha 2) Circuito com lâmpada, pilha e fita de alumínio; 3) Circuito aberto com pilha e fita de alumínio sobre bússola

As experiências de Oersted foram continuadas por muitos físicos notáveis, como Ampère, Faraday e Maxwell, entre outros. A eles se devem os trabalhos de unificação da força elétrica com a força magnética – a força eletromagnética. Daí vêm também os primeiros passos de muitas tecnologias e equipamentos que mudaram a vida das pessoas.

Mas tudo isto começou em Copenhaga, numa tarde da primavera de 1820, em que o professor Oersted, rodeado pelos seus alunos, observou os movimentos da agulha magnética e pôs-se a pensar na razão de ser das coisas...

Agradecimentos:

Agradeço à Helena Alberto o material que me emprestou, à Lucília Brito a leitura atenta e as sugestões que tornaram o texto mais claro e completo, e à Rita Wolters os lindos desenhos que ilustram esta proposta de atividades.

Fontanários: brincando com a Física!

Constança Providência

CfisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

Material

- garrafa de plástico transparente
- agulha e palito de espetadas ou lápis afiado
- água
- fita-cola ou fita adesiva
- tabuleiro
- seixos

Uma parábola de água

Certamente já observaste os repuxos de rega automática nos parques da cidade ou nos campos, os repuxos que no verão molham os canteiros, relvados ou campos. Ou até já terás pegado numa mangueira para regar as tuas plantas e, possivelmente, molhar os amigos que se colocaram pela frente... Já reparaste na forma do jato de água que sai da mangueira ou do tubo de rega? Sabes como deves orientar a mangueira para a água chegar mais longe?

Vamos fazer uma experiência muito simples que te permitirá observar o que se passa com a água que sai de uma pequena abertura, empurrada pela água que fica acima do buraco. Precisamos de uma garrafa de plástico com a capacidade de 1,5 l e uma agulha. Enche a garrafa com água e fecha-a com a tampa. Coloca-a na horizontal, cola um pouco de fita-cola ou fita-adesiva a cerca de dois terços da altura da garrafa, e com uma agulha faz um buraquinho através da fita-cola e parede da garrafa tendo o cuidado de manter a agulha perpendicular à garrafa. Alarga o buraquinho um pouco com o palito. Segue

as indicações de acordo com a figura 1. Coloca a garrafa na vertical e tira a tampa. O que observas? Sai um jato de água da garrafa! Anota qual o seu alcance fazendo uma marca no tabuleiro com um seixo, e desenha no teu caderno a forma da curva que a água forma no ar (fig. 2). À medida que o tempo passa o que acontece ao alcance do jato?



Figura 2 - Repuxo obtido com um buraco na garrafa. Nota: O tabuleiro preto foi utilizado nesta e nas outras fotos para dar contraste e permitir ver-se o repuxo de água.

A forma da curva desenhada pela água é conhecida por uma parábola. É também a forma da trajetória de uma bola que jogas para um amigo.

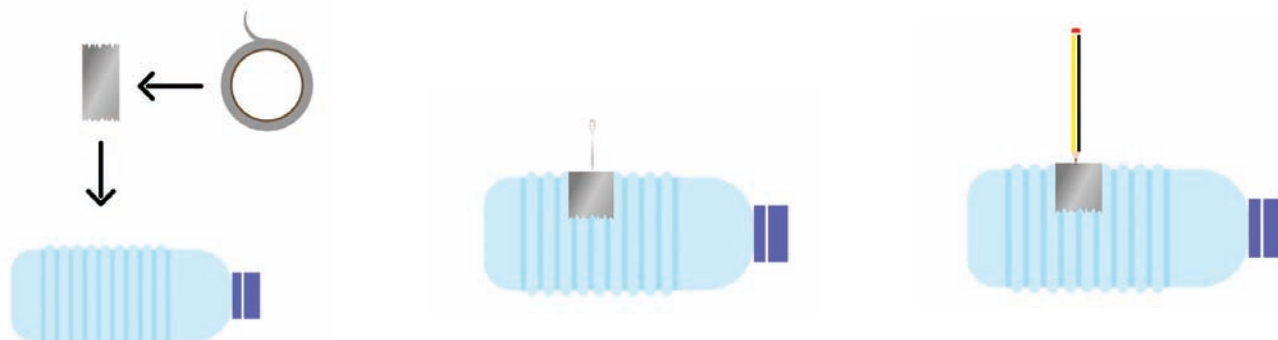


Figura 1 - Preparação e abertura de buraco na garrafa: a) colocar fita-cola; b) espetar com agulha; c) alargar buraco com palito.

E certamente verificas que à medida que o tempo passa o jato de água vai tendo um alcance menor até que o nível de água da garrafa atinge o buraquinho e deixa de sair. O que explicará este comportamento? Sai um jato de água da garrafa! Anota qual o seu alcance fazendo uma marca no tabuleiro com um seixo, e desenha no teu caderno a forma da curva que a água forma no ar (fig. 2). À medida que o tempo passa o que acontece ao alcance do jato?

Empurra a tampa da garrafa para fora da mesa deixando-a simplesmente cair. Ela cai na vertical e fica próxima da mesa. Agora volta a empurrar a tampa para fora da mesa dando-lhe um piparote, i.e. fazendo que saia da mesa com uma velocidade não nula. Onde é que ela cai? Vai cair afastada da mesa e tanto mais longe quanto maior for o empurrão que lhe tiveres dado. Se observares bem a queda da tampa verás que desenha no ar uma trajetória semelhante à que a água desenha. Então já percebemos: a água desenha uma parábola porque sai do buraquinho com uma velocidade não nula. Ora o físico italiano Torricelli, aluno de Galileu, mostrou que a velocidade com que a água sai é tanto maior quanto maior for a distância entre o buraco e a superfície da água na garrafa. Mas isto quer dizer que se fizeres um buraco abaixo do primeiro a água sai com uma velocidade maior e poderá atingir um alcance maior (fig. 3). Experimenta: faz um segundo buraco mais abaixo. E se quiseres, faz ainda mais abaixo um terceiro buraco.



Figura 3 - Fontanário com dois e três repuxos: quanto mais baixo está o buraco mais longe chega o repuxo.



Figura 6 - a) Fontanário com dois repuxos, com os buracos feitos com a agulha quase paralela à garrafa e cabeça virada para cima ou para baixo; b) Fontanário com a água a sair por um tubinho; c) Fontanário com dois repuxos a sair por tubinhos

Alguns conselhos práticos: se algum dos buracos ficar mal feito, por exemplo demasiado grande, coloca a garrafa na horizontal, limpa a garrafa em volta do buraco com um pano seco e coloca um pedaço novo de fita-cola ou fita-adesiva a tapar o buraco. Volta a fazer o buraco com a agulha e palito. Coloca a tampa sempre que quiseres preparar algo. Repara que com a tampa fechada, mesmo tendo buracos a água quase não sai da garrafa, porque o ar fora da garrafa impede que a água saia pelos buracos. Enquanto a água sai deverás ir enchendo a garrafa. Podes pedir a um colega que vá mantendo o nível da garrafa. O melhor é fazeres esta experiência ao ar livre ou numa varanda! Para fazer dentro de casa tens de arranjar uma bacia grande ou um tabuleiro onde colocas a garrafa.

A tua garrafa é como se fosse um fontanário. Podes melhorar o teu repuxo colocando com cuidado um pouco de uma palhinha fina ou um tubinho de borracha no buraco da garrafa (figuras 4 e 5). Repara na diferença do repuxo quando apontas o tubinho para cima, na horizontal, ou para baixo (fig. 6). Tens um efeito semelhante se fizeres o buraco com a agulha quase paralela à garrafa a apontar para cima ou para baixo. Ao mudares a orientação do

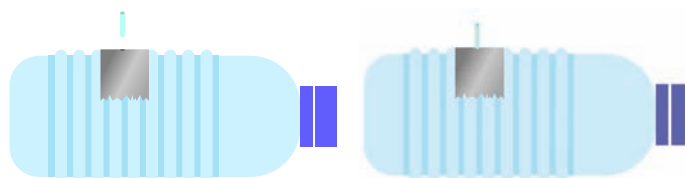


Figura 4 - Colocação de um tubo pequeno no buraco feito na garrafa, depois dos passos indicados na Fig. 1.

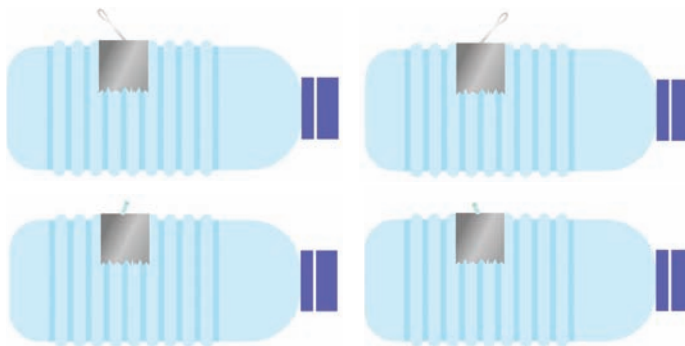


Figura 5 - Orientação do tubinho ou do buraco feito na garrafa.

tubo ou do buraco obrigas a água a sair numa direção diferente: o repuxo sai apontando para cima, na horizontal ou para baixo.

E agora proponho que faças o projeto de um fontanário com vários buracos, em posições diferentes de modo a teres repuxos que caem perto da garrafa e outros longe. Se em cada buraco que fizeres colocares um tubinho conseguirás orientar os esguichos na direção que desejares!



Legenda: *Manneken Pis*, fonte muito conhecida em Bruxelas incluída no livro Galileu e a parábola de Jorge Dias de Deus (Gradiva 2019), para exemplificar a trajetória de um objeto sujeito à força da gravidade (Créditos: Myrabella / Wikimedia Commons)
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Bruxelles_Manneken_Pis.jpg

Jorge Dias de Deus foi um físico de partículas que gostava muito de física. Conseguia apresentar a física de um modo simples e claro, e, em particular, gostava muito de discutir a física dos fontanários tal como neste Vamos experimentar! Este Vamos Experimentar! É lhe dedicado.

Agradecimentos

Agradeço à Lucília Brito a revisão do texto e as suas ótimas sugestões e à Rita Wolters os lindos desenhos gráficos que ilustram a explicação.

O que são materiais “frustrados”?

Constança Providência

CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

Material

- um ímã
- agulha grossa
- prato com água
- rolha e fita-cola
- papel e caneta
- tesoura
- pioneses
- cortiça ou esferovite

Magnetismo

Imagina que gostarias muito de ter uma bicicleta e um *skate* mas tens de optar por apenas um deles. Ficas indeciso entre os dois, e acabas por escolher a bicicleta mas sentes-te frustrado por não poderes ter um *skate*. Depois tens uma ideia: combinas com a tua irmã que ela escolhe o *skate* e, assim, podem alternadamente usar a bicicleta ou o *skate*. Pois, certos materiais por vezes têm de fazer opções difíceis não ficando totalmente satisfeitos com a escolha feita. Dizemos que estes materiais estão frustrados. Mas o que são mesmo materiais frustrados?

Alguns físicos dedicam-se a descobrir materiais com propriedades interessantes que nos permitam construir novos aparelhos ou melhorar os que temos, como os computadores quânticos.

Em 2021, o Prémio Nobel da Física foi atribuído a três cientistas que têm dedicado os seus trabalhos à compreensão de sistemas complexos. O físico italiano Giorgio Parisi foi um dos galardoados, justamente pelos seus estudos sobre as propriedades destes materiais complexos, isto é, materiais que não se conseguem organizar, como poderia ser mais favorável.

Sabes, certamente, que alguns materiais têm propriedades magnéticas como os ímãs que colas na porta do teu frigorífico. A agulha de uma bússola é outro exemplo. Experimenta fazer uma bússola. Precisas de uma agulha grossa sem ponta afiada, uma fatia de uma rolha de cortiça ou um bocado de uma embalagem de esferovite e fita-cola. Cola a agulha à cortiça e coloca-a a boiar num prato com água, ver figura 1. Verifica que a agulha aponta na direção em que a colocas.

Agora faz o seguinte: tira a agulha da água, seca-a, e passa um ímã da cabeça para a ponta da agulha

cerca de 40 vezes. Tem cuidado em fazer o movimento correto, sempre da cabeça para a ponta. Volta a colocar a agulha na água. Consegues colocá-la na direção que queres ou ela escolhe a direção?

Acabaste de construir uma bússola: a agulha aponta aproximadamente na direção do Norte. A Terra funciona como um grande ímã e atrai a agulha da bússola que construístes.

Mas porque é que conseguiste transformar a agulha num ímã? É porque a agulha é feita de ferro, um metal com propriedades magnéticas. Cada partícula de ferro comporta-se como um pequeno ímã. Só consegues observar as propriedades magnéticas do ferro se todos estes pequenos ímãs que o formam tiverem a mesma orientação. Quando esfregas o ímã na agulha obrigas todos os pequenos ímãs a ficarem orientados na mesma direção e a agulha passa a comportar-se como um ímã!

Um desenho permite perceber facilmente o que se passa. As partículas de ferro estão colocadas nos vértices de uma rede quadrangular como a vês na Figura 2. Dizemos que é quadrangular porque a rede é feita de quadrados. As partículas de ferro localizam-se nos vértices dos quadrados.

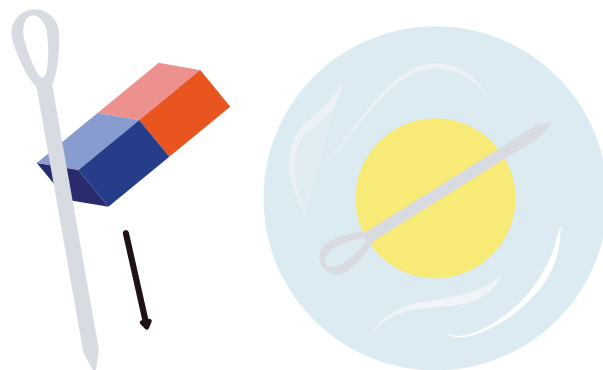


Figura 1 - Construção de uma bússola.

Vamos representar cada partícula de ferro por uma seta, como se fosse um pequeno ímã. A Figura 2 (centro) representa o material da

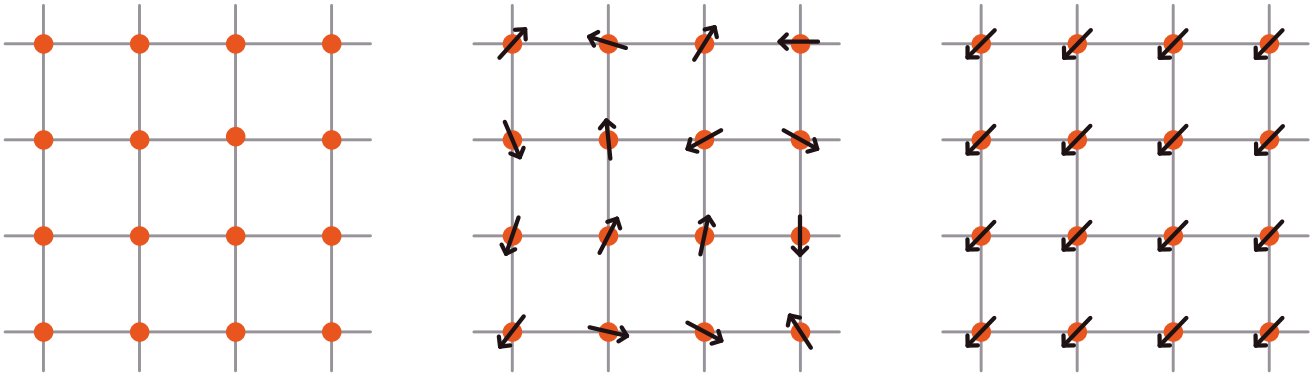


Figura 2 - Rede quadrangular (esquerda): orientação das partículas da agulha antes de se passar o magnete (centro) e depois de se passar o magnete (direita)

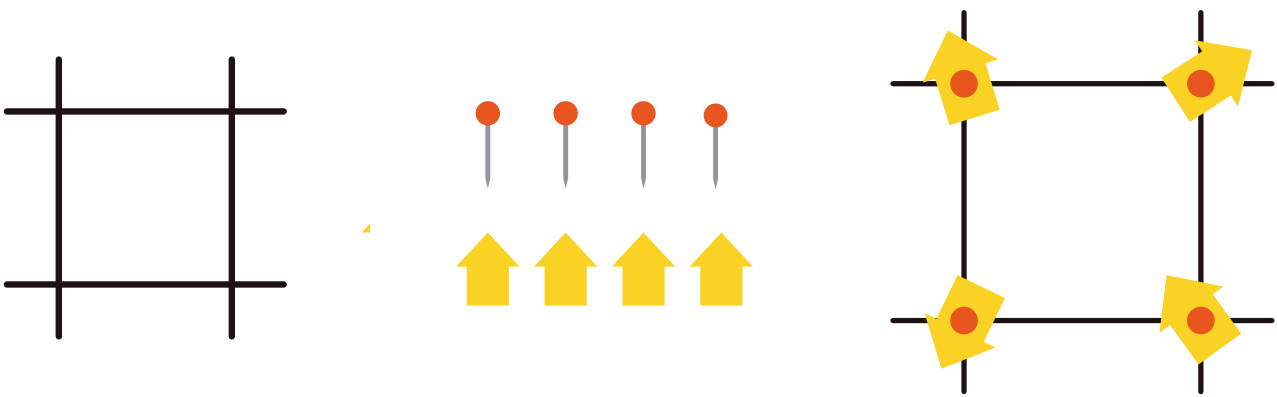


Figura 3 - Material para construir um modelo (esquerda) e modelo de material não orientado (direita)

agulha antes de teres passado o magnete: as setas apontam em qualquer direção. Depois de passares o magnete, o material da agulha passa a ter a maior parte das partículas de ferro orientadas na mesma direção como na Figura 2 (direita).

Faz o teu modelo do ferro. Precisas de uma placa de cortiça ou esferovite, quatro pioneses, papel e uma tesoura. Corta quatro setas que vão representar as partículas de ferro. Coloca em cima da placa de cortiça uma folha de papel e desenha um elemento da rede quadrangular como mostra a Figura 3. Prende aos vértices do quadrado as setas com pioneses. Orienta as setas de modo a representares o material antes de passar o magnete e depois de passar o magnete.

No ferro, as partículas preferem ficar todas a apontar na mesma direção. Mas há materiais em que as partículas preferem que os vizinhos apontem no sentido oposto como o crómio, que, tal como o ferro, também é um metal. Neste metal, as partículas orientam-se de modo que a vizinha aponta no sentido oposto como na Figura 4. Usa o teu modelo para representares o crómio, tendo o cuidado de colocar as setas vizinhas a apontar em sentidos opostos.

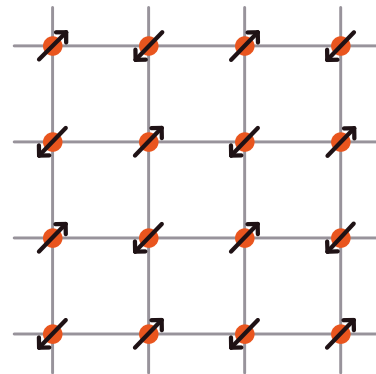


Figura 4 - Representação da rede do crómio.

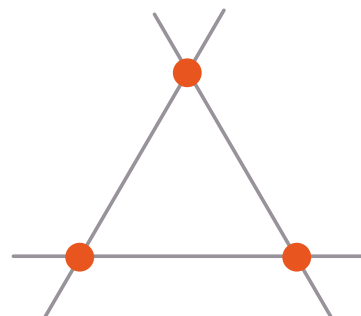


Figura 5 - Rede triangular.

Repete o exercício mas supondo um material do tipo do crómio: a orientação preferida da vizinha é a oposta. Vês algum problema?

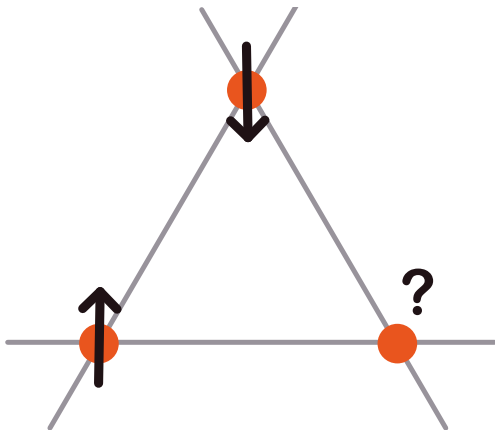


Figura 6 - Rede triangular de uma material que se orienta como o crómio.

Usa o teu modelo com uma rede triangular e setas presas aos vértices com pioneses. Qual será uma possível orientação das setas de modo a minimizar o problema da orientação? Chamamos frustração à existência destas situações de conflito, nas quais as partículas não conseguem orientar-se como gostariam: na rede triangular uma das setas tem um vizinho com a orientação oposta e outro com a mesma orientação. Não consegue encontrar uma solução em que ambos os vizinhos têm a orientação oposta sem afetar as outras partículas da rede. Há várias possibilidades que minimizam de um modo equivalente estas situações de conflito: nestas configurações cada uma das setas roda um pouco relativamente à situação ideal. A combinação destas diferentes posições dá origem a estruturas muito complexas.

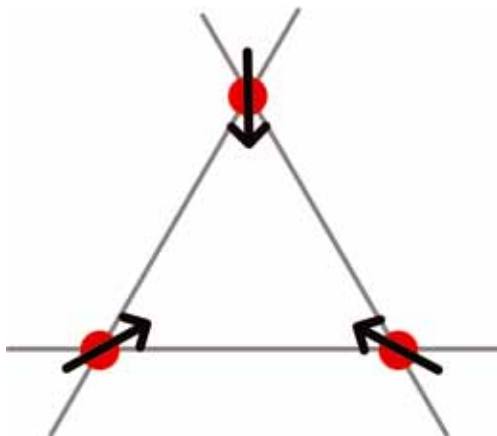


Figura 7 - Orientação possível de uma rede triangular frustrada.

Como desafio, deixo-te a estrutura de um material representado na Figura 8, onde identificas estrelas de seis pontas. Sabendo que as partículas desse material gostam de se orientar de modo que os vizinhos apontam em direções opostas, que proposta fazes para uma possível orientação das partículas na rede representada?

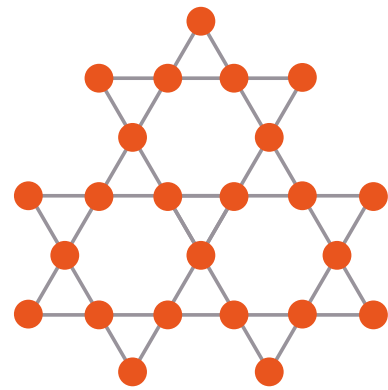


Figura 8 - Rede triangular de uma material que se orienta como o crómio.

Agradecimentos

Agradeço à Rita Wolters os desenhos todos da sua autoria. Agradeço à Lucília Brito os comentários sempre tão pertinentes.

Bibliografia

- [1] Ciência a brincar, Constança Providência, Helena Alberto, Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio, 1999.
- [2] Ciência a brincar, Constança Providência, Helena Alberto, Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio, 1999.

Porque está a mudar o clima?

Constança Providência¹, Rita Wolters²

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

² Ilustradora

Material

- dois copos de vidro
- termómetro
- saco de plástico e fecho
- gelo
- areia, cascalho ou pequenas pedras

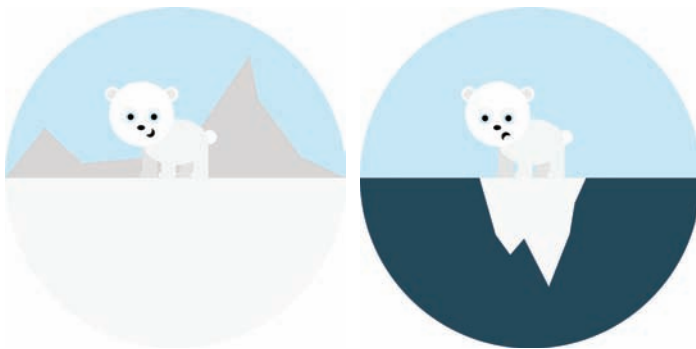


Figura 1 - Urso polar no Pólo Norte.

Efeito de estufa e consequências

Certamente já ouviste falar em mudanças climáticas e nas consequências destas mudanças para a vida sobre o planeta Terra. Todos os países serão atingidos por estas alterações e, por isso, precisamos de atuar em conjunto, e todos temos de contribuir no nosso dia a dia se queremos impedir que as previsões que os cientistas fazem se concretizem.

Mas afinal do que se trata? Tem-se verificado nos últimos anos o aumento médio da temperatura acompanhado de vários efeitos secundários como grandes incêndios, grandes tempestades, grandes inundações, destruição de habitats. Temos consumido demasiada energia, demasiados recursos naturais e colocamos em risco a nossa vida e a dos outros seres vivos. Muita da produção de energia está associada à emissão de gases para a atmosfera. Estes gases alteram a atmosfera. A atmosfera funciona como se estivéssemos numa estufa. Durante o dia, a radiação emitida pelo Sol atravessa a atmosfera aquecendo o planeta Terra. Durante a noite o planeta não arrefece demasiado porque a atmosfera não deixa sair a energia emitida pela Terra resultante do aquecimento da sua superfície. Chamamos a este fenómeno efeito de estufa pois algo semelhante se passa nas estufas: o vidro

ou o plástico deixam que a luz do Sol entre na estufa e contribua para aumentar a temperatura no seu interior; contudo, impedem que a energia emitida a partir do interior da estufa (radiação infravermelha) saia e, por isso, dentro de uma estufa existe uma maior humidade e uma temperatura mais alta. O problema é que quando alteramos a atmosfera com a emissão de gases extra como o dióxido de carbono, o efeito de estufa aumenta.



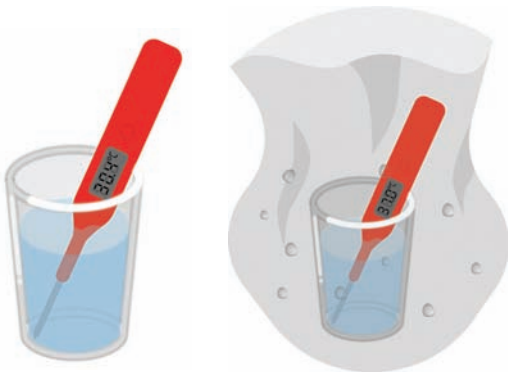


Figura 2 - Copo 1 e copo 2 (dentro de um saco de plástico) com água antes (a) e (b), durante (c) e (d) e depois (e) e (f) de estarem 1h30 ao Sol.

Faz a seguinte experiência para perceberes o que é o efeito de estufa. Toma dois copos com a mesma quantidade de água e mede a temperatura da água. Verifica que ambos têm a mesma temperatura. Regista a temperatura e a hora a que fizeste a medição no copo 1 e no copo 2. Coloca ambos os copos ao Sol, por exemplo no parapeito da janela ou na varanda, o copo 1 sem qualquer cobertura e o copo 2 dentro de um saco de plástico fechado com um fecho. Passada uma hora e meia, volta a medir a temperatura de ambos os copos e anota novamente no caderno. Qual foi o aumento da temperatura da água no copo 1 e no copo 2? A temperatura do copo 2 aumentou muito mais. Sabes porquê? Porque a radiação solar consegue atravessar o saco de plástico e aquecer a água e o ar dentro do saco, fazendo aumentar a sua temperatura, mas a energia por eles emitida não consegue atravessar as paredes do saco para o exterior. O outro copo, por outro lado, vai cedendo energia ao meio exterior e, por isso, a água não aquece tanto. O saco de plástico funciona como a atmosfera, impede que a energia emitida pelo copo com água quente se liberte.

Mas quais são as consequências do aquecimento global da Terra? Faz estas duas experiências simples para perceberes rapidamente algumas consequências:

1- coloca num copo com água vários cubos de gelo e com uma caneta marca o nível da água no copo. Deixa o gelo derreter e volta a marcar o nível da água. O nível mudou?

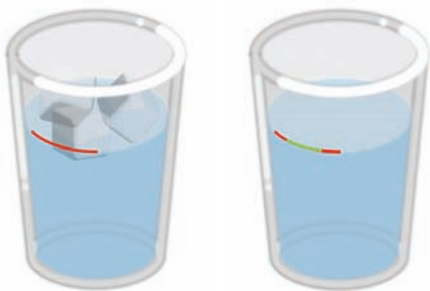


Figura 3 - Copo com água e gelo: antes (esquerda) e depois (direita) de o gelo derreter. A marca no copo indica o nível da água, antes (vermelho) e depois (verde) do gelo derreter.

2 - repete a experiência mas desta vez coloca pedrinhas no copo até dois terços e cobre com água. Agora coloca o mesmo número de cubos de gelos em cima da água. Marca o nível da água com uma caneta. Deixa o gelo derreter e volta a marcar o nível da água. O nível mudou?

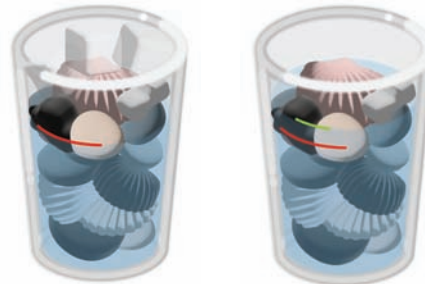


Figura 4 - Copo com pedrinhas cobertas de água e gelo: antes (esquerda) e depois (direita) de o gelo derreter. A marca no copo indica o nível da água, antes (vermelho) e depois (verde) do gelo derreter.

No primeiro caso o nível da água não muda. No Pólo Norte o gelo forma-se em cima da água. Se a temperatura global da Terra subir e o gelo derreter, o nível da água no oceano não sobe. Mas há um problema grave: os animais que vivem naquele ambiente como os ursos polares perdem o seu habitat, perdem a capacidade de se alimentar e ficam em risco de extinção.

No segundo caso, o nível da água sobe! No Pólo Sul o gelo está assente sobre o solo, por isso, se derreter, o nível da água sobe. O mesmo se pode dizer do gelo no topo das montanhas altas com neves permanentes: se a neve derreter, a água vai escorrer até ao oceano e o nível do mar sobe. E agora pensa nas consequências. O que acontece às povoações em ilhas ou à beira-mar? Podem simplesmente desaparecer engolidas pelo mar!

Para impedir o aumento da temperatura da Terra, muito trabalho tem que ser feito pelos governantes, mas também muitas atitudes e tarefas podem ser levadas a cabo por cada um de nós. Descobre o que está nas tuas mãos fazer! Já ouviste falar da Greta Thunberg? Desafio-te a que descubras e que percebas como cada um de nós pode escolher salvar o planeta Terra!

Na verdade, a atmosfera protege a vida na Terra e sem ela a vida não seria possível. A atmosfera funciona como um cobertor, impedindo que a temperatura seja demasiado alta ou demasiado baixa. Ela protege-nos de radiações prejudiciais como a radiação ultravioleta. É graças à atmosfera que a água, de que tanto precisamos, existe no estado líquido.

Mas ela forma apenas uma fina e frágil camada acima da Terra, ligada ao planeta pela força da gravidade. Se queremos manter a vida no planeta Terra temos de a respeitar e não podemos alterar a sua constituição através de ações individualistas e desconcertadas. Temos que pensar no planeta como um todo e estarmos disponíveis para colaborar nas iniciativas que contribuam para a sua conservação.

Agradecimentos

Agradeço à Lucília Brito a revisão do texto e todas as sugestões-

O que é o vento?

Helena Arede¹, Marta Henriques^{1,2}, Joana Pancas¹, Constança Providência², Rita Wolters³

¹ Rómulo - CCVUC, Universidade de Coimbra

² CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

³ Ilustradora

Material

- Balão
- Seringa grande
- Tesoura
- Vela

Estamos no outono, uma estação geralmente identificada com chuva e vento. Já pensaste o que é o vento que por vezes quase te impede de andar? É também o vento que define o tempo, trazendo ou afastando as nuvens, trazendo ou afastando a chuva. O vento não é mais do que ar em movimento e são muitas as causas que provocam o seu movimento. Uma das principais causas são as mudanças de temperatura. Um dos gases que constituem o ar é o oxigénio e a vida no planeta Terra não existiria sem este gás. É a força da gravidade que “segura” o ar acima da superfície da Terra, constituindo o que conhecemos por atmosfera. Outros gases presentes no ar são o azoto, o dióxido de carbono e o vapor de água. Os gases são formados por partículas muito pequenas a que chamamos átomos ou moléculas (conjuntos de átomos). Gases diferentes são formados por partículas diferentes. Na figura 1 vêes uma representação das partículas que constituem o oxigénio, azoto, vapor de água e dióxido de carbono. Desafio-te a fazeres modelos destas partículas com plasticina.

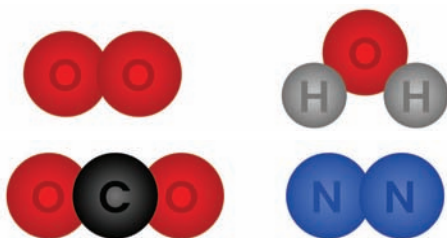


Figura 1 - Representação de algumas moléculas que formam o ar (da esquerda para a direita): oxigénio, água, dióxido de carbono e azoto.

O ar em ação

Não conseguimos ver o ar mas podemos facilmente confirmar a sua presença principalmente quando se move, tal como no caso do vento. Propomos-te algumas experiên-



cias muito simples que te vão mostrar como a presença do ar pode ser confirmada.

Sabemos que o ar pode arrancar árvores como no caso dos furacões. Mas porque se move? Pega numa seringa de plástico, puxa o êmbolo para fora. Coloca o dedo em frente do buraco da seringa enquanto empurras o êmbolo. O que sentes? Se quiseres faz o mesmo virando o buraco da seringa para a chama de uma vela. O que acontece?

Ao empurrares o êmbolo fazes força sobre o ar que está dentro da seringa, este move-se para fora e perturba a chama da vela. Se tapares o buraco da seringa enquanto empurras o êmbolo podes sentir a força que o ar exerce sobre o teu dedo. Podemos dizer que o ar se move ou exerce uma força sobre um objeto se alguma força atuar sobre ele. No caso da seringa, és tu quando empurras o êmbolo.

O ar tem propriedades muito interessantes que foram estudadas por inúmeros cientistas ao longo do tempo. Vamos descobrir algumas destas propriedades.



Será que consegues encher um balão sem lhe juntar ar ou esvaziar o balão sem lhe tirar ar?

Precisas de um pequeno balão e uma seringa.

Estica bem o balão para ser mais fácil deformá-lo. Dá um nó na ponta do balão e introduz-lo dentro da seringa como mostra a figura 2b. Encaixa o êmbolo e empurra-o de modo que o balão fique completamente esborrachado no interior da seringa (fig. 2c). Não tapes o buraco da seringa durante todo este processo. Agora tapa o buraco da seringa de modo a não deixares entrar nenhum ar de fora e puxa com força o êmbolo para fora com a outra mão. Se tiveres dificuldade, pede ajuda a um colega. O que observas?

Sim, o pequeno balão encheu-se um pouco apesar de ter um nó! E se destapares o buraco da seringa o que acontece? O balão voltou ao estado inicial parecendo completamente vazio.

O que aconteceu? Na verdade o balão não estava completamente vazio. Quando puxaste o êmbolo sem deixar entrar ar na seringa, o ar que estava dentro do balão conseguiu empurrar a borracha do balão porque dentro da seringa não havia ar para empurrar o balão. Logo que deixaste entrar o ar tirando o dedo, o ar da seringa venceu o pouco ar que está dentro do balão e este voltou à sua forma inicial.

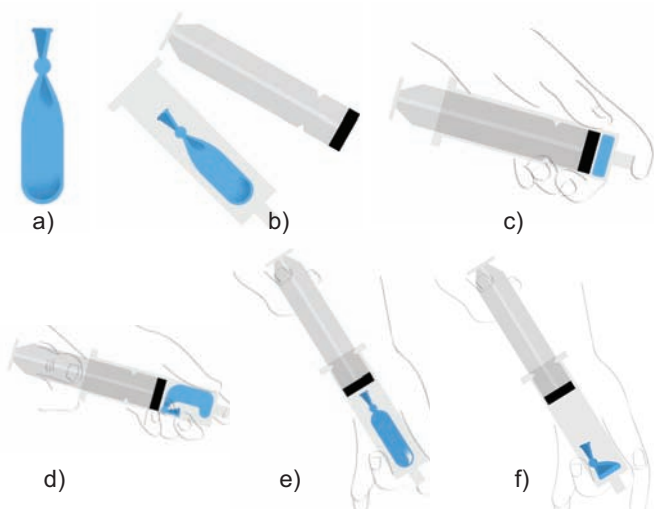


Figura 2 - a) balão vazio com nó, b) balão vazio dentro da seringa; c) comprimir balão com o êmbolo e tapar o buraco com o dedo; d) e e) a puxar o êmbolo com o buraco tapado o balão enche; f) buraco da seringa destapado.

Podes ainda fazer outra experiência.

Desfaz o nó do balão, enche-o um pouco, empurra o ar para a ponta do balão e dá novamente um nó, de modo a ficares com um balãozinho (fig. 3a) que caiba dentro da seringa. Corta o excesso de borracha (fig. 3b). Coloca o balão dentro da seringa e puxa o êmbolo para trás mantendo o buraco da seringa aberto. Puxa bem o êmbolo para ficar uma boa parte da seringa sem estar ocupada com o balão (fig. 3c). Tapa agora a ponta da seringa com o dedo e empurra o êmbolo. É fácil? Se não conseguires pede ajuda. O que aconteceu ao balão? Agora larga o êmbolo e observa. O que acontece?

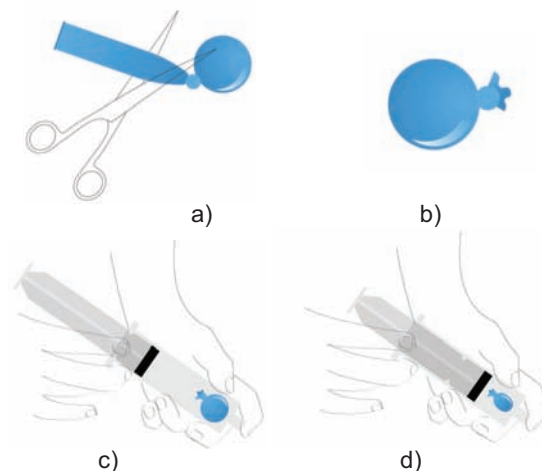
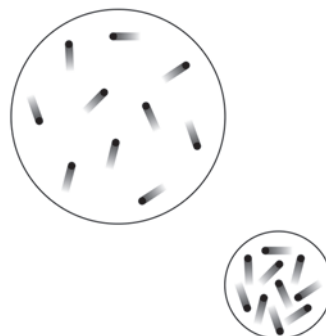


Figura 3 - a) balão com um pouco de ar; b) balão com pescoço cortado; c) balão dentro da seringa com êmbolo puxado para fora e buraco tapado; d) êmbolo comprimido sempre com o buraco tapado.

Quando empurras o êmbolo, estás a empurrar o ar, obrigando-o a ocupar menos espaço. As partículas que o formam têm de ficar mais juntinhas, e por isso também chocam mais vezes entre elas e com a parede da seringa e com a borracha do balão. Dizemos que o ar da seringa foi comprimido. Nestas condições, o ar contido na seringa exerce uma força maior sobre o balão, empurra a borracha do balão e obriga o ar que está dentro do balão a ocupar menos espaço: o tamanho do balão diminuiu. Para perceberes o que se passa desenha dois círculos um com raio de 4 cm e outro com raio de 2 cm. Em cada um desenha 10 partículas distribuídas ao acaso. Se todas estas partículas estiverem em movimento, e forem igualmente rápidas, em qual dos casos as partículas chocam mais vezes entre elas e com a periferia dos círculos? Dizemos que exercem uma pressão maior.



É isso, é no círculo menor. Quanto menor o espaço que são obrigadas a ocupar maior a força que fazem.

Foi o que aconteceu quando colocaste o pequeno balão cheio dentro da seringa e empurraste o êmbolo: o balão ficou mais pequeno porque as partículas que estavam dentro do êmbolo ficaram com menos espaço para se moverem, passaram a bater mais vezes no balão e, por isso, a exercer uma força maior.

Pelo contrário, quando largas o êmbolo, a força exercida pelo ar contido dentro do balão tem um efeito mais forte do que o das partículas de ar no exterior, porque estas ficam livres para se moverem numa região muito maior. Passam a exercer uma força menor sobre as paredes do balão e permitem-lhe voltar ao seu tamanho inicial.

Concluimos que as variações de pressão são alguns dos fatores que influenciam os ventos: estes sopram das regiões onde o ar exerce maior força, mais alta pressão, para as zonas onde o ar exerce menor força, mais baixa pressão.

Agradecimentos:

Agradecemos à Lucília Brito a leitura crítica desta proposta e todas as sugestões.

O equilibrista do Gabinete de Física

Helena Arede¹, Joana Pancas¹, Constança Providência^{1,2}, Rita Wolters³

¹ Rómulo - CCVUC, Universidade de Coimbra

² CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

³ Ilustradora

Material

- 1 mola de roupa
- 1 rolha
- arame
- 2 porcas, conchas ou pedras
- 2 garfos
- papel e cola

Equilíbrio estável

É com o Marquês de Pombal que o ensino da Física como ciência experimental tem início em Portugal, mais precisamente com a inauguração em 1766 do Colégio dos Nobres, em Lisboa. Contudo, na sequência da Reforma Pombalina da Universidade, em 1772, o Marquês de Pombal mandou transferir para Coimbra toda a coleção de instrumentos de Física, assim como o professor italiano António Dalla Bella, que chegaram a esta cidade no dia 3 de Fevereiro de 1773, há precisamente 250 anos!

A Física é uma ciência que tem como objetivo principal perceber como o Universo funciona. E para percebermos o Universo precisamos de observar, experimentar, medir e explicar o comportamento dos constituintes do Universo. Para isso é necessário criar laboratórios e equipá-los com os melhores instrumentos científicos.

Se ainda não foste ao Gabinete de Física da Universidade de Coimbra convido-te a visitar este local maravilhoso, onde a ciência se liga harmoniosamente com a arte. Uma das peças mais bonitas é o equilibrista, na Figura 1. É um acrobata muito bem vestido e que apoia a ponta do pé num suporte. Segura nas mãos uma vara dobrada em forma de U com duas bolas pesadas presas em cada uma das extremidades. Se lhe dermos um pequeno empurrão ele oscila até voltar a ficar parado na sua posição de equilíbrio. Porque será que não cai?

Para perceber porque se comporta assim o equilibrista, constrói os teus próprios equilibristas. Observa os brinquedos da Figura 2, que se equilibram apoiados na rolha de uma garrafa: o pássaro na ponta do bico, tal como a

libelinha e o palhaço com uma vara arqueada e duas bolas uma em cada ponta apoia-se no seu chapéu. Consegues perceber o que é comum a todos? Vamos descobrir!



Figura 1 - O Equilibrista do Museu de Física da Universidade de Coimbra (fotografia de José Meneses)



Figura 2 - Equilibristas: o pássaro, a libelinha e o acrobata

Tenta equilibrar uma rolha na ponta do dedo. É difícil, certo? Espeta agora dois garfos na rolha, um de cada lado como mostra a Figura 3. Volta a tentar equilibrar a rolha na ponta do dedo. Consegues? Tal como o equilibrista do Gabinete de Física também esta montagem se equilibra facilmente na ponta do dedo.

Podes construir o teu próprio equilibrista com uma mola da roupa. Tal como a rolha, também a mola é difícil de equilibrar na ponta do dedo. Para teres um equilibrista terás de acrescentar um arco em U com um objeto pesado em cada ponta. Pega num pedaço de arame com cerca de 15-20 cm de comprimento e enfia duas porcas de parafuso nas extremidades, uma em cada ponta. Dobra em forma de U tal como o equilibrista e enfia no buraco da mola tendo o cuidado de centrar o arame. Volta a tentar equilibrar a mola. Desta vez consegues?

Desenha um equilibrista em cartolina e pinta-o. Cola-o à mola ou à rolha. Construístes o teu próprio equilibrista!

Consegues perceber porque é que ele se equilibra? Repara que para conseguires que a mola e a rolha se equilibrem precisaste de prender em ambos os objetos dois pesos, um de cada lado, que ficam pendurados para baixo do ponto de apoio. E esse é o segredo: se o centro do objeto ficar acima do ponto de apoio ele desequilibra-se facilmente mas se ficar abaixo do ponto de apoio conseguimos equilibrar o objeto. Para determinares o centro do objeto (que é o seu centro de massa) tens que considerar todas as partes que o formam: primeiro consideraste apenas a rolha ou apenas a mola, e não conseguiste equilibrar nenhum facilmente; depois juntaste à rolha dois garfos e à mola com o arame dois pesos, e nestes dois casos conseguiste equilibrar os objetos.

Observa novamente os brinquedos da Figura 2, representados com mais pormenor na Figura 5, que se equilibram na rolha de uma garrafa. Repara que todos têm um peso que fica abaixo do ponto de apoio: as pontas das asas do pássaro têm dentro um peso, a libelinha tem as asas viradas para baixo de modo que as suas pontas ficam abaixo do bico da libelinha, e as bolas do palhaço ficam bem abaixo da ponta do pé.

E se quiseres construir outras figuras equilibristas convidote a visitar a página do Rómulo Centro Ciência Viva da Universidade de Coimbra

<https://www.uc.pt/iii/romuloccv/emcasa/atividade17>
e mãos à obra!

Agora que já sabes o segredo constrói outras montagens equilibristas!

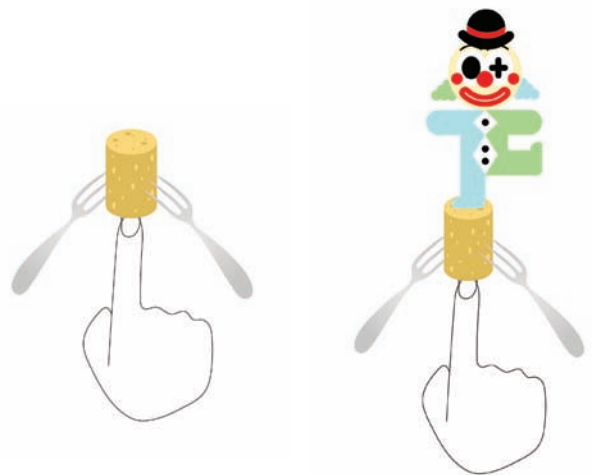


Figura 3 - Equilíbrio de uma rolha

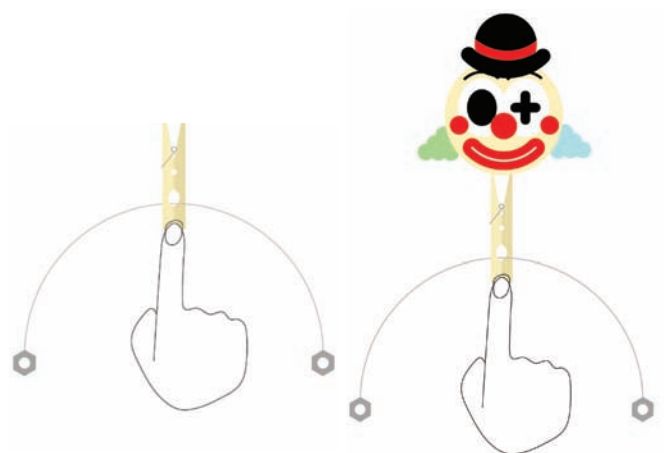


Figura 4 - Equilíbrio de uma mola

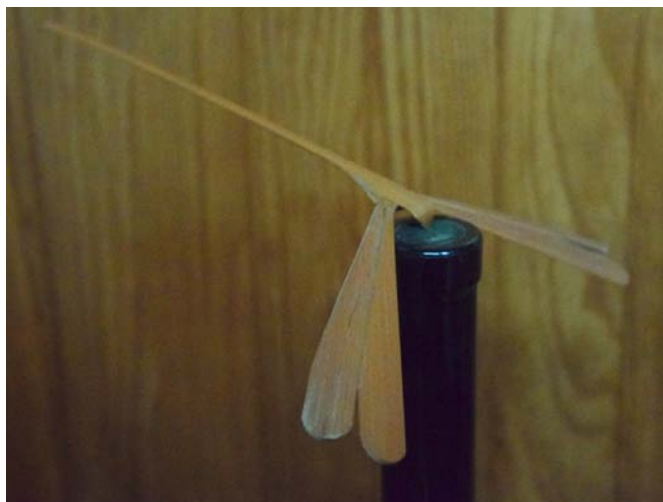
Agradecimentos

Agradecemos ao Gilberto Pereira pelos dados históricos relativos aos instrumentos do Gabinete de Física e à Lucília Brito pela leitura atenta e as sempre ótimas sugestões.

Bibliografia

- [1] Ermelinda Ramos Antunes e Catarina Pires, O Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, in Coleções Científicas Luso-Brasileiras: património a ser descoberto, Organização: Marcus Granato e Marta C. Lourenço. - Rio de Janeiro: MAST, 2010, pg 157. https://www2.ufjf.br/farmacia/wp-content/uploads/sites/161/2009/01/colecoes_cientificas_luso_brasileiras_patrimonio_a_ser_descoberto.pdf
- [2] Constança Providência, Helena Alberto e Carlos Fiolhais, Ciência a Brincar, Editorial Bizâncio, 1999.
- [3] Em Casa com Ciência (2023, Janeiro 11). 17 Equilibrista de Papel, RÓMULO Centro Ciência Viva da Universidade de Coimbra. <https://www.uc.pt/iii/romuloccv/emcasa/atividade17>

Figura 5 - Pormenor dos objetos da Figura 2. O Equilibrista da Figura 1 aparece noutra posição.



Equilibrista do Museu de Física da Universidade de Coimbra
(fotografia de José Meneses)

Como funciona o comboio maglev?

Helena Arede¹, Joana Pancas¹, Constança Providência^{1,2}, Rita Wolters³

¹ Rómulo - CCVUC, Universidade de Coimbra

² CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

³ Ilustradora



Material

- magnetes furados
- um lápis comprido
- objetos diversos
- plasticina
- caneta de feltro

Materiais magnéticos

Desafio-vos a organizarem o jogo “caça aos magnetes” na sala de aula. Qual de vocês consegue encontrar mais magnetes? E agora um segundo jogo: “caça aos objetos que o magnete agarra”. Para este segundo jogo cada um precisa de um magnete e de um bloco onde escreve as suas descobertas. Quem encontrou mais magnetes? E o que descobriram relativamente aos objetos/materiais que os magnetes “agarram”, ou, diria um físico, atraem? Quem identificou um maior número de materiais que não são/são atraídos pelo magnete? Apenas materiais com propriedades magnéticas são atraídos pelos magnetes. Entre estes materiais está o ferro e o aço, que é uma liga com ferro, dois materiais bem comuns. Outro material é o níquel, um metal usado nas moedas de 1 € e 2 €. Com o magnete verifica quais das moedas que usamos são atraídas. Verás que as moedas de 1, 2 e 5 cêntimos, com ferro na sua composição, são atraídas pelo magnete, mas não as moedas de 10, 20 e 50 cêntimos. Estas moedas são essencialmente feitas de cobre e não têm qualquer material magnético na sua composição. Experimenta agora as de 1 € e 2 €. O que concluis? Estas moedas não têm ferro mas têm níquel que também é magnético. Só materiais realmente muito especiais têm propriedades magnéticas.

Podes verificar que tecido, papel, alumínio, cobre, vidro, plástico não são atraídos por um magnete.

Um magnete que levita

Uma aplicação do magnetismo é a construção de comboios que podem deslocar-se a uma velocidade muito alta porque levitam, i.e. flutuam no ar, e, por isso, não perdem energia por não rasparem numa superfície: são os comboios de levitação magnética (do inglês, *magnetic levitation transport* - maglev). Vamos perceber como funcionam.

Toma um conjunto de magnetes furados no centro. Podes comprá-los com a forma de círculos furados. Precisas ainda de um lápis comprido e de um pedaço de plasticina. As figuras 1 a 7 podem ajudar-te a seguir as indicações propostas. Espeta o lápis na plasticina e coloca-o na vertical. Pega em dois magnetes e coloca um sobre o outro de modo a ficarem colados um ao outro. Enfia os magnetes colados no lápis. Faz uma cruz no magnete que está em



Figura 1 - lápis vertical com plasticina

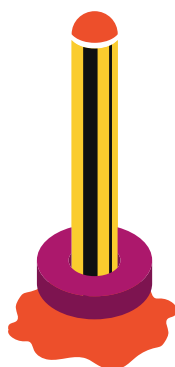


Figura 2 - um magnete enfiado no lápis

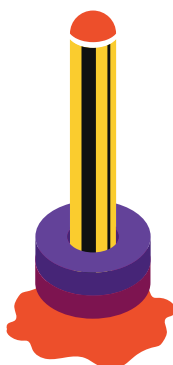


Figura 3 - dois magnetes que se atraem enfiados no lápis

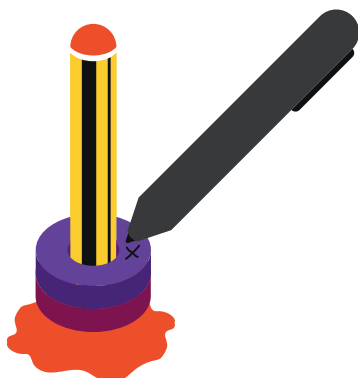


Figura 4 - marcar com uma cruz face de cima



Figura 5 - marcar com uma cruz magnete da base

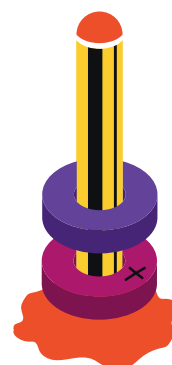


Figura 6 - dois magnetes repelem-se

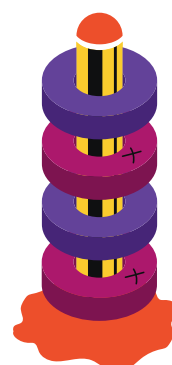


Figura 7 - espetada de magnetes que se repelem

cima. Agora retira este magnete, vira-o de modo a ficar com a face que estava para cima virada para baixo. O que observas? Consegues que os magnetes coleam um ao outro?

Não! Os magnetes repelem-se. A força magnética atua à distância, tal como a força gravítica. A diferença é que a força gravítica sempre puxa os objetos para o centro da Terra – se largares um objeto ele cai em direção ao chão porque é atraído pela força gravítica da Terra. Mas a força magnética pode ser atrativa - é o que se passa quando colaste dois magnetes um ao outro ou quando foste à procura de objetos que se agarram ao teu magnete. Mas também pode ser repulsiva. É por isso que consegues colocar um magnete a flutuar.

Retira o magnete de cima e marca uma cruz na face de cima do magnete que está em cima da plasticina. Agora repete com os restantes magnetes o que fizeste com o segundo magnete: um a um enfia no lápis de modo a colarem-se ao magnete de baixo e marca uma cruz na face de cima. No final deves ter todos os magnetes marcados com uma cruz numa face e sem nada na outra.

Usando o lápis para enfiar os magnetes, verifica o que acontece quando tentas juntar duas faces com cruz ou duas faces sem cruz.

Repelem-se! Sim, os magnetes só se atraem se juntares uma face com cruz com uma face sem cruz! Dizemos que um dos lados é o lado norte do magnete e o outro é o lado sul. Para saberes qual é o lado norte podes aproximá-lo de uma bússola: o lado sul do magnete atrai o norte da bússola, o lado norte do magnete repele o norte da bússola. Consegues enfiar

todos os ímãs no lápis sem que nenhum se toque?

Agora que conheces algumas propriedades dos ímãs podes imaginar diversas aplicações.

Deixas cair uma caixa de cliques no chão ou, sem querer, misturas uma caixa de cliques com uma caixa de doces de papel: consegues propor um modo rápido de os apanhar ou separar? Ou tens uma caixa cheia de moedas: como podes separar rapidamente as moedas de 1, 2 e 5 cêntimos?

Imagina que consegues forrar os carris de um trajeto que liga duas cidades com ímãs muito fortes com o lado da cruz para cima. E agora aplicas outros ímãs igualmente fortes na parte de baixo de um comboio com a cruz virada para baixo e obrigas o comboio a deslizar entre guias por cima dos ímãs aplicados nos carris: obtiveste um maglev. Tenta construir um com os teus colegas! Terás de fazer um projeto.

Agradecimentos

Agradecemos à Lucília Brito a revisão do texto e as sempre ótimas sugestões.

Bibliografia

[1] Ciência a Brincar, Constança Providência, Helena Alberto, Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio, 1999



Figura 8 - O Transrapid 09 na Saxónia do Norte, Alemanha, um comboio maglev
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Transrapid-emsland.jpg>

Um balão a jato: o que o faz voar?

Constança Providência¹, Rita Wolters²

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

² Ilustradora

Material

- balões de tamanhos e formas variadas
- fio de pesca ou linha de algodão
- palhinhas ou rolinhos de papel
- fita-cola

Como te sentes quando dizes “Estou cheio de energia!”? Possivelmente com vontade de correr, andar de bicicleta, subir a uma árvore, ou de praticar o teu desporto favorito. A energia pode observar-se em inúmeras situações (imagens na página seguinte): o movimento da bola que atiras, o calor que se liberta quando na lareira a madeira arde, a bicicleta a rolar porque empurras os pedais, a luz emitida por uma lâmpada, a água em movimento que coloca a turbina numa barragem a rodar, a onda do mar que te atira ao chão, o satélite em movimento em torno da Terra, o vento que desloca as lâminas da eólica ou as velas de um moinho em movimento. Como vês, a energia pode manifestar-se de diversos modos. Identificamo-la facilmente quando ela se transfere de um objeto para outro, por exemplo, quando colocas uma bola em movimento. Quando andas de bicicleta transferes a tua energia, a energia que obtiveste porque comeste, para o movimento das rodas. Uma lâmpada ilumina-te porque a energia elétrica se transformou em luz. A energia que o Sol liberta e que nos aquece e ilumina durante o dia resulta das reações que ocorrem entre as partículas que estão no seu interior. Consegues lembrar-te de outras situações em que observas transferências de energia?

Proponho que faças esta experiência com os teus/tuas colegas e descubras como um balão pode armazenar energia e transformá-la.

Enche um balão e, sem dares um nó, larga-o (fig. 1). O que acontece? Consegues identificar que transferências de energia ocorreram? Porque se moveu o balão quando o largaste?

Quando encheste o balão precisaste de usar a tua energia para conseguir deformar a borracha do balão. A borracha ficou esticada com o ar que empurraste para dentro e as paredes do balão ficaram mais finas. O balão só mantém a forma que adquiriu se não deixares sair o ar dando um

nó ao pescoço do balão. A energia que transferiste para o balão está armazenada na borracha esticada. Se não deres o nó, o ar sai pelo buraco do balão e este voa no sentido oposto ao da saída do ar. Verifica que é isto que acontece. Enche o balão, coloca-o na mesa e larga o pescoço do balão sem lhe dares um nó: o balão fica quieto na mesa? Consegues explicar o que se passa?

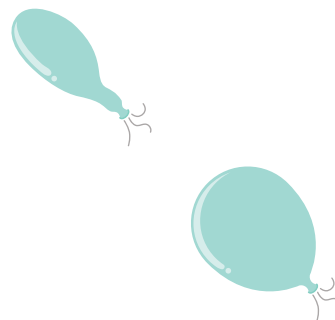


Figura - 1 - Balão a esvaziar.

O balão empurra o ar para fora: se aproximares a mão do pescoço do balão sentes o ar a sair. Mas o ar também empurra o balão, que passa a mover-se no sentido oposto ao do ar que sai do balão. É este o princípio de funcionamento dos aviões a jato, como o da figura. Nos aviões, o gás ejetado é produzido dentro dos motores queimando combustível.

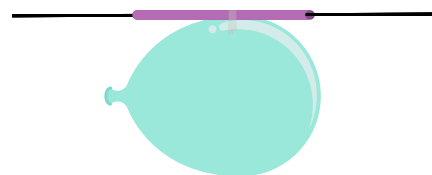


Figura - 2 - Montagem de balão no fio e palhinha.

Podes usar este efeito para fazeres uma corrida de balões (figuras 2 e 3). Precisas de uma palhinha que podes preparar fazendo um rolinho de papel. Corta um fio de pesca suficientemente comprido para ligar duas cadeiras afastadas uma da outra. Enfia o fio atra-

vés da palhinha e prende ambas as pontas às duas cadeiras. Prepara mais um ou dois fios e prende-os a outras cadeiras para poderes fazer corridas com os teus amigos e amigas. Enche o balão, prende-o à palhinha com dois pedaços de fita-cola tendo o cuidado de não deixar sair o ar. Espera que os teus colegas preparem os seus balões e larguem-nos todos ao mesmo tempo. Qual percorreu a distância maior?

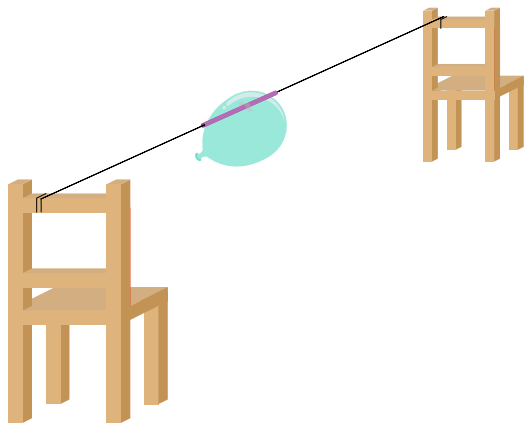


Figura - 3 a) - Corrida de balões: balão enfiado no fio entre duas cadeiras.

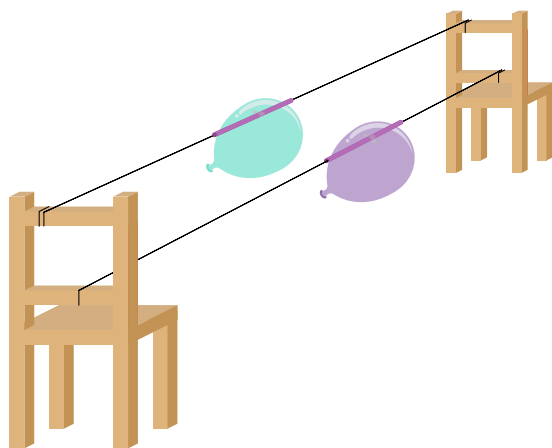


Figura - 3 b) - corrida de dois balões.

De que modo podes melhorar o teu balão a jato? Será que a forma do balão faz diferença? E o tamanho? E o modo como foi preso à palhinha?

Agradecimentos: Agradeço à Lucília Brito os comentários sempre tão pertinentes.



Figura 4 - Parque eólico (crédito Richard Bartz e Kim Hansen, https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_e%C3%B3lica#/media/Ficheiro:Middelgrunden_wind_farm_2009-07-01_edit_filtered.jpg).



Figura 5 - Avião a jato (créditos Shrey Lalakiya, <https://unsplash.com/pt-br/fotografias/k4Kcw31KhQs>)



Figura 6 - Fogueira

Os pêndulos comunicadores!

Constança Providência¹, Rita Wolters²

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

² Ilustradora

Material

- duas garrafas cheias de água
- cordão
- duas porcas
- linha
- cronómetro

Relógios e o pêndulo



Figura 1: Relógio de pêndulo.

Este ano, o prémio Nobel da Física foi atribuído aos físicos Pierre Agostini, Ferenc Krausz e Anne L'Huillier por terem proposto um método experimental que permite medir intervalos de tempo muito, muito pequenos. É um método muito importante para podermos compreender como se comportam as pequenas partículas que formam a matéria. Imagina medir com uma ampulheta de 3 minutos o tempo necessário para correr 100 metros: o campeão olímpico demora menos de 10 segundos... A ampulheta de 3 minutos não nos permite fazer aquela medição. O mesmo acontece com a duração dos processos que ocorrem dentro destas pequenas partículas como os átomos e moléculas: os métodos de medir o tempo não serviam. Desde tempos passados, o ser humano tem desenvolvido técnicas variadas para medir o tempo. Exemplos dos mais antigos são as ampulhetas, clepsidras, relógios de sol, relógios de pêndulo. Presentemente, todos carregamos um cronómetro no nosso telemóvel que mede centésimos de segundos...



Figura 2: Ampulheta.

E porque é que o pêndulo pode ser usado como um relógio? Faz a seguinte experiência com um colega: enche duas garrafas de água e estica um cordão entre os gargalos de ambas de modo que as garrafas fiquem a cerca de 30 cm de distância. Fixa as pontas do cordão a cada uma das garrafas. Estica bem o cordão afastando as garrafas. Este será o suporte do pêndulo. Precisas agora de linha e de um objeto como uma porca de aço que consigas prender na linha. Pendura a linha com a porca atando a linha ao cordão com um nó (figura 3). Já tens um pêndulo pronto a testar. Para verificares que realmente ele pode servir para medir o tempo coloca-o a oscilar. Conta 20 oscilações pedindo ao teu colega que meça o tempo num cronómetro: terás de avisar quando comesças a contar e quando paras. Faz esta medição 3 vezes. Quanto tempo decorreu? Confirma que um pêndulo pode ser usado como um relógio? E que intervalos de tempo o teu pêndulo consegue distinguir? Se 20 oscilações demorarem 15 segundos, consegues medir intervalos de tempo da ordem do segundo o que é muito bom: certamente melhor que a ampulheta de 3 minutos para medir o tempo que demoras a correr 100 metros.

Chamamos à frequência de oscilação do pêndulo a sua frequência de ressonância. Se não houvesse atrito ficaria a oscilar para sempre. Em situações especiais, o pêndulo consegue transferir a sua energia para outro pêndulo

irmão, isto é, com a mesma frequência de oscilação e depois voltar a recebê-la. Faz a seguinte experiência e verás como dois pêndulos irmãos colocados um ao lado do outro gostam de comunicar: diríamos que estão a conversar um com o outro.

Prepara um pêndulo igualzinho ao primeiro feito de uma porca igual e com um fio do mesmo comprimento e pendura-o ao lado do primeiro a menos de 10 cm de distância, tendo o cuidado de que ambos tenham o mesmo comprimento de fio: devem ser relógios iguais. Poderás verificar que se mudares o comprimento do fio do pêndulo o tempo que cada oscilação demora será diferente.

Agora prepara-te para observar os dois pêndulos a comunicar. Ambos os pêndulos devem estar parados no início. Coloca um dos pêndulos a oscilar e observa o que se passa a seguir.

O que observaste?

O primeiro pêndulo começa a ter oscilações cada vez mais pequenas mas entretanto o segundo pêndulo começa a oscilar, até que o primeiro quase para e o segundo oscila como inicialmente o primeiro pêndulo fazia. Continuando a observar vemos que passado pouco tempo volta a ser o primeiro pêndulo a oscilar e o segundo quase para. E este comportamento vai-se repetir várias vezes até que, devido ao atrito, ambos os pêndulos param.

Mas afinal o que se passou? A energia do primeiro pêndulo passa através do cordão para o segundo pêndulo. E depois volta a suceder o contrário e a energia que entretanto tinha sido transmitida ao segundo pêndulo volta a ser transmitida ao primeiro pêndulo. Estas transferências continuariam indefinidamente se a energia não se fosse perdendo, por atrito, nestes processos. Concordas que os pêndulos parece estarem a conversar um com o outro?

Como podes imaginar estes efeitos complicam a situação quando queremos construir um relógio mecânico que se mantenha certo. Temos que evitar qualquer mecanismo que possa originar estas transferências de energia.

Agradecimentos

Agradecemos à Lucília Brito pela leitura atenta e as sempre ótimas sugestões.

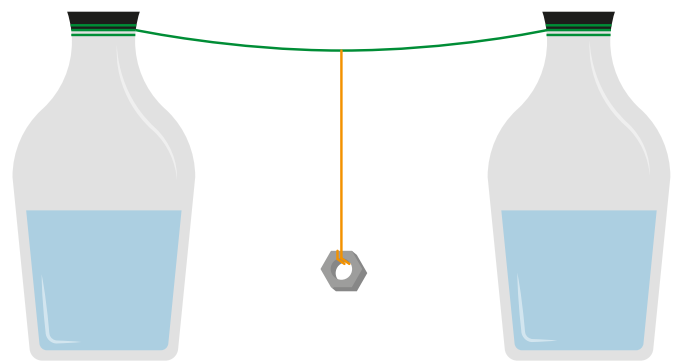


Figura 3: Montagem garrafas com um pêndulo

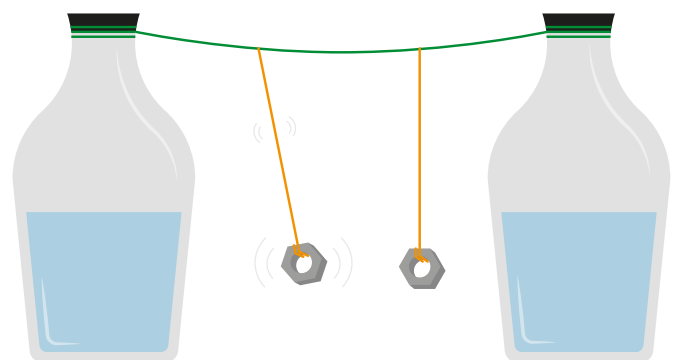
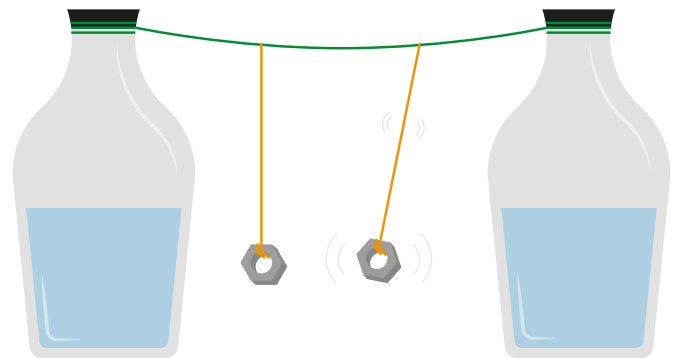


Figura 4: Montagem com dois pêndulos a) oscila o pêndulo da direita; b) oscila o pêndulo da esquerda

Estruturas criativas

Constança Providência¹, Pedro Providência², Rita Wolters³

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

² Rómulo, Universidade de Coimbra

³ Ilustradora

Material

- papel A4 para reciclar
- folhas de papel de cenário ou papel kraft
- fita cola de papel
- tesoura
- lápis

Já observaste com atenção um poste de eletricidade de alta tensão? ou a Torre Eiffel em Paris? ou a estrutura da ponte Dom Luís no Porto? ou a estrutura que cobre a estação do Oriente em Lisboa? Ou a estrutura que suporta o telhado do pavilhão de ginástica da tua escola? O que têm em comum?

São constituídas por estruturas triangulares formadas por elementos retos cujas extremidades estão ligadas. A uma destas estruturas chamamos treliça. As construções referidas são formadas pela associação de várias destas estruturas que têm a particularidade de lhes dar uma grande estabilidade sem utilizar muito material.

Nesta atividade vamos trabalhar diversos conceitos, nomeadamente estabilidade de estruturas e revestimentos de construções/edifícios. A estabilidade e o isolamento de estruturas envolvem o conhecimento de física.

O que é a estrutura de um edifício?



Figura 1: Ponte D. Luís, Porto. Créditos: Korido, Wikimedia Commons

O que são os revestimentos de um edifício?

Ora, da mesma forma que os animais têm um esqueleto, que permite a sustentação do corpo, e a pele (epiderme), que atua como barreira protetora contra agentes do meio ambiente, também os edifícios são constituídos por elementos estruturais, que sustentam a construção, e revestimentos, que atuam de modo a isolá-los do frio, do calor, da chuva e a protegê-los de tempestades e de outros agentes prejudiciais à sua conservação.

Treliças

A partir da composição e amarração de elementos lineares vamos construir treliças. Com elas podemos realizar diversos tipos de construções, nomeadamente torres, pontes, edifícios, esculturas, e, posteriormente, revestir as mesmas se considerares que é necessário.

Numa primeira fase necessitas de produzir os elementos lineares para construíres as tuas estruturas. Necessitas de papel A4 (podem ser folhas para reciclar), fita cola de papel, tesoura e um lápis (Figura 3). Terás de fazer tubinhos com os quais vais construir as tuas estruturas. Divide uma folha de papel A4 em seis partes (tiras) iguais, perpendiculares ao lado da folha de maior dimensão (Figura 4).



Figura 2: Torre Eiffel, Paris. Créditos: Benh LIEU SONG, Wikimedia Commons

Usa as folhas que precisares para teres tubos suficientes para a tua construção.



Figura 3



Figura 4

Terás também de preparar tubinhos maiores cortando a folha A4 em quatro tiras paralelas ao lado maior da folha (Figura 3). Com a ajuda de um lápis enrola um dos cantos de cada uma das tiras de papel (Figura 5), de modo a ganharem um jeito que permite que com os teus dedos consigas enrolar a tira de papel obtendo um pequeno tubo que designaremos por elemento linear (Figura 6).



Figura 5



Figura 6

Para que o elemento linear não se desenrole sela-o com fita cola de papel (Figura 7). As uniões da tua estrutura serão realizadas com fita cola de papel.

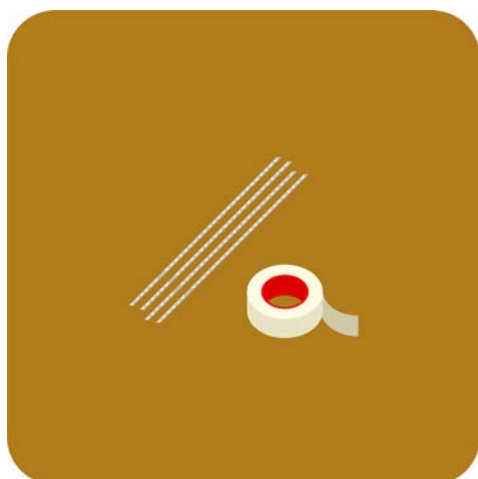


Figura 7



Figura 8

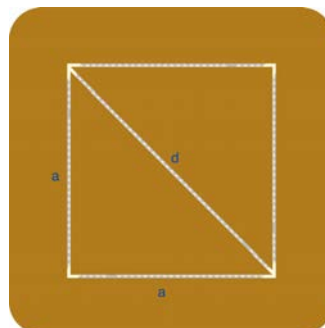


Figura 9

Usa quatro elementos lineares para construir um quadrado (Figura 8) e cola com fita cola de papel duas a duas as arestas formando os cantos do quadrado. Se segurares uma das arestas do quadrado e exerceres uma força num dos cantos do quadrado afastado da aresta fixa verificas que ele se deforma transformando-se num losango (Figura 8). Para estabilizares o teu quadrado e evitares que se deforme experimenta colocar um elemento linear na diagonal do quadrado. Consegues identificar dois triângulos dentro do quadrado (Figura 9)? Conseguiste estabilizar o quadrado?

Repara que o comprimento do elemento linear que necessitas para colocar na diagonal do quadrado é maior que o comprimento

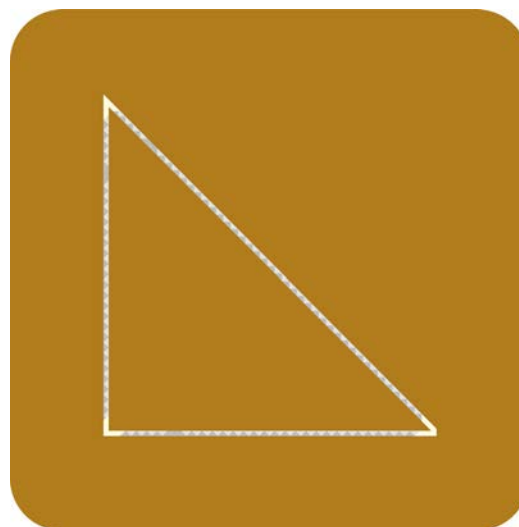


Figura 10

mento dos elementos lineares que utilizaste nas arestas. Mede com uma régua o comprimento a das arestas e d da diagonal e verifica que $a \times a + a \times a = d \times d$. Esta relação é conhecida como teorema de Pitágoras, um matemático grego. Mas atenção, para ser válida, as duas arestas têm de ser perpendiculares. Terás de usar os elementos lineares mais compridos que obtiveste a partir das tiras de papel mais compridas (Figura 5).

Constrói um triângulo simples com dois dos elementos lineares

mais curtos e um dos mais compridos. Liga os elementos lineares nos cantos com fita cola de modo a teres um ângulo reto entre os lados mais curtos. Esta figura triangular designa-se de "treliça" numa construção (Figura 10). Se exerceres uma força num dos vértices, mantendo o triângulo fixo verificas que ele não se deforma. É por isso que o quadrado com um elemento extra na diagonal não se deforma. Foi a forma triangular que o estabilizou. Agora que já dominas a técnica de produção dos elementos lineares, e verificaste que a treliça é uma estrutura estável, podes começar a planificar a construção que gostares de desenvolver. Propomos-te a construção de uma torre. Observa a fotografia



Figura 11 - Torre da Universidade de Coimbra.

da torre da Universidade de Coimbra na Figura 11. Verificas que está dividida em vários tramos, isto é, vários módulos limitados por quatro pilares. Vamo-nos concentrar no tramo que tem os relógios e no tramo dos sinos. Terás que construir quatro planos de estrutura em treliça, cada um dos quais correspondente a uma das paredes (alçado) da torre em construção. Quantos elementos lineares dos mais pequenos e dos maiores vais precisar de modo a teres uma estrutura estável?

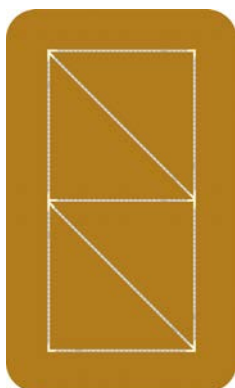


Figura 12



Figura 13

Para construir dois tramos da torre precisas de quatro planos, um para cada uma das quatro paredes. Cada plano deve ter dois quadrados unidos, um para cada tramo. Todos os quadrados terão de ser estabilizados com um elemento dos maiores na diagonal (Figura 12). Assim, certamente já fizeste as contas: para cada plano vais necessitar de sete elementos lineares de menor comprimento e dois elementos lineares de maior comprimento (diagonal de cada figura quadrada).

Terás de construir quatro destes planos, ou seja, tens de preparar 28 elementos dos menores e 8 dos maiores. Em seguida une os quatro planos com fita-cola e obtém um paralelepípedo de base quadrada. É estável ou, se exerceres uma força num dos vértices, irá deformar-se? O que tens de fazer para estabilizar a torre? Isso mesmo, vais ter que travar as duas bases da torre, a de cima e a de baixo, colocando elementos lineares dos mais compridos na diagonal de cada uma. A estrutura da torre ficou concluída! Verifica se está bem estável e se necessitares fixa melhor os elementos lineares uns aos outros.

Agora podes terminar a torre! Terás de a revestir com papel e poderás decorá-la como entenderes. Para o efeito recorta quatro retângulos de papel com as dimensões de cada um dos alçados da torre, ou, ainda melhor, se o teu papel for suficientemente grande, corta um retângulo grande com a altura da torre e a largura igual a quatro vezes a medida de cada lado, mais um pouco para poderes colar facilmente. Em cada um dos alçados desenha os elementos que a caracterizam e a cor do material que escolheste representar nesta construção. Podes aplicar o que entenderes: relógios, sinos, elementos decorativos. Se quiseres um modelo da Torre da Universidade de Coimbra, deverás pintar o fundo dos teus alçados de creme ou utilizar um papel de cor creme. No final, revestes a estrutura da torre com os alçados que desenhasse, figura 13.

Bom trabalho!

Agradecimentos

Agradecemos à Lucília Brito pela leitura atenta e as sempre ótimas sugestões.

Porque não cai a Lua?

Constança Providência¹, Rita Wolters²

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

² Ilustradora

Material

- Copo de papel e fio ou balde com asa
- Bola pequena ou uma noz

A força da gravidade

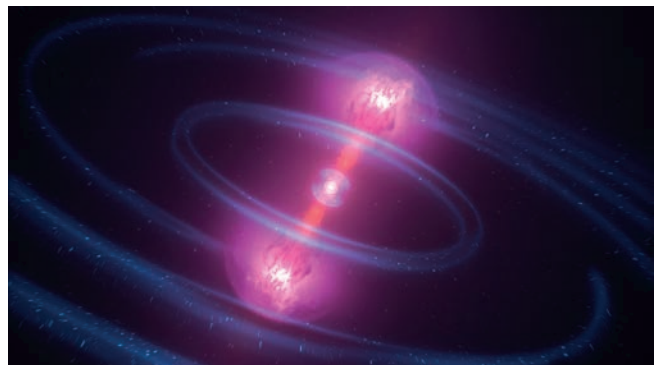
Toma uma bola e coloca-a numa mesa. Ela fica parada sem se deslocar. Dá-lhe um empurrão: o que acontece? Deslocar-se-á! Para colocares a bola em movimento, tens de exercer uma força sobre ela! E se a quiseres colocar em movimento numa direção diferente? Poderás escolher a direção em que a bola se deslocará ao dar-lhe um empurrão nessa direção. (Fig 1a e Fig 1b)

Agora levanta a bola e larga-a. O que acontece? Ela cai. (Fig. 2) Mas porquê, se apenas a deixaste cair sem a empurrar? Se ela se move é porque há uma força a atuar sobre ela. Há uma força que a puxa para o chão! Essa força é a força da gravidade. Essa força é exercida pela Terra sobre a bola. Tu próprio sentes a força da gravidade. Podes medir a intensidade da força exercida sobre ti colocando-te em cima de uma balança. Todos os objetos com massa sentem a força da gravidade: quanto maior a massa maior o peso, isto é, maior a força da gravidade. Podes colocar diferentes objetos em cima de uma balança para comparar os seus pesos.



Lua. Créditos: Gregory H. Revera

Mas se todos os objetos com massa sentem a força da gravidade a Lua também sente. E porque não cai a Lua sobre a Terra, se a bola caiu? Na verdade a Lua não cai porque ela está em movimento à volta da Terra. A Lua dá uma volta completa em torno da Terra em 27 dias, 7 horas, 43 minutos e 11,5 segundos (Fig. 3). Em média, move-se com uma velocidade de aproximadamente 1 km/s ou 3600 km/h! É também por esta razão que a Terra não cai sobre o Sol: a sua velocidade média em volta do Sol é de aproximadamente 30 km/s ou 108 000 km/h! No Universo os astros movem-se à volta uns dos outros. E, na verdade, às vezes colidem!



Fusão de duas estrelas de neutrões.
Crédito: NASA's Goddard Space Flight Center/CI Lab

Podes perceber como o movimento impede um objeto de cair quando está sob a ação da força da gravidade através de uma experiência muito simples. Prepara um copo com uma pega, fazendo dois pequenos furos em lados opostos da borda do copo. Depois, passa um fio pelos dois furos e ata as duas pontas. Também podes usar um balde de praia. Coloca a bola no copo e vira a boca do copo para baixo. A bola cai, claro! Volta a colocar a bola no copo, segura-o pela alça e coloca-o em movimento, de modo a obrigar o copo a descrever círculos verticais, como vês na Fig. 4. A bola cai?

A bola não cai! É por estar em movimento que a bola não cai. Consegues repetir experiência enchendo o copo com água, mas sem te molhares? Faz a experiência na rua! Qual é o truque para a bola ou a água não saírem do copo? Tens de girar o copo com uma velocidade suficientemente grande. Com a bola no copo experimenta a girar o copo cada vez mais lentamente, e observa o que acontece.

De facto, ocorrem muitas colisões entre astros no espaço! Quando duas estrelas colidem, podem formar uma estrela com uma massa maior ou, inclusive, um buraco negro. Foi precisamente isso que aconteceu a 17 de agosto de 2017: estrelas de neutrões com uma massa 40% maior do que a massa do Sol colidiram, formando uma estrela com quase três vezes a massa do Sol. Porém, esta transformou-se rapidamente num buraco negro, ao perder alguma da sua velocidade. Podes ver uma simulação desta colisão no site da NASA: <https://www.youtube.com/watch?v=sgkDoSbHHVU>. Da colisão resultou uma explosão de raios gamma e a emissão de um clarão de luz a que foi dado o

nome de kilonova. Os cientistas consideram que é num ambiente como este que se formam alguns dos átomos pesados que conhecemos, como os átomos de ouro.

Bibliografia

Ciência a Brincar: descobre o céu! Constança Providência, Nuno Crato, Manuel Paiva, Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio, 2005

Agradecimentos

Agradeço à Lucília Brito a leitura atenta e às suas propostas para tornar o texto mais claro.

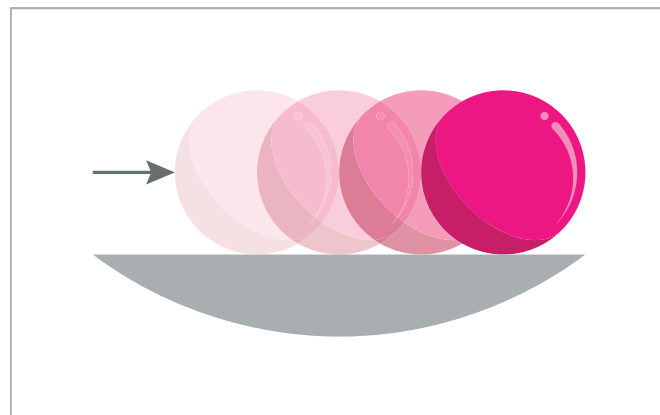
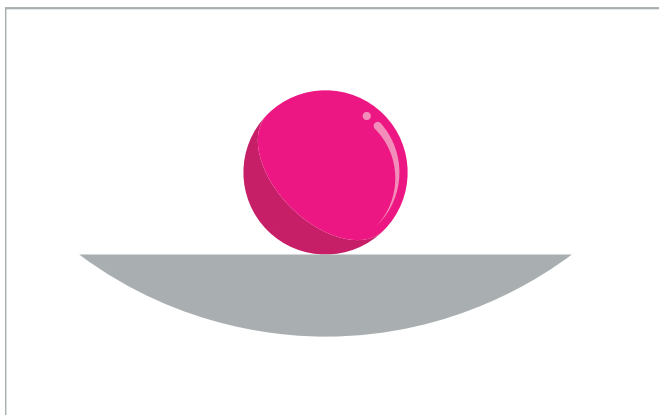


Figura 1: Bola parada e bola em movimento sobre a mesa,

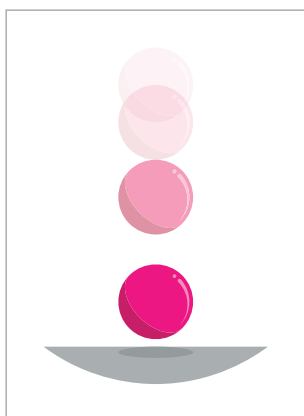


Figura 2: Bola a cair na vertical.

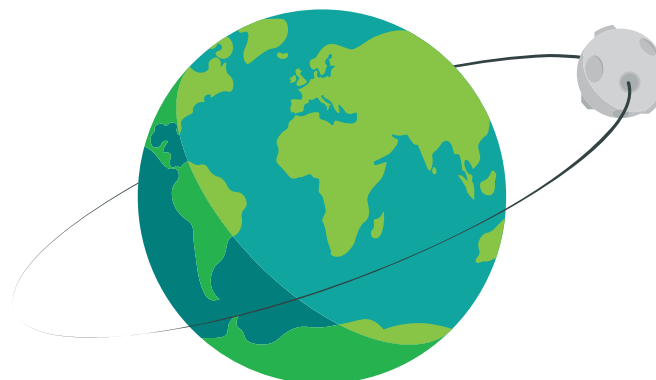


Figura 3: Lua roda em torno da Terra

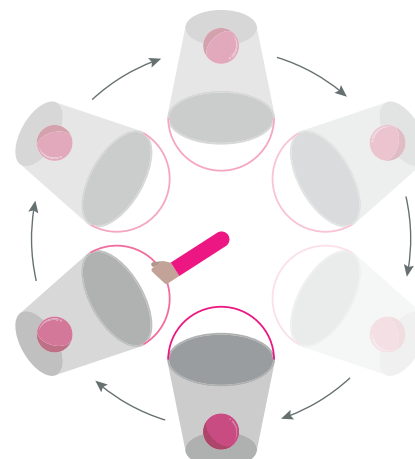
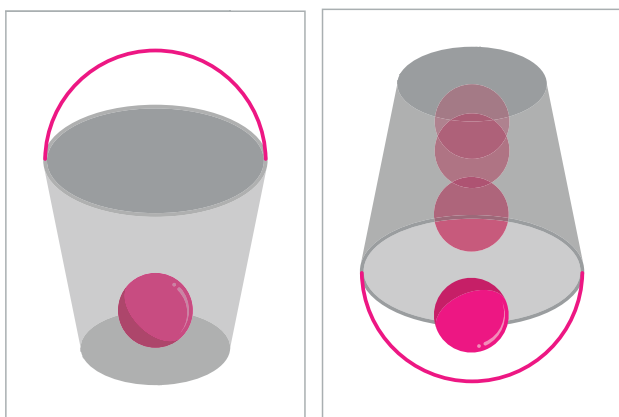


Figura 4: Bola no copo, bola a cair do copo, bola no copo agarrado pela pega a descrever uma órbita vertical.

Será um osso de mamute?

Constança Providência¹, Rita Wolters²

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

² Ilustradora

Material

- Duas cartolinas de cor diferente
- Cola
- Tesoura
- Saco de pano ou de papel
- Papel e lápis

Imagina que encontras um osso muito grande. Pensarás: será um osso de mamute ou de elefante? Se for um osso de mamute, será certamente uma descoberta muito interessante, visto os mamutes terem desaparecido da Europa há cerca de 12 500 anos. Mas como poderás saber? Há especialistas que conseguem descobrir. Usam uma técnica que permite determinar a idade do osso, ou antes, determinar há quantos anos morreu o animal a quem pertencia o osso.

Os mamutes são uma espécie relacionada com os elefantes que desapareceu da Europa há cerca de 12 500 anos. A sua extinção completa terá ocorrido há cerca de 4000 anos, sendo o seu último habitat o norte da Sibéria. Conhecemos estes animais pelos desenhos de mamutes que os nossos antepassados foram deixando em cavernas, como o da figura 1, encontrado na Gruta de Rouffignac, em França. Na figura 2, vê o desenho de um mamute da estepe.



Figura 1 - Desenhos de mamute na Gruta de Rouffignac em França.

Será que o osso que encontraste é um osso de mamute? Vou-te explicar como podemos descobrir a resposta.

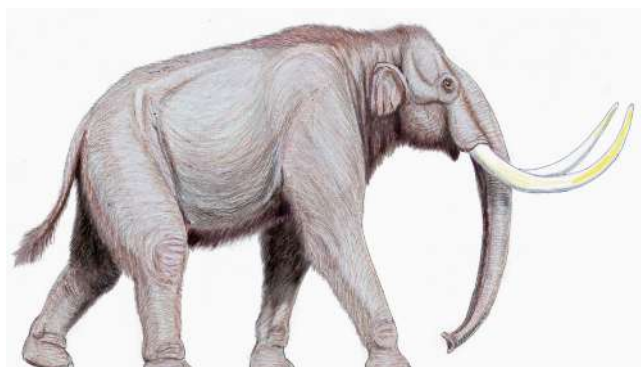


Figura 2 - Mamute da estepe
Créditos: Dmitry Bogdanov

Decaimento nuclear

Deves já ter ouvido dizer que a matéria é formada por átomos. Um átomo tem no seu centro o núcleo atómico, rodeado por uma nuvem de eletrões. O núcleo tem praticamente a massa do átomo, mas é cerca de 100 000 vezes mais pequeno que o tamanho do átomo. Sim, os eletrões movem-se no volume que determina o tamanho do átomo, mas têm uma massa tão pequena que quase não contribuem para a sua massa total. O núcleo é formado por prótons e neutrões, ambas as partículas com massas semelhantes e 2000 vezes superiores à massa do eletrão. A diferença entre os prótons e os neutrões é que os primeiros têm carga elétrica positiva, ao passo que os neutrões, como o nome indica, não têm carga elétrica. Os átomos são cerca de 10 milhões de vezes mais pequenos que 1 mm. Pertencem ao mundo quântico!

Todos os tipos de matéria viva contêm átomos de carbono. Na figura 3 tens a representação de três tipos de átomos de carbono e um átomo de nitrogénio.

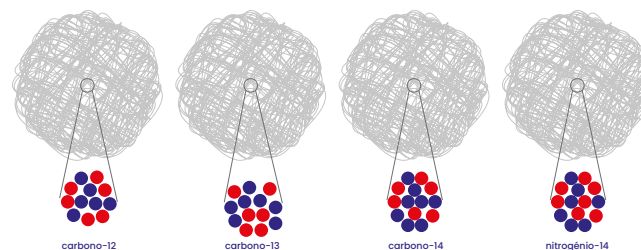


Figura 3 - Átomos de carbono-12, carbono-13, carbono-14, nitrogénio-14

O núcleo de carbono aparece na natureza com três composições diferentes. Todas elas contêm seis prótons e, além disso, o carbono-12 tem mais seis neutrões, o carbono-13 tem mais sete neutrões e o carbono-14 tem mais oito neutrões. Representa no teu caderno os núcleos dos três átomos: representa os prótons como círculos vermelhos e os neutrões com círculos azuis.

Para cada 1 000 000 000 000 átomos de carbono-12, há 100 000 000 000 átomos de carbono-13 e 1 de carbono-14. Apesar de serem muito menos do que os átomos de carbono-12 e carbono-13 ainda são muitos: 12g de carbono têm 100 000 000 000 átomos de carbono-14.

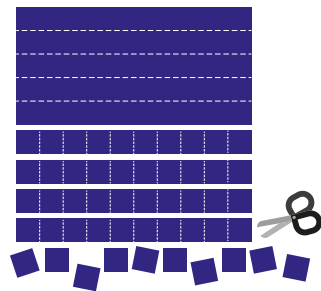


Figura 4 - Preparar os quadrados-núcleos.

Acontece que nem todos os núcleos são estáveis, e alguns transformam-se noutros núcleos. O carbono-12 e o carbono-13 são núcleos estáveis mas o carbono-14 é instável e transforma-se em nitrogénio-14 com 7 prótons e 7 neutrões. O carbono-14 tem um período de decaimento muito longo: cerca de 5700 anos. O que quer dizer isto? Significa que se tiveres 1000 núcleos de carbono-14 hoje, daqui a 5700 anos ainda terás um número cerca de 500 e os outros 500 transformaram-se em nitrogénio-14, e passados mais 5700 anos terás cerca de 250 de carbono-14. Passados mais 5700 anos ainda terás cerca de 125 núcleos de Carbono-14. Assim, se conseguirmos medir o número de núcleos de carbono-14 no osso podemos determinar a sua idade! Boa ideia, não?

Repara que está escrito “cerca de 500 núcleos de carbono-14 transformam-se em nitrogénio”. Na verdade poderão ser mais alguns ou menos alguns: 500 é apenas um valor médio. Quando falamos de partículas pequenas como os átomos só podemos falar de probabilidades: há uma grande probabilidade de termos 500 átomos, mas também podemos ter 530 ou 482 ou outro número próximo do 500.

Para compreenderes como decorre o decaimento nuclear, poderás fazer a seguinte experiência: cola duas cartolinas de duas cores diferentes, por exemplo, uma vermelha e outra azul. Com uma régua e um lápis, marca linhas sobre um dos lados da cartolina de modo a formares pelo menos 120 quadrados de 1 cm x 1 cm (consulta a figura 4). Corta os quadrados e coloca-os dentro de um saco de pano ou papel. Agita bem o saco e despeja o seu conteúdo em cima da mesa. Vamos considerar que o vermelho representa a cor do carbono-14 e o azul a cor do núcleo em que este se transformou, o nitrogénio-14. Coloca os quadrados azuis de parte, conta os quadrados vermelhos que restam e volta a colocá-los no saco depois de anotares o número no teu caderno. Volta a abanar o saco e a despejá-lo em cima da mesa. Retira os quadrados azuis para o lado, conta os quadrados vermelhos que restam e anota o número no caderno. Coloca novamente os restantes quadrados vermelhos no saco e repete o processo mais duas-três vezes até não haver carbono-14, anotando o número de núcleos vermelhos obtido em cada repetição. Faz um gráfico que mostre quantos núcleos de carbono-14 tens em cada vez. Podes repetir a experiência várias vezes tendo o cuidado de anotar sempre quantos núcleos de carbono-14 (vermelhos)

ainda restam e fazer um gráfico. Na figura 5 vê o resultado de duas repetições completas, começando com 120 quadrados de papel no saco. Repara que as colunas não são bem iguais, mas é assim mesmo que funciona o mundo quântico: há uma probabilidade de ocorrer o decaimento mas pode não ocorrer.

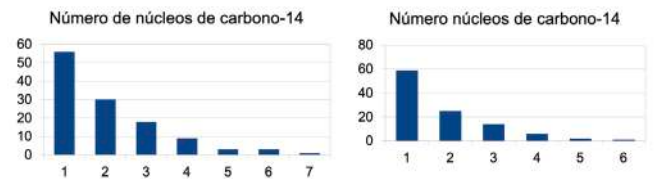


Figura 5 - As colunas indicam o número de núcleos de carbono-14 em cada despejo do saco. Os dois gráficos correspondem a duas experiências independentes.

O tempo correspondente a cada vez que retiras os átomos do saco é 5700 anos. Como podemos usar o que acabámos de fazer para determinar a idade do osso? Ao pesar o osso, os cientistas sabem quantos núcleos de carbono-14 este deve conter se o animal ao qual pertence o osso que encontraste morreu há pouco tempo. Usando técnicas especiais, os especialistas vão contar o número de núcleos de carbono-14 que o osso tem. Se tiver apenas metade do número esperado, já sabem que o osso é de um animal que morreu há cerca de 5700 anos. É fácil, não é? E se tiver apenas um quarto dos núcleos que deveria ter, há quanto tempo terá morrido o animal?

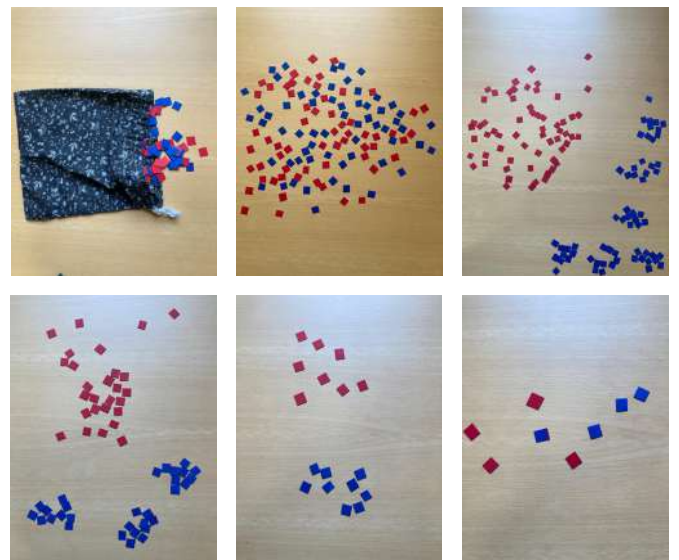


Figura 6 - Sequência de fotografias que ilustram as diferentes fases da experiência.

Ora, os mamutes desapareceram da Europa há cerca de 12 500 anos, por isso, se for um osso de mamute, os cientistas não deverão detetar mais do que um quarto dos núcleos de carbono-14 que deveriam existir!

Bibliografia

Mamute, <https://pt.wikipedia.org/wiki/Mamute>
 Radioactive-decay model, <https://www.exploratorium.edu/snacks/radioactive-decay-model>

Agradecimentos

Agradecemos a leitura e os comentários sempre tão importantes da Lucília Brito.

Sabes o que é matéria escura?

Catarina Cosme¹, Constança Providência¹, Rita Wolters²

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

² Ilustradora

Material

- Duas garrafas transparentes com tampa (figura 1);
- Vários objetos pequenos coloridos (missangas, botões pequenos, anilhas, parafusos pequenos, moedas pequenas, pedrinhas...);
- Água;
- Balança (opcional; para mais facilmente determinar a massa de cada garrafa).

Matéria escura

À noite, entra no teu quarto fecha a porta, coloca a persiana para baixo e desliga todas as luzes de modo a ficar escuro. Olhas à volta, e o que vês? Nada, claro. Liga a luz. Agora sim, consegues ver a tua cama, livros e todos os objetos que tens no quarto. Consegues vê-los porque a luz é refletida pela superfície destes objetos: bate na superfície do objecto e parte dela é enviada na direção dos teus olhos. É muito parecido com o que acontece quando atiras uma bola à parede: ela volta para ti. Outra parte da luz é absorvida e aquece o objeto: por exemplo, quando te estendes ao Sol, o teu corpo vai aquecendo.

Agora, imagina que tens um objeto feito de um material muito estranho que não reflete a luz. Supõe que a luz atravessa o objeto feito desse material estranho e consegue fazê-lo sem ser refletida pela sua superfície e sem o aquecer. Atravessa o objeto como se ele não existisse. A este material exótico chamamos matéria escura.

Podes perguntar: mas porque me hei-de preocupar com um material tão estranho? Como é que isso afeta a minha vida, ou o Universo em que vivemos? E, mais importante, será que esta matéria escura realmente existe?

Acontece que este material exótico deixa marcas: por exemplo, quando a matéria que conseguimos ver (vamos chamá-la de matéria visível, ou ordinária) está perto desta matéria escura, comporta-se de uma maneira diferente daquela com que se comportaria se não houvesse este material estranho. Os astrofísicos são cientistas que estudam como se movimentam os astros (estrelas, planetas, galáxias...) no Espaço. Eles descobriram que alguns astros têm um movimento atípico, diferente do que esperaríamos tendo em conta as leis que determinam o movi-



Figura 1 - Material

mento dos objetos. Ora, é a força da gravidade que estabelece esse movimento, e todos os objetos que têm massa sentem esta força. Quando te colocas em cima de uma balança, estás a medir a força que a Terra faz sobre ti. Quando largas um objeto, ele cai porque a Terra o puxa para o chão. Newton tomou nota da posição dos astros ao longo dos anos e com essas medições descobriu como atua a força da gravidade. Embora a matéria escura não seja perturbada pela luz, tem massa e, por isso, sente a força da gravidade! E os cientistas conseguem observar essas perturbações.

Para teres uma maior intuição para este tema da matéria escura, sugerimos-te que faças uma experiência, tal como um verdadeiro cientista. Para tal, precisas de duas garrafas transparentes sem rótulos. Coloca dentro delas pedrinhas e pequenos objetos (por exemplo, missangas, botões pequenos, anilhas, parafusos pequenos, moedas pequenas) em igual quantidade de modo a cobrir o fundo de cada uma (figura 2).

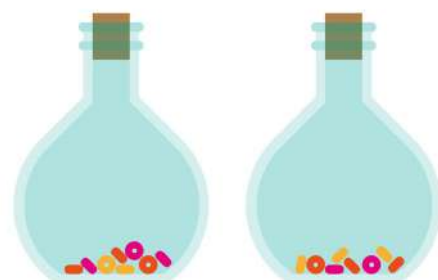


Figura 2

Agora, enche uma delas com água e coloca uma rolha em ambas de modo que, olhando para elas, não consegues ver nenhuma diferença.

A água funciona como matéria escura. Pega em ambas as garrafas e faz uma lista do que as distingue. Pede também a um colega para indicar quais são as propriedades de cada uma. A grande questão que queremos responder é: como explicaríamos a alguém que existe água numa das garrafas, sem abrir a garrafa e tocar na água? Para te guiarem, deixamos aqui algumas sugestões:

1. Qual das garrafas é mais pesada (figura 3)? Será isto uma pista para a existência de algo mais numa das garrafas, mesmo que não consigamos ver?



Figura 3

2. O que acontece aos pequenos objetos dentro de cada garrafa, quando as invertes (figura 4)? Os movimentos dos objetos são os mesmos em cada garrafa? Em alguma das garrafas, o movimento dos objetos é mais lento?

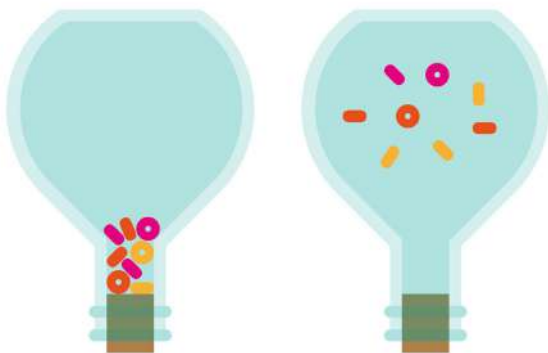


Figura 4

3. Coloca algo (por exemplo, uma pera) por trás de cada uma das garrafas, e observa-a através da garrafa (figura 5). A imagem da pera que observas é igual nas duas garrafas? Notas alguma

distorção da imagem em alguma das garrafas?

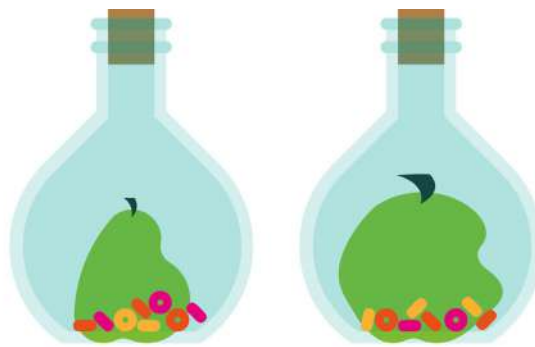


Figura 5

Como provavelmente concluíste, algumas propriedades que distinguem as duas garrafas são: o peso; o modo como os pequenos objetos se movem quando abanamos as garrafas, i.e., a sua velocidade, a maneira como chocam uns com os outros; o aspecto de objetos iluminados pela luz que atravessa as garrafas. Encontraste mais alguma?

Apesar de muito simples, esta experiência é muito interessante porque nos explica o que acontece quando a matéria visível está perto da matéria escura. Por exemplo, no ponto 1, apesar de não conseguirmos ver a água, sabemos que algo mais tem de estar lá, porque uma das garrafas é mais pesada do que a outra. Da mesma maneira, embora não consigam ver a matéria escura, os cientistas têm métodos diferentes de “pesar” o Universo. Quando o fizeram, descobriram que há muito mais matéria escura que matéria visível no nosso Universo!

No ponto 2, verificaste que os pequenos objectos se moviam de maneira muito diferente, consoante a garrafa tivesse água ou não. Na realidade, na garrafa com água, o seu movimento era mais lento. No caso do Universo, sabemos que a matéria escura altera o modo como as galáxias se movem. Em particular, a matéria escura é responsável por fazer com que as partes mais exteriores das galáxias se movam mais rapidamente do que se só contivessem matéria ordinária. Além disso, a matéria escura funciona como uma “cola” para o Universo, já que impede a desagregação das galáxias.

No ponto 3, observaste que a imagem da pera se distorcia na garrafa que continha água. O mesmo acontece nos pontos do Espaço onde existe matéria escura: devido ao seu efeito gravitacional, a luz de galáxias distantes é desviada e, quando viaja e chega até aos nós, vemos imagens distorcidas. Este é o chamado efeito de lente gravitacional. Os cientistas sabem que a quantidade de matéria visível que existe não é responsável pela quantidade de distorção que observam. Tem de existir outra fonte de distorção, outro tipo de matéria que, como não sabemos o que é nem a vemos, damos o nome de matéria escura.

Em suma, é deste modo que os astrofísicos identificam a presença da matéria escura no Espaço. Observam que as galáxias se movem de um modo diferente do que é esperado, que em certas regiões do espaço a luz é desviada dando origem a ima-

gens distorcidas, e que o Universo se comporta como tendo mais massa do que aquela que observamos.

No entanto, há uma grande questão que permanece sem resposta: o que é mesmo a matéria escura? De que é feita a matéria escura? Isso, ainda ninguém sabe! Há muitos cientistas a fazer cálculos, observações e experiências para chegar a uma resposta, mas não sabemos quando a teremos. E, quem sabe, talvez sejas tu quem vai dar resposta a esta questão tão importante da Física!

Bibliografia

<https://www.jpl.nasa.gov/edu/resources/lesson-plan/how-do-we-see-dark-matter/>

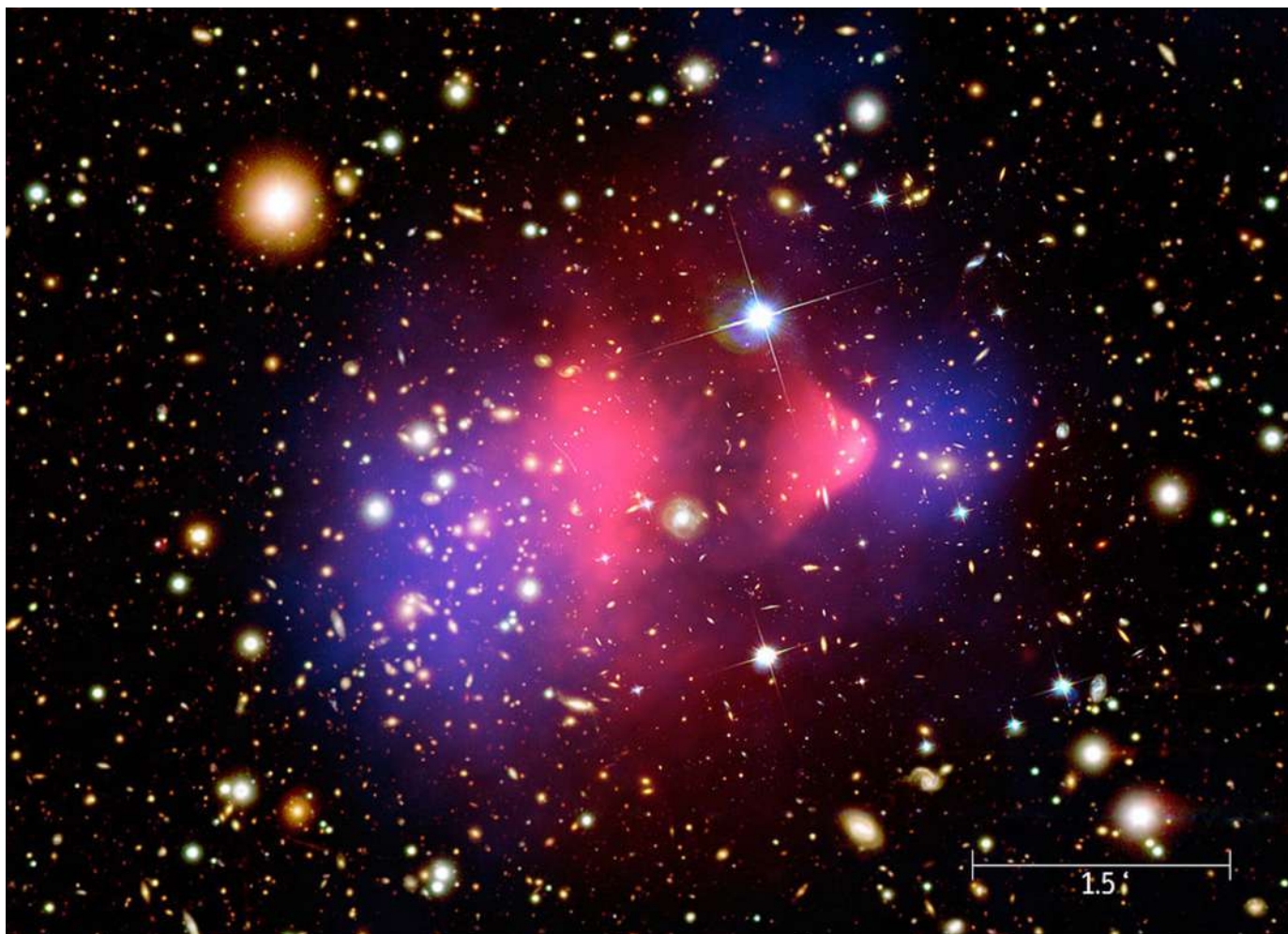


Figura 6 - Colisão de dois agregados de galáxias (Aglomerado Bullet (1E 0657-56)): A região rosa identifica a emissão de raios-X pela matéria visível e a região azul a localização da matéria escura determinada a partir de efeitos de lente gravitacional.

Créditos: NASA/CXC/M. Weiss (https://en.wikipedia.org/wiki/Bullet_Cluster#/media/File:1e0657_scale.jpg)

O que é afinal a gravidade?

Catarina Cosme¹, Constança Providência¹, Rita Wolters²

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

² Ilustradora

Material

- 2 T-shirts grandes
- 1 Bacia da roupa redonda
- 1 Bacia da roupa retangular
- Objetos redondos (berlindes, bolas, pedras ou laranjas...)
- Elástico ao metro
- Balança
- Régua

Isaac Newton foi um dos cientistas mais importantes da História. Destacou-se em áreas como a Física, a Matemática e a Astronomia, deixando descobertas que mudaram a forma como entendemos o Universo. Na sua obra "Principia", apresentou as leis do movimento, que explicam tanto a queda dos objetos na Terra como o movimento dos planetas em torno do Sol. A importância dessas leis é tão grande que ainda hoje são usadas para calcular trajetórias de foguetões e planear missões espaciais, como a Artemis II. Newton formulou também a Lei da Gravitação Universal, segundo a qual todos os corpos com massa se atraem. É essa lei que explica, por exemplo, por que razão os objetos caem quando os largamos e como a Lua se mantém em órbita da Terra.

Dois séculos mais tarde, Albert Einstein apresentou uma teoria que veio complementar e corrigir a teoria da gravitação de Isaac Newton. Segundo Einstein, os objetos com massa deformam o espaço-tempo à sua volta, e é essa deformação que determina o movimento dos corpos, em vez de uma força que atua à distância. Este processo pode ser observado na figura 2. Embora ambas as teorias expliquem muito bem o movimento dos planetas em torno do Sol, a teoria de Newton deixa de ser aplicável quando estudamos objetos extremamente densos, isto é, corpos com uma massa muito grande concentrada num volume muito pequeno. Um exemplo são as estrelas de neutrões, que podem ter uma massa semelhante à do Sol, mas um raio cerca de 10 000 vezes menor. Devido a essa densidade extraordinária, o seu comportamento só pode ser descrito corretamente com a teoria de Einstein, uma vez que a teoria de Newton deixa de ser válida nessas condições.



Figura 1 - Material

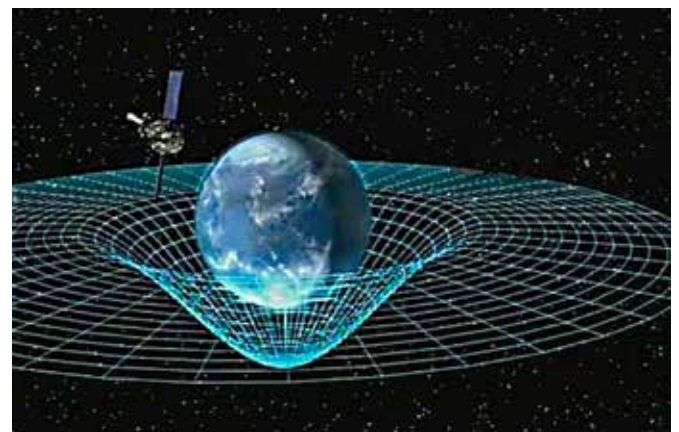


Figura 2 - Ilustração da deformação do espaço tempo devido ao planeta Terra.
Créditos: NASA

Para ganhares uma melhor intuição sobre a gravidade proposta por Einstein, e até para compreenderes melhor a trajetória do Artemis II em torno da Lua e no regresso à Terra, sugerimos que realizes algumas experiências simples, tal como um verdadeiro cientista.

Para isso, vais precisar do material indicado acima (vê também a Fig. 1): cerca de 3m de elástico, duas T-shirts grandes velhas, alguns objetos redondos (por exemplo, bolas, laranjas, berlindes ou uma pedra arredondada), um recipiente redondo e outro rectangular. Podes usar, por exemplo, bacias da roupa. Nesta atividade, o espaço-tempo será representado por uma superfície — o tecido da T-shirt — que se deforma quando colocamos um objeto em cima dela. “Veste” cada recipiente com uma T-shirt e usa o elástico para prender bem o tecido à borda, de modo que fique esticado. Uma boa solução é cortar um elástico com um comprimento semelhante ao perímetro do recipiente e dar duas voltas à volta da borda, por cima da T-shirt, para a prender bem e esticar o tecido.

Tal como um verdadeiro cientista, vais agora observar, experimentar e fazer perguntas que te ajudem a compreender melhor o que acontece. Foi assim que Newton e Einstein construíram as suas ideias sobre o Universo: observando, questionando e tentando encontrar explicações.

1 - Começa com a bacia redonda, com o tecido bem esticado, e coloca um berlinde sobre a superfície. O que acontece ao berlinde? Fica parado ou desloca-se? Agora dá-lhe um pequeno empurrão com a mão. Como se move? Que trajetória descreve?

2 - Em seguida, coloca diferentes objetos redondos no centro da bacia. O que observas? Quais são os objetos que deformam mais a superfície?

3 - Para confirmares a conclusão a que chegaste no ponto anterior, pega nos objetos redondos que escolheste e mede o seu diâmetro e a sua massa. Depois, constrói uma tabela com uma linha para cada objeto, indicando a massa, o diâmetro e uma propriedade a que chamamos densidade. Nesta atividade, podes estimar a densidade dividindo a massa pelo diâmetro ao cubo, tal como no exemplo da tabela. Qual é a densidade do objeto que mais deforma a superfície?

Objeto	Diâmetro (cm)	Peso (g)	densidade (g/cm ³)
1	6	12	0.06
2	7.5	62	0.15
3	20	279	0.03
4	7.5	488	1.16
5	2.7	24	1.22

4 - Experimenta largar o berlinde a partir da borda da bacia, sem o empurrar. O que acontece? Fica parado ou começa a mover-se?

5 - Lança agora o berlinde numa direção perpendicular ao raio da bacia, ou seja, de lado em relação ao centro. Observa o que acontece à sua trajetória. Se o lançares com o jeito certo, talvez consigas que dê uma volta em torno do objeto antes de cair para o centro. Como explicas esse movimento?

Apesar de muito simples, estas experiências são muito interessantes, porque nos ajudam a compreender o que acontece quando a matéria deforma o espaço-tempo.

No ponto 1, repara que, se o tecido estiver bem esticado, o berlinde não se desloca, a não ser que o empurrar. Nesse caso, move-se em linha reta. Isto representa uma das leis fundamentais de Newton, a Lei da Inércia, segundo a qual um objeto tende a permanecer em repouso, ou a mover-se em linha reta com velocidade constante, a menos que uma força atue sobre ele. Nesta experiência, essa força corresponde ao empurrão que dás ao berlinde. É isso que observas na Fig. 3.

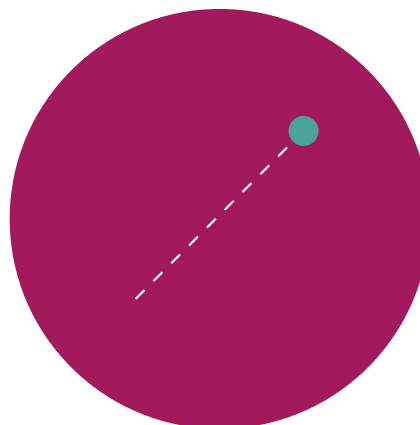


Figura 3 - Movimento do berlinde sobre o tecido não deformado.

No ponto 2, repara que a deformação da superfície não depende apenas da massa do objeto, mas também do seu tamanho. Se tiveres dois objetos com dimensões semelhantes, mas um deles for mais pesado, dizemos que esse objeto é mais denso. Em geral, os objetos que mais deformam a superfície são aqueles que concentram mais massa num volume menor.

No ponto 3, concluímos que o objeto 4 é o que mais deforma a superfície, por ter uma grande massa concentrada num volume relativamente pequeno, Fig. 4.

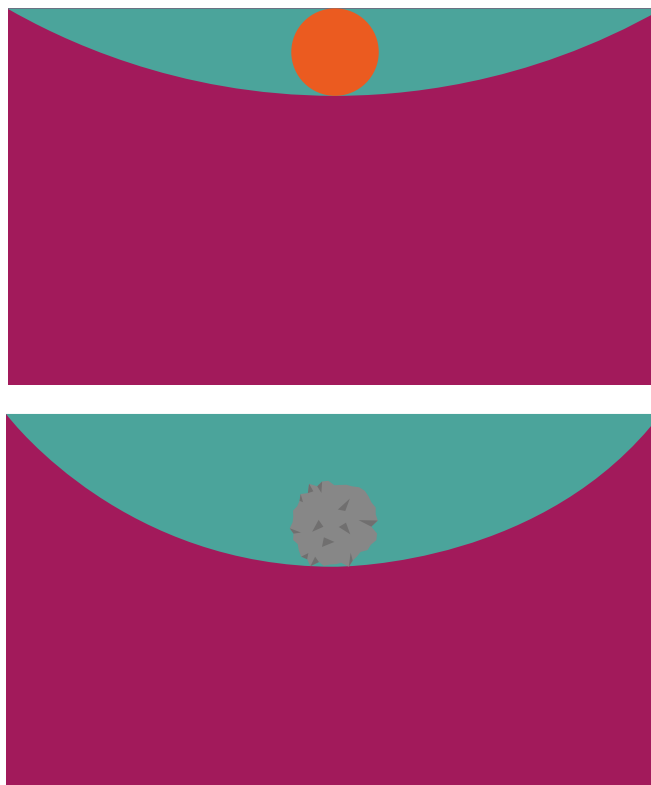


Figura 4 - Deformação do tecido é maior para o objeto mais denso.

No ponto 4, verificaste que o berlinde não fica parado. Pelo contrário, desloca-se em direção à bola colocada no centro da bacia, como se estivesse a ser atraído por ela. É isso que acontece também quando largamos um objeto perto da Terra: ele move-se em direção ao seu centro. Podes ainda verificar que, quanto mais deformada estiver a superfície, mais rapidamente o berlinde se desloca.

No ponto 5, observaste que a trajetória do berlinde deixou de ser uma linha reta, como acontecia quando o lançavas sobre a superfície sem nenhum objeto no centro. Neste caso, a deformação provocada pela bola altera o seu movimento, fazendo com que o berlinde descreva uma trajetória curva à sua volta, como se observa na Fig. 5.

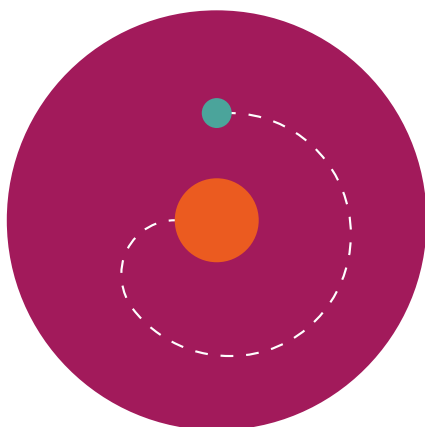


Figura 5 - Movimento do berlinde no tecido deformado por um objeto.

Para terminar, talvez te perguntes como é possível o foguetão Artemis II dar a volta à Lua e regressar à Terra. Para tal, o foguetão leva combustível para ajustar a sua velocidade e colocar-se na trajetória pretendida. Depois disso, é a própria gravidade que determina o percurso. Segundo a teoria de Einstein, esse movimento é guiado pela deformação do espaço-tempo; segundo a teoria de Newton, resulta da força gravítica entre objetos com massa.

Podes tentar reproduzir essa trajetória usando o recipiente retangular, coberto com a T-shirt bem esticada. Escolhe dois objetos redondos de tamanho semelhante, mas um muito mais pesado do que o outro, tal como se vê na Fig. 6, painel da esquerda. Se lançares o berlinde com cuidado junto do objeto mais pesado, na direção do mais leve, poderás conseguir que ele contorne o objeto mais leve — que representa a Lua — e regresse depois ao objeto mais pesado — que representa a Terra. É isso que está ilustrado na Fig. 6, painel da direita.

Assim, percebemos melhor a importância das teorias da gravidade de Newton e de Einstein e a forma como elas se aplicam no nosso dia-a-dia. Estudar estes temas ajuda-nos a olhar para o mundo com outros olhos e a descobrir que a Ciência está presente em muito mais situações do que imaginamos. Se um dia decidires estudar Física, poderás aprender ainda mais sobre o Universo que nos acolhe e perceber como ideias desenvolvidas há séculos continuam a ser essenciais nos dias de hoje. Um bom exemplo disso é a teoria da gravidade de Einstein, que foi fundamental para o desenvolvimento de tecnologias como o GPS, que usamos tão frequentemente. Mas essa já é outra viagem, que poderá ficar para outra altura!

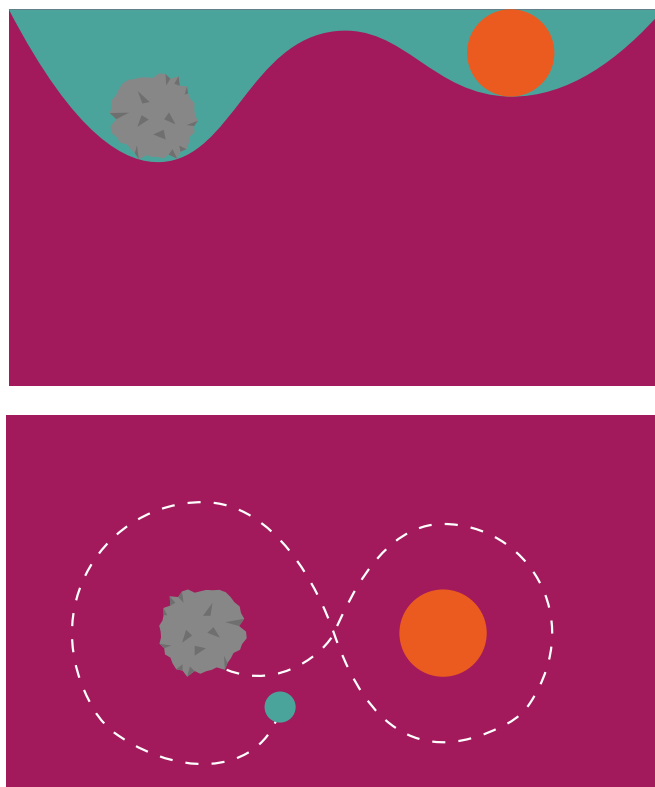


Figura 6 - Simulação do movimento do Artemis II na sua trajetória entre a Terra e a Lua.

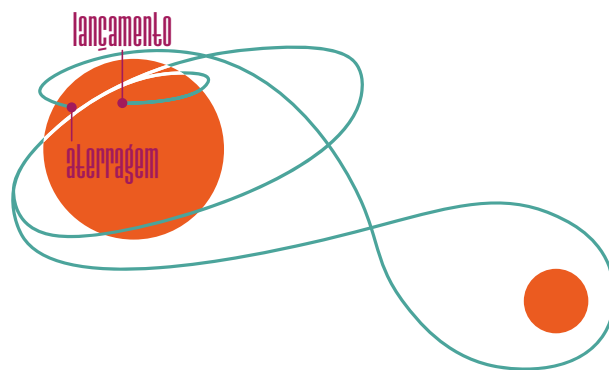


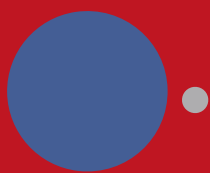
Figura 7 - Trajetória de Artemis II. Na figura a Terra e a Lua são representadas pelos círculos grande e pequeno, respetivamente.

Agradecimentos

Agradecemos à Lucília Brito o cuidado com que leu esta atividade e os seus comentários.

Errata relativa ao fascículo 3 do número 48 da Gazeta

No número anterior da Gazeta (nº 48/3 de dezembro de 2025), na versão em papel, os autores corretos do Vamos Experimentar são Catarina Cosme e Constança Providência (CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra) e Rita Wolters (ilustradora).



sp física

