

Astronomia fora do visível

Beatriz García, Ricardo Moreno, Rosa M. Ros

União Astronómica Internacional, Universidade Tecnológica Nacional (Mendoza, Argentina), Colégio Retamar (Madrid, Espanha), Universidade Politécnica da Catalunha (Barcelona, Espanha)

Resumo

Os objetos celestes irradiam em muitos comprimentos de onda do espectro eletromagnético, mas o olho humano apenas diferencia uma parte muito pequena dele: a região do visível.

Há maneiras de demonstrar a existência dessas formas de radiação eletromagnética que não vemos, através de simples experiências. Nesta apresentação será possível introduzir observações para além do que é observável com um telescópio usado numa escola de básico ou secundário.

Objetivos

Esta atividade pretende mostrar certos fenómenos para além do que pode ser observável com um telescópio amador, como a existência de:

- Corpos celestes que emitem energia eletromagnética que os nossos olhos não podem detetar. Os astrónomos estão interessados nesses comprimentos de onda porque a região do visível, por si só, não oferece uma imagem completa do Universo.
- Emissões nas regiões das ondas de rádio, infravermelho, ultravioleta, micro-ondas e raios X.

Espectro eletromagnético

As ondas eletromagnéticas cobrem uma ampla faixa de frequências, ou comprimentos de onda, e podem ser classificadas conforme sua principal fonte de produção. A classificação não possui limites precisos. O conjunto de todos os comprimentos de onda é denominado espectro eletromagnético.

Na figura 1 são identificadas as diferentes regiões do espectro, com os seus diferentes comprimentos de onda. É indicado o tamanho entre as cristas da onda (comprimento de onda, λ) e alguns objetos desses tamanhos: átomos, moscas, montanhas... para termos uma ideia das dimensões das ondas. Na mesma figura é possível apreciar como se “observam” o Sol e Saturno se os observarmos em comprimentos de onda que nossos olhos não podem detetar. Essas fotografias foram tiradas com detetores especiais sensíveis a esses comprimentos de onda.

No Universo, há material que se encontra a temperaturas mais baixas que a das estrelas, por exemplo, nuvens de material interestelar. Essas nuvens não emitem radiação visível, no entanto podem ser detetadas em comprimentos de onda longos, como o infravermelho, as micro-ondas

e as ondas de rádio. Observar o Universo em todas as regiões do espectro eletromagnético, o que os astrônomos denominam “observação multionda”, permite-nos ter uma imagem bem mais precisa de sua estrutura, temperatura e energia, e criar modelos bem mais realistas relacionados com a sua evolução.

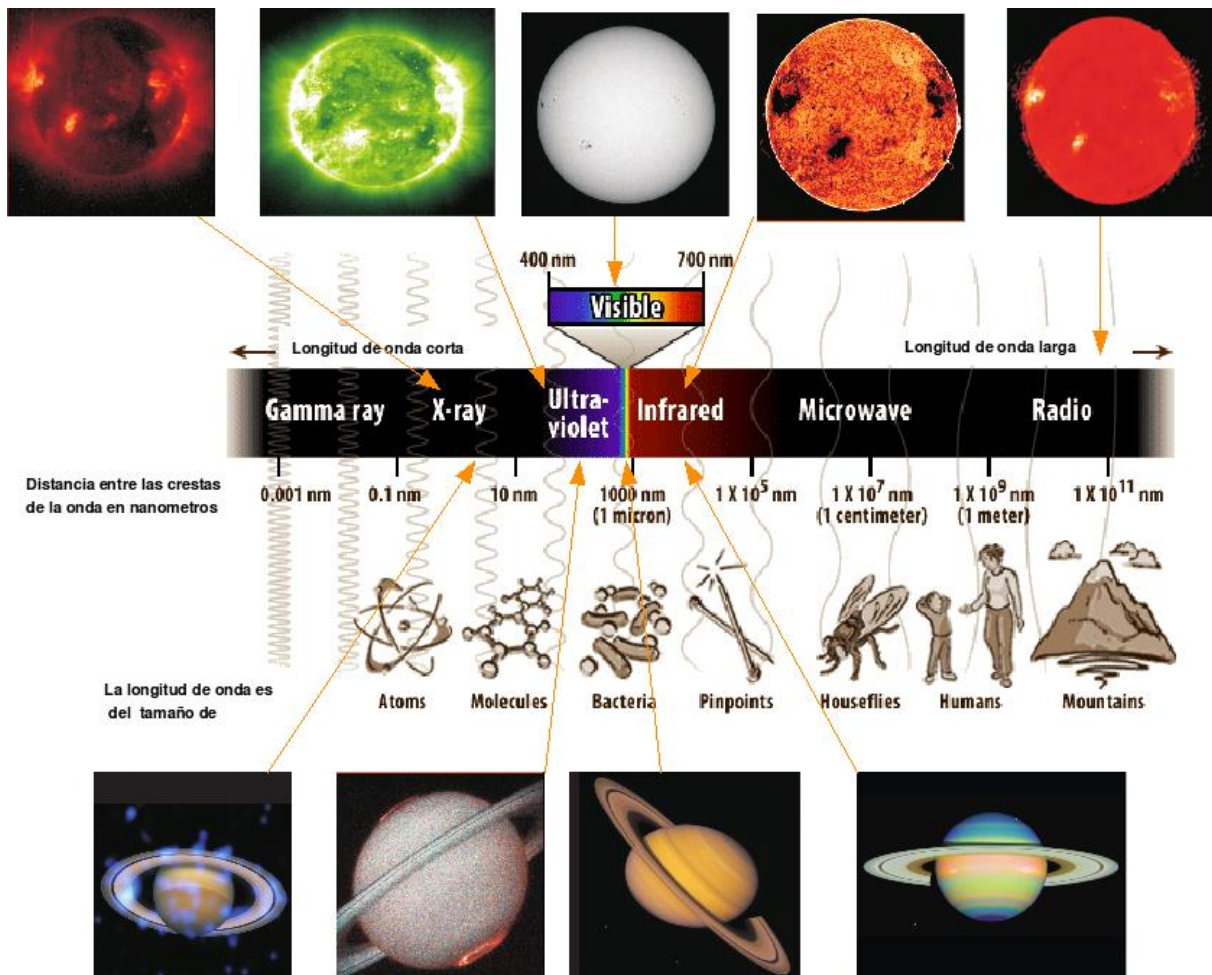


Fig. 1: Espectro eletromagnético, com objetos do tamanho dessas ondas. O Sol (acima) e Saturno (abaixo) observados em diferentes comprimentos de onda (as cores são simuladas).

Na figura 2 é observado o centro de nossa galáxia, a Via Láctea fotografada pelos telescópios espaciais Spitzer (em infravermelho), Hubble (em visível) e Chandra (em raios X). Em cada um, são observados objetos e detalhes que em outros comprimentos de onda não se observam.



Fig. 2: O centro de nossa galáxia, a Via Láctea, fotografado em diferentes comprimentos de onda.

Atividade 1: Construção de um espectroscópio

A luz branca de uma lâmpada de filamento é composta por todas as cores. Em lâmpadas que contêm gás (fluorescentes, lâmpadas de baixo consumo e candeeiros de rua) a luz apenas contém determinadas cores. Se separarmos as cores da luz, obtemos o seu espectro, que no caso dos gases é formado por um conjunto de linhas de cores. Cada tipo de gás possui um espectro próprio, que é como a impressão digital do gás. Se observarmos com um espectroscópio a luz de uma galáxia longínqua, as próprias linhas do hidrogénio, e do resto dos gases, serão observada com um desvio para o vermelho (*redshift*), que é tanto maior quanto mais longe estiver a galáxia.

Com tesouras fortes, corte, de forma radial, pedaços de um CD ou de um DVD (figura 3a). Se usar um CD deve ser prateado pela parte que não é gravado, isto é, não deve estar impresso, nem ser branco nem de outra cor. Para desprender a capa metálica do CD, pode usar fitas adesivas, riscando previamente a superfície (figura 3b). Se usar um DVD, o procedimento anterior não é necessário: basta separar, no pedaço cortado, a capa de plástico superior da inferior, dobrando-o levemente ou com a ajuda de uma chave de fendas, e terá a rede de difração preparada.

Faça uma fotocópia em papel do modelo da figura 5, de preferência em tamanho A3, pois será mais exato. Recorte o modelo, incluindo a parte branca em forma de setor circular (está impresso “CD” e “DVD”, para recortar um ou outro setor circular e fresta, conforme possuam um ou outro tipo de disco), e faça uma fresta fina na lista próxima da escala graduada. Esta

escala NÃO se deve recortar. Monte a caixa deixando a parte preta no interior e cole-a sobrepondo os rebordos. No buraco deixado no setor circular, cole o pedaço de CD ou DVD que preparamos.

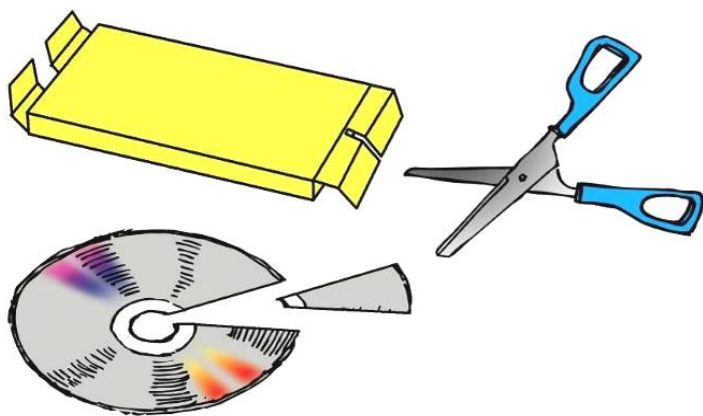


Fig. 3a: Material necessário: DVD, tesoura e caixa de papelão.



Fig. 3b: Retirando a capa metálica do CD, com fita adesiva.

Se olhar através do pedaço de disco, direcionando a fresta da caixa (não a escala) para uma lâmpada de baixo consumo ou uma fluorescente (figura 4), serão nitidamente observadas, sobre a escala, as riscas de emissão dos gases que dessas lâmpadas. Se não forem observadas, olhe à direita da lâmpada e mova o espectroscópio lentamente para a esquerda até que apareçam as riscas. A escala está graduada em centenas de nanômetros, isto é, a marca 5 indica 500 nm (500×10^{-9} m). Quanto mais fina for a fresta, com maior precisão será medido o comprimento de onda das riscas.



Fig. 4: Observação de uma lâmpada fluorescente.

É possível fazer a caixa com cartolina. Nesse caso, é necessário recortar o retângulo da escala e colar uma cópia da escala feita em papel normal sobre esse buraco, para que possa tornar a escala transparente.

Também é possível olhar os candeeiros das ruas, tanto os laranjas (de sódio) como os brancos (de vapor de mercúrio). As lâmpadas incandescentes tradicionais têm um espectro contínuo.

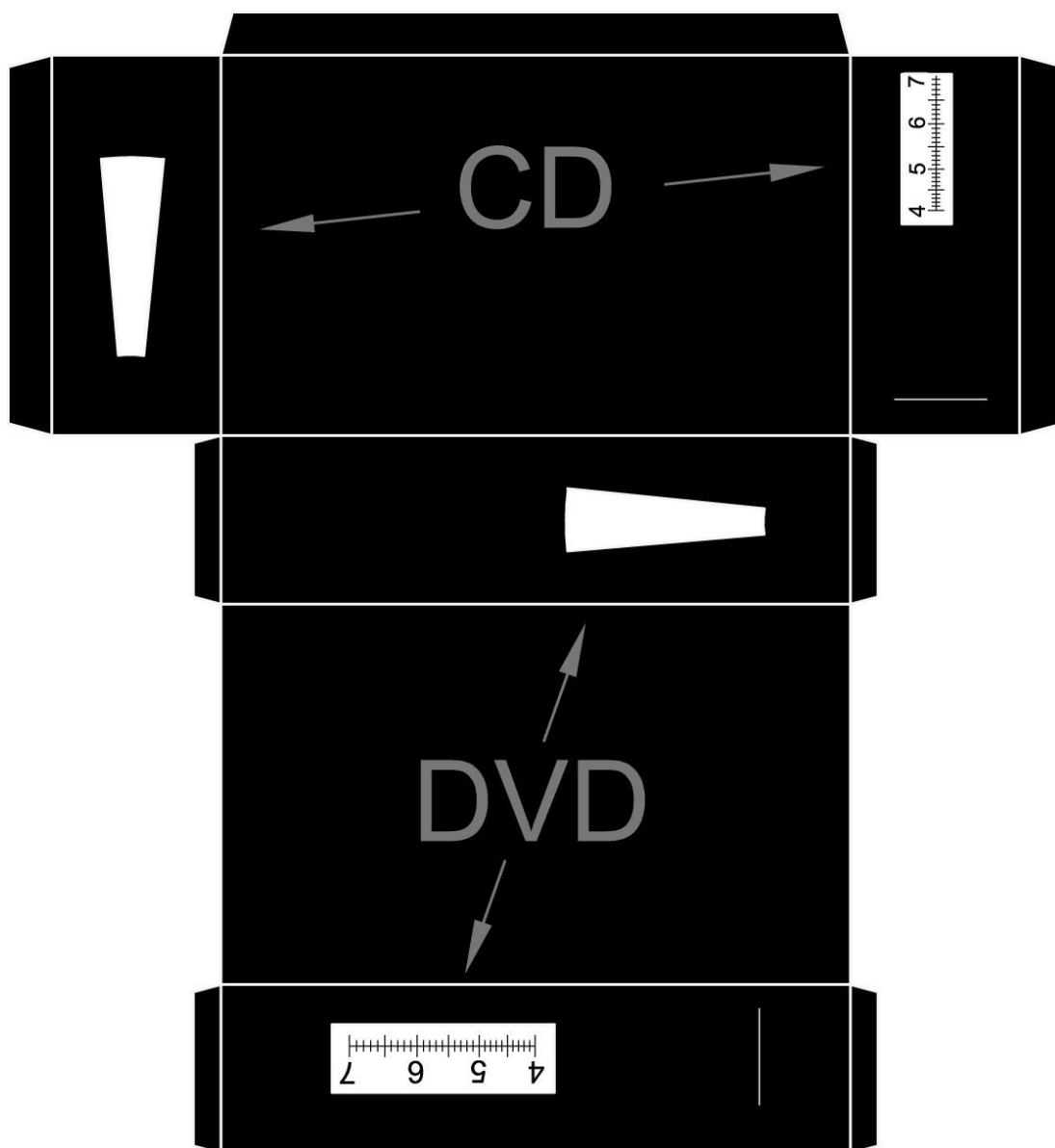


Fig. 5: Modelo para o espectroscópio.

Os alunos mais novos podem decompor a luz e fazer um arco-íris. Precisam uma mangueira com difusor, e posicionar-se com o Sol atrás (figura 6).



Fig. 6: Os alunos pequenos podem decompor a luz em um arco-íris.

O infravermelho

A região infravermelha do espectro eletromagnético foi descoberta por William Herschel (descobridor do planeta Urano). Em 1800, com um prisma e alguns termômetros, obteve o espectro visível, passando a luz branca do Sol através de um prisma. Colocou vários termômetros, um na região do azul, outro no vermelho (ambas as cores detetáveis pelo olho) e pôs um terceiro termômetro para além do vermelho, imediatamente depois. Com um quarto termômetro, mediu a temperatura ambiente e descobriu que a temperatura marcada no termômetro na região “abaixo” do vermelho (por derivação foi denominado “infra” vermelho) era maior que a do ambiente.

Herschel fez outras experiências com os “raios caloríficos” (como os chamava) que existiam para além da região vermelha do espectro: eram refletidos, refratados, absorvidos e transmitidos tal como a luz visível. Estes “raios caloríficos” foram posteriormente denominados raios infravermelhos, ou radiação infravermelha. Estas descobertas foram seguidas por outras que resultaram em várias aplicações tecnológicas.

Os corpos que se encontram a baixa temperatura não emitem na região visível do espectro, mas em comprimentos de onda mais longas, pois a energia que libertam é menor. Por exemplo, o nosso corpo, e o dos animais, emitem radiação infravermelha não detetada com os olhos, no entanto podemos perceber-la como a forma de calor que o organismo emite. Todos os objetos

que estejam a uma certa temperatura emitem em infravermelho (figura 7). Para vê-los à noite foram inventados óculos noturnos, que permitem detetar esta radiação que a visão não percebe.

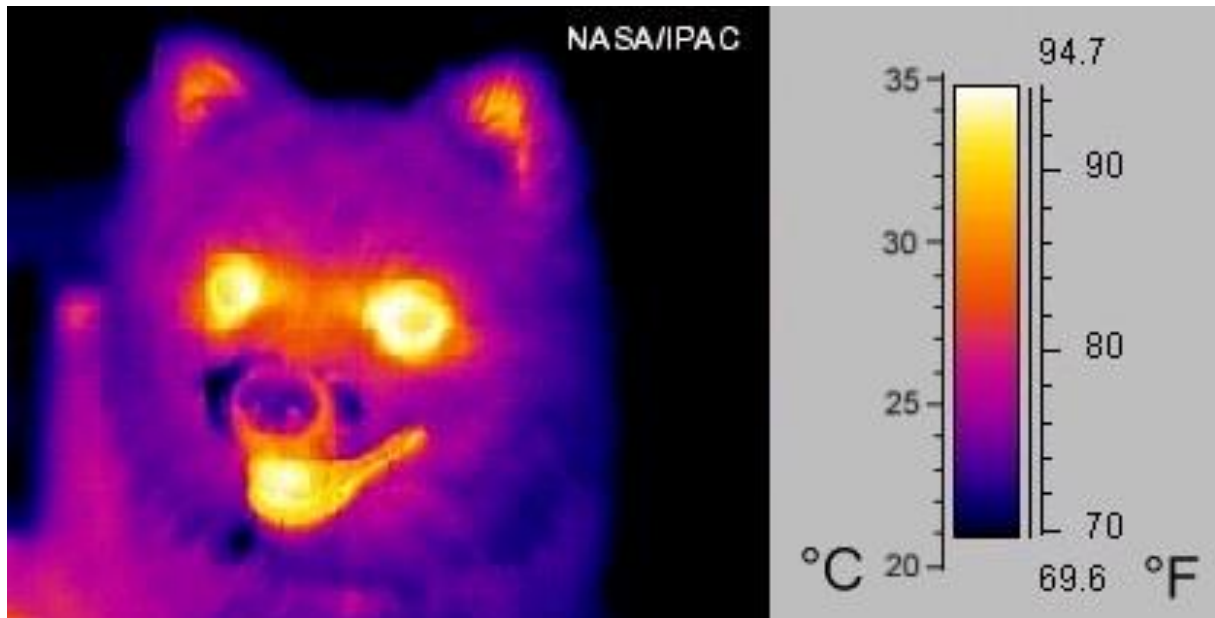


Fig. 7: Fotografia com infravermelhos. Distinguem-se zonas mais ou menos quentes.

Atividade 2: Experiência de Herschel na banda IV

O objetivo é repetir a experiência de 1800, mediante a qual o famoso astrónomo William Herschel descobriu uma forma de radiação diferente da luz visível. Precisaremos de um prisma de vidro, quatro termómetros, caneta permanente de tinta preta, tesouras, fita adesiva, uma caixa de papelão e uma folha branca. Colocamos fita adesiva nos bulbos dos termómetros e pintamo-los com caneta preta permanente para que absorvam melhor o calor.

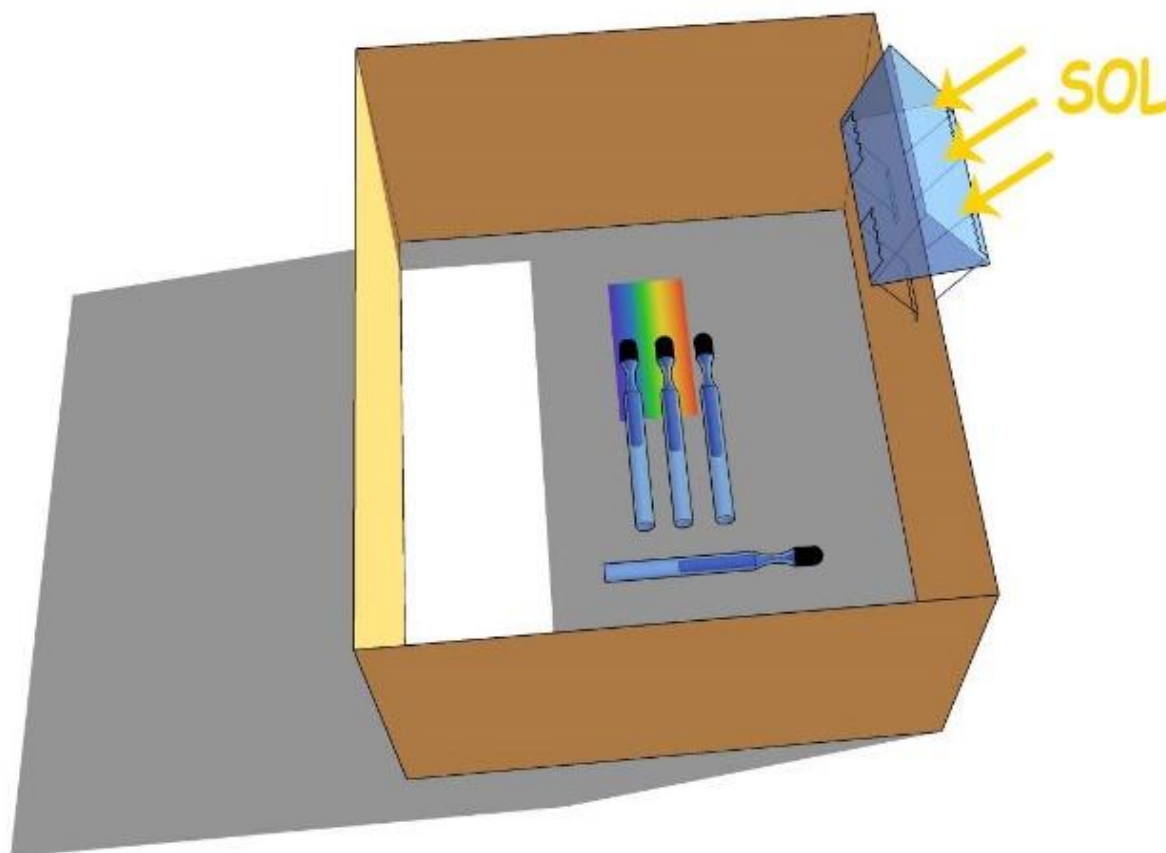


Fig. 8: Dispositivo de Herschel. Os termômetros colocados no espectro marcam temperaturas mais altas do que a temperatura ambiente.

A experiência deve ser realizada ao ar livre, num dia MUITO ensolarado. Se houver muito vento, a experiência pode ser realizada num lugar fechado, se houver uma janela por onde o Sol entre de forma direta. Coloque uma folha branca no fundo da caixa de papelão. O prisma é colocado cuidadosamente no rebordo superior da caixa, de maneira a que fique do lado do Sol. O interior da caixa deve ficar todo, ou quase todo, à sombra (figuras 15 a 16c). Gire o prisma cuidadosamente até que apareça um espectro, o mais amplo possível, sobre a folha situada no fundo da caixa.

Após segurar o prisma nessa posição, com fita adesiva, colocamos três termômetros na luz do espectro de maneira que cada bulbo esteja numa das cores: um na região azul, outro na amarela e o terceiro um pouco além da região vermelha visível. É necessário poder observar bem a escala graduada do termômetro, para não mover o termômetro quando anotarmos as medidas. O quarto termômetro é colocado na sombra, não alinhado com os anteriores (figuras 9a a 9c).



Fig. 9a: Colocando os três termómetros, com os bulbos pretos, e o espectro na sombra.

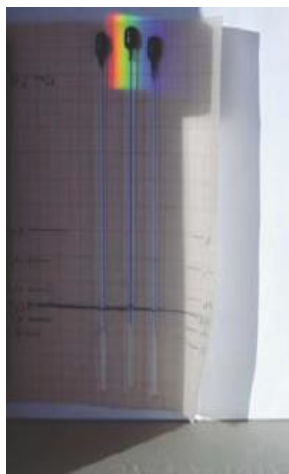


Fig. 9b: Os termómetros no azul, no amarelo e para além do vermelho.

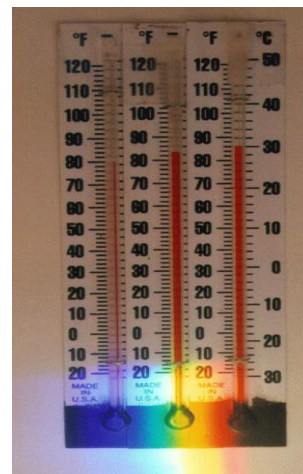


Fig. 9c: Exemplo das medições realizadas após 3 minutos.

As temperaturas demoram aproximadamente cinco minutos para alcançarem os seus valores finais. Registamos a cada minuto, na tabela 1, os valores das temperaturas em cada uma das três regiões do espectro e do ambiente. Não mova os termómetros da sua posição no espectro nem bloqueie a sua luz.

O termómetro no amarelo (figura 9c) deveria marcar uma temperatura um pouco maior que no azul e no ambiente, e o que estiver próximo do vermelho deveria marcar uma temperatura ainda um pouco superior, pelo que é lógico deduzir que o termómetro junto ao vermelho recebe algum tipo de radiação do Sol, invisível à nossa vista.

	Termómetro nº 1 no azul	Termómetro nº 2 no amarelo	Termómetro nº 3 além do vermelho	Termómetro nº 4 na sombra
1 minuto				
2 minutos				
3 minutos				
4 minutos				
5 minutos				

Tabela 1: Tabela de dados.

Atividade 3: Detecção do IV com um instrumento tecnológico moderno

Se quisermos detetar IV com instrumentos tecnológicos modernos, provavelmente o primeiro que vem à mente são os visores noturnos, preparados para ver o infravermelho que o nosso corpo emite. Mas esse não é um recurso ao alcance de todos. Segue-se um procedimento mais económico e fácil.

Os comandos à distância, que utilizamos para ligar a televisão ou aparelhos de som, utilizam radiação infravermelha (os que possuem luz vermelha não servem para esta atividade). Existe alguma maneira simples de ver essa radiação não visível e que de repente se transforme em detetável?

Para isso devemos procurar um detetor sensível ao IV. Existe um produto tecnológico de envergadura, resultante do desenvolvimento nos estudos da luz em Astronomia, chamado CCD (das iniciais da sua denominação em inglês: *Charged Coupled Device*). Este dispositivo permite capturar e acumular fótons durante um determinado período de tempo, de maneira a que possamos “ver objetos que emitem ou refletem pouca luz”. O CCD é mais sensível na região do vermelho e, nalguns casos, a sua faixa de eficiência cobre o IV próximo. Qualquer câmara moderna possui um CCD para a aquisição de imagens, o que permite tirar fotos em condições de baixo nível de iluminação. O telemóvel é o dispositivo mais simples de uso quotidiano que possui uma câmara moderna e, portanto, um detetor CCD.



Fig. 10a: Comando à distância ligado e observado a olho nu.



Fig. 10b: Comando à distância ligado e observado através do telemóvel.

Observando o comando à distância com os nossos olhos, de maneira direta, não identificaremos nenhuma diferença entre estar aceso e apagado, como na figura 10a. Porém, se tirarmos uma fotografia com o telemóvel e com o comando à distância ativado (figura 10b)... Surpresa! A luz que o comando utiliza para enviar o sinal que liga a televisão, ou qualquer outro equipamento eletrónico, é uma luz infravermelha que os nossos olhos não veem, mas que a câmara do telemóvel deteta.

Atividade 4: Detecção da luz infravermelha de uma lâmpada

A maioria dos corpos do céu emite em muitos comprimentos de onda. Se entre eles e nós houver pó ou gás, alguns comprimentos de onda podem ficar bloqueados, e outros não. Por exemplo, o pó que existe no centro de nossa galáxia impede-nos de ver a intensa luz visível produzida pela concentração de milhões de estrelas que ali existem. No entanto, esse pó é transparente à luz infravermelha que consegue atravessá-la e chegar até nós. Ocorre o mesmo com outras nuvens de pó escuro na nossa galáxia (figuras 11a e 11b).



Fig. 11a: Nuvem de pó na região do visível.

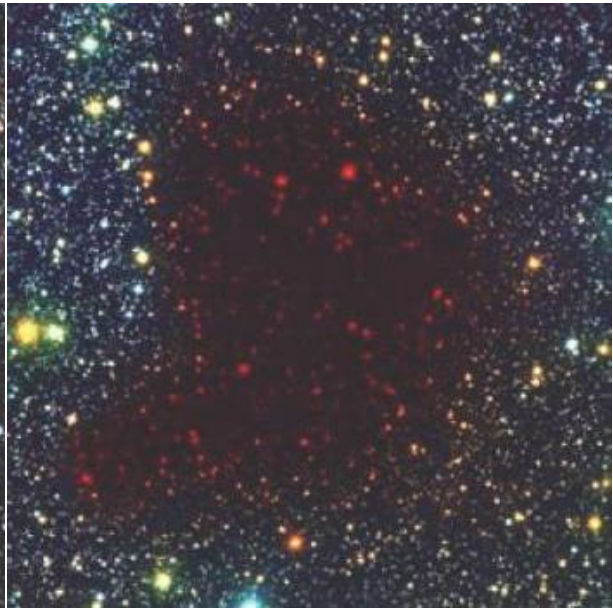


Fig. 11b: Sobrepondo a visão infravermelha.

Nas emissões de uma lâmpada de filamento incandescente, a maior parte da energia que emite é na região visível, mas também emite em infravermelho, que pode atravessar o que o visível não consegue.

Utilizaremos uma lanterna e um pedaço de tecido de feltro (figuras 12a e 12b). Este tecido não é particularmente entrelaçado mas bloqueia bem a luz visível. Num quarto escuro, acendemos a lanterna. A seguir, tampamo-la com o feltro e comprovamos que não vemos a luz. Se isso não ocorrer, colocamos outra capa de feltro (podemos dobrar) ou, inclusive, uma terceira. Não convém pôr mais do que o necessário, pois é possível bloquear também toda a radiação infravermelha. Nesse quarto, o mais escuro possível, se a observarmos a lanterna com a câmara de nosso telemóvel (que capta a radiação infravermelha) vemos que se distingue a lâmpada (figuras 12a e 12b).



Fig. 12a e 12b: O feltro bloqueia totalmente a luz visível, mas não a infravermelha.

Atividade 5: Constelação com infravermelhos

Nas lojas de componentes eletrônicos, ou na Internet, são vendidos LEDs infravermelhos, semelhantes aos usados nos comandos à distância de TV, aparelhos de som, etc. São baratos, funcionam com uma pilha de 3 ou 9 V, ou com um alimentador de corrente contínua. São ligados em paralelo entre si, com uma resistência entre 100 e 500 Ω .

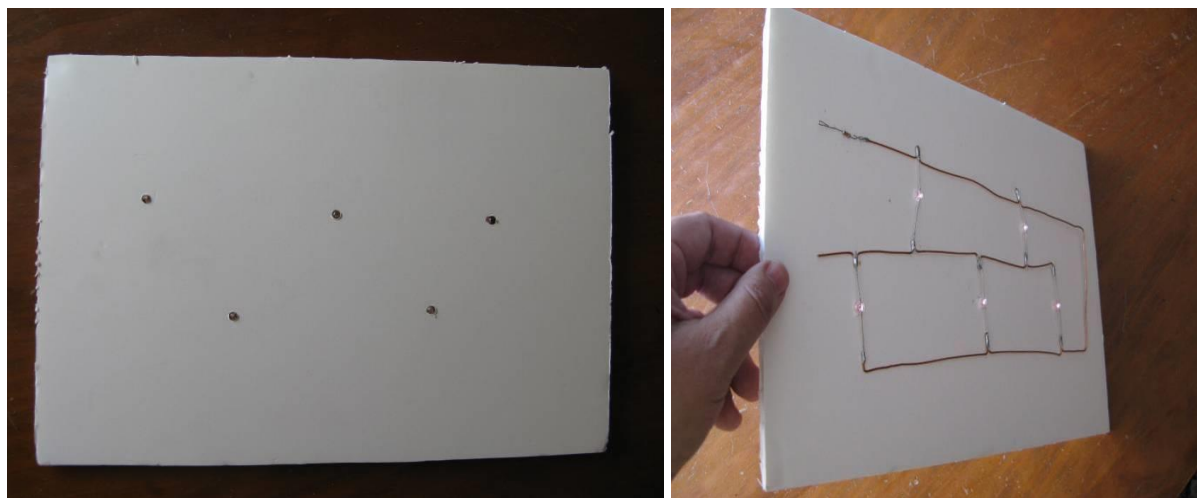


Fig. 13a e 13b: Cassiopeia feita com LEDs infravermelhos ligados em paralelo.

É possível fazer um pequeno circuito com vários LEDs, formando uma constelação conhecida, por exemplo Cassiopeia (figuras 13a e 13b), Oriente, Cruzeiro do Sul ou a Ursa Maior (conforme o céu observado do seu hemisfério). É possível observá-la no infravermelho com a câmara fotográfica do telemóvel.

Atividade 6: Constelação com comandos a distância

Mais fácil que a experiência anterior é formar uma constelação conhecida usando vários comandos à distância de infravermelhos. Se for observada no escuro com uma câmara digital, a constelação é vista (figuras 14a e 14b).



Fig. 14a e 14b: Formação da constelação Cruzeiro do Sul com comandos infravermelhos.

Energia eletromagnética na região rádio

As ondas eletromagnéticas com comprimento de onda de metros a quilómetros são denominadas ondas de rádio. São as usadas nas emissões comerciais, mas também chegam do espaço. Estas radiações mostram morfologias que noutros comprimentos de onda não podem ser vistas (figuras 15, 16a e 16b).



Fig. 15: Esta galáxia emite jatos apenas detetáveis em rádio (coloridos artificialmente de vermelho).

Fig. 16a: Fotografia da galáxia NGC 4261 no visível.

Fig. 16b: A mesma galáxia com a imagem de rádio sobreposta. Observam-se uns jatos de matéria coloridos artificialmente de vermelho.

No Universo há fontes de rádio intensas: o centro de nossa galáxia, estrelas de neutrões em rápida rotação ou inclusive alguns planetas como Júpiter.

Atividade 7: Produzindo ondas de rádio

Ao abrir e fechar um circuito elétrico são produzidas ondas de rádio semelhantes às emissões comerciais. É possível capturá-las num aparelho de rádio em AM e transformá-las em som, que é outro tipo de onda. A potência dessas emissões de rádio diminui quando o recetor se afasta. As ondas de rádio podem atravessar obstáculos e inclusive paredes.

Para realizar esta atividade, usamos dois pedaços de fio elétrico de 20 cm cada. Removemos o plástico nos dois extremos de um dos pedaços. No outro cabo, removemos também o plástico de um extremo, deixamos uns 10 cm com plástico e tiramos também o plástico no resto. No extremo onde há muito cabo descascado, faça uma bola. O outro extremo é ligado a um terminal de uma pilha de 9 V. Afiamos um lápis nas duas extremidades. A grafite servirá como fonte de radiação rádio. Num extremo ligamos o primeiro pedaço de fio, segurando-o com fita adesiva. O outro extremo do fio é ligado ao segundo terminal da pilha (figura 17).

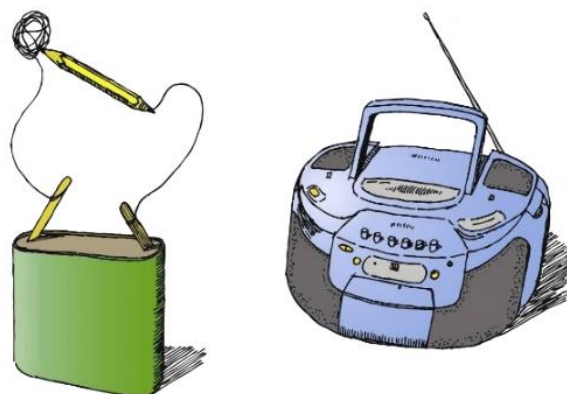


Fig. 17: Produção de ondas de rádio.

Ligamos o rádio e colocamo-lo em AM (não FM). Batemos com a ponta livre do lápis na bola de fio. Sintonizamos o rádio até que se possa ouvir pelo rádio as batidas que damos na bola. Podemos tentar afastar o rádio ou colocar obstáculos de cartão, madeira, etc. Também podemos levar o rádio para outro compartimento e comprovar se é possível ouvir ou não. Tenha em conta que a energia eletromagnética é primeiro transformada em energia elétrica e só depois em som.

Atividade 8: Escutando a voz de Júpiter

Júpiter emite ondas de rádio em várias frequências. Não está clara a sua procedência, mas parece que está relacionada com o seu campo magnético e interações com sua lua Io. A emissão é na banda de frequências de 18 a 22 MHz, com um máximo nos 21 MHz. Esses valores podem ser captados por muitos recetores caseiros. Devem ter Onda Curta (SW) e alcançar esses valores.

As emissões de Júpiter não são contínuas. Júpiter possui três jatos, mais ou menos equidistantes, que giram com o planeta a cada dez horas. Além disso, esses jatos às vezes estão ativos e outras não, por isso é importante ter bastante uma boa dose de paciência.

Para as ouvir precisaremos um rádio que tenha onda curta (SW). É necessário sintonizá-lo entre 18 e 22 MHz onde não haja muito ruído de fundo e esperamos. As emissões soam como ondas de mar numa praia (ou rajadas de vento), que chegam com uma frequência de três por segundo, aproximadamente. A sua intensidade cresce até um máximo, que dura alguns minutos ou segundos, às vezes, e depois decai. A experiência indica que se ouvir durante 20 minutos, há 1 probabilidade em 6 de a ouvir. Como é lógico, Júpiter deve estar no céu, mas as nuvens não interferem.

A própria antena do rádio é adequada, embora seja omnidirecional e capte ondas provenientes de todas as direções. Se quisermos melhorar a escuta e, além disso, ter a certeza que provem de Júpiter, devemos construir uma antena direcional que substitua a normal. É necessário proceder da seguinte maneira: usamos 165 cm de fio de cobre e fazemos uma circunferência com ele, sem a fechar. Apoiamos a circunferência sobre quatro paus de 30 cm de comprimento. Forramos um dos lados de uma placa de madeira de 60 x 60 cm com papel de alumínio. Cravamos na placa de madeira a circunferência de cobre com os quatro paus. Usamos um cabo coaxial de

antena e ligamos o cabo interior à circunferência de cobre, e a malha exterior ao alumínio. O outro extremo é ligado à antena do rádio. Por último, direcionamos a antena para Júpiter.

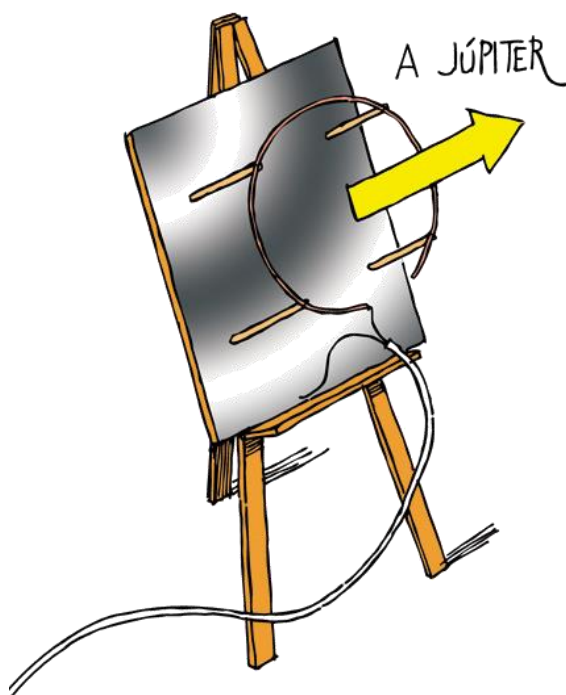


Fig. 18: Antena para ouvir Júpiter.

Luz Ultravioleta

Os fótons de luz ultravioleta possuem mais energia que os de luz visível. Isso permite que esta luz, em doses altas, destrua as ligações químicas das moléculas orgânicas, pelo que é letal para a vida. De fato, é usado para esterilizar material cirúrgico.

O Sol emite este tipo de radiação mas, felizmente, a atmosfera (em especial a camada de ozono) filtra a maior parte, e alguma desta radiação é benéfica. É esta luz que deixa a nossa pele morena (embora em excesso possa causar cancro da pele) e é absorvida pelas plantas para a fotossíntese, etc. Se a espessura da camada de ozono diminuísse chegaria à superfície terrestre uma dose demasiado alta o que aumentaria muito as doenças cancerígenas.

Atividade 9: Luz negra (UV)

Há lâmpadas chamadas de luz negra que emitem sobretudo em UV e são usadas com frequência para favorecer o crescimento das plantas em estufa ou em zonas com pouca iluminação solar. O vidro dessas lâmpadas costuma ser quase negro e emite apenas um pouco de luz visível azul escuro. Alguns tecidos sintéticos brancos de camisas e t-shirts são fluorescentes com essa luz e refletem-na como uma cor roxa brilhante. Por essa razão esta iluminação é usada em algumas discotecas, pois os tecidos brancos são vistos reluzentes.



Fig. 19: Uma nota de 50 € iluminada com luz UV mostra pequenas tiras fluorescentes marcadas com setas.



Fig. 20: Detetor de notas falsas que usa luz ultravioleta.

Esta propriedade é também usada no fabrico do papel de muitas notas: são introduzidas pequenas tiras de material fluorescente que são visíveis ao ser iluminadas por luz UV (figura 19). Desta forma observa-se que não é uma simples fotocópia da nota. Esta luz vem incorporada nos aparelhos detetores de notas falsas (figura 20). Muitos crachás oficiais possuem marcas ou sinais que apenas são visíveis com luz UV.

Raios X

Mais energética que a UV é a radiação X. É usada em medicina, nas radiografias e noutras formas de diagnóstico radiológico (figura 21).



Fig. 21: Placa de raios X usada em medicina.

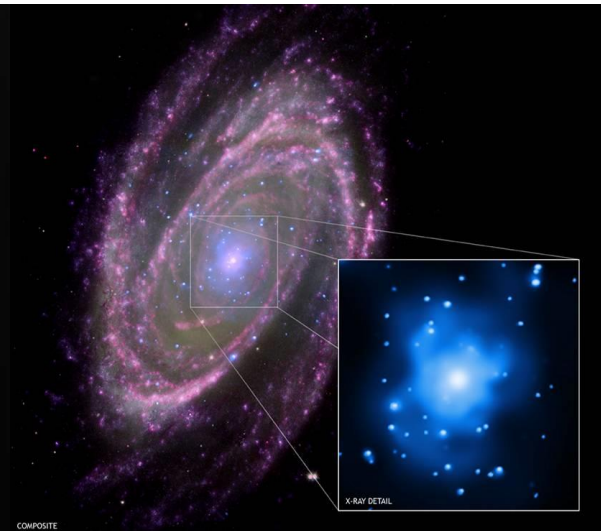


Fig. 22: Galáxia M81 com o núcleo fotografado em Raios X, que sugere a presença de um buraco negro muito massivo.

No cosmos, as fontes de raios X são característicos de acontecimentos e objetos muito energéticos: buracos negros, quasares, supernovas, etc. O telescópio espacial Chandra tem como missão a deteção e monitorização destes objetos (figura 22).

Raios Gama

No extremo do espectro, com comprimentos de onda ainda mais curtos que os anteriores, está a radiação gama. É a radiação mais energética e é produzida quando matéria (um elétron) encontra antimatéria (um positrão). No cosmos há diversas fontes (figura 23), e não é raro detetar violentas erupções pontuais que emitem um potente jato de raios gama durante alguns minutos ou horas.

Como duram tão pouco, o problema é detetá-los e determinar a sua localização exata para saber que tipo de objeto produziu essa radiação. Objetos como núcleos ativos de galáxias, pulsares e supernovas foram identificados como fontes de raios X.

Na Terra esta radiação é emitida pela maioria de elementos radioativos. Tal como os raios X, esta radiação é usada em medicina tanto para obtenção de imagens (figura 24) como para curar doenças como o cancro.

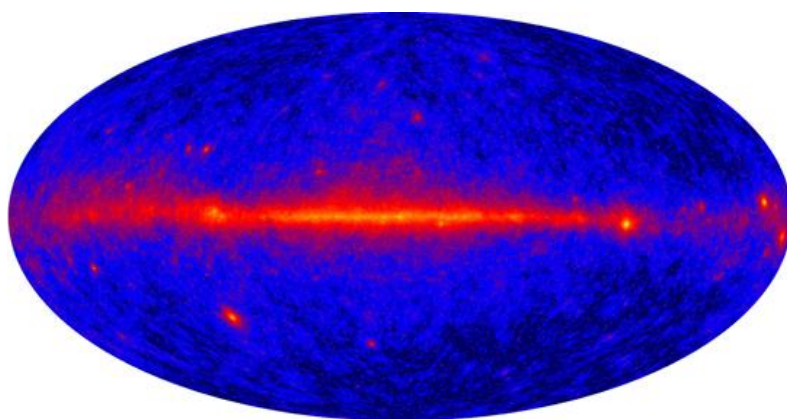


Fig. 23: Mapa do Universo exposto pelo “Fermi Gama-Ray Space Telescope”. A linha central é a nossa galáxia.

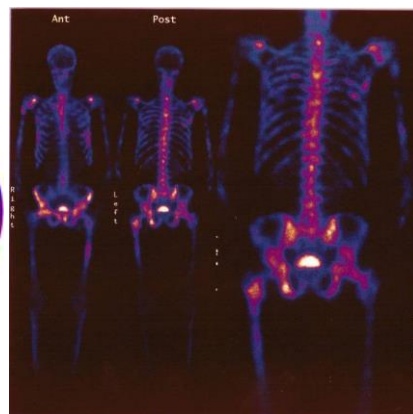


Fig. 24: Gamagrafia óssea do corpo humano.

Bibliografia

- Mignone, C., Barnes, R., *More than meets the eye: how space telescopes see beyond the rainbow*, Science in the School, Eiro Forum, 2014.
- Moreno, R, *Experimentos para todas las edades*, Ed. Rialp. Madrid 2008.

Fontes da Internet

- Spitzer Telescope, Educacion, California Intitute of Technology: <http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/index.shtml>
- http://www.scienceinschool.org/2014/issue29/EM_Astronomy
- <https://www.khanacademy.org/science/cosmology-and-astronomy/universe-scale-topic/light-fundamental-forces/v/introduction-to-light>
- Chandra X-ray Observatory: <http://chandra.harvard.edu/about>
- The Fermi Gamma-ray Space Telescope: <http://fermi.gsfc.nasa.gov>