

CARLOS FIOLHAIS
DÉCIO RUIVO MARTINS
JOÃO FERNANDES
MARIA DA GRAÇA MIGUEL
PAULO GAMA MOTA
RUI FAUSTO

SEGREDOS DA LUZ E DA MATÉRIA

A EXPOSIÇÃO QUE INAUGURA O MUSEU DA CIÊNCIA explora o tema da luz e da matéria, cujo conhecimento sofreu um forte impulso com a revolução científica ocorrida no século XVII, continuou com a criação da ciência química em finais do século XVIII e tem prosseguido até aos nossos dias. A exposição intitula-se *Segredos da Luz e da Matéria*.

No Grande Laboratório de Química faz-se, mais do que nos outros sítios do edifício, a memória do lugar (*"l'esprit du lieu"*). Nela se apresentam alguns aspectos da investigação científica no final do século XVIII, ao tempo da construção do edifício, procurando realçar a importância da investigação experimental. A construção de um laboratório químico justificava-se, na época, por a química emergente ser uma ciência eminentemente experimental e por haver muitas manipulações potencialmente perigosas, que obrigavam a condições e cuidados especiais. A ciência moderna, iniciada por físicos como o italiano Galileu Galilei e o inglês, Isaac Newton e prosseguida por químicos como o francês, Antoine Lavoisier e biólogos como o inglês, Charles Darwin, pôs desde o seu nascimento a ênfase na experimentação, o que de resto constituiu a razão do seu impressionante sucesso. No espaço do Grande Laboratório de Química são apresentados alguns aspectos da investigação experimental na época em que o edifício foi erguido, principalmente em química mas também em física (na altura chamada filosofia natural) e em ciências naturais (antigamente história natural).

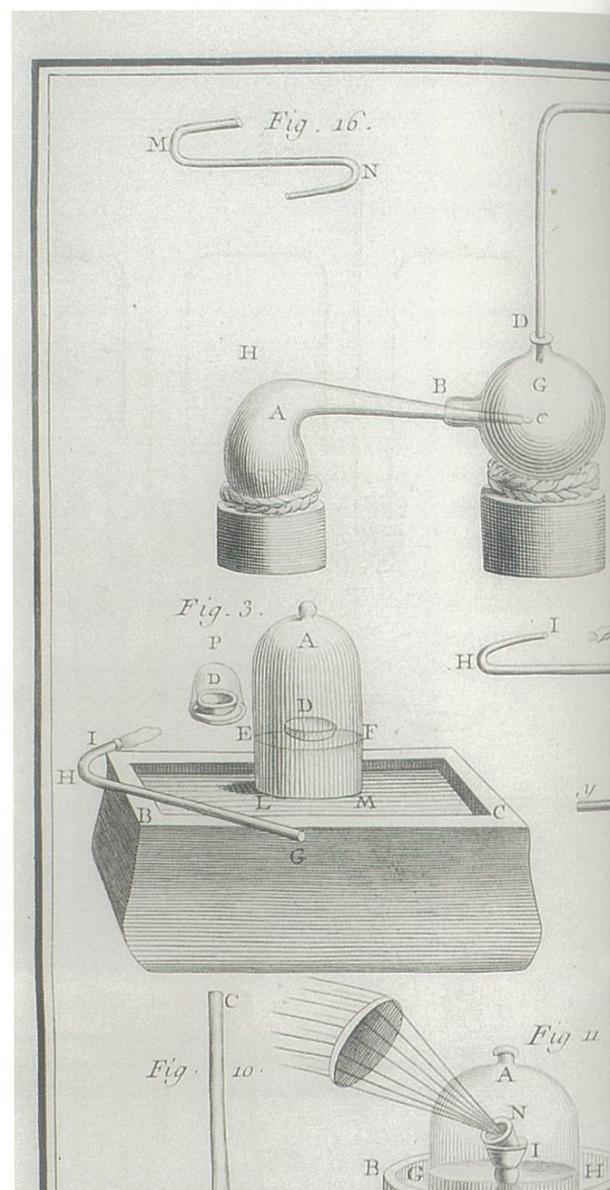
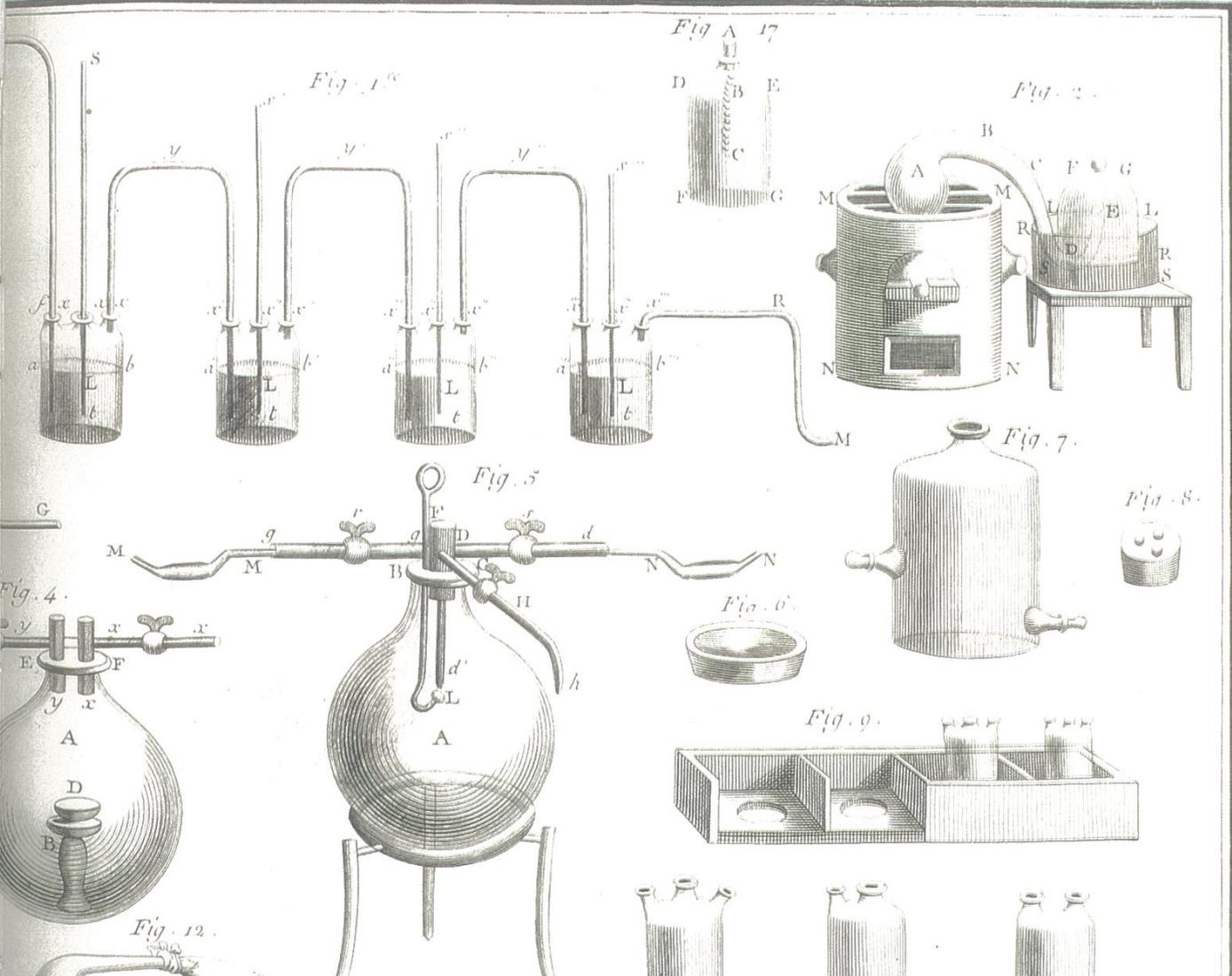


Ilustração de equipamento de Lavoisier. Gravura
 in M. Lavoisier, 1805, *Traité élémentaire de chimie*.
 3º vol. Biblioteca Geral da Universidade
 de Coimbra, Biblioteca Joanina.

Planché IV.



A ORIGEM DA QUÍMICA E A INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA NO SÉCULO XVIII

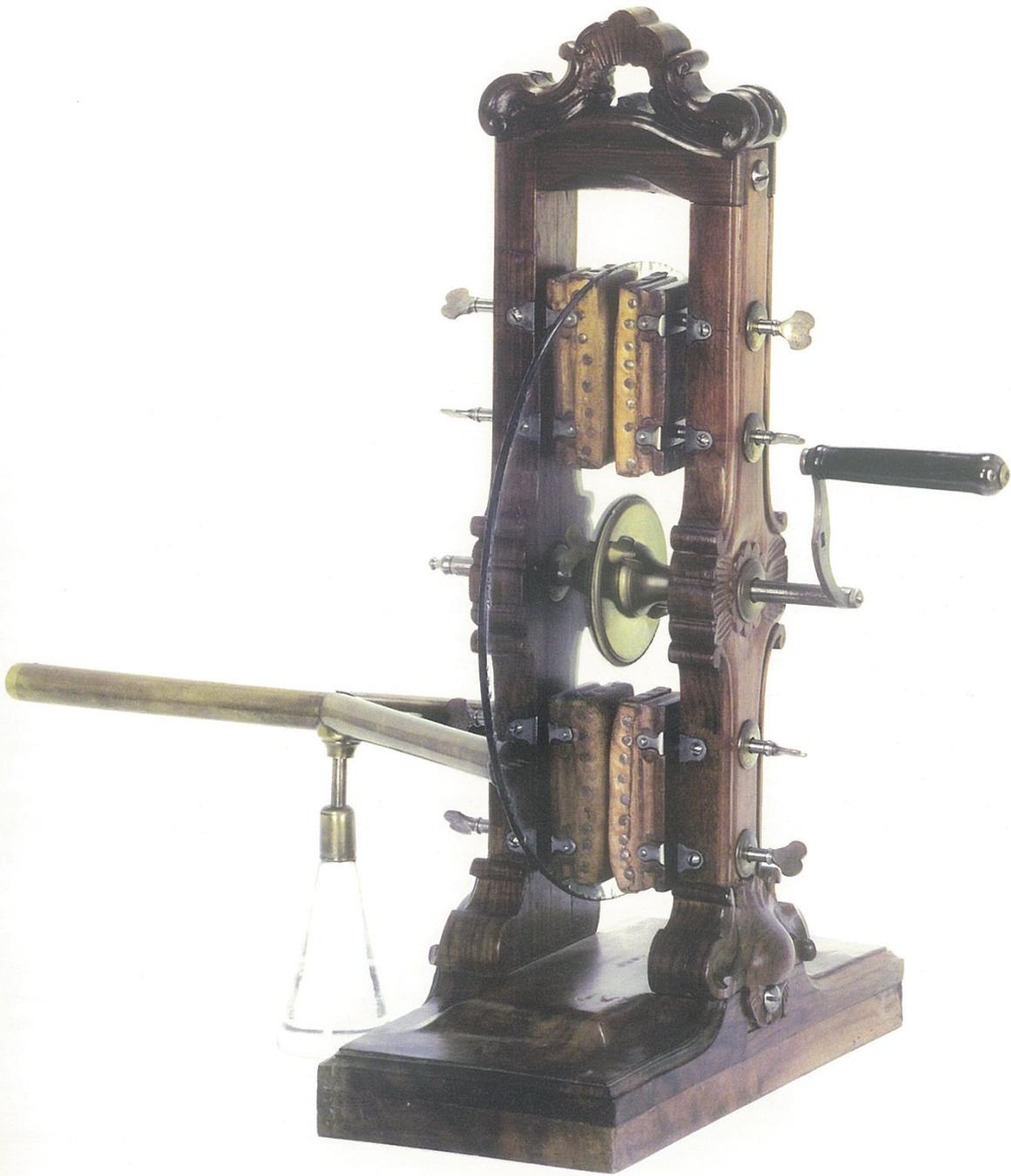
A seguir, a exposição desenvolve o tema da luz e da sua relação com a matéria, numa abordagem multidisciplinar onde a física, a química, a astronomia, a biologia e a geologia aparecem relacionadas.

A luz é afinal o meio mais importante de que dispomos para conhecer o mundo. Os fenómenos da luz e a interacção dela com a matéria podem ser encarados em várias vertentes, como as propriedades da luz, a emissão e absorção de luz pela matéria, o Sol e a luz solar, e a visão e a cor. Em todas essas vertentes, foi o método experimental que permitiu desvendar os segredos da luz e da matéria. Com efeito, foram experiências de física e de química realizadas nos séculos XIX e XX, com base na luz, que conduziram à identificação dos elementos químicos presentes no Universo, quer na Terra quer no espaço exterior. Tal foi feito de vários modos, explorando várias propriedades da luz. Em resultado desses progressos científicos e das diversas tecnologias depois desenvolvidas, a luz está hoje presente nas nossas vidas, das mais diversas formas.

O ESPAÇO DO GRANDE LABORATÓRIO DE QUÍMICA serve, em primeiro lugar, para assinalar a memória do lugar. Aproveitando a imponência do edifício e o seu indiscutível valor histórico, recria-se nesse espaço o ambiente de um laboratório do final do século XVIII e início do século XIX. Ao longo dessas décadas ocorreu um enorme desenvolvimento da experimentação científica (surgida, como foi dito, no século XVII, mas que se desenvolveu nos séculos seguintes). Ela conduziu à necessidade de projectar, construir e apetrechar laboratórios para o ensino e a investigação experimental.

O papel essencial da experimentação no trabalho científico é realçado pela apresentação de um conjunto de experiências históricas, originalmente realizadas nos séculos XVIII e XIX, que se revelaram cruciais para a evolução dos vários ramos das ciências exactas e naturais. Algumas experiências surgem na forma de reproduções das experiências científicas originais, com recurso a instrumentos antigos, mas outras são mostradas com instrumentos e metodologias modernas.

Máquina electrostática de disco de vidro, construtor desconhecido. Lisboa. 1773 (incorporação). Cristal, madeira esculpida, latão, aço, chifre e couro. 58,3x24,5x63 cm. Index Instrumentorum, 1788: QIV.532. Coimbra, Museu de Física da Universidade de Coimbra, Inv. 564



Algumas das primeiras experiências da nova ciência química disseram respeito à identificação do elemento oxigénio, que se encontra no ar e que é fundamental para a respiração dos seres vivos. Demorou muito desde a Antiguidade até se perceber que o ar não era uma substância elementar, mas sim uma mistura de elementos. Na segunda metade do século XVIII, a química, herdeira da alquimia, procurava estabelecer-se em bases científicas, libertando-se das suas raízes esotéricas. Apesar de ter havido e ainda continuar a haver hoje alguma controvérsia sobre a prioridade da descoberta, uma experiência realizada pelo químico inglês Joseph Priestley foi fundamental para a descoberta do oxigénio. A experiência, realizada em 1774, por altura da construção do Laboratório Químico de Coimbra, consistiu na decomposição térmica do óxido de mercúrio para obter oxigénio e revelou aquilo que na altura foi chamado “ar deflogistado” (ar a que se tirou o “flogisto”, uma substância que na altura era presumida a fim de explicar certos processos químicos), que hoje é conhecido por oxigénio. A descoberta do oxigénio foi também feita quase na mesma altura, embora usando outros métodos, pelo químico sueco, Carl Scheele e pelo químico francês, Antoine Lavoisier. Este último, considerado o “fundador da química”, removeu definitivamente a hipótese da existência do flogisto, o fluido misterioso no qual até então se acreditava.

Tal como o ar, também a água não é uma substância elementar. E o elemento oxigénio está presente não só no ar, mas também na água. A experiência de composição da água, ou síntese da água a partir do oxigénio e do hidrogénio, realizada por Antoine Lavoisier, em 1777, comprovou que a água não é um elemento indecomponível. Lavoisier também realizou o processo inverso de decomposição da água, separando-a em oxigénio e hidrogénio. É, de facto, uma substância composta por esses dois elementos: embora na altura, não se falasse nem de átomos, nem de moléculas, sabe-se hoje que a molécula de água é constituída por um átomo de oxigénio e por dois átomos de hidrogénio. Tal como no caso da decomposição do ar também na decomposição da água há quem atribua a mesma descoberta a outros, tais como os físicos britânicos, Henry Cavendish ou James Watt.

A experiência de electrólise da água realizada em 1800, pelo químico inglês, William Nicholson, concretizou a decomposição da água em oxigénio e hidrogénio por acção da electricidade. Essa foi a primeira reacção química realizada por acção eléctrica (a pilha tinha nessa altura acabado de ser inventada pelo italiano Volta). O procedimento da electrólise está na base das modernas células de combustível, uma tecnologia com imensas potencialidades na área dos transportes que aproveita a energia libertada quando a água é decomposta nos seus constituintes.

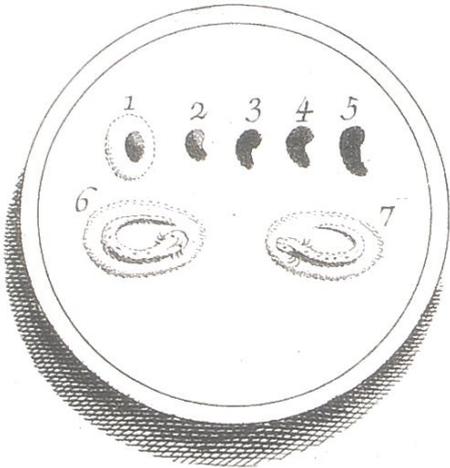
As novas ideias da química difundiram-se rapidamente, chegando a Portugal. Vicente Seabra, um jovem português nascido no Brasil (lembra-se que o Brasil integrava na altura o império português e alguns jovens brasileiros vinham estudar para a única universidade do império), foi professor de Química e Metalurgia na Universidade de Coimbra, na época da construção do edifício. Foi ele o primeiro defensor das ideias de Lavoisier em Portugal. Em 1788 publicou em Coimbra o primeiro volume dos seus *Elementos de Chimica*, um ano antes do famoso *Traité Élémentaire de Chimie* de Lavoisier. Esse facto basta para mostrar a actualização do ensino que se fazia em Coimbra na época pombalina ou pouco depois.

Pilha de Volta,
1800-1824, Museu
de Física, Depar-
tamento de Física,
FCTUC. Inv. FIS_263

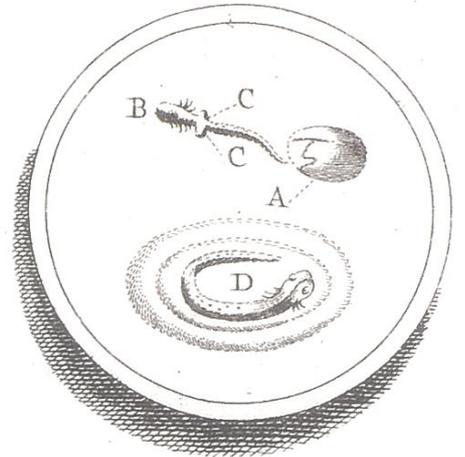
Lente convergente
montada num
suporte.
Constructor: Joaquim
José dos Reis (?).
Lisboa. 1773 (incorpo-
ração). Madeira, vidro
e latão. 46x30,5x21
cm. *Index Instrumen-
torum*, 1788:V.I.331.
Coimbra, Museu de
Física da Universidade
de Coimbra, Inv. 434.



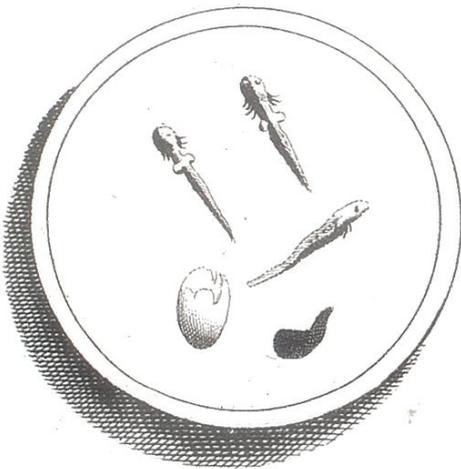
Fig. XVI



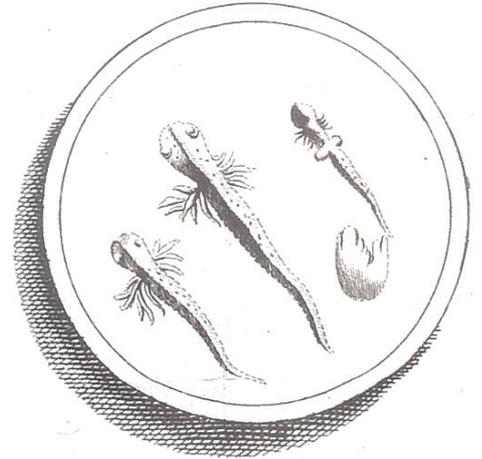
XVII



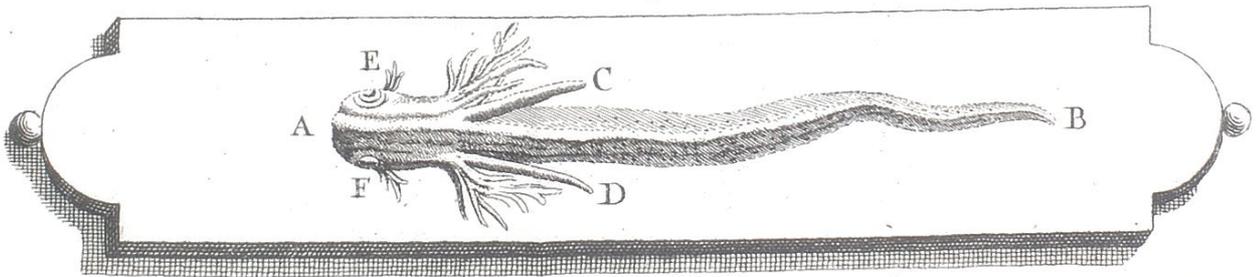
XVIII



XIX



XX



A DESCOBERTA DA LUZ E DA MATÉRIA NOS SÉCULOS XIX E XX

Ao mesmo tempo que se faziam as mencionadas experiências de química, outras experiências permitiam a emergência da biologia. Experiências realizadas entre 1765 e 1780 pelo naturalista italiano Lazzaro Spallanzani sobre a reprodução de vertebrados conduziram às primeiras inseminações artificiais em animais (hoje já se fazem inseminações artificiais em humanos). O mesmo cientista lutou contra a ideia de geração espontânea e mostrou, muito antes do biólogo francês do século XIX, Louis Pasteur, que os micróbios eram eliminados pela fervura.

Nessa mesma época, disputava-se a natureza da luz: se era formada por corpúsculos, como afirmou o inglês Isaac Newton, ou por ondas, como defendia o holandês Christian Huyghens. Era preciso uma experiência crucial para decidir entre as duas teorias. A experiência de difração da luz realizada, em 1803, por Thomas Young, um inglês que foi físico, médico (estudou o cristalino do olho) e egiptólogo (estudou a famosa Pedra da Roseta, que proporcionou a decifração da escrita egípcia), deixou claro que a luz tinha uma natureza ondulatória. Essa experiência mostrava que a luz se espalha como uma onda ao atravessar um pequeno orifício, ou ao passar por um obstáculo de pequenas dimensões. Se colocarmos um alvo em frente, há pontos que são iluminados e que nunca o poderiam ser se a luz viajasse, como uma partícula, em linha recta.

A LUZ É UM TEMA VISUALMENTE FORTE e emocionalmente envolvente, que se relaciona de perto com o quotidiano de todos nós. Mas o que é a luz? Como é que ela se relaciona com a matéria que os químicos começaram no século XVIII a desvendar? O tema “Segredos da luz e da matéria” desenvolve-se no Museu da Ciência da Universidade de Coimbra relacionando questões científicas com a nossa experiência do dia-a-dia e apelando à curiosidade do visitante através da realização de pequenas experiências ilustrativas ou da apresentação de exemplos que nos são familiares na vida corrente e que exemplificam o papel e a importância da ciência nas nossas vidas.

Vários módulos expositivos, numa sequência que não é histórica nem disciplinar, apresentam temas da luz e da matéria: a natureza e as propriedades da luz (temas da física), a interacção da luz com a matéria revelada por espectroscopia (física e química), o Sol e as características da luz solar (astronomia e astrofísica), os instrumentos ópticos (física e matemática), a visão animal e humana (biologia e medicina) e a cor e os pigmentos (química e geologia).

O QUE É A LUZ?

A NOTÁVEL EXPERIÊNCIA DE DECOMPOSIÇÃO DA LUZ realizada pelo físico inglês Isaac Newton em 1666, mostrou que a luz branca se podia decompor num conjunto de luzes de várias cores. Newton demonstrou que a decomposição da luz branca não era um efeito do prisma, mas correspondia a uma propriedade natural da luz. Ficou assim explicado o fenómeno natural do arco-íris. Por um processo inverso, a luz decomposta podia voltar a ser recomposta em luz branca. É fácil hoje recriar a experiência de Newton de forma moderna: a luz branca decompõe-se com a ajuda de um prisma, mas o mesmo já não acontece com a luz monocromática de uma fonte laser. O laser é uma luz intensa e coerente que tem uma só cor, com uma vasta utilização corrente em leitores dos CD-ROM e DVD, nas fibras ópticas e nos leitores de códigos de barras existentes em supermercados, armazéns e bibliotecas.

A luz tem propriedades únicas como a de se propagar a uma velocidade tão elevada para a nossa percepção (trezentos mil quilómetros por segundo), que parece mesmo instantânea. Os fenómenos de reflexão (que acontece à luz quando bate num espelho), refacção (que acontece à luz quando muda de meio) e difracção (que acontece à luz quando encontra um obstáculo ou um orifício), são comuns à luz e a todos os fenómenos ondulatórios e estão na base dos numerosos efeitos luminosos que observamos por todo o lado. É, por exemplo, com base na propagação da luz em linha recta e nos fenómenos da reflexão e refacção (que tanto se podem descrever no quadro de uma teoria corpuscular como no quadro de uma teoria ondulatória) que se explica o funcionamento de vários instrumentos ópticos, como o telescópio, o microscópio e o espectroscópio.

A luz visível, composta pelas cores do arco-íris, é apenas uma pequena parte de um conjunto bastante mais vasto formado pelas ondas da radiação electromagnética. O chamado “espectro electromagnético” (a palavra “espectro” remete para um fantasma e, de facto, tinha algo de fantasmático o aparecimento da luz de várias cores a partir da luz branca...) compreende radiações invisíveis de baixa frequência (frequência é o número de repetições, ou ciclos, da onda por unidade de tempo), como as ondas de rádio e de televisão e as microondas, e de muito elevada frequência, como os raios X e os raios gama. É bem conhecida a utilidade das radiações do espectro electromagnético: as ondas de rádio e televisão assim como as microondas têm aplicações nas telecomunicações, ao passo que os raios X e raios gama têm aplicações médicas tanto em diagnóstico como em terapia. A radiação visível, que é a luz mais intensamente emitida pelo Sol e a única perceptível pelos nossos olhos, está no meio e corresponde a uma parte muito pequena desse espectro. As várias cores correspondem a ondas de várias frequências. A zona visível do espectro, compreendida entre o vermelho e o violeta, situa-se entre e o infravermelho (invisível, e de frequência menor que a radiação visível) e a luz ultravioleta (também invisível, mas de frequência mais elevada que a radiação visível).

Foi em 1800, na mesma altura em que se fazia a experiência de electrólise da água por Nicholson e pouco antes da experiência de Young (que foi decisiva para a aceitação da natureza ondulatória da luz), que o físico inglês William Herschel descobriu a luz infravermelha. Um termómetro colocado na zona invisível, perto da zona vermelha do espectro visível, revelou uma nova radiação. Essa experiência, originalmente realizada com três termómetros em várias zonas do espectro, pode ser reproduzida com modernos e muito sensíveis termómetros digitais: ao lado da parte visível do espectro, junto ao vermelho, existe uma radiação invisível que provoca aquecimento. A luz infravermelha tem hoje aplicação corrente, por exemplo, nos comandos de televisão.

Fig: 17.

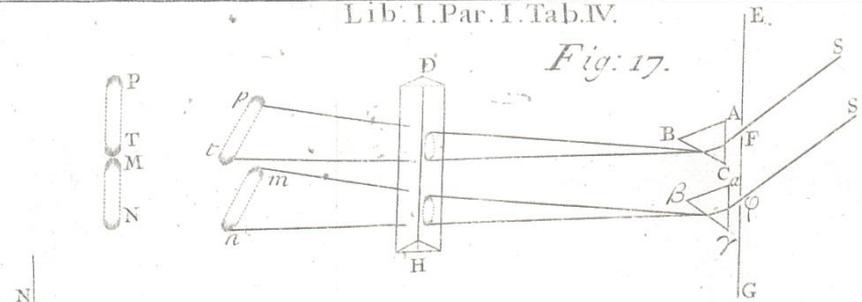


Fig: 18.

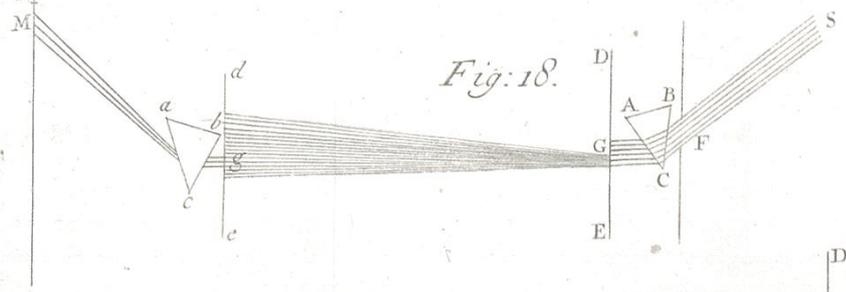


Fig: 19.

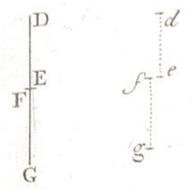


Fig: 20.

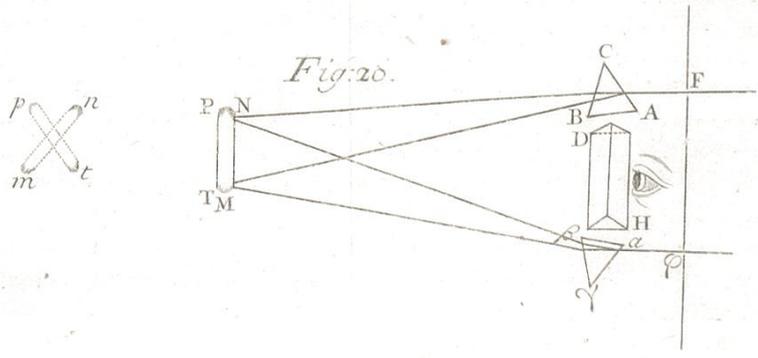


Fig: 21.

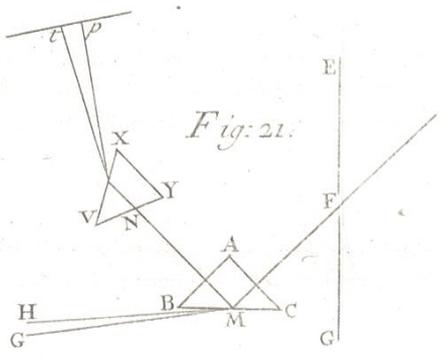
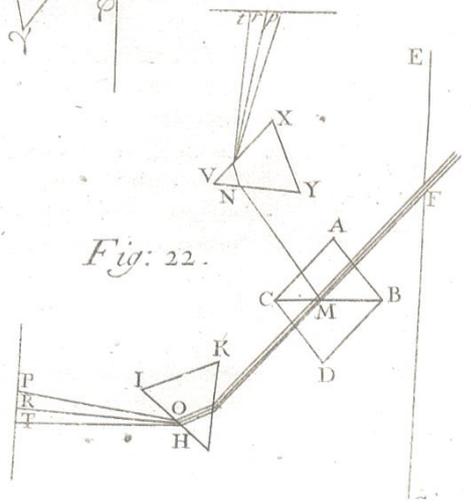


Fig: 22.



Isaaco Newton,
Optice: Sive de Reflexionibus, Refractionibus, Inflexionibus et Coloribus, Lucis, Libri tres,
Equito aurato, Latine Reddidit, Samuel Clarke, S.T.P., Lausannae et Genevae, 1740, p.6. Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra - Biblioteca Joanina



Aparelho composto por 7 espelhos planos, (Chevalier), 1840, Museu de Física, Departamento de Física, FCTUC
Prisma, 1864, Museu de Física, Departamento de Física, FCTUC



A luz ultravioleta é emitida pelo Sol (tal como os outros tipos de radiação), mas é absorvida pela atmosfera, excepto no famoso “buraco de ozono” na Antártida (o ozono é uma substância cujas moléculas são feitas de átomos do elemento oxigénio, mas têm três átomos de oxigénio em vez de dois). Actualmente existem lâmpadas de ultravioletas, que servem, por exemplo, para bronzeamentos artificiais. Outra utilização corrente da luz ultravioleta consiste na visualização de certo tipo de papel com abrillantador óptico. Essa técnica serve, por exemplo, para detectar notas falsas, nos bancos ou em algumas lojas.

Os raios X foram descobertos em Dezembro de 1895 pelo físico alemão Wilhelm Roentgen, quando estudava a passagem de correntes eléctricas em tubos. Essa experiência foi facilmente repetida em Coimbra cerca de um mês depois, uma vez que os instrumentos necessários (bobina de Ruhmkorff e o tubo de Crookes) existiam no Laboratório de Física da Universidade de Coimbra. Pouco tempo após a sua descoberta, os raios X começaram a ser aplicados na medicina. Hoje há outras formas de imagiologia médica, que permitem ver o interior do corpo humano, quase todas elas baseadas na física: por exemplo, é possível fazer filmes, contendo imagens do nosso cérebro em actividade (ressonância magnética e emissão de positrões – PET) ou imagens de endoscopia ou colonoscopia (feitas com lâmpadas minúsculas colocadas no tubo digestivo).

O fenómeno da reflexão da luz consegue-se com um simples espelho num meio. Já a refacção da luz exige a presença de dois meios, por exemplo o ar e a água ou o ar e o vidro de uma lente. Os óculos para correcção visual são, ao fim e ao cabo, lentes apropriadas para, através do fenómeno da refacção, corrigir defeitos de visão. O funcionamento de instrumentos ópticos de ampliação – telescópios – pode ser explicado com base nas propriedades da reflexão e da refacção. Por exemplo, a primeira luneta que Galileu usou no início do século XVII consistia na junção de duas simples lentes nos extremos de um tubo.

Durante muitos anos teve lugar uma polémica entre os partidários da teoria corpuscular e os adeptos da teoria ondulatória. Mas, com os resultados da experiência de Young e de várias outras experiências que mostraram no século XIX a interferência e a polarização das ondas de luz, a teoria ondulatória da luz parecia ter triunfado. Por exemplo, o efeito de Doppler – o desvio de frequência de uma fonte de ondas em movimento, descoberto em 1842 pelo físico e matemático austríaco Christian Doppler – foi observado, primeiro para as ondas de som e só mais tarde para as ondas de luz. Além do mais, o escocês James Clerk Maxwell, formulou um quadro teórico em que a luz aparecia claramente como uma onda: a oscilação dos campos eléctrico e magnético (os campos eram grandezas físicas, que se estendiam no espaço, associadas às forças eléctricas e magnéticas). Contudo, e para grande surpresa geral, o físico suíço Albert Einstein mostrou teoricamente, ao interpretar o efeito fotoeléctrico que a luz é não só onda como partícula. Para explicar o efeito fotoeléctrico era necessário admitir que a luz tem uma natureza corpuscular: é formada por grãos de luz, hoje chamados fotões. O efeito fotoeléctrico, descoberto pelo físico alemão Gustav Hertz, o mesmo que deu o nome às ondas hertzianas (ondas de rádio e televisão), consiste na emissão de electrões da superfície de um metal. Einstein afirmou que era o choque dos fotões que expulsava os electrões, conseguindo assim descrever os resultados experimentais. Hoje, uma experiência simples permite medir a corrente eléctrica produzida por uma célula fotoeléctrica quando nela incide luz. Note-se, porém, que a maioria das células fotoeléctricas não usa o efeito fotoeléctrico, característicos dos metais, mas sim, o efeito fotovoltaico, característico dos semicondutores, no qual os electrões são promovidos e despromovidos de níveis superiores de energia nos átomos dentro do material, em vez de serem emitidos para o exterior.

LUZ E MATÉRIA

A LUZ PODE TER ORIGEM OU FIM NOS ÁTOMOS que constituem a matéria. A luz e a matéria são duas entidades indissociáveis. Esta relação é tão íntima que boa parte da história do Universo é conhecida pela radiação que foi emitida pela matéria e que chegou até nós. A luz pode ser originada ou absorvida pela matéria. São aliás bastante comuns os fenómenos de emissão ou absorção de luz. A investigação dos fenómenos de emissão de luz por gases, sob uma acção eléctrica, começou em finais do século XIX com os chamados tubos de Geissler que emitem luz. Tratam-se de tubos de vidro contendo gases, que são precursores dos modernos tubos de néon. O nome deve-se ao seu criador, o fabricante de instrumentos alemão do século XIX, Johann Geissler.

Quando a luz incide numa substância gasosa atomizada, uma parte dessa luz é absorvida, observando-se no espectro de luz decomposta um conjunto de barras verticais negras, correspondentes à energia que foi absorvida em certos comprimentos de onda. Essas riscas, que se observam em locais precisos do espectro, funcionam como uma espécie de “impressões digitais” dos elementos: trata-se de um código identificador, semelhante, de algum modo, aos códigos de barras dos produtos que consumimos. A técnica chama-se espectroscopia e o aparelho que a permite, baseado num prisma ou equivalente, chama-se espectroscópio.

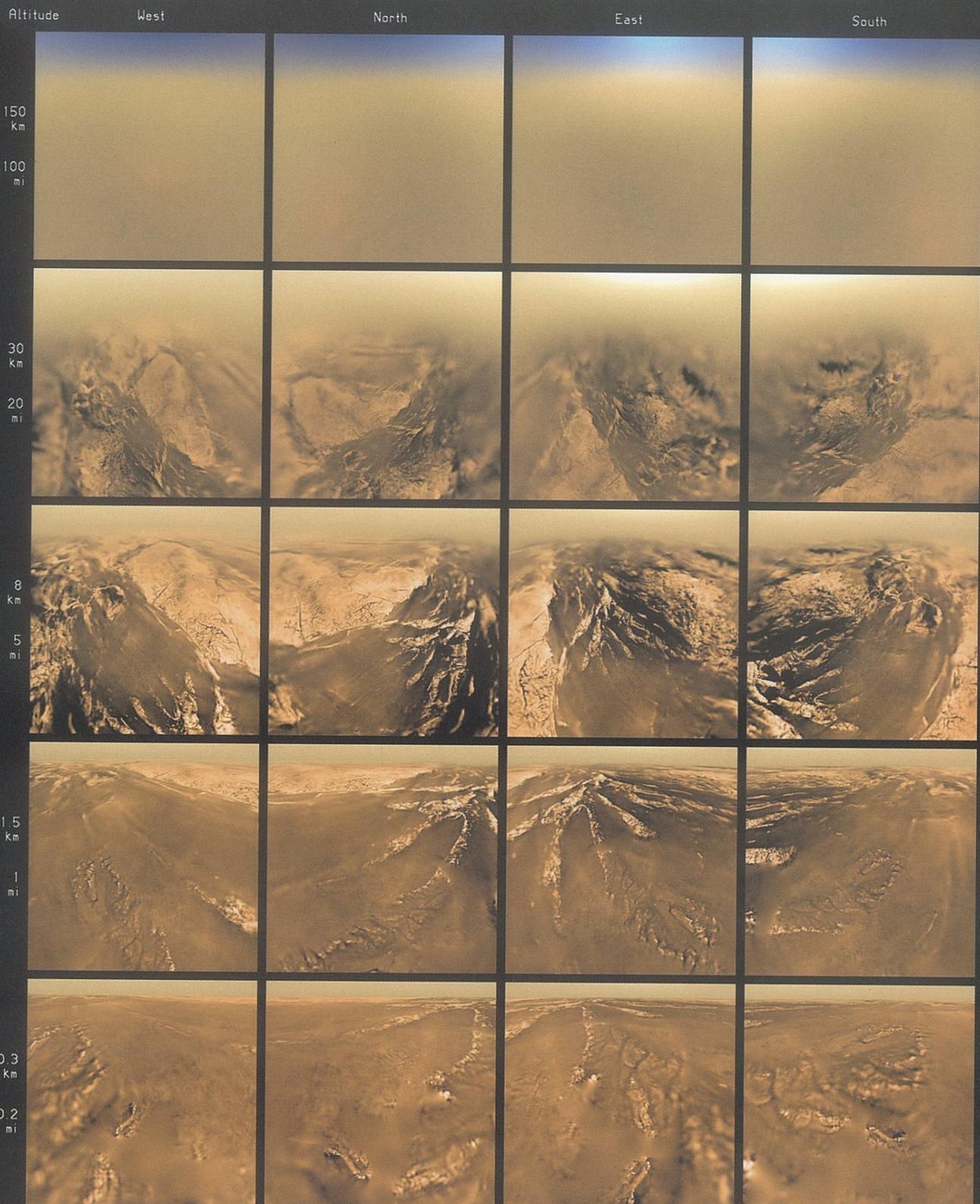
A emissão e absorção de luz puderam ser explicadas usando o modelo criado pelo físico dinamarquês Niels Bohr em 1913 para descrever o átomo de hidrogénio: elas correspondem a saltos electrónicos entre níveis de energia atómicos. Um salto de electrão para ganhar energia faz-se com absorção de luz e um salto para perder energia faz-se com emissão de luz. Só certos saltos são permitidos. Uma pequena escadaria pode servir como modelo para compreender o átomo de Bohr: os “saltos” entre níveis atómicos correspondem a processos de emissão ou absorção de luz. Através da análise de espectros podem identificar-se os elementos químicos da tabela periódica presentes numa dada amostra de matéria, recolhida na Terra ou no espaço. A teoria de Bohr foi um passo muito importante no desenvolvimento da teoria quântica, a moderna teoria das moléculas, dos átomos, dos núcleos atómicos e das partículas, que permite explicar melhor as várias formas de interacção da luz com a matéria.

Entre as várias linhas observadas, as chamadas linhas de Fraunhofer foram particularmente importantes para tornar a espectroscopia quantitativa, permitindo o desenvolvimento da chamada espectrometria. Não se tratava apenas de ver, mas também de medir os espectros. Joseph von Fraunhofer, um físico alemão que viveu nos séculos XVIII e XIX, foi o inventor, em 1814, do espectroscópio, o aparelho para observar espectros. As linhas com o seu nome, são algumas centenas de linhas de absorção atómica existentes no espectro solar que ele observou pela primeira vez, logo que se serviu do novo instrumento. Porém, só em 1859 os físico-químicos alemães Gustav Kirchhoff e Robert Bunsen (este último deu o nome ao bico de Bunsen, muito usado nos laboratórios de química), explicaram o fenómeno. Estes cientistas criaram o espectroscópio que tem hoje o seu nome, aperfeiçoando o aparelho de Fraunhofer, o que permitiu visualizar os espectros de emissão de alguns gases elementares.

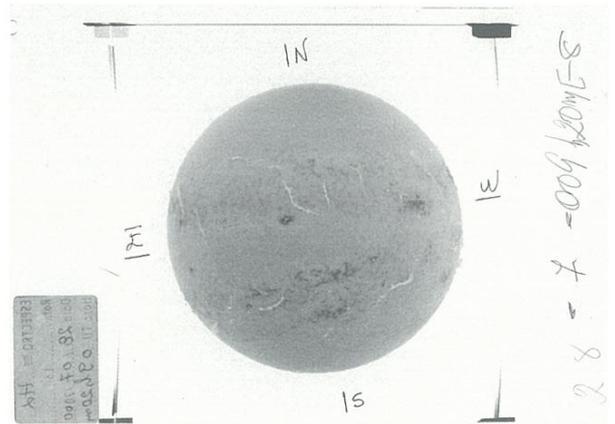
Modernamente, as técnicas de espectroscopia servem não apenas para ver o Sol, mas também para outras estrelas, assim como para planetas. Por exemplo (e vários exemplos poderiam ser dados!), muitas imagens de Saturno e da sua lua Titã, foram obtidas recentemente pela sonda Cassini-Huygens, um projecto conjunto das agências espaciais norte-americanas e europeia, a NASA e a ESA. Além de imagens, foi recolhida informação sobre a composição de Titã obtida a partir da análise espectroscópica: encontraram-se principalmente as substâncias azoto e metano, que também existem na Terra.

Imagens aéreas de Titã captadas pela sonda Huygens, durante a sua descida sobre aquela lua de Saturno (ESA).

Aerial Views of Titan Around the Huygens Landing Site



Fotografias do Sol realizadas no Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, no ano de 2000. H alfa, K3, H alfa.

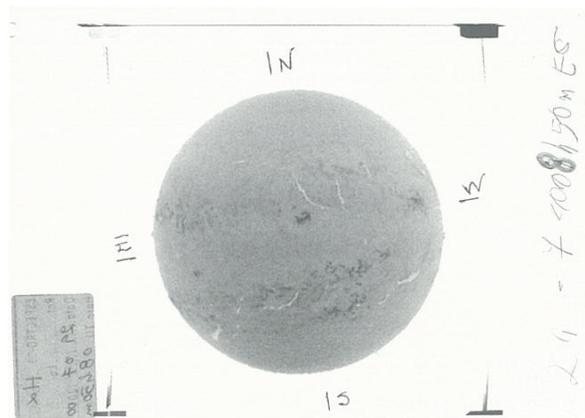
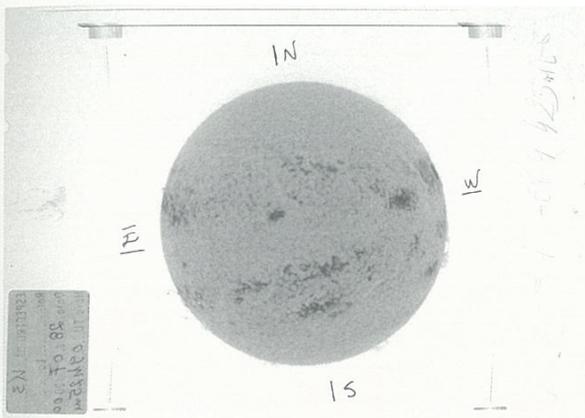


A LUZ DO SOL

O SOL É A PRINCIPAL FONTE DE LUZ E DE ENERGIA NA TERRA. A actividade solar influenciou decisivamente a geografia do nosso planeta e a vida que aqui evoluiu. Essa mesma actividade solar é variável e, quando é mais violenta, tem efeitos visíveis na Terra, nomeadamente tempestades magnéticas.

O Sol brilha por causa da temperatura da sua coroa, que é cerca de 7000°C . Essa temperatura corresponde à cor amarelo-alaranjado do Sol. Mas a causa dessa emissão não é nenhuma reacção química, mas sim uma reacção nuclear de fusão que se realiza no cerne do Sol. Tal como as outras estrelas a ela semelhantes, o Sol é formado por várias camadas: o núcleo do Sol, onde se dão as reacções nucleares que transformam de hidrogénio em hélio, a zona radiativa e a zona convectiva. As erupções solares dão-se na última zona.

No interior do Sol o hidrogénio – o primeiro elemento da tabela periódica – é transformado no hélio – que é o segundo. Sabemos da presença desses elementos no Sol através de técnicas espectroscópicas, nomeadamente usando um espectroscópio de luz directa que permita ver as riscas de Fraunhofer: o elemento hélio (da palavra grega que significa Sol) foi mesmo identificado, primeiro no Sol antes de o ser na Terra. Com efeito, o hélio, que é um gás existente na Terra apenas em quantidade residual, foi descoberto no Sol, em 1868, pelo astrónomo inglês Joseph Norman Lockyer, o fundador da prestigiada revista científica “Nature”. Só mais tarde foi identificado na Terra, nomeadamente em minerais, em 1895, pelo químico escocês William Ramsay. O hélio está associado à radioactividade natural de certas regiões (a radiação alfa é formada por núcleos de hélio).

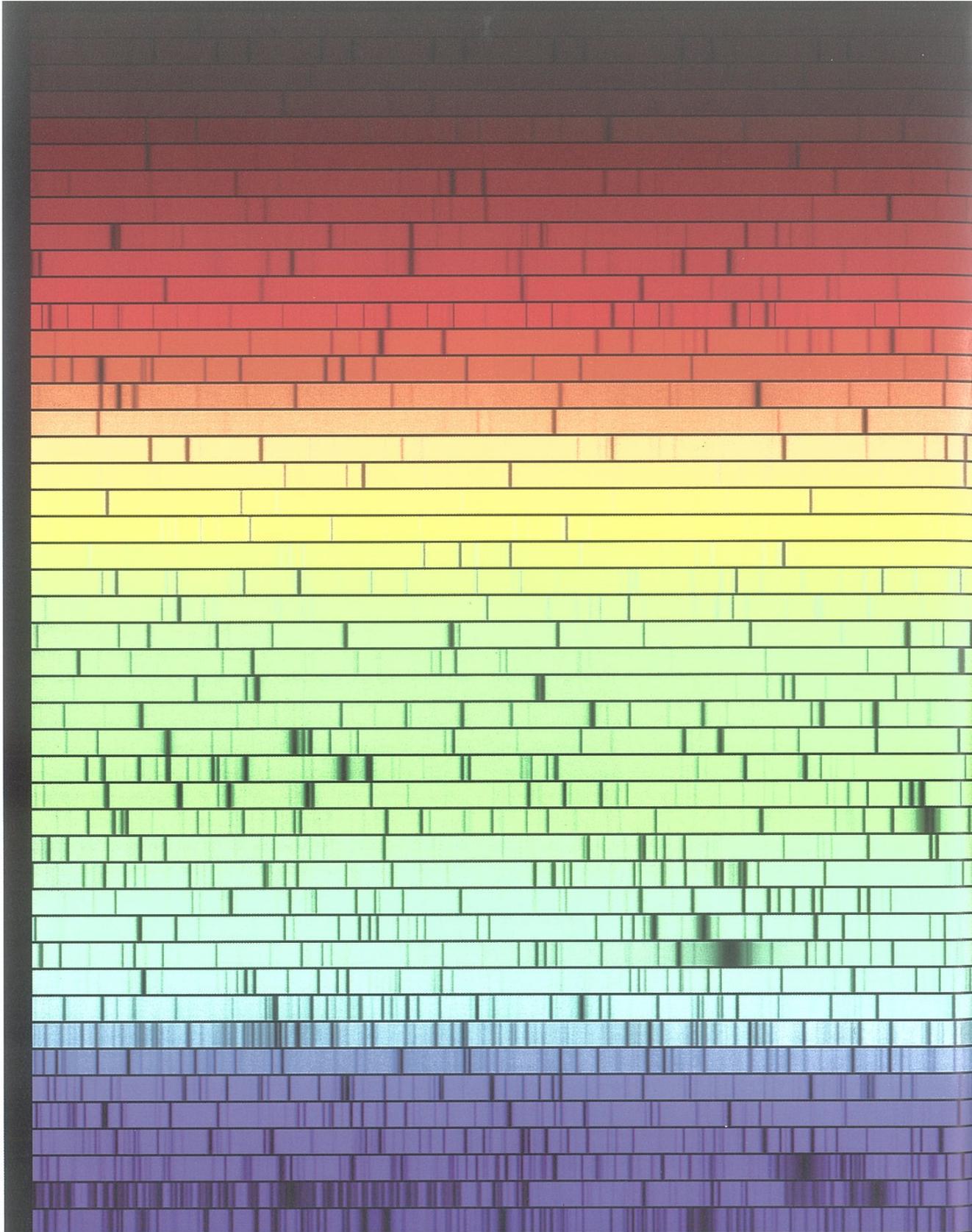


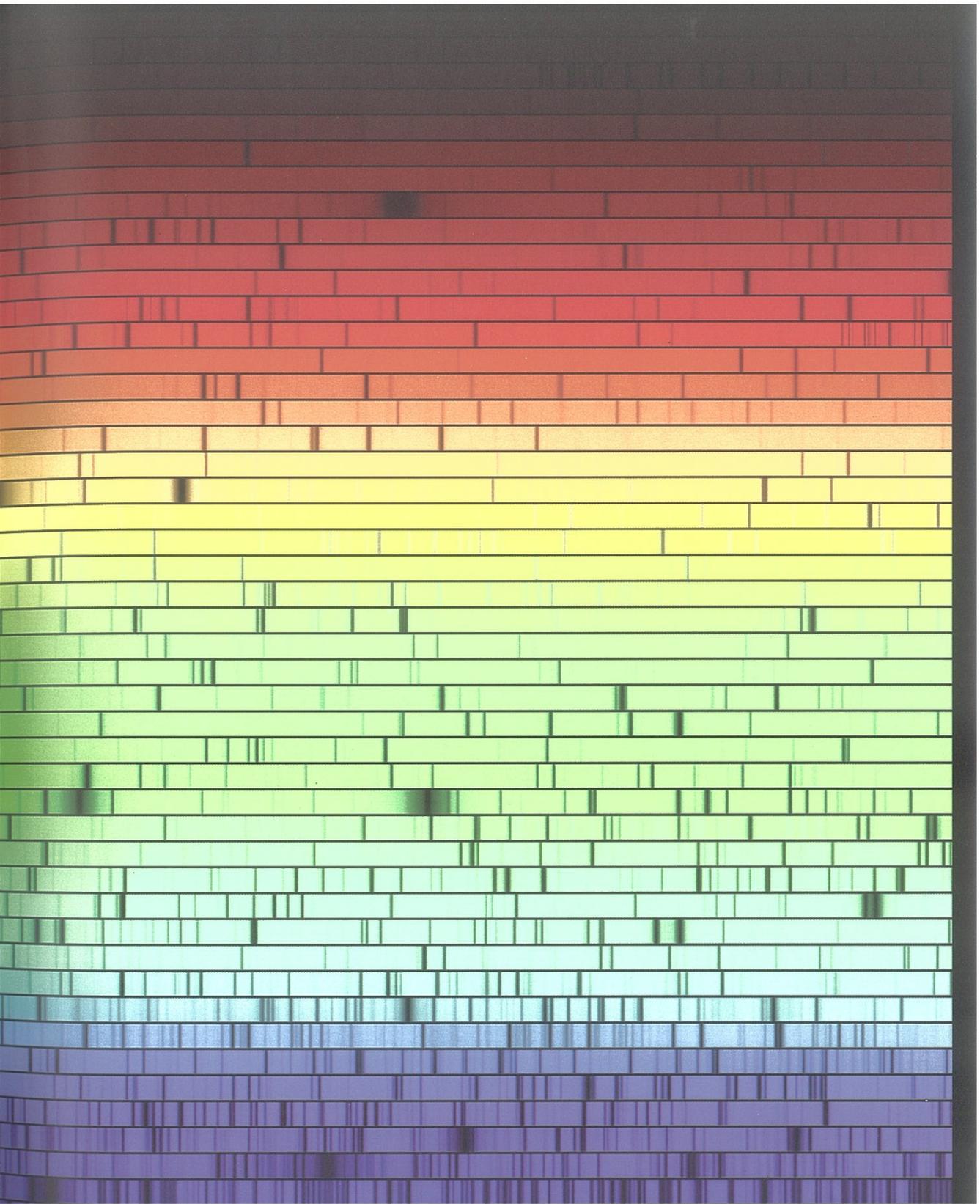
O Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, cujas origens remontam à época pombalina, tem-se dedicado de forma sistemática desde há cerca de um século à investigação solar, recolhendo e guardando imagens e registos espectroscópicos do Sol. O Observatório possui um registo ímpar da actividade solar ao longo do século xx, incluindo fotografias da evolução das manchas solares na superfície do Sol, na cromosfera e na fotosfera – estas manchas foram observadas pela primeira vez por Galileu com a sua luneta. Em 1926 foi instalado no Observatório, por Francisco da Costa Lobo, um foto-heliógrafo (aparelho que serve para observar o Sol, em particular as manchas solares), que era apoiado por um heliotropo (aparelho que serve para concentrar os raios solares num ponto distante). Costa Lobo foi professor da Universidade de Coimbra na transição do século xix para o século xx, tendo a sua acção abrangido toda a primeira metade do século xx. A ele se deve, em particular, a “esfera de Costa Lobo”, um modelo analógico do Sol que serviu para ensinar a posição das manchas solares.

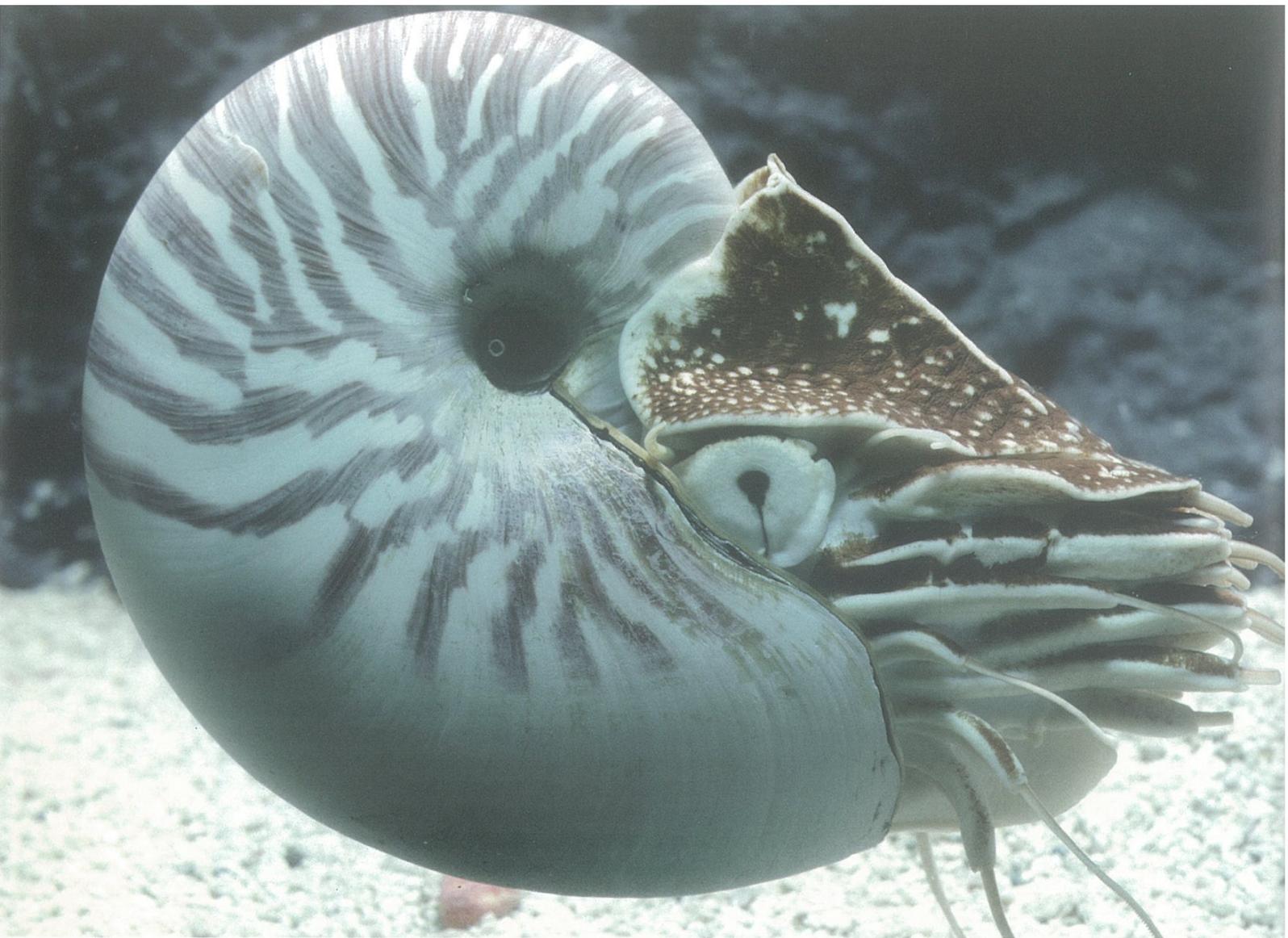
Modernamente, é relativamente fácil fazer a projecção real do Sol através da instalação de um heliostato num telhado e da condução da luz até ao interior, de modo a permitir a observação de uma imagem do Sol com as manchas solares. Mas, usando meios muito mais dispendiosos, é possível ver o Sol mais de perto: Imagens da actividade solar foram fornecidas pela sonda Soho, da NASA, utilizada para investigação solar. Também vemos as outras estrelas, com o auxílio de telescópios em terra e no espaço, como é o caso do telescópio espacial Hubble, que funciona com luz visível e luz infravermelha. Nem todas as estrelas emitem luz do mesmo modo que o Sol. Algumas emitem principalmente luz invisível. Através da luz, visível ou invisível, das estrelas conseguimos conhecer melhor as características das estrelas da nossa Galáxia e de outras galáxias, ainda que muito distantes. A luz é a única forma que os astrónomos têm de conhecer o Universo remoto! Tal como no Sol, embora em proporções diferentes, encontram-se hidrogénio, hélio e elementos mais pesados nas estrelas.

Págs. seguintes:

Espectro da luz solar. N.A.Sharp, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF







LUZ E VISÃO

O SOL LANÇA NO ESPAÇO UM GRANDE NÚMERO DE FOTÕES por segundo, uma parte dos quais atinge a Terra, atravessa a atmosfera e ilumina a superfície do nosso planeta. Seria de grande utilidade para os seres vivos que habitavam a Terra primitiva, desenvolver detectores dessa luz que lhes permitissem localizar predadores e presas à distância, ou evitar obstáculos, e que lhes possibilitaria ainda um movimento mais rápido. Foi o que fez o ramo animal dos seres vivos: a certa altura, no lento processo da evolução, os animais “inventaram” os olhos.

Imagem do cefalópode *Nautilus*, um fóssil vivo que possui um olho simples, tipo câmara, sem qualquer lente. [Monterey Bay Aquarium, California]

Há cerca de 560 milhões de anos, na era geológica do Câmbrio, deu-se uma enorme revolução na vida na Terra, quando surgiram os antepassados de quase todos os grandes grupos animais, designados por filos. Terá sido por essa altura que nasceram e evoluíram os vários tipos de olhos que conhecemos hoje e que conferiram uma enorme mobilidade aos animais, não verificada antes na Terra – os animais, em contraste com as plantas, são seres vivos que podem ter movimentos rápidos. A evolução dos olhos poderá ter sido a chave dessa grande revolução. Os olhos evoluíram nos animais para resolver os problemas da orientação, predação e defesa contra predadores.

Quando inspecionamos um olho humano, parecemos um órgão perfeito. A sua aparente perfeição constituiu uma dificuldade para Charles Darwin, que lhe dedicou grande atenção na sua obra, por não ser fácil explicar a evolução de um órgão tão complexo e tão perfeitamente adaptado à sua função. Contudo, ele encerra as marcas do processo evolutivo que conduziu ao olho dos vertebrados. Além disso, está longe de ser perfeito. Órgãos de enorme complexidade, os olhos evoluíram inúmeras vezes, com soluções diferentes, ao longo da história evolutiva da vida na Terra.

Para ter uma visão que detecte a direcção da luz, basta uma estrutura em forma de taça, como encontramos nos olhos de planárias ou de alguns moluscos. Contudo, esta origina muitas imagens do mesmo objecto sem precisão. Para formar uma única imagem de cada objecto é necessário que a taça se transforme numa câmara fechada com um pequeno orifício, como sucede com o olho do *Nautilus*. Quanto mais pequeno o orifício, mais precisa a imagem. Mas, se o orifício for muito pequeno, é necessário que os objectos estejam muito iluminados. Os olhos do *Nautilus* têm um orifício muito pequeno por onde entra a luz, formando-se as imagens na parede oposta sem grande definição. Este é o sistema “pinhole”, que foi e é usado em fotografia.

Há maneira de conseguir imagens nítidas dos objectos mesmo com pouca luz. As lentes permitem resolver o problema da focagem de imagens na retina, mantendo uma abertura maior da entrada da câmara. Tal proporciona uma visão de objectos menos iluminados, assim como uma visão mais rápida. Uma lente é um material transparente com propriedades de refacção diferente do meio circundante (água ou ar), o que causa um desvio na direcção da luz. Materiais adequados com a forma adequada, podem fazer convergir os raios de luz reflectidos pelos objectos no fundo dos olhos dos animais, ultrapassando o problema atrás referido.

A maior parte dos animais com olhos tipo câmara têm olhos com lentes, como os vertebrados, ou os polvos e lulas, que garantem uma boa visão para as suas necessidades. As lentes mais sofisticadas têm índices de refacção variáveis, o que permite uma maior eficiência na focagem das imagens provenientes do exterior. Uma solução diferente para a visão são os olhos compostos dos insectos. Um olho composto é constituído por muitos omatídeos, que são longos e estreitos tubos, com uma lente na extremidade. Cada omatídeo só capta imagens que lhes estão mesmo em frente. As imagens formadas deste modo são menos pormenorizadas que as obtidas por olhos tipo câmara.

E as cores, como as vemos? Encontramos na retina dois tipos de células fotoreceptoras especiais que absorvem a luz e a convertem em impulsos eléctricos: os cones e bastonetes. A percepção das cores resulta da excitação dos cones. Na nossa retina há três tipos de cones que são sensíveis a comprimentos de onda diferentes: azul, verde e vermelho. Ao combinar a informação proveniente desses fotoreceptores, o nosso cérebro é capaz de identificar milhões de cores.

Quando um tipo de moléculas fotossensíveis, o retinal, se encontra danificado resulta o daltonismo, ou percepção deficiente das cores, nome proveniente do químico inglês John Dalton, que tinha essa deficiência (Dalton foi um dos pioneiros na introdução do conceito de átomo na química). Diferentes tipos de fotoreceptores significam diferentes formas de visão. Nem todos os animais têm três tipos de fotoreceptores como nós. As aves têm quatro, enquanto os cães têm apenas dois. Graças ao quarto tipo de fotoreceptores as aves e os insectos conseguem ver no ultravioleta.

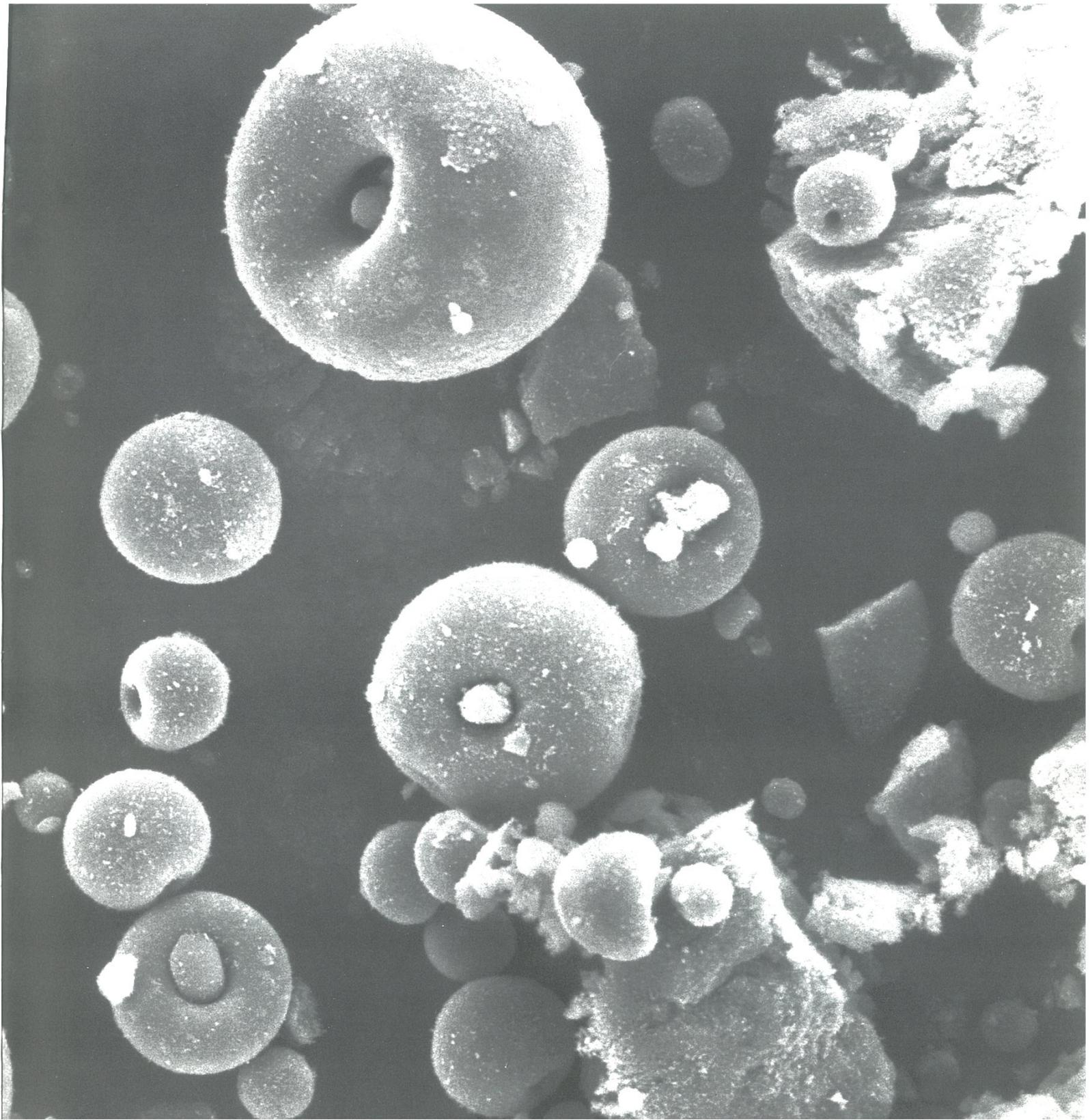
Os impulsos eléctricos provenientes da retina, são conduzidos pelo nervo óptico, até ao cérebro, onde a informação é decodificada para formar as imagens que são interpretadas pelo cérebro na sua linguagem própria. Não vemos apenas com os nossos olhos, mas também com o nosso cérebro!

A evolução dos olhos não é tão difícil de entender como pode parecer à primeira vista. A demonstrá-lo está o facto de nos animais terem surgido olhos cerca de 40 a 60 vezes, independentemente umas das outras. Não seria esse o caso, se fosse muito difícil a evolução dos olhos. Encontramos nos organismos actuais muitas das formas mais simples e primitivas que poderão ter constituído estádios da evolução de olhos mais complexos. Os olhos de cada tipo de animal estão adaptados ao seu modo de vida e às suas necessidades específicas.

Imagem ampliada de pigmento azul da prússia obtida por microscopia electrónica. [Dennis Kunkel Microscopy]

COR E PIGMENTOS

A COR EXERCE UM PARTICULAR FASCÍNIO sobre os seres humanos. Esse fascínio conduziu à procura de substâncias coloridas que permitissem “encher” o mundo artificial com cores. Alguns pigmentos, extraídos de minerais ou plantas, são históricos. As primeiras tintas poderão ter sido feitas pelo homem pré-histórico esmagando substâncias coloridas e juntando água. Foi assim, por exemplo, que foram feitas algumas pinturas pré-históricas em grutas ou abrigos. Já as primeiras tintas de escrever foram feitas pelos antigos egípcios e chineses. Muito mais tarde, já na Idade Média, havia vários segredos para fazer tintas. E a Revolução Industrial conduziu ao fabrico de tintas com máquinas.



Hoje, graças aos grandes progressos da química, já se sintetiza a grande maioria dos pigmentos utilizados, que possibilitam uma gama praticamente infinita de cores. Várias substâncias, como a que dá a cor azul aos “jeans”, a malva artificial (violeta de anilina, fabricada por um jovem químico inglês, William Perkins, a meio do século XIX), assim como outros pigmentos sintéticos, são exemplos do papel essencial da química na obtenção de cor. Algumas substâncias coradas têm várias aplicações na própria química, como, por exemplo, os indicadores de ácido-base, que são usados abundantemente nos laboratórios.

Como se obtém qualquer cor a partir das outras? Pode-se criar cor começando com o preto e terminando no branco, usando luz de três cores primárias: o vermelho, o verde e o azul. Quando se misturam cores usando tintas ou pigmentos, começa-se no branco e caminha-se para o preto: usa-se antes o método subtractivo, onde as cores primárias são o amarelo, o azul ciano e a magenta.

O mundo natural está, tal como o mundo artificial, repleto de cores. As belas cores das penas das aves são formadas por pigmentos coloridos – as melaninas e os lipocromos – ou por fenómenos especiais. Os pigmentos protegem as penas dos raios ultravioletas aumentando a sua resistência. Entre os fenómenos especiais assumem particular relevância os iridescentes. Os patos e alguns colibris, têm zonas do corpo, que, vistas de um certo ângulo, mostram cores iridescentes em resultado da reflexão da luz. Pelo contrário, as cores não iridescentes podem ser vistas de qualquer ângulo. Existem modelos de aves com asas iridescentes no Departamento de Zoologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. As borboletas também têm asas ricamente coloridas (borboletas policromadas fazem também parte das colecções zoológicas de Coimbra), devendo-se essas cores a minúsculas escamas.

O uso de filtros, que assenta no fenómeno da polarização (vibração da onda luminosa, só segundo certas direcções), é interessante para observar a modificação das cores. Certos cristais (como alguns que existem nas colecções de Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra) originam a polarização da luz: só deixam passar luz segundo certas direcções. A polarização é um dos fenómenos que revelam a natureza ondulatória da luz. E a sua aplicação prática encontra-se, por exemplo, em óculos de sol de polarização.

Borboleta azul da Venezuela, *Morpho peleides*
Fruhstorfer, doação de Carvalho Monteiro, 1968.
Museu Zoológico, Museu de História Natural,
FCTUC, ZOO ILP EXO 000001.1

