

Grandes Ideias em Astronomia

Uma Proposta de Definição de Literacia em Astronomia



Grandes Ideias em Astronomia

Uma Proposta de Definição de Literacia em Astronomia

Autores:

João Retrê (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Portugal), Pedro Russo (Universidade de Leiden, Países Baixos), Hyunju Lee (Smithsonian Science Education Center, EUA), Eduardo Penteadó (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Brasil), Saeed Salimpour (Universidade de Deakin, Austrália), Michael Fitzgerald (Universidade de Edith Cowan, Austrália), Jaya Ramchandani (The Story Of Foundation), Markus Pössel (Haus der Astronomie, Alemanha), Cecilia Scorza (Universidade Ludwig Maximilians de Munique e Haus der Astronomie, Alemanha), Lars Lindberg Christensen (Observatório Europeu do Sul), Erik Arends (Universidade de Leiden, Países Baixos), Stephen Pompea (National Optical Astronomy Observatory, EUA) e Wouter Schrier (Universidade de Leiden, Países Baixos)

Design gráfico: Aneta Margraf-Druc (Science Now/Universidade de Leiden)

Layout: Aneta Margraf-Druc (Science Now/Universidade de Leiden), Carmen Müllerthann (Haus der Astronomie/Office of Astronomy for Education) & Sara Patinho (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Portugal)

Tradução e Adaptação para Português: Catarina Leote, Sérgio Pereira e João Retrê (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Portugal)

Paginação da Versão Portuguesa:

Sara Patinho (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Portugal)

2ª Edição, junho 2020

ISBN/EAN: 978-94-91760-22-8

Licença: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Agradecimentos:

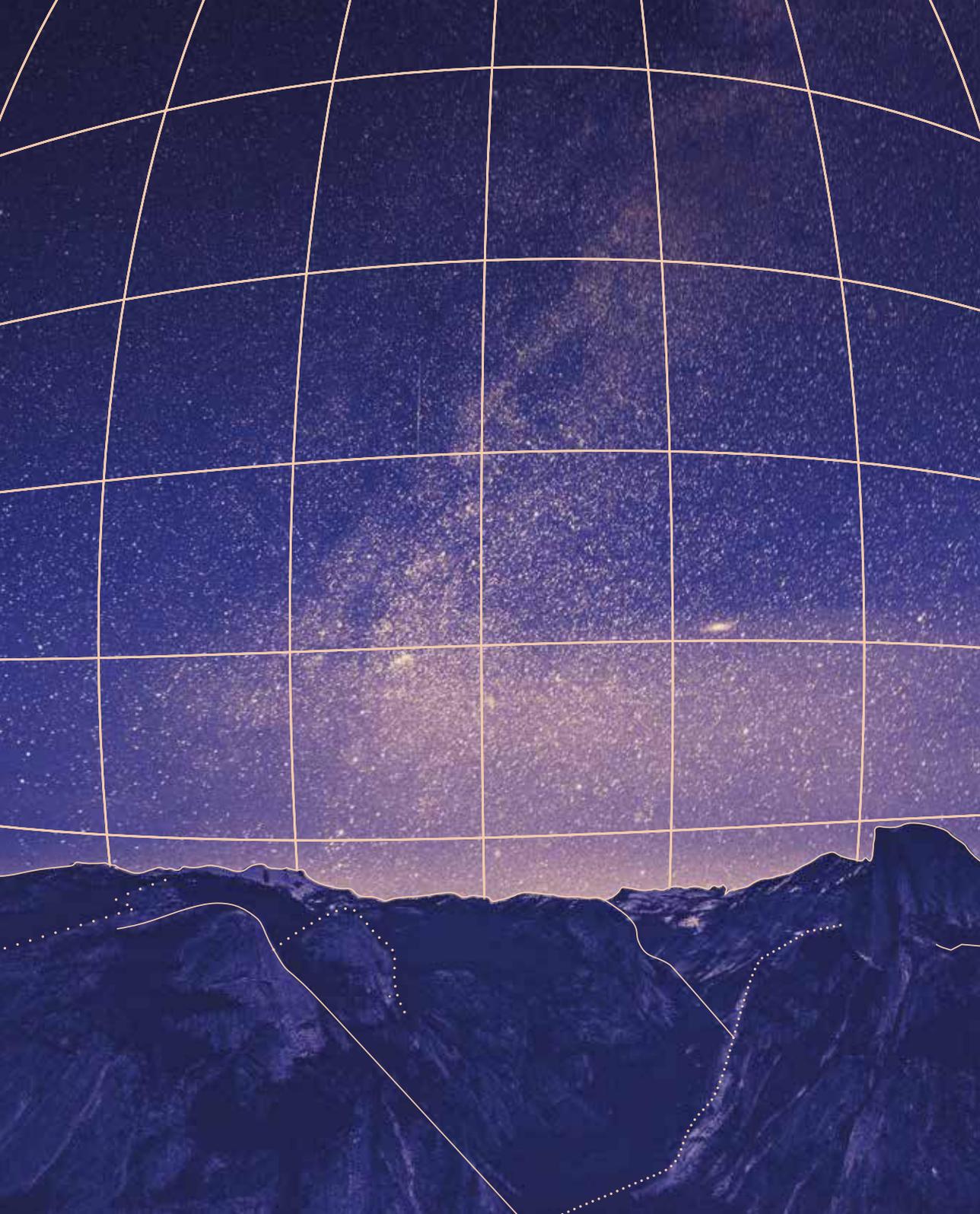
Ismael Tereno (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço), Pedro Figueira (Observatório Europeu do Sul), Sérgio Pereira (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço), Monica Bobra (Universidade de Stanford), Piero Bienvenuti (Universidade de Pádua) e Roy Bishop (Universidade de Acadia) pelos seus comentários a esta versão do documento. João Retrê reconhece o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia de Portugal, através das bolsas IA2017-09-BGCT e UID/FIS/04434/2013. Pedro Russo reconhece o apoio do projeto "Astronomy Literacy", do NAOJ Sokendai, coordenado pelo Prof. Dr. Hidehiko Agata. O NOAO é operado pela Association of Universities for Research in Astronomy (AURA), Inc. sob acordo de cooperação com a National Science Foundation. Gostaríamos também de agradecer à comunidade pelos comentários realizados neste documento durante o processo de revisão.

Astronomy Literacy Goals é um projeto do Observatório de Leiden, Universidade de Leiden (Países Baixos) e do Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (Portugal) no âmbito da Comissão C1 da IAU: Grupo de Trabalho em Literacia e Desenvolvimento Curricular.

Comissão C1 da IAU - Educação em Astronomia e Desenvolvimento: Presidente: Paulo Bretones
Grupo de Trabalho C1 da IAU – Literacia em Astronomia e Desenvolvimento Curricular: Coordenador: Robert Hollow

„Grandes Ideias em Astronomia” é um projeto do Gabinete de Astronomia para a Educação da IAU.





Índice

06	Grandes Ideias
08	Introdução
10	Uma breve introdução a algumas das Grandes Ideias em Astronomia <i>por Pedro Russo</i>
12	Visão geral das Grandes Ideias
18	A astronomia é uma das ciências mais antigas da história humana
22	Podemos experienciar fenômenos astronômicos no nosso dia-a-dia
26	O céu noturno é rico e dinâmico
30	A astronomia é uma ciência que estuda os objetos celestes e os fenômenos no Universo
34	A astronomia beneficia de, e estimula, o desenvolvimento tecnológico
38	A cosmologia é a ciência que estuda o Universo como um todo
44	Vivemos todos num pequeno planeta dentro do Sistema Solar
50	Somos todos feitos de poeira das estrelas
56	Existem centenas de milhares de milhões de galáxias no Universo
62	Podemos não estar sozinhos no Universo
66	Temos de preservar a Terra, a nossa única casa no Universo

Grandes Ideias

1

A astronomia é uma das ciências mais antigas da história humana

2

Podemos experienciar fenômenos astronômicos no nosso dia-a-dia

3

O céu noturno é rico e dinâmico

4

A astronomia é uma ciência que estuda os objetos celestes e os fenômenos no Universo

5

A astronomia beneficia de, e estimula, o desenvolvimento tecnológico

6

A cosmologia é a ciência que estuda o Universo como um todo

7

Vivemos todos num pequeno planeta dentro do Sistema Solar

8

Somos todos feitos de poeira das estrelas

9

Existem centenas de milhares de milhões de galáxias no Universo

10

Podemos não estar sozinhos no Universo

11

Temos de preservar a Terra, a nossa única casa no Universo

Introdução

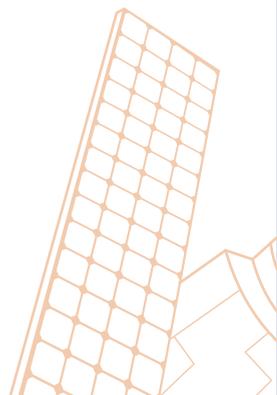
Astronomia para Todos.

Este é o lema do Gabinete para a Divulgação da Astronomia da União Astronômica Internacional (IAU). Se “Todos” é um termo demasiado vasto para definir a sociedade e as suas comunidades, o termo “Astronomia”, como área de conhecimento, é de forma semelhante também vasto. Este projeto, “Grandes Ideias em Astronomia”, explora a questão: “O que devem os cidadãos do planeta Terra saber acerca de astronomia?”

Como resultado de várias discussões, reuniões, oficinas, apresentações, teleconferências e interações escritas neste documento, propomos um conjunto de Grandes Ideias em Astronomia — uma Proposta de Definição de Literacia em Astronomia. Este documento estabelece as “Grandes Ideias” e os seus conceitos de suporte que todos os cidadãos do nosso planeta deveriam saber acerca de astronomia.

O projeto Grandes Ideias em Astronomia foi construído no seguimento do Projeto 2061 da American Association for the Advancement of Science (AAAS). O Projeto 2061 da AAAS começou em 1986, no ano em que o cometa Halley passou perto da Terra. A AAAS questionou-se sobre o que afeta a ligação das crianças com o mundo natural — as crianças que estavam então a começar a escola e irão ver o regresso do cometa. Que alterações científicas e tecnológicas irão também ver durante as suas vidas? Como pode a educação prepará-las para que compreendam como o mundo funciona, para pensarem de forma crítica e independente, e para viverem vidas interessantes, responsáveis e produtivas numa cultura cada vez mais moldada pela ciência e pela tecnologia? Grandes Ideias em Astronomia também se baseia e se expande a partir do trabalho desenvolvido por outras disciplinas e projetos científicos, nomeadamente: Literacia em Ciência do Clima, Princípios de Literacia em Ciências da Terra, Literacia do Oceano e Grandes Ideias da Ciência.

Grandes Ideias em Astronomia apresenta onze Grandes Ideias e desenvolve-as através de sub-ideias e informação adicional. Este documento foi construído tendo em mente educadores e astrónomos, é um documento de orientação para ajudar na decisão sobre que tópicos abordar em educação, sessões de formação, atividades de divulgação e desenvolvimento de recursos. Contudo, este tem de ser um documento dinâmico, e são bem-vindos os comentários e observações das comunidades astronômica, de educação em astronomia e de educação em ciência.

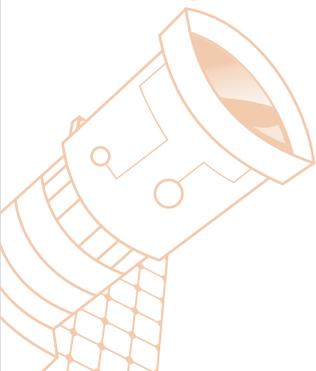


Próximos passos

O próximo passo é a continuação do desenvolvimento deste documento, levando a cabo um projeto de investigação para, de forma sistemática, validar este documento como uma representação precisa do que os especialistas consideram literacia em astronomia. Após este passo, trabalharemos no seguinte:

- × *Desenvolvimento curricular alinhado com as Grandes Ideias*
- × *Desenvolvimento de ferramentas de avaliação para as Grandes Ideias*
- × *Guias de material educativo*
- × *Materiais para o desenvolvimento profissional de professores*
- × *Relatórios de ação estratégica*

O plano estratégico da IAU para 2020-2030 coloca a educação em astronomia no centro do esforço global na área da astronomia. A IAU definiu o objetivo de promover o uso da astronomia para o ensino e educação ao nível escolar. Esperamos que este documento contribua para este objetivo e ofereça uma primeira análise e enquadramento de objetivos de literacia em astronomia para a educação.



Uma breve introdução a algumas das Grandes Ideias em Astronomia¹

por Pedro Russo

A astronomia é a ciência que estuda a origem e evolução do Universo e tudo o que nele existe. Esta definição parece simples, mas o Universo é vasto, e está repleto de objetos celestes fascinantes de todos os tamanhos, formas e idades, e de fenômenos maravilhosos.

1. Versão original publicada na revista Visão, 3 janeiro 2012

Como parte da história cultural e científica da humanidade, a astronomia tem, de forma repetida, revolucionado o modo como pensamos, o modo como vemos o mundo e o nosso lugar no Universo. No passado, os avanços na astronomia foram utilizados em aplicações práticas, como na medição do tempo, ou na navegação nos vastos oceanos. Hoje, os resultados do desenvolvimento científico e tecnológico da astronomia e áreas associadas tornaram-se essenciais em muitos aspetos do nosso dia-a-dia: computadores, satélites de comunicação, sistemas de navegação, painéis solares, internet sem fios e muitas outras aplicações tecnológicas.

Como qualquer ciência, a astronomia avança como resultado da acumulação de conhecimento. Por vezes, o progresso contínuo é acelerado por importantes avanços repentinos na tecnologia e no pensamento, como a ideia revolucionária da visão heliocêntrica do Sistema Solar e o modelo do Big Bang. O modelo do Big Bang conta-nos a história da evolução do Universo. Há cerca de 14 mil milhões de anos, o recém-nascido “Universo” era infinitamente pequeno e quente. Uma expansão repentina e contínua e o arrefecimento posterior levaram à formação dos blocos de construção fundamentais de partículas atômicas e subatômicas, que permitiu a formação de galáxias, estrelas, planetas e finalmente a vida. Os astrónomos acreditam, com base nos dados obtidos até hoje, que a expansão do Universo é impelida sobretudo por uma forma de energia misteriosa chamada Energia Escura.

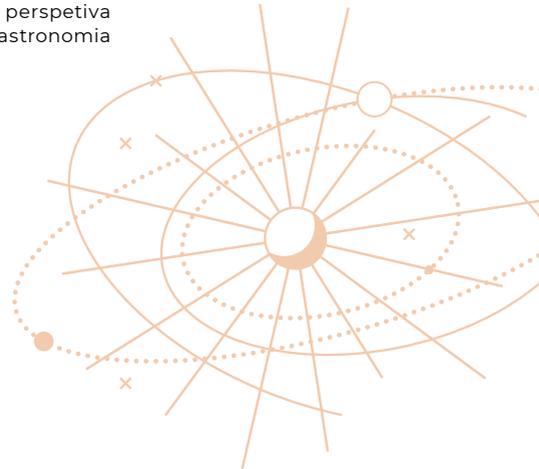
Se olharmos para o céu numa noite escura, vemos uma faixa de luz a atravessar o céu de horizonte a horizonte. Esta faixa, e todas as estrelas que vemos no céu, são parte da galáxia em que vivemos, a Galáxia Via Láctea. As galáxias formam-se frequentemente em filamentos e aglomerados: grupos de ilhas rodeados pelos vastos mares vazios do

Universo. A nossa galáxia contém centenas de milhares de milhões de estrelas, das quais o Sol é apenas uma, tão anónima quanto um grão de areia numa praia. Estas estrelas orbitam harmoniosamente, segundo as leis naturais da gravidade, em torno do centro da galáxia, onde existe um monstruoso buraco negro. Este “oceano” que é o Universo contém muitas outras ilhas; a nossa é apenas uma entre as centenas de milhares de milhões de galáxias que o habitam.

Apesar de ser um tipo relativamente comum de estrela, o Sol desfrutou, até recentemente, de um estatuto especial para nós humanos: era a única estrela que conhecíamos rodeada por planetas. Hoje, sabemos de milhares de estrelas com planetas, chamados exoplanetas. Estima-se que mais de 20 por cento das estrelas semelhantes ao nosso Sol sejam orbitadas por planetas — alguns similares à Terra. Muitos desses planetas são pequenos e orbitam a uma distância confortável da sua estrela, permitindo a existência de água líquida e, portanto, talvez vida.

Mas de que é feito o Universo? As coisas que vemos — planetas, estrelas e galáxias — são todas feitas de matéria como prótons, eletrões, neutrões e quarks (à qual os cientistas chamam “matéria bariónica”), mas há algo mais, algo vasto, estranho e misterioso, e ninguém sabe o que é. Seria expectável que as estrelas orbitassem o centro das galáxias de forma semelhante àquela com que os planetas orbitam o Sol no nosso Sistema Solar. Os planetas mais próximos do Sol deslocam-se mais depressa do que os planetas mais afastados. Mas isto não acontece: as estrelas nas galáxias orbitam mais ou menos à mesma velocidade em torno do centro da galáxia. Tem de haver algo que não conseguimos ver e que mantém as estrelas a orbitar dessa forma. Os astrónomos chamam a isto “Matéria Escura”. Estima-se que o que conseguimos ver é apenas uma pequena porção de tudo o que existe no Universo. Tudo o resto não se compreende bem e ainda não foi diretamente observado!

A astronomia não se resume a avanços científicos ou aplicações tecnológicas: dá-nos a oportunidade de alargarmos os nossos horizontes limitados, de descobrir a beleza e grandiosidade do Universo e o nosso lugar nele. Esta visão, habitualmente referida como “a perspetiva cósmica”, é uma das mais importantes contribuições da astronomia para a humanidade.



Visão geral das Grandes Ideias



1

*A astronomia é uma das ciências
mais antigas da história humana*

- 1.1 Compreender o céu e os movimentos do Sol e dos planetas foi uma das primeiras tentativas para compreender o mundo natural
- 1.2 As primeiras culturas imaginavam padrões a ligar as estrelas do céu noturno
- 1.3 A astronomia inspirou e está representada na arte e na cultura de muitas civilizações
- 1.4 A astronomia forneceu conhecimento importante sobre a medição do tempo, essencial para a agricultura no passado
- 1.5 A astronomia foi importante para os navegadores no passado
- 1.6 A astronomia, ao usar o método científico, é diferente da astrologia
- 1.7 Acreditava-se, na maioria das culturas antigas, que a Terra era o centro do Universo
- 1.8 A revolução copernicana, que durou mais de um século, levou ao reconhecimento do Sol, em vez da Terra, como o centro do Sistema Solar
- 1.9 Há mais de 400 anos, astrónomos realizaram as primeiras observações metódicas em astronomia usando um telescópio
- 1.10 O planeta Terra tem uma forma aproximadamente esférica, e isto tem sido mostrado ao longo de séculos de muitas formas diferentes



2

Podemos experienciar fenómenos astronómicos no nosso dia-a-dia



- 2.1 Experienciamos o dia e a noite devido à rotação da Terra sobre o seu eixo
- 2.2 Experienciamos as estações devido à inclinação do eixo de rotação da Terra enquanto esta se desloca ao redor do Sol durante um ano
- 2.3 Vemos diferentes fases da Lua durante um ciclo lunar
- 2.4 Os eclipses ocorrem devido a alinhamentos especiais entre o Sol, a Terra e a Lua
- 2.5 As marés na Terra são um resultado da gravidade do Sol e da Lua
- 2.6 A luz do Sol é essencial para a maioria das formas de vida na Terra
- 2.7 Partículas do Sol viajam até à Terra e causam as auroras
- 2.8 A tecnologia desenvolvida para a investigação astronómica faz parte do nosso dia-a-dia

3

O céu noturno é rico e dinâmico



- 3.1 Podemos ver vários milhares de estrelas com os nossos olhos numa noite limpa e escura
- 3.2 O céu noturno pode ajudar-nos a nos orientarmos na Terra e a navegar
- 3.3 O eixo de rotação da Terra oscila (precessa) ao longo de milhares de anos
- 3.4 Apenas alguns corpos celestes são suficientemente brilhantes para serem vistos a olho nu quando o Sol está acima do horizonte
- 3.5 Os objetos celestes nascem a este e põem-se a oeste devido à rotação da Terra
- 3.6 As estrelas cintilam devido à nossa atmosfera
- 3.7 Milhões de meteoroides entram na atmosfera da Terra diariamente

4

A astronomia é uma ciência que estuda os objetos celestes e os fenômenos no Universo

- 4.1 A luz (conhecida também como radiação eletromagnética) é a principal fonte de informação para a investigação astronômica
- 4.2 A larga escala, a gravitação é a interação dominante no Universo
- 4.3 As ondas gravitacionais e as partículas subatômicas oferecem novas formas de estudar o Universo
- 4.4 A astronomia utiliza dados obtidos através de observações e simulações para modelar fenômenos astronômicos no enquadramento das teorias atuais
- 4.5 A investigação astronômica combina conhecimento de diferentes áreas como a física, a matemática, a química, a geologia e a biologia
- 4.6 A astronomia está dividida em várias especialidades
- 4.7 As escalas de tempo e de distância usadas na astronomia são muito maiores do que as usadas no nosso dia-a-dia
- 4.8 A espectroscopia é uma técnica importante que nos permite explorar o Universo à distância

5

A astronomia beneficia de, e estimula, o desenvolvimento tecnológico

- 5.1 Telescópios e detetores são cruciais para a investigação em astronomia
- 5.2 Alguns telescópios podem operar em conjunto de forma a atuarem como um grande telescópio
- 5.3 Os observatórios astronômicos estão localizados na Terra e no Espaço
- 5.4 Os observatórios astronômicos terrestres estão muitas vezes localizados em regiões remotas em várias partes do mundo
- 5.5 A astronomia de hoje faz parte da “Big Science” e do “Big Data”
- 5.6 Simulações complexas e enormes volumes de dados em astronomia requerem o desenvolvimento de poderosos supercomputadores
- 5.7 A astronomia é uma ciência global, com equipas internacionais, e onde dados e publicações são partilhados livremente
- 5.8 Já foram lançadas para o Espaço várias sondas para estudar o Sistema Solar

6

A cosmologia é a ciência que estuda o Universo como um todo

- 6.1 O Universo tem mais de 13 mil milhões de anos
- 6.2 O Universo é homogéneo e isotrópico a grande escala
- 6.3 Estamos sempre a observar o passado
- 6.4 Só conseguimos observar diretamente uma fração de todo o Universo
- 6.5 O Universo é constituído sobretudo por energia escura e matéria escura
- 6.6 O Universo está a expandir-se de forma acelerada
- 6.7 A expansão do espaço faz com que a luz que nos chega de galáxias distantes sofra um desvio para o vermelho
- 6.8 As leis da natureza (por exemplo, a gravidade) que estudamos na Terra parecem funcionar da mesma forma em todo o Universo
- 6.9 A estrutura do Universo a grandes escalas é constituída por filamentos, muralhas e vazios
- 6.10 A Radiação Cómica de Fundo de Micro-ondas permite-nos explorar o Universo primordial
- 6.11 A evolução do Universo pode ser explicada pelo modelo do Big Bang

7

Vivemos todos num pequeno planeta dentro do Sistema Solar

- 7.1 O Sistema Solar formou-se há cerca de 4,6 mil milhões de anos
- 7.2 O Sistema Solar é constituído pelo Sol, planetas, planetas anões, luas, cometas, asteroides, e meteoroides
- 7.3 Existem oito planetas no Sistema Solar
- 7.4 Existem vários planetas anões no Sistema Solar
- 7.5 Os planetas dividem-se entre terrestres ou telúricos (rochosos), e gigantes gasosos
- 7.6 Alguns planetas têm dezenas de satélites naturais
- 7.7 A Terra é o terceiro planeta em órbita em torno do Sol, e tem um satélite natural, a Lua
- 7.8 Há milhões de asteroides, que são restos da formação do nosso Sistema Solar
- 7.9 Um cometa é um objeto gelado que desenvolve uma cauda quando é aquecido pelo Sol
- 7.10 O limite do Sistema Solar é chamado de Heliopausa



Somos todos feitos de poeira das estrelas

- 8.1 Uma estrela é um objeto com luz própria que gera a sua energia através de reações nucleares internas
- 8.2 As estrelas formam-se a partir de enormes nuvens de poeira e gás
- 8.3 A estrela mais próxima da Terra é o Sol
- 8.4 O Sol é uma estrela dinâmica
- 8.5 A cor de uma estrela diz-nos qual a sua temperatura à superfície
- 8.6 O espaço entre estrelas pode estar essencialmente vazio, ou conter nuvens de gás, que podem produzir novas estrelas
- 8.7 Cada estrela segue um ciclo de vida que é determinado sobretudo pela sua massa inicial
- 8.8 Estrelas de grande massa podem terminar o seu ciclo de vida como buracos negros estelares
- 8.9 Novas estrelas e os seus sistemas planetários nascem da matéria residual de estrelas anteriores nessa região
- 8.10 O corpo humano é feito de átomos cuja origem remonta a estrelas anteriores ao Sol



Existem centenas de milhares de milhões de galáxias no Universo

- 9.1 Uma galáxia é um grande sistema de estrelas, poeira e gás
- 9.2 As galáxias parecem conter grandes quantidades de matéria escura
- 9.3 A formação de galáxias é um processo evolutivo
- 9.4 Existem três tipos principais de galáxias: espiral, elíptica e irregular
- 9.5 Vivemos numa galáxia espiral chamada Via Láctea
- 9.6 Os braços espirais das galáxias são criados por acumulações de gás e poeira
- 9.7 A maioria das galáxias tem um buraco negro de grande massa no seu centro
- 9.8 As galáxias podem estar extremamente distantes umas das outras
- 9.9 As galáxias formam enxames
- 9.10 As galáxias interagem entre si através da gravidade

10

Podemos não estar sozinhos no Universo

- 10.1 Foram detetadas moléculas orgânicas fora da Terra
- 10.2 Foram encontrados organismos vivos em ambientes extremos na Terra
- 10.3 Potenciais vestígios de água líquida abrem a possibilidade de vida primitiva em Marte
- 10.4 Alguns satélites naturais no Sistema Solar parecem reunir as condições para a existência de vida
- 10.5 Existem numerosos planetas chamados exoplanetas, que orbitam outras estrelas que não o Sol
- 10.6 Os exoplanetas podem ser muito diversos e são frequentemente encontrados em sistemas
- 10.7 Estamos atualmente perto de detetar um planeta como a Terra
- 10.8 Os cientistas estão a procurar inteligência extraterrestre

11

Temos de preservar a Terra, a nossa única casa no Universo

- 11.1 A poluição luminosa afeta os seres humanos, muitos outros animais e plantas
- 11.2 Existem muitos detritos de origem humana a orbitar a Terra
- 11.3 Monitorizamos objetos espaciais potencialmente perigosos
- 11.4 Os seres humanos têm um impacto significativo no ambiente da Terra
- 11.5 O clima e a atmosfera são fortemente afetados pela atividade humana
- 11.6 É necessária uma perspetiva global para preservar o nosso planeta
- 11.7 A astronomia dá-nos uma perspetiva cosmológica única que reforça a nossa unidade enquanto cidadãos da Terra

1

*A astronomia é uma das ciências
mais antigas da história humana*



*Pinturas rupestres de Lascaux
que mostram um conjunto de
pontos acima do dorso dos
auroques, que se assemelha
ao asterismo das Plêiades.*

*Créditos: Ministère de la
Culture/Centre National de la
Préhistoire/Norbert Aujoulat*



1.1 **Compreender o céu e os movimentos do Sol e dos planetas foi uma das primeiras tentativas para compreender o mundo natural**

Os primeiros registos de observações astronómicas encontram-se em desenhos e artefatos criados por indivíduos da pré-história, documentando o que observavam no céu. Nas culturas antigas, a astronomia estava relacionada com crenças religiosas e mitológicas. Os fenómenos astronómicos eram usados para medir o tempo e criar calendários, permitindo a essas culturas planejar eventos diários e sazonais.

1.2 **As primeiras culturas imaginavam padrões a ligar as estrelas do céu noturno**

Padrões no céu noturno formados ao unir as estrelas usando linhas imaginárias são chamados constelações. As primeiras constelações foram definidas pelas primeiras culturas. Estes grupos reconhecíveis de estrelas foram muitas vezes associados às histórias e à mitologia de culturas como a grega, a maia, a ameríndia e a chinesa. Na astronomia moderna, as constelações são regiões bem definidas no céu, que combinam tanto as constelações antigas como as definidas nos séculos XV, XVI, XVII e XVIII. Algumas culturas, como a aborígine da Austrália e as populações indígenas da América do Sul, também identificaram padrões nas silhuetas escuras da faixa luminosa da Via Láctea.

1.3 **A astronomia inspirou e está representada na arte e na cultura de muitas civilizações**

Ao longo dos séculos, artistas, poetas, escritores e muitos criativos usaram o céu noturno como inspiração e/ou tema do seu trabalho. A representação de temas astronómicos pode ser observada, por exemplo, em pinturas, esculturas, música, filmes e literatura. Estes trabalhos usaram os motivos observáveis no céu para, direta ou indiretamente, comunicar a essência, beleza e mistério do céu noturno. A universalidade da arte, e a sua ligação íntima com a cultura, podem ser assim meios poderosos para que as pessoas apreciem não apenas a beleza inata de objetos e fenómenos celestes, mas também o conhecimento que adquirimos sobre eles. Isto aumenta o interesse mundial pela astronomia e promove uma compreensão intercultural contida na ideia de estarmos sob o mesmo céu.

1.4 **A astronomia forneceu conhecimento importante sobre a medição do tempo, essencial para a agricultura no passado**

Em muitas culturas antigas, a astronomia foi desenvolvida para aumentar a exatidão dos calendários agrícolas. Como exemplo, os egípcios desenvolveram um calendário baseado nas suas observações da estrela Sirius, usando-o para determinar as cheias anuais do rio Nilo.

1.5 **A astronomia foi importante para os navegadores no passado**

Muitas civilizações usaram a posição das estrelas e outros objetos celestes para a orientação em terra, nos mares e nos oceanos. A navegação astronómica é ainda ensinada nos dias de hoje.

1.6

A astronomia, ao usar o método científico, é diferente da astrologia

Até aos tempos pré-modernos, a distinção entre astronomia e astrologia era vaga. Hoje, astronomia e astrologia são claramente distintas. A astronomia é uma ciência, a astrologia não. A astrologia usa as posições dos objetos celestes para prever eventos futuros. Contudo, um grande número de estudos sobre a astrologia e as suas previsões mostram que esta não é exata nas suas previsões e não tem qualquer base científica.

1.7

Acreditava-se, na maioria das culturas antigas, que a Terra era o centro do Universo

A maioria das culturas antigas, com as exceções notáveis de alguns astrónomos gregos ativos por volta de 300 a. C., acreditava que a Terra era o centro do Universo. Esta visão geocêntrica prevaleceu mais de dois milénios nas culturas europeia e asiática até à chamada revolução copernicana no século XVI. Os astrónomos modernos descobriram que o Universo não parece ter um centro específico no espaço.

1.8

A revolução copernicana, que durou mais de um século, levou ao reconhecimento do Sol, em vez da Terra, como o centro do Sistema Solar

No século XVI, Copérnico apresentou argumentos para a teoria heliocêntrica, na qual o Sol era o centro do Universo e a Terra se deslocava à sua volta. Apesar de sabermos agora que o Sol não é o centro do Universo, ele é o centro do Sistema Solar e a teoria do heliocentrismo copernicano foi revolucionária naquele tempo, contribuindo para o desenvolvimento da astronomia moderna.

1.9

Há mais de 400 anos, astrónomos realizaram as primeiras observações metódicas em astronomia usando um telescópio

Apesar de não ter inventado o telescópio, Galileu foi o primeiro a utilizá-lo para fins científicos. Os seus melhoramentos do telescópio refractor levaram-no a descobertas como as fases de Vénus e as quatro maiores luas de Júpiter, ainda hoje referidas como as luas galileanas. As suas descobertas forneceram evidência convincente a favor da visão heliocêntrica do Universo.

1.10

O planeta Terra tem uma forma aproximadamente esférica, e isto tem sido mostrado ao longo de séculos de muitas formas diferentes

Algumas das primeiras culturas em muitas regiões do mundo descreveram a Terra como uma superfície plana ou um disco, como parte da sua descrição do Universo. A ideia de que a Terra é uma esfera está presente há já alguns milénios e tem sido uma parte significativa das visões do mundo de muitas culturas, tendo-se tornado no paradigma dominante há mais de 1000 anos. Há numerosas formas empíricas de testar que a Terra tem uma forma aproximadamente esférica (é tecnicamente referida como um esferoide oblato). Um dos primeiros métodos matemáticos foi o de Eratóstenes, que mediu a circunferência da Terra analisando os comprimentos das sombras de estacas colocadas em diferentes locais no Antigo Egipto (século III a. C.).

2

*Podemos experienciar fenômenos
astronômicos no nosso dia-a-dia*

*O impressionante
espetáculo de luz no céu
noturno - a aurora borealis
(aurora boreal), na região
selvagem do Alasca.*

*Créditos: Jean Beaufort
(Imagem de Domínio Público)*



2.1 Experienciamos o dia e a noite devido à rotação da Terra sobre o seu eixo

O lado da Terra virado para o Sol experiencia o dia, enquanto o lado oposto experiencia a noite. O tempo que a Terra demora a rodar sobre o seu eixo de modo a que o Sol retorne à mesma posição no céu define a duração de um dia (solar), que é, em média, 24 horas.

2.2 Experienciamos as estações devido à inclinação do eixo de rotação da Terra enquanto esta se desloca ao redor do Sol durante um ano

O eixo de rotação da Terra está inclinado 23,4 graus em relação à perpendicular do seu plano orbital em torno do Sol. Por esta razão, durante parte da órbita da Terra em torno do Sol, o hemisfério norte ou sul está inclinado na direção do Sol, enquanto o outro está inclinado na direção oposta à do Sol. O primeiro experiencia o verão, pois a luz do Sol incide mais diretamente na sua superfície e os dias são maiores porque o Sol atinge uma maior altura no céu. Por outro lado, o hemisfério que se encontra inclinado na direção oposta à do Sol, experiencia o inverno, porque a luz solar incide na superfície da Terra com um ângulo muito inclinado, sendo espalhada por uma área maior. Os dias são mais curtos porque o Sol está a uma altura inferior no céu.

2.3 Vemos diferentes fases da Lua durante um ciclo lunar

À medida que a Lua orbita a Terra, a sua posição em relação ao Sol e à Terra vai mudando. A região da superfície da Lua iluminada pela luz do Sol muda, produzindo as diferentes fases que vemos da Terra — Lua Nova, Quarto Crescente, Lua Cheia e Quarto Minguante, demorando 29,53 dias de Lua Cheia a Lua Cheia. Enquanto que as fases da Lua são (mais ou menos) as mesmas para qualquer observador na Terra, a orientação da Lua varia, dependendo do hemisfério do observador. Por exemplo, alguns observadores podem ver o crescente da Lua a abrir para a esquerda enquanto outros, a observar a mesma fase mas de um local diferente, podem ver o crescente a abrir para a direita.

2.4 Os eclipses ocorrem devido a alinhamentos especiais entre o Sol, a Terra e a Lua

Quando a Lua passa exatamente entre o Sol e a Terra, bloqueia a luz do Sol e projeta uma sombra na Terra, criando um eclipse solar. Ocasionalmente, a Terra pode estar diretamente entre o Sol e a Lua. Nesse caso, projeta uma sombra na Lua, obscurecendo a sua superfície e criando um eclipse lunar. Os eclipses podem ser parciais, quando apenas uma fração do objeto está eclipsado, ou total, quando todo o objeto está eclipsado. Um eclipse lunar só ocorre na Lua Cheia e, conseqüentemente, só pode ser observado à noite. Em qualquer lugar da Terra, é mais provável observar um eclipse lunar do que um solar. Os eclipses lunares também têm uma duração maior do que os eclipses solares.

2.5

As marés na Terra são um resultado da gravidade do Sol e da Lua

A Lua e, em menor grau, o Sol causam marés na Terra. Ligeiros bojos na Terra, sobretudo nos seus oceanos, formam-se tanto no lado mais próximo da Lua e mais próximo do Sol, como no lado oposto. À medida que a Terra gira, estes bojos atingem as linhas de costa, fazendo subir o nível da água nesses locais. Quando o Sol, a Terra e a Lua estão quase numa linha reta (na Lua Cheia e Lua Nova), ocorrem as “marés vivas”. Em contraste, quando o Sol e a Lua formam um ângulo reto entre eles em relação à Terra (no Quarto Crescente e Quarto Minguante), ocorrem as “marés mortas”.

2.6

A luz do Sol é essencial para a maioria das formas de vida na Terra

O Sol é a fonte primária de energia utilizada pelas formas de vida na Terra. Por exemplo, as plantas realizam a fotossíntese usando a luz do Sol, o que permite o seu crescimento e, conseqüentemente, a produção de oxigénio molecular. Esse oxigénio é usado por animais na respiração. Acredita-se que a devastação do ambiente global decorrente da colisão de um asteroide com a Terra, terá sido a causa da extinção dos dinossauros não voadores e da maioria das espécies na Terra. A explosão resultante transportou grandes quantidades de poeira para a atmosfera, bloqueando a luz do Sol e dando origem a um inverno duradouro. A luz solar também afeta a nossa saúde física e mental. Quando exposta à luz, a nossa pele produz vitamina D, que desempenha um papel importante nos processos bioquímicos do nosso corpo. Alguns estudos mostram uma relação entre a depressão no ser humano e a falta de exposição à luz solar.

2.7

Partículas do Sol viajam até à Terra e causam as auroras

Durante uma erupção solar, partículas com carga elétrica provenientes do Sol (essencialmente elétrons e prótons) viajam 150 milhões de quilómetros até à Terra. Estas partículas são capturadas pelo campo magnético da Terra, deslocam-se na direção dos polos magnéticos, e interagem com partículas na atmosfera. As partículas mais rápidas podem viajar do Sol à Terra em cerca de meia hora; as mais lentas demoram cerca de cinco dias. Ocasionalmente, estas tempestades de partículas perturbam o campo magnético terrestre, danificando satélites e redes energéticas. É frequente as partículas do Sol interagirem com o oxigénio e o azoto da atmosfera da Terra. Esta interação origina as auroras — espetáculos de luz maravilhosos que iluminam o céu noturno em torno dos polos magnéticos do hemisfério norte (auroras boreais) e sul (auroras austrais).

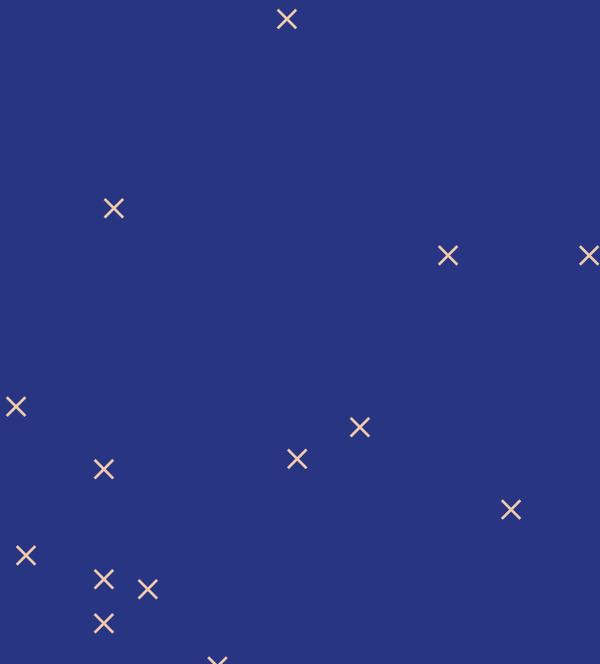
2.8

A tecnologia desenvolvida para a investigação astronómica faz parte do nosso dia-a-dia

Ferramentas analíticas e métodos usados para estudar dados astronómicos têm sido aplicados à indústria, ciências médicas e tecnologia que usamos diariamente. Detetores inicialmente desenvolvidos para a investigação astronómica são hoje também utilizados em câmaras digitais, como as dos nossos telemóveis. Vidro especial, desenvolvido para telescópios astronómicos, é utilizado na produção de ecrãs LCD e chips de computador, bem como tampos de fogão de cerâmica. A transferência de conhecimento entre a astronomia e a medicina contribuiu para o desenvolvimento da imagiologia de ressonância magnética (RM) e da tomografia computadorizada (TAC), entre outros instrumentos.

3

*O céu noturno é
rico e dinâmico*



Rastos de estrelas, resultantes da rotação da Terra, foram registados nesta foto de longa exposição, tirada no planalto de Chajnantor, nos Andes chilenos.

Créditos: S. Otarola/ESO



x

x

x

3.1

Podemos ver vários milhares de estrelas com os nossos olhos numa noite limpa e escura

Quando olhamos para o céu noturno, longe da poluição luminosa das cidades e durante uma Lua Nova ou quando a Lua não se encontra no céu, podemos ver aproximadamente 4000 estrelas a olho nu. Todas as estrelas que observamos a olho nu pertencem à nossa galáxia. Apesar de existirem milhares de milhões de estrelas noutras galáxias e biliões de galáxias no Universo observável, estas estrelas estão demasiado distantes e são assim demasiado tênues para que os nossos olhos as distingam como pontos de luz individuais. Dependendo da nossa localização na Terra e do momento da observação, os cinco planetas mais brilhantes do Sistema Solar, a faixa da Via Láctea, duas galáxias satélite da Via Láctea (a Grande e a Pequena Nuvem de Magalhães) e a galáxia de Andrómeda (uma grande galáxia espiral) também são visíveis a olho nu.

3.2

O céu noturno pode ajudar-nos a nos orientarmos na Terra e a navegar

Olhar para cima, para o céu noturno, permite-nos encontrar as direções cardeais. No hemisfério norte, a maneira mais fácil de encontrar o norte é procurar a estrela Polar (Polaris), também conhecida como a estrela do norte, que se encontra muito próxima do polo norte celeste. A maneira mais fácil de encontrar a estrela Polar é através das constelações da Ursa Maior e da Ursa Menor. No hemisfério sul, a estrela Sigma Octantis, que é a estrela mais próxima do polo sul celeste, não é facilmente visível. Contudo, um método rápido para encontrar o sul é utilizar a constelação do Cruzeiro do Sul (Cruz) e as duas estrelas mais brilhantes da constelação do Centauro.

3.3

O eixo de rotação da Terra oscila (precessa) ao longo de milhares de anos

Ao rodar sobre o seu eixo, a Terra move-se como um pião a girar. A direção do seu eixo de rotação muda numa lenta precessão com um período de 26 000 anos. Este movimento faz com que o eixo aponte em diferentes direções ao longo do tempo e, como consequência, os polos norte e sul celestes alteram lentamente a sua posição ao longo do tempo. Por exemplo, a estrela Polar acabará por deixar de indicar a direção do norte, embora talvez outra estrela o venha a fazer, dependendo da direção do eixo da Terra nessa altura. Apesar de atualmente não existir nenhuma estrela brilhante próximo do polo sul celeste, no futuro teremos uma “estrela do sul” propriamente dita!

3.4

Apenas alguns corpos celestes são suficientemente brilhantes para serem vistos a olho nu quando o Sol está acima do horizonte

A maioria dos objetos no céu noturno são demasiado ténues para serem observados num céu brilhante, iluminado pelo Sol. Um efeito semelhante ocorre à noite nas cidades onde, devido à poluição luminosa, conseguimos ver apenas uma pequena fração das estrelas, como consequência da luminosidade do céu causada pela luz artificial. Apenas alguns corpos celestes são suficientemente brilhantes para serem vistos a olho nu quando o Sol está acima do horizonte. Dependendo da sua fase, é possível ver a Lua durante o dia. Em algumas alturas, Vénus pode ser observado de manhã (“estrela da manhã”), à tarde (“estrela da tarde”) e, se soubermos para onde olhar, Vénus também é visível no céu do meio-dia. Muito raramente, um cometa particularmente brilhante pode ser visível durante o dia.

3.5

Os objetos celestes nascem a este e põem-se a oeste devido à rotação da Terra

Devido à rotação da Terra sobre o seu eixo de oeste para este, um observador na superfície vê todo o céu mover-se no sentido oposto, de este para oeste, aparentemente rodando à volta do nosso planeta. Este movimento aparente do céu em torno da Terra é chamado movimento diurno. Esta é a razão pela qual observamos os corpos celestes nascerem e subirem no céu na metade este do horizonte e descerem e porem-se na metade oeste.

3.6

As estrelas cintilam devido à nossa atmosfera

Quando a luz de uma estrela entra na nossa atmosfera e viaja pelas suas diferentes camadas, muda constantemente de direção devido às mudanças de refração entre camadas com diferentes temperaturas e densidades. Daqui resulta que o brilho da luz de uma estrela e a direção de onde nos chega aqui na Terra estão constantemente a variar. Por isso, para um observador na Terra, as estrelas parecem cintilar. Para os planetas, o efeito é muito menos aparente (ou perceptível). A razão para tal é que os planetas podem ser na realidade vistos como pequenos discos (facilmente discerníveis com binóculos, por exemplo). As estrelas, por outro lado, apresentam-se-nos como pequenos pontos de luz, e como toda a luz tem origem num só ponto, é altamente suscetível a alterações na refração.

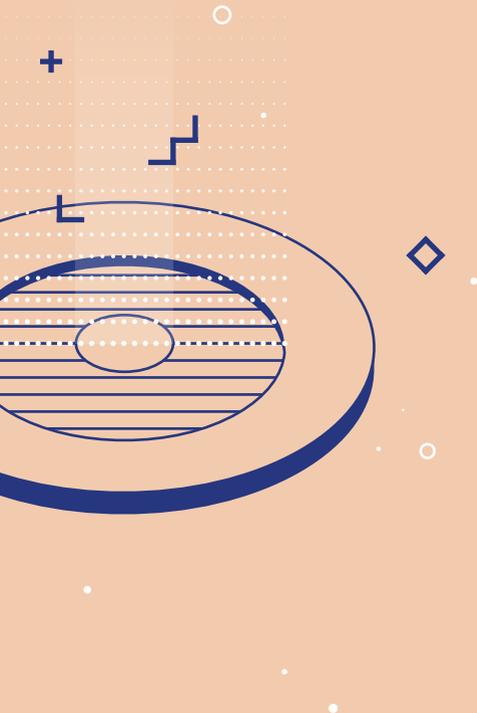
3.7

Milhões de meteoroides entram na atmosfera da Terra diariamente

Um meteoróide é um pequeno objeto rochoso ou metálico que varia entre o tamanho de um grão de areia e a dimensão de um metro. Quando entra na atmosfera da Terra, é aquecido por pressão de choque, criando um traço de luz no céu noturno. Este fenómeno é chamado meteoro (ou “estrela cadente”). Quando um meteoróide sobrevive à sua passagem pela atmosfera da Terra e atinge a superfície, chama-se meteorito. Apesar de milhões de meteoros ocorrerem diariamente na atmosfera terrestre, a maioria dos meteoroides que os originam são reduzidos a gás e poeira antes de atingirem o solo.

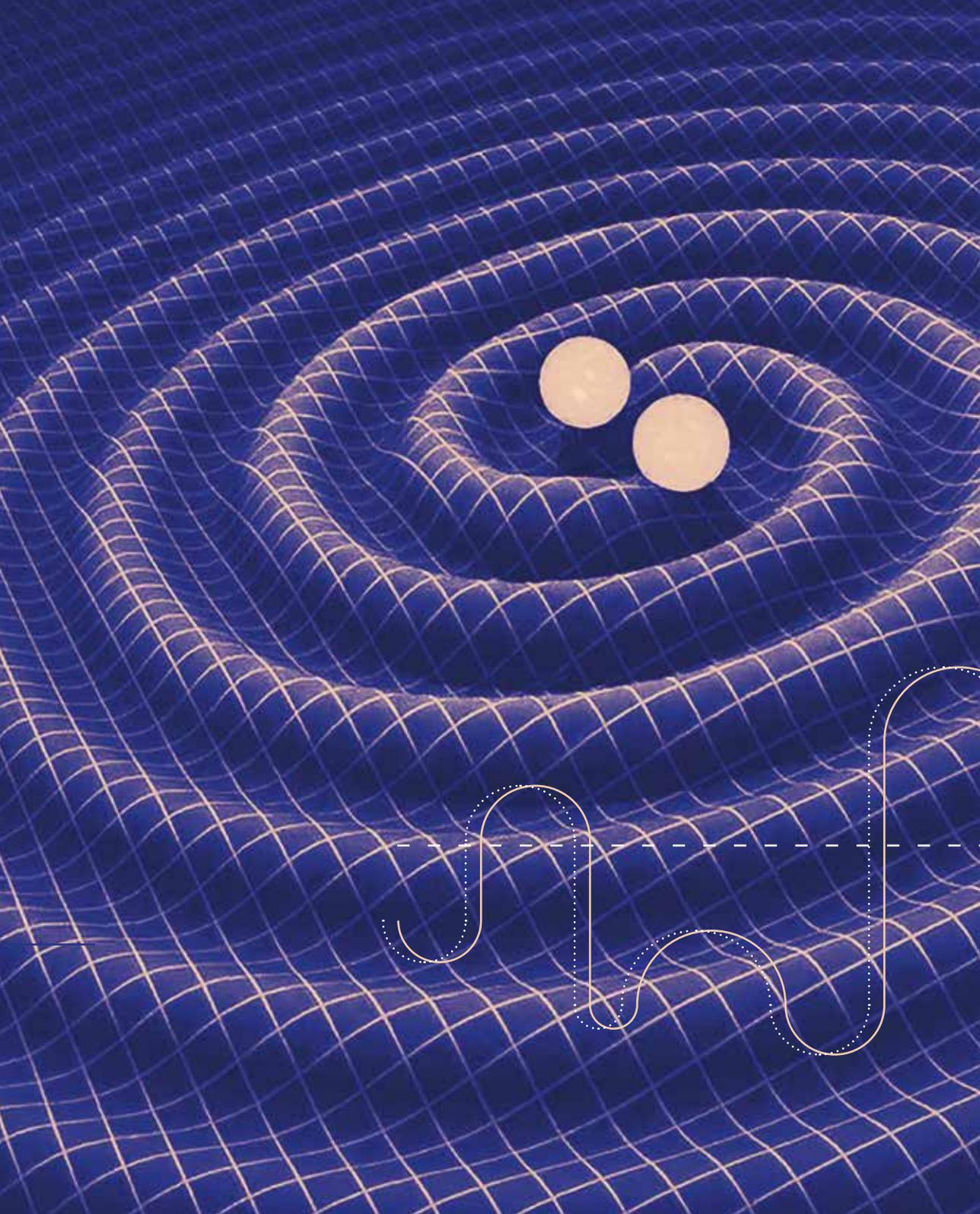


A astronomia é uma ciência que estuda os objetos celestes e os fenômenos no Universo



Conceção artística das ondas gravitacionais originadas por um sistema binário de estrelas de neutrões, espiralando uma em direção à outra antes de se fundirem.

Créditos: R. Hurt/Caltech-JPL



Handwritten-style text in yellow, consisting of a large 'S' followed by a vertical line and a large 'R'. A horizontal dashed white line is drawn across the middle of the text.

4.1

A luz (conhecida também como radiação eletromagnética) é a principal fonte de informação para a investigação astronômica

Como a maioria dos objetos celestes se encontra demasiado longe para viajarmos até eles, dependemos da radiação eletromagnética (luz) destes objetos para os estudarmos. Diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético fornecem informação sobre diversos mecanismos associados aos fenómenos astronómicos, e sobre a natureza dos objetos celestes. Na astronomia moderna, o estudo do Universo é realizado em grande medida usando todo o espectro eletromagnético: rádio, micro-ondas, infravermelho, visível, ultravioleta, raios X e raios gama. Apesar de, em linguagem comum, “luz” apenas se referir à luz visível, em astronomia, “luz” pode referir-se a todo o espectro eletromagnético.

4.2

A larga escala, a gravitação é a interação dominante no Universo

Em média, os objetos astronómicos não têm carga elétrica. A forma dominante como estes objetos interagem através de longas distâncias é a gravitação. É a gravitação que faz com que os planetas orbitem o Sol, as estrelas orbitem os centros galácticos, e que mantém o plasma quente das estrelas agregado numa forma esférica. A maioria dos fenómenos astronómicos pode ser descrita usando a lei da gravitação de Newton mas, em casos mais extremos, é necessária a teoria da relatividade geral de Einstein para fornecer uma descrição exata.

4.3

As ondas gravitacionais e as partículas subatômicas oferecem novas formas de estudar o Universo

A existência de ondas gravitacionais — ondulações no espaço-tempo — foi prevista pela teoria da relatividade geral no início do século XX. A sua primeira deteção direta confirmada foi conseguida em 2015, e os cientistas podem agora utilizá-las como uma nova janela para estudar o Universo. As ondas gravitacionais são geradas por fortes interações gravitacionais, como a fusão de dois buracos negros de grande massa ou de estrelas de neutrões. Os astrónomos também detetam vários tipos de partículas subatômicas, como neutrinos, elétrões e protões, para aprenderem sobre o interior do nosso Sol e sobre alguns dos processos mais energéticos do Cosmos.

4.4

A astronomia utiliza dados obtidos através de observações e simulações para modelar fenómenos astronómicos no enquadramento das teorias atuais

Os astrónomos criam modelos matemáticos de objetos astronómicos, dos seus fenómenos associados e da sua evolução. A estrutura destes modelos é dada pelas teorias fundamentais da física e da química. Alguns modelos consistem em relações matemáticas elementares, modelos mais complexos fazem uso de simulações numéricas. As simulações mais sofisticadas são processadas em alguns dos maiores supercomputadores do mundo. Dados observacionais de telescópios e detetores são utilizados para testar e refinar os modelos. A interação entre a evidência observacional e os modelos é um importante aspeto da descoberta.

4.5

A investigação astronómica combina conhecimento de diferentes áreas como a física, a matemática, a química, a geologia e a biologia

A investigação profissional em astronomia combina conhecimentos da matemática, da física, da química, da engenharia, das ciências computacionais, bem como de outras áreas. Esta visão abrangente provou ser essencial para revelar e modelar a natureza de objetos e fenómenos astronómicos. Por exemplo, para compreender as reações nucleares que ocorrem no interior das estrelas, os cientistas necessitam da física nuclear; para detetar os elementos resultantes nas atmosferas das estrelas, precisam da química. A engenharia é essencial para a produção de telescópios e detetores, e o desenvolvimento de software personalizado é crucial para analisar os dados fornecidos por estes instrumentos.

4.6

A astronomia está dividida em várias especialidades

Como uma boa descrição dos objetos e fenómenos astronómicos requer um bom conhecimento de outras áreas científicas, a astronomia moderna é frequentemente dividida em especialidades de acordo com os principais tópicos abordados. Algumas destas especialidades incluem: a astrobiologia, a cosmologia, a astronomia observacional, a astroquímica e as ciências planetárias. Os astrónomos podem também escolher uma especialidade ao estudarem um tipo particular de objeto, como estrelas anãs brancas. Dado o papel importante desempenhado pela física na astronomia, os termos “astrofísica” e “astronomia” são usados de forma intercambiável.

4.7

As escalas de tempo e de distância usadas na astronomia são muito maiores do que as usadas no nosso dia-a-dia

A Lua é o objeto celeste mais próximo da Terra a uma distância de cerca de 384 400 quilómetros. O nosso Sol tem um diâmetro de 1,39 milhões de quilómetros, uma massa de cerca de 1989 milhares de bilhões de bilhões de quilogramas e é a estrela mais próxima da Terra a uma distância de cerca de 150 milhões de quilómetros (que define uma Unidade Astronómica, ua). A estrela mais próxima do Sol é Próxima Centauri e encontra-se a cerca de 4,25 anos-luz de distância. Um ano-luz é a distância que a luz percorre durante um ano (no vácuo), que é pouco mais de 9 bilhões de quilómetros. A nossa galáxia tem um diâmetro de 100 000 – 120 000 anos-luz, e outras galáxias podem estar tão longe quanto milhares de milhões de anos-luz. As unidades em astronomia são muito maiores do que podemos imaginar. As escalas de tempo astronómicas são longas, e idades de milhões ou milhares de milhões de anos são típicas.

4.8

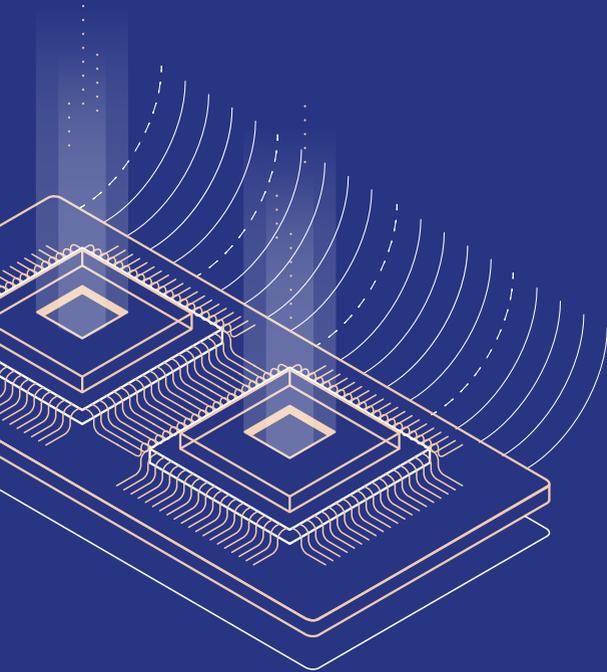
A espectroscopia é uma técnica importante que nos permite explorar o Universo à distância

Várias características de objetos astronómicos podem ser reveladas apenas estudando o seu espectro — a decomposição da luz, à semelhança do arco-íris, em miríades de cores diferentes, cada uma caracterizada pelo comprimento de onda. Analisando a luz coletada de objetos astronómicos, os astrónomos conseguem determinar detalhes como a sua composição química, temperatura, pressão, campo magnético, entre outras características.



5

*A astronomia beneficia de, e estimula,
o desenvolvimento tecnológico*



*Dois dos quatro telescópios
de oito metros que formam
o Very Large Telescope
(VLT), localizado no alto
dos Andes chilenos.*

Créditos: ESO/P. Horálek



5.1 Telescópios e detectores são cruciais para a investigação em astronomia

Como as ondas eletromagnéticas são a principal fonte de informação em astronomia, os telescópios e detectores desempenham um papel importante no que respeita à recolha e análise dessas ondas. Telescópios maiores recolhem mais luz, permitindo aos astrónomos identificar e analisar objetos muito tênues. Telescópios maiores têm também maior poder de resolução, permitindo aos astrónomos estudar os seus objetos-alvo em maior detalhe. Enquanto que no passado as observações astronómicas eram realizadas olhando diretamente através de um telescópio, os detectores atuais permitem aos astrónomos documentar as suas observações de forma objetiva, em muitos comprimentos de onda diferentes.

5.2 Alguns telescópios podem operar em conjunto de forma a atuarem como um grande telescópio

Ao combinar muitos telescópios, os astrónomos podem fazê-los operar como um único grande telescópio utilizando uma técnica chamada interferometria. A resolução dos instrumentos combinados será igual à de um único telescópio com um diâmetro igual à maior distância entre quaisquer dois dos telescópios do conjunto. Isto permite aos astrónomos observar, com maior qualidade, detalhes mais pequenos nos objetos astronómicos, bem como separar objetos distintos, como uma estrela e o seu sistema planetário.

5.3 Os observatórios astronómicos estão localizados na Terra e no Espaço

A atmosfera da Terra absorve radiação de grande parte do espectro eletromagnético. É transparente à luz visível, a alguma luz ultravioleta e infravermelha, e às ondas curtas de rádio, mas maioritariamente opaca para as restantes. A maioria das bandas do ultravioleta e grandes porções de luz infravermelha, bem como os raios X, não conseguem penetrar na atmosfera. Por esta razão, a maioria dos telescópios que recolhem outros tipos de luz que não a visível, rádio e um pequeno número de bandas de outros comprimentos de onda, tem de estar no Espaço. Apesar de a luz visível poder ser observada da superfície, a turbulência da atmosfera da Terra afeta a qualidade das imagens, e por isso alguns telescópios óticos também são colocados no Espaço.

5.4 Os observatórios astronómicos terrestres estão muitas vezes localizados em regiões remotas em várias partes do mundo

Poucos locais na Terra oferecem as condições de observação prístinas associadas a elevadas altitudes, ausência de poluição luminosa e transparência da atmosfera a certos comprimentos de onda. Estes locais podem ser muitas vezes hostis, de difícil acesso e normalmente muito afastados de povoações maiores. Os astrónomos tanto podem viajar para esses locais para fazerem as suas observações, como permitir que operadores de telescópio locais e com experiência as realizem por eles, como ainda recorrer a telescópios robóticos, operados remotamente.

5.5

A astronomia de hoje faz parte da “Big Science” e do “Big Data”

Os rastreios astronómicos começaram a produzir grandes quantidades de dados, e estas vão aumentar imenso nos próximos anos. Esta evolução é chamada “Big Data Astronomy” (astronomia do grande volume de dados), em que o foco está em encontrar novas formas de armazenar, entregar e analisar estes dados. Isto levou ao desenvolvimento de vários projetos de ciência cidadã para explorar a capacidade aguçada do ser humano para reconhecer padrões. Por outro lado, os telescópios e instrumentos modernos são caros e a sua construção requer uma variedade de competências técnicas. Nesta era de “Big Science” (ciência de grande escala) são frequentemente construídos por organizações internacionais ou consórcios envolvendo muitos institutos de astronomia de diferentes países.

5.6

Simulações complexas e enormes volumes de dados em astronomia requerem o desenvolvimento de poderosos supercomputadores

O processamento de grandes volumes de dados provenientes tanto de simulações como de observações requer computadores capazes de realizar simulações complexas num curto espaço de tempo. Os computadores atuais conseguem operar na ordem de um par de centenas de milhares de biliões de cálculos por segundo. Estes supercomputadores permitem aos astrónomos criar Universos simulados e compará-los com observações de rastreios de larga escala.

5.7

A astronomia é uma ciência global, com equipas internacionais, e onde dados e publicações são partilhados livremente

Os dados disponibilizados pela maioria dos observatórios profissionais estão acessíveis publicamente. Em geral, durante as suas carreiras, os astrónomos trabalham em diferentes países. Grandes projetos astronómicos, desde a construção de telescópios e instrumentos até campanhas de observação coordenadas, são frequentemente realizados em colaboração com investigadores e institutos de diferentes nações. A astronomia é global e internacional. Somos todos membros da tripulação da “Nave Espacial Terra”, sob o mesmo céu, a explorar o Cosmos.

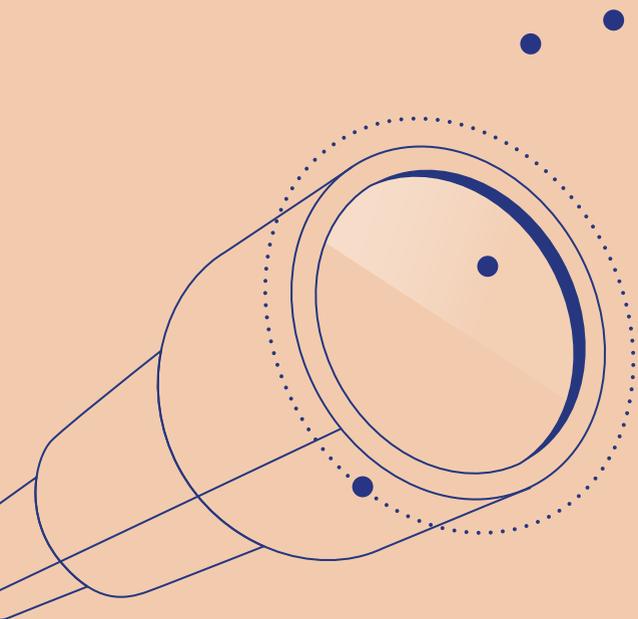
5.8

Já foram lançadas para o Espaço várias sondas para estudar o Sistema Solar

De forma a explorar e aprender mais sobre o nosso lugar no Universo, têm sido enviadas sondas robóticas que têm viajado pelo Sistema Solar. Algumas destas sondas orbitam planetas, luas, ou mesmo asteroides, enquanto outras têm aterrado nesses objetos. Entre alguns dos sítios do Sistema Solar que já foram visitados (com aterragem, órbita ou sobrevoo) por sondas robóticas, encontram-se todos os planetas, os planetas anões Plutão e Ceres, a nossa Lua e outras luas de Júpiter e Saturno, cometas e asteroides.

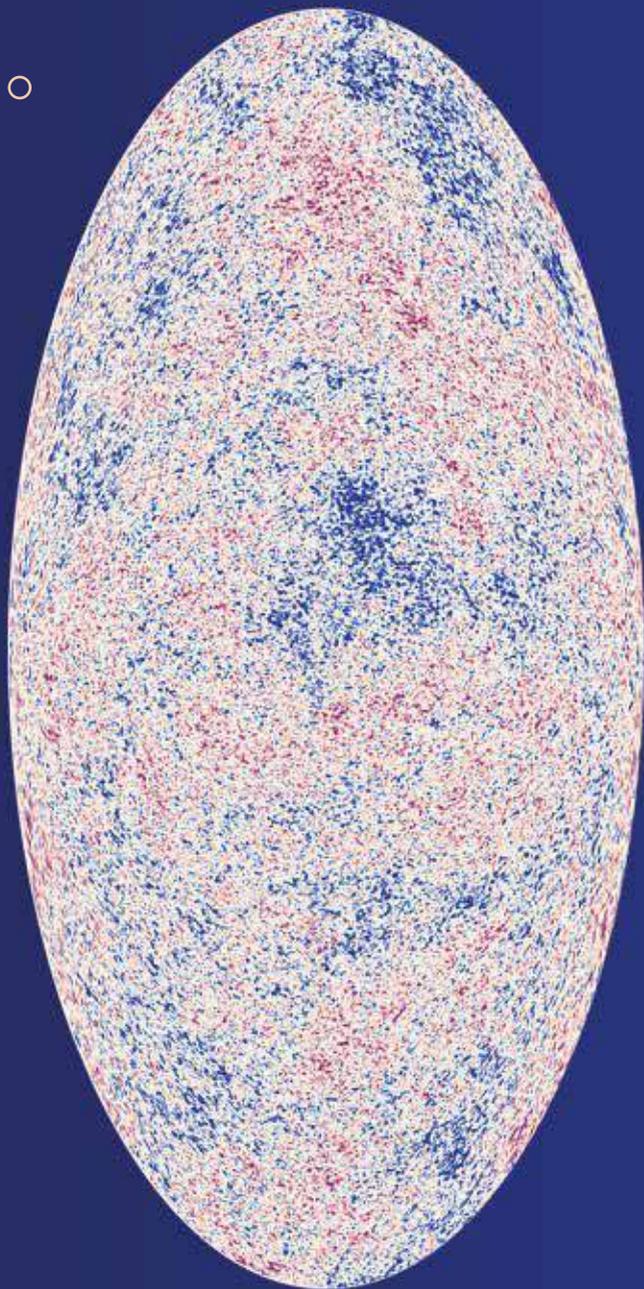
6

A cosmologia é a ciência que estuda o Universo como um todo



*Uma imagem da Radiação
Cósmica de Fundo de
Micro-ondas, a relíquia
remanescente de quando o
Universo tinha 380 000 anos.*

*Créditos: ESA e Planck
Collaboration*



○ ○

○

○

○

○

○

○

○

—

6.1

O Universo tem mais de 13 mil milhões de anos

A idade estimada para o Universo, baseada em observações modernas e no estado da arte dos modelos cosmológicos para a sua evolução inicial, é de aproximadamente 13,8 mil milhões de anos. A cosmologia é uma área de investigação que estuda a evolução e a estrutura do Universo.

6.2

O Universo é homogéneo e isotrópico a grande escala

A grandes escalas (maiores do que 300 milhões de anos-luz), a matéria no Universo aparenta estar distribuída de maneira uniforme. Devido a estas densidade e estrutura quase uniformes, o Universo parece quase igual em qualquer lugar (homogéneo) e em qualquer direção (isotrópico).

6.3

Estamos sempre a observar o passado

Por a velocidade da luz ser finita, nunca vemos os objetos como eles são agora, mas sempre como eles foram no passado. Só conseguimos ver o Sol como ele era há cerca de oito minutos, já que a sua luz leva cerca de oito minutos para chegar até nós. Vemos a galáxia de Andrómeda como ela era há 2,5 milhões de anos, já que a luz da galáxia leva esse tempo para chegar até à Terra. Desta forma, os astrónomos observam sempre o passado, mesmo até 13,8 mil milhões de anos atrás. Observar objetos astronómicos a diferentes distâncias fornece assim uma visão transversal da história cósmica. Já que, em média, o Universo tem as mesmas propriedades em todo o lado, esta visão transversal fornece valiosos indícios sobre a nossa própria história.

6.4

Só conseguimos observar diretamente uma fração de todo o Universo

Como a luz viaja pelo espaço a uma velocidade finita, há regiões distantes do Universo que ainda não conseguimos observar. A razão para isso é simplesmente porque a luz dessas regiões ainda não teve tempo suficiente para chegar aos nossos detetores na Terra. Só conseguimos ver os objetos que se encontram dentro de uma certa região que é chamada "Universo Observável", a qual engloba todos os objetos cuja luz teve o tempo necessário para chegar até nós. De particular interesse são objetos muito distantes perto do limiar dessa região. Esses aparecem-nos com o aspeto que tinham quando o Universo tinha apenas começado.

6.5

O Universo é constituído sobretudo por energia escura e matéria escura

As estrelas, o ar que respiramos, os nossos corpos e tudo o que vemos à nossa volta é feito de átomos, os quais são eles próprios constituídos por prótons, neutrões e eletrões. Esta matéria, chamada bariónica, é aquilo com que interagimos no nosso dia-a-dia. Evidências observacionais mostram que ela representa apenas cerca de cinco por cento da composição total do Universo. De facto, o Universo é constituído sobretudo por uma forma de energia desconhecida designada energia escura (cerca de 68 por cento), e por uma forma invulgar de matéria chamada matéria escura (cerca de 27 por cento). A natureza das assim chamadas energia escura e matéria escura é uma área de investigação ativa, sobretudo através da observação das suas influências sobre a matéria bariónica.

6.6

O Universo está a expandir-se de forma acelerada

Evidências observacionais mostram que o Universo se está a expandir de forma acelerada, o que é atribuído à Energia Escura. À medida que o Universo se expande de modo sistemático a grandes escalas, os enxames de galáxias afastam-se uns dos outros. Nos modelos modernos, todas as distâncias entre enxames de galáxias aumentam na proporção de um mesmo factor de escala universal. Dados observacionais mostram que quanto mais longe uma galáxia estiver de nós, mais rapidamente se afasta de nós (Lei de Hubble-Lemaître). Hipotéticos observadores extraterrestres localizados noutras galáxias observariam o mesmo. Sistemas ligados entre si, como os enxames de galáxias, e grupos de galáxias ligadas pela sua própria gravidade, ou mesmo as próprias galáxias, não são afetados pela expansão cósmica. Dentro dos enxames e grupos de galáxias, as galáxias individuais podem mover-se em órbita umas das outras, ou podem estar em rota de colisão umas com as outras. Este último cenário é verdadeiro para a galáxia Via Láctea e para a galáxia de Andrómeda.

6.7

A expansão do espaço faz com que a luz que nos chega de galáxias distantes sofra um desvio para o vermelho

A expansão cósmica influencia as propriedades da luz no Universo. A luz que nos chega de galáxias distantes é tanto mais desviada para o vermelho quanto maior a distância. Este desvio para o vermelho de origem cosmológica pode ser compreendido diretamente em termos do aumento do comprimento de onda da luz (esticado para comprimentos de onda maiores) com o factor de escala cósmico. É por isso que galáxias distantes só podem ser observadas nas bandas do infravermelho ou do rádio, e pela mesma razão a Radiação Cósmica de Fundo nos chega sobretudo no regime das micro-ondas.

6.8

As leis da natureza (por exemplo, a gravidade) que estudamos na Terra parecem funcionar da mesma forma em todo o Universo

Houve já bastantes testes para saber se as leis da física, tais como as leis que governam a gravidade, a termodinâmica e o eletromagnetismo, são as mesmas na Terra e no Universo distante. Até agora, todos esses testes indicam que as leis fundamentais da física se aplicam a todo o Universo.

6.9

A estrutura do Universo a grandes escalas é constituída por filamentos, muralhas e vazios

Amplios rastreios do Universo na parte do espectro desviada para o vermelho revelaram que, a grandes escalas da ordem de algumas centenas de milhões de anos-luz, o Universo parece-se com uma teia tridimensional, semelhante a uma esponja, feita de filamentos e vazios, a que os astrónomos chamam a “teia cósmica”. Os filamentos e as muralhas contêm milhões de galáxias. Estas estruturas de grande escala estendem-se por centenas de milhões de anos-luz, e têm em geral a espessura de dezenas de milhões de anos-luz. Os filamentos e as muralhas formam contornos à volta dos vazios, os quais têm diâmetros na ordem de uma centena de milhões de anos-luz e contêm apenas algumas galáxias.

6.10

A Radiação Cósmica de Fundo de Micro-ondas permite-nos explorar o Universo primordial

A mais antiga radiação eletromagnética, emitida das regiões mais distantes do Universo que podemos observar, é a Radiação Cósmica de Fundo de Micro-ondas. É a relíquia remanescente do Universo primordial quente e denso, impressa com informação de uma época em que o Universo tinha cerca de 380 000 anos. A Radiação Cósmica de Fundo de Micro-ondas permite-nos medir características chave do Universo como um todo: a quantidade de Matéria Escura, matéria bariónica e Energia Escura que contém, a geometria do Universo e a sua atual taxa de expansão. A Radiação Cósmica de Fundo de Micro-ondas mostra que o Universo é aproximadamente isotrópico e portanto também fornece evidência indireta da sua homogeneidade.

6.11

A evolução do Universo pode ser explicada pelo modelo do Big Bang

De acordo com a melhor evidência até agora disponível, há mais de 13 mil milhões de anos, toda a matéria e energia que vemos à nossa volta estavam contidas num volume mais pequeno do que um átomo. O Universo expandiu-se a partir desta fase de densidade e temperatura elevadas (fase do Big Bang) até ao seu estado presente. Os modelos que descrevem o Universo em expansão são referidos como LambdaCDM (onde Lambda representa a componente de Energia Escura do Universo, e CDM é a sigla em inglês para Matéria Escura Fria). A fase do Big Bang, apesar do seu nome, não foi uma explosão, onde a matéria é projetada para fora na direção de espaço vazio já existente. Desde o início que todo o espaço disponível estava preenchido com matéria e, a partir do momento em que o mesmo se expandiu, a densidade média de matéria tem vindo a diminuir. Desde que se formaram as galáxias, a distância média entre elas tem vindo constantemente a aumentar. O modelo do Big Bang faz numerosas previsões sobre o nosso Universo atual que podem ser testadas, tendo a maioria das quais sido confirmada através de dados observacionais.

Simulação cosmológica de larga escala que mostra a evolução de uma secção do Universo, onde a densidade da matéria escura é sobreposta à velocidade do gás.

Créditos: The Illustris Collaboration



7

Vivemos todos num pequeno planeta dentro do Sistema Solar

Conceção artística de alguns dos exoplanetas que orbitam uma estrela chamada TRAPPIST-1, que tem pelo menos sete planetas rochosos do tamanho da Terra em sua órbita.

Créditos: ESO/M. Kornmesser



7.1 O Sistema Solar formou-se há cerca de 4,6 mil milhões de anos

A datação radiométrica de meteoritos permitiu-nos determinar a idade do Sistema Solar. Esta idade também é coerente com a datação de amostras de rocha lunar e com as mais antigas rochas encontradas na superfície da Terra.

7.2 O Sistema Solar é constituído pelo Sol, planetas, planetas anões, luas, cometas, asteroides, e meteoroides

O nosso Sistema Solar é constituído por uma estrela central a que chamamos Sol e por todos os objetos em órbita dela, sob a influência da sua gravidade. Nestes objetos incluem-se planetas e os seus satélites naturais, planetas anões, asteroides, meteoroides e cometas. O Sol detém mais de 99,87 por cento da massa total do Sistema Solar.

7.3 Existem oito planetas no Sistema Solar

De acordo com a resolução de 2006 da União Astronómica Internacional, para que um objeto seja um planeta tem de satisfazer três critérios. O primeiro determina que esse objeto deve orbitar o Sol. O segundo determina que um planeta tem de ter massa suficiente para que a gravidade o molde numa forma aproximadamente esférica, e finalmente, a sua influência gravitacional tem de ser suficiente para remover quaisquer outros objetos da vizinhança da sua órbita. Objetos que não sejam luas e que obedeçam às duas primeiras regras, mas não à terceira, são chamados planetas anões. Nomeando a partir do Sol, os planetas no nosso Sistema Solar são Mercúrio, Vénus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Úrano e Neptuno.

7.4 Existem vários planetas anões no Sistema Solar

Os planetas anões são todos mais pequenos do que a Lua, a qual tem um diâmetro de cerca de 3474 quilómetros. Plutão é atualmente o maior dos planetas anões, seguido de Eris, Haumea, Makemake e Ceres. Cada um destes objetos é sólido, tem uma superfície gelada, e tem composição semelhante aos outros. Ceres está situado entre as órbitas de Marte e Júpiter, enquanto os outros quatro planetas anões podem ser encontrados para lá da órbita de Neptuno, na cintura de Edgeworth-Kuiper.

7.5

Os planetas dividem-se entre terrestres ou telúricos (rochosos), e gigantes gasosos

Os quatro planetas mais próximos do Sol são designados planetas terrestres, ou telúricos. Todos estes planetas têm uma superfície sólida e são constituídos sobretudo por rocha. Mercúrio não tem atmosfera e, comparado com a Terra, Vénus tem a atmosfera mais densa e Marte a mais rarefeita. Em contraste com os pequenos planetas interiores, os quatro planetas exteriores, designados gigantes gasosos, são muito maiores. Estes planetas são sobretudo constituídos por gás (hidrogénio e hélio) e as suas atmosferas são muito densas. Todos os gigantes gasosos têm anéis à sua volta. Saturno tem de longe o sistema de anéis mais impressionante, que é visível mesmo através de um telescópio razoavelmente pequeno.

7.6

Alguns planetas têm dezenas de satélites naturais

Com as exceções de Mercúrio e de Vénus, todos os planetas têm pelo menos um satélite natural. A Terra é o único planeta do Sistema Solar que tem apenas uma lua, enquanto Marte tem duas luas. Em contraste com os planetas terrestres, todos os gigantes gasosos têm um grande número de objetos a orbitá-los. Júpiter e Saturno, cada um com mais de 75 luas confirmadas, são os planetas com maior número de satélites naturais, seguidos de Úrano e Neptuno.

7.7

A Terra é o terceiro planeta em órbita em torno do Sol, e tem um satélite natural, a Lua

O nosso planeta natal é o terceiro planeta a contar do Sol e tem uma órbita quase circular. A atmosfera da Terra é constituída sobretudo por azoto e oxigénio, e a temperatura média à sua superfície, a qual é em mais de 70 por cento coberta de água, é de cerca de 15 graus Celsius. A Lua é o único satélite natural da Terra e o único objeto celeste onde humanos já pousaram.

7.8

Há milhões de asteroides, que são restos da formação do nosso Sistema Solar

Restos da formação do Sistema Solar podem ser encontrados sobretudo na cintura de asteroides, situada entre as órbitas de Marte e Júpiter, e na cintura de Edgeworth-Kuiper, situada para além da órbita de Neptuno. Estes asteroides variam em tamanho de 10 metros a 1000 quilómetros, e a massa total do conjunto de todos os asteroides no Sistema Solar é menor do que a massa da nossa Lua.

7.9

Um cometa é um objeto gelado que desenvolve uma cauda quando é aquecido pelo Sol

Os cometas são constituídos sobretudo por gelos, mas também contêm poeiras e material rochoso. O gelo é volátil e evapora-se quando o cometa se aproxima do Sol devido aos ventos solares e à radiação. Isto produz duas caudas – uma cauda de poeira que é ligeiramente inclinada na direção oposta à do movimento do cometa, estendendo-se por milhões de quilómetros, e uma cauda de plasma que é retilínea e nem sempre visível a olho nu. As caudas dos cometas apontam sempre na direção oposta à do Sol, independentemente da direção do movimento do cometa. Pensa-se que a maioria dos cometas vem de duas regiões específicas: a cintura de Edgeworth-Kuiper, situada para além da órbita de Neptuno, e a Nuvem de Oort, nos limites do Sistema Solar.

7.10

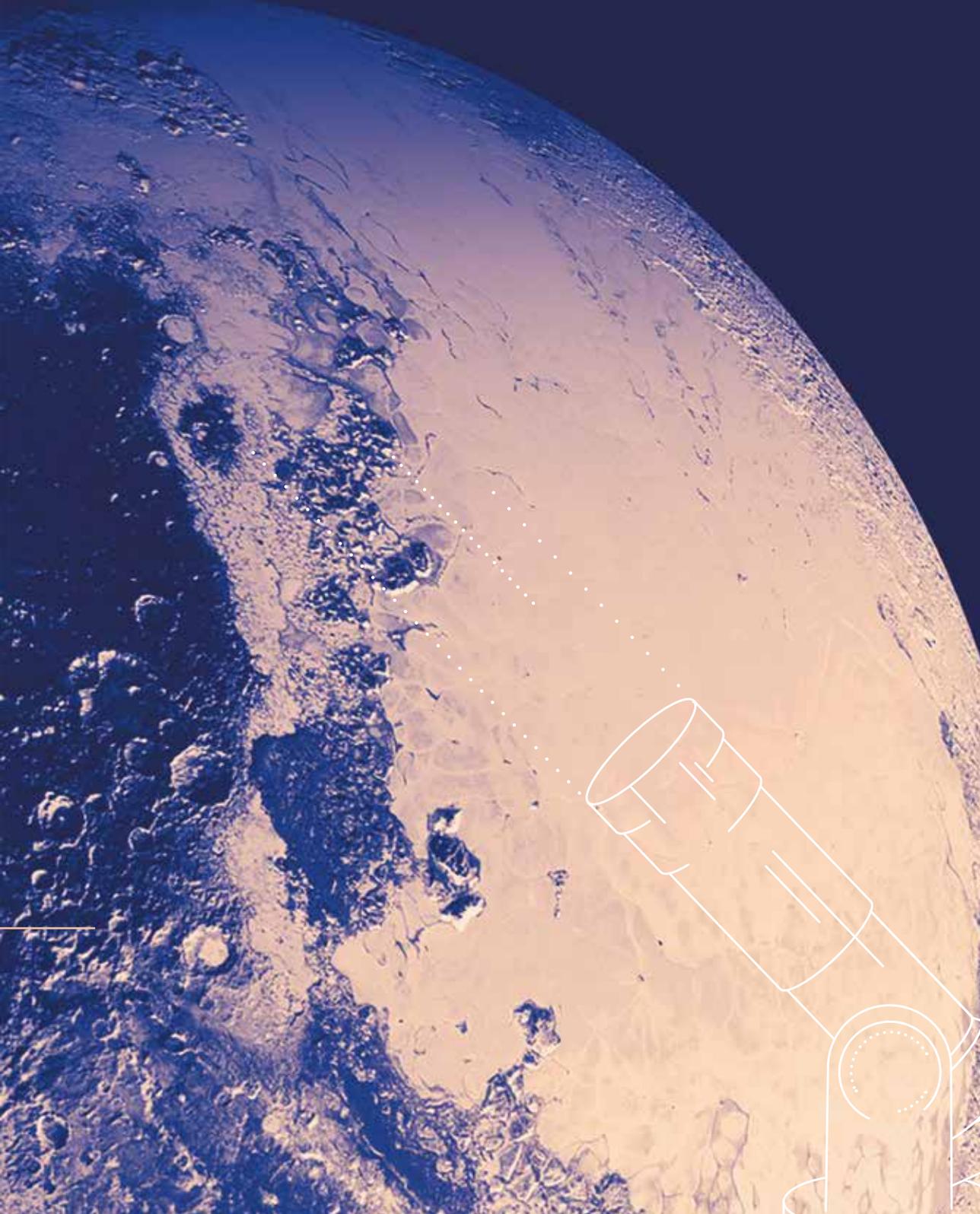
O limite do Sistema Solar é chamado de Heliopausa

O campo magnético do Sol estende-se muito para além da sua superfície. Isto cria uma bolha que engloba todo o Sistema Solar. A região onde o campo magnético do Sol interage com o campo magnético de outras estrelas é designada, em inglês, por *heliosheath*. O limite externo desta região agitada e turbulenta é chamado heliopausa. Para além da heliopausa estende-se o espaço interestelar. Em 2012, a sonda Voyager 1 foi o primeiro objeto de fabrico humano a transpor a heliopausa.



Esta imagem de alta resolução obtida pela sonda New Horizons da NASA combina imagens em azul, vermelho e infravermelho tiradas pela Ralph/Multispectral Visual Imaging Camera (MVIC).

Créditos: NASA/JHUAPL/SwRI

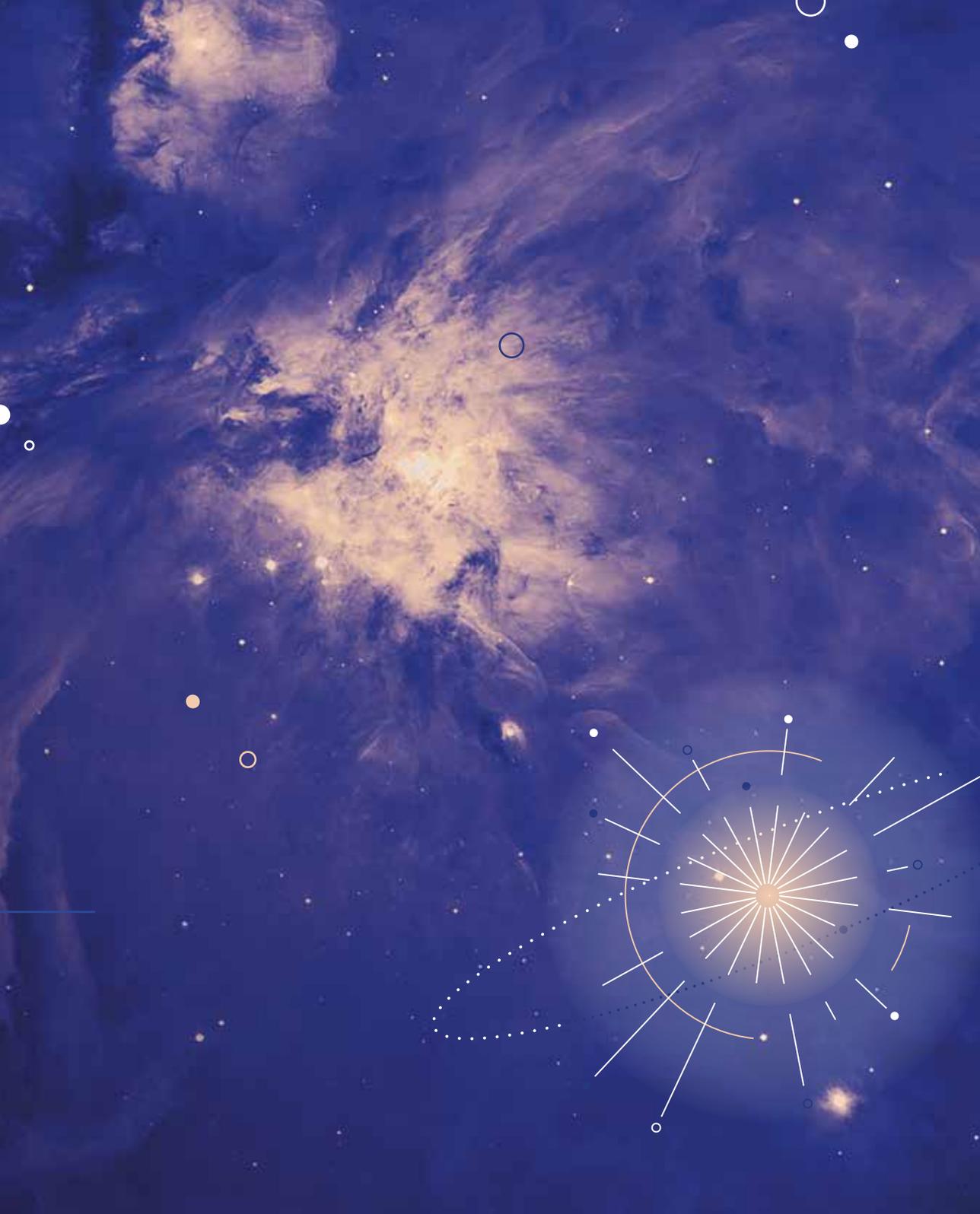




*Somos todos feitos
de poeira das estrelas*

*A Nebulosa de Oriente (M42)
— a região de formação estelar
de grande massa mais próxima
da Terra, a aproximadamente
1500 anos-luz de distância.*

*Créditos: NASA, ESA, M. Robberto
(Space Telescope Science Institute/
ESA) e a equipa do Hubble Space
Telescope Orion Treasury Project*



8.1

Uma estrela é um objeto com luz própria que gera a sua energia através de reações nucleares internas

As estrelas são compostas por plasma muito quente (um gás onde os elétrons e núcleos dos átomos estão em grande parte separados) mantido em coesão pela sua própria gravidade. A contínua libertação de energia de uma estrela é sustentada por reações nucleares que ocorrem no seu centro, que fundem inicialmente hidrogénio em hélio, através da cadeia prótão-prótão (e, nas estrelas mais massivas através do ciclo carbono-azoto-oxigénio), antes de começarem a fusão de elementos mais pesados. As estrelas mantêm-se estáveis devido à pressão exercida pela energia que se liberta durante os processos centrais de fusão, a qual se opõe à tendência da estrela para colapsar sob o efeito da sua própria gravidade. Desta forma, a maioria das estrelas de massa semelhante ou inferior à do Sol mantêm-se estável por alguns milhares de milhões, ou até dezenas de milhares de milhões de anos.

8.2

As estrelas formam-se a partir de enormes nuvens de poeira e gás

O colapso gravitacional de nuvens moleculares frias e gigantes leva ao nascimento de estrelas. À medida que a nuvem colapsa, fragmenta-se em núcleos cujas regiões centrais se tornam cada vez mais densas e quentes. Ultrapassados valores críticos de temperatura e pressão, a fusão nuclear inicia-se, e nasce uma estrela. Esta estrela jovem encontra-se inicialmente rodeada por um disco protoplanetário de poeira e gás. No decurso de milhões de anos, este disco diferencia-se em planetas e corpos mais pequenos.

8.3

A estrela mais próxima da Terra é o Sol

Com um diâmetro equatorial de cerca de 1,4 milhões de quilómetros, o Sol, a estrela mais próxima da Terra, é tão grande que poderíamos agrupar cerca de 1,3 milhões de Terras dentro dele. Apesar de a nossa estrela ser enorme quando comparada com o nosso planeta, existem estrelas muito maiores no Universo. A supergigante VY Canis Majoris, com cerca de 1400 vezes o diâmetro do Sol, é a maior estrela conhecida até hoje. Se fosse colocada no centro do Sistema Solar, a superfície de VY Canis Majoris estender-se-ia para além da órbita de Júpiter. Existem também estrelas muito mais pequenas do que o Sol. A estrela mais próxima, Proxima Centauri, é uma anã vermelha com um diâmetro de cerca de 200 000 quilómetros, apenas 16 vezes o diâmetro da Terra.

8.4

O Sol é uma estrela dinâmica

Apesar de parecer uniforme na sua aparência, a superfície do Sol pode estar salpicada de manchas escuras. Estas manchas solares, ou regiões de forte campo magnético, parecem escuras porque estão menos quentes do que o material circundante. A cada 11 anos, o Sol varia ciclicamente entre a produção de muitas manchas e a produção de poucas manchas. Às vezes, o campo magnético do Sol fica torcido, acumula muita energia, e liberta-a numa explosão de luz e partículas. Estas explosões são chamadas erupções solares ou ejeções de massa coronal. Mas, mesmo quando está calmo, o Sol lança para o Espaço, em cada segundo, cerca de 1,5 mil milhões de quilogramas de gás quente e magnetizado. Este vento solar flui através do Sistema Solar e interage com os planetas. As outras estrelas também produzem erupções e ventos.

8.5

A cor de uma estrela diz-nos qual a sua temperatura à superfície

As estrelas podem ter temperaturas à superfície entre alguns milhares de graus Celsius e 50 000 graus Celsius. Estrelas quentes irradiam a maior parte da sua energia nas regiões azul e ultravioleta do espectro eletromagnético (em comprimentos de onda curtos) e assim aos nossos olhos parecem-nos azuladas. Estrelas menos quentes parecem avermelhadas, pois irradiam a maior parte da sua energia nas regiões vermelha e infravermelha do espectro eletromagnético (em comprimentos de onda longos).

8.6

O espaço entre estrelas pode estar essencialmente vazio, ou conter nuvens de gás, que podem produzir novas estrelas

O espaço entre as estrelas contém ínfimas quantidades de matéria na forma de gás, poeira e partículas altamente energéticas ("raios cósmicos"). Este conteúdo de matéria é chamado meio interestelar, e pode ser mais ou menos denso em diferentes partes da galáxia. Contudo, mesmo as zonas mais densas do meio interestelar são ainda um milhar de vezes menos densas do que o melhor vácuo criado em laboratório.

8.7

Cada estrela segue um ciclo de vida que é determinado sobretudo pela sua massa inicial

Simulações computacionais revelam que as primeiras estrelas tiveram durações de vida de alguns milhões de anos. Por outro lado, a esperança média de vida de uma estrela semelhante ao Sol é de cerca de 10 mil milhões de anos. Estrelas anãs vermelhas de baixa massa podem viver por biliões de anos. Uma estrela com uma massa semelhante à do Sol acabará por evoluir para uma estrela gigante vermelha, e mais tarde ejetar para o Espaço a maior parte da sua massa, restando uma compacta estrela anã branca, rodeada por aquilo a que se chama uma nebulosa planetária. Uma estrela com pelo menos oito massas solares evoluirá para uma supergigante vermelha, antes de explodir num evento chamado supernova, restando uma estrela de neutrões ou um buraco negro estelar.

8.8

Estrelas de grande massa podem terminar o seu ciclo de vida como buracos negros estelares

Um buraco negro é uma região do espaço cujo campo gravitacional extremo impede que qualquer coisa, mesmo a luz, consiga escapar dela uma vez atravessado o horizonte de acontecimentos. O horizonte de acontecimentos é uma superfície de fronteira que envolve um buraco negro, onde a velocidade necessária para escapar ao seu campo gravitacional é superior à velocidade da luz. Modelos teóricos prevêem que no centro de um buraco negro se encontre uma singularidade, onde a densidade da matéria e a curvatura do espaço-tempo se aproximam do infinito. Buracos negros estelares têm massas na ordem de algumas dezenas de massas solares, numa região com um raio entre alguns quilómetros e dezenas de quilómetros (dependendo da massa).

8.9

Novas estrelas e os seus sistemas planetários nascem da matéria residual de estrelas anteriores nessa região

Com exceção do hidrogénio, a maior parte do hélio e uma pequena quantidade de lítio, todos os elementos no Universo atual foram produzidos no interior de estrelas. Estrelas de pequena massa como o Sol, produzem elementos até ao oxigénio por fusão nuclear, enquanto estrelas de grande massa podem produzir elementos mais pesados que o oxigénio e até ao ferro. Elementos mais pesados que o ferro, como o ouro e o urânio, são produzidos durante as explosões altamente energéticas das supernovas e em colisões de estrelas de neutrões. Na fase final da sua vida, as estrelas libertam a maior parte da sua massa para o meio interestelar. Desta matéria formam-se novas estrelas, numa versão cósmica do processo de reciclagem.

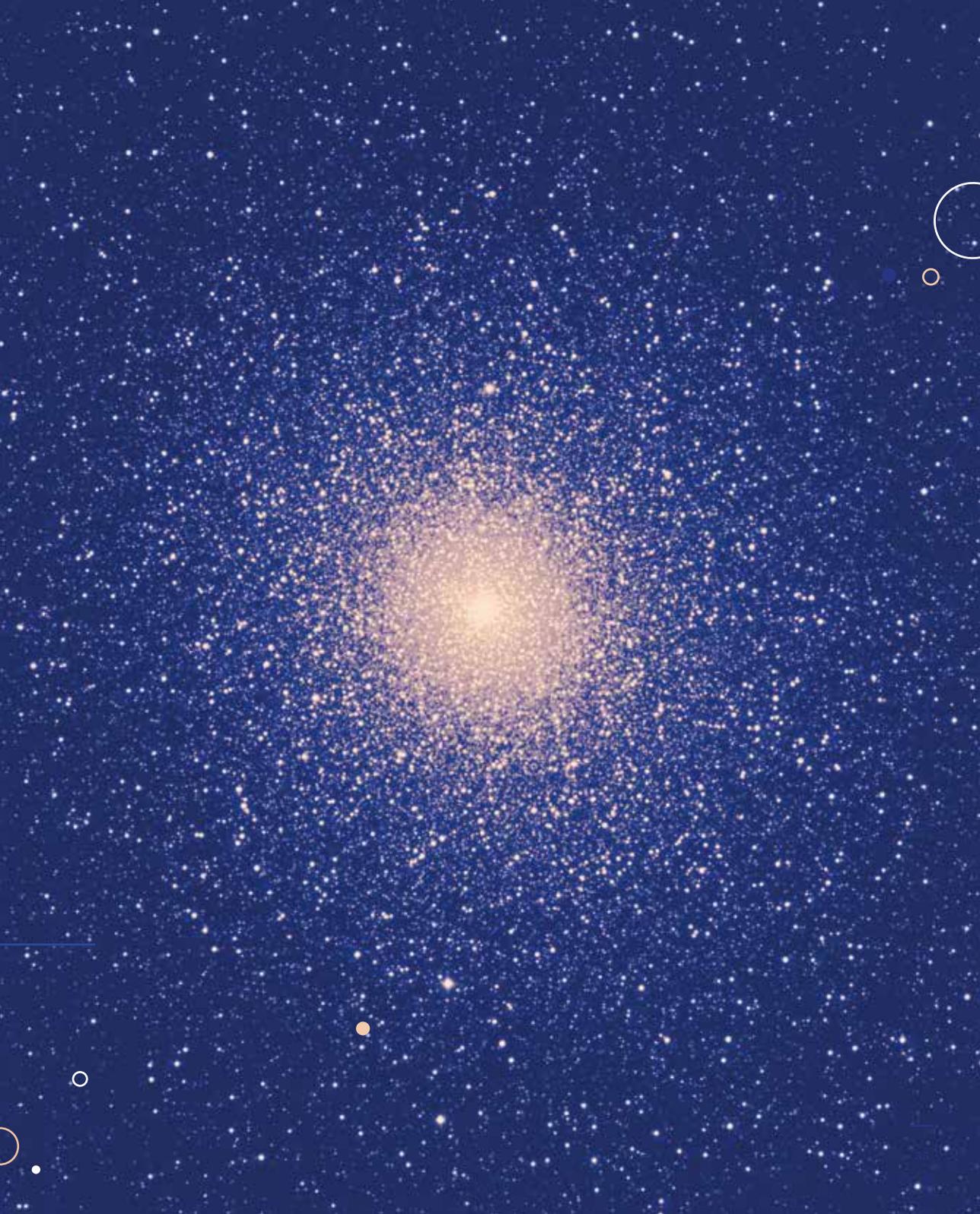
8.10

O corpo humano é feito de átomos cuja origem remonta a estrelas anteriores ao Sol

Os elementos, com a exceção do hidrogénio, do hélio e de uma pequena parte do lítio, foram essencialmente criados no interior de estrelas e libertados para o Espaço nos últimos estágios das suas vidas. É esta a origem da maioria dos elementos que compõem os nossos corpos, como o cálcio nos nossos ossos, o ferro no nosso sangue e o azoto no nosso ADN. De igual modo, os elementos que compõem os outros animais, plantas e, de facto, a maioria das coisas que vemos à nossa volta, foram produzidos pelas estrelas há milhares de milhões de anos.

Imagem do segundo maior e mais brilhante enxame globular, ou agrupamento próximo de estrelas, observado no céu noturno da Terra. Este objeto é chamado NGC 104 ou 47 Tucanae.

Créditos: ESO



9

Existem centenas de milhares de milhões de galáxias no Universo

O Hubble Ultra Deep Field, uma fotografia de uma pequena região do Espaço (quase 1/10 do diâmetro da Lua Cheia) que contém quase dez mil galáxias.

Créditos: NASA, ESA, S. Beckwith (STScI) e HUDF Team



9.1 Uma galáxia é um grande sistema de estrelas, poeira e gás

Uma galáxia contém entre alguns milhões e centenas de milhares de milhões de estrelas, mantidas juntas pela sua atração gravitacional. As estrelas de uma galáxia podem fazer parte de enxames estelares, ou de uma população maior de estrelas separadas, dispersas pela galáxia. Uma galáxia também contém remanescentes estelares, poeira, gás e matéria escura. Muitas galáxias têm um buraco negro de grande massa no seu centro.

9.2 As galáxias parecem conter grandes quantidades de matéria escura

A matéria escura é um tipo de matéria que não emite nem interage com a radiação eletromagnética, sendo assim impossível de ver por observação direta. Apesar de a matéria escura não poder ser vista, ela tem massa, e a sua existência é inferida através dos seus efeitos gravitacionais nos objetos visíveis. Nesses efeitos incluem-se o movimento de objetos visíveis, ou a distorção de imagens devido a lentes gravitacionais. As galáxias encontram-se circundadas por um halo bem maior de matéria escura — de certa forma, o que observamos de uma galáxia é apenas “a ponta do icebergue”.

9.3 A formação de galáxias é um processo evolutivo

Durante as primeiras centenas de milhões de anos da história do Universo, a matéria escura evoluiu para um grande número de grandes regiões mais densas chamadas halos. À medida que os gases hidrogénio e hélio caíam para esses halos, formavam-se as primeiras galáxias e estrelas. Grandes galáxias espirais como a Via Láctea evoluíram à medida que atraíram e incorporavam diversas galáxias mais pequenas. Grandes galáxias elípticas formaram-se quando galáxias com maior massa colidiram e se fundiram. Dependendo das suas reservas de gás e do aquecimento através da explosão de estrelas, ou de atividades no centro galáctico, estas galáxias formaram novas estrelas com maior ou menor frequência.

9.4 Existem três tipos principais de galáxias: espiral, elíptica e irregular

De acordo com o seu aspeto visual, as galáxias são categorizadas em galáxias espirais, elípticas e irregulares. Estes tipos diferem não apenas na forma, mas também no seu conteúdo. As galáxias espirais têm braços espirais achatados formados predominantemente por estrelas jovens e brilhantes e grandes quantidades de gás e poeira. Em contraste, as galáxias elípticas contêm menos gás. As suas estrelas são maioritariamente velhas e estão distribuídas numa forma ovoide ou esférica. Algumas galáxias, incluindo a maioria das galáxias anãs, não apresentam nenhuma destas duas formas padrão e são denominadas irregulares.

9.5 Vivemos numa galáxia espiral chamada Via Láctea

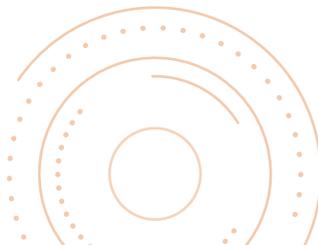
A nossa Via Láctea é uma galáxia espiral com uma estrutura em forma de barra no centro. O Sistema Solar está localizado a cerca de 25 000 anos-luz do centro, num braço espiral. A parte visível da nossa galáxia é um conjunto de estrelas em forma de disco com um diâmetro de cerca de 100 000 – 120 000 anos-luz e uma espessura de apenas 2000 anos-luz. Neste disco, estrelas jovens e poeira formam os braços espirais. À noite, e a partir de um local suficientemente escuro, podemos ver uma pequena fração dos mais de 100 mil milhões de estrelas que fazem parte do disco Galáctico, como uma enorme banda nebulosa formando um arco que cruza o céu. Esta é a nossa vista a partir de dentro da nossa galáxia.

9.6 Os braços espirais das galáxias são criados por acumulações de gás e poeira

Uma teoria amplamente aceite sobre a formação de braços espirais é que estes são o resultado de uma onda de densidade que se desloca através do disco da galáxia, fazendo com que estrelas, gás e poeira se acumulem de forma semelhante a um engarrafamento numa autoestrada movimentada. Isto dá origem a regiões mais densas no disco, que são vistas como braços espirais. Estas regiões de alta densidade contêm muito gás e poeira, que são essenciais para a formação de novas estrelas. Assim, os braços espirais contêm muitas estrelas jovens e brilhantes, mostrando que estas regiões têm uma taxa elevada de formação estelar.

9.7 A maioria das galáxias tem um buraco negro de grande massa no seu centro

Uma galáxia típica contém uma quantidade estimada de 100 milhões de buracos negros de massa estelar. Este tipo de buracos negros forma-se quando uma estrela de grande massa termina a sua vida numa explosão de supernova. Os buracos negros de grande massa são encontrados no centro da maioria das galáxias e são o maior tipo de buraco negro, com massas compreendidas entre alguns milhões e mais de mil milhões de massas solares. A nossa Via Láctea tem um buraco negro deste tipo no seu centro, com uma massa de cerca de quatro milhões de massas solares. A primeira imagem direta da silhueta do horizonte de acontecimentos de um buraco negro, no centro da enorme galáxia elíptica M87, foi conseguida em 2019 através da combinação de dados de oito radiotelescópios espalhados pelo mundo.



9.8

As galáxias podem estar extremamente distantes umas das outras

A vizinha mais próxima da Via Láctea é a galáxia anã do Cão Maior, a uma distância de cerca de 25 000 anos-luz. As galáxias distantes parecem-nos muito ténues e são por isso difíceis de observar. Para obter imagens de galáxias distantes é necessário utilizar grandes telescópios, com grande poder de resolução, e realizar longas exposições para recolher luz suficiente destes objetos.

9.9

As galáxias formam enxames

As galáxias não se encontram dispersas aleatoriamente pelo Universo. Ao invés, a galáxia típica faz parte de um enxame de galáxias. Estes enxames são constituídos por centenas ou mesmo milhares de galáxias, mantidas juntas pela sua atração gravitacional mútua. Os próprios enxames de galáxias estão agrupados em estruturas maiores chamadas superenxames. A Via Láctea faz parte do chamado Grupo Local de galáxias, que inclui mais de 54 galáxias. O Grupo Local é um membro periférico do Enxame da Virgem, que integra o Superenxame da Virgem que, por sua vez, pertence ao Superenxame Laniakea.

9.10

As galáxias interagem entre si através da gravidade

As interações entre galáxias influenciam o seu aspeto e evolução. No passado, acreditava-se que um tipo de galáxia poderia evoluir para outro tipo diferente ao longo da sua vida, mas o conhecimento científico atual mostra que as interações gravitacionais são a razão por detrás de alguns tipos de galáxias. Por exemplo, as galáxias elípticas podem ser criadas por fusões de grandes galáxias e, ao mesmo tempo, estes eventos podem desencadear uma intensa formação estelar nas galáxias envolvidas.

Imagem composta de Centaurus A onde é possível observar os lóbulos e jatos que emanam dos arredores do buraco negro central da galáxia.

Créditos: ESO/WFI (óptico); MPIfR/ESO/APEX/A.Weiss et al. (submilímetro); NASA/CXC/CfA/R.Kraft et al. (raios X)





10

*Podemos não estar
sozinhos no Universo*



Imagem da sonda Cassini onde é possível ver a Terra e a Lua, como observadas de Saturno, a aproximadamente 1500 milhões de quilômetros de distância.

*Créditos: NASA/JPL-Caltech/
Space Science Institute*



10.1

.....

Foram detetadas moléculas orgânicas fora da Terra

As moléculas orgânicas contêm carbono, que é um bloco de construção básico para a vida como a conhecemos. Observações do meio interestelar mostram que moléculas orgânicas, como precursores de aminoácidos simples, estão presentes no Espaço. Moléculas orgânicas, incluindo um aminoácido, também foram encontradas em cometas e meteoritos. É muito provável que tais moléculas já estivessem presentes no gás e na poeira dos quais se formou o Sistema Solar.

10.2

.....

Foram encontrados organismos vivos em ambientes extremos na Terra

Enquanto a maioria da vida na Terra é sensível às condições ambientais, alguns organismos, designados por extremófilos, são capazes de sobreviver em condições extremas, mostrando que a vida pode existir onde menos se espera. Estes organismos podem ser muito resistentes a uma grande variedade de temperatura, pressão, pH e exposição à radiação. Alguns vivem em lugares como desertos, polos, nas profundezas do oceano, dentro da crosta ou mesmo em vulcões. Um dos organismos mais resilientes que se conhecem consegue sobreviver no vácuo. Estes factos permitem um otimismo cauteloso no que concerne à possibilidade de vida noutros planetas ou luas, que frequentemente apresentam condições ambientais comparativamente inóspitas.

10.3

.....

Potenciais vestígios de água líquida abrem a possibilidade de vida primitiva em Marte

A água líquida é um fator chave no desenvolvimento da vida como a conhecemos. Por esta razão, a procura de água líquida noutros planetas e suas luas tem sido um importante objetivo na procura de vida extraterrestre. Ao longo dos anos, foram encontrados vestígios potenciais de água líquida na superfície de Marte, contribuindo para o longo debate sobre a sua existência neste planeta. Apesar de a evidência para a atual presença de água líquida em Marte ser fortemente debatida, vestígios potenciais apoiam a ideia de que formas de vida simples podem ter existido. Se existir atualmente água líquida em profundidade sob a superfície de Marte, há potencial para a existência de vida.

10.4

.....

Alguns satélites naturais no Sistema Solar parecem reunir as condições para a existência de vida

Entre as muitas luas que orbitam os planetas gigantes do Sistema Solar, algumas partilham características com os planetas terrestres, como atmosferas densas e atividade vulcânica. Europa, uma das maiores luas de Júpiter, tem uma superfície gelada que poderá estar a cobrir um oceano líquido. Os cientistas acreditam que este oceano poderá fornecer as condições certas para a existência de formas de vida simples. Outro candidato para albergar formas de vida simples é Titã, a maior lua de Saturno. Titã é rica em compostos orgânicos complexos, tem uma atmosfera densa, metano líquido na superfície, e tem sido colocada a hipótese de ter um oceano de água sob a superfície.

10.5

Existem numerosos planetas chamados exoplanetas, que orbitam outras estrelas que não o Sol

Desde a descoberta do primeiro planeta a orbitar outra estrela foram detetados milhares de planetas a orbitar outras estrelas que não o Sol, os chamados exoplanetas. O número de exoplanetas descobertos continua a aumentar a passo acelerado, e somos agora capazes de caracterizar a população de exoplanetas na vizinhança do Sol.

10.6

Os exoplanetas podem ser muito diversos e são frequentemente encontrados em sistemas

Os exoplanetas mostram uma grande amplitude de propriedades físicas e orbitais. Com massas que variam entre a de Mercúrio e várias vezes a de Júpiter, os exoplanetas podem ter raios de centenas de quilómetros até várias vezes o raio de Júpiter. Os períodos orbitais dos exoplanetas podem ser tão curtos quanto algumas horas e as suas excentricidades podem ser tão elevadas quanto as de um cometa do Sistema Solar. A maioria dos exoplanetas é encontrada em sistemas, compostos por vários planetas a orbitar a mesma estrela.

10.7

Estamos atualmente perto de detetar um planeta como a Terra

Ao aumentar a precisão dos métodos de deteção, somos agora capazes de encontrar planetas com uma massa tão pequena quanto uma massa terrestre e um tamanho aproximado ao raio da Terra. A nossa procura até hoje, limitada como é, mostrou que a vizinhança solar está repleta de planetas. Alguns destes planetas orbitam dentro da chamada zona habitável em torno da sua estrela. Com base na definição, um planeta que orbite dentro da zona habitável recebe a quantidade certa de radiação da sua estrela para permitir a existência de água líquida na sua superfície.

10.8

Os cientistas estão a procurar inteligência extraterrestre

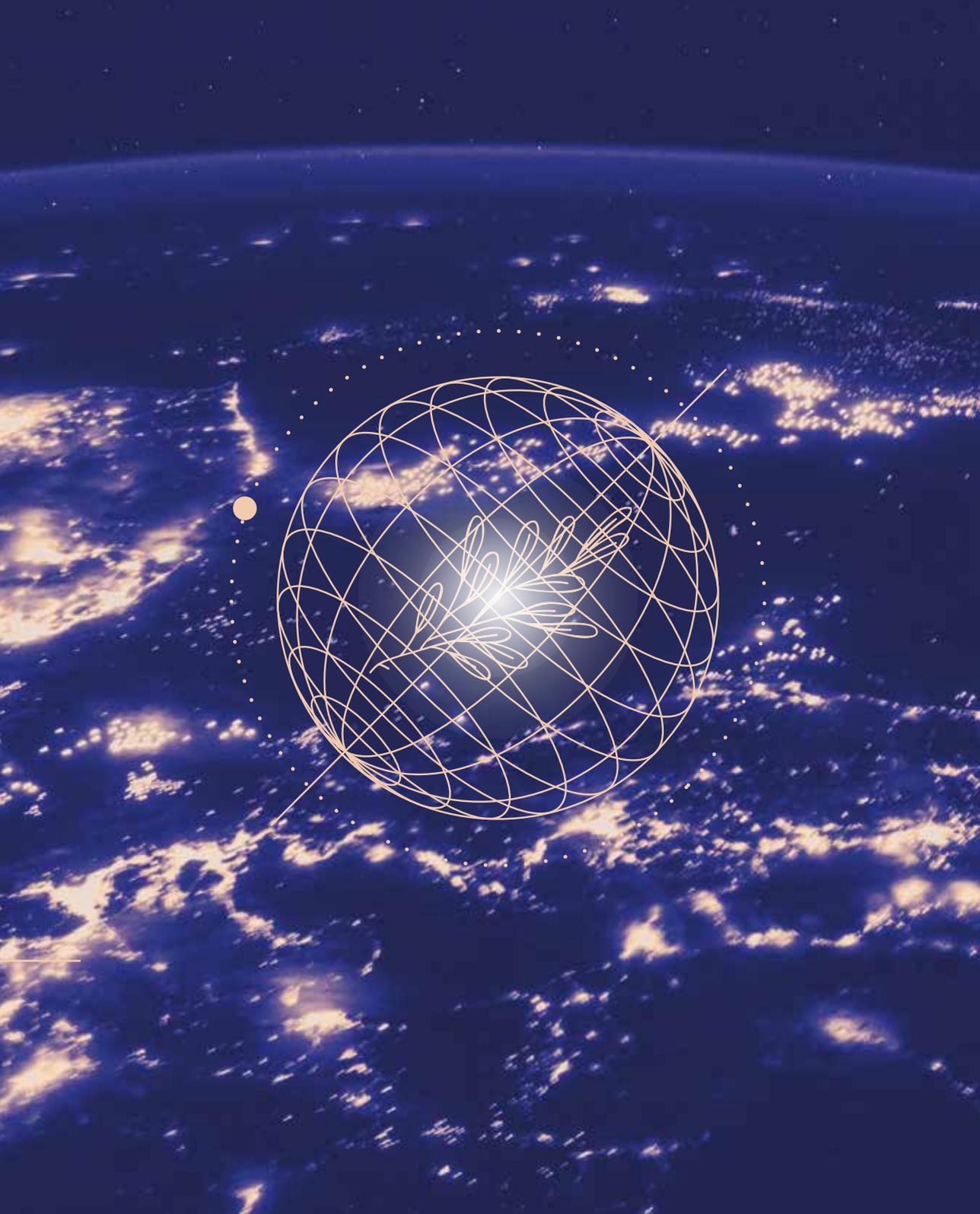
Um modo de procurar civilizações extraterrestres é procurar sinais que não poderiam ser produzidos naturalmente por nenhum fenómeno astronómico conhecido. A busca sistemática por tais sinais é conhecida como “Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI)” (em português, Procura por Inteligência Extraterrestre). Até agora, nenhum desses sinais foi encontrado, mas a SETI continua a rastrear o céu, na busca de qualquer indício de vida evoluída para além da Terra.

11

*Temos de preservar a Terra, a
nossa única casa no Universo*

*Vista noturna da Terra a
partir da Estação Espacial
Internacional, onde são
visíveis as luzes artificiais
da Coreia do Sul e do Japão.*

Créditos: NASA



11.1

A poluição luminosa afeta os seres humanos, muitos outros animais e plantas

Durante milhões de anos, a vida na Terra desenvolveu-se na ausência de luz artificial, com a maioria das espécies a adaptarem-se a atividades diurnas ou noturnas. Desde a invenção da eletricidade, os seres humanos têm reduzido cada vez mais a escuridão noturna com luzes artificiais, causando sérios problemas de poluição luminosa, que têm implicações para o ambiente da Terra, comportamento animal e saúde humana. A maioria das populações animais depende de padrões diurnos e noturnos. Da fisiologia e reprodução, à orientação e predação, a luz artificial pode perturbar populações selvagens por todo o globo. Estamos também a perder os céus escuros de que os nossos antepassados desfrutavam. Em muitos ambientes urbanos e suburbanos, a Via Láctea é agora impossível de observar à noite.

11.2

Existem muitos detritos de origem humana a orbitar a Terra

Com o desenvolvimento da tecnologia espacial, a humanidade tem sido capaz de enviar numerosos objetos para o Espaço, usando foguetões. Desde o início da era da exploração espacial, a quantidade de detritos de origem humana no Espaço, como pedaços de foguetões e satélites antigos, aumentou dramaticamente. Atualmente, estima-se que haja 500 000 pedaços de detritos, também chamados lixo espacial, a orbitar a Terra. Como o lixo espacial viaja a grandes velocidades, uma colisão com uma nave espacial ou satélite pode causar sérios danos. Isto é particularmente arriscado para a Estação Espacial Internacional e outras naves tripuladas. A monitorização dos detritos espaciais e o desenvolvimento de tecnologia para recolher satélites e detritos é uma área ativa de investigação e desenvolvimento.

11.3

Monitorizamos objetos espaciais potencialmente perigosos

Durante os estágios iniciais da formação do Sistema Solar, os planetas recém-formados eram frequentemente atingidos por pequenos corpos, como asteroides. Algumas crateras na superfície da Terra e todas as observadas na Lua são evidência direta de que esses impactos podem ser muito perigosos. Embora ainda seja um tópico de investigação e debate, pensa-se que a extinção dos dinossauros não voadores e de um grande número de outras espécies poderá ter sido devida ao impacto de um grande asteroide com a Terra, há aproximadamente 65 milhões de anos. Apesar de a probabilidade de um impacto desta magnitude ser muito baixa atualmente, é importante monitorizar todos os objetos celestes que se podem tornar ameaças potenciais para a vida na Terra. Dentro dos próximos anos, programas de monitorização de agências espaciais, observatórios e outras instituições deverão ser capazes de identificar todos os asteroides potencialmente perigosos com o tamanho de um quilómetro ou mais. Nenhum dos asteroides conhecidos está atualmente em rota de colisão com a Terra.

11.4

Os seres humanos têm um impacto significativo no ambiente da Terra

A industrialização trouxe inúmeras vantagens à sociedade, mas também criou diversos problemas ambientais na Terra. Através da desflorestação e da poluição dos rios, oceanos e atmosfera, estamos a danificar fontes vitais de ar puro, comida e água, necessários para a vida na Terra. A humanidade já causou a extinção de numerosas espécies e continua a escavar por minerais e recursos energéticos em ambientes em perigo. As alterações climáticas induzidas pelos humanos (aquecimento global) estão a afetar o nosso ambiente a larga escala, colocando-nos a nós e muitas outras espécies em risco.

11.5

O clima e a atmosfera são fortemente afetados pela atividade humana

Sem a sua atmosfera, o nosso planeta seria um mundo gelado com uma temperatura média de 18 graus Celsius negativos. Contudo, os gases de efeito de estufa da atmosfera absorvem parcialmente a radiação térmica que emana do solo e irradiam-na de volta para a superfície terrestre, tornando a Terra habitável. A atividade humana tem aumentado drasticamente os níveis dos principais gases de efeito de estufa na atmosfera, criando um desequilíbrio no balanço energético da Terra. O aumento destes gases tem feito com que mais energia fique retida na Terra, aumentando as temperaturas médias. A Terra é incapaz de irradiar para o Espaço o excesso de energia através dos seus processos naturais, alterando-se assim os padrões climáticos globais, que são sensíveis aos desequilíbrios energéticos.

11.6

É necessária uma perspetiva global para preservar o nosso planeta

Cada pessoa é um habitante deste planeta. Os conceitos de gestão e responsabilidade globais podem ajudar-nos a compreender que todos podemos agir, como parte de um grupo ou individualmente, para ajudar a resolver problemas globais. É necessário preservar a Terra para os nossos descendentes. Por agora, a Terra é o único planeta no Universo que sabemos com certeza que pode sustentar vida.

11.7

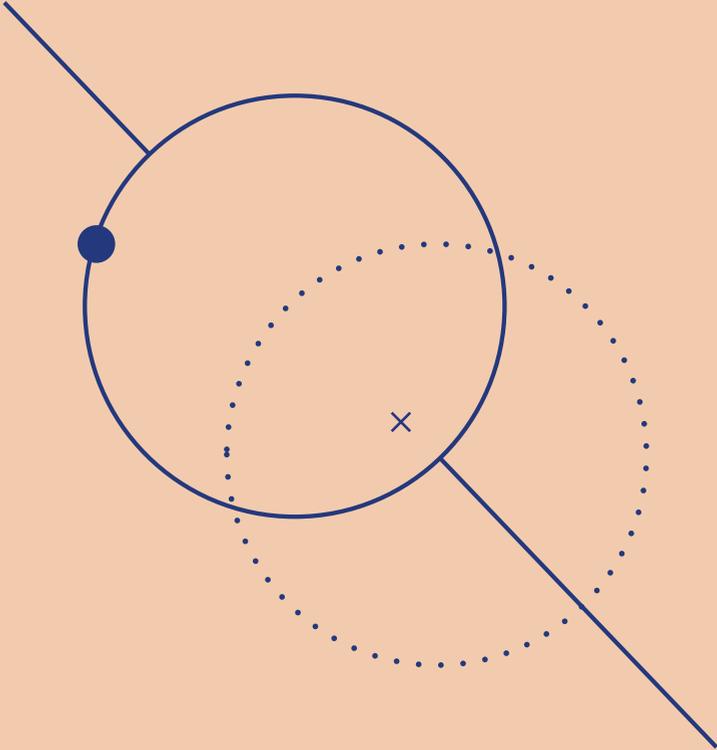
A astronomia dá-nos uma perspetiva cosmológica única que reforça a nossa unidade enquanto cidadãos da Terra

Todos os seres humanos na Terra vivem sob um mesmo céu, e partilham a mesma vista sobre as profundidades do Cosmos. Imagens do Espaço que mostram o “berlinde azul” do planeta Terra forneceram-nos uma compreensão mais profunda da nossa nave espacial comum. Vistas de fora, as fronteiras entre países desaparecem por completo. Imagens tiradas por naves espaciais, como a Voyager 2 ou a Cassini, ajudam-nos a reconhecer que o “pálido ponto azul” é um mero grão na vastidão do Universo.

x

x

x



x

x

x

x

x

x



Universiteit
Leiden
The Netherlands

ia
instituto de astrofísica
e ciências do espaço

