

Grandes Ideas da Astronomía

Unha proposta de alfabetización astronómica



Introdución

Astronomía para todas as persoas.

Este é o lema da Oficina Internacional para a Divulgación Astronómica da Unión Astronómica Internacional (IAU). E se “todas as persoas” abrangue un conxunto de poboación moi extenso, tamén a “Astronomía” alude a un corpo de coñecemento igualmente vasto. Este proxecto, “Grandes Ideas en Astronomía”, explora a cuestión: “Que debe saber sobre astronomía a cidadanía do noso planeta?”

Como resultado de varias discusións, reunións, obradoiros, presentacións, comunicacións telemáticas e intercambios de texto, neste documento propoñemos un conxunto de “Grandes Ideas en Astronomía”, unha folla de ruta para os obxectivos de alfabetización astronómica. Este documento establece as “Grandes Ideas” e os conceptos asociados que todas as persoas deberían coñecer sobre astronomía.

“Grandes ideas da Astronomía” baséase no pioneiro Proxecto 2061 da American Association for the Advancement of Science (Asociación Americana para o Progreso da Ciencia, AAAS). O Proxecto 2061 da AAAS comezou en 1986, o ano no que o cometa Halley pasou preto da Terra. A AAAS quedou intrigada pola conexión dos nenos e nenas co mundo natural: a rapazada que estaba daquela comezando a escola chegaría a ver moitos anos despois o regreso do cometa. Que cambios científicos e tecnolóxicos verían tamén ao longo das súas vidas? Como pode a educación darlles a preparación precisa para que comprendan como funciona o mundo, para pensar de xeito crítico e independente e levar vidas interesantes, responsábeis e produtivas nunha cultura cada vez máis marcada pola ciencia e tecnoloxía? “Grandes ideas da astronomía” estende o traballo desenvolvido noutras disciplinas e proxectos científicos, nomeadamente “Alfabetización nas Ciencias do Clima”, “Principios de alfabetización das Ciencias da Terra”, “Alfabetización sobre os Oceanos” e “Grandes Ideas de Ciencia”.

“Grandes Ideas en Astronomía” presenta once grandes ideas e amplíaas a través doutras ideas asociadas e información adicional. Este documento está pensado para as persoas que se dedican á educación e á astronomía, é unha guía para axudar a decidir os temas que deben abordar nas sesións de educación e formación, nas actividades de divulgación ou no desenvolvemento de recursos. Porén, pretende ser un documento dinámico, e son benvidos os comentarios e observacións por parte da comunidade astronómica e a comunidade educativa das áreas da ciencia e da astronomía.

O noso seguinte paso será desenvolver máis este documento a través dun proxecto de investigación que valide este texto como unha representación exacta do que os expertos e as expertas entenden por alfabetización astronómica. Logo disto, o noso traballo pasará por:

- Desenvolver un currículo adaptado a estas Grandes Ideas.
- Desenvolver ferramentas de avaliación para as Grandes Ideas.
- Preparar guías dos materiais educativos.
- Preparar materiais para o desenvolvemento profesional do profesorado.
- Elaborar documentos con políticas de acción.

O Plan Estratéxico da IAU 2020-2030 sitúa a educación astronómica no centro do esforzo astronómico global. A IAU marcou como obxectivo reforzar o uso da astronomía no ensino e a educación a nivel escolar. Agardamos que este documento contribúa a este obxectivo e achegue a primeira análise e o marco dos obxectivos de alfabetización astronómica no ámbito da educación.

Grandes Ideas

1

A astronomía é unha das ciencias máis antigas da humanidade

2

Os fenómenos astronómicos podemos experimentalos no noso día a día

3

O ceo nocturno é rico e dinámico

4

A astronomía é a ciencia que estuda os obxectos celestes e os fenómenos no Universo

5

A astronomía aproveita e estimula o desenvolvemento tecnolóxico

6

*A cosmología é a ciencia que
explora o Universo como un todo*

7

*Todas as persoas vivimos nun
pequeno planeta no sistema solar*

8

*Todas as persoas estamos
feitas de po de estrelas*

9

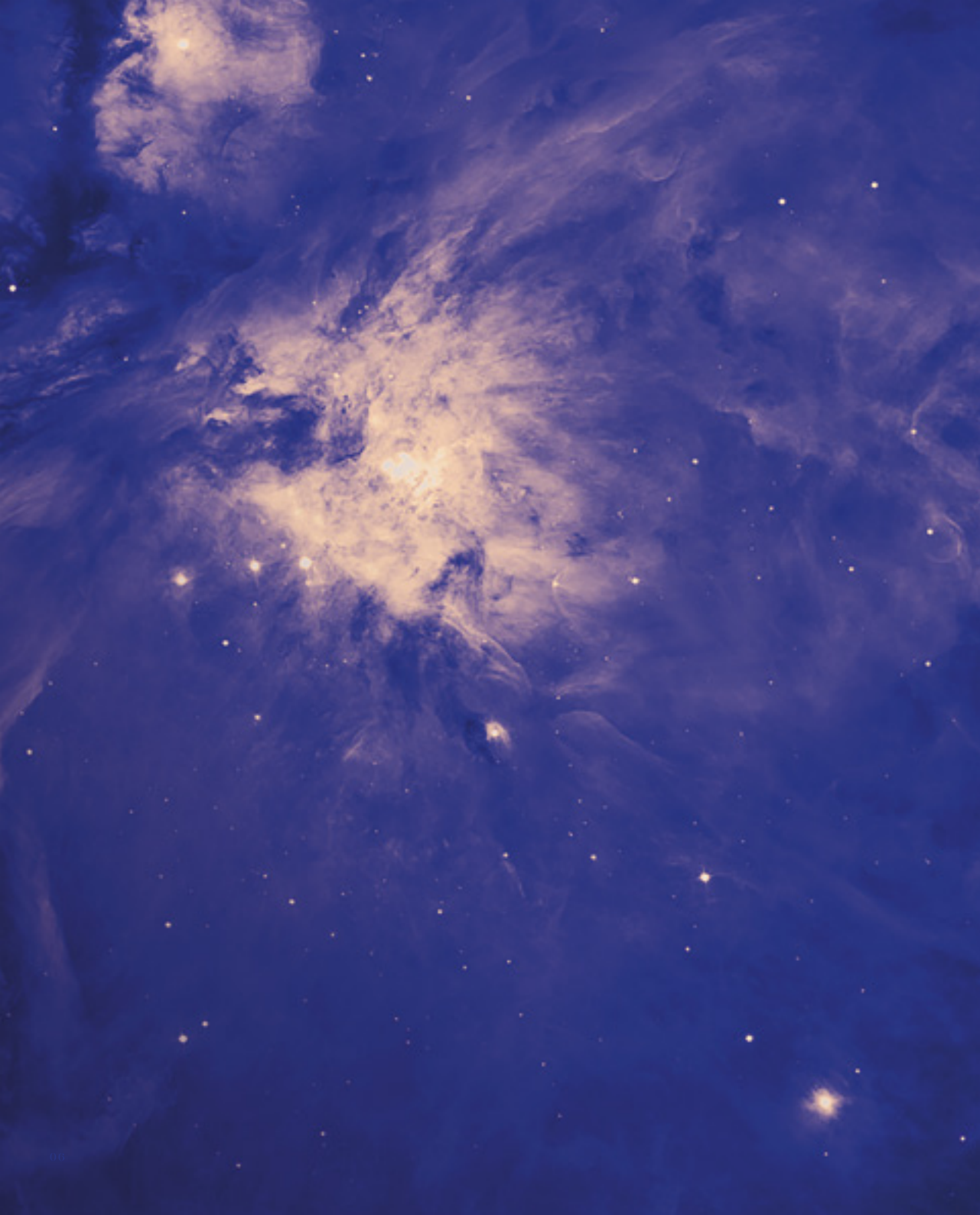
*Hai centos de miles de millóns
de galaxias no Universo*

10

*Pode que non esteamos
sós no Universo*

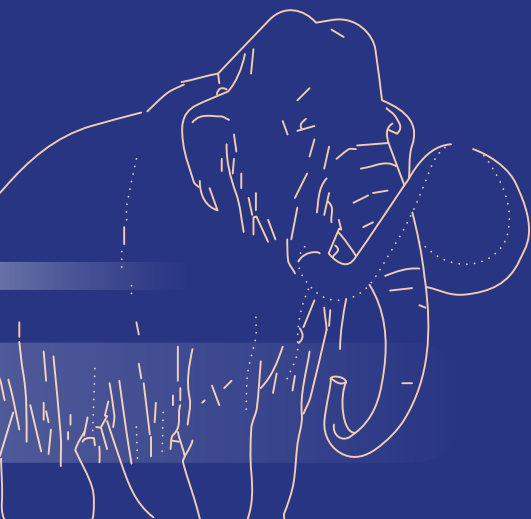
11

*Debemos preservar a Terra, o
noso único fogar no Universo*



1

A astronomía é unha das ciencias máis antigas da humanidade



1.1 **Comprender o ceo e os movementos do Sol e os planetas foi un dos primeiros intentos de comprender o medio natural**

Os primeiros rexistros de observacións astronómicas son debuxos e artefactos creados na prehistoria para documentar o que vían no ceo. Nas culturas antigas, a astronomía estaba relacionada con crenzas relixiosas e mitolóxicas. Os fenómenos astronómicos usábanse para medir o tempo e elaborar calendarios, que lles permitían a esas culturas planificar acontecementos diarios e estacionais.

1.2 **As primeiras culturas imaxinaron padróns que unían as estrelas no ceo nocturno**

Chamamos “constelacións” aos padróns no ceo nocturno que formamos unindo as estrelas. As constelacións máis antigas foron definidas polas culturas máis antigas. Estes grupos recoñecíbeis de estrelas estaban a miúdo conectadas con historias da cultura e a mitoloxía de culturas como a grega, a maia e a chinesa. Na actualidade, as constelacións son rexións ben definidas no ceo que combinan tanto as constelacións antigas como outras definidas nos séculos XV, XVI, XVII e XVIII.

Algunhas culturas, como as indíxenas australianas e as dos pobos orixinarios da América Latina, tamén identificaban formas empregando as zonas escuras da banda luminosa da Vía Láctea.

1.3 **A astronomía serviu de inspiración e está representada na arte e a cultura de moitas civilizacións**

Ao longo dos séculos, artistas, figuras literarias e moitos creadores e creadoras valéronse do ceo nocturno como inspiración e/ou como obxecto da súa obra. Os temas astronómicos están representados, por exemplo, na pintura, a escultura, a música, o cinema e a literatura. Estas obras empregaron motivos observábeis no ceo para de forma directa ou indirecta comunicar a esencia, a beleza e o misterio do ceo nocturno. A universalidade da arte e a súa íntima conexión coa cultura pode ser un medio poderoso para que a xente comprenda non só a beleza inherente aos obxectos e fenómenos celestes, senón tamén o coñecemento que adquirimos sobre eles. Isto aumenta o interese mundial pola astronomía e promove un entendemento intercultural marcado pola noción de existirmos baixo un mesmo ceo.

1.4 **A astronomía proporciona un importante coñecemento do tempo, esencial para a agricultura na antigüidade**

En moitas culturas antigas a astronomía desenvolveuse para incrementar a precisión dos calendarios agrícolas. Por exemplo, os exipcios desenvolveron un calendario baseado na observación da estrela Sirio, que empregaban para determinar a crecida anual do río Nilo.

1.5 **A astronomía foi importante para os navegantes no pasado**

Moitas civilizacións empregaron a posición das estrelas e outros obxectos celestes para moverse sobre a Terra, os mares e os océanos. A navegación celeste aínda se aprende hoxe en día.

1.6 **A astronomía, que emprega o método científico, é diferente da astroloxía**

Até a Idade Moderna, a distinción entre a astronomía e a astroloxía era imprecisa. Hoxe en día a astronomía e a astroloxía distínguense claramente unha da outra. A astronomía é unha ciencia e a astroloxía non. A astroloxía emprega as posicións dos obxectos celestes para predicir futuros eventos. Porén, os macroestudos sobre a astroloxía e as súas predicións amosan que a astroloxía non acerta nas súas afirmacións e carece de fundamento científico.

1.7 **Na antigüidade críase que a Terra era o centro do Universo**

A maioría das culturas primitivas, con notábeis excepcións entre algúns dos astrónomos gregos activos arredor do ano 300 a.n.e., pensaban que a Terra era o centro do Universo. Esta visión xeocéntrica persistiu durante dous mil anos nas culturas europeas e asiáticas até a “Revolución Copernicana” do século XVI. A astronomía moderna atopou que o Universo non ten ningún punto central específico.

1.8 **Ao longo dun século a revolución copernicana situou o Sol como centro do sistema solar en lugar da Terra**

No século XVI, Copérnico propuxo argumentos en favor da teoría heliocéntrica segundo a cal o Sol era o centro do Universo e a Terra se movía ao seu redor. Aínda que hoxe sabemos que o Sol non é o centro do Universo, é o centro do sistema solar e a teoría heliocéntrica de Copérnico foi revolucionaria ao contribuír ao desenvolvemento da astronomía moderna.

1.9 **Hai catrocentos anos, os astrónomos desenvolveron as primeiras observacións metódicas da astronomía empregando un telescopio**

Aínda que non inventou o telescopio, Galileo foi o primeiro en usalo con propósitos científicos. As súas melloras no telescopio refractor levárono a descubrir as fases de Venus e as catro maiores lúas de Xúpiter, que aínda hoxe son recordadas como as “lúas galileanas”. Os seus descubrimentos achegaron evidencias sólidas que probaban a visión heliocéntrica do Universo.

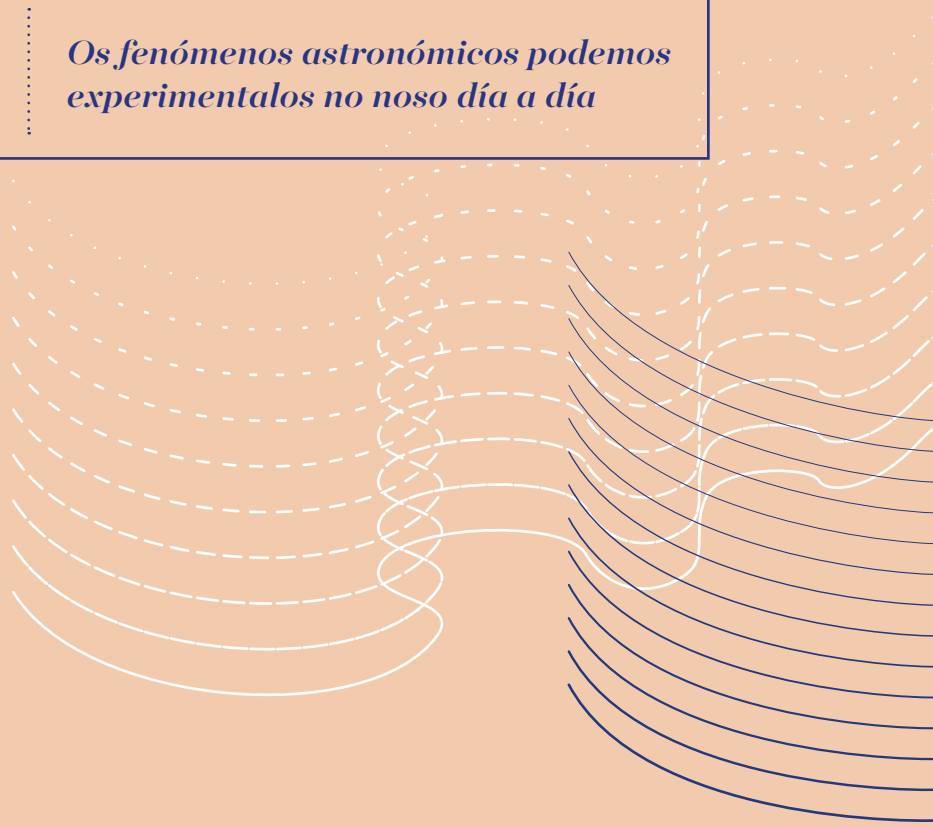
1.10 **O planeta Terra ten forma aproximadamente esférica, e isto foi expresado durante séculos de formas moi diferentes**

Algunhas culturas primitivas en diversas zonas do mundo describiron a Terra como unha superficie ou disco plano dentro da súa concepción do Universo. Mais a idea de que a Terra é unha esfera estivo viva durante miles de anos e formou parte significativa das visións do mundo de moitas outras culturas, até converterse no paradigma dominante hai máis de mil anos.

Hai moitas maneiras empíricas de probar que a Terra ten forma aproximadamente esférica (o termo técnico é “esferoide oblato”). Un dos métodos matemáticos máis antigos foi o de Eratóstenes, que mediu a circunferencia da Terra analizando a lonxitude da sombra definida por paus en lugares diferentes do antigo Exipto (no século III a.n.e.).

2

*Os fenómenos astronómicos podemos
experimentalos no noso día a día*



2.1 Experimentamos o día e a noite a causa da rotación da Terra arredor do seu eixo

A cara da Terra enfrontada ao Sol experimenta o día, mentres que o lado oposto experimenta a noite. O tempo que a Terra tarda en dar unha volta arredor do seu eixo de tal maneira que o Sol regresa á mesma posición no ceo define a duración do día (solar), que de media son 24 horas.

2.2 Experimentamos as estacións a causa da inclinación do eixo de rotación da Terra mentres esta se move arredor do Sol ao longo do ano

O eixo de rotación da Terra está inclinado $23,4^\circ$ respecto da liña perpendicular ao seu plano orbital arredor do Sol. Por esta razón, un dos hemisferios terrestres, o Norte ou o Sur, está inclinado cara ao Sol mentres que o outro está inclinado no sentido oposto. O primeiro experimenta o verán, pois a luz solar cae máis directamente sobre a superficie e os días son máis longos porque o Sol acada unha maior altura no ceo. O outro hemisferio experimentará o inverno, porque os raios de luz caen na superficie cun ángulo moi inclinado e se estenden nunha área maior. Os días son máis curtos porque o Sol acada menor altitude no ceo.

2.3 Vemos diferentes fases da Lúa ao longo do ciclo lunar

Na súa órbita arredor da Terra, a Lúa cambia a súa posición relativa respecto do Sol e a Terra. A rexión da superficie lunar que está iluminada pola luz solar cambia, producindo as diferentes fases que vemos desde a Terra: lúa nova, crecente, chea e mingunte. Entre lúa chea e lúa chea transcorren 29,53 días.

As fases da Lúa son (máis ou menos) idénticas para calquera persoa na Terra, mais varía a orientación da Lúa en función de en que hemisferio está a persoa que observa. Por exemplo, haberá quen vexa a lúa crecente aberta á esquerda mentres outra xente que a observe ao mesmo tempo a verá aberta á dereita.

2.4

As eclipses acontecen debido a aliñamentos especiais do Sol, a Terra e a Lúa

De cando en cando a Lúa pasa exactamente entre o Sol e a Terra e bloquea o paso da luz proxectando unha sombra na Terra; prodúcese entón unha eclipse solar. De cando en cando, a Terra pode estar exactamente entre o Sol e a Lúa. Nese caso a Terra proxecta unha sombra sobre a Lúa, escurecendo a súa superficie e creando unha eclipse lunar.

As eclipses poden ser parciais, cando só é unha fracción do obxecto a que se eclipsa, ou totais, cando é todo o obxecto o que se oculta. Unha eclipse lunar sucede só en lúa chea, e en consecuencia só pode verse de noite. Nun punto dado do planeta é máis probábel ver unha eclipse lunar que unha eclipse solar. As eclipses lunares duran máis tempo tamén que as solares.

2.5

As mareas na Terra son o resultado da gravidade do Sol e a Lúa

O Sol e, en maior medida, a Lúa, provocan as mareas na Terra. No lado máis próximo á Lúa e máis próximo ao Sol, e tamén en sentido oposto, a atracción gravitacional produce pequenas protuberancias na Terra e sobre todo nos seus océanos. A medida que a Terra rota, estas protuberancias chegan ás liñas de costa, causando o aumento do nivel da auga alí. Cando o Sol, a Terra e a Lúa están en liña recta (na lúa chea e na lúa nova) experimentamos “mareas vivas”. Pola contra, cando o Sol e a Lúa forman un ángulo recto respecto da Terra (crecente e minguante) experimentamos “mareas mortas”.

2.6

A luz do Sol é esencial para a maior parte das formas de vida na Terra

O Sol é a fonte primaria de enerxía que empregan as formas de vida na Terra. Por exemplo, as plantas fan a fotosíntese valéndose da luz solar, e iso permite o seu crecemento e a produción de oxíxeno molecular. Este oxíxeno emprégano os animais para respirar.

Pénsase que os dinosauros que non voaban e a maioría das especies da Terra que se extinguiron hai 60 millóns de anos desapareceron pola devastación global do medio ambiente resultado dun longo inverno producido cando un asteroide chocou coa Terra. A explosión resultante lanzou grandes cantidades de po á atmosfera que bloqueou a chegada de luz do Sol.

A luz solar tamén afecta a nosa saúde física e mental. Cando nos expoñemos á luz, a pel fabrica vitamina D, que xoga un papel importante nos procesos bioquímicos do noso corpo. Algúns estudos amosan unha relación entre a depresión humana e a falta de exposición á luz solar.

2.7

Partículas do Sol viaxan até a Terra e producen as auroras

En cada erupción solar, partículas cargadas do Sol (sobre todo electróns e protóns) percorren os 150 millóns de quilómetros cara á Terra. Estas partículas interaccionan co campo magnético da Terra, que as envía aos polos magnéticos e alcanzan a atmosfera. As partículas máis rápidas poden viaxar do Sol á Terra en media hora, as máis lentas tardan cinco días. De cando en cando estas tormentas de partículas perturban o campo magnético da Terra, producindo danos en satélites e liñas de corrente. A miúdo, as partículas do Sol actúan co oxíxeno e o nitróxeno da atmosfera e dan lugar ás auroras, maravillosos espectáculos de luz que iluminan o ceo nocturno arredor dos polos magnéticos do hemisferio norte (aurora boreal) e sur (aurora austral).

2.8

A tecnoloxía desenvolvida para a investigación astronómica é parte do noso día a día

As ferramentas analíticas e os métodos que empregamos para estudar os datos astronómicos teñen aplicacións na industria, na ciencia médica e na tecnoloxía que empregamos a diario. Detectores que en orixe foron deseñados para a investigación astronómica empréganse agora nas cámaras dixitais, coma as que temos nos nosos teléfonos móbiles. Cristais especiais desenvolvidos para os telescopios astronómicos úsanse hoxe na produción de pantallas LCD e chips de computador, así como en superficies cerámicas de cocíña. A transferencia de coñecemento entre a astronomía e a medicina contribuíu ao desenvolvemento das imaxes de resonancia magnética e os escáneres de tomografía computerizada, entre outros dispositivos.

3

*O ceo nocturno é
rico e dinámico*



3.1 **Podemos ver varios miles de estrelas a simple vista nunha noite despexada e escura**

Cando miramos o ceo nocturno lonxe da contaminación luminosa das cidades e durante unha lúa nova ou cando a Lúa non está no ceo, podemos ver unhas 4000 estrelas a ollo nu. Todas as estrelas que vemos a simple vista pertencen á nosa galaxia. Aínda que hai miles de millóns de estrelas noutras galaxias e centos de miles de millóns de galaxias no Universo observábel, esas estrelas están demasiado lonxe e son demasiado débiles para os nosos ollos como para distinguilas como puntos individuais de luz. Dependendo da nosa posición na Terra e da época da observación poden ser visíbeis a ollo ceibe os cinco planetas máis brillantes do noso sistema solar, a banda da Vía Láctea, dúas galaxias satélite da Vía Láctea (as nubes de Magalhães) e a galaxia de Andrómeda (unha galaxia espiral grande).

3.2 **O ceo nocturno axuda a orientármonos na Terra e navegar**

O ceo nocturno permítenos atopar os puntos cardinais. No hemisferio norte o xeito máis sinxelo de atopar o norte é buscar a estrela Polar, que está moi preto do polo norte celeste.

No hemisferio sur a estrela Sigma Octantis, que é a máis próxima ao polo sur celeste, non é doada de ver. Porén, hai un método rápido para localizar o sur empregando a constelación da Cruz e as dúas estrelas máis brillantes da constelación do Centauro.

3.3 **A rotación do eixo da Terra móvese (precesa) ao longo de miles de anos**

A medida que a Terra rota arredor do seu eixo, este móvese como unha buxaina. A dirección do eixo de rotación cambia nun lento movemento de precesión cun período de 26 000 anos. Este movemento fai que o eixo apunte en diferentes direccións ao longo do tempo e, en consecuencia, os polos norte e sur celeste cambian lentamente de posición. Por exemplo, a estrela Polar deixará nalgún momento de sinalar o norte e pasará a marcalo outra estrela en función da dirección do eixo da Terra nese momento. Aínda que agora non hai ningunha estrela brillante sinalando o polo sur celeste, no futuro pode que haxa unha verdadeira “estrela do sur”.

3.4 **Só uns poucos corpos celestes brillan abondo como para ser vistos a ollo ceibe cando o Sol está sobre o horizonte**

A maioría dos obxectos do ceo nocturno son demasiado débiles como para seren observados de día contra a luz brillante do Sol. Un efecto semellante ocorre de noite nas cidades cando, debido á contaminación luminosa, vemos apenas unha pequena fracción das estrelas a causa do brillo da luz artificial.

Só uns poucos corpos celestes son suficientemente brillantes para seren vistos a ollo ceibe cando o Sol está sobre o horizonte. Dependendo da súa fase, é posíbel ver a Lúa durante o día. En certos momentos, Venus pode verse ao amencer (“luceiro matutino”) ou ao solpor (“luceiro vespertino”) e, sabendo onde está, mesmo pode verse en pleno día. Moi de tarde en tarde, un cometa particularmente brillante pode ser visíbel incluso de día.

3.5 **Os obxectos celestes saen polo leste e póñense polo oeste debido á rotación da Terra**

Debido á rotación da Terra arredor do seu eixo do oeste cara ao leste, un observador na superficie ve que todo o ceo se move no sentido oposto, de leste a oeste, como se aparentemente xirase arredor do noso planeta. Denominamos “movemento diúrno” a este movemento aparente do ceo arredor da Terra. Esa é a razón pola cal vemos saír todos os corpos celestes pola metade leste do horizonte e poñerse pola metade oeste.

3.6 **As estrelas escintilan debido á nosa atmosfera**

Cando a luz dunha estrela entra na nosa atmosfera e viaxa a través das súas diferentes capas, cambia constantemente de dirección debido á refracción en capas con distinta temperatura e densidade. A consecuencia disto, o brillo da luz da estrela e a dirección desde a cal nos chega aquí na Terra está cambiando constantemente. Para un observador na Terra, a estrela parece escintilar. Cos planetas o efecto é moito menos aparente (ou perceptíbel). A razón é que os planetas poden verse como pequenos discos (algo que pode apreciarse con prismáticos), mentres que as estrelas vémolos como puntos de luz, e como toda a luz procede dun único punto é máis susceptíbel de experimentar cambios pola refracción.

3.7

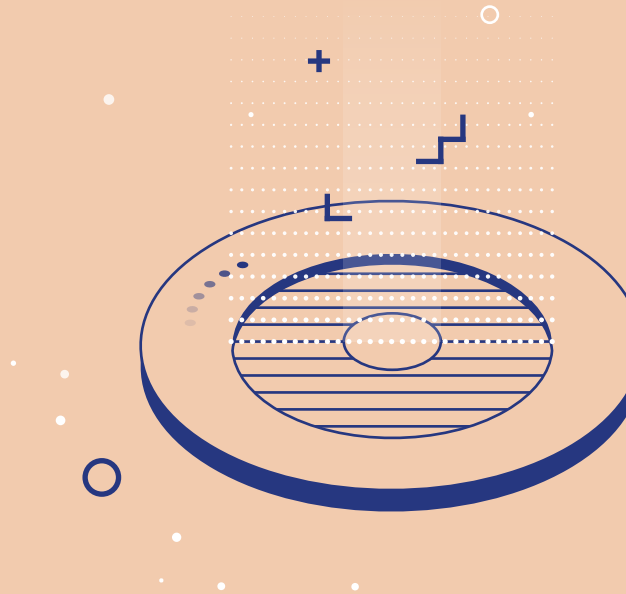
Millóns de meteoroides entran na atmosfera da Terra cada día

Un meteoroides é un pequeno obxecto rochoso ou metálico cuxo tamaño vai desde un gran de area até un metro. Cando entra na atmosfera da Terra quéntase debido á presión de choque, o cal xera un fio de luz no ceo nocturno. Chamamos a este fenómeno “meteoros” ou “estrela fugaz”.

Cando un meteoroides sobrevive ao paso pola atmosfera terrestre e chega á superficie, chamámolo “meteorito”. Millóns de meteoroides entran na atmosfera cada día, mais a maioría quéimanse en gas e po antes de tocar o chan.



*A astronomía é a ciencia que estuda os
obxectos celestes e os fenómenos no Universo*



4.1

A radiación electromagnética é a principal fonte de información para a investigación astronómica

Dado que a maioría dos obxectos celestes están demasiado lonxe como para irmos aló, debemos valernos da radiación electromagnética destes obxectos para estudalos. As diferentes longuras de onda do espectro electromagnético achegan información sobre os diversos mecanismos dos fenómenos astronómicos e a natureza dos obxectos celestes.

Na astronomía moderna, o estudo do Universo ten lugar principalmente empregando o espectro electromagnético completo: ondas de radio, microondas, infravermello, luz visíbel, ultravioleta, raios X e raios gamma.

4.2

A grandes escalas, a gravidade é a interacción dominante no Universo

Por termo medio, os obxectos astronómicos non teñen carga eléctrica. A forma principal en que interactúan estes obxectos a grandes distancias é a gravidade. A gravidade é o que fai que os planetas orbiten o Sol, que as estrelas orbiten o centro das galaxias e o que mantén o plasma quente nas estrelas unido formando unha esfera. A maioría dos fenómenos astronómicos poden ser descritos mediante a lei de Newton da gravitación, mais nas situacións máis extremas necesítase a teoría xeral da relatividade de Einstein para dar unha descrición precisa.

4.3

As ondas gravitacionais e as partículas subatómicas proporcionan novas maneiras de estudar o Universo

A existencia das ondas gravitacionais, engurras no espazo-tempo, predíxo a teoría xeral da relatividade a comezos do século XX. A súa primeira detección directa tivo lugar en 2015 e agora empréganse como unha nova xanela para estudar o Universo. As ondas gravitacionais son xeradas por fortes interaccións gravitacionais, como a fusión de dous buracos negros masivos ou de estrelas de neutróns.

A astronomía válese tamén da detección de diversos tipos de partículas subatómicas, como os neutrinos, os electróns e os protóns, para aprender máis sobre o interior do noso Sol e algúns dos procesos máis enerxéticos do cosmos.

4.4

A astronomía emprega os datos obtidos dos observatorios e as simulacións para facer modelos dos fenómenos astronómicos no marco das teorías actuais

Os astrónomos e as astrónomas crean modelos matemáticos dos obxectos astronómicos, os fenómenos asociados a eles e a súa evolución. O marco para estes modelos vén dado polas teorías fundamentais da física e a química.

Algúns modelos consisten en relacións matemáticas elementais, mais os modelos máis complexos botan man de simulacións numéricas. As simulacións máis sofisticadas elabóranse nalgúns dos maiores supercomputadores do mundo. Os datos observacionais dos telescopios e os detectores serven para comprobar e refinar os modelos. A interacción entre as evidencias observacionais e os modelos é un aspecto importante da investigación.

4.5

A investigación astronómica combina coñecementos de diferentes campos, como a física, a matemática, a química, a xeoloxía e a bioloxía

A investigación astronómica profesional combina coñecementos das matemáticas, a física, a química, a enxeñaría, as ciencias da computación e outros moitos campos. Esta visión de conxunto demostrouse esencial para desvelar e modelar a natureza dos obxectos astronómicos e os seus fenómenos. Por exemplo, para comprender as reaccións nucleares que teñen lugar dentro das estrelas precisamos a física nuclear; para detectar os elementos nas atmosferas das estrelas, necesitamos a química. A enxeñaría é fundamental para a elaboración de telescopios e detectores, e o desenvolvemento de programas informáticos axeitados é crucial para a análise dos datos que fornecen estes instrumentos.

4.6

A astronomía divídese en grande número de especialidades

Posto que unha boa descrición dos obxectos astronómicos e os seus fenómenos require un bo coñecemento doutros campos científicos, a astronomía moderna divídese polo usual en especialidades de acordo cos asuntos principais que se tratan en cada caso. Entre estas especialidades temos a astrobioloxía, a cosmoloxía, a astronomía observacional, a astroquímica e a ciencia planetaria. Os astrónomos e as astrónomas poden ademais especializarse no estudo dun tipo de obxecto en particular, como as estrelas ananas brancas. Dado o importante papel que a física xoga na astronomía, os termos “astrofísica” e “astronomía” empréganse indistintamente.

4.7

As escalas de tempo e de distancia na astronomía son moito maiores que as que usamos na nosa vida diaria

.....

A Lúa é o obxecto celeste máis próximo á Terra, a unha distancia de aproximadamente 384 400 km.

O noso Sol ten un diámetro de 1,39 millóns de quilómetros e unha masa de arredor de 1,989 millóns de billóns de billóns de quilogramos. É a estrela máis preto de nós a 150 millóns de quilómetros (o que define a “unidade astronómica”, UA).

A estrela máis próxima ao Sol é Próxima Centauri, que está a 4,25 anos luz. Un ano luz é a distancia que a luz percorre nun ano, que está por riba dos 9 billóns de quilómetros. A nosa galaxia ten entre 100 000 e 120 000 anos luz de diámetro e hai galaxias a miles de millóns de anos luz de distancia.

As unidades que manexamos na astronomía son moito maiores do que podemos imaxinar. As escalas de tempo astronómicas son moi grandes e é típico falarmos de eras de millóns ou miles de millóns de anos.

4.8

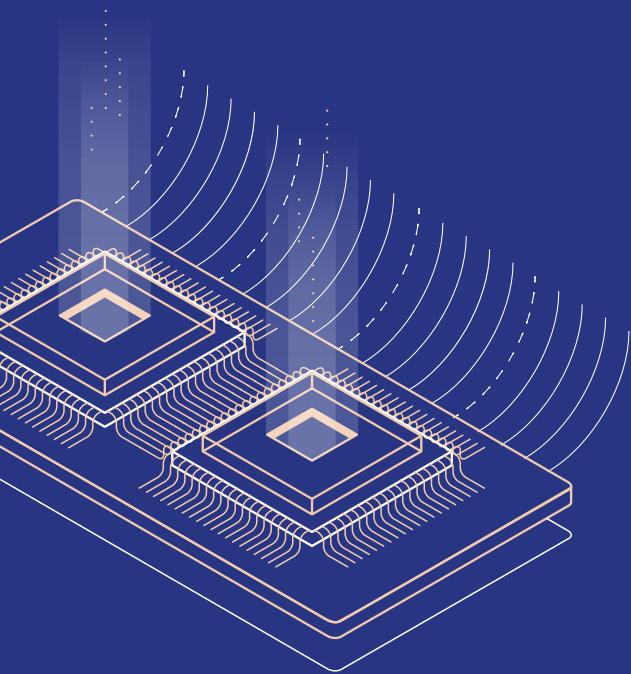
A espectroscopía é unha técnica importante que nos permite estudar o Universo a distancia

.....

Varias características dos obxectos astronómicos poden coñecerse estudando o seu espectro, a descomposición da súa luz, á maneira dun arco da vella, en moitas cores diferentes, cada unha caracterizada pola súa longura de onda. Analizando a luz que nos chega destes obxectos, os astrónomos e as astrónomas poden determinar detalles como a composición química, a temperatura, a presión ou o campo magnético, entre outras características.

5

*A astronomía aproveita e estimula
o desenvolvemento tecnolóxico*



5.1 Os telescopios e detectores son cruciais para o estudo da astronomía

Posto que as ondas electromagnéticas son a principal fonte de información na astronomía, os telescopios e os detectores xogan un papel importante na recollida destas ondas. Os telescopios máis grandes recollen máis luz e permiten que os astrónomos e as astrónomas identifiquen e analicen obxectos moi débiles. Ademais, os telescopios máis grandes teñen máis poder de resolución, o que permite estudar os obxectos con máis detalle. Se no pasado as observacións astronómicas eran efectuadas mirando directamente polo ocular, hoxe en día os detectores permiten documentar as observacións de maneira obxectiva en moitas longuras de onda diferentes.

5.2 Algúns telescopios poden asociarse xuntos para actuar como un só telescopio grande

Ao asociar moitos telescopios, os astrónomos e as astrónomas poden facelos traballar como un só telescopio grande empregando unha técnica chamada interferometría. A resolución dos instrumentos combinados será a dun único telescopio co diámetro equivalente á maior distancia entre calquera dos dous telescopios máis pequenos asociados. Isto permite ver obxectos astronómicos máis pequenos e detalles máis precisos neles, así como distinguir de forma separada obxectos, por exemplo unha estrela e o seu sistema planetario.

5.3 Os observatorios astronómicos están situados na Terra e no espazo

A atmosfera terrestre absorbe radiación na maior parte do espectro electromagnético. É transparente á luz visíbel e parte da radiación ultravioleta, infravermella e longuras de onda curta, mais é opaca para o resto. A maioría das bandas do ultravioleta e grandes porcións do infravermello, así como os raios X, non poden penetrar a atmosfera. Por esta razón, a maioría dos telescopios que recollen radiación electromagnética non visíbel, radio e outras longuras de onda, deben estar situados no espazo. Aínda que podemos observar a luz visíbel na superficie da Terra, a turbulencia da atmosfera afecta á calidade das imaxes, así que algúns telescopios ópticos tamén están no espazo.

5.4 Os observatorios astronómicos da Terra están situados a miúdo en lugares remotos

Poucos lugares da Terra proporcionan hoxe as condicións pristinas de observación típicas das zonas altas, ausencia de contaminación luminosa e transparencia da atmosfera para certas longuras de onda. Estes lugares poden ser incómodos e de difícil acceso e adoitan estar lonxe de asentamentos humanos. Os astrónomos e as astrónomas ou viaxan a estes lugares para faceren as observacións, ou permiten que persoal local con experiencia desenvolva esas observacións, ou fan uso de telescopios robóticos que operan de maneira remota.

5.5 A astronomía é hoxe parte da “Megaciencia” (Big Science) e da “ciencia de datos”

As investigacións astronómicas xa producen inxentes cantidades de datos e isto irá a máis nos próximos anos. É a chamada “astronomía de macrodatos” (Big Data Astronomy), onde o foco se pon en atopar novas formas de almacenar, entregar e analizar estes datos. Isto conduciu ao desenvolvemento de varios proxectos de ciencia cidadá que se valen da aguda capacidade humana para recoñecer padróns.

Os telescopios e instrumentos modernos son caros e a súa construción exige unha grande variedade de habilidades técnicas. Son construídos polo común por organizacións internacionais ou consorcios que envolven numerosos institutos astronómicos de diversos países.

5.6 As complexas simulacións e os numerosos datos que manexa a astronomía requiren o desenvolvemento de potentes supercomputadores

O procesamento de enormes cantidades de datos tanto das simulacións como das observacións exige computadores que sexan capaces de efectuar complexas simulacións nun curto espazo de tempo. Os supercomputadores actuais poden efectuar arredor de 200 mil billóns de operacións por segundo. Estes supercomputadores permítenlles aos astrónomos e astrónomas crear Universos simulados e comparalos coas observacións de estudos a grande escala.

5.7

A astronomía é unha ciencia global na que participan equipos internacionais e os seus datos e publicacións compártense libremente

Os datos obtidos pola maioría dos observatorios profesionais son públicos. Ao longo das súas carreiras, os astrónomos e as astrónomas traballarán polo usual en diferentes países.

Os proxectos astronómicos maiores, da construción de telescopios e instrumentos ás campañas coordinadas de observación, con frecuencia están desenvolvidas en colaboración entre equipos de investigación e institucións de diferentes países. A astronomía é unha ciencia global e internacional. Todas as persoas somos membros da “nave espacial Terra” e exploramos o cosmos baixo un mesmo ceo.

5.8

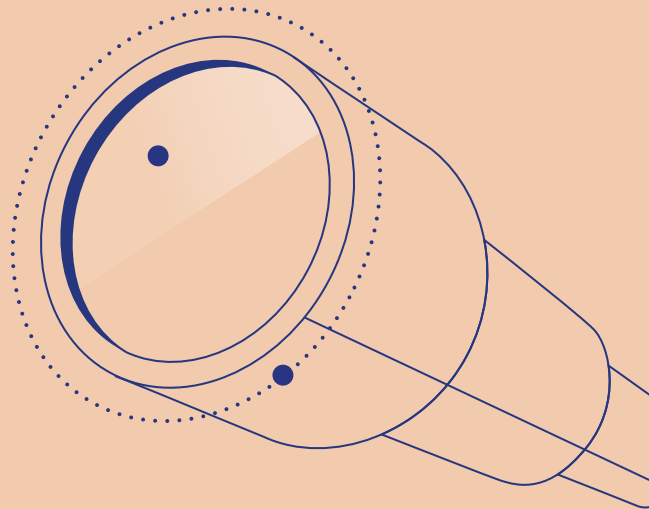
Numerosas sondas foron lanzadas ao espazo para estudar o sistema solar

Para explorar o espazo e aprender máis sobre o noso lugar no Universo, a humanidade lanzou sondas por todo o sistema solar. Algunhas destas sondas orbitan planetas, satélites e mesmo asteroides, mentres outras chegaron a pousar en obxectos deste tipo.

No sistema solar visitamos con sondas robóticas (pousando neles, orbitándoos ou sobrevoándoo) todos os planetas, os planetas ananos Plutón e Ceres, a nosa Lúa, algúns satélites de Xúpiter e Saturno e algúns cometas e asteroides.

6

*A cosmología é a ciencia que
explora o Universo como un todo*



6.1 O Universo ten máis ou menos 13 800 millóns de anos

A idade estimada do Universo, baseada nas observacións actuais e os modelos cosmolóxicos vixentes que describen a súa evolución inicial, é de 13 800 millóns de anos. A cosmoloxía é un campo de investigación que estuda a evolución e a estrutura do Universo.

6.2 O Universo é homoxéneo e isotrópico a grande escala

A grande escala (aproximadamente, por riba de 300 millóns de anos luz) a materia no Universo parece estar uniformemente distribuída. A causa desta case uniforme densidade e estrutura, o Universo parece ser igual visto desde calquera lugar (é “homoxéneo”) e en calquera dirección (é “isotrópico”).

6.3 Sempre observamos o pasado

Debido á velocidade finita da luz, nunca vemos os obxectos como son agora, senón como eran no pasado. Podemos ver o Sol como era hai oito minutos, posto que a luz do Sol tarda oito minutos en chegar até nós. Vemos a galaxia de Andrómeda como era hai arredor de 2,5 millóns de anos, porque a luz da galaxia tarda ese tempo en chegar á Terra. Desta maneira, a astronomía sempre observa o pasado, até hai un máximo de 13 800 millóns de anos. Observar obxectos astronómicos a diferentes distancias achéganos unha visión transversal da historia do cosmos. Posto que en promedio o Universo ten sempre as mesmas propiedades en todos os lugares, esta visión transversal achega indicios valiosos da nosa propia historia.

6.4 Só podemos ver directamente unha parte do total do Universo

Posto que a luz viaxa no espazo a unha velocidade finita, hai rexións distantes do Universo que non podemos observar. A razón disto é simplemente que a luz que vén desas rexións non tivo aínda tempo de chegar aos nosos detectores na Terra. Podemos ver só os obxectos que están dentro dunha rexión que chamamos “Universo observábel”, que comprende todos os obxectos cuxa luz tivo o tempo preciso para chegar até nós. Os obxectos próximos aos límites desa rexión teñen especial interese, pois vémoslos como eran cando o Universo acababa de comezar.

6.5 O Universo está composto sobre todo de enerxía escura e materia escura

As estrelas, o aire que respiramos, os nosos corpos e todo o que vemos ao noso redor está formado por átomos, que á súa vez están formados por protóns, neutróns e electróns. É a chamada “materia bariónica”, coa que interactuamos no noso día a día. Mais as observacións amosan que esta materia representa apenas o 5% da composición total do Universo. De feito, o Universo está principalmente composto dunha forma descoñecida de enerxía que chamamos “enerxía escura” (arredor do 68%) e unha forma descoñecida de materia que chamamos “materia escura” (arredor do 27%). A natureza da materia e a enerxía escura é unha área activa de investigación, en especial a través da observación da súa influencia na materia bariónica.

6.6 O Universo está expandíndose a un ritmo acelerado

As evidencias observacionais amosan que o Universo está expandíndose a unha velocidade acelerada, feito que se atribúe á enerxía escura. Como o Universo se expande de maneira sistemática a grande escala, os cúmulos de galaxias sepáranse os uns dos outros. Nos modelos modernos, as distancias entre cúmulos de galaxias crecen de forma proporcional a un mesmo factor de escala universal. Os datos das observacións amosan que canto máis lonxe está unha galaxia de nós, máis rapidamente se afasta de nós (Lei Hubble-Lemaître). Un hipotético observador extraterrestre noutra galaxia atoparía o mesmo.

Os sistemas ligados, tales como os cúmulos de galaxias e os grupos de galaxias atados pola súa propia gravidade, ou as galaxias mesmas, non están afectadas por esta expansión cósmica. Dentro dos grupos e cúmulos de galaxias, as galaxias individuais poden estar orbitando unhas ás outras, ou poden estar en rumbo de colisión. Isto último é que acontece coa Vía Láctea e a galaxia de Andrómeda.

6.7 A expansión do espazo fai que a luz das galaxias distantes se desprace ao vermello

A expansión cósmica afecta ás propiedades da luz no Universo. A luz que nos chega das galaxias distantes está máis desprazada ao vermello canto maior sexa a distancia. Este corrento ao vermello pode interpretarse como un incremento da longura de onda da luz (que se estira cara a longuras de onda maiores) co factor de escala cósmico ou ben como un efecto Doppler. É por iso que as galaxias máis afastadas só poden observarse no infravermello ou nas bandas de radio, e tamén a razón de que a radiación de fondo cósmico de microondas nos chegue maioritariamente no réxime das microondas.

6.8

As leis da natureza que estudamos na Terra (por exemplo, a gravidade) parecen funcionar da mesma maneira en calquera lugar do Universo

Houbo moitas probas para constatar se as leis da física, como as leis que gobernan a gravidade, a termodinámica e o electromagnetismo, son as mesmas na Terra ca no Universo máis distante. Até agora, todas esas probas indican que as leis fundamentais da física operan en todo o Universo.

6.9

A estrutura a grande escala do Universo componse de filamentos, láminas e baleiro

Os estudos do desprazamento ao vermello do Universo revelaron que a grandes escalas, da orde de varios centos de millóns de anos luz, o Universo aseméllase a unha rede tridimensional de filamentos e baleiros a maneira de esponxa, o que en astronomía se denomina “rede cósmica”. Os filamentos e láminas conteñen millóns de galaxias. Estas estruturas a grande escala esténdense centos de millóns de anos luz e teñen tipicamente decenas de millóns de anos luz de grosor. Os filamentos e láminas definen fronteiras arredor dos baleiros, que son da orde de cen millóns de anos luz de diámetro, e conteñen só unhas poucas galaxias.

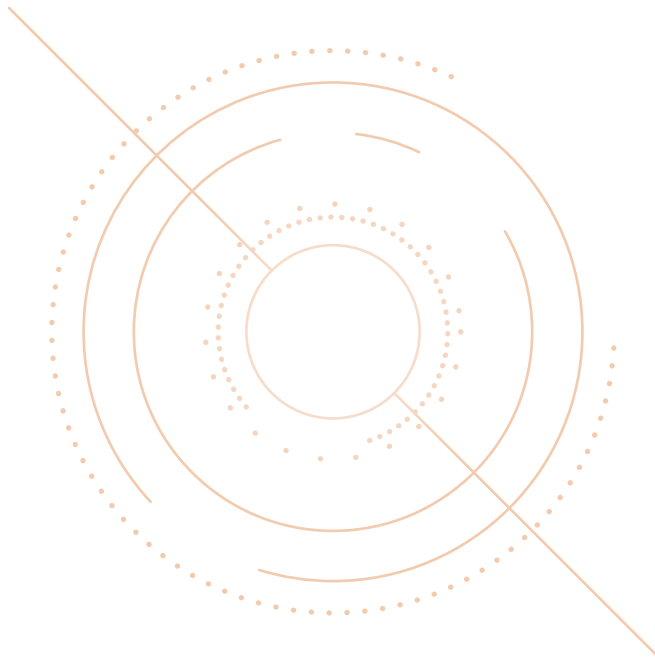
6.10

A radiación de fondo cósmica de microondas permítenos explorar o Universo inicial

A radiación electromagnética máis antiga, que emana das máis distantes rexións do Universo que podemos observar, é a radiación de fondo cósmica de microondas. É unha reliquia que deixou o Universo inicial quente e denso e condensa información dunha época na que o Universo tiña apenas 380 000 anos. O fondo cósmico de microondas permítenos medir características esenciais do Universo como un todo: a cantidade de materia bariónica, materia escura e enerxía escura que contén, a xeometría do Universo e a súa actual taxa de expansión. O fondo cósmico de microondas amosa que o Universo é practicamente isotrópico e ademais achega evidencias indirectas da súa homoxeneidade.

6.11 A evolución do Universo pode explicarse mediante o modelo do Big Bang

De acordo coas mellores evidencias dispoñíbeis até agora, toda a materia e a enerxía que vemos arredor de nós estivo contida nun volume máis pequeno que un átomo hai 13 800 millóns de anos. O Universo expandiuse a partir desta fase de moi alta densidade e temperatura (fase do Big Bang) até o seu estado actual. Os modelos que describen ese Universo en expansión denomínanse LambdaCDM (onde Lambda representa a compoñente de enerxía escura do Universo e CDM a materia escura fría). A fase de Big Bang, malia o seu nome, non foi unha explosión en que a materia foi lanzada a un espazo baleiro que xa existía previamente. Todo o espazo dispoñíbel estivo cheo de materia desde o principio e, segundo o espazo foi medrando, a densidade media de materia foi diminuíndo. Desde que se formaron as galaxias, a distancia media entre elas foi crescendo constantemente. O modelo do Big Bang fai moitas predicións sobre o noso Universo actual, a maioría das cales foron confirmadas mediante os datos das observacións.



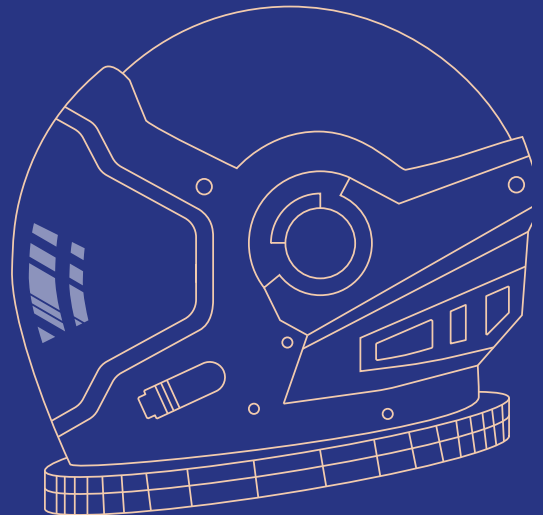


7

*Todas as persoas vivimos nun
pequeno planeta no sistema solar*

*Imaxe da sonda Cassini
coa Terra e a Lúa vistas
desde Saturno, a case 1500
millóns de quilómetros.*

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



7.1 O sistema solar formouse hai arredor de 4600 millóns de anos

A datación radioactiva de meteoritos permitiunos determinar a idade do sistema solar. Esta idade é ademais consistente coa datación das mostras de rochas lunares e as rochas máis antigas atopadas na Terra.

7.2 O sistema solar está formado polo Sol, os planetas, os planetas ananos, os cometas, os asteroides e os meteoroides

O noso sistema solar está formado por unha estrela central, que chamamos Sol, e todos os obxectos que a orbitan baixo a influencia da súa gravidade. Estes obxectos inclúen os planetas e os seus satélites naturais, os planetas ananos, os asteroides, os meteoroides e os cometas. O Sol representa máis do 99,87% da masa total do sistema solar.

7.3 Hai oito planetas no sistema solar

De acordo coa resolución de 2006 da Unión Astronómica Internacional, para que un obxecto sexa un planeta debe satisfacer tres criterios. O primeiro é que debe orbitar o Sol. O segundo é que un planeta debe ter masa suficiente para que a gravidade o transforme nun corpo de forma aproximadamente esférica. O terceiro, que a súa influencia gravitacional debe ser suficiente como para limpar doutros obxectos a zona da súa órbita. Os obxectos que non son satélites e obedecen as dúas primeiras regras, mais non a terceira, son denominados planetas ananos. Contando desde o Sol, os planetas no noso sistema solar son: Mercurio, Venus, Terra, Marte, Xúpiter, Saturno, Urano e Neptuno.

7.4 Hai varios planetas ananos no sistema solar

Os planetas ananos son máis pequenos que a Lúa, que ten un diámetro duns 3474 quilómetros. Plutón é na actualidade o maior dos planetas ananos, seguido de Eris, Haumea, Make-make e Ceres. Todos estes obxectos son sólidos, teñen superficies xeadas e parecidas composicións. Ceres localízase entre as órbitas de Marte e Xúpiter, mentres que os outros catro planetas ananos están máis alá da órbita de Neptuno, no cinto de Edgeworth-Kuiper.

7.5

Os planetas divídense en terrestres (rochosos) e xigantes gasosos

Os catro planetas máis próximos ao Sol son os planetas terrestres. Todos eles teñen superficies sólidas e están compostos maioritariamente de rocha. Mercurio non ten atmosfera. En relación á Terra, Venus ten a atmosfera máis densa e Marte a máis tenue.

En contraste con estes planetas interiores pequenos, os catro planetas exteriores -os chamados xigantes gasosos- son moito máis grandes. Estes planetas son esencialmente gasosos (hidróxeno e helio) e as súas atmosferas son moi densas. Todos os xigantes gasosos teñen aneis ao seu redor. O máis impresionante sistema de aneis, con diferenza, é o de Saturno, que é visíbel mesmo cun telescopio pequeno.

7.6

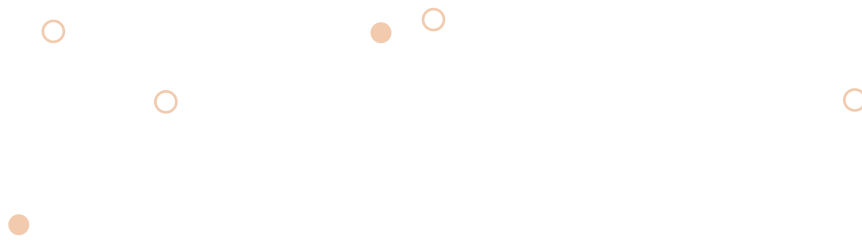
Algúns planetas teñen dúas de satélites naturais

Coa excepción de Mercurio e Venus, todos os planetas posúen polo menos un satélite natural. A Terra é o único planeta do sistema solar que ten un único satélite, mentres que Marte ten dúas lúa. A diferenza dos planetas terrestres, os xigantes gasosos teñen un grande número de obxectos nas súas órbitas. Na data de publicación deste documento, o planeta con máis satélites naturais é Saturno, con 82, seguido de Xúpiter (79), Urano (27) e Neptuno (14).

7.7

A Terra é o terceiro planeta en órbita arredor do Sol, e ten un satélite natural, a Lúa

O noso planeta é o terceiro contando desde o Sol e ten unha órbita case circular. A atmosfera terrestre está composta sobre todo por nitróxeno e oxíxeno e a temperatura media da súa superficie, que nun 70% está cuberta de auga, é duns 15 graos Celsius. A Lúa é o único satélite natural da Terra e o único obxecto celeste pisado polo ser humano.



7.8

Hai millóns de asteroides, que son restos da formación inicial do sistema solar

Os restos da formación inicial do sistema solar poden atoparse fundamentalmente no cinto de asteroides, que se localiza entre Marte e Xúpiter, e no cinto de Edgeworth-Kuiper, máis alá da órbita de Neptuno. O tamaño destes asteroides oscila entre 10 metros e 1000 quilómetros, e a masa conxunta de todos os que hai no sistema solar é menor ca a masa da Lúa.

7.9

Un cometa é un corpo conxelado que adquire unha cola cando o Sol o quenta

Os cometas están formados fundamentalmente por xeo, mais conteñen tamén po e material rochoso. O xeo é volátil e evapórase cando o cometa se achega ao Sol debido ao vento solar e á radiación. Isto crea dúas colas, unha cola de po que está lixeiramente curvada na dirección oposta ao movemento do cometa e se estende ao longo de millóns de quilómetros, e unha cola de plasma recta e a miúdo non visíbel a ollo nu. A cola do cometa sempre apunta en dirección oposta ao Sol, independentemente da dirección en que se mova o cometa.

A maioría dos cometas crese que veñen de dúas rexións específicas: o cinto de Edgeworth-Kuiper, máis aló da órbita de Neptuno, e a nube de Oort, nos confíns do sistema solar.

7.10

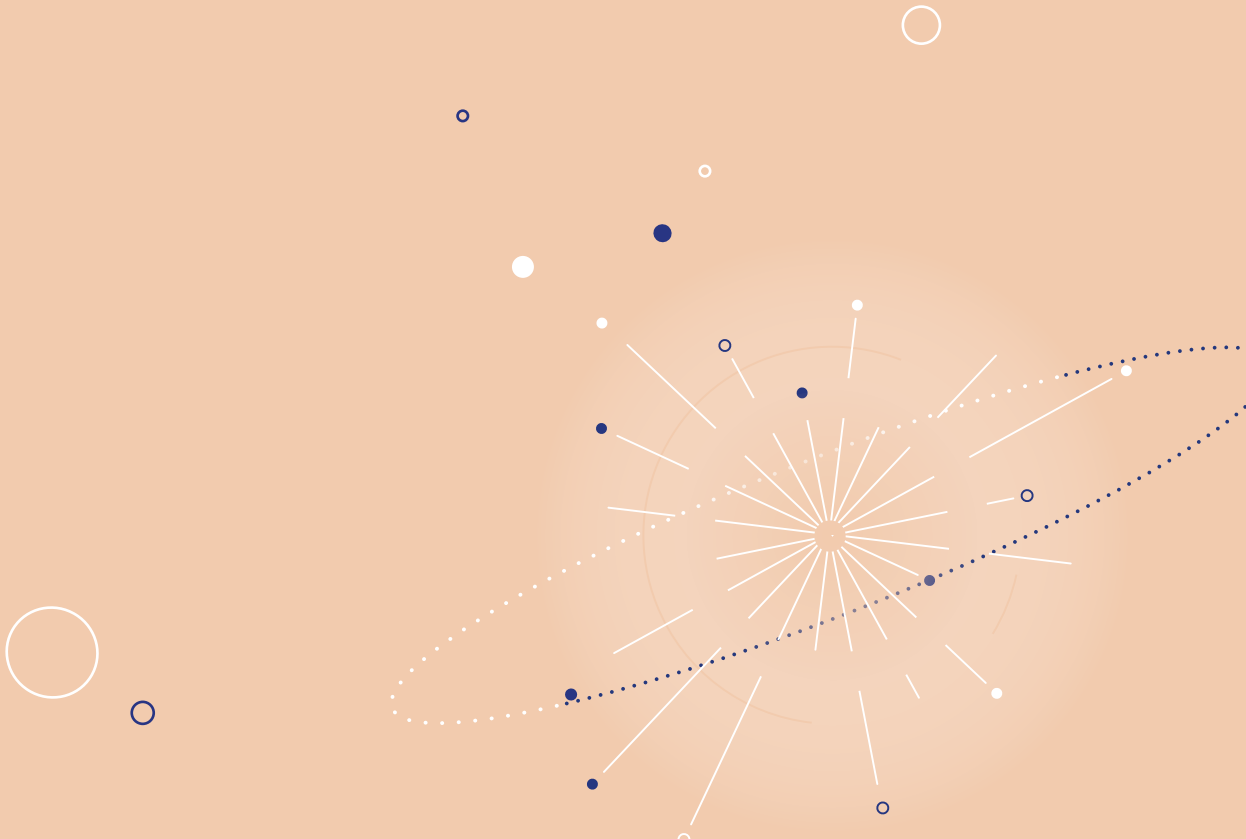
A fronteira do sistema solar chámase heliopausa

O campo magnético do Sol esténdese moito máis aló da súa superficie. Isto crea unha burbulla que encerra todo o sistema solar. A rexión en que o campo magnético do Sol interactúa co campo magnético doutras estrelas chámase heliofunda. A fronteira exterior desta rexión turbulenta chámase heliopausa. Máis alá da heliopausa está o espazo interestelar.

En 2012, a sonda Voyager 1 foi o primeiro obxecto de fabricación humana en cruzar a heliopausa.



*Todas as persoas estamos
feitas de po de estrelas*



8.1 Unha estrela é un corpo luminoso que produce a súa enerxía mediante reaccións nucleares internas

As estrelas están formadas de plasma moi quente (un gas onde os electróns e os núcleos atómicos están separados) que se mantén unido pola súa propia gravidade. A enerxía dunha estrela está xerada polas reaccións nucleares que teñen lugar no seu centro, que inicialmente funden hidróxeno en helio, a través da cadea protón-protón, ou, no caso das estrelas máis masivas, a través do ciclo CNO (carbono-nitróxeno-oxíxeno), para logo acabar formando elementos máis pesados.

A estabilidade das estrelas xorde do equilibrio entre a presión dada pola enerxía que se libera durante os procesos de fusión, que se contrarresta coa tendencia da estrela a colapsar baixo a súa propia gravidade. Así é como a maioría das estrelas de masa semellante ou inferior ao Sol permanecen estábeis miles de millóns de anos.

8.2 As estrelas fórmanse a partir de nubes masivas de po e gas

As estrelas nacen do colapso gravitacional de xigantescas nubes moleculares frías. A medida que a nube colapsa, frágmenntase en núcleos cuxas rexións centrais fanse cada vez máis densas e máis quentes. Máis alá de certos valores críticos de temperatura e presión, iníciase a fusión nuclear e nace unha estrela.

Esta estrela xove está ao principio rodeada dun disco protoplanetario de po e gas. No curso de millóns de anos, este disco diferénciase en planetas e corpos menores.

8.3 A estrela máis próxima á Terra é o Sol

Cun diámetro ecuatorial aproximado de 1,4 millóns de quilómetros, o Sol, a estrela máis próxima á Terra, é tan grande que nela collerían arredor de 1,3 millóns de Terras. Se ben a nosa estrela é enorme comparada co noso planeta, hai estrelas moitísimo maiores no Universo. A superxigante VY Canis Majoris, cun diámetro 1400 veces maior ca o diámetro do Sol, é unha das maiores estrelas coñecidas. Se a situásemos no centro do Sistema Solar, a superficie de VY Canis Majoris chegaría máis alá da órbita de Xúpiter. Hai tamén estrelas moito máis pequenas ca o Sol. A estrela máis próxima, Próxima Centauri, é unha anana vermella cun diámetro duns 200 000 km, só 16 veces o diámetro da Terra.

8.4 O Sol é unha estrela dinámica

Aínda que parece uniforme en aparencia, a superficie do Sol pode estar manchada con puntos escuros. Estas manchas solares, ou rexións de fortes campos magnéticos, parecen escuras porque están máis frías que o material da contorna. Cada 11 anos, o Sol experimenta un ciclo que oscila entre épocas de moitas manchas e épocas de poucas manchas. Ás veces, o campo magnético do Sol retórcese, acumula moita enerxía e libéraa nun chorro de luz e partículas. Estes chorros chámanse “fulguracións” ou “exceccións de masa coronal”. Mais mesmo cando está en calma, o Sol expulsa ao espazo arredor de 1500 millóns de quilogramos de gas quente e magnetizado cada segundo. Este vento solar flúe a través do Sistema Solar e interactúa cos planetas. As outras estrelas tamén producen fulguracións e ventos.

8.5 A cor dunha estrela fálanos da súa temperatura superficial

As estrelas poden ter temperaturas superficiais de entre algúns miles de graos centígrados e cincuenta mil graos centígrados. As estrelas quentes irradian a maior parte da súa enerxía na rexión azul e ultravioleta do espectro electromagnético (con longuras de onda curtas), e parecen por iso azuladas para os nosos ollos. As estrelas máis frías vémolos avermelladas porque irradian a maior parte da súa enerxía nas rexións vermellas e infravermellas do espectro electromagnético (con longuras de onda longas).

8.6 O espazo entre as estrelas pode estar maioritariamente baleiro ou pode conter nubes de gas, das que poden nacer novas estrelas

O espazo entre as estrelas contén pequenas trazas de materia en forma de gas, po e partículas de alta enerxía (“raios cósmicos”). Esta materia é o que chamamos “medio interestelar” e pode ser máis ou menos densa segundo as zonas da galaxía. Con todo, mesmo as rexións máis densas do medio interestelar son aínda así miles de veces menos densas ca o mellor baleiro creado en laboratorio.

8.7 Unha estrela percorre un ciclo vital que vén determinado sobre todo pola súa masa inicial

As simulacións por computador revelan que as primeiras estrelas tiveron vidas da orde duns millóns de anos. Pola contra, a vida media dunha estrela semellante ao Sol é duns dez mil millóns de anos. As estrelas ananas vermellas, de baixa masa, poden vivir billóns de anos.

Unha estrela cunha masa semellante á do noso Sol acabará transformándose nunha estrela xigante vermella e despois expulsará a maior parte da súa masa ao espazo, deixando como remanente unha estrela compacta (anana branca) rodeada polo que se denomina “nebulosa planetaria”.

Unha estrela con polo menos oito masas solares evolucionará até unha superxigante vermella antes de explotar nun fenómeno chamado “supernova”, da que queda como remanente unha estrela de neutróns ou un buraco negro estelar.

8.8

As estrelas masivas poden acabar o seu ciclo vital como buracos negros estelares

Un buraco negro é unha rexión do espazo cuxo extremo campo gravitacional impide que nada, nin tan sequera a luz, poida escapar del unha vez que se cruza o “horizonte de sucesos”. O horizonte de sucesos é unha rexión que rodea o buraco negro onde a velocidade necesaria para escapar do seu campo gravitacional é maior ca a da luz.

Os modelos teóricos predín que o centro dun buraco negro é unha singularidade, onde a densidade de materia e a curvatura do espazo-tempo se achega a infinito. Os buracos negros estelares teñen masas da orde de varias decenas de masas solares, confinadas nunha rexión cun radio que varía entre uns poucos quilómetros e decenas de quilómetros (dependendo da masa).

8.9

Nacen estrelas novas con sistemas planetarios a partir da materia que deixaron as estrelas precedentes nesa rexión

Sen contar o hidróxeno, a maioría do helio e unha pequena cantidade de litio, todos os elementos do Universo actual producíronse nas estrelas por medio da fusión nuclear. As estrelas de baixa masa, coma o Sol, producen os elementos até o oxíxeno, mentres que as estrelas masivas poden fabricar elementos máis pesados ca o oxíxeno e até o ferro. Os elementos máis pesados ca o ferro, coma o ouro e o uranio, prodúcense en eventos de alta enerxía como as explosións de supernovas e as colisións de estrelas de neutróns. Cando morren, as estrelas liberan a maior parte da súa masa ao medio interestelar. A partir desta materia formaranse novas estrelas, na versión cósmica dun proceso de reciclaxe.

8.10

O corpo humano está composto de átomos que no pasado formaron parte de estrelas

Os elementos distintos do hidróxeno, o helio e unha pequena cantidade de litio foron creados maioritariamente no interior das estrelas e liberados ao espazo nas últimas etapas da vida das estrelas. Esa é a orixe da maioría dos elementos que forman os nosos corpos, coma o calcio dos ósos, o ferro do noso sangue e o nitróxeno do noso ADN. Da mesma maneira, os elementos que compoñen os restos dos animais, as plantas e en xeral a maioría das cousas que vemos ao noso redor, foron producidos nas estrelas hai miles de millóns de anos.

9

*Hai centos de miles de millones
de galaxias no Universo*



9.1 Unha galaxia é un sistema grande de estrelas, po e gas

Unha galaxia contén entre algúns millóns e centos de miles de millóns de estrelas, unidas pola súa forza gravitacional. As estrelas dunha galaxia poden formar parte de cúmulos estelares ou ser parte dunha poboación máis grande de estrelas que atravesan a galaxia. Ademais, unha galaxia contén restos estelares, po, gas e materia escura. Moitas galaxias teñen un buraco negro supermasivo no seu centro.

9.2 As galaxias parecen conter grandes cantidades de materia escura

A materia escura é un tipo de materia hipotética que non emite radiación electromagnética nin interactúa con ela e por iso é imposible de detectar mediante observacións directas. Aínda que a materia escura non pode verse, ten masa, e a súa existencia dedúcese dos seus efectos gravitacionais en obxectos visíbeis. Entre eses efectos están o movemento de obxectos visíbeis e a distorsión das imaxes debida a lentes gravitacionais. As galaxias están rodeadas dun halo moito maior de materia escura. En certo sentido, o que vemos dunha galaxia é apenas a punta do iceberg.

9.3 A formación de galaxias é un proceso evolutivo

Durante os primeiros centos de millóns de anos da historia do Universo, a materia escura evolucionou en numerosas rexións grandes e máis densas, chamadas halos. A medida que o hidróxeno e o helio caeron sobre estes halos, formáronse as primeiras galaxias e as primeiras estrelas. As galaxias en espiral máis grandes, como a Vía Láctea, evolucionaron ao atraer e incorporar numerosas galaxias máis pequenas. Formáronse grandes galaxias elípticas cando outras galaxias masivas chocaron e se fusionaron. En función das súas reservas de gas e do quecemento debido ás explosións de estrelas ou a actividade no centro galáctico, estas galaxias formaron novas estrelas a maior ou menor ritmo.

9.4 Hai tres tipos principais de galaxias: espiral, elíptica e irregular

De acordo coa súa aparencia visual, as galaxias clasifícanse en espirais, elípticas e irregulares. Estes tipos difiren non só pola forma senón tamén polo seu contido. As galaxias espirais teñen os brazos espirais aplanados formados principalmente por estrelas xoves brillantes e grandes cantidades de gas e po. En contraste, as galaxias elípticas conteñen menos gas, as súas estrelas son na súa maioría vellas e distribúense con forma de ovoide ou esfera. Algunhas galaxias, incluídas a maioría das galaxias ananas, non teñen ningunha destas dúas formas estándar e chámanse irregulares.

9.5 Vivimos nunha galaxia espiral chamada Vía Láctea

A nosa Vía Láctea é unha galaxia en espiral cunha estrutura con forma de barra no centro. O Sistema Solar está situado a uns 25 000 anos luz do centro, nun brazo da espiral. A parte visíbel da nosa galaxia é unha colección de estrelas con forma de disco cun diámetro de entre 100 000 e 120 000 anos luz e un grosor de só uns 2000 anos luz. Neste disco, as estrelas máis novas e o po forman brazos espirais. Durante unha noite escura e desde un lugar sen contaminación, podemos ver unha fracción das máis de 100 mil millóns de estrelas do disco galáctico como unha enorme banda difusa que cruza o ceo. Esta é a nosa visión da nosa propia galaxia desde dentro.

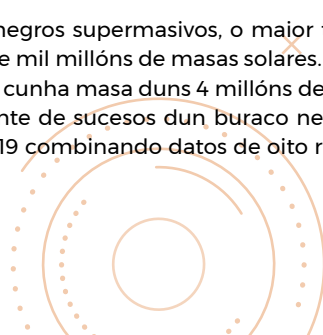
9.6 Os brazos espirais das galaxias créanse por acumulacións de gas e po

Unha teoría amplamente aceptada sobre a formación dos brazos espirais é que son o resultado dunha onda de densidade que se move polo disco da galaxia e fai que as estrelas, o gas e o po se acumulen dun xeito parecido a un atasco de tráfico nunha estrada transitada. Isto dá lugar a rexións máis densas no disco que se ven como brazos espirais. Estas rexións de alta densidade conteñen moito gas e po, que son esenciais para a formación de novas estrelas. Polo tanto, os brazos espirais conteñen moitas estrelas xoves brillantes e isto mostra que nestas rexións hai unha alta taxa de formación de estrelas.

9.7 A maioría das galaxias teñen un buraco negro supermasivo no seu centro

Unha galaxia típica contén aproximadamente uns 100 millóns de buracos negros de masa estelar. Este tipo de buracos negros fórmanse cando unha estrela masiva remata a súa vida nunha explosión de supernova.

No centro da maioría das galaxias atópanse buracos negros supermasivos, o maior tipo de buraco negro, con masas entre algúns millóns e máis de mil millóns de masas solares. A nosa Vía Láctea ten un buraco negro supermasivo no centro cunha masa duns 4 millóns de masas solares. A primeira imaxe directa da silueta do horizonte de sucesos dun buraco negro, no centro da enorme galaxia elíptica M87, logrouse en 2019 combinando datos de oito radiotelescopios de todo o mundo.



9.8 **As galaxias poden estar extremadamente lonxe unhas das outras**

A veciña máis próxima da Vía Láctea é a galaxia anana do Can Maior, a unha distancia duns 25 000 anos luz. As galaxias distantes locen moi débiles e, polo tanto, son difíciles de observar. Para obter imaxes de galaxias distantes é necesario empregar grandes telescopios con alto poder de resolución e facer exposicións moi longas para reunir suficiente luz destes obxectos.

9.9 **As galaxias forman cúmulos**

As galaxias non se espallan ao chou polo Universo. Antes polo contrario, unha galaxia típica adoita formar parte dun cúmulo de galaxias. Estes cúmulos constan de centos ou incluso miles de galaxias unidas pola súa mutua atracción gravitacional. Os grupos de galaxias á súa vez tamén se agrupan en estruturas máis grandes chamadas supercúmulos. A Vía Láctea forma parte do chamado Grupo Local de galaxias, que conta con máis de 54 galaxias. O Grupo Local é un elemento periférico do Cúmulo da Virxe, que forma parte do Supercúmulo da Virxe, que á súa vez forma parte do Supercúmulo Laniakea.

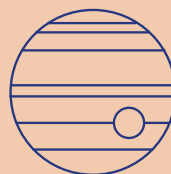
9.10 **As galaxias interactúan entre si a través da gravidade**

As interaccións entre as galaxias inflúen no seu aspecto e evolución. No pasado pensábase que un tipo de galaxia podía evolucionar a outro tipo diferente ao longo da súa vida mais o coñecemento científico actual demostra que son as interaccións gravitacionais a razón detrás de certos tipos de galaxias. Por exemplo, as galaxias elípticas poden crearse por fusións entre grandes galaxias precedentes, e ao mesmo tempo eventos deste tipo poden desencadear unha intensa formación de estrelas nas galaxias en interacción.



10

*Pode que non esteamos
sós no Universo*



10.1 Detectáronse moléculas orgánicas fóra da Terra

As moléculas orgánicas conteñen carbono, que é un elemento fundamental para a vida tal e como a coñecemos. As observacións do medio interestelar demostran que as moléculas orgánicas, como os precursores químicos ou os aminoácidos simples, están presentes no espazo. Tamén se atoparon moléculas orgánicas e mesmo un aminoácido en cometas e meteoritos. É moi probábel que estas moléculas xa estiveran presentes no gas e no po a partir do cal se formou o noso Sistema Solar.

10.2 Deseubriuse que hai organismos vivos que sobreviven en ambientes extremos da Terra

Aínda que a maioría da vida na Terra é sensíbel ás condicións ambientais, descubriuse que algúns organismos, os extremófilos, sobreviven en condicións extremas demostrando que a vida pode existir onde menos se espera. Estes organismos poden ser moi resistentes a unha ampla gama de temperaturas, presións, niveis de pH e exposicións á radiación. Algúns deles viven en lugares como os desertos, os polos, a grande profundidade no océano, no interior da codia terrestre ou mesmo nos volcáns. Un dos organismos máis resistentes coñecidos pode sobrevivir mesmo en condicións de baleiro. Estes feitos son razóns para un prudente optimismo cando se trata de avaliar a posibilidade de vida noutros planetas ou lúas, que a miúdo presentan condicións ambientais comparativamente duras.

10.3 Trazas de auga líquida abren a posibilidade de vida primitiva en Marte

A auga líquida é un factor clave para o desenvolvemento da vida tal e como a coñecemos. Por este motivo, a busca de auga líquida noutros planetas e nas súas lúas é un obxectivo importante na busca de vida extraterrestre. Ao longo dos anos foron atopándose posíbeis trazas de auga líquida na superficie de Marte, que sumaban argumentos ao prolongado debate sobre a súa existencia no citado planeta. Aínda que as evidencias da presenza actual de auga líquida en Marte son obxecto de intensa discusión científica, esas posíbeis trazas apoian a idea de que puideron existir no pasado algunhas formas simples de vida. Se houbera auga líquida aínda hoxe debaixo da superficie de Marte, habería o potencial para a existencia de vida.

10.4 Algúns satélites naturais do Sistema Solar parecen ter condicións para a vida

Entre as moitas lúas que orbitan os planetas xigantes do Sistema Solar, algunhas comparten características cos planetas terrestres, como as atmosferas densas e a actividade volcánica. Europa, unha das lúas máis grandes de Xúpiter, ten unha superficie xeada que pode cubrir un océano líquido. Crese que este océano podería fornecer as condicións adecuadas para que existan formas de vida sinxelas. Outro dos candidatos para acoller formas de vida simples é Titán, a lúa máis grande de Saturno. Titán é rico en compostos orgánicos complexos, ten unha atmosfera densa, metano líquido na superficie e existe a hipótese de que teña un océano de auga baixo a superficie.

10.5 Hai numerosos planetas, os “exoplanetas”, que orbitan estrelas distintas do Sol

Desde o descubrimento do primeiro planeta en órbita arredor doutra estrela, foron detectados miles de planetas que orbitan outras estrelas distintas do Sol, os chamados exoplanetas. A cantidade de exoplanetas descubertos aumenta a un ritmo acelerado e agora somos capaces de caracterizar a poboación de exoplanetas na veciñanza solar.

10.6 Os exoplanetas poden ser moi diferentes e a miúdo forman sistemas

Os exoplanetas mostran unha ampla gama de propiedades físicas e orbitais. Con masas que van desde a de Mercurio até varias veces a de Xúpiter, os exoplanetas poden ter un radio de centos de quilómetros ou até varias veces o radio de Xúpiter. Os períodos orbitais dos exoplanetas poden ser de só unhas horas e as súas excentricidades poden ser tan grandes como as dun cometa do Sistema Solar. A maioría dos exoplanetas tenden a atoparse en sistemas, formados por varios planetas que orbitan unha mesma estrela.

10.7 **Estamos preto da detección dun planeta como a Terra**

Coa mellora da precisión dos métodos de detección, agora somos capaces de atopar planetas cunha masa tan baixa como a Terra e un tamaño da orde de magnitude do radio da Terra. A nosa busca até agora, limitada como é, xa demostrou que a veciñanza solar está chea de planetas. Algúns destes planetas mesmo están dentro da chamada zona de habitabilidade ao redor da estrela anfitrión. Segundo a definición, un planeta que orbita no interior da zona habitábel recibe a cantidade xusta de radiación da súa estrela como para permitir a existencia de auga líquida na súa superficie.

10.8 **Hai científicos e científicas que buscan vida extraterrestre**

Un xeito de buscar civilizacións extraterrestres é ir na procura de sinais que non poidan producirse de forma natural por calquera fenómeno astronómico coñecido. A busca sistemática de tales sinais leva por nome “Search for Extraterrestrial Intelligence”, SETI. Até o de agora non se atoparon tales sinais, mais SETI segue a pescudar o ceo na busca de calquera pista de vida avanzada máis alá da Terra.

11

*Debemos preservar a Terra,
o noso único fogar no Universo*



11.1 **A contaminación luminosa afecta os humanos, moitos outros animais e as plantas**

Durante millóns de anos, a vida na Terra desenvolveuse en ausencia de luz artificial, e a maioría das especies adaptáronse para ter actividade diúrna ou nocturna. Desde a invención da electricidade, os humanos foron reducindo cada vez máis a escuridade nocturna coas luces artificiais e provocando o grave problema da contaminación luminosa, que ten impacto no medio ambiente, o comportamento animal e a saúde humana. A maioría das poboacións animais depende de padróns diúrnos ou nocturnos. A luz artificial produce disrupcións na vida salvaxe en todo o planeta e altera desde a fisioloxía e a reprodución até a orientación e a predación.

Estamos perdendo o ceo escuro do que gozaron os nosos devanceiros. En moitos ambientes urbanos e suburbanos, a Vía Láctea é agora imposíbel de ver pola noite.

11.2 **Hai moitos residuos de fabricación humana orbitando a Terra**

Co desenvolvemento da tecnoloxía espacial, a humanidade foi capaz de enviar numerosos obxectos ao espazo usando foguetes. Desde o inicio da era da exploración espacial, a cantidade de residuos de fabricación humana no espazo, como as pezas e fragmentos de foguetes ou satélites antigos, aumentou drasticamente. Actualmente estímase que hai 500 000 restos deste tipo, tamén coñecidos como “lixo espacial”, orbitando a Terra. Como o lixo espacial viaxa a grandes velocidades, calquera colisión cunha nave espacial ou satélite podería causar graves danos. Isto é particularmente arriscado para a Estación Espacial Internacional e outras naves espaciais tripuladas. O seguimento do lixo espacial e o deseño de tecnoloxías para a súa recollida é unha área activa de investigación e desenvolvemento.

11.3 **Facemos seguimento dos obxectos espaciais potencialmente perigosos**

Durante as primeiras etapas da formación do Sistema Solar, os planetas acabados de formar foron frecuentemente golpeados por corpos máis pequenos como os asteroides. Algúns cráteres na superficie da Terra e todos os que vemos na Lúa son evidencias directas de que eses impactos poden ser moi perigosos. Aínda que é un tema de investigación e debate, crese que a extinción dos dinosauros que non voaban e de moitas outras especies puido deberse ao impacto dun grande asteroide coa Terra, hai aproximadamente 65 millóns de anos. Aínda que a probabilidade dun impacto desta magnitude é moi baixa hoxe en día, é importante vixiar todos os obxectos celestes que poden converterse nunha ameaza potencial para a vida na Terra. Nos próximos anos, os programas de seguimento das axencias espaciais, os observatorios e outras institucións deberían ser capaces de identificar todos os asteroides potencialmente perigosos cun tamaño superior a un quilómetro. Ningún dos asteroides coñecidos está na actualidade en curso de colisión coa Terra.

11.4

O ser humano ten un impacto significativo no medio ambiente da Terra

A industrialización trouxo numerosas vantaxes para a sociedade, mais tamén provocou varios problemas ambientais na Terra. A través da deforestación e a contaminación dos ríos, os océanos e a atmosfera estamos a danar as fontes vitais de aire limpo, alimento e auga necesarias para a vida na Terra. A humanidade provocou a extinción de numerosas especies e segue a extraer minerais e recursos enerxéticos en lugares ambientalmente ameazados. O cambio climático provocado polo ser humano (quecemento global) está afectando o noso medio ambiente a grande escala, poñéndonos en risco a nós mesmos e a moitas especies.

11.5

A atmosfera e o clima están fortemente afectados pola actividade humana

Sen a atmosfera, o noso planeta sería un mundo xeado cunha temperatura media de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Porén, os gases de efecto invernadoiro da atmosfera absorben parcialmente a calor que emana do chan e irradiana cara á superficie da Terra, o que fai que a Terra sexa habitábel. A actividade humana aumentou drasticamente os niveis dos principais gases de efecto invernadoiro na atmosfera terrestre, creando un desequilibrio no balance enerxético da Terra. O aumento destes gases fai que se atrape máis enerxía na Terra e produce temperaturas medias máis altas. A Terra é incapaz de irradiar o exceso de enerxía a través dos seus sistemas naturais e desa forma altéranse os padróns climáticos mundiais, que son sensíbeis aos desequilibrios enerxéticos.

11.6

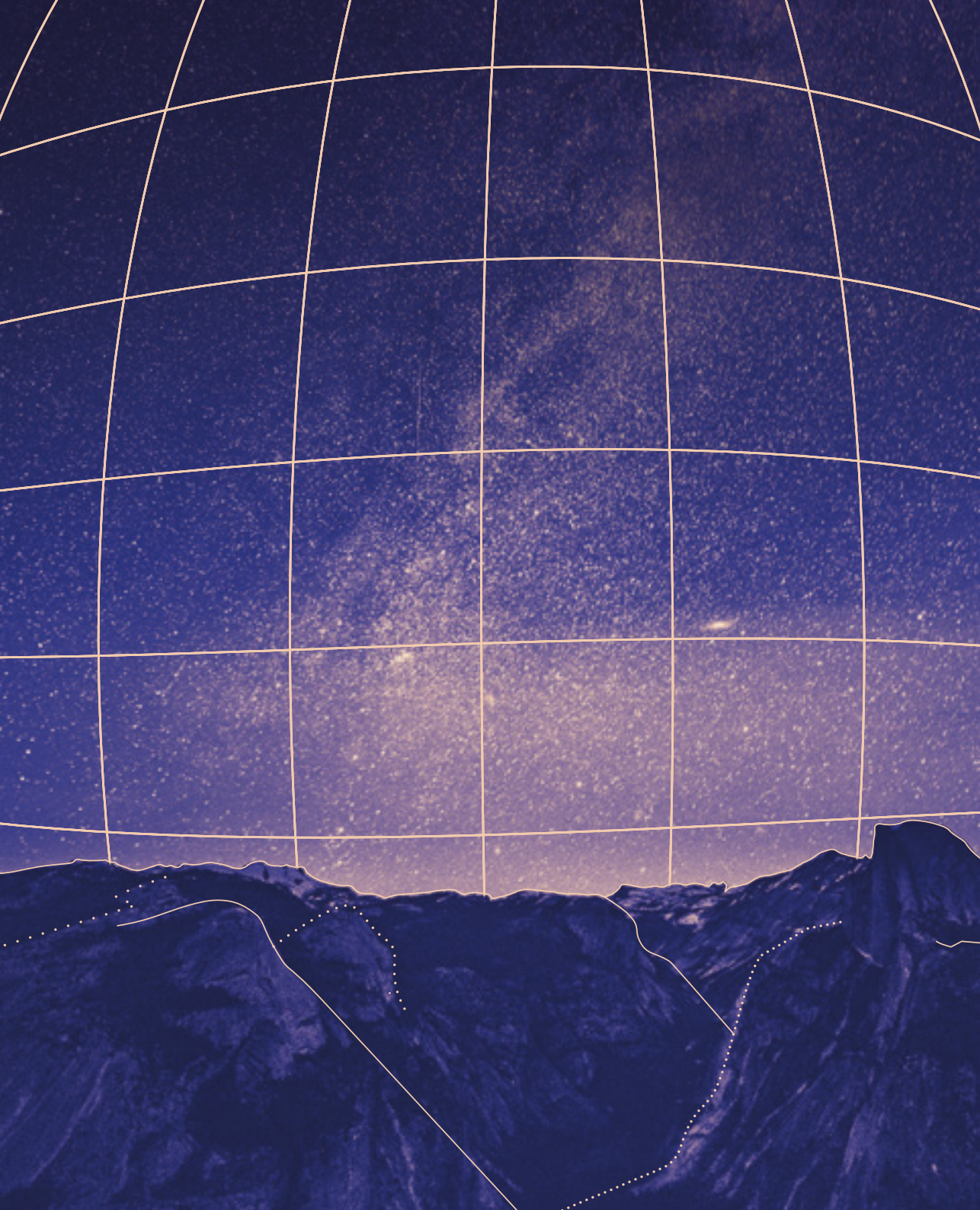
Necesitamos unha perspectiva global para a preservación do noso planeta

Cada un nós é un habitante deste planeta. Os conceptos de administración e responsabilidade global poden axudarnos a comprender que todas as persoas podemos axudar, como parte do grupo ou individualmente, na resolución dos problemas globais. É necesario preservar a Terra para os nosos descendentes. Na actualidade, a Terra é o único planeta do Universo que sabemos con certeza que pode soste a vida.

11.7

A astronomía achega unha perspectiva cosmolóxica única que reforza a nosa unidade como habitantes da Terra

Todos os seres humanos na Terra vivimos baixo un mesmo ceo e compartimos a mesma visión das profundidades do Cosmos. As imaxes dende o espazo que nos mostraron a “bola azul” do planeta Terra axudáronnos a ter unha mellor comprensión da nosa nave espacial común. Vistas desde fóra, as fronteiras entre os distintos países parecen insignificantes. As imaxes de sondas espaciais como a Voyager 2 e a Cassini reveláronnos que o “punto azul pálido” é unha simple penca na inmensidade do Universo.



Índice

- 07 **A astronomía é unha das ciencias máis antigas da humanidade**
- 11 **Os fenómenos astronómicos podemos experimentalos no noso día a día**
- 15 **O ceo nocturno é rico e dinámico**
- 19 **A astronomía é a ciencia que estuda os obxectos celestes e os fenómenos no Universo**
- 23 **A astronomía aproveita e estimula o desenvolvemento tecnolóxico**
- 27 **A cosmoxía é a ciencia que explora o Universo como un todo**
- 33 **Todas as persoas vivimos nun pequeno planeta no sistema solar**
- 37 **Todas as persoas estamos feitas de po de estrelas**
- 41 **Hai centos de miles de millóns de galaxias no Universo**
- 45 **Pode que non esteamos sós no Universo**
- 49 **Debemos preservar a Terra, o noso único fogar no Universo**

Grandes Ideas da Astronomía

Unha proposta de alfabetización astronómica

Autores:

João Retrê (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Portugal), Pedro Russo (Universidade de Leiden, Países Baixos), Hyunju Lee (Smithsonian Science Education Center, EEUU), Eduardo Penteadó (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Brasil), Saeed Salimpour (Universidade Deakin, Australia), Michael Fitzgerald (Universidade Edith Cowan, Australia), Jaya Ramchandani (The Story Of Foundation), Markus Pössel (Haus der Astronomie, Alemaña), Cecilia Scorza (Universidade Ludwig Maximilians de Múnic & Haus der Astronomie, Alemaña), Lars Lindberg Christensen (Observatorio Europeo Austral, ESO), Erik Arends (Universidade de Leiden, Países Baixos), Stephen Pompea (NOAO, EEUU) e Wouter Schrier (Universidade de Leiden, Países Baixos).

Deseño orixinal e maquetación: Aneta Margraf-Druc (ScienceNow/Leiden University)

2ª Edición en inglés, xuño de 2020

ISBN/EAN: 978-94-91760-21-1

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

2ª Edición en galego, decembro de 2020

Tradución: Martin Pawley (Agrupación Astronómica Coruñesa Ó)

Revisión: Dores Sánchez Alegre

Maquetación e adaptación do documento orixinal: Marta Cortacans

Co apoio do Concello da Coruña a través dos Museos Científicos Coruñeses.

Agradecementos:

Ismael Tereno (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Portugal), Pedro Figueira (Observatorio Europeo Austral, ESO), Sérgio Pereira (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Portugal), Monica Bobra (Universidade de Stanford), Piero Bienvenuti (Universidade de Padua) e Roy Bishop (Universidade Acadia) polos seus comentarios a esta versión dos obxectivos. João Retrê agradece o apoio económico da Fundação para a Ciência e a Tecnologia a través das bolsas de investigación IA2017-09-BGCT e UID/FIS/04434/2013. Pedro Russo agradece o apoio do proxecto NAOJ Sokendai de “Alfabetización astronómica”, coordinado polo Prof. Dr. Hidehiko Agata. NOAO funciona baixo o control da Asociación de Universidades para a Investigación en Astronomía (AURA), en acordo de cooperación coa Fundación Nacional de Ciencias. Queremos ademais darlle as grazas a toda a comunidade astronómica polas súas achegas ao documento durante o proceso de revisión.

“*Obxectivos de alfabetización astronómica*” é un proxecto do Observatorio de Leiden, Universidade de Leiden (Países Baixos) e o Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (Portugal) no marco do Grupo de Traballo de Alfabetización e Desenvolvemento Curricular da Comisión C1 da IAU.

Comisión C1 da IAU para a Educación Astronómica e o Desenvolvemento:

Presidente: Paulo Bretones

Grupo de Traballo de Alfabetización e Desenvolvemento Curricular da Comisión C1 da IAU:

Coordinador: Robert Hollow



