

Astrofísica

para Jovens

Apressados



NEIL

DEGRASSE



TYSON

com Gregory Mone



Planeta

TRUCHO ANTECIPADO PARA TITULACÃO. VENDA E REPRODUÇÃO PROIBIDAS.



Astrofísica para JOVENS Apressados



NEIL
DEGRASSE
TYSON

com Gregory Mone

Tradução

Sandra Martha Dolinsky



Planeta

TRECHO ANTECIPADO PARA DIVULGAÇÃO. VENDA E REPRODUÇÃO PROIBIDAS.

Copyright © 2019, 2017, Neil deGrasse Tyson
Copyright © Editora Planeta do Brasil, 2022
Copyright da tradução © Sandra Martha Dolinsky
Todos os direitos reservados.
Título original: *Astrophysics for Young People in a Hurry*

Preparação: Fernanda Guerriero Antunes
Revisão de texto: Thiago Fraga e Algo Novo Editorial
Diagramação: 3Pontos Apoio Editorial Ltda
Capa: Pete Garceau
Adaptação de capa: Beatriz Borges
Imagem de capa: panimoni/iStock, lushik/iStock, anttohoho/iStock,
TonyMeeHey/iStock

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Tyson, Neil deGrasse
Astrofísica para jovens apressados / Neil deGrasse Tyson,
Gregory Mone; tradução Sandra Martha Dolinsky. – São
Paulo: Planeta, 2021.
176 p. : il., color.

ISBN 978-65-5535-453-9
Título original: *Astrophysics for Young People in a Hurry*

1. Astrofísica I. Título II. Mone, Gregory III.
Dolinsky, Sandra Martha

21-2594

CDD 523

Índice para catálogo sistemático:

1. Astrofísica



Ao escolher este livro, você está apoiando o
manejo responsável das florestas do mundo.

2022

Todos os direitos desta edição reservados à
EDITORA PLANETA DO BRASIL LTDA.

Rua Bela Cintra, 986 – 4ª andar
01415-002 – Consolação – São Paulo-SP

www.planetadelivros.com.br

faleconosco@editora-planeta.com.br CIP, REGISTRO, VENDA E REPRODUÇÃO PROIBIDAS.



Explosões de estrelas como esta, brilhando abaixo do disco galáctico, ajudaram os astrofísicos a determinar que o Universo está se expandindo mais rápido do que esperávamos.

TRECHO ANTECIPADO PARA DIVULGAÇÃO. VENDA E REPRODUÇÃO PROIBIDAS.



SUMÁRIO

Prólogo 9

1

A maior história já contada 15

2

como se comunicar com aliens 33

3

Faça-se a luz 44

4

Entre as galáxias 58

5

Matéria escura 72

6

Energia escura 86



7

Meus elementos favoritos 97

8

Por que o mundo é redondo 108

9

o universo invisível 120

10

Em torno de nosso bairro solar 132

11

como um alienígena veria a Terra 141

12

olhando para cima, pensando grande 153

glossário 163

créditos das imagens 168

Índice remissivo 170



1.

A maior história já contada



No início, quase 14 bilhões de anos atrás, o Universo inteiro era menor que o ponto-final que encerra esta frase.

Menor quanto? Imagine que esse ponto fosse uma pizza. Agora, corte a pizza em 1 trilhão de pedaços. Tudo, incluindo as partículas que compõem seu corpo, as árvores ou os edifícios que você vê pela janela, as meias de seus amigos, as flores, a sua escola, as altas montanhas e os oceanos profundos do nosso planeta, o Sistema Solar, as galáxias distantes – todo o espaço, a energia e a matéria do cosmo estava comprimido nesse ponto.

E o ponto era quente.

As condições eram tão quentes, com tanta coisa comprimida em um espaço tão pequeno, que o Universo só podia fazer uma coisa.

Expandir.

E depressa.

Hoje, chamamos esse evento de Big Bang, e em uma minúscula fração de segundo (especificamente, um décimo de milionésimo de trilionésimo de trilionésimo de trilionésimo de segundo), o Universo cresceu tremendamente.

O que sabemos sobre esse primeiro instante da vida de nosso cosmo? Muito pouco, infelizmente. Hoje, descobrimos que quatro forças básicas controlam tudo, desde as órbitas dos planetas até as pequenas partículas que compõem nosso corpo. Mas, naquele instante após o Big Bang, todas essas forças estavam reunidas em uma.

Conforme o Universo se expandia, ele esfriava.

No final desse lapso de tempo, que é conhecido entre os cientistas como Era Planck – batizada em homenagem ao físico alemão Max Planck –, uma das forças desvencilhou-se das outras. Essa força, a gravidade, une as estrelas e os planetas que formam as galáxias, mantém a Terra em órbita ao redor do Sol e não permite que crianças de 10 anos enterrem bolas de basquete na cesta – entre outras coisas. Para uma demonstração simples da atração constante da gravidade, feche este livro, levante-o alguns centímetros acima da mesa mais próxima e solte-o. Essa é a gravidade em ação.

(Se seu livro não caiu, por favor, procure o astrofísico mais próximo e declare uma emergência cósmica.)

Nos primeiros instantes do Universo primitivo, entretanto, não havia planetas, livros nem jogadores de basquete de 10 anos sobre os quais a gravidade pudesse agir. A gravidade trabalha melhor com objetos grandes, e tudo no Universo primitivo ainda era inimaginavelmente pequeno.

Mas isso foi só o começo.

O cosmo continuou crescendo.

Você poderia enterrar uma bola em uma cesta em Marte?

Suponhamos que você possa realmente chegar a Marte, o que não é uma tarefa fácil, e que tenha um traje espacial que lhe dê liberdade de movimento suficiente para lhe permitir saltar. A força da gravidade em determinado planeta ou Lua depende de sua massa. Como Marte tem menos massa que a Terra, a gravidade tem um pouco mais de um terço de força. Então, existe a chance de você pular alto o suficiente. Mas espero que, se você conseguir chegar a Marte um dia, não perca tempo jogando basquete. Haverá muito mais coisas interessantes para ver e fazer.

Depois, as outras três forças principais da natureza se separaram.* A principal função dessas forças é controlar as minúsculas partículas, ou pedaços de matéria, que preenchem o cosmo.

Com as quatro forças separadas, tínhamos o que precisávamos para construir um Universo.

* As quatro forças são: gravitacional, nuclear forte, nuclear fraca e eletromagnética. Falaremos mais sobre elas adiante.



UM TRILIONÉSIMO DE SEGUNDO SE PASSOU DESDE O COMEÇO.



O Universo ainda era inimaginavelmente minúsculo e quente, e estava começando a ficar cheio de partículas. Àquela altura, as partículas eram de dois tipos, chamados quarks e léptons. Quarks são uns bichos esquisitos. Você nunca verá um quark sozinho; ele estará sempre agarrado a outros próximos. Tenho certeza de que você tem pelo menos um amigo ou colega de classe que se comporta do mesmo jeito. Quarks são como aquelas crianças que nunca querem fazer nada sozinhas, nem mesmo ir ao banheiro.

A força que mantém dois ou mais quarks juntos, na verdade, fica mais forte quanto mais você os separa – como se estivessem presos por um elástico invisível em miniatura. Separando-os o bastante, o elástico rompe-se e a energia armazenada cria um novo quark em cada extremidade, dando a cada um novo amigo. Imagine se a mesma coisa acontecesse com essas crianças inseparáveis de sua escola, e todas elas gerassem um sócio. Seus professores, sem dúvida, ficariam perplexos.

Os léptons, em contrapartida, são solitários. A força que une os quarks não tem efeito sobre os léptons, de modo que eles não formam grupos. O lépton mais conhecido é o elétron.

Além dessas partículas, o cosmo fervilhava de energia, e essa energia estava contida em pequenos pacotes em

os muitos nomes da matéria

Fui avisado de que não seria sensato apresentar tantos nomes e termos a leitores jovens. Então, vou resistir à tentação de detalhar todos os tipos de quarks que há no Universo – up, down, strange, charm.* Mas acho que você deveria saber sobre quarks e léptons. Todo o Universo visível é construído à base deles. Inclusive você. Além disso, eu já notei que as crianças não têm absolutamente nenhuma dificuldade para decorar os complexos nomes de vários dinossauros. Claro, alguns deles são ferozes e assustadores, o que os torna dignos de memorização. Mas estamos falando sobre as coisas que constituem o Universo! As partículas também são fascinantes, mesmo que sejam menos ferozes. Para começar, sem elas, não teríamos nem dinossauros.

* No original, o autor só mencionou quatro. Porém, há seis quarks no Universo: up, down, strange, charm, bottom e top. Para saber mais, acesse: INFOESCOLA. *Quarks*. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/quarks/>. Acesso em: 29 mar. 2021. [N.E.]

forma de onda, ou feixes de energia luminosa, chamados fótons.

E é aqui que as coisas ficam estranhas.

O Universo era tão quente que esses fótons eram rotineiramente convertidos em pares de partículas matéria-antimatéria. E esses pares colidiam, transformando-se em fótons mais uma vez.

Antimatéria

Todas as principais partículas do Universo, incluindo os quarks e léptons que acabamos de conhecer, têm gêmeos de antimatéria, que são seus opostos em todos os sentidos. Veja o elétron, o membro mais popular da família dos léptons. O elétron tem carga negativa, porém seu oposto de antimatéria, o pósitron, tem carga positiva. Mas não vemos muita antimatéria por aí porque, uma vez que uma partícula de antimatéria é criada, ela imediatamente procura seu gêmeo material, e esses encontros nunca dão certo. Os gêmeos destroem-se, convertendo-se em uma explosão de energia. (Veja a história de Mr. Tompkins sobre o físico George Gamow no capítulo 3.) Hoje, os cientistas criam partículas de antimatéria em experimentos gigantes que esmagam átomos. Nós os observamos após colisões de alta energia no espaço. Mas, provavelmente, é mais fácil encontrar a antimatéria em tramas de ficção científica. Ela abastece os motores da famosa Enterprise de *Star Trek*, e aparece repetidamente em histórias em quadrinhos.

Mas, por razões misteriosas, uma em 1 bilhão dessas conversões fez apenas uma partícula de matéria, sem sua amiga antimatéria. Se não fosse por esses sobreviventes solitários, o Universo não teria matéria alguma. E isso também foi bom, porque todos nós somos feitos de matéria.

como medimos a temperatura

Talvez você já tenha aprendido isso, mas existem várias maneiras diferentes de descrever a temperatura de um sistema. Nos Estados Unidos, fala-se em graus Fahrenheit. Na Europa e em grande parte do resto do mundo, o padrão é graus Celsius. Os astrofísicos usam Kelvin, um padrão no qual zero é realmente zero. Não dá para esfriar mais. Portanto, 1 trilhão de graus Kelvin é muito mais quente que 1 trilhão de graus Fahrenheit ou Celsius. Não tenho nada contra os outros padrões. Em minha vida diária, estou satisfeito com Fahrenheit. Mas, quando penso no Universo, é tudo Kelvin.

Nós existimos, e sabemos que, com o passar do tempo, o cosmo continuou a se expandir e esfriar. À medida que foi ficando maior que o nosso Sistema Solar, a temperatura foi caindo rapidamente. O Universo ainda era incrivelmente quente, mas a temperatura caiu abaixo de 1 trilhão de graus Kelvin.

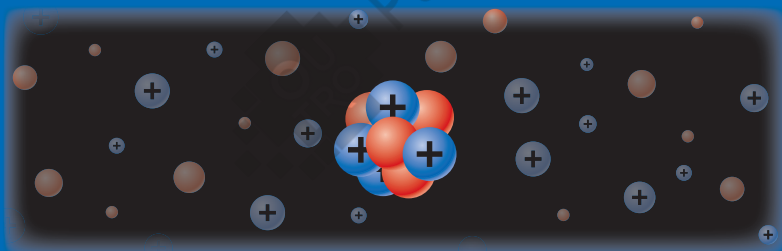


**UM MILIONÉSIMO DE SEGUNDO
SE PASSOU DESDE O COMEÇO.**



Receita simples para a matéria do universo

1. Comece com quarks e léptons.
2. Junte quarks para formar prótons e nêutrons.
3. Combine os prótons, nêutrons e elétrons (um tipo de lépton com carga negativa) para criar seus primeiros átomos.
4. Misture esses átomos para formar moléculas.
5. Acumule moléculas em diferentes formas e combinações para fazer planetas, flores e pessoas.



O Universo cresceu de uma pequena fração do ponto-final desta frase para o tamanho do nosso Sistema Solar. Isso é quase 300 bilhões de quilômetros, ou mais de 180 bilhões de milhas, de diâmetro.

Um trilhão de graus Kelvin é muito, muito mais quente que a superfície do Sol. Mas, comparado com o primeiro ins-

tante após o Big Bang, era frio. Esse Universo morno não era mais quente nem lotado o suficiente para cozinhar quarks, de modo que todos eles se agarraram a seus parceiros de dança, criando partículas mais pesadas. Essas combinações de quarks logo resultaram no aparecimento de formas mais familiares de matéria, como prótons e nêutrons.



AGORA, UM SEGUNDO SE PASSOU DESDE O COMEÇO.



O Universo cresceu, chegando a alguns anos-luz de diâmetro – aproximadamente a distância do Sol às estrelas vizinhas mais próximas. A temperatura caiu para 1 bilhão de graus. Ainda era muito quente – o suficiente para cozinhar os pequenos elétrons e seus opostos, os pósitrons. As duas diferentes partículas surgiram, aniquilaram-se mutuamente e desapareceram. Mas o que era verdade para outras partículas tornou-se verdade para os elétrons: só um em 1 bilhão sobreviveu.

O resto se destruiu mutuamente.

A temperatura do cosmo caiu abaixo de 100 milhões de graus, mas ainda era mais quente que a superfície do Sol.

Partículas maiores começaram a se fundir umas com as outras. Os ingredientes básicos dos átomos que compõem nosso mundo visível hoje – incluindo as estrelas e os planetas, as árvores ou edifícios que você vê de sua janela, as meias de seu amigo, meu bigode – estavam por fim se unindo.

As quatro forças fundamentais

Aqui estão as quatro forças fundamentais que controlam nosso Universo:

1. A gravidade, que você conhece.
2. A força nuclear forte, que mantém as partículas juntas no centro dos átomos.
3. A força nuclear fraca, que faz os átomos se quebrarem e liberarem energia. Mas ela não é fraca de verdade. É muito mais forte que a gravidade. No entanto, não é tão poderosa quanto a força nuclear forte.
4. A força eletromagnética, que liga os elétrons carregados negativamente aos prótons carregados positivamente no centro dos átomos. E também liga as coleções de átomos, conhecidas como moléculas.

Mas não vamos complicar as coisas: a gravidade liga as coisas grandes e as três outras forças atuam nas coisas pequenas.

Os prótons se fundiram com outros prótons, bem como com os nêutrons, formando o centro do átomo – chamado núcleo.



DOIS MINUTOS SE PASSARAM DESDE O COMEÇO.



Normalmente, os elétrons que giram em torno do Universo seriam atraídos pelos prótons e núcleos. Os elétrons têm carga negativa. Os prótons e os núcleos têm carga positiva, e os opostos se atraem. Por que eles têm cargas positiva e negativa? E por que, você pergunta, os opostos se atraem?

O que é carga?

Cada um de nós, humanos, possui várias qualidades ou características. Podemos ser gentis, caridosos ou hostis. Essas propriedades ajudam a nos definir. Carga é uma das propriedades básicas da matéria. Algumas partículas, como prótons, têm carga positiva; outras têm carga negativa. E outras ainda, como nêutrons, não têm carga alguma. Quando duas partículas têm a mesma carga, elas se repelem. Se têm cargas opostas, como prótons e elétrons, elas se atraem.

Porque sim.

Eu gostaria de ter uma resposta melhor para você, mas o Universo não tem a obrigação de fazer sentido para nós. O que posso dizer é que muitos e muitos anos de pesquisa científica fundamentam essas duas ideias.

Agora, dada a atração que exercem, você poderia pensar que os prótons e elétrons se agarrariam. Porém, durante milhares de anos, o Universo ainda estava quente demais para que eles sossegassem. Os elétrons vagavam livres, jogando os fótons para a frente e para trás – coisa que os elétrons livres gostam de fazer.

Isso acabou quando a temperatura do Universo caiu abaixo de 3 mil graus Kelvin (cerca de metade da temperatura da superfície do Sol), e todos os elétrons livres se combinaram com esses prótons de carga positiva. Quando se juntaram, todos aqueles fótons puderam atravessar o Universo, intocados – luz que os cientistas podem detectar ainda hoje. Falaremos mais sobre isso no capítulo 3.



TREZENTOS E OITENTA MIL ANOS SE PASSARAM DESDE O COMEÇO.



O Universo continuou a se expandir como um balão que nunca estoura. À medida que crescia, ele esfriava, e a gravidade começou a agir. Durante as primeiras centenas de milhares de anos, as partículas corriam por toda parte,



Esta visão de um telescópio mostra centenas de milhares de estrelas perto do centro de nossa galáxia, a Via Láctea.

como crianças do Jardim de Infância soltas no parquinho. Então, a gravidade começou a juntar essas peças, formando cidades cósmicas chamadas galáxias.

Cerca de 100 bilhões de galáxias foram formadas.

Cada galáxia continha centenas de bilhões de estrelas.

Essas estrelas atuavam como painéis de pressão, forçando as minúsculas partículas a se unirem e formarem elementos cada vez maiores. As estrelas maiores acumularam tanto calor e pressão que acabaram fabricando elementos pesados, como o ferro.

Os elementos que havia dentro dessas estrelas gigantes seriam completamente inúteis se ficassem ali onde se formaram. Mas essas estrelas eram instáveis. Elas explodiram, lançando suas entranhas por toda a galáxia.

O que são elementos?

Existem 118 elementos conhecidos no Universo. Cada um é feito de só um tipo de átomo. A principal diferença entre cada elemento é o número de prótons que contém em seu núcleo. O hidrogênio, que possui apenas um próton, é o elemento mais comum no Universo. Se você acrescentar um próton a um átomo de hidrogênio, acabará com um novo elemento, o hélio.

Nove bilhões de anos após o começo do Universo, em um pedaço médio de uma galáxia média, uma estrela média (o Sol) nasceu.

Como ele se formou? A gravidade foi juntando, lentamente, uma enorme nuvem de gás, cheia de partículas e elementos pesados com prótons e nêutrons. Enquanto eles orbitavam um ao redor do outro, a gravidade os forçava cada vez mais a se aproximar, até que colidiram e se fundiram.

Depois que o Sol nasceu, ainda restavam muitos ingredientes cósmicos nessa nuvem de gás. Ela forneceu matéria suficiente para formar vários planetas, centenas de milhares de rochas espaciais conhecidas como asteroides e bilhões de cometas. Mesmo assim sobraram coisas, e esse lixo errante se chocou contra os outros objetos cósmicos.

Essas colisões foram tão enérgicas que derreteram a superfície dos planetas rochosos.

À medida que a quantidade de coisas que girava ao redor do Sistema Solar diminuía, ocorriam menos impactos como esse, e a superfície dos planetas começou a esfriar. Esse que chamamos de Terra formou-se em uma espécie de zona habitável, ou zona de Cachinhos Dourados, ao redor

A vista da Terra a 700 quilômetros acima da superfície revela por que a chamamos de planeta azul.



do Sol. Como você se lembra, Cachinhos Dourados não gosta de seu mingau muito quente nem muito frio. Ela quer tudo certinho. Da mesma forma, a Terra se formou à distância certa do Sol. Se ela estivesse muito mais perto, os oceanos teriam evaporado; se estivesse muito mais distante, teriam congelado.

Em qualquer desses casos, a vida como a conhecemos não teria evoluído.

E você não estaria aqui, lendo este livro.



O UNIVERSO TEM, AGORA, MAIS DE 9 BILHÕES DE ANOS.



A água presa nas rochas que compõem nosso jovem e quente planeta foi lançada aos céus. Conforme a Terra esfriou, essa água caiu em forma de chuva, gradualmente criando os oceanos. Dentro desses oceanos, por algum método que ainda não descobrimos, moléculas simples se juntaram e se transformam em vida.

Os humanos são criaturas aeróbias. Precisamos de ar rico em oxigênio. Os seres dominantes nesses oceanos primitivos eram bactérias anaeróbias simples – formas de vida microscópicas que não precisam de oxigênio para sobreviver. Felizmente, essas bactérias anaeróbias liberavam oxigênio, enchendo o ar de coisas de que nós, humanos, acabaríamos precisando para prosperar. Essa nova atmos-

fera rica em oxigênio permitiu que surgissem formas de vida cada vez mais complexas.

Mas a vida é frágil. Ocasionalmente, grandes cometas e asteroides colidiram com nosso planeta e fizeram enorme estrago.

Sessenta e cinco milhões de anos atrás, um asteroide de 10 trilhões de toneladas atingiu o que hoje é a Península de Yucatán, no México. Essa rocha espacial abriu um buraco na superfície de quase 180 quilômetros de largura e 20 de profundidade. O impacto, a poeira e os destroços que ele lançou na atmosfera obliteraram a maior parte da vida na Terra, incluindo todos os famosos grandes dinossauros.

Extinção. O fim absoluto da existência de uma criatura ou forma de vida.

Essa catástrofe permitiu que nossos ancestrais mamíferos prosperassem, em vez de continuarem a servir de lanche para os T-Rex. Um ramo desses mamíferos, que tinham cérebro grande e que chamamos de primatas, desenvolveu uma espécie (*Homo sapiens*) com inteligência suficiente para inventar métodos e ferramentas de ciência – e para descobrir a origem e a evolução do Universo.

Ou seja, nós.



O que aconteceu antes do início?

Os astrofísicos não têm nem ideia. Ou melhor, nossas respostas mais criativas a essa pergunta têm pouco ou nenhum fundamento na ciência experimental. Em outras palavras, não podemos prová-las. Para responder a isso, há pessoas insistindo na ideia de que *alguma coisa* deve ter

dado início a tudo: uma força maior que todas as outras, uma fonte da qual tudo brota. Na mente dessas pessoas, esse algo é, claro, Deus.

Mas e se o Universo sempre esteve ali, em um estado que ainda precisamos identificar – um multiverso, por exemplo, que cria continuamente novos universos?

Ou, e se o Universo simplesmente surgiu do nada?

Ou, e se tudo o que conhecemos e amamos fosse só um jogo de computador criado por uma espécie superinteligente de alienígenas?

Essas perguntas, em geral, não satisfazem ninguém. No entanto, elas nos lembram de que a ignorância – não saber – é o estado natural da mente de um pesquisador científico. Jovens inteligentes muitas vezes odeiam dizer as palavras “eu não sei”, mas o tempo todo os cientistas têm que admitir o que não sabem. Pessoas que acreditam que sabem tudo não procuram, nem encontram, a fronteira entre o que é conhecido e o que é desconhecido no Universo.

É aonde espero levá-lo nos próximos capítulos.

O que sabemos com certeza é que o Universo teve um começo.

Sabemos que o Universo continua mudando e evoluindo.

E sabemos que cada átomo de seu corpo pode ser rastreado até o Big Bang e os fornos das estrelas gigantes que lançaram suas entranhas pelas galáxias há mais de 5 bilhões de anos.

Somos poeira estelar que ganhou vida.

O Universo nos deu o poder de descobri-lo – e estamos só começando.