



2ª Edição/2011
A partir de 12 anos
Nº 2

As cores do céu

Presidente da República
Dilma Vana Rousseff

Ministro de Estado da
Ciência, Tecnologia e Inovação
Marco Antonio Raupp

Secretário - Executivo do
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
Luiz Antônio Rodrigues Elias

Subsecretário de Coordenação
das Unidades de Pesquisa
Arquimedes Diógenes Ciloni

Diretor do Observatório Nacional
Sergio Luiz Fontes

Observatório Nacional - MCTI
Rua General José Cristino, 77
CEP: 20921-400 - Bairro São Cristóvão
Rio de Janeiro - RJ Brasil
Fone: (21) 2580 6087
PABX: (21) 3504 9100
FAX: (21) 2580 6041

Criação e Desenvolvimento
Divisão de Atividades Educacionais - DAED

Dr. Antares Kleber (In Memoriam - Idealizador das revistas)
Dr. Carlos Henrique Veiga (Chefe da Divisão de Atividades Educacionais)
Rodrigo Cassaro Resende
Luzia Ferraz Penalva Rite
Sílvia da Cunha Lima
Edilene Ferreira
Felipe Nogueira Carvalho

Revisão Científica (Pesquisadores da Coordenação de Astronomia e Astrofísica)

Dr. Carlos Henrique Veiga
Dr. Dalton de Faria Lopes

Caros Leitores,

Esta série de revistas, desenvolvidas pela Divisão de Atividades Educacionais do Observatório Nacional/MCTI, tem como meta a difusão de informações gerais sobre os temas mais recorrentes de Astronomia e Geofísica. Levar o leitor ao pensamento científico, à imaginação e à criação, atraindo-o a pesquisar os conceitos aqui abordados ou sugeridos, é um dos objetivos desta publicação.

O Observatório Nacional não se responsabiliza pela divulgação dos dados e opiniões expressos nesta publicação, sendo estes de inteira responsabilidade dos autores.

As informações científicas e a nova ortografia foram atualizadas até a data desta edição.

Boa Leitura!
Divisão de Atividades Educacionais (DAED)

Por que o céu é azul?

Fenômenos e curiosidades que ocorrem na atmosfera terrestre.

Olhamos para o céu, em um dia sem nuvens, e percebemos uma intensa cor azul.

Por que azul?

Em certos momentos, vemos um entardecer e agora a cor é diferente. O azul é substituído por tons vermelhos e alaranjados.

Por que a mudança?

O que faz o céu possuir essas duas cores em momentos distintos do dia? Aliás, por que essas cores e não outras? O céu poderia ser verde ou amarelo...

Por que não é?

As cores que vemos no céu, intrigaram os cientistas e muitas teorias foram feitas, tentando explicá-las. Até que, finalmente, com o desenvolvimento da ciência, foi possível explicar as cores do céu, com base nos novos conhecimentos adquiridos.

A explicação aceita hoje é correta, justifica o que vemos, mas... (por que sempre tem um “mas” nas histórias?) não é fácil ser simplificada. Na verdade, o porquê das cores que vemos no céu não é um assunto simples, pois envolve muitos conhecimentos especializados, tais como, a fisiologia do olho humano, a nossa percepção às cores, bem como o processo físico que tem o nome de “espalhamento”.

Para justificar as cores do céu, precisamos falar de diversos fenômenos até, finalmente, chegarmos ao que nos propomos. E para começar, precisamos saber o que é a luz.



O que é a luz?

Ao olharmos para as estrelas vemos que elas emitem luz. Essa luz nada mais é do que uma forma de radiação, parte da energia produzida no interior da estrela, que se propaga pelo espaço. Essa propagação, que ocorre no vácuo do espaço, se dá na forma de uma onda, à qual damos o nome de onda eletromagnética.

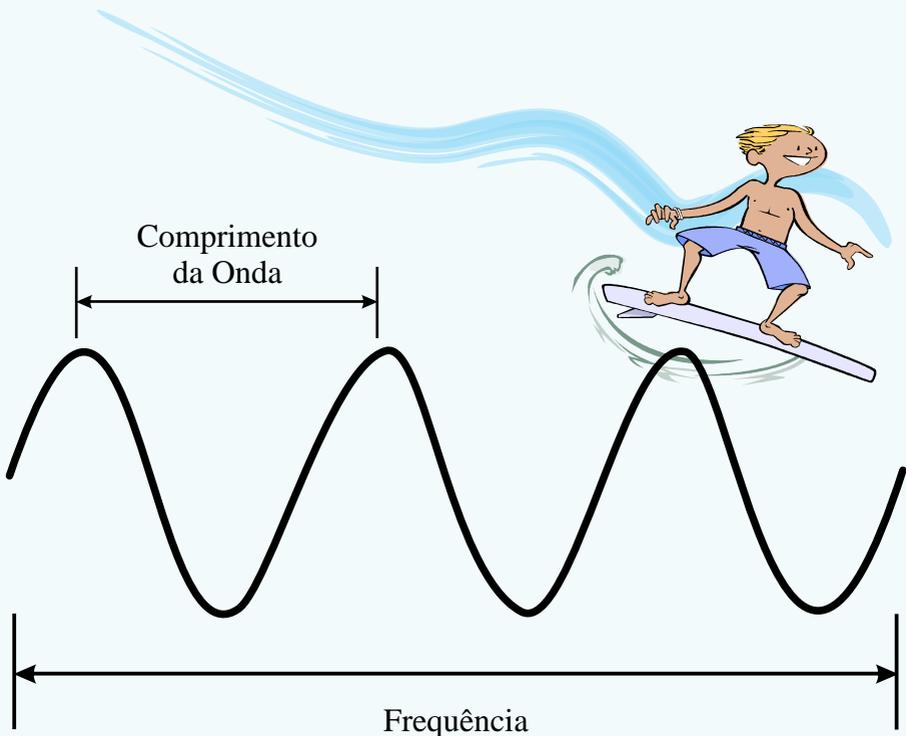
Entendendo o que é comprimento de onda e frequência

Para estudar a radiação emitida pelos corpos celestes, que se apresenta sob a forma de uma onda eletromagnética, precisamos antes definir algumas grandezas básicas do movimento ondulatório.

Caracterizamos uma onda por:

□ Comprimento de onda: que é a distância entre os máximos de uma onda. O comprimento de onda é representado pela letra grega “**lambda**” (λ).

□ Frequência: que é o número de máximos da onda que passam por segundo por um determinado ponto. A frequência é representada pela letra grega “**nu**” (ν).





Número de ondas por segundo

	Símbolo	Unidade de medida
Frequência		Hertz (Hz) = ciclos/segundo
Comprimento de onda		centímetro (cm) ou Ångstroms (Å) = 10^{-8} cm ou nanômetros (nm) = 10^{-9} m = 10^{-7} cm = 10Å

A velocidade de propagação de uma onda eletromagnética é representada pela letra c e corresponde a:

$$c = 2,99792458 \times 10^5 \text{ km/s} \sim 3 \times 10^5 \text{ km/s no vácuo}$$

Se máximos da onda passam por um determinado ponto a cada segundo, todos eles separados por cm, então a velocidade de propagação da radiação eletromagnética é dada por:

$$c =$$

onde:

c - velocidade de propagação da radiação eletromagnética

- frequência

- comprimento de onda

Temos, então, que a frequência e o comprimento de onda se relacionam pelas expressões:

$$= c/ \quad \text{ou} \quad = c/$$

Luz visível, ondas de rádio, microondas, raios X, todas são formas diferentes da radiação eletromagnética. Cada uma delas está definida em certo intervalo de comprimentos de onda e energia.

Ao conjunto de todos os valores possíveis da radiação eletromagnética, damos o nome de "espectro eletromagnético". Assim, o espectro eletromagnético é o intervalo completo das diversas formas de radiação eletromagnética.

Resumidamente, as diversas partes do espectro eletromagnético são:

Região do espectro eletromagnético		comprimento de onda	características
		(valores aproximados)	
raios gama		abaixo de 0,1 Å	é a forma de radiação com a frequência <i>mais alta</i> , o comprimento de onda <i>mais curto</i> , a energia <i>mais alta</i> .
raios X		0,1 Å - 200 Å	
ultravioleta		200 Å -- 4000 Å	
luz visível		4000 Å a 7000 Å	é o único tipo de radiação eletromagnética que os nossos olhos podem perceber.
Região do espectro eletromagnético	infravermelho próximo	7000 Å a 10 microns (1 micrometro ou micron = 1 µm)	
	infravermelho médio	10 microns a 60 microns	
	infravermelho longínquo	60 microns a 300 microns	
ondas de rádio	sub milimétrico	300 microns a 1 milímetro	é a forma de radiação com frequência <i>mais baixa</i> , o comprimento de onda <i>mais longo</i> , e a energia <i>mais baixa</i> .
	rádio milimétrico	1 milímetro a 1 centímetro	
	microondas rádio	1 milímetro a vários centímetros	

Note que a tabela acima, mostra as diversas formas da radiação eletromagnética, em ordem de energia decrescente e comprimento de onda crescente.

É interessante notar que as equações que regem o comportamento da radiação eletromagnética (conhecidas como equações de Maxwell), não estabelecem qualquer limite sobre os possíveis comprimentos de onda.

A energia transportada por uma onda é inversamente proporcional ao seu comprimento de onda. Pela relação existente entre comprimento de onda e frequência, vemos que a energia de uma onda é diretamente proporcional à frequência.

Deste modo:

$$E = h \nu \quad \text{ou} \quad E = hc/\lambda$$

Vemos então que quanto maior for o comprimento de onda, menor será a energia que a onda transporta, sendo assim cada vez mais difícil detectá-la. Equivalentemente, quanto maior for a frequência, maior será a energia transportada pela onda.

Por exemplo:

A rádio do Ministério da Educação (rádio MEC) se anuncia como 98,8 FM. Isto significa que seus transmissores emitem uma frequência = 98,8 megahertz = 98 800 000 ciclos/segundo (do mesmo modo, a onda eletromagnética transmitida pela rádio MEC tem um comprimento de onda de cerca de $\lambda = c/\nu = 30\,000\,000\,000/98\,800\,000 = 303,64$ centímetros).

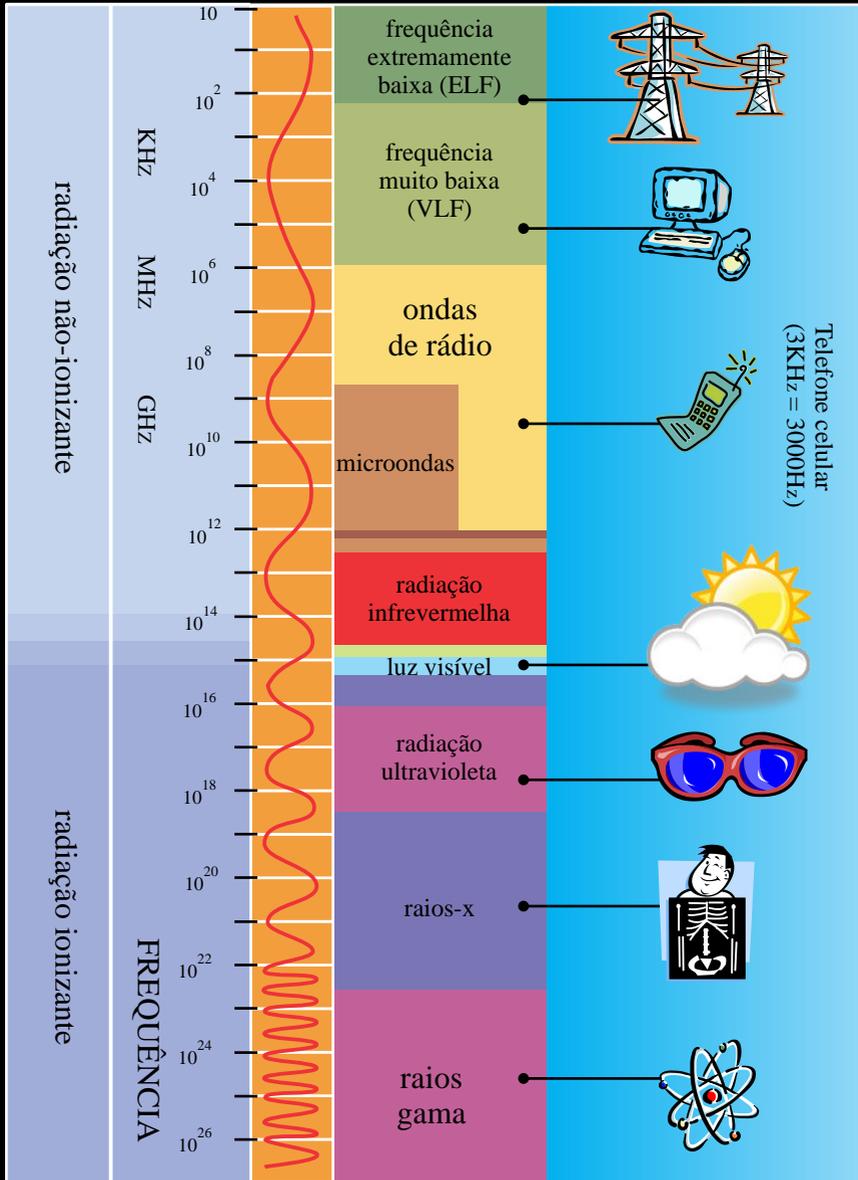
A energia desta onda rádio é obtida fazendo-se:

$$E = h \nu = 6,625 \times 10^{-27} \times 98\,800\,000 = 6,5 \times 10^{-19} \text{ ergs.}$$

Considerando que um erg é aproximadamente a energia que uma mosca gasta ao decolar de uma parede, percebe-se que as ondas rádio não transportam muita energia. Os corpos celestes emitem radiação eletromagnética, de todos os comprimentos de onda, ao mesmo tempo. No entanto, nossos olhos só conseguem perceber a parte do espectro que é chamada de luz visível. Essa é a parte do espectro eletromagnético que nos interessa no momento.



O Espectro Eletromagnético

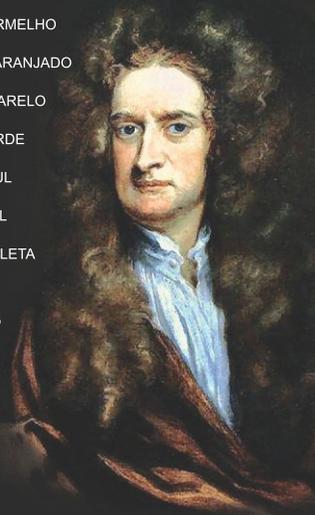


Decompondo a luz em suas várias cores

A luz branca que vemos, como por exemplo, aquela emitida pelo Sol, na verdade é uma mistura de várias cores. Isso foi demonstrado pelo cientista inglês, Isaac Newton, que usou um prisma para separar as diferentes cores que formam a luz branca. A esse conjunto de cores dá-se o nome de espectro.



As cores que formam a luz branca se distinguem pelos seus diferentes comprimentos de onda. A parte visível do espectro, como já vimos, varia do violeta, com um comprimento de onda de cerca de 380 nm (nanômetro (nm) = 10^{-9} m = 10^{-7} cm = 10Å) até a cor vermelha, com um comprimento de onda de cerca de 720 nm. Entre essas cores, ou seja, entre esses comprimentos de onda temos o índigo, azul, verde, amarelo e o laranja.



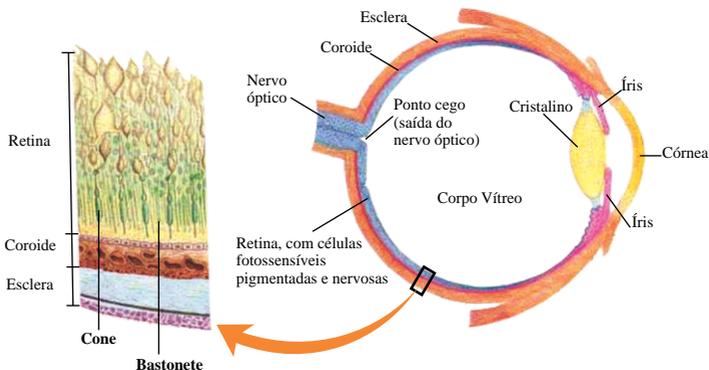
Essa é a origem do arco-íris: a luz branca passa através de gotículas de água em suspensão na atmosfera, e é decomposta nos vários comprimentos de onda (cada um deles correspondendo a uma cor) que a forma. Podemos dizer que a luz branca que vemos é uma mistura de todas as cores presentes em um arco-íris.

Como vemos?



Como é a visão?

O olho humano é mostrado abaixo. Na verdade, não é apenas o olho o responsável pela visão, mas sim o conjunto olho-cérebro.

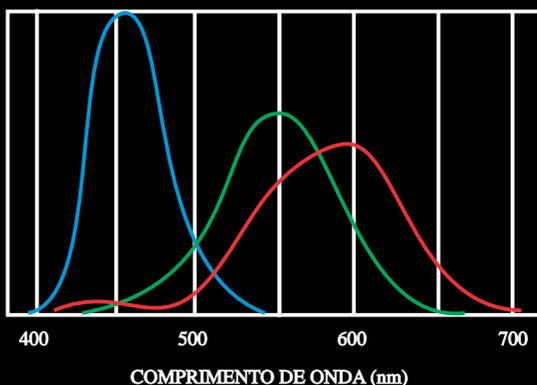


Existem três diferentes tipos de receptores de cores, chamados “cones”, na retina do olho humano. Eles respondem mais fortemente, aos comprimentos de onda do vermelho, azul e verde.

Como

À medida que esses cones são estimulados, em proporções diferentes, nosso sistema de visão constrói as cores que vemos.

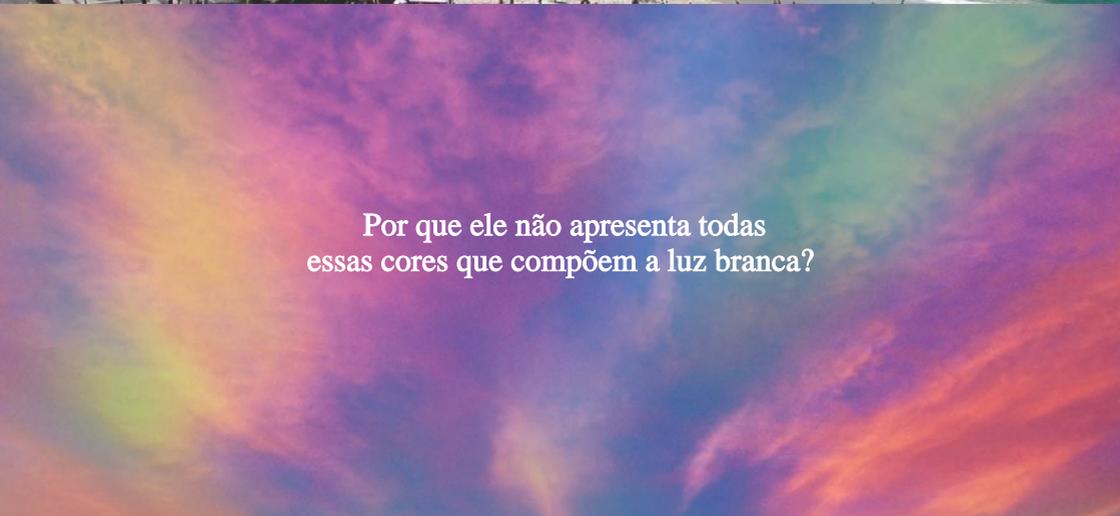
É dessa forma que conseguimos a visão colorida.



Mas, se a luz visível é composta por todas essas cores, de diferentes comprimentos de onda, por que o céu é azul?



Por que ele não apresenta todas essas cores que compõem a luz branca?



O que faz a cor azul ser tão especial?



Explicando a cor do céu

A primeira tentativa de explicar corretamente a cor do céu foi feita pelo físico inglês, John Tyndall, em 1859.

Ele descobriu que quando um feixe de luz passava através de um fluido claro, contendo pequenas partículas em suspensão, os comprimentos de onda, da cor azul, eram espalhados mais fortemente do que os comprimentos de onda da cor vermelha. Lembre-se que a cor azul tem um comprimento de onda mais curto do que a cor vermelha.

Isso pode ser facilmente verificado em uma experiência caseira:

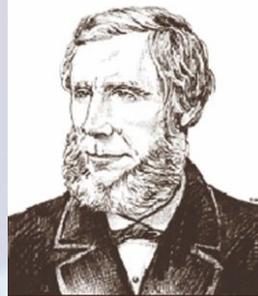
Ligue uma lanterna de luz branca e faça o feixe de luz atravessar um tanque de água, com um pouco de leite ou sabão misturado nela. Se você olhar de lado, o feixe luminoso pode ser visto pela luz azul que ele espalha, mas se você olhar a partir da extremidade final do tanque de água, a cor da luz visível, que atravessou todo o tanque de água, será avermelhada.

Alguns anos mais tarde outro físico inglês, Rayleigh, estudou o espalhamento da luz com mais detalhes.

Ele mostrou que a quantidade de luz espalhada é inversamente proporcional à quarta potência do comprimento de onda, se as partículas em suspensão no fluido (líquido ou gás) são suficientemente pequenas. A esse tipo de espalhamento os físicos dão o nome de espalhamento Rayleigh.

Vejamos então, com mais detalhes, como o espalhamento Rayleigh funciona na atmosfera da Terra. Segundo Rayleigh a luz emitida pelo Sol, ao atingir a nossa atmosfera, seria espalhada pelas pequenas partículas que se encontram em suspensão nela.

Como esse espalhamento é inversamente proporcional à quarta potência do comprimento de onda da luz incidente e as várias cores do espectro visível se caracterizam por possuírem comprimentos de onda diferentes, é claro que essas cores não serão espalhadas com a mesma intensidade.



John Tyndall



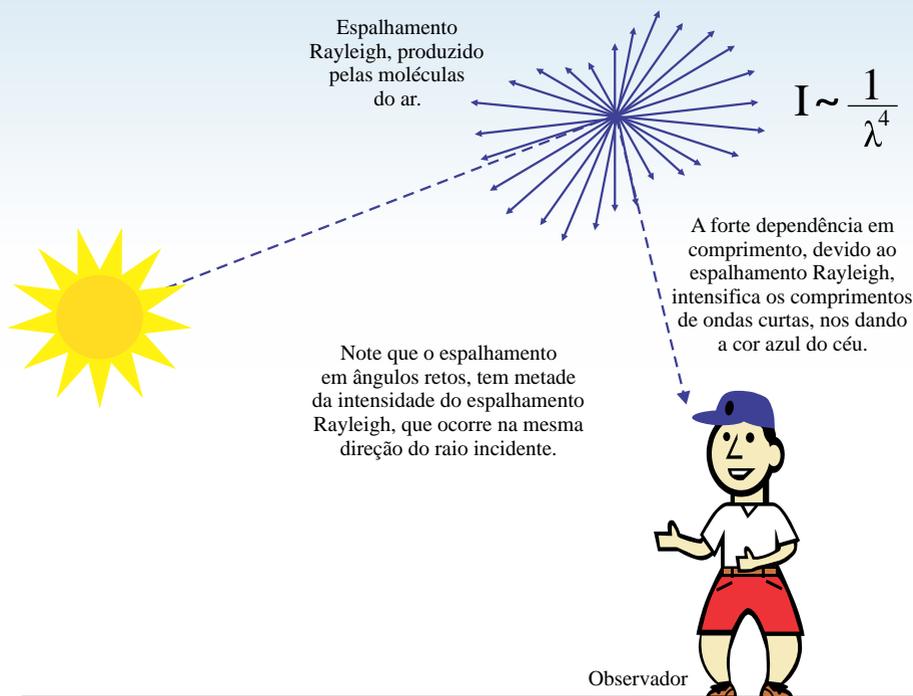
Lord Rayleigh



É fácil ver como isso ocorre



O espalhamento Rayleigh depende do ângulo, sob o qual o observador está olhando o céu. Por exemplo, o espalhamento Rayleigh visto em ângulos retos, em relação à luz incidente sobre a partícula que está provocando o espalhamento, tem apenas metade da intensidade da luz espalhada “para frente”, ou seja, na mesma direção que o raio incidente.



Da expressão obtida por Rayleigh concluímos que a luz azul (400 nm) é mais espalhada do que a luz vermelha (700 nm) por um fator dado por:

$$(700/400)^4 = 9,3789 (\sim 9,4)$$

A explicação dada por

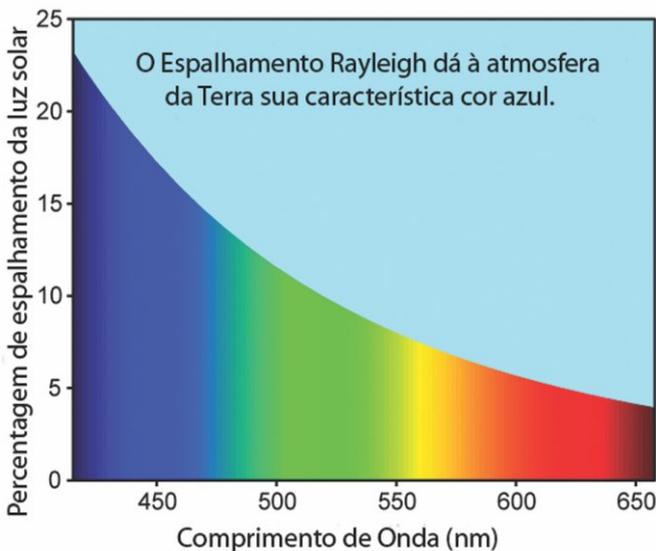
Rayleigh

Tanto Tyndall como Rayleigh pensavam que a cor azul do céu terrestre era devido ao espalhamento, sofrido pela luz solar, ao incidir sobre pequenas partículas de poeira ou gotículas de vapor d'água, existentes na nossa atmosfera. Ainda hoje, muitas pessoas repetem essa explicação que não é correta.

estava correta?

Os cientistas notaram que se essa explicação (da cor azul do céu) fosse correta, deveria haver uma grande variação na cor do céu, dependendo das condições climáticas. Note que ao longo do ano, e mesmo durante um dia, as condições de umidade (maior ou menor presença de vapor d'água na atmosfera), assim como a formação de nevoeiros, fariam a cor do céu mudar muito mais, do que observamos na realidade. Os cientistas supuseram então, corretamente, que as moléculas de oxigênio e de nitrogênio, presentes na composição da nossa atmosfera, seriam suficientes para explicar o espalhamento sofrido pela luz solar incidente nela.

Note bem, a explicação de Tyndall e Raleigh estava correta em atribuir a cor do céu a um problema de espalhamento da luz, mas estava errada, ao dizer que esse espalhamento era produzido por poeira e gotículas de água. Na verdade, esse espalhamento é produzido pelas moléculas existentes na atmosfera.



Em um dia claro e sem nuvens, o céu aparece na cor azul porque moléculas que compõem a atmosfera terrestre, espalham mais o comprimento de onda correspondente ao azul do que o comprimento de onda correspondente ao vermelho, entre os vários comprimentos de onda que formam a luz solar, incidente sobre nosso planeta. Essa questão só foi entendida matematicamente, em 1911, quando o físico alemão Albert Einstein deduziu, detalhadamente, a equação que nos dá o espalhamento da luz produzido por moléculas. Logo se verificou que essa expressão estava de acordo com os resultados experimentais e o assunto passou a ser considerado bem entendido.

O espalhamento Mie

Não é somente o espalhamento Rayleigh o responsável pelas cores que, eventualmente, vemos no céu. Existe outro tipo de espalhamento, chamado espalhamento Mie, que também provoca mudanças de cores na nossa atmosfera.

Para ocorrer o espalhamento Rayleigh a luz deve incidir sobre moléculas e partículas muito pequenas, com menos de $1/10$ do comprimento de onda da radiação incidente. Só que também existem, em suspensão na atmosfera, partículas maiores que esse limite.

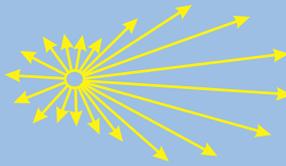
*O que ocorre
quando a luz incide sobre
uma partícula que tem
tamanho superior a $1/10$
de seu comprimento de onda?*

Quando uma luz de determinado comprimento de onda é espalhada por partículas, que possuem tamanho maior do que esse comprimento de onda, ocorre um tipo de espalhamento que possui uma configuração diferente do espalhamento Rayleigh. Esse é o espalhamento Mie, que produz uma configuração semelhante ao lobo de uma antena, dirigido na mesma direção da onda incidente e tão mais intenso e mais definido, quanto maior for o tamanho da partícula espalhadora.

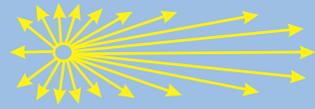


Direção da luz incidente
→

Espalhamento Mie



Eapalhamento Mie
(se as partículas são maiores)



O espalhamento Mie não depende fortemente do comprimento de onda e produz o clarão, quase branco, que vemos em torno do Sol quando uma grande quantidade de partículas está presente no ar.

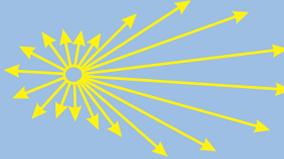
É o espalhamento Mie que também nos dá a luz branca proveniente da neblina.

Comparando os dois tipos de espalhamento:

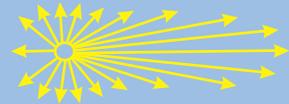
Espalhamento Rayleigh



Espalhamento Mie

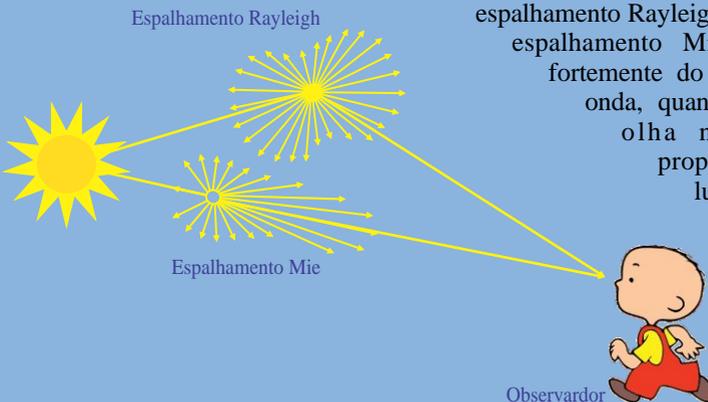


Eapalhamento Mie
(para partículas cada vez maiores)

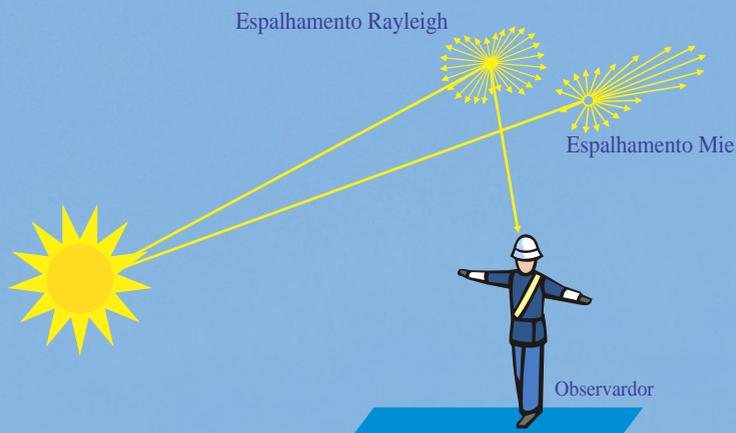


→ Direção da luz incidente

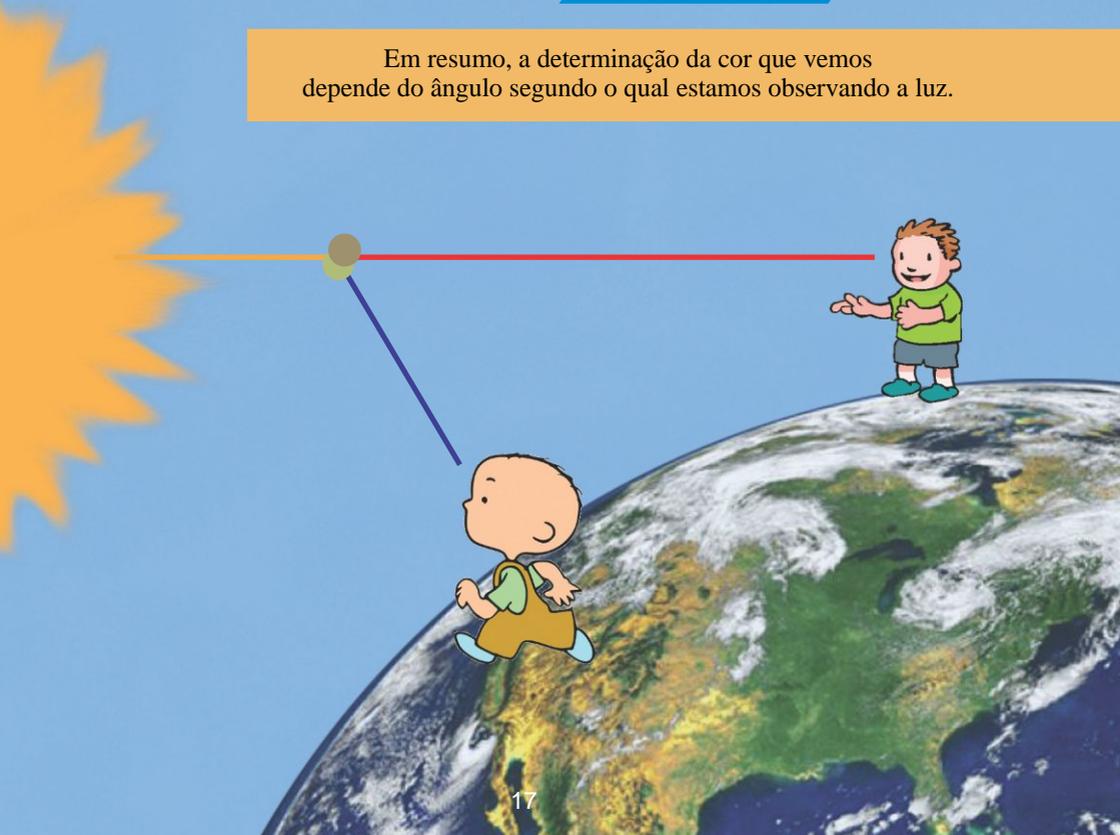
Vejamos a situação mostrada no desenho. Um observador está registrando esses dois tipos de espalhamentos, só que em baixas altitudes. Ele, praticamente, está olhando na direção do raio luminoso incidente. Se houver uma grande quantidade de partículas em suspensão na atmosfera, o lobo maior do espalhamento Mie, que sempre está dirigido para frente, é dominante em relação ao espalhamento Rayleigh. Uma vez que o espalhamento Mie não depende fortemente do comprimento de onda, quando o observador olha na direção de propagação do raio luminoso ele verá um brilho branco em torno do Sol.



Vejamos agora outra situação. Se o observador está registrando os resultados de espalhamentos, que ocorrem em médias ou grandes altitudes (por exemplo, quase acima de sua cabeça), o espalhamento Rayleigh é dominante, uma vez que a intensidade dominante do espalhamento Mie está sendo projetada para frente, em uma direção que não é alcançada pelo observador. Uma vez que o espalhamento Rayleigh favorece fortemente (espalha mais) os comprimentos de onda mais curtos, vemos o céu com a cor azul.



Em resumo, a determinação da cor que vemos depende do ângulo segundo o qual estamos observando a luz.





Como os nossos olhos percebem esses espalhamentos?

Além de toda a física apresentada até agora, a cor do céu também depende da fisiologia da visão, de como registramos as cores. Vimos anteriormente que existem nos nossos olhos os chamados “cones”, receptores de cores que nos permitem distingui-las. Quando olhamos para o céu, os cones vermelhos respondem à pequena quantidade de luz vermelha espalhada, mas menos fortemente, aos comprimentos de onda laranja e amarelo.

Os cones verdes respondem ao comprimento de onda amarelo e aos comprimentos de onda verde e verde-azulado, ainda mais fortemente espalhados.

Os cones azuis são estimulados por cores próximas aos comprimentos de onda do azul, os quais são muito fortemente espalhados.

Se não houvesse os comprimentos de onda das cores violeta e índigo no espectro eletromagnético, o céu mostraria uma cor azul com um ligeiro tingimento de verde. Entretanto, os comprimentos de onda violeta e índigo, que são os mais fortemente espalhados, estimulam os cones vermelhos, ligeiramente, assim como os azuis, motivo pelo qual essas cores aparecem azul, com um traço de vermelho adicionado.

O efeito resultante é que os cones vermelhos e verdes são estimulados, de modo praticamente igual pela luz proveniente do céu, enquanto que os cones azuis são estimulados mais fortemente. Essa combinação explica a cor azul pálida do céu.

Fica entretanto uma dúvida.

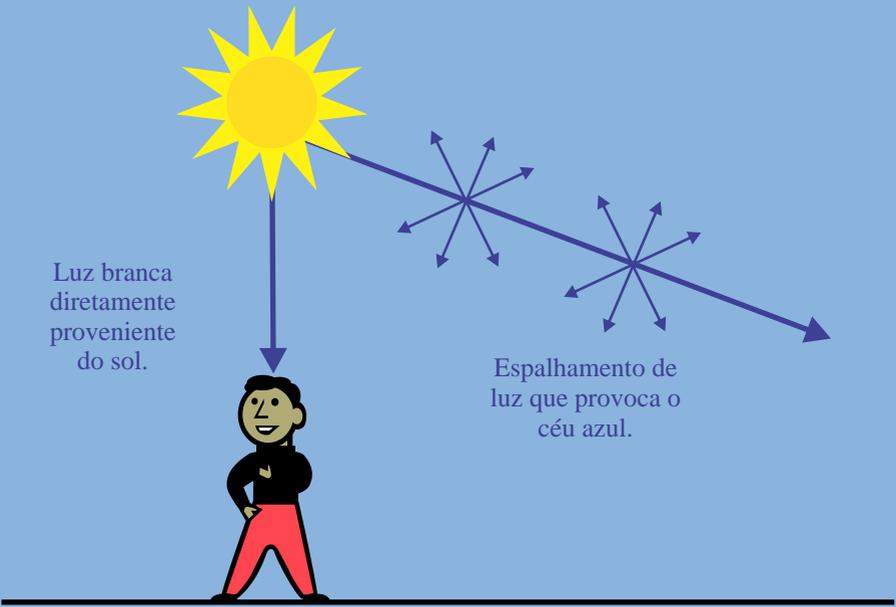
Se os comprimentos de onda mais curtos são espalhados mais fortemente, então o céu deveria ter a cor violeta, pois essa é a cor com o comprimento de onda mais curto, entre todas as cores visíveis.

O espectro da luz, emitida pelo Sol, não é constante em todos os comprimentos de onda e, além disso, é absorvido pela alta atmosfera de modo que quando a luz chega à base da atmosfera terrestre, há menos violeta na sua composição.

Nossos olhos também são menos sensíveis ao violeta.

Essa é uma parte da resposta, pois o arco-íris mostra que ainda permanece uma quantidade significativa de luz visível, com as cores violeta e índigo, situadas antes do azul (se percorremos o espectro a partir dos menores comprimentos de onda).

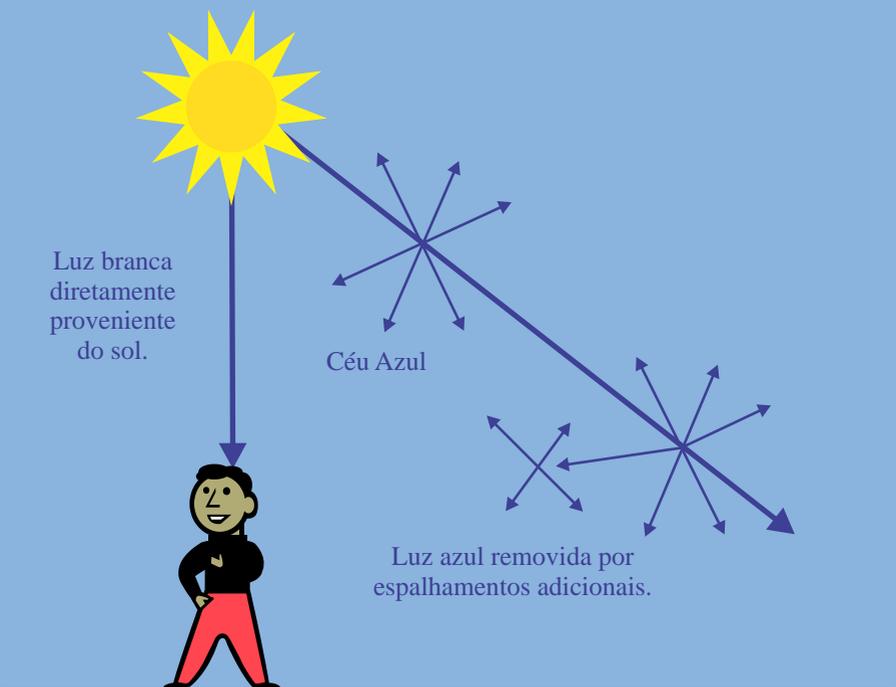
A complementação da resposta a essa dúvida, está na maneira como a nossa visão funciona e já foi mostrada anteriormente.



Luz branca
diretamente
proveniente
do sol.

The diagram shows a yellow sun at the top left. A thick blue arrow points vertically down from the sun to a cartoon man standing on a black horizontal ground line. To the right, another thick blue arrow points diagonally down from the sun. At two points along this diagonal arrow, there are starburst patterns of smaller blue arrows pointing outwards in various directions, representing the scattering of light.

Espalhamento de
luz que provoca o
céu azul.



Luz branca
diretamente
proveniente
do sol.

The diagram is similar to the one above, but with an additional starburst pattern of smaller blue arrows further down the diagonal path from the sun. The cartoon man is still present on the ground line.

Céu Azul

Luz azul removida por
espalhamentos adicionais.



Por que o céu é vermelho ao entardecer?

Qual a origem de
tanta beleza?

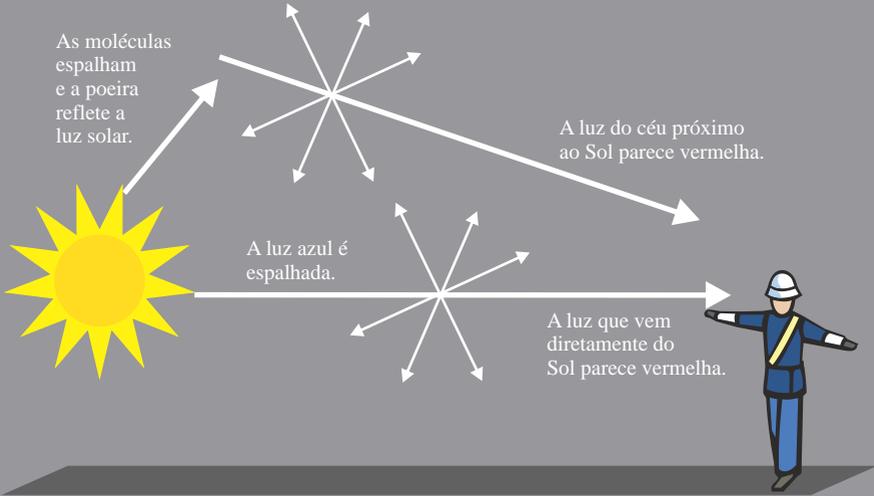
Ninguém fica insensível à beleza de um nascer ou pôr-do-Sol. É aquele momento em que o céu se mostra tingido por uma belíssima coloração, em geral avermelhada, como se houvesse um grande incêndio no horizonte e o céu estivesse refletindo a cor do fogo. A imagem acima mostra o nascer do Sol na direção do morro do Pão de Açúcar, no Rio de Janeiro, um céu tingido com as cores rosa e azul.

O espalhamento também é o responsável pela cor do Sol quando ele se põe. Quando está se pondo, a luz proveniente do Sol está sendo recebida, pelo observador, segundo um ângulo rasante. Isso faz com que essa luz tenha que atravessar uma camada bem mais espessa de ar. Desse modo a depleção é particularmente pronunciada e o Sol aparece nas cores amarelo, laranja e até mesmo vermelho, em vez da sua cor branca intensa e cegante usual.

Quando olhamos na direção do Sol quando ele está se pondo no horizonte vemos as cores vermelho e laranja porque o comprimento de onda azul da luz emitida por ele está sendo espalhado em direções diferentes daquela da nossa linha de visada.

O nascer ou o pôr-do-Sol sobre o mar pode também ter a cor alaranjada devido à presença de partículas de sal no ar, que são eficazes espalhadores Rayleigh. O céu em torno do Sol é visto avermelhado assim como a luz que vem diretamente do Sol. Isso ocorre porque toda a luz é espalhada relativamente através de pequenos ângulos. Mas a luz azul provavelmente é espalhada duas vezes ou mais, ao longo dessa grande distância, deixando as cores amarelo, vermelho e alaranjado.

Em resumo...



Outras importantes “cores” do céu

E quando o céu está nublado? Por que sua cor é branca?

Quando o céu está coberto por nuvens, não há luz solar direta para um observador na superfície do nosso planeta. Toda a luz que ele recebe é radiação difusa. O fluxo de luz, que o observador recebe, não depende muito do comprimento de onda, uma vez que as gotinhas que formam as nuvens são bem maiores que o comprimento de onda da luz incidente. Isso faz com que todas as cores sejam espalhadas de uma maneira, aproximadamente, igual. A luz passa através das nuvens translúcidas do mesmo modo como ela atravessa uma janela, com vidro fosco ou coberto por uma geada. A intensidade da luz que passa varia muito: ela vai de, aproximadamente, $1/6$ da luz solar direta para o caso de nuvens relativamente finas e diminui, cada vez mais, até chegar a $1/1000$ da luz solar direta, quando atravessa nuvens de tempestade extremamente espessas.



Essa é a mesma explicação da cor branca de uma neblina. Assim, as nuvens e a neblina de poeira aparecem na cor branca, porque elas consistem de partículas maiores que o comprimento de onda da luz e, portanto, espalham todos os comprimentos de onda, igualmente (espalhamento Mie).



Algumas vezes, pode haver em suspensão no ar outras partículas, muito menores, e isso provoca o aparecimento de outras cores no céu.

Algumas regiões montanhosas do mundo são famosas por apresentarem neblinas azuis. Uma das mais conhecidas é a região montanhosa de Les Vosges, na França.



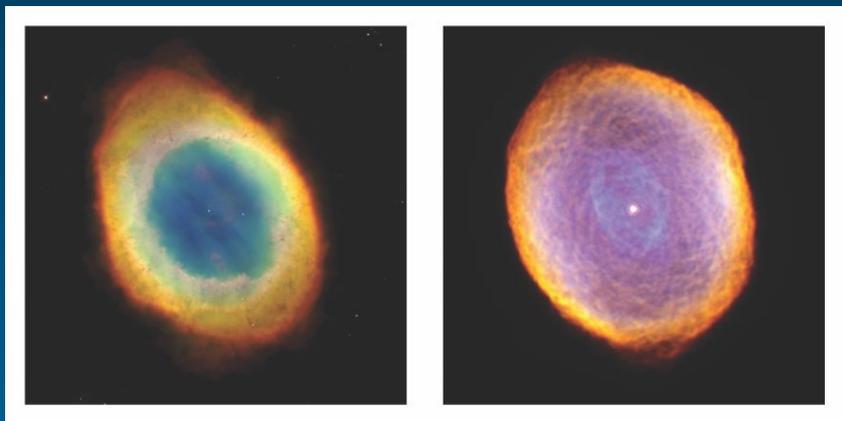
Isso ocorre quando aerossóis de terreno, proveniente da vegetação, reagem com o ozônio, presente na atmosfera, formando pequenas partículas com cerca de 200 nm de diâmetro e, são essas partículas que espalham a luz azul.

Também pode acontecer que o incêndio em uma floresta ou uma erupção vulcânica possa, ocasionalmente, encher a atmosfera com partículas finas, com 500 a 800 nm de diâmetro, o tamanho correto para espalhar a luz vermelha. Isso provoca um efeito oposto ao espalhamento Rayleigh e pode fazer a Lua ter uma coloração azul, uma vez que a luz vermelha foi espalhada.



Por que o céu é escuro no espaço se existem tantas estrelas?

Aqueles que já viram imagens obtidas pelos astronautas em seus voos espaciais notam logo que o céu nunca tem as cores azul ou vermelha tão comuns na Terra. O céu se mostra de uma impenetrável cor negra. O mesmo ocorre com as fotografias astronômicas: sempre os objetos celestes estão imersos em um fundo negro. Veja essas imagens de nebulosas planetárias. Note como elas estão imersas em um fundo totalmente escuro!



Se a radiação emitida pelo Sol (assim como por todas as outras estrelas) atravessa o espaço, por que ele não é claro?

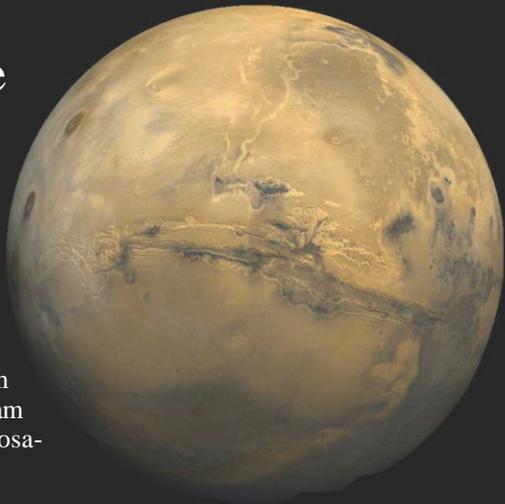
Essa interessante pergunta agora pode ser respondida, uma vez que já sabemos que a cor do nosso céu depende de processos de espalhamento da luz solar, por moléculas que compõem nossa atmosfera. Ocorre que no espaço não existem essas moléculas! Não há luz espalhada! Por não haver espalhamento da luz, proveniente do Sol, o espaço que nos envolve é escuro, quase negro. No entanto, quando o astronauta olha diretamente para o Sol, ele o vê com uma intensa cor branca.



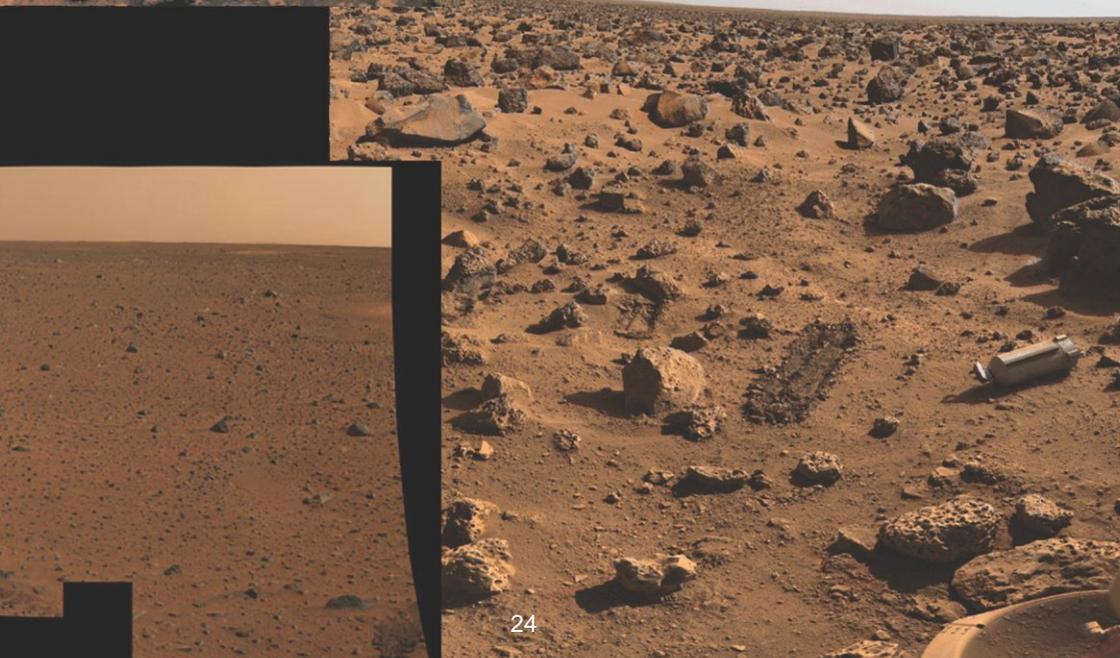
Em resumo: se o astronauta olha diretamente para o Sol, ele vê uma cor branca intensa, mas se olha para qualquer outra direção do céu a cor vista é negra, uma vez que a luz solar não está sendo espalhada (não existe atmosfera no espaço).

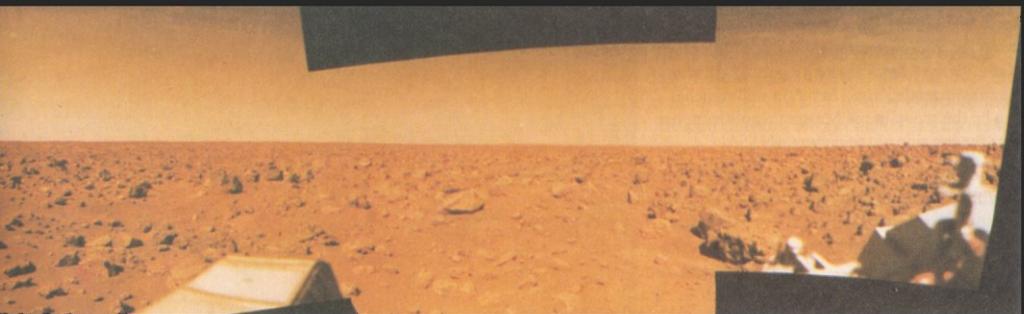
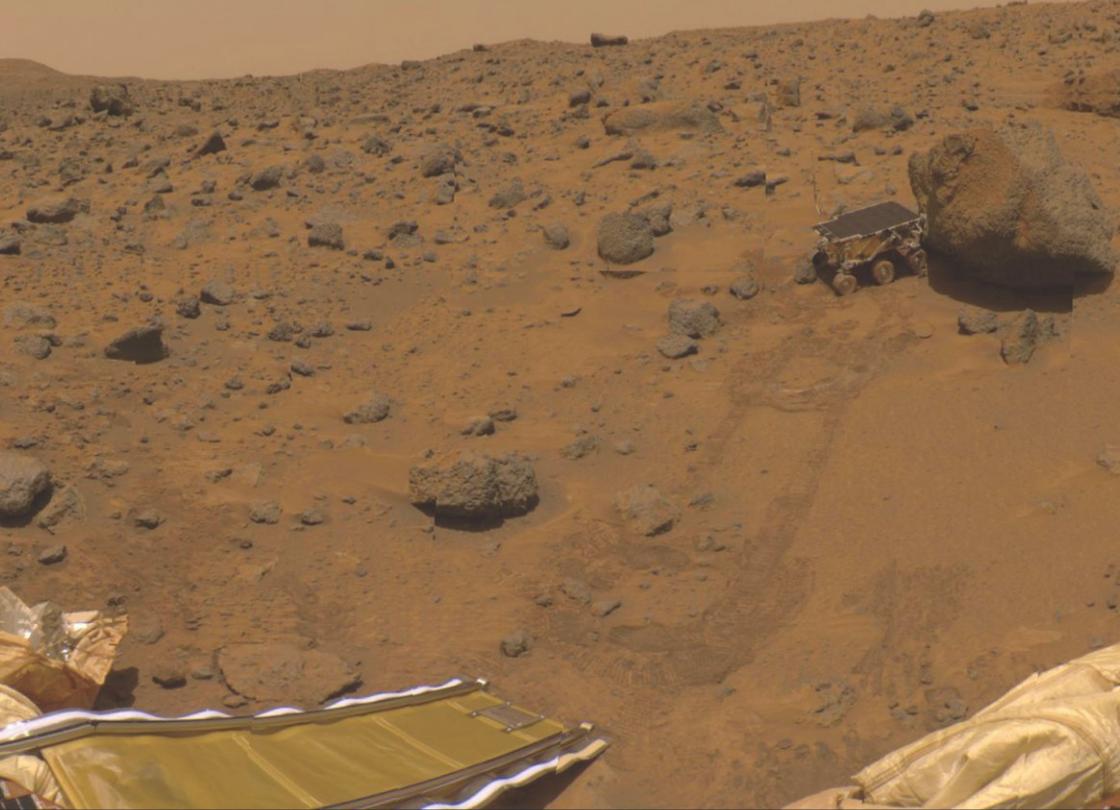
Existem “céus” de outra cor em outros planetas?

As imagens coloridas do céu marciano, obtidas pela sonda espacial Mars Pathfinder, mostraram que em Marte o céu não é azul. Em vez disso, ele tem cores que foram descritas como variando do “rosa-alaranjado” até o “cinza”.



Isso foi confirmado pelos módulos de pouso das sondas espaciais, norte-americanas, Viking nos anos de 1970 e pelos “rovers” (pequenos carrinhos) norte-americanos Spirit e Opportunity em 2004.





A razão dessa cor é o fato de que a atmosfera marciana é muito rarefeita e empoeirada. O espalhamento de luz atmosférica é dominado não pelas moléculas de gás (no caso de Marte a maior parte delas é dióxido de carbono), mas por partículas de poeira que estão em suspensão.

Essas partículas são maiores do que os comprimentos de onda da luz visível e elas são avermelhadas, pelo óxido de ferro, como o solo marciano. Não é apenas espalhamento Rayleigh, de modo que o espectro de potência é diferente.

Isso explica por que

a Terra é azul

quando vista do espaço?

O primeiro ser humano a ir ao espaço foi o russo Yuri Gagarin. Isso aconteceu no dia 12 de abril de 1961. Gagarin permaneceu 1 hora e 48 minutos circulando em torno da Terra a bordo de uma pequena cápsula chamada Vostok 1, a uma altitude de máxima de 327,7 quilômetros.

Olhando a Terra a partir do espaço Gagarin disse uma frase que ficou célebre:

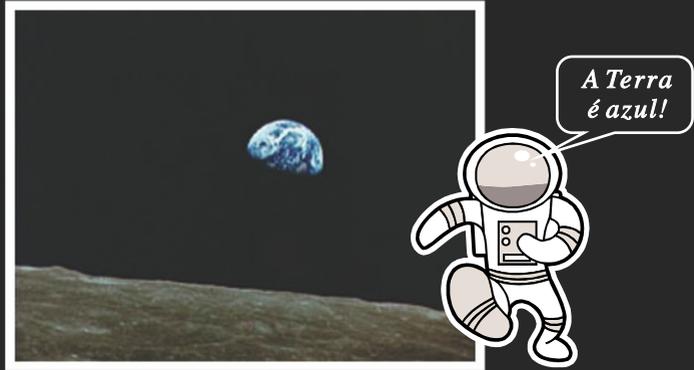
“A Terra é azul”

*Era a primeira vez que alguém
via a cor do nosso
planeta a partir do espaço sideral.*



Isso foi confirmado por outros astronautas ao realizarem suas missões. Até mesmo visto da Lua nosso planeta mostra uma belíssima cor azul. A imagem abaixo foi obtida pelos astronautas, norte-americanos, da missão Apollo 8.

As manchas brancas que aqui vemos sobre a cor azul, são nuvens presentes na nossa atmosfera.



Poderíamos dizer que essa afirmação, “a Terra é azul”, era óbvia e nem precisamos ir ao espaço para saber que a Terra é azul. Afinal, todos os dias ao acordarmos vemos um céu fortemente azul, acima de nós.

*É claro que no espaço veríamos a mesma cor, certo?
Não, essa conclusão está errada!*

Vista do espaço nosso planeta apresenta a cor azul, mas a origem dessa cor é bem diferente da cor azul, que registramos na superfície do nosso planeta. O efeito dominante que faz com que, do espaço, vejamos nosso planeta azul é a maior absorção de longos comprimentos de onda pelos oceanos terrestres. São os oceanos terrestres (71% da superfície da Terra é coberta por superfícies líquidas) que dão a ela a cor azul, que é vista por quem está no espaço.





COPYRIGHT

Créditos da imagens utilizadas nesta publicação:

Capa e página 20:

Luzia Ferraz Penalva Rite

Todas as demais imagens usadas nesta publicação são propriedade de alguma organização e/ou instituição científica. Agradecemos a todas elas, abaixo relacionadas:

National Aeronautics and Space Administration (NASA) (Estados Unidos)
European Space Agency (ESA) (Comunidade Européia)
European Southern Observatory (ESO) (Comunidade Européia)
National Science Foundation (NSF) (Estados Unidos)
Association of Universities for Research in Astronomy (AURA) (Estados Unidos)
Jet Propulsion Laboratory (JPL) (Estados Unidos)
National Optical Astronomy Observatory (NOAO) (Estados Unidos)
Space Telescope Science Institute (STScI) (Estados Unidos)
Sloan Digital Sky Survey (SDSS) (Estados Unidos)
Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) (NASA – ESA) (Estados Unidos – Comunidade Européia)
Hubble Space Telescope (NASA – ESA) (Estados Unidos – Comunidade Européia)
United States Geological Survey (USGS) (Estados Unidos)
Cerro Tololo Interamerican Observatory (CTIO) (Estados Unidos)
Two Micron All-Sky Survey (2MASS) (Estados Unidos)
W. M. Keck Observatory (Estados Unidos)
Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) (Alemanha)
Mount Palomar Observatory (Estados Unidos)
Mount Wilson Observatory (Estados Unidos)
Yerkes Observatory (Estados Unidos)
Spitzer Telescope (Estados Unidos)
National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ) (Japão)
Very Large Telescope (VLT) (ESO) (Comunidade Européia)
Museum of the History of Science - University of Oxford (Inglaterra)
Observatório Nacional (Brasil)

Detalhes sobre o copyright de cada uma das imagens apresentadas nesta publicação podem ser obtidos diretamente na DAED por e-mail: daed@on.br

Rua General José Cristino, 77 - Cep:20921-400
Bairro: São Cristóvão, Rio de Janeiro
Tel: (55)(21) 3504-9100
<http://www.on.br>



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

