

# Relatividade Geral

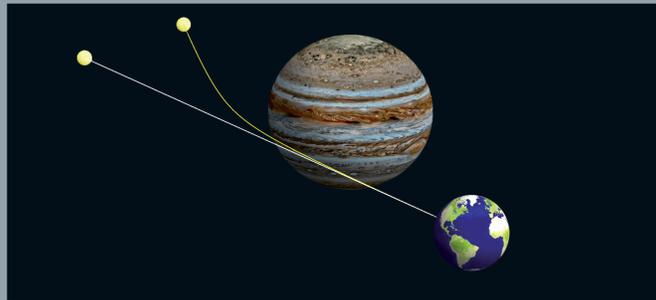


Ilustração do desvio da luz das estrelas devido à presença de planetas. (ICCUB)

## Desvio da luz

De acordo com a Relatividade Geral, a luz sofre desvios quando se propaga em espaço-tempos deformados pela presença de corpos muito massivos, como planetas, estrelas ou galáxias. Este fenómeno origina distorções óticas estranhas.



Órbitas dos satélites GPS (NOAA)

## Aplicações à vida quotidiana

Usamos o sistema GPS para determinar a nossa localização. O seu funcionamento baseia-se na troca de sinais entre um recetor, como o nosso telemóvel, e satélites que orbitam a Terra. A Relatividade Geral prevê que os relógios dos satélites avancem mais rapidamente que os relógios na Terra: ganham 25 nanosegundos a cada minuto. Se não se tomasse este efeito em conta, ao fim de apenas duas horas o nosso navegador GPS estimaria a nossa posição com um erro de 1 quilómetro.



A teoria de Newton explica a gravidade como uma força atrativa entre objetos. Embora esta teoria descreva muito bem o nosso dia-a-dia, ela falha quando a gravidade é muito forte ou quando são envolvidas velocidades próximas das da luz,  $c = 299\,792\,458$  m/s.

A **Relatividade Geral** proporciona uma boa descrição destas situações. Ela combina espaço e tempo numa única entidade chamada espaço-tempo, na qual é impossível viajar mais rápido que a luz.

Matéria, como planetas, estrelas ou galáxias, curvam o espaço-tempo como se mostra na imagem de fundo. Simultaneamente, o espaço-tempo deformado controla como tudo se move nele.

A teoria da **Relatividade Geral**, que celebrou o seu 100º aniversário em 2015, tem sido desde então testada e confirmada por muitas experiências e observações astrofísicas.

Ela até prevê que a gravidade não é sempre atrativa. Por exemplo, energia escura produz uma repulsão que faz com que a expansão do universo se acelere cada vez mais.

Efeito da gravidade no espaço-tempo. (ICCUB, imagem de fundo [NASA; ESA; G. Illingworth, D. Magee e P. Oesch [UC Santa Cruz]; R. Bouwens [Leiden U.], e HUDF09] Team, planetas [CC])

1915

Einstein publica a teoria da Relatividade Geral.

1919

Durante um eclipse solar, Eddington confirma que a luz se desvia tal como previu Einstein.

1959

Pound e Rebka confirmam que a gravidade estica as ondas de luz, tornando-as mais avermelhadas.

1968

Shapiro envia ondas rádio que se refletem em Mercúrio e Vénus. As ondas atrasam-se ao passar perto de objetos muito massivos, de acordo com a Relatividade Geral.

1973

O projeto GPS nasce nos Estados Unidos da América.

1976

A *Gravity Probe A* da NASA confirma que o tempo passa mais devagar onde a gravidade é mais forte.

2011

A *Gravity Probe B* confirma que a rotação da Terra arrasta consigo o espaço-tempo ao seu redor.

