

## Lei da gravitação universal

Mariana de Araújo

de Araújo, M. (2013), Revista de Ciência Elementar, 1(01):0011

A interação gravitacional é uma das interações fundamentais da Natureza, que se traduz pela atração entre as massas. É das interações mais fracas, e não desempenha nenhum papel fundamental na organização da matéria a nível microscópico. Contudo, tem longo alcance e é responsável pela organização do universo e suas estruturas.

A lei da gravitação universal foi enunciada por Isaac Newton (1643-1727) em 1687 na sua obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. Esta lei explicita a forma da força atrativa que existe entre dois corpos devido ao facto de terem massa, mas nada diz sobre a sua origem, que só foi explicada mais tarde pela Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein. Nesta obra Newton também mostrou como as Leis de Kepler são consequência desta lei.

A força gravitacional entre dois corpos pontuais, com massas  $m_1$  e  $m_2$ , é diretamente proporcional ao produto das massas gravitacionais, e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. A força tem a direção da reta que une as massas pontuais.

Matematicamente, a força que o corpo de massa  $m_1$  exerce sobre o corpo de massa  $m_2$  é dada por:

$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{|\vec{r}_{12}|^2} \hat{e}_{12}$$

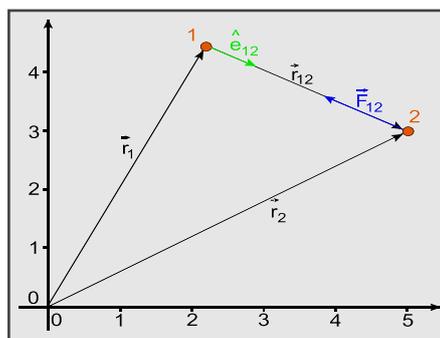


Figura 1

em que  $\vec{r}_{12}$  é o vetor com origem no corpo  $m_1$  e extremidade no corpo  $m_2$ , e  $\hat{e}_{12}$  é um vetor unitário com a direção e sentido de  $\vec{r}_{12}$ , como ilustrado na figura 1.  $G$  é a constante de gravitação universal, que no Sistema Internacional tem o valor  $6.67428(67) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2[1]}$ . A força gravitacional satisfaz a lei do par ação-reação de Newton. Assim, a força que o corpo  $m_2$  exerce sobre o corpo  $m_1$ ,  $\vec{F}_{21}$  é simétrica à força  $\vec{F}_{12}$  e aplicada no corpo  $m_2$ :

$$\vec{F}_{21} = -G \frac{m_2 m_1}{|\vec{r}_{21}|^2} \hat{e}_{21}$$

como indicado na figura 2. Note-se que  $\vec{F}_{12}$  e  $\vec{F}_{21}$ , formando um par ação-reação, estão aplicadas em corpos distintos.

Apesar de ser válida para a maioria dos sistemas gravitacionais observados, há fenómenos que só são explicados utilizando Relatividade Geral. É o caso da precessão da órbita de Mercúrio e da deflexão de raios de luz por efeitos gravitacionais. A Relatividade Geral é mais utilizada quando é requerida uma extrema precisão nos resultados, ou quando os sistemas envolvem corpos muito massivos ou muito densos.

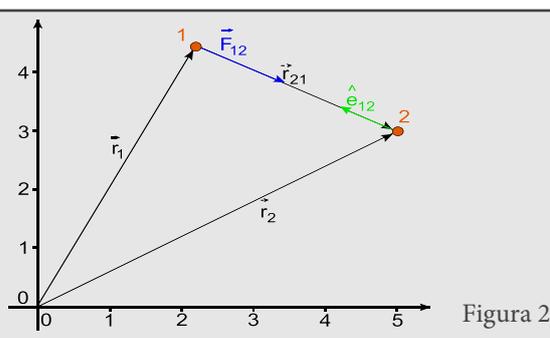


Figura 2

### Referências

1. 2006 CODATA recommended values, <http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?bg>
2. Newton, Isaac, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (“*Mathematical Principles of Natural Philosophy*”), London, 1687.
3. Lorentz, H.A. & Einstein A. & Minkowski, H. (2001), *O Princípio da Relatividade*, 5ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian.

#### **Autor**

Mariana de Araújo  
Licenciatura em Física na Faculdade de  
Ciências da Universidade do Porto

#### **Editor**

Joaquim Agostinho Moreira  
Departamento de Física e Astronomia da  
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

