



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Efeito Lense-Thirring.

Conforme vimos em verbete desta série, em 1915 (*Sitzungsberichte Preussische Akademie der Wissenschaften* 2, pgs. 778; 799), o físico germano-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921) apresentou sua famosa Teoria da Relatividade Geral (TRG), segundo a qual a presença da energia-matéria induz no espaço uma *geometria não-euclidiana* e, desse modo, encurva o espaço que a envolve. Usando essa Teoria, em 1918 (*Physikalische Zeitschrift* 19, p. 156), os físico-matemáticos austríacos Josef Lense (1890-1985) e Hans Thirring (1888-1976) previram, por intermédio de uma "experiência de pensamento", a precessão de um giroscópio fixo no interior de um corpo esférico massivo girante semelhante à Terra. Na linguagem da TRG, a velocidade angular $\vec{\omega}$ dessa precessão é dada por:

$$\vec{\omega} = \frac{6GR^2m}{5c^2} \left(\vec{\Omega} \cdot \frac{\vec{r}}{r^3} - \frac{1}{3} \frac{\vec{\Omega}}{r^3} \right),$$

onde R , m , $\vec{\Omega}$ são, respectivamente, o raio, a massa e a velocidade angular da esfera girante, G é a constante de gravitação Newtoniana, \vec{r} é a posição do giroscópio, e c é a velocidade da luz no vácuo. Quando o giroscópio se encontra no pólo norte ou no equador da esfera, teremos, respectivamente [ver Steven Weinberg, *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity* (John Wiley and Sons, 1972)]:

$$\vec{\omega}_{PN} = \frac{4Gm}{5Rc^2} \vec{\Omega}, \quad \vec{\omega}_{Equador} = -\frac{2GR^2m}{5c^2r^3} \vec{\Omega}.$$

Os resultados acima foram, no início, explicados por intermédio do *princípio de Mach*. Note-se que esse nome foi cunhado por Einstein, em 1918, em virtude da afirmativa feita pelo físico e filósofo austríaco Ernst Mach (1838-1916), em seu famoso livro intitulado *Die Mechanik in Ihrer Entwicklung Historisch-Kritisch Dargestellt*, publicado em 1883 [The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development (The Open Court Publishing Company, 1974)], de que a inércia se origina da interação de uma dada massa com as demais massas do Universo.

Analisando as expressões acima, verifica-se que, pela primeira delas, a diminuta precessão no pólo norte, no sentido da rotação da Terra, pode ser tomada como uma média do movimento de nosso planeta e, por outro lado, do não-movimento do restante da massa do Universo, segundo aquele *princípio*. Por sua vez, a segunda delas indica que a precessão equatorial e a velocidade angular da terra ($\vec{\omega}_{Equatorial}$ e $\vec{\Omega}$,

respectivamente) apresentam sentidos contrários. Contudo, em 1994 (*Physics Letters A*187, p. 236) o físico austro-norte-americano Wolfgang Rindler (n.1924), usando uma demonstração *não-Machiana* para a precessão equatorial ($\vec{\omega}_{\text{gravitomagnética}}$), mostrou que ela tem o mesmo sentido de $\vec{\Omega}$.

Concluindo este verbete, é interessante registrar que, muito embora o efeito Lense-Thirring tenha sido proposto como uma "experiência de pensamento", em 1975 (*Astrophysical Journal* 195, p. L65), os físicos norte-americanos J. A. Bardeen e J. A. Petterson discutiram a possibilidade de observar aquele efeito nos discos de acreção em torno de sistemas binários compactos (do tipo de estrelas de nêutrons e de buracos negros, que são objetos celestes emissores de oscilações de raios-X de alta frequência). Em vista disso, essa discussão passou a ser conhecida como efeito Bardeen-Petterson. Mais tarde, em 1997, astrônomos italianos haviam indicado uma possível evidência do efeito Lense-Thirring em discos de acreção em torno de estrelas de nêutrons. Por fim, em 1998 (*Astrophysical Journal* 507, p. 316), os astrofísicos norte-americanos Dragoljub Markovic e Frederick K. Lamb descobriram distúrbios permanentes da parte mais interna no disco de acreção de sistemas binários compactos, que giram, provavelmente, na *frequência de precessão (gravitomagnética) de Lense-Thirring*. Para maiores detalhes sobre esse feito, ver o site: en.wikipedia.org/wiki/Frame-dragging.



ANTERIOR

SEGUINTE