

Exercício de Apoio da Disciplina “Tópicos Contemporâneos de Física”  
Assunto: Ondas Gravitacionais

Durante a fase de espiral, a frequência das ondas gravitacionais  $f_g$  é proporcional à frequência orbital do sistema binário,  $f_b$ :  $f_g = 2f_b$ . À medida que as ondas gravitacionais são emitidas, o sistema binário perde energia, os componentes do sistema binário (dois buracos negros ou duas estrelas de nêutrons) se aproximam, e a frequência orbital aumenta (veja a figura 10 do texto-base). Use a terceira lei de Kepler para mostrar que a frequência orbital de um sistema binário circular com massas  $m_1 = m_2 = M$  é igual a

$$f_b = \sqrt{\frac{GM}{4\pi^2 r^3}}, \quad (1)$$

onde  $G$  é a constante da gravitação universal, e  $r$  é a separação entre as massas. Calcule a frequência máxima das ondas gravitacionais emitidas durante a fase de espiral para os seguintes casos:

- (a) duas estrelas de nêutrons com massas  $M = 1.4M_\odot$  e raios  $R = 12$  km,
- (b) dois buracos negros com massas  $M = 30M_\odot$ .

*Respostas:* (a)  $f_g \approx 1,2$  kHz; (b)  $f_g \approx 270$  Hz.