

# Anexo Técnico — TMRCU aplicado a PSR J0737–3039

Vínculo cuantitativo entre el sector de Sincronización ( $\Sigma, \chi, \sigma$ ) y los observables del doble púlsar

## 1. Anclajes observacionales (resumen)

- Sistema: doble púlsar PSR J0737–3039 (componentes A y B).
- Masas adoptadas:  $M_A = 1.337 M_\odot$ ,  $M_B = 1.249 M_\odot$ ;  $M_{\text{total}} = 2.586 M_\odot$ .
- Período orbital:  $P_b \approx 2.454 \text{ h} = 8834.4 \text{ s}$ .
- Decaimiento orbital medido:  $|\dot{P}_b| \sim 10^{-12}$  (consistente con pérdida cuadrupolar por GR).
- Precesión relativista y desaparición temporal de B; reaparición prevista ~2035.
- Distancia VLBI ~1.15 kpc (permite descontar efectos cinemáticos al comparar  $\dot{P}_b$  con GR).

## 2. Sector efectivo TMRCU ( $\Sigma, \chi$ ) y masa del sincronón $\sigma$

Se adopta un sector mínimo de sincronización con campo  $\Sigma$  y sustrato  $\chi$ :  $\mathcal{L}_{\Sigma, \chi} = \frac{1}{2}(\partial \Sigma)^2 + \frac{1}{2}(\partial \chi)^2 - \mathcal{V}(\Sigma, \chi)$ , con potencial  $\mathcal{V}(\Sigma, \chi) = -\frac{1}{2} \mu^2 \Sigma^2 + \frac{1}{4} \lambda \Sigma^4 + \frac{1}{2} m_\sigma^2 \chi^2 + (g/2) \Sigma^2 \chi^2$ . Alrededor del VEV  $\Sigma \neq 0$  aparece un modo masivo  $\sigma$  con masa  $m_\sigma \approx \sqrt{2} \mu$ ,  $\lambda_C = \lambda / (m_\sigma^2 c)$ .

## 3. Ecuaciones-puente a observables (definiciones operativas)

(i) Derivada del período orbital:  $\dot{P}_b^{\text{obs}} = \dot{P}_b^{\text{GR}} (1 + \varepsilon)$ ,  $\varepsilon = \alpha_{\text{eff}}^2 \cdot \Phi(m_\sigma; a, e)$ ,  $|\varepsilon| \ll 1$ . (ii) Avance del periastro:  $\dot{\omega}^{\text{obs}} = \dot{\omega}^{\text{GR}} [1 + \kappa_\omega(\alpha_{\text{eff}}, m_\sigma; a, e)]$ . (iii) Retardo de Shapiro (parámetros  $r, s$ ):  $(r, s)^{\text{obs}} = (r, s)^{\text{GR}} \cdot [1 + \kappa_S(\alpha_{\text{eff}}, m_\sigma; a, e)]$ . La función  $\Phi$  suprime la contribución TMRCU según el régimen de masas y escala orbital.

## 4. Escalas características del sistema (cálculo numérico)

Magnitud	Símbolo	Valor
Masa total	$M_A + M_B$	$2.586 M_\odot$
Periodo orbital	$P_b$	$8834.4 \text{ s}$
Frecuencia angular	$\Omega = 2\pi/P_b$	$7.112181 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$
Semieje mayor (Kepler)	$a$	$8.787174 \times 10^8 \text{ m}$
Umbral radiativo	$m_\sigma \ll \Omega$	$4.681 \times 10^{-19} \text{ eV}$
Rango ~ a	$m_\sigma \sim \hbar c/a$	$2.246 \times 10^{-16} \text{ eV}$

## 5. Regímenes físicos y límites observacionales

- Régimen radiativo (sincronón ultraligero): si  $m_\sigma \ll \Omega \approx 4.68 \times 10^{-19} \text{ eV}$ , entonces  $\Phi \rightarrow 1$  y la fracción TMRCU es  $|\varepsilon| \approx \alpha_{\text{eff}}^2$ . Los datos de J0737–3039 imponen  $|\varepsilon| \ll 1.3 \times 10^{-12}$  (95% C.L.), de donde

$\alpha_{\text{eff}} \approx 1.1 \times 10^{-2}$ . • Régimen estático de rango largo: si  $\Omega \approx m_\sigma \approx c/a \approx 2.25 \times 10^{-16}$  eV, no hay radiación de  $\sigma$  pero aparece una fuerza efectiva de quinto tipo. Las cotas provienen de  $\omega, r, s$  (desviaciones fraccionales típicas  $\approx 10^{-2}$ – $10^{-3}$  en J0737–3039). • Rango corto: si  $m_\sigma \approx c/a$ , el doble púlsar es insensible a TMRCU.

## 6. Protocolos de prueba y predicciones falsables

- TOAs (A): búsqueda de componente periódico débil acoplado a armónicos orbitales; sensibilidad dirigida a  $\varepsilon \approx 10^{-10}$ .
- Precesión de B (~2035): contraste de  $\omega$  con y sin término  $\kappa_\omega(\alpha_{\text{eff}}, m_\sigma)$  a nivel  $\approx 10^{-2}$  fraccional.
- Fase/polarización en la fusión: residuo escalar compatible con un modo  $\sigma$  (respetando límites previos en binarias NS–WD y eventos tipo GW170817).

## 7. Autocrítica técnica

(1) Parquedad: el puente usa solo  $(\alpha_{\text{eff}}, m_\sigma)$  y una supresión  $\Phi$ ; es conservador pero no único. (2) Identificabilidad: partes de  $\kappa_S$  y  $\kappa_\omega$  pueden mimetizar efectos de plasma o cinemática; se requiere control estricto de VLBI/DM. (3) Generalidad: las cotas « $\varepsilon \approx 1.3 \times 10^{-10}$ » son específicas de J0737–3039; binarias asimétricas NS–WD dan límites complementarios (modos dipolares). (4) Robustez: los umbrales « $\Omega$ » y « $c/a$ » delimitan dónde esperar radiación de  $\sigma$  o fuerza estática; fuera de esas ventanas, la sensibilidad cae rápidamente.