



# **Vuoto Quantistico vicino alle Stelle di Neutroni**

**Arnaud DUPAYS**

**Astro-Siesta  
19 luglio 2007**

## **1. Vuoto e campo magnetico**

- Birifrangenza del vuoto
- Lensing

## **2. Fuori dal Modello Standard**

- Conversione fotone-assione
- Assione e gravitazione

## **3. Frizione quantistica**

# Vuoto e campo magnetico

- Lagrangiana

→ Invariante di Lorentz :

$$\mathcal{F} = \left( \epsilon_0 \mathbf{E}^2 - \frac{B^2}{\mu_0} \right) \quad \mathcal{G} = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} (\mathbf{E} \cdot \mathbf{B})$$

(C, P, T) (C)

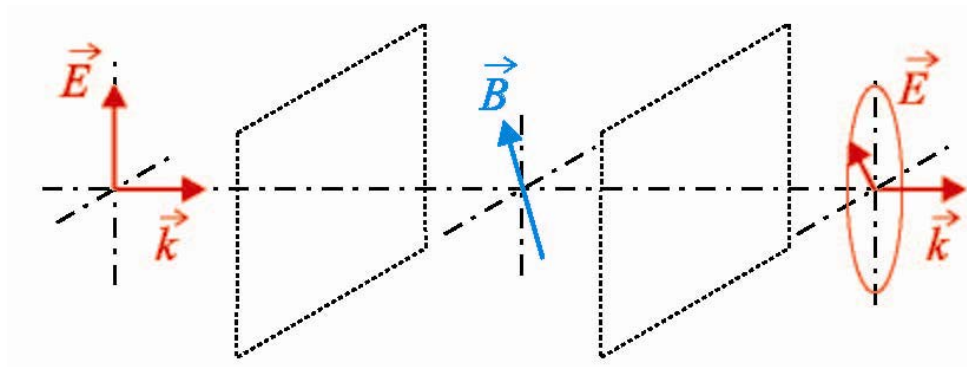


$$\mathcal{L}_{\text{eff}} = \frac{\mathcal{F}}{2} + a\mathcal{F}^2 + b\mathcal{G}^2 + \dots$$

# Vuoto e campo magnetico

## ■ Birifrangenza

$$\Delta n = n_{\parallel} - n_{\perp} = a \left( \frac{b}{a} - 4 \right) \frac{B^2}{\mu_0} \quad a = \frac{2\alpha^2 \hbar^3}{45m_e^4 c^5} \quad (b/a=7)$$



$$\Delta n = 4 \times 10^{-24} (B/1T)^2$$

W. Heisenberg and H. Euler, Z. Phys. **38**, 714 (1936)

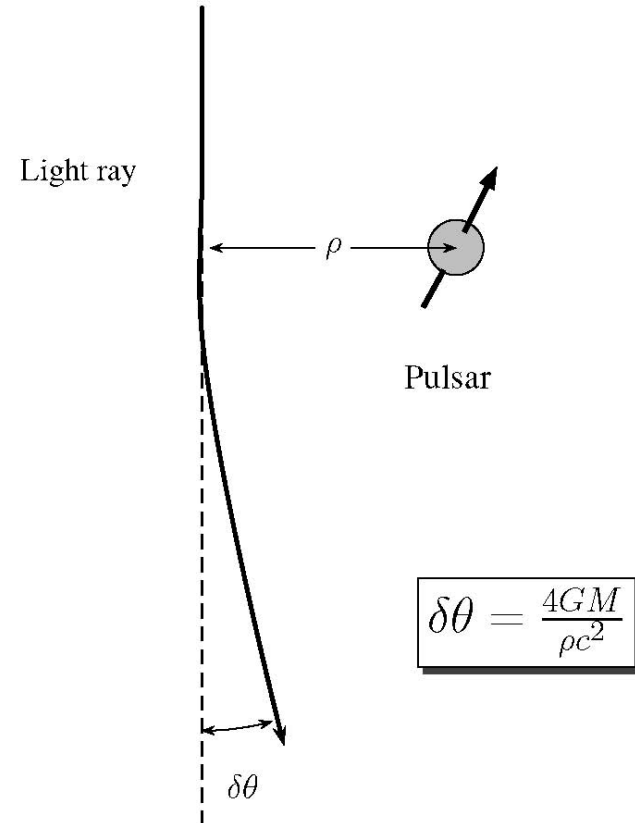
# Vuoto e campo magnetico

## ■ Lensing

Indice di rifrazione :

$$n_{\parallel (\perp)} = 1 + a_{\parallel (\perp)} B^2$$

$$a_{\parallel} \simeq 9 \cdot 10^{-24} \text{ T}^{-2} \text{ and } a_{\perp} \simeq 5 \cdot 10^{-24} \text{ T}^{-2}$$



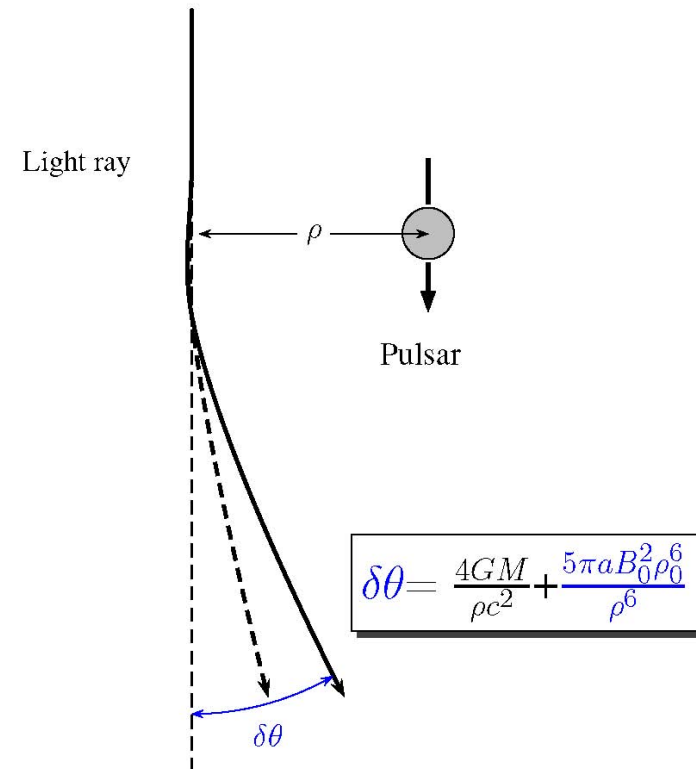
# Vuoto e campo magnetico

## ■ Lensing

Indice di rifrazione :

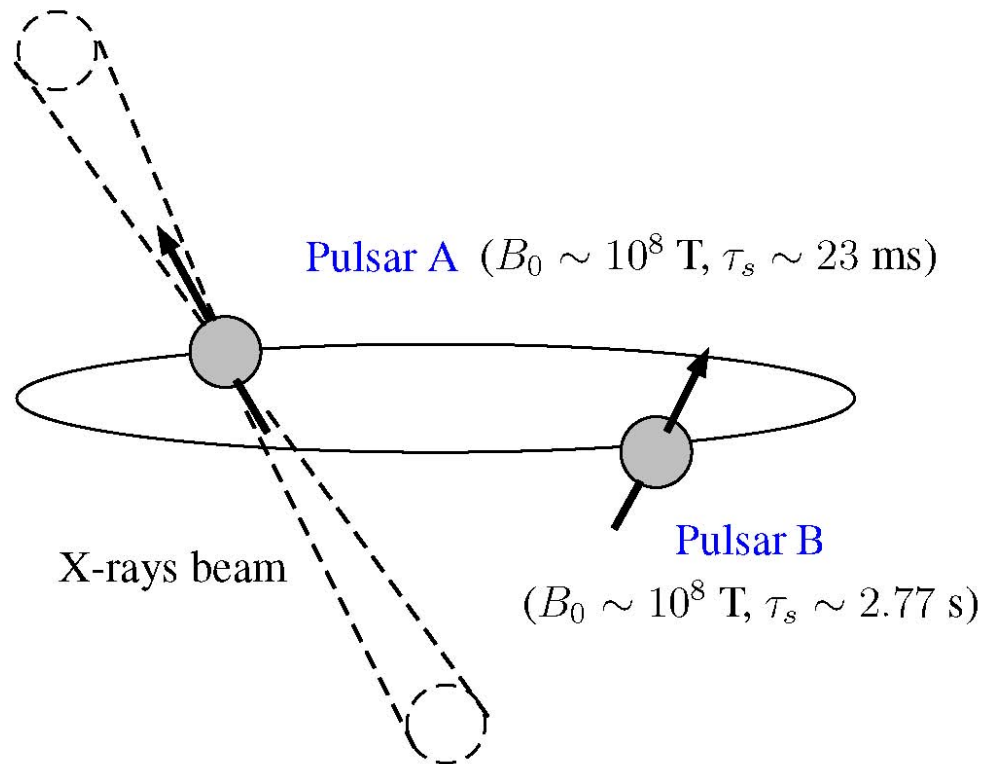
$$n_{\parallel}(\perp) = 1 + a_{\parallel}(\perp) B^2$$

$$a_{\parallel} \simeq 9 \cdot 10^{-24} \text{ T}^{-2} \text{ and } a_{\perp} \simeq 5 \cdot 10^{-24} \text{ T}^{-2}$$



# Vuoto e campo magnetico

- J0737-3039

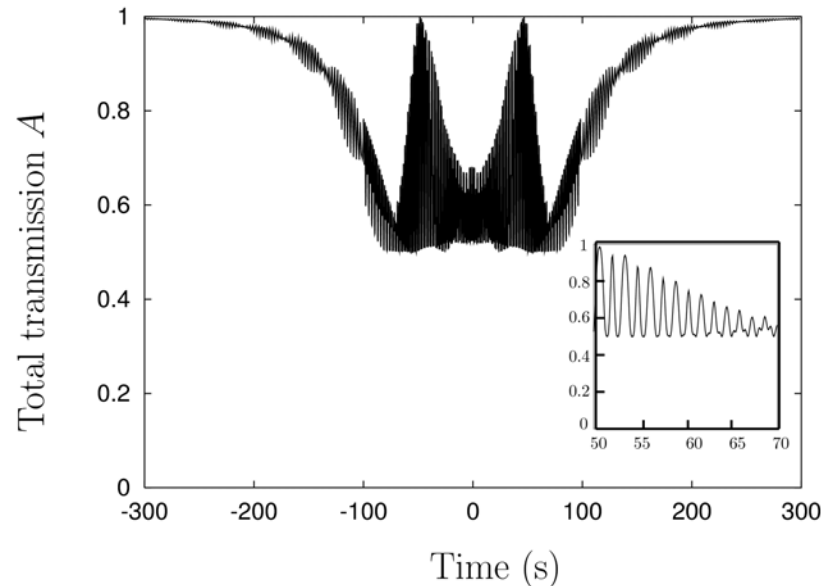
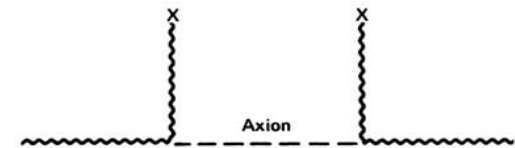


# Fuori dal Modello Standard

## ■ Conversione fotone - assione

- Lagrangiana d'interazione LPB- $\gamma$ - $\gamma$
- Propagazione dell'equazione (KG-Maxwell) lineare ( $\omega \gg m_a$ )
- Assione **PVLAS**
- Sistema Binario J0737-3039

$$\mathcal{L}_{int} = -\frac{1}{4M} F^{\mu\nu} \tilde{F}_{\mu\nu} \phi = \frac{1}{M} \mathbf{E} \cdot \mathbf{B} \phi$$



- Conversione massimale nel campo dei **raggi gamma**
- **Modulazione dinamica** del flusso
- Osservazione possibile con **GLAST**



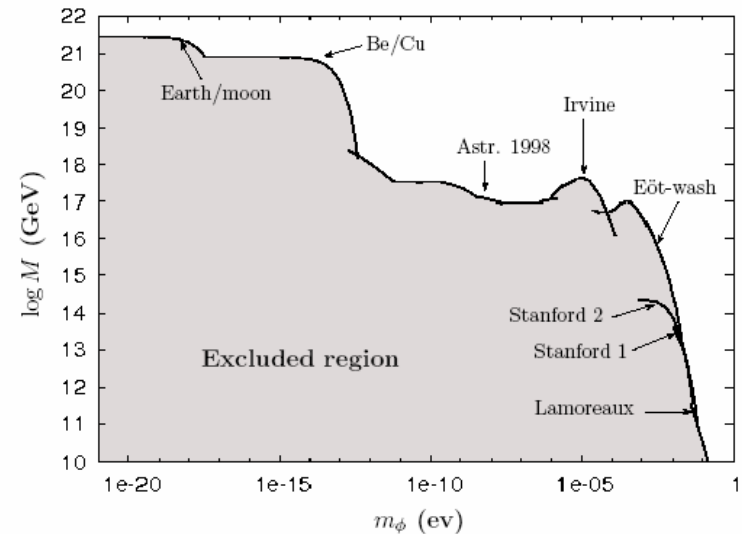
# Fuori dal Modello Standard

## ■ Boson scalare leggero accoppiato a 2 fotoni

- Forza non-Newtoniana indotto
- Déterminazione del **potenziale modificato**
- Paragone con le **osservazioni / esperimenti**



$$V(r) = G \frac{m_1 m_2}{r} + \frac{y^2}{4\pi} \frac{n_1 n_2}{r} e^{-m_\phi r}$$



→ **Nuovi vincoli sull'assione**

A. Dupays, E. Masso, J. Redondo and C. Rizzo, Phys. Rev. Lett., **98**, 131802 (2007)

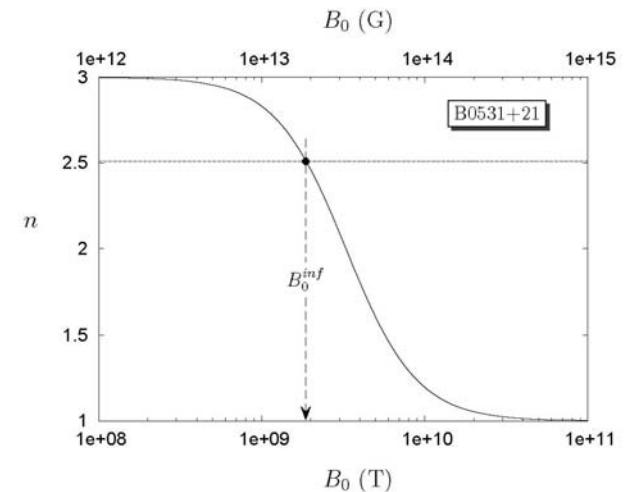
# Frizione quantistica

## ■ Frizione quantistica

- Interazione del **momento magnetico con il vuoto**
- Prova dell'esistenza dell'**energia del vuoto**
- **Braking index**

$$n = 3 - \frac{2}{1 + \left( \frac{\dot{E}_r}{\dot{E}_{qv}} \right)}$$

Name	$n$	$\nu$ ( $s^{-1}$ )	$B_0^{dip}$ ( $10^{12}$ G)	$B_0^{inf}$ ( $10^{12}$ G)
J1846-0258	2.65(1)	3.07	49	1.5
B0531+21	2.51(1)	30.2	3.8	18.9
B1509-58	2.839(3)	6.63	15	2.1
J1119-6127	2.91(5)	2.45	42	0.56
B0540-69	2.140(9)	19.8	5.1	18.9
B0833-45	1.4(2)	11.2	3.4	24.6



→ **Nuovi valori per il campo magnetico**

A. Dupays, C. Rizzo, D. Bakalov and G.F. Bignami, (en préparation).

# Prospettive



- Mettere in evidenza le **proprietà magneto-ottiche** del vuoto
- Testare l'**elettrodinamica quantistica**
- Esplorare la fisica al di **fuori del modello standard**
- Migliorare la nostra conoscenza sul **campo magnetico** delle stelle di neutroni