



Silvia Galli
Laboratoire APC, Paris
University of Rome La Sapienza

Vincoli su modelli di materia oscura da radiazione di fondo cosmico

Silvia Galli

S. Galli, F. Iocco, G. Bertone, A. Melchiorri,

**'CMB constraints on Dark Matter models with large annihilation cross-section', Phys. Rev. D,
vol. 80, Issue 2, (arXiv:0905.0003), 2009.**

IFAE

09/04/2010

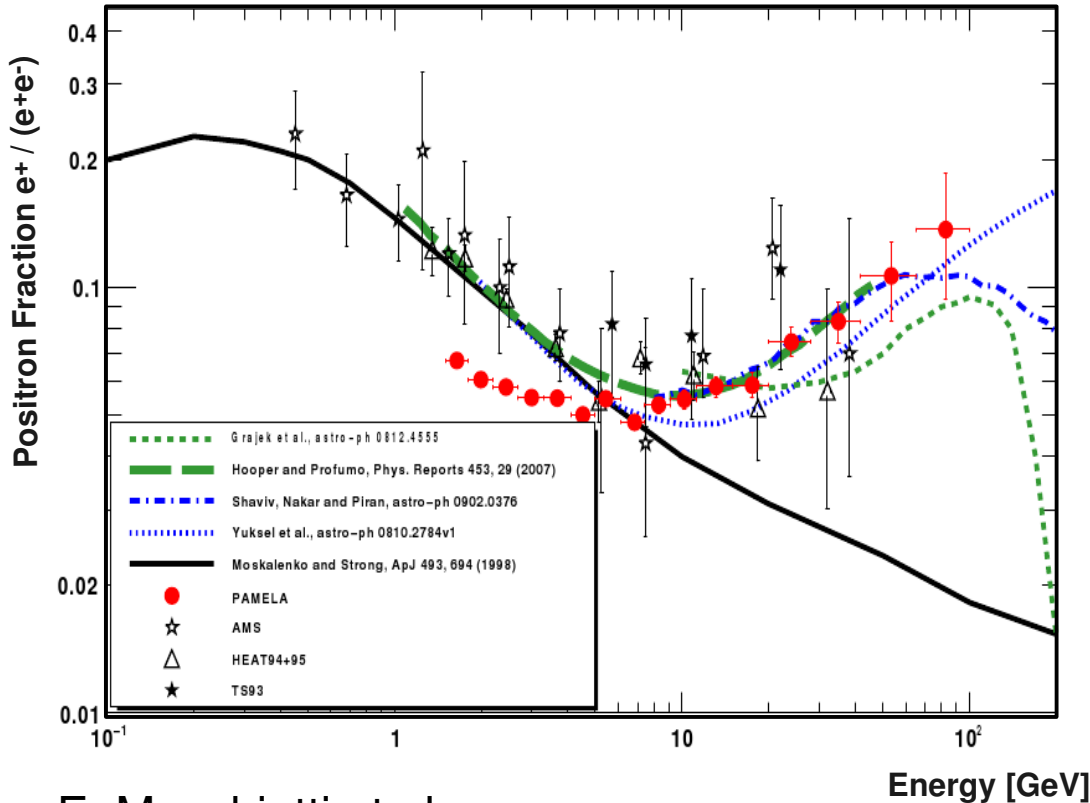
Sommario

- Motivazioni:
 - Pamela, Atic, Fermi
- Teoria:
 - Ricombinazione standard e
Annichilazione di materia oscura
- Risultati
 - Vincoli da WMAP5
- Conclusioni

Motivazioni

- **Anomalie:** eccesso nella frazione di **positroni** su elettroni e nello spettro di energia degli **elettroni**.
- Possibili spiegazioni: emissioni da pulsar, decadimento di materia oscura, **annichilazione di materia oscura** ecc...

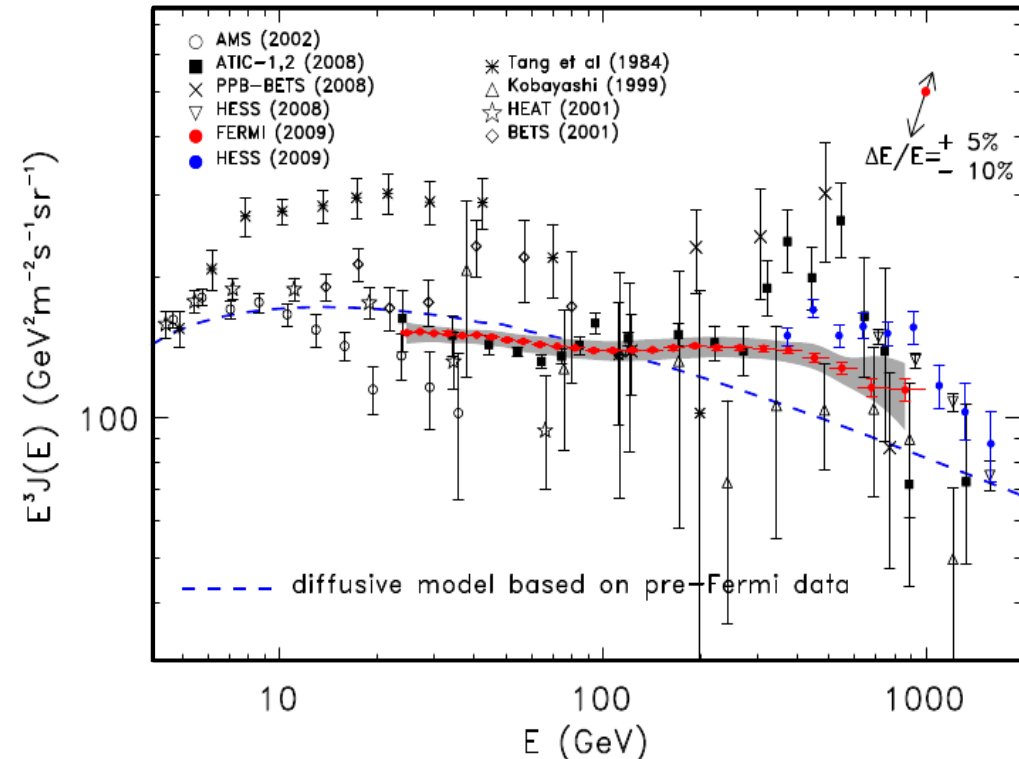
Positron Electron Fraction



E. Mocchiutti et al.
arXiv:0905.2551v1

Pamela

Electron Spectrum



Latronico et al.(Fermi Lat-collaboration)
arXiv:0907.0452v 1

Atic, Fermi

Motivazioni

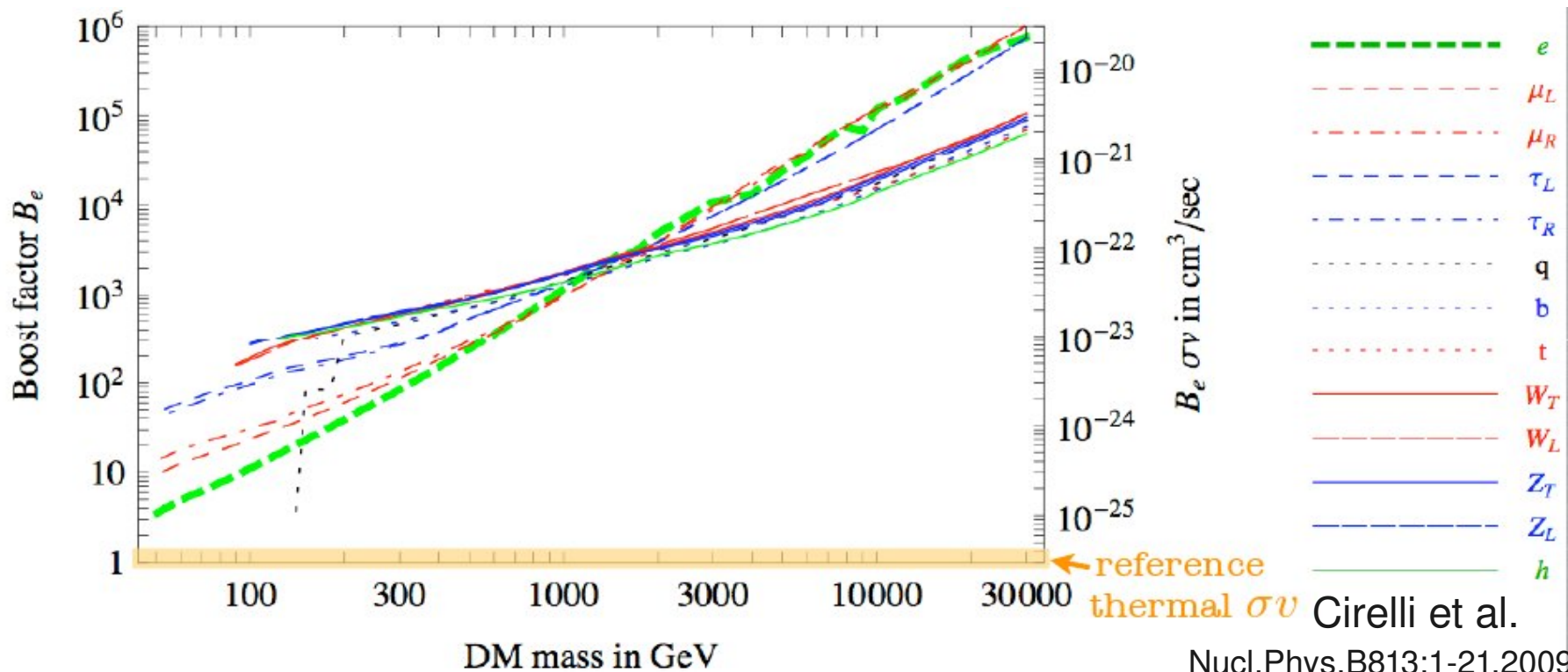
→ Produzione termica della DM

$$\langle \sigma v \rangle \sim 10^{-26} \text{ cm}^3/\text{s. (WIMP)}$$

→ Tasso di annichilazione:

$$\Gamma \propto n^2 \langle \sigma v \rangle. \text{ Densità DM da simulazioni.}$$

Necessario **BOOST** della sezione d'urto di alcuni ordini di grandezza per spiegare i dati, in funzione di massa e canale di annichilazione.



Motivazioni

→ Produzione termica della DM

$$\langle \sigma v \rangle \sim 10^{-26} \text{ cm}^3/\text{s. (WIMP)}$$

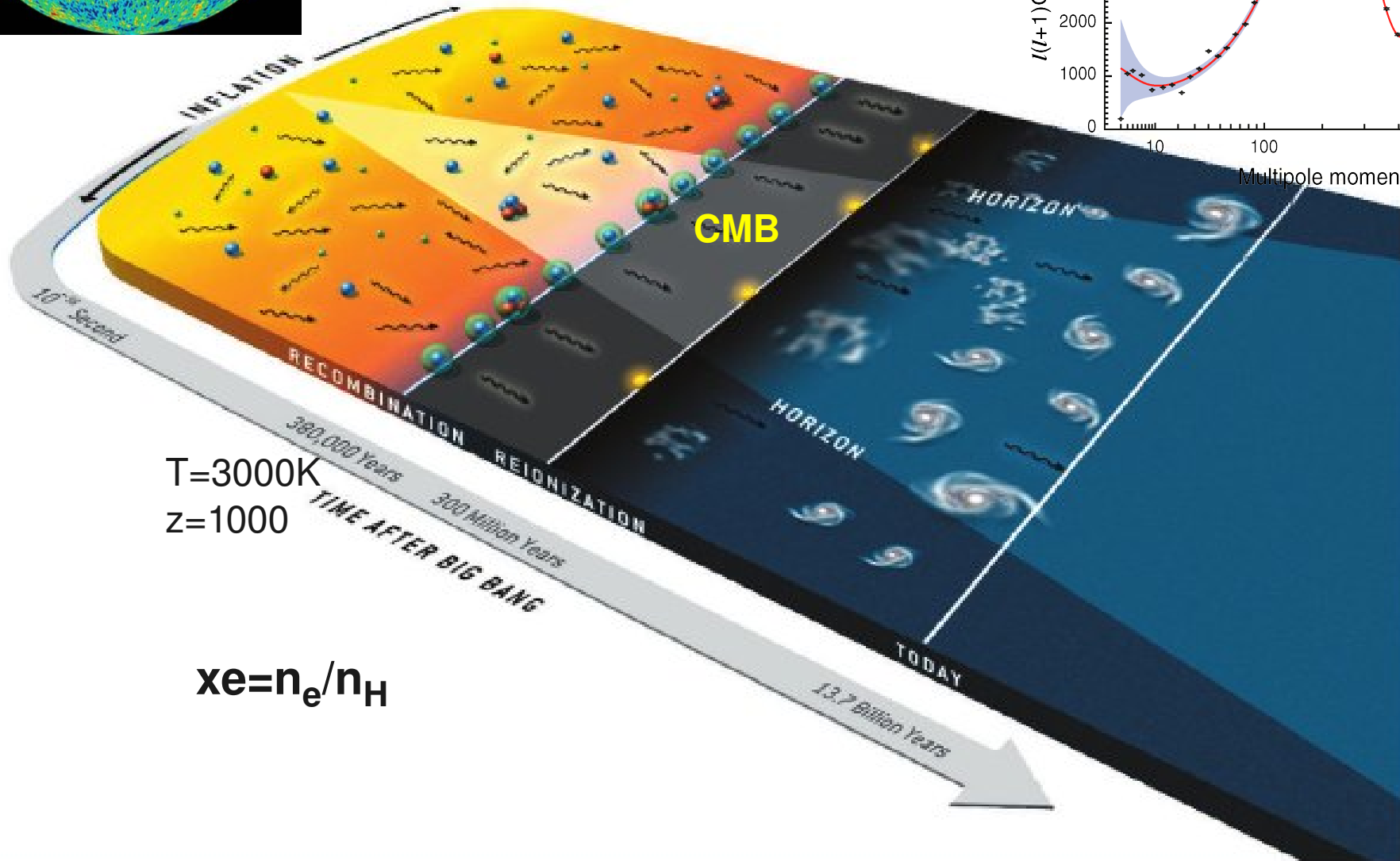
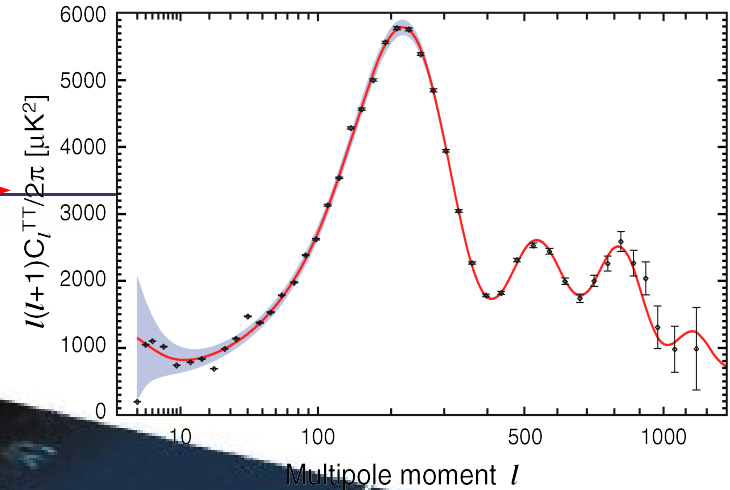
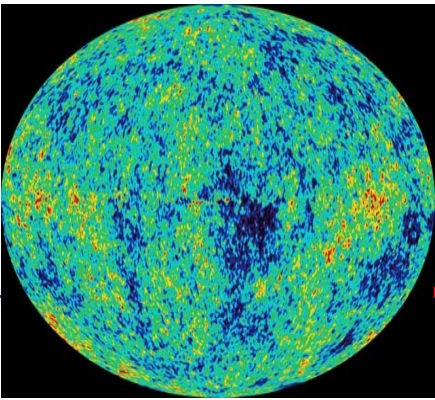
→ Tasso di annichilazione:

$$\Gamma \propto n^2 \langle \sigma v \rangle. \text{ Densità DM da simulazioni.}$$

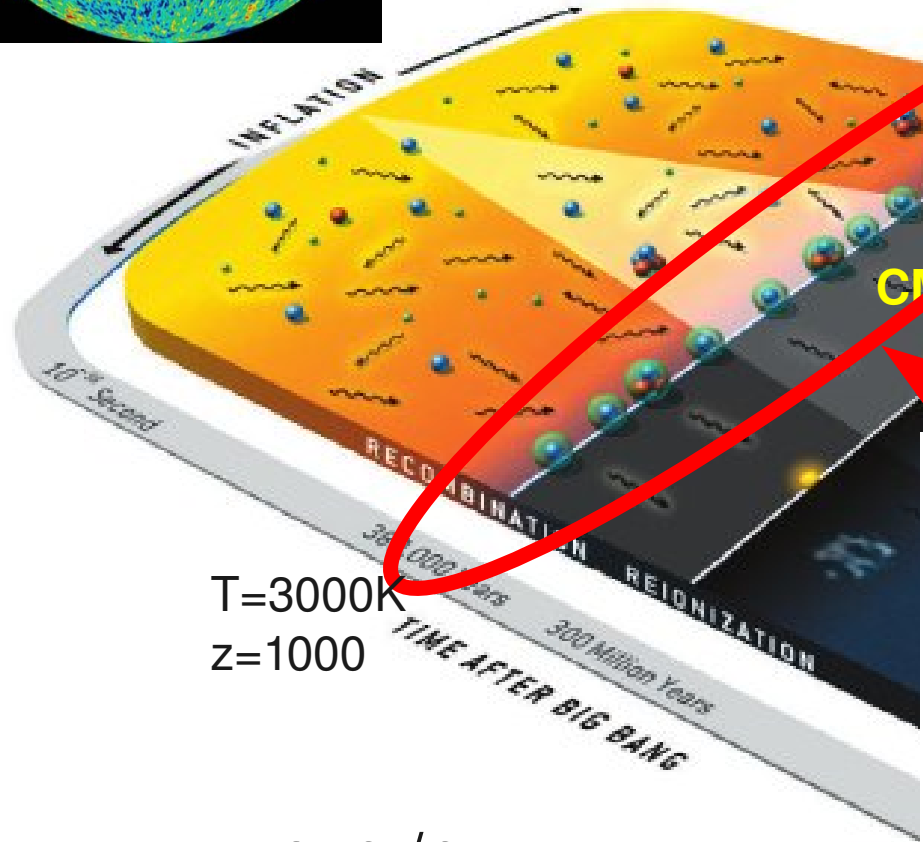
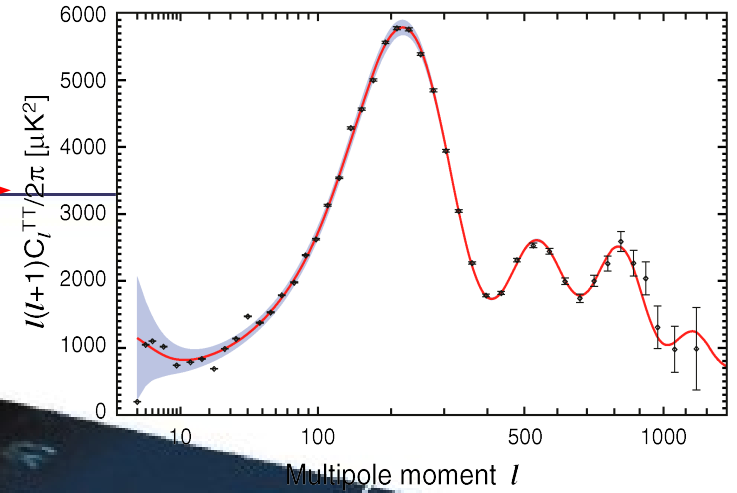
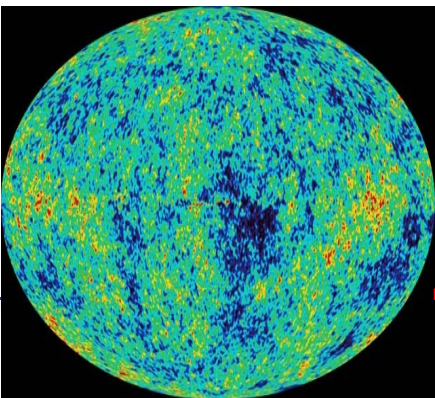
Necessario **BOOST** della sezione d'urto di alcuni ordini di grandezza per spiegare i dati, in funzione di massa e canale di annichilazione.

All'epoca della ricombinazione, quando si forma la CMB, la densità di materia media di materia oscura era 10^9 volte maggiore di oggi.

Ricombinazione standard

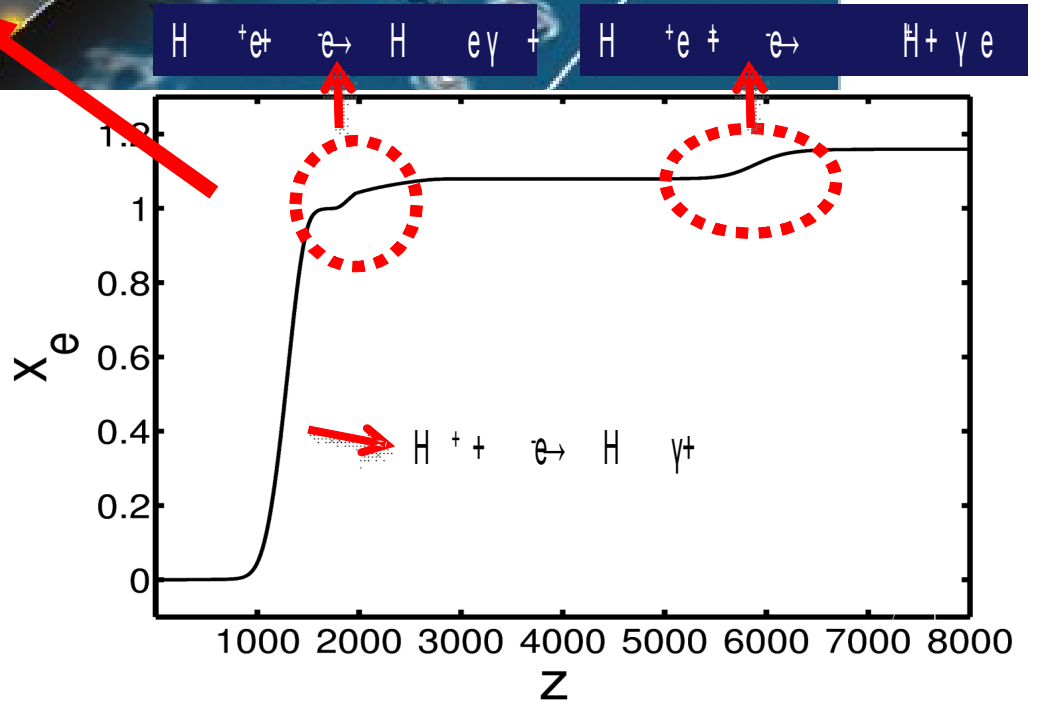


Ricombinazione standard



$T=3000\text{K}$
 $z=1000$

$$x_e = n_e / n_H$$



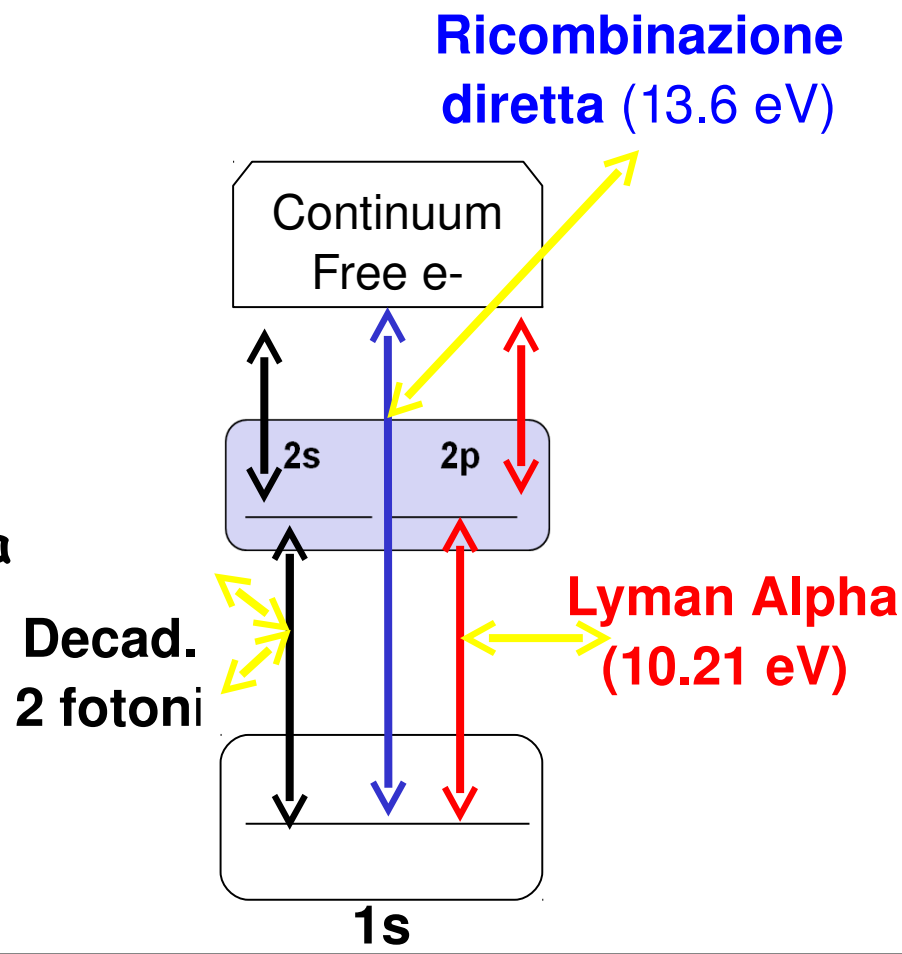
Annichilazione della Materia Oscura nel Plasma

Tasso di iniezione di energia

$$dE/dt = \rho_c^2 c^2 \Omega_{DM}^2 (1+z)^6 \left[f \frac{\langle \sigma v \rangle}{m_\chi} \right]$$

P_{am} = Parametro che contiene:

- f = frazione energia che va nel plasma
- $\langle \sigma v \rangle$ = sezione d'urto
- m_χ = massa della DM



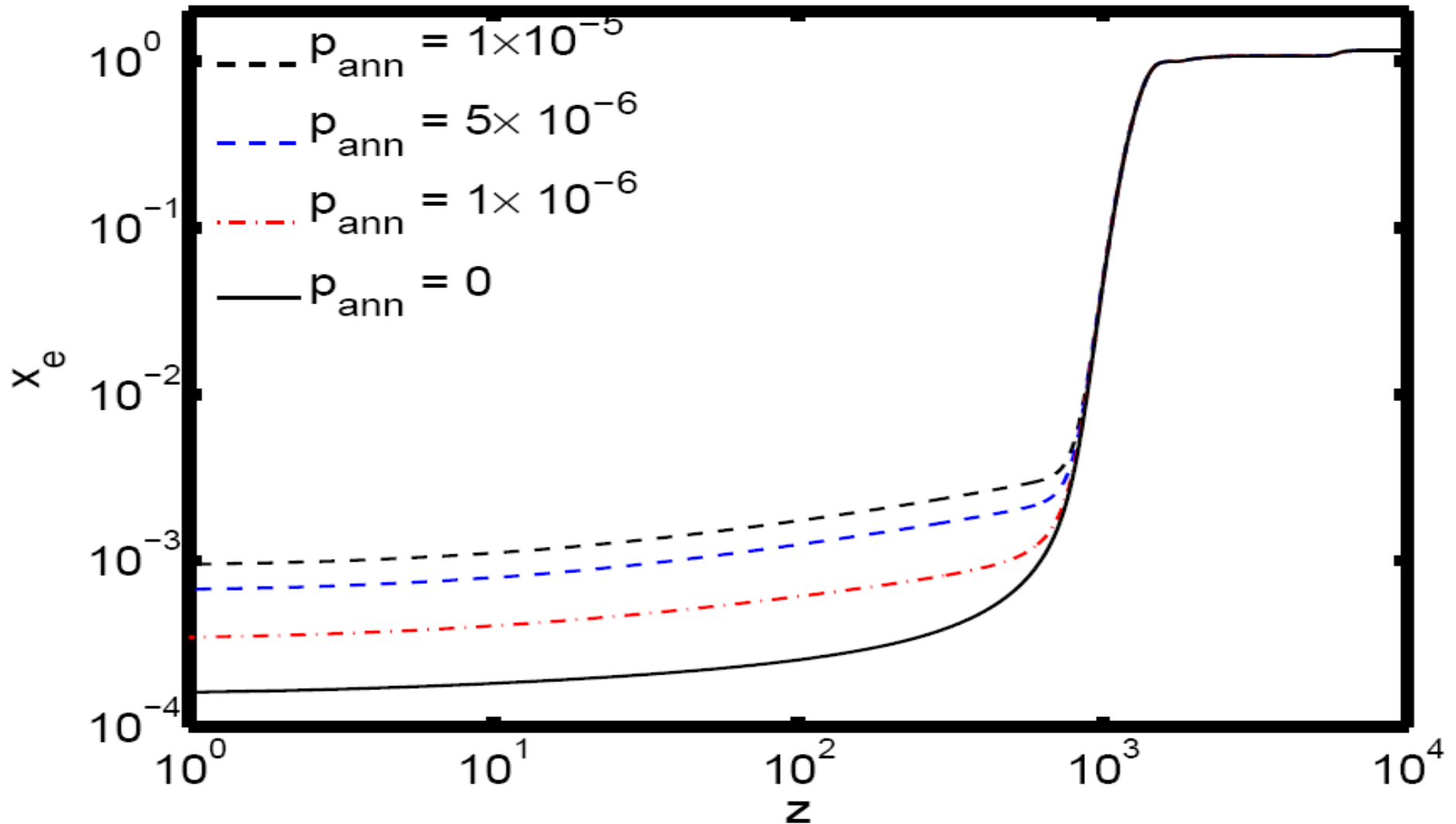
Frazione di energia che modifica la ricombinazione sotto forma di:

- **Fotoni Ly-alpha**
- **Fotoni ionizzanti**
- **Riscaldamento del Plasma**

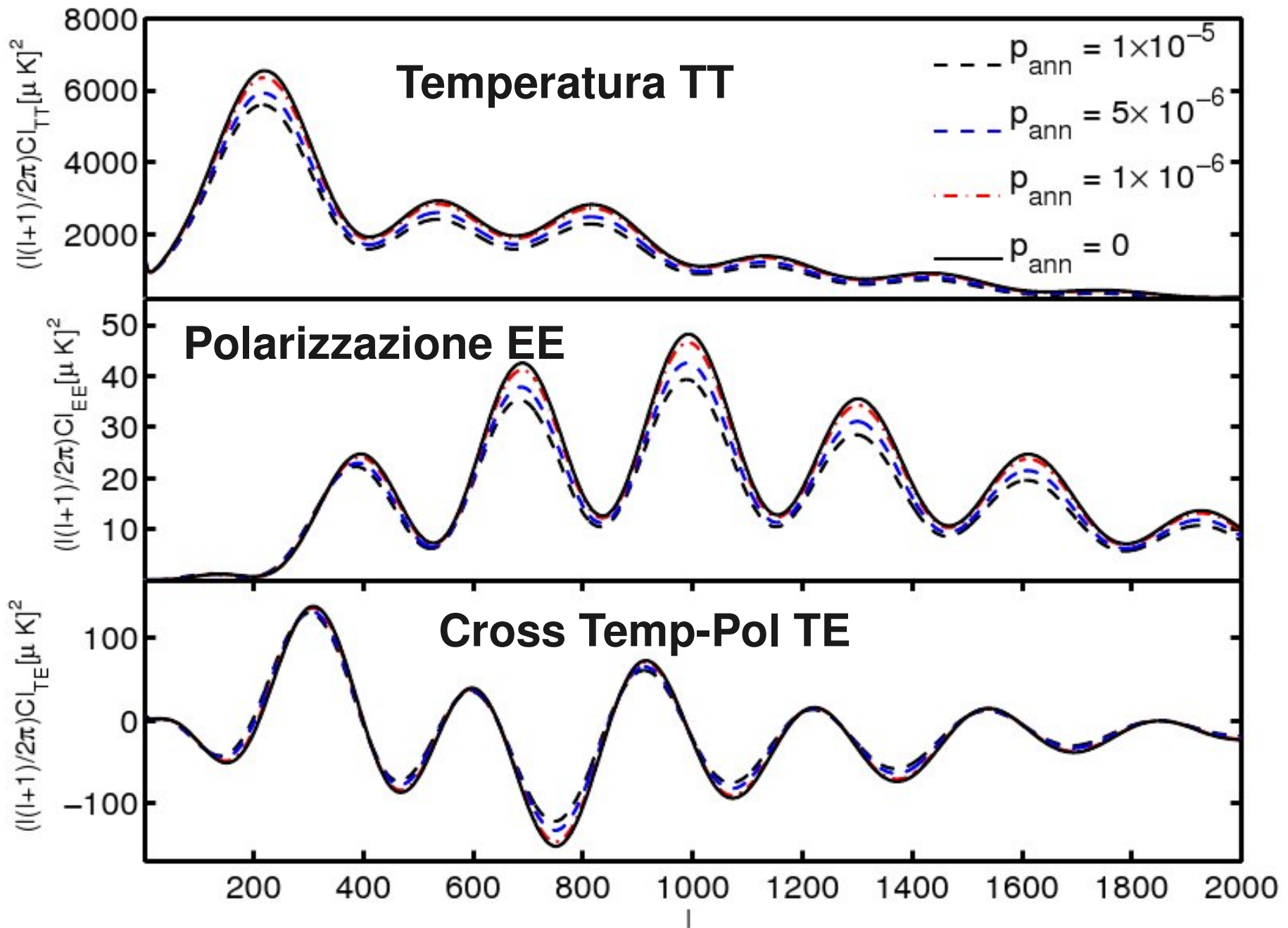
Shull, J. M.; van Steenberg, M. E. *Astrophys. J.* 298, 2 (6)8 (1985)

Annichilazione di Materia Oscura nella Ricombinazione

Evoluzione della frazione di elettroni liberi nel tempo in presenza di annichilazione di DM.



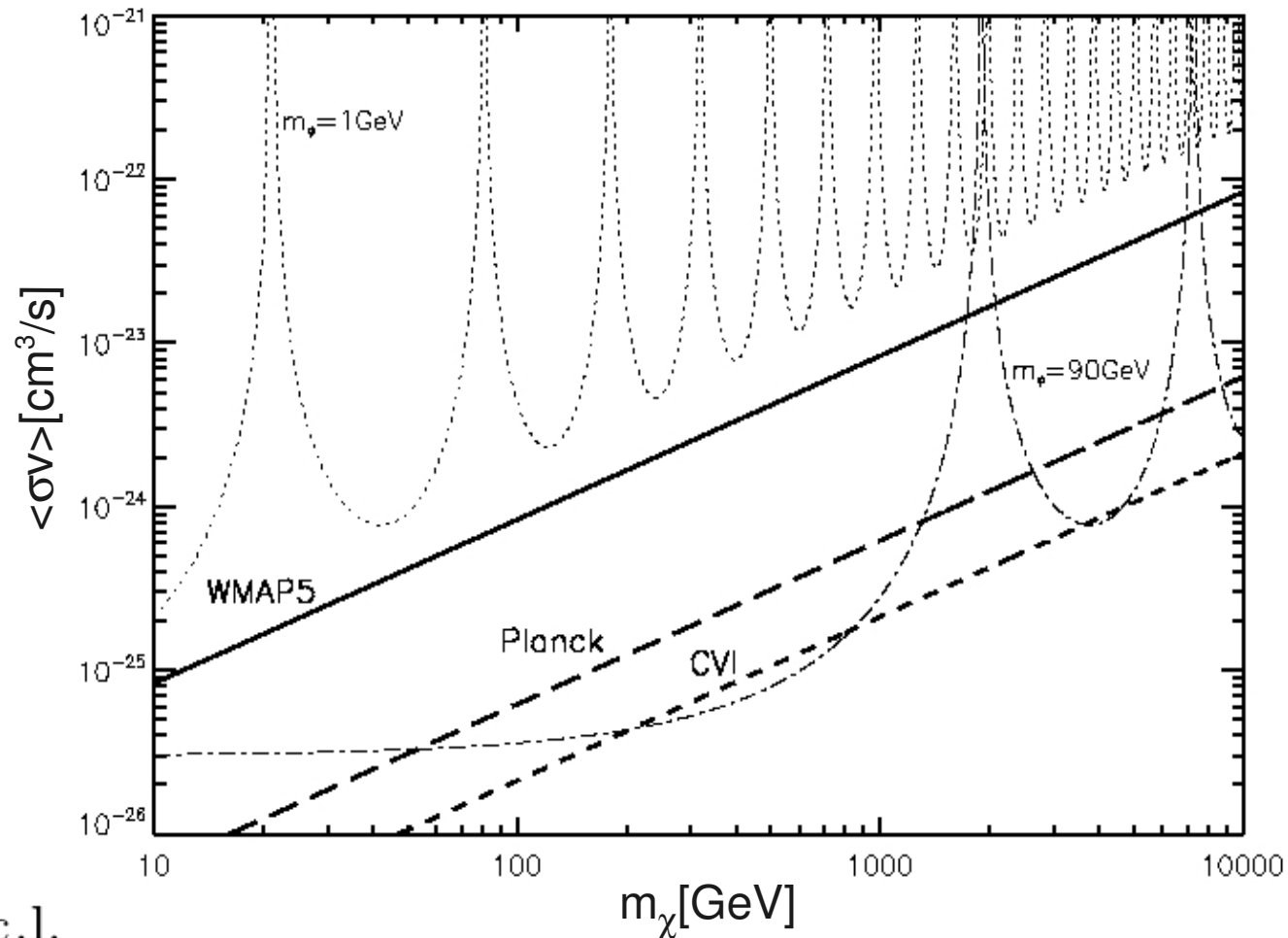
Spettri di Anisotropia Angolare della CMB



RISULTATI

Vincoli sul parametro p_{ann} con dati di Wmap5, simulazioni di Planck e simulazioni di un ipotetico esperimento limitato solo dalla Varianza Cosmica.

$$P_{ann} = f \frac{\langle \sigma v \rangle}{m_\chi}$$



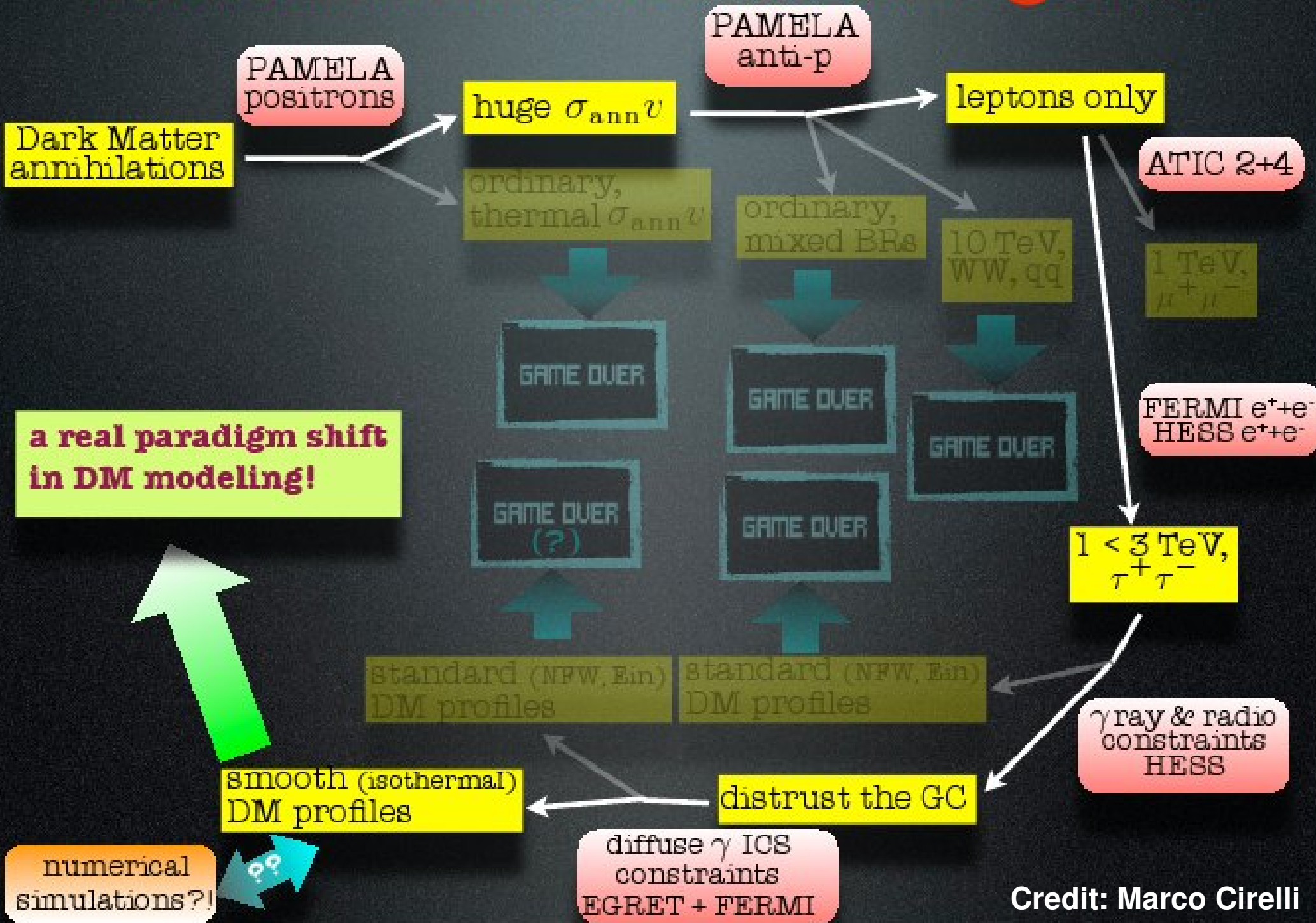
Experiment	p_{ann} 95% c.l.
WMAP	$< 2.4 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}/\text{kg}$
Planck	$< 1.7 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}/\text{kg}$
CVI	$< 5.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}/\text{kg}$

- Supponendo $f=0.5$ (T.R. Slatyer, N. Padmanabhan, P. D. Finkbeiner, arXiv:0906.1197)

Conclusioni

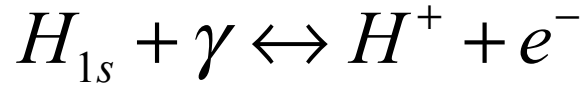
- Gli attuali dati della radiazione di fondo cosmico sfavoriscono l'interpretazione delle anomalie dei raggi cosmici con annichilazione di materia oscura.
- Ciò vincola anche lo spazio dei parametri di fenomeni quali il Sommerfeld Enhancement.
- Il satellite Planck sarà in grado di migliorare i vincoli sull'annichilazione di materia oscura di più di un ordine di grandezza.

DM annihilations: the game

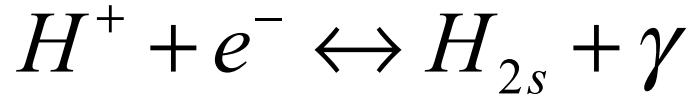


Physics of recombination (Peebles (1968) and Zeldovich, Kurt & Sunyaev (1968))

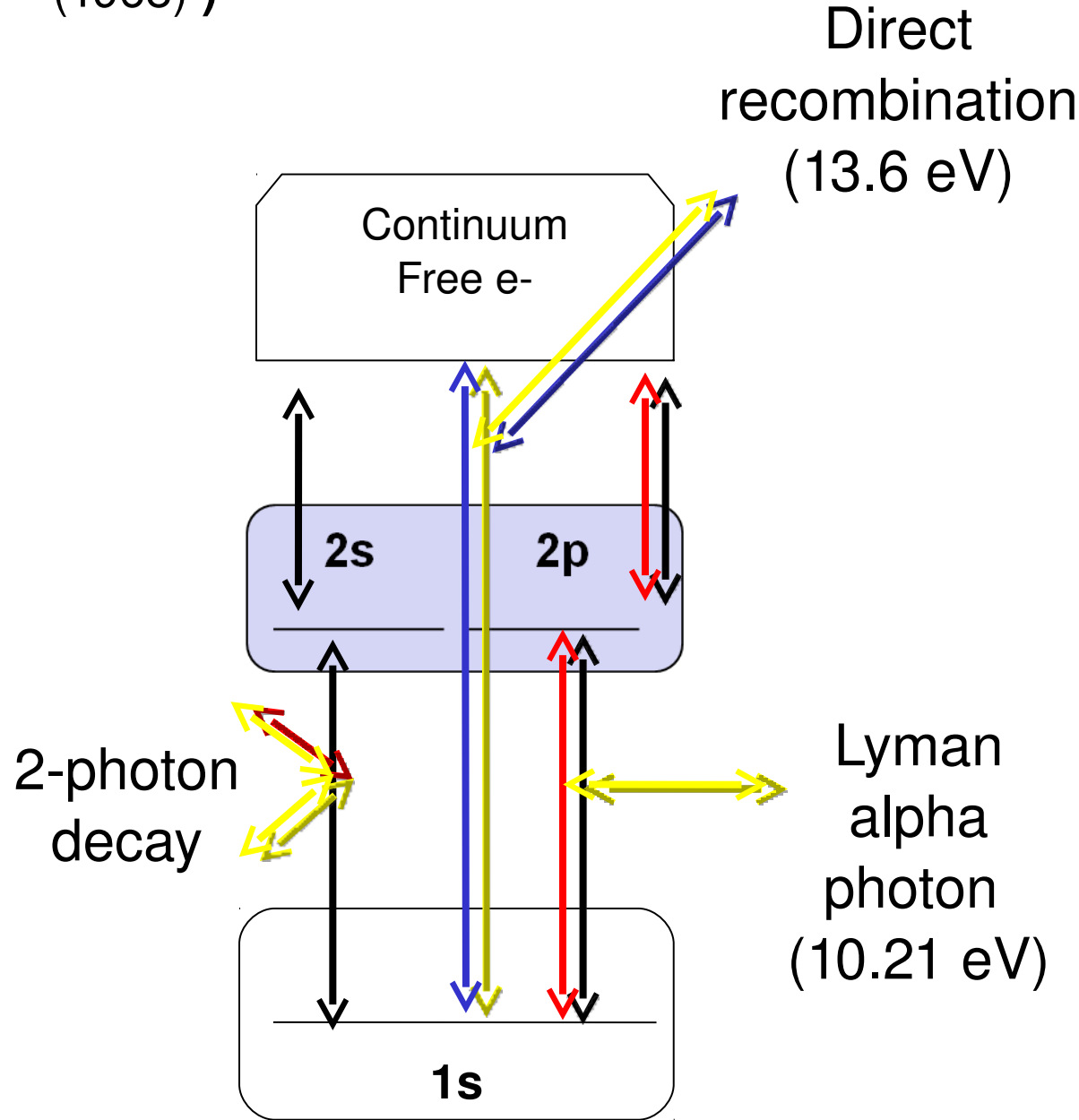
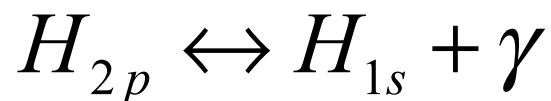
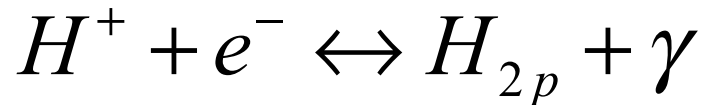
Direct Recombination but
NO NET recombination



2-photon decay from
metastable 2s states



**Cosmological redshift of the
Lyman alpha photons**



Dark Matter annihilation

- Lyman alpha and ionizing photons affects xe and temperature

$$dE/dt = \rho_c^2 c^2 \Omega_{DM}^2 (1+z)^6 \left[f \frac{\langle \sigma v \rangle}{m_\chi} \right]$$

Energy injection rate

Redshift dependence of the injection rate of Lyman alpha(ea), ionizing (ei) photons and heating term that changes matter temperature

ρ_{am} = One new parameter that contains:

f = energy fraction to plasma

$\langle \sigma v \rangle$ = cross section

m_χ = mass of the annihilating particle

$$\epsilon_\alpha(z) = C \chi_\alpha \frac{dE/dt}{n_H(z) E_\alpha H(z)}$$

Lyman alpha photons

$$\epsilon_i(z) = C \chi_i \frac{dE/dt}{n_H(z) E_i H(z)}$$

Ionization photons

$$\kappa_h = \chi_h \frac{dE/dt}{n_H(z)}$$

Heating of the plasma

The energy fraction that goes into ionization, heating and excitation have been calculated in Shull, J. M.; van Steenberg, M. E. *Astrophys. J.* 298, 2 (6)8 (1985)

Dark Matter Annihilation in Recombination

- First approximation: constant injection of photons.
- Two parameters added to Standard Model

P.J.E. Peebles, S. Seager, W.Hu,
Astrophys.J.539:L1-L4,2000

$$\frac{dn_{\alpha}}{dt} = \varepsilon_{\alpha} n_H H(z) \quad \frac{dn_i}{dt} = \varepsilon_i n_H H(z)$$

$$\frac{-dx_e}{dt} = \frac{-dx_e}{dt} \Big|_{std} - C \varepsilon_i H - (1 - C) \varepsilon_{\alpha} H$$

