

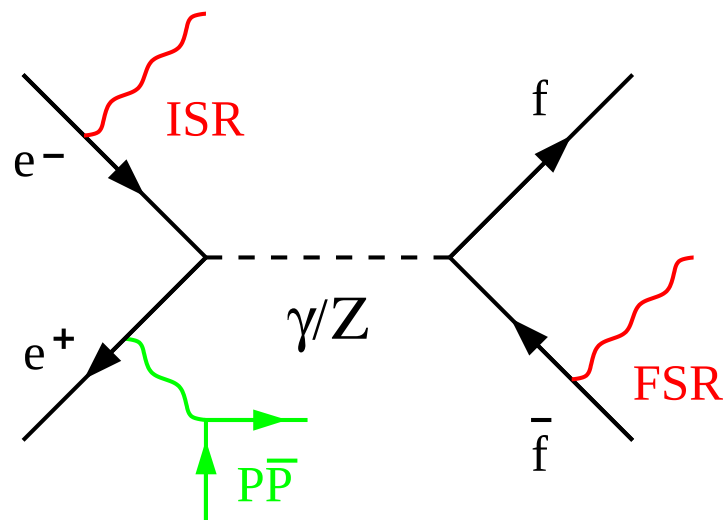
Produzione di coppie $f\bar{f}$ a LEP 2

Collaborazioni ALEPH, DELPHI, L3, OPAL

Giuseppe Ruggiero
Università di Firenze e INFN

27 Aprile 2000
LEP Trieste

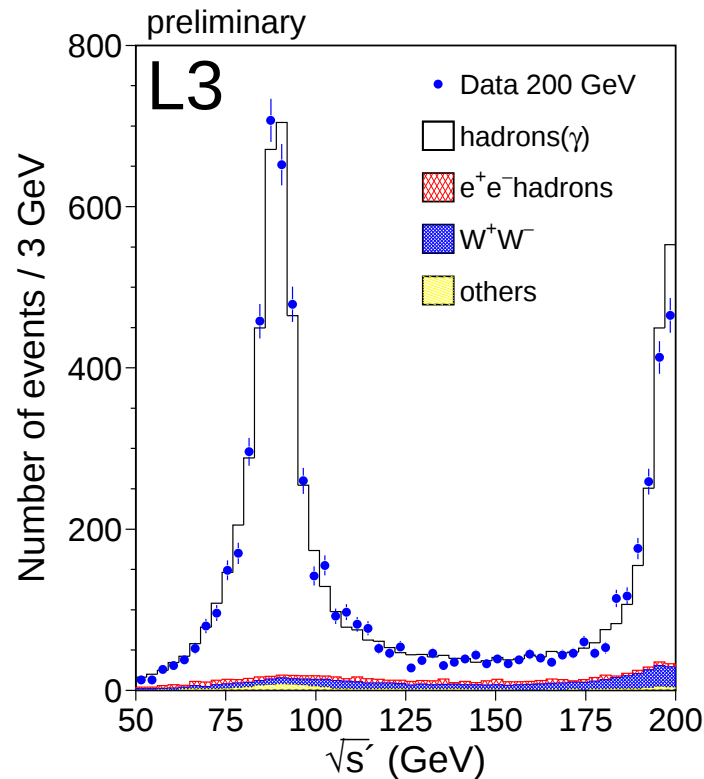
- ❑ Definizione delle grandezze misurate.
- ❑ Risultati delle misure.
- ❑ Interpretazione dei risultati.
- ❑ Conclusioni.



ISR radiazione di stato iniziale
 FSR radiazione di stato finale
 $P\bar{P}$ coppie fermioniche di stato iniziale
 Interferenza ISR + FSR

- ❑ $f = e, \mu, \tau \Rightarrow$ misura della **SEZIONE D'URTO** e delle **ASIMMETRIE**.
- ❑ $f = q \Rightarrow$ misura della **SEZIONE D'URTO**.
- ❑ $f = b, c \Rightarrow$ misura di R_b, R_c e delle **ASIMMETRIE**.

- Possibili definizioni di $\sqrt{s'}$:
 - ❑ $\sqrt{s'}$ = Massa del propagatore. Contributo interferenza IFSR sottratto (L3, OPAL).
 - ❑ $\sqrt{s'}$ = Massa invariante della coppia $f\bar{f}$ (solo per l^+l^-). Contributo interferenza IFSR incluso (ALEPH, DELPHI).



- Si definiscono due campioni di eventi:

- ① eventi inclusivi $\sqrt{s'}/\sqrt{s} > 0.1$
- ② eventi non radiativi $\sqrt{s'}/\sqrt{s} > 0.85$
(ALEPH $\sqrt{s'}/\sqrt{s} > 0.9$).

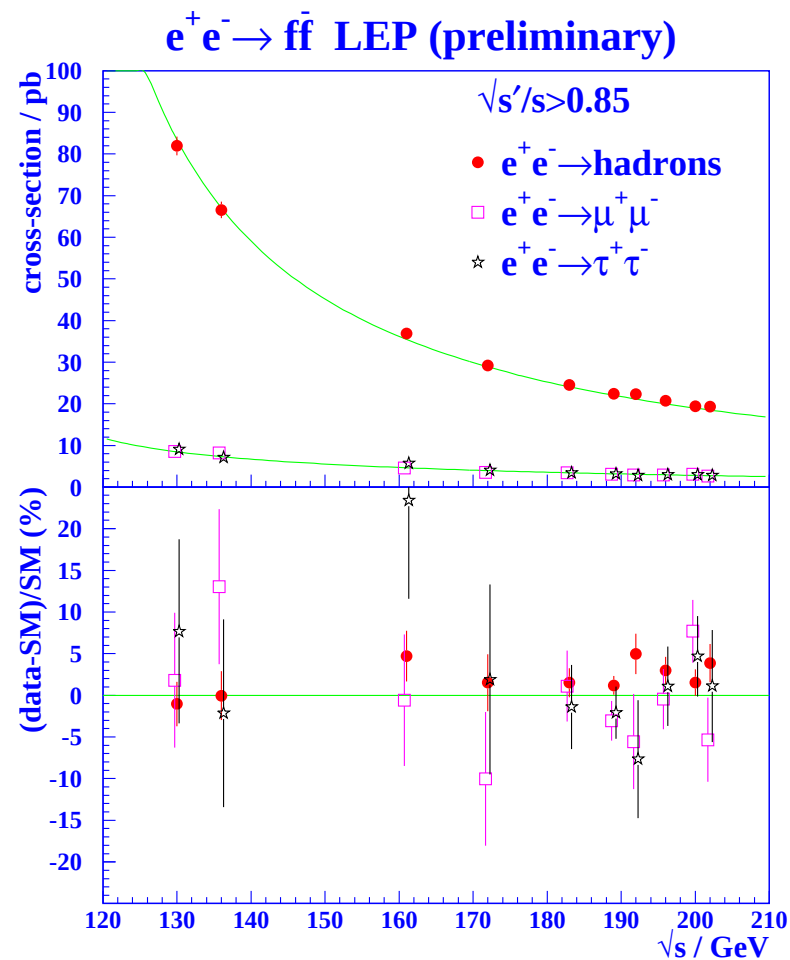
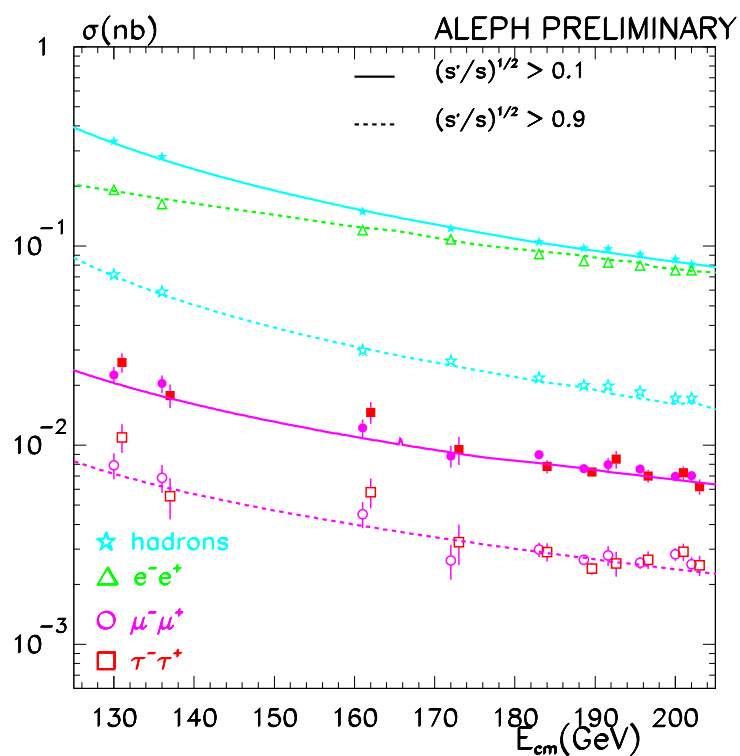
- Contributo interferenza IFSR per $\sqrt{s'}/\sqrt{s} > 0.85$: 1-2%, prevalentemente per $|\cos \theta_f| \sim 1$.

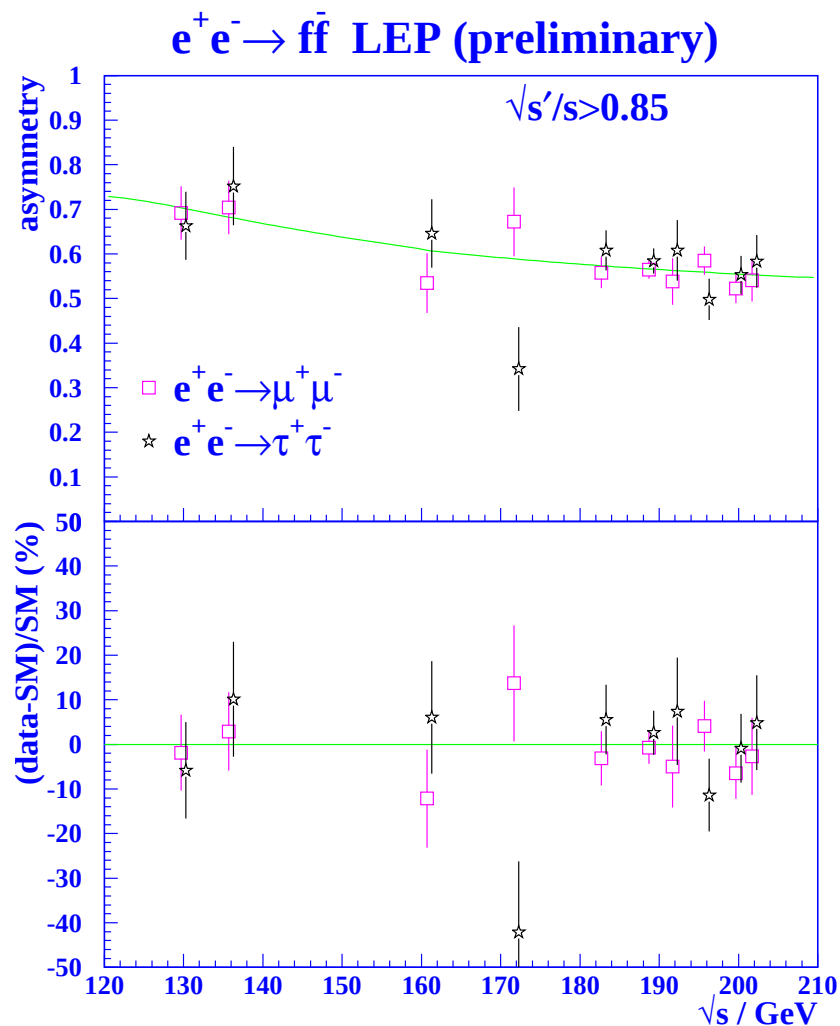
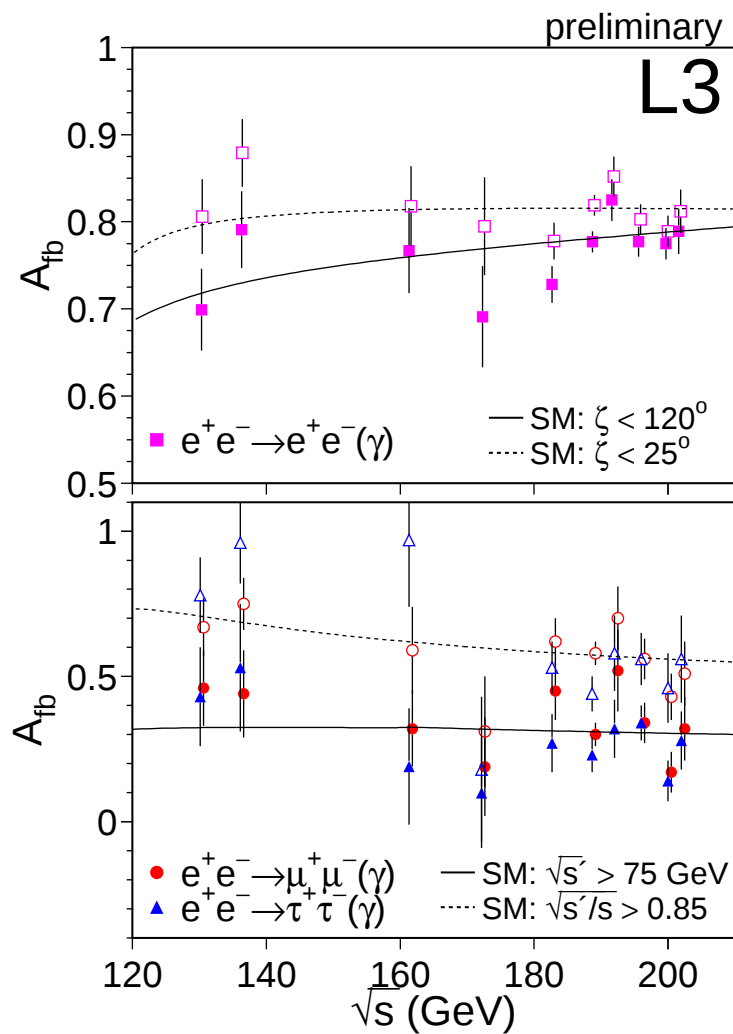
- Frazione eventi non radiativi a circa 200 GeV:
adroni $\sim 22\%$; $\mu, \tau \sim 42\%$.

☐ Luminosità per esperimento:

Anno	$\sqrt{s}$ (GeV)	$\mathcal{L}$ (pb ⁻¹)
1995 & 1997	130	6
1995 & 1997	136	6
1996	161	10
1996	172	10
1997	182.7	55
1998	188.6	180
1999	191.6	28
1999	195.6	77
1999	199.6	83
1999	201.6	40

- ☐ Luminosità integrata totale per esperimento: $\mathcal{L}_{\text{tot}} \sim 500 \text{ pb}^{-1}$.
- ☐ Errore statistico sulle sezioni d'urto e sulle asimmetrie a 200 GeV:
- σ : $q \sim 1.4/2.9\%$ $\mu \sim 4.5/7.0\%$
 $\tau \sim 7.5/9.0\%$ $e \sim 2 \div 5\%$
 - A_{FB} : $\mu \sim 0.060$ $\tau \sim 0.090$ $e \sim 0.020$
 (eventi non radiativi)



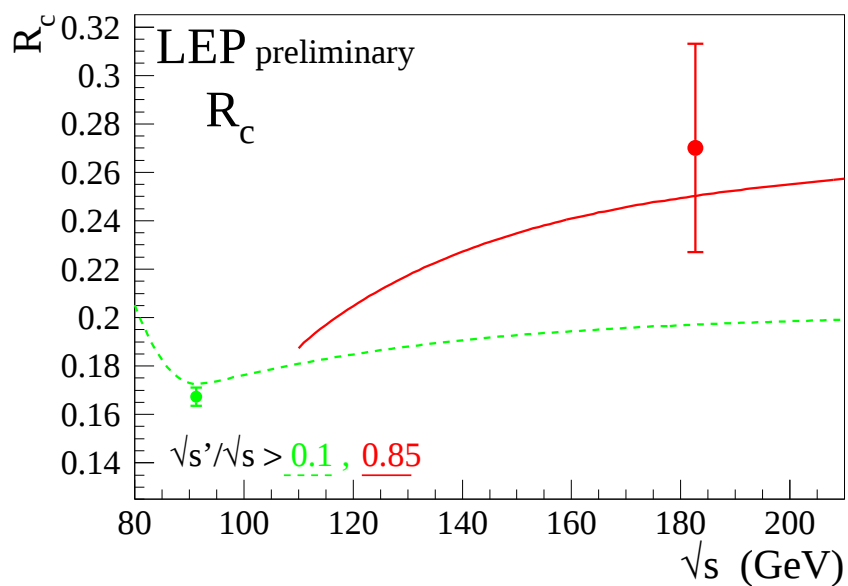
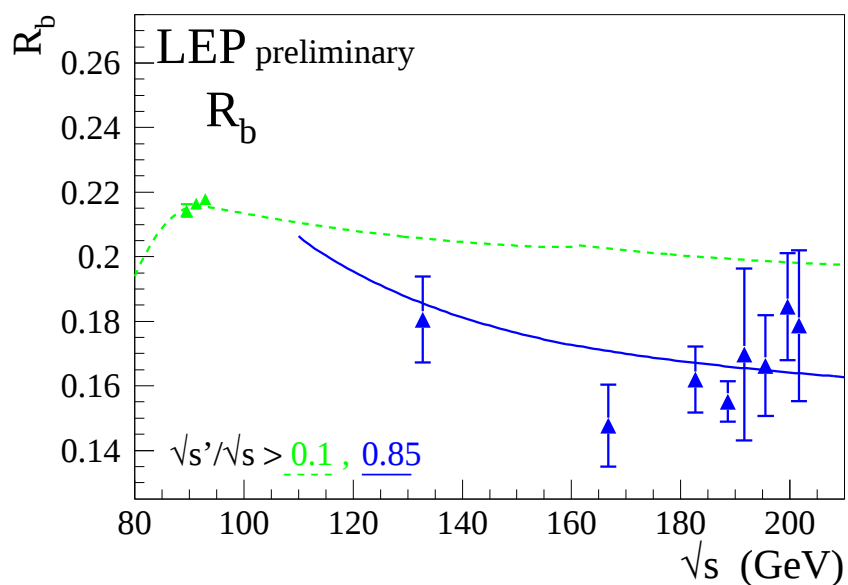


Sapori pesanti: R_f

❑ Risultati **pubblicati** o **preliminari** per $b\bar{b}$ e $c\bar{c}$:

$\sqrt{s}$	133.2	166.6	182.7	189.7	192 - 202
R_b	A D L O	A D L O	A D L O	A D L O	- D - -
R_c	- - - -	- - - -	A - - -	- - - -	- - - -

❑ Risultati LEP combinati:

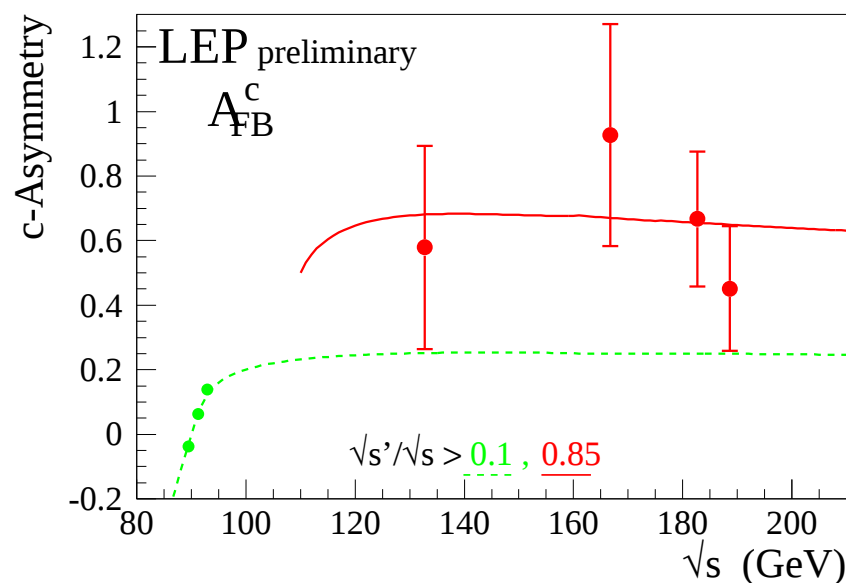
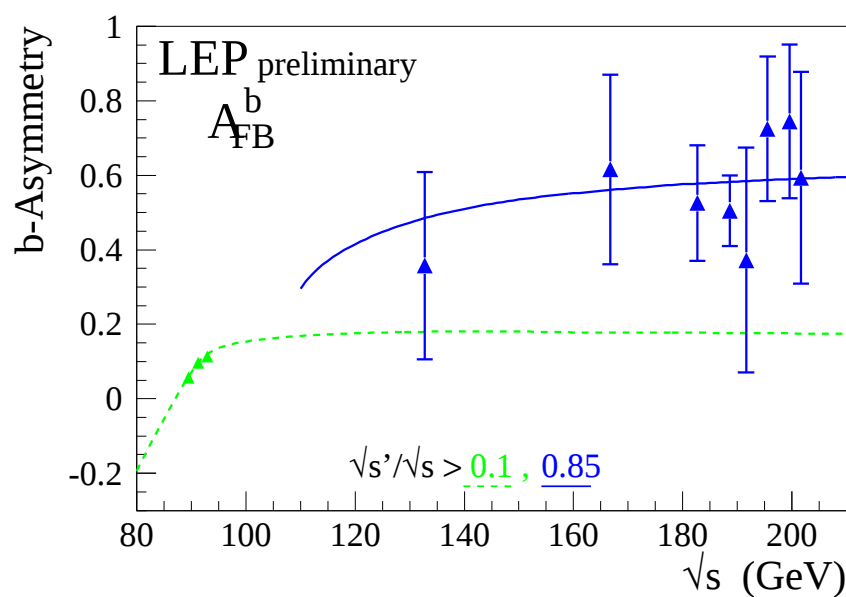


Sapori pesanti: A_{FB}^f

❑ Risultati **pubblicati** o **preliminari**:

$\sqrt{s}$	133.2	166.6	182.7	189.7	192 - 202
A_{FB}^b	- D - O	- D - O	A - - O	A D L O	- D - -
A_{FB}^c	- D - O	- D - O	A - - O	- - - O	- - - -

- Misura tramite $\langle Q_{FB}^f \rangle$ (ALEPH, DELPHI, OPAL).
- Misura tramite fit su distribuzione angolare (L3, OPAL).



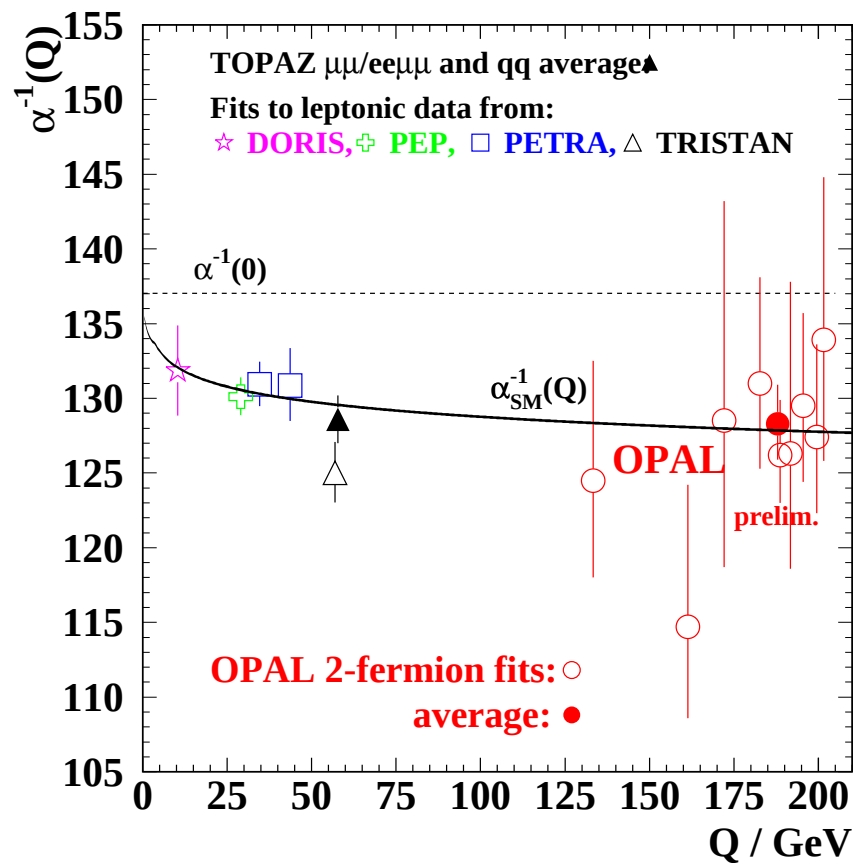
□ Interpretazione nell'ambito del Modello Standard:

- Running di α_{QED} .
- S-matrix fit.

□ Interpretazione in termini di nuova fisica:

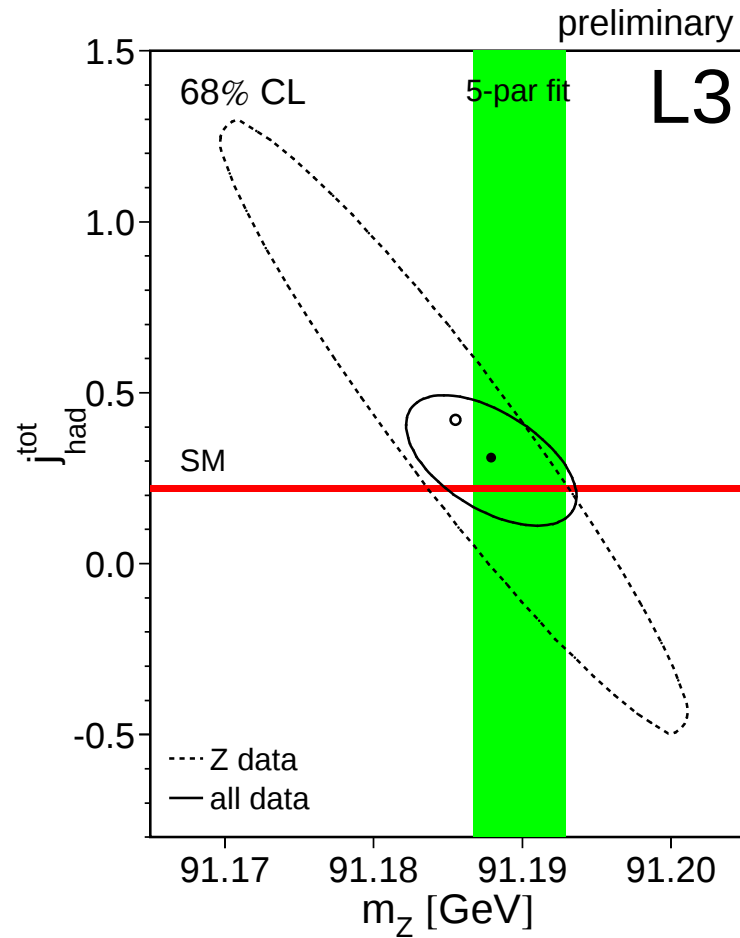
- Limiti su interazioni di contatto.
- Limiti su violazione di R-parità.
- Limiti su scambio di Z' .

- Fit sulle sezioni d'urto e sulle asimmetrie $\mu^+\mu^-$ e $\tau^+\tau^-$ non radiativi utilizzando ZFITTER (OPAL):



$$\bullet \alpha_{\text{QED}}^{-1}(187.9) = 128.3^{+2.6}_{-2.4}$$

❑ Risultati S-matrix fit per i dati combinati LEP 1 + LEP 2 (1990÷1999):



- m_Z [MeV] = 91187.9 ± 3.8

- Γ_Z [MeV] = 2502.4 ± 4.1

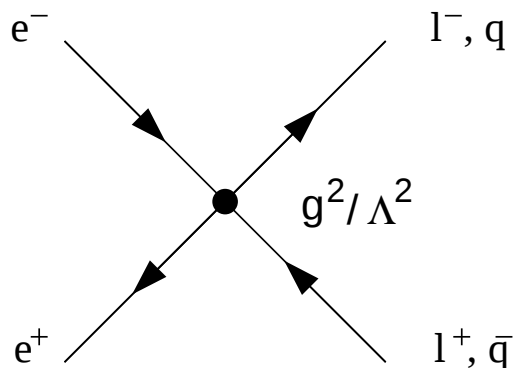
- $j_{had}^{tot} = 0.30 \pm 0.13$

- $j_l^{tot} = 0.007 \pm 0.018$

- $r_{had}^{tot} = 2.985 \pm 0.009$

- $r_l^{tot} = 0.1431 \pm 0.0006$

- Mediante le interazioni di contatto si introducono effetti di nuova fisica ad elevate scale di energia (TeV).



- g : Forza dell'accoppiamento.
- Λ : Scala di energia equivalente alla massa della particella scambiata (valore determinato assumendo $g^2/4\pi = 1$).
- Lagrangiana effettiva per le interazioni di contatto nei processi $e^+e^- \rightarrow f\bar{f}$:

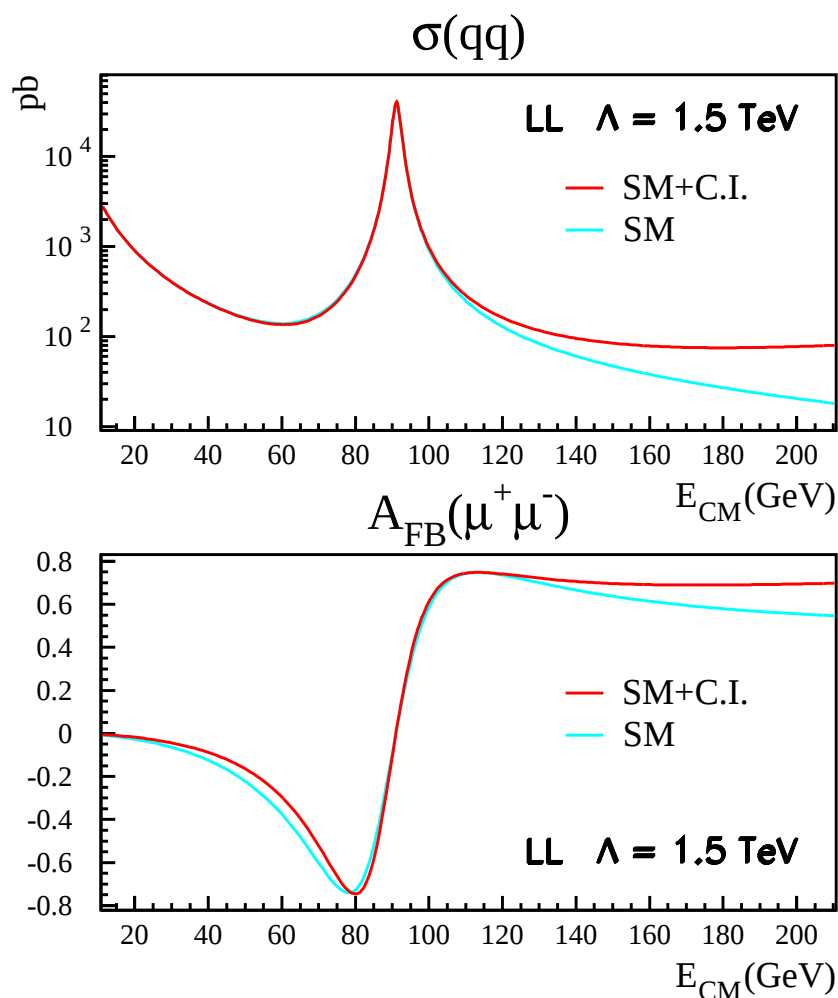
$$\mathcal{L} = \frac{1}{1 + \delta_{ef}} \sum_{i,j=L,R} \eta_{ij} \frac{g^2}{\Lambda^2} (\bar{e}_i \gamma^\mu e_i) (\bar{f}_j \gamma_\mu f_j)$$

- $\delta_{ef} = 1$ per lo stato finale e^+e^- , altrimenti 0.
- η_{ij} definisce l'ampiezza di elicità che interviene nell'interazione (si assume $|\eta_{ij}| = 0, 1$).

- Effetto delle interazioni di contatto sulla sezione d'urto differenziale

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta} = \frac{d\sigma^{SM}}{d\cos\theta} + c_2(s, \cos\theta) \frac{1}{\Lambda^2} + c_4(s, \cos\theta) \frac{1}{\Lambda^4}$$

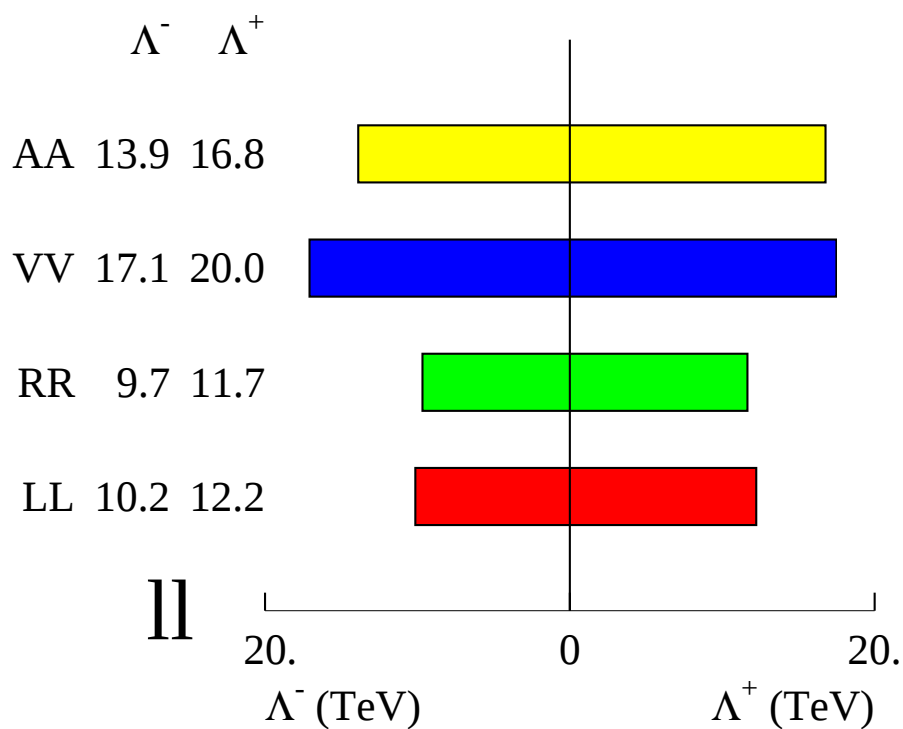
- Effetto delle interazioni di contatto nel modello LL per la:
 - Sezione d'urto $e^+e^- \longrightarrow q\bar{q}$.
 - Asimmetria $e^+e^- \longrightarrow \mu^+\mu^-$.



- Fit sulle distribuzioni angolari rispetto al parametro $\epsilon = 1/\Lambda^2$.
- Limiti combinati LEP:

	η_{RR}	η_{LL}	η_{LR}	η_{RL}
AA	± 1	± 1	∓ 1	∓ 1
VV	± 1	± 1	± 1	± 1
LL	± 1	0	0	0
RR	0	± 1	0	0

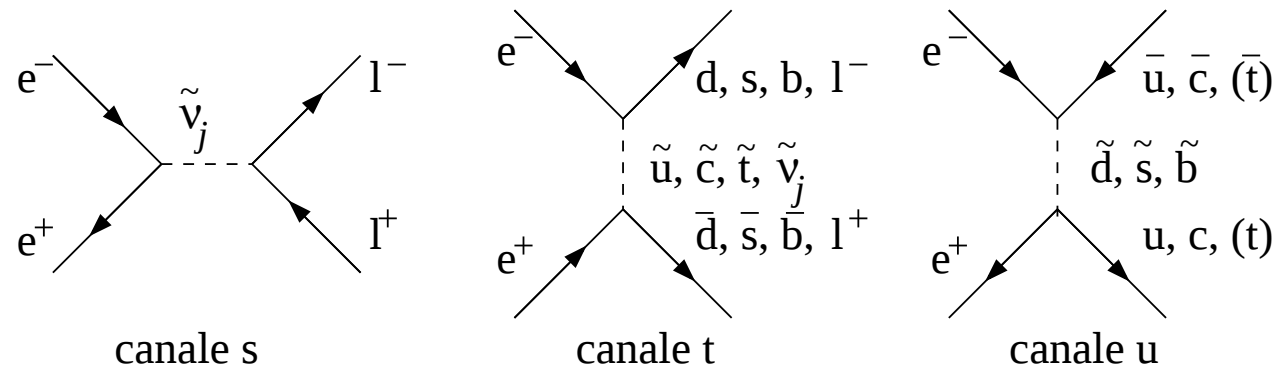
LEP Combined Preliminary



- Termini di violazione della R-parità:

$$\mathcal{L} = \lambda_{ijk} L_L^i L_L^j \bar{E}_R^k + \lambda'_{ijk} L_L^i L_Q^j \bar{D}_R^k$$

- Canali di scambio delle s-particelle nell'ipotesi di violazione di R-parità:

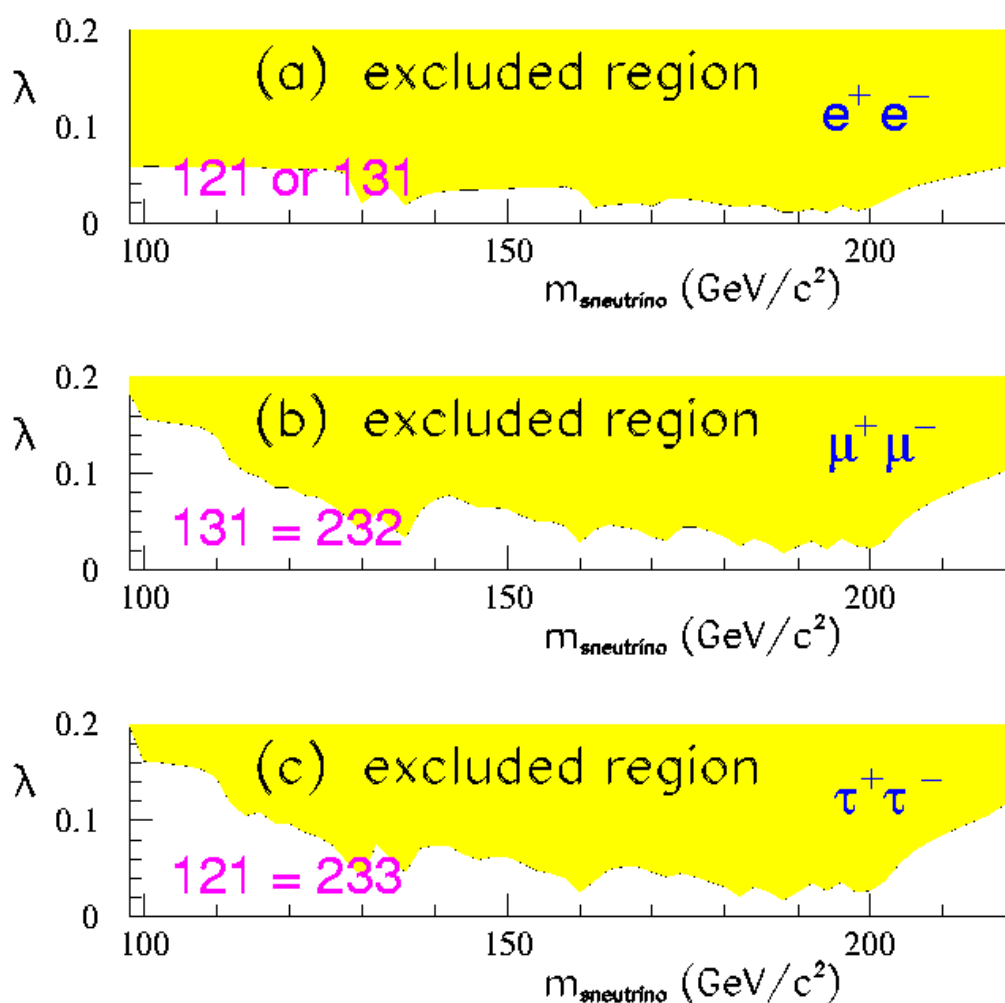


- S-neutrini che contribuiscono ai processi $l^+ l^-$ che violano la R-parità:

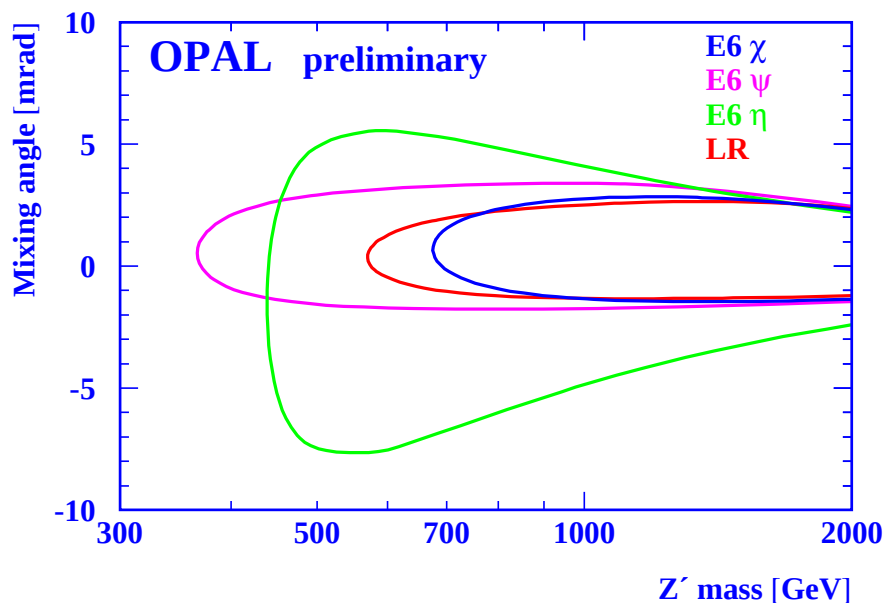
λ_{ijk}^2	$e^+ e^-$	$\mu^+ \mu^-$	$\tau^+ \tau^-$
λ_{121}^2	$\tilde{\nu}_\mu(t,s)$	$\tilde{\nu}_e(t,s)$	
λ_{131}^2	$\tilde{\nu}_\tau(t,s)$		$\tilde{\nu}_e(t)$
$\lambda_{121} \lambda_{233}$			$\tilde{\nu}_\mu(s)$
$\lambda_{131} \lambda_{232}$		$\tilde{\nu}_\tau(s)$	

- Limiti sullo scambio di S-neutrino nei canali $e^+e^- \longrightarrow l^+l^-$:

DELPHI preliminary



- ❑ Lagrangiana di interazione: $\mathcal{L} = eA_\mu J_\gamma^\mu + gZ_\mu J_Z^\mu + g'Z'_\mu J_{Z'}^\mu$
- ❑ Bosone Z' previsto da varie teorie:
 - **GUT** (modelli χ , ψ , η)
 - Modello simmetrico left-right **LR**
 - Modello **SSM**: Z' ha le stesse proprietà della Z , ma è più pesante.



Modello Z'	$m_{Z'}^{min}$ (GeV)
χ	753 (OPAL)
ψ	403 (OPAL)
η	486 (OPAL)
LR	635 (OPAL)
SSM	1000 (L3)

- ❑ Le sezioni d'urto e le asimmetrie per i processi $e^+e^- \longrightarrow f\bar{f}$ misurate fino a 202 GeV sono in accordo con il Modello Standard.
- ❑ Sono stati interpretati i risultati nell'ambito del Modello Standard in termini di:
 - Running di α_{QED} .
 - S-matrix fit.
- ❑ Sono stati presentati limiti su interazioni di nuova fisica per:
 - Interazioni di contatto.
 - Scambio di S-neutrini.
 - Scambio del bosone Z' .