Riassunto della lezione precedente

- DIS polarizzato : proprietà generali di S^μ;
  tensore adronico e struttura antisimmetrica;
  due nuove funzioni di struttura;
  ampiezza di scattering e funzioni di struttura polarizzate;
  sezione d'urto e strategia di estrazione delle funz. struttura

- asimmetrie di elicità "teoriche" legate a risposte di interferenza rispetto alla polarizzazione del γ^* scambiato; scaling delle asimmetrie

- asimmetrie di elicità "teoriche" → sperimentali

- QPM picture: → distribuzione di elicità
  → distribuzione di spin trasverso
  → relazione di Wandzura-Wilczek
  → regola di somma di Burkhardt-Cottingham

Distribuzione di polarizzazione trasversa

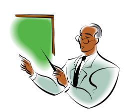
procedura simile

$$\tilde{G}_1(x_B)+\tilde{G}_2(x_B) \equiv g_1(x_B)+g_2(x_B) = \frac{1}{2Mx_B}\sum_{f,\bar{f}} e_f^2\, m_f\, [q_f^{\rightarrow}(x_B)-q_f^{\leftarrow}(x_B)]$$

risulta $\quad -\dfrac{g_1(x)}{x} = \dfrac{\partial}{\partial x}[g_1(x)+g_2(x)]$

relazione di Wandzura−Wilczek $\quad g_2(x) = \displaystyle\int_x^1 \frac{dy}{y} g_1(y) - g_1(x)$

regola di somma Burkhardt−Cottingham $\quad \displaystyle\int_0^1 dx g_2(x) = 0$



e in generale $\quad \displaystyle\int_0^1 dx\, x^{J-1}\left[\frac{J-1}{J} g_1(x) + g_2(x)\right] = 0$

Distribuzione di elicità e misura dello spin

In generale $g_1(x_B,Q^2)$: dipendenza da Q^2 (= violazione dello scaling)
calcolabile in QCD perturbativa
interesse in $g_1(x_B\,,Q^2)$ è dovuto al fatto che il suo 1° momento di Mellin fornisce informazioni sull'elicità dei quark ed inoltre è calcolabile su reticolo

1° momento di Mellin di g_1

$$\Gamma_1(Q^2) = \int_0^1 dx\, g_1(x,Q^2) = \frac{1}{2}\sum_{f,\bar{f}} e_f^2 \int_0^1 dx\,(q_f^{\uparrow}(x,Q^2) - q_f^{\downarrow}(x,Q^2)) = \frac{1}{2}\sum_{f\bar{f}} e_f^2\, \Delta q_f$$

$$\Delta q_f = \int_0^1 dx\,(q_f^{\uparrow}(x,Q^2) - q_f^{\downarrow}(x,Q^2))$$

exp. $\rightarrow A_{||} \rightarrow A_1\ (A_2 \sim 0) \rightarrow g_1\ (x_B,Q^2) \rightarrow \Gamma_1(Q^2) \rightarrow \Delta q_f$

1 relazione per $f \geq 3$ incognite !

(continua)

in QPM per protone : $\Gamma_1^p = \frac{1}{2}\left(\frac{4}{9}\Delta u + \frac{1}{9}\Delta d + \frac{1}{9}\Delta s\right)$

QPM : funz. d'onda del q in P↑ "ispirata" a $SU_f(3) \otimes SU(2)$

$$|P^\uparrow\rangle \approx \frac{1}{\sqrt{6}}\left(2u^\uparrow u^\uparrow d^\downarrow - u^\uparrow u^\downarrow d^\uparrow - u^\downarrow u^\uparrow d^\uparrow\right)$$ $\rightarrow \Gamma_1^p = 5/18 \sim 0.28$

$\Delta\Sigma = 1$

3 incognite → info da corrente assiale $A_\mu^a \sim \gamma_\mu\gamma_5 T^a$ in decadimenti semi-leptonici (ex. β decay) nell'ottetto barionico

Risulta

$$\Gamma_1^p = \int_0^1 dx\, g_1^p(x) \sim \frac{1}{12}\langle A_\mu^3\rangle \left[1 + \frac{5}{3}\frac{\langle A_\mu^8\rangle}{\langle A_\mu^3\rangle}\right] = \frac{1}{12}\left|\frac{g_A}{g_V}\right|_{np}\left[1 + \frac{5}{3}\frac{3F-D}{F+D}\right]$$
$$= 0.17 \pm 0.01$$

$$\Delta\Sigma = 3F - D = 0.60 \pm 0.12$$

da fit a decadimenti semi-leptonici → F= 0.47 ± 0.004 ; D=0.81± 0.003

regola di somma di Ellis-Jaffe ('73)
(hp.= perfetta simmetria $SU_f(3)$ + $\Delta s = 0$)

correzioni complicate

Esperimento EMC (CERN, ' 87)

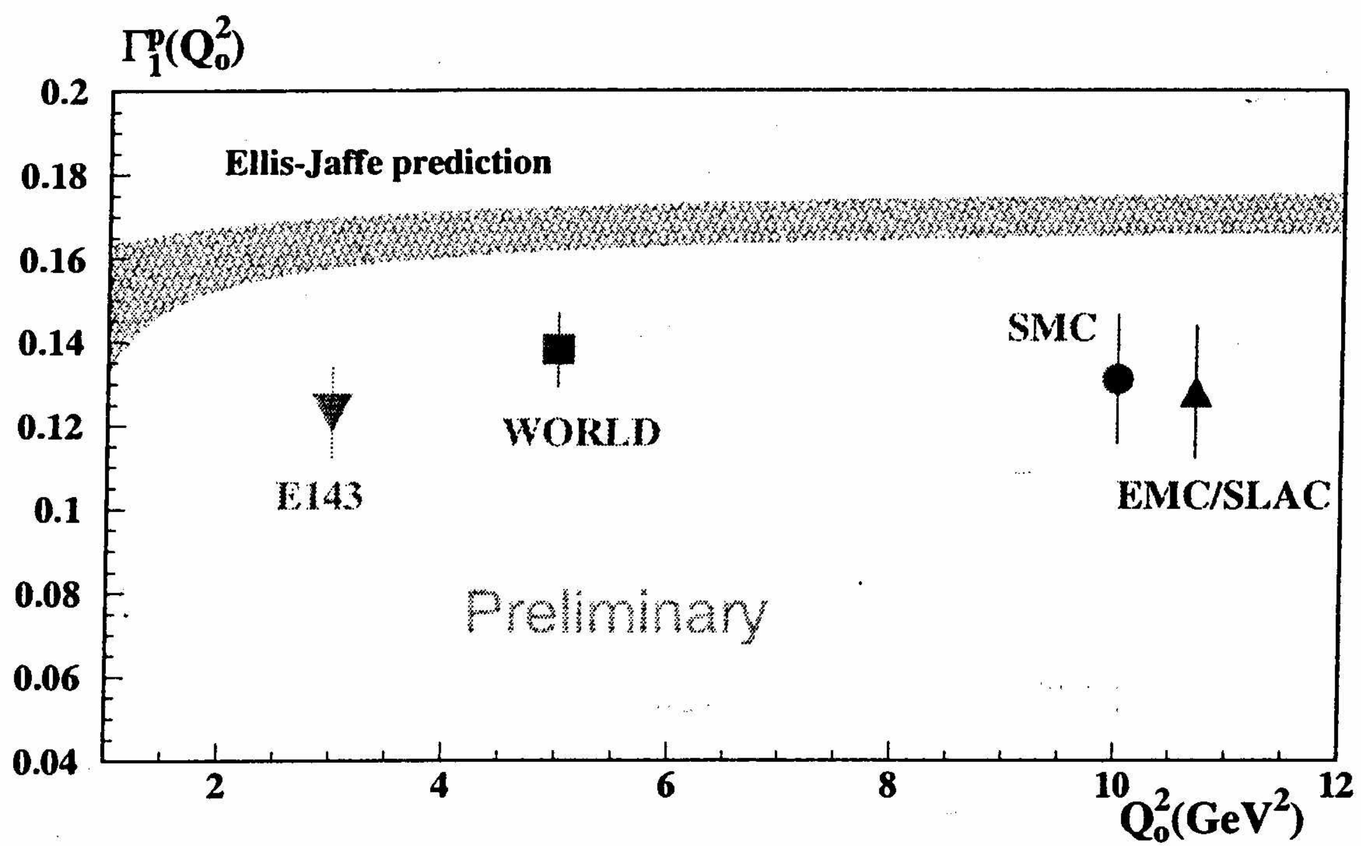
$\mu^\uparrow p^\uparrow \rightarrow \mu p$ at $Q^2 = 10.7$ GeV^2

$$A_\parallel = -\frac{d\sigma^{\uparrow\uparrow} - d\sigma^{\uparrow\downarrow}}{d\sigma^{\uparrow\uparrow} + d\sigma^{\uparrow\downarrow}} \sim \frac{E - E'\epsilon}{E(1+\epsilon R)} A_1 \sim \frac{E - E'\epsilon}{E(1+\epsilon R)} \frac{g_1(x_B, Q^2)}{F_1(x_B, Q^2)}$$

$$\Gamma_1^p(10.7) = \int_{x_{min}}^{x^{max}} dx\, g_1(x, 10.7) = 0.126 \pm 0.010 \pm 0.015$$

$R = \sigma_L / \sigma_T$
da sez. d' urto non polarizzata

confermato da altri esperimenti:
SMC (Cern),
E142 e E143
(SLAC)



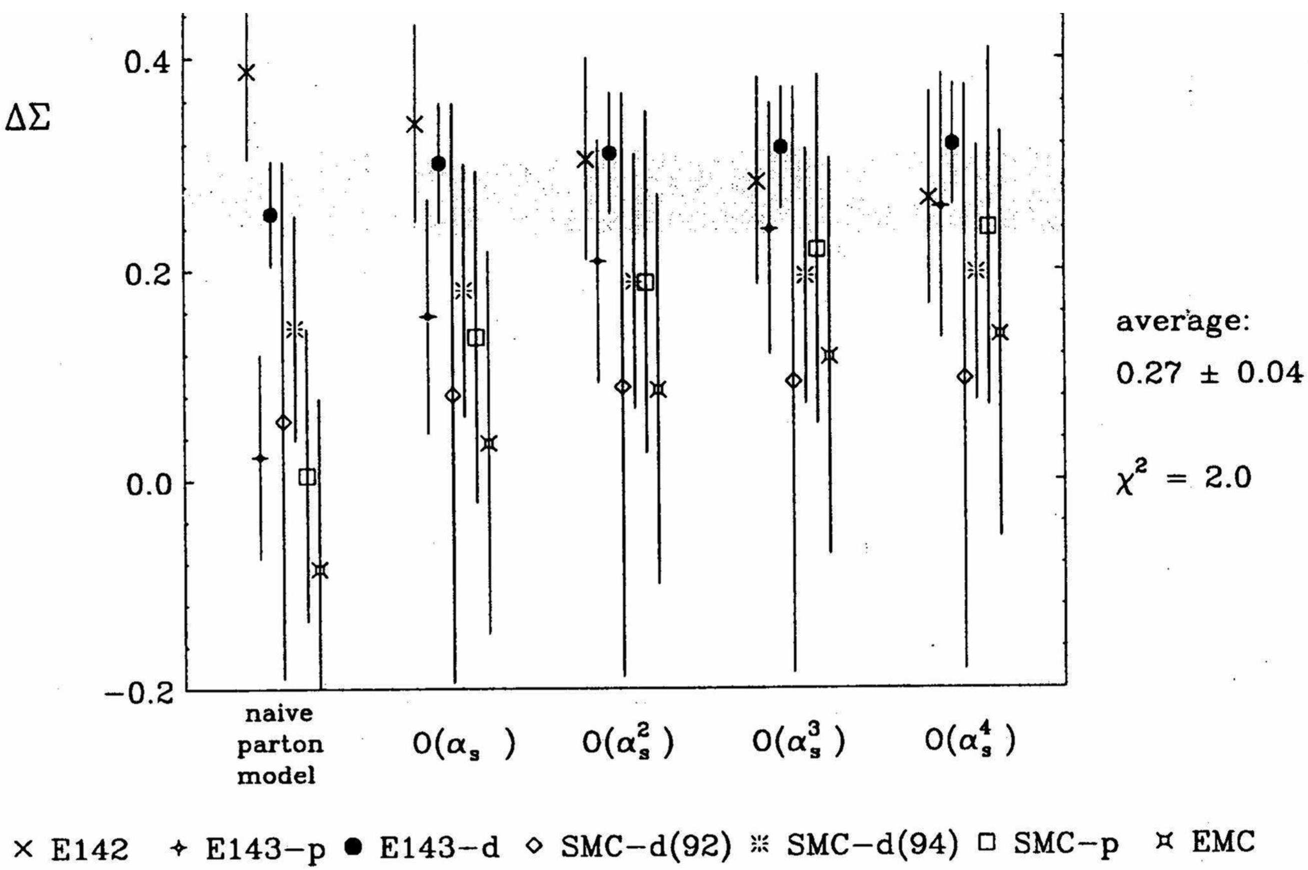
Spin crisis

$F, D, \Gamma_1^p (Q^2) \rightarrow \Delta\Sigma (Q^2) \rightarrow \Delta u, \Delta d, \Delta s$

$Q^2 = 10.7\ GeV^2$
$\Delta\Sigma = 0.13 \pm 0.19$

$\Delta u = 0.78 \pm 0.10$
$\Delta d = 0.50 \pm 0.10$
$\Delta s = -0.20 \pm 0.11$

polarizzazione
negativa del mare



$Q^2 = 3\ GeV^2$
$\Delta\Sigma = 0.27 \pm 0.04$

(spin crisis continua)

QPM	Ellis – Jaffe sum rule	exp.
	$SU_f(3)$ + $\Delta s = 0$	$Q^2 = 10.7$ GeV^2
$\Gamma_1^p \sim 0.28$	$\Gamma_1^p = 0.17 \pm 0.01$	$\Gamma_1^p = 0.126 \pm 0.010 \pm 0.015$
$\Delta\Sigma = 1$	$\Delta\Sigma = 0.60 \pm 0.12$	$\Delta\Sigma = 0.13 \pm 0.19$
		$Q^2 = 3$ GeV^2
		$\Delta\Sigma = 0.27 \pm 0.04$

discrepanza $> 2\sigma$

violazione di $SU_f(3)$

estrapolazione $g_1(x)$ per $x \to 0$

anomalia assiale $\partial^\mu A_\mu^0 = \frac{n_f \alpha_s}{2\pi} \epsilon^{\mu\nu\rho\sigma} F_{\mu\nu} F_{\rho\sigma}$

$\to$ contributo di gluoni

$$\Delta q = \Delta q' - \frac{\alpha_s}{2\pi} \Delta g$$

nessuna ipotesi spiega quantitativamente la discrepanza osservata

Regole di somma

Bjorken sum rule polarizzata

assiale

da accoppiamenti deboli in decadimento β del N

$$\int_0^1 dx\,[g_1^p(x) - g_1^n(x)] = \frac{1}{6}\frac{G_A}{G_V}\left(1 - \frac{\alpha_s(Q^2)}{\pi} + \ldots\right)$$

correzioni pQCD

vettoriale

QPM: funz. d'onda del q in P secondo $SU_f(3) \otimes SU(2)$

$$A_1^p = \frac{\sum_f e_f^2 (q_f^\uparrow - q_f^\downarrow)}{\sum_f e_f^2 (q_f^\uparrow + q_f^\downarrow)}$$

$$A_1^n = \text{stesso con } u \leftrightarrow d = 0$$

$$\int_0^1 dx\,(g_1^p - g_1^n) = \int_0^1 dx\,(A_1^p F_1^p - A_1^n F_1^n) = \frac{5}{18}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{G_A}{G_V} \overset{\text{QPM}}{=} \frac{5}{3} \leftrightarrow 1.6667 \pm 0.003}$$

exp. 1.267 ± 0.004

Componente trasversa del momento del partone

se $p_T \neq 0$ $\quad \gamma^{*\uparrow} q^\uparrow$, $\gamma^{*\downarrow} q^\downarrow$ permesse

ad esempio per 1 flavor solo con $q^\uparrow$ in $\sigma_{Jz}^{\lambda} (\gamma^* q^\uparrow)$

$p_T = 0$

$$A_1 = \frac{\sigma^T_{1/2} - \sigma^T_{3/2}}{\sigma^T_{1/2} + \sigma^T_{3/2}} = \frac{\sum_{f,\bar f} e_f^2 \,(q_f^\uparrow - q_f^\downarrow)}{\sum_{f,\bar f} e_f^2 \,(q_f^\uparrow + q_f^\downarrow)} \sim \frac{q_f^\uparrow}{q_f^\uparrow} = 1$$

$p_T \neq 0$

$$A_1 = \frac{\sigma^T_{1/2} - \sigma^T_{3/2}}{\sigma^T_{1/2} + \sigma^T_{3/2}} = 1 - \frac{p_T^2}{E(E+m)} \sim 1$$

$$\frac{g_A}{g_V} = \frac{5}{3} \equiv \frac{5}{3} \langle \sigma_z \rangle \quad \longrightarrow \quad \frac{g_A}{g_V} = \frac{5}{3} \left(1 - \frac{p_T^2}{E(E+M)} \right)$$

Sum rule :

QPM	+ pQCD	exp.
0.27778	0.191 ± 0.002	0.209 ± 0.003