

# Il fascino intrinseco del protone

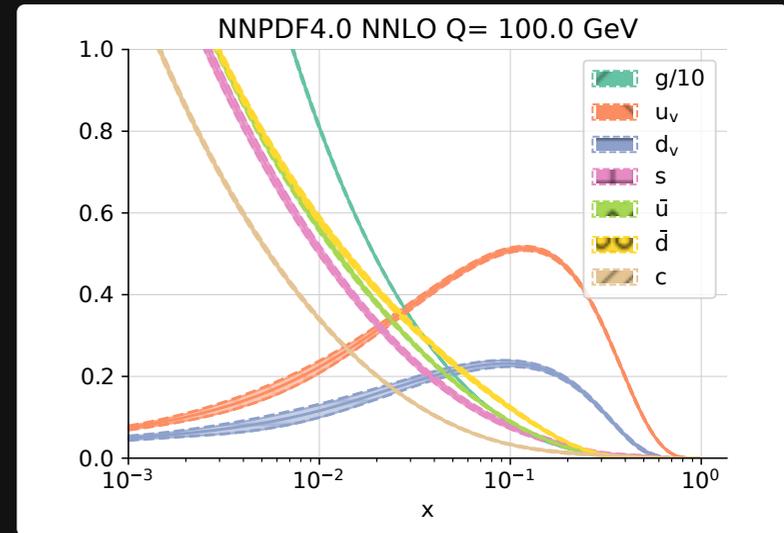
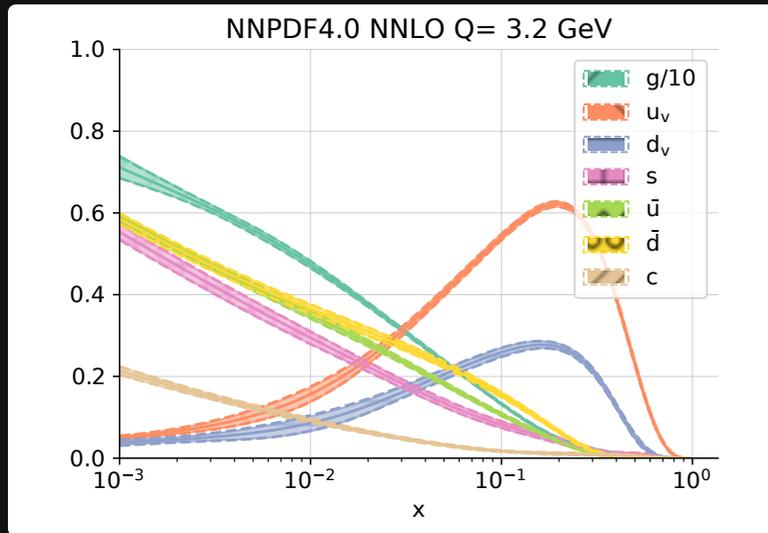


# FUNZIONI PARTONICHE (PDF)

[arXiv: 2109.02653]

La definizione delle PDF è una conseguenza di una proprietà della Cromodinamica Quantistica (QCD): la *fattorizzazione*

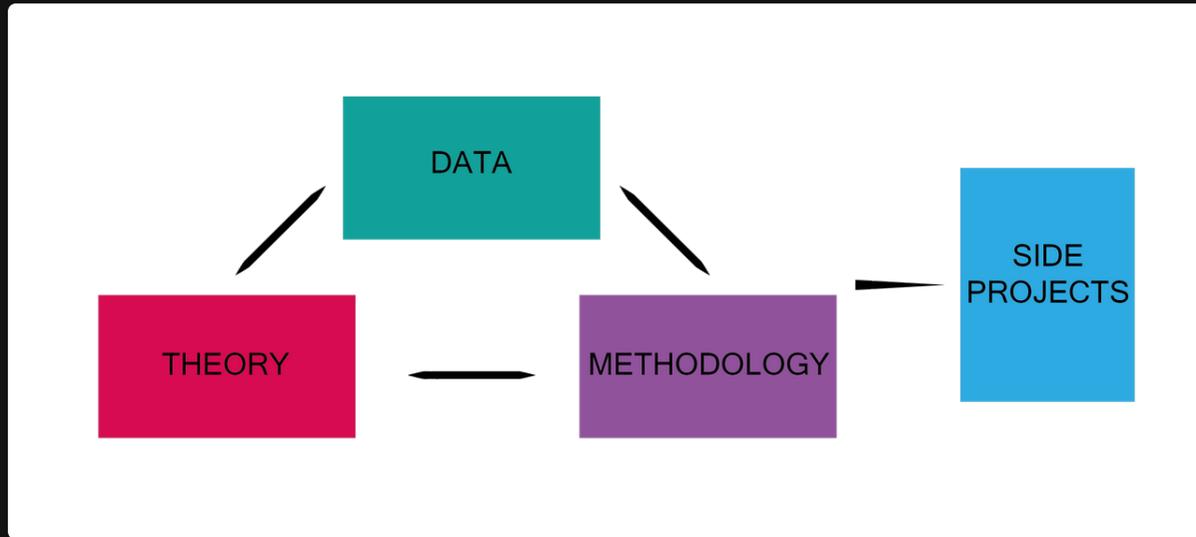
$$\sigma = \hat{\sigma} \otimes f + \mathcal{O}(\Lambda^2/Q^2)$$



Per ottenere un intero PDF set sono necessari molti ingredienti...

Le due maggiori novità introdotte da NNPDF 4.0 sono state:

- una **migliore metodologia**, basata su tecniche note di Machine Learning
- una crescita consistente nel numero di **nuovi pacchetti di dati da LHC**.



Invece, l'apparato per le predizioni teoriche è rimasto piuttosto consistente con le versioni precedenti, anche se l'applicazione è stata estesa ai nuovi dati.

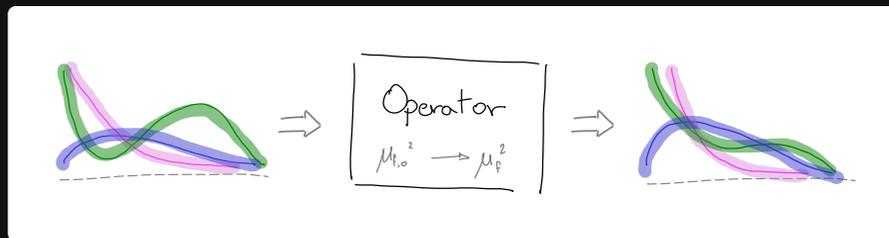
# EVOLUZIONE PERTURBATIVA (DGLAP)

Definiscono la dipendenza  
delle PDF dalla scala non fisica  
 $\mu$

$$\mu^2 \frac{df}{d\mu^2}(\mu^2) = \mathbf{P}(a_s(\mu^2), \mu^2) \otimes \mathbf{f}(\mu^2)$$

Queste equazioni definiscono un insieme di **operatori lineari**  $\mathbf{E}(\mu^2 \leftarrow \mu_0^2)$  **sulle PDF:**

$$\mathbf{f}(\mu^2) = \mathbf{E}(\mu^2 \leftarrow \mu_0^2) \otimes \mathbf{f}(\mu_0^2)$$



Per generarli, abbiamo scritto una libreria dedicata: Evolutionary Kernel Operator (EKO)



[arXiv: 2202.02338]

# CHARM NEL PROTONE

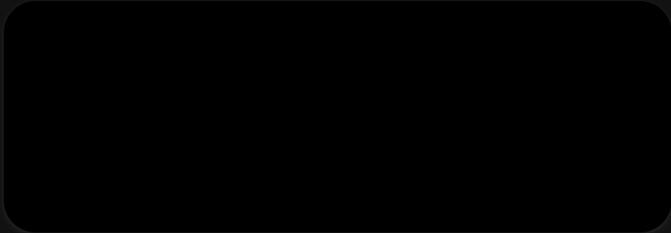
Pesante ma presente

[arXiv: 2208.08372]

Una componente di **charm** nel protone non è una novità, dato che viene generato dall'evoluzione perturbativa secondo le equazioni DGLAP, in uno schema con 4 o più flavor (per produzione di coppie dal gluone).

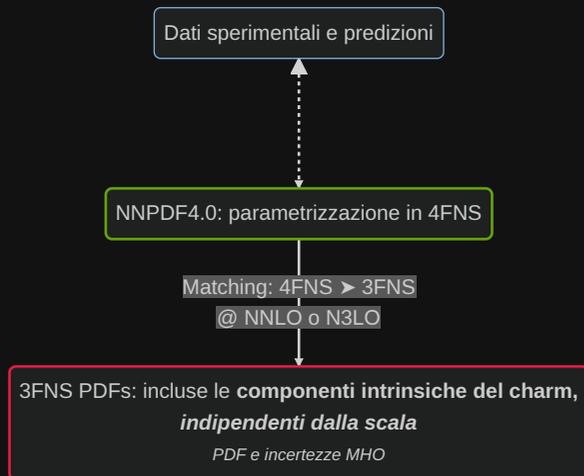
Ma è anche possibile ottenere un quark charm diversamente:

- **perturbativa**: generata dall'evoluzione DGLAP
- **intrinseca**: generata dalla dinamica non perturbativa
- **estratta**: rilevata nel risultato di una determinazione dai dati

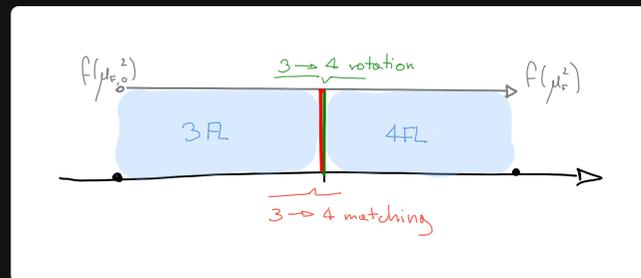


La componente charm nel fit **NNPDF4.0** non è direttamente *intrinseca*, dato che viene scelto di eseguirlo in uno schema a 4 flavor (4FNS).

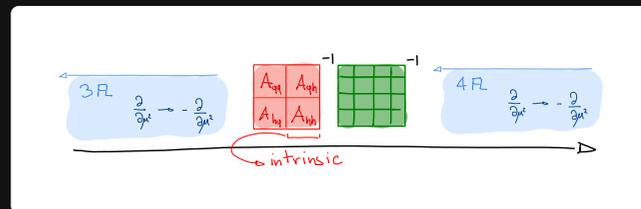
# ALLA SCOPERTA DELLA COMPONENTE INTRINSECA



Gli elementi di matrice dell'operatore (OME)  $\mathbf{A}^{(n_f)}(\mu_h^2)$  sono parzialmente noti fino a N<sup>3</sup>LO.

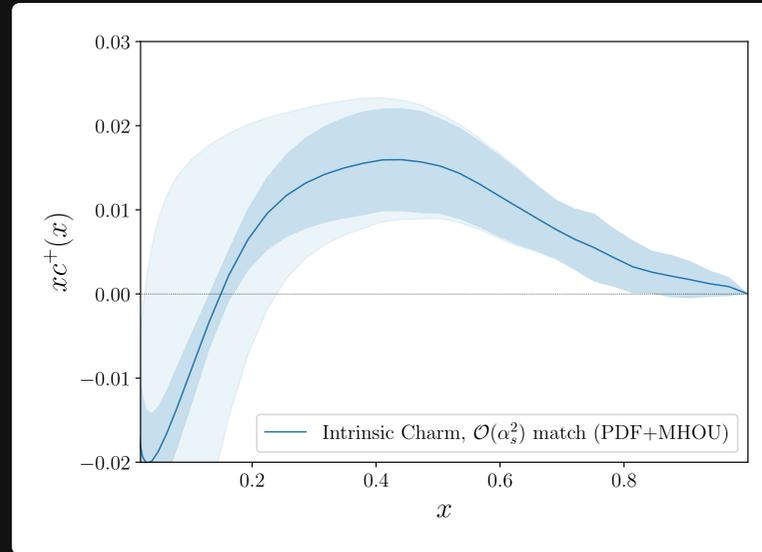


L'operatore inverso (l'OME può essere invertito sia perturbativamente che numericamente):



$$\mathbf{f}^{(n_f+1)}(\mu_{F,1}^2) = \left[ \mathbf{E}^{(n_f+1)}(\mu_{F,1}^2 \leftarrow \mu_h^2) \mathbf{R}^{(n_f)} \mathbf{A}^{(n_f)}(\mu_h^2) \mathbf{E}^{(n_f)}(\mu_h^2 \leftarrow \mu_{F,0}^2) \right] \times \mathbf{f}^{(n_f)}(\mu_{F,0}^2)$$

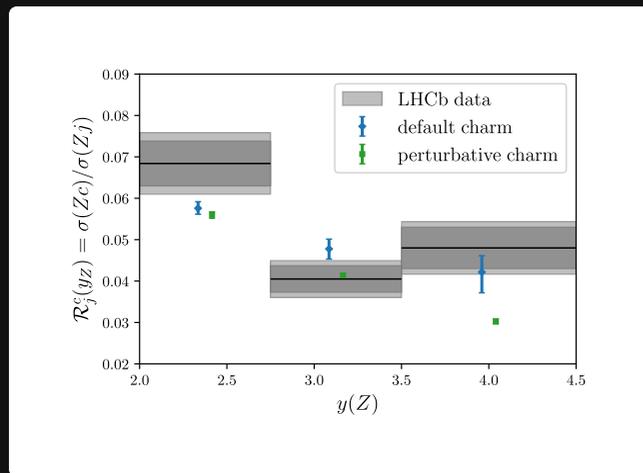
# EVIDENZA



In uno schema a **3 flavor (3FNS)** è possibile osservare un **picco** simile a quello dei **quark in valenza**.

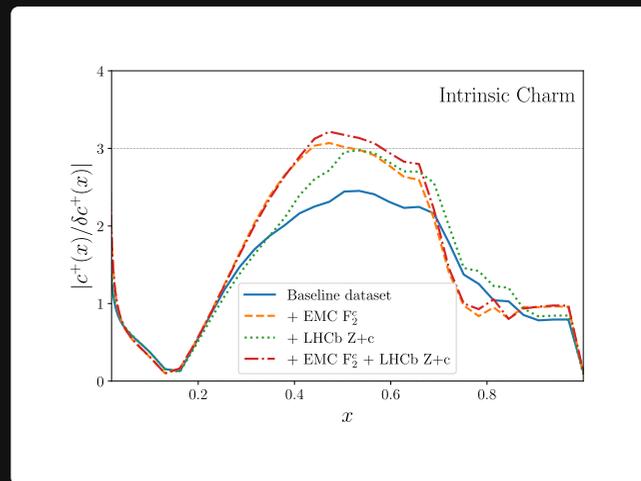
- per  $x \leq 0.2$  le **incertezze perturbative** sono piuttosto ampie
- la **frazione di impulso** associata è complessivamente entro l'**1%**

## PREDIZIONI E STABILITÀ



Il fit con charm intrinseco produce **migliori predizioni** per alcuni particolari dati, particolarmente sensibili alla presenza del charm, e *non inclusi nel fit*.

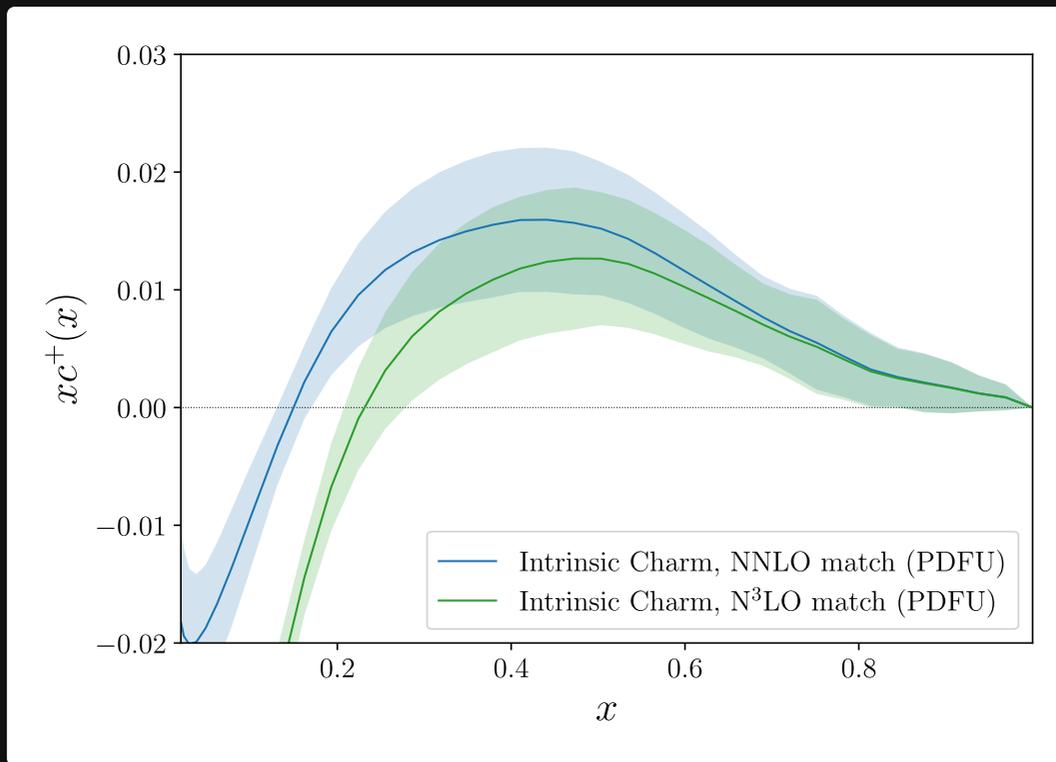
L'**evidenza è stabile** sotto variazioni dei dati considerati, *inclusi* quelli più sensibili al charm.



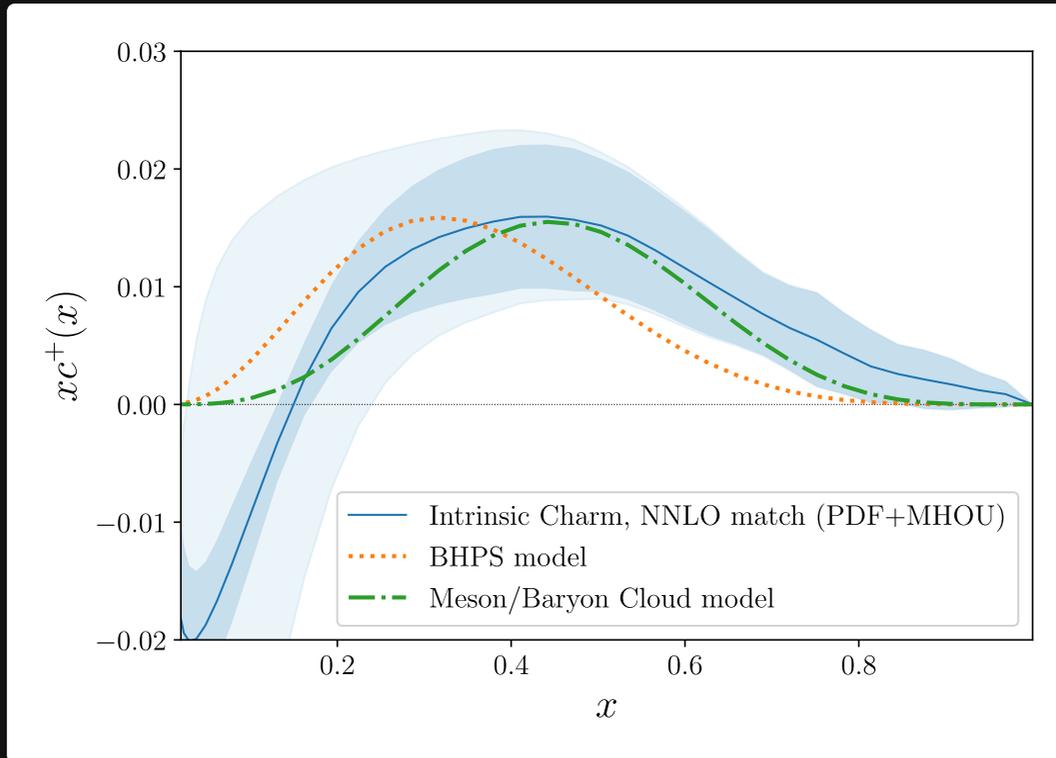
🌀 GRAZIE PER L'ATTENZIONE! 🎉

BACKUP

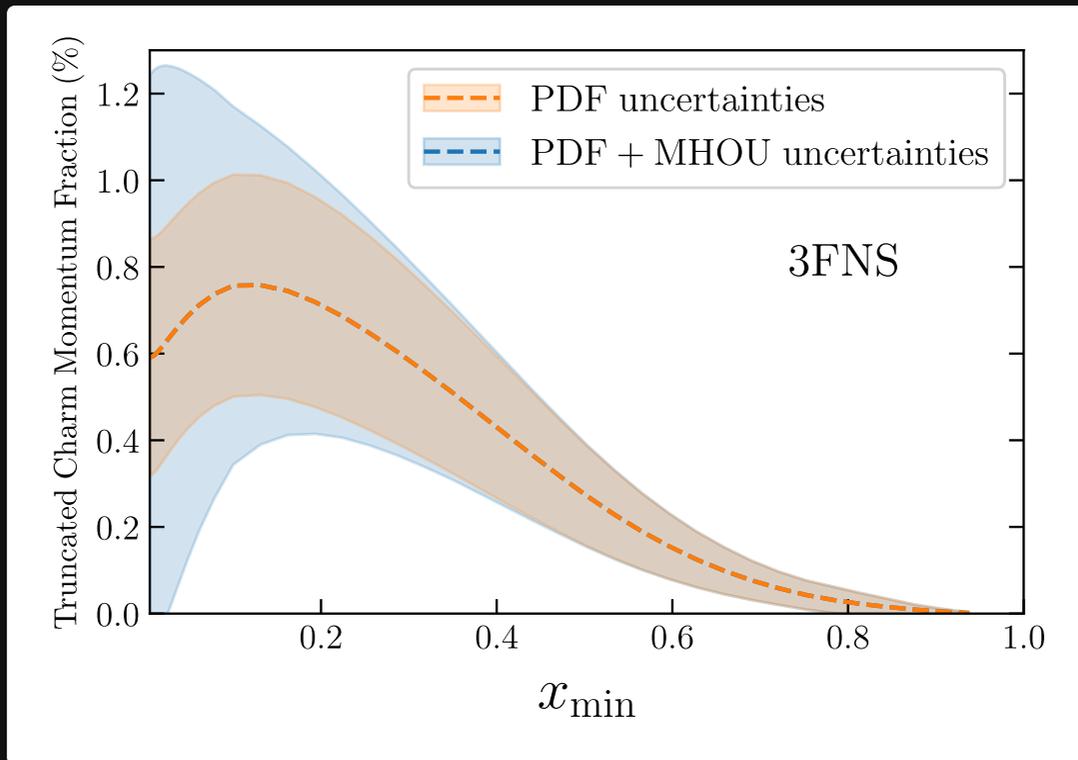
# INTRINSIC MATCHING EFFECT: NNLO vs N<sup>3</sup>LO



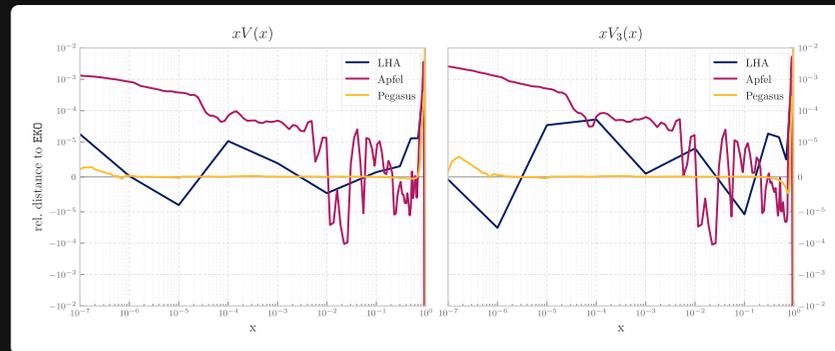
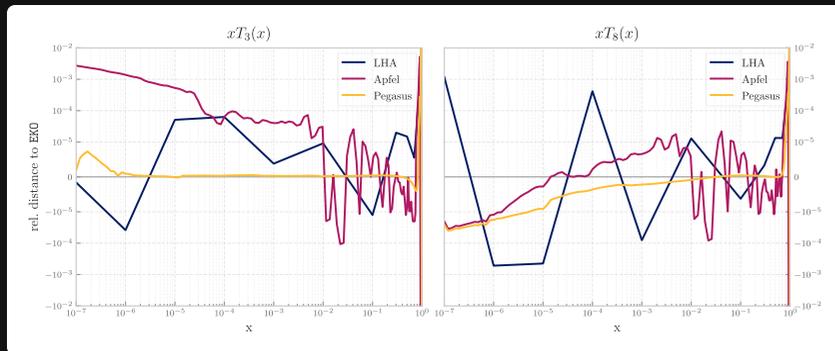
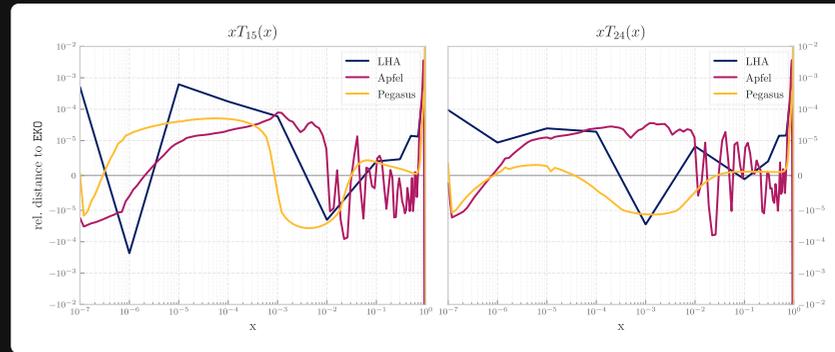
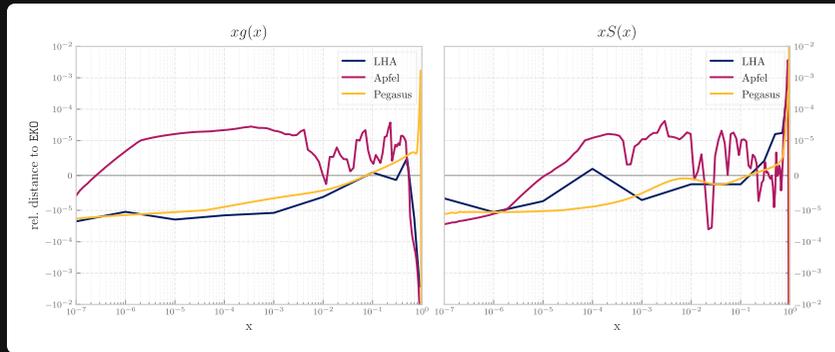
# MODELS COMPARISON



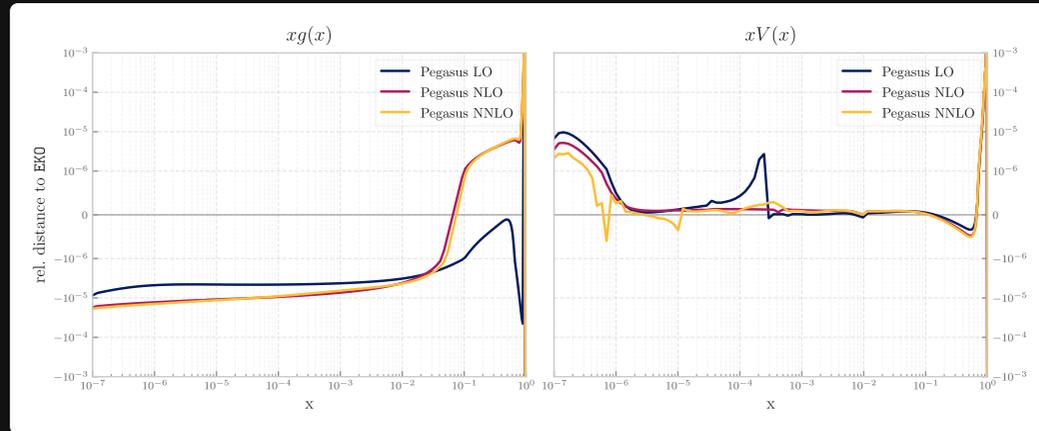
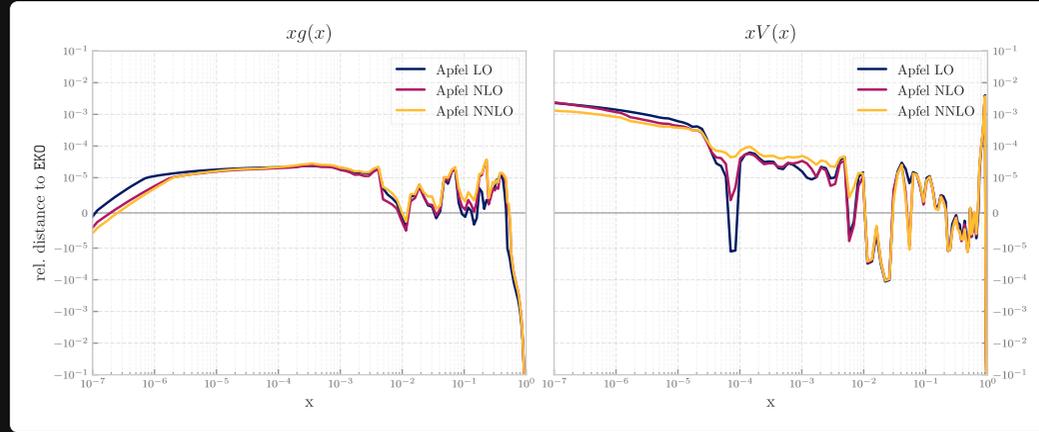
# CHARM TRUNCATED MOMENTUM FRACTION



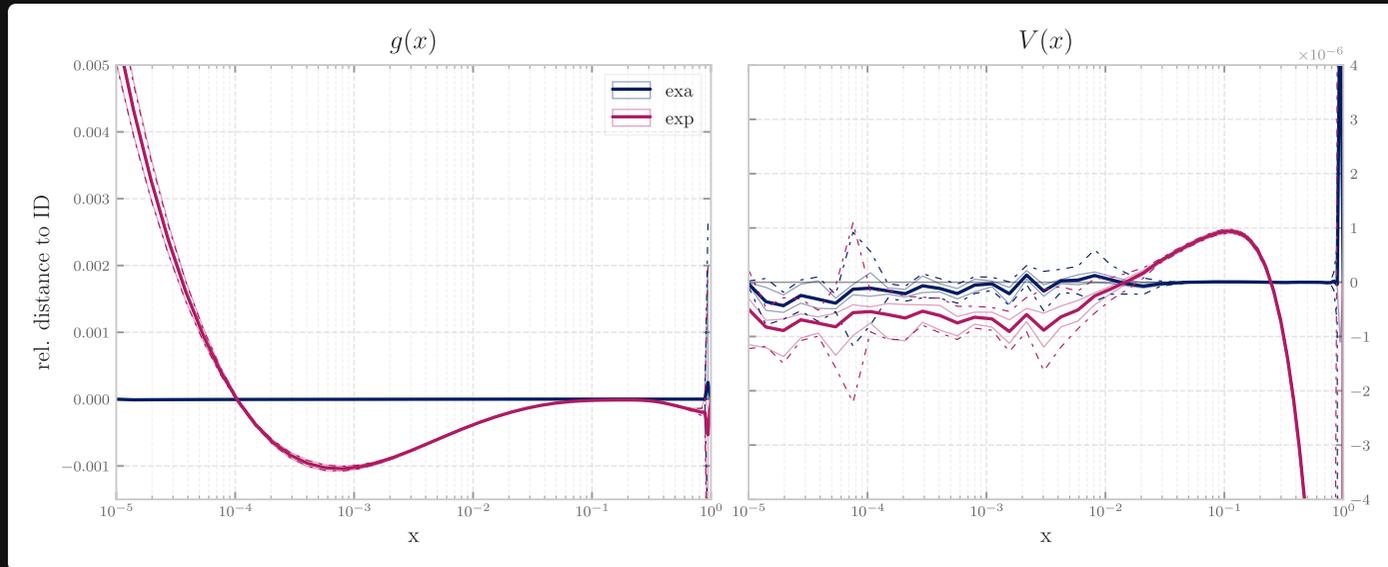
# EKO vs LHA BENCHMARK



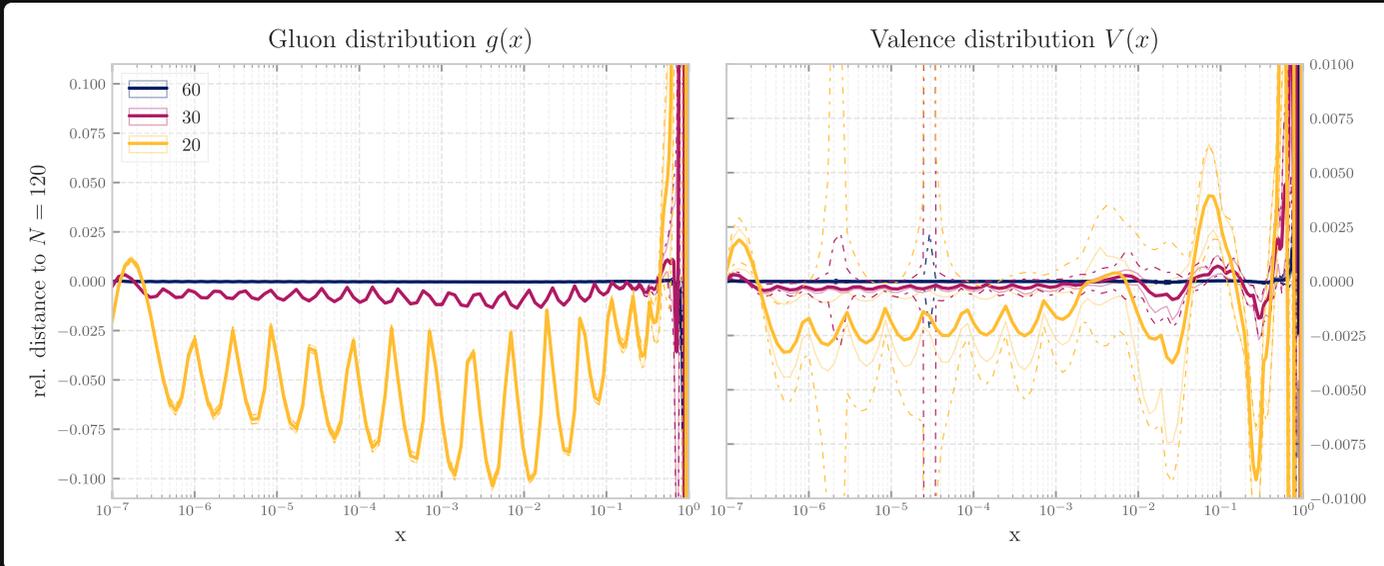
# EKO vs APFEL & PEGASUS



# EKO BACKWARD CLOSURE



# EKO INTERPOLATION



# EKO MATCHING: $\alpha_S$ AND PDFs

