

JET EVOLUTION

JOSEF BOBEK

WEJCF 2020

CO JE TO TEN JET?

CO JE TO TEN JET?

Nejmenovaný student AMSM:

12:38 AM **cotumamnapsat** co je to ten jet?
cotumamnapsat podle mě to nikdo neví a EJČFáci jenom larpují (edit)

LARP – Live action role-play

CO JE TO TEN JET?

Detektorová úroveň

Jety a algoritmy pro jejich rekonstrukci

Josef Bobek
WEJCF 2019

CO JE TO TEN JET?

Detektorová úroveň

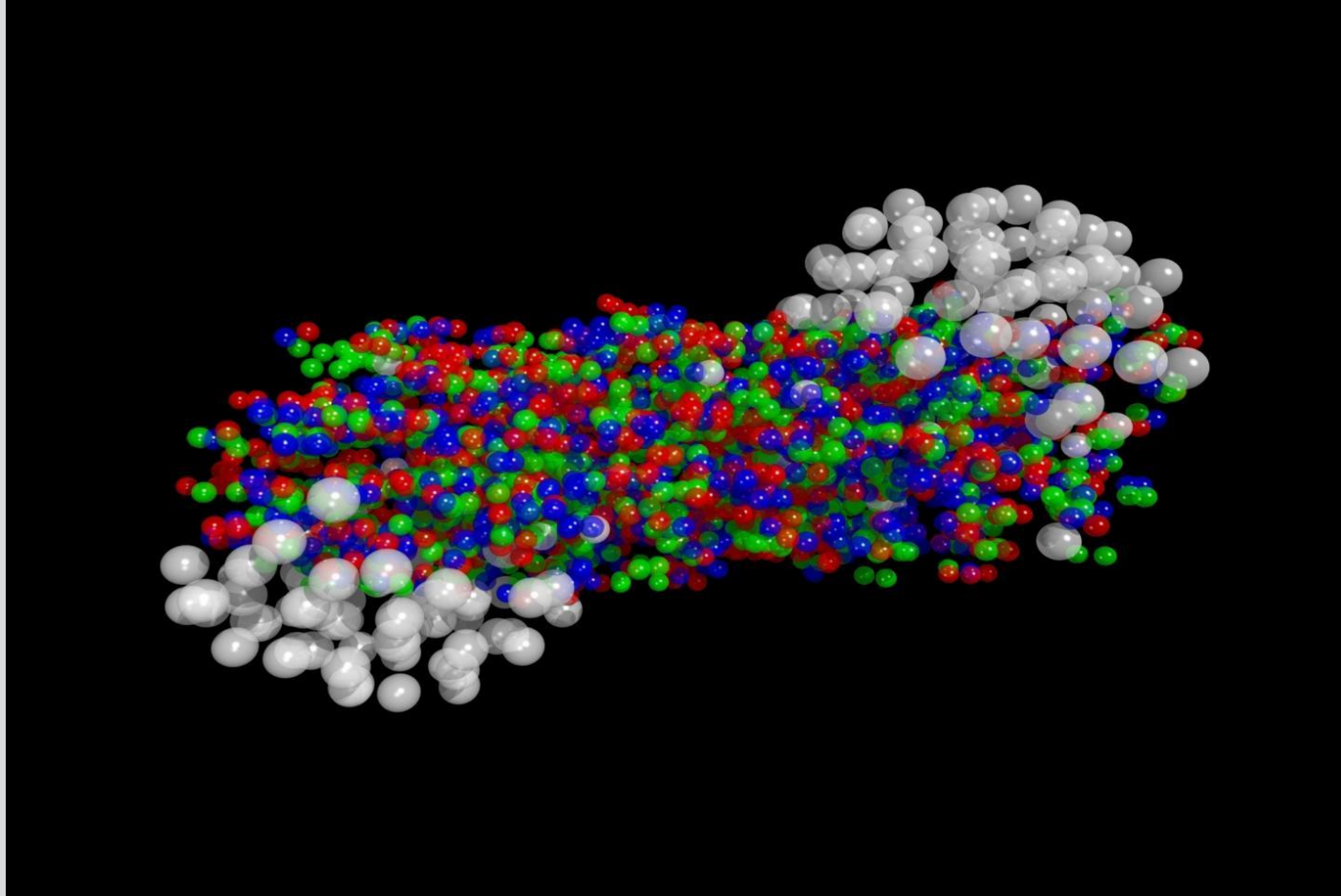
Partonová úroveň

CO JE TO TEN JET?

Detektorová úroveň

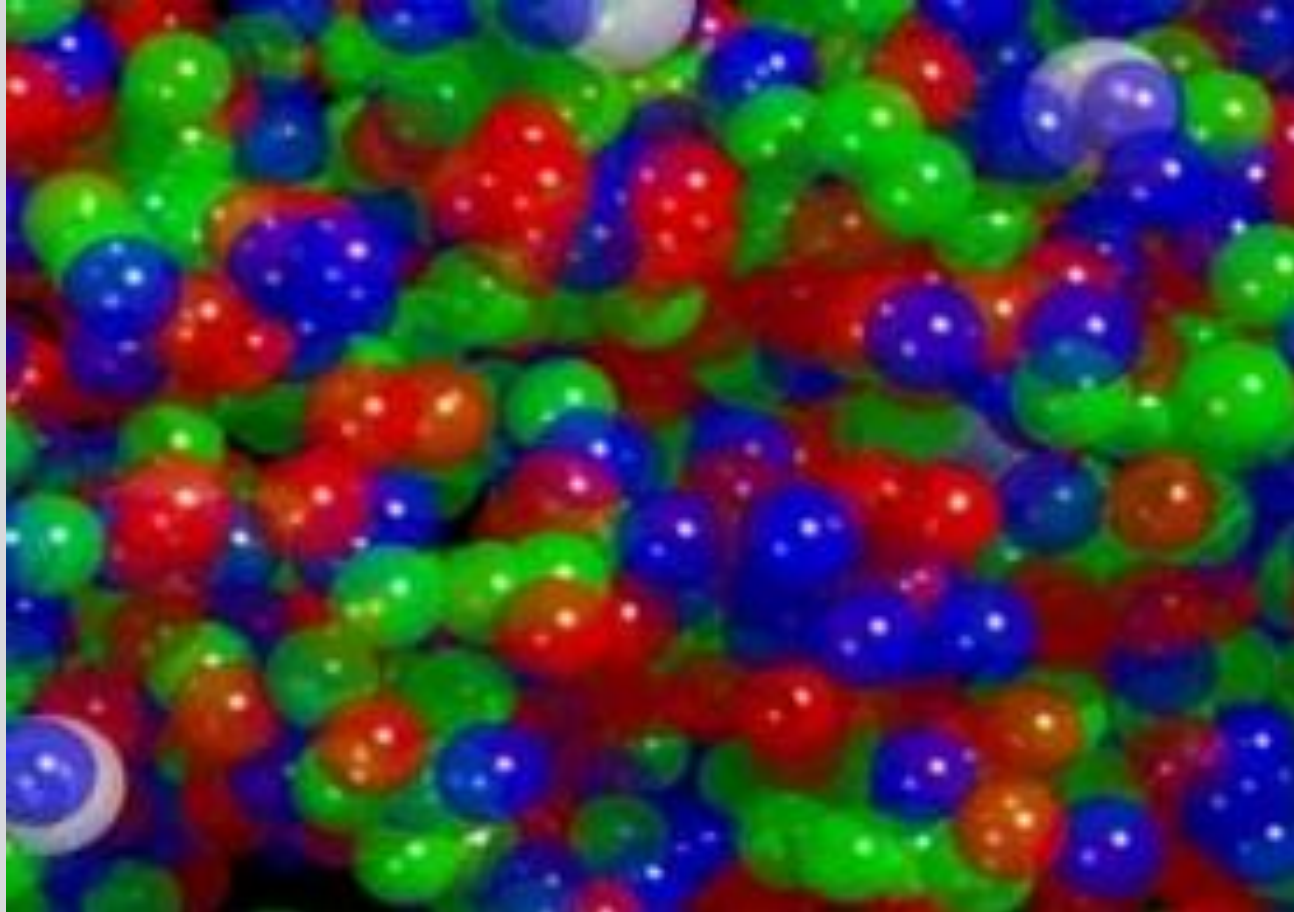
Partonová úroveň

CO JE TO TEN JET?



CO JE TO TEN JET?

Když se podíváme blíže...

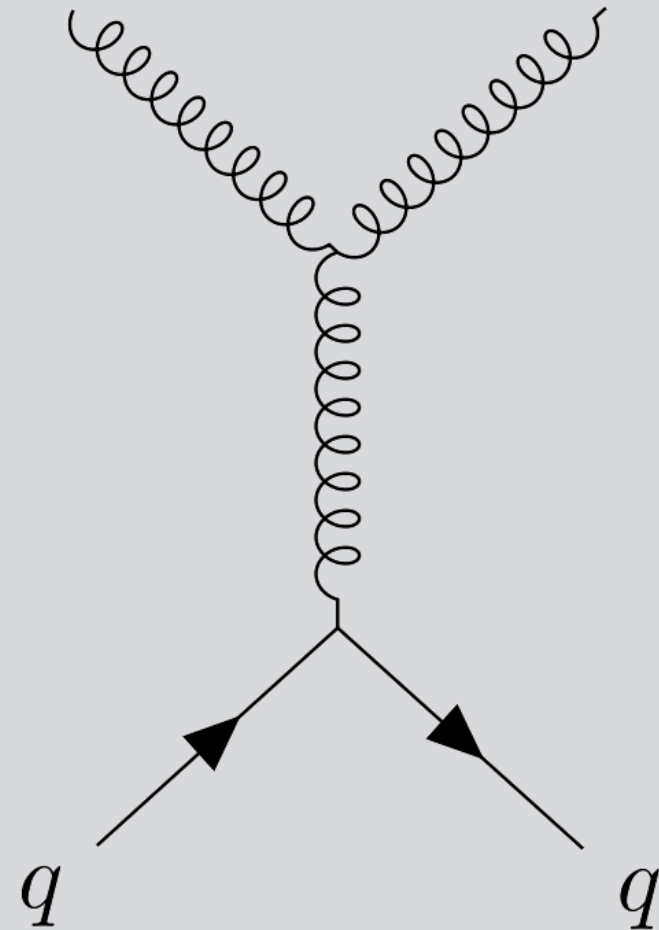
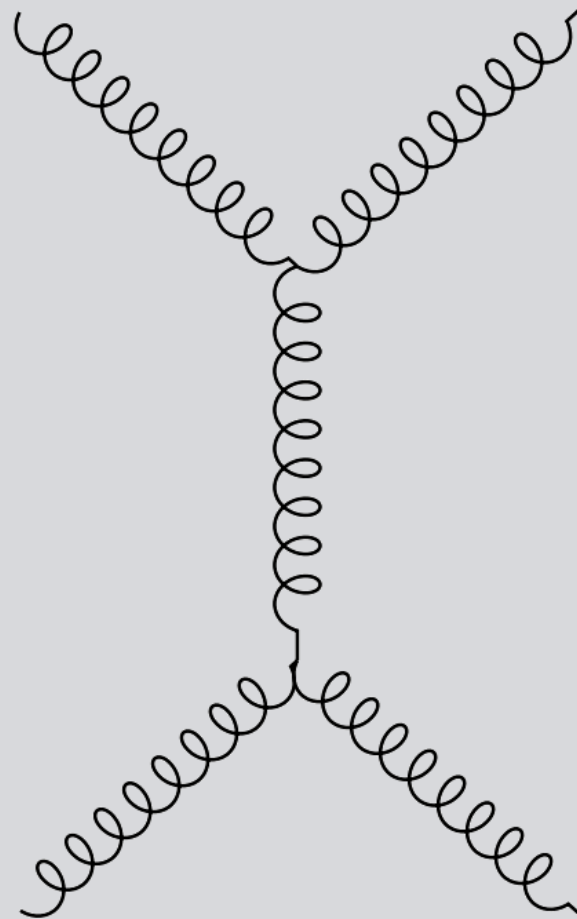
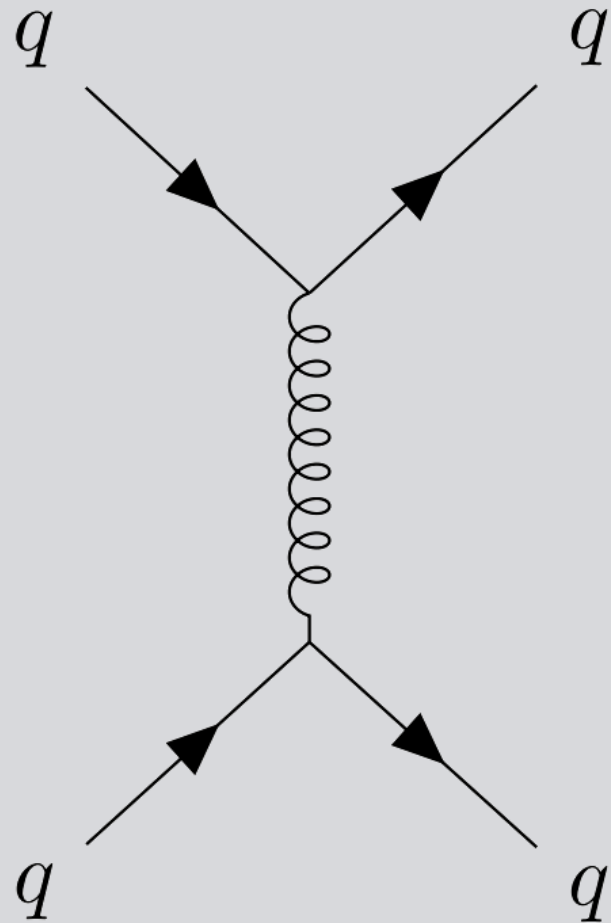


CO JE TO TEN JET?

Tvrdá sonda → tvrdý rozptyl dvou partonů (*reálné i virtuální kvarky a gluony*)

- „Highly penetrating observables“
- Velký kvadrát přenesené čtyřhybnosti Q^2
- Velká příčná hybnost p_T

CO JE TO TEN JET?



CO JE TO TEN JET?

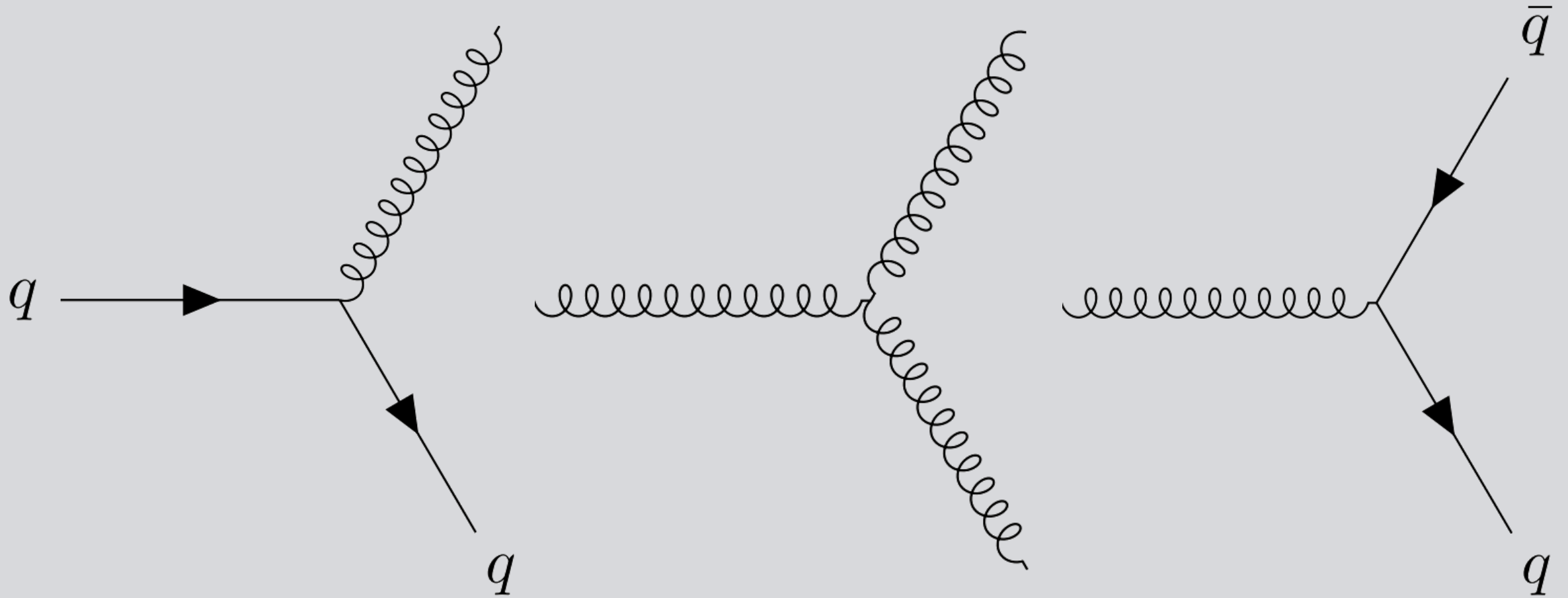
Tvrdá sonda → tvrdý rozptyl dvou partonů (*reálné i virtuální kvarky a gluony*)

- „Highly penetrating observables“
- Velký kvadrát přenesené čtyřhybnosti Q^2
- Velká příčná hybnost p_T

Parton vyzařuje pod malými úhly gluony

Gluony se rozpadají na $q\bar{q}$ páry, nebo vyzáří další gluon

CO JE TO TEN JET?



CO JE TO TEN JET?

Tvrdá sonda → tvrdý rozptyl dvou partonů (*reálné i virtuální kvarky a gluony*)

- „Highly penetrating observables“
- Velký kvadrát přenesené čtyřhybnosti Q^2
- Velká příčná hybnost p_T

Parton vyzařuje pod malými úhly gluony

Gluony se rozpadají na $q\bar{q}$ páry, nebo vyzáří další gluon

To pokračuje dále...

Kaskáda se zastaví a zhadronizuje

ÚVOD

Faktorizace účinného průřezu QCD

Partonová distribuční funkce

Účinný průřez tvrdého rozptylu

Fragmetační funkce a hadronizace

Modifikační funkce média ($p + p \rightarrow A + A$)

Závěr

Faktorizace účinného průřezu v QCD

Bohužel nepozorujeme izolovaný parton vylétající z média jaderné srážky ☹

Potřebujeme rozdělit na jednotlivé procesy

Od partonů ve srážce až k hadronům v detektoru

Příkladem úspěšné faktorizace je získání universálních partonových distribučních funkcí (PDF)

Faktorizace v $p + p$ oproti faktorizaci $A + A$

- Vysoká přenesená hybnost tvrdým rozptylem potlačuje nežádoucí efekty faktorizace v $p + p$
- Přispívající síly, které vedou k pozorovaným hadronům, jsou velmi citlivé na QCD rozptyly v médiu
- Nelze takto faktorizovat více rozptylů

Vlastnosti média jsou řízeny modelem (R_{AA}^{jet})

Faktorizace účinného průřezu v QCD

$$\frac{d\sigma^{p+p \rightarrow jet+X}}{dp_T d\eta} = \sum_{ab} f_{a/p} * f_{b/p} * \mathcal{H}_{ab}^{jet}$$

$f_{i/p}(x_i)$ – partonová distribuční funkce pro vůni i , čtyřhybnost p v závislosti na frakci celkové hybnosti x_i

* – konvoluce přes frakce celkové hybnosti

\mathcal{H}_{ab}^{jet} – „hard parts“ pro srážející se dva partony s a a b , které vyprodukují pozorovaný jet

p_T – Příčná hybnost

η – Pseudorapidita

Partonové distribuční funkce

Partonové distribuční funkce

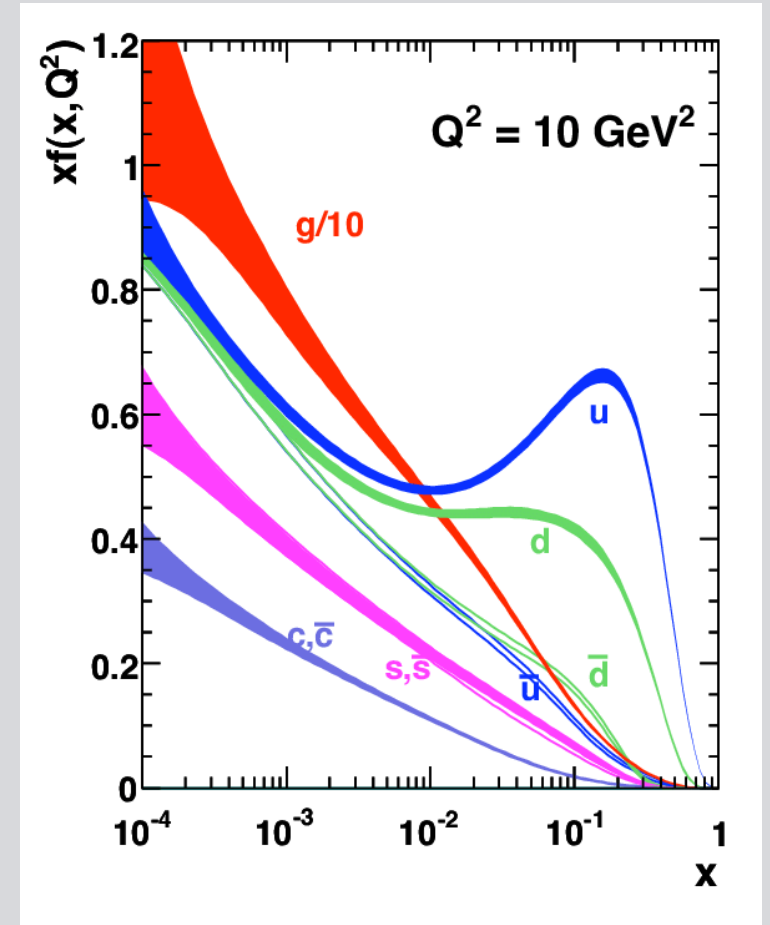
3-kvarkový model \rightarrow partonový model

PDF = hustota pravděpodobnosti nalézt v hadronu parton, nesoucí určitou frakci celkové hybnosti x

Partonové distribuční funkce

3-kvarkový model \rightarrow partonový model

PDF = hustota pravděpodobnosti nalézt v hadronu parton, nesoucí určitou frakci celkové hybnosti x



Partonové distribuční funkce

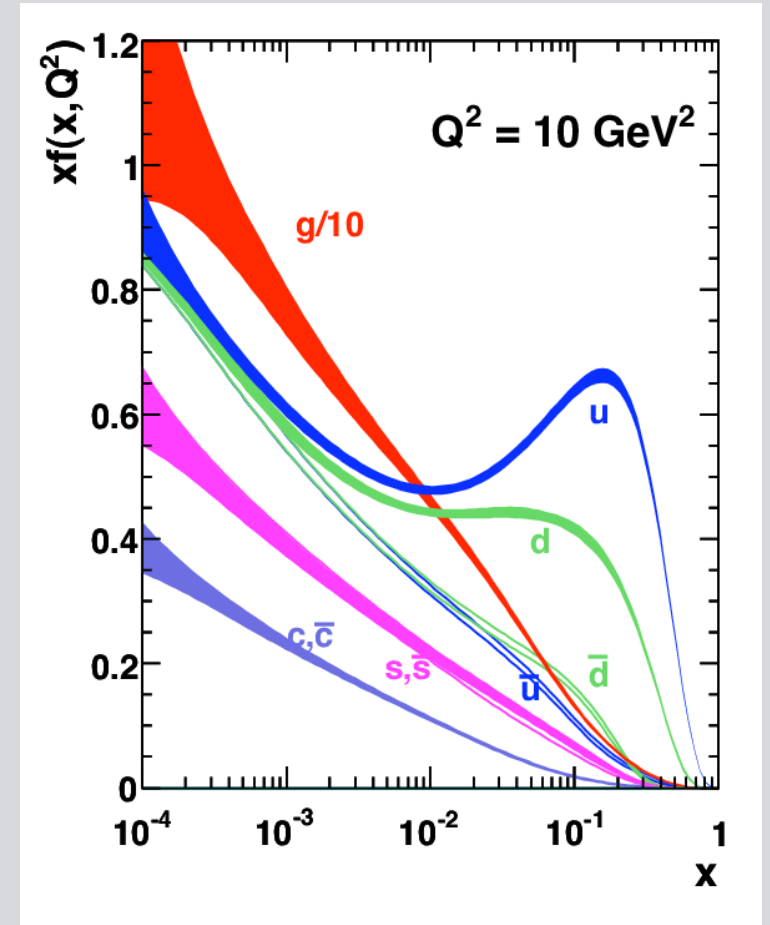
3-kvarkový model \rightarrow partonový model

PDF = hustota pravděpodobnosti nalézt v hadronu parton, nesoucí určitou frakci celkové hybnosti x

Partonové distribuční funkce nejsou normované vzhledem k počtu partonů v hadronu

Do grafů jsou PDF vynášeny vynásobené frakcí celkové hybnosti

Některé (například PDF pro gluony) jsou vyděleny konstantou aby se vešly do grafu



Partonové distribuční funkce

$$f_{a/(Q,p_N)}(x)$$

- $x = \frac{p_a}{p_N}$ – Frakce celkové hybnosti p_N nukleonu N

pro parton s vůní a

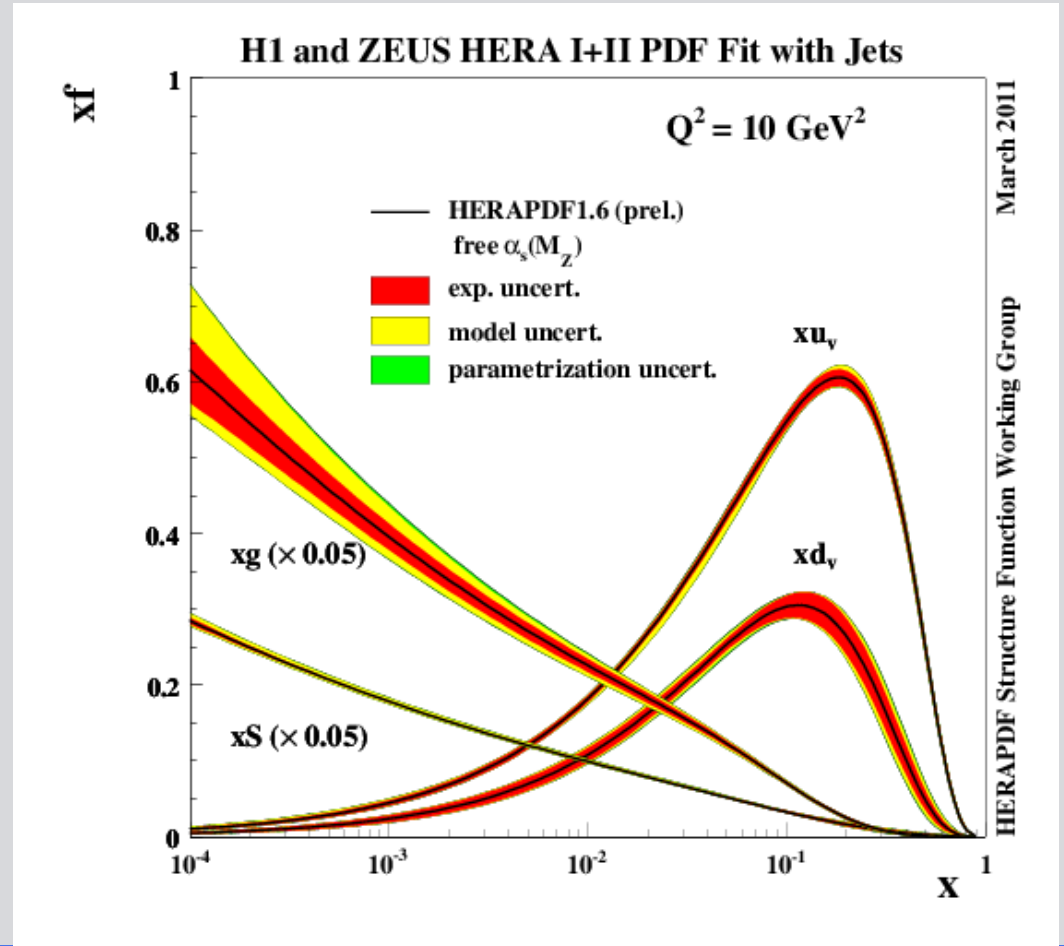
- Q – „Energy scale“

u_v – PDF pro valenční nahoru kvarky

d_v – PDF pro valenční dolů kvarky

S – PDF pro mořské kvarky (*kvark-antikvarkové páry všech vůní*)

g – PDF pro gluony



Evoluční rovnice DGLAP (*Dokshitzer-Gribov-Lipatov-Altarelli-Parisi*)

$$Q^2 \frac{\partial f_{a/p}(x)}{\partial Q^2} = \sum_b \int_x^1 dz \frac{1}{z} \frac{\alpha_s}{2\pi} P_{ab}(z) f_{b/p}\left(\frac{x}{z}\right)$$

$P_{ab}(z)$ – Pravděpodobnost, že se parton b s frakcí celkové hybnosti z rozpadne na parton a

α_s – Vazbová konstanta silné interakce

Pomocí měření (např. H1 a ZEUS) a počítáním v různých hodnotách Q^2 získáme celý set partonových distribučních funkcí

Interpolace diskrétních hodnot může být poskytnuta LHAPDF knihovnou

Faktorizace účinného průřezu v QCD

$$\frac{d\sigma^{p+p \rightarrow \text{jet}+X}}{dp_T d\eta} = \sum_{ab} f_{a/p} * f_{b/p} * \mathcal{H}_{ab}^{\text{jet}}$$

$f_{i/p}(x_i)$ – partonová distribuční funkce pro vůni i , čtyřhybnost p v závislosti na frakci celkové hybnosti x_i

* – konvoluce přes frakce celkové hybnosti

$\mathcal{H}_{ab}^{\text{jet}}$ – „hard parts“ pro srážející se dva partony s a a b , které vyprodukují pozorovaný jet

p_T – Příčná hybnost

η – Pseudorapidita

\mathcal{H}_{ab}^{jet}

$$\mathcal{H}_{ab}^{jet} = \sum_c \hat{\sigma}_{a+b \rightarrow c} * J_c + \hat{\sigma}_{ab}^{jet}$$

$\hat{\sigma}_{a+b \rightarrow c}(z, Q)$ – „jet-independent hard part“ pro produkci partonu c s frakcí kolmé hybnosti p_T

$J_c(z, p_T R, Q)$ – „jet-dependent jet function“ pro zformování jetu s velikostí kužele R z partonu c

$\hat{\sigma}_{ab}^{jet}$ – Zanedbáme vzhledem k jeho závislosti na R

Abychom přešli pouze k „jet-independent“ funkcím můžeme zanedbat i část J_c díky potlačení p_T a přejít tak k hadronové fragmentační funkci D_c^h

Faktorizace účinného průřezu v QCD

$$\frac{d\sigma^{p+p \rightarrow \text{jet}+X}}{dp_T d\eta} = \sum_{abc} f_{a/p} * f_{b/p} * \hat{\sigma}_{a+b \rightarrow c}(z, Q) * D_c^h(z, Q)$$

$f_{i/p}$ – partonová distribuční funkce pro vůni i , čtyřhybnost p v závislosti na frakci celkové hybnosti x_i

$\hat{\sigma}_{a+b \rightarrow c}$ – „hard part“ pro produkci partonu c s frakční kolmou hybností $z = \frac{p_T^c}{p_T}$

D_c^h – hadronová fragmentační funkce

Fragmentační funkce a hadronizace

D_c^h splňuje evoluční DGLAP rovnici stejně jako původní J_c

$$Q \frac{d}{dQ} J_c(z, p_T R, Q) = \sum_d P_{dc}(z) * J_d(z, p_T R, Q)$$

J_c se dá získat z pQCD výpočtů narozdíl od D_c^h které je neporuchové QCD

Fragmentační funkce D_c^h se získají z naměřených dat pro inkluzivní jety v $p + p$ srážkách

$$p + p \dashrightarrow A + A$$

Nukleonová partiční distribuční funkce \rightarrow Jaderné partonové distribuční funkce (*nPDF*)

- Nemá až tak velký vliv

Největší vliv pro inkluzivní jety ve srážkách těžkých iontů má mnohonásobných srážkách v médiu a ztráta energie v médiu vyzařování

$$J_c(z, p_T R, Q) \rightarrow J_c^{med}(z, p_T R, Q)$$

DGLAP evoluční rovnici necháme nemodifikovanou a změníme pouze počáteční stav $Q \rightarrow Q_J = QR$ a J_c modifikujeme váhovou funkcí

$$J_c^{med}(z, p_T R, Q_J) = W_c(z) * J_c(z, p_T R, Q_J)$$

$$W_c(z) = \epsilon_c \delta(1 - z) + N_c z^{\alpha_c} (1 - z)^{\beta_c}$$

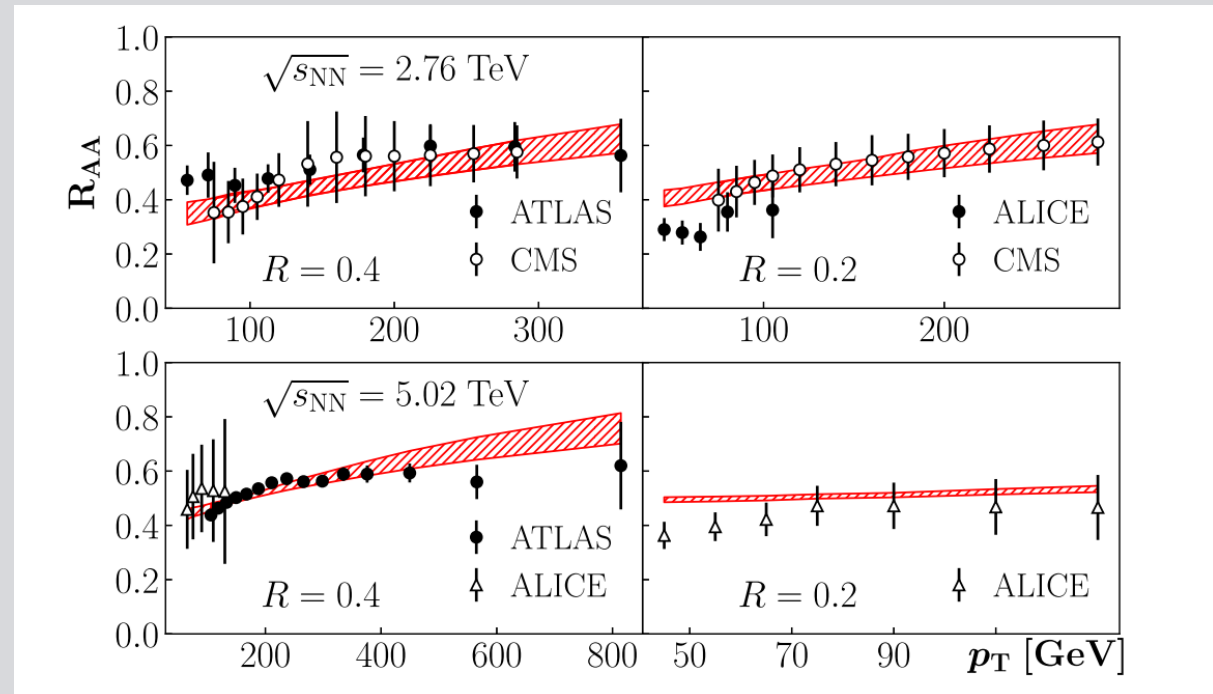
Parametry váhové funkce jsou určeny Monte Carlo simulacemi

Faktorizace účinného průřezu pro inkluzivní jety v jádro jaderných srážkách

$$\frac{d\sigma^{A+A \rightarrow jet+X}}{dp_T d\eta} = \sum_{abc} f_{a/p} * f_{b/p} * \hat{\sigma}_{a+b \rightarrow c}(z, Q) * W_c(z) * J_c(z, p_T R, Q_J)$$

$$R_{AA}^{jet} = \frac{d\sigma^{A+A \rightarrow jet+X}}{\langle T_{AA} \rangle d\sigma^{p+p \rightarrow jet+X}}$$

$\langle T_{AA} \rangle$ – střední hodnota
jaderné funkce překryvu
závislá na centralitě





Děkuji za pozornost

JOSEF BOBEK

