

# **Nieprzecałkowane rozkłady partonów dla procesów w Wielkim Zderzaczu Hadronów**

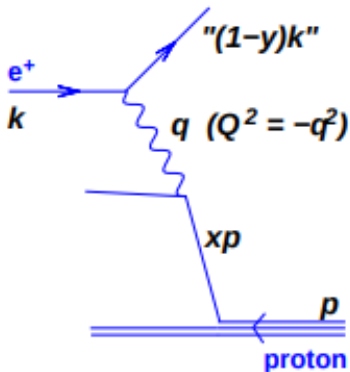
inż. Dominik Kasperski

promotor: dr hab. Krzysztof Kutak (IFJ PAN)

15.03.2018



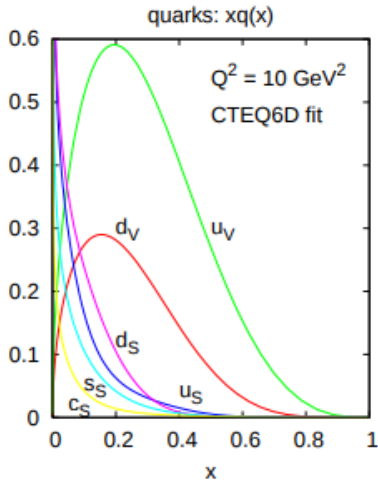
- ❶ Co to jest parton?
- ❷ Nieprzecałkowane rozkłady partonów.
- ❸ Wyniki otrzymane w pracy inżynierskiej.
- ❹ Zagadnienia praktyczne.





AGH

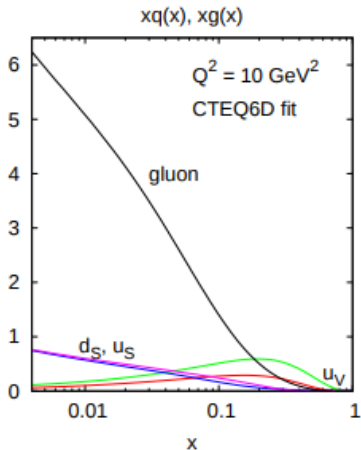
## Co to jest parton?



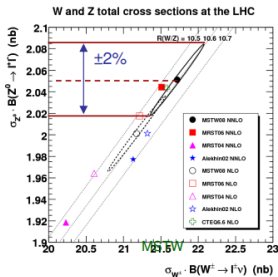


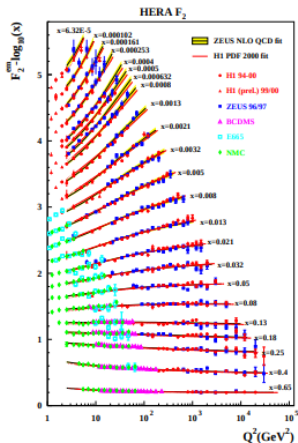
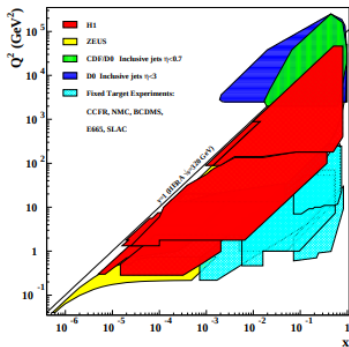
AGH

## Co to jest parton?



- Zwykły rozkład ma postać  $q(x)$ , a właściwie działa się na rozkładach  $xf_q(x, Q^2)$ .
- Potrzebne są do wyliczania przekrojów czynnych.
- Przekrój czynny dla danego procesu ma wiele zastosowań (światłość, dokładność pomiarów).



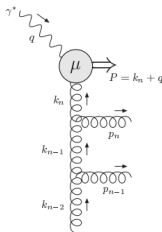




- Zwykłe rozkłady informują o pędzie zgodnym z kierunkiem ruchu partonu ( $x$ ).
- W niektórych procesach (np. produkcja dżetów) przy wykorzystaniu formalizmu HEF (ang. *High Energy Factorization*) żądane są rozkłady uwzględniające pęd poprzeczny.
- Jak uwzględnić pęd poprzeczny w rozkładach partonów?



- Skala czasowa hadronizacji jest dłuższa niż proces rozpraszania głęboko nieelastycznego.
- W zależności od przyjętych założeń, ewolucję partonu przed zderzeniem opisują równania *DGLAP* lub *BFKL*. Czynniki Sudakowa informację o wirtualnych emisjach.



- Równanie na zwykłą ewolucję należy pomnożyć przez czynnik Sudakowa i po przekształceniach ukaże się następująca postać:
- $f_a(x, k_t^2, \mu^2) = \frac{\partial}{\partial \log k_t^2} [a(x, \mu^2), T_a(k_t^2, \mu^2).$
- Rozkład pochodzi z dowolnej siatki, np. (CTQ10NLO).

Pełna postać czynnika dla gluonów:

$$T_g(k_t^2, \mu^2) = \exp\left(-\int_{k_t^2}^{\mu^2} \frac{d\kappa_t^2}{\kappa_t^2} \frac{\alpha_S(\kappa_t^2)}{2\pi} \int_0^1 dz \right. \\ \left. [zP_{gg}(z)\Theta(1-\Delta-z)\Theta(z-\Delta) + n_F P_{qg}(z)]\right). \quad (1)$$

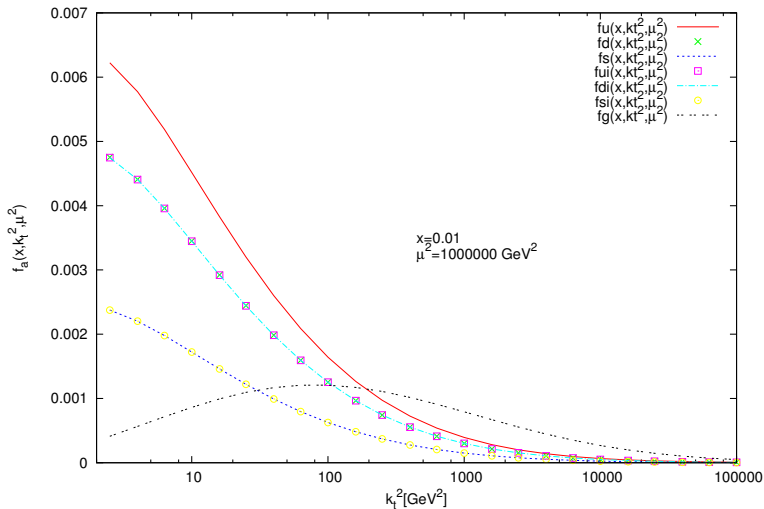
Pełna postać czynnika dla kwarków:

$$T_q(k_t^2, \mu^2) = \exp\left(-\int_{k_t^2}^{\mu^2} \frac{d\kappa_t^2}{\kappa_t^2} \frac{\alpha_S(\kappa_t^2)}{2\pi} \int_0^1 dz P_{qq}(z)\Theta(1-\Delta-z)\right), \quad (2)$$

gdzie  $\Delta = \frac{k_t}{\mu+k_t}$

$$P_{gg} = 2n_C \left( z(1-z) + \frac{1-z}{z} + \frac{z}{1-z} \right), \quad (3) \\ P_{qg} = \frac{z^2 + (1-z)^2}{2}.$$

# Nieprzecałkowy rozkład partonów w protonie.





- Wielokrotne całki, funkcje nieanalityczne (zadane siatką).
- Zagadnienie *Mathematici*.
- Wykorzystanie algorytmu *VEGAS* z biblioteki *GNU GSL* oraz interpolacji siatek itd. z *LHA PDF*.
- Otrzymywanie siatki mają mieć rozmiar  $60 \times 140 \times 120 = 1008000$ .
- Wyliczanie jednego punktu trwa kilka sekund.






```
93.928571%      time sigma TG  51.733382sek
94.285714%      time sigma TG  40.276703sek
94.642857%      time sigma TG  44.998091sek
95%             time sigma TG  47.258816sek
95.357143%      time sigma TG  33.358714sek
95.714286%      time sigma TG  36.918709sek
96.071429%      time sigma TG  31.324178sek
96.428571%      time sigma TG  30.864296sek
96.785714%      time sigma TG  25.197945sek
97.142857%      time sigma TG  21.481197sek
97.5%           time sigma TG  22.774618sek
97.857143%      time sigma TG  15.610011sek
98.214286%      time sigma TG  15.166968sek
98.571429%      time sigma TG  13.501475sek
98.928571%      time sigma TG  8.984683sek
99.285714%      time sigma TG  7.770279sek
99.642857%      time sigma TG  7.403332sek
100%            time sigma TG  0.00659sek
Czas wykonywania: 113650.95sek
time Tg         113650.95
time Tq         997
Thanks for using LHAPDF 6.2.1. Please make sure to cite the paper:
  Eur.Phys.J. C75 (2015) 3, 132 (http://arxiv.org/abs/1412.7420)
dodek@dodek-A0722:~/Pulpit/!Pulpit/MGR/Sudakov gsl$
```







- Wykorzystanie infrastruktury PL-GRID.
- Wyliczenie funkcji  $F2$ .
- Wyliczenie przekroju na produkcję 4 dżetów przy wykorzystaniu faktoryzacji HEF.
- Testy bibliotek rozkładów.

Dziękuję za uwagę!



-  <https://gsalam.web.cern.ch/gsalam/repository/talks/2009-Bautzen-lecture2.pdf>
-  <http://www.fuw.edu.pl/~ajduk/LHC/Stirling.pdf>
-  A. D. Martin, M. G. Ryskin and G. Watt, “NLO prescription for unintegrated parton distributions,” Eur. Phys. J. C **66** (2010) 163 doi:10.1140/epjc/s10052-010-1242-5 [arXiv:0909.5529 [hep-ph]].

-  Watt, G., Martin, A. D., Ryskin, M. G., "Unintegrated parton distributions and inclusive jet production at HERA", The European Physical Journal C - Particles and Fields **31** (2003) p. 73-89 doi:10.1140/epjc/s2003-01320-4  
<https://doi.org/10.1140/epjc/s2003-01320-4>
-  D. H. Perkins, "Wstęp do fizyki wysokich energii", Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004
-  M. A. Kimber, "Unintegrated parton distributions", University of Durham, 2001
-  A. D. Martin, "Proton structure, Partons, QCD, DGLAP and beyond," Acta Phys. Polon. B **39** (2008) 2025 [arXiv:0802.0161 [hep-ph]].



K. Kutak, R. Maciula, M. Serino, A. Szczurek and A. van Hameren, "Four-jet production in single- and double-parton scattering within high-energy factorization," JHEP **1604** (2016) 175 doi:10.1007/JHEP04(2016)175 [arXiv:1602.06814 [hep-ph]].



A. Obłąkowska-Mucha, wykład do przedmiotu *Cząstki elementarne i ich oddziaływania*, WFiS AGH, 2016, <http://home.agh.edu.pl/~amucha/czastki.php>