

do krotności cząstek w zderzeniach z jądrami pochodzą tylko od nukleonów „zranionych”, tj. takich pierwotnych nukleonów z pocisku lub tarczy, które co najmniej raz oddziaływały z nukleonem tarczy lub pocisku. Model zranionych nukleonów bardzo dobrze opisuje krotności cząstek produkowanych w zderzeniach hadron–jądro w bardzo szerokim zakresie energii pocisku. Uzyskał dużą popularność i jest często cytowany.

Andrzej Białas i Robert Peschanski z Paryża opublikowali także głośne prace na temat efektu intermitencji, to znaczy występowania dużych lokalnych fluktuacji w różnych rozkładach zmiennych kinematycznych.³¹⁶ Takie fluktuacje zostały zaobserwowane w pojedynczych oddziaływaniach, w których była produkowana bardzo duża liczba – nawet ponad tysiąc – cząstek.



Ryc. 12.83. Jan Kwieciński (1938–2003)

Ważne wyniki teoretyczne uzyskał krakowski teoretyk Jan Kwieciński³¹⁷, który od 1960 r. zajmował się oddziaływaniami hadronów w zderzeniach przy wielkiej

³¹⁶ A. Białas, R. Peschanski, *Intermittency in multiparticle production at high energy*, Nucl. Phys., **B308**, s. 857–867 (1988); A. Białas, R. Peschanski, *Moments of rapidity distributions as a measure of short-range fluctuations in high-energy collisions*, Nucl. Phys., **B273**, s. 703 (1986); te prace uzyskały już odpowiednio 830 i 1500 cytowań.

³¹⁷ B. Badełek, *Jan Kwieciński 1938–2003*, PF, **55**, nr 3, s. 129–130 (2004); K. Golec-Biemat, L. Leśniak, *Jan Kwieciński (1938–2003)*, CERN Courier, January 2004, s. 4; W. Czyż, *Jan Kwieciński (1938–2003)*, APP, **34**, nr 12 (2003).

energii. W pracy z 1980 r. na temat wymiany trójgluonowej z ujemną parzystością ładunkową wyprowadził równanie tzw. odderonu, znane obecnie pod nazwą równania Bartelsa–Kwiecińskiego–Praszałowicza.³¹⁸ Następnie poświęcił się badaniu struktury nukleonów. Jego pionierskie prace dotyczyły tzw. rozpraszania głęboko nieelastycznego leptonów na nukleonach i miały wielkie znaczenie dla planowania zderzacza HERA w ośrodku DESY w Hamburgu. Były i są używane w analizie i interpretacji danych uzyskanych w doświadczeniach przy akceleratorach w DESY, CERN-ie (Genewa), Fermilab (USA), JLAB (USA). Kwieciński pierwszy zrozumiał konsekwencje wzrostu gęstości gluonów obserwowanego w zderzeniach, w których biorą udział partony (składniki nukleonu) o bardzo małym pędzie. Stworzył narzędzia matematyczne umożliwiające analizę ilościową danych doświadczalnych dotyczących takich zderzeń i zaproponował poglądowy sposób ich klasyfikacji, tzw. diagram Kwiecińskiego.

W latach dziewięćdziesiątych XX wieku znaczna część polskich fizyków cząstek elementarnych rozpoczęła prace przygotowawcze do czterech eksperymentów przy budowanym w CERN-ie wielkim akceleratorze LHC (**L**arge **H**adron **C**ollider), który jest zderzaczem protonów z protonami i jądrami, a także jąder z jądrami atomowymi. Ten gigantyczny przyrząd mieści się w tunelu o obwodzie ok. 27 km, przebiegającym głęboko pod ziemią na terytorium Francji i Szwajcarii.

Polscy fizycy i inżynierowie mieli znaczący wkład w budowę samego zderzacza³¹⁹, a także czterech ogromnych podziemnych układów detektorowych o nazwach ALICE, ATLAS, CMS i LHCb. Są to najbardziej skomplikowane urządzenia badawcze, jakie kiedykolwiek zbudowano.

CMS (**C**ompact **M**uon **S**olenoid) ma 22 m długości, 15 m średnicy, masę 14 000 ton i około 100 milionów elementów, w ogromnej większości elektronicznych; był on budowany i testowany przez ponad 15 lat. ATLAS (**A** Toroidal **L**HC **A**pparatus) ma 46 m długości, 25 m średnicy i masę 7000 ton. Podobnie jak CMS, ma około 100 milionów elementów i był budowany i testowany przez ponad 15 lat. Oba te ogromne urządzenia skonstruowano w celu potwierdzenia istnienia tzw. bozonu Higgsa, przewidywanego przez teorię i będącego jej fundamentalnym składnikiem.

³¹⁸ J. Kwiecinski, M. Praszałowicz, *Three gluon integral equation and odd c singlet Regge singularities in QCD*, Phys. Lett., **94B**, s. 413–416 (1980); G. Chachamis, A.S. Vera, *Solution of the Bartels-Kwiecinski-Praszałowicz equation via Monte Carlo integration*, Phys. Rev., **D94**, s. 034019 (2016).

³¹⁹ T. Kurtyka, A. Siemko, B. Skoczeń, *Udział polskich naukowców i inżynierów w budowie wielkiego zderzacza hadronów w CERN-ie*, [w:] *Polska w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN*, PAU, Kraków 2004, s. 197–208.