

Fizyka wysokich energii w Polsce: pierwsze 50 lat

Andrzej Kajetan Wróblewski

(artykuł opublikowany w *Postęпах Fizyki* **44**, 153 – 199 (1993))

I. Wprowadzenie

Artykuł niniejszy jest rozszerzoną wersją tekstu opracowanego z okazji posiedzenia ECFA (European Committee for Future Accelerators) w Sali Senatu Uniwersytetu Warszawskiego w dniu 11 września 1992 r. Członkom ECFA został przedstawiony szkic historii fizyki wysokich energii w Polsce. Ta dziedzina fizyki zarówno doświadczalnej jak teoretycznej od wielu już lat rozwija się u nas bardzo dobrze, a osiągnięte wyniki były i są w wielu wypadkach na poziomie ścisłej czołówki światowej.

Okazuje się, że tradycja badań w tej dziedzinie sięga początku lat 1930-tych. Już wtedy - co wykazane jest niżej - fizycy polscy podjęli próbę wysunięcia się na czoło badań. Niestety wybuch wojny uniemożliwił realizację tych planów.

Pierwsze dziesięciolecia fizyki wysokich energii to oczywiście badania promieniowania kosmicznego. Przez długie lata pozostawało ono jedynym źródłem cząstek wysokiej energii pozwalających sondować strukturę materii. Dlatego też aż do lat 1950-ych historia fizyki wysokich energii to historia badań promieniowania kosmicznego.

Materiały do opracowania historii fizyki wysokich energii w Polsce w okresie przedwojennym są skąpe. W zarysie historii fizyki w Polsce [1] te zagadnienia są skwitowane zaledwie paroma zdaniem. Nieco więcej szczegółów zawierają artykuły poświęcone fizyce okresu międzywojennego [2-5] i książka [6].

Artykuły biograficzne [7-21] i wspomnienia naszych wybitnych fizyków [22-26] zawierają wiele materiału, ale trzeba z nich korzystać ostrożnie ze względu na możliwość opuszczeń i niedokładności¹.

Jak się okazuje, nawet tak poważne wydawnictwo jak *Science Abstracts* (od 1941 r. znane jako *Physics Abstracts*) nie jest wolne od niedoskonałości, albowiem w okresie przedwojennym dość wybiórczo zamieszczało informacje o publikowanych artykułach (nie chodziło bynajmniej o rangę czasopism, ponieważ opuszczone były np. niektóre prace z *The Physical Review*!). Podaję to jako ostrzeżenie dla innych, którzy zechcą wykorzystać to źródło dla swych zainteresowań historią fizyki.

Pozostaje więc metoda żmudna, ale najpewniejsza: przeszukiwanie czasopism i śledzenie prac oryginalnych. W ten sposób udało się zestawić listę 17 oryginalnych publikacji polskich autorów na temat promieniowania kosmicznego do 1939 r. włącznie [42-58].

Dużo lepiej przedstawia się sytuacja jeśli chodzi o okres 1945-63. Istnieje kilka przeglądowych artykułów podsumowujących osiągnięcia polskich fizyków [29-34], a przede wszystkim dostępne są wykazy prac opublikowanych w tym okresie [37-40]. Spisy te zawierają trochę błędów, powtórzeń i włączają niektóre prace popularne i przeglądowe, ale są nieocenionym źródłem informacji.

Ostatni wreszcie okres, 1964-81, obejmujący stosunkowo niedawną przeszłość, został w tym artykule potraktowany dość skrótowo, tak jak na to pozwala nieduża perspektywa historyczna.

2. Początkowe lata

Pionierem badań promieniowania kosmicznego w Polsce był Stanisław Ziemecki (1881-1956) [7]. Urodził się w Warszawie w rodzinie znanego lekarza Landaua i za namową ojca rozpoczął studia medyczne na Uniwersytecie Warszawskim, potem jednak przeniósł się na Wydział Przyrodniczy, gdzie studiował m.in. pod kierunkiem znanego krystalografa rosyjskiego G. Wulffa. Po ukończeniu studiów w Warszawie wyjechał za granicę i przez rok pracował w laboratorium fizycznym w Genewie, a następnie przez dwa lata w Getyndze, w laboratorium W. Voigta, gdzie zajmował się optyką. Po powrocie do kraju w 1908 r. Ziemecki pracował najpierw jako nauczyciel w gimnazjum Mikołaja Reja, aż do 1920 r., w którym zaczął wykładać w Szkole

¹ Dla przykładu, podana w artykule biograficznym o Stanisławie Ziemeckim [7] „pełna” lista publikacji zawiera tylko 6 z jego 12 prac na temat promieniowania kosmicznego.

Główniej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Od 1909 r. prowadził też wykłady i był kierownikiem Zakładu Fizyki w Wyższej Szkole Budowy Maszyn i Elektrotechniki im. Wawelberga i Rotwanda. W obu tych instytucjach pracował aż do wybuchu wojny w 1939 r.

Pierwsze prace Ziemeckiego² dotyczyły optyki, ale od początku interesowały go zagadnienia budowy materii i promieniotwórczości. Wielkim osiągnięciem Ziemeckiego było opracowanie wraz z Marianem Grotowskim, Marią Sadzewiczową i Wacławem Wernerem dwutomowego dzieła *Z dziejów rozwoju fizyki*. Pierwsze wydanie tego dzieła ukazało się w latach 1913-14, a drugie, przerobione i uzupełnione, zatytułowane *Dzieje rozwoju fizyki w zarysach*, w 1931 r. Ziemecki był autorem działów „Optyka” i „Budowa materii”, które w II wydaniu miały niemal 500 stron.

Jako temat wykładu habilitacyjnego wygłoszonego w Politechnice Warszawskiej w 1931 r. wybrał Ziemecki właśnie „Promienie kosmiczne”. Widocznie już wtedy miał zamiar poświęcić się badaniom w tej dziedzinie.

Trzeba pamiętać, że na początku lat 1930-tych wyobrażenia o naturze i właściwościach promieniowania kosmicznego były jeszcze dość mgliste. Na przykład, w 1927 r. fizyk holenderski Jacob Clay zmierzył natężenie promieni kosmicznych podczas podróży z Holandii na Jawę [59] i stwierdził pewne zmniejszenie tego natężenia na mniejszych szerokościach geograficznych. Wynik ten potwierdził w swych następnych podróżach. Ale następne pomiary, wykonane m.in. przez Roberta Millikana w 1928 i 1930 r. zdawały się nie potwierdzać wniosku Clay’a. Millikan traktował nawet swoje wyniki jako dowód, że pierwotne promieniowanie kosmiczne nie jest elektrycznie naładowane. Istnienie zjawiska szerokościowego wydawało się więc wątpliwe i wyjaśnienie tego zagadnienia było istotnym problemem badawczym [60].



Po lewej Stanisław Ziemecki (1881-1956), po prawej Konstanty Narkiewicz-Jodko (1901-1963)

Ziemecki postanowił wykorzystać szansę, jaką dawało przygotowanie polskiej wyprawy wysokogórskiej w Andy, ponieważ kierownikiem wyprawy został dr Konstanty Narkiewicz-Jodko³, jego współpracownik z Zakładu Fizycznego SGGW. Wyprawa miała wyruszyć w 1933 r. statkiem z Europy do Ameryki Południowej.

Aparaturę zestawiono w Warszawie. Użyto zakupionej w Brunzwicku 4-litrowej komory jonizacyjnej typu Kolhörstera z elektrometrem z nicią kwarcową. Grubą na 9 cm osłonę żelazną w celu eliminacji naturalnego tła gamma wykonano w warsztatach mechanicznych Szkoły im. Wawelberga i Rotwanda. Solidnie

² Ziemecki publikował początkowo pod nazwiskiem Landau. Potem zmienił nazwisko na Ziemecki, ale jeszcze na początku lat trzydziestych figurował w spisach osobowych jako Landau-Ziemecki [41].

³ Konstanty Narkiewicz-Jodko (1901-1963) był wychowankiem Uniwersytetu Warszawskiego i początkowo zajmował się optyką pod kierunkiem Stefana Pieńkowskiego w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej UW przy ul. Hożej 69. Po 1930 r. został współpracownikiem Ziemeckiego w SGGW. Jednak fizyka tylko w małej części zajmowała tego człowieka o bardzo rozległych zainteresowaniach. Był on ponadto, a może przede wszystkim, alpinistą, podróżnikiem i polarystą. Miał na swym koncie wiele wypraw i wspinaczek w Tatrach, Alpach (1931-32), Andach (1933-34) i górach Islandii. Brał też udział w II polskiej wyprawie na Spitzbergen (1936) [71].

wykonany przyrząd dobrze zniósł podróż morską na S.S. Asturias z Londynu do Buenos Aires i z powrotem. Wyniki pomiarów zostały opisane w 1934 r. w pracy [42].

W chwili publikacji tej pracy znane już były wyniki pomiarów Comptona⁴ [61]. Narkiewicz-Jodko i Ziemecki stwierdzili, że otrzymana przez nich krzywa: „Zdaje się wskazywać na zmiany natężenia wraz z szerokością geograficzną, których rząd odpowiada rezultatom otrzymanym przez A.H. Comptona”. Ale po dokładnej analizie swych wyników autorzy stwierdzili, że tego typu przyrząd, analogiczny do używanego przez Claya, nie może dać zadowalających wartości efektu geomagnetycznego. „W myśl powyższego - piszą w streszczeniu polskim swej pracy - wydaje się niewątpliwe, że wbrew powszechnemu mniemaniu wyniki uzyskane przez J. Claya w jego trzech pierwszych podróżach z Amsterdamu na Jawę nie mogły dać wystarczającego dowodu oddziaływania pola magnetycznego ziemskiego na promienie kosmiczne”.

Istotnie, wielkość efektu ogłoszona przez Claya znacznie przekraczała to, co wiemy dziś o zjawisku szerokościowym.

Praca [42] była pierwszą polską oryginalną pracą na temat promieniowania kosmicznego. Jej streszczenie znalazło się w *Science Abstracts*.

Następnym tematem, którym zajął się Ziemecki, było pochłanianie promieni kosmicznych przez sól kuchenną. Jak pisał w streszczeniu polskim swej pracy [43]: „Badaniom absorpcji promieni kosmicznych poświęcono ogromną ilość prac; na nich w znacznej mierze próbowano oprzeć poglądy na naturę tych promieni. Prace te są jednostronne, gdyż dotyczą prawie wyłącznie powietrza i wody; tylko nieliczne inne ciała były badane i to w grubościach nie przewyższających kilkudziesięciu centymetrów. Mając na względzie niedostateczność dotychczasowych danych faktycznych, podjąłem wyznaczenie współczynnika absorpcji promieni kosmicznych przez NaCl. Aczkolwiek Polska posiada wspaniałe złoża soli w Wieliczce i Bochni, nie nadają się one do tego rodzaju pomiarów, przede wszystkim dlatego, że sól przykryta jest z wierzchu grubymi warstwami gliny, ilów, gipsu, piaskowca, poza tym jest dość niejednorodna. Co dotyczy jednolitości i czystości materiału, nader korzystne warunki napotkałem w kopalni soli w Wapnie w województwie poznańskim. Kopalnia ta jest znacznie głębsza od Wielickiej. Niezbyt wielki w wymiarach poprzecznych słup soli zaczyna się na głębokości 200 m, a sięga miejscami znacznie poniżej 1000 m. Sól jest czysta, drobnokrystaliczna, najczęściej zupełnie wolna od soli potasowych; kopalnia sucha. Tym sposobem wewnątrz kopalni znalazłem doskonałe warunki do wyznaczenia promieniowania pozostałego aparatu Kolhörstera, którym posługiwałem się w pomiarach absorpcji...”

Do pomiarów został użyty opisany wyżej przyrząd, który mimo odbycia podróży przez Atlantyk po 1,5 roku nadal nic wykazywał żadnych wad. Pomiarów zostały wykonane w sierpniu i wrześniu 1931 r. Poza wyznaczeniem współczynnika absorpcji dla promieni kosmicznych, nieoczekiwanym wynikiem była wskazówka, że na głębokości 406 m istnieje jakieś promieniowanie przenikliwe. Do pomiarów w kopalni Wapno wrócił Ziemecki w 1938 r. ze swym nowym współpracownikiem, Szczepanem Szczeniowskim [12].

Szczepan Szczeniowski (1898-1979) urodził się w Warszawie i studiował fizykę na Uniwersytecie Warszawskim, a, potem pracował w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej UW zajmując się optyką i rozpraszaniem promieni X. Przez rok pracował w University of Chicago pod kierunkiem A.H. Comptona. Potem poświęcił się fizyce teoretycznej. W 1930 r. objął Katedrę Fizyki Teoretycznej na Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie, a w 1937 r. przeniósł się do Wilna, gdzie kierował Katedrą Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Stefana Batorego. Z prac Szczeniowskiego duże znaczenie miało wykonanie doświadczenia, nad braggowskim odbiciem elektronów od sieci krystalicznej, co było drugim historycznie dowodem realności idei de Broglie'a o falowych właściwościach materii (1928 r.)

Szczeniowski i Ziemecki wykonali w kopalni Wapno pomiary tzw. prądów pozostałych przy użyciu komór jonizacyjnych zawierających powietrze i argon przy różnych ciśnieniach. Uzyskane wyniki dały możliwość prostej interpretacji anomalnych wyników pomiarów ogłoszonych przez Claya i Corlina. Okazało się, że anomalia ta była efektem aparaturowym. Jak pisali autorzy w polskim streszczeniu swej pracy [53]: „Redukcja ciśnienia, które początkowo wynosiło 30 atm., wywoływała spadek prądu pozostałego. Szczegółowe obserwacje wizualne wykazały, że w komorach ciśnieniowych prąd pozostały ulega bardzo znacznym fluktuacjom, różnice wartości natężenia dochodzić mogą do kilkuset procent wartości średniej. Dostrzeżono poza tym

⁴ Ogłoszone w 1933 r. wyniki pomiarów Arthura H. Comptona wyjaśniły sprawę. Zjawisko szerokościowe, tj. zależność natężenia promieniowania kosmicznego od szerokości geomagnetycznej spowodowana przez pole magnetyczne Ziemi, jest mniej wyraźne dla promieniowania wtórnego. Pole magnetyczne najsilniej wpływa na cząstki pierwotnego promieniowania o najmniejszej energii, a te dają najmniej cząstek wtórnych w atmosferze. Zjawisko szerokościowe jest więc wyraźne na większych wysokościach i ledwo dostrzegalne na poziomie morza.

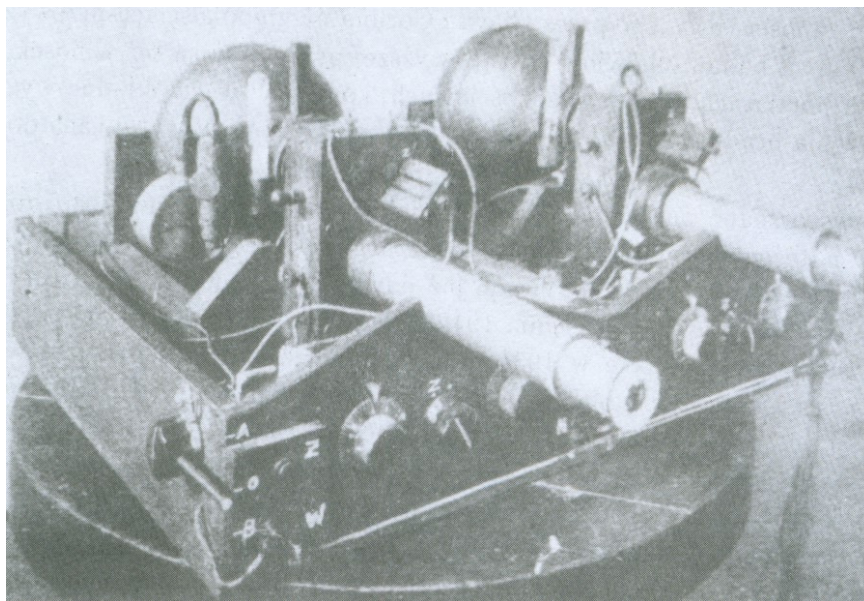
osobliwe zjawisko odwrócenia kierunku prądu, które najwyraźniej występuje przy niższych ciśnieniach. Badania autorów nad prądem pozostałym dają możliwość prostej interpretacji anomalnego przebiegu krzywych jonizacji, zaobserwowanego przez Claya i Corlina na głębokościach przewyższających 250 m. Z badań omówionych w powyższej pracy wynika też wniosek, że we wszelkich pomiarach, nawet wysokościowych, konieczne jest dokładne wyznaczenie natężenia prądu pozostałego, mierzonego w określonych warunkach doświadczalnych."

Pierwszorzędne znaczenie miały zainicjowane przez Ziemeckiego dokładne pomiary natężenia promieniowania kosmicznego w lotach balonowych. Oczywiście pomiary takie były wykonywane już dawniej, poczynając od historycznego lotu Victora Hessa [62], z 7 sierpnia 1912 r., w którym promieniowanie kosmiczne zostało odkryte. Jednakże w 1934 r. fizyk niemiecki G.A. Suckstorff wykonał pomiary, z których wyciągnął wniosek, że w górnych warstwach troposfery, na wysokości od 7000 do 9700 metrów, promieniowanie kosmiczne zmienia się gwałtownie z wysokością oscylując w granicach kilkudziesięciu procent. Interpretowano to jako wskazówkę, że w górnych warstwach atmosfery występują nieznane pierwiastki promieniotwórcze pochodzenia pozaziemskiego.

Ziemecki ze względu na wiek nie mógł już sam brać udziału w lotach, ponieważ wymagało to specjalnego przygotowania i bardzo zdrowego organizmu. Załogę balonu „Warszawa II” z otwartą gondolą stanowili wspomniany już dr Konstanty Narkiewicz-Jodko i znany pilot balonowy Zbigniew Burzyński (1902-71), rekordzista świata i dwukrotny zdobywca pucharu Gordona-Bennetta.

Odbyły się trzy loty: 26 marca i 18 czerwca 1936 r. oraz 14 maja 1938 r. Podczas pierwszego z tych lotów ustanowiony został nie pobity do dziś rekord wysokości dla balonów kategorii VI (pojemność w granicach 2200-3000 metrów sześciennych) z otwartą gondolą. Osiągnięta wtedy została wysokość 10 853 metry [63].

Dzięki wprowadzonym udoskonaleniom przyrządy użyte w tych lotach były co najmniej dwudziestokrotnie bardziej czułe od przyrządu Suckstorffa. W trzecim locie używano dwóch komór jonizacyjnych wypełnionych kryptonem i azotem. W żadnym z lotów nie stwierdzono istnienia nagłych skoków natężenia promieniowania kosmicznego.



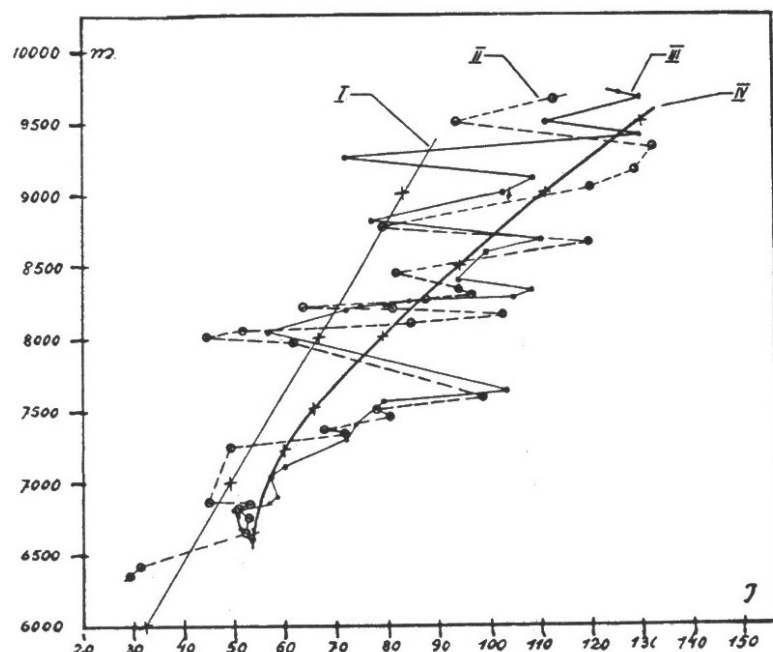
Komory jonizacyjne Ziemeckiego używane do badań promieni kosmicznych w lotach balonowych Narkiewicza-Jodko

W tych pracach brał też udział Szczeniowski [49,52,58]. Wnioskiem z badań było, że w pomiarach Suckstorffa występowały jakieś efekty aparaturowe; jego przyrząd nie był dostosowany do szybkich pomiarów.

Tematykę promieniowania kosmicznego podjął też prof. Czesław Białobrzski (1878-1953) w kierowanym przez siebie Zakładzie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego [6,8]. Białobrzski wsławił się przede wszystkim jako teoretyk. W 1913 r. jako pierwszy zwrócił uwagę na wpływ ciśnienia promieniowania na równowagę wewnętrzną gwiazd (dopiero trzy lata później do takich samych wyników doszedł Arthur Eddington).

Białobrzski zajmował się także badaniami doświadczalnymi. Jego pracownia (utworzona w 1921 r. jako Katedra Fizyki Teoretycznej UW i przemianowana w 1931 r. na Zakład) mieściła się przy ul. Oczki 3, niedaleko Zakładu Fizyki Doświadczalnej UW na Hożej 69, kierowanego przez prof. Stefana Pieńkowskiego. W zakładzie

Białobrzeskiego prowadzono badania w dziedzinie optyki i przewodnictwa elektrycznego.



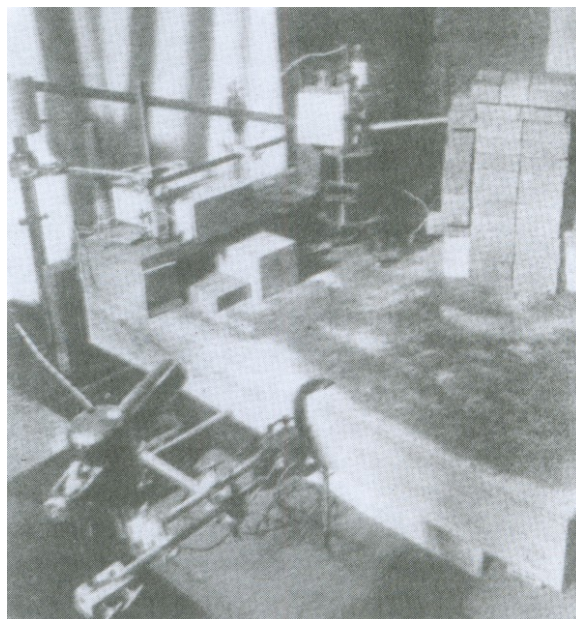
Natężenie promieniowania kosmicznego na różnych wysokościach według pomiarów Narkiewicza-Jodko i Ziemeckiego (ciągła krzywa IV). Krzywe łamane II i III oznaczają wyniki Suckstorffa, a krzywa I - wyniki uzyskane wcześniej przez Kolhörstera (z pracy [47])

Czesław Białobrzeski zajmował się badaniami doświadczalnymi zjawiska jonizacji w dielektrykach ciekłych i gazowych jeszcze jako profesor Uniwersytetu Kijowskiego w latach 1914-20. W 1935 r. Białobrzeski i Ignacy Adamczewski rozpoczęli badania efektów jonizacji wywoływanych w dielektrykach ciekłych przez promieniowanie kosmiczne. Aktualnym wówczas zagadnieniem były tzw. uderzenia Hoffmanna (Hoffmannstösse) [67], nagłe przyrosty prądu w kondensatorze gazowym, osłoniętym warstwą ołowiu lub aluminium⁵. Adamczewski i Białobrzeski badali to zjawisko w dielektrykach ciekłych, co powodowało większą liczbę zliczeń niż przy użyciu gazu. Wyniki tych badań ogłoszono w czterech pracach [45, 46, 48, 50].



Po lewej Szczepan Szczeniowski (1898-1979), po prawej Czesław Białobrzeski (1878-1953)

⁵ Dziś wiemy, że był to wynik produkcji wielkiej liczby jonów w ulewach cząstek wytworzonych przez promienie kosmiczne w osłonie kondensatora.



Wnętrze pawilonu do badań promieniowania kosmicznego w zakładzie Czesława Białobrzeskiego

Ignacy Adamczewski (ur. 1907 r.) ukończył studia fizyczne w Uniwersytecie Warszawskim i pracował w tej uczelni od r. 1932. Niezależnie od wspomnianych wyżej prac nad dielektrykami, jako pierwszy w Polsce rozpoczął badania promieni kosmicznych przy użyciu emulsji jądrowych. Było to tuż po pionierskiej pracy Marietty Blau i H. Wambacher [64], w której po raz pierwszy zobaczono ślady rozbicia jąder atomów emulsji przez promienie kosmiczne. Adamczewski szybko zapoznał polskich czytelników z nową techniką pisząc artykuł popularny [65]. O swych pracach z użyciem klisz jądrowych tak pisał po wojnie [66]: „W Polsce badania tego samego typu zostały podjęte przeze mnie jeszcze w roku 1938, w pracowni prof. Białobrzeskiego w Warszawie. Sprowadziłem wtedy dwie partie po 10 tuzinów klisz „K” z Agfa i przeprowadzałem badania w Warszawie i na Kasprowym Wierchu w Zakopanem w obserwatorium P.I.M. Otrzymałem kilka tysięcy takich rozbić atomów w najprzeróżniejszych warunkach (przy badaniu absorpcji w ołowiu, aluminium, parafinie, przy różnym ustawieniu klisz itd.).”



Po lewej Ludwik Wertenstein (1887-1945), po prawej Jan Wesołowski (1902-1982)

Trzecim ośrodkiem badań promieniowania kosmicznego w Warszawie stała się niedługo przed wojną Pracownia Radiologiczna Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, kierowana przez profesora Wolnej Wszechnicy Polskiej Ludwika Wertensteina (1887-1945) [5]. Wertenstein był bardzo wybitnym fizykiem, uczniem Marii Skłodowskiej-Curie i Ernesta Rutherforda. Pod kierunkiem Wertensteina wykonano wiele cennych prac na temat promieniotwórczości, m.in. odkryto dwa nowe izotopy sztucznie promieniotwórcze.

Asystentka Pracowni Radiologicznej Zofia Wasiutyńska podjęła z Wertensteinem badania możliwości przemian protonów w neutrony w promieniowaniu kosmicznym. Wyniki tej pracy ogłoszono w *Nature* [56]. Tematyką tą zajmowały się także w Pracowni Radiologicznej Halina Chęcińska i Halina Templówna (Herzogowa).

Badania promieniowania kosmicznego w ośrodku krakowskim rozpoczął Jan Wesołowski (1902-82). Studia fizyczne ukończył on na Uniwersytecie Jagiellońskim i w 1931 r. rozpoczął pracę w Zakładzie Fizyki UJ. Wówczas w zakładzie tym pod wpływem prof. Konstantego Zakrzewskiego rozwijano przede wszystkim badania w zakresie fizyki molekularnej oraz badania polaryzacji dielektrycznej i momentów dipolowych. Tych zagadnień dotyczyły też pierwsze prace Wesołowskiego. Ale spektakularne odkrycia w fizyce mikroświata sprawiły, że wkrótce postanowił on zmienić kierunek badań. Jak opowiadał po latach [25]: „Te zagadnienia mnie bardzo pasjonowały od samego początku... Tak się szczęśliwie złożyło, że w 1937 r. odwiedził środowisko krakowskie prof. P. Auger, znany badacz w dziedzinie promieniowania kosmicznego, ten od elektronów Augera. Otóż ta wizyta prof. Augera nie była przypadkowa. Wiedział on, że w pobliskiej kopalni soli w Wieliczce istnieją wyjątkowo sprzyjające warunki do badań własności promieniowania kosmicznego pod powierzchnią ziemi. W roku 1937/38 odbyłem praktykę w jego laboratorium w Paryżu. Zbudowaliśmy wówczas aparaturę do badań w kopalni i rozpocząłem w salinach wielickich w 1938 r. badania układami liczników Geigera-Müllera. W tym okresie badania promieniowania kosmicznego na dużej głębokości dopiero się zaczynały. Literatura naukowa zawierała kilka pozycji, a w Polsce były to pierwsze badania w dziedzinie promieniowania kosmicznego prowadzone za pomocą koincydencyjnej aparatury licznikowej. Te badania trwały do dnia wybuchu wojny.”

Marian Mięsowicz potwierdza priorytet Jana Wesołowskiego pisząc [13]: „Można zatem uważać Wesołowskiego za pioniera badań nad promieniowaniem kosmicznym w Krakowie, które później rozwinęły się na szerszą skalę.”



Po lewej Ignacy Adamczewski (ur. 1907), po prawej Mieczysław Wolfke (1883-1947)

3. „Gwiazda Polski”

W 1936 r. podjęto w Polsce niezwykle ambitną próbę przygotowania lotu stratosferycznego, którego celem miało być pobicie absolutnego światowego rekordu wysokości oraz wiele eksperymentów naukowych. Profesor Marian Mięsowicz wspominał [23], że: „To wymyślili wojskowi z wojsk balonowych, którzy brali udział w różnych międzynarodowych imprezach balonowych i chcieli zdobyć rekord świata w wysokości lotu. Oni byli bardzo dobrzy i chyba mieli szansę... Ale inicjatorom wojskowym powiedziano, że byłoby możliwe zorganizowanie takiego lotu, jeżeli byłby jakiś, poza rekordem, cel naukowy. Nawiazali więc kontakt z prof. Mieczysławem Wolfkem z Politechniki Warszawskiej, który pierwszy zasugerował badanie promieni kosmicznych⁶.

⁶ Współczesny historyk, Andrzej Glass, podaje nieco odmienną wersję pisząc: „Z inicjatywy prof. M. Wolfkego z Politechniki Warszawskiej w 1936 r. został utworzony Komitet Organizacyjny Polskiego Lotu Stratosferycznego, który doprowadził do budowy w 1938 r. stratostatu Gwiazda Polski.” [72].

Mieczysław Wolfke (1883-1947) był fizykiem o sławie światowej [10,11]. Studiował w Liège i na Sorbonie, potem pracował w Uniwersytecie Wrocławskim u Otto Lummera i w Zurychskiej ETH u Alberta Einsteina. Od 1922 r. był profesorem w Politechnice Warszawskiej. Największym chyba osiągnięciem Wolfkego było odkrycie helu II wraz z Willemem Keesomem w 1927 r. Był też prekursorem holografii publikując w 1920 r. podstawową pracę na ten temat - ale to zostało zapomniane i zasadę holografii odkrył ponownie Dennis Gabor w 1948 r.

Wolfke był fizykiem bardzo wszechstronnym, zajmował się optyką instrumentalną i atomową, fizyką kwantową i kriogeniką. Według opinii Szczepana Szczeniowskiego [24]: „Jeśli chodzi o Warszawę, to tu największym autorytetem naukowym był Wolfke. Pieńkowski był raczej organizatorem. Rzeczywiście postawił Zakład Fizyki na bardzo dobrym poziomie. Organizacyjnie instytut był na poziomie europejskim, jeśli chodzi o wyposażenie i organizację pracy...”

Tak więc Wolfke, a nie Pieńkowski, stał się animatorem projektu. Powołano radę naukową i techniczną, do której poza Wolfkem należeli m.in. Marian Mięśowicz, Mieczysław Jeżewski, Szczepan Szczeniowski, Stanisław Ziemecki, a także wybitni technicy, na przykład profesorowie Politechniki Warszawskiej: aerodynamik Czesław M. Witoszyński (1875-1948), specjalista w teorii sprężystości Maksymilian T. Huber (1872-1950) i geodeta Edward Warchałowski (1885-1953). Jako doradcę technicznego zaproszono także ówczesnego posiadacza rekordu świata w wysokości lotu balonem, Amerykanina Alberta M. Stevensa [68].

Trzeba pamiętać, że w tamtych latach zdobywanie stratosfery budziło ogromne zainteresowanie, zbliżone do tego, jakie towarzyszyło 30 lat później pierwszym lotom kosmicznym. Pionierem balonowych lotów stratosferycznych był August Piccard, który 27 maja 1931 r. osiągnął wysokość 15781 m na balonie wyposażonym po raz pierwszy w szczelną gondolę metalową, a w sierpniu następnego roku poprawił ten rekord na 16700 m. W następnych latach rekord ten był parokrotnie poprawiany, przy czym nie brakło tragedii. Radziecki balon stratosferyczny, którego załogę stanowili Fiedosjenko, Usyskin i Wasjenko, osiągnął 30 stycznia 1934 r. wysokość 22000 m, gdy oderwała się od niego gondola i cała załoga poniosła śmierć. Wielki amerykański balon Explorer I, o pojemności 85000 m³, miał podobną awarię po osiągnięciu 18230 m, ale na szczęście trzech uczestnicy lotu, Andersen, Kepner i Stevens, na wysokości 1200 m zdołali się uratować wyskakując na spadochronach z pędzącej w dół gondoli.

Skonstruowano wtedy następny wielki balon Explorer II o pojemności 105 000 m³, na którym 11 listopada 1935 r. Stevens i Andersen⁷ osiągnęli 22066 m.

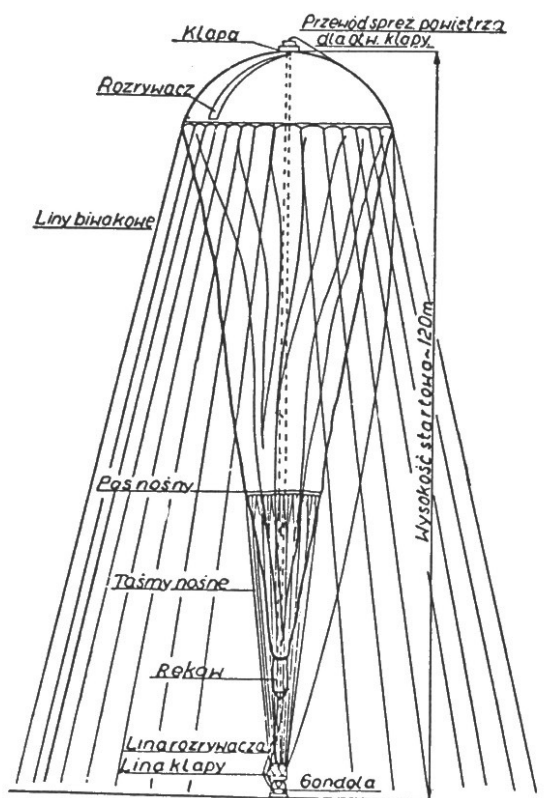
Ten właśnie rekord chcieli pobić Polacy. Planowano osiągnięcie wysokości 30 km. Obliczono, że do tego celu należy mieć balon o pojemności 124800 m³. Tak gigantycznego balonu załogowego nie próbowano zbudować nigdy przedtem ani potem. Zadania podjęła się Wojskowa Wytwórnia Balonów i Spadochronów w Legionowie. Konstrukтором powłoki był inż. J. Paczosa, a gondoli inż. J. Szal. Załogę balonu, któremu nadano nazwę „Gwiazda Polski”, mieli stanowić wspomniani wyżej pilot Zbigniew Burzyński i fizyk Konstanty Narkiewicz-Jodko.

Szczegóły techniczne można znaleźć w artykule [69]. Tu podamy tylko, że wysokość balonu wynosiła około 120 m, a całość gumowanej jedwabnej powłoki ważyła 1269 kg. Dwumetrowej średnicy gondola została wykonana z lekkiego i wytrzymałego hydronalu (stop Al i Mg z domieszkami Mn, Ti i Si) i pusta ważyła 140 kg.

Niezwykle starannie przygotowano aparaturę, która w sumie, z zasilającymi bateriami, miała ciężar aż 1360 kg. Wróćmy ponownie do wspomnień Mariana Mięśowicza [23]: „Świetny fizyk prof. Wertenstein, który zrobił na mnie wielkie wrażenie, u siebie w domu zorganizował systematyczne seminaria aparaturowe. Tam spotkałem się z prof. Sołtanem, Ziemeckim i innymi. Jako temat główny ustalony został rozkład wysokościowy promieni kosmicznych dla trzech kątów zenitalnych... Zbudowaliśmy bardzo, na owe czasy, nowoczesną aparaturę. Aparaturę licznikową ok. 30 liczników i kilku układów koincydencyjnych... [Budowaliśmy to] my dwaj z prof. Jeżewskim i ze wspomniałym mechanikiem Wojtowem. We dwójkę z Wojtowem robiliśmy aparaturę i liczniki. Prócz tego prof. Ziemecki przygotowywał aparaturę komorową, a aparaturę fotograficzną opracował mechanik od prof. Ziemeckiego, Lewandowski”⁸.

⁷ Ten rekord pobił dopiero Amerykanin Kittinger, który 30 czerwca 1957 r. wzbił się do 29300 m na balonie o pojemności 110000 m³.

⁸ Tadeusz Lewandowski brał też przedtem udział w pomiarach wykonywanych w kopalni Wapno [43,44]. Por. też wspomnienie o nim w *Postęпах Fizyki* **37**, 106 (1986).



Schemat balonu „Gwiazda Polski” przed startem (wg Z. Burzyńskiego [69])

Poza wspomnianym układem koincydencyjnym liczników Geigera-Müllera i dwiema komorami jonizacyjnymi, aparatura obejmowała naczynia do pobierania próbek powietrza na różnych wysokościach, termopary i barometry oraz aparaty fotograficzne do zdjęć nieba i ziemi. Przygotowano też kolekcję drobnoustrojów, aby zbadać wpływ na nie niezwykłych warunków. Szczepan Szczeniowski [24] wspomina też o emulsji jądrowej, ale nie ma tego w wykazie podanym przez Burzyńskiego [69].

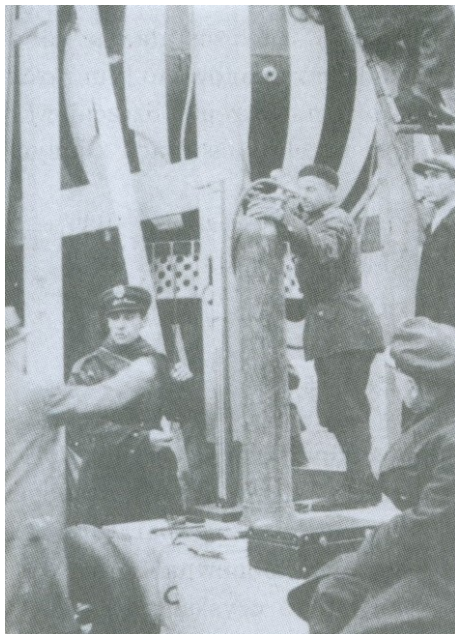


Stanisław Ziemecki z komorami jonizacyjnymi zbudowanymi do lotu w gondoli „Gwiazdy Polski” (zdjęcie z 1938 r.)

Warto podkreślić, że w tym przedsięwzięciu brali udział fizycy z trzech ośrodków: Krakowa, Warszawy i Wilna (Szczeniowski). Całość miała kosztować pół miliona ówczesnych złotych (ponad 100000 dolarów). Dla

porównania podajmy, że tyle kosztował jeden bombowiec typu „Łoś” i nie była to też suma bardzo wielka w porównaniu z wydatkami uczelnianymi⁹.

Start miał nastąpić z Polany Choczołowskiej we wrześniu 1938 r. Wydano z tej okazji piękny znaczek pocztowy. Przygotowania się jednak przeciągnęły i gotowość do startu osiągnięto dopiero 1 października. Zbigniew Burzyński wspominał [68]: „12 października wydawało się w Choczołowskiej, że w ciągu najbliższej nocy i następnego ranka pogoda będzie odpowiednia. Przystąpiono do bezpośrednich przygotowań i około godziny 22.00 zaczęto napełniać stratostat wodorem, z obliczeniem gotowości startowej na świt 13 października. Lecz około godziny 24.00 powiał z początku słaby, po godzinie mocniejszy wiatr. Przerwano napełnianie, już prawie ukończone, i przy coraz to wzmagającym się, porywistym wietrze zaczęto wypuszczać gaz z powłoki przez klapę. Operacja, ta musiała trwać parę godzin. Im mniej było gazu w powłoce, tym wiatr silniej rzucał nią i falował. Chwilami prawdopodobnie powietrze dostawało się przez klapę do wnętrza.



Po lewej - gondola „Gwiazdy Polski”; w środku przy butli stoi Zbigniew Burzyński, po prawej - znaczek pocztowy wydany we wrześniu 1938 r. z okazji lotu „Gwiazdy Polski”

Gdy w górnej czaszy powłoki nie pozostało więcej niż około 500 m³ gazu, dał się słyszeć suchy trzask i buchnął krótki płomień. Kłapa wyleciała w powietrze i opadła obok, górna część powłoki leżała w osmalonych strzępach. Nikt z ludzi nie został poszkodowany."

Marian Mięśowicz wspominał [23]: „To był dramatyczny, ale piękny widok szczytów tatrzańskich oświetlonych niebieskim światłem wybuchu. Nigdy tego nie zapomnę. Na szczęście gondola z aparaturą były w odległości kilkudziesięciu metrów i nie zostały uszkodzone. Na drugi dzień wymontowaliśmy troskliwie całą aparaturę i w ten sam dzień sprawdziliśmy jej funkcjonowanie w Krakowie."

Gondola balonu „Gwiazda Polski” została przeniesiona do Warszawy i umieszczona na przechowanie w dużej sali laboratoryjnej nowego budynku Instytutu Aerodynamicznego Politechniki Warszawskiej.

Na szczęście spaliła się tylko dziesiąta część powłoki, toteż została ona odbudowana w ciągu zimy 1938/39. Zamiast palnego wodoru zaplanowano tym razem użycie helu, który sprowadzono ze Stanów Zjednoczonych. Szczepan Szczeniowski wspominał [24], że odbył podróż do Francji i Anglii w celu konsultacji z innymi badaczami promieniowania kosmicznego.

Odbudowana „Gwiazda Polski” miała wystartować we wrześniu 1939 r. ze Sławska w Gorganach (w południowej części Beskidów Wschodnich).

⁹ W 1936 r. położono kamień węgielny pod budowę gmachów chemii dla Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Pasteura; całość kosztów budowy oceniano wtedy na 5 milionów zł [70]. Wyprawa stratostatu „Gwiazda Polski” była finansowana przez Ligę Obrony Powietrznej Państwa (z 50-groszowych składek jej członków).

4. Upadek i odbudowa (1939-50)

Patrząc z perspektywy czasu na pierwsze lata fizyki wysokich energii w Polsce musimy stwierdzić, że rozwijała się ona bardzo dobrze. Rosła liczba aktywnych badaczy, podejmowano aktualne tematy i stosowano nowoczesną aparaturę.

Wybuch wojny 1 września 1939 r. uniemożliwił ponowną próbę lotu „Gwiazdy Polski”. Gdyby lot ten doszedł do skutku, to uzyskane wyniki tak starannie przygotowywanych kompleksowych badań promieni kosmicznych na wysokościach ponad 20 km przyniosłyby naszym fizykom miejsce w czołówce światowej.

Wybuch wojny przerwał także badania będące w toku. Ignacy Adamczewski, który prowadził wspomniane wyżej badania emulsyjne, wspominał, że [66]: „Wojna zastała mnie przy badaniu, segregowaniu i obliczaniu tego bogatego materiału. Niestety wszystkie te wyniki uległy całkowitemu zniszczeniu częściowo w zakładzie, częściowo w domu. Zachowały się jedynie klisze przechowywane na Kasprowym Wierchu, ale i te w dużej mierze uległy uszkodzeniu, wyrzucone z kaset i pudełek przez urzędujących w obserwatorium pracowników niemieckich.”

Przerwane także zostały pomiary promieniowania kosmicznego w Wieliczce. Jak wspominał Jan Wesołowski [25]: „Te badania trwały do dnia wybuchu wojny. W czasie wojny Niemcy zniszczyli wszystko, rozwalili aparaty, które były zainstalowane na różnych głębokościach w kopalni...”

Zamknięcie wyższych uczelni i instytutów naukowych podczas okupacji zostało połączone z zakazem zajmowania się nauką w ogóle. Miało to przeszkodzić podejmowaniu nawet takich prac, które mogły być prowadzone w prywatnych mieszkaniach. Oczywiście starano się w miarę możliwości wykańczać rozpoczęte przed wojną prace. Niestety, znaczna część tekstów uległa zniszczeniu. Wydany po wojnie zbiór [37] obejmuje łącznie tytuły i streszczenia 626 prac naukowych, w tym 38 z fizyki. Omawianej tu tematyki dotyczą dwie prace Adamczewskiego [73,74] i praca Jeżewskiego i Mięśowicza [75]. Ta ostatnia, po odtworzeniu ukazała się już po wojnie [76]. Prace Adamczewskiego nie mogły być już odtworzone. Interesująca była zwłaszcza praca [73], zawierająca wyniki badań promieni kosmicznych przy jednoczesnym użyciu komory jonizacyjnej wypełnionej heksanem oraz koincydencyjnego układu liczników Geigera-Müllera.

Dodatkowym utrudnieniem była izolacja. Marian Mięśowicz wspominał [23]: „Tutaj warto zwrócić uwagę, że przecież nie mieliśmy żadnego kontaktu ze światem. Pomógł mi mój »tajny« student, który był gościem w niemieckiej księgarni i który wykraść dla mnie stamtąd znakomitą książkę Heisenberga *Kosmische Strahlung...* Książkę tę referowałem na inauguracyjnym naszym czwartkowym powojennym konwersatorium już chyba w lutym 1945 r.”¹⁰

Najwcześniej zatem wznowiono badania w ośrodku krakowskim. Według Mięśowicza [23]: „W szkole na Krzemionkach zachowała się aparatura »balonowa«. Przede wszystkim zdobywaliśmy sprzęt elektroniczny z różnych poniemieckich urzędów wojskowych, które nam udostępniano, lub które się kupowało »na tandecie«.” Jan Wesołowski przypominał [25]: „Po wojnie usiłowałem wznowić badania w Wieliczce. Z zapasowych urządzeń elektronicznych, które udało mi się wynieść z Zakładu, zanim Niemcy Zakład objęli, zbudowałem skromną aparaturę, która pracowała w kopalni w 1946 r., kiedy to¹¹ w Krakowie odbywał się Międzynarodowy Zjazd Promieniowania Kosmicznego.

W zniszczonej Warszawie nie było na razie możliwości badań. Czesław Białobrzeski skoncentrował się na filozoficznych problemach fizyki i nie wrócił już do tematyki promieni kosmicznych, podobnie jak Stanisław Ziemecki, który w 1945 r. został kierownikiem Katedry Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie i Szczepan Szczeniowski, który objął Katedrę Fizyki Doświadczalnej w Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu. Ignacy Adamczewski objął Katedrę Fizyki w Politechnice Gdańskiej. Wszyscy ci fizycy musieli przede wszystkim zająć się odbudową laboratoriów, pisanie podręczników i nauczaniem.

Jednakże fizyka wysokich energii pozostawała w centrum zainteresowania. Najlepszym tego dowodem jest tematyka Zjazdu Dyskusyjnego Fizyków w Warszawie w dniach 9-11 maja 1947 r. (ten zjazd potem nazwano X Zjazdem Fizyków Polskich, pierwszym po wojnie). Na zjeździe wygłoszono 5 referatów plenarnych [77] i wszystkie były poświęcone tematyce mezonu i promieni kosmicznych: M. Mięśowicz - Stan metodyki badań promieni kosmicznych, M. Mięśowicz - Mezon w promieniach kosmicznych, A. Sołtan - Badania doświadczalne nad właściwościami mezonu, S. Szczeniowski - Teoria mezonu swobodnego, J. Błaton - Obecny stan mezonowej teorii sił jądrowych.

¹⁰ Książka ta została wydana w 1943 r.

¹¹ Zjazd ten odbył się w 1947 r., a nie w 1946 r. (patrz niżej).

Nie zachowały się tytuły 14 referatów z prac własnych. Wiadomo jednak, że jeden z nich został wygłoszony przez Jana Wesołowskiego, który referował swoje wyniki z Wieliczki, „lecz spotkał się z ogólnym niedowierzaniem” [35].

W dniach 6-12 października 1947 r. odbył się w Krakowie zjazd pod nazwą I Międzynarodowa Konferencja IUPAP Promieni Kosmicznych. To ważne wydarzenie odbyło się w Polsce dzięki staraniom prof. Jana Weyssenhoffa. Przybyło ok. 20 znakomitych fizyków z Anglii, Brazylii, Czechosłowacji, Holandii, Francji, Irlandii, Stanów Zjednoczonych, Węgier i Włoch. Ponadto w konferencji brało udział ponad 50 fizyków polskich [35,36]. Dla Polaków była to jedyna w swoim rodzaju okazja zetknięcia się z najwybitniejszymi uczonymi.



Uczestnicy Zjazdu w Krakowie w 1947 r.: na pierwszym planie od lewej stoją Patrick Blackett rozmawiający z Janem Biatonem (zwrócony bokiem), John Archibald Wheeler i Walter Heitler; za Heitlerem w drugim rzędzie Lajos Janossy



Uczestnicy Zjazdu w Krakowie w 1947 r.: w pierwszym rzędzie z prawej siedzą Patrick Blackett i Jacob Clay; obok Blacketta stoi ze schyloną głową Heitler, a za nim w rozmowie od prawej John Archibald Wheeler, Louis Leprince-Ringuet i Lajos Janossy. W ostatnim rzędzie pierwszy od prawej Tadeusz Skaliński, trzeci od prawej Leonard Sosnowski, drugi od lewej Ignacy Adamczewski

Wystarczy powiedzieć, że do Krakowa przyjechali wtedy: Auger, Bernardini, Blackett, Clay, Heitler, Janossy, Leprince-Ringuet i Wheeler. Centralnym punktem konferencji był referat Cecila Powella „Dowód istnienia mezonów o różnych masach”, w którym ten przyszły laureat Nagrody Nobla przedstawił swe odkrycie

mezonu π , tuż po jego dokonaniu. Podczas zjazdu podjęto też kilka ważnych decyzji dotyczących terminologii [36].

Jerzy Rayski wspominał [35]: „Ustalono, że obrady toczyć się będą w dwóch językach - francuskim i angielskim. W rzeczywistości jednak wszyscy mówili po angielsku, a tylko jedni Francuzi po francusku. Najwidoczniej nie mogą oni zapomnieć, że niegdyś język francuski dominował w świecie i uparczywie starają się bronić straconej pozycji. Zabawne wrażenie sprawiało więc, gdy w czasie dyskusji wywiązywał się dialog między Anglosasem a Francuzem i obaj mówili do siebie w swoim własnym języku, rozumiejąc się zresztą nawzajem doskonale.”

Pamiętajmy, że był to rok 1947!

Jedna z sesji odbyła się pod ziemią w kopalni w Wieliczce, gdzie pracowała aparatura Mięśowicza i Wesołowskiego. Dwoje uczonych węgierskich, Jenő Barnóthy i jego żona Madeline Forró-Barnóthy, przedstawiło wyniki swych pomiarów natężenia promieni kosmicznych w jednej z węgierskich kopalni na głębokości 1000 m. Te wyniki zdawały się wskazywać na istnienie w promieniowaniu kosmicznym pewnych bardzo przenikliwych cząstek, wytwarzających wtórne promieniowanie o natężeniu zmieniającym się w sposób kapryśny w miarę wzrostu głębokości [35]. Podobne zjawisko zaobserwował także w Wieliczce Wesołowski i przedstawiał wyniki na wspomnianym wyżej zjeździe fizyków polskich w Warszawie w maju tegoż roku.

Właśnie wyjaśnienie tego zagadkowego efektu państwa Barnóthy stało się wkrótce znaczącym sukcesem grupy krakowskiej. Wprawdzie w 1948 r. Jan Wesołowski przeniósł się do Uniwersytetu Wrocławskiego [25] i zaczął się zajmować zastosowaniami fizyki jądrowej do badań różnych właściwości ciał¹², ale do Mariana Mięśowicza dołączyli Leopold Jurkiewicz (1906-66) [9], Jerzy Gierula (1917-75) [14] i Jerzy M. Massalski. Prace Mięśowicza i współpracowników [79,80], w których wykazano, iż wspomniany efekt pochodzi od naturalnej promieniotwórczości otoczenia, były szeroko cytowane.



Jeden z pierwszych zespołów Katedry Fizyki II AGH w Krakowie. Siedzą od lewej: J.M. Massalski, S. Wojtow, M. Mięśowicz, Olena Błatonowa. Stoją od lewej K. Przewłocki, L. Jurkiewicz, J. Gierula, A. Oleś, S. Jasiński, T. Florkowski, K. Ostrowski

Marian Mięśowicz (1907-92), wychowanek Uniwersytetu Jagiellońskiego [21,23], zajmował się początkowo mikrofalami, a następnie ciekłymi kryształami. W tej ostatniej tematyce dokonał w latach 1930-tych ważnych odkryć i jego ówczesne prace są do dziś cytowane. Tematyką promieniowania kosmicznego zainteresował się, jak podano wyżej, przy okazji projektu „Gwiazdy Polski”. W latach powojennych, równoległe do badań w fizyce wysokich energii, prowadził także ważne prace z zakresu zastosowań fizyki jądrowej.

¹² Na XII Zjeździe Fizyków Polskich w Warszawie (29.X. - 3.XI. 1949 r.) Wesołowski przedstawił jeszcze referat pod tytułem „Efekt temperaturowo-barometryczny pęków promieniowania kosmicznego powstających w grubych warstwach atmosfery”. Krótkie streszczenie w *Postęпах Fizyki* [78] jest jedynym śladem tej pracy. Wykaz [38] nie zawiera także pracy Wesołowskiego na ten temat.

Leopold Jurkiewicz był wychowankiem Uniwersytetu Warszawskiego i pracował w UW do wybuchu wojny. W 1945 r. został pracownikiem Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i pod kierunkiem Mięśowicza wykonał pracę doktorską na temat promieni kosmicznych. Jego udział w badaniach grupy Mięśowicza był jednak niedługi, gdyż wkrótce prof. Jurkiewicz poświęcił się bez reszty problematyce zastosowań fizyki jądrowej do celów przemysłowych.

Jerzy Gierula był wychowankiem Uniwersytetu Jagiellońskiego, na którym odbywał studia częściowo konspiracyjnie podczas wojny. Poza krótkim okresem pracy w Warszawie, gdy był profesorem Wojskowej Akademii Technicznej, był związany z ośrodkiem krakowskim. Niemal wszystkie jego prace były wykonywane techniką emulsji jądrowych.



Po lewej Marian Mięśowicz (1907-1992), po prawej Jerzy Gierula (1917-1975)

Ignacy Adamczewski, który objął Katedrę Fizyki w Politechnice Gdańskiej, planował początkowo kontynuować swe badania przy użyciu emulsji. W 1947 r., gdy wspominał zniszczone podczas wojny klisze i wyniki badań, pisał, że „Część, którą możliwie da się uratować, jest obecnie tematem prac. Niezależnie od tego zostały obecnie zamówione nowe klisze tego samego typu u Ilforda i badania będą przeprowadzane w dalszym ciągu prawdopodobnie przez kilka zakładów fizycznych w Polsce.” [66].

Adamczewski napisał obszerny artykuł przeglądowy do *Postępów Fizyki* [81] i przeprowadził nowe naświetlenia klisz jądrowych. Na XII Zjeździe Fizyków Polskich w Warszawie (29.X. - 3.XI. 1949 r.) jego współpracownik Sylwester Bernasik wygłosił referat „Przykłady przemian jądrowych zaobserwowanych w kliszach Ilford C2 grubości 100 mikronów, ekspozowanych na Kasprowym Wierchu” [82].

Na następnym, XIII Zjeździe Fizyków Polskich w Krakowie (4.XII. - 9.XII. 1950 r.) wygłoszone zostały dwa referaty ludzi z zespołu Adamczewskiego. Tematem pierwszego [83] była „Statystyka gwiazdek jądrowych”, oparta na ok. 3000 przeanalizowanych zdarzeń. Drugi referat [84] nosił tytuł „Badania gwiazdek podwójnych w emulsjach fotograficznych do badań jądrowych”. Poza wymienionymi streszczeniami w *Postęпах Fizyki*, po pracach tych nie ma żadnego innego śladu. Brak jest prac na ten temat w spisie [38] i późniejszych [39,40]. Widocznie tematykę tę w Gdańsku porzucono. Wiadomo, że prof. Adamczewski skoncentrował się na badaniach dielektryków i swojemu rozmówcy w 1988 r. [22] nawet nie wspomniał o badaniach promieniowania kosmicznego. Dziś wiadomo, że emulsje naświetlone na wysokości Kasprowego Wierchu (1985 m) nie mogły zawierać zbyt ciekawego materiału.

W zrujnowanej Warszawie nieprędko podjęto prace z fizyki wielkich energii. Jerzy Pniewski w swych wspomnieniach [26] podaje, że w 1947 r. Marian Danysz wraz z Ludwikiem Natansonem rozpoczęli „analizowanie pierwszych klisz z fotograficzną emulsją jądrową, naświetloną promieniami kosmicznymi na Kasprowym Wierchu. Klisze te Natanson otrzymał w darze od Cecila Powella z Bristolu”. O wynikach tych prac brak jest jednak publikacji. Wkrótce Danysz wyjechał do Anglii, podobnie jak Pniewski, a Natanson, jako profesor Uniwersytetu Łódzkiego, zajął się fizyką jądrową.

W Zakładzie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Łódzkiego, Aleksander Zawadzki (ur. 1918) rozpoczął budowę układu doświadczalnego do badań wielkich pęków promieniowania kosmicznego i już na XII Zjeździe

Fizyków Polskich w 1949 r. przedstawił referat „Układ koincydencyjno-selekcyjny (hodoskop)” [85]. Pomiary nastąpiły jednak później.



Po lewej Leopold Jurkiewicz (1906-1966), po prawej Aleksander Zawadzki (ur. 1918 r.)

Tak więc, do 1950 r. jedynym poważnym ośrodkiem badań promieni kosmicznych w Polsce był ośrodek krakowski kierowany przez Mariana Mięśowicza. Wspomniane wyżej prace [79,80], wysłane do druku już w 1949 r., były jednak zapowiedzią, że fizycy polscy zaczynają coraz energiczniej uczestniczyć w badaniach w tej dziedzinie.

5. Pierwsze sukcesy (1951-63)

Przełomową rolę w dalszym rozwoju fizyki wysokich energii w Polsce odegrało utworzenie w Warszawie i Krakowie silnych grup eksperymentalnych korzystających z techniki emulsji jądrowych. Grupa warszawska zawdzięcza swe powstanie Marianowi Danyszowi, a jej współtwórcą był Jerzy Pniewski; grupę krakowską utworzył Marian Mięśowicz.

Marian Danysz (1909-83) [15] studiował na Politechnice Warszawskiej, gdzie uzyskał dyplom inżyniera elektryka. Pracę naukową rozpoczął w Pracowni Radiologicznej TNW [5] pod kierunkiem Wertensteina i tam wspólnie z Michałem Żywem odkrył promieniotwórczy izotop fluoru. Po wojnie wykładał początkowo elektrotechnikę w Państwowej Szkole Inżynierskiej im. Wawelberga i Rotwanda i dopiero w 1947 r. związał się z Uniwersytetem Warszawskim. W 1949 r. uzyskał magisterium z fizyki i na początku następnego roku wyjechał na stypendium naukowe do Liverpoolu, skąd po paru miesiącach przeniósł się do znakomitego laboratorium Cecila Powella w Bristolu. Tam Danysz zapoznał się z nowoczesną techniką emulsji jądrowych. W 1951 r. wraz z Owenem Lockiem i Gideonem Yekutielim wysunął hipotezę istnienia nowej cząstki elementarnej [86,87].

Jak potem pisał Danysz [88]: „Hipoteza cząstki ζ^0 została wysunięta w związku z zaobserwowaną korelacją pędów par mezonów π w zderzeniach szybkich cząstek... Stwierdzono mianowicie, że często przy emisji dwóch mezonów π w zbliżonych kierunkach energie kinetyczne tych mezonów różnią się tylko nieznacznie od siebie. Mówiąc inaczej - stwierdzono uprzywilejowaną emisję par mezonów π z małą energią kinetyczną... Obserwowany nadmiar występuje dla par o kątach rozwarcia odpowiadających (dla mezonów π) energiom względnym w zakresie od 1 do 5 MeV. Szukając prostego wyjaśnienia wysunięto jako roboczą hipotezę możliwość istnienia nietrwałej neutralnej cząstki. Cząstka taka musiałaby się rozpaść z emisją dwóch mezonów π , z czasem życia krótszym od 10^{-14} s i niewielkim wydzieleniem energii...”

Masę hipotetycznej cząstki oceniono na 556 mas elektronowych, to znaczy ok. 284 MeV. Praca Danysza i współpracowników wywołała spore zainteresowanie. Inni autorzy interpretowali także swoje wyniki jako wskazujące na istnienie naładowanych odpowiedników cząstki ζ^0 .

Dziś wiemy, że hipoteza o istnieniu tej cząstki była fałszywa. Korelacje zaobserwowane w Bristolu były w istocie przejawem korelacji Bosego-Einsteina między identycznymi bozonami, które później odkryto w innych badaniach i nazwano „efektem Goldhaberów” [89].

Jerzy Pniewski (1913-89) [17,26], studiował matematykę i fizykę na Uniwersytecie Warszawskim, a potem został asystentem Pieńkowskiego i rozpoczął badania w dziedzinie optyki. Po wojnie jako prawa ręka Pieńkowskiego odbudowywał zniszczony ośrodek fizyki na Hożej. W końcu 1948 r. wyjechał na dwuletni staż do Liverpoolu, gdzie zajął się fizyką jądrową, dokładniej spektroskopią beta. Tam też zaprzyjaźnił się z Marianem Danyszem.

W maju 1952 r. Danysz wrócił do Warszawy przywożąc ofiarowany przez Powella blok emulsji naświetlonych promieniami kosmicznymi w locie balonowym. Opierając się na wzorach bristolskich postanowił stworzyć na Hożej zespół analizujący oddziaływania cząstek wielkiej energii. Udało mu się namówić do współpracy Jerzego Pniewskiego, który - jak pisał - z żalem porzucił spektroskopię beta. W drugiej połowie września 1952 r. Danysz i Pniewski znaleźli w emulsji dziwne oddziaływanie, które zinterpretowali jako rozpad jądra atomowego zawierającego zamiast jednego neutronu hiperon Λ , wówczas jeszcze mało znany i nazywany cząstką V_1^0 [90,91]. Historia odkrycia pierwszego hiperjądra została pięknie opisana przez Pniewskiego [26].

Chociaż bardzo trudno jest porównywać znaczenie różnych odkryć i to w różnych działach fizyki, to jednak można twierdzić, że odkrycie Danysza i Pniewskiego było najważniejszym w fizyce wysokich energii w Polsce, a może nawet w całej powojennej historii polskiej fizyki. Za te pierwszą i dalsze prace na temat hiperjader obaj odkrywcy byli wielokrotnie wysuwani do Nagrody Nobla z fizyki, niestety bez skutku.

Pierwszymi członkami warszawskiej grupy emulsyjnej byli Pelagia Ciok, Ewa Skrzypczak, Teresa Saniewska oraz wykładowcy wtedy w WAT Jerzy Gierula. W następnych latach dołączali Andrzej Filipkowski, Janusz Zakrzewski, Jerzy Bogdanowicz, Erwin Marquit i autor tego artykułu, którego praca magisterska w 1954 r. dotyczyła fizyki hiperjader.

Warszawa stała się stolicą fizyki hiperjader. Marian Danysz wygłosił pierwszy na ten temat referat przeglądowy na konferencji w Pizie [92], a Andrzej Filipkowski, Jerzy Gierula i Iwo Przemysław Zieliński (1926-91) ogłosili pierwsze zestawienie światowych wyników na temat hiperjader [93].

Niestety tempo rozwoju grupy warszawskiej zostało zahamowanie, gdy w 1953 r., po śmierci Pieńkowskiego, Jerzy Pniewski musiał odłożyć na bok pracę naukową i zająć się kierowaniem instytutem uniwersyteckim. Wkrótce potem, w 1956 r., Marian Danysz został wicedyrektorem Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej. Pod nieobecność Danysza i Pniewskiego grupą warszawską kierował wówczas Jerzy Gierula.

W 1954 r. Marian Mięśowicz zorganizował w Krakowie przy Katedrze Fizyki II AGH grupę kliszową „korzystając z doświadczeń organizacyjnych laboratorium warszawskiego” [34]. Pierwszymi członkami tego zespołu byli Władysław Wolter i Olena Błatonowa, a później Tomir Coghen i Alina Jurakówna [23], Roman Hołyński i Jerzy Bartke oraz Jerzy Gierula, który po powrocie z Warszawy objął kierownictwo grupy.

Tematyka badań zespołu krakowskiego poszła jednak w kierunku związanym z prowadzonymi już w Krakowie pracami licznikowymi na temat kaskad elektronowych promieniowania kosmicznego. W badaniu kaskad elektromagnetycznych bardzo wysokich energii (ponad 10^{14} eV) uzyskano wkrótce bardzo ciekawy wynik, stwierdzając wpływ gęstego ośrodka na prawdopodobieństwo elementarnego procesu wypromieniowania fotonów gamma przez elektrony bardzo wysokich energii [94,95]. Zbadano także efekt kompensacji ładunków dodatniego i ujemnego elektronu w parach elektronowych bardzo wysokich energii [96].

Dalsze badania oddziaływań najwyższej energii zarejestrowanych w emulsji, prowadzone przez grupę krakowską przy współudziale niektórych fizyków z Pragi i Warszawy, doprowadziły do opracowania nowego modelu wielorodnej produkcji cząstek. Krakowski model dwucentrowy [97] stał się na wiele lat użyteczną hipotezą roboczą w analizie danych eksperymentalnych, a polskie prace na ten temat doczekały się cytowania w monografiach (np. [98]).

W Warszawie badania emulsyjne były skoncentrowane na tematyce związanej z hiperjadrami. Duże znaczenie dla ówczesnych badań energii wiązania hiperjader miało bardzo precyzyjne wyznaczenie masy hiperonu Λ [99]. Powrót Pniewskiego od zajęć administracyjnych do badań eksperymentalnych i powrót Danysza z Dubnej spowodowały duże ożywienie pracy. Wprawdzie Pniewski początkowo zajął się badaniem fragmentacji jąder przy użyciu emulsji jądrowych, a Danysz interesował się bardziej oddziaływaniami przy wyższych energiach, ale za namową Zakrzewskiego obaj ponownie skupili uwagę na fizyce hiperjader. Wkrótce dokonali oni następnego ważnego odkrycia, izomerii hiperjądrowej [100].

Ukoronowaniem sukcesów warszawskiej grupy emulsyjnej było odkrycie w 1963 r. pierwszego hiperjądra podwójnego, zawierającego dwa związane hiperony Λ [101]. Jerzy Pniewski w swych wspomnieniach [26] przypomniał, że to „Zakrzewski, pierwszy zwrócił uwagę na jeden z przypadków znalezionych przez nasz personel techniczny, sugerując, że może on być kandydatem na hiperjądro podwójne. Trzy miesiące

intensywnej pracy zespołu, w skład którego poza nami trzema wchodził młodzi fizycy - Krystyna Garbowska i Tadeusz Pniewski, dowiodły, że był to pierwszy dobrze udokumentowany przypadek hiperjądra z dwoma hiperonami Λ^+ .

W tym czasie fizycy warszawscy prowadzili już badania emulsyjne w ramach tzw. Europejskiej Współpracy K⁻ wykorzystując emulsje naświetlone wiązką mezonów K⁻ z akceleratora w CERN-ie¹³. Gdy w marcu 1963 r. w St. Cergue w Szwajcarii odbyła się pierwsza konferencja międzynarodowa poświęcona fizyce hiperjąder (Jerzy Pniewski referował tam w imieniu zespołu międzynarodowego szczegóły odkrycia i analizy hiperjądra podwójnego), wiodąca pozycja ośrodka warszawskiego w tej specjalności była już mocno ugruntowana. Szczegóły historii badań hiperjąder można znaleźć w artykułach Pniewskiego [102,103].

Tymczasem problematyka i technika badań doświadczalnych uległa rozszerzeniu. W 1959 r. Ryszard Sosnowski, który początkowo zajmował się fizyką jądrową, zmienił zainteresowania, przyłączył się do zespołu Danysza i Pniewskiego i zaczął organizować w Warszawie badania przy użyciu nowej techniki, jaką były wówczas komory pęcherzykowe. W rok później do powstającej grupy komorowej włączył się Lech Michejda (1935-71) [19], wówczas jeszcze student trzeciego roku fizyki, ale z dyplomem magistra inżyniera Politechniki Warszawskiej. Pierwszą pracą wykonaną w Warszawie nową techniką był pomiar rozpraszania elastycznego ujemnych pionów na protonach. Zdjęcia pochodziły z naświetlenia komory propanowej wiązką mezonów z akceleratora w Dubnej (część fotografii przeanalizowali współpracujący fizycy z Budapesztu).

W następnych latach badania przy użyciu techniki komorowej rozwinęły się w Polsce na dużą skalę. W Krakowie grupę komorową zorganizował Oleg Czyżewski (1930-71) [18], który podczas pobytu w Dubnej zebrał materiał doświadczalny do swej pracy doktorskiej na temat oddziaływań pionów z jądrami węgla w komorze propanowej. Praca ta, obroniona na Uniwersytecie Jagiellońskim w 1961 r., była pierwszą w Polsce rozprawą opartą na danych uzyskanych nową techniką. W grupie krakowskiej zaczęto też analizować zdjęcia z komory ksenonowej odznaczającej się dużą wydajnością rejestracji kwantów gamma (potem podobne prace zaczęto też w Warszawie).

Ogromne znaczenie dla rozwoju fizyki wysokich energii w Polsce miały kontakty z Europejskim Ośrodkiem Badań jądrowych (CERN) w Genewie. Dzięki wysiłkom Danysza, który jako wicedyrektor ZIBJ w Dubnej był w stanie pokonać różnorakie bariery utrudniające wówczas kontakty z ośrodkami zachodnimi, fizycy polscy zaczęli od 1960 r. wyjeżdżać do Genewy na roczne i dłuższe staże naukowe. Najpierw gościli w CERN-ie Maria Szeptycka i Jerzy Bartke z Krakowa, Ryszard Sosnowski z Warszawy i Jan Rzewuski z Wrocławia, a potem wyjeżdżali Grzegorz Białkowski, Oleg Czyżewski, Jan Danysz, Tomasz Hofmoki i autor tego artykułu.

Te pobyty w CERN-ie, będącym wtedy bardzo dynamicznie rozwijającym się ośrodkiem, owocowały nie tylko możliwościami nauki i zdobycia doświadczenia, lecz także nawiązaniem znajomości z fizykami z innych krajów i uzyskiwaniem materiału doświadczalnego, który mógł być opracowywany w Polsce. Już od 1961 r. w Krakowie i Warszawie rozpoczęły się pomiary na uzyskanych z CERN-u filmach z komory wodorowej. Skoncentrowano się na badaniach oddziaływań z produkcją wielu cząstek. Tematyka ta stała się wkrótce polską specjalnością, ponieważ w większości laboratoriów na świecie studiowano wtedy prostsze w opisie reakcje z małą liczbą cząstek w stanie końcowym.

Innym działem, w którym udział polskich fizyków był bardzo znaczący, była fizyka cząstek dziwnych przy wysokich energiach. Oceniano, że na początku lat sześćdziesiątych ok. 80 procent prac z tego działu miało polskich autorów lub współautorów [32]. Wśród ważnych osiągnięć z tego okresu warto wymienić odkrycie zależności średniego pędu poprzecznego wtórnych hadronów od ich pędu podłużnego (tzw. efekt mowy) oraz od ich masy.

Bardzo dobrze rozwijał się też ośrodek łódzki, kierowany przez Aleksandra Zawadzkiego. Po zbudowaniu i sprawdzeniu świetnej aparatury licznikowej do badań wielkich pęków promieniowania kosmicznego rozpoczęto poszukiwania wielkich pęków wytworzonych przez fotony bardzo wysokich energii. Kilkuletnie badania przyniosły sukces. Stwierdzenie istnienia w pierwotnym promieniowaniu kosmicznym fotonów bardzo wysokiej energii było ważnym rezultatem także dla astrofizyki.

Warto też dodać, że rozprawa Zawadzkiego o hodoskopowym badaniu promieniowania kosmicznego [104] była pierwszą monografią z fizyki wysokich energii opublikowaną w Polsce.

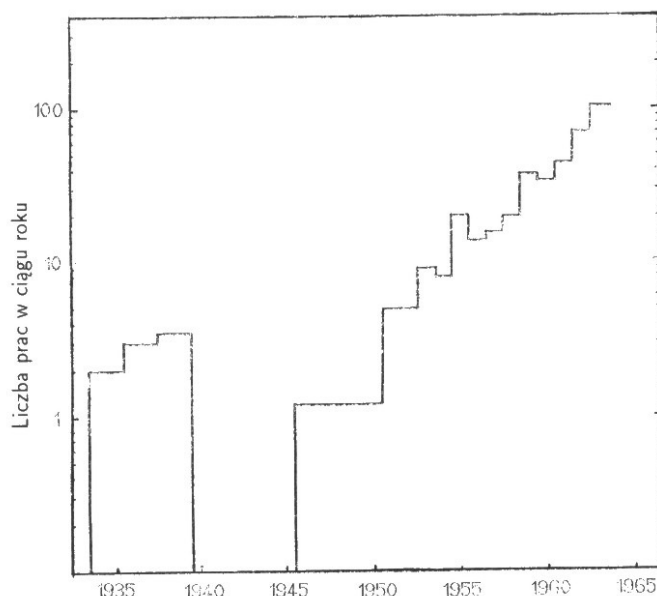
Podsumowując stan badań doświadczalnych w fizyce wysokich energii w pierwszym dwudziestolecu

¹³ Europejska Współpraca K⁻, powstała na przełomie lat 50-ych i 60-ych, obejmowała laboratoria z Bristolu, Brukseli, Dublina, Londynu i Warszawy, a następnie również z Belgradu i Berlina.

powojennym Marian Mięśowicz mógł już stwierdzić [34]: „W Polsce zostały zorganizowane trzy placówki pracujące w dziedzinie fizyki wysokich energii na poziomie światowym. Są to laboratoria: warszawskie, krakowskie oraz łódzkie. Rezultaty osiągnięte w dziedzinie hiperjader oraz w dziedzinie wielorodnej produkcji cząstek w zderzeniach najwyższych energii są poważnymi osiągnięciami nauki polskiej... Z prac o wielkim znaczeniu naukowym trzeba jeszcze wymienić poszukiwania fotonów gamma wysokich energii w pierwotnym promieniowaniu kosmicznym. Praca ta jest jeszcze w toku i dotychczasowe rezultaty nie są jeszcze ostateczne.”

Dotąd była mowa o badaniach doświadczalnych. Badania w teorii cząstek elementarnych i oddziaływań wysokich energii rozpoczęły się w Polsce dopiero kilka lat po wojnie [30]. Charakteryzując dorobek polskich fizyków w tej dziedzinie trzeba mieć na uwadze to, że - jak to podkreślił Józef Werle [33]: „... teoria cząstek elementarnych jest wyjątkowo źle określonym działem fizyki. Jeśli włączy się do niej wszystkie teoretyczne rozważania dotyczące systematyki, sprzężeń, struktury cząstek elementarnych oraz reakcji, w których one uczestniczą, to okaże się, że wiele zagadnień fizyki jądrowej - w szczególności fizyki jądrowej wysokich energii - należy do fizyki cząstek elementarnych. Równie trudno przeprowadzić linię podziału między badaniami kwantowej teorii pola a teorią cząstek elementarnych. Wiele prac z kwantowej teorii pola ma pośredni związek z teorią cząstek elementarnych, choć w większości przypadków związek ten jest dość luźny...”

Pierwsze teoretyczne prace z fizyki cząstek i wysokich energii w Polsce wykonywali Jerzy Rayski w Krakowie, Jan Łopuszański i Jan Rzewuski we Wrocławiu oraz Wojciech Królikowski i Józef Werle w Warszawie [38]. Prace Rayskiego dotyczyły propozycji unitarnych wielowymiarowych i nielokalnych teorii. Łopuszański napisał kilka prac na temat teorii kaskad. Rzewuski zajmował się m.in. macierzą S . Królikowski rozpoczął badania nad klasyfikacją cząstek elementarnych i symetrami oddziaływań silnych i słabych. Werle zajął się ogólną relatywistyczną teorią oddziaływań wielocząstkowych.



Liczba prac z fizyki cząstek elementarnych i wysokich energii opublikowanych przez polskich autorów w latach (1934-1963)

W następnych latach pojawiło się wielu uzdolnionych młodych teoretyków, którzy rozwijali także badania fenomenologiczne silniej powiązane z doświadczeniem. Modelami mechanizmu zderzeń przy wysokich energiach zajmowali się Wiesław Czyż, Andrzej Kotański i Józef Namysłowski w Krakowie oraz Józef Werle, Andrzej Krzywicki i Ryszard Rączka w Warszawie. Inni teoretycy warszawscy (Grzegorz Białkowski, Andrzej Jurewicz, Leszek Łukaszuk, Michał Święcki i Jerzy Wrzecionko) badali zastosowanie związków dyspersyjnych. Ponadto Andrzej Deloff, Jerzy Szymański¹⁴ i Jerzy Wrzecionko rozwijali teorię hiperjader. Podsumowując swój przeglądowy artykuł Józef Werle mógł stwierdzić [33], że: „Prace polskie stały średnio rzecz biorąc na dobrym światowym poziomie i odstęp dzielący nasze ośrodki od przodujących ośrodków zagranicznych uległ dalszemu zmniejszeniu.”

Przed II wojną światową prace z fizyki wielkich energii publikowało 7 polskich autorów, przy czym na ogólną liczbę 17 prac [42-58], aż 12 było autorstwa lub współautorstwa Ziemeckiego, 6 - Narkiewicza-Jodko i 5 - Szczeniowskiego. Po wojnie, przed 1951 r. opublikowało prace tylko 6 autorów. Potem liczba autorów zaczyna szybko rosnąć. W latach 1953-54 na liście opublikowanych prac mamy 11 nazwisk, w 1955 r. 18, w

¹⁴ Ten utalentowany teoretyk (ur. 1933 r.) zginął tragicznie w 1961 r. podczas pobytu w Dubnej.

1958 - już 28, a w latach 1961-63 - aż 92 nazwiska [38-40].

Z wykresu przedstawiającego liczbę prac z fizyki wielkich energii opublikowanych przez polskich autorów w latach 1934-63 widać wyraźnie, że wojna i zniszczenia spowodowały ok. dwunastoletnie opóźnienie rozwoju tej gałęzi fizyki w Polsce.

6. Normalny rozwój

Na początku lat sześćdziesiątych spora liczba fizyków polskich zdobyła wiedzę i doświadczenie podczas długoterminowych staży naukowych w CERN-ie. Po ich powrocie do kraju laboratoria w Krakowie i Warszawie¹⁵ zwiększyły zakres badanych zagadnień i powiększyły liczebność zespołów. Obok działających od wielu lat grup emulsyjnych, dobrze już znanych w świecie, walczyć o uznanie międzynarodowe zaczęły teraz grupy komorowe.

Technika komór pęcherzykowych stała się na pewien okres dominująca w eksperymentalnej fizyce wysokich energii. Zbieranie materiału doświadczalnego było dość powolne, wymagało bowiem przeglądania setek tysięcy zdjęć celem wyszukania interesujących zdarzeń do pomiarów. Aby szybciej uzyskiwać wyniki zaczęto organizować współpracy kilku (potem kilkunastu) laboratoriów, między które rozdzielano filmy z komór pęcherzykowych. Wyniki uzyskane przez poszczególne grupy trzeba było potem scalić, przeanalizować w jednolity sposób i przygotować wspólną publikację.

Współpraca między różnymi laboratoriami zaczęła się, jak wspomniano wyżej, już w latach pięćdziesiątych, ale jej skala była stosunkowo niewielka¹⁶. Dopiero znaczny rozwój techniki komór pęcherzykowych bardzo przyspieszył tworzenie dużych współprac międzynarodowych. Początkowo grupy komorowe z Krakowa i Warszawy miały swą własną tematykę badawczą, wkrótce jednak stały się częścią wielkiego systemu międzynarodowego. We wrześniu 1964 r. ukazała się pierwsza praca na temat produkcji cząstek dziwnych w zderzeniach π^+ p przy pędzie 8 GeV/c; w nagłówku jej widniała: Współpraca CERN-Warszawa. Wkrótce dołączył się Kraków, potem Aachen (Akwisgran) i Berlin (Zeuthen). Tak powstała znana Współpraca ABCCW, przekształcona potem we Współpracę ABCCCHW po dołączeniu się grup z Bonn i Heidelbergu. Organizatorem tej współpracy i jej rzecznikiem (ang. spokesman) był pracujący w CERN-ie Sztot Douglas R.O. Morrison.

Aż do początku lat osiemdziesiątych ta współpraca, zwana także „morrisonowską”, była jednym z najbardziej znanych zespołów w dziedzinie badań oddziaływań hadronów przy energiach uzyskiwanych w akceleratorach CERN-u. Skład współpracy ulegał zmianom, przez długi czas uczestniczyły w niej także Londyn (Imperial College) i Wiedeń, ale Kraków i Warszawa należały do stałych członków. W kilkudziesięciu opublikowanych raportach tej współpracy zbadano systematycznie wszystkie aspekty oddziaływań silnych dostępne badaniu tą techniką. Wyniki doświadczalne uzyskane przy znaczącym udziale fizyków z Krakowa i Warszawy są cytowane do dziś.

Włączenie się polskich grup komorowych do szerokiej współpracy międzynarodowej wymagało rozwinięcia techniki obliczeniowej. Pomiary zdarzeń zarejestrowanych w emulsjach można było wykonywać ręcznie pozostawiając inwencję operatorowi. Podobnie było w pierwszym stadium naszych prac komorowych, gdy pomiary dotyczyły niewielu oddziaływań. Lecz zwiększenie szybkości pomiarów i liczby analizowanych zdarzeń wymagało użycia komputerów zdolnych do wspomagania operatora lub nawet kierowania jego czynnościami. W laboratoriach zagranicznych instalowane były maszyny wielodostępne i zdolne do przerywania wykonywanego programu z chwilą pojawienia się informacji z urządzeń pomiarowych „na linii”; ta informacja była na bieżąco analizowana, a ewentualne błędy operatora były mu natychmiast sygnalizowane.

¹⁵ Przynależność instytucjonalna eksperymentatorów była następująca: w Krakowie byli oni zatrudnieni w Zakładzie V Instytutu Fizyki Jądrowej (początkowo był to Krakowski Oddział Instytutu Badań Jądrowych) oraz w Międzyresortowym Instytucie Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej; w Warszawie byli to pracownicy Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego oraz Zakładu VI Instytutu Badań Jądrowych; potem powstała także grupa zorganizowana przez Zbigniewa Strugalskiego w Instytucie Fizyki Politechniki Warszawskiej, pozostała ona jednak związana przez cały czas z tematyką komór ksenonowych uprawianą w Dubnej i nie była włączona we współpracę międzynarodową z ośrodkami zachodnimi.

¹⁶ Warto jednak odnotować, że już w końcu lat pięćdziesiątych Uniwersytet Chicagowski zorganizował największe naświetlenie stratosferyczne dużego bloku emulsji jądrowych, który został następnie podzielony w celu analizy między 33 laboratoria z 15 krajów. Zwykle jednak współprace grup emulsyjnych były mniejsze.

Wtedy to właśnie w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW zrodziła się szalona inicjatywa budowy własnego komputera. Oto co później pisał na ten temat Lech Michejda [105]: „W roku 1965 nie było możliwości zakupu dla Instytutu Fizyki maszyny spełniającej takie wymagania. Nie spełniały ich maszyny produkowane wówczas w Polsce. W takiej sytuacji... profesor Jerzy Pniewski spotkał się ze strony konstruktora-elektronika, inżyniera Jacka Karpińskiego, z propozycją zbudowania potrzebnej maszyny... Po uzyskaniu akceptacji profesora Pniewskiego, przy poparciu profesora M. Danysza i kierownika grupy komór doc. R. Sosnowskiego, dobrał on sobie zespół dwunastu bardzo młodych ludzi, inżynierów elektroników, techników, programistów i rozpoczął pracę nad budową maszyny dla Instytutu Fizyki.

W ciągu czterech lat budowano maszynę wyłożoną pracą w kilku niedużych pokojach, korzystając z ograniczonych możliwości zaopatrzeniowych i bardzo skromnej aparatury laboratoryjnej, częściowo zbudowanej samodzielnie, a częściowo pożyczonej. Trzeba było opracować »technikę cyfrową«, schematy logiczne - zespalające w jedną całość około 12 000 tranzystorów, 60 000 diod i setki tysięcy innych elementów, opracować technologię szeregu elementów konstrukcyjnych, na przykład łączówek do obwodów drukowanych, a także opracować odpowiednie metody starzenia i selekcji elementów, co było szczególnie ważne ze względu na decyzję stosowania elementów półprzewodnikowych produkcji polskiej. W roku 1968 zasadnicze prace przy budowie maszyny zakończono. Nazwano ją KAR-65..."

Komputer KAR-65 służył warszawskiej grupie komorowej przez kilkanaście lat. Maszyna pracowała z szybkością ok. 100 000 operacji na sekundę i operowała słowami o długości 26 bitów. Jej podstawowym zadaniem było sterowanie pracą operatora przy urządzeniach pomiarowych, ale dzięki wielodostępności umożliwiała także wykonywanie zwykłych obliczeń. Obecnie ten zabytek polskiej myśli technicznej można oglądać w Muzeum Techniki w Warszawie, gdzie został przekazany po niemal dwudziestoletniej pracy.



Marian Danysz (z lewej) i Jerzy Pniewski (z prawej) przy komputerze KAR-65 skonstruowanym przez Jacka Karpińskiego (w środku)

Zarówno w Krakowie jak w Warszawie kontynuowały działalność grupy emulsyjne. W Krakowie studiowano oddziaływania promieni kosmicznych, a potem także oddziaływania w emulsji cząstek przyspieszonych w akceleratorach. Wiodącą ideą było testowanie modelu dwucentrowego („fire-balls”). W Warszawie kontynuowano badanie hiperjader w ramach Europejskiej Współpracy K. W obu laboratoriach zaczęto jednak również eksperymentowanie bardziej aktywne.

W drugiej połowie lat sześćdziesiątych Jerzy Pniewski zorganizował w Warszawie zespół, z którym zajął się poszukiwaniem stanów wzbudzonych hiperjader. Szczególnie ważną rolę w tym zespole odegrali Henryk i Jadwiga Piekarczowie. Zbudowano w Warszawie odpowiednią aparaturę detekcyjną i w końcu 1968 r. podjęto eksperyment w ZIBJ w Dubnej. Eksperyment ten nie przyniósł oczekiwanego sukcesu ze względu na zbyt małe natężenie wiązki w przestarzałym akceleratorze. Druga próba, podjęta we współpracy z grupą fizyków z Heidelbergu, przy użyciu znacznie lepszej wiązki w CERN-ie, doprowadziła już w 1970 r. do identyfikacji niektórych linii hiperjadowych. Eksperyment był jeszcze kontynuowany przez następne pięć lat we współpracy z grupą fizyków z Lyonu i zakończył się wielkim sukcesem. Był to początek spektroskopii hiperjadowej, rozwijającej się do dziś, choć już bez udziału Polaków [26].

Obok znaczącego wyniku fizycznego uzyskano dowód, że nasi fizycy wysokich energii nie są skazani wyłącznie na analizę emulsji czy zdjęć z komór, lecz są zdolni do budowy skomplikowanej aparatury detekcyjnej, którą można następnie z powodzeniem wykorzystywać do eksperymentowania „na wiązce” przy wielkich akceleratorach.

Lista eksperymentów, w których uczestniczyły grupy fizyków polskich do początku lat 1980-ych. W spisie nie wymieniono Europejskiej Współpracy K⁻, o której była obszerniej mowa w tekście, a także eksperymentów z naświetlaniem emulsji przez grupę krakowską protonami o energii 20 GeV w AGS (Brookhaven) i protonami o energii 200 GeV w FNAL. Fizycy krakowscy przeprowadzali też licznikowe badania promieni kosmicznych na Mt. Aragac na Kaukazie.

Rodzaj eksperymentu	Oficjalna nazwa współpracy
5 GeV/c π^- He	CERN Clermont-Ferrand - Lyon - Uppsala - Warsaw
8 GeV/c π^+ p	Aachen - Berlin - CERN - Cracow - Warsaw
16 GeV/c π^+ p	Aachen - Berlin - Bonn - CERN - Cracow - Heidelberg - Warsaw
16 GeV/c π^- p	Aachen - Berlin - Bonn - CERN - Cracow - Heidelberg - Warsaw
21 GeV/c π^- d	Cambridge - Cracow - Warsaw
110 GeV/c K ⁻ p	Aachen - Berlin - CERN - Cracow - London - Vienna - Warsaw
63, 93 GeV/c π^- , K ⁻	Amsterdam - CERN - Cracow - Munich - Oxford - Rutherford (WA 3)
100 GeV/c π^-	Amsterdam - CERN - Cracow - Munich - Oxford - Rutherford (NA 11)
150, 300 GeV π^- , p A ^a	Bari - Cracow - Liverpool - Munich - Nijmegen
200 GeV p, $\bar{p}$ A ^a	Bari - Cracow - Liverpool - Munich - Nijmegen
γ N	Athens - CERN - London - Orsay - Paris (E. P.) - College de France - Saclay - Southampton - Strasbourg - Warsaw (NA 14)
ISR 416 (SFM)	Annecy - CERN - College de France - Heidelberg - Karlsruhe - Warsaw
ISR 418 (SFM)	Ames - Bologna - CERN - Dortmund - Heidelberg - Berkeley - Lund - Warsaw
ISR 419 (SFM)	CERN - Heidelberg - Warsaw
ISR 420 (SFM)	Ames - Bologna - CERN - Heidelberg - Warsaw
ISR 101	Bombay - Bucharest - Cracow
ν N	CERN - Dortmund - Heidelberg - Saclay - Warsaw
3.3 GeV/c dp	Dubna Dubna - Warsaw
3-9 GeV/c π^- Xe	Dubna - Warsaw
4.2 GeV/c/N A ^a	Alma-Ata - Baku - Belgrade - Bucharest - Cracow - Dubna - Moscow - Prague - Sofia - Tashkent - Tbilisi - Ulan-Bator - Varna - Warsaw - Yerevan
4.5 GeV/c/N A ^a	Alma-Ata - Dubna - Moscow - Tbilisi - Warsaw
Kilka GeV/c/N He	Dubna - Leningrad - Moscow
40 GeV/c π^- N	IHEP Serpukhov Bucharest - Budapest - Cracow - Dubna - Hanoi - Serpukhov - Sofia - Tashkent - Tbilisi - Ulan-Bator - Warsaw
40 GeV/c π^- , K ⁻	Berlin - Budapest - Dubna - Prague - Sofia - Tbilisi - Warsaw (RISK)
40 GeV/c π^- A	Bologna - Dubna - Milano - Moscow - Warsaw
60 GeV/c π^- N	Alma-Ata - Budapest - Cracow - Dubna - Moscow - Sofia - Tashkent
67 GeV/c pN	Alma-Ata - Cracow - Dubna - Leningrad - Moscow - Tashkent - Ulan-Bator
100 GeV/c π^- , K ⁻ A ^a	FNAL Bari - Brown - FNAL - MIT - Warsaw
205, 360 GeV/c π^- d	Cracow - Davis - Seattle - Warsaw
150 GeV/c μ^- N	Cornell - Cracow - East Lansing - FNAL - Seattle
Pamir	Promienie kosmiczne Alma-Ata - Dushanbe - Łódź - Moscow - Tbilisi - Tashkent
JACEE	Baton Rouge - Cracow - Huntsville - Kobe - Osaka - Seattle - Tokyo

^a A - różne tarcze jądrowe

W Krakowie Krzysztof Rybicki, który przedtem zajmował się badaniem zdarzeń zarejestrowanych w emulsjach, rozpoczął tworzenie zespołu do budowy komór do detekcji cząstek. Budowane w Krakowie przy wielkim wkładzie Michała Turały komory iskrowe, a potem dryfowe i proporcjonalne zostały następnie wykorzystane do eksperymentów prowadzonych w CERN-ie, zwłaszcza w znanej Współpracy ACCMOR

(Amsterdam - CERN - Cracow - Munich - Oxford -Rutherford).¹⁷

W Łodzi, po wyjeździe do Francji Aleksandra Zawadzkiego¹⁸, kontynuowano badania promieniowania kosmicznego pod kierunkiem Jerzego Wdowczyka. Najważniejszym wynikiem uzyskanym w latach siedemdziesiątych było stwierdzenie szybkiego rozwoju wielkich pęków w atmosferze, którego nie dało się wyjaśnić obecnością w promieniowaniu pierwotnym ciężkich jąder.

Nie ma tu miejsca na bardziej szczegółowe omawianie wszystkich eksperymentów, w których brali udział polscy fizycy wysokich energii, ani też na wymienianie wszystkich osiągniętych wyników. O zakresie prowadzonych prac może świadczyć załączone zestawienie tych badań, w których grupy z Krakowa i Warszawy występowały jako części międzynarodowych współprac. Warto podkreślić, że najściślejsze związki łączyły nas zawsze z CERN-em, o czym świadczy liczba eksperymentów w tym zestawieniu; wykorzystywane były jednak także możliwości akceleratorów w ZSRR i USA. Wiele wyników uzyskanych przy znaczącym udziale polskich fizyków stanowi trwały wkład do fizyki wysokich energii i po dziesięciu, dwudziestu czy więcej latach są one nadal cytowane.

W 1968 r. Oleg Czyżewski został jako pierwszy Polak zaproszony do wygłoszenia przeglądowego referatu „raporterskiego” na konferencji w Wiedniu, kolejnej z serii tzw. konferencji „rochesterskich”, najbardziej prestiżowych w naszej dziedzinie. Następnie referaty raporterskie na konferencjach z tej serii wygłaszali: autor tego artykułu (Kijów, 1970), Kacper Zalewski (Londyn, 1974) i Ryszard Sosnowski (Tokio, 1978). Referatów wygłaszanych na zaproszenie na mniejszych konferencjach było bardzo wiele.

Pomyślnie przebiegał też rozwój teoretycznej fizyki wysokich energii w Polsce. Rósł szczególnie potencjał grup w Instytucie Fizyki UJ i w Instytucie Fizyki Jądrowej oraz w Instytucie Fizyki Teoretycznej UW i w Instytucie Badań Jądrowych w Warszawie. Pojawiły się młode talenty, zwłaszcza Andrzej Białas i Kacper Zalewski w Krakowie i Stefan Pokorski w Warszawie (dziś już członkowie Polskiej Akademii Nauk).

Teoretycy są w sytuacji pod pewnym względem trudniejszej niż eksperymentatorzy. Gdy eksperymentator wykona jakiś pomiar ważnej wielkości fizycznej, to jego praca ma szansę cytowania w literaturze przedmiotu przez lata. Teoretycy badają wiele modeli, z których tylko nieliczne wytrzymują próbę doświadczenia. Często zdarza się, że pojawienie się nowego wyniku doświadczalnego (zwłaszcza nieoczekiwanego) wywołuje lawinę prac teoretycznych, z których większość zostaje szybko odrzucona i zapomniana, chociaż bywa chwilowo licznie cytowana. Dlatego też zdarza się względnie rzadziej niż w wypadku doświadczenia, że prace teoretyczne są cytowane po upływie długiego okresu.

Dobłą wskazówką świadczącą o wysokiej pozycji polskich teoretyków w fizyce wysokich energii może więc być fakt, że wiele ich prac wytrzymało próbę czasu. Autor tego artykułu zastosował niezwykle ostre i wymagające kryterium w celu wyselekcjonowania takich prac. Miały to być prace, które zostały zacytowane w monografiach książkowych po upływie co najmniej 10 lat od daty publikacji. Po przejrzaniu 62 monografii opublikowanych w latach 1967-92 [108] okazało się, że tak ostro zdefiniowaną próbę czasu wytrzymały następujące prace (po myślniku podany jest czas (liczba lat) od publikacji do ostatnich cytowań)¹⁹:

- J. Rayski, *Acta Phys. Polon.* **9**, 129 (1948) - 40,
J. Rayski, *Phys. Rev.* **75**, 1961 (1949) - 38, 39,
R. Jost, J. Rayski, *Helvetica Phys. Acta* **22**, 457 (1949) - 20,
J. Blaton, *Konlg. Danske Viden. Selskab Math.-Fysika* **24**, 6 (1950) - 36,
W. Czyż, G.C. Sheppey, J.D. Walecka, *Nuovo Cim.* **34**, 404 (1964) - 10,
A. Białas, B.E.Y. Svensson, *Nuovo Cim.* **42**, 908 (1964) - 11,

¹⁷ Od współpracy tej odłączył się w 1979 r. Oxford, a przyłączył się Bristol (kilka lat, później także Valencia), ale skrót ACCMOR utrzymano.

¹⁸ Zawadzki wyjechał do Paryża we wrześniu 1968 r. w związku z chorobą przebywającej tam siostry. Pozostał we Francji już na stałe utrzymując jednak ścisłe kontakty z fizykami łódzkimi.

¹⁹ Spośród polskich autorów wymienionych prac nie żyje już Jan Blaton (1907-49), który zginął tragicznie w Tatrach; zajmował się on głównie magnetyzmem i optyką, ale jego praca o dynamice, zderzeń dotyczy także fizyki jądrowej i fizyki wysokich energii. Krakowski teoretyk Wojciech Furmański, przebywający teraz na stałe w USA, niestety odszedł od fizyki wysokich energii. Barbara Gorczyca wyjechała za granicę, Adam Guła porzucił fizykę wysokich energii. Natomiast Andrzej Białas, Elżbieta Białas, Wiesław Czyż, Andrzej Kotański, Jan Kwieciński, Bogdan Muryn, Jerzy Rayski i Kacper Zalewski w Krakowie, Aleksander Bartnik, Iwo Białynicki-Birula, Leszek Łukaszuk, Stefan Pokorski, Ryszard Rączka, Kazimierz Rzążewski i Grzegorz Wilk w Warszawie, Jan Łopuszański we Wrocławiu nadal aktywnie działają, choć nie wszyscy są jednakowo silnie związani z fizyką wysokich energii i cząstek elementarnych.

A. Barut, R. Rączka, *Proc. Roy. Soc.* **A287**, 519 (1965) - 22,
 L. Łukaszuk, A. Martin, *Nuovo Cim.* **52A**, 122 (1967) - 23,
 A. Białas, A. Guła, B. Muryn, *Acta Phys. Polon.* **32**, 443 (1967) - 19,
 A. Kotański, K. Zalewski, *Nucl. Phys.* **B4**, 559 (1968) - 18,
 A. Białas, K. Zalewski, *Nucl. Phys.* **B6**, 449, 465, 478 (1968) - 18,
 C.B. Chiu, A. Kotański, *Nucl. Phys.* **B7**, 615; **B8**, 553 (1968) - 10,
 B. Gorczyca, *Acta Phys. Polon.* **33**, 471 (1968) - 18,
 J. Kwieciński, *Lett. Nuovo Cim.* **3**, 619 (1972) - 15,
 S. Pokorski, R.O. Raitio, G.H. Thomas, *Nuovo Cim.* **7A**, 828 (1972) - 15,
 L. Łukaszuk, B. Nicolescu, *Lett. Nuovo Cim.* **8**, 405 (1973) - 17,
 A. Białas, E. Białas, *Acta Phys. Polon.* **B5**, 373 (1974) - 15,
 S. Pokorski, L. Van Hove, *Acta Phys. Polon.* **B5**, 229 (1974) - 15,
 S. Pokorski, L. Van Hove, *Nucl. Phys.* **B86**, 243 (1975) - 10, 11,
 S. Soho, G. Wilk, *Lett. Nuovo Cim.* **13**, 375 (1975) - 14,
 I. Białynicki-Birula, *Acta Phys. Austr. Suppl.* **XVIII**, 111 (1977) - 14,
 E.A. Bartnik, K. Rzażewski, *Phys. Rev.* **D18**, 4308 (1978) - 11,
 W. Furmański, W. Petronzio, S. Pokorski, *Nucl. Phys.* **B155**, 253 (1979) - 10, 11, 11,
 A. Białas, E. Białas, *Phys. Rev.* **D20**, 2854 (1979) - 10,
 B. Curci, W. Furmański, R. Petronzio, *Nucl. Phys.* **B175**, 27 (1980) - 10,
 C. Michael, G. Wilk, *Z. Phys.* **C10**, 169 (1981) - 10.

Charakterystyka fizyki wysokich energii w Polsce w tym okresie byłaby niepełna gdyby nie wspomnieć o organizacji w Polsce dużych imprez międzynarodowych. W 1961 r. fizycy krakowscy rozpoczęli organizację corocznej letniej szkoły teoretycznej w Zakopanem. Od 1977 r. organizowane są przez fizyków warszawskich coroczne międzynarodowe konferencje fizyki wysokich energii w Kazimierzu nad Wisłą. Obie imprezy zdobyły już sobie wysoką opinię w świecie. Ponadto fizycy polscy byli współorganizatorami pierwszej konferencji na temat oddziaływań z produkcją wielu cząstek, jaka odbyła się w Paryżu w 1970 r., a następnie zorganizowali trzecią konferencję, w Zakopanem w 1972 r., i do dziś biorą bardzo aktywny udział w ustalaniu programu dorocznych konferencji z tej serii.

Warto też dodać, że w 1979 r. zorganizowano w Jabłonie pod Warszawą Międzynarodową Konferencję Fizyki Hiperjader i Kaonów Niskich Energii. Była to siódma kolejna konferencja międzynarodowa poświęcona fizyce hiperjader, zainicjowanej przez Danysza i Pniewskiego.



Po lewej Oleg Czyżewski (1930-1971), po prawej Lech Michejda (1935-1971)

W 1971 r. Grzegorz Białkowski²⁰ i Ryszard Sosnowski wydali pierwszy polski podręcznik akademicki z fizyki wysokich energii. Współpraca teoretyka i eksperymentatora przyniosła stojące na wysokim poziomie, niemal 700-stronicowe dzieło [106], które niestety zostało już częściowo zdezaktualizowane wskutek nadzwyczaj szybkiego rozwoju tej dziedziny. Natomiast w 1965 r. Ewa Skrzypczak wydała pierwszą w Polsce książkę popularnonaukową z tej dziedziny [107].

Trzeba także wspomnieć o wielkich stratach, jakie fizyka wysokich energii w Polsce poniosła latem 1971 r. Najpierw, 8 sierpnia zginął tragicznie Lech Michejda (utonięcie), a po miesiącu, 9 września, zmarł nagle na serce Oleg Czyżewski, przebywający wówczas w CERN-ie w Genewie. Obaj byli niezwykle utalentowanymi fizykami i odeszli w okresie rosnącej aktywności intelektualnej. Michejda miał zaledwie 36 lat, a Czyżewski tylko 41. Ich dorobek został obszernie przedstawiony w artykułach wspomnieniowych [18,19]. Tu dodamy tylko, że wyrazem hołdu środowiska dla Lecha Michejdy i Olega Czyżewskiego było poświęcenie ich pamięci III Międzynarodowej Konferencji Reakcji Wielociałowych, która odbyła się w Zakopanem w czerwcu 1972 r.

7. Uwagi końcowe

Na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych nastąpiły w fizyce doświadczalnej wysokich energii w Polsce dwie zasadnicze zmiany.

Po pierwsze, tematyka badań, obejmująca w poprzednim okresie oddziaływania silne, została rozszerzona na oddziaływania słabe i elektromagnetyczne. I tak, grupa fizyków warszawskich (Adam Para, Halina Abramowicz, Jan Królikowski) rozpoczęła działalność we Współpracy CDHS (CERN - Dortmund - Heidelberg - Saclay), w której badano oddziaływania neutrin z materią. Dzięki ich wkładowi Współpraca ta zmieniła wkrótce nazwę na CDHSW, gdzie ostatnia litera oznaczała Warszawę. Druga grupa fizyków z Warszawy (Jan Nassalski, a potem Barbara Badełek, Jacek Ciborowski, Ewa Rondio) weszła do Europejskiej Współpracy Mionowej (EMC - skrót od European Muon Collaboration), w której badano zderzenia mionów z nukleonami; wkrótce dołączyli tam także Piotr Malecki i Jan Figiel z Krakowa. Inni fizycy, z Krakowa (Bogdan Niczyporuk, Andrzej Eskreys), a potem także z Warszawy (Roman Nowak, Roman Walczak) rozpoczęli pracę w DESY, gdzie przedmiotem badań były zderzenia wiązek przeciwbieżnych e^+e^- (eksperymenty LENA i TASSO). Dziś badanie oddziaływań słabych i elektromagnetycznych jest tematyką dominującą wśród polskich eksperymentatorów.

Po drugie, zespoły eksperymentalne w Krakowie i Warszawie były już dobrze przygotowane, aby przy udziale inżynierów i techników wykonywać w naszych pracowniach aparaturę detekcyjną do wielkich eksperymentów nowej generacji, jakie zaczęto przygotowywać w latach osiemdziesiątych. I znów, konstrukcja części wielkich detektorów DELPHI przy akceleratorze LEP w CERN-ie oraz ZEUS i H1 przy akceleratorze HERA w DESY w Hamburgu, stała się głównym wysiłkiem grup doświadczalnych w Krakowie i Warszawie.

Tak więc, fizyka wysokich energii w Polsce weszła w swe drugie pięćdziesięciolecie zupełnie odmieniona, co wróży jej dalszą wielką żywotność.²¹

²⁰ Grzegorz Białkowski (1932 - 89), późniejszy rektor Uniwersytetu Warszawskiego, był początkowo bardzo aktywnym badaczem teorii związków dyspersyjnych i modeli oddziaływań cząstek przy bardzo wysokich energiach [20]. Potem jednak aktywność jego w tej dziedzinie słabła w miarę zaabsorbowania sprawami dydaktyki fizyki (opracowywanie podręczników szkolnych) i spełniania ważnych obowiązków administracyjnych. Jako rektor UW w trudnym politycznie okresie położył wielkie zasługi dla uczelni.

²¹ Chcę wyrazić podziękowanie profesorowi Krzysztofowi Rybickiemu z Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, pani profesor Cecylii Wesołowskiej z Politechniki Wrocławskiej, profesorowi Jerzemu Wdowczykowi z Uniwersytetu Łódzkiego, panu dyrektorowi Jerzemu Jasiukowi z Muzeum Techniki w Warszawie i pani Wandzie Głazek z Polskiego Towarzystwa Fizycznego za pomoc w zdobyciu archiwalnych zdjęć i materiałów, które wykorzystałem w tym opracowaniu. Profesorowi Januszowi Zakrzewskiemu z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW dziękuję za cenne uwagi dotyczące tekstu.

Literatura

- [1] T. Piech, *Zarys historii fizyki w Polsce*, PAU, Kraków 1948.
- [2] *Studia poświęcone Marii Skłodowskiej-Curie i Marianowi Smoluchowskiemu*, red. A. Teske, Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraków 1968.
- [3] I. Stroński, *Szkic historyczny polskich badań z zakresu nukleoniki w latach 1896-1939/45*, w: [2], str. 86.
- [4] B. Średniawa, *Szkic historii fizyki polskiej w okresie międzywojennym 1918-1939*, w: [2], str. 133.
- [5] J. Hurwic, „Pracownia Radiologiczna im. Mirosława Kernbauma przy Towarzystwie Naukowym Warszawskim. W 40 rocznicę śmierci Ludwika Wertensteina”, *Postępy Fizyki* **37**, 151 (1986).
- [6] J. Szpecht, *Wśród fizyków polskich*, Państwowe Wydawnictwo Książek Szkolnych we Lwowie 1939.
- [7] A. Teske, „Stanisław Ziemecki (1881-1956)”, *Postępy Fizyki* **7**, 123 (1956).
- [8] J. Hurwic, „Czesław Białobrzski (1878-1953)”, *Postępy Fizyki* **38**, 225 (1987).
- [9] J.M. Massalski, „Leopold Jurkiewicz (1906-1966)”, *Postępy Fizyki* **17**, 233 (1966).
- [10] M. Suffczyński, „Mieczysław Wolfke (w 25 rocznicę śmierci)”, *Postępy Fizyki* **23**, 599 (1972).
- [11] K. Wolfke, „Wspomnienie o Ojcu, Mieczysławie Wolfke”, *Postępy Fizyki* **31**, 551 (1980).
- [12] H. Cofta, „Szczepan Szczeniowski (1897-1979)”, *Postępy Fizyki* **31**, 253 (1980).
- [13] M. Mięśowicz, „Jan Wesołowski (1902-1982)”, *Postępy Fizyki* **34**, 207 (1983).
- [14] J.A. Janik, „Jerzy Gierula (1917-1975)”, *Postępy Fizyki* **26**, 565 (1975).
- [15] J.A. Zakrzewski, „Wspomnienie o Marianie Danyszu”, *Postępy Fizyki* **38**, 59 (1987).
- [16] J.A. Zakrzewski, „Wspomnienie o Jerzym Pniewskim”, *Kwart. Hist. Nauki i Techn.* **35**, (2) 103 (1991).
- [17] J.A. Zakrzewski, „Wspomnienie o Jerzym Pniewskim”, *Postępy Fizyki* **43**, 279 (1992).
- [18] M. Mięśowicz, „Oleg Czyżewski (1930-1971)”, *Postępy Fizyki* **23**, 3 (1972).
- [19] „Wspomnienie o Lechu Tadeuszu Michejdzie w pierwszą rocznicę śmierci”, *Postępy Fizyki* **23**, 605 (1972).
- [20] S. Pokorski, „Wspomnienie o Grzegorzu Białkowskim”, *Postępy Fizyki* **43**, 287 (1992).
- [21] A. Oleś, „Marian Mięśowicz - członek honorowy PTF”, *Postępy Fizyki* **39**, 141 (1988).
- [22] „Rozmowa z profesorem Ignacym Adamczewskim”, *Postępy Fizyki* **39**, 543 (1988).
- [23] „Rozmowa z profesorem Marianem Mięśowiczem”, *Postępy Fizyki* **35**, 47 (1984).
- [24] „Rozmowa z profesorem Szczepanem Szczeniowskim”, *Postępy Fizyki* **35**, 405 (1984).
- [25] „Rozmowa z profesorem Janem Wesołowskim”, *Postępy Fizyki* **34**, 499 (1983).
- [26] J. Pniewski, „Wspomnienia autobiograficzne”, *Kwart. Hist. Nauki i Techn.* **33**, (2) 257 (1988).
- [27] *Energia jądrowa w Polsce w latach 1955-1960*, red. J. Hurwic, PWN, Warszawa 1963.
- [28] *Energia jądrowa w Polsce w latach 1961-1963*, red. J. Hurwic, PWN, Warszawa 1966.
- [29] M. Danysz, M. Mięśowicz, „Fizyka promieni kosmicznych i cząstek elementarnych”, w: [27], str. 81.
- [30] J. Werle, „Teoria jądra atomowego i cząstek elementarnych”, w: [27], str. 91.
- [31] M. Mięśowicz, „Oddziaływania jądrowe najwyższych energii”, w: [28], str. 69.
- [32] A. Wróblewski, J. Zakrzewski, „Oddziaływania jądrowe w zakresie wysokich energii akceleratorowych”, w: [28], str. 79.
- [33] J. Werle, „Teoria cząstek elementarnych”, w: [28], str. 99.
- [34] M. Mięśowicz, „Stan badań doświadczalnych nad fizyką cząstek elementarnych i oddziaływań jądrowych wysokich energii w Polsce”, *Postępy Fizyki* **15**, 367 (1964).
- [35] J. Rayski, „Reportaż z międzynarodowego zjazdu fizyków w Krakowie”, *Problemy* **3**, nr 10-11, 554 (1947).
- [36] M. Mięśowicz, „Wspomnienie o I Międzynarodowej Konferencji Promieni Kosmicznych w Krakowie 1947)”, *Postępy Fizyki* **29**, 513 (1978).
- [37] *Wykaz prac z działu nauk matematyczno-przyrodniczych wykonanych w Polsce w okresie okupacji niemieckiej w latach 1939-1945*, PAU, Kraków 1947.
- [38] „Oryginalne prace naukowe fizyków polskich ogłoszone w latach 1945-1954”, *Postępy Fizyki* **6**, 12 (1955).
- [39] „Wykaz prac opublikowanych w latach 1955-1960”, w: [27], str. 255-320.
- [40] „Wykaz prac opublikowanych w latach 1961-1963”, w: [28], str. 441-584.
- [41] *Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Spis wykładów i skład osobowy w roku akademickim 1931/32*, Warszawa 1931, str. 21, 61.
- [42] K. Narkiewicz-Jodko, S. Ziemecki, „Cosmic Ray Observations on the Atlantic Ocean”, *Acta Phys. Polon.* **3**, 297 (1934).
- [43] S. Ziemecki, „Rock Salt Absorption of Cosmic Rays”, *Nature* **134**, 773 (1934).
- [44] S. Ziemecki, „Rock Salt Absorption of Cosmic Rays”, *Acta Phys. Polon.* **4**, 183 (1935).
- [45] C. Białobrzski, I. Adamczewski, „Application des dielectriques liquides à l'etude des sauts d'ionisation provoques par les rayons cosmiques”, *Bull. Acad. Polon.* **3-4**, 120 (1935).
- [46] C. Białobrzski, I. Adamczewski, „Cosmic Ray Bursts in Liquid Dielectrics”, *Nature* **136**, 109 (1936).
- [47] S. Ziemecki, K. Narkiewicz-Jodko, „Variation of Cosmic Ray Intensity with Height in the Atmosphere”, *Nature* **137**, 944 (1936).

- [48] I. Adamczewski, „Number of Ions Produced in Dielectric Liquids by Cosmic Rays”, *Nature* **137**, 994 (1936).
- [49] S. Ziemecki, K. Narkiewicz-Jodko, „Continuous Variation of the Cosmic Ray Intensity in the Higher Layers of the Troposphere”, *Bull. Acad. Polon.* **7A**, 318 (1936).
- [50] C. Białobrzewski, „L'ionisation des dielectriques liquides par les rayons X. Application des dielectriques liquides a l'etude des rayons cosmiques”, *J. Phys. Radium* **7**, 326 (1936).
- [51] S. Ziemecki, „Use of Krypton-filled Ionisation Chambers for Cosmic Ray Measurements”, *Nature* **140**, 150 (1937).
- [52] S. Szczeniowski, S. Ziemecki, K. Narkiewicz-Jodko, „Ionisation by Cosmic Rays”, *Bull. Acad. Polon.* **6-7A**, 273 (1938).
- [53] S. Szczeniowski, S. Ziemecki, „Residual Currents and Deep Water Measurements of Cosmic Rays”, *Acta Phys. Polon.* **7**, 59 (1938).
- [54] S. Szczeniowski, S. Ziemecki, „Fluctuations of Residual Currents at Great Depths”, *Phys. Rev.* **54**, 233 (1938).
- [55] S. Szczeniowski, K. Narkiewicz-Jodko, S. Ziemecki, „Specific Ionization of Gases by Soft Cosmic Rays, Residual Currents and Deep Water Measurements”, *Nature* **142**, 208 (1938).
- [56] Z. Wasiutyńska, L. Wertenstein, „Search for Exchange Phenomena in Cosmic Rays”, *Nature* **142**, 475 (1938).
- [57] S. Szczeniowski, K. Narkiewicz-Jodko, S. Ziemecki, „Specific Ionisation Characterizing Cosmic Rays”, *Nature* **142**, 1010 (1938).
- [58] S. Ziemecki, „Ionization in the Troposphere”, *Nature* **143**, 979 (1939).
- [59] J. Clay, *Proc. Roy. Acad. Amsterdam* **30**, 1115 (1927).
- [60] B. Rossi, *Cosmic Rays*, McGraw-Hill, New York 1964; tłum. polskie A.K. Wróblewski: *Promieniowanie kosmiczne*, PWN, Warszawa 1968, str. 78-98.
- [61] A.H. Compton, *Phys. Rev.* **43**, 387 (1933).
- [62] V.F. Hess, *Phys. Zs.* **12**, 998 (1911); **13**, 1084 (1912).
- [63] E. Banaszczyk, *Karuzela pod gwiazdami*, Iskry, Warszawa 1960.
- [64] M. Blau, H. Wambacher, *Nature* **140**, 585 (1937).
- [65] I. Adamczewski, *Mathesis Polska* **5-6**, 65 (1938).
- [66] I. Adamczewski, „Promienie kosmiczne rozbijają atomy”, *Problemy* **3**, nr 8-9, 472 (1947).
- [67] G. Hoffmann, *Ann. Phys.* **82**, 413 (1927).
- [68] Z. Burzyński, *Balonem przez kontynenty*, MON, Warszawa 1956, str. 161-169.
- [69] Z. Burzyński, „Polski stratostat z roku 1938”, *Technika lotnicza*, nr. 3, str. 81-85 (1953).
- [70] *Dzieje Uniwersytetu Warszawskiego 1915-1939*, red. A. Garlicki, PWN, Warszawa 1982, str. 251.
- [71] Z. i W.H. Paryscy, *Encyklopedia Tatrzańska*, Sport i Turystyka, Warszawa 1973, str. 329.
- [72] *Polska technika lotnicza do roku 1939*, tom I: Źródła osiągnięć; red. A. Glass, IHNOT PAN, Warszawa 1992, str. 40.
- [73] I. Adamczewski, „Aparature for Simultaneous Measurements of 'Showers' and 'Ionisation Bursts' - Secondary Effects of Cosmic Rays”, w zbiorze [37], str. 145.
- [74] I. Adamczewski, „Explosions of Atomic Nuclei in Emulsion of Photographic Plates (Special Types) Effected by Cosmic Rays”, w zbiorze [37], str. 145.
- [75] M. Jeżewski, M. Mięśowicz, „Etude des compteurs de Geiger-Muller, w zbiorze [37], str. 159.
- [76] M. Jeżewski, M. Mięśowicz, „Etudes des compteurs de Geiger-Muller, *Annales Ac. Sci. Techn.* **7**, 41 (1946).
- [77] Program zjazdu dyskusyjnego fizyków w dniach 9-11 maja 1947, Archiwum PTF.
- [78] J. Wesołowski, *Postępy Fizyki* **1**, 160 (1950/51).
- [79] M. Mięśowicz, L. Jurkiewicz, J.M. Massalski, „On Some Low Ionizing Radiation Observed by Measurements of Cosmic Rays at Great Depths”, *Phys. Rev.* **77**, 380 (1950).
- [80] M. Mięśowicz, L. Jurkiewicz, J.M. Massalski, „On Some Photon Radiation Observed by Measurements of Cosmic Radiation at Great Depths”, *Acta Phys. Polon.* **10**, 69 (1950).
- [81] I. Adamczewski, „Metoda klisz fotograficznych w badaniach fizyki jądrowej i fizyki promieni kosmicznych”, *Postępy Fizyki* **1**, 210 (1950/51), **2**, 6 (1951).
- [82] S. Bernasik, *Postępy Fizyki* **1**, 160 (1949/50).
- [83] I. Adamczewski, S. Bernasik, *Postępy Fizyki* **2**, 168 (1951).
- [84] Z. Sobczyński, *Postępy Fizyki* **2**, 168 (1951).
- [85] A. Zawadzki, *Postępy Fizyki* **2**, 165 (1951).
- [86] M. Danysz, W.O. Lock, G. Yekutieli, „The Possibility of Establishing the Existence of Neutral Particles of Very Short Lifetime”, *Bristol Conf. Report* 1951, str. 30.
- [87] M. Danysz, W.O. Lock, G. Yekutieli, „Evidence for the Existence of Neutral Particles of Very Short Lifetime”, *Nature* **169**, 364 (1952).

- [88] M. Danysz, „Prace bieżące w H.H. Wills Physical Laboratory w Bristolu”, *Materiały z konferencji fizyków w Spale*, PWN, Warszawa 1974, str. 137.
- [89] G. Goldhaber, S. Goldhaber, W. Lee, A. Pais, *Phys. Rev.* **120**, 300 (1960).
- [90] M. Danysz, J. Pniewski, „Delayed Disintegration of a Heavy Nuclear Fragment”, *Philos. Mag.* **44**, 348 (1953).
- [91] M. Danysz, J. Pniewski, „Delayed Disintegration of a Heavy Fragment Emitted in Nuclear Explosion”, *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III* **1**, 42 (1953).
- [92] M. Danysz, „Hyperfragments”, *Pisa Conference Report* 1955, str. 457 oraz *Nuovo Cimento Suppl.* **4**, 609 (1956).
- [93] A. Filipkowski, J. Gierula, P. Zieliński, „Survey of the Hyperfragment Experimental Data”, *Acta Phys. Polon.* **15**, 139 (1957).
- [94] A. Jurak, M. Mięslowicz, O. Stanis, W. Wolter, „An Electron-Photon Shower of Very High Energy Recorded in Nuclear Emulsion”, *Pisa Conference 1955; Nuovo Cimento Suppl.* **4**, 908 (1956); *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III* **3**, 369 (1955).
- [95] M. Mięslowicz, O. Stanis, W. Wolter, „Investigation of an Electromagnetic Cascade of Very High Energy in the First Stage of the Development in Nuclear Emulsions”, *Nuovo Cimento* **5**, 513 (1957); *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III* **4**, 811 (1956).
- [96] W. Wolter, M. Mięslowicz, „Ionization at the Origin of an Electron Pair of Very High Energy”, *Nuovo Cimento* **6**, 648 (1956).
- [97] P. Ciok, T. Coghen, J. Gierula, R. Hołynski, A. Jurak, M. Mięslowicz, T. Saniewska, O. Stanis, J. Pernegr, „About High Energy Interactions in Nuclear Emulsions”, *Nuovo Cimento* **6**, 648 (1956).
- [98] S. Hayakawa, *Cosmic Ray Physics*, Wiley, New York-London-Sydney-Toronto 1969.
- [99] J. Bogdanowicz, M. Danysz, A. Filipkowski, E. Marquit, E. Skrzypczak, A. Wróblewski, J. Zakrzewski, „Determination of the Mass of the Λ Hyperon”, *Nuovo Cimento* **11**, 727 (1959).
- [100] J. Pniewski, M. Danysz, „A Note on the $\Lambda^7\text{He}$ Hyperfragment”, *Phys. Lett.* **1**, 142 (1962).
- [101] M. Danysz, K. Garbowska, J. Pniewski, T. Pniewski, J. Zakrzewski, E.R. Fletcher, J. Lemonne, P. Renard, J. Sacton, D. O’Sullivan, T.P. Shah, A. Tliompson, P. Allen, Sr., M. Heeran, A. Montwill, J.E. Allen, M.J. Beniston, D.H. Davis, D.A. Garbutt, V.A. Bull, R.C. Kumar, P. V. March, „The Identification of a Double Hyperfragment”, *Nucl. Phys.* **49**, 121 (1963).
- [102] J. Pniewski, „Początki fizyki hiperjader”, *Postępy Fizyki* **30**, 517 (1979).
- [103] J. Pniewski, „Identyfikacja hiperjader”, *Postępy Fizyki* **37**, 113 (1986).
- [104] A. Zawadzki, *Hodoskopowe wyznaczanie przebiegów koherentnych i niekoherentnych cząstek promieniowania kosmicznego*, ŁTN, Łódź 1954.
- [105] L. Michejda, „KAR 65”, *Polska*, nr 11 (195), 37 (1970).
- [106] G. Białkowski, R. Sosnowski, *Cząstki elementarne*, PWN, Warszawa 1971.
- [107] E. Skrzypczak, *Fizyka wielkich energii*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1965.
- [108] R.J. Eden, *High Energy Collisions of Elementary Particles*, Cambridge University Press, Cambridge 1967; P.D.B. Collins, E.J. Squires, *Regge Poles in Particle Physics*, Springer, Berlin 1968; D. Lurie, *Particles and Fields*, Interscience, New York 1968; D. B. Lichtenberg, *Unitary Symmetry and Elementary Particles*, Academic Press, New York 1970; N. F. Nelipa, *Vvedenie w teoriyu silnovzaimodeistviyushchikh elementarnykh chastits*, Atomizdat, Moskwa 1970; D. Horn, F. Zachariasen, *Hadron Physics at Very High Energies*, Benjamin, Reading 1973; E.D. Commins, *Weak Interactions*, McGraw-Hill, New York 1973; S.J. Lindenbaum, *Particle Interaction Physics at High Energies*, Clarendon Press, Oxford 1973; V. DeAlfaro, S. Fubini, G. Furlan, C. Rosetti, *Currents in Hadron Physics*, North Holland, Amsterdam 1973; R. J. Blin-Stoyle, *Fundamental Interactions and the Nucleus*, North Holland, Amsterdam 1973; W.S. Murzin, L.I. Sarytcheva, *Mnozhestvennyye protsessy pri vysokikh energiakh*, Atomizdat, Moskwa 1974; S. Rumbie, *Introduction to Particle Production in Hadron Physics*, Academic Press, London 1974; M.L. Perl, *High Energy Hadron Physics*, Wiley, New York 1974; P.D.B. Collins, *An Introduction to Regge Theory and High Energy Physics*, Cambridge University Press, Cambridge 1977; D. Iagolnitzer, *The S Matrix*, North Holland, Amsterdam 1978; F.E. Close, *An Introduction to Quarks and Partons*, Academic Press, London 1979; B.H. Wiik, G. Wolf, *Electron-Positron Interaction*, Springer, Berlin 1979; L.D. Faddeev, A.A. Slavnov, *Gauge Fields - Introduction to Quantum Theory*, Benjamin/Cummings, Reading 1980; J. Leite Lopes, *Gauge Field Theories, An Introduction*, Pergamon Press, Oxford 1981; K. Huang, *Quarks, Leptons and Gauge Fields*, World Scientific, Singapore 1982; R. Rajamaram, *Solitons and Instantons*, North Holland, Amsterdam 1982; D. Flamm, F. Schöberl, *Introduction to the Quark Model of Elementary Particles*, Gordon and Breach, New York 1982; B.L. Joffe, L.N. Lipatov, W.A. Khoze, *Glubokoneuprugie protsessy*, Energoatomizdat, Moskwa 1983; E. Leader, E. Predazzi, *An Introduction to Gauge Theories and the "New Physics"*, Cambridge University Press, Cambridge 1983; Ch. Quigg, *Gauge Theories of the Strong, Weak and Electromagnetic Interactions*, Benjamin/Cummings, Reading 1983; F.J. Yndurain, *Quantum Chromodynamics*, Springer, Berlin 1983; W.S. Murzin, L.I. Sarytcheva, *Wzaimodeistvia adronov yysokikh energii*, Nauka, Moskwa 1983; F. Halzen, A.D. Martin, *Quarks and Leptons*, Wiley, New

York 1984; P.D.B. Collins, A.D. Martin, *Hadron Interactions*, Hilger, Bristol 1984; Ta-Pei Cheng, Ling-Fong Li, *Gauge Theory of Elementary Particle Physics*, Clarendon Press, Oxford 1984; J.C. Collins, *Renormalization*, Cambridge University Press, Cambridge 1984; P. Becher, M. Böhm, H. Joos, *Gauge Theories of Strong and Electroweak Interactions*, Wiley, Chichester 1984; G.G. Ross, *Grand Unified Theories*, Benjamin/Cummings, Reading 1985; I.S. Hughes, *Elementary Particles* (2nd ed.), Cambridge University Press, Cambridge 1985; V.V. Anisovich, M.N. Kobrinsky, J. Nyiri, Yu.M. Shabelski, *Quark Model and High Energy Collisions*, World Scientific, Singapore 1985; P.H. Frampton, *Dual Resonance Models and Superstrings*, World Scientific, Singapore 1986; L. O'Raiartaigh, *Group Structure of Gauge Theories*, Cambridge University Press, Cambridge 1986; O. Nachtmann, *Phänomene und Konzepte der Elementarteilchenphysik*, Vieweg, Braunschweig 1986; B. DeWit, J. Smith, *Field Theory in Particle Physics*, vol. 1, North Holland, Amsterdam 1986; K. Bethge, U.E. Schröder, *Elementarteilchen*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1986; R.N. Mohapatra, *Unification and Supersymmetry*, Springer, Berlin 1986; D.H. Perkins, *Introduction to High Energy Physics* (3rd ed.), Addison-Wesley, Reading 1987; G. Kane, *Modern Elementary Particle Physics*, Addison-Wesley, Reading 1987; D. Griffiths, *Introduction to Elementary Particles*, Wiley, New York 1987; T. Muta, *Foundations of Quantum Chromodynamics*, World Scientific, Singapore 1987; P.H. Frampton, *Gauge Field Theories*, Benjamin/Cummings, Menlo Park 1987; V.D. Barger, R.J.N. Phillips, *Collider Physics*, Addison-Wesley, Redwood City 1987; E.V. Shuryak, *The QCD Vacuum, Hadrons and the Superdense Matter*, World Scientific, Singapore 1988; W.G. Grishin, *Kvarki i gluony vo vzatmodeistvakh chastits vysokikh energii*, Energoatomizdat, Moskva 1988; T. Ericson, W. Weise, *Pions and Nuclei*, Clarendon Press, Oxford 1988; L. Brink, M. Henneaux, *Principles of String Theory*, Plenum Press, New York 1988; U. Mosel, *Fields, Symmetries and Quarks*, McGraw-Hill, Hamburg 1989; S. Narison, *QCD Spectral Sum Rules*, World Scientific, Singapore 1989; I.J.R. Aitchison, A.J.G. Hey, *Gauge Theories in Particle Physics*, Hilger, Bristol 1989; Yu.L. Dokshitzer, V.A. Khoze, A.H. Mueller, S.I. Troyan, *Basics of Perturbative QCD*, Editions Frontieres, Gif-sur-Yvette 1991; S.P. Misra, *Introduction to Supersymmetry and Supergravity*, Wiley Eastern, New Delhi 1992; World Scientific Advanced Series on Directions in High Energy Physics, Vol. 1: *High Energy Electron-Positron Physics*, red. A. Ali, P. Söding, Singapore 1988; Vol. 2: *Hadronic Multiparticle Production*, red. P. Carruthers, Singapore 1988; Vol. 3: *CP Violation*, red. C. Jarlskog, Singapore 1989; Vol. 4: *Proton-Antiproton Collider Physics*, red. G. Altarelli, L. DiLella, Singapore 1989; Vol. 5: *Perturbative Quantum Chromodynamics*, red. A.H. Mueller, Singapore 1989; Vol. 6: *Quark-Gluon Plasma*, red. R.C. Hwa, Singapore 1990.