

# Teoria względności w Krakowie po 1945 roku

Edward Malec



Uniwersytet Jagielloński, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,  
Instytut Fizyki Teoretycznej, Uniwersytet Jagielloński

# Jan Weyssenhoff

Doktorat w Uniwersytecie w Zurychu 1915-16 (rozprawa „Zastosowania teorii kwantów do obracających się tworów i teoria paramagnetyzmu”), później m. in. asystentura w ETH.  
Habilitacja w zakresie fizyki teoretycznej i doświadczalnej (!) w UJ w roku 1921. 1921 – 1935  
profesura w Uniwersytecie Stefana Batorego. Od 1935r.: profesor fizyki teoretycznej UJ.  
Stworzył w Krakowie – w latach 1937-1939 - grupę fizyków teoretyków z Adamem Bieleckim,  
Józefem Lubańskim i Myronem Mathissonem.



Jan Weyssenhoff około 1950r., drugi z lewej

(Źródło: Wspomnienia Andrzeja Kisiela, Sprawozdanie z seminarium

„Historia krakowskiej fizyki teoretycznej w latach 1945-2015” za rok akademicki 2023/24, Kraków 2024.)

# Jan Weyssenhoff

- ▶ Weyssenhoff był przez ponad 10 lat jedynym profesorem fizyki teoretycznej w Krakowie. (Jan Blaton pracował przez niespełna rok, Jerzy Rayski wrócił do Krakowa z Torunia w 1957 roku.)
- ▶ W latach 1945 — 1964 działalność krakowskich fizyków teoretyków była zdominowana przez teorię względności. Spośród 9 doktoratów z fizyki teoretycznej obronionych w tym czasie aż 6 dotyczyło teorii względności.
- ▶ Tematyka prac doktorskich była na ogół zbieżna z zainteresowaniami naukowymi Weyssenhoffa.
- ▶ Weyssenhoff i jego uczniowie chcieli znaleźć klasyczny odpowiednik kwantowych cząstek ze spinem. Punktem wyjścia była praca Raabe-Weyssenhoff (APP 1948) — ruch cząstki ze spinem w ramach szczególnej teorii względności. Równania pokrywają się ze szczególnym (dipolowym) przypadkiem konstrukcji Mathissona (APP 1937). (Patrz także dyskusja w: Dixon APP B Proceedings Supplement 2008.)

# Jan Weyssenhoff

- ▶ Doktoraty z zakresu OTW prowadzone przez Weyssenhoffa:
- ▶ Bronisław Średniawa (17. 06. 1917.— 10. 08. 2014.) — “Relatywistyczne równania ruchu cząstki dipolowej i kwadrupolowej swobodnej”, obrona 1947 ;
- ▶ Zbigniew Borelowski (26.I.1933 — 5.VIII.2021) — “Jednorodna zasada wariacyjna z wyższymi pochodnymi w szczególnej teorii względności”, obrona 1961;
- ▶ Andrzej Białas — “Promieniowanie i ruch dipola magnetycznego”, obrona 1962.



# OTW w Krakowie 1960 — 1965

- ▶ Odnotować trzeba próby wyjścia poza tradycyjną tematykę, podjęte przez Andrzeja Białasa, Bohdana Kozarzewskiego, Józefa Namysłowskiego i Andrzeja Staruszkiewicza.
- ▶ I tak, podczas drugiej Letniej Szkoły Fizyki Teoretycznej (Kałatówki 1962) pojawiły się wystąpienia:  
Andrzej Białas, *O klasyfikacji algebraicznej pól grawitacyjnych*;  
Elżbieta Białas, *Inwariantne sformułowanie teorii promieniowania grawitacyjnego*;  
Andrzej Staruszkiewicz, *O pomiarach i wielkościach mierzalnych w ogólnej teorii względności*.
- ▶ Referaty zostały opublikowane w Pracach Fizycznych (ZN UJ, Nr LXXXIV/84). (Podaję za: Maria Pawłowska i Katarzyna Dobija: *Historia Zeszytów Naukowych UJ i ich rola w popularyzowaniu osiągnięć i rozwoju współpracy kadry naukowej Uniwersytetu Jagiellońskiego*, w Sprawozdaniu z seminarium “Historia krakowskiej fizyki teoretycznej w latach 1945-2015” za rok akademicki 2023/24. Kraków 2024).

# OTW w Krakowie 1960 — 1965

- ▶ W Trzeciej Letniej Szkole Fizyki Teoretycznej (10—22 czerwca 1963 r. w Dolinie Chochołowskiej) referowano, wśród innych zagadnień:
- ▶ Halina Światak, *Fizyczne i grawitacyjne własności pól grawitacyjnych dopuszczających grupy ruchów*;  
Bohdan Kozarzewski, *Asymptotyczne własności pola grawitacyjnego*;  
Elżbieta Białas, *Pola grawitacyjne dopuszczające promienie geodezyjne*;  
Andrzej Białas, *Fale grawitacyjne w ogólnej teorii względności*;  
Andrzej Staruszkiewicz, *Teoria grawitacji w przestrzeni trójwymiarowej*.
- ▶ Materiały opublikowano w trzecim zeszycie Prac Fizycznych, 1965 rok (ZN UJ Nr CIV/104). Podaję za: Maria Pawłowska i Katarzyna Dobija, *ibid.*

# OTW w Krakowie 1960 — 1965



Szkoła Fizyki Teoretycznej w Zakopanem w 1963 roku (M. Pawłowska i K. Dobija, *ibid.*) Stoją prof. prof. Jerzy Gierula, Jan Weyssenhoff i Marian Mięśowicz, X, prof. Jan Łopuszański, Romuald Wit, Halina Świątak, Zbigniew Borelowski, Andrzej Staruszkiewicz, dr Jan Olszewski, dr Antonina Kowalska, X, Kinga Eskreys; siedzą w górnym rzędzie: X, prof. Bronisław Średniawa, X, dr Kacper Zalewski, X, dr Józef Namysłowski, dr Andrzej Białas, X, X, X; siedzą w dolnym rzędzie: X, X, Jędrzej Śniatycki(???), Elżbieta Białasowa, X, X, Andrzej Eskreys. Wśród nierozpoznanych znajdują się m. in. : Uhlmann, Maksymowicz, Umiastowski, Kozarzewski, Bochnacki i Tulczyjew.

# OTW w Krakowie 1960 — 1965

- ▶ Doktoraty w latach 1963 — 1965:
- ▶ Józef Namysłowski, Wpływ pola grawitacyjnego i elektromagnetycznego na pole spinorowe, promotor Jerzy Rayski, obrona publiczna 04.04.1963.;
- ▶ Andrzej Staruszkiewicz, Trójwymiarowy model teorii grawitacji, promotor Jerzy Rayski, obrona publiczna 27 maja 1965;
- ▶ Bohdan Kozarzewski, Asymptotyczne własności pól: grawitacyjnego i elektromagnetycznego, promotor Bronisław Średniawa, obrona publiczna 27. 05. 1965. Kozarzewski analizował opublikowane parę lat wcześniej równania Newmana-Penrose'a!

# OTW 1960 — 1965

- ▶ Jak nieopublikowany artykuł Andrzeja Staruszkiewicza o  $2+1$  wymiarowej grawitacji stał się tematem Szkoły Fizyki Teoretycznej w Les Houches w roku 1963 i co z tego wyniknęło.
- ▶ Konferencja Les Houches Summer School of Theoretical Physics: Relativity, Groups and Topology odbywała się w roku 1963 w okresie 1 lipca — 24 sierpnia. Uczestniczył w niej ówczesny doktor Andrzej Białas [1]. Zreferował Wheelerowi w rozmowie prywatnej - pracę *Gravitation theory in three-dimensional spacetime Andrzeja Staruszkiewicza*; artykuł był wysłany do redakcji 31 maja 1963 r., ale opublikowany został dopiero w numerze grudniowym Acta Physica Polonica (tom XXIV, 735 (1963) ). Wyniki zainteresowały Johna Archibalda Wheelera, który wielokrotnie cytował artykuł Staruszkiewicza.

# OTW w Krakowie 1960 — 1965

Dla przykładu, na stronie 519 materiałów z konferencji Les Houches czytamy [3]:

*Problem 56. (2 + 1)-dimensional version of general relativity.* Strazchiewicz<sup>(159)</sup> has shown that a (2 + 1)-dimensional version of general relativity is not as vacuous as it looks. The vanishing of  $R_{ik}$  implies the vanishing of  $R_{ijkl}$  and therefore implies space that is flat in the sense of differential geometry. However, the space need not be globally flat, as one sees most readily—at a lower dimensionality—by considering the flat intrinsic geometry of a piece of paper, deprived of a pie-shaped segment, and glued up to make a conical cup, with vertex  $V$ . Start at some other point  $A$  with one geodesic which passes close by  $V$  on one side, and another which passes close by  $V$  on the other side. Then the two geodesics cross beyond  $V$ —Strazchiewicz's model for the gravitational influence on test particles of a finite mass located at  $V$ . *Problem:* Analyze the (2 + 1)-dimensional version of the thick

W konferencji Les Houches brało udział kilkoro innych Polaków z Warszawy: Marek Demiański, Stanisław Bazański z żoną, ktoś jeszcze [2]. Prawdopodobnie za ich pośrednictwem wiadomość o reakcji Wheelera dotarła do Warszawy. Jakiś czas potem Andrzej Trautman zaprosił Staruszkiewicza do wygłoszenia referatu w Warszawie w ramach znanego wtedy seminarium Leopolda Infelda. Infeld był zresztą obecny i zadawał pytania referentowi. Wystąpienie Andrzeja Staruszkiewicza musiało być dobrze ocenione, bo po paru tygodniach profesor Rayski otrzymał list od doktora habilitowanego Andrzeja Trautmana, w którym autor stwierdzał, że przedstawione wyniki zasługują na doktorat, i że on sam może być recenzentem. Praca doktorska została napisana kilka miesięcy później – już w roku 1964. Obrona rozprawy doktorskiej miała miejsce 27 maja 1965 roku.

[1] Andrzej Białas, informacja prywatna (18 kwietnia 2024)

[2] Andrzej Białas, e-mail wysłany do autora siódmego sierpnia 2024.

[3] cyt. z wykładu Johna Archibalda Wheelera „Geometrodynamics and the issue of the final state”, patrz Les Houches Summer School of Theoretical Physics: Relativity, Groups and Topology, C. De Witt, B. DeWitt (Eds.), Les Houches 1963. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1964, XVI-929 .

# OTW w Krakowie 1960 — 1965

- ▶ Próżniowa metryka w przestrzeni  $2 + 1$  wymiarowej może być zapisana następująco:



$$ds^2 = -dt^2 + adr^2 + r^2 d\phi^2,$$

gdzie  $0 < \phi \leq 2\pi$  zaś  $a$  jest stałe. Argumenty fizyczne (dodatnia gęstość masy) implikują  $a \geq 1$ .

- ▶ Hiperpowierzchnia stałego czasu to stożek.
- ▶ Zauważmy, że stosunek promienia obwodowego  $r$  do geodezyjnego  $\sqrt{ar}$  jest równy  $1/\sqrt{a}$ ; pojawia się deficyt kąta dla  $a > 1$ .
- ▶ Pojawiają się w tym modelu przecinające się geodetyki.



Metryka generowana przez 2 ciężkie punktowe masy  $\alpha$  i  $\beta$  (Staruszkiewicz precyzuje w rozprawie doktorskiej, że są to gęstości liniowe – masy na jednostkę długości w kierunku osi „z”;  $\alpha$  i  $\beta$  są bezwymiarowe), umieszczone na osi odciętych w  $x=a$ ,  $y=b$ , odpowiednio.

(Staruszkiewicz APP 1963)

$$ds^2 = dt^2 - |c|^2 \frac{dx^2 + dy^2}{[(x-a)^2 + y^2]^{\frac{\alpha}{\pi}} [(x-b)^2 + y^2]^{\frac{\beta}{\pi}}}.$$

less, a residual gravitational interaction exists revealing itself in “conicity” of the space. As a result in the sense of *integral* geometrical properties, the trajectories of the particles are not of Euclidean character. In particular, there can occur twice intersecting trajectories, as is easily found for geodesics on a cone (trajectories of test particles). Clearly, such trajectories cannot exist within the framework of Euclidean space.



# OTW w Krakowie 1960 — 1965

- ▶ Uzupełnienia: masa w grawitacji  $2 + 1$
- ▶  $m = \int T_{00} \sqrt{\det(g)} dx^1 dx^2$ ;  
 $g$  — metryka trójwymiarowa,  $\rho$  — trójwymiarowa gęstość masy  
(Staruszkiewicz, str. 46 rozprawy doktorskiej 1965).
- ▶ Staruszkiewicz w istocie znajduje strunę kosmiczną.
- ▶ Deficyt kątowy jest równy  $4\pi\mu$ , gdzie  $\mu$  jest liniową gęstością masy na strunie.
- ▶ W rozprawie doktorskiej jest także definicja masy punktowej nie odwołująca się wprost do pojęcia  $\delta$  Diraca.

# OTW w Krakowie 1960 — 1965

- ▶ W początku siódmej dekady minionego wieku istniał w Instytucie Fizyki UJ aktywny zespół młodych relatywistów. W połowie tej dekady Andrzej Białas, Elżbieta Białasowa, Bohdan Kozarzewski i Józef Namysłowski zmienili tematykę badawczą. Bronisław Średniawa kontynuował badania fizyki jądrowej.
- ▶ Z zespołu uformowanego przez Weyssenhoffa pozostał jedynie Zbigniew Borelowski, ale już poza UJ.
- ▶ Staruszkiewicz zajmował się teorią względności po połowy lat 1970-tych, a później już tylko marginalnie, ale to on wykształcił kolejnych krakowskich relatywistów.

# OTW w Krakowie 1965 — 1978

- ▶ Michał Heller - doktorat „Koncepcja seryjnych modeli Wszechświata i jej filozoficzne implikacje” w Katolickim Uniwersytecie Lubelskim w roku 1966 pod opieką Stanisława Mazierskiego.
- ▶ W 1973 roku powstała Krakowska Grupa Kosmologiczna, której członkowie w większości byli związani z Obserwatorium Astronomicznym UJ, ale jej faktyczny lider Michał Heller mieszkał i po części pracował w Tarnowie. Utworzono wtedy czasopismo *Acta Cosmologica*, wydawane od 1973 r. przez ponad 20 lat przez Obserwatorium Astronomiczne UJ.

# OTW w Krakowie 1965 — 1978

- ▶ 1973: Staruszkiewicz otrzymał trzecią nagrodę w konkursie Gravity Research Foundation za esej **Retardation effects in the planetary system**. Pokazał on, że przy skończonej prędkości propagacji zaburzeń, w stacjonarnych układach mogą się pojawić pewne niestabilności (wyjaśnienie zagadnienia Titiusa-Bodego?).
- ▶ Odnotujmy, że mniej więcej w tym samym czasie nagradzani byli Roger Penrose (1975) i Stephen Hawking (1971).
- ▶ Inni laureaci w tamtym okresie: Jimmy York i Niall O'Murchadha.

# OTW w Krakowie 1965 — 1978

- ▶ Rozwinęły się studia doktoranckie w Instytucie Fizyki UJ.  
Pierwszy w Krakowie doktorat z OTW przyznany absolwentowi studiów doktoranckich:
- ▶ 1974, Janusz Garecki, pod faktycznym nadzorem Andrzeja Staruszkiewicza ale formalnym promotorem był Jerzy Rayski — *Odstępstwa od euklidesowych praw zachowania w rozmaitości czasoprzestrzennej ogólnej teorii względności i uogólnione euklidesowe prawa zachowania.*
- ▶ Pierwszy wypromowany doktor Staruszkiewicza:
- ▶ Leszek Sokołowski, rozprawa doktorska *Geometria hiperpowierzchni zerowych i powierzchniowe równania Einsteina.*  
Obrona doktorska w maju 1975 roku. Sokołowski był zatrudniony później w Obserwatorium Astronomicznym UJ.

# ZTWiA 1979 — 2015

- ▶ **Zakład Teorii Względności i Astrofizyki (ZTWiA) powstał drugiego stycznia 1979** jako Zakład Astrofizyki i Teorii Względności.
- ▶ W 1986 roku funkcję sekretarza Zakładu pełnił Edward Malec. We wszystkich sprawozdaniach używał on obecnej nazwy Zakładu. Nazwa się utarła i tak już zostało.
- ▶ W latach 1979 — 2015 wykonano w ramach ZTWiA co najmniej 17 prac doktorskich z zakresu teorii względności i 6 z astrofizyki. Sześciu nauczycieli akademickich zatrudnionych w Instytucie Fizyki UJ uzyskało habilitację, trzech (Andrzej Staruszkiewicz, Edward Malec i Piotr Bizoń) zostali profesorami tytularnymi. Pracownicy i doktoranci z ZTWiA opublikowali w tym okresie prawie 20 artykułów w Physical Review Letters.

- ▶ Paweł Oskar Mazur, doktorat “Metody całkowania równań Ernsta” obroniony w 1982 roku. Jego promotor Andrzej Staruszkiewicz podkreślał samodzielność doktoranta, który sam znalazł ważny temat. Uważa go także za faktycznego merytorycznego opiekuna doktoratu Jacka Gruszcza (także w 1982r.), formalnie pod pieczę Staruszkiewicza.
- ▶ Najważniejszy wynik Pawła Mazura, uzyskany w jego krakowskim okresie, to ”Proof of uniqueness of the Kerr-Newman black hole solution”; dowód jednoznaczności rotującej i naładowanej czarnej dziury.
- ▶ Dowód był zaskakujący, używał stacjonarnych osiowosymetrycznych równań Einsteina zapisanych w postaci równań Ernsta.
- ▶ Artykuł opublikowany w ”Journal of Physics A”, w 1982 roku. Esej oparty na nim otrzymał trzecią nagrodę Gravity Research Foundation w 1983 roku.





# ZTWiA 1979 — 2015

- ▶ Piotr Bizoń — doktorat “Global conserved charges in theories with long-range fields” pod kierunkiem Andrzej Staruszkiewicza, obrona w 1985 roku. Zatrudniony w IF UJ od 1985 roku.
- ▶ Edward Malec — doktorat w 1981 roku, “Struktura przestrzeni rozwiązań klasycznych równań Yanga-Millsa” pod kierunkiem Jana Olszewskiego. Zatrudniony w Instytucie Fizyki UJ od stycznia 1986 roku.



**Figure 6:** Od lewej: P. Bizoń, E. Malec i J. Kijowski w Wiedniu, konferencja w ESI latem 1994.



**Figure 7:** Od lewej na pierwszym planie: Niall O'Murchadha i Robert Wald, pierwszy z prawej P. Bizoń, Alpy w Austrii, lato 1994.

# ZTWiA 1979 — 2015

- ▶ Pracownicy ZTWiA w latach 1986 - 2015:
- ▶ 1986: kierownik Zakładu prof. B. Średniawa, prof. A. Staruszkiewicz, dr P. Bizoń, dr. E. Malec, dr P. Mazur (wieloletni urlop bezpłatny do 1989r.);
- ▶ 2004: kierownik Zakładu prof. E. Malec, prof. A. Staruszkiewicz, prof. Marek Kutschera, dr hab. P. Bizoń, dr Andrzej Odrzywołek (doktorat "Structure of Differentially Rotating Barotropes" pod kierunkiem Marka Kutschery, 2004r.), dr Andrzej Rostworowski (doktorat "Funkcje falowe mezonów w efektywnym modelu QCD" w 2002 r., promotor Michał Praszalowicz);

# ZTWiA 1979 — 2015

- ▶ 2015: kierownik Zakładu prof. E. Malec, prof. P. Bizoń, prof. M. Kutschera, dr hab. A. Odrzywołek, dr hab. A. Rostworowski, dr P. Mach (rozprawa doktorska “Stability of the steady accretion in general relativistic hydrodynamics” pod kierunkiem E. Malca, obrona 2008r.);
- ▶ 2021: Kierownikiem ZTWiA zostaje dr hab. Patryk Mach, poza tym skład jak w 2015 r.
- ▶ Członkami Zakładu byli także: dr T. Wyrozumski (1990 — 1999, doktorat “On a geometrical description of quantum fields interacting with gravity” pod kierunkiem Petera Aichelburga, obrona 1990r.), P. Koc (1995 — 1999, doktorat “Badanie kolapsu grawitacyjnego na powierzchni danych początkowych”, promotor Edward Malec, obrona 1995r.), dr K. Roszkowski (2005 — 2008, doktorat “Nierówność Penrose’a w OTW” pod kierunkiem E. Malca, obrona 2005)...

# ZTWiA 1979 — 2015

- ▶ Zatrudnieni na czas określony w ZTWiA, cd.:
- ▶ dr J. Jałmużna (2014 — 2017, doktorat “Dynamics of perturbations of three-dimensional Anti-de Sitter spacetimes”, promotor P. Bizoń, obrona publiczna w 2014 roku), dr Michał Piróg (2015 — 2018, doktorat “Masa centralna a krzywa rotacji dysków akrecyjnych w układach samograwitujących”, promotor E. Malec, obrona 2015r.), mgr Wojciech Dyba (2018 — 19), dr Wojciech Kulczycki (2019 — 2021, doktorat “Szacowanie masy w stacjonarnej hydrodynamice ogólnorelatywistycznej” pod kierunkiem E. Malca, obrona 2019 );

# OTW w Krakowie: OA UJ

- ▶ Kosmologowie i relatywiści w Obserwatorium Astronomicznym UJ w latach 1986 - 2015:
- ▶ Najpierw gościł ich Zakład Astronomii Teoretycznej i Geofizyki Astronomicznej, który w 1984 r. zmienił nazwę na Zakład Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej.
- ▶ W 1995 roku powstał **Zakład Astrofizyki Relatywistycznej i Kosmologii**, kierowany przez dr hab. L. Sokołowskiego. Członkowie: dr Zdzisław Gołda (doktorat “Proces dynamicznej redukcji wymiarowej anizotropowych modeli wszechwiata w teorii KaluzyKleina” pod kierunkiem M. Demiańskiego, obrona 1987), dr Krzysztof Maślanka, dr hab. Andrzej Woszczyna (doktorat “Wpływ warunków energetycznych na dynamikę jednorodnych, izotropowych modeli wszechświata” pod kierunkiem J. Maśłowskiego, obrona 1984), dr Marek Szydłowski i in.

# OTW w Krakowie 1979 — 2015

- Prof. dr hab. Marek Szydłowski (1952 — 8.10.2020), absolwent Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego, doktorat z astronomii (rozprawa doktorska “Problem ensemble’a wszechświatów w kosmologii relatywistycznej” pod formalną opieką Stanisława Mazierskiego w Katolickim Uniwersytecie Lubelskim w 1982 roku).



Figure 8:

# OTW w Krakowie 1979 — 2015

- ▶ 2016: kierownictwo Zakładu Astrofizyki Relatywistycznej i Kosmologii obejmuje dr hab. Z. Golda; w 2005r. przyjęty zostaje Sebastian Szybka (doktorat “Chaotic wave maps coupled to gravity” pod kierunkiem P. Bizonia, obrona 2005r.), w międzyczasie odchodzą dr K. Maślanka i dr hab. A. Woszczyna. Zatrudnieni zostają doktorzy Krzysztof Głód, Szymon Sikora i Dominika Hunik-Kostyra.
- ▶ 2020: kierownikiem Zakładu zostaje dr hab. Sebastian Szybka. Lech Sokołowski odchodzi na emeryturę w 2023 r.
- ▶ Krakowska Grupa Kosmologiczna — prof. Andrzej Heller z grupą współpracowników (m. in. M. Biesiada, Z. Golda, A. Woszczyna) — przestaje istnieć w latach 1990-tych. Wtedy też kończy swoje istnienie *Acta Cosmologica*.





# OTW w Krakowie 1979 — 2015

- ▶ Inni relatywiści krakowscy:
- ▶ prof. dr hab. Tadeusz Chmaj (doktorat “Formation time in hadronization processes” pod przewodnictwem Andrzeja Białasa, obrona 1985r.)
- ▶ dr hab. Łukasz Bratek (doktorat “Structure of Solutions of the Skyrme Model on the Three-Sphere” w 2004 r. pod kierunkiem Piotra Bizonia), najpierw w Instytucie Fizyki Jądrowej a od dekady w Politechnice Krakowskiej.