

POSTĘPY FIZYKI



CZASOPISMO NAUKOWE POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO
POŚWIĘCONE UPOWSZECHNIANIU WIEDZY FIZYCZNEJ

ŻYCIE
DZIAŁALNOŚĆ
OSIĄGNIĘCIA

2 / 2022
TOM 73

WOLFFKE

2022



ISSN 0032-5430
9 770032 543226 02

nr indeksu 369721



POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE (PTF)

www.ptf.net.pl

ZARZĄD GŁÓWNY

Teresa Rząca-Urban (prezes)
Bogdan Kowalski (sekretarz generalny)
Jan Grabski (skarbnik)
Leszek Sirko (prezes honorowy)
Katarzyna Chałasińska-Macukow
Zofia Drzazga
Dariusz Grech
Bohdan Grządkowski
Stanisław Kistryn
Adam Maj
Sławomir Miernicki
Józef Spątek
Aneta Szczygielska-Łaciak
Andrzej Ślebarski
Andrzej Wysmołek

BIURO ZARZĄDU

ul. Pasteura 5
02-093 Warszawa
tel. (+22) 553 28 56 pok.4.56 (4. piętro)
e-mail: biuro@ptf.net.pl

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW

Krzysztof Szymański (Białystok)
Adam Gadomski (Bydgoszcz)
Ewa Mandowska (Częstochowa)
Jarosław Rybicki (Gdańsk)
Adam Michczyński (Gliwice)
Paweł Zajdel (Katowice)
Małgorzata Wysocka-Kunisz (Kielce)
Józef Spątek (Kraków)
Marcin Turek (Lublin)
Karol Jakub Jędrzejczak (Łódź)
Katarzyna Książek (Opole)
Henryk Drozdowski (Poznań)
Gaweł Żyła (Rzeszów)
Miroslaw Brozis (Słupsk)
Mariusz P. Dąbrowski (Szczecin)
Michał Pawlak (Toruń)
Aneta Drabińska (Warszawa)
Ewa Dębowska (Wrocław)
wacat (Zielona Góra)

POSTĘPY FIZYKI (PF) czasopismo ukazuje się od 1949 roku

CZASOPISMO NAUKOWE POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO
POŚWIĘCONE UPOWSZECHNIANIU WIEDZY FIZYCZNEJ

www.ptf.net.pl

RADA REDAKCYJNA

Andrzej Kajetan Wróblewski (przewodniczący)
Mieczysław Budzyński
Witold Dobrowolski
Henryk Drozdowski
Józef Spątek
Józef Szudy
Arkadiusz Wójs

KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

Wojciech Olszewski (Białystok)
Beata A. Pietrewicz (Bydgoszcz)
Piotr Gębara (Częstochowa)
Tomasz Wąsowicz (Gdańsk)
Lucyna Grządziel (Gliwice)
Aleksandra Piórkowska-Kurpas (Katowice)
Maciej Rybczyński (Kielce)
Witold Zawadzki (Kraków)
Janusz Filiks (Lublin)
Janusz Kuliński (Łódź)
Katarzyna Książek (Opole)
Sławomir Mamica (Poznań)
Jacek Fal (Rzeszów)
Agnieszka Włodarkiewicz (Słupsk)
Janusz Typek (Szczecin)
Michał Pawlak (Toruń)
Grzegorz Siudem (Warszawa)
Ewa Dębowska (p.o.) (Wrocław)
Lidia Najder-Kozdrowska (Zielona Góra)

REDAKCJA

Anna Szemberg (redaktor naczelna)
Krzysztof Turzyński
Redakcja „Postępy Fizyki” – Wydział Fizyki UW
Pasteura 5, pok. 2.80 (2. piętro), 02-093 Warszawa
e-mail: postepy.fizyki@gmail.com

INFORMACJE DLA AUTORÓW

Przyjmujemy do publikacji przystępnie napisane artykuły przeglądowe i monograficzne w języku polskim i angielskim, które otrzymają pozytywne recenzje wydawnicze. Teksty należy przysłać e-mailem na adres: postepy.fizyki@gmail.com w formie przyjętej w czasopiśmie https://www.ptf.net.pl/pl/postepy_fizyki/numery-biezace-od-2019r/ w systemie LATEX (plik źródłowy + pdf) lub w programie Word; tekst powinien zawierać afiliację i nr ORCID autora, streszczenie i słowa kluczowe w j. polskim oraz j. angielskim, **bibliografię** wyłącznie załącznikową (patrz wskazówki dotyczące sporządzania bibliografii na stronie PTF: https://www.ptf.net.pl/media/cms_page_media/1544/Wskazowki.pdf, podpisy do ilustracji; **ilustracje** mogą być zamieszczone w tekście, ale **należy** je również **przysłać w osobnych plikach** o rozdzielczości co najmniej 300 dpi; w **przypadku ilustracji zapożyczonych** z innych źródeł, podpis musi zawierać źródło pochodzenia ilustracji, przy czym na autorze spoczywa obowiązek uzyskania zgody na jej publikację w jego artykule w *Postęпах Fizyki*. Redakcja zastrzega sobie prawo do skracania i redagowania tekstów w tym wprowadzania niezbędnych zmian terminologicznych. Zgodnie z obowiązującym prawem autorskim autorzy będą mogli dokonać korekty autorskiej artykułu przygotowanego do druku. Opublikowanie artykułu w PF wiąże się z nieodpłatnym udostępnieniem go na stronie internetowej PTF na podstawie licencji Creative Commons.

RENUMERATA 2022 DLA PODMIOTÓW ZEWNĘTRZNYCH

- cena pojedynczego numeru PF wynosi 29,70 PLN (w tym 8% VAT)
 - cena prenumeraty rocznika (4 numery z 9% bonifikatą) – 108,00 PLN (w tym 8% VAT)
 - **koszty wysyłki czasopisma pokrywa zamawiający**
 - zamówienie prenumeraty należy wysłać na adres postepy.fizyki@gmail.com
- Szczegółowe warunki prenumeraty PF znaleźć można na stronie internetowej PTF www.ptf.net.pl/pl/postepy_fizyki/prenumerata-pf/
Cena pojedynczego, archiwalnego numeru PF opublikowanego do końca 2019 roku (tj. do tomu 70 włącznie) wynosi 12,00 PLN brutto + **koszty wysyłki**.

ISSN 0032-5430, ISSN 2658-2422 (online)

© Copyright by Polskie Towarzystwo Fizyczne

Wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne

**Kwartalnik POSTĘPY FIZYKI jest wydawany we współpracy
z WYDZIAŁEM FIZYKI UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO**



Mieczysław Wolfke (ok. 1925)

Szanowni Czytelnicy,

bohaterem numeru 2/2022 *Postępów Fizyki* jest wybitny polski uczony Mieczysław Wolfke, barwna postać fizyki pierwszej połowy XX w. o niezwyklej intuicji badawczej. Na łamach naszego kwartalnika publikujemy teksty referatów, które zostaną wygłoszone podczas sympozjum naukowego zorganizowanego w ramach Roku Mieczysława Wolfkego (Politechnika Warszawska, 27.05.2022). Będzie ono poświęcone życiu i osiągnięciom Profesora oraz jego pomysłem wyprzedzającym epokę, w której przyszło mu działać.

Adres PF: postepy.fizyki@gmail.com

Informacje dla autorów PF:

https://www.ptf.net.pl/media/cms_page_media/1544/Wskazowki.pdf

PF są dostępne bezpłatnie w wersji elektronicznej:

https://www.ptf.net.pl/pl/postepy_fizyki/numery-biezace-od-2019r/

<https://www.ptf.net.pl/pl/towarzystwo/dzialalnosc/postepy-fizyki/roczniki/>

Spis treści PF (od 1949)

https://www.ptf.net.pl/pl/postepy_fizyki/baza-pf/

redaktor naczelna PF

2022 Rokiem Mieczysława Wolfkego

J. E. Garbarczyk 2

Mieczysław Wolfke – od intuicji do innowacji

K. Petelczyc 5

O możliwości optycznego obrazowania sieci molekularnych

M. Wolfke 12

Współczesna holografia na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej

M. Makowski 15

Od odkrycia nadciekłości do kwantowej turbulencji

P. Magierski 23

Mieczysław Wolfke – wizjoner innowacyjności i prekursor kierunku studiów fizyka techniczna...

A. Rogalski 29

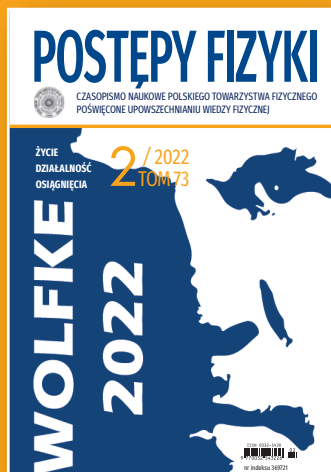
Gwiazda Polski – ambitny projekt z udziałem Wolfkego

J. Jarosz 34

Upamiętnienie Mieczysława Wolfkego

K. Petelczyc 42

Kronika Polskiego Towarzystwa Fizycznego 47



(graf. Krzysztof Petelczyc)

2022 Rokiem Mieczysława Wolfkego

Jerzy E. Garbarczyk

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej

Abstrakt. Polskie Towarzystwo Fizyczne, Politechnika Warszawska, Polskie Stowarzyszenie Fotoniczne oraz Komitet Fizyki Polskiej Akademii Nauk ogłosiły rok 2022 Rokiem Mieczysława Wolfkego. Kulminacją obchodów jest zorganizowane na Wydziale Fizyki PW sympozjum, którego uczestnicy usłyszą referaty dotyczące życia, działalności i osiągnięć naukowych tego wybitnego polskiego fizyka. Poniższy artykuł jest wprowadzeniem do referatów, które zawiera niniejszy numer *Postępów Fizyki*.

Abstract. Polish Physical Society, Warsaw University of Technology, Photonics Society of Poland and Physics Committee of Polish Academy of Sciences established 2022 as the Mieczysław Wolfke Year. The culmination of the celebration is symposium, organized at the Department of Physics WUT, during which lectures related to life, activity and achievements of this outstanding physicist are given. This article is an introduction to these lectures, which appear in the present issue of *Postępy Fizyki*.

Niewielu jest naukowców polskich, których nazwiska trafiły do podręczników akademickich lub były wymieniane podczas wykładów laureatów Nagrody Nobla [1, 2]. Niewielu jest fizyków polskich, których znaczące publikacje naukowe nie ograniczały się do jednej, na ogół wąskiej dziedziny, lecz pokrywały szeroki zakres tematyczny począwszy od optyki poprzez termodynamikę, kriofizykę, fizykę dielektryków, a skończywszy na cząstkach elementarnych takich jak neutrino lub fotony. Nieczęsto mieliśmy też w kraju fizyków, którzy równie dobrze poruszali się w obszarze fizyki teoretycznej, jak i fizyki technicznej, związanej np. z wysokimi napięciami elektrycznymi, komórkami fotoelektrycznymi oraz lotami stratosferycznymi. Fizykiem, który jest przykładem tej rzadko spotykanej różnorodności, był Mieczysław Wolfke (1883-1947) – profesor Politechniki Warszawskiej.



Mieczysław Wolfke podczas wykładu w Audytorium Fizyki PW [3]

Mieczysław Wolfke, jak wielu utalentowanych (a przy tym dobrze sytuowanych) młodych ludzi z obszarów

porozbiorowej Polski, kształcił się na renomowanych uczelniach europejskich. Na początku był to Uniwersytet w Leodium (Liege), następnie Sorbona, a w końcu Uniwersytet we Wrocławiu (wówczas Breslau), gdzie Wolfke uzyskał w 1910 roku dyplom doktora filozofii i nauk wyzwolonych pod opieką Ottona Lummera [3].

Solidne wykształcenie, pasja naukowa i ambicje Wolfkego pozwoliły mu objąć stanowiska docenta (*privatdozent*) na prestiżowych uczelniach szwajcarskich, początkowo na Politechnice Związkowej ETH (od 1913), a następnie na Uniwersytecie w Zurichu (od 1914). Recenzentami jego dorobku naukowego byli fizycy tej miary co Albert Einstein, Max von Laue oraz Erwin Schrödinger. Pozycja naukowa Wolfkego od samego początku jego kariery zawodowej była zatem bardzo silna, co utorało mu drogę do dalszych awansów. Po odzyskaniu niepodległości przez Polskę, Mieczysław Wolfke powrócił do kraju, gdzie w roku 1922 został mianowany profesorem zwyczajnym fizyki doświadczalnej, obejmując kierownictwo Zakładu Fizycznego na Wydziale Elektrotechnicznym (Elektrycznym od 1924) Politechniki Warszawskiej.

Wolfkego należy bez wątplenia zaliczyć do ścisłej czołówki najwybitniejszych polskich fizyków w historii, pomimo iż po jego śmierci prawie o nim zapomniano. Przed wojną jego prestiż naukowy był bardzo wysoki. W Warszawie w pewnym sensie konkurował z profesorem Stefanem Pieńkowskim, twórcą fizyki na Uniwersytecie Warszawskim. Pieńkowski był wybitnym organizatorem nauki, czego dowodem był wspaniały rozwój Instytutu Fizyki Doświadczalnej przy ulicy Hożej 69. Utworzył szkołę naukową i wychował wielu znakomi-

tych fizyków, jednakże jego osobiste osiągnięcia naukowe nie były równie wielkie, jak jego zasługi organizacyjne. Mieczysław Wolfke miał nieporównywalnie bardziej znaczące sukcesy naukowe, nie dochował się jednak uczniów na swoją miarę, mimo że w jego zespole powstawały prace doktorskie i habilitacyjne. Był aktywny jako organizator nauki, lecz na tym polu prześladował go pech, np. nie do końca zrealizowany projekt utworzenia na PW Instytutu Niskich Temperatur, co było spowodowane wybuchem wojny.

W roku 2022 mija 100 lat od objęcia przez Mieczysława Wolfkego katedry fizyki doświadczalnej na Wydziale Elektrotechnicznym PW. Ponadto w tym roku mija też 75 lat od śmierci Wolfkego. W akademickim środowisku fizyków warszawskich oraz w kręgach PTF zrodził się zatem pomysł, aby rok 2022 ustanowić Rokiem Mieczysława Wolfkego. Po obchodach Roku Marii Skłodowskiej-Curie (2011), Jana Czochralskiego (2013), Mariana Smoluchowskiego (2017) oraz jubileuszu 100-lecia Polskiego Towarzystwa Fizycznego (2020) nadszedł czas na odnowienie pamięci o profesorze Mieczysławie Wolfkem. Organizatorami obchodów są: Polskie Towarzystwo Fizyczne, Politechnika Warszawska, Polskie Stowarzyszenie Fotoniczne oraz Komitet Fizyki PAN.

W ramach obchodów zaplanowano wiele różnorodnych projektów oraz imprez obejmujących: odczyty w ośrodkach akademickich oraz w Polskiej Akademii Umiejętności, piknik naukowy z Mieczysławem Wolfkem, instalacje holograficzne w przestrzeni miejskiej, a także różnego rodzaju warsztaty i konkursy w szkołach.

Punkt kulminacyjny obchodów Roku Wolfkego to jednodniowe sympozjum w Gmachu Fizyki PW (27.05.2022), na które składają się referaty dotyczące życia, działalności oraz głównych osiągnięć naukowych Mieczysława Wolfkego.

Pierwszy, autorstwa Krzysztofa Petelczycza, przybliża nam sylwetkę i bogate w różnorodne wydarzenia życie Wolfkego na szerokim tle historycznym od końca XIX wieku do czasów tuż po zakończeniu drugiej wojny światowej. Warto dodać, że Krzysztof Petelczyc wraz z Ewelina Kędzierską są autorami biografii Wolfkego, która ujawnia wiele nieznanych dotychczas szczegółów z jego działalności naukowej i życia prywatnego [3].

Drugi przedstawia Wolfkego jako prekursora holografii. Sięgamy do nowatorskiej publikacji Mieczysława Wolfkego z 1920 roku [4], w której przedyskutował możliwość dwuetapowego obrazowania sieci molekularnych. W pracy tej nie pada jeszcze termin holografia i w ogóle daleka jest ona od holografii znanej obecnie chociażby dlatego, że nie było jeszcze wówczas laserów, jednak

przedstawiona tam idea dwuetapowego obrazowania była na tyle niezwykła, że odkrywca metody holograficznej Dennis Gabor wygłaszając w 1971 roku swój wykład noblowski czuł się w obowiązku wytłumaczyć, że nie znał wcześniej pracy Wolfkego [2].

Trzeci tekst, napisany przez Michała Makowskiego, dotyczy współczesnych metod holograficznych rozwijanych na Wydziale Fizyki PW. Duch Wolfkego zadomowił się widać na trwale w zabytkowym Gmachu przy Koszykowej 75, skoro holografia znalazła tu tak podatny grunt do dalszego rozwoju nie tylko w postaci klasycznej, ale także jako holografia cyfrowa oraz holografia generowana komputerowo.

Piotr Magierski w artykule *Od odkrycia nadciężkości do kwantowej turbulencji* opowiada o innym wielkim osiągnięciu Wolfkego, jakim było odkrycie w roku 1927, wraz z Willem. H. Keesomem, helu II [5] – nieznannej wcześniej ciekłej odmiany He, która została później uznana za fazę nadciężką. Odkrycie helu II miało dalekosiężne skutki i nadal odbija się echem w fizyce współczesnej. Już po dziesięciu latach od zaobserwowania, że ciekły hel ma dwie odmiany, Piotr Kapica oraz niezależnie od niego John F. Allen oraz Don Misener stwierdzili, że hel II stanowi pozbawioną lepkości ciecz kwantową. Później okazało się, że opis właściwości helu II wymaga dalszej dyskusji, biorącej pod uwagę zjawisko kondensacji Bosego–Einsteina. Następnym etapem tej wieloletniej debaty naukowej było uwzględnienie wirów kwantowych oraz kwantowej turbulencji, fascynujących efektów, które wciąż są przedmiotem intensywnych badań. Po wizjonerskiej pracy Wolfkego dotyczącej dwuetapowego obrazowania, po raz drugi okazało się, że dokonane przez niego, tym razem wspólnie z Keesomem, odkrycie w istotny sposób wpłynęło na rozwój fizyki.

Pozostańmy fizykami, a pracujmy dla techniki – to słowa wypowiedziane przez Wolfkego na Zjeździe Fizyków Polskich, który odbył się w Warszawie w 1932 roku [6]. Antoni Rogalski przedstawia Wolfkego jako propagatora fizyki technicznej. Znamiennym jest to, że wybitny fizyk – twórca śmiałych idei oraz odkrywca nowych faz materii przywiązywał tak wielką wagę do zastosowań fizyki w przemyśle oraz w obronności kraju, nie ograniczając jej roli jedynie do funkcji poznawczej. Warto przy tym dodać, że wspomniany Zjazd odbył na Politechnice Warszawskiej, gdzie w roku 1920 w Gmachu Fizyki zostało założone Polskie Towarzystwo Fizyczne [7]. Od 1922 roku do powstania warszawskiego Wolfke pracował i częściowo mieszkał w tym Gmachu. W latach 1930-1934 Mieczysław Wolfke pełnił funkcję prezesa PTF.

Jerzy Jarosz omawia ambitny przedwojenny projekt naukowo-wojskowo-sportowy pod nazwą Gwiazda Polski. Chodzi tu o balon stratosferyczny, którego

załoga miała w 1938 roku pobić rekord wysokości oraz przeprowadzić pomiary promieniowania kosmicznego, które w tym czasie było przedmiotem dużego zainteresowania naukowców. Przedsięwzięcie miało wielu pomysłodawców, a Mieczysław Wolfke był przewodniczącym Rady Naukowej tego projektu. Jak to się wszystko skończyło? O tym w artykule Jerzego Jarosza.

Całość zamyka artykuł Krzysztofa Petelczyca, w którym autor śledzi kształtowanie się wizerunku Profesora od jego śmierci w 1947 roku aż po czasy nam współczesne.

Kończąc to wprowadzenie do okolicznościowego numeru *Postępów Fizyki* trudno się oprzeć pewnej refleksji historycznej. Jak wiadomo, kilka miesięcy po utworzeniu w kwietniu 1920 roku Polskiego Towarzystwa Fizycznego miała miejsce Bitwa Warszawska. Wydawało się, że w Europie XXI wieku, takie wydarzenia jak wojny to już przeszłość. Tymczasem rok 2022 – rok, który chcielibyśmy traktować jako Rok Wolfkego, przejdzie do historii jako rok nowej wojny związanej tym razem z inwazją Rosji na Ukrainę.

Literatura

- [1] P. A. Tipler, R. A. Llewellyn, *Fizyka współczesna*, PWN, Warszawa 2011, s. 334 (autorzy nawiązują do odkrycia przez M. Wolfkego i W. H. Keesoma dwóch odmian ciekłego helu).
- [2] S. Lundqvist, *Nobel Lectures, physics 1971-1980* Singapore 1992 (wykład noblowski Dennisa Gabora, który w 1971 otrzymał Nagrodę Nobla za odkrycie i rozwinięcie metod holografii).
- [3] K. Petelczyc, E. Kędzierska, *Mieczysław Wolfke – Gdyby mi dali choć pół miliona...*, OWPW 2018 s. 96.
- [4] M. Wolfke, „Über die Möglichkeit der optischen Abbildung von Molekulargittern” *Physikalische Zeitschrift* **21**, 495-497 (1920).
- [5] M. Wolfke and W. H. Keesom, *Proc. Amsterdam* **31**, 81 (1927).
- [6] M. Wolfke, „Fizyka a technika”, *Nauka Polska*, **17**, s. 149-155 (skrót odczytu wygłoszonego na VI Zjeździe Fizyków Polskich 01.10.1932).
- [7] J. E. Garbarczyk, „Polskie Towarzystwo Fizyczne w Warszawie” *Postępy Fizyki* **71** (4), 50-76 (2020).

ROK MIECZYŚŁAWA WOLFKEGO 2022

Organizatorzy sympozjum:

Politechnika Warszawska (PW)
Polskie Towarzystwo Fizyczne (PTF)
Polskie Stowarzyszenie Fotoniczne (PSP)
Komitet Fizyki PAN (KFPAN)



Partnerzy sympozjum:

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (FUW)
Polska Akademia Umiejętności (PAU)
Nowa Era



Patroni sympozjum:

Burmistrz Miasta Łask Gabriel Szkudlarek,
Prezydent Miasta Stołecznego Warszawy Rafał Trzaskowski
Prezydent Miasta Częstochowa Krzysztof Matyjaszczyk



PREZYDENT MIASTA STOLECZNEGO WARSZAWY



PATRONAT
PREZYDENTA MIASTA CZĘSTOCHOWY
KRZYSZTOFA MATYJASZCZYKA

Mieczysław Wolfke – od intuicji do innowacji

Krzysztof Petelczyc*

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, Polskie Towarzystwo Fizyczne, Komisja Historii Nauki Polskiej Akademii Umiejętności

Abstrakt. Życiorys i sylwetka Mieczysława Wolfkego pojawiała się na łamach *Postępów Fizyki* już parokrotnie. Jednak jego postać, jedna z najważniejszych w historii międzywojennej fizyki w Polsce, prawie zanikła w powojennej świadomości fizyków. Nowy system polityczny oraz ogrom pracy związany z odbudową zniszczeń wojennych zarówno w sferze materialnej, jak i organizacyjnej tworzyły w latach 50. XX w. nowe wyzwania, odmienne od kultuwowania pamięci o zmarłym w 1947 roku w Zurychu profesorze Politechniki Warszawskiej. A była to postać nie tylko wybitna, ale także niezwykle barwna.

Słowa kluczowe: holografia, kriogenika, Wolfke, biografia

Abstract. Biography and profile of Mieczysław Wolfke has already appeared in *Postępy Fizyki* several times. Nevertheless, it seems that his figure, one of the most important in the history of the interwar physics in Poland, almost disappeared in the post-war awareness of physicists. The new political system and the enormity of work related to the reconstruction of the war damage, both in the material and organizational area, created new challenges in the 1950s, different from cultivating the memory of the Warsaw University of Technology professor who died in 1947 in Zurich. However, he was not only an outstanding figure, but also an extremely colorful one.

Keywords: holography, low-temperature physics, Wolfke, biography

Mieczysław Wolfke urodził się w Łasku 29 maja 1883 roku w niezbyt zamożnej rodzinie inteligenckiej inżyniera drogowego Karola Juliusza Wolfkego i jego żony Lucyny, siostry Gustawa Kościńskiego absolwenta Uniwersytetu Petersburskiego i Instytutu Fizycznego Helmholtza w Berlinie. Kościński był jednym ze świadków skroplenia tlenu przez Zygmunta Wróblewskiego i Karola Olszewskiego 4 kwietnia 1883 roku, a w latach późniejszych nauczycielem i organizatorem oświaty w Częstochowie. Tam też w 1892 roku przeprowadziła się rodzina Wolfków w związku z objęciem przez Karola stanowiska inżyniera konduktora (inżyniera niższego szczebla – przyp. red.) dróg szosowych powiatu częstochowskiego [7]. Mieczysław dorastał więc w atmosferze fascynacji nauką i techniką. Jednocześnie ważnymi osobami w kształtowaniu umysłu młodego chłopca wydają się być jego nauczyciele – Niemka Maria Schreiber oraz Francuz o nieznanym nazwisku, który, zgodnie z rodzinnymi wspomnieniami, podczas przerw w lekcjach uczył małego Micia hipnozy [8].

Takie wychowanie stworzyło chłopca ciekawego nauki i techniki, wierzącego we własne możliwości, a przy tym poszukującego ukrytej prawdy o świecie, do której można dojść tylko cierpliwością i samodoskonaleniem. Ten ostatni aspekt podobno tak pociągał młodzieńca, że zaplanował ucieczkę do Tybetu w celu poznania sztuki medytacji i osiągnięcia wyższych stanów świadomości.

Realny świat częstochowskich podwórek zapamiętał go jednak przede wszystkim jako trochę szalonego eksperymentatora. Jazda na własnoręcznie skonstruowanym motorowerze po przymocowaniu małego silniczka do roweru, przygotowany i obliczony dokładnie skok z murów Jasnej Góry jako dowód miłości do koleżanki, wykonanie doświadczenia wykorzystującego częstochowską nowość techniczną, tj. prąd elektryczny, zakończonego spięciem i pograżeniem w ciemności dużej części miasta – oto były „osiągnięcia” charakteryzujące Mietka [8].

Umiał zaimponować i nie bał się podążać za marzeniami. W 1895 roku, prawdopodobnie po lekturze drukowanej wówczas w gazetach powieści *Z Ziemi na Księżyc* Juliusza Verne’a, postanowił na przykład, że jedynym celem jego życia będzie budowa planetostatu i umożliwienie ludzkości podróży na inne planety. Hasło wydaje się bardzo wzniosłe i może wręcz utopijne, ale Mieczysław od razu przystąpił do działania pisząc, jeszcze trochę niezgrabnie, ale zaskakująco poprawnie pod względem matematycznym i fizycznym rozprawę *Planetostat*, w której zaproponował koncepcję... napędu odrzutowego [7]. Należy podkreślić, że działo to się ponad ćwierć wieku przed wydaniem przez Hermana Obertha pracy *Die Rakete zu den Planetenräumen*, która uważana jest za pionierską w kontekście technik raketowych.

Do wynalazków inspirowała go nie tylko potrzeba serca czy ciekawa literatura. Częstochowa leży na oddanej do użytku w połowie XIX w. drodze żelaznej warszawsko-wiedeńskiej. Kolei towarzyszyły druty linii

*ORCID: 0000-0002-0138-1613



Ryc. 1. Częstochowski dworzec kolei warszawsko-wiedeńskiej, gdzie od połowy XIX w. znajdował się punkt telegraficzny

telegraficznej, za pośrednictwem której co dzień, seriami pisków i trzasków wysyłano telegramy niczym zakodowane tajne informacje, co częstochowscy chłopcy uwielbiali obserwować słuchając rozchodzących się dźwięków. Mieczysław też, ale zaprzętała go jedna myśl. Skoro da się wysłać dźwięk, to czemu nie obraz? Jak zwykle w jego przypadku od pomysłu do działania nie było daleko i w 1898 roku powstało kolejne imponujące dzieło – koncepcja telektroskopu, urządzenia do przesyłania obrazów na odległość, które dziś nazwalibyśmy prototypem telewizji. W dodatku Wolfke do pomysłu dołożył transmisję bezprzewodową za pomocą fal elektromagnetycznych. Trudno powiedzieć, że siedemnastoletni Mieczysław zupełnie sam opracował wszystkie rozwiązania, które w tym samym czasie ogłaszał też Jan Szczepanik czy Paul Nipkow. Kompilacja tych pomysłów była jednakże na tyle nowatorska, że Rosyjski Urząd Patentowy (a według niektórych źródeł także niemiecki) przyznał patent i młody wynalazca uzyskał dość duży rozgłos [9, 10].

Technika i fizyka były niewątpliwie konikiem młodego Wolfkego, lecz w częstochowskim gimnazjum męskim pod zaborem rosyjskim wymagało się także znajomości literatury, gramatyki i ortografii. Te treści i umiejętności nie były już ani fascynujące, ani nawet strawne dla Mieczysława [3]. Jego marzeniem stała się więc nauka w stylu niemieckim w nowo założonej w Sosnowcu Szkole Realnej. Trudno jednoznacznie stwierdzić, jakie fortele musiał chłopiec zastosować, aby uzyskać zgodę rodziców na wyjazd do odległego miasta, ale w 1899 roku przywdział charakterystyczny mundurek i czapkę z literami CPY (Cосновицкое Реальное Училище) zostając uczniem założonej przez Henryka Dietla szkoły. Kończąc ją trzy lata później otrzymał świadectwo dojrzałości dające mu wstęp na wyższe uczelnie [11].

Modnym miejscem studiów wśród ówczesnej polskiej młodzieży była Belgia. Na uniwersytecie w Leodium (Liège) istniał wówczas Wydział Techniczny, który wyda-

wał się idealnym miejscem do rozwijania umiejętności i wiedzy Mieczysława. I rzeczywiście, mimo że Wolfke nie zdążył dojechać na egzaminy wstępne, został przyjęty do grupy prof. Pierre'a de Heena, szanowanego fizyka zajmującego się teorią elektryczności. Jednakże młode serce, wyrwane z domu i ograniczeń rusyfikacyjnej polityki okupacyjnych władz Polski, rwało się do korzystania z uroków wolności. Pierwsze miłości, podróże po Europie, środowisko wolnych myśli i nieskrępowanych możliwości. Po dwóch latach Wolfke był już w Paryżu i chociaż wstąpił na słynną Sorbonę, czas spędzał ciesząc się urokami *la belle époque* [8]. W 1906 roku wziął ślub ze Stanisławą Winawer, także studentką Sorbony, kuzynką Brunona Winawera jednego z liderów paryskich klubów wolnomyślicieli z Polski, a także dość dobrze wykształconego fizyka [12]. Tymczasem okres studiów zbliżał się do końca. Otrzeźwiło to trochę Wolfkego i sprawiło, że zaczął znów myśleć o nauce. Wstąpił do Towarzystwa Astronomicznego w Paryżu, gdzie prezentował interesujący pomysł nowej konstrukcji teleskopu z nieruchomym zwierciadłem, referował też opracowaną przez siebie teorię wyjaśniającą powstawanie piorunów kulistych [13]. Podjęte wysiłki i tak nie pozwoliły jednak zdać egzaminu końcowego na Uniwersytecie Paryskim. W dodatku młodej i artystycznie usposobionej żonie nie odpowiadało życie z naukowcem. Powrót w rodzinne strony zakończył małżeństwo, a Wolfkego rzucił do Wrocławia, nieodległego od Częstochowy, niemieckiego wówczas miasta o uznanych tradycjach akademickich [8].

W tym miejscu rozpoczyna się historia Wolfkego jako wybitnego fizyka: doktorat pod kierunkiem prof. Lummera, zakończony dopracowaniem i uzupełnieniem teorii obrazowania siatek dyfrakcyjnych wykorzystującej koncepcje Ernsta Abbego [14], niedająca satysfakcji praca w zakładach przemysłowych Carla Zeissa w Jenie [5], staż w pracowni Ottona Lehmana, ojca ciekłych kryształów na Politechnice w Karlsruhe [6] i wreszcie docentura na zuryjskich uczelniach rozpoczęta dzięki pozytywnym recenzjom m.in. późniejszych noblistów Alberta Einsteina (1913) i Maxa von Lauego (1914) [8]. Wolfke nie bał się podejmować zarówno w pracy naukowej, jak i podczas zajęć dydaktycznych, zagadnień związanych z najnowszymi osiągnięciami nauki, dyskutować z nimi, uzupełniać o swoje koncepcje, ale nade wszystko zrozumieć to, co przyniosły odkrycia przełomu wieków. Od promieniowania kanalikowego, przez koncepcję molekuł światła, aż po pomysł obrazowania dwustopniowego sieci molekularnych; wyniki jego prac były publikowane w najważniejszych ówczesnie periodykach naukowych i referowane podczas seminariów i konwersatoriów na uczelniach wyższych w Zurychu. Napisano na ten temat wiele opracowań, również na łamach *Postępów Fizyki* [1-6], a z wszystkich wyłania się obraz naukowca



Ryc. 2. Albert Einstein



Ryc. 3. Max von Laue

bez kompleksów, mającego świadomość wytyczania nowych ścieżek wiedzy i pasjonującego się rozwiązaniami technicznymi wykorzystującymi badania naukowe.

Okres ten był także czasem stabilizacji życia rodzinnego. Mieczysław ożenił się ponownie 8 marca 1912 roku z Agnieszką Eryką, siostrą Karla Ritzmanna, jego przyjaciela i współnika z Wrocławia, z którym tworzył wynalazek – nową lampę kadmowo-rtęciową. Dwa lata później w Zurychu na świat przyszedł ich syn Karol Henryk. Mimo słabo płatnej pracy na Uniwersytecie Zuryskim i Politechnice Związkowej rodzina jakoś się utrzymywała dzięki dodatkowym etatom Wolfkego w różnych firmach technologicznych [3]. Trwająca I wojna światowa nie ułatwiała tego zadania. Jeszcze przed jej końcem, w 1917 roku mały Karol zyskał siostrzyczkę – Janinę Lucynę.

Rok później podpisano traktat wersalski i Polska znów pojawiła się na mapie Europy.

Co się dzieje w sercu trzydziestopięcioletniego mężczyzny przebywającego na emigracji w momencie, gdy jego Ojczyzna, o której marzyli rodzice i dziadkowie nie doświadczając jej przez całe życie, odzyskuje niepodległość? Trudno sobie to wyobrazić, ale z pewnością jedną z pierwszych pojawiających się myśli jest: wracać. Mieczysław niestety nie dysponował tuż po wojnie wystarczającymi funduszami, aby przenieść się z całą rodziną do kraju. Jednak uzyskawszy semestralny urlop na obu uczelniach w 1919 roku przyjechał do Polski, aby odwiedzić chorego ojca w Częstochowie i zorientować się w możliwościach zamieszkania w Ojczyźnie. Udokumentowane jest złożone w tym czasie jego zgłoszenie do objęcia katedry fizyki na Politechnice Warszawskiej [15]. Niestety nie udało mu się otrzymać wiążących propozycji pracy w Polsce i w semestrze letnim 1920 roku powrócił do zajęć w Zurychu. Już rok później przyszedł list z Warszawy z nominacją na profesora fizyki teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego. Wolfke nie wniósł o przedłużenie procesu habilitacyjnego na Uniwersytecie w Zurychu i przeniósł się do malowniczej miejscowości Weesen nad jeziorem Walensee oddalonej o 60 km od miasta, oczekując tam rozpatrzenia wniosków o wsparcie finansowe kosztownej przeprowadzki i finalizując różne idee, które rodziły się w jego umyśle przez ostatnią dekadę [16].

W kwietniu 1920 roku ukończył pracę *O możliwości obrazowania optycznego siatek molekularnych*, która została opublikowana w języku niemieckim w czasopiśmie *Physikalische Zeitschrift* [17]. To ten artykuł ponad pół wieku później cytował Dennis Gabor odbierając nagrodę Nobla za wynalezienie i rozwój metody holograficznej, jako pracę opisującą metodę dwustopniowego obrazowania optycznego tożsamą z późniejszym o 19 lat odkryciem Bragga, z którego sam czerpał [18]. Dziś praca ta uważana jest za jedną z najważniejszych w historii holografii.

Rok później przyjęto do druku artykuł Wolfkego *Einsteinowskie kwanty światła i przestrzenna struktura promieniowania* [19], w którym podsumował i opisał dokładnie swój pomysł molekuł światła jako interpretacji rozkładu Plancka poprzez sumę termodynamicznie niezależnych promieniowań cząstkowych określonych rozkładem Wiena, o energiach będących kolejnymi wielokrotnościami energii podstawowej $h\nu$. Koncepcja ta, mimo że nie weszła do kanonu fizyki, pojawia się we wszystkich opracowaniach historycznych dotyczących okresu kształtowania się fizyki kwantowej. Była więc ważnym głosem w podejmowanej ówczesnie dyskusji nad interpretacją odkryć Plancka i postulatów Einsteina.

Po miesiącach oczekiwania kończyły się oszczędności, a dochód z dorywczej pracy w przemyśle wystarczał



Ryc. 4. Edgar Meyer

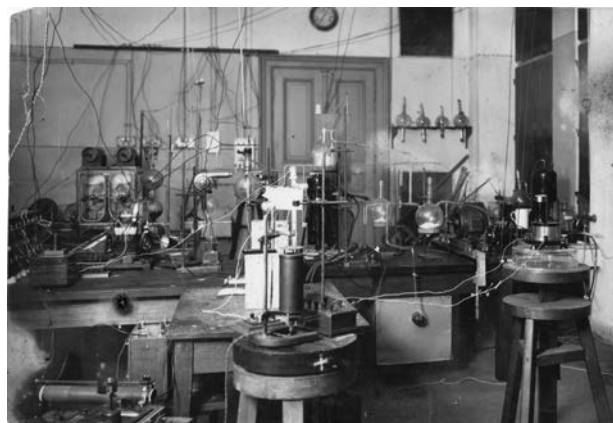


Ryc. 5. Erwin Schrödinger

tylko na codzienne potrzeby rodziny. W końcu okazało się, że fundusze z Warszawy nie nadejdą. W tej sytuacji Wolfke postanowił wrócić do prowadzenia zajęć na uczelniach w Zurychu. Wymagało to jednakże nowego procesu habilitacyjnego. Tym razem na recenzentów powołano Edgara Meyera i Erwina Schrödingera. Mimo pozytywnych opinii proces zakończył się dopiero wiosną 1922 roku [16]. Tymczasem w Warszawie ogłoszono konkurs na profesora fizyki Politechniki Warszawskiej. Poza zgłoszonym wcześniej Wolfkem pod uwagę brano także Stanisława Kalandyka, Jana Weysenhoffa, Czesława Reczyńskiego i Mariana Grotowskiego, który pełnił obowiązki profesora w okresie wakatu. Po pozytywnej opinii prof. Stefana Pieńkowskiego, 26 kwietnia 1922 roku Senat Politechniki Warszawskiej wnioskuje do Naczelnika Państwa, marszałka Józefa Piłsudskiego, o mianowanie na to stanowisko Mieczysława Wolfkego i przyznał 483 600 marek polskich dotacji na jego przejazd do Polski. Nominacja dokonała się 15 maja 1922

roku i od 1 września docent zuryjskich uczelni stał się profesorem fizyki doświadczalnej w Politechnice Warszawskiej i zamieszkał wraz z rodziną w Gmachu Fizyki i Elektrotechniki przy ul. Koszykowej 75 [15].

Wolfke przyjechał do Warszawy w trudnych czasach. W grudniu tego roku w galerii Zachęta został zamordowany pierwszy prezydent wolnej Rzeczypospolitej Gabriel Narutowicz, człowieka, którego Wolfke znał z Zurychu, gdyż był on dziekanem jednego z wydziałów Politechniki Związkowej ETH. Często rozmawiali o Polsce i budowie wolnej Ojczyzny [20]. W dodatku bez konsultacji z Wolfkem, laboratoria w Politechnice Warszawskiej zostały arbitralnie podzielone na dwa zakłady fizyczne, z których drugi objął prof. Stanisław Kalinowski. Bezużyteczne stały się pewne elementy aparatury optycznej, których działanie wymagało części będących w posiadaniu różnych zespołów. [21] Sprawilo to, że Mieczysław Wolfke porzucił zainteresowanie optyką i fizyką kwantową i zajął się tematyką elektryczności, a po stypendium w Lejdzie uzyskanym w 1924 roku – także niskich temperatur proponując metodę zestalenia helu [16] i odkrywając wraz z Willemem Keesomem dwie jego ciekłe postaci [22].



Ryc. 6. Laboratorium Mieczysława Wolfkego na Politechnice Warszawskiej



Ryc. 7. Instytut Niskich Temperatur na Politechnice Warszawskiej

Praca kierownika Zakładu Fizyki w Polsce postawiła jednakże przed Profesorem zupełnie nowe wyzwania.

Dotąd korzystał z bogato wyposażonych laboratoriów niemieckich czy szwajcarskich, gdzie każdy pomysł badawczy mógł być zrealizowany technicznie. Trudności finansowe w życiu codziennym nie przekładały się więc na możliwości naukowe. W Warszawie było już inaczej. Podjęcie badań wymagało nie tylko intuicji do wskazania odpowiedniego kierunku, pomysłu na wiarygodną weryfikację hipotez i wiedzy niezbędnej do wysnucia trafnych wniosków, ale nade wszystko umiejętności zdobycia funduszy na to, aby w ogóle ten proces rozpocząć. Dziesiątki wniosków do różnych instytucji rządowych i firm, często odrzucanych bez możliwości choćby zaprezentowania pomysłu badawczego oraz świadomość, że świat naukowy nie czeka na efekty tych zabiegów, lecz realizuje badania naukowe niejednokrotnie wyprzedzając naukowca w publikacji wyników były dla Wolfkego niezwykle frustrujące. Jak zapisał jego syn: *kto zaznał goryczy uczonego, który musi patrzeć, jak rewelacyjne wyniki doświadczeń, uzyskiwane przezeń w ubogim laboratorium, są przechwytywane przez innych, bogatszych (Holendrów, Francuzów, Amerykanów), torują im drogę do sukcesów końcowego eksperymentu, na który we właściwym czasie Ojczyźnie Jego zabrakło środków, ten zrozumie często słyszana przeze mnie skargę Ojca „Ach gdyby mi dali choć pół miliona...”* [23].

Trudności, jakich doświadczał Mieczysław Wolfke nie dotyczyły jednakże tylko finansowania badań. W okresie międzywojennym w Warszawie częstym zjawiskiem stały się inteligenckie kluby dyskusyjne, nierzadko przeradzające się następnie w wolnomularskie loże. Ich członkami było wielu ówczesnych naukowców, przedsiębiorców i polityków. W 1920 roku reaktywowano Wielką Lożę Narodową Polski sięgającą tradycją 1784 roku. Mieczysław Wolfke inicjację przeżył w 1926 roku, a już pięć lat później został wybrany Wielkim Mistrzem tej loży przyjmując imię Władysław Holender. W tradycyjnym orędziu w 1932 roku mówił, że: *polskie wolnomularstwo nie jest i nie będzie nigdy ani mafią polityczną, ani odskocznią dla karierowiczów, ani klubem towarzyskim dla snobów. Polski brat szuka w Zakonie (...) prawdy, wyraźnego skryształizowania swych zasad etycznych, przyjaźni nieobłudnej* [24].

Niestety wkrótce środowiska masonerii obok Żydów znalazły się na liście wrogów ojczyzny stworzonej i propagowanej z zaciekłością przez przybierające na znaczeniu po śmierci marszałka Józefa Piłsudskiego (1935) środowiska obozu narodowo-radykalnego. Doprowadzono do uchwalenia prawa o gettach ławkowych. W całym kraju szykanowano i atakowano osoby żydowskiego pochodzenia lub przyznające się do związków z masonerią. Wykłady Mieczysława Wolfkego zakłócono dwukrotnie: 18 listopada 1936 roku pojawili się na zajęciach bojówkarze z jajami, świecą dymną i propagandowymi ulotkami

[25], 29 października 1937 roku zaś profesor został obrzucony zgniłymi jajami [26]. Smutnym zwieńczeniem tych wydarzeń było złożenie 10 listopada 1937 roku przez jednego z najbliższych współpracowników Mieczysława Wolfkego – Józefa Mazura na ręce Rektora Politechniki Warszawskiej 110 zarzutów wobec Profesora jako przedstawiciela nauki, kierownika Zakładu, obywatela Państwa Polskiego, urzędnika Państwowego i człowieka. Postępowanie dyscyplinarne na prośbę oskarżonego zostało przeniesione do Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, ale na skutek wybuchu wojny nie zostało nigdy ukończony [15].

W tym samym czasie w prasie zaczęły pojawiać się paszkwile piętnujące narodowy projekt lotu stratosferycznego Gwiazda Polski, którego komitetem naukowym kierował Wolfke, sugerujące, że jest to autopromocja Profesora za pieniądze społeczne. Gwiazda Polski była projektem zainicjowanym przez sfery wojskowe i istotnie realizowanym za pieniądze ze zbiórki publicznej. Wolfke i komitet naukowy lotu odgrywali w jego organizacji ważną rolę. W czasie załogowego lotu na rekordową wysokość ponad 30 km w górę planowano wykonać szereg pomiarów i doświadczeń dotyczących, poznawanego wówczas dopiero promieniowania kosmicznego [27]. Projekt zakończył się fiaskiem z powodu zapłonu wodoru przy napełnianiu powłoki przed startem w Dolinie Chochołowskiej, jednak związki Wolfkego z wojskiem i gospodarką nie dotyczyły tylko tego projektu.

Już w 1932 roku na forum Zjazdu Fizyków Polskich w Warszawie wysunął on postulat utworzenia nowej, trzystopniowej ścieżki kształcenia i kompetencji pod nazwą fizyki technicznej. Najpierw student musiałby poznać metody pomiarowe i nauczyć się konstruować wzorce miar, następnie uczyłyby się udoskonalania produktów przemysłowych i metod produkcji. Dopiero w trzecim



Ryc. 8. Prezentacja planów technicznych polskiego balonu stratosferycznego. Na zdjęciu m.in.: mjr Stanisław Mazurek (przy tablicy), wiceminister komunikacji Aleksander Bobkowski (w okularach), po jego prawej stronie prezydent RP Ignacy Mościcki, a obok prezes Rady Naukowej Lotu Mieczysław Wolfke (bokiem)



Ryc. 9. Napelnianie wodorem powłoki balonu Gwiazda Polski w Dolinie Chochołowskiej – moment wybuchu (październik 1938)

stopniu nabywałyby możliwość prowadzenia badań nad nowymi technologiami i rozwiązaniami. Schemat ten po każdym etapie dostarczać miał kompetentnych pracowników dla przemysłu i wojska, stymulując w ten sposób postęp cywilizacyjny Polski [28]. W celu wdrożenia tej koncepcji już w 1928 roku rozpoczęto z inspiracji Wolfkego prace nad telefonią świetlną w Instytucie Badań Inżynierii, a niedługo potem Wolfke założył pracownię komunikacji optycznej w Zakładzie Fizycznym Politechniki Warszawskiej. W laboratoriach tych pracowano nad technikami noktowizji, termowizji i szyfrowanych sygnałów przekazywanych za pomocą światła. W 1933 roku Minister Spraw Wojskowych powołał Tymczasowy Komitet Doradczo-Naukowy, którego jednym z członków został Mieczysław Wolfke. W ramach prac tego gremium oceniał możliwości realizacji w technice obronnej różnych idei pojawiających się na świecie, a także rozpracowywał program raketowy III Rzeszy [29].



Ryc. 10. Mieczysław Wolfke (ok. 1935)

W 1939 roku czołowe czasopisma naukowe na świecie zaczęły donosić o odkryciu możliwości rozszczepienia

atomu, co miało wiązać się z uwolnieniem ogromnych ilości energii. Wolfke w maju tego roku na łamach gazety *Polska zbrojna* w artykule *Eksplzja atomu* przedstawił szczegółowy opis niebezpieczeństwa tego odkrycia, szczególnie w przypadku wykorzystania do budowy nowego typu bomby [30].

Lata wojny Wolfke spędził w Warszawie starając się organizować naukę podziemną pod przykrywką Państwowej Wyższej Szkoły Technicznej utworzonej przez okupanta. Jego synowie, Karol i urodzony w 1926 roku Stefan, walczyli za ojczyznę: pierwszy broniąc Modlina w 1939 roku, drugi w szeregach Armii Krajowej podczas powstania warszawskiego. Córka Janina Lucyna, która zmarła w 1943 roku, tuż przed wojną wyszła za mąż za Stefana Rassalskiego, który w czasie wojny pełnił rolę fotografa dokumentującego ogrom zniszczeń i codzienność okupowanej Warszawy. Profesor sam także aktywnie wspierał ruch oporu udostępniając piwnice Gmachu Fizyki i Elektrotechniki. Znał dobrze język niemiecki i wielu naukowców zza zachodniej granicy Polski, stąd często był w stanie porozumieć się z najeźdźcami [8]. Nie uchroniło go to jednak przed spędzeniem tygodnia na warszawskim Pawiaku. Uwięziony został wraz z synem Karolem, który relacjonował: *[ojciec] stał się obojętny, pogardliwie wyobcowany tak wobec wroga, jak i śmierci, która Mu w każdej chwili zagrażała* [23]. Konfiskata całego mienia Zakładu Fizycznego PW jak i prywatnych rzeczy Profesora, zburzona Warszawa, w której żył i pracował i w końcu urzeczywistnienie czarnych scenariuszy na temat bomby atomowej wyzwoliły w filozoficznej duszy przedwojennego wolnomularza pierwiastek humanizmu. Jak pisał po wojnie w artykule o wiele znaczącym tytule *Niebezpieczeństwo wiedzy: Ludzkość, zajęta badaniem i wyzyskaniem sił przyrody, zapomniała o samym człowieku i o kształtowaniu jego charakteru. W ten sposób została naruszona harmonia pomiędzy technicznymi możliwościami człowieka, a przygotowaniem jego charakteru do użytkowania zdobytych mocy dla dobra, a nie dla niszczenia wartości kulturalnych* [31].

Po wojnie nic już nie było takie samo, a zapął z lat 1918-1922, który czuli ówcześni pionierzy polskiej, niepodległej nauki uleciał wraz z wiekiem i zmęczeniem wojną. Wolfke pracował przy tworzeniu Politechniki Śląskiej i Politechniki Gdańskiej, kontynuując równoległe kierowanie Zakładem Fizycznym na Politechnice Warszawskiej [8]. W 1946 roku uzyskał zgodę, aby wyjechać za granicę, w celu odnowienia kontaktów, zdobycia aktualnej wiedzy i materiałów naukowo-dydaktycznych. Podobnie jak większość czołowych fizyków chciał znaleźć się w Stanach Zjednoczonych, niestety nie otrzymał wizy i musiał wystarczyć wyjazd do Zurychu – miejsca bliskiego jego sercu i z pewnością kojarzącego mu się z latami najbardziej twórczej pracy. Tam zmarł nagle na

serce 4 maja 1947 roku [16].

Mieczysław Wolfke z pewnością był naukowcem obdarzonym niezwykłą wprost intuicją badawczą. Świadczy o tym wiele pomysłów i wynalazków, które tworzył od dzieciństwa, a które zdecydowanie wyprzedzały epokę w której żył. W dodatku miał głębokie przekonanie, że nauka musi czemuś służyć – krajowi, cywilizacji, rozwojowi osobistemu. Nie tylko badał, ale także starał się utrzymywać bliskie relacje z przemysłem i gospodarką, aby wdrażać efekty swoich badań. Dziś jego postawę nawalibyśmy etosem innowacyjnego naukowca.

Literatura

- [1] Szuszurin Sergiej F., „Przyczynek do historii holografii” *Postępy Fizyki* 23 (3), 229-233 (1972).
- [2] Suffczyński Maciej, „Mieczysław Wolfke (w 25 rocznicę śmierci)” *Postępy Fizyki* 23 (6), 599-603 (1972).
- [3] Wolfke Karol, „Wspomnienia o Ojcu, Mieczysławie Wolfke” *Postępy Fizyki* 31 (6), 551-557 (1980).
- [4] Suffczyński Maciej, „Stulecie urodzin Mieczysława Wolfkego” *Postępy Fizyki* 34 (4), 333-335 (1983).
- [5] Torge Reimund, „Otto Lummer, Fritz Reiche i Mieczysław Wolfke: szkice biograficzne” *Postępy Fizyki* 53(4), 201-210 (2002).
- [6] Kiejna Adam, „Mieczysław Wolfke - życie i działalność naukowa” *Postępy Fizyki* 54 (3), 113-122 (2003).
- [7] Szpecht Józef, *Wśród fizyków polskich* Państwowe Wydawnictwo Książek Szkolnych we Lwowie, Lwów 1939.
- [8] Petelczyc Krzysztof, Kędzińska Ewelina, *Mieczysław Wolfke Gdyby mi dali choć pół miliona... Biografia* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018.
- [9] Wolfke Mieczysław, *Прибора для электрической передачи изображений безъ посредства проводъ* Patent nr 4498, Rosja (1898).
- [10] „Wynalazek” *Rozwój* 60, 4 (1900).
- [11] „Kronika bieżąca” *Kurjer Sosnowiecki* 26, 4 (1902).
- [12] Kłós Anita, *Apologia kobiecego ducha. Sibilla Alemano i jej związki z polską kulturą literacką pierwszej połowy XX wieku* Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie Skłodowskiej, Lublin 2018.
- [13] „Nowiny” *Goniec Częstochowski* 188, 2 (1907).
- [14] Wolfke Mieczysław, „O powstawaniu obrazów optycznych w mikroskopie” *Prace matematyczno-fizyczne* 25, 27-53 (1914)
- [15] Akta osobowe - Wolfke Mieczysław, Archiwum Akt Nowych, Warszawa, sygn. AAN 2/14/0/6/6638.
- [16] Wolfke Mieczysław, *Materiały Mieczysława Wolfkego (1883-1947)* Archiwum PAN, Warszawa sygn. III-71.
- [17] Wolfke Mieczysław, „Über die Möglichkeit der optischen Abbildung von Molekulargittern” *Physikalische Zeitschrift* 21, 495-497 (1920).
- [18] Lundqvist Stig, *Nobel lectures in Physics 1971-1980* World Scientific, Singapore 1992.
- [19] Wolfke Mieczysław, „Einsteinsche Lichtquanten und räumliche Struktur der Strahlung” *Physikalische Zeitschrift* 22, 375-379 (1921).
- [20] „Prawda o Narutowiczu,„ *Goniec Częstochowski* 295, 2 (1922).
- [21] Łaniecki Witold, „Mieczysław Wolfke (1883-1947)” *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* 21 (3), 545-553 (1976).
- [22] Keesom Willem H., Wolfke Mieczysław „Dwie różne modyfikacje ciekłego helu” *Sprawozdania z posiedzeń Towarzystwa Naukowego Warszawskiego* 20 (1), 11-15 (1927).
- [23] Wolfke Karol, „Gdy myślę ojciec...” *Świat* 9 (50), 16-17 (1959).
- [24] Chajm Leon, *Polskie wolnomularstwo 1920-1938* AKME, Warszawa 2005.
- [25] „Gorszące zajście na Politechnice Warszawskiej. Studenci obrzucają profesora jajami” *Dziennik Polski* 322, 2 (1936)
- [26] „Zdarzenia-wypadki” *Echo* 303 (1937).
- [27] Mazurek Stanisław, *Balonem do stratosfery. Zarząd główny LOPP*, Warszawa 1936.
- [28] Wolfke Mieczysław, „Fizyka a technika” *Nauka Polska* 17, 149-155 (1932).
- [29] Sekretariat Komitetu Obrony Rzeczypospolitej, Centralne Archiwum Wojskowe, Warszawa. sygn. I.303.13/137.
- [30] Wolfke Mieczysław, „Eksplozja atomów” *Polska Zbrojna* 144, 5 (1939).
- [31] Wolfke Mieczysław, „Niebezpieczeństwo wiedzy” *Nowa Epoka* 4, 6 (1945).

Artykuł zawiera ważną koncepcję dwuetapowego procesu obrazowania, zgodnie z którą z pola dyfrakcyjnego przedmiotu można odtworzyć jego dokładny obraz. Jest to podstawowa zasada holografii, opisana wyczerpująco przez Dennisa Gabora 27 lat później i uhonorowana Nagrodą Nobla w roku 1971. Mieczysław Wolfke w swoim artykule położył nacisk na uzyskanie obrazów obiektów płaskich z bardzo dużym powiększeniem, umożliwiającym wizualizację drobnych struktur krystalicznych. W rzeczywistości informacja jedynie o natężeniu pola dyfrakcyjnego obiektu nie pozwala na dokładne odtworzenie jego obrazu. Dodatkowa informacja o fazie fali świetlnej jest realizowana w praktyce przez interferencję z wiązką odniesienia. Podana koncepcja dwuetapowego tworzenia obrazu była jednak w swoim czasie na tyle nowatorska, że Mieczysława Wolfkego można uważać za prekursora holografii. Doskonale zdawał sobie sprawę z tego Dennis Gabor, który wymienił Polaka w swoim referacie noblowskim jako uczonogo, którego prace były bliskie ogólnej zasadzie holografii.

prof. dr hab. inż. Andrzej Kołodziejczyk

O możliwości optycznego obrazowania sieci molekularnych¹

Mieczysław Wolfke

Celem pracy jest dokładniejsze zbadanie możliwości optycznego obrazowania struktur molekularnych.

Bezpośrednie obrazowanie struktury molekularnej za pomocą jakiegokolwiek rodzaju promieniowania nie jest możliwe, ponieważ długość fali niezbędna do obrazowania musi być tak mała, że spowoduje rozmycie obrazu cząsteczek. Na przykład sieć krystaliczna nie pojawi się jako kontinuum, lecz każda cząsteczka utworzy swój obraz dyfrakcyjny. Można więc zapisać jedynie pole dyfrakcyjne, tzw. obraz pierwotny lub pośredni. Przy wystarczająco małej długości fali wykluczone jest jednak uformowanie z niego właściwego obrazu, tj. wtórnego obrazu interferencyjnego, ponieważ soczewki i zwierciadła przestają być ciągłe dla tak krótkich fal i załamanie lub odbicie nie występują w swoim normalnym sensie.

Można jednak wyobrazić sobie rozdzielenie procesu obrazowania, który teoretycznie zawsze składa się z dwóch etapów: utworzenie obrazu wtórnego za pomocą światła widzialnego poprzez umieszczenie w optycznym układzie obrazującym pierwotnego pola dyfrakcyjnego zapisanego fotograficznie za pomocą promieni rentgenowskich. Ta metoda nie we wszystkich wypadkach doprowadzi jednak do wiernego obrazu, ponieważ fotografia pola dyfrakcyjnego zawiera tylko rozkład natężenia, tzn. amplitudę bez rozkładu fazy, która również gra znaczącą rolę w tworzeniu obrazów.

Dokładniejsze badania tego zagadnienia doprowadziły mnie do nowego twierdzenia teorii obrazowania, które umożliwia realizację obrazu optycznego sieci molekularnych. To twierdzenie brzmi następująco:

W monochromatycznym, równoległym, prostopadłym oświetleniu, obraz dyfrakcyjny obrazu dyfrakcyjnego przedmiotu symetrycznego bez struktury fazowej będzie identyczny z obrazem tego obiektu.

Chcąc udowodnić to twierdzenie, trzeba wyjść od ogólnego równania teorii odwzorowania optycznego.²

W przypadku punktowego źródła światła, natężeniowy obraz dyfrakcyjny (obraz pośredni) jest dany wyrażeniem³:

$$I_1 = \text{const.} \left\{ \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \cdot \sqrt{\cos(\varepsilon - u_0)} \cdot \cos 2\pi \left[\psi(X, Y) - \frac{pX - qY}{l\lambda'} - \frac{n}{n'} \cdot \frac{\xi X + \eta Y}{\lambda'} \right] \right\}^2 + \text{const.} \left\{ \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \cdot \sqrt{\cos(\varepsilon - u_0)} \cdot \sin 2\pi \left[\psi(X, Y) - \frac{pX - qY}{l\lambda'} - \frac{n}{n'} \cdot \frac{\xi X + \eta Y}{\lambda'} \right] \right\}^2, \quad (1)$$

gdzie całkowanie rozciąga się po całej powierzchni przedmiotu. W tym wyrażeniu: X, Y są współrzędnymi

1. Mieczysław Wolfke, „Über die Möglichkeit der optischen Abbildung von Molekulargittern” *Physikalische Zeitschrift* 21, 495-497 (1920) - za-prezentowano na zebraniu Szwajcarskiego Towarzystwa Fizycznego w Zurychu 24.04.1920.

2. M. Wolfke, *Annalen der Physik* 39 (4), 569 (1912); rozprawa habilitacyjna, Zurych 1914.

3. Tamże równanie (IIIa), s. 588.

w płaszczyźnie przedmiotu, ξ, η – współrzędnymi kątowymi obrazu dyfrakcyjnego, p, q – współrzędnymi źródła światła, l – odległością źródła światła od płaszczyzny przedmiotu, λ' – długością fali użytą do utworzenia obrazu dyfrakcyjnego, n, n' – współczynnikami załamania odpowiednio po stronie przedmiotowej i obrazowej, $\varphi(X, Y)$ – współczynnikiem przezroczystości, $\psi(X, Y)$ – przesunięciem fazowym w przedmiocie, $\sqrt{\cos(\varepsilon - u_0)}$ – współczynnikiem osłabienia zgodnie z prawem Lamberta.

Dla równoległej wiązki światła prostopadłej do płaszczyzny przedmiotu $l = \infty$ i $p = q = 0$. Jeśli obrazowanie odbywa się w powietrzu przy małych kątach apertury, zachodzi:

$$n = n' = 1 \quad \text{i} \quad \sqrt{\cos(\varepsilon - u_0)} = 1.$$

Dodatkowo, w przypadku przedmiotu bez założonej struktury fazowej $\psi(X, Y) = \text{const.} = 1$, można wyrażenie (1) uprościć do:

$$I_1 = \text{const.} \left\{ \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \cdot \cos \frac{2\pi(\xi X + \eta Y)}{\lambda'} \right\}^2 + \text{const.} \left\{ \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \cdot \sin \frac{2\pi(\xi X + \eta Y)}{\lambda'} \right\}^2. \quad (2)$$

Jeżeli przedmiot jest symetryczny względem osi X i Y , wówczas współczynnik przezroczystości $\varphi(X, Y)$ jest funkcją symetryczną i druga całka w powyższym wyrażeniu (2) zeruje się:

$$\iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \cdot \sin \frac{2\pi(\xi X + \eta Y)}{\lambda'} = 0. \quad (3)$$

Wyrażenie (2) zostaje wówczas zredukowane do:

$$I_1 = \text{const.} \left\{ \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \cdot \cos \frac{2\pi(\xi X + \eta Y)}{\lambda'} \right\}^2. \quad (4)$$

Wyrażenie (4) daje rozkład natężenia w polu dyfrakcyjnym przedmiotu i jednocześnie rozkład zaciemnienia fotografii obrazu dyfrakcyjnego.

Teraz chcemy obliczyć wzór dyfrakcyjny sfotografowanego obrazu dyfrakcyjnego (4) poprzez umieszczenie go w przedmiotowej płaszczyźnie ogniskowej układu optycznego. Współczynnik przezroczystości tej fotografii jest dany przez pierwiastek $\sqrt{I_1}$ z natężenia I_1 . Odpowiednio rozkład światła S_2 w obrazie dyfrakcyjnym obrazu dyfrakcyjnego (4) w przypadku monochromatycznego, równoległego i prostopadłego oświetlenia jest

określony wyrażeniem⁴:

$$S_2 = \text{const.} \iint_{\text{wzór dyfr.}} d\xi d\eta \cdot \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \cdot \cos \frac{2\pi(\xi X + \eta Y)}{\lambda'} \cdot \sin 2\pi \left[\frac{t}{T} - \Psi(\xi, \eta) - \frac{x\xi - y\eta}{\lambda} \right], \quad (5)$$

gdzie pierwsza całka rozciąga się po całym polu dyfrakcyjnym. W równaniu tym: t oznacza czas, T – okres oscylacji nowego światła, $\Psi(\xi, \eta)$ – ewentualne przesunięcie fazowe płytki fotograficznej, x, y – współrzędne nowego obrazu dyfrakcyjnego, λ – nową długość fali. Zakładamy, że płytka fotograficzna nie wprowadza żadnej struktury fazowej, więc możemy przyjąć $\Psi(\xi, \eta) = \text{const.} = 1$. Ponieważ całka (3) wynosi dokładnie 0, to następująca całka także się zeruje:

$$\iint_{\text{wzór dyfr.}} d\xi d\eta \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \cdot \sin \frac{2\pi(\xi X + \eta Y)}{\lambda'} \cdot \cos 2\pi \left[\frac{t}{T} - \Psi(\xi, \eta) - \frac{x\xi - y\eta}{\lambda} \right]. \quad (6)$$

Odejmując całkę (6) od wyrażenia (5) otrzymamy po krótkich przekształceniach:

$$S_2 = \text{const.} \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \iint_{\text{wzór dyfr.}} d\xi d\eta \sin 2\pi \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{\xi(x - X \frac{\lambda}{\lambda'})}{\lambda} - \frac{\eta(y - Y \frac{\lambda}{\lambda'})}{\lambda} \right]. \quad (7)$$

Porównując wyrażenie (7) na obraz dyfrakcyjny obrazu dyfrakcyjnego (4) z wyrażeniem na rozkład światła w obrazie przedmiotu nieświecącego, oświetlonego monochromatyczną, równoległą, prostopadłą wiązką⁵:

$$S_2 = \text{const.} \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X, Y) \cdot \iint_{\text{wzór dyfr.}} d\xi d\eta \sin 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{\xi(x - X)}{\lambda} - \frac{\eta(y - Y)}{\lambda} \right], \quad (8)$$

łatwo można zauważyć, że są one formalnie identyczne.

To dowodzi nowego twierdzenia.

Powyższe twierdzenie zostało sprawdzone za pomocą różnych siatek optycznych i równoległej wiązki żółtego światła linii sodu i w każdym przypadku zostało potwierdzone. Do uzyskania ostrego obrazu w tych eksperymentach niezbędne było użycie bardzo silnych wiązek światła i bardzo małych otworów kolimacyjnych.

4. Tamże równanie (10) s. 591.

5. Tamże równanie na S_n , s. 593.

Porównując wyrażenia (7) i (8) można zauważyć, że współrzędne przedmiotu są powiększone w stosunku λ/λ' , więc w samej tej metodzie możliwe jest, poprzez przejście z jednej długości fali (λ') do innej (λ), powiększenie obrazu w stosunku odpowiadającym stosunkowi użytych długości fal. Na przykład, jeżeli do stworzenia pierwotnego pola dyfrakcyjnego użyjemy promieni rentgenowskich, zaś obraz zostanie utworzony za pomocą światła widzialnego, pojawi się on powiększony około 10 000 razy. Jeżeli użyjemy dodatkowo odpowiedniego układu optycznego, łatwo możemy uzyskać łączne powiększenie 1 000 000 do 10 000 000 razy. Takie powiększenie całkowicie wystarczy do uwidocznienia struktury molekularnej w celu uzyskania obrazów optycznych sieci krystalicznych. Niezbędne jest jednak wykonanie obrazów rentgenowskich, w których będzie interferowało je-

dynie promieniowanie odbite od jednej płaszczyzny krystalicznej. Sugestia realizacji tego zadania została przedstawiona przez Hupkę⁶ w jego badaniach odbicia promieni rentgenowskich.

Metoda obrazowania opisana w tej pracy umożliwia przesunięcie istniejących teoretycznie granic obrazowania optycznego i daje fundamentalną możliwość uczynienia struktury krystalicznej widoczną dla naszych oczu.

Zurych, Kwiecień 1920

(otrzymano 21 maja 1920)

przekład Krzysztof Petelczyc

6. E. Hupka, *Verhandlungen der Deutsche Physikalische Gesellschaft* 15, 369 (1913).

Współczesna holografia na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej

Michał Makowski*

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej

Abstrakt. Opisano współczesne dokonania Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej w dziedzinie holografii klasycznej, cyfrowej i komputerowej, w odniesieniu do pojęcia dwuetapowego obrazowania zaproponowanego po raz pierwszy przez prof. Mieczysława Wolfkego. W szczególności omówiono osiągnięcia w metrologii i wyświetlaniu obrazów z wykorzystaniem fazowych modulatorów ciekłokrystalicznych, jak i nowatorskich materiałów optomagnetycznych.

Słowa kluczowe: holografia, obrazowanie, optyka falowa

Abstract. The article discusses the contemporary achievements of the Faculty of Physics of the Warsaw University of Technology in the field of classical, digital and computer holography in relation to the concept of two-stage imaging proposed for the first time by prof. Mieczysław Wolfke. In particular, the achievements in metrology and image display with the use of phase-only liquid crystal modulators and innovative opto-magnetic materials are discussed.

Keywords: holography, imaging, wave optics

Wstęp

Holografia – ta niezwykle technika obrazowania często wymyka się próbom poprawnego jej zdefiniowania. Wiele popularnych definicji jest nie do końca trafnych, gdyż odnoszą się one do wybranych, szczególnych jej cech lub przypadków. Większość ludzi określiłaby hologram jako zdjęcie trójwymiarowe, podczas gdy po pierwsze istnieje wiele innych technik autostereoskopowych oferujących efekt przestrzenności, a po drugie istnieją hologramy obiektów płaskich, stosowane do specjalistycznych celów, np. do skupiania wiązek laserowych na preparatach biologicznych w celu tzw. pułapkowania optycznego. Obecnie degradacja pojęcia hologramu doszła już do tego poziomu, że mianem tym określa się mylnie każdy obraz „zawieszony w powietrzu”, co oczywiście zrealizować można właściwie dowolną klasyczną techniką obrazującą, pod warunkiem sprytnego ukrycia ramek ekranu przed wzrokiem użytkownika. Na przykład w aktualnie dostępnych goglach rozszerzonej rzeczywistości (ang. *augmented reality*, AR) płaskie obrazy urojone prezentowane są przez półprzezroczysty kombiner (ang. *combiner*) optyczny o tak dużych rozmiarach kątowych, że oko nie dostrzega jego granic powodując wspomnianą iluzję.

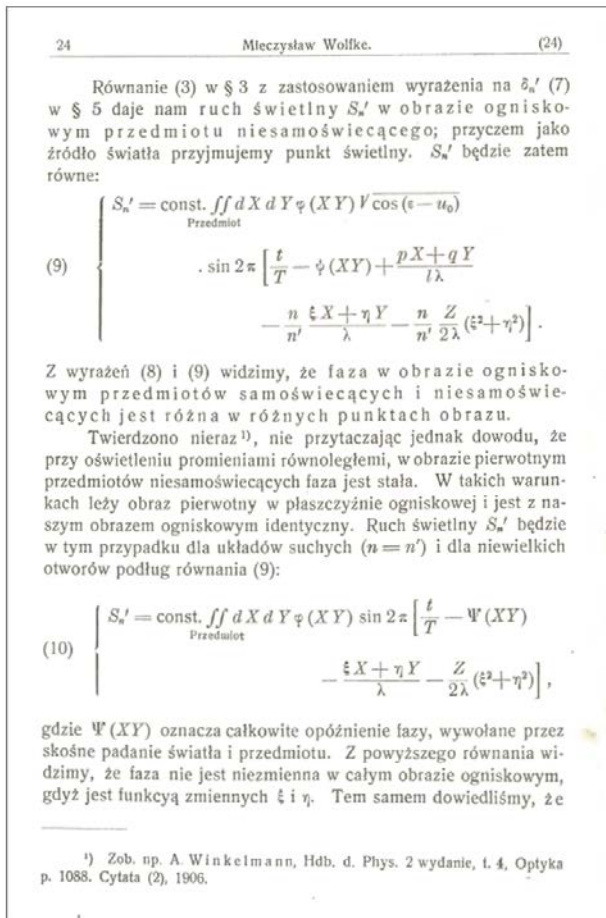
Tymczasem najprościej główną różnicę pomiędzy klasycznym obrazowaniem a hologafią można wyłuskać skupiając się na dwóch etapach tworzenia się obrazu. W klasycznym obrazowaniu światło odbite, roz-

proszone lub ugięte (w ogólności zmodyfikowane) przez przedmiot trafia do pierwszego układu optycznego (np. pojedynczej soczewki), którego zadaniem jest stworzyć pośrednie pole dyfrakcyjne. Jednak światło nie zatrzymuje się tu, ale propaguje natychmiast dalej, do drugiego układu optycznego, który przetwarza pole pośrednie na obraz końcowy, powstający na płaszczyźnie detektora (którym może być siatkówka oka obserwatora). Przy tym należy pamiętać, że wszelkie świadomie projektowane różnice w funkcjach optycznych pierwszego i drugiego z wyżej wspomnianych układów optycznych determinują funkcjonalność całego procesu obrazowania, np. jego powiększenie, rozdzielczość, jakość, zmiany geometrii obrazu, wielkość źrenicy wyjściowej, aberracje itp. Natomiast kluczową cechą jest to, że pośrednie pole dyfrakcyjne nie ma tu utrwalonej formy fizycznej, ale jest pewnym tworem ulotnym.

Zupełnie inaczej pod tym względem wygląda holografia, w której wspomniane dwa układy optyczne są od siebie rozdzielone w czasie lub/i przestrzeni. Trójwymiarowe, zespolone pole pośrednie jest trwale zapisywane w ośrodku materialnym (co nazywamy zapisem holograficznym), po czym, w ogólności w innym miejscu i czasie, jest wykorzystywane do utworzenia obrazu końcowego (co nazywamy odtworzeniem lub rekonstrukcją obrazu z hologramu). Taki dwuetapowy proces obrazowania zaproponował jako pierwszy Mieczysław Wolfke w swojej pracy *O możliwości optycznego obrazowania sieci molekularnych* z 1920 roku [4]. Jak słusznie zauważył,

*ORCID: 0000-0001-7139-0374

przeprowadzenie obrazowania sieci krystalicznej w jednym etapie i z użyciem jednej długości fali światła jest niemożliwe ze względu na konieczność stosowania niezwykle krótkich fal rentgenowskich, które nie podlegają kształtowaniu przy użyciu np. soczewek i zwierciadeł. Był jednak świadom możliwości, jakie daje teoria obrazowania Abbego [1], którą uprzednio w swojej pracy habilitacyjnej [2] uzupełnił o istotny przypadek obrazów w układach rozogniskowanych, przy oświetleniu równoległym.



Ryc. 1. Zdjęcie strony rozprawy habilitacyjnej Mieczysława Wolfkego, w tłumaczeniu autorskim. Równanie (10) zawiera istotny dodatek fazowy, zależny od odległości obrazowania Z [3]

Mając to na uwadze zaproponował podzielenie aktu obrazowania na dwa etapy: etap pierwszy polegał na zapisie pola dyfrakcyjnego pośredniego na kliszy fotograficznej, w drugim etapie ta wywołana i utrwalona fotografia stanowiła przezroczce, na którym zachodziła dyfrakcja światła odtwarzającego, powodując tym samym formowanie się końcowego obrazu. *Nota bene*, wykorzystanie dyfrakcji światła w drugim etapie jest również cechą charakterystyczną holografii. Jak wykazał Wolfke, tak prosta fotograficzna metoda zapisu pośredniego pola dyfrakcyjnego, ograniczona do jego natężenia, miała sens tylko dla najprostszyc przedmiotów czysto amplitudowych (czyli pozbawionych zmian fazy) i posiadających

symetrię obrotową względem osi optycznej [4]. Z drugiej strony już tak proste podejście pozwalało na wykorzystanie dwóch różnych długości fali światła w procesie zapisu i rekonstrukcji, pozwalając na uzyskanie olbrzymich powiększeń obrazowania. Pomimo bardzo prymitywnych źródeł światła kwazimonochromatycznego w owym czasie (żółta linia lampy sodowej), udało się również doświadczalnie potwierdzić działanie tego dwuetapowego procesu.

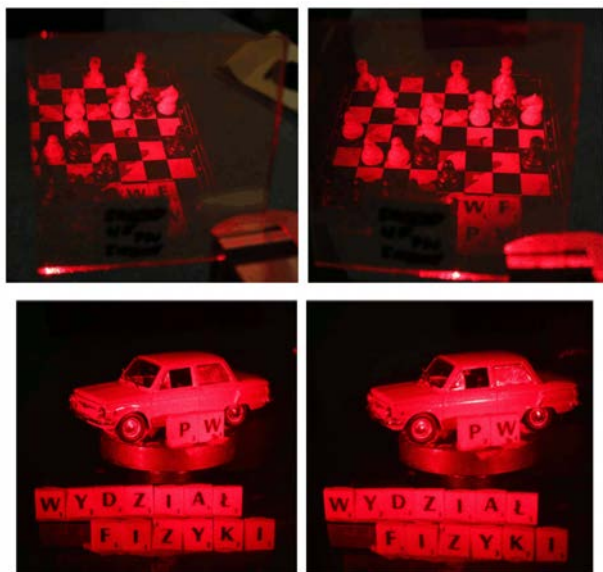
$$S_2 = \text{const} \iint_{\text{przedm.}} dXdY \varphi(X,Y) \iint_{\text{wzór dyf.}} d\xi d\eta \sin 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{\xi \left(x - X \frac{\lambda}{\lambda'} \right)}{\lambda} - \frac{\eta \left(y - Y \frac{\lambda}{\lambda'} \right)}{\lambda} \right]$$

Ryc. 2. Wzór (7) z pracy Mieczysława Wolfkego na amplitudę zespoloną obrazu końcowego, tworzonoego przez wzór dyfrakcyjny zapisany uprzednio w formie przezroczca; zwraca uwagę możliwość użycia w dwóch etapach różnych długości fali (λ, λ') celem uzyskania dowolnego powiększenia tak pojętego obrazowania [4]

Metodę dwuetapowego obrazowania znacznie udoskonalił i nazwał *hologafią* Denis Gabor, który miał dostęp do wiedzy o eksperymentach W. L. Bragga [6], analogicznych do eksperymentów Wolfkego, oraz do prac Fritsa Zernikego, który zastosował spójną falę odniesienia jako pewną referencję do opisu aberracji fazy powodowanych przez niedoskonałe soczewki. Dopiero połączenie tych dwóch komponentów umożliwiło zapis w obrazie pośrednim całej (czyli amplitudowo-fazowej) informacji o świetle, w wyniku interferencji wiązki przedmiotowej i odniesienia [7]. To zapoczątkowało rozkwit holografii, poprzedzony jednakże jedenastoletnią „hibernacją” w oczekiwaniu na odkrycie lasera przez T. Maimana w 1960 roku.

Holografia klasyczna

Przeprowadzenie procesu zapisu hologramu metodą czysto optyczną wymaga spełnienia szeregu wymogów typowych dla pomiarów interferencyjnych. Zapis amplitudowo-fazowy wykorzystuje interferencję dwóch spójnych wiązek laserowych, których zaburzenie podczas ekspozycji nawet o ułamek długości fali powoduje tak znaczące przesunięcia prążków interferencyjnych, że kontrast naświetlenia znacząco spada. Z tego powodu zapis musi odbywać się w bardzo stabilnych warunkach, co oczywiście eliminuje wszelkie ruchome przedmioty. Wielkość kątową holografowanej sceny ogranicza skończona rozdzielczość przestrzenna emulsji światłoczułej, pozostająca zresztą w konflikcie z czułością tejże. Rozciągłość fizyczną holografowanych scen ogranicza również skończona droga spójności światła użytego lasera. Jednakże po przezwycięzeniu powyższych przeszkód, poprawnie naświetlony i odtworzony hologram analogowy (klasyczny) cieszy oczy niezwykle realistycznym i w pełni przestrzennym obrazem urojonym oryginalnego przedmiotu.



Ryc. 3. Obrazy urojone z pełną paralaksą dwukierunkową odtworzone pod różnymi kątami z hologramów wykonanych na Wydziale Fizyki PW w układzie typu Leitha-Upatnieksa (fot. J. Suszek)

W wielu grupach badawczych w świecie [8, 9], w tym także na Wydziale Fizyki PW udoskonala się proces zapisu analogowych hologramów, np. w kierunku uzyskania możliwie dobrego obrazu barwnego.

Holografia klasyczna, ze względu na swoje niewątpliwe zalety wizualne, ma dużo zastosowań w widowis-



Ryc. 4. Przykładowe hologramy odtwarzające obraz barwny autorstwa studentów Wydziału Fizyki PW; hologramy zostały naświetlone trzema wiązkami laserowymi o barwach składowych: czerwonej, zielonej i niebieskiej (fot. M. Makowski)

kowej prezentacji np. trójwymiarowych eksponatów muzealnych, treści reklamowych itp. Z drugiej strony bardzo dużym utrudnieniem na drodze do praktycznego jej zastosowania jest konieczność fizycznego dostarczenia holografowanego przedmiotu na stabilizowany stół optyczny oraz oświetlenia go równomierną wiązką laserową. O ile wymóg ten jest możliwy do spełnienia w przypadku małych obiektów, o tyle holografowanie np. samochodu do celów reklamy wielkopowierzchniowej jest teoretycznie możliwe, ale wyjątkowo niepraktyczne. Z tego powodu stosuje się metody hybrydowe, w których zapis holograficzny jest dokonywany nie na całej powierzchni hologramu, ale po kolei w obszarach rzędu $1 \times 1 \text{ mm}^2$, przy czym w każdym akcie takiego

naświetlenia wiązka przedmiotowa jest modulowana przez matrycę ciekłokrystaliczną tak, by zakodować w danym obszarze niewielki fragment przedmiotu w pamięci komputera i możliwy do późniejszego odtworzenia z paralaksą poziomą. W emulsji światłoczułej następuje zapis lokalnych, bardzo gęstych siatek dyfrakcyjnych – badania nad tym efektem w azopolimerach są obecnie realizowane również na WF PW [10]. Dzięki takiemu zapisowi możliwe jest odwzorowanie dowolnych, w tym nieistniejących fizycznie przedmiotów oraz dodanie efektu animacji widocznej w miarę jak obserwator przemieszcza się wzdłuż hologramu w kierunku poziomym.



Ryc. 5. Animowany, barwny hologram pokazowy upamiętniający prof. Mieczysława Wolfkego, zaprojektowany i zainstalowany na Wydziale Fizyki PW (projekt, fot. M. Makowski)

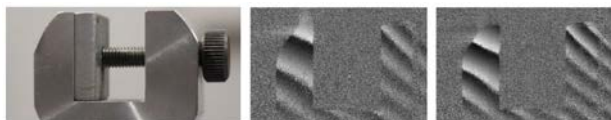
Holografia cyfrowa

Wraz z nastaniem ery cyfrowej szybko okazało się, że dwa etapy obrazowania holograficznego można rozdzielić i stosować osobno. Mówiąc wprost, pierwszy etap obrazowania holograficznego polegający na fizycznym zapisie prążków interferencyjnych można wykorzystać do celów pomiarowych, o ile emulsję światłoczułą zastąpi się matrycą elektronicznych detektorów typu CMOS lub CCD. Zajmuje się tym dziedzina nazywana holografia cyfrową (ang. *digital holography*). Z kolei eliminując całkowicie pierwszy etap obrazowania holograficznego i zastępując fizyczną rejestrację hologramu symulacją numeryczną, wchodzimy w zakres badań dziedziny zwanej holografia komputerową lub syntetyczną (ang. *computer-generated holography*, CGH). Dzięki tym odkryciom holografia, pomimo wewnętrznej niekompatybilności ze światem cyfrowym, zyskała dynamikę i walory aplikacyjne.



Ryc. 6. Barwne obrazowanie bezsoczewkowe w trybie holografii cyfrowej. Od lewej do prawej: przedmiot, odtworzenie hologramu cyfrowego z jednej ekspozycji, uśrednione odtworzenia z czterech kolejnych ekspozycji pozwalają na zmniejszenie widoczności szumu koherentnego [13]

Pośród prac prowadzonych na Wydziale Fizyki PW w dziedzinie holografii cyfrowej można wymienić zdalne, bezsoczewkowe obrazowanie barwne za pomocą interferometrii wykorzystującej światłowody jednomodowe. W tym eksperymencie zapisano prążki interferencyjne na macierzy CMOS kamery cyfrowej, podczas gdy rekonstrukcja holograficzna odbyła się w postaci numerycznej propagacji frontu falowego na znaną odległość zmierzoną w układzie optycznym. Przedmiot był jednocześnie oświetlony trzema wiązkami laserowymi o barwach składowych, tak by uzyskać wierne oddanie jego oryginalnych kolorów. Zaprezentowana technika cechuje się łatwością zestawienia układu oraz możliwością szybkiego justowania parametrów odtworzenia dzięki pracy w czasie rzeczywistym – wszelkie obliczenia realizowano ze wspomaganiami sprzętowym za pomocą karty graficznej. Ciekawą możliwością, którą daje holografia cyfrowa, jest elektroniczna kompensacja wszelkich aberracji geometrycznych, które pojawiają się w układzie, poprzez dobór odpowiednich fazowych funkcji korekcyjnych implementowanych w procedurze odtwarzania obrazu. Naturalnie, samo obrazowanie przedmiotu w dziedzinie natężenia nie wyczerpuje możliwości holografii cyfrowej, która pozwala też na ultraprecyzyjne pomiary położenia i przemieszczeń badanych obiektów. Rycina 7

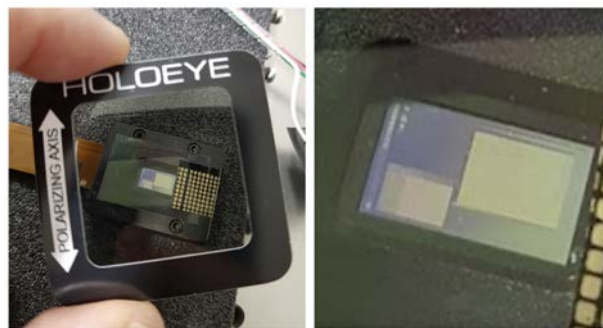


Ryc. 7. Prążki interferencyjne w odtworzeniu numerycznym hologramu cyfrowego pozwalają na mierzenie odkształceń powstałych np. w wyniku rozszerzalności termicznej. Od lewej do prawej: przedmiot, faza różnicowa dla wiązki czerwonej (660 nm), faza różnicowa dla wiązki zielonej (532 nm) [13]

przedstawia pomiar odkształceń przedmiotu ogrzewanego pomiędzy dwoma kolejnymi ekspozycjami. Widoczne prążki są efektem odejmowania zespolonego interferogramów przed i po odkształceniu przedmiotu w wyniku rozszerzalności termicznej. Badając precyzyjnie przesunięcia prążków można mierzyć odkształcenia rzędu setnych części długości fali użytego światła, co w połączeniu z bezkontaktowym charakterem pomiaru pozwala traktować holografię cyfrową jako atrakcyjny sposób np. na zdalną defektoskopię czasu rzeczywistego. Ponadto, jednoczesne wykorzystanie kilku wiązek laserowych o różnych długościach fali pozwala na zwiększenie precyzji pomiaru. Wiele grup badawczych na świecie rozwija również metody holograficznych pomiarów w pełni trójwymiarowych na zasadzie tomografii, w tym obiektów biologicznych w modzie mikroskopowym [11, 12].

Holografia generowana komputerowo

Kolejną atrakcyjną możliwością ograniczenia obrazowania holograficznego do jednego etapu jest holografia komputerowa, w której etap zapisu interferencyjnego jest zastępowany odpowiednim algorytmem komputerowym tworzącym numeryczną postać hologramu na podstawie cyfrowej reprezentacji holografowanej sceny. Powstały w ten sposób hologram, będący w istocie dyskretną macierzą liczb zespolonych, musi zostać skopiowany do ośrodka, który będzie fizycznie modulował światło wiązki rekonstruującej hologram komputerowy. Istnieje wiele takich ośrodków, ale na szczególną uwagę zasługują ciekłokrystaliczne, przestrzenne modulatory światła (ang. *spatial light modulator*, SLM).



Ryc. 8. Przestrzenny modulator światła przesuwający fazę światła w każdym z 8 milionów pikseli o rozmiarze 3,74 μm . Obraz wyświetlony na panelu jest widoczny dzięki zastosowaniu polaryzatora (fot. M. Makowski)

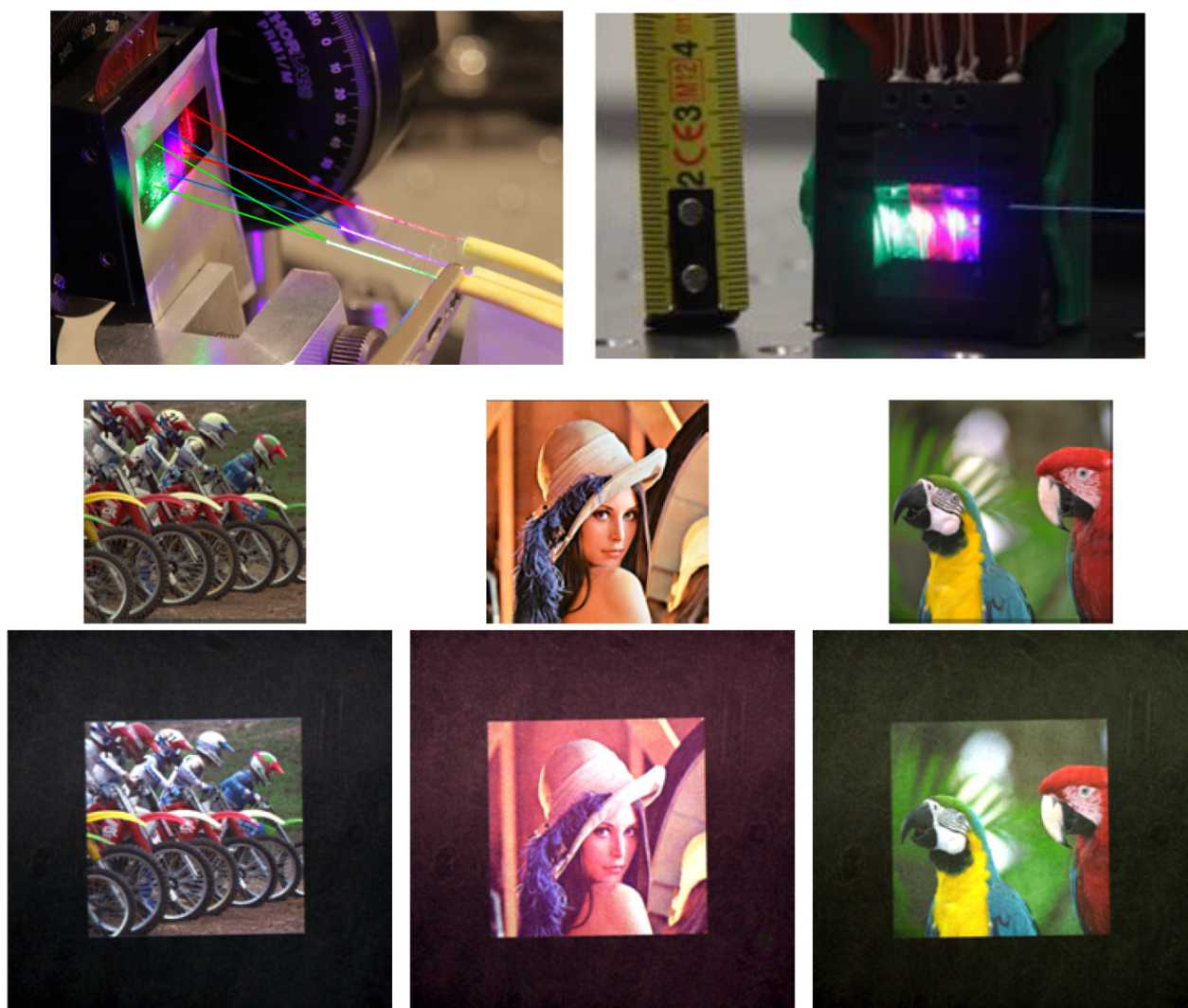
Dzięki technologii LCoS (ang. *liquid crystal on silicon*) światło padające na panel SLM przechodzi dwukrotnie przez warstwę ciekłego kryształu, umożliwiając szybsze czasy reakcji niż znane z modulatorów pracujących w trybie transmisyjnym. Dzięki polu elektrycznemu indukowanemu za pośrednictwem elektrod doprowadzonych do każdego z 8 milionów pikseli, możliwe jest w pełni indywidualne przesuwanie fazy liniowo spolaryzowanego światła propagującego się przez dany piksel w wyniku zmian orientacji molekuł ciekłego kryształu. Zatem wyświetlenie na panelu SLM wzoru dyfrakcyjnego, będącego spróbkowaną wersją hologramu fazowego, umożliwia w dalekim polu odtworzenie obrazu. Oczywiście jakość obrazu jest dużo niższa, co wynika z faktu, że liczba pikseli SLM jest o 5 rzędów wielkości mniejsza niż liczba ziaren dokonujących absorpcji światła w klasycznej emulsji holograficznej. Z drugiej strony SLM oferuje dwie zasadnicze zalety predestynujące do zastosowań praktycznych: możliwość aktualizowania hologramu z częstotliwością kilkudziesięciu lub nawet kilkuset Hz oraz zwiększoną wydajność dyfrakcyjną procesu rekonstrukcji. O ile pierwsza zaleta wydaje się oczywista, o tyle druga wymaga krótkiego omówienia. Hologram komputerowy fazowy można rozumieć

jako zestaw lokalnych siatek dyfrakcyjnych o profilu kinofornu, w którym faza narasta asymetrycznie w wybranym kierunku. Taka siatka teoretycznie jest w stanie osiągnąć 100% wydajność dyfrakcyjną, uginając kierunek propagacji światła z pełną wydajnością w sposób bezstratny. Z kolei w hologramie klasycznym każda lokalna siatka dyfrakcyjna powstaje w wyniku interferencji dwóch wiązek, zatem ma profil sinusoidalny. Symetria profilu oznacza, że dyfrakcyjne ugięcie światła nie może mieć preferowanego kierunku, zatem odbywa się po równo w dodatnich i ujemnych rzędach ugięcia. W konsekwencji całkowita wydajność powierzchniowego (nie objętościowego) hologramu klasycznego nie może przekroczyć 50%.

Zwiększona wydajność dyfrakcyjna oraz eliminacja pierwszego etapu obrazowania holograficznego pozwalają na skonstruowanie prostego i wydajnego pod względem energetycznym projektora obrazów barwnych, składającego się jedynie z czterech kluczowych komponentów:

3 źródeł światła oraz modulatora SLM, jak pokazano na ryc. 9 [14-16]. Jest to ogromne uproszczenie w porównaniu z klasycznymi projektorami zawierającymi dziesiątki części ruchomych i setki komponentów. Ponadto, uzyskano w ten sposób całkowite wydajności energetyczne projekcji rzędu 30-50%, co jest wynikiem ok. dziesięciokrotnie lepszym w porównaniu z klasyczną projekcją wykorzystującą selektywną absorpcję światła i obrazowanie obiektywem.

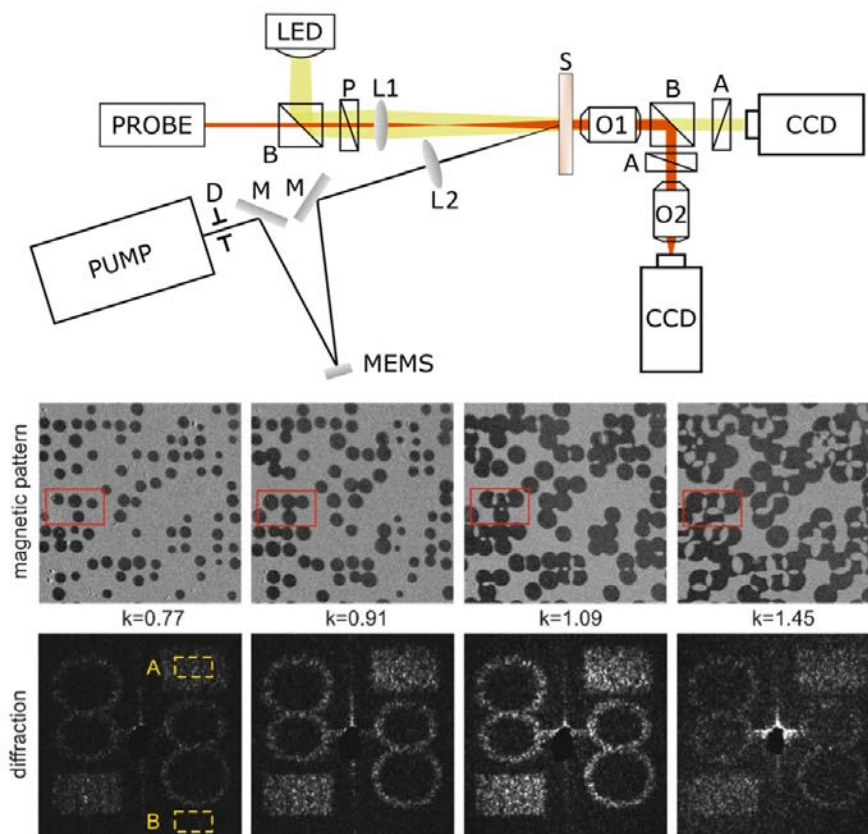
Osiągnięcie wysokiej jakości projekcji [16] pokazanej na ryc. 9 wymagało uprzedniego przezwyciężenia dwóch problemów: wysokiego zaszumienia specklowego obrazu oraz korekty płaskości optycznej modulatora SLM, która silnie zależy od jego temperatury [17]. Pierwszy problem został zidentyfikowany jako konsekwencja niekontrolowanych aktów interferencji pomiędzy promieniami tworzącymi sąsiadujące ze sobą punkty obrazu. Ze względu na quasilosowy charakter hologramów komputerowych iterowanym algorytmem Gerchberga-Saxtona [18],



Ryc. 9. W pełni funkcjonalny bezsoczewkowy projektor obrazów barwnych (demonstrator technologii, prototyp) oraz przykładowe projekcje eksperymentalne uzyskane na odległym ekranie [14-16]

b)						
Corrected for T=25°C						
Actual temperature	T=18°C $\Delta T = -7^\circ\text{C}$	T=25°C $\Delta T = 0^\circ\text{C}$	T=26°C $\Delta T = +1^\circ\text{C}$	T=27°C $\Delta T = +2^\circ\text{C}$	T=28°C $\Delta T = +3^\circ\text{C}$	T=34°C $\Delta T = +9^\circ\text{C}$
c)						
Corrected for the actual temperature						

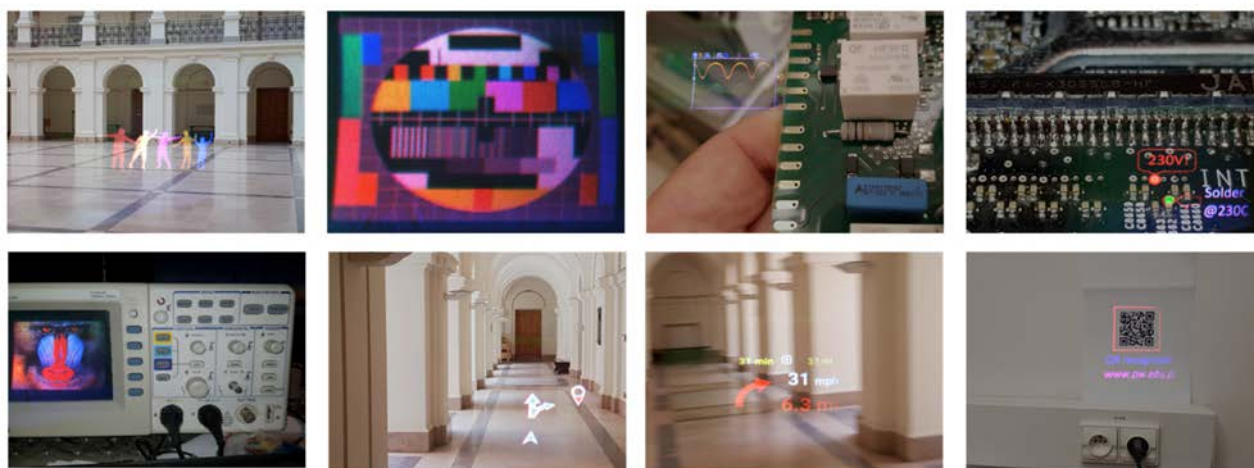
Ryc. 10. Wyniki korekcji płaszczyzny optycznej SLM w czasie rzeczywistym w funkcji temperatury oraz ich wpływ na jakość obrazowania pokazaną w maksymalnym powiększeniu [17]



Ryc. 11. Schemat układu do czysto optycznego przełączania domen magnetycznych w próbce (S) materiału optomagnetycznego CdFeCo wiązką sterowaną za pomocą zwierciadła mikromechanicznego MEMS; przykładowe wzory holograficzne zapisane dla różnych wartości energii w impulsie oraz eksperymentalne rekonstrukcje obrazów w dalekim polu [21, 23]

zależności fazowe pomiędzy kolejnymi fragmentami obrazu są losowe i w niekorzystnych przypadkach powodują powstanie ziaren szumu koherentnego w wyniku interferencji konstruktywnej lub destruktywnej. Rozwiązaniem zaproponowanym na Wydziale Fizyki PW było odsunięcie od siebie punktów obrazu tworzonych na ekranie w danej chwili [16]. Luki w obrazie utworzone w ten sposób są uzupełniane w kolejnych krokach przy liczbie klatek na sekundę, na którą pozwala tempo odświeżania

modulatora SLM. Tak wytworzone półobrazy zintegrowane natężeniowo dają w rezultacie spadek zaszumienia znacznie poniżej wartości mierzalnych na niechłodzonych macierzach detektorów CMOS. Drugi problem został przezwyciężony przez wprowadzenie do układu projekcyjnego możliwości podglądu jakości kształtu ogniska formowanego przez SLM poprzez wyświetlenie na nim wzorów fazowych soczewek skupiających o trzech różnych ogniskowych. Dzięki zastosowaniu algorytmu



Ryc. 12. Przykładowe projekcje obrazu w trybie przeziernym przez gogle rozszerzonej rzeczywistości (fot. M. Makowski)

iteracyjnego wykonującego pętlę propagacji pomiędzy trzema płaszczyznami ogniskowymi a płaszczyzną samego SLM, udaje się otrzymać rozkład fazowy tożsamy z wewnętrznym błędem fazowym SLM wynikającym z jego odkształcania się pod wpływem naprężeń mechanicznych, które powodowane są m.in. jego rozszerzalnością termiczną [17].

Omówione wyżej oraz inne usprawnienia w obliczaniu i wyświetlaniu hologramów komputerowych doprowadziły w wielu grupach badawczych [19, 20] do osiągnięcia ograniczonego dyfrakcyjnie obrazowania holograficznego z użyciem SLM, co oznacza dojście do kresu możliwości samego modulatora. Zasadniczą wadą ciekłokrystalicznych SLM (poza relatywnie długim czasem przełączania) jest spadek jakości modulacji i wzrost efektów przesłuchu międzypikselowego wraz z zagęszczeniem się struktury pikselowej, co jest niestety niezbędne do uzyskania wystarczająco dużych kątów projekcji obrazu z punktu widzenia zastosowań w elektronice użytkowej. Z tego powodu obecnie na Wydziale Fizyki PW we współpracy z Uniwersytetem w Białymstoku prowadzone są badania mające na celu zastąpienie modulacji ciekłokrystalicznej nowymi materiałami. Szczególnie obiecujące wydają się zapisywane optycznie materiały optomagnetyczne, w których wzory dyfrakcyjne tworzy się bez ustalonej *a priori* struktury pikseli, punkt po punkcie, z wykorzystaniem pojedynczych impulsów femtosekundowych z zakresu bliskiej podczerwieni [21]. Co ciekawe, akt przełączania domen magnetycznych światłem trwa tylko ok. 13 ps oraz jest zapisem trwałym aż do kolejnego przełączenia. Interesującą cechą zjawiska przełączania jest również jego progowy charakter, gdzie efekt następuje jedynie w miejscach o gęstości energii impulsu powyżej pewnego progu. To umożliwia zwiększenie gęstości zapisu holograficznego powyżej limitu dyfrakcyjnego, obowiązującego dla ustalonej apertury

numerycznej wiązki zapisującej [22]. Sama modulacja światła wiązki odtwarzającej odbywa się na zasadzie skręcenia Faradaya, którego wielkością można sterować zmieniając grubość i skład chemiczny próbki.

Niezwykle atrakcyjną cechą wyświetlaczy wykorzystujących holografie generowaną komputerowo, oprócz w pełni trójwymiarowego obrazowania, jest możliwość daleko idącej korekcji aberracji optycznych poprzez uwzględnianie w fazie hologramu wzorów korekcyjnych znoszących zniekształcenia geometryczne. Z tego powodu obrazowanie w trybie holograficznym jest najlepszą techniką w niezwykle kompaktowych układach wyświetlających w goglach wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości [24], gdzie tradycyjne refrakcyjne kompensowanie aberracji jest niemożliwe. Na Wydziale Fizyki PW opracowano szereg przyocnych wyświetlaczy przeziernych wykorzystujących holografie komputerową zapisywaną na SLM.

Dzięki możliwości elektronicznego korygowania aberracji optycznych, fizyczne elementy optyczne mogą mieć kształt sferyczny, co oznacza znacznie niższe koszty i prostotę justowania. Ponadto w pełni przestrzenne wyświetlanie, naturalne dla ludzkiego układu oko-mózg, pozwala na długie i komfortowe użytkowanie, co jest koronnym argumentem na korzyść holografii jako docelowej techniki obrazowania w optycznych urządzeniach przyszłych generacji.

Podsumowanie

Pomimo, że wiele już zostało zrobione na drodze do stworzenia doskonałych wyświetlaczy wykorzystujących dynamiczną, wysokorozdzielczą holografie komputerową, konieczny jest dalszy postęp w dziedzinie materiałów modulujących światło oraz przełom w możliwościach szybkiego dokonywania obliczeń holograficznych o astronomicznie dużych liczbach próbek. Pocieszeniem

jest to, że sama zasada formowania obrazu końcowego z wykorzystaniem dyfrakcji, zaproponowana przez Wolkego i wzbogacona przez Gabora, pozostaje niezmiennie uniwersalna, efektywna i elegancko prosta w działaniu w niezwykle szerokim zakresie konfiguracji optycznych i w wielu pasmach widma elektromagnetycznego.

Literatura

- [1] Abbe E., *Die Lehre von der Bildentstehung im Mikroskop; bearbeitet und herausgegeben von O. Lummer u. F. Reiche*, Braunschweig (1910).
- [2] Wolfke M., „Allgemeine Abbildungstheorie selbstleuchtender und nicht selbstleuchtender Objekte”, *Annalen der Physik* (4), 39, 569 (1912).
- [3] Wolfke M., „Teoria ogólna obrazów optycznych”, *Wiadomości Matematyczne XVII* (1913).
- [4] Wolfke M., „Über die Möglichkeit der optischen Abbildung von Molekulargittern”, *Physikalische Zeitschrift* 21, 495-497 (1920).
- [5] Petelczyc K., Kędzierska E., *Mieczysław Wolfke. Gdyby mi dali choć pół miliona...* OWPW 2018.
- [6] Bragg W., „A New Type of ‘X-Ray Microscope’”, *Nature* 143, 678 (1939).
- [7] Gabor D., „A new microscopic principle”, *Nature* 161, 777-778 (1948).
- [8] Bjelkhagen H. I., Mirlis E., „Color holography to produce highly realistic three-dimensional images”, *Appl. Opt.* 47, A123-A133 (2008).
- [9] Gentet Y., Gentet P., „CHIMERA, a new holoprinter technology combining low-power continuous lasers and fast printing”, *Appl. Opt.* 58, G226-G230 (2019).
- [10] Kozanecka-Szmigiel A., Antonowicz J., Szmigiel D., Makowski M., Siemion A., Konieczkowska J., Trzebicka B., Schab-Balcerzak E., „On stress – strain responses and photoinduced properties of some azopolymers”, *Polymer* 140, 117-121 (2018).
- [11] Kozacki T., Krajewski R., Kujawińska M., „Reconstruction of refractive-index distribution in off-axis digital holography optical diffraction tomographic system”, *Opt. Express* 17, 13758-13767 (2009).
- [12] Kostencka J., Kozacki T., Kuś A., Kemper B., Kujawińska M., „Holographic tomography with scanning of illumination: space-domain reconstruction for spatially invariant accuracy”, *Biomed. Opt. Express* 7, 4086-4101 (2016).
- [13] Kowalczyk A., Bieda M., Makowski M., Sypek M., Kolodziejczyk A., „Fiber-based real-time color digital in-line holography”, *App. Opt.* 52, 4743-4748 (2013).
- [14] Makowski M., Ducin I., Kakarenko K., Suszek J., Sypek M., Kolodziejczyk A., „Simple holographic projection in color”, *Opt. Express* 20, 25130-25136 (2012).
- [15] Makowski M., Kowalczyk A., Bieda M., Suszek J., Ducin I., Shimobaba T., Nagahama Y., Ito T., „Miniature holographic projector with cloud computing capability”, *Appl. Opt.* 58, A156-A160 (2019).
- [16] Makowski M., „Minimized speckle noise in lensless holographic projection by pixel separation”, *Opt. Express* 21, 29205-29216 (2013).
- [17] Bolek J., Makowski M., „Non-invasive correction of thermally-induced wavefront aberrations of Spatial Light Modulator in holographic projection”, *Opt. Express* 27(7), 10193-10207 (2019).
- [18] Gerchberg R. W., Saxton W. O., „A practical algorithm for the determination of the phase from image and diffraction plane pictures”, *Optik* 35, 237-246 (1972).
- [19] Kozacki T., Chlipala M., „Color holographic display with white light LED source and single phase only SLM”, *Opt. Express* 24, 2189-2199 (2016).
- [20] Gopakumar M., Kim J., Choi S., Peng Y., Wetzstein G., „Unfiltered holography: optimizing high diffraction orders without optical filtering for compact holographic displays”, *Opt. Lett.* 46, 5822-5825 (2021).
- [21] Starobrat J., Frej A., Bolek J., Trybus R., Stupakiewicz A., Makowski M., „Photo-magnetic recording of randomized holographic diffraction patterns in a transparent medium”, *Opt. Lett.* 45, 5177-5180 (2020).
- [22] Stupakiewicz A., Szerenos K., Afanasiev D., Kirilyuk A., Kimel A. V., „Ultrafast nonthermal photo-magnetic recording in a transparent medium”, *Nature* 542, 71-74 (2017).
- [23] Makowski M., Kolodziejczyk M., Bomba J., Frej A., Sypek M., Bolek J., Starobrat J., Tsukamoto A., Davies C. S., Kirilyuk A., Stupakiewicz A., „Overlapping effect in dense all-optical, point-by-point recording of holographic patterns in the ferrimagnetic alloy”, *J. Magn. Magn. Mater.* 548, 168989 (2022).
- [24] Maimone A., Georgiou A., Kollin J. S., „Holographic near-eye displays for virtual and augmented reality”, *ACM Transactions on Graphics (Tog)* 36.4, 1-16 (2017).

Od odkrycia nadciekłości do kwantowej turbulencji

Piotr Magierski*

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, Department of Physics, University of Washington

Abstrakt. W 1927 roku Mieczysław Wolfke i Willem Keesom zaobserwowali przejście fazowe w ciekłym helu. Poniżej temperatury 2,28 K gwałtownej zmianie uległy własności cieczy nazwanej helem II. Nie wiedzieli, że właśnie odkryli nowy rodzaj substancji, której własności wynikają z efektów kwantowych ujawniających się w niskiej temperaturze. Ich zrozumienie było przez wiele lat wyzwaniem dla fizyków, a postępujące badania stworzyły nową gałąź fizyki: fizykę niskich temperatur.

Słowa kluczowe: nadciekłość, nadprzewodnictwo, hel II, wiry kwantowe, turbulencja kwantowa

Abstract. In 1927 Mieczysław Wolfke and Willem Keesom have observed phase transition in liquid Helium. Below temperature of 2,28 K properties of the liquid, which dubbed Helium II, have changed abruptly. They did not realize they had just discovered a new kind of substance, having properties which are consequence of quantum effects manifesting themselves at low temperatures. Their understanding remained a challenge for physicists for many years and progressing research has resulted in creation of a new branch of physics: low temperature physics.

Keywords: superfluidity, superconductivity, Helium II, quantum vortices, quantum turbulence

1. Odkrycie nadciekłości

W lipcu 1908 roku na Uniwersytecie w Lejdzie wybitny holenderski fizyk Heike Kamerlingh Onnes doprowadził do skroplenia helu. Jednak to nie badania helu były jego celem. Ciekły hel był potrzebny do schłodzenia próbki platyny, dla której wykonywał pomiary zależności oporu elektrycznego od temperatury. W tamtym czasie nie było jasne jak będzie zachowywać się opór elektryczny materiału w bardzo niskich temperaturach. Lord Kelvin - uznany fizyk brytyjski twierdził, że opór powinien gwałtownie wzrastać, gdy temperatura dąży do zera bezwzględnego. Wiedzano wtedy, że za transport ładunku elektrycznego odpowiedzialne są elektrony, a opór jest konsekwencją ich rozpraszania przez jony metalu. Nie wiadomo jednak było, jak zmienia się amplituda rozpraszania z temperaturą. Eksperyment z platyną nie był zbyt udany. Stwierdzono tylko, że poniżej temperatury 4,25 K opór jest stały, co przeczyło hipotezie Kelvina. W końcu Kamerlingh Heike Onnes zdecydował się zastąpić platynę rtęcią i w 1911 roku zaobserwował zadziwiające zjawisko: przy temperaturze 4,2 K opór nagle spadł z wartości $0,1\Omega$ do wartości mniejszej niż $10^{-6}\Omega$, co było wtedy granicą dokładności pomiaru. Dzięki temu odkryto zjawisko nadprzewodnictwa w metalach. Przy okazji, prawdopodobnie nieświadomie, odkryto również przejście fazowe helu do stanu nadciekłości, Kamerlingh Onnes zanotował bowiem w swoim dzienniku laboratoryjnym [1]: *Dorsman (który kontrolował i mierzył temperatury) na prawdę musiał się spieszyć, aby dokonać obserwacji. [...]*

Tuż przed osiągnięciem najniższej temperatury (około 1,8 K), wrzenie nagle ustało i zostało zastąpione przez parowanie, po którym ciecz wyraźnie się skurczyła. Tak więc, zadziwiająco silne parowanie na powierzchni. Zauważono zatem efekt występujący przy schłodzeniu helu poniżej temperatury 2,2 K. Jak dziś wiemy, następuje wówczas przejście fazowe i hel zmienia stan skupienia na nadciekły. Jednak na prawdziwe odkrycie tej przemiany fazowej trzeba było poczekać jeszcze ponad 10 lat.

Od 1924 roku na Uniwersytecie w Lejdzie był regularnie Mieczysław Wolfke. Jego zainteresowania dotyczyły głównie pomiarów stałej dielektrycznej substancji w niskich temperaturach. Wyznaczył ją dla ciekłego i stałego wodoru oraz ciekłego helu. Planował również zestalić hel pod ciśnieniem, co udało się później Willemowi Keesomowi dzięki metodzie zaproponowanej przez Wolfkego [2]. Właśnie przy badaniu zależności stałej dielektrycznej helu od temperatury Wolfke i Keesom zauważyli dziwne zjawisko, występujące przy temperaturze ok. 2,2 K, które wskazywało na gwałtowną zmianę własności helu [3, 4]. Aby wyróżnić tę nową odmianę helu, występującą w niskich temperaturach, nazwali ją *helem II*. Wyznaczono również temperaturę przejścia $T_\lambda = 2,28\text{ K}$, a punkt przemiany fazowej nazwano punktem λ . Tak referował swoje odkrycie Wolfke na posiedzeniu Towarzystwa Naukowego Warszawskiego [2]: *Podczas pomiarów zależności stałej dielektrycznej ciekłego helu od temperatury skonstatowaliśmy nagły skok jej wartości w temperaturze 2,28 K (ob. komunikat poprzedni). Zjawisko to nasunęło nam przypuszczenie, że w punkcie tym następuje przemiana jednej modyfikacji ciekłego helu w drugą,*

*e-mail: piotr.magierski@pw.edu.pl
ORCID: 0000-0001-8769-5017

również ciekłą. Nazwijmy modyfikacją ciekłego helu, stałą w temperaturach wyższych, „helem ciekłym I”, zaś modyfikację, stałą w temperaturach niższych, – „helem ciekłym II”. W takim razie stała dielektryczna ciekłego helu I jest większa od wartości, jaką posiada ciekły hel II. Słuszność naszego przypuszczenia została potwierdzoną przez cały szereg anomalii, jakie ciekły hel w powyższej temperaturze ujawnia, na które jednak dotychczas nie zwrócono dostatecznej uwagi. Anomalje te dotyczą poniżej wymienionych zjawisk. [...] Charakteryzując dwie te modyfikacje ciekłego helu stwierdzamy, że ciekły hel II, modyfikacja stała w niższych temperaturach, posiada mniejsze: stałą dielektryczną, gęstość i napięcie powierzchniowe, większe zaś ciepło parowania, niż ciekły hel I, przyczem przemiana ciekłego helu II w ciekły hel I wymaga odpowiedniego ciepła.

Szkoda jednak, że Wolfke nie kontynuował tych badań. Później Keesom ze współpracownikiem odkryli również zdolność przepływu helu II przez bardzo wąskie szczeliny.

Dopiero 10 lat później, w grudniu 1937 roku, do czasopisma *Nature* wpłynęły dwie prace: Piotra Kapicy z Instytutu Problemów Fizycznych w Moskwie *Viscosity of liquid helium below the lambda point* [5] oraz Johna F. Allena i Dona Misenera z Laboratorium Mond w Cambridge *Flow of liquid Helium-II* [6].

W swoim artykule Kapica napisał: *Przepływ cieczy powyżej punktu λ można było wykryć tylko po czasie kilku minut, podczas gdy poniżej punktu λ ciekły hel płynął dość łatwo, a poziom w tubie ustabilizował się w kilka sekund. Z pomiarów możemy stwierdzić, że lepkość helu II jest co najmniej 1500 razy mniejsza niż helu I przy normalnym ciśnieniu. [...] hel poniżej punktu λ znajduje się w wyjątkowym stanie, który mógłby być nazwany nadciekłym.*

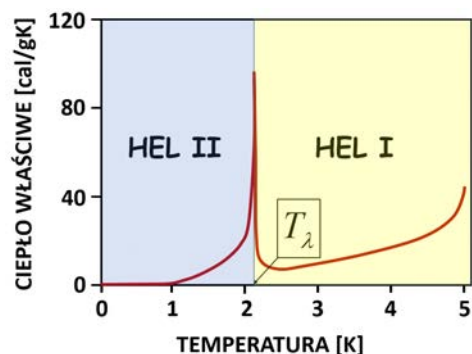
Kapica po raz pierwszy użył terminu nadciekłość, przy czym ewidentnie nawiązywał do stanu nadprzewodzącego w metalu odkrytego przez Kamerlingha Onnesa, o czym zresztą wspominał. Biorąc pod uwagę, że ani teoria nadciekłości ani teoria nadprzewodnictwa jeszcze nie istniały (teoria BCS opisująca nadprzewodnictwo w metalach powstała dopiero w 1957 roku), Kapica wykazał się ogromną intuicją, dziś bowiem wiemy, że oba zjawiska są rzeczywiście blisko spokrewnione.

Niezależnie od Piotra Kapicy John Allen i Don Misener także zauważyli gwałtowny spadek lepkości helu II. W swoim artykule napisali: *Badanie różnych właściwości ciekłego helu II skłoniło nas do dokładniejszego zbadania jego lepkości. Jeden z nas [...] wcześniej wydedukował górną granicę 10^{-5} jednostek cgs dla lepkości helu II przez pomiar tłumienia oscylacji cylindra. Doszliśmy do tego samego wniosku co Kapica w powyższym liście; mianowicie, że ze względu na wysoką liczbę Reynoldsa, pomiary prawdopodobnie wskazują na przepływ nielaminarny.*

Tak więc obaj badacze zwrócili szczególną uwagę na zanik lepkości helu II, który umożliwiał swobodny przepływ tej substancji nawet przez bardzo wąskie kapilary. Jednak tylko Piotr Kapica został uhonorowany nagrodą Nobla za fundamentalne dokonania w dziedzinie fizyki niskich temperatur (1978).

2. Kłopot z helem II

Ciekły hel, schłodzony do temperatury poniżej 3 K, wykazuje raptowny skok ciepła właściwego. Świadczy to o gwałtownej zmianie strukturalnej wewnątrz substancji, która powstaje w wyniku przejścia fazowego. Z uwagi na kształt zależności ciepła właściwego od temperatury przypominający grecką literę λ (rys. 1), punkt nieciągłości nazwano punktem λ , któremu odpowiada temperatura T_λ . Poniżej T_λ ciecz zmienia diametralnie swoje własności. Można wyróżnić trzy efekty, które są przejawem nietypowych własności helu II. Pierwszym z nich jest zjawisko wspinania się cieczy po ściankach naczynia z helem II. Tworzy się w ten sposób cienka warstwa cieczy przylegająca do ścianek. Z tego powodu hel II może samoistnie wylewać się z naczynia. Drugim zdumiewającym efektem jest zjawisko przepływu cieczy nawet przez bardzo cienkie kapilary o średnicy rzędu 10^{-8} – 10^{-9} m. Co więcej, podczas wypływu zaobserwowano zwiększenie temperatury w zbiorniku z pozostałym helem. Trzecim zjawiskiem, któremu zawdzięczamy nazwę nadciekłość, jest zanik lepkości. Nie oznacza to jednak, że lepkość helu poniżej temperatury T_λ spada do zera. W przeprowadzonych eksperymentach zanurzano w cieczy drgające wahadło torsyjne. Zauważono, że oscylacje są stopniowo wyhamowywane i w związku z tym wskazują na małą, ale jednak niezerową lepkość. Z drugiej strony, przepływ cieczy przez wąską kapilarę może odbywać się praktycznie bez żadnej różnicy ciśnień wskazując, że w tym przypadku lepkość spada do zera. Owe dwa wzajemnie sprzeczne rezultaty wskazujące na zależność wartości lepkości od rodzaju przeprowadzanego eksperymentu stanowiły wielką zagadkę. Efekty te były zupełnie niezrozumiałe na gruncie fizyki klasycznej i stało się



Rys. 1. Ciepło właściwe ciekłego helu w otoczeniu punktu λ odpowiadającego temperaturze $T_\lambda \approx 2,2$ K. Poniżej tej temperatury ciecz jest w stanie nadciekłym (hel II), powyżej – w stanie normalnym (hel I)

wkrótce jasne, że wytłumaczenie dziwnych własności helu II wymaga całkiem nowego modelu teoretycznego.

Węgierski fizyk Laszlo Tisza był pierwszym, który stworzył fenomenologiczną teorię opisującą zachowanie helu II. Dziś znamy ją pod nazwą modelu dwóch płynów. Była to pomysłowa próba włączenia do opisu nadciekłości kondensacji Bosego–Einsteina, należy bowiem pamiętać, że od ok. 1925 roku znane było teoretyczne przewidywanie tego szczególnego stanu gazu. Wedle hipotezy wysuniętej przez indyjskiego fizyka Satyendra Natha Bosego, gaz identycznych cząstek o spinie całkowitym (w jednostkach stałej Plancka) w dostatecznie niskich temperaturach doznaje przejścia fazowego do stanu, w którym makroskopowa ilość cząstek gazu znajduje się w tym samym stanie kwantowym. Uogólnienie wyników Bosego na przypadek cząstek masowych zostało dokonane przez Alberta Einsteina [8, 9]. We wstępie do swojej książki [7] Fritz London napisał: *W 1924 Einstein opracował bardzo dziwną koncepcję gazu identycznych molekuł, które z założenia były nieodróżnialne. Einstein zauważył, że to usunięcie ostatniego śladu indywidualności cząsteczek implikuje statystyczną preferencję cząsteczek do posiadania takiej samej prędkości, nawet jeśli jakiegokolwiek oddziaływania między nimi zostały pominięte, oraz ta preferencja prowadziły, w dobrze określonej temperaturze, do pewnego rodzaju zmiany stanu skupienia: cząsteczki „kondensowałyby” do najniższego stanu kwantowego, stanu o zerowym pędzie. Einstein nie podał szczegółowego dowodu, a jego rozważania nie wzbudziły wówczas dużej uwagi. Większość uważała to za pewien rodzaj osobliwości, który w najlepszym przypadku miał znaczenie czysto akademickie, ponieważ w tak ekstremalnie niskich temperaturach lub wysokich ciśnieniach, nie ma już gazów, a cała materia jest zamrożona lub przynajmniej skondensowana dzięki oddziaływaniom międzycząsteczkowym. Ponadto poddawano w wątpliwość poprawność matematyczną rozważań Einsteina, a zatem sprawa została zignorowana, jakby nie było „kondensacji Bosego–Einsteina”.*

Einstein podał również wyrażenie na temperaturę, w której cząstki (bozony) o masie m i gęstości n tworzą kondensat:

$$T_{BEC} = \left(\frac{2\pi\hbar^2}{1,897mk_B} \right) n^{2/3}, \quad (1)$$

gdzie k_B jest stałą Boltzmanna. Fritz London, fizyk urodzony w 1900 roku we Wrocławiu (wówczas Breslau), policzył, ile wynosiłaby temperatura kondensacji, jeśli zastosować wzór Einsteina do cieczy złożonej z atomów ^4He . Otrzymał wynik $T_{BEC} = 3,1$ K, który jest tylko nieznacznie większy od T_λ . Fritz London studiował filozofię, a później fizykę na uniwersytetach w Bonn, Frakfurcie, Göttingen i Monachium. W końcu znalazł się w Paryżu, gdzie dostał etat w Instytucie Henri Poincarégo. Tam

też spotkał Laszlo Tiszę, który przyjechał do Paryża po studiach w Budapeszcie, Göttingen i Charkowie. W Paryżu od 1937 roku był pracownikiem Collège de France.

Wiemy, że Tisza, dzięki kontaktom z Londonem, zainspirował się jego hipotezą i spróbował zastosować ją do zrozumienia własności helu II [10]. Zaproponował, aby potraktować hel poniżej temperatury T_λ jako układ dwóch płynów – jeden zawierający atomy helu, które tworzą kondensat Bosego–Einsteina, a drugi to cząstki znajdujące się poza kondensatem. Pierwszy składnik cieczy tworzy tzw. płyn nadciekły, którego lepkość, a w konsekwencji entropia, jest zerowa, podczas gdy drugi składnik stanowi płyn normalny, spełniający standardowe równania hydrodynamiki i posiadający niezerową entropię. Stosunek gęstości obu składników jest funkcją temperatury. W temperaturze zera absolutnego gęstość cieczy normalnej spada do zera, podczas gdy w temperaturze T_λ znika składnik nadciekły. W 1938 roku pojawiła się w czasopiśmie *Nature* krótka notatka Tiszy, gdzie po raz pierwszy został wprowadzony termin: model dwóch płynów [11].

Model Tiszy pozwolił wytłumaczyć dziwne zachowanie helu II oraz dwa pozornie sprzeczne eksperymenty z wahadłem torsyjnym i przepływem przez wąską kapilarę. W szczególności efekt przepływu przez wąskie kapilary jest możliwy tylko dzięki istnieniu składowej nadciekłej. Z drugiej strony, ponieważ ten rodzaj przepływu nie przenosi entropii, pozostająca w naczyniu ciecz zwiększa entropię na jednostkę objętości, a co za tym idzie jej temperatura rośnie. Natomiast efekt tłumienia oscylacji wahadła zanurzonego w helu II jest spowodowany obecnością normalnego komponentu cieczy.

Model dwóch płynów pozwolił do roku 1939 wyjaśnić, przynajmniej jakościowo, wszystkie obserwowane efekty związane z helem II. Ponadto Tisza wysunął hipotezę, że transport ciepła zachodzi zupełnie inaczej w helu II niż w cieczy normalnej. W normalnych substancjach transport ciepła jest wynikiem dobrze znanego procesu dyfuzji. Tisza zauważył jednak, że konsekwencją modelu dwóch płynów jest zupełnie inny charakter przewodzenia ciepła. Mianowicie, wedle modelu Tiszy, transport ciepła ma charakter falowy, gdzie „fala cieplna” powstaje jako lokalne zaburzenie różnicy gęstości między składową normalną i nadciekłą. Ta fala powinna rozchodzić się z określoną prędkością i model dwóch płynów przewidywał, że wynosi ona:

$$V_2(T) = 26\sqrt{\frac{T}{T_\lambda} \left[1 - \left(\frac{T}{T_\lambda} \right)^{11/2} \right]} \text{ [m/s]}. \quad (2)$$

Z uwagi na podobieństwo do rozchodzenia się fali dźwiękowej, transport ciepła został później nazwany drugim dźwiękiem i stanowi obecnie jedną z podstawowych charakterystyk układów nadciekłych. Tisza uważał, że weryfikacja tego przewidywania stanie się świetnym testem

modelu dwóch płynów. Rzeczywiście, jego istnienie zostało potwierdzone w 1946 roku.

Należy jednak pamiętać, że model Tiszy ma charakter fenomenologiczny. Równania hydrodynamiki dla tego modelu nie zostały wyprowadzone z mikroskopowych rozważań, a jedynie zapostulowane. Dziś wiemy, że o ile założenie Tiszy o związku składowej nadciekłej z kondensacją Bosego–Einsteina jest słuszne, to jednak utożsamienie składowej nadciekłej tylko z cząstkami tworzącymi kondensat jest błędne. Nawet w temperaturze zera bezwzględnej cząstki te nie stanowią całości cieczy. Procent cząstek tworzących kondensat zależy od siły oddziaływania między nimi. Tylko w granicy, w której oddziaływanie znika, liczba cząstek w kondensacie, w temperaturze zera bezwzględnej, osiąga 100%. Paradoksalnie w helu II oddziaływanie jest bardzo silne i nawet w temperaturze zerowej ilość cząstek w kondensacie wynosi tylko ok. 10%. Mimo to, w tej temperaturze układ posiada tylko składową nadciekłą.

Próbie wytłumaczenia własności helu II na gruncie mikroskopowym podjął Lew Landau. Przeniósł się z Charkowa do Moskwy w 1937 roku, aby dołączyć do grupy eksperymentalnej Piotra Kapicy. Tu powstała fundamentalna praca, w której Landau wprowadził pojęcie fononów i rotonów w kontekście helu II [12]. Landau uważał koncepcję kondensatu Bosego–Einsteina, który wg Tiszy był decydującym założeniem prowadzącym do wyjaśnienia zjawiska nadciekłości, za błędną. W swojej pracy z 1941 roku [13] napisał: *L. Tisza [...] zasugerował, że hel II należy uznać za zdegenerowany, idealny gaz Bosego [...] Tego punktu widzenia nie można jednak uznać za zadowalający [...] nic nie zapobiegłoby zderzeniu atomów w stanie normalnym ze wzbudzonymi atomami, tj. podczas ruchu w cieczy doświadczałyby tarcia i nadpłynność w ogóle nie mogłaby istnieć. Dlatego wyjaśnienie podane przez Tiszę nie tylko nie ma oparcia w jego założeniach, ale jest z nimi w bezpośredniej sprzeczności.*

Landau w dalszej części pracy wprowadził pojęcie skwantowanego ruchu cieczy pisząc, że każdy stan wzbudzony cieczy można uznać za złożony ze wzbudzeń elementarnych. Podzielił je na dwie kategorie: fonony – odpowiedzialne za rozchodzenie się dźwięku i rotony, których natura była bardziej tajemnicza, choć nazwa nawiązywała do wzbudzeń w postaci elementarnych wirów. Różna natura obu typów wzbudzeń wiązała się z ich różnymi relacjami dyspersyjnymi, czyli związkami między energią i pędem. W przypadku fononów relacja ta była liniowa: $\epsilon(p) = cp$, gdzie c to prędkość dźwięku. Natomiast dla rotonów relacja miała postać: $\epsilon(p) = \Delta + \frac{(p-p_0)^2}{2\mu}$. Parametr Δ jest nazywany szczylną rotonową i definiuje minimalną możliwą energię rotonu, p_0 – odpowiadający jej pęd, a μ – efektywną masę rotonu. Postać relacji dyspersyjnej dla helu II

pokazana została schematycznie na rys. 2. Należy zauważyć przy tym, że dla wzbudzeń o dostatecznie dużej energii relacja dyspersyjna przechodzi w znaną relację pomiędzy energią i pędem cząstki helu: $\epsilon(p) = \frac{p^2}{2m}$. Modifikacja relacji dyspersyjnej dla niskoenergetycznych wzbudzeń helu II wynika z oddziaływania pomiędzy cząstkami cieczy. Oczywiście Landau nie był w stanie wyznaczyć parametrów Δ , μ , p_0 z mikroskopowej teorii opisującej oddziaływania międzycząsteczkowe w cieczy. Jednak wykorzystując swoją hipotezę mógł wyznaczyć ciepło właściwe układu w funkcji temperatury. Ciepło właściwe jest wielkością, która silnie zależy od własności elementarnych wzbudzeń układu. Dlatego po wyznaczeniu tej wielkości Landau zauważył, że otrzymana zależność bardzo dobrze zgadza się z eksperymentem, jeśli przyjąć $\Delta \approx 8,5$ K i $\mu \approx 7,5m$, gdzie m jest masą atomu helu.

W jaki sposób model Landaua wiąże się z modelem dwóch płynów Tiszy? Otóż w skończonej temperaturze poniżej T_λ w cieczy istnieje pewna liczba wzbudzeń w postaci fononów i rotonów i to one tworzą jej normalną składową. Normalny płyn charakteryzuje się niezerową entropią i skończoną lepkością. Reszta cieczy stanowi natomiast składową nadciekłą. W temperaturze zera bezwzględnej liczba wzbudzeń elementarnych w układzie dąży do zera, czyli znika składowa normalna, podczas gdy dla $T = T_\lambda$ znika składowa nadciekła.

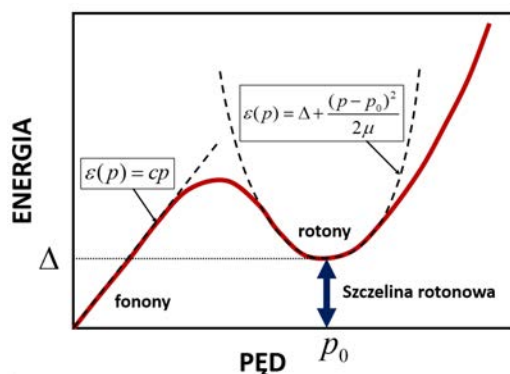
Co więcej, Landau był w stanie, w ramach swojego modelu, określić graniczną prędkość składowej nadciekłej, zauważył bowiem, że model fononów i rotonów, jako dwóch typów wzbudzeń elementarnych, przewidywało istnienie dwóch rodzajów prędkości charakterystycznych dla cieczy:

$$V_{\text{kryt.fonon}} = c, \quad (3)$$

$$V_{\text{kryt.roton}} = \sqrt{\frac{2\Delta}{\mu}}. \quad (4)$$

Obydwie prędkości stanowią rodzaj prędkości granicznych dla przepływu helu II. Jeśli przepływ odbywa się z prędkością mniejszą niż $V_{\text{kryt.fonon}}$, to z zasady zachowania energii i pędu wynika, że w układzie nie można wzbudzić fononów. Natomiast podczas przepływu z prędkością mniejszą niż $V_{\text{kryt.roton}}$ nie zostaną wzbudzone żadne rotony. Ponieważ wzbudzenie fononów i rotonów jest jedynym sposobem na to, aby układ w modelu Landaua wykazywał niezerową lepkość, oznacza to, że przepływ będzie wykazywał cechy nadciekłości, jeśli ruch cieczy będzie dostatecznie wolny.

Ten wynik, który obecnie funkcjonuje w literaturze pod nazwą prędkości krytycznej Landaua, jest cechą charakterystyczną każdego układu nadciekłego. Poniżej tej prędkości, w temperaturze zera bezwzględnej, podczas ruchu cieczy nie występuje zjawisko lepkości,



Rys. 2. Schematyczne widmo wzbudzeń kwazicząstkowych helu II w modelu Landaua. Dla niskich energii relacja dyspersyjna jest liniowa i odpowiada fononom; wzbudzenia rotonowe charakteryzuje energia wzbudzenia większa od Δ i kwadratowa zależność od pędów

ponieważ energia przepływu nie może się rozpraszać, to bowiem oznaczałoby wzbudzenie fotonów i rotonów.

Mimo, że teoria Landaua zgadzała się z modelem Tiszy, w podejściu Tiszy nie istniało pojęcie prędkości krytycznej. Ponadto model Tiszy przewidywał, że prędkość drugiego dźwięku dąży do zera w temperaturze zera bezwzględnej (2), podczas gdy podejście Landaua przewidywało, że $V_2(0) = \frac{c}{\sqrt{3}}$. Dokładne pomiary prędkości drugiego dźwięku wykonane w 1948 wykazały, że to Landau miał rację [14].

Teoria Landaua zapoczątkowała również bardzo płodne podejście teoretyczne do badania cieczy kwantowych, których własności wynikają ze wzbudzeń elementarnych. Obecnie nazywamy je kwazicząstkami. Kwazicząstki charakteryzują się określonymi relacjami dyspersyjnymi (tzn. relacjami między energią i pędem) i funkcjonują zarówno w układach bozonowych, takich jak ciekły ^4He , jak i fermionowych, takich jak np. ^3He .

Trzeba jednak przyznać, że Tisza miał częściowo rację, gdy wiązał własności nadciekłego helu II z kondensatem Bosego–Einsteina. Landau odrzucał tę koncepcję i w ogóle nie brał pod uwagę roli statystyk kwantowych Bosego–Einsteina i Fermiego–Diraca dla własności zaproponowanych przez siebie kwazicząstek. W 1949 roku napisał krótki artykuł w *Physical Review* [15], w którym odniósł się do modelu Tiszy: *Cieszę się, że mogę oddać hołd L. Tiszy za wprowadzenie w roku 1938, koncepcji makroskopowego opisu helu II poprzez rozdzielenie gęstości cieczy na dwie części i wprowadzenie odpowiednio dwóch pól prędkości. Umożliwiło to przewidywania dwóch rodzajów fal dźwiękowych w helu II. [Artykuł Tiszy (...) nie był dostępny w ZSRR aż do 1943 roku z powodu wojny i żałuję również że nie zauważyłem jego poprzedniego krótkiego artykułu.] Jednak jego cała ilościowa teoria (zarówno mikroskopowa, jak i termodynamiczno-hydrodynamiczna) jest, w mojej opinii, całkowicie błędna.*

W odpowiedzi Tisza napisał [16]: *Landau skrytykował nasze idee nie tyle z powodu ich wewnętrznej niekonsystencji, ile z powodu ich niezgodności z jego teorią fononów*

i rotonów. Naprawdę jesteśmy pod wrażeniem śmiałości i mocy podejścia Landaua, ale wydaje nam się, że wprowadził on do swojej teorii pewne mniej lub bardziej ukryte założenia, których spełnienie nie jest oczywiste w porównaniu z zasadami mechaniki kwantowej.

Landau jednak był w błędzie, ponieważ koncepcja kondensatu Bosego–Einsteina oddziałujących cząstek jest kluczowa dla wyjaśnienia, skąd się biorą fonony o liniowej relacji dyspersyjnej. W 1947 roku Bogoliubow wykazał, w ramach mikroskopowej teorii opisującej słabo oddziałujący gaz bozonów, że w dostatecznie niskiej temperaturze układ ten podlega również kondensacji Bosego–Einsteina [17]. Jego widmo wzbudzeń charakteryzuje się natomiast liniową zależnością dyspersyjną. Bogoliubow pokazał również, że współczynnik proporcjonalności w relacji dyspersyjnej, czyli prędkość dźwięku, wiąże się z natężeniem oddziaływania między cząstkami. Z jego teorii wynika także, że kondensat Bosego–Einsteina nie obejmuje wszystkich cząstek, a tylko ich część i zależy to od siły oddziaływania między bozonami. Mikroskopowa teoria rozwinięta przez Bogoliubowa dotyczyła jednak tylko słabo oddziałującego gazu bozonów. Nie mógł odtworzyć w jej ramach części rotonowej spektrum wzbudzeń układu. W teorii Bogoliubowa krzywa dyspersyjna nie ma bowiem minimum odpowiadającego wzbudzeniom rotonów i przechodzi płynnie od zależności liniowej do zależności kwadratowej: $\epsilon(p) = \frac{p^2}{2m}$. Dziś wiemy, że dzieje się tak dlatego, iż hel II jest silnie oddziałującym układem bozonów, o czym świadczy fakt, że tylko niewielka część atomów ^4He tworzy kondensat Bosego–Einsteina.

Pomyłka Landaua, który zlekceważył rolę kondensatu Bosego–Einsteina w opisie nadciekłego helu II, była najprawdopodobniej spowodowana tym, że zarówno on, jak i Tisza myśleli o kondensacie złożonym z nieoddziałujących cząstek. Faktycznie, taki idealny gaz nie byłby nadcieczą (w tym przypadku prędkość dźwięku byłaby zerowa $c = 0$). Oddziaływanie cząstek tworzących kondensat Bosego–Einsteina jest kluczowe do odtworzenia poprawnej relacji dyspersyjnej dla fononów, a tym samym uzyskania skończonej prędkości krytycznej, poniżej której ruch składowej nadciekłej odbywa się bez strat energii wynikających z lepkości.

3. Ku kwantowej turbulencji

Nieuwzględnienie roli kondensatu Bosego–Einsteina w opisie nadciekłości prowadzi również do niezrozumienia roli wirów kwantowych w układach nadciekłych. Tylko dzięki temu, że atomy tworzą kondensat, jego pole prędkości ma charakter nierotacyjny (bezwirowy), co matematycznie wyraża się tym, że w każdym punkcie cieczy składowa nadciekła pola prędkości musi spełniać warunek:

$$\nabla \times \vec{v} = 0. \quad (5)$$

Oznacza to, że sumując prędkości wzdłuż dowolnej krzywej zamkniętej wewnątrz cieczy otrzymamy zero. Możliwe jest natomiast uzyskanie wartości niezerowej rotacji prędkości, ale tylko pod warunkiem, że wewnątrz konturu istnieje co najmniej jeden punkt, gdzie gęstość cieczy spada do zera. W takim przypadku wartość sumy prędkości wzdłuż krzywej zamkniętej nie może jednak przyjmować dowolnej wielkości, a jedynie zestaw dyskretnych wartości proporcjonalnych do stałej Plancka. Wyraża się to następującą relacją:

$$\oint_C \vec{v} \cdot d\vec{l} = \frac{2\pi\hbar}{m} n, \quad (6)$$

gdzie lewa strona równania oznacza sumę prędkości wzdłuż dowolnego konturu zamkniętego C , natomiast n jest dowolną liczbą całkowitą. Szczególna postać pola prędkości składowej nadciekłej, dla której $n \neq 0$, oznacza istnienie wirów kwantowych. Tworzenie wirów jest jedynym sposobem na przenoszenie w cieczy nadciekłej momentu pędu. Dlatego próba „rozkręcenia” zbiornika z cieczą nadciekłą prowadzi zwykle do wytworzenia szeregu wirów. Wiry te jednak różnią się od podobnych obiektów występujących w normalnych cieczech. W przypadku cieczy nadciekłej, z uwagi na brak lepkości, wir kwantowy jest obiektem stabilnym. Nie traci energii w związku z brakiem lepkości i nie może samoistnie zniknąć. Powstawanie wirów kwantowych w trakcie przepływu jest innym sposobem na rozpraszanie energii przepływu cieczy. Landau podejrzewał, że rotony są właśnie takimi elementarnymi wirami, jednak jego hipoteza okazała się fałszywa. Możliwość powstawania wirów kwantowych jest bezpośrednią konsekwencją istnienia kondensatu w cieczy nadciekłej, jak sądził Tisza. Rotony natomiast nie mają z wirami nic wspólnego. Landau wprowadził je do swojego opisu elementarnych wzbudzeń helu II, aby otrzymać poprawne wyrażenie na zachowanie się ciepła właściwego w funkcji temperatury. I choć istnienie tych szczególnych wzbudzeń zostało potwierdzone doświadczalnie, wiążemy je dziś z innym rodzajem wzbudzeń fononowych. Ponadto ich obecność, w przeciwieństwie do fononów o liniowej relacji dyspersyjnej, nie jest kluczowa dla zaistnienia zjawiska nadciekłości. Potrafimy już wytwarzać układy nadciekłe w gazach atomowych schłodzonych do bardzo niskich temperatur rzędu nanokelwinów [18]. W tych układach oddziaływanie jest dużo słabsze niż w helu II i wzbudzenia elementarne nie zawierają widma rotonowego. Jednak owe układy znajdują się w stanie nadciekłym, a wywołanie w nich kondensacji Bosego–Einsteina (1995) zostało uhonorowane nagrodą Nobla.

Własności układów nadciekłych, w których istnieje wiele wirów kwantowych tworzących splątane konfiguracje, są obecnie obiektem intensywnych badań [19]. Taki stan określa się mianem kwantowej turbulencji. Co więcej, okazuje się, że taki egzotyczny stan można wytworzyć

nie tylko w układach nadciekłych złożonych z bozonów, ale również w układach fermionowych, które wyjaśnia teoria nadprzewodnictwa. Termin ten został wprowadzony przez Richarda Feynmana w przełomowej pracy [20], gdzie badał zjawiska dyssypacji w helu II. William Vinen, w serii artykułów [21], rozwinął tę ideę w teorię fenomenologiczną. Turbulencja kwantowa jest dziś przedmiotem intensywnych prac teoretycznych i eksperymentalnych, gdyż podejrzewa się, że jest powszechnym zjawiskiem występującym w wielu układach nadciekłych i nadprzewodzących.

Wydaje się, że ani Kamerlingh Onnes, ani Mieczysław Wolfke czy Willem Keesom nie podejrzewali, że ich badania doprowadzą do tylu fascynujących odkryć i stworzą całą nową dziedzinę badań układów kwantowych. Układów, w których prawa mechaniki kwantowej prowadzą do tak nietypowych zachowań układów makroskopowych.

Literatura

- [1] van Delft D., Kes P., “The discovery of superconductivity” *Physics Today* **63**, 38 (2010).
- [2] Petelczyc K., Kędzierska E., *Mieczysław Wolfke. Gdyby mi dali choć pół miliona. Biografia*, Oficyna Wydawnicza PW (2018).
- [3] Wolfke M. and Keesom W.H., *Proc. Amsterdam* **31**, 81 (1927)
- [4] Keesom W.H., Wolfke M., *Leiden. Comm.* **190b**, 90 (1927).
- [5] Kapitza P., *Nature* **141**, 74 (1938).
- [6] Allen J.F. and Misener A.D., *Nature* **141**, 75 (1938).
- [7] London F., *Superfluids I*, p.4, Wiley and Sons (1950).
- [8] Bose S.N., *Z. Phys.* **26**, 178 (1924).
- [9] Einstein A., *Ber. Akad. Wiss.* 261 (1924), 3 (1925).
- [10] Balibar S., “The Discovery of Superfluidity”, *J. Low Temp. Phys.* **146**, 441 (2007).
- [11] Tisza L., *Nature* **141**, 913 (1938).
- [12] Landau L.D., *Phys. Rev.* **60**, 356 (1941).
- [13] Landau L.D., *J. Phys. USSR* **5**, 71 (1941).
- [14] Peshkov V.P., *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **18**, 951 (1948).
- [15] Landau L.D., *Phys. Rev.* **75**, 884 (1949).
- [16] Donnelly R.J., “The two-fluid theory and second sound in liquid helium”, *Physics Today* **62**, 34 (2009).
- [17] Bogoliubov N.N., *J. Phys. USSR* **11**, 23 (1947).
- [18] Zwierlein M. et al., *Nature* **435**, 1047 (2005).
- [19] Barenghi C.F., Donnelly R.J., Vinen W.F. (ed.), “Quantized Vortex Dynamics and Superfluid Turbulence”, *Lecture Notes in Physics* Vol. 571, Springer 2001.
- [20] Feynman R.P., *Progress in Low Temperature Physics*, Vol. 1, North-Holland, Amsterdam, 1955, p. 17.
- [21] Vinen W., *Proc. R. Soc. Lond. Ser. A* **242**, 493 (1957); Vinen W.F., *Proc. R. Soc. Lond. Ser. A* **240**, 128 (1957); Vinen W.F., *Proc. R. Soc. Lond. Ser. A* **243**, 400 (1958).

Mieczysław Wolfke – wizjoner innowacyjności i prekursor kierunku studiów *fizyka techniczna* w Polsce

Antoni Rogalski*

Instytut Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej

Abstrakt. W niniejszym artykule przybliżam działalność naukową i popularnonaukową Mieczysława Wolfkego w zakresie fizyki technicznej. Ponieważ obecne związki nauki z techniką realizowane są w ramach misji uniwersytetu technicznego na koniec przedstawię kilka własnych refleksji na ten temat.

Słowa kluczowe: teletroskop, lampa kadmowo-rtęciowa, bomba atomowa, Główny Instytut Fizyki Technicznej

Abstract. In this article I describe scientific and popular-scientific activities of Mieczysław Wolfke in the field of technical physics. As the current relationship between science and technology is realised within the mission of a technical university, finally I present some of my own reflections on the subject.

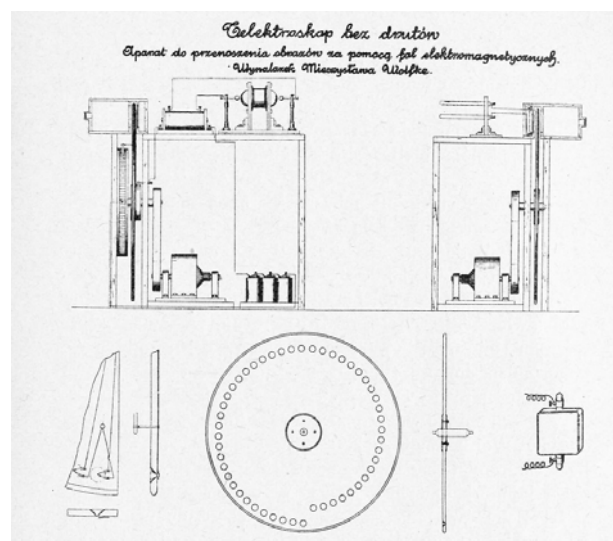
Keywords: telectroscope, cadmium-mercury lamp, atomic bomb, technical physics

Po raz pierwszy o wkładzie prof. Mieczysława Wolfkego w naukę polską dowiedziałem się podczas zjazdu Polskiego Stowarzyszenia Fotonicznego z wystąpienia prof. Tomasz Wolińskiego, przewodniczącego tego stowarzyszenia. Zjazd odbywał się w auli fizyki Politechniki Warszawskiej (pierwsza dekada XXI w.) W pamięci utkwiły mi w szczególności informacje o profesorze Wolfkem jako prekursorze holografii. W ostatnim czasie, z inspiracji prof. Jerzego Garbarczyka, przeczytałem biografię Mieczysława Wolfkego autorstwa Krzysztofa Petelczyca i Eweliny Kędzierskiej [1] i stwierdzam, że jest jednym z najznamienitszych a zarazem niedocenionym polskim fizykiem. W mojej ocenie był nie tylko znakomitym teoretykiem, doskonałym eksperymentatorem i popularyzatorem fizyki, ale także wizjonerem praktycznych aplikacji osiągnięć naukowych, propagując fizykę techniczną, jako nowy kierunek studiów. Mieczysław Wolfke był fizykiem, dlatego ideę związku nauki z techniką skupił na fizyce technicznej. W obecnych czasach związku nauki z techniką, a szerzej z otoczeniem gospodarczym, zwane są innowacjami. Dla mnie prof. Wolfke był wizjonerem współczesnej innowacyjności.

Już od najmłodszych lat wykazywał niezwykle zdolności w zakresie nauk ścisłych. Mając 17 lat opracował teletroskop (1898 rok), czyli (jak to sam określił) „aparat do widzenia na odległość”. Było to urządzenie złożone z obracających się zmodyfikowanych tarcz Nip-

kowa, światłoczułej elektrody selenowej i lampy Geisslera o modulowanej jasności świecenia (ryc. 1). Wolfke musiał inspirować się opracowanym kilka lat wcześniej teletroskopem Jana Szczepanika, lecz jego konstrukcja nie wymagała drutów do transmisji sygnałów, gdyż wykorzystywała fale elektromagnetyczne. Otrzymał na swój teletroskop patent w Rosji i w Niemczech oraz zyskał uznanie na wystawie jubileuszowej Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie dając Wolfkemu międzynarodowy rozgłos.

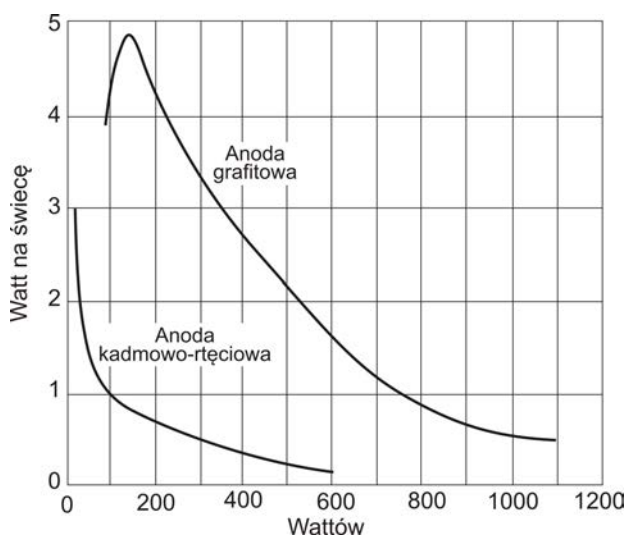
Po zdaniu egzaminu maturalnego w Sosnowcu, w 1902 roku wyjechał na studia do Liège (Belgia, Wa-



Ryc. 1. Schemat budowy teletroskopu – jednego z pierwszych wynalazków Mieczysława Wolfkego (strona tytułowa zgłoszenia patentowego) [1]

*e-mail: antoni.rogalski@wat.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4985-7297

lonia). W okresie do 1922 roku często zmieniał miejsca studiów i pracy przebywając kolejno w Paryżu (Sorbona), Wrocławiu (1910 – stopień doktora filozofii), Karlsruhe, Zurychu (1913 – habilitacja na tamtejszej Politechnice, recenzentem był m.in. A. Einstein). Warto zaznaczyć, że po przeprowadzce do Wrocławia wynalazł w 1908 roku rurę katodową ze szklanym okienkiem, a w 1909 roku wspólnie z Karolem Ritzmannem opatentował lampę kadmowo-rtęciową. Wynalazek ten został zakupiony przez znaną firmę Carla Zeissa, w której Wolfke przez pewien czas pracował w charakterze doradcy technicznego. Rycina 2 przedstawia zależność mocy natężenia światła lampy kwarcowej od całkowitej mocy zużytej przez lampę z anodą grafitową i anodą ze stopu kadmowo-rtęciowego [2]. Prace w zakresie lamp wyładowczych dotyczyły problemów generowania światła poprzez wyładowania w parach metali i były prowadzone zaledwie kilka dekad po odkryciu żarówki. Konstrukcje tych lamp dały później podwaliny pod rozwój lamp metalohalogenkowych.



Ryc. 2. Zależność mocy natężenia światła lampy kwarcowej od całkowitej mocy zużytej przez lampę z anodą grafitową i anodą ze stopu kadmowo-rtęciowego [2]

Po odzyskaniu przez Polskę niepodległości, M. Wolfke otrzymał polski paszport i na stałe wrócił do Polski w 1922 roku, kiedy to został mianowany profesorem Politechniki Warszawskiej i objął kierownictwo Zakładu Fizycznego [1]. W okresie międzywojennym swoją aktywność wizjonerską wykazał zarówno w aspekcie podejmowania nowatorskich kierunków badań naukowych, jak i propaństwowej aktywności organizacyjnej i społecznej. W latach 30. XX. w. zajmował się pracami naukowymi z zakresu fizyki niskich temperatur (zestalenie helu, badania nadpłynności), optyki instrumentalnej, akustyki, promieniowania podczerwonego i zagadnieniami elektronowo-próżniowymi. Działalność

ta ewaluowała z obszaru badań podstawowych do poszukiwania praktycznych zastosowań w przemyśle. Uważał, że: *tak samo jak niektóre działy fizyki czystej powstały w początkach swych z zagadnień natury technicznej, tak samo wiele dziedzin nowoczesnej techniki zawdzięcza istnienie swe odkryciom i badaniom fizyki czystej* [3].

Najdobitniej własne stanowisko w powyższej kwestii Wolfke przedstawił na forum Polskiego Towarzystwa Fizycznego (PTF) podczas VI Zjazdu Fizyków Polskich, który odbył się jesienią 1932 roku w Warszawie. Jako ówczesny prezes PTF, był zwolennikiem oddzielenia fizyki czystej nakierowanej na badanie praw natury od fizyki technicznej której główny cel widział w rozwiązywaniu bieżących problemów techniki i przemysłu. W tamtym czasie wizytował wiele instytucji naukowych w Europie (głównie w Szwajcarii, Belgii i Niemczech) i odbył wiele staży naukowych, co pozwoliło mu zauważyć, że w wielu europejskich państwach powstają instytuty badawcze nastawione na poszukiwanie obszarów zastosowań odkryć naukowych w przemyśle. Szczególnie podkreślał znaczenie fizyki w jednostkach akademickich i laboratoriach koncernów przemysłowych przytaczając wzorce Siemens, Halske, Osram w Niemczech czy też Philipsa w Holandii. Podkreślał, że w Niemczech prawie we wszystkich szkołach technicznych są zorganizowane wydziały fizyki technicznej ze specjalnymi programami studiów. Podobne szkoły powstają w Paryżu i Zurychu. Ubolewał, że: *u nas, niestety, dotychczas bardzo niewiele poczyniono w tym kierunku* [3]. Również aktualne dzisiaj jest inne jego stwierdzenie, że: *w naszym przemyśle, który na ogół pod względem pracy twórczej nie zawsze stoi na należytych poziomach i pracuje przeważnie według metod i szablonów zapożyczonych z zagranicy lub przekazanych z czasów przedwojennych, fizyka techniczna dotychczas znalazła małe zastosowanie*. I jeszcze jedno bardzo istotne spostrzeżenie aktualne również dzisiaj, że: *w żadnej może dziedzinie twórczości naukowej kontakt z zagranicą nie jest tak konieczny, jak w dzie-*



Ryc. 3. Delegacja uczestników VI Zjazdu Fizyków u Prezydenta Ignacego Mościckiego w 1932 roku [1]

dzinie twórczości fizyki technicznej, gdzie publikacje nie odzwierciedlają stanu danego zagadnienia, ale gdzie jest koniecznym zaznajomienie się z nim bezpośrednio w laboratoriach wielkiego przemysłu zagranicznego. Wyrażał też przekonanie, że badania nad zagadnieniami praktycznymi są nieraz znacznie trudniejsze niż prace czysto naukowe.

Profesor Wolfke zdefiniował czym, jego zdaniem, różni się fizyka techniczna od fizyki czystej. Podzielił ją na trzy działy:

- fizykę techniczną pomiarowo-probierczą, którą rozumiał, jako opracowanie odpowiednich metod pomiarowych do kontroli procesów wytwarzania,
- fizykę techniczną badawczą zagadnień bieżących – głównie tu wskazywał na konieczność budowy laboratoriów przystosowanych do udoskonalania procesów produkcyjnych,
- fizykę techniczną badawczo-twórczą, niezależną od bieżących potrzeb techniki, która ma być źródłem nowych pomysłów technicznych udoskonalających procesy produkcyjne i kreujących nowatorskie produkty.

Analizując ten podział z perspektywy doświadczeń współczesnego rozwoju technologicznego, doszukujemy się elementów wskazujących na kreowanie procesów innowacyjnych w gospodarce. Jest to o tyle zaskakujące, że Wolfke zauważył to już prawie sto lat temu.

W referacie wygłoszonym na zjeździe PTF w 1932 roku wybrzmiała jeszcze jedna rada: *poza współpracą fizyki technicznej z przemysłem, jednym z najważniejszych obowiązków jej w obecnej chwili jest współpraca z wojskiem w celach obrony Państwa*. Dalej stwierdza, że: *nasze wyjątkowe położenie geograficzno-polityczne nakazuje nam stać nieustannie na straży naszej integralnej niepodległości i zmusza może więcej niż wiele innych państw zachodnich do doskonalenia naszych środków obronnych*. Nic dodać, nic ująć do tego w kontekście naszej bieżącej wewnętrznej i zewnętrznej sytuacji geopolitycznej. A są obecnie kraje, np. Izrael, które wzorowo realizują wspomnianą doktrynę Mieczysława Wolfkego.

Powyższe stanowiska Profesora znajdują w pełni potwierdzenie w jego decyzjach życiowych. Katedrę fizyki prof. Wolfkego wizytowali najwyżsi przedstawiciele państwa polskiego, jak prezydent Ignacy Mościcki, ministrowie i generałowie Wojska Polskiego, z którymi ściśle współpracował. Profesor Wolfke był członkiem zespołu Tymczasowego Komitetu Doradczo-Naukowego utworzonego w 1933 roku przy II wiceministrze Spraw Wojskowych. Do zadań tego gremium należało opracowanie nowych technologii możliwych do wykorzystania w obronności kraju. Wolfke inspirował rozwój techniki raketowej i technologii obronnych w bliskiej współ-

pracy z Ministerstwem Spraw Wojskowych. Tu kompetencje jego w zakresie widzenia w ciemności czy telefonii świetlnej były wyjątkowe. Na przykład poszukiwał sposobów doskonalenia komórek fotoelektrycznych czułych na różne przedziały widma, a w szczególności na podczerwień. W roku 1938 opracował projekt rakiety przeciwlotniczej, automatycznie samokierującej się na nieprzyjacielski samolot. W projekcie tym wzięto pod uwagę, że gazy wydechowe z silnika są źródłem intensywnego promieniowania podczerwonego, które miało, według projektu Profesora, działać na komórkę fotoelektryczną sprzężoną z układem radiotechnicznym oddziałującym na stery rakiety. Jego wiedza ekspercka w zakresie techniki raketowej i misja wywiadowcza w Niemczech [4] dotycząca tej techniki, pozwoliły na wiarygodne rozpoznanie zagrożeń dla Polski w okresie poprzedzającym II Wojnę Światową. Szczególnie niepokoiły go badania prowadzone w Niemczech, których celem była konstrukcja bomby atomowej. Stąd jego prace na temat neutrina, promieni kosmicznych i bomby atomowej. W wydanej w 1945 roku książeczce *Bomba atomowa* pisał [5]: *Już w maju 1939 roku na podstawie podanego w czasopiśmie naukowych materiału, byłem w stanie przewidzieć możliwości zastosowania energii atomowej do celów wojennych i obliczyć niszczycielską siłę jej działania. Na temat ten opublikowałem w „Polsce Zbrojnej” artykuł pt. „Eksplodują atomy”, w którym zwracałem uwagę naszego społeczeństwa na groźne możliwości bomby atomowej. Wspólnie z naszym znakomitym balistyką płk. Felsztynem obliczyliśmy, że 1 kilogramowa bomba uranowa działa bezwzględnie niszcząco w promieniu 20 km.... Po zakończeniu okupacji niemieckiej opublikowałem na ten temat w lutym 1945 roku artykuł pt. „Najpotężniejszy materiał wybuchowy przyszłości”; w maju tegoż roku przemawiałem publicznie o konieczności kontroli nauki niemieckiej ze względu na tę straszliwą broń. W czerwcu b. roku nawiązałem do tego tematu w artykule w „Nowej Epoce” pt. „Niebezpieczeństwo Nauki”. Toteż gdy prasa podała w pierwszych dniach sierpnia sensacyjną wiadomość o pierwszej bombie atomowej rzuconej na Japonię, nie było to dla mnie żadną niespodzianką i dziwiłem się tylko, że to tak późno nastąpiło.*

Podsumowując powyższe fakty i konsekwencje działalności Mieczysława Wolfkego mogę stwierdzić, że doskonale zdawał sobie sprawę ze znaczenia nauki w życiu społeczno-gospodarczym państwa i jest prekursorem kierunku studiów *fizyka techniczna* w Polsce. Do tematu fizyki technicznej i kształcenia fizyków technicznych powracali także inni, współcześni Wolfkemu fizycy. Wielkimi zwolennikami tej idei byli Aleksander Jabłoński i Waław Dziewulski, który dążył do utworzenia Instytutu Fizyczno-Technicznego, a także organizując w 1938 roku IX Zjazd PTF w Wilnie, umieścić

w jego programie sesję Fizyka techniczna [6]. Niestety, prof. Dziewulski zmarł tuż przed Zjazdem, a wybuch wojny przekreślił powstanie takiego Instytutu. Po wojnie, w roku 1949, z inicjatywy prof. Wacława Szymanowskiego na Politechnice Warszawskiej podjęto próbę powołania Głównego Instytutu Fizyki Technicznej (GIFT), jako realizacji testamentu prof. Wolfkego. Okazało się jednak, że instytucja przetrwała jedynie dwa lata i rozpadła się z powodów organizacyjnych i ze względu na ubóstwo środków finansowych w trudnym okresie powojennej odbudowy kraju [6]. Dopiero w latach 60. XX w. na polskich uczelniach zaczęły powstawać kierunki studiów fizyki technicznej. Obecnie tego typu studia są kontynuowane w dziesięciu politechnikach.

Refleksje na temat dalszych losów fizyki technicznej oraz innowacyjności w Polsce

Inicjatorem utworzenia w Polsce kierunku nauczania fizyka techniczna był w 1962 roku prof. Sylwester Kaliski, późniejszy generał, Komendant/Rektor WAT, a także minister NiSW (1974-1978). Była to pierwsza, skuteczna próba utworzenia tego kierunku studiów w powojennej Polsce. Niewątpliwie ta skuteczność wynikała z połączenia charyzmy Profesora, już ugruntowanej pozycji naukowej (członek Polskiej Akademii Nauk) i mocy sprawczej generała brygady. Ten kierunek studiów realizowano na nowo powołanym Wydziale Chemii i Fizyki Technicznej, w skład którego wchodził także Wydział Chemii Wojskowej utworzony w 1959. Ten ostatni składał się z funkcjonujących już uprzednio katedr: Obrony Przeciwiatomowej, Materiałów Wybuchowych i Paliw oraz Obrony Przeciwichemicznej.

Od momentu utworzenia kierunku fizyka techniczna w WAT, kształcono studentów w takich specjalnościach, jak: fizyka i elektronika ciała stałego, fizyka jądrowa i elektronika kwantowa, a nieco później wprowadzono specjalności: fizyka plazmy, fizyka promieniowania elektromagnetycznego, fizyka metali i fizyka wybuchu.

Rekrutacja na kierunek fizyka techniczna odbywała się w sposób odmienny od przyjętego wówczas w WAT. Po pierwszym semestrze dla najlepszych studentów organizowano konkurs, w wyniku którego najlepsi z najlepszych byli zakwalifikowani na kierunek fizyka techniczna. W pamięci utkwiło mi pierwsze spotkanie z prof. Sylwestrem Kaliskim, na którym powiedział: *dostaniecie solidnie w kość, ale kto wytrwa ten wygra bardzo dużo. Kariera naukowa przed wami*. Z tamtego okresu pamiętam seminaria z udziałem Profesora, na których prezentował wizje nowych kierunków naukowych. Jego charyzma miała duży wpływ na mnie, imponował mi pasją dociekania. Wtedy, a było to początek 1967, do mediów przenikały osiągnięcia naukowców WAT takie jak pierwsze

konstrukcje laserowe, komputery analogowe, a później prace nad syntezą termojądrową. W przestrzeni medialnej krąży wiele legend i mitów o działalności prof. Kaliskiego i w zasadzie nie ma chętnych do ich dementowania (zwykle o zmarłych wypowiadamy się pozytywnie). Wyraźniej przebijają się wątki sensacyjne, w dużej części nieudokumentowane. Akurat obecnie wypłynęły one w serialu kryminalnym *Pajęczyna* oraz w filmie fabularnym *Gierek*.

Godnym podkreślenia jest to, że na przełomie lat 60. i 70. XX w. WAT stał się jedną z głównych instytucji naukowych w Polsce koordynujących strategiczne programy rządowe. To prof. Kaliski rozpoczął dzieło tworzenia akademickiego kampusu nowego formatu, żeby przyciągnąć do uczelni najlepszych naukowców i studentów. Piętno jego działania odczuwamy do dnia dzisiejszego. Już w tamtym czasie docenił znaczenie nauk technicznych w rozwoju innowacyjnej gospodarki i rozwijał nowe kierunki badań, jak np. elektronofonika.

Ponad 30 lat temu na Wydziale Chemii i Fizyki Technicznej pracowali nauczyciele akademicy, którzy trafnie rozumieli innowacyjność. Wśród nas był prof. Józef Piotrowski, którego działalność naukowa jest przykładem trudnej w realizacji synergii nauki i innowacyjności. Jest jednym z założycieli firmy Vigo System, spółki giełdowej, dobrze rozpoznawalnej na rynku globalnym. Inicjatorem utworzenia tej firmy był dr Wiesław Galus, mój kolega z grupy studenckiej fizyki technicznej (1966-1972). Trzecią osobą, która miała aktywny udział w powstaniu Vigo był dr Mirosław Grudzień, również absolwent fizyki technicznej. Ja, choć byłem namawiany przez kolegów na podjęcie pracy w tej firmie, nie zdecydowałem się na ten krok. Lepiej czułem się w pracy naukowej na uczelni. Przez prawie 15 lat kierowałem Zakładem Fizyki Ciała Stałego, jak również Instytutem Fizyki Technicznej. Zakład ten prawie trzydzieści lat współpracuje z Vigo System (efektywna współpraca naukowa, grantowa i inwestycyjna). Byłem inicjatorem utworzenia wspólnego laboratorium technologicznego WAT-Vigo, w skład którego wchodzi dwa zaawansowane stanowiska do epitaksji półprzewodników z wiązek metalorganicznych (HgCdTe) i z wiązek molekularnych (supersieci II. typu z InAs/GaSb i InAs/InAsSb). Dzięki tej współpracy staliśmy się partnerami najlepszych zespołów badawczych na świecie. Stworzyliśmy warunki do pracy naukowej porównywalne z oferowanymi przez naszych odpowiedników za granicą. Nasi studenci odbywają praktyki a doktoranci znajdują zatrudnienie w Vigo. Mogę pozwolić sobie na stwierdzenie, że stanowimy w Polsce wyjątkowy przykład współpracy naukowego zespołu akademickiego z innowacyjną firmą *high-tech*. Taki układ wymusza wysoki poziom prowadzonych prac naukowych, co sprzyja również spełnieniu moich własnych ambicji naukowych.

Na koniec kilka moich osobistych uwag na temat współcześnie rozumianej innowacyjności. W latach szkolnych wpajano mi do głowy, że Średniowiecze to raczej ponury okres w rozwoju cywilizacji człowieka, a wszystkiemu był winien Kościół katolicki. A przecież idea uniwersytetu pojawiła się właśnie w okresie Średniowiecza, głównie z inspiracji Kościoła. Wszystko zaczęło się od edukacyjnego boomu na przełomie XII i XIII wieku. Od tamtych czasów przeszliśmy długą drogę, a rozwój uniwersytetów w pewnym tylko stopniu odzwierciedla ekspansję nauki, jaka później nastąpiła. Struktury organizacyjne uniwersytetu nie nadążały za gwałtownym rozwojem nauki, co w konsekwencji wymusiło powstawanie różnych akademii i towarzystw naukowych, a w ostatnich dziesięcioleciach również rozmaitych instytutów badawczych [7].

Zauważmy też, że edukacja i badania naukowe nie zawsze szły w parze, a obecnie mamy zarysowaną się tendencję wyraźnego ich oddzielania od siebie. Struktury uniwersytetu uległy daleko idącej ewolucji organizacyjnej, zmieniły się strategie działania, jak również zapotrzebowanie społeczne. Często zastanawiam się, czy nie za bardzo odeszliśmy od założycielskiej idei uniwersytetu. Uważam jednak, że przynajmniej część uczelni politechnicznych w Polsce stara się kontynuować tę ideę. Inną kwestią pozostaje pytanie, czy robi to skutecznie?

Prawie pół wieku pracuję jako nauczyciel akademicki i mam już wystarczająco duże doświadczenie zawodowe, aby wypowiadać się o ewolucji polskiego systemu szkolnictwa wyższego. Zauważmy, że w ostatnim trzydziestoleciu po każdej reformie podstawowego i średniego nauczania, pierwszy rok studiów rozpoczynają coraz gorzej przygotowani studenci. Taka sytuacja jest właśnie wynikiem wprowadzania tych reform! Mamy więc poważny problem; jak zapewnić zdolnym i pracowitym studentom start na studiach w sytuacji, kiedy średnia szkoła takiego przygotowania nie daje. Amerykanie wynaleźli system dwuletnich szkół (*college*) pomiędzy szkołą średnią a studiami uniwersyteckimi [7]. Część środowiska akademickiego tłumaczy, że obecnie obowiązujący system studiów dwustopniowych (I stopień – studia inżynierskie/licencjackie, II stopień – studia magisterskie) zapewnia wysoką jakość kształcenia wyższego. Mnie to nie przekonuje. W praktyce wykształcenie inżynierskie/licencjackie nie jest wykształceniem wyższym, lecz jedynie półwyższym i w zasadzie spełnia jedynie zadanie upowszechnienia wykształcenia wyższego. W konsekwencji prowadzi to do obniżenia poziomu studiów. Uważam, że nie wolno nam zamieniać wyższych uczelni na instytucje produkujące rzesze niedouczonej absolwentów, których dyplomy nie mają pokrycia w ich wiedzy. Wyrządza się w ten sposób krzywdę i tym młodym ludziom i społeczeństwu. Sama nauka, ze swej istoty, nie jest demokratyczna. Nauka

jest elitarna, czego nie doceniono w kilku ostatnich próbach reform uniwersytetów technicznych. Jeżeli o tym się zapomina, droga do bylejakości staje się otworem. Największy udział w zdobywaniu nowej wiedzy wnoszą wybitne jednostki i to o nie trzeba szczególnie dbać.

Jak dotychczas, w Polsce wciąż mamy kłopoty z udrożnieniem ścieżki „od nauki do innowacji”. Wszystkie próby reformy szkolnictwa wyższego podjęte po 1989 roku miały między innymi na celu stworzenie warunków do poprawy innowacyjności gospodarki, a kluczem to tego celu jest lepsze sprzężenie osiągnięć naukowych z gospodarką. Sądziłem, że ostatnia reforma ministra Gowina nazwana „na wyrost” *Konstytucją dla Nauki*, sprzyjać będzie tym oczekiwaniom. Obecnie już można stwierdzić, że tych oczekiwań raczej nie spełni.

Pomimo przekonujących przykładów sukcesów rozwoju gospodarek innowacyjnych w wielu krajach świata zachodniego i Azji, w Polsce mamy niekiedy przykłady opacznego rozumienia tego związku. Zastanówmy się bliżej nad tym. Przemysł i nauka „potrzebują” nieustannego dopływu nowej wiedzy, ale w zupełnie innych celach. Przemysł w celu unowocześnienia produkcji i zwiększenia zysków, a zespoły naukowe uczelni dla podnoszenia poziomu kształcenia studentów i własnego awansu naukowego. Najcenniejszą wizytówką uczelni jest wysoka jakość kształcenia – jej studenci. Naukowcy w laboratoriach uczelnianych tworzą co najwyżej pojedyncze „klocki Lego”, które nie mają wartości komercyjnej. Nie wystarczy genialny produkt, trzeba też spełnić inne kryteria, np. mieć sieć sprzedaży na świecie. Dziś jest łatwiej coś wyprodukować, niż sprzedać. Dlatego przyjmując „innowacyjność” jako „zamianę wiedzy na pieniądze” (to definicja Guntera Verheugena – byłego komisarza UE ds. rozwoju przemysłu), cała infrastruktura innowacyjna powinna być przenoszona poza uczelnie – do środowisk, które lepiej znają rynek, wiedzą czego potrzebują klienci i mają głęboką wiedzę o organizacji i zarządzaniu.

Literatura

- [1] Petelczyc K., Kędzińska E., *Mieczysław Wolfke. Gdyby mi dali choć pół miliona...* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018.
- [2] Wofke M., „Nowa lampa kwarcowa o białym świetle” *Przegląd Techniczny* 52 (16), 225-227 (1913).
- [3] Wolfke M., „Fizyka a technika” *Nauka Polska*, 17, 149-155 (1933).
- [4] Komuda L., „Tajna misja profesora Wolfke” *Kierunki* 3, 9-10 (1973).
- [5] Wolfke M., *Bomba atomowa* Nasza Księgarnia, Warszawa 1945.
- [6] Garbarczyk J., „Polskie Towarzystwo Fizyczne w Warszawie” *Postępy Fizyki* 71 (4), 50-76 (2020).
- [7] Heller M., „Idea uniwersytetu”, *PAUza Akademicka* 169 (2012).

Gwiazda Polski – ambitny projekt z udziałem Wolfkego

Jerzy Jarosz*

Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego

Abstrakt. Artykuł poświęcony jest historii zdobywania i badań stratosfery, które często przebiegały nad wyraz dramatycznie. Na tym tle pokazany jest niezwykle ambitny projekt badań, którym kierował profesor Mieczysław Wolfke, a któremu miała służyć Gwiazda Polski – największy stratostat (balon stratosferyczny) świata.

Słowa kluczowe: stratosfera, stratostat, balony, promieniowanie kosmiczne

Abstract. The article is devoted to the history of the conquest and research of the stratosphere, which was often extremely dramatic. Against the background of this story, an extremely ambitious research project led by Professor Mieczysław Wolfke, and which was to be served by the Star of Poland – the world's largest stratostat is shown.

Keywords: stratosphere, stratostat, balloons, cosmic rays

Niezwykłe dokonania, ogrom pracy naukowej i badawczej oraz multum tematów i projektów, którymi zajmował się prof. Mieczysław Wolfke, doskonale ilustruje jego pamiętnik [1], zawierający setki lakonicznych zapisów przyporządkowanych kolejnym latom.

W notatkach dotyczących roku 1937 widnieje zdanie: *Zostałem obrany prezesem Rady Naukowej Pierwszego Polskiego Lotu Stratosferycznego.*

Za tym jednym zdaniem kryje się niezwykła historia Gwiazdy Polski – największego na świecie balonu stratosferycznego, projektu o którym było głośno nie tylko w świecie naukowym i któremu opinia publiczna w Polsce i na świecie poświęcała sporo uwagi.

Powstanie tego ambitnego projektu wiąże się ściśle z wcześniejszymi, często dramatycznymi wydarzeniami, których część podsumowana jest jeszcze krótszym zapisem w pamiętniku Wolfkego z roku 1935: *Urządziłem odczyt Piccarda w moim audytorium.*

Mowa tu o Augustie Piccardzie, szwajcarskim fizyku i wynalazcy, znanym już wówczas z pionierskich, rekordowych lotów balonem do stratosfery¹.

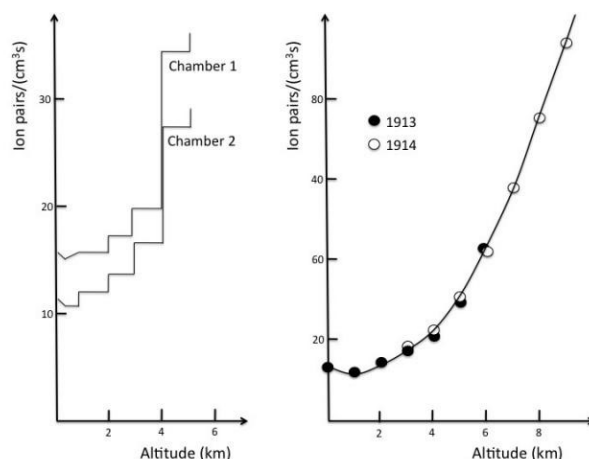
Wolfke i Piccard znali się doskonale z lat wcześniejszych, gdy obaj prowadzili wykłady z fizyki na ETH w Zurychu. W tym też czasie rozwinęły się zainteresowania Piccarda badaniem promieniowania kosmicznego, co stało się głównym celem jego późniejszych wypraw do stratosfery.

*ORCID 0000-0003-0942-5868

1. W latach powojennych Piccard wstąpił się również jako konstruktor batyskafu i badacz głębin Morza Śródziemnego. W skonstruowanym przez Piccarda batyskafie Trieste, jego syn Jacques dokonał słynnego zejścia na dno Rowu Mariańskiego w 1960.

O istnieniu promieniowania pochodzącego spoza Ziemi wiedzano od niedawna. Stało się ono obiektem badań od momentu nieoczekiwanego odkrycia wzrostu jonizacji powietrza na wyższych wysokościach. Pierwszym, który to zauważył, był austriacki fizyk Victor Hess, dokonujący w 1912 pomiarów w czasie lotu balonem na wysokość 5 000 m. Wyniki te zostały potwierdzone badaniami prowadzonymi przez Wernera Kolhörstera, który wznosząc się balonem 28.06.1914 na wysokość 9 300 m wykazał, że jonizacja na tych wysokościach nadal wzrasta i jednoznacznie powiązał to zjawisko z wpływem nieznanego, bardzo przenikliwego promieniowania docierającego z zewnątrz do atmosfery ziemskiej.

Lot Kolhörstera odbył się tego samego dnia, w którym w Sarajewie doszło do zamachu na arcyksięcia Franciszka Ferdynanda. Wybuch I wojny światowej, będący konsekwencją tego wydarzenia, przerwał dalsze badania stratosfery.



Ryc. 1. Porównanie wzrostu jonizacji z wysokością na podstawie pomiarów Hessa (1913) i Kolhörstera (1914) [2]

Podjęte ponownie w latach dwudziestych badania niosły ze sobą spore ryzyko. Stratosfera była „ziemią nieznaną”. Loty na coraz wyższe wysokości, niskie ciśnienie, rozrzedzone powietrze, niedobory tlenu i niskie temperatury stwarzały poważne zagrożenie dla załóg używających otwartych koszy balonowych. Po zastosowaniu hermetycznych gondoli i osiągnięciu stratosfery okazało się, że również opanowanie samej techniki lotów stanowi nie lada wyzwanie. Zdobywano dopiero doświadczenie w lotach stratosferycznych i wiele z nich odbywało się na granicy bezpieczeństwa, a duża część zakończyła się katastrofą.

Aby to lepiej zrozumieć, warto przypomnieć historię kilku wcześniejszych dramatycznych lotów. Jednym z pierwszych badaczy prowadzących obserwacje naukowe z wykorzystaniem balonu był angielski meteorolog i astronom James Glaisher, który wraz z ekspertem balonowym Henry Coxwellem odbył wiele lotów i dokonał ważnych obserwacji związanych z naturalnymi czynnikami wpływającymi na pogodę. Był to też pierwszy zespół, który zbliżył się do stratosfery, a być może nawet osiągnął jej dolne warstwy, wznosząc się w 1862 na wysokość co najmniej 8 800 m. Był to ostatni odczyt barometru dokonany przez Glaishera, ale balon prawdopodobnie wzniósł się jeszcze wyżej na wysokość około 11 000 m [3].



Ryc. 2. James Glaisher i Henry Coxwell z aparaturą w wiklinowym koszu balonu. Kotwicy używano przy lądowaniu, aby uniknąć wleczenia i rozbicia kosza [4]

Wyczyn ten o mały włos nie skończył się śmiercią załogi. Glaisher i Coxwell wyruszyli w nieznaną ciepło ubrani, zabierając ze sobą 6 gołębi, które miały przynieść informacje na ziemię. Balon wznosił się bardzo szybko w niekontrolowany sposób. Glaisher wspominał później, że trzeci gołąb wyrzucony z kosza na wysokości około 5 mil spadł w dół jak kamień. Zimno, brak tlenu i gwałtownie spadające ciśnienie powodowały coraz wyraźniejszą utratę świadomości Glaishera. Aby wrócić na

ziemię, konieczne było wypuszczenie części wodoru, jednak linka zwalnająca wentyl zaplątała się. Coxwell, który utracił już czucie w rękach, musiał wyjść z kosza, żeby otworzyć zawór, czego w końcu dokonał ciągnąc linkę zębami. Gdy balon opadł niżej, Glaisher odzyskał świadomość i nadal obserwował instrumenty robiąc notatki. Lądowanie odbyło się szczęśliwie.

Loty wysokościowe do lat 30. XX w. nadal odbywały się w otwartych koszach. Przełom miał nastąpić dopiero w 1927 po tragicznym locie Hawthorne'a Graya, kapitana armii amerykańskiej, który po starannych przygotowaniach wzniósł się na wysokość 12 900 m zaopatrzony w aparat tlenowy, elektryczne grzejniki i odbiornik radiowy. Jego zapiski wskazują na szybko pogarszające się samopoczucie. Mimo to Grayowi udało się wypuścić część wodoru i rozpocząć powrót, jednak na skutek wychłodzenia, zbyt rozrzedzonego powietrza i wyczerpania zapasów tlenu Gray zmarł zanim balon powrócił na ziemię.

Dopiero ten wypadek uświadomił badaczom, jak niebezpieczne skutki może pociągać dłuższe przebywanie w rozrzedzonym powietrzu.

Pierwszym lotem stratosferycznym zakończonym sukcesem była wyprawa zorganizowana przez Auguste'a Piccarda, który użył w tym celu specjalnie zaprojektowanej hermetycznej gondoli. Lot ten również obfitował w wiele nieprzewidzianych zdarzeń. Pierwszy start przerwano ze względu na złe warunki atmosferyczne i ostatecznie Piccard w towarzystwie swojego asystenta Pawła Kipfera wystartował dopiero kilka miesięcy później w maju 1931. Pogoda również nie była najlepsza, podczas transportu na miejsce startu wiatr zrzucił gondolę na ziemię i uległa ona niewielkiemu uszkodzeniu. Rozbił się również jeden z przyrządów pomiarowych. W czasie startu trzeba było użyć dodatkowych lin przytrzymujących balon i jedna z nich zablokowała linkę uruchamiającą klapę do upuszczania wodoru z balonu, o czym załoga nie wiedziała. W gondoli pozostał też otwór, do którego miał być zamontowany rozbity przyrząd. Na szczęście szybko po starcie został wykryty i Piccardowi udało się go zatkać pakułami z wazeliną.

Balon wzniósł się na wysokość 15 781 m mając wciąż jeszcze 430 kg balastu. Nie zdecydowano się jednak na lot na większą wysokość, aby zachować balast na wypadek niekontrolowanego otwarcia kłapy i koniecznego spowalniania opadania. Linka kłapy ostatecznie uległa zerwaniu i załoga nie mogąc upuścić wodoru została uwięziona w stratosferze. Nie sprawdzil się też sposób regulowania temperatury w gondoli. Została ona pomalowana z jednej strony na biało, z drugiej na czarno, a specjalne zewnętrzne śmigło miało, w miarę potrzeb, obracać gondolę odpowiednią stroną do słońca. Śmigło działało, ale w rozrzedzonym powietrzu nie było w stanie obracać gon-

doli i ustawiła się ona przypadkowo. W związku z tym załoga cierpiała na zmianę na przenikliwy chłód albo dochodzący do 41°C nieznosny upał. Dopiero przed zachodem słońca czasza balonu uległa ochłodzeniu i balon zaczął opadać. Lądowanie nastąpiło w Tyrolu na wysokości 2 800 m n.p.m., a balon został odnaleziony dopiero następnego dnia.

Lot ten nie przyniósł żadnych rezultatów naukowych, jednak zebrane doświadczenia zaowocowały w następnym roku sukcesem kolejnego lotu, w którym Piccard wzniósł się na wysokość 16 200 m. Pobrano wiele próbek powietrza, zarejestrowano promieniowanie kosmiczne i dokonano wielu obserwacji. Jedynie pomalowanie gondoli, tym razem w całości na białą, znów okazało się nietrafione. Temperatura wewnątrz gondoli wynosiła około -12°C i całe wnętrze pokryło się grubą warstwą szronu.

Drugi lot Piccarda zapoczątkował całą serię lotów badawczych na coraz wyższe wysokości, realizowanych w następnych latach w różnych krajach i z różnym powodzeniem.

Już rok później odbyły się kolejne dwa loty na rekordowe wysokości, które dostarczyły wielu danych dotyczących struktury stratosfery, promieniowania ultrafioletowego i kosmicznego oraz wilgotności, jonizacji i składu powietrza na dużych wysokościach.

Pierwszym z nich był lot radzieckiego balonu USSR, największego ze wszystkich dotychczasowych. Balon, wykonany w zakładach lotniczych ministerstwa wojny, 30.09.1933 wzbił się na wysokość 18 500 m ustanawiając rekord wysokości. Lot przebiegł bez zakłóceń. Komunikację utrzymywano drogą radiową. Zebrano wiele wartościowych danych.

Rekord utrzymał się jednak tylko do 20.11.1933, gdy znacznie mniejszy amerykański balon Century of Progress osiągnął wysokość 18 665 m. Tym razem gondola pomalowana była w dolnej części na czarno, a w górnej na białą, co okazało się dobrym rozwiązaniem i temperatura wewnątrz utrzymywała się na poziomie 25°C. Oprócz bogatego wyposażenia w aparaturę pomiarową i w sprzęt nawigacyjny, załozie zapewniono łączność radiową, wyposażono gondolę w pochłaniacze dwutlenku węgla, aparaty do oddychania i zapas skroplonego tlenu. Lot zakończył się pełnym sukcesem. Dokonano wielu obserwacji i pomiarów zbierając dużą ilość nowych danych.

Następny, 1934 rok obfitował w kolejne wyprawy i dramatyczne wydarzenia. Już w styczniu wystartował drugi radziecki balon Ossoawiachim 2. Wprowadzono w nim dużo ulepszeń i zmian konstrukcyjnych, zastosowano nowy rodzaj powłoki z gumowanej tkaniny, wykonano bardzo lekką, stalową gondolę i systemy szybkiego uwalniania balastu. Wyprawę wyposażono w ogromną ilość zautomatyzowanej aparatury badawczej, w tym komorę

Wilsona i spektrograf, zapewniono także możliwość wykonywania zdjęć w podczerwieni. Balon miał osiągnąć wysokość ponad dwudziestu kilometrów. Gondola była wyposażona we własny spadochron, także każdy z trzech członków załogi został przeszkolony i wyposażony w spadochron indywidualny. Po starcie z lotniska w Moskwie wznoszenie przebiegało planowo, wykonano bardzo dużo pomiarów i obserwacji. Po osiągnięciu wysokości około 20 000 m załoga zameldowała, że zaczyna obniżać lot. Był to ostatni nawiązany kontakt. Balon i szczątki roztrzaskanej gondoli odnaleziono dopiero następnego dnia około 240 km od miejsca startu. Z zapisów przyrządów wynikało, że obniżanie lotu następowało zbyt szybko. Na wysokości 12 000 m nastąpiło gwałtowne przyspieszenie prędkości spadku. Prawdopodobnie było to spowodowane pęknięciem kilku lin utrzymujących gondolę, zachwianiem równowagi balonu i w rezultacie oderwaniem się gondoli.

Komisja badająca przyczyny wypadku ustaliła, że był on spowodowany błędem załogi i zrzućeniem zbyt dużej ilości balastu przy wznoszeniu, którego zabrakło później dla spowalniania opadania balonu. Utrata części gazu towarzysząca całkowitemu wypełnieniu powłoki w stratosferze, dodatkowe wypuszczenie części gazu konieczne, aby obniżyć lot balonu, a następnie zmniejszanie się jego objętości w wyniku wzrastającego ciśnienia powoduje rosnące przyspieszenie balonu, które można skompensować jedynie wyrzuceniem balastu. Brak balastu w takiej sytuacji oznacza nieuniknioną katastrofę. Dodatkowy wzrost przyspieszenia mógł być też spowodowany utworzeniem się lodu na powłoce balonu po zbyt szybkim przejściu przez tropopauzę i wejściu do troposfery. Analiza zapisów przyrządów wskazała, że Ossoawiachim 2 osiągnął wysokość 22 000 m.

Kolejny lot, mimo jeszcze bardziej starannego przygotowania, miał również niezwykle dramatyczny przebieg. Tym razem chodziło o zabranie jak największej ilości aparatury pomiarowej, co wymagało zaprojektowania dużo większej gondoli, a tym samym dużo większego balonu. Trzykrotnie większy od Ossoawiachima 2 amerykański balon Explorer 1 wystartował z kotliny w południowej Dakocie po bardzo drobiazgowych przygotowaniach. Wyposażono go we wszystkie możliwe udogodnienia i zabezpieczenia oraz zaczękano na idealne warunki pogodowe. Trzyosobowa załoga dokonywała ogromnej ilości pomiarów i obserwacji. Na wysokości 12 200 m zatrzymano wznoszenie i pozostawano na tej wysokości przez 1,5 godziny, dokonując ściśle zaplanowanych prac i pomiarów promieniowania. Był to ewenement niespotykany w dotychczasowych lotach. W czasie dalszego wznoszenia, na wysokości 18 300 m nieoczekiwanie nastąpiło rozdarcie dolnej części powłoki balonu. Rozpoczęto obniżanie lotu, nie rezygnując z wykonywania dalszych pomiarów. Gon-

dola była wyposażona we własny spadochron, podobnie jak wszyscy trzej członkowie załogi. Balon opadał coraz szybciej i na wysokości 6 100 m załoga otworzyła włązy gondoli i wydostała się na zewnątrz. Dolna część powłoki była pełna powiększających się pęknięć. Wyrzucono na spadochronie spektrograf. W pewnym momencie pojawiła się iskra, która doprowadziła do zapalenia wodoru i balon został zniszczony. Załoga ratowała się wyskakując ze spadochronami. Ostatni z załogi, Albert Stevens zdołał wyskoczyć dosłownie na moment przed uderzeniem gondoli o ziemię [5].

W 1934 roku odbyły się jeszcze dwa loty do stratosfery: Maxa Cosynsa, asystenta Auguste'a Piccarda oraz Jana Piccarda, brata bliźniaka Auguste'a wraz z żoną Jeanette Piccard. Loty przebiegły planowo, osiągnięto wysokości 16 250 m (Cosyns) i 17 550 m (Piccard).

Oba przedsięwzięcia poświęcone były badaniom promieniowania kosmicznego. Celem lotu Cosynsa było badanie wpływu ziemskiego pola magnetycznego na promieniowanie kosmiczne, a celem lotu Jana Piccarda była kontynuacja badań Auguste'a Piccarda nad promieniowaniem, prowadzonych we współpracy z noblistą Arturem H. Comptonem.

Prawdziwie przełomowym sukcesem okazał się drugi, rekordowy lot Stevensa balonem Explorer II, do którego doszło w listopadzie 1935. Tym razem po raz pierwszy do wypełnienia balonu zdecydowano się użyć helu. Objętość balonu wynosiła aż 105 000 m³, a średnica, po całkowitym wypełnieniu, wynosiła 58,5 m. Explorer II zabrał ze sobą około tony instrumentów pomiarowych, które działały niezawodnie podczas całego lotu i wznosił się na rekordową wysokość 22 066 m. Oprócz pomiarów wielkości fizycznych, badano też wpływ promieniowania kosmicznego na organizmy żywe oraz obecność drobnoustrojów w górnych warstwach stratosfery. Wszystkie mechanizmy utrzymania odpowiednich warunków w gondoli, dostarczania tlenu i pochłaniania dwutlenku węgla, absorbowania pary wodnej i utrzymania temperatury działały poprawnie i cała podróż przebiegła w warunkach nieomal komfortowych. Gondola pomalowana na czarno i białą, tak jak poprzednio, nie nagrzewała się ani nie wyziębiała nadmiernie. Załoga cały czas miała doskonałą łączność radiową z bazą na ziemi. Obliczenia dotyczące zachowania balastu w ilości koniecznej do bezpiecznego powrotu okazały się prawidłowe. Explorer II osiągnął maksymalny przewidziany pułap i bezpiecznie powrócił na Ziemię. Droga do stratosfery została otwarta.

Wspomniany na początku odczyt Piccarda zorganizowany przez Wolfkego w maju 1935 w Auditorium Fizyki Politechniki Warszawskiej był momentem, który połączył kilka wątków i zaważył na późniejszych wydarzeniach.



Ryc. 3. Gondola balonu Alberta Stevensa Explorer II [6]

W owym czasie Wolfke, obok prac związanych z organizacją laboratorium niskich temperatur, zajmował się także zagadnieniami fizyki elementarnych cząstek materii, promieniowaniem kosmicznym, prowadził badania za pomocą komory Wilsona i pracował nad hipotezą neutrina.

Zaproszenie Piccarda, szeroko znanego już wówczas fizyka, wynalazcy i zdobywcy stratosfery do wygłoszenia odczytu w Warszawskim Oddziale Polskiego Towarzystwa Fizycznego odpowiadało nie tylko na wielkie zainteresowanie społeczne, jakim cieszyły się wyprawy balonowe do stratosfery, odzwierciedlało zainteresowania samego Wolfkego, niezależnie od piastowanej wówczas przez niego funkcji prezesa tego Oddziału.

Piccard z kolei poszukiwał nowych rozwiązań i technologii, które mogłyby mu pomóc w udoskonaleniu balonu. Zależało mu na wizycie i podjęciu współpracy z Wytwórnią Balonów i Spadochronów w Legionowie, która w owym czasie cieszyła się już światową renomą.

Polscy piloci korzystając z balonów produkcji WBS w Legionowie odnosili kolejne zwycięstwa w międzynarodowych zawodach, w tym także w zawodach Pucharu im. Gordona Bennetta. W 23. zawodach, które odbyły się w 1935 roku w Warszawie, polscy piloci zajęli pierwsze (kpt. Z. Burzyński i por. W. Wysocki na balonie

Polonia II), drugie (kpt. A. Janusz i por. I. Wawszczak na balonie Warszawa II) i piąte miejsce (kpt. F. Hynek i kpt. W. Pomaski na balonie Kościuszko). Było to już drugie zwycięstwo Burzyńskiego i trzecie, kolejne zwycięstwo reprezentacji Polski w Pucharze Bennetta. W rezultacie IV Puchar Gordona Bennetta przypadł Aeroklubowi Polskiemu na własność, a loty balonowe zyskały w Polsce wielką popularność.

Wizyta Piccarda w Polsce od początku budziła duże zainteresowanie. Na jego wykładzie obecnych było wiele osobistości ówczesnej Polski włącznie z prezydentem Ignacym Mościckim, przedstawicielami dyplomacji i wysokimi rangą przedstawicielami środowisk wojskowych.

Na Polu Mokotowskim odbył się nawet pokaz lotu balonem Zurich III z udziałem Piccarda, znanego pilota balonowego Ericha Tilgenkampa i kilku polskich oficerów.

Większość lotów wysokościowych i stratosferycznych w owym czasie związana była w znacznej części z badaniami promieniowania kosmicznego.

W Polsce na początku lat 30. tematyką tą zajmował się prof. Stanisław Ziemecki². W 1933 zaplanował pomiary mające wyjaśnić występowanie efektu oddziaływania ziemskiego pola magnetycznego na promieniowanie kosmiczne, tak zwanego zjawiska szerokościowego. Pomiary wykonywano w czasie polskiej wyprawy w Andy, którą prowadził jego asystent Konstanty Jodko-Narkiewicz. Ziemecki badał również pochłanianie promieni kosmicznych w soli, prowadząc prace w kopalni soli w Wapnie. Rozpoczął też badania podczas lotów balonowych. Załogę stanowili wspomniani już pilot balonowy Zbigniew Burzyński i fizyk prowadzący obserwacje naukowe Konstanty Jodko-Narkiewicz. W czasie jednego z lotów badawczych balonem Warszawa II w 1936 Burzyński z Jodko-Narkiewiczem ustanowili nowy rekord świata wysokości lotu balonów klasy A-9 (pojemność do 4000 m³), który nie został pobity przez kolejnych 26 lat.

W listopadzie tego samego roku odbył się opisany wcześniej słynny lot Explorera II zakończony spektakularnym sukcesem, który dostarczył ogrom materiału naukowego, ustanowił rekord wysokości i otworzył drogę do dalszych badań stratosfery.

Włączenie się Polski do tych badań było tylko kwestią czasu. Impulsem, który zapoczątkował ten proces, stało się wystąpienie senatora Janusza Jagrym-Maleszewskiego na forum Ligi Obrony Powietrznej i Przeciwgazowej, w którym zaproponował podjęcie kroków w celu zorganizowania polskiego lotu do stratosfery. Patronat nad projektem objął Inspektor Armii gen. broni

Kazimierz Sosnkowski. Bardzo szybko powołano Komitet Organizacyjny, na czele którego stanął gen. dyw. Leon Berbecki. Oczywistym wyborem było zaproszenie Wolfkego do pokierowania Radą Naukową, która miała opracować program badań i zapewnić odpowiednią aparaturę.

W skład Rady Naukowej I Polskiego Lotu Stratosferycznego oprócz Wolfkego weszli jeszcze fizycy: Szczepan Szczeniowski, Mieczysław Jeżewski, Jan Blaton, Konstanty Jodko-Narkiewicz, kierownik katedry Mechaniki Politechniki Warszawskiej Maksymilian Huber, biolog Kazimierz Bassalik, chemik Kazimierz Smoleński, geodeta Edward Warchałowski, aerodynamik Czesław Witoszyński oraz Stanisław Mazurek kierownik Wojskowej Wytwórni Balonów i Spadochronów w Legionowie. W posiedzeniach Rady brał czasem udział także prezydent Rzeczypospolitej Ignacy Mościcki (chemik), który bardzo interesował się projektem.

Program naukowy lotu był dość rozbudowany. Przewidywał pomiary promieniowania kosmicznego za pomocą specjalnie zaprojektowanego koincydencyjnego układu liczników Gaigera-Müllera i dwóch komór jonizacyjnych, badanie warstwy ozonowej, pobranie próbek powietrza na różnych wysokościach i badanie ich składu, pomiary temperatury i ciśnienia, obserwacje meteorologiczne i wykonywanie zdjęć nieba i ziemi. Planowano również badanie wpływu warunków panujących w stratosferze na drobnoustroje, których specjalna kolekcja została przygotowana przez Kazimierza Bassalika. Całość aparatury ważyła 1 360 kg.

Oprócz Rady Naukowej powołana została także Rada Techniczna, której zadaniem było wyposażenie gondoli w systemy regeneracji powietrza, łączności, opracowanie procedur napełniania balonu, przeprowadzenie wszelkich prób i testów, a także organizacja i obsługa startu i lotu balonu.

Cały projekt został sfinansowany ze zbiórki publicznej, w której wzięły udział banki, firmy przemysłowe, instytucje i prywatni ofiarodawcy, a także amerykańska Polonia. Stratostat otrzymał nazwę Gwiazda Polski.

Przedsięwzięcie było niezwykle ambitne. Od początku cieszyło się poparciem prezydenta Mościckiego i kół wojskowych, ale także ogromnym zainteresowaniem społecznym. Miało stać się wizerunkowym sukcesem rozwijającej się dynamicznie polskiej nauki, przemysłu i państwa polskiego.

Planowano lot na rekordową wysokość 30 000 m. Do tego celu zaprojektowano gigantyczny balon o pojemności 124 790 m³. Tak ogromny balon załogowy nie powstał nigdy wcześniej, ani nigdy później. Zamierzenie stanowiło ogromne wyzwanie pod względem technicznym. Konieczne było wprowadzenie wielu nowych rozwiązań,

2. Profesor Stanisław Ziemecki w owym czasie wykładał w SGGW w Warszawie oraz pełnił funkcję kierownika Zakładu Fizyki w Szkole Wawelberga i Rotwanda.

znalezienie nowych materiałów, a nawet opracowanie nowych technologii. Największy problem stanowiło zaprojektowanie i wyprodukowanie powłoki, która musiała być lekka, bardzo wytrzymała i szczelna. Musiała też zmierzyć się z temperaturami panującymi w stratosferze i być odporna na działanie promieniowania UV.

Ostatecznie do wyprodukowania powłoki użyto 14 000 m² specjalnej jedwabnej tkaniny powlekanej, według nowej technologii, gumą z dodatkiem sproszkowanego aluminium. Zaprojektowano również nowy, odbiegający od dotychczas stosowanych, kształt balonu. Zamiast kulistego zaproponowano kształt owoidalny (jajowaty) o średnicy 57 m i długości 79 m, zwrócony węższym czubkiem w dół, zapewniający lepszy rozkład ciśnienia i naprężeń. Wysokość całego stratostatu gotowego do startu wynosiła 120 m. Stratostat wyposażono również w pneumatyczne sterowanie górną klapą regulującą ilość gazu w powłoce oraz rozrywacz powłoki, mający zapewnić po wylądowaniu jej szybkie opróżnienie z resztek gazu.

Gwiazda Polski była bezsprzecznie największym stratostatem świata, ale daleko jej było do prawdziwych gigantów owych czasów – aerostatów z własnym napędem, tj. sterowców. Początkowo ich rozwój służył celom wojskowym. W czasie I wojny światowej służyły do bombardowań, ale łatwość ich zwalczania spowodowała, że szybko wycofano się z ich wykorzystywania. Prawdziwie złota era sterowców nastąpiła dopiero w okresie międzywojennym. Armia Stanów Zjednoczonych prowadziła we wczesnych latach 30. eksperymenty z latającymi lotniskowcami. Sterowce USS Akron i USS Macon przenosiły pięć samolotów myśliwskich Curtiss F9C Sparrowhawk, które mogły startować z powietrza i być podejmowane z powrotem na pokład. Najważniejszym zastosowaniem sterowców stały się jednak długodystansowe loty pasażerskie. Produkcję sterowców zdominowały niemieckie zakłady Zeppelina. Największe z nich LZ-129 Hindenburg i bliźniaczy LZ-130 Graf Zeppelin II miały długość 245 m, średnicę 41 m i unosiły się dzięki 200 000 m³ wodoru, zamkniętego w 16 zbiornikach wewnątrz szkieletowej konstrukcji. Napędzane silnikami diesla kursowały regularnie na liniach łączących Europę z Ameryką zapewniając trzydniową podróż w luksusowych warunkach. Z uwagi na embargo nałożone przez USA na sprzedaż helu do Niemiec, sterowce niemieckie korzystały z wodoru. W 1936 Hindenburg odbył 17 rejsów przez Atlantyk do Stanów Zjednoczonych i do Brazylii. Fascynacja sterowcami zakończyła się jednak stosunkowo szybko w rezultacie wielu wypadków, które wydarzały się z różnych przyczyn. Ostatecznie los sterowców przypieczętowała spektakularna katastrofa Hindenburga w maju 1937, który zapalił się i spłonął doszczętnie w czasie cumowania po podróży przez Atlantyk na



Ryc. 4. Lotniskowiec Akron nad Manhattanem 1931 [7]

lotnisku w Lakehurst. Zginęło wówczas 13 pasażerów i 22 członków załogi spośród 97 osób, które znajdowały się na pokładzie.

Pomimo tych wydarzeń oraz uzyskania zgody na sprzedaż i dostarczenie z Ameryki odpowiedniej ilości helu, ze względu na długi czas realizacji takiego zamówienia, zdecydowano, że Gwiazda Polski zostanie wypełniona wodorem. Przy starcie powłokę miało wypełnić 4 500 m³ wodoru, który na wysokości 22 km wypełniłby całkowicie powłokę, a na 30 km rozszerzyłby się do objętości 248 000 m³, czyli dwukrotnie większej niż jej pojemność. Oznaczało to, że w czasie wznoszenia połowa wodoru wydostanie się na zewnątrz powłoki i zostanie utracona, a stratostat będzie musiał wylądować dysponując dwa razy mniejszą objętością wodoru niż przy starcie. Aby umożliwić bezpieczny powrót na ziemię konieczne było wyposażenie balonu w odpowiednią ilość balastu. Przy masie własnej balonu wynoszącej 1 550 kg i masie użytecznej około 1 500 kg wyliczona masa balastu, którym był śrut ołowiany, wyniosła 1 200 kg.

Gondolę zaprojektowaną w firmie Motolux przez inżyniera. Jana Szalę wykonano w kształcie kuli o średnicy 2,1 m z sześcioma niedużymi okienkami i z trzema włączami (jeden górny i dwa boczne) umożliwiającymi szybkie otwarcie i opuszczenie gondoli. Hermetyczne pokrycie wykonano ze spawanej blachy hydronalowej o grubości 2 mm. Zdecydowano się także na zmianę sposobu malowania gondoli. Zamiast malowania na czarno i białą jej półkul, całość pomalowano w podziale na południkowe czarne i białe sektory ułożone przemienne.

Przygotowania do lotu relacjonowane w prasie i śledzone przez media przebiegały sprawnie. Program projektowanego lotu oraz szczegóły konstrukcyjne samego stratostatu były podawane do wiadomości publicznej. Wykład *Zagadnienia naukowe lotów stratosferycznych*, wygłoszony przez Wolfkego 12.02.1938 na Politechnice Warszawskiej, cieszył się dużym zainteresowaniem.

W czasie wykładu Wolfke omówił też ostatnie informacje i dane zebrane podczas lotu Explorera II, a zakończył dość lakonicznym stwierdzeniem, że: *proponowane przez prof. Piccarda innowacje nie znajdują zastosowania*. Chodziło tu o rezygnację z zastosowania dodatkowego balonu pomocniczego, rodzaju nadbudówki na balonie głównym, co Piccard proponował wcześniej podczas wizyty w Polsce. Wykład ten został także opublikowany w *Przeglądzie Mechanicznym* [8].

Aparatura naukowa, nawigacyjna i wyposażenie kapsuły były nieomal gotowe, również prace konstrukcyjne i wykonawcze w Wytwórni Balonów i Spadochronów w Legionowie przebiegały terminowo.

Ustalono też skład załogi. Gwiazdą Polski miał polecieć doświadczony zespół: pilot balonowy Zbigniew Burzyński i obserwator naukowy, fizyk Konstanty Jodko-Narkiewicz, którzy mieli już na swoim koncie znakomite osiągnięcia i przygotowali się do lotu wykonując kilka lotów rozpoznawczych w troposferze. Datę startu ustalono na wrzesień 1938. Początkowo, jako miejsce startu wymieniano Ojców, jednak ostatecznie zdecydowano, że balon wystartuje z Doliny Chochołowskiej w Tatrach. O doradztwo techniczne przy organizacji startu poproszono kapitana Stevensa, który zasłynął jako pilot ostatniego lotu Explorera II.

W przygotowaniu lotu chciał włączyć się również Auguste Piccard, jednak jego propozycja nie została przyjęta. W odpowiedzi, nieoczekiwanie Piccard oskarżył organizatorów lotu o rzekomą kradzież i wykorzystanie jego pomysłów dotyczących projektu balonu. Oskarżenia okazały się gołosłowne, ale Wolfke został zmuszony do ich dementowania i zajęcia stanowiska w imieniu Rady Naukowej Lotu. Niestety, zanim Piccard odstąpił od oskarżeń, sprawa stała się już dość głośna w prasie polskiej i belgijskiej. Co gorsze została natychmiast wykorzystana przez rosnące w Polsce w siłę środowiska nacjonalistyczne. Wolfkemu zarzucono defraudację funduszy, nazywając projekt „bujdą balonową”. Ataki podsycano wytykając Wolfkemu związki z Niemcami i przynależność do loży masonskiej, w czym upatrywano źródła zagrożeń dla ojczyzny, tradycji i wartości katolickich. Odbyła się nawet rozprawa sądowa, w wyniku której tygodnik *Merkuryusz Polski Ordynaryiny*, celujący w publikowaniu paszkwili szkalujących Wolfkego, został zobowiązany do zamieszczenia sprostowań i przeprosin.

Niewielkie opóźnienia spowodowały, że start Gwiazdy Polski został przesunięty na październik. Na polanie Chochołowskiej założono obóz startowy. 13 października prognozy pogody wydawały się pomyślne i rozpoczęto napełnianie powłoki wodorem. Start miał nastąpić 14 października o świcie. Data ta jednak okazała się dla Gwiazdy Polski niezbyt szczęśliwa. Po północy, gdy powłoka była już w znacznym stopniu wypeł-

niona, powiał z początku słaby, lecz nasilający się wiatr. W końcu wiatr był na tyle silny, że zdecydowano o rezygnacji ze startu i zaczęto wypuszczać wodór przez górną klapę. Im mniej wodoru pozostawało wewnątrz powłoki, tym bardziej była ona narażona na podmuchy wiatru. Prawdopodobnie przez klapę do wnętrza powłoki dostało się chwilami powietrze. Gdy w balonie pozostało już niewiele wodoru, na skutek tarcia i naelektryzowania jedwabnej powłoki, doszło do wyładowania, które spowodowało zapłon mieszanki powietrza i wodoru. Nastąpił wybuch, kłapa wyleciała w powietrze, a górna część powłoki uległa zniszczeniu. Nikt nie został w tym wypadku poszkodowany.



Ryc. 5. Napełnianie wodorem powłoki balonu Gwiazda Polski w Dolinie Chochołowskiej 13.10.1938 [9]



Ryc. 6. Moment wybuchu i pożar powłoki balonu Gwiazda Polski 14.10.1938 [10]

Na szczęście gondola i aparatura znajdowały się jeszcze daleko od balonu i nie ucierpiały w wypadku, a uszkodzenia powłoki okazały się stosunkowo nieduże. Spaliło się tylko około 10 % powłoki, można więc było ją łatwo naprawić. Niefortunny start nie oznaczał więc końca projektu. Gondolę przewieziono do Warszawy i umieszczono na przechowanie w budynku Instytutu Aerodynamicznego Politechniki Warszawskiej, a powłokę naprawiono już w miesiącach zimowych 1938/1939.

Kolejny start zaplanowany na wrzesień 1939 miał nastąpić niedaleko miejscowości Sławsko w Gorganach, stanowiących część Beskidów Wschodnich. Zdecydowano też o użyciu tym razem helu, który został sprowadzony ze Stanów Zjednoczonych. Transport helu dotarł do Warszawy 01.09.1939, jednak wybuch II wojny światowej przekreślił dalsze plany.

Unikatowa aparatura naukowa z gondoli zaginęła w czasie wojny, podobnie jak transport helu, który został jeszcze wysłany do Sławsko, ale zaginął gdzieś w drodze. Jedna z dwóch gondol wykonanych w Motoluxie przetrwała wojnę, ale powłoka balonu została zniszczona w magazynach LOPP. Po wojnie do projektu już nie powrócono.

Badania stratosfery trwały nadal, ale rozpoczęła się już nowa era – era zdobywania i badań kosmosu.

Literatura

- [1] Wyciąg z pamiętnika sporządzony własnoręcznie przez Wolfkego – Archiwum Polskiej Akademii Nauk w Warszawie.
- [2] <https://timeline.web.cern.ch/kolhorster-confirms-hesss-findings>
- [3] Chisholm, Hugh, ed.(1911); Coxwell, Henry Tracey, *Encyclopædia Britannica. Vol. 7 (11th ed.)*. Cambridge University Press. p. 354.
- [4] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/81/Henry_Tracey_Coxwell_in_1864_detail%2C_from-James_Glaisher_en_Henry_Coxwell_in_een_luchtballon_Messrs._Glaisher_%26_co%2C_RP-F-2015-56-9_%28cropped%29.jpg
- [5] David Shayler, *Disasters and accidents in manned spaceflight*, Springer, New York 2000.
- [6] https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Explorer_II_Gondola_1.jpg
- [7] <https://i.imgur.com/Gkg8opQ.jpeg>
- [8] Wolfke M., „Zagadnienia naukowe lotów stratosferycznych”, *Przegląd Mechaniczny* 7-8, 1938.
- [9] <https://www.szukajwarchiwach.gov.pl/o/pliki-api/pliki/pobierzplikjpeg/226456>
- [10] https://audiovis.nac.gov.pl/i/PIC/PIC_1-N-973-38.jpg

Upamiętnienie Mieczysława Wolfkego

Krzysztof Petelczyc*

Politechnika Warszawska, Polskie Towarzystwo Fizyczne, Komisja Historii Nauki PAU

Abstrakt. Pamięć o prof. Mieczysławie Wolfkem w powojennej Polsce charakteryzują okresy fascynacji i zapomnienia. Autor śledzi kształtowanie się wizerunku Profesora na przestrzeni lat, od jego śmierci aż po ogłoszenie roku 2022 Rokiem Mieczysława Wolfkego. Z konieczności dokonał wyboru najważniejszych źródeł pod kątem ich wartości badawczej, nowych informacji biograficznych oraz stopnia w jakim wpłynęły na kształtowanie wizerunku tego wybitnego polskiego naukowca.
Słowa kluczowe: historia nauki, historia fizyki, historia holografii

Abstract. The way prof. Mieczysław Wolfke has been remembered in post-war Poland is characterized by periods of fascination and near-neglect. The author studies the way the Professor's image has been shaped over the years starting from his death until the declaration of 2022 the year of Mieczysław Wolfke. Out of necessity the sources for the article have been selected for their research import, novelty of biographical information and relevance for the shaping of the public view of this outstanding Polish scientist.

Keywords: history of science, history of physics, history of holography

Śmierć Mieczysława Wolfkego

W czerwcu 1947 roku pierworodny syn Mieczysława Wolfkego Karol Wolfke otrzymał pocztą lotniczą wiadomość ze szwajcarskiego Berna: *z okazji niespodziewanego zgonu prof. dr. Mieczysława Wolfkego, Wydział Konsularny pozwala sobie złożyć Obywatelowi i Jego rodzinie wyrazy szczerego i głębokiego współczucia, oraz wypełnić smutny obowiązek powiadomienia Go o szczegółach dotyczących pogrzebu. Śmierć Prof. Wolfke nastąpiła dnia 4 maja br. o godzinie 23-ej na skutek udaru serca. Dnia 7 maja w krematorium cmentarza w Zurichu odbył się pogrzeb, w którym wzięli udział: żona zmarłego, Krystyna, z ramienia Politechniki w Zurichu rektor, z ramienia Poselstwa R.P. Wł. Radziwanowski, członkowie Kolonii Polskiej oraz liczni znajomi i przyjaciele zmarłego. [...] zmarły nie pozostawił żadnego majątku (pisownia oryginalna)* [1]. Tak skończyło się prawie sześćdziesięcioceteroletnie życie jednego z najwybitniejszych umysłów naukowych międzywojennej Polski.

Karolowi w roku akademickim 1956/1957 udało się zdobyć roczne stypendium w Szwajcarii. Wówczas odwiedził Cmentarz Sihlfeld, gdzie w rzędzie jednakowych grobów odnalazł kryptę z prochami ojca. Przy kolejnej wizycie Karola na zuryskim cmentarzu w 1975 roku okazało się, że grób ojca został zlikwidowany, a prochy umieszczone w cmentarnej mogile zbiorowej (ryc. 1) [2]. Były to dla niego z pewnością niełatwe wizyty.



Ryc. 1. Mogiła zbiorowa na cmentarzu Sihlfeld w Zurichu

Strata

Dowiedziawszy się o śmierci teścia, Stefan Rassalski pisał w pamiętniku kierowanym do swojego syna: *Dostałem dziś wiadomość z Zurichu o odejściu ze świata ojca matki – dziadzia Miecicia. On kochał Cię bardziej niż swoich synów. Był ogromnie dobry dla Ciebie. Miał najlepszą miłość do swojej córki i do mnie. Znał tajemnice naszych serc. Był człowiekiem szlachetnym, wzniosłym i ogromnie mądrym, z czego była dumna Twoja matka. Dla mnie była zaszczytem przyjaźń z nim. On był przyjacielem Niny i moim w chwilach, gdy inni nas potępiali* [3].

Poważną stratę poczuli także współpracownicy Wolfkego z Politechniki Warszawskiej oraz środowisko polskich fizyków. W notatce pośmiertnej w Roczniku Towarzystwa Naukowego Warszawskiego jego uczeń Włodzi-

*ORCID: 0000-0002-0138-1613

mierz Ścisłowski pisał: *Zgon Mieczysława Wolfkego okrył żałobą świat naukowy polski, a w zmarłym fizyka nasza straciła jednego ze swych czołowych przedstawicieli. [...] odszedł od nas w pełni sił, pełen zapału do pracy twórczej i wiedzy; odszedł od nas w chwili, w której nie zagojone są jeszcze okrutne rany zadane naszemu narodowi przez wroga, a kraj potrzebuje tylu ludzi* [4], na łamach *Gazety Ludowej* zaś Czesław Wachtl dodawał *Zmarł wielki uczonego polski, człowiek uspołeczniony i żywo reagujący na wszystkie sprawy narodowe. Nauka polska poniosła wielką stratę* [5]. Warto także przytoczyć szczególnie osobiste wspomnienie podpisane WIDZ, zamieszczone 11 maja 1947 roku w *Kurjerze Codziennym*. W rubryce „Za i przeciw” można było przeczytać: *Wielka tajemnica śmierci wydaje się tym większa, kiedy nagle umiera człowiek twórczy, kiedy nagle wysycha jedno ze źródeł myśli badawczej i zdobywczej, kiedy nastaje kres tych możliwości, jakie rodziły się w umyśle niepospolitym, jednym z tych, które otwierają przed ludzkością nowe drogi postępu. Pęka jakieś ważne ognisko w łańcuchu rzeczy najgłębszych. Nie jest prawdą, że nie ma ludzi niezastąpionych. Człowiek twórczy jest niezastąpiony, wnosi bowiem w życie nasze swą myśl indywidualną, wzbogaca je inaczej niż ktokolwiek. Tak samo w świecie nauki, jak w świecie sztuki. Prawdą jest, że śmierć takiego człowieka jest stratą niepowetowaną. [...] Żegnaj, drogi przyjacielu. Nasza półwiekowa przyjaźń, to okres dostateczny, bym mógł wydać sąd prawdziwy o tym, kogo straciliśmy* [6].

Dorobek

Dorobek Wolfkego zawarty jest w 127 jego pracach naukowych i popularnych pisanych po polsku, niemiecku, francusku, angielsku i niderlandzku. Obejmują one: kompletne opracowanie zagadnień obrazowania siatek dyfrakcyjnych zgodnie z teorią Abbego, zakończone śmiałą propozycją obrazowania dwustopniowego siatek molekularnych; dyskusje naukowe i próby interpretacji skwantowanego promieniowania ciała doskonale czarnego jako zlokalizowanych przestrzennie molekuł światła; prowadzone wraz z Willemem Keesomem teoretyczno-eksperymentalne prace nad właściwościami elektrycznymi helu w najniższych temperaturach, które zaowocowały metodą zestalenia helu i odkryciem jego nowej postaci ciekłej w 1927 roku.

Osiągnięcia Wolfkego z okresu międzywojennego uzupełniają rzesze kształconych przez niego studentów Politechniki Warszawskiej oraz uczniów, asystentów i współpracowników badawczych. Z pewnością odcisnął także trwały ślad na kształcie organizacyjnym nauki w Polsce jako prezes Polskiego Towarzystwa Fizycznego, promujący koncepcję zbliżenia nauki i przemysłu jako nową dziedzinę fizyki technicznej w dydaktyce i pracach

rozwojowych. Ten ostatni aspekt, charakteryzujący kierowany przez niego przez cały okres międzywojenny Zakład Fizyki I przy Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej, jako swoisty testament został podjęty po jego śmierci. W 1949 roku jego następca na stanowisku profesora fizyki Politechniki Warszawskiej, prof. Waław Szymanowski (pełniący także funkcję Ministra Poczty i Telegrafów) utworzył Główny Instytut Fizyki Technicznej. Niestety jednostka ta nie odniosła sukcesu rozpadając się kilka lat później.

Pionierskość wielu pomysłów i prac Wolfkego sprawiły, że nie odniósł za życia sukcesu odpowiadającego przełomowemu charakterowi jego dorobku naukowego. Realizacja dziecięcego marzenia (określanego przez Wolfkego wówczas jako jedyny cel jego życia), czyli podróży międzyplanetarnych, o których napisał w 1895 roku zadziwiająco poprawną merytorycznie rozprawę *Planetostat*, rozpoczęła się wystrzeleniem przez Związek Radziecki Sputnika 1 w dziesięć lat po śmierci Wolfkego, a 12 lat później amerykańska misja Apollo 11 umożliwiła lądowanie człowieka na Księżycu. Koncepcja telewizji, sformułowana w patencie dotyczącym telektroskopu „bez drutów”, inspirowała ówczesne społeczeństwo i doczekała się konstrukcji technicznej już w latach 20. XX wieku, lecz upowszechniła się dopiero w latach 50. Doświadczalnej realizacji koncepcji obrazowania dwustopniowego dokonał Dennis Gabor w rok po śmierci Wolfkego, wykorzystując prace teoretyczne Williama Henry’ego i Williama Lawrence Braggów oraz Fritsa Zernikego z lat 40., które podawały ten sam pomysł zapisu widma przestrzennego siatek. Nazwał to zjawisko holografią.

Pionier holografii

W ciągu kilku lat po śmierci zarówno Mieczysław Wolfke, jak i jego osiągnięcia zostały zapomniane. Przełom przyszedł dopiero 5 listopada 1966, kiedy Sergiej Szuszurin zwrócił uwagę w liście do tygodnika *Polityka* na podstawowe znaczenie prac Wolfkego w rozwoju holografii [7]. Miało to związek z wynalezieniem lasera i sukcesami radzieckiej szkoły optyki, które zaowocowały opracowaniem przez Jurija Denisiuka metody zapisu holograficznego obiektów trójwymiarowych w świetle białym. Rok później temat został podchwycony przez Szczepana Szczeniowskiego, który w artykule „Polski fizyk prekursorem holografii” w miesięczniku *Problemy* pisał, że: *praca Bragga, na którą powołuje się Gabor, nie przynosi w gruncie rzeczy nic nowego w porównaniu z pracą Wolfkego, którego w pełni należy uważać za prekursora holografii – jak się teraz okazuje zbyt wczesnego* oraz zamieścił kopię pierwszej strony artykułu Wolfkego z 1920 roku [8]. Wzmianki na ten temat pojawiły się też w niemieckiej prasie naukowej, gdzie Hans Boersch w artykule

„Holographie und Eleketronenoptik” wymienia Wolfkego jako jednego z twórców podstaw teoretycznych holografii [9].

W 1970 roku Denisiuk otrzymał Nagrodę Leninowską za swój wkład w rozwój holografii. Rok później Nagrodą Nobla uhonorowany został Dennis Gabor. Podczas ceremonii wręczenia nagrody przyznał otwarcie przed Szwedzką Akademią Królewską, że nie znał prac Wolfkego, które dużo wcześniej opisywały wykorzystane przez niego metody. Zarówno wspomniana dyskusja, jak i wykład noblowski Denisa Gabora ostatecznie powiązały nazwisko Wolfkego z wynalazkiem holografii. Wkrótce (1971) w rosyjskim czasopiśmie *Ученых Физических Наук* (Postępy Nauk Fizycznych) ukazał się obszerny artykuł Szuszurina „Z historii holografii”, w którym dokładnie zrecenzował dorobek Mieczysława Wolfkego w dziedzinie optyki, w kontekście rodzącej się holografii jako dziedziny techniki [10]. W 1972 roku ukazały się dwa różne tłumaczenia tego artykułu na język polski (w *Problemach* nr 3 i *Postęпах Fizyki* 23 (3)).

25 lat po śmierci

W tym samym 1972 roku minęło 25 lat od śmierci Mieczysława Wolfkego, co uczczono krótkim artykułem Macieja Suffczyńskiego w *Postęпах Fizyki* 23 (6). Do tego momentu jedynym szerszym opracowaniem przedstawiającym życiorys Wolfkego był rozdział w książce Józefa Szpechta *Wśród fizyków polskich* (Lwów, 1938). Pozycja ta zawiera niezwykle cenne informacje i ryciny przedstawiające kopie materiałów z młodości Wolfkego i fotografie ze stworzonych przez niego laboratoriów. Oryginały tych dokumentów najprawdopodobniej spłonęły w czasie okupacji hitlerowskiej, a sprzęt laboratoryjny został rozkradzony.

Ocalałe archiwa rodzinne zostały przekazane w kilku partiach Archiwum Polskiej Akademii Nauk [1]. W 1956 roku pierwszą ich część pozyskano od Stefana Rassalskiego, zięcia Wolfkego. Dwa lata później kolejne materiały podarowała Krystyna Chądzyńska, towarzyska ostatnich dni życia Profesora. W 1974 roku Karol Wolfke uzupełnił zbiory archiwalne o wyciąg z pamiętnika obojczyka prowadzonego przez jego ojca od 1928 roku (z rekonstrukcją zdarzeń od urodzenia z pamięci). Oryginał pamiętnika, zawierający także osobiste treści, nadal znajduje się w posiadaniu rodziny [11].

Gdy myślę ojciec

W 1976 roku w *Kwartalniku Historii Nauki i Techniki* ukazało się obszernie wspomnienie ucznia Mieczysława Wolfkego – Witolda Łanieckiego, powstałe m. in. na podstawie osobistych rozmów autora z Profesorem, którego Łaniecki traktuje z podziwem i szacunkiem, przedstawiając nieznanie wcześniej szczegóły jego przyjazdu do

Warszawy i okresu okupacji, a także nakreśliła stosunek Wolfkego do swoich osiągnięć naukowych [12].

Wkrótce najważniejszym ambasadorem osiągnięć swojego ojca stał się Karol Wolfke. Jeszcze w 1959 roku na łamach magazynu *Świat* ukazało się jego, pierwsze, bardzo osobiste wspomnienie „Gdy myślę ojciec...” [13]. Podaje tam niezwykle cenne szczegóły dotyczące prywatnego życia i poglądów Mieczysława Wolfkego oraz jego stosunku do okupantów i doświadczanych trudności w finansowaniu badań [13]. Natomiast 23 maja 1979 roku w Toruniu na II Seminarium Historii Fizyki wygłosił wykład *Wspomnienie o ojcu, Mieczysławie Wolfkem*, które następnie zostało opublikowane w *Postęпах Fizyki* 31 (6) (1980). Profesor prawa Uniwersytetu Wrocławskiego na samym początku przyznaje, że nie jest fizykiem i zaprasza słuchaczy do podróży przez życie swojego ojca bogato ilustrowanej anegdotami i refleksjami, które znalazł w pamiętniku Mieczysława Wolfkego oraz pamięci własnej i młodszego brata Stefana. [Wspomnienia Stefana nagrane zostały dwa miesiące wcześniej przez Politechnikę Warszawską (w późniejszych latach nagranie przekazano do Muzeum Powstania Warszawskiego).]

Fizyka techniczna

W 1965 roku, dzięki staraniom Stefana Szczeniowskiego powołano do życia międzywydziałowy Instytut Fizyki Politechniki Warszawskiej stanowiący kontynuację Zakładu prowadzonego przez Mieczysława Wolfkego. Jednocześnie powrócono do idei, aby kształcić studentów na kierunku fizyka techniczna. Studia takie udało się uruchomić w roku akademickim 1973/1974 jako specjalność na kierunku podstawowe problemy techniki. W 1975 roku utworzono Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej. Składał się on z Instytutu Matematyki oraz Instytutu Fizyki. Rozdzielono także specjalności tworząc dwa oddzielne kierunki kształcenia: fizykę techniczną i matematykę stosowaną. Tym samym po raz pierwszy w murach Gmachu Fizyki, które pamiętały Wolfkego, zrealizowano podstawowy postulat jego testamentu, tj. kształcenie fizyków dla potrzeb techniki. Ostatecznie w 1999 roku matematycy i fizycy rozdzielili się tworząc oddzielne wydziały, a gmach fizyki przeszedł generalny remont zyskując walory reprezentacyjne. Do dziś studenci Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej kończą kierunek fizyka techniczna.

Stulecie urodzin

Z inicjatywy doc. Włodzimierza Zycha Instytut Fizyki Politechniki Warszawskiej wraz z Zarządem Oddziału Warszawskiego Polskiego Towarzystwa Fizycznego zorganizowali 14 grudnia 1983 roku uroczyste seminarium dla uczczenia pamięci Mieczysława Wolfkego w setną rocz-

nicę jego urodzin. W odbudowanym po wojnie w zmienionym układzie, ale nawiązującym do przedwojennego wyglądu audytorium fizyki Politechniki Warszawskiej wygłoszono trzy referaty. Maciej Suffczyński przedstawił wspomnienie o profesorze Wolfkem (ryc. 2), Łukasz Turski opowiedział o fizyce niskich temperatur i jej wyzwaniach na podstawie odkryć kolejnych postaci atomu helu, zaś Andrzej Kalestyński przedstawił osiągnięcia Wolfkego w dziedzinie optyki pól periodycznych. Jako podsumowanie tych wydarzeń ukazał się artykuł Macieja Suffczyńskiego „Stulecie urodzin Mieczysława Wolfkego” *Postępy Fizyki* 34 (4) (1983).



Ryc. 2 Maciej Suffczyński wygłasza referat na seminarium z okazji setnej rocznicy urodzin Wolfkego (1983)



Ryc. 3. Odświeżenie tablicy poświęconej Mieczysławowi Wolfkem w Gmachu Fizyki Politechniki Warszawskiej (1985)

Już dwa lata później w ten sam Instytut Fizyki Politechniki Warszawskiej obchodził dwudziestolecie swojego istnienia. W Gmachu Fizyki PW wmurowano trzy pamiątkowe tablice poświęcone Mieczysławowi Wolfkemu (ryc. 3), Stanisławowi Kalinowskiemu i Stefanowi Szczeniowskiemu. W uroczystościach wziął udział Karol Wolfke (Stefan zmarł w lipcu 1985 roku). Tablica zawiera portret Wolfkego w postaci płaskorzeźby i podpis „Mieczysław Wolfke 1883-1947. Od 1922 roku profesor Politechniki Warszawskiej. Prekursor holografii i zestalenia helu. Odkrywca jego nadpłynnej odmiany He II”. Znajduje się w budynku do dzisiaj.

Pięć lat wcześniej, w 1980 roku Wolfkego uhonorowała także Rada Narodowa m. st. Warszawy nadając jego imię jednej z nowo powstałych ulic na osiedlu Bemowo. Obok Wolfkego w ten sam sposób wyróżnieni zostali w uchwale jeszcze dwaj fizycy – Jan Błaton i Andrzej Sołtan [14].

WROCŁAW

W niemieckiej Jenie, siedzibie firmy Carl Zeiss, gdzie Wolfke pracował przez pewien czas po doktoracie, odbyło się 21 października 1999 roku Seminarium Historii Techniki, na którym Reimund Torge wygłosił referat „Otto Lummer, Fritz Reiche, Mieczysław Wolfke und «Die Lehre von der Bildenstehung im Mikroskop von Ernst Abbe»”. Zapis tego wykładu został opublikowany w *Jeaner Jahrbuch zur Techniki- und Industriegeschichte* (2000) [15], a dwa lata później w tłumaczeniu na język polski w *Postęпах Fizyki* 53 (4). W obszernym tekście autor odtworzył dokładnie okres pracy badawczej Mieczysława Wolfkego, w wyniku której obronił doktorat pod kierunkiem Ottona Lummera.

Rok później na łamach *Postępów Fizyki* 54 (3) ukazał się dziesięciostronicowy artykuł Adama Kiejny z Wrocławia dotyczący Mieczysława Wolfkego, do czego okazji stała się 120 rocznica jego urodzin i jubileusz 300-lecia Uniwersytetu Wrocławskiego. Atutem artykułu jest dokładne wyjaśnienie przełomowej pracy Wolfkego z 1920 nt. obrazowania dwustopniowego. W 2006 roku Rada Miasta Wrocławia umieściła Mieczysława Wolfkego wśród 11 zasłużonych dla Wrocławia osób, których nazwiska nadano nowym ulicom na osiedlu Marszowice [16].

BIOGRAFIA

W 2015 roku przeżywszy blisko 100 lat zmarł we Wrocławiu prof. Karol Wolfke. Tym samym przeszło do historii kolejne pokolenie tej rodziny. W archiwum rodzinnym zostały zgromadzone przez niego materiały, które w części przekazano Wydziałowi Fizyki Politechniki Warszawskiej. Rok później autor niniejszego artykułu wraz Ewelina Kędzierską podjęli się zadania stworzenia pierwszej

kompletnej biografii Mieczysława Wolfkego studiując wszystkie dostępne materiały źródłowe w Łasku, Częstochowie, Sosnowcu, Liège, Paryżu, Wrocławiu, Jenie, Karlsruhe, Zurychu, Warszawie i Lejdzie, a także przeprowadzając szereg rozmów z jego wnukami. Efektem tej pracy jest publikacja *Mieczysław Wolfke. Gdyby mi dali choć pół miliona...* [3], zadedukowana Włodzimierzowi Zychowi i Karolowi Wolfkemu z wdzięcznością za ich fascynację postacią profesora Mieczysława Wolfkego, będąca niezwykle dokładnym studium życia oraz dorobku naukowego i społecznego kierownika Zakładu Fizyki Politechniki Warszawskiej, przedstawionym na tle wydarzeń z poszczególnych epok jego życia. Opracowaniu towarzyszą: lista wszystkich artykułów naukowych i popularnych autorstwa Mieczysława Wolfkego, tłumaczenia pięciu jego najważniejszych prac na język polski wraz z krótkimi komentarzami przedstawicieli współczesnej nauki, a także lista zajęć dydaktycznych prowadzonych przez profesora w Zurychu i Warszawie.

Rok Mieczysława Wolfkego

W ostatniej dekadzie Mieczysław Wolfke został uhonorowany przez Senat Politechniki Warszawskiej. Uchwałą z 2012 roku w Dużej Auli Gmachu Głównego umieszczone zostało jego popiersie (obok rzeźb przedstawiających Ignacego Mościckiego i Eugeniusza Kwiatkowskiego, a wkrótce potem także Jana Czochralskiego i Marii Skłodowskiej-Curie) [17]. W 2017 roku imieniem Wolfkego oznaczono Indywidualną Nagrodę Naukową przyznaną przez Rektora Politechniki Warszawskiej [18], w 2018 zaś w ramach projektu Ławeczka z historią jedną z ławek w kampusie centralnym Politechniki Warszawskiej udekorowano tabliczką poświęconą Wolfkemu.

Wreszcie rok 2022 został ogłoszony Rokiem Mieczysława Wolfkego [19], w ramach którego: zaplanowano sympozjum naukowe *Mieczysław Wolfke 1922-2022* na Politechnice Warszawskiej oraz Piknik naukowy z Mieczysławem Wolfkem; zorganizowano szereg wykładów prezentujących postać patrona, m.in.: w Krakowie (zdalne posiedzenie Komisji Historii Nauki Polskiej Akademii Umiejętności), we Wrocławiu (szkolenie Instytutu Pamięci Narodowej dla nauczycieli w ramach projektu Giganci Nauki, Seminarium Fizyki Politechniki Wrocławskiej), w Katowicach (konwersatorium Oddziału Katowickiego PTF), w Poznaniu (Seminarium Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej oraz Oddziału Poznańskiego Polskiego Towarzystwa Fizycznego), w Warszawie (cykle Zapytaj

fizyka, Zajęcia otwarte z fizyki);przygotowano scenariusz lekcji fizyki poświęconej postaci Mieczysława Wolfkego w ramach Zintegrowanej Platformy Edukacyjnej.

Literatura

- [1] Mieczysław Wolfke (1883-1947; fizyka), Archiwum PAN sygn. 302/193/0.
- [2] rozmowa z Wolfke-Kobzar B., Kiejna A., Wrocław (19.02.2016).
- [3] Petelczyc K. Kędzierska E., *Mieczysław Wolfke. Gdyby mi dali choć pół miliona...* OWPW, 2018.
- [4] Ścisłowski W. „Zmarli członkowie: śp. Mieczysława Wolfke 1883-1947”, *Rocznik TNW* 40, 159-164 (1947)
- [5] Wachtl, Cz., „Wielka strata nauki polskiej”, *Gazeta Ludowa* 138, 6 (21.05.1947).
- [6] *Kurier Codzienny* 127 (618), 4 (11.05.1947).
- [7] *Polityka* 45 (05.02.1966).
- [8] Szczeniowski, Sz., „Polski fizyk prekursorem holografii”, *Problemy* 2, 115-117 (1967).
- [9] Boersch, H., *Holographie und Elektronenoptik. Phys. Bl.*, 23, 393-404 (1967).
- [10] *Успехи Физических Наук*, 105, 145 (1971).
- [11] Kulecka A., „Źródła do historii nauk ścisłych XIX/XX w. w Archiwum Polskiej Akademii Nauk”, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* 43 (1), 77-114 (1998).
- [12] Łaniecki, W. „Mieczysław Wolfke (1883-1947)” *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* 21 (3), 545-553 (1976).
- [13] Wolfke K., „Gdy myślę ojciec...”, *Świat* 50 (438) (1959).
- [14] Uchwała nr 60 Rady Narodowej Miasta Stołecznego Warszawy z dn. 22.02.1980 w sprawie nadania nazw ulicom. Dz. Urz. Rady Narodowej m. st. Warszawy nr 8, poz. 26.
- [15] Torge R., „Otto Lummer, Fritz Reiche, Mieczysław Wolfke und »Die Lehre von der Bildentstehung im Mikroskop von Ernst Abbe«” *Jenaer Jahrbuch zur Technik und Industriegeschichte* 2, 24-48 (2000).
- [16] Uchwała nr LVII/3367/06 Rady Miejskiej Wrocławia z dnia 19.10.2006 w sprawie ustalenia nazw ulic na terenie Wrocławia, Dz. Urz. Woj. Dolnośląskiego Nr 247, poz.3672.
- [17] Uchwała nr 420/XLVII/2012 Senatu Politechniki Warszawskiej z dn. 22.02.2012.
- [18] Uchwała nr 123/XLIX/2017 Senatu Politechniki Warszawskiej z dn. 27.09.2017.
- [19] Uchwała nr 135/L/2021 Senatu Politechniki Warszawskiej z dn. 22.09.2021.

Kronika Polskiego Towarzystwa Fizycznego

LUTY 2022

Białystok. 03.02.2022 miał premierę kolejny odcinek popularnonaukowego podcastu Radia Naukowego: *Testowanie Einsteina – czy Ogólna Teoria Względności (OTW) ma konkurencję?* Gościem Karoliny Głowackiej był prof. dr hab. Piotr Jaranowski z Wydział Fizyki UwB. W swojej pasjonującej opowieści o „testowaniu” OTW Profesor opowiedział również o detekcji fal grawitacyjnych (dokonanej z jego udziałem), falowaniu czasoprzestrzeni, teorii strun, czarnych dziurach, a także podróżach w czasie. <https://www.youtube.com/watch?v=rIykoZOSE5E>

Białystok. 12.02.2022 odbył się wykład *Podstawowe stałe fizyki a kształt Wszechświata* z cyklu wykładów popularnonaukowych organizowanych przez Oddział Białostocki PTF. Tym razem uczestnicy spotkania mieli okazję posłuchać prof. dr hab. Mariusza P. Dąbrowskiego, który próbował odpowiedzieć na pytanie: czy mogą istnieć wszechświaty/obszary naszego Wszechświata, w których pojawiają się inne stałe fizyki oraz czy jest możliwe przetestowanie takiej hipotezy? <https://www.youtube.com/watch?v=Z2N9i5b55hg>

Informacje o przyszłych wykładach: <https://ptf.uwb.edu.pl/> lub na profilu FB: <https://www.facebook.com/PTFBialystok/>

19.02.2022 podczas gali z okazji Dnia Nauki Polskiej wręczone zostały Nagrody Ministra Edukacji i Nauki. W tym roku uhonorowani zostali dwaj pracownicy Wydziału Fizyki UwB. Prof. dr hab. Piotr Jaranowski otrzymał nagrodę za całokształt dorobku. Doceniona została jego rola w stworzeniu (we współpracy z prof. Andrzejem Królakiem z Instytutu Matematycznego PAN w Warszawie) podstaw wielu algorytmów i metod służących do wykrywania i estymacji parametrów fal grawitacyjnych pochodzących z układów podwójnych. Natomiast prof. dr hab. Andrei Stupakevich został nagrodzony za znaczące osiągnięcia w zakresie działalności naukowej, tj. zaprezentowanie i rozwinięcie przełomowej metody ultrasygnowego zapisu informacji.

MARZEC 2022

Białystok. 08.03.2022 prof. dr hab. Andrei Stupakevich z Wydziału Fizyki UwB został uhonorowany Brązowym Krzyżem Zasługi. W imieniu prezydenta Andrzeja Dudy odznaczenie wręczył Artur Michalski – Ambasador Nadzwyczajny i Pełnomocny Rzeczypospolitej Polskiej w Republice Białorusi. Uroczystość odbyła się w siedzibie Rektoratu UwB.

Białystok. 16.03.2022 wyemitowany został podcast *Promieniowanie Czerenkowa – co nam powie o Wszechświecie obserwatorium CTA?* Tym razem gościem popularnonaukowego podcastu Radia Naukowego był dr hab. Marek Nikolajuk, prof. UwB z Wydział Fizyki UwB. Podczas rozmowy zostały wyjaśnione kwestie potrzeby budowy sieci kilkudziesięciu wysoce specjalistycznych teleskopów i technicznych wyzwań takiego projektu. Profesor udzieli także odpowiedzi na pytania o znaczenie projektu dla zrozumienia ciemnej materii oraz czy oglądanie w dzieciństwie serialu *Star Trek* determinuje karierę. https://www.youtube.com/watch?v=ZDA-cg7ML_U

Białystok. 24.03.2022 na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Białymstoku po raz kolejny zainaugurowane zostały *Spotkania z Nauką 2022*. W bieżącym, szczególnym roku jubileuszu 25-lecia Uniwersytetu w Białymstoku będą trwały od marca do końca maja.

Wydział Fizyki przygotował szereg atrakcji dla młodzieży w szerokim przedziale wiekowym, m. in. wykłady, warsztaty i pokazy w formie stacjonarnej, jak też online. Rozpoczęto serię pokazów pod wspólnym tytułem *Jak promienie X „sprawdzają” skład minerałów?*. Podczas zajęć prowadzonych przez dr hab. Katarzynę Rećko, prof. UwB oraz doktorantkę Martę Orzechowską w czasie rzeczywistym zaprezentowano metody analizy składu chemicznego różnych minerałów oraz rozmieszczenie poszczególnych atomów w ciekawych i pożytecznych strukturach krystalicznych.

Białystok. 26.03.2022 uczestnicy sobotnich wykładów popularnonaukowych na Wydziale Fizyki UwB mieli okazję wysłuchać wystąpienia mgr inż. Karoliny Stelmach

Percepcja krótkich sygnałów dźwiękowych. Podczas wykładu zaprezentowano wynik badań nad wrażeniami wywołanymi słuchaniem krótkich sygnałów dźwiękowych oraz zaproponowano sposób opisu wysokości i barwy dźwięku dla takich sygnałów.

Informacje o przyszłych wykładach: <https://ptf.uwb.edu.pl/> lub profil FB: <https://www.facebook.com/PTFBialystok/>



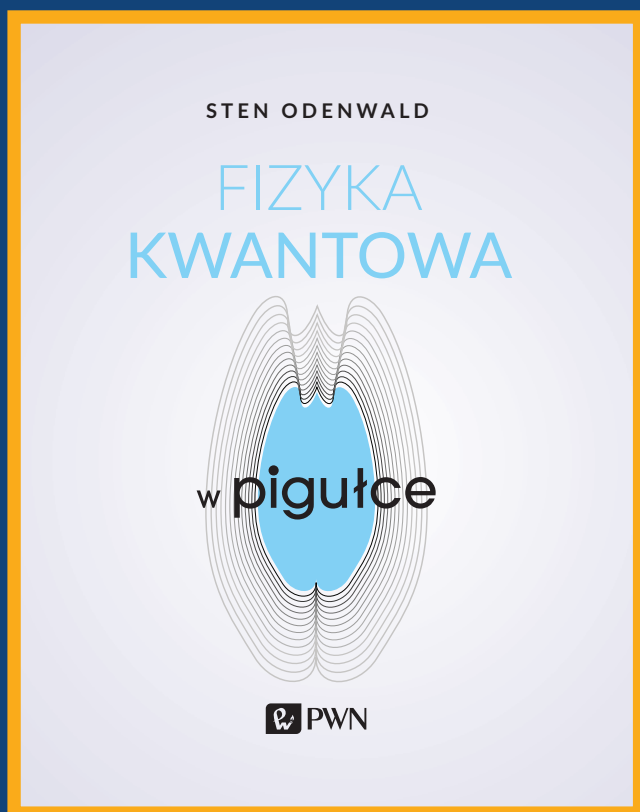
24 września 2022 (sobota) na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Białymstoku odbędzie się VI Konferencja Nauczycieli Fizyki, którą organizuje Wydział Fizyki Uniwersytetu w Białymstoku we współpracy z Oddziałem Białostockim Polskiego Towarzystwa Fizycznego oraz Polską Akademią Nauk, oddział w Olsztynie i w Białymstoku.

Konferencja ma na celu integrację i poszerzenie kompetencji środowiska akademickiego i nauczycieli przedmiotów przyrodniczych, a także prezentację nowości na rynku wydawniczym i pomocy naukowych. **Zapraszamy do udziału w konferencji:** <https://physics.uwb.edu.pl/wf/knf2022/>

KWIECIEŃ 2022

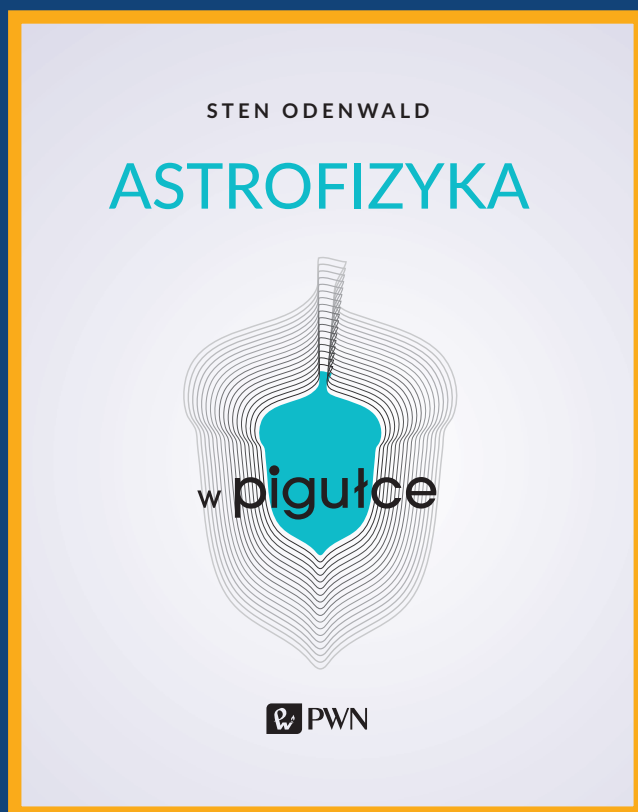
Poznań. 07.04.2022 odbyło się, w formie zdalnej, wspólne seminarium Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej oraz Oddziału Poznańskiego Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Spotkanie, które prowadzili prof. Ryszard Czajka z Politechniki Poznańskiej i prof. Henryk Drozdowski, przewodniczący OP PTF, poświęcone było Mieczysławowi Wolfkemu. Referat *Zasłużył na Nobla? Pomyśły Mieczysława Wolfkego wyprzedzające epokę* wygłosił dr inż. Krzysztof Petelczyc z Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej.

PWN poleca publikacje **Stena Odenwalda** – znanego astronoma, naukowca NASA aktywnie zaangażowanego w edukację naukową i matematyczną, które ukazały się w kultowej serii popularnonaukowej docenionej m.in. przez The Times Literary Supplement oraz The Jung Society of Utah za **prezentację trudnych tematów w prostej formie**.



FIZYKA KWANTOWA

to jeden z najtrudniejszych i najbardziej paraliżujących umysł działów fizyki. Autor prezentuje najważniejsze teorie fizyki kwantowej wprowadzając Czytelnika w świat jednej z najbardziej tajemniczych dziedzin nauki. Przedstawia również sylwetki wybitnych osobowości fizyki kwantowej, m.in. Maxa Plancka, Neilsa Bohra, Wernera Heisenberga.



ASTROFIZYKA

jest dyscypliną naukową, która wyjaśnia procesy astronomiczne i pochodzenie głównych obiektów we Wszechświecie. Autor prezentuje kluczowe koncepcje astrofizyki, wyjaśnia najważniejsze tajemnice kosmosu, takie jak promieniowanie tła czy ewolucja gwiazd.

BIOGRAFIA

BIOGRAFIA



Krzysztof Petelczyc
Ewelina Kędzierska

Mieczysław Wolfke Gdyby mi dali choć pół miliona...

OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Krzysztof Petelczyc i Ewelina Kędzierska opracowali dzieło bardzo wartościowe, pierwszą obszerną biografię Mieczysława Wolfkego, jednego z najwybitniejszych polskich uczonych. Dotychczas o tej postaci mogliśmy się dowiedzieć tylko z kilku krótkich artykułów biograficznych i wspomnieniowych, w których nie było nawet pełnej listy prac naukowych Wolfkego.

Autorzy przestudiowali wszystkie dostępne dokumenty, publikacje, archiwa polskie i zagraniczne, a także materiały uzyskane od rodziny bohatera i na tej podstawie potrafili przedstawić bardzo szczegółowy obraz życia i osiągnięć uczonego na tle wydarzeń historycznych, sytuacji społecznej i postępu nauki. Na uwagę zasługuje także bardzo bogata szata ilustracyjna. Część biograficzną uzupełnia polski przekład pięciu wybranych prac Wolfkego, uznanych przez autorów za najważniejsze w jego twórczości.

Dobór materiałów oraz ilustracji uważam za bardzo udany. Podoba mi się również żywa narracja autorów, która sprawia, że książka nie jest nudnym zbiorem informacji. Są to wszystko zalety tej niewątpliwie wartościowej pracy.

z recenzji prof. Andrzeja Kajetana Wróblewskiego