

POSTĘPY FIZYKI



CZASOPISMO NAUKOWE POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO
POŚWIĘCONE UPOWSZECHNIANIU WIEDZY FIZYCZNEJ

Problem niemieckich czołgów

2 / 2025
TOM 76



nr indeksu 369721

ISSN 0032-5430



9 770032 543257

02



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
Aneta Mika
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)
Yuriy Zorenko (Bydgoszcz)
Piotr Gębara (Częstochowa)
Jarosław Rybicki (Gdańsk)
Jerzy Bodzenta (Gliwice)
Paweł Zajdel (Katowice)
Małgorzata Wysocka-Kunisz (Kielce)
Józef Spątek (Kraków)
Marcin Turek (Lublin)
Karol Jakub Jędrzejczak (Łódź)
Katarzyna Książek (Opole)
Andrzej Łapiński (Poznań)
Paweł Jakubczyk (Rzeszów)
Tomasz Wróblewski (Słupsk)
Adam Balcerzak (Szczecin)
Wiesław Nowak (Toruń)
Krzysztof Petelczyc (Warszawa)
Ewa Dębowska (Wrocław)
Justyna Kalaga (Zielona Góra)

POSTĘPY FIZYKI (PF)

CZASOPISMO NAUKOWE POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO
POŚWIĘCONE UPOWSZECHNIANIU WIEDZY FIZYCZNEJ

ukazuje się od 1949 roku

www.ptf.net.pl

RADA REDAKCYJNA

Adam Maj (przewodniczący)
Andrzej Kajetan Wróblewski (członek honorowy)
Grażyna Chełkowska
Jerzy Garbarczyk
Maciej Lisicki
Tomasz Pietrzak
Adam Pikul
Piotr Sułkowski
Andrzej Wilczek

MATERIAŁY DO KRONIKI DOSTARCZYŁO BIURO MEDIALNE PTF W SKŁADZIE:

Krzysztof Petelczyc – kierownik	Michał Kaczor (Rzeszów)
Mikołaj Baranowski (Poznań)	Janusz Kuliński (Łódź)
Beata Bochentyn (Gdańsk)	Wojciech Olszewski (Białystok)
Jakub Borkowski (Toruń)	Adam Pikul (Wrocław)
Zbigniew Ficek (Zielona Góra)	Grzegorz Siudem (Warszawa, SFENS)
Janusz Filiks (Lublin)	Bogumiła Świeżewska (SFOF)
Marcin Jarosik (Częstochowa)	Andrzej Wilczek (Katowice)

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@ptf.net.pl

INFORMACJE DLA AUTORÓW

Przyjmujemy do publikacji przystępnie napisane artykuły przeglądowe i monograficzne w języku polskim i angielskim, które otrzymają pozytywne recenzje wydawnicze. Teksty o objętości nieprzekraczającej 18 000 znaków ze spacjami plus ilustracje należy przysyłać e-mailem na adres: postepy.fizyki@ptf.net.pl w formie przyjętej w czasopiśmie <https://www.ptf.net.pl/PF/archiwum> w systemie LATEX (plik źródłowy + pdf) lub w programie Word; tekst powinien zawierać tytuł w j. polskim i angielskim, 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/PF/autorzy>), 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.

PRENUMERATA 2025 DLA PODMIOTÓW ZEWNĘTRZNYCH

- cena pojedynczego numeru PF wynosi 35,00 PLN (w tym 8% VAT)
 - cena prenumeraty rocznika (4 numery z 10% rabatem) – 126,00 PLN (w tym 8% VAT)
 - **koszty wysyłki czasopisma pokrywa zamawiający**
 - zamówienie prenumeraty należy wysłać na adres postepy.fizyki@ptf.net.pl
- Szczegółowe warunki prenumeraty PF oraz informacje dotyczące cen numerów archiwalnych znaleźć można na stronie internetowej PTF <https://www.ptf.net.pl/PF/prenumerata>

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

Szanowni Czytelnicy,

pomysłodawcą zamieszczenia w PF tłumaczenia artykułu o sposobie szacowania przez alianców liczby niemieckich czołgów podczas II wojny światowej był profesor Łukasz Andrzej Turski (1943-2025), wybitny fizyk teoretyk specjalizujący się w fizyce materii skondensowanej i mechanice statystycznej, niestrudzony popularyzator nauki oraz inspirujący nauczyciel. Był postacią wyjątkową – nie tylko posiadał rozległą wiedzę w uprawianej dziedzinie, ale także doskonale rozumiał znaczenie popularyzacji nauki i edukacji. Całe życie poświęcił temu, żebyśmy lepiej rozumieli świat. Cierpliwie tłumaczył, że energia jądrowa jest bezpieczna, szczepionki ratują życie, a postęp naukowy to ogromny dorobek naszych czasów. Był inicjatorem Pikniku Naukowego i organizatorem jego pierwszej edycji, za co uhonorowano go Nagrodą im. Profesora Hugona Steinhausa. Był także jednym z pomysłodawców Centrum Nauki Kopernik w Warszawie i przewodniczył jego radzie programowej. W 2000 roku otrzymał Medal Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (EPS) za popularyzację fizyki.

Martwił się, że „odpuszczono” edukację oraz że naukowcy sami się przyczynili do tego, iż społeczeństwo coraz mniej ufa nauce, a czerpie wiedzę o odkryciach naukowych (co wynika z badań, które przeprowadziła grupa badawcza z UŁ) przede wszystkim z mediów społecznościowych, od celebrytów i aktorów...

Cześć Jego pamięci!

redaktor naczelna

Adres PF

postepy.fizyki@ptf.net.pl

PF są dostępne bezpłatnie w wersji elektronicznej

<https://www.ptf.net.pl/PF/archiwum>

Spis treści PF (od 1949)

<https://www.ptf.net.pl/PF/spis-treści>

Informacje dla autorów PF

<https://www.ptf.net.pl/PF/autorzy>



Preambuła

E. A. Bartnik 2

Bayesowskie podejście do problemu niemieckich czołgów

C. M. Simon 3

Kronika Polskiego Towarzystwa Fizycznego 16

Preambuła

Ernest Aleksy Bartnik

Wydział Fizyki UW

W statystyce, dla estymacji parametrów modelu na podstawie danych, często posługujemy się zasadą największej wiarygodności. W tym kontekście wiarygodność oznacza gęstość prawdopodobieństwa zaobserwowania danych jako funkcję poszukiwanych parametrów. Zgodnie z intuicją i zdrowym rozsądkiem, jako estymatę przyjmujemy takie parametry, dla których wiarygodność jest największa. Najczęściej ta heurystyka daje znakomite wyniki. Dodatkowo, jeśli dane mają błędy dobrze opisywane rozkładem normalnym, to procedura ta pozwala na ocenę, czy model danych jest adekwatny – to słynny test χ^2 (chi kwadrat). Procedura ta sprawdza się w sytuacji, gdy maksimum rozkładu wiarygodności leży blisko jej średniej lub mediany. Współcześnie coraz bardziej popularne jest bayesowskie podejście do statystyki (wasz uniżony autor preambuły i tłumacz artykułu też jest entuzjastą tej filozofii). W tym ujęciu uważamy, że pomiar zmienia naszą wiedzę o nieznanym parametrach: przed pomiarem opisujemy naszą wiedzę o parametrach gęstością prawdopodobieństwa *a priori* (łac. przed). Rozkład wiarygodności przy wykorzystaniu twierdzenia Bayesa pozwala obliczyć gęstość rozkładu prawdopodobieństwa po pomiarze (*a posteriori*). Z tego rozkładu możemy łatwo obliczyć także wszystkie wielkości używane w statystyce: średnie, wariancje, współczynniki korelacji itd. Podejście to było krytykowane jako „subiektywne”, gdyż wprowadza element oceny wiedzy *a priori*, a często przed pomiarem nic o parametrach nie

wiemy. Sytuacja się zmieniła, kiedy Shannon zaproponował pojęcie entropii informacyjnej [a]. W przypadku, gdy nic nie wiemy przed pomiarem o parametrach, to jako wiedzę *a priori* przyjmujemy rozkład prawdopodobieństwa o największej entropii informacyjnej. Często jest to rozkład płaski. W tym przypadku prawdopodobieństwo *a posteriori* to po prostu wiarygodność. W przypadku problemu niemieckich czołgów rozkład wiarygodności jest bardzo niesymetryczny. Zasada największej wiarygodności mówi, że szacowana liczba wrażeń (wrogich – przyp. red.) czołgów to największy numer seryjny z próbki. Ocena ta nie jest bezdennie głupia, lecz nie wyróżnia się subtelnością. W podejściu bayesowskim oceniana liczebność jest dana jako największy numer próbki pomnożony przez czynnik korygujący większy niż 1 [b]. Poniższy artykuł jasno i dydaktycznie pokazuje w szczegółach to postępowanie. Jedynym zarzutem jest to, że z nieznanymi powodów jest zilustrowany sylwetkami czołgów amerykańskich, a nie hitlerowskich Tygrysów.

- [a] Claude E. Shannon. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379-423, 623-656 (1948).
- [b] Höhle Michael, Leonard Held. Bayesian Estimation of the Size of a Population. Discussion Paper 499 (2006). https://epub.ub.uni-muenchen.de/2094/1/paper_499.pdf.

Bayesowskie podejście do problemu niemieckich czołgów*

A Bayesian Treatment of the German Tank Problem

Cory M. Simon**

Problem niemieckich czołgów (PNC) (ang. *German tank problem*) ma ciekawe tło historyczne. Jest to także zajmujący problem statystycznej estymacji nadający się na zajęcia w szkole. Celem jest estymacja liczby czołgów numerowanych kolejnymi numerami serii na podstawie losowej próbki. W tym artykule wprowadzamy zarys bayesowskiego podejścia do PNC. Rozwiązanie przypisuje prawdopodobieństwo wystąpienia każdej możliwej liczby czołgów, co pozwala na ilościową ocenę niepewności estymacji (tj. średniej, wariancji itd. – przyp. tłum.). Daje to także możliwość wprowadzenia do rachunku wcześniejszej wiedzy lub przekonania o liczbie czołgów. Podamy tu odpowiednie przykłady. Na zakończenie dokonamy przeglądu podobnych zagadnień.

Tło historyczne

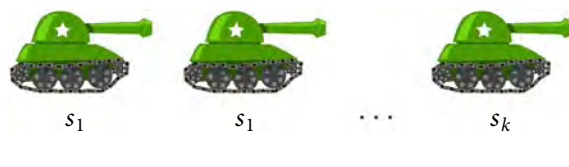
W celu sformułowania strategii wojskowej w czasie II wojny światowej (1939-1945), Alianci starali się ocenić tempo produkcji różnych typów sprzętu wojskowego wroga (czołgi, opony, rakiety itd.) Zwykle metody oceny produkcji zbrojeniowej, włączając w to ekstrapolacje danych o przedwojennej produkcji, źródła wywiadowcze czy też przesłuchania jeńców wojennych, były w większości przypadków niewiarygodne lub sprzeczne. W 1943 roku amerykańskie i angielskie agencje wywiadu ekonomicznego wykorzystały niemiecką praktykę, stosowaną przy produkcji sprzętu, do statystycznej oceny produkcji uzbrojenia w Niemczech. Otóż niemieccy producenci oznaczali wyprodukowany sprzęt numerem seryjnym, a także kodem zawierającym datę i miejsce produkcji. Miało to ułatwiać zarządzanie częściami zamiennymi oraz znajdowanie producenta wadliwego sprzętu czy też części zamiennych, który mógłby dokonać kontroli jakości. Jednocześnie te liczby i kody na zdobytym sprzęcie nieprzyjaciela dawały Aliantom informację o produkcji uzbrojenia w III Rzeszy.

W celu oszacowania tempa produkcji czołgów, Alianci zbierali numery seryjne znajdujące się na podwoziach, silnikach, skrzyniach biegów i gąsienicach zdobytych czołgów, a także przeglądali zdobyte dokumenty¹. Mimo, że nie posiadano wyczerpujących danych, kolejne numery sprzętu i regularności w kodach umożliwiły Aliantom estymację produkcji czołgów niemieckich. Powojenne badania wykazały, że analiza numerów seryjnych dała bardziej dokładne oceny od zawyżonych estymat uzyskanych konwencjonalnymi metodami analizy (tab. 1)². Zobacz artykuł Richarda Rugglesa i Henry'ego Brodie'go [44], opisujący szczegółowo historię analizy numerów seryjnych, której użyto do oceny niemieckiej produkcji broni w czasie II wojny światowej.

PNC

Uproszczenie historycznego kontekstu estymacji produkcji czołgów na podstawie analizy numerów seryjnych [44] było motywem do sformułowania problemu w postaci dogodnej dla dyskusji o PNC w publikacji [21].

Sformułowanie problemu. W czasie II wojny światowej armia III Rzeszy miała na stanie n czołgów. Każdy czołg miał unikatowy numer seryjny ze zbioru liczb $\{1, \dots, n\}$. Jako Alianci nie znamy n , ale zdobyliśmy próbkę k wrażeń (wrogich – przyp. red.) czołgów (oczywiście jest to losowanie bezzwrotne), z których każdy miał swój numer seryjny z uporządkowanego zbioru $\{s_1, \dots, s_k\}$.



1. Na przykład zdobyte dokumenty ze składów części zamiennych do czołgów zawierały listy numerów seryjnych podwozi i silników zreperowanych czołgów, a dokumenty ze sztabów dywizji zawierały numery seryjne czołgów danej jednostki.

2. Na przykład skrzynie biegów miały wybite numery seryjne jednym ciągiem. Numery podwozi natomiast były rozbite na bloki z przerwami między nimi. Pozwalało to odróżnić blok opisujący model i typ od bloku z numerem seryjnym.

*Dane oryginału artykułu: Simon, C.M. A Bayesian Treatment of the German Tank Problem. *Math Intelligencer* 46, 117–127 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00283-023-10274-6>

**ORCID: 0000-0002-8181-9178

Zakładając, że prawdopodobieństwo zdobycia każdego czołgu jest takie samo, a n jest nieznaną, naszym celem jest estymacja n na podstawie danych $\{s_1, \dots, s_k\}$.

W roku 1942 Alan Turing i Andrew Gleason, siedząc w zatłoczonej restauracji w Waszyngtonie, dyskutowali o pewnym wariacie PNC, a mianowicie: jak ocenić liczbę taksówek (słynnych ang. *yellow cabs* – przyp. tłum.) w mieście na podstawie zaobserwowanych losowych numerów przejeżdżających taksówek [13, 24]. Nawet dziś, ze względu na ciekawe tło historyczne, jest to ciągle interesującym tematem rozmowy przy stole i może posłużyć jako intelektualnie ciekawy, intrygujący i zabawny problem ilustrujący zagadnienia kombinatoryki i teorii estymacji podczas zajęć szkolnych [3, 15, 27, 33].

Tab. 1. Miesięczna produkcja czołgów niemieckich [44]

miesiąc	estymaty		dane niemieckie
	tradycyjne oceny angielskiego i amerykańskiego wywiadu	analiza numerów seryjnych	
czerwiec 1942	1000	169	122
lipiec 1942	1550	244	271
sierpień 1942	1550	327	342

Szacowanie niepewności oceny. Każda estymacja liczby czołgów n na podstawie danych $\{s_1, \dots, s_k\}$ jest obciążona niepewnością, gdyż nie zdobyliśmy (zapewne!) wszystkich czołgów (tzn. prawdopodobnie $k \neq n$). Znalezienie rozrzutu (błędu) estymacji jest ważne, gdyż na podstawie estymat podejmuje się istotne decyzje wojskowe.

Nasz wkład. W niniejszym dydaktycznym artykule wprowadzamy zarys bayesowskiego podejścia do PNC, którego rozwiązanie określa prawdopodobieństwo każdej możliwej liczby czołgów, co pozwala na ilościową ocenę niepewności estymacji. Daje to także możliwość wprowadzania do obliczeń wcześniejszej wiedzy lub przekonania o liczbie czołgów.

Przegląd wcześniejszych prac nad PNC

Wnioskowanie częstościowe (ang. *frequentist approach*). Kim Border [7] nazywa PNC „przedziwnym przypadkiem” estymowania za pomocą wnioskowania częstościowego. Zasada największej wiarygodności estymuje liczbę czołgów n jako maksymalny numer seryjny wśród k zdobytych niemieckich czołgów $m^{(k)} = \max_{i \in \{1, \dots, k\}} s_i$. Jest to estymator obciążony, gdyż na pewno $m^{(k)} \leq n$. Leo Goodman [21, 22] wyprowadził nieobciążony estymator o najmniejszej wariancji liczby czołgów

$$\hat{n} = m^{(k)} + \left(\frac{m^{(k)}}{k} - 1 \right). \quad (1)$$

Aby wyrobić sobie intuicję co do wzoru (1) zauważmy, że \hat{n} musi być większe od lub równe $m^{(k)}$, a jeśli rozważymy duże (lub małe) odstęp między numerami seryjnymi (s_1, \dots, s_k) , włączając w to odstęp między zerem a najmniejszym numerem, to n jest zapewne dużo większe (lub nie) od $m^{(k)}$. Estymator n ze wzoru (1) wskazuje, o ile n powinno być większe od $m^{(k)}$ w zależności od obserwowanych odstępów; $m^{(k)}/k - 1$ to średni odstęp między numerami seryjnymi. Goodman [21] także wyprowadził wzór na dwustronny $(1 - a)$ przedział ufności $m^{(k)} \leq n \leq x$, gdzie x to największa liczba całkowita spełniająca $(m^{(k)} - 1)_k / (x)_k \geq a$ (oznaczenie $(n)_k$ dla malejącej silni zdefiniowano w [5]).

Zastosowania w dydaktyce. Julian Champkin [23] podkreśla, że użycie statystyki do estymacji niemieckiej produkcji czołgów w czasie II wojny światowej to był „wielki moment dla statystyki”. Roger Johnson [27] podaje i ocenia wiele intuicyjnie jasnych punktowych estymatorów liczby czołgów. Richard Schaeffer i in. [45] proponują doświadczalne oszacowanie przez uczniów liczby ponumerowanych żetonów w worku poprzez wylosowanie kilku z nich i zanotowanie ich numerów jako model dla PNC. Arthur Berg [3] organizuje w klasie konkurs na znalezienie najlepszego estymatora liczby ludności w mieście na podstawie losowej próbki. George Clark i in. [10] badają użycie symulacji zdobywania wrażeń czołgów i regresji liniowej do wykrycia estymatora ze wzoru (1).

Podejście bayesowskie. Blisko związane z naszymi dydaktycznymi badaniami bayesowskiego podejścia do PNC są prace opublikowane przez innych badaczy. Harry Roberts [41], Michael Hoele i Leonard Held [25], Wolfgang Von der Linden, Volker Dose, Udo Von Toussaint [49], Simona Cocco, Remi Monasson, Francesco Zamponi [11] podejmują się bayesowskiej analizy PNC i wprowadzają wzór analityczny na średnią i wariancję dla rozkładu prawdopodobieństwa *a posteriori* liczby czołgów w przypadku, gdy rozkład prawdopodobieństwa *a priori* jest płaski. Mark Andrews [1] daje zarys podejścia bayesowskiego do PNC na swoim blogu, gdzie także znajduje się program napisany w języku programowania R (służącym do obliczeń statystycznych i wizualizacji danych – przyp. red.). William Rosenberg i John Deely [43] dają zarys empirycznego podejścia dla estymacji liczby koni na wyścigach na podstawie próbki numerów kilku koni (funkcja wiarygodności jest równoważna tej dla PNC). Arthur Berg i Naur Hawila [4] posługują się wnioskowaniem bayesowskim w podobnym problemie taksówek.

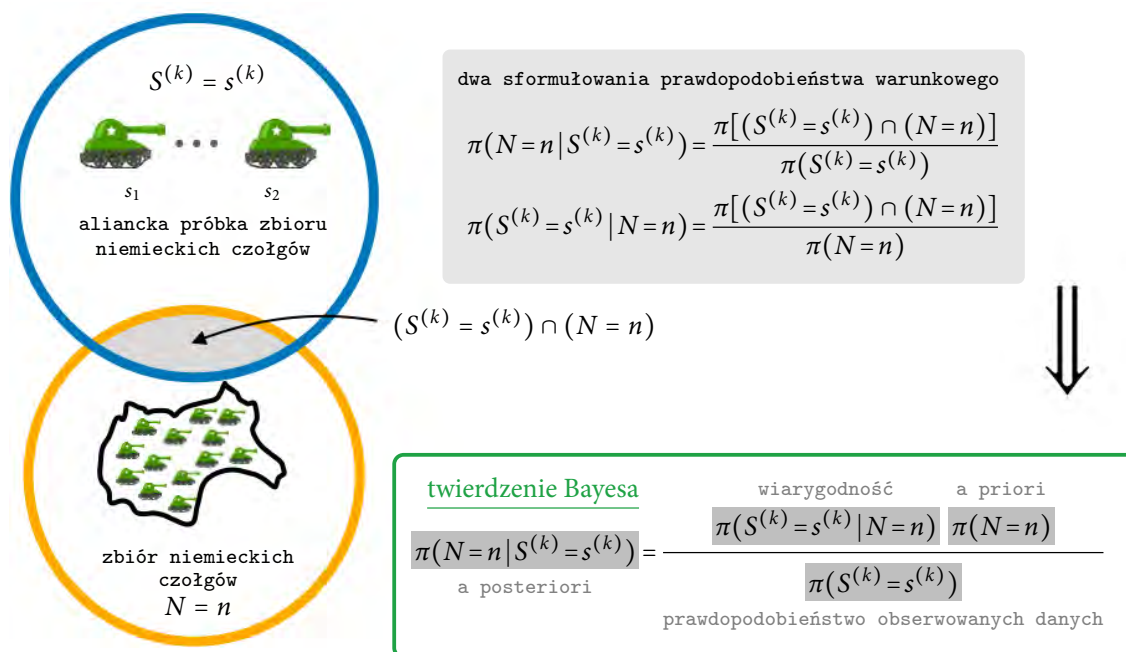
Warianty i uogólnienia problemu. Goodman [21, 22] oraz Clark, Gonye i Miller [10] rozważają wariant PNC,

w którym początkowy numer seryjny jest nieznan; innymi słowy n czołgów jest znakowane numerami $\{b + 1, \dots, n + b\}$, ale b oraz n są nieznanne. Lee i Miller uogólniają problem do sytuacji, gdy numery seryjne pochodzą z ciągłego zbioru liczb, a nawet gdy te numery są wybrane z kuli lub hipersześcianu w przestrzeni dwu lub więcej wymiarowej.

Przegląd bayesowskiego podejścia do PNC

Z bayesowskiego punktu widzenia [6, 15, 46] traktujemy (nieznaną) liczbę całkowitą czołgów jako dyskretną zmienną losową N , aby modelować stan naszej niepew-

ności. Rozkład prawdopodobieństwa N daje nam prawdopodobieństwo dla każdej możliwej liczby czołgów n . To prawdopodobieństwo jest miarą naszej wiary, być może skojarzonej z jakąś uprzednią wiedzą, że ta liczba wynosi n [20]. Rozkład prawdopodobieństwa N opisuje naszą niepewność. Zaobserwowane numery seryjne (s_1, \dots, s_k) zawierają informację o liczbie czołgów. Tak więc rozkład prawdopodobieństwa N zmienia się, kiedy weźmiemy pod uwagę dane pomiarowe (s_1, \dots, s_k) . Znaczy to, że N ma rozkład prawdopodobieństwa przed pomiarem (*a priori*) i po pomiarze (*a posteriori*).



Rys. 1. Zastosowanie twierdzenia Bayesa do PNC. Diagram Eulera [32, 37] przedstawia dwie konfiguracje $S^{(k)} = s^{(k)}$ i $N = n$ za pomocą kół. Powierzchnia każdego koła jest proporcjonalna do prawdopodobieństwa konfiguracji, a powierzchnia przecięcia – do jednoczesnego wystąpienia obu konfiguracji $(S^{(k)} = s^{(k)}) \cap (N = n)$. Diagram Eulera ilustruje dwie konfiguracje jako przecinające się względne prawdopodobieństwa, co implikuje twierdzenie Bayesa [30].

Oto trzy elementy podejścia bayesowskiego do problemu PNC:

- 1) rozkład prawdopodobieństwa *a priori* N uwzględniający naszą wiedzę lub przekonanie o wartości n przed uzyskaniem próbki numerów seryjnych,
- 2) dane, czyli próbka numerów seryjnych (s_1, \dots, s_k) traktowanych jako wynik losowania zmiennych losowych (S_1, \dots, S_k) przy założeniu, że wybór numerów jest czysto stochastyczny (losowy),
- 3) wiarygodność wyrażająca prawdopodobieństwo obserwowanych danych $(S_1, \dots, S_k) = (s_1, \dots, s_k)$ dla każdej wartości $N = n$, zależnie od przyjętego statystycznego modelu przechwytywania czołgów.

Wynikiem bayesowskiego podejścia do problemu PNC jest rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori* na

podstawie danych (s_1, \dots, s_k) . Rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori* można uważać za aktualizację rozkładu *a priori* w świetle nowych danych (rys. 1). Rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori* dla N przypisuje każdej liczbie czołgów n prawdopodobieństwo będące kompromisem między wiarygodnością (odwołującą się do modelu pozyskiwania zdobycznych czołgów i obserwowanych danych (s_1, \dots, s_k) oraz hipotezy, że liczba czołgów wynosi n), a rozkładem prawdopodobieństwa *a priori* N , które wynika z naszego przekonania o wartości n przed uzyskaniem próbki numerów seryjnych (s_1, \dots, s_k) [46]. Rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori* jest wyjściowym wynikiem dla dalszej analizy i obrazuje, jak rozrzucone są prawdopodobieństwa w N . Możemy uzyskać sumaryczny wynik analizy podając np. medianę i mały zbiór liczb, dla któ-

rych prawdopodobieństwo jest największe, czyli wiarygodny zbiór, w którym zapewne znajduje się rzeczywista liczba czołgów. Dalej, na podstawie rozkładu *a posteriori* możemy odpowiedzieć na pytanie: jakie jest prawdopodobieństwo, że n będzie większe od pewnej progowej wielkości n' , która mogłoby zmienić wojskową strategię.

Tab. 2. Lista parametrów/zmiennych

parametry/zmienne	\in	opis
n	$\mathbb{N}_{\geq 0}$	liczba czołgów
k	$\mathbb{N}_{> 0}$	liczba zdobytych czołgów
s_i	$\mathbb{N}_{> 0}$	numer seryjny i -tego czołgu
$s^{(k)}$	$\mathbb{N}_{> 0}^k$	wektor numerów seryjnych k zdobytych czołgów
$m^{(k)}$	$\mathbb{N}_{> 0}$	maksymalny numer seryjny wśród k zdobytych czołgów

Bayesowskie podejście do PNC

Teraz zajmiemy się szczegółami podejścia bayesowskiego do PNC i zilustrujemy to przykładem (użyte dalej symbole podane są w tab. 2). Używamy dużych liter dla zmiennych losowych a małych – dla ich konkretnych realizacji. Używamy funkcji charakterystycznej związanej ze zbiorem A :

$$\mathcal{I}_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A, \\ 0 & x \notin A. \end{cases} \quad (2)$$

Rozkład prawdopodobieństwa *a priori*. Tworzymy rozkład prawdopodobieństwa *a priori*, będący kombinacją naszych subiektywnych ocen i/lub obiektywnej wcześniejszej wiedzy o $\pi_{a \text{ priori}}(N = n)$ przed uzyskaniem próbki numerów seryjnych (s_1, \dots, s_k) . Rozkład prawdopodobieństwa *a priori* N , który postulujemy, zależy od okoliczności. Jeśli nie mamy żadnej informacji *a priori* o liczbie czołgów, to możemy przyjąć zasadę niewyróżniania żadnych parametrów i użyć rozmytego rozkładu *a priori* np. rozkładu płaskiego. W przeciwnym wypadku, kiedy mamy zgrubne pojęcie o liczbie czołgów z innych źródeł lub analiz, możemy opisać to rozkładem zawierającym więcej informacji, np. rozkładem skoncentrowanym wokół naszej najlepszej uprzedniej estymacji. Zgodnie z definicją rozmyte rozkłady zawierają większą nieoznaczoność, mierzoną np. entropią [35]. (We współczesnej statystyce, w sytuacji, gdy brakuje nam informacji o danym parametrze, wybieramy rozkład o największej entropii informacyjnej Shannona; w rozważanym przypadku jest to rozkład płaski [46] – przyp. tłum.)

Jeśli teraz myślimy o rozkładzie prawdopodobieństwa *a posteriori*, który balansuje między rozkładem *a priori* a wiarygodnością (wykorzystującą dane), to rozkład *a priori*, niosący więcej informacji niż rozkład rozmyty, będzie miał większy wpływ na rozkład *a poste-*

riori niż rozkład rozmyty, który „pozwała danym mówić samodzielnie” [15]. Zasadniczo, kiedy liczba zdobytych czołgów k rośnie, to spodziewamy się, że rozkład *a priori* będzie miał coraz mniejszy wpływ na rozkład *a posteriori* [15], jako że dane „zdominują” rozkład *a priori*.

Dane, generowanie danych i funkcja wiarygodności

Dane. Dane, którymi dysponujemy w PNC to wektor

$$s^{(k)} = (s_1, \dots, s_k) \quad (3)$$

numerów seryjnych wybitych na k zdobytych czołgach. Dane te traktujemy jako realizację wektora rozkładów losowych $S^{(k)} = (S_1, \dots, S_k)$. W tym miejscu zakładamy, że kolejność pojmanych czołgów ma znaczenie.

Proces generowania danych. Stochastyczne generowanie danych polega na kolejnym, bezzwrotnym zdobywaniu k czołgów ze zbioru n czołgów, a następnie zapisywaniu ich numerów do (s_1, \dots, s_k) . Zakładamy, że w każdym kroku dowolny czołg ma takie samo prawdopodobieństwo bycia zdobytym. Z matematycznego punktu widzenia to jest losowanie bezzwrotne k liczb całkowitych z rozkładu płaskiego ze zbioru $\{1, \dots, n\}$.

Funkcja wiarygodności. Funkcja wiarygodności daje prawdopodobieństwo obserwacji danych $(S_1, \dots, S_k) = (s_1, \dots, s_k)$ przy założeniu, że liczba czołgów $N = n$. Każdy wynik $s^{(k)}$ w przestrzeni próbek $\Omega_n^{(k)}$ jest tak samo prawdopodobny, gdzie

$$\Omega_n^{(k)} = \{(s_1, \dots, s_k)_{\neq} : s_i \in \{1, \dots, n\} \text{ dla wszystkich } i \in \{1, \dots, k\}\}, \quad (4)$$

a zapis $(\dots)_{\neq}$ oznacza, że elementy wektora (\dots) są różne. Liczba wyników $|\Omega_n^{(k)}|$ w przestrzeni próbek, to liczba różnych uporządkowań k unikatowych liczb ze zbioru $\{1, \dots, n\}$ dana wzorem na malejącą silnię

$$(n)_k = n(n-1)\dots(n-k+1) = \frac{n!}{(n-k)!}. \quad (5)$$

W czasie generowania danych prawdopodobieństwo zaobserwowania $S^{(k)} = s^{(k)}$ przy założeniu, że rozkład liczby czołgów $N = n$ jest płaski

$$\pi_{\text{wiarygodność}}(S^{(k)} = s^{(k)} | N = n) = \frac{1}{(n)_k} \mathcal{I}_{\Omega_n^{(k)}}(s^{(k)}). \quad (6)$$

Interpretacja. Wiarygodność dana jest wzorem, z którego wynika, jak mocne jest poparcie dla naszej wiedzy wynikającej z analizy numerów seryjnych k zdobytych

czołgów w $s^{(k)}$ w porównaniu z naszym probabilistycznym modelem zdobywania wrażeń czołgów, przy hipotezie, że liczba czołgów to n [46]. Traktujemy wyrażenie $\pi_{\text{wiarygodność}}(S^{(k)} = s^{(k)} \mid N = n)$ jako funkcję n , gdyż mamy tylko do dyspozycji dane $s^{(k)}$, a nie n .

Wiarygodność jako sekwencja zdarzeń. Możemy wprowadzić wzór (6) w inny sposób. Rozważmy ciąg zdarzeń $S_1 = s_1, S_2 = s_2, \dots, S_k = s_k$. Prawdopodobieństwo wystąpienia danego numeru na zdobytych czołgach, biorąc pod uwagę liczbę czołgów i numery seryjne uprzednio zdobytych czołgów, wynika z rozkładu płaskiego

$$\begin{aligned} \pi(S_i = s_i \mid N = n, S_1 = s_1, \dots, S_{i-1} = s_{i-1}) \\ = \frac{1}{n - i + 1} \mathcal{I}_{\{1, \dots, n\} \setminus \{s_1, \dots, s_{i-1}\}}(s_i), \quad (7) \end{aligned}$$

skoro mamy do dyspozycji $n - (i - 1)$ czołgów do losowego wybrania z rozkładu płaskiego. Z reguły mnożenia niezależnych prawdopodobieństw [29] sumaryczne prawdopodobieństwo to

$$\begin{aligned} \pi_{\text{wiarygodność}}(S_1 = s_1, \dots, S_k = s_k \mid N = n) \\ = \prod_{i=1}^k \pi(S_i = s_i \mid N = n, S_1 = s_1, \dots, S_{i-1} = s_{i-1}), \quad (8) \end{aligned}$$

co daje wzór (6) po wykorzystaniu własności funkcji charakterystycznej.

Funkcja wiarygodności w zależności od maksymalnego obserwowanego numeru seryjnego. Przekonamy się tu, że tylko dwie niezależne cechy danych (s_1, \dots, s_k) podają informację o liczbie czołgów N : długość próbki k oraz obserwowany maksymalny numer seryjny

$$m^{(k)} = \max_{i \in \{1, \dots, k\}} s_i. \quad (9)$$

Tak więc szukamy tu innej funkcji wiarygodności, tj. prawdopodobieństwa $\pi_{\text{wiarygodność}}(M^{(k)} = m^{(k)} \mid N = n)$ zaobserwowania maksymalnego numeru seryjnego $m^{(k)}$ dla zadanej liczby $N = n$. Każdy wynik $s^{(k)} \in \Omega_n^{(k)}$ jest tak samo prawdopodobny, więc $\pi_{\text{wiarygodność}}(M^{(k)} = m^{(k)} \mid N = n)$ jest ułamkiem przestrzeni próbek $\Omega_n^{(k)}$, w której maksymalny numer seryjny to $m^{(k)}$. Aby obliczyć liczbę wyników $s^{(k)} \in \Omega_n^{(k)}$, gdzie maksymalny numer seryjny to $m^{(k)}$, rozważmy taką sytuację, że jeden z k zdobytych czołgów ma numer seryjny $m^{(k)}$, a pozostałe $k - 1$ mają numery ze zbioru $\{1, \dots, m^{(k)} - 1\}$. Dla każdej z k możliwych pozycji maksymalnego numeru seryjnego w wektorze $s^{(k)}$ mamy $(m^{(k)} - 1)_{k-1}$ różnych wyników określających resztę $k - 1$ numerów. Tak więc

$$\begin{aligned} \pi_{\text{wiarygodność}}(M^{(k)} = m^{(k)} \mid N = n) \\ = \frac{k(m^{(k)} - 1)_{k-1}}{(n_k)} \mathcal{I}_{\{k, \dots, n\}}(m^{(k)}). \quad (10) \end{aligned}$$

Rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori*

Gęstość prawdopodobieństwa *a posteriori* jako funkcja N przypisuje prawdopodobieństwo każdej możliwej liczby czołgów n uwzględniając dane (s_1, \dots, s_k) zgodnie z funkcją wiarygodności (6) i naszymi uprzednimi przekonaniami i wiedzą opisane przez $\pi_{\text{a priori}}(N = n)$.

Rozkład *a posteriori* jest warunkowym rozkładem wynikającym z wiarygodności i z rozkładu prawdopodobieństwa *a priori* zgodnie z twierdzeniem Bayesa [30] (rys. 1)

$$\begin{aligned} \pi_{\text{a posteriori}}(N = n \mid S^{(k)} = s^{(k)}) \\ = \frac{\pi_{\text{wiarygodność}}(S^{(k)} = s^{(k)} \mid N = n) \pi_{\text{a priori}}(N = n)}{\pi_{\text{evidence}}(S^{(k)} = s^{(k)})}. \quad (11) \end{aligned}$$

Mianownik, czyli prawdopodobieństwo obserwowanych danych (ang. *evidence*) $s^{(k)}$ [30] jest dane wzorem

$$\begin{aligned} \pi_{\text{evidence}}(S^{(k)} = s^{(k)}) \\ = \sum_{n'=0}^{\infty} \pi_{\text{wiarygodność}}(S^{(k)} = s^{(k)} \mid N = n') \pi_{\text{a priori}}(N = n'). \quad (12) \end{aligned}$$

Rozkład $\pi_{\text{a posteriori}}(N = n \mid S^{(k)} = s^{(k)})$ traktujemy jako rozkład prawdopodobieństwa dla N , skoro w praktyce mamy zawsze do dyspozycji $s^{(k)}$. Niezależne od n $\pi_{\text{evidence}}(S^{(k)} = s^{(k)})$, jest tylko czynnikiem normalizacyjnym w mianowniku (11). Wzór (11) interpretujemy następująco: gęstość prawdopodobieństwa *a priori* jest aktualizowana w świetle obserwowanych danych (s_1, \dots, s_k) dając w wyniku rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori* dla N . Prawdopodobieństwo *a posteriori* dla $N = n$ jest proporcjonalne do iloczynu wiarygodności i rozkładu *a priori* dla $N = n$, co stanowi kompromis pomiędzy wiedzą *a priori* a wiarygodnością. Możemy uprościć rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori* (11) podstawiając (6) i ograniczając sumę w (12) do liczby i czołgów, dla których wiarygodność jest niezerowa. Zauważmy, że tylko dwie dane ze zbioru danych (s_1, \dots, s_k) pojawiają się we wzorze i są to długość danych k i maksymalny numer seryjny $m^{(k)}$

$$\begin{aligned} \pi_{\text{a posteriori}}(N = n \mid S^{(k)} = s^{(k)}) \\ = \pi_{\text{a posteriori}}(N = n \mid M^{(k)} = m^{(k)}) \\ = \frac{(n)_k^{-1} \pi_{\text{a priori}}(N = n)}{\sum_{n'=m^{(k)}}^{\infty} (n')_k^{-1} \pi_{\text{a priori}}(N = n')} \mathcal{I}_{\{m^{(k)}, m^{(k)+1}, \dots\}}(n). \quad (13) \end{aligned}$$

Zauważmy, że możemy także otrzymać (13) posługując się (10).

Interpretacja. Gęstość prawdopodobieństwa *a posteriori* jako funkcja N (13) określa prawdopodobieństwo liczby czołgów n , przy wzięciu pod uwagę numerów seryjnych (s_1, \dots, s_k) zaobserwowanych na zdobycznych czołgach, nasz model probabilistyczny procesu zdobywania wrażeń czołgów i naszą wiedzę *a priori*, czyli kombinację naszych subiektywnych ocen i/lub obiektywnej poprzedniej wiedzy wyrażoną rozkładem *a priori* w funkcji N . Rozrzut (mierzony np. entropią informacyjną) rozkładu *a posteriori* odzwierciedla epistemiczną (redukowalną przez więcej danych) [17, 47] niepewność naszej wiedzy o liczbie czołgów.

Uwaga o „niepewności”. Źródłem niepewności zawartej w rozkładzie *a posteriori* jest brak pełnych danych: nie udało się zdobyć wszystkich wrażeń czołgów, aby mieć pewność, co do ich liczby³. W praktyce dodatkowym źródłem niepewności jest możliwa nieadekwatność modelu zdobywania wrażeń czołgów (założenie próbkowania z płaskiego rozkładu) we wzorze (6). Innymi słowy, w opisie procesu zdobywania wrażeń czołgów mogłoby zachodzić odchylenie od modelu próbkowania z płaskiego rozkładu. W naszej analizie pomijamy taką możliwość.

Streszczenie opisu rozkładu *a posteriori*. Możemy streścić naszą wiedzę zawartą w rozkładzie *a posteriori* podając punktową estymatę i mały zbiór liczb, dla których prawdopodobieństwo jest największe – wiarygodny zbiór, w którym zapewne znajduje się rzeczywista liczba czołgów⁴. Pożyteczną punktową estymatą jest mediana rozkładu *a posteriori*; z definicji jest to wartość, dla której prawdopodobieństwo, że n jest większe lub równe medianie, wynosi $\frac{1}{2}$. Właściwy wiarygodny podzbiór liczby wrażeń czołgów to podzbiór a [26].

$$\mathcal{H}_a = \{n' : \pi_{a \text{ posteriori}}(N = n' | M^{(k)} = m^{(k)}) \geq \pi_a\}, \quad (14)$$

gdzie π_a to największe n spełniające

$$\pi_{a \text{ posteriori}}(N \in \mathcal{H}_a | M^{(k)} = m^{(k)}) \geq 1 - a. \quad (15)$$

Innymi słowy, a , będący podzbiorem \mathcal{H}_a , to najmniejszy zbiór, który zawiera część $(1 - a)$ rozkładu *a posteriori* dla takich n , że każde z nich występuje z większym prawdopodobieństwem niż dowolne n spoza zbioru.

Wnioskowanie na podstawie rozkładu *a posteriori*. Posługując się rozkładem *a posteriori* możemy wyznaczyć dowolny zbiór n spełniających zadane warunki; np. praw-

3. Na pewno $k < n$, jeżeli są luki pomiędzy obserwowanymi numerami seryjnymi (s_1, \dots, s_k) . Nawet gdy nie ma luk w (s_1, \dots, s_k) , to nie możemy być pewni, że zdobyliśmy wrażeń czołg o największym numerze seryjnym.

4. przy naszych założeniach o funkcji wiarygodności i rozkładzie *a priori*

dopodobieństwo tego, że liczba wrogich czołgów jest większa od jakiegoś n' wynosi

$$\begin{aligned} \pi_{a \text{ posteriori}}(N = n' | M^{(k)} = m^{(k)}) \\ = \sum_{n=n'+1}^{\infty} \pi_{a \text{ posteriori}}(N = n | M^{(k)} = m^{(k)}). \end{aligned} \quad (16)$$

Przykład

Poniższym przykładem ilustrujemy podejście bayesowskie do PNC.

Rozkład prawdopodobieństwa *a priori* w zależności od N . Załóżmy, że mamy kres górny n_{\max} możliwej liczby wrażeń czołgów na podstawie np. dostaw pewnych surowców koniecznych do produkcji czołgów, a poza tym żadnych innych informacji. Możemy wtedy wybrać rozmyty rozkład prawdopodobieństwa *a priori* – rozkład płaski

$$\pi_{a \text{ priori}}(N = n) = \frac{1}{n_{\max} + 1} \mathcal{I}_{\{0, \dots, n_{\max}\}}(n). \quad (17)$$

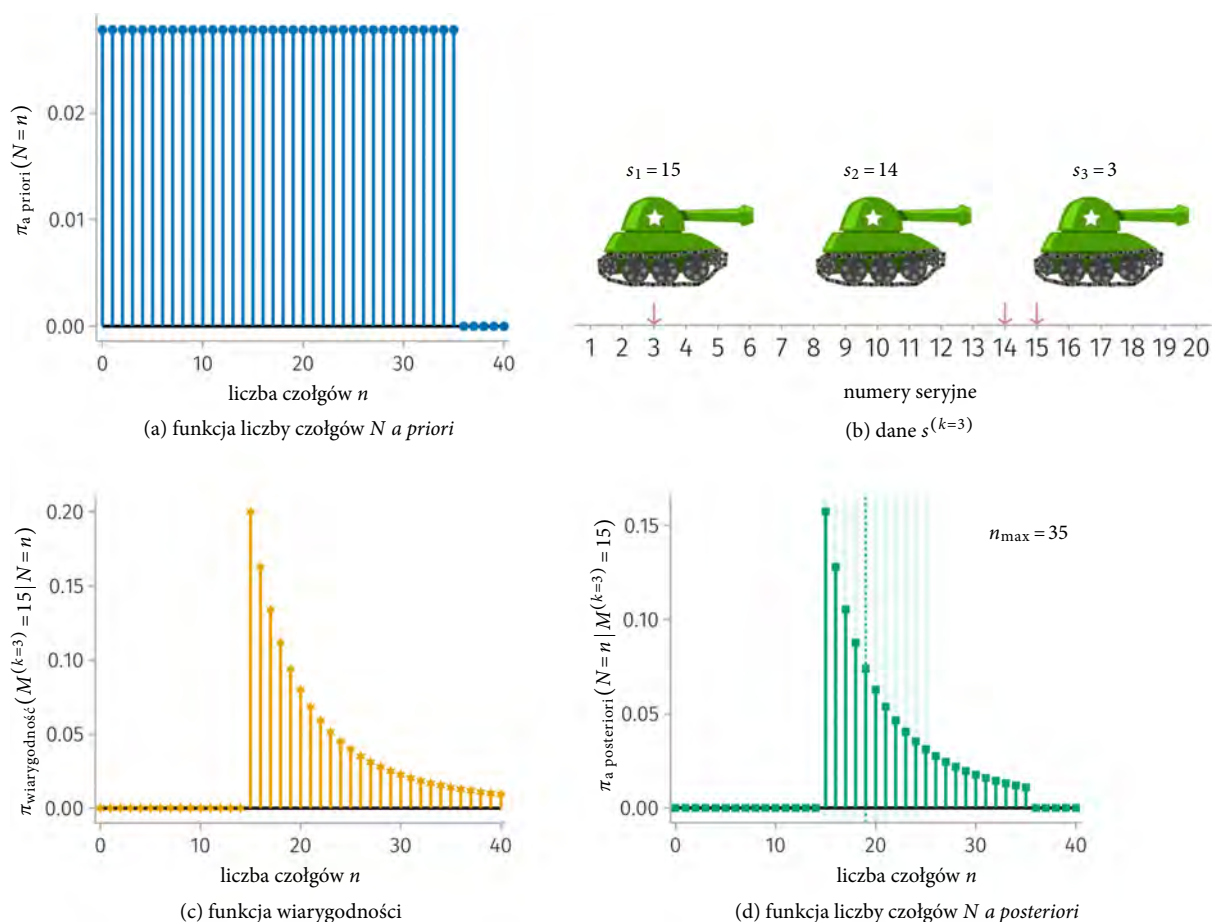
Ten rozkład prawdopodobieństwa *a priori* wyraża fakt, że przy braku jakichkolwiek danych (s_1, \dots, s_k) (tzn. żadnych numerów seryjnych ani nawet liczby k), sądzimy, że całkowita liczba wrażeń czołgów N może przyjąć dowolną wartość ze zbioru $(0, \dots, n_{\max})$ z takim samym prawdopodobieństwem. Dla ustalenia uwagi załóżmy, że $n_{\max} = 35$. Na rysunku 2(a) widzimy $\pi_{a \text{ priori}}(N = n)$.

Dane (s_1, \dots, s_k) i funkcja wiarygodności. Załóżmy teraz, że zdobyliśmy $k=3$ czołgi (rys. 2(b)) z numerami seryjnymi $s^{(3)} = (15, 14, 3)$. Maksymalny numer seryjny to $m^{(3)} = 15$. Funkcja wiarygodności ze wzoru (10) $\pi_{\text{wiarygodność}}(M(3) = 15 | N = n)$ pokazana jest na rysunku 2(c). Zauważmy, że funkcja wiarygodności osiąga maksimum dla $n = m^{(3)} = 15$, a potem maleje jednostajnie.

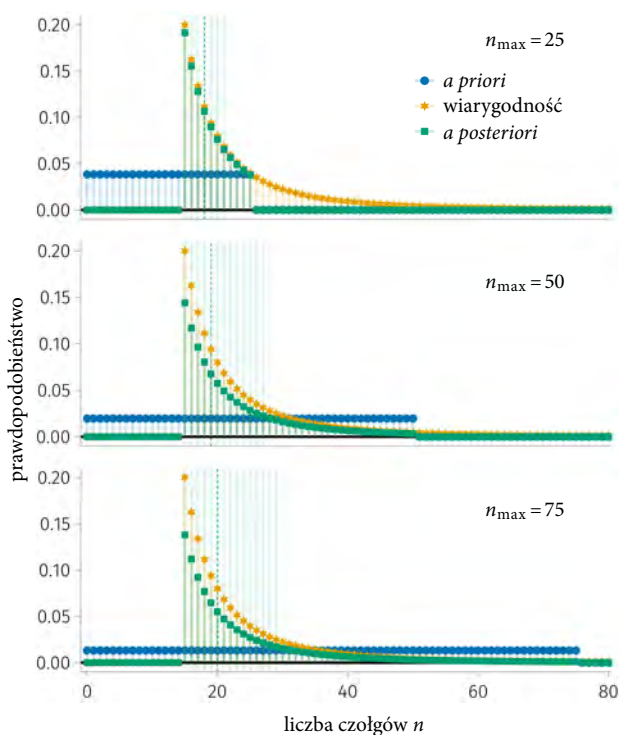
Rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori* w zależności od N . Uwzględniając rozkład *a priori* (17), ze wzoru (13) otrzymujemy

$$\begin{aligned} \pi_{a \text{ posteriori}}(N = n | M^{(k)} = m^{(k)}) \\ = \frac{\binom{n}{k}^{-1}}{\sum_{n'=m^{(k)}}^{n_{\max}} \mathcal{I}_{\{m^{(k)}, m^{(k)+1}, \dots, n_{\max}\}}(n)}. \end{aligned} \quad (18)$$

Na rysunku 2(d) pokazany jest rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori* dla danych $s^{(3)}$ z rysunku 2(b) i rozkład prawdopodobieństwa *a priori* opisany wzorem (17) ($n_{\max} = 35$).



Rys. 2. Podejście bayesowskie do PNC. (a) Rozkład prawdopodobieństwa *a priori*. (b) Dane $s^{(3)}$ z maksymalnym zaobserwowanym numerem seryjnym $m^{(3)} = 15$. (c) Funkcja wiarygodności dla danych $s^{(3)}$. (d) Rozkład prawdopodobieństwa *a posteriori*; $\mathcal{H}_{0,2}$ jest wyróżnione kolorem a mediana – pionową linią przerywaną.



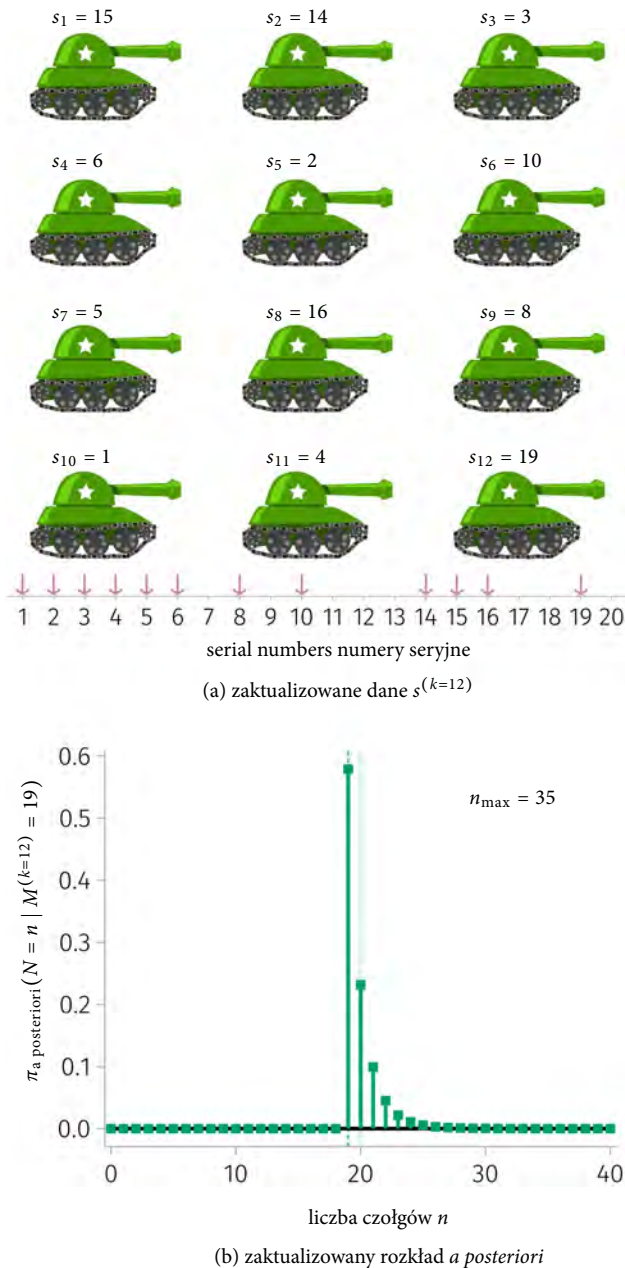
Rys. 3. Czulość rozkładu *a posteriori* na zmiany kresu górnego n_{\max} użytego w rozkładzie *a priori*.

Podsumowanie opisu rozkładu *a posteriori*. Rozkład *a posteriori* jako funkcja N ma medianę 19 i wiarygodny podzbiór $\mathcal{H}_{0,2} = \{15, \dots, 25\}$ wyróżniony kolorem na rysunku 2(d); dane te zostały wygenerowane komputerowo dla liczby czołgów $n = 20$, co uzasadnia skalę użytą na rysunku 2(b).

Wnioskowanie na podstawie rozkładu *a posteriori*. Załóżmy, że strategia Aliantów musiałaby ulec zmianie, gdyby liczba wrażeń czołgów przekroczyła 30. Z rozkładu *a posteriori* (N) obliczamy, że $\pi_a \text{ posteriori}(N > 30 | M^{(3)} = 15) \approx 0,066$.

Czulość rozkładu *a posteriori* na zmiany w rozkładzie *a priori*. Skoro przy konstruowaniu rozkładu *a priori* odgrywa rolę czynnik subiektywny, jest dobrą praktyką sprawdzić czulość rozkładu *a posteriori* na zmiany w rozkładzie *a priori* [46]. Na rysunku 3 widzimy, jak zmienia się rozkład *a posteriori*, gdy zmieniamy górny kres liczby wrażeń czołgów n_{\max} , którego używamy we wzorze (17). Na przykład, gdy zmienimy na $n_{\max} = 75$, to wiarygodny podzbiór zwiększa się do $\mathcal{H}_{0,2} = \{15, \dots, 29\}$.

Efekt zdobycia większej liczby wrogich czołgów. Załóżmy, że zdobyliśmy dodatkowych 9 czołgów i pow-



Rys. 4. Rozkład *a posteriori* po zdobyciu większej liczby wrażeń czołgów. (a) Zdobyliśmy dodatkowych 9 czołgów. (b) Zaktualizowany rozkład *a posteriori* jako funkcja N .

tórzmy analizę bayesowską. Na rysunku 4 pokazany jest zaktualizowany rozkład *a posteriori*. Wiarygodny podzbiór $\mathcal{H}_{0,2}$ zmniejsza się znacznie do $\{19, 20\}$. Widać, jak więcej danych (większa liczba zdobytych czołgów) ogólnie zmniejsza naszą niepewność oceny liczby wrażeń czołgów.

Badania zachowania rozkładu *a posteriori* przy zmianie znanej liczby wrażeń czołgów, za pomocą symulacji komputerowych

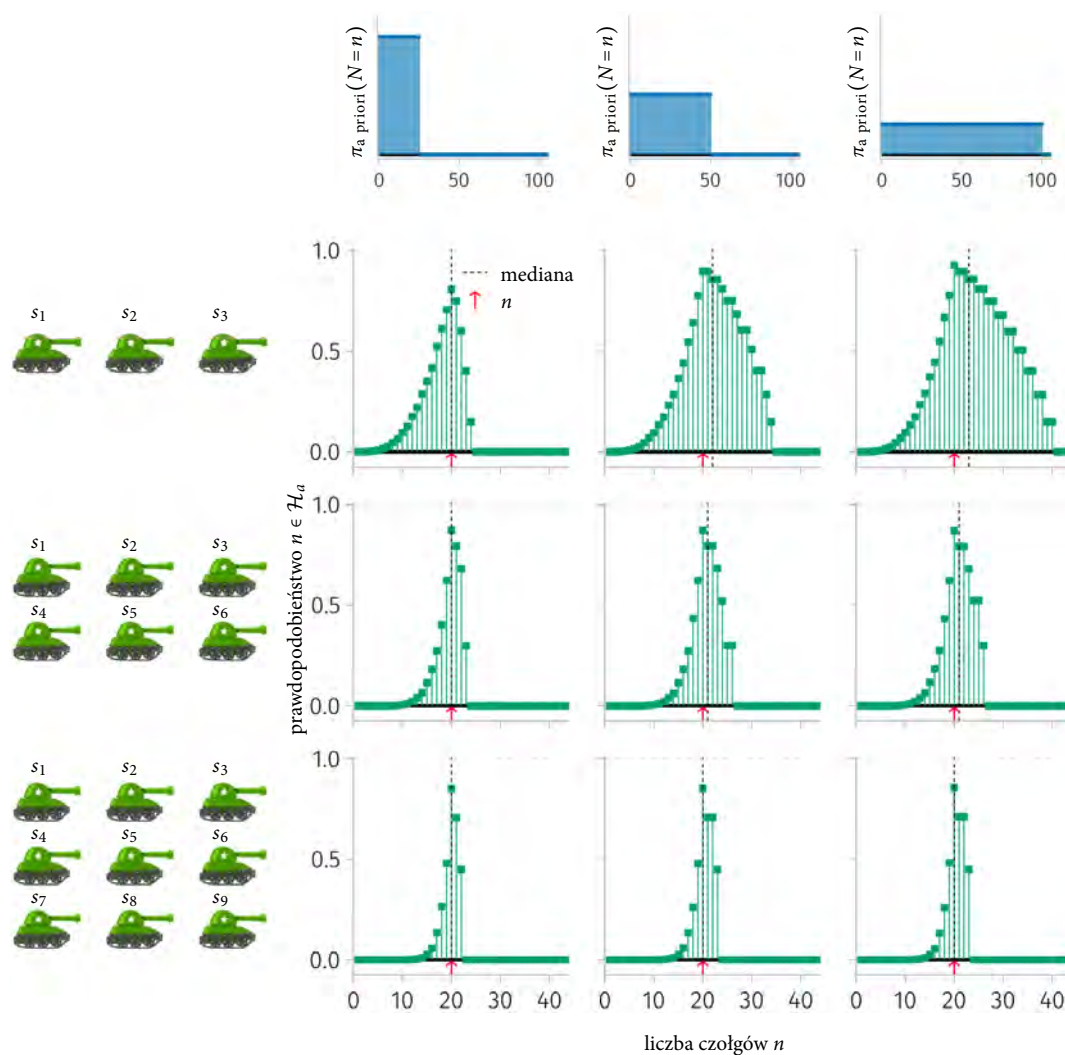
Badamy tu, jak średnio symulowane wyniki zdobywania wrogich czołgów, przy założeniu ustalonej ich liczby, pokazują zależność prawdopodobieństwa *a posteriori* liczby czołgów $\pi_a \text{ posteriori}(N = n | S^{(k)} = s^{(k)})$ od liczby k zdobytych czołgów i od maksimum n_{\max} w postulowanym płaskim rozkładzie *a priori*.

Dla zadanego k i n_{\max} wykonujemy 50 000 symulacji. W każdej wybieramy losowo k wrażeń czołgów ze zbioru $n = 20$, obliczamy prawdopodobieństwa *a posteriori* liczby czołgów $\pi_a \text{ posteriori}(N = n | S^{(k)} = s^{(k)})$; następnie obliczamy medianę i wiarygodny podzbiór $\mathcal{H}_a(a = 0.2)$. Na rysunku 5 widzimy w pierwszej kolumnie liczbę zdobytych czołgów, w pierwszym wierszu rozkłady *a priori*; dalej mamy tabelę 3×3 wykresów: rozkładu *a posteriori*, mediany i wiarygodnego podzbioru dla $(k, n_{\max}) \in \{3, 6, 9\} \times \{25, 50, 100\}$. W miarę wzrostu k , wiarygodny podzbiór \mathcal{H}_a staje się mniej czuły na n_{\max} , gdyż dane zaczynają dominować nad rozkładem *a priori*. Zbiór \mathcal{H}_a staje się coraz mniej liczny, jako że niepewność zmniejsza się wraz ze wzrostem liczebności próbki. Ze wzrostem n_{\max} , \mathcal{H}_a zawiera coraz to większe wartości n (szacowane liczby wrogich czołgów). Mediana uzyskanych w symulacji median rozkładów *a posteriori* pokrywa się z prawdziwą liczbą czołgów = 20 dla $n_{\max} = 25$ lub $k = 9$. Dla wartości $k \in \{3, 6\}$ większe wartości n_{\max} przesuwają medianę powyżej prawdziwej liczby czołgów.

Dyskusja

Błąd selekcji. Formułując podręcznikowo PNC przyjmujemy mocne założenie, które pozwala estymować liczbę wrażeń czołgów na podstawie losowej próbki numerów seryjnych na nich wybitych, tj. postulujemy, że numery seryjne są wybrane ze zbioru liczb $(1, 2, \dots)$ i że każda liczba jest równie prawdopodobna (rozkład płaski); Goodman pokazał w [22] test na tę hipotezę. Interesującą wariacją na temat PNC mogłoby być modelowanie innych rozkładów prawdopodobieństwa zaobserwowania danego numeru seryjnego. Na przykład moglibyśmy uwzględnić fakt, że starsze czołgi, z mniejszymi numerami seryjnymi, mogły być wprowadzone do walki wcześniej. To mogłoby spowodować, że starsze wraże czołgi byłyby trudniejsze do zdobycia niż te nowsze, jako że późniejsze fronty były mniej ufortyfikowane. Innym przykładem błędów selekcji mogłoby być to, że numery seryjne grupują się w grupy blisko leżących liczb.

PNC w innych kontekstach. Bayesowskie podejście użyte do analizy PNC można zastosować (być może z jakimiś modyfikacjami) w innych sytuacjach, gdy potrzebujemy oszacowania wielkości jakiegoś innego skończonego zbioru [9], np. liczby taksówek w mieście [19, 23], samochodów na torze wyścigowym [48], rachunków w banku [25], mebli zakupionych przez uniwersytet [22], operacji na lotnisku [34], rozpraw w sądzie [50] lub sprzętu elektronicznego wyprodukowanego w fabryce [2]. W ten sam sposób możemy szacować: liczbę tajnych dokumentów rządowych, które wypłynęły na jaw [18], czas potrzebny do zakończenia projektu [16],



Rys. 5. Średni wiarygodny podzbiór i mediana mediany rozkładu *a posteriori* przy stałej liczbie czołgów. Wiersze: różne liczby k zdobytych czołgów (lewa część). Kolumny: różne założenia *a priori* o górnym kresie możliwej liczby czołgów n_{\max} dla rozkładu płaskiego (góra). Dla każdej pary (k, n_{\max}) wykres pokazuje prawdopodobieństwo *a posteriori* liczby czołgów. Pionowe linie przerywane wskazują medianę, a czerwona strzałka – rzeczywistą liczbę równą 20.

okres opisu ekstremalnych zjawisk w przeszłości takich jak powódzie [39], długość krótkich tandemowych powtórzeń allelu (allel to jedna z wersji genu – przyp. red.) [51], rozmiar sieci społecznych w Internecie [28], czas życia kwiatu [38] lub czas trwania jakiegoś gatunku [42]. Dodatkowo w badaniach ekologicznych obrączkowanie i odławianie pozwala na ocenę liczebności zwierząt [8, 36]. Wszystko to jest spokrewnione z PNC.

Praktyka wybijania kolejnych numerów na sprzęcie wojskowym. W Niemczech wprowadzono praktykę oznaczania sprzętu wojskowego numerami seryjnymi i kodami pozwalającymi zidentyfikować producenta. Jednak użycie kolejnych numerów seryjnych zostało wykorzystane przez Aliantów do szacowania tempa produkcji uzbrojenia w III Rzeszy. Aby zmniejszyć zagrożenie szacowania produkcji analizą numerów seryjnych, przy zachowaniu zalet możliwości identyfi-

kacji producenta, można zastosować szyfrowanie [14] lub konfundowanie przeciwnika metodą zwaną z ang. *chaffing* [40].

Podziękowania

Niniesza praca otrzymała wsparcie United States Department of Homeland Security Countering Weapons of Mass Destruction under CWMD Academic Research Initiative Cooperative Agreement #21CWDARI00043, które nie stanowi poparcia rządowego ani *implicite* ani jawnie wyrażonego.

Dziękuję Berhardowi Konradowi i Edwardowi Celarierowi za szczegółowe uwagi o manuskrypcie. Moi studenci: Gbenga Fabusola, Adrian Henle i Paul Morris wnieśli swoje uwagi na temat wstępu, za co im dziękuję. Anonimowemu recenzentowi należy się podziękowanie za sugestię napisania rozdziału *Badania zachowania rozkładu a posteriori przy zmianie znanej liczby wrażliwych czołgów, za pomocą symulacji komputerowych,*

a Paulowi Campbellowi za informację o przykładzie estymacji liczby iPhone'ów.

Dostęp do danych i kodu źródłowego

Program w języku programowania Julia [5] pozwala odtworzyć wszystkie nasze wyniki (z grafiką wykonaną Makie.jl [12]) i jest dostępny na Github https://www.github.com/SimonEnsemble/the_German_tank_problem

Open Access

Niniejszy artykuł udostępniony jest na podstawie licencji *Creative Commons Attribution 4.0 International License*, Oto link do jej polskojęzycznej wersji <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.pl>

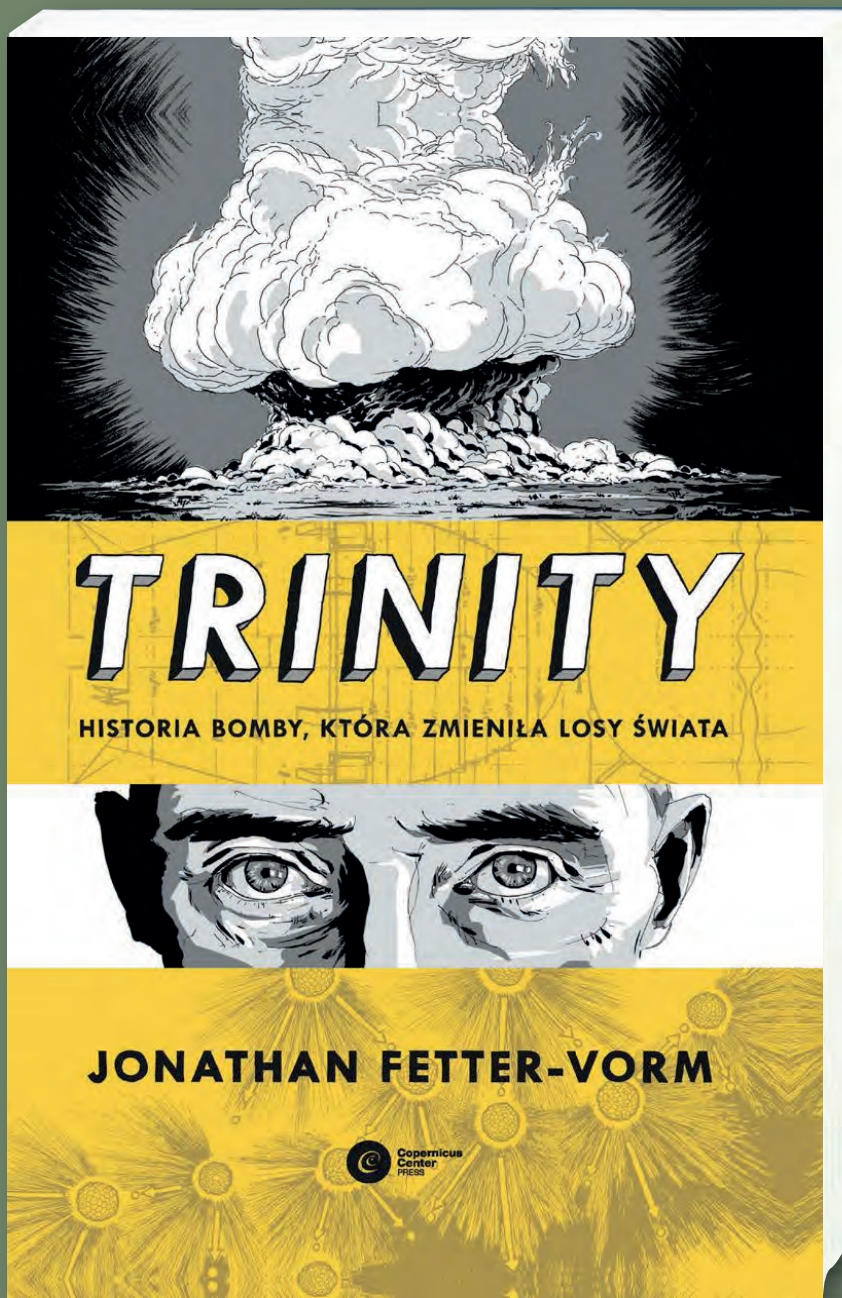
Bibliografia

- [1] Mark Andrews. German tank problem: a Bayesian analysis. Available at <https://www.mjandrews.org/blog/germantank>. Accessed 2022-12-03.
- [2] Charles Arthur. Why iPhones are just like German tanks. Available at <https://www.theguardian.com/technology/blog/2008/oct/08/iphone.apple>, 2008.
- [3] Arthur Berg. Bayesian modeling competitions for the classroom. *Revista Colombiana de Estadística* 44:2 (2021), 243–252.
- [4] Arthur Berg, Nour Hawila. Introducing Bayesian inference with the taxicab problem. In *Proceedings of the Tenth Australian Conference on Teaching Statistics*, ss. 55–60, 2021.
- [5] Jeff Bezanson, Stefan Karpinski, Viral B. Shah, Alan Edelman. Julia: A fast dynamic language for technical computing. arXiv:1209.5145, 2012.
- [6] William M. Bolstad, James M. Curran. *Introduction to Bayesian Statistics*. John Wiley & Sons, 2016.
- [7] Kim C. Border. Lecture 18: Estimation. Available at <https://healy.econ.ohio-state.edu/kcb/Ma103/> (2021 version), 2017.
- [8] Anne Chao. An overview of closed capture–recapture models. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 6:2 (2001), 158–175.
- [9] Si Cheng, Daniel J. Eck, Forrest W. Crawford. Estimating the size of a hidden finite set: large-sample behavior of estimators. *Statistics Surveys* 14 (2020), 1–31.
- [10] George Clark, Alex Gonye, Steven J. Miller. Lessons from the German tank problem. *Mathematical Intelligencer* 43:4 (2021), 19–28.
- [11] Simona Cocco, Rémi Monasson, Francesco Zamponi. *From Statistical Physics to Data-Driven Modelling, with Applications to Quantitative Biology*. Oxford University Press, 2022.
- [12] Simon Danisch, Julius Krumbiegel. Makie.jl: Flexible high-performance data visualization for Julia. *Journal of Open Source Software* 6:65 (2021), 3349.
- [13] Peter Donovan. Alan Turing, Marshall Hall, the alignment of WW2 Japanese naval intercepts. *Notices of the AMS* 61:3, 2014.
- [14] Hans Delfs, Helmut Knebl, Helmut Knebl. *Introduction to Cryptography*, volume 2. Springer, 2002.
- [15] Allen B. Downey. Think Bayes 2. Available at <https://alldowney.github.io/ThinkBayes2/index.html>, 2021.
- [16] Thomas M. Fehlmann, Eberhard Kranich. A new approach for continuously monitoring project deadlines in software development. In *Proceedings of the 27th International Workshop on Software Measurement and 12th International Conference on Software Process and Product Measurement*, ss. 161–169, 2017.
- [17] Craig R. Fox, Gülden Ülkümen. Distinguishing two dimensions of uncertainty. Chapter 1 of *Perspectives on Thinking, Judging, and Decision Making*, 2011.
- [18] Michael Gill, Arthur Spirling. Estimating the severity of the WikiLeaks US diplomatic cables disclosure. *Political Analysis* 23:2 (2015), 299–305.
- [19] John Goebel, Dan Teague. How many taxis? *Consortium for Mathematics and Its Applications* 72, 1999.
- [20] Jayanta K Ghosh, Mohan Delampady, Tapas Samanta. *An introduction to Bayesian Analysis: Theory and Methods*. Springer, 2006.
- [21] Leo A Goodman. Serial number analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47:260 (1952), 622–634. [22] Leo A Goodman. Some practical techniques in serial number analysis. *Journal of the American Statistical Association* 49:265 (1954), 97–112.
- [23] Carlos Gómez Grajalez, Eileen Magnello, Robert Woods, Julian Champkin. Great moments in statistics. *Significance* 10:6 (2013), 21–28.
- [24] Andrew Hodges. Alan Turing: the enigma. W *Alan Turing: The Enigma*. Princeton University Press, 2014.
- [25] Michael Höhle, Leonhard Held. Bayesian estimation of the size of a population. Technical Report 499, LMU Munich, Discussion Paper, 2006.
- [26] Rob J Hyndman. Computing and graphing highest density regions. *American Statistician* 50:2 (1996), 120–126. [27] Roger W. Johnson. Estimating the size of a population. *Teaching Statistics* 16:2 (1994), 50–52.
- [28] Liran Katzir, Edo Liberty, Oren Somekh. Estimating sizes of social networks via biased sampling.

- In *Proceedings of the 20th International Conference on World Wide Web*, ss. 597–606, 2011.
- [29] Karl-Rudolf Koch. *Introduction to Bayesian Statistics*. Springer, 2007.
- [30] John Kruschke. *Doing Bayesian Data Analysis: A Tutorial with R, JAGS, and Stan*. Academic Press, 2014.
- [31] Anthony Lee, Steven J. Miller. Generalizing the German tank problem. *PUMP Journal of Undergraduate Research* (2023), 59–95.
- [32] Luana Micallef, Pierre Dragicev Jean-Daniel Fekete. Assessing the effect of visualizations on Bayesian reasoning through crowdsourcing. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 18:12 (2012), 2536–2545.
- [33] Frederick Mosteller. *Fifty Challenging Problems in Probability with Solutions*. Courier Corporation, 1987.
- [34] John H Mott, Margaret L. McNamara, Darcy M. Bullock. Estimation of aircraft operations at airports using nontraditional statistical approaches. In *2016 IEEE Aero-space Conference*, ss. 1–11. IEEE, 2016.
- [35] Kevin P. Murphy. *Probabilistic Machine Learning: An Introduction*. MIT Press, 2022.
- [36] James D. Nichols. Capture–recapture models. *Bio-Science* 42:2 (1992), 94–102.
- [37] Alvitta Ottley, Blossom Metevier, P. K. Han, Remco Chang. Visually communicating Bayesian statistics to lay- persons. In *Technical Report*. Tufts University, 2012.
- [38] William D. Pearse, Charles C. Davis i in. A statistical estimator for determining the limits of contemporary and historic phenology. *Nature Ecology & Evolution* 1:12 (2017), 1876–1882.
- [39] Ilaria Prosdocimi. German tanks and historical records: the estimation of the time coverage of ungauged extreme events. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 32:3 (2018), 607–622.
- [40] Ronald L. Rivest i in. Chaffing and winnowing: Confidentiality without encryption. *CryptoBytes (RSA Laboratories)* 4:1 (1998), 12–17.
- [41] Harry V. Roberts. Informative stopping rules and inferences about population size. *Journal of the American Statistical Association* 62:319 (1967), 763–775.
- [42] David L. Roberts, Andrew R. Solow. When did the dodo become extinct? *Nature* 426:6964 (2003), 245.
- [43] W. J. Rosenberg, J. J. Deely. The horse-racing problem, a Bayesian approach. *American Statistician* 30:1 (1976), 26–29.
- [44] Richard Ruggles, Henry Brodie. An empirical approach to economic intelligence in World War II. *Journal of the American Statistical Association* 42:237 (1947), 72–91.
- [45] Richard L Scheaffer, Ann Watkins, Mrudulla Gnana- desikan, Jeffrey Witmer. *Activity-Based Statistics: Student Guide*. Springer, 2013.
- [46] Rens van de Schoot, Sarah Depaoli, Ruth King i in. Bayesian statistics and modelling. *Nature Reviews Methods Primers* 1:1 (2021), 1–26.
- [47] Robin Senge, Stefan Bösner, Krzysztof Dembczyński i in. Reliable classification: learning classifiers that distinguish aleatoric and epistemic uncertainty. *Information Sciences* 255 (2014), 16–29.
- [48] Aaron Tenenbein. The racing car problem. *American Statistician* 25:1 (1971), 38–40.
- [49] Wolfgang Von der Linden, Volker Dose, and Udo Von Toussaint. *Bayesian Probability Theory: Applications in the Physical Sciences*. Cambridge University Press, 2014.
- [50] Xiaohan Wu, Margaret E. Roberts, Rachel E. Stern, Benjamin L. Liebman, et al. Augmenting serialized bureaucratic data: the case of Chinese courts. *21st Century China Center Research* 11, 2022.
- [51] Haibao Tang, Ewen F Kirkness, et al. Profiling of short-tandem-repeat disease alleles in 12,632 human whole genomes. *American Journal of Human Genetics* 101:5 (2017), 700–715.

Przekład Ernest Aleksy Bartnik
(Wydział Fizyki UW)

TRINITY KOMIKS



Autor *Trinity* opowiada historię budowy pierwszej bomby atomowej od badań prowadzonych w XIX wieku w niewielkich laboratoriach naukowych po ogromne przedsięwzięcie, jakim była realizacja projektu Manhattan. Zrozumiesz szczegółowy przebieg jądrowej reakcji łańcuchowej i zobaczysz, jak wyglądała ściśle tajna baza, w której doprowadzono do pierwszego próbnego wybuchu jądrowego.

Głównymi postaciami tej opowieści są pracujący pod kierunkiem tajemniczego J. Roberta Oppenheimera genialni uczeni, którzy skonstruowali tę bombę i muszą żyć ze świadomością, że w nieodwracalny sposób zapoczątkowali nową, przerażającą epokę w dziejach świata.

Bombowy komiks*

Wydawnictwo Copernicus Center PRESS opublikowało nową, zaskakującą książkę – komiks **TRINITY. HISTORIA BOMBY, KTÓRA ZMIENIŁA LOSY ŚWIATA.**

Autorem i ilustratorem komiksu jest Jonathan Fetter-Vorm, absolwent historii na Uniwersytecie Stanforda. To był jego debiut literacki w USA w 2012 roku. Później wydał komiksy o wojnie secesyjnej oraz locie Apollo 11 na Księżyc. Książka *Trinity* miała w Stanach Zjednoczonych zarówno pozytywne, jak i negatywne recenzje; została przetłumaczona na wiele języków.

Nie należę do pokolenia, które czytało komiksy i nie jestem ich miłośnikiem. Rozumiem jednak, że dla wielu młodych osób jest to wygodna forma zdobywania informacji.

Komiks przedstawia losy słynnego amerykańskiego projektu Manhattan, w ramach którego podczas II wojny światowej zbudowano w USA bombę atomową. Historia badań naukowych jest przedstawiona od początku ery atomu, czyli od prac Marii Curie-Skłodowskiej i Pierre'a Curie, aż do zrzucenia bomb atomowych na Hiroszimę i Nagasaki. Jednym z głównych bohaterów komiksu jest Robert Oppenheimer znany doskonale z oskarowego filmu.

Publikacja została przygotowana bardzo starannie. Autor podaje obszerną literaturę, z której korzystał. Odwiedził również narysowane przez siebie miejsca: Los Alamos, Hanford i okolice testu Trinity. Zagadnienia fizyczne, szczególnie problem reakcji łańcuchowej, są dobrze wyjaśnione, uczniowie powinni zrozumieć, jak działa bomba atomowa. Mamy tu do czynienia zarówno z wykładem fizyki, jak i historii, a na zakończenie trochę medycyny (choroba popromienna).

Jeśli chodzi o aspekt historyczny, to widzę jeden błąd. Autor omawia słynną rozmowę prezydenta USA Harry'ego Trumana z przywódcą ZSRR Józefem Stalinem podczas Konferencji Poczdamskiej. Truman powiedział wówczas Stalinowi, że USA zbudowały bombę o niesłychanie dużej sile rażenia. Stalin nie wykazał szczególnego zainteresowania tą sprawą. W rzeczywistości jednak był doskonale poinformowany przez wywiad radziecki o budowie bomby. Autor w tej sprawie napisał: *Stalin i tak prawdopodobnie wiedział już o bombie, ponieważ Rosjanie mieli w Los Alamos przynajmniej jednego szpiega.* Wyraz prawdopodobnie jest niepotrzebny, a szpiegów było kilku.

W tym momencie nasuwa się refleksja: Anglicy utrzymali w tajemnicy rozszyfrowanie Enigmy w prosty sposób. Osoby pracujące w Bletchley Park przez całą II wojnę światową nie miały urlopów. Amerykanie wypuszczali naukowców z Los Alamos na urlopy i dlatego nie udało się im utrzymać sekretu.

Druga sprawa historyczna, to delikatnie sugerowana przez Autora możliwość rezygnacji z użycia bomby atomowej, ewentualnie wykonania demonstracji wybuchu na bezludnej wyspie. Nie ulega dla mnie wątpliwości, że przywódcy kraju, który wydał 2 miliardy dolarów na opracowanie nowej broni, widząc szansę uniknięcia bardzo krwawej inwazji, nie zawahali się przed jej użyciem. Dodam jeszcze, że gdyby Japonia nieoczekiwanie skapitulowała przed zrzuceniem bomb, to zapewne zostałyby użyte w następnej dekadzie podczas wojny koreańskiej. Ale wtedy bomby były już wielokrotnie silniejsze i tragedia byłaby dużo większa.

Autor komiksu stara się przedstawić grozę i cierpienia ofiar bomb atomowych, jest to godne pochwały, gdyż autorzy wielu książek i filmów ten temat często pomijają.

Gorąco polecam „bombowy komiks” młodym ludziom, którzy chcieliby poznać ten niezwykle ważny fragment historii i zrozumieć, jak działa bomba atomowa.

Andrzej Hennel (*professor emeritus* Wydział Fizyki UW)

* Jonathan Fetter-Vorm and Michael Gallagher: *Trinity. A Graphic History of the First Atomic Bomb*, Farrar, Straus and Giroux, New York 2012.

Jonathan Fetter-Vorm and Michael Gallagher: *Trinity. Historia bomby, która zmieniła losy świata*, tłum. Bogumił Bieniok i Ewa L. Łokas, CCPress, 2025.

Kronika Polskiego Towarzystwa Fizycznego*

CZWARTY KWARTAŁ 2024

Katowice. Kluby Młodego Odkrywcy to spotkania, angażujące zajęcia i atmosfera! Dzieci i młodzież mogą wspólnie eksperymentować pod okiem opiekunów. Dzięki temu zdobywają samodzielnie wiedzę. W całej Polsce i za granicą działa kilkaset tego rodzaju klubów. Centrum Nauki Kopernik (koordynator programu) wzmacnia rozwój KMO przy wsparciu Partnera Strategicznego – Polsko-Amerykańskiej Fundacji Wolności. W województwie śląskim powstało wiele klubów KMO, a jednym z nich jest Młody Naukowiec ZSiPIKatowice. Klub działa w szkole podstawowej, a główną tematyką jaką się zajmuje to działania proekologiczne, klimatyczne oraz zgłębianie tajemnic Kosmosu. Opiekunką klubu jest dr Joanna Grecka-Otręba z Oddziału Katowickiego PTF. W klubach pracuje się metodą IBL (*inquiry-based learning* – uczenie przez dociekanie), która sprzyja rozwojowi zainteresowań klubowiczów. Ostatnie dwa miesiące obfitowały w Katowicach w działania upowszechniające naukę, a popularyzacja nauki to cel klubu.

W listopadzie KMO Młody Naukowiec ZSiPI wziął udział w tygodniu robotów, prowadząc stanowisko pokazowe w SpinPlace Uniwersytetu Śląskiego (16.11.2024) oraz w Zabytkowej Kopalni Ignacy w Rybniku (17.11.2024). Podczas warsztatów odwiedzający mogli wykonać mechaniczną rękę, poznać prasę hydrauliczną i wykonać prostego malutkiego robota hydraulicznego z materiałów z odzysku oraz zaprojektować kosmiczny breloczek i wykonać go. Dodatkowo klubowicze opowiadali o swoich pomiarach zanieczyszczeń pyłowych PM_{2,5} i PM₁₀ przy wykorzystaniu czujnika zanieczyszczeń z micro:bitem. Podczas 8. Śląskiego

Festiwalu Nauki ogłoszono, że klub Młody Naukowiec ZSiPI Katowice został laureatem konkursu Młodzi dla przyszłości Śląska za projekt *Nauka dla płuc – płuca dla życia. Zanieczyszczenia pyłowe i ich wpływ na nasze życie dla uczniów szkół podstawowych*. Klubowiczki wykonywały proste modele płuc, opowiadały o zanieczyszczeniach pyłowych i swoich pomiarach (09.12.2024). Na stanowisku Miasta Katowice członkowie tego klubu wraz ze swoją opiekunką promowali miejski projekt klimatyczny Klimatyczne Katowice. Obecnie projekt ten został wdrożony w każdej szkole podstawowej. Doktor Joanna Grecka-Otręba jest autorką scenariuszy zajęć z fizyki dla klas 7 proponowanych do wdrożenia w ramach tego projektu, a ZSiPI – placówką pilotażową.

Podczas 8. ŚFN, klub Młody Naukowiec ZSiPI Katowice przeprowadził także warsztaty *Co ma wisieć, nie opadnie. Edukacja klimatyczna na lekcjach przedmiotów ścisłych*, podczas których promowano projekt *Nasz geometryczny świat* dotowany w ramach programu Fundacji mBanku). Uczestnicy projektowali bazy księżycowe, wykonywali wydruki 3D, brali udział w lekcjach otwartych i szkoleniach. Przeprowadzone zostały konkursy dla klas 1-8 szkół podstawowych. Projekt zakończył się w styczniu 2025.

Warszawa. *Ochota na Naukę* to projekt prowadzony przez Oddział Warszawski PTF, a finansowany ze środków m.st. Warszawy w ramach programu Aktywna Warszawska Młodzież, w którym nieformalne grupy młodzieżowe mogą realizować własne pomysły na badania naukowe lub działania edukacyjne w dziedzinach nauk przyrodniczych i ścisłych. 13.12.2024 odbyło się coroczne spotkanie uczestników Jesiennej Sesji Grantowej. Młodzież wysłuchała wykładu dr Moniki Sitek *Ciemna strona światła – interdyscyplinarny problem XXI wieku*, a każda grupa opowiedziała o swoim projekcie.

*Za dobór i zawartość merytoryczną materiałów do Kroniki odpowiada BM PTF.

W Jesiennej Sesji Grantowej badania realizuje pięć zespołów: *AstroChroma* – rozszczepiona poprzecznie projekt poświęcony obserwacjom astronomicznym, *EtCeTera* młodzi badacze konstruują miernik promieniowania wysokoenergetycznych cząstek, *PSP 2.0* konstrukcja analogowego i cyfrowego radiointerferometru oraz wykonanie za jego pomocą amatorskich obserwacji aktywności Słońca, *The Gambler* badanie zanieczyszczeń znajdujących się w chmurach na terenie Jury Krakowsko-Częstochowskiej (uczestnicy zamierzają wystartować w konkursie CanSat, *Wpływ hydrożelu zawierającego nanomateriały na morfologię truskawek Honeoye* wytworzenie funkcjonalnego materiału zawierającego nanocząstki miedzi i unikalną kombinację związków chemicznych w celu polepszenia wzrostu wegetatywnego krzewów truskawkowych, zapobiegania chorobom bakteryjnym oraz poprawienia ich walorów smakowych.

Katowice. 8. Śląski Festiwal Nauki (07-09.12.2024) stanowił najważniejszy element obchodów roku, w którym Katowice były Europejskim Miastem Nauki. Na 31 scenach, w 9 strefach, w 7 dzielnicach, na 3 poziomach Międzynarodowego Centrum Kongresowego w Katowicach odbyło się blisko tysiąc wydarzeń, w tym wykłady, pokazy, warsztaty, koncerty i aktywności artystyczne. Festiwal odwiedziło 67 566 osób, w tym 570 grup zorganizowanych, 7408 uczestników zaś łączyło się zdalnie z wydarzeniami. W ŚFN wzięło udział 2719 wystawców, 995 prelegentów, 155 artystów, 400 wolontariuszy, 263 członków zespołu informacyjnego, 74 członków zespołu organizacyjnego, 117 przedstawicieli mediów oraz podmioty wspierające. Jeden z ambasadorów festiwalu dr Tomasz Rożek przeprowadził na własnej scenie 21 wydarzeń: wykładów, rozmów (m.in. z noblistą – prof. Georgiem Bednorzem), dyktand oraz przedpremierowych projekcji filmowych. Wśród gości specjalnych byli: brytyjski teoretyk specjalizujący się m.in. w kwantowej teorii pola prof. Jeff Forshaw, który opowiedział o fizyce czarnych dziur oraz prof. Andrzej Dragan (UW), który wygłosił wykład dotyczący pojęcia teraźniejszości w teorii względności. Nie zabrakło atrakcji dla całych rodzin i młodszych uczestników, w tym warsztatów modelarstwa kosmicznego, pracy nad łażnikami marsjańskimi, obsługi metrowego teleskopu, mobilnego planetarium, budowy bazy księżycowej w ramach #CopernicusSPACElab. Przyciągając tłumy Festiwal promuje fizykę i inne dziedziny nauki.

Warszawa. 18.12.2024 w siedzibie muzeum kolejnictwa Stacja Muzeum w Warszawie odbyło się uroczyste podpisanie porozumienia o współpracy w roku 2025

między Stacją Muzeum, a Polskim Towarzystwem Fizycznym. To wydarzenie stanowi kontynuację owocnej współpracy rozpoczętej w 2024, w ramach której odbyło się pięć otwartych wykładów poświęconych fizyce na kolei. Ze strony Stacji Muzeum porozumienie podpisała dyrektor Emilia Oleksiak, a ze strony Polskiego Towarzystwa Fizycznego Teresa Rząca-Urban – Prezes Zarządu Głównego oraz Jan Grabski – Skarbnik. Rok 2025 przyniesie dalszy rozwój tej współpracy poprzez realizację projektu edukacyjnego *Energia i materia, czyli fizyka na kolei*. To unikalne przedsięwzięcie ma na celu połączenie fascynującego świata fizyki z historią techniki kolejowej, przybliżając różnorodne zagadnienia naukowe w atrakcyjny i przystępny sposób. Projekt obejmie zajęcia edukacyjne dla różnych grup wiekowych, wydarzenia popularnonaukowe, kampanie promujące rolę fizyki w codziennym życiu. Nowy rok współpracy rozpoczął 11.01.2025 wykład prof. Andrzeja Wysmołka (Wydział Fizyki UW) *Elektryczność wokół nas* bogato ilustrowany doświadczeniami. 22.02.2025 dr inż. Karol Kakareno (Wydział Fizyki PW) wraz z uczestnikami rejestrował hologram lokomotywy w ramach spotkania *Holo-komotywa – tworzymy hologram parowozu*. Cykl warsztatów w tym kwartale dopełniło 22.03.2025 pełne pokazów spotkanie z prof. Jerzym Jaroszem i dr Magdaleną Szubką (oboje z UŚ) *Jedzie pociąg z daleka... – jak to działa?* Wykłady odbywały się w siedzibie muzeum kolejnictwa Stacja Muzeum przy ul. Towarowej 3 w Warszawie.

Szczecin. Z inicjatywy dr Anety Miki z oddziału szczecińskiego powstała w grudniu 2024 Sekcja Dydaktyki Fizyki PTF. Członkami założycielami sekcji są dr Aneta Mika, prof. ośw. (XIV LO), dr Katarzyna Książek (UO), dr Jerzy Jarosz, prof. UŚ (UŚ), dr Krzysztof Karpierz (UW), dr inż. Anna Hajdusianek, prof. PW (PWR). Działalność Sekcji ma być powiązana z badaniami naukowymi w obrębie dydaktyki fizyki, a także z ich popularyzacją.

Lublin. Na Wydziale Matematyki, Fizyki i Informatyki UMCS w dniach 28-30.12.2024 odbyły się VII Zimowe Warsztaty Otwartych Kół Olimpijskich. Warsztaty skierowane były głównie do młodych pasjonatów zainteresowanych udziałem w olimpiadach przedmiotowych. Obok wykładów rozszerzających treści szkolne, pojawiły się również takie, które przybliżyły uczestnikom najnowsze trendy w rozwoju nauki i stały się dla uczestników inspiracją do dalszego rozwoju intelektualnego oraz wyboru ścieżki kariery po liceum. W ostatnich latach wzrosła liczba zajęć prowadzonych przez wytrawnych badaczy z różnych ośrodków akademickich. W tegorocznej edycji (pod patronatem

Oddziału Lubelskiego PTF) mieliśmy zaszczyt wysłuchać wykładu prof. dr. hab. Andrzeja Dragana (UW) *Czy ślimak idzie wystarczająco szybko, żeby odczuwać efekty relatywistyczne?*

PIERWSZY KWARTAŁ 2025

Poznań, Wrocław, Warszawa. Światowe organizacje ONZ i UNESCO ogłosiły rok 2025 rokiem fizyki i technologii kwantowych (IYQ'2025) w stulecie sformułowania mechaniki macierzowej przez Wernera Heisenberga, Maxa Borna i Pascuala Jordana. W ramach obchodów Niemieckie Towarzystwo Fizyczne zainicjowało projekt QuanTour, w ramach którego przekazywano między dwunastoma europejskimi ośrodkami naukowymi zajmującymi się technologiami kwantowymi źródło pojedynczych fotonów z obszarem aktywnym w postaci kropki kwantowej w mikrowęzce optycznej. Pomyślnymi projektami QuanTour byli Tobias Heindel z Uniwersytetu Technicznego w Berlinie (to w jego grupie technologia wytwarzania takich źródeł zosała rozwinięta) oraz Doris Reiter z Uniwersytetu Technicznego w Dortmundzie. Jednym z celów naukowców było wykazanie stabilności i powtarzalności istniejących urządzeń kwantowych oraz pokazanie stopnia zaawansowania rozwiązań stanowiących niezbędne elementy systemów komunikacji kwantowej. W każdym z laboratoriów biorących udział w projekcie mierzone były parametry źródła. Równie istotna była popularyzacja technologii kwantowych, stąd towarzyszące wydarzenia popularnonaukowe. W ostatnim tygodniu lutego źródło zostało przekazane ze Sztokholmu do Polski. W projekcie brały udział cztery polskie ośrodki naukowe:

od 24.02.2025 Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (koordynator – Karol Bartkiewicz),

od 5.03.2025 Politechnika Wrocławska (koordynator krajowy – dr inż. Anna Musiał),

od 3.03.2025 Wojskowa Akademia Techniczna (koordynator – dr hab. inż. Krzysztof Kopczyński, prof. WAT),

od 21.03.2025 Uniwersytet Warszawski (koordynator – dr hab. Barbara Piętka, prof. UW).

W każdym z tych ośrodków źródło gościło przez ok. tydzień. Następnie wróciło do Berlina, gdzie rok wcześniej rozpoczęła się jego podróż.

Wrocław. W ramach obchodów stulecia fizyki kwantowej (IYQ 2025) 11.03.2025 na Politechnice Wrocławskiej zorganizowany został popularnonaukowy dzień kropki kwantowej (Quantum Dot Day). Organizatorzy zaprosili ok. 200 licealistów z Wrocławia i okolic do wysłuchania w pierwszej połowie dnia wykładów dr. Macieja Bieńka *Małe, mniejsze, kropka* i dr. inż. Michała Gawelczyka *Wielki potencjał małej kropki* (obaj z PWr),

a imprezę poprowadził dr inż. Adam Sieradzki. Można było dowiedzieć się, czym jest foton i jak to jest, kiedy światło zachowuje się jak fala. Pokazano licealistom, jak atomy rtęci emitują światło. Opowiedziano o atomach wytwarzanych sztucznie, czyli o kropkach kwantowych – w czym są podobne, a czym różnią się od naturalnych atomów. Można było też posłuchać o możliwościach inżynierskich związanych z kropkami kwantowymi. Podjęto próbę wytłumaczenia, jak to jest, że kropka kwantowa zawsze emituje tylko jeden foton na raz. Pojawił się też temat kryptografii kwantowej i tego, co zrobić, żeby podsłuchujący nie miał szansy przechwycić tajnych informacji niezauważony. Na koniec opowiedziano o kwantowym splątaniu i o teleportacji oraz dlaczego nie chcemy jej testować na ludziach. Uczniowie zwiedzali też specjalistyczne laboratoria (Laboratorium Optycznej Spektroskopii Nanostruktur, Narodowe Laboratorium Technologii Kwantowych, Laboratorium Optyki Nieciągłości Fazowych), gdzie m.in. mogli obejrzeć powierzchnię półprzewodnika, sztuczne słońce, wiry optyczne, dowiedzieć się, jak uzyskuje się temperatury kilku stopni powyżej zera bezwzględnego i skąd się biorą nowe materiały, zobaczyć proces wytwarzania nanokryształów. Dodatkową atrakcją były szachy laserowe i gry kwantowe oraz plakaty ilustrujące podstawowe zasady informatyki kwantowej, przygotowane przez studenckie koła naukowe (Koło Naukowe SPIE oraz Koło Naukowe Fizyków NABLA). Po południu odbyły się dwa wykłady otwarte: dr. Macieja Bieńka *Fizyka naturalnych i sztucznych atomów* i dr. inż. Michała Gawelczyka *Pojedyncze i splątane fotony oraz ich zastosowania w kryptografii i komunikacji kwantowej*. W sali wykładowej zebrało się ok. 80 pasjonatów fizyki, ale w spotkaniu można też było wziąć udział zdalnie. W ramach tego wydarzenia odbyło się także wirtualne zwiedzanie Laboratorium Optycznej Spektroskopii Nanostruktur wraz z demonstracją na żywo emisji pojedynczych fotonów przez półprzewodnikową kropkę kwantową InAs/GaAs, umieszczoną deterministycznie we wnętrzu optycznej z siatką Bragga o symetrii cylindrycznej, wytworzonej metodą elektronolitografii na Uniwersytecie Technicznym w Berlinie w grupie dr. Tobiasa Heindla.

W trakcie obu wydarzeń naukowcy z Wrocławia opowiedzieli o źródle pojedynczych fotonów z obszarem aktywnym w postaci kropki kwantowej, które w ramach wędrowki po europejskich laboratoriach, dotarło do Polski i było przedmiotem badań na Politechnice Wrocławskiej (05-11.03 2025). W Katedrze Nanometrii (Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów PWr) wykonano pomiary metodami (skaningowej) mikroskopii elektronowej, sił atomowych i potencjału

powierzchniowego. Pomiary optyczne w temperaturach kriogenicznych (mikroftoluminescencji i korelacji pojedynczych fotonów) zostały przeprowadzone w Laboratorium Optycznej Spektroskopii Nanostruktur w Katedrze Fizyki Doświadczalnej. Potwierdziły one trójwymiarowy charakter związania nośników w kropkach kwantowych oraz to, że kropka jest emiterym kwantowym i może emitować pojedyncze fotony.

Łódź. Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku przekazało Oddziałowi Łódzkiemu PTF pokazowy detektor mionowy (zbudowany w łódzkim Laboratorium Fizyki Promieniowania Kosmicznego), który był częścią wystawy objazdowej (2009) *Wielki Zderzacz Hadronów – jak to działa?* promującej uruchomienie LHC. Od tego czasu nie był używany. Po rewitalizacji detektor będzie wykorzystywany do popularyzacji fizyki na lokalnych piknikach naukowych; pozwoli na rozszerzenie badań prowadzonych przez uczniów szkół średnich i studentów UŁ w zakresie monitorowania aktywności Słońca. Jest to obecnie bardzo interesujące, gdyż mamy niespokojną część cyklu słonecznej aktywności i wybuchy na Słońcu można obserwować co parę tygodni. W planach jest uruchomienie ciągłego monitoringu aktywności słonecznej z bezpośrednim dostępem do danych w internecie. Prace trwają.

Wrocław. Oddział Wrocławski PTF zaprosił uczniów szkół średnich na akademickie warsztaty fizyczne prowadzone przez pracowników Wydziału Fizyki i Astronomii UWr. Był to cykl 11 spotkań w okresie 19.02-30.04.2025. Podczas warsztatów, w niewielkich grupach uczestnicy pracowali nad rozwiązaniem realnych problemów fizycznych, używając narzędzi współczesnej fizyki teoretycznej i eksperymentalnej. Udział w zajęciach umożliwił uczestnikom zdobycie wyjątkowych kompetencji matematyczno-przyrodniczych. Uzupełnieniem warsztatów był cykl wykładów prezentujących interesujące aspekty fizyki współczesnej:

Modelowanie i projektowanie układów w nanoskali (dr hab. Wojciech Kamiński)

Uczestników wprowadzono do świata nanotechnologii. Poznali możliwości modelowania i projektowania układów w nanoskali w kontekście poszukiwania materiałów o nowych własnościach. Przy użyciu najnowocześniejszych narzędzi do badania własności strukturalnych i elektronowych układów w skali atomowej, uczestnicy analizowali stany elektronowe atomów czy wiązania w molekułach, sprawdzali czy dany materiał jest metalem, półprzewodnikiem, czy też izolatorem, przeprowadzali symulacje metodą dynamiki molekularnej.

Równania różniczkowe jako podstawa fizyki i opisu świata (dr Remigiusz Durka)

Uczestnicy dowiedzieli się, jak dzięki nowym narzędziom obliczeniowym (Python, WolframAlpha, GeoGebra, Chait GPT) można zgłębiać złożone zagadnienia fizyczne, wykraczając poza schematyczne rozwiązania podręcznikowe. Te narzędzia eliminują barierę braku wiedzy uczniów, pozwalając na efektywne eksplorowanie fizyki. W programie warsztatów znalazło się modelowanie standardowych ruchów, a także ich wizualizacja umożliwiającą lepsze zrozumienie zagadnień.

Nadprzewodzące stopy wysokiej entropii – materiały przyszłości (dr Piotr Sobota)

Uczestnicy spotkali się z fascynującym światem nowoczesnych materiałów, tj. nadprzewodzących stopów o wysokiej entropii. Poznali ich właściwości strukturalne i fizyczne, dowiedzieli się dlaczego stanowią przełom w inżynierii materiałowej. Poznali zjawisko nadprzewodnictwa, jego znaczenie w technologiach przyszłości oraz wyzwania badawcze związane z odkrywaniem nowych nadprzewodników.

Układy dynamiczne wokół nas – jak nieliniowość wzbogaca życie i jak zapanować nad chaosem? (dr hab. Grzegorz Kondrat)

Uczestnicy zostali wprowadzeni w świat układów dynamicznych opisujących różnorodne procesy, od rozprzestrzeniania się epidemii przez oddziaływanie cząstek do współlistnienia konkurencyjnych gatunków. Poznali dynamiki prowadzące do dziwnych atraktorów i oswoiли się ze światem fraktali. Zobaczyli na czym polega ruch chaotyczny i gdzie można się go spodziewać.

Warszawa. Na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej odbyły się w marcu dwa spotkania dla uczniów zainteresowanych radioterapią lub fizyką cząstek. Zajęcia były inspirowane projektem International Masterclasses zarządzanym przez Uniwersytet Techniczny w Dreźnie w ramach International Particle Physics Outreach Group. Każdego roku około 10 tysięcy uczniów w 40 krajach przychodzi jednego dnia do jednej z ok. 200 instytucji naukowych, by zbadać m.in. tajemnice cząstek oraz fizyki akceleratorów. W ramach zajęć na Politechnice Warszawskiej uczniowie mogli wziąć udział w spotkaniach poświęconych radioterapii (01.03.2025) i fizyce cząstek (22.03.2025).

Warszawa. Program Atomy Wiedzy został uruchomiony w październiku 2023. Zakładał realizację bezpłatnych tygodniowych warsztatów dla nauczycieli w siedzibie Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN w Genewie. Celem wyjazdu było rozszerzenie kompetencji polskich nauczycieli o najnowszą wiedzę i umiejętności, które później zostaną rozpowszechnione wśród kadry i uczniów szkół podstawowych. Ostatnia edycja tego programu odbyła się wiosną zeszłego roku. Potem,

na skutek likwidacji Centrum GovTech, stracił on koordynatora po stronie polskiej. Mimo że CERN nadal kontynuuje program warsztatów dla nauczycieli, wyjazd z Polski nie odbywają się. Dlatego prezes Polskiego Towarzystwa Fizycznego wystosowała apel do dyrektora Ośrodka Rozwoju Edukacji, ogólnopolskiej placówki doskonalenia nauczycieli, która uruchamiała ten projekt w 2023, o wznowienie tej inicjatywy. Prezes PTF pisała w liście: *środowisko polskich fizyków z dużym zaniepokojeniem przyjęło informację o zaniechaniu przez stronę polską realizacji programu Atomy Wiedzy (...). Wiemy, że wizyty w jednym z najważniejszych laboratoriów na świecie podniosły wiedzę, kompetencje i motywację do pracy [uczestników]. Wiedza zdobyta w czasie wyjazdu jest do dziś przez nich wykorzystywana w programach dydaktycznych realizowanych w szkołach. (...) CERN zapewnia bezpłatną organizację tygodniowych wykładów, wizyt różnych eksperymentów i infrastruktury, całe wsparcie naukowe, administracyjne i techniczne. Obejmuje to także treści naukowe i zapewnienie polskojęzycznych opiekunów, wykładowców i przewodników. Jednak koszty podróży, zakwaterowania i wyżywienia muszą być pokrywane z innych środków, najczęściej pochodzących ze źródeł (...) takich jak władze krajowe czy fundacje edukacyjne, a w razie ich braku nawet indywidualnie przez uczestniczących nauczycieli. CERN przygotował już program dla polskich nauczycieli także w 2025 r. Byłoby dużą stratą, gdybyśmy nie wykorzystali tej możliwości. W imieniu całego środowiska fizyków polskich zwracam się z gorącą prośbą o pilne podjęcie decyzji o kontynuowaniu programu Atomy Wiedzy i powrót do koordynacji tego projektu. (...) Polskie Towarzystwo Fizyczne wyraża gotowość współpracy na rzecz przywrócenia tej cennej możliwości rozwoju polskich nauczycieli. W otrzymanej odpowiedzi, podpisanej przez wicedyrektor Małgorzatę Szeję, ORE poinformowało, że: Ministerstwo Edukacji Narodowej zleciło Ośrodkowi Rozwoju Edukacji realizację wyjazdu na szkolenie stacjonarne dla nauczycieli fizyki w ośrodku Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN) w Genewie. Jednocześnie ORE podkreśla, że ma świadomość prestiżu oraz ogromnego wkładu, jaki szkolenia w ośrodku CERN wnoszą w rozwój wiedzy i kompetencji polskich nauczycieli fizyki. Perspektywa współpracy z Polskim Towarzystwem Fizycznym napawa nas nadzieją na owocność podjętych wspólnie działań. Pierwszy nabór do wznowionego programu prowadzony był do 09.02.2025, a wyjazd nastąpił na początku marca. W ramach szkolenia odbyły się wykłady, m.in. dotyczące fizyki cząstek i fizyki jądrowej, akceleratorów i bozonu Higgsa, a także warsztaty oraz zwiedzanie kompleksu CERN. Szkolenie poprowadzili polscy pracownicy CERN i pracownicy zaprzyjaźnionych instytucji naukowych.*

Warszawa, Wrocław. 15.03.2025 w Instytucie Fizyki PAN i 22.03.2025 na Politechnice Wrocławskiej odbyły się zawody półfinałowe krajowych eliminacji do tegorocznego Międzynarodowego Turnieju Młodych Fizyków (IYPT). Jest to konkurs fizyczny przeznaczony dla uczniów szkół średnich z całego świata, w którym kilkusobowe drużyny z poszczególnych krajów przygotowują rozwiązania 17 otwartych problemów badawczych ogłaszanych na rok przed finałami, a następnie je prezentują i bronią ich w dyskusji z oponentami i recenzentami. Eliminacje w Polsce obejmują etap korespondencyjny, półfinały i finały krajowe, które wyłaniają reprezentację na zawody międzynarodowe. Międzynarodowy turniej składa się z pięciu rund, a najlepsze zespoły rywalizują w ścisłym finale. Tegoroczny finał IYPT 2025 odbędzie się w Lund (Szwecja). Turniej rozwija umiejętności badawcze, analityczne i komunikacyjne ucząc pracy zespołowej oraz skutecznego argumentowania; zadania dotyczą różnych obszarów fizyki i nie wymagają skomplikowanego sprzętu. Te zawody są też doskonałą okazją do poznania metodologii badań naukowych oraz rozwijania pasji do fizyki w środowisku ambitnych młodych ludzi. Nie można nie wspomnieć, że uczniowie z Polski wielokrotnie byli medalistami Turnieju. W czasie zawodów drużyny biorą udział w potyczkach fizycznych, gdzie każda z drużyn pełni jedną z trzech ról: referenta, oponenta lub recenzenta. Oponent wyzywa referenta do przedstawienia rozwiązania jednego z 17 zadań, a referent przedstawia swoje rozwiązanie w 10 minutowej prezentacji. Następnie oponent zadaje pytania i krytykuje przedstawione podejście, co prowadzi do pogłębionej dyskusji. Recenzent z kolei ocenia obie drużyny, a jury przyznaje punkty na podstawie wystąpień. Tegoroczne tematy: 1) *Wymyśl sam: Papierowy bumerang*, 2) *Mięsień z powietrza*, 3) *Lato lato*, 4) *Wspinające się magnesy*, 5) *Tańcząca sprężyna*, 6) *Ciekący kran*, 7) *Działo z linijek*, 8) *Lewitujący płyn*, 9) *Asysta magnetyczna*, 10) *Konwekcja Rayleigha-Bénarda*, 11) *Sprężynowa histereza*, 12) *Dźwięk kontra płomień*, 13) *Makaronowy akcelerator*, 14) *Wodna rakietka*, 15) *Wyjąca miska*, 16) *Pompa Wirtza*, 17) *Kwantowy ślad*. Polska edycja turnieju jest organizowana przez PTF, a półfinał eliminacji krajowych we Wrocławiu odbędzie się przy wsparciu (również finansowym) Oddziału Wrocławskiego PTF.

Częstochowa. Na Wydziale Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych (WNŚPiT) Uniwersytetu im. Jana Długosza w Częstochowie (UJD), pod patronatem Oddziału Częstochowskiego PTF przedstawiono serię wykładów pod wspólnym tytułem *Atomowa Częstochowa*. Celem akcji była promocja wiedzy w zakresie fizyki jądrowej i promieniotwórczości. Pierwszy wykład

z tej serii *Na zmarszczki rad. O zastosowaniu substancji promieniotwórczych słów kilka* wygłosił 14.01.2025 dr inż. Paweł Janowski z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Prelegent jest laureatem licznych nagród za popularyzację fizyki. Otrzymał m.in. Nagrodę im. Krzysztofa Ernsta za Popularyzację Fizyki przyznaną przez PTF. Na wykładzie obecni byli uczniowie z VII LO im. Mikołaja Kopernika w Częstochowie, studenci, doktoranci i pracownicy UJD oraz słuchacze Uniwersytetu Trzeciego Wieku. Wykład miał charakter otwarty. Z kolei uczestników wykładu 11.02.2025 w tajniki fizyki atomów wciągnął prof. Jerzy Mietelski z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN, który opowiedział o *Naturalnym reaktorze jądrowym w Oklo*.

Kraków. Celem cyklu *Blżej Nauki*, organizowanego przez Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ od 2015 roku, jest popularyzowanie nauki oraz przybliżenie wyzwań, z jakimi mierzą się naukowcy, a także pokazanie, jak wyniki ich badań wpływają na otaczający nas świat. Tegoroczna, XX edycja tego przedsięwzięcia była wyjątkowa, gdyż 11.03.2025 obchodziliśmy jego 10. urodziny. Główną atrakcją był wykład prof. Sebastiana Szybki (UJ) *Interstellar a teoria grawitacji Einsteina*. Profesor przeanalizował naukowe fundamenty jednego z najbardziej spektakularnych filmów *science fiction*, przybliżając słuchaczom takie zagadnienia jak dylatacja czasu, horyzonty zdarzeń czarnych dziur oraz wielowymiarowa struktura czasoprzestrzeni. Po wykładzie odbyła się inspirująca debata *Quo vadis, physica moderna – dokąd zmierza współczesna fizyka?* prowadzona przez prof. Karola Życzkowskiego. W debacie udział wzięli prof. dr hab. Paweł Horodecki (UG), dr hab. Sebastian Szybka, prof. UJ, dr hab. Michał Eckstein i dr hab. Paweł Brückman de Renstrom, prof. IFJ PAN. Naukowcy dyskutowali o przyszłości fizyki i największych wyzwaniach współczesnej nauki. Czy jesteśmy blisko nowej rewolucji naukowej? Jakie pytania nadal pozostają bez odpowiedzi? (Udostępniamy nagrania z wydarzenia na kanale YouTube, dzięki czemu można wysłuchać całej debaty i poznać opinie ekspertów.) W ramach cyklu, 07.01.2025 prof. Karol Życzkowski wygłosił wykład *Dlaczego komputer kwantowy jeszcze nie działa?* Obecnie działające prototypy komputerów kwantowych, operujące na kilkunastu lub kilkudziesięciu kubitach i umożliwiające wykonanie kilku lub kilkunastu cykli bramek kwantowych, nie pozwalają na rozwiązanie problemu obliczeniowego, którego nie dałoby się rozstrzygnąć z pomocą klasycznego laptopa. Podczas wykładu prof. Życzkowski odpowiadał na pytania: co stanowi główną trudność w konstrukcji użytecznego komputera kwantowego, co to jest dekoherencja

oraz czy i kiedy doczekamy przekroczenia progu obliczeniowej przewagi kwantowej? Z kolei 21.01.2025 prof. Romuald A. Janik podczas swojego wykładu w ramach tego cyklu przybliżył słuchaczom działanie sztucznych sieci neuronowych, omówił, gdzie sytuują się na skali pomiędzy racjonalnym rozumowaniem a intuicją, oraz opowiadał o badaniu, jak sieci neuronowe wewnętrznie „wyobrazają sobie” zewnętrzną świat i co z tego wynika (więcej informacji: blizejnauki.fais.uj.edu.pl).

Katowice. Oddział Katowicki PTF objął patronatem honorowym obchody XIX Święta Liczby π na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych UŚ w Katowicach. w dniu π , tj. 14.03.2025 wykład inauguracyjny wygłosił prof. dr. hab. Michał Daszykowski *Chemiczne śledztwa w mrocznym świecie fałszerstw produktów spożywczych*. Święto Liczby π pozwala spędzić czas na dobrej zabawie, przybliżającej osiągnięcia matematyki oraz dziedzin budujących nowe teorie i zastosowania, przy wykorzystaniu jej języka. Liczne konkursy, gry, zabawy logiczne, pokazy eksperymentów fizycznych i chemicznych, symulacji komputerowych, prezentacje i wykłady złożyły się na barwne wydarzenie przeznaczone szczególnie dla uczniów i studentów. W tym roku po raz pierwszy pokazano *Naukowy STAND-UP czyli sekretne życie naukowca*, który można było obejrzeć zarówno na żywo w Chorzowie, jak i w internecie w serwisie YouTube.

Warszawa. W marcu 2025, na Wydziale Fizyki PW odbyły się dwa spotkania dla uczniów zainteresowanych radioterapią lub fizyką cząstek. Zajęcia te są inspirowane projektem International Masterclasses zarządzanym przez Uniwersytet Techniczny w Dreźnie w ramach International Particle Physics Outreach Group. Każdego roku około 10 tysięcy uczniów w 40 krajach przychodzi jednego dnia, do jednej z ok. 200 instytucji naukowych, by zbadać tajemnice cząstek oraz fizyki akceleratorów. Na Politechnice Warszawskiej uczniowie mogli wziąć udział w dwóch spotkaniach: jednym poświęconym radioterapii (01.03.2025), a drugim – fizyce cząstek (22.03.2025).

Warszawa. Już od 10 lat organizowane są na Wydziale Fizyki UW wykłady z cyklu *Zapytaj fizyka*. 25.02.2025 na Wydziale Fizyki UW odbyła się poprowadzona przez prof. Piotra Sułkowskiego debata *Quo vadis – debata o fizyce*. W jej trakcie zaproszeni goście: prof. Dorota Gondek-Rosińska, dr Aleksandra Kardaś oraz eksperci PTF prof. Krzysztof Meissner, prof. Barbara Piętka w dyskusji zastanawiali się w jakim kierunku zmierza fizyka, jakie badania w najbliższej przyszłości staną się najważniejsze i jakie odkrycia minionej dekady będą

miały największy wpływ na rozwój nauki. Fizycy i fizycy, którzy w minionych latach wygłosili wykłady z cyklu Zapytaj fizyka (których łącznie odbyło się 76) byli gośćmi specjalnymi spotkania.

Karpacz. W dniach 01-07.03.2025 odbyła się 61. Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej w Karpaczu. Tegoroczna edycja Szkoły organizowana była wspólnie przez ośrodki z Wrocławia, Uppsali (Szwecja) oraz Drezna i Görlitz (Niemcy), a jej tematem przewodnim było hasło *Multi-messenger nuclear astrophysics in the 21st century*. Temat ten to przejaw dostosowywania się fizyków teoretyków i astronomów do oczekiwanych wyników najnowszych obserwacji fal grawitacyjnych zaawansowanego detektora LIGO-VIRGO i japońskiego detektora KAGRA. Wśród tematów omawianych podczas Szkoły znalazły się: fizyka supernowych i fuzji gwiazd neutronowych, neutrino, fale grawitacyjne i promieniowanie gamma, eksperymenty i teoria astrofizyki jądrowej, nukleosynteza i ewolucja chemiczna galaktyk, a także gwiazdy ubogie w metale i ich obserwacje. Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej jest organizowana od 1964 roku. Na początku była małym spotkaniem naukowym, ale stopniowo stała się cyklicznym wydarzeniem znanym na całym świecie. Jej ideą jest zapraszanie około 15 czołowych fizyków Zachodu i Wschodu do wygłoszenia serii wykładów skupionych wokół wspólnego tematu. Szkoła trwa dwa tygodnie, odbywa się w lutym, a jej cechą charakterystyczną jest nieformalna i wyjątkowa atmosfera wynikająca z połączenia intensywnych, wymagających wykładów i ćwiczeń komputerowych ze wspaniałym wypoczynkiem w zimowej stolicy Polski.

Caen, Francja. Doktor hab. Michał Kowal z Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku został wybrany przewodniczącym Rady Naukowej ośrodka GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds – Wielki Narodowy Akcelerator Ciężkich Jonów). GANIL jest największym ośrodkiem fizyki jądrowej we Francji i jednym z czołowych centrów badań w tej dziedzinie na świecie.

Poznań. W ramach projektu Fizyka Warta Poznania, realizowanego między innymi pod patronatem PTF i finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN, 16.01.2025 odbył się wykład dr. hab. Grzegorza Michałka *Fizyk w „kropce”*, który przeniósł uczestników w fascynujący świat nanotechnologii, gdzie kropki kwantowe – niezwykle obiekty o unikalnych właściwościach fizycznych i chemicznych – coraz śmieiej wkraczają do nowoczesnych technologii. W trakcie wykładu słuchacze mieli okazję poznać ich zastosowania,

a także perspektywy dalszego rozwoju i wykorzystania w przyszłości. Z kolei 07.02.2025 na Wydziale Fizyki i Astronomii UAM odbył się wykład prof. Wojciecha Nawrocika *Kiedy wreszcie ujarzmyjemy energię termojądrową?* Profesor przedstawił aktualne wyzwania związane z pozyskiwaniem energii z reakcji fuzji termojądrowej – procesu, który napędza Słońce i gwiazdy, a na Ziemi może stać się rewolucyjnym, bezemisyjnym źródłem energii. Podczas wykładu omówił zasady działania reaktorów termojądrowych oraz stan prac nad prototypowym reaktorem ITER budowanym we Francji. Pomimo ogromnych trudności technicznych i rosnących kosztów, badania nad kontrolowaną fuzją termojądrową pozostają jednym z kluczowych wyzwań współczesnej fizyki i energetyki.

Bolonia, Włochy. Komisja Europejska powołała Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) jako Konsorcjum Europejskiej Infrastruktury Badawczej (ERIC). Decyzja ta oznacza istotny krok na drodze do stworzenia największego na świecie obserwatorium astronomicznego promieniowania gamma. Status ERIC umożliwi szybki postęp w budowie Obserwatorium i zapewni strukturę organizacyjną niezbędną do pozyskiwania i udostępniania danych naukowych na skalę globalną, co znacznie przyspieszy postęp na drodze do nowych odkryć naukowych. CTAO ERIC zostało utworzone przy międzynarodowym wsparciu 11 krajów i jednej organizacji międzyrządowej, które aktywnie współpracują w zakresie rozwoju technologicznego, budowy oraz funkcjonowania Obserwatorium. Zespół naukowców i inżynierów z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN od początku uczestniczył w pracach badawczo-rozwojowych związanych z projektem CTAO.

Kraków. Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie wzbogacił się o nowy ciekawy eksponat związany z historią wykorzystywania promieniowania jonizującego w latach 30. XX w. Jest to emanator ERKO produkcji Berliner Radium Aktienesellschaft, pochodzący z ok. 1930. Emanator zawiera sole radu ($Ra-226$) umieszczone w kapsule metalowej z otworami umożliwiającymi kontakt z wodą wlewaną do górnej części naczynia emanatora. Rad-226 rozpada się, z czasem połowicznego rozpadu równym 1600 lat, emitując cząstkę alfa, do gazowego promieniotwórczego izotopu radonu ($Rn-222$), który bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie wypełniającej naczynie emanatora. Rozpuszczony w wodzie radon wykorzystywano w celach leczniczych poprzez picie wody radonowej lub dodawaniu jej do kąpielii, co cieszyło się dużą popularnością w tamtych czasach. Emanator jest obecnie eksponowany w Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych IFJ PAN.

Poznań. 07.03.2025 na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu odbył się przegląd badań naukowych prowadzonych przez pracowników Wydziału, w tym członków Poznańskiego Oddziału PTF. Wydarzenie miało na celu przybliżenie studentom szerokiego spektrum badań realizowanych w ramach różnych specjalności oraz zachęcenie ich do angażowania się w działalność naukową już na pierwszych latach studiów. Podczas spotkania zaprezentowano różne projekty badawcze, obejmujące zarówno zagadnienia teoretyczne, jak i eksperymentalne, dotyczące nowoczesnych technik obrazowania, badań nad właściwościami materiałów oraz zastosowań fizyki w medycynie i nowych technologiach. Szczególną uwagę zwrócono na możliwości włączania się studentów w prace naukowe w ramach kół naukowych, projektów badawczych oraz programów stażowych. Wydarzenie cieszyło się dużym zainteresowaniem zarówno wśród studentów, jak i młodych naukowców, co potwierdziła spora liczba uczestników oraz aktywna dyskusja po prezentacjach.

Warszawa. W ramach corocznego Dnia Odkrywców Kampusu Ochota (DOKO) UW (22.03.2025), na Wydziale Fizyki UW odbyły się wykłady, warsztaty, pokazy i inne atrakcje dla przybyłych pasjonatów nauk ścisłych od matematyki i fizyki, przez chemię, geologię, bioinformatykę, biologię, medycynę i psychologię. Wydarzenie otworzył multiwykład *Ochota na slow science*. Mówiono o stresie i emocjach, logarytmach w algorytmach oraz mierzeniu czasu z największą możliwą dokładnością. Referenci wzięli też pod lupę cząsteczki zapachu i nanocząstki. Wybrali się w głąb skał, by zbadać historyczne zmiany klimatu i „zhakowali” nasz mózg, poprawiając jego zdolności poznawcze. Potem organizatorzy zaprosili uczestników do wzięcia udziału w multiquizie z nagrodami.

Wrocław. Tegoroczne Drzwi Otwarte na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego odbyły się 11.04.2025. pod hasłem *Podróż w głąb materii i Wszechświata*. Uczestnicy mieli okazję wysłuchać kilku krótkich wykładów i prezentacji: *Tu znajdziesz klucz do Wszechświata*, (informacja o działalności naukowej WFiA UWr), *Kiedy nauka staje się magią?*, *Magicznie czy fizycznie?*, *Czym zajmują się wrocławscy astrofizycy?* Następnie rozpoczęły się zajęcia praktyczne w pracowniach i na dziedzińcu Instytutu Fizyki Doświadczalnej UWr: *Jarmark fizyczny* (eksperymenty z elektrycznością, siłami i ruchem, a także z gazami i cieczami), *Modelowanie komputerowe jest proste* (symulacje komputerowe), *Czy to Mars, czy to Ziemia?* (analiza zdjęć dwóch planet), *Fantastyczna fizyka oczami*

Majki i Łajki (prezentacja książki popularnonaukowej, dyskusja o popularyzacji nauki), *Selfie z teleskopu?* *Brzmi kosmicznie* (obsługa teleskopów), *Dzienne niebo przez teleskop* (obserwacja Słońca), *Zanurz się w kosmos dzięki VR* (zabawa symulatorami powierzchni Księżyca, Marsa oraz nocnego nieba), *Spektroskop w akcji* (obsługa spektroskopów). Równolegle w Bibliotece IFD można było otrzymać informacje o dostępnych kierunkach studiów, posłuchać o zastosowaniu uczenia maszynowego w studiowaniu, używaniu mikrokomputerów (mikrokontrolerów) do automatyzacji różnych zadań, a także poznać gry stworzone przez studentów w ramach zajęć Programistycznego Koła Naukowego POINTER. Ponadto można było zobaczyć symulacje obiektów i zjawisk we Wszechświecie wykorzystywane w pracy przez astrofizyków, dowiedzieć się, na czym polega (tak naprawdę) praca współczesnego astronoma, poznać symulacje fizyczne ptasich stad i formacji oraz dowiedzieć się, jaki jest związek między teorią grawitacji Newtona a fizyką czarnych dziur, a przede wszystkim do czego w ogóle fizyka jest nam potrzebna.

Ponadto odbyły się wycieczki z przewodnikiem po laboratoriach i pracowniach WFiA oraz wykłady popularnonaukowe: *Magnetyczne kaprysy gwiazd*, *Gwiazda od środka*, *Fascynujący świat nanotechnologii*, *Stirring the Quark Soup*. Ponadto można było w tym dniu zwiedzać zabytkowe wnętrza Uniwersytetu Wrocławskiego, w tym Aulę Leopoldina, Oratorium Marianum oraz Wieżę Matematyczną.

Poznań. W cyklu Fizyka Warta Poznania, 02.02.2025 dr Krzysztof Wójcik (IFM PAN) wygłosił wykład *Fizyka w czasach Piłsudskiego*, zorganizowany pod patronatem PTF. Słuchacze dowiedzieli się, jak wyglądał świat nauki w momencie odzyskania przez Polskę niepodległości w 1918 roku. Wbrew powszechnemu wyobrażeniu o tamtych czasach, skupiającemu się głównie na aspektach politycznych, militarnych czy codziennych realiach życia, naukowcy, w tym fizycy, dokonywali przełomowych odkryć, które miały wpływ na rozwój współczesnej nauki. Omówione zostały najważniejsze osiągnięcia fizyków tego okresu zarówno w Polsce, jak i na świecie, w tym intensywny rozwój teorii względności Alberta Einsteina, początkowe badania nad mechaniką kwantową oraz narodziny fizyki jądrowej. Doktor Wójcik poświęcił szczególną uwagę polskimi fizykom, którzy mimo trudnych warunków politycznych i społecznych, mieli swój wkład w rozwój nauki. Podkreślił, że nauka nie była oderwana od rzeczywistości, lecz stanowiła istotny element budowy nowoczesnego państwa. Wiele z prowadzonych wtedy badań stało się fundamentem dla współczesnych technologii, a dorobek ówczesnych naukowców wciąż pozostaje aktualny.

Wrocław. 19.02.2025, podczas uroczystej Gali Nauki Polskiej, która odbyła się z okazji Dnia Nauki Polskiej, Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego wręczył nagrodę za całokształt dorobku prof. dr. hab. Krzysztofowi Redlichowi z Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego. Profesor Redlich jest fizykiem teoretykiem zajmującym się fizyką cząstek elementarnych i zderzeń ciężkich jonów, pracującym w Instytucie Fizyki Teoretycznej UW, gdzie kieruje Zakładem Fizyki Cząstek i Astrofizyki Jądrowej. Jego dotychczasowa działalność naukowa znalazła uznanie na arenie międzynarodowej: w 2001 został laureatem nagrody im. Alexandra von Humboldta, a w 2013 laureatem nagrody im. Smoluchowskiego-Warburga. Za wyniki badań dotyczących termalizacji plazmy kwarkowo-gluonowej i opisu produkcji hadronów w eksperymentach zderzeń ciężkich jonów otrzymał tytuł doktora *honoris causa* niemieckiego Uniwersytetu w Bielefeld.

Tematyka pracy naukowej prof. Redlicha związana jest z opisem zjawisk fizycznych zachodzących w gęstej materii silnie oddziałujących cząstek. Tego typu układy są przedmiotem intensywnych badań eksperymentalnych z ultrarelatywistycznymi zderzeniami ciężkich jonów w CERN w Genewie, w BNL w Brookhaven oraz w Instytucie Badań Ciężkich Jonów w Darmstadt. Zasadniczym celem tych badań jest opisanie własności nowego stanu materii zwanego plazmą kwarkowo-gluonową, przewidzianego w ramach chromodynamiki kwantowej. Publikacje prof. Redlicha dotyczą zarówno teoretycznego podejścia do badań zjawisk kolektywnych i krytycznych w materii silnie oddziałujących cząstek, jak również fenomenologicznego opisu i interpretacji danych eksperymentalnych. Prace, których prof. Redlich jest współautorem, wniosły istotny wkład do rozwoju dziedziny w skali międzynarodowej oraz inspirowały kierunki badań eksperymentalnych zderzeń ciężkich jonów w CERN oraz BNL.

Warszawa. 19.02.2025, w Klubie Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie odbył się finał II Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego im. prof. Lecha Solarza dla uczniów szkół średnich. W eliminacjach bieżącej edycji konkursu przeprowadzonych w 31 szkołach ponadpodstawowych w grudniu 2024 roku wzięło udział 227 uczniów, z których 54 zakwalifikowało się do finału. Finaliści przez dwie godziny rozwiązywali test złożony z 28 pytań oraz przygotowywali się do odpowiedzi na dwa pytania otwarte. Pięciu z nich, którzy osiągnęli najlepsze wyniki, poza nagrodami rzeczowymi zdobyło także maksymalną liczbę punktów rankingowych przy ubieganiu się o przyjęcie na dowolny kierunek studiów cywilnych w WAT, bezpłatne zakwaterowanie w domu studenckim WAT na jeden rok akademicki

oraz stypendium z własnego funduszu stypendialnego WAT.

Autorami zadań i pytań testowych zarówno w eliminacjach, jak i w finale, byli prof. dr. hab. inż. Leszek R. Jaroszewicz członek koresp. PAN, dr. hab. inż. Karol Stasiewicz, prof. WAT, dr. inż. Konrad Zubko, prof. WAT, dr. inż. Joanna Moś, dr. inż. Joanna Korec, dr. inż. Zbigniew Krajewski i mgr. Natalia Przybysz. Honorowy patronat nad wydarzeniem objął JM Rektor-Komendant WAT gen. bryg. prof. dr. hab. inż. Przemysław Wachulak, a za organizację konkursu odpowiadał mgr. inż. Wiesław Szczygielski. Komisja konkursu wyłoniła pięciu laureatów: I miejsce – Ryszard Czerwiński z II LO w Mielcu, II miejsce – Mikołaj Litwin z III LO im. Unii Lubelskiej w Lublinie, III miejsce – Mikołaj Lisek z III LO im. Unii Lubelskiej w Lublinie, IV miejsce – Mateusz Czarnowicz z VI LO im. Króla Zygmunta Augusta w Białymstoku, V miejsce – Mateusz Sztabiński z Zespołu Szkół nr 2, II LO im. gen. Z. Podhorskiego w Suwałkach. Wszyscy wyróżnieni otrzymali również nagrody rzeczowe ufundowane przez Rektora-Komendanta WAT. Zgromadzeni goście wysłuchali dwóch wykładów: *Bezpieczeństwo Europy Środkowo-Wschodniej w świetle aktualnych wyzwań i zagrożeń* dr. Wiesława Śmiałka oraz *Od fikcji do rzeczywistości: deepfake jako narzędzie i zagrożenie* por. mgr. inż. Tomasza Walczyny. Patronem konkursu jest Edward Solarz, profesor zwyczajny WAT(1937-2017). Był wybitnym naukowcem, współautorem lub autorem prawie 100 publikacji naukowych. Specjalizował się w mechanice, modelowaniu zjawisk w ośrodkach ciągłych i metodach obliczeniowych. Umiejętność modelowania matematycznego różnych zjawisk, znajomość metod numerycznych, budowy algorytmów i programowania czyniły z niego cenionego współpracownika zespołów badających bardzo różne obiekty, od nanostruktur po czujniki drgań wykorzystujących akustyczne fale powierzchniowe.

Warszawa. Jeżeli zainteresowanie fizyką mierzyć liczbą uczestników Konkursu Fizycznego PW, to możemy sobie pozwolić na optymizm. Do tegorocznej edycji konkursu zarejestrowało się 350 uczniów szkół średnich z całej Polski, a 47 z nich zakwalifikowało się do finału, gdzie zmierzyli się z czterema zadaniami wymagającymi nie tylko wiedzy, ale także inżynierskiej pomysłowości. Uczestnicy mają dobrą motywację do osiągania jak najlepszych wyników konkursowych, laureaci bowiem są przyjmowani poza procedurą kwalifikacyjną na pierwszy rok studiów na Wydziale Fizyki lub Wydziale Mechatroniki PW. *Bardzo nas cieszy tak szerokie zainteresowanie i zaufanie, jakim obdarzają nas nauczyciele i uczniowie. Zależy nam na poszukiwaniu talentów fizycznych i daniu im najlepszych warunków do rozwoju. Już teraz*

zachęcamy uczniów do udziału w przyszlorocznej, XXX edycji konkursu – mówił dr inż. Karol Kakarenko, koordynator konkursu. W tym roku laureatami konkursu zostali: Jan Nasieniewski (Uniwersyteckie LO, Toruń), Borys Wawrzynów (IV LO im. Stanisława Staszica, Sosnowiec), Tomasz Gruss (VIII LO im. Adama Mickiewicza, Poznań), Stanisław Meishutovich (CXXII LO im. Ignacego Domeyki, Warszawa), Maciej Kiziński (II LO im. K.I. Gałczyńskiego, Olsztyn). Wyróżniono także dziewięciu finalistów, którzy nie muszą się już martwić o wynik maturalny z fizyki w kontekście ubiegania się o studia na wszystkich wydziałach PW (otrzymując maksymalną liczbę punktów). Wręczenie dyplomów i nagród odbyło się 10.04.2025 w Auditorium Wydziału Fizyki PW. Uczestnicy wydarzenia obejrzeni także pokaz zjawisk fizycznych.

Kraków. 15.03.2025 odbył się etap finałowy III edycji Jagiellońskiego Turnieju Fizycznego. Konkurs przewidziany jest dla uczniów liceów, ale uczniowie szkół podstawowych też mogą próbować swoich sił. Konkurs jest dwuetapowy: pierwszy etap odbywa się online, drugi etap stacjonarnie w siedzibie Wydziału Fizyki Astronomii Informatyki Stosowanej UJ w Krakowie.

Białystok. W roku akademickim 2024/2025 Klub Młodego Odkrywcy *Newton, Einstein, a teraz my* działający przy Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Białymstoku dwukrotnie zorganizował inspirujące warsztaty dla uczniów szkół podstawowych. 27.02.2025 młodzi uczestnicy mieli okazję zgłębiać tajniki cieczy i ich właściwości. Warsztaty pozwoliły zrozumieć, dlaczego woda tworzy krople, jak różne ciecze zachowują się w ruchu oraz co to jest menisk i napięcie powierzchniowe. Uczniowie przeprowadzali historyczne eksperymenty dotyczące przepływów laminarnych i turbulentnych oraz zastanawiali się, jak te zjawiska można wykorzystać w praktyce. 27.03.2025 młodzi odkrywcy zajęli się ferrocieczami. Podczas zajęć uczniowie dowiedzieli się, jak takie ciecze można wytworzyć oraz do czego można je zastosować zarówno w technice, jak i medycynie. Każdy miał okazję przeprowadzić proste testy, które ukazywały właściwości magnetyczne tych substancji. Co więcej, uczestnicy mogli zabrać efekty swoich eksperymentów do domu, co dodatkowo uatrakcyjniło warsztaty. Spotkania prowadziły dr hab. Katarzyna Rećko, prof. UwB oraz Kinga Szarkowska, studentka Wydziału Fizyki UwB.

Białystok. 9. edycja Marcowych Spotkań z Nauką na Uniwersytecie w Białymstoku przyciągnęła tłumy pasjonatów. Wydział Fizyki przygotował bogaty program

warsztatów i wykładów, które pozwoliły zgłębiać tajniki wszechświata, zjawisk fizycznych oraz nowoczesnych technologii. Uczestnicy bloku informatycznego mieli okazję nauczyć się programowania gier 2D, poznając zasady fizyki w świecie wirtualnym. Warsztaty poświęcone silnikom fizycznym w grach komputerowych ujawniły mechanizmy stojące za realistycznymi symulacjami ruchu, a wykład o zastosowaniu informatyki w fizyce dotyczył sposobów wykorzystania algorytmów w badaniach naukowych. Dla miłośników klasycznych zagadnień fizycznych przygotowano wykłady o atomach i promieniowaniu, podczas których omówiono zarówno ich właściwości, jak i znaczenie w medycynie oraz technologii. Dużym zainteresowaniem cieszyła się także prelekcja o naturalnej nawigacji magnetycznej, wyjaśniająca jak organizmy żywe wykorzystują pole magnetyczne Ziemi do orientacji w przestrzeni. Nie zabrakło również fascynujących tematów związanych z magnetyzmem i holografia, przybliżających nowoczesne techniki obrazowania. Warsztaty eksperymentalne pozwoliły uczestnikom na praktyczne doświadczanie fizyki. Dzięki komputerowemu wsparciu mogli precyzyjnie wyznaczyć prędkość dźwięku w powietrzu. Ponadto przeanalizowali skutki odkryć Röntgena sprzed 130 lat oraz przeprowadzili doświadczenie potwierdzające ruch obrotowy Ziemi. Finałem spotkań była podróż przez Układ Słoneczny pod okiem astronoma. Uczestnicy mogli też zrozumieć działanie sond kosmicznych, teleskopów i sztucznych satelitów. Spotkania z Nauką 2025 po raz kolejny udowodniły, że fizyka potrafi być fascynująca i przystępna. Do zobaczenia za rok!

Józefów. 22.03.2025 w Józefowie odbyła się XVIII Ogólnopolska Olimpiada Kreatywności *Destination Imagination*, z której drużyna Xploratory Minds z X LO im. W. Szymborskiej w Białymstoku wróciła z imponującym sukcesem, zdobywając trzy złote medale. Zwyciężyła w wyzwaniu konstrukcyjnym oraz w wyzwaniu *Na Już* w swojej kategorii wiekowej, a także otrzymała prestiżową Nagrodę Ducha Sceny za najlepsze przedstawienie. To niezwykle osiągnięcie jest wynikiem ciężkiej pracy, talentu i kreatywności członków drużyny, ale również ogromnego wsparcia ich niezastąpionej trenerki – Marty Orzechowskiej, członkini Oddziału Białostockiego PTF. Jej zaangażowanie i umiejętność inspirowania młodych umysłów pomogły drużynie osiągnąć mistrzowski poziom. Dzięki tym sukcesom drużyna zyskała możliwość reprezentowania Polski na arenie międzynarodowej, gdzie zmierzy się z najlepszymi zespołami z całego świata.

NAGRODY I WYRÓŻNIENIA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO 2025

Medal Mariana Smoluchowskiego:

prof. dr hab. Witold „Witek” Nazarewicz

(Uniwersytet Warszawski oraz
Michigan State University w East Lansing, USA)
za wybitny wkład do teorii jąder atomowych
i rozwoju fizyki jądrowej

Nagroda Naukowa PTF im. Wojciecha Rubinowicza:

dr hab. Anna Dyrdał

(Wydział Fizyki i Astronomii UAM)
za cykl wybitnych i twórczych prac opublikowanych
w latach 2020–2024, w ramach którego została
opracowana teoria efektów magnetooporowych
w układach z silnym oddziaływaniem spin-orbita.

Nagroda PTF im. Zygmunta Florentego Wróblewskiego za rozprawę doktorską:

dr Karolina Łempicka-Mirek

(Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego)
za rozprawę doktorską *Polarytony ekscytonowe
w mikrownękach optycznych z perowskitami*
(promotor: dr hab. Barbara Piętka, Wydział Fizyki UW)

Wyróżnienie:

dr Tadeusz Zalewski

(Wydział Fizyki Uniwersytetu w Białymstoku)
za rozprawę *Ultrafast coherent photo-magnetic
switching in ferrimagnetic garnets* (promotor:
prof. dr hab. Andrzej Stupakiewicz, Wydział Fizyki
Uniwersytetu w Białymstoku)

Nagroda PTF im. Arkadiusza Piekary za pracę magisterską:

mgr Bartosz Jakub Rusin

(Wydział Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocław-
skiego) za pracę magisterską *Nadprzewodnictwo
w dwuskładnikowym stopie Nb-Ta oraz w nowym stopie
o wysokiej entropii Nb_{0,34}Ti_{0,33}Zr_{0,14}Ta_{0,11}Hf_{0,08}*
(opiekunowie: dr hab. Rafał Idczak
i dr inż. Michał Babij z UW)

Wyróżnienia:

mgr inż. Wiktoria Reddig (Politechnika Poznańska)
za pracę *Wpływ wysokoenergetycznego promienio-
wania neutronowego na pracę grafenowego czujnika
pola magnetycznego* (promotor: dr inż. Semir El-Ahmar,
Politechnika Poznańska)

mgr Jacek Jerzy Baranowski

(Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu)
za pracę *Badanie efektu segregacji jonów*

*w perowskicie triple cation metodą spektroskopii
absorpcji przejściowej* (promotor: prof. dr hab. Marcin
Ziółek, UAM)

mgr Barbara Kłos (Uniwersytet Adama Mickiewicza
w Poznaniu) za pracę *Wykorzystanie zaawansowanych
metod badań psychoakustycznych do diagnostyki
szumów usznych* (promotor: dr hab. Andrzej Wicher,
prof. UAM, opiekun: dr hab. Michał Karlik, prof. UAM)

Nagroda PTF za popularyzację fizyki i Medal im. Krzysztofa Ernsta:

dr Katarzyna Książek (Instytut Fizyki Uniwersytetu
Opolskiego) za wieloletnią szeroką i różnorodną
działalność popularyzującą fizykę

Nagroda za artykuł popularnonaukowy:

dr Tomasz Kubiak (Zakład Fizyki Materiałów
Funkcjonalnych, Wydziału Fizyki i Astronomii
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu)
za artykuł *Fizyka w mikroskali, czyli o kroplach
Pickeringa, mikrokapsułkach oraz strukturach liquid
marbles*, który ukazał się w „Postęпах Fizyki” 75 (2)
2024, 17–25

Na wniosek Kapituły Nagród dla Nauczycieli
(w drodze wyjątku) przyznano dwie

Nagrody I stopnia im. Grzegorza Białkowskiego dla wyróżniających się nauczycieli i dwa Medale Grzegorza Białkowskiego:

mgr Piotr Ludwikowski (Akademiczne Liceum
Ogólnokształcące Politechniki Wrocławskiej)
za kształtowanie zainteresowania fizyką oraz sukcesy
w pracy ze zdolnymi uczniami

mgr Wojciech Olszewski (Zespół Szkół Przemysłu
Spożywczego i VIII Liceum Ogólnokształcące
w Toruniu) za bardzo aktywną i zróżnicowaną
pracę w zakresie nauczania fizyki

Wyróżnienia:

mgr Anna Baran (DIDASKO Prywatna Szkoła
Podstawowa nr 98 w Warszawie) za rozbudzenie
zainteresowania uczniów fizyką oraz osiągnięcia
w pracy z młodzieżą

mgr Agnieszka Chudek (Niepubliczna Szkoła
Podstawowa im. Roberta Szumana Fundacji Primus)
za bardzo aktywną pracę w zakresie nauczania fizyki

mgr Anna Krzyczkowska (Zespół Szkół nr 2
im. gen. Józefa Bema w Milanówku) za bardzo
aktywną pracę w zakresie nauczania fizyki

Serdecznie gratulujemy wszystkim nagrodzonym i wyróżnionym!

Redakcja kwartalnika zaprasza do współpracy!

postepy.fizyki@ptf.net.pl

Przyjmujemy do publikacji artykuły przeglądowe i monograficzne, które otrzymają pozytywne recenzje wydawnicze. Wszelkie informacje dla autorów PF zamieszczone są na stronie internetowej czasopisma <https://www.ptf.net.pl/PF/> autorzy oraz na drugiej stronie okładki. Artykuły opublikowane w PF otrzymują numery DOI.

75 LAT

POSTĘPY FIZYKI