mlody TECHNIK
Istnieje od 1932 roku

CHERCHEZ LA FEMME: Hedy Lamarr

Najpiękniejsza kobieta Hollywood & internet bezprzewodowy

kwiecień 2026
www.mlodytechnik.pl

Tu przejrzysz i kupisz ten numer

NEWS 24/7
przeglądaj codziennie na swoim smartfonie

mlody m.technik

Ciekawi świata są zawsze młodzi

120 stron!
+ dodatek*



CIEMNA STRONA AI

Science fiction w „Młodym Techniku”

Jakub Turkiewicz: Gustowna stylizacja

ISSN 0462-9760 Indeks 365408
9 770462 976267 04
cena: 19,90 zł (w tym 8% VAT)

www.UlubionyKiosk.pl



















pakiet promocyjny NA WARSZTACIE
9 e-booków z rabatem 50%

Dla prenumeratorów – 30% rabatu!
Promocja Internetowa – w formularzu zamówienia online zaznacz pole „Jestem prenumeratorem wydawnictwa AVT, kupuję ze zniżką” i podaj swój numer prenumeraty.

eprasa.pl fa714ca89f



Temat okładkowy
Zagrożenia płynące ze sztucznej inteligencji i jej negatywne skutki – takie jak radykalizacja postaw czy zanik samodzielnego myślenia – rzadko wynikają ze złych intencji twórców, lecz są efektem ubocznym algorytmów. Technologia choć pomocna, zaczyna przejmować kluczowe funkcje poznawcze człowieka, co budzi uzasadnioną grozę. Kto ostatecznie będzie kontrolował rolę AI w naszym codziennym życiu?

* Dodatek do MT 4/2026 – fizycznie w wydaniu drukowanym, a w wersji PDF – w Bibliotece mediów na **ulubionykiosk.pl/media**

Zaloguj się lub zarejestruj i pobierz



Ciemna strona AI

Kiedy zaczynaliśmy pracę nad tym numerem, jeden z kolegów powiedział coś, co zostało mi w głowie: „Najtrudniejsze w pisaniu o ciemnej stronie AI jest to, że nie ma tu czarnych charakterów".

I rzeczywiście. Inżynierowie projektujący chatboty nie chcą skrzywdzić nastoletnich użytkowników. Algorytmy rekomendacji nie mają zamiaru radykalizować nikogo. Firmy produkujące narzędzia do generowania deepfake'ów nie planują niszczyć ludzkich istnień. A jednak – jak przekonacie się na kolejnych stronach – skutki ich pracy bywają dramatyczne.

To jest właśnie powód, dla którego postanowiliśmy ten temat podjąć. Nie dlatego, że chcemy was przestraszyć ani że uważamy, iż sztuczna inteligencja jest zła. Wszyscy będziemy używać narzędzi AI na co dzień, bo potrafią być zadziwiająco pomocne. Ale właśnie dlatego, że AI stała się częścią naszego życia – w szkole, w pracy, w relacjach z innymi ludźmi – zasługuje na uczciwe spojrzenie. Takie, które nie zatrzymuje się na zachwycie.

W tym numerze piszemy o mózgu, który nie odróżnia prawdziwej relacji od dobrze zaprojektowanej imitacji. O dopaminie i jednorękim bandycie. O twarzy, której nie ma, i o oku, które przestało być dowodem. O algorytmie, który nie jest złośliwy – a jednak serwuje oburzenie, bo takie dostał zadanie. I wreszcie o pytaniu, które uważamy za najważniejsze: kto właściwie decyduje, czym AI będzie dla nas wszystkich?

Nie mamy na to pytanie gotowej odpowiedzi, a z naszych artykułów wyziera groza, tak wiele niebezpiecznych zmian nas czeka w erze AI, choćby zanik myślenia u ludzi.

Platon zamartwiał się, że wynalazek pisma prowadzi do zaniedbywania naturalnej zdolności pamięci, a w rezultacie do jej zaniku. Dwa i pół tysiąca lat później smartfon i chmura dopełniły dzieła. Pamięć człowiekowi nie jest potrzebna. Kto wie, może myślenie też nie jest niezbędne i człowiek może je delegować do AI. Kto to wie....

Wiesław Marciniak

eprasa.pl fa714ca89f

KURS PRAKTYCZNY AI (wiosna 2026)
już dostępny www.UlubionyKiosk.pl

PRENUMERATA



Czytaj więcej, płać mniej!

Zyskaj 15% rabatu

W prenumeracie tylko
~~238,80 zł~~
203,00 zł
/roczna prenumerata drukowana

Dlaczego warto?

- Dostawa **gratis** prosto do Twojego domu
- Tylko dla prenumeratorów: **niższe ceny** przy zakupie czasopism na UlubionyKiosk.pl
- Pakiet 2w1 (papier + e-wydania): **–80%** na równoległą e-prenumeratę PDF

Szczegóły na UlubionyKiosk.pl/promocje

Zamów prenumeratę na **www.UlubionyKiosk.pl**
lub zeskanuj kod QR i zaprenumeruj w 1 minutę

AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03–197 Warszawa
prenumerata@avt.pl | 22 257 84 22 (godz. 10.00–14.00)
rachunek bankowy: ING Bank Śląski 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

eprasa.pl fa714ca89f

Spis treści











Temat numeru

Psychologia relacji człowiek – AI: Czy można naprawdę pokochać AI? Zakochany w algorytmie ... 26
Neurobiologia i technologia: Uzależnienie od sztucznej inteligencji jako nowy problem zdrowia psychicznego. Mózg w pętli ... 32
Edukacja i technologia: Jak AI niszczy zdolność do samodzielnego rozumowania. Śmierć myślenia ... 39
Technologia i społeczeństwo: Deepfake, tożsamość i nowa era manipulacji. Twarz, której nie ma ... 45
Media i społeczeństwo: AI jako turbodoładowanie dla mowy nienawiści, radykalizacji i manipulacji masowej. Algorytm nienawiści ... 52
Geopolityka i władza: Władza, nierówności i kontrola w świecie zarządzanym przez algorytmy. Kto tu rządzi? ... 59

B&R – badania i rozwój

Info Zoom ... 8
Dodaj do obserwowanych ... 12
Horyzonty mgłą spowite: Obiecana energia gwiazd. Fuzja termojądrowa – wieczna nadzieja, wieczne rozczarowanie? ... 13
Cherchez la femme: Hedy Lamarr – Najpiękniejsza kobieta Hollywood wynalazła internet bezprzewodowy ... 21
Koniec i co dalej: Wielkie gry wideo. Gdy sto milionów dolarów nie wystarcza ... 66
Nasi idole – liderzy innowacji: Chłopiec z Helsinek, który zbudował kręgosłup internetu – Linus Torvalds ... 69

m.technik

Cyfrowy front: AI zastąpi nas, czy tylko nabałagani? ... 72
Mobilne aplikacje. Test aplikacji ... 74

Fantastyka naukowa w „Młodym Techniku”

Gustowna stylizacja ... 76

Szkoła

Jak to odkryli? Czas, który biegnie inaczej. Albert Einstein i droga do szczególnej teorii względności ... 82
Matematyka z ludzką twarzą: Sport i matematyka ... 92
Pomysły genialne, zwariowane i takie sobie ... 97
Fizyka bez granic: Gwiezdny piec – skąd Słońce czerpie swoją nieskończoną energię? ... 98
Chemia inna niż w szkole: Wielobarwny metal, część 1 ... 102
MT studiuje: Akustyka ... 106
Na warsztacie: Pływak ratowniczy H ... 108
Klub i Szkoła Wynalazców
Szkoła Wynalazców – dozwolone do lat 15 ... 112
Klub Wynalazców – bez ograniczeń wieku ... 113
Vademecum Młodego Wynalazcy ... 114
Odkryj historię wynalazków: Kryptografia ... 116
Podstawowe rodzaje szyfrów ... 119

Od wydawcy ... 3
Prenumerata ... 4
Poczta ... 6
Sędziwy Technik – 100 lat temu prasa pisała ... 81

Miesięcznik „Młody Technik” (12 numerów w roku) wydawany przez Wydawnictwo AVT

Adres wydawnictwa:
03–197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11,
tel. 22 257 84 99, faks: 22 257 84 00,
http://www.avt.pl, avt@avt.pl

Redaktor Naczelny:
Wiesław Marciniak
wiesław.marciniak@avt.pl

Sekretarz redakcji:
Dariusz Welik
dariusz.welik@avt.pl

Kontakt z redakcją:
mt@mt.com.pl
http://www.mlodytechnik.pl
http://facebook.com/magazynMlodyTechnik

Dział Reklamy:
reklama@mt.com.pl

DTP: MAD Sp. z o.o.

Prenumerata:
www.ulubionykiosk.pl
tel. 22 257 84 22 (godz. 10.00–14.00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treści reklam i ogłoszeń zamieszczonych w numerze.

Copyright © Wydawnictwo AVT-Korporacja sp. z o.o.

eprasa.pl fa714ca89f

Coś Cię poruszyło? Chcesz podzielić się z Redakcją i Czytelnikami MT swoją opinią, wiedzą, komentarzem? Wyślij e-mail na adres: **redakcja@mt.com.pl** lub list na adres: **ul. Leszczynowa 11, 03–197 Warszawa**.

Ponad pół wieku z „Młodym Technikiem”



Nazywam się **Krzysztof Polański**, rocznik 1950. Z wykształcenia jestem inżynierem elektrykiem. Mieszkam w Kielcach. Od wczesnej młodości miałem okazję rozwijać różnorodne hobby, które przynosiły mi radość i satysfakcję. Fotografia, modelarstwo, elektronika, chemia oraz opowiadania SF, pozwoliły mi na ciągłe uczenie się i rozwijanie umiejętności. Tak się dobrze złożyło, że cały ten obszar moich zainteresowań zawarty był (i jest) w miesięczniku „Młody Technik”. Pierwszy numer kupiłem w styczniu 1967 r. i od tego czasu jestem wiernym czytelnikiem tego czasopisma. Udało mi się na aukcjach dokupić wcześniejsze numery i moja kolekcja obejmuje wszystkie wydania MT od roku 1932 do dnia dzisiejszego. Równolegle zbierałem również numery „Biblioteki Młodego Technika”. Mam nadzieję, że pomimo różnych zawirowań w wydawaniu czasopisma, MT będzie nadal cieszył tak młodych jak i starszych czytelników. Moim osobistym pragnieniem byłoby, aby litery w wydawanych numerach były trochę większe, lub druk bardziej kontrastowy.



Polski prom Jantar UNITY

Z dużym zainteresowaniem przeczytałem artykuł z ostatniego wydania MT o nowych napędach i silnikach, a szczególnie o napędach okrętowych. Wymieniony w artykule napęd typu AZIPOD firmy ABB znalazł zastosowanie w najnowszym polskim promie Jantar UNITY, który został ochrzczony 17 stycznia 2026 r. w Szczecinie, a został zbudowany w Gdańskiej Stoczni Remontowej.

To naprawdę bardzo nowoczesna jednostka, napędzana gazem LNG, który tankowany jest w macierzystym porcie Świnoujście, blisko Gazoportu. Prom kursuje na linii Świnoujście-Trelleborg (Szwecja).

Gaz LNG wykorzystują 4 silniki dwupaliwowe Diesla, zintegrowane z prądnicami, ładującymi baterie akumulatorów. Prąd wytworzony w tym układzie napędza dwa pędniki typu AZIPOD. Pędniki te mogą obrać się o 360° a ich sprawność hydrodynamiczną poprawia ulokowanie śruby przed kapsułą z silnikiem, co zapewnia pracę w laminarnym strumieniu wody.



Jantar UNITY



Mostek

eprasa fa71


Furta rufowa


Koktail-bar


Kawiarnia


Mostek


Pokład III otwarty


Bawialnia

Prom robi wrażenie swoją wielkością: prawie 200 m długości, 4100 m długości linii ładunkowej dla ciągników siodłowych na trzech pokładach, miejsca w kabinach dla 400 pasażerów.

Górny pokład dla pojazdów jest częściowo odkryty – tutaj będą lokowane materiały niebezpieczne, w tym samochody elektryczne, co w połączeniu z urządzeniami przeciwpożarowymi pozwoli na maksymalne ograniczenie ewentualnego pożaru.

Górne pokłady są przeznaczone dla pasażerów i załogi. Mają nowoczesny i estetyczny wystrój wnętrza.

Wrażenie robi mostek kapitański o bardzo dużej przestrzeni, z panoramicznym przeszkleniem i oczywiście ze „szklanym kokpitem". Nie ma tu klasycznego koła sterowego tylko dżojstiki i ogromne ekrany komputerowe.


Bar


Kabina pasażerska

Jestem wdzięczny armatorowi za umożliwienie zwiedzenia nowiutkiego promu. Fakt że tak nowoczesna, na skalę światową, jednostka została zbudowana w Polsce to powód do dumy.

Przesyłam kilka zdjęć ze zwiedzania promu.

Pozdrawiam
Sławomir Kiersnowski
stały (stary) czytelnik MT
od 1968 roku (w domu komplet wszystkich numerów od tego roku!)

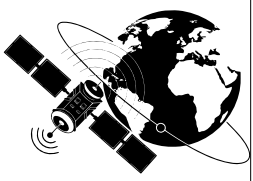

Mostek

eprasa.pl fa714ca89f

Kilka stron rubryki Info Zoom to zaledwie czubek góry lodowej. Świat stoi u progu gwałtownego przyspieszenia, a każda godzina przynosi mnóstwo fascynujących doniesień o nowościach. Żaden redaktor nie

TELEKOMUNIKACJA

Technologia Direct-to-Cell



Wyobraź sobie, że wspinasz się na szczyt w Tatrach Wysokich lub żeglujesz po środku oceanu i – mimo braku masztów operatora w promieniu stu kilometrów – Twój zwykły smartfon pokazuje pełny zasięg. To nie wizja z filmu science-fiction, lecz efekt ostatnich 60 dni intensywnych testów technologii Direct-to-Cell (D2C), która właśnie wchodzi w fazę komercyjnej dojrzałości.

Kluczem do przełomu, nad którym pracują giganci tacy jak SpaceX (Starlink) we współpracy z operatorami komórkowymi (m.in. T-Mobile), jest umieszczenie na orbicie satelitów wyposażonych w gigantyczne, rozkładane anteny. Pełnią one rolę „kosmicznych wież przekaźnikowych". Najważniejszym aspektem technologii D2C jest to, że nie wymaga ona żadnych modyfikacji sprzętowych w telefonie. Twój obecny smartfon, korzystający ze standardowych protokołów LTE/5G, łączy się bezpośrednio z satelitą tak, jakby był to zwykły nadajnik naziemny.

Głównym celem przyświecającym inżynierom nie jest zastąpienie szybkich światłowodów w miastach, lecz eliminacja tzw. „martwych stref". Ma to fundamentalne znaczenie dla:

- **Ratownictwa:** Możliwość wezwania pomocy (SOS) lub wysłania współrzędnych GPS z dowolnego punktu na planecie uratuje tysiące osób rocznie.
- **Logistyki i badań:** Śledzenie przesyłek czy czujników naukowych w najdzikszych zakątkach Ziemi stanie się tanie i powszechne.
- **Walki z wykluczeniem cyfrowym:** D2C daje szansę na kontakt ze światem mieszkańcom regionów, gdzie budowa tradycyjnej infrastruktury jest fizycznie niemożliwa lub ekonomicznie nieopłacalna.

Dla przyszłych inżynierów telekomunikacji Direct-to-Cell to fascynujące wyzwanie związane z fizyką fal radiowych, efektem Dopplera i zarządzaniem ogromnymi opóźnieniami sygnału na linii Ziemia–orbita. To dowód na to, że bariery geograficzne w komunikacji właśnie ostatecznie upadają. ■

ROBOTYKA

Robot robi salta i kopie lepiej niż Bruce Lee!

Świat robotyki humanoidalnej właśnie wszedł w fazę, którą jeszcze dekadę temu uznalibyśmy za scenariusz filmu science-fiction. Chiński gigant technologiczny, firma Unitree Robotics, zaprezentował swój najnowszy model – **Unitree G1**. To urządzenie nie tylko przesuwa granice tego, co potrafi maszyna o ludzkich kształtach, ale przede wszystkim drastycznie obniża próg wejścia dla laboratoriów badawczych i uczelni wyższych. G1 to „młodszy brat" potężnego modelu H1, zaprojektowany z myślą o masowej produkcji i codziennej użyteczności.

Gwiazda Gali Festiwalu Wiosny

Zanim Unitree G1 stał się tematem branżowych analiz, roboty tej marki skradły serca milionów widzów podczas **chińskiej Gali Festiwalu Wiosny** (CCTV Spring Festival Gala). To legendarne wydarzenie, oglądane przez rekordową publiczność, stało się areną pokazową dla chińskiej myśli technicznej. Robotyczne „psy" oraz wczesne prototypy humanoidów od Unitree wystąpiły w zsynchronizowanych układach tanecznych, demonstrując niesamowitą równowagę, płynność ruchów i zdolność do interakcji w dynamicznym środowisku. Ten medialny debiut udowodnił, że roboty humanoidalne wychodzą z zamkniętych stref testowych wprost do popkultury i świadomości społecznej.

Dane techniczne: Potęga w kompaktowej formie

Unitree G1 różni się od swoich poprzedników przede wszystkim rozmiarem i mobilnością. Inżynierowie postawili na konstrukcję, która jest nie tylko zwinna, ale i łatwa w transporcie.

- **Wysokość:** Robot mierzy około **127 cm** w pozycji wyprostowanej.

eprasa.pl fa714ca89f



Fot. Robot Technology Co., Ltd https://robottech-store.com/product-category/human/

- **Ciężar:** Dzięki zastosowaniu nowoczesnych stopów aluminium i tworzyw sztucznych, masa urządzenia wynosi zaledwie **35 kg**.
- **Możliwość składania:** To jedna z najbardziej unikatowych cech – G1 potrafi złożyć się do wymiarów **690×450×300 mm**, co pozwala na przenoszenie go w zwykłym plecaku lub bagażniku małego samochodu.
- **Stopnie swobody (DOF):** Wersja standardowa posiada od 23° do nawet 43° swobody (w zależności od konfiguracji dłoni), co pozwala na wykonywanie niezwykle precyzyjnych zadań.

Humanoidalne roboty na Gali Festiwalu Wiosny https://tiny.pl/gr9vp74fx

System operacyjny i możliwości AI

Mózgiem maszyny jest autorski system **Unitree Robot Unified Stack (UnROS)**, bazujący na architekturze Linux. G1 został wyposażony w zaawansowane sensory: system wizyjny 3D Intel RealSense D435i, LiDAR LIVOX MID-360, czujniki siły w stawach. Dodatkowe informacje: 8-rdzeniowy procesor, akumulator 9000 mAh (ok. 2 godz. pracy) oraz maksymalny moment obrotowy stawu do 120 N·m.

Dzięki integracji z modelami uczenia maszynowego (w tym LLM), robot nie tylko porusza się z prędkością do **2 m/s**, ale potrafi także uczyć się nowych czynności poprzez naśladownictwo. Podczas testów G1 wykazywał zdolność do otwierania butelek, korzystania z młotka, a nawet precyzyjnego lutowania kabli. Jego dłonie, wyposażone w opcjonalne czujniki dotyku, pozwalają na manipulację kruchymi przedmiotami, co otwiera drzwi do pracy w serwisach technicznych czy domowych kuchniach.

Cena, która zmienia zasady gry

Największym zaskoczeniem jest jednak aspekt ekonomiczny. Orientacyjna cena podstawowa Unitree G1 została ustalona na poziomie około **16 000 USD** (ok. 65 000 PLN). To kwota porównywalna z ceną nowego samochodu miejskiego, co w świecie robotyki humanoidalnej – gdzie ceny modeli konkurencji często przekraczają setki tysięcy dolarów – jest prawdziwą rewolucją.

Dla studentów kierunków technicznych i młodych inżynierów oznacza to jedno: dostęp do profesjonalnej platformy badawczej staje się realny. Unitree G1 to jasny sygnał, że era osobistych asystentów robotycznych właśnie się zaczyna. ■

Porównanie: Unitree G1 vs Tesla Optimus Gen 2

Parametr	Unitree G1	Tesla Optimus Gen 2
Wysokość	ok. 127 cm	ok. 173 cm
Masa	35 kg	ok. 57 kg
Prędkość chodu	do 2 m/s	ok. 0,6…0,8 m/s
Stopnie swobody	23…43 (zależnie od dłoni)	Ponad 40 (całe ciało)
Cechy szczególne	Możliwość złożenia do plecaka	Precyzyjne czujniki dotyku w palcach
System operacyjny	UnROS (Linux)	Autorskie oprogramowanie Tesli
Cena (orientacyjna)	ok. $16 000	docelowo: < $20 000–30 000

To porównanie dwóch najgorętszych projektów w świecie robotyki (stan na marzec 2026).

eprasa.pl fa714ca89f

KOSMOS

Misja DART i zagadka kosmicznych śnieżek

Kiedy w 2022 roku sonda DART uderzyła w Dimorphosa, świat świętował pierwszy udany test obrony planetarnej. Jednak najnowsze analizy danych, publikowane na przełomie lutego i marca 2026 roku, rzucają zupełnie nowe światło na to, jak zbudowane są „kosmiczne skały". Naukowcy ogłosili odkrycie zjawiska, które roboczo nazwano „kosmicznymi śnieżkami".

Okazuje się, że asteroida Dimorphos nie jest litą skałą, lecz luźnymi stosami gruzu (*rubble-pile asteroids*), które zachowują się w sposób skrajnie nieprzewidywalny. Najnowsze zdjęcia o wysokiej rozdzielczości ujawniły, że uderzenie kinetyczne nie tylko wybiło krater, ale wprawiło w ruch setki odłamków o rozmiarach od kilku centymetrów do kilku metrów. Te „śnieżki" – porowate, lekkie i słabo powiązane grawitacyjnie – migrują między składnikami układów podwójnych asteroid, wymieniając materię w procesie, którego wcześniej nie rozumieliśmy.

Wnioski z misji DART są jednoznaczne:

- **Efekt odrzutu:** Wybicie „śnieżek" z powierzchni asteroidy działa jak dodatkowy silnik odrzutowy, potęgując zmianę orbity obiektu bardziej, niż wynikałoby to z samej masy sondy.
- **Struktura ma znaczenie:** Musimy projektować różne scenariusze uderzeń dla obiektów litych i „gruzowisk", aby uniknąć przypadkowego rozbicia asteroidy na tysiące groźnych odłamków zamiast jej przesunięcia.

Zjawisko kosmicznych śnieżek dowodzi, że dynamika układów asteroid jest znacznie bardziej płynna, niż zakładano. Dla przyszłych inżynierów kosmicznych to jasny sygnał: budowa skutecznej tarczy dla Ziemi wymaga jeszcze głębszego zrozumienia mechaniki granularnej w mikrograwitacji. ■

PROGRAMOWANIE

AI napisało kompilator C i uruchomiło Dooma – koniec ery koderów?

Laboratoria Anthropic ponownie przesunęły granicę tego, co uznawaliśmy za możliwe w wykonaniu modeli językowych. W ramach testów najnowszych zdolności „Computer Use" (używania komputera), model Claude 3.5 Sonnet dokonał niezwykłego wyczynu: od zera napisał działający kompilator języka C, a następnie wykorzystał go do skompilowania i uruchomienia legendarnej gry Doom. Choć odpalanie Dooma na nietypowych urządzeniach to w świecie IT tradycja, tym razem mamy do czynienia z przełomem w logicznym rozumowaniu maszyn.

Inżynierom z Anthropic nie chodziło o rozrywkę. Celem było udowodnienie, że AI potrafi realizować złożone, wieloetapowe zadania, które wymagają nie tylko znajomości składni, ale przede wszystkim planowania i rozumienia niskopoziomowych struktur systemowych. Napisanie kompilatora to jeden z najtrudniejszych testów dla studenta informatyki – wymaga wiedzy o architekturze procesora, zarządzaniu pamięcią i translacji logiki wysokopoziomowej na kod maszynowy. Claude udowodnił, że potrafi zarządzać całym tym procesem bez ingerencji człowieka, poprawiając własne błędy w czasie rzeczywistym.

Co ten sukces oznacza dla Was – uczniów i studentów kierunków technicznych? Przede wszystkim sygnał, że rola programisty przechodzi radykalną ewolucję. Wiedza o tym, jak działa kompilator czy wskaźniki w C, nadal będzie kluczowa, ale zamiast być narzędziem w Waszych rękach, stanie się fundamentem Waszej zdolności nadzorczej. Zamiast bać się automatyzacji, warto uczyć się, jak kierować tymi nowymi, cyfrowymi współpracownikami. ■

eprasa.pl fa714ca89f



TELEKOMUNIKACJA

Rewolucja terahercowa, która zmieni wszystko – sieć 6G

Tegoroczne targi Mobile World Congress (MWC) w Barcelonie (marzec 2026 r.) przejdą do historii jako moment, w którym wizja sieci szóstej generacji (6G) przestała być teoretycznym konceptem, a stała się namacalną technologią. Liderzy sektora, tacy jak Huawei, Qualcomm i Nokia, zaprezentowali pierwsze działające prototypy infrastruktury operującej w pasmach terahercowych (THz), co zwiastuje nadejście ery „internetu zmysłów".

Technologiczny skok w nieznane

Standard 6G obiecuje prędkości przesyłu danych dochodzące do 1 TB/s – to niemal stukrotny wzrost względem 5G. Kluczem do sukcesu okazało się wykorzystanie pasma U6 GHz oraz technologii Massive MIMO nowej generacji. W Barcelonie zademonstrowano m.in. holograficzną komunikację w czasie rzeczywistym oraz systemy „Physical AI", gdzie roboty i drony komunikują się z otoczeniem z opóźnieniem mniejszym niż mikrosekunda.

Jasna strona: 6G w służbie ludzkości

Pozytywne aspekty wdrożenia 6G wykraczają daleko poza szybsze pobieranie filmów. Technologia ta ma stać się fundamentem dla:

- **Telemedycyny 2.0:** Dzięki skrajnie niskim opóźnieniom możliwe będą zdalne operacje chirurgiczne wykonywane przez roboty z haptycznym sprzężeniem zwrotnym (lekarz „czuje" opór tkanki na odległość).
- **Integracji zmysłów:** 6G umożliwi przesyłanie nie tylko obrazu i dźwięku, ale także zapachów i tekstur, co zrewolucjonizuje edukację i pracę zdalną.
- **Precyzyjnej lokalizacji:** Sieć będzie działać jak gigantyczny radar, pozwalając na nawigację wewnątrz budynków z dokładnością do centymetrów, co ułatwi życie osobom niedowidzącym.

Ciemna strona: wyzwania i obawy

Postęp niesie jednak ryzyka, na które zwracają uwagę eksperci ds. bezpieczeństwa i socjolodzy:

- **Koniec prywatności:** Skrajna precyzja lokalizacji i gęstość nadajników oznaczają, że ruch każdego człowieka może być monitorowany z niespotykaną dotąd dokładnością.
- **Wykluczenie cyfrowe:** Koszt budowy infrastruktury THz jest ogromny, co grozi pogłębieniem przepaści między metropoliami a regionami uboższymi.
- **Wpływ na środowisko:** Miliardy nowych czujników i urządzeń IoT (Internet of Things) generują wyzwania w zakresie utylizacji e-odpadów i ogromnego zapotrzebowania na energię elektryczną.

Choć komercyjne wdrożenie 6G planowane jest na rok 2030, barcelońskie pokazy dowodzą, że fundamenty pod tę cyfrową tkankę świata są już gotowe. Pytanie, czy jako społeczeństwo jesteśmy gotowi na tak głęboką symbiozę z technologią, pozostaje otwarte. ■

eprasa.pl fa714ca89f

Dodaj do obserwowanych

FIZYKA/FUZJA

☢️ Chińskie „sztuczne słońce” (tokamak EAST) pobiło rekord – naukowcy przełamali barierę gęstości plazmy fuzyjnej, dotąd uważaną za nieprzekraczalną. Eksperyment potwierdził, że plazma może pozostać stabilna nawet przy ekstremalnych gęstościach, jeśli precyzyjnie kontroluje się jej kontakt ze ścianami reaktora. To krok ku praktycznej energii termojądrowej.

⚛️ Fizycy z Heidelbergu rozwiązali kwantową zagadkę, nad którą uczeni łamali sobie głowy od dekad – odkryli oscylacje kwantowe wewnątrz materiału izolującego, co podważa fundamentalne założenia fizyki ciała stałego. Efekt pochodzi z wnętrza materiału, nie z jego powierzchni.

EKSPLORACJA KOSMOSU

🚀 FAA zatwierdziła nowe trasy lotów SpaceX Starship nad terytorium USA – to pozwoli największej rakiecie w historii wreszcie osiągnąć orbitę. Lot nr 12 planowany na początek marca 2026. Starship ma 8800 potencjalnych „kolizji” z ruchem lotniczym rocznie – stąd lata negocjacji z FAA.

🛰️ Hiszpański satelita wojskowy Spainsat NG II, wystrzelony w październiku 2025, został trafiony przez „cząsteczkę kosmiczną” w drodze na orbitę geostacjonarną i doznał nieodwracalnych uszkodzeń. Kosmiczny śmieć o rozmiarze ziarnka piasku potrafi zniszczyć satelitę wartego setki milionów euro.

🔭 Teleskop Jamesa Webba wykrył najdalszą supernową w historii – eksplozję gwiazdy, gdy Wszechświat miał mniej niż miliard lat. Światło podróżowało do nas ponad 13 miliardów lat.

SZTUCZNA INTELIGENCJA

🤖 Matematyk Ernest Ryu z UCLA odkrył nowy dowód matematyczny z pomocą ChatGPT na GPT-5 Pro. Dowód dotyczy optymalizacji – gałęzi matematyki kluczowej dla uczenia maszynowego. Pierwszy poważny dowód współtworzony przez AI i człowieka.

⚙️ Chip neuronowy mniejszy od ziarnka soli, montowany na końcówce światłowodu, dekoduje obrazy z prędkością światła przy minimalnym zużyciu energii. Przełom dla diagnostyki medycznej – stworzony na Uniwersytecie w Wuhan (opublikowano 7 lutego).

ROBOTYKA

🥋 Chińskie roboty humanoidalne Unitree G1 wystąpiły na Gali Noworocznej CCTV 2026 – wykonały salto z trampoliny, walkę kung-fu z nunchaku i wspinaczkę po ścianach. Na scenie: cztery startupy – Unitree, Galbot, Noetix i MagicLab. Unitree planuje wyprodukować 20 000 robotów humanoidalnych w 2026. Chiny mają już ponad połowę wszystkich robotów przemysłowych na świecie.

BIOTECHNOLOGIE/MEDYCYNA

💉 Nowy sensor łączący nanotechnologię DNA, CRISPR i kropki kwantowe wykrywa ultraniskie stężenia biomarkerów raka we krwi – wcześniej niż jakiekolwiek badanie obrazowe. Wykorzystuje generowanie drugiej harmonicznej (SHG) do odczytu sygnału z zaledwie kilku molekuł. Opublikowano 16 lutego 2026 (Optica).

🥋 CRISPR bez cięcia DNA – naukowcy pokazali, że można reaktywować wyciszone geny usuwając metylowe „kotwice” bez rozcinania helisy. A osobny zespół stworzył narzędzie CRISPR, które rozprzestrzenia się między bakteriami i kasuje geny oporności na antybiotyki – potencjalna odpowiedź na kryzys antybiotykooporności.

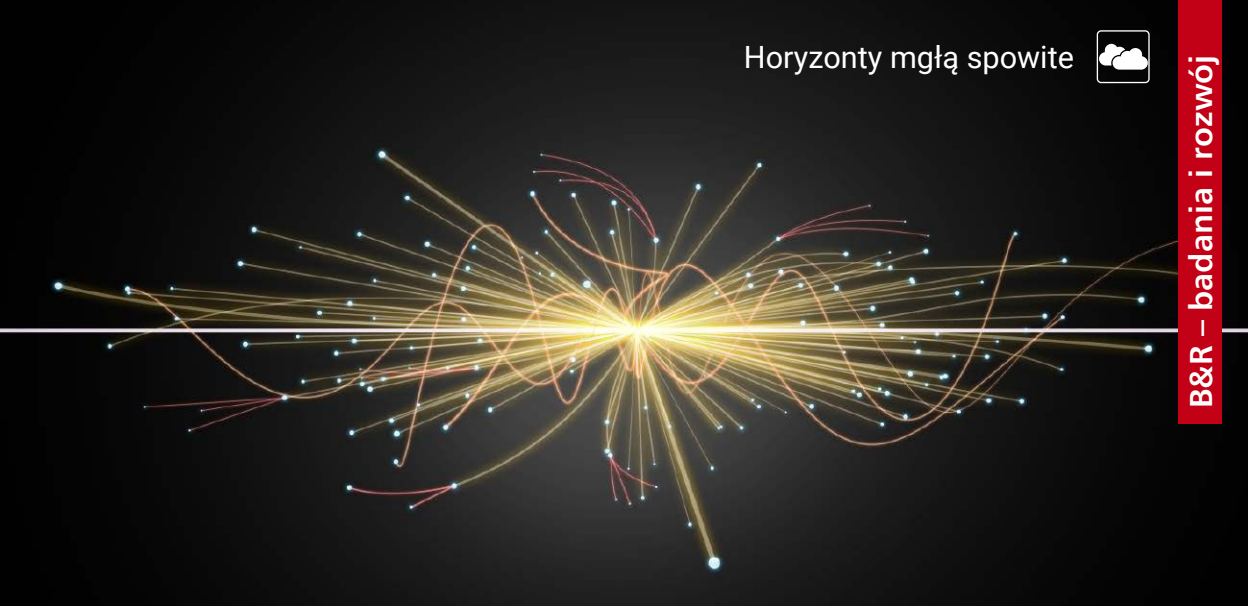
🔬 UCLA: CRISPR usunął gen FLI1, który hamował komórki NK (natural killer), pozwalając im skutecznie atakować guzy lite. Przełom w immunoterapii nowotworów – badania na myszach, luty 2026.

KOMPUTERY KWANTOWE

🖥️ Google Willow osiągnął pierwszy „weryfikowalny quantum advantage” – rozwiązał realne problemy naukowe 13 000× szybciej niż superkomputery. IBM wypuścił pierwszy procesor kwantowy z ponad 1000 kubitami. Rok 2026 ma przynieść przejście z fazy eksperymentalnej do praktycznych zastosowań.

Źródła: ScienceDaily, Nature, Reuters, CNN, SCMP, Space.com, Optica, MIT Technology Review, Science News, 2026 r.

eprasa.pl fa714ca89f



Obiecana energia gwiazd

Fuzja termojądrowa – wieczna nadzieja, wieczne rozczarowanie?

Grudzień 2022. Laboratoria National Ignition Facility w Livermore ogłaszają historyczny przełom: po raz pierwszy w dziejach nauki reakcja termojądrowa wygenerowała więcej energii, niż włożono w jej inicjację. Media szalały. Fizycy płakali ze wzruszenia. Politycy prześcigali się w komentarzach o świcie nowej ery. I słusznie – bo to był autentyczny, epokowy wynik naukowy. Ale czy rzeczywiście oznaczał, że za dziesięć lat będziemy ogrzewać domy energią gwiazd? Odpowiedź jest znacznie bardziej skomplikowana. I o wiele mniej ekscytująca.

Fuzja termojądrowa to reakcja, w której dwa lekkie jądra atomowe łączą się w jedno cięższe, uwalniając przy tym ogromne ilości energii. To właśnie ona napędza Słońce i wszystkie inne gwiazdy. W odróżnieniu od rozszczepienia jąder – reakcji, na której opierają się dzisiejsze elektrownie atomowe – fuzja nie produkuje długożyciowych odpadów radioaktywnych i jest z zasady bezpieczna: żadne niekontrolowane przyspieszenie reakcji ani eksplozja jak w Czarnobylu nie wchodzą w grę. Paliwo – izotopy wodoru: deuter i tryt – jest praktycznie niewyczerpalne. Deuter można pozyskiwać z wody morskiej, tryt można produkować w samym reaktorze z litu. Brzmi jak idealne rozwiązanie energetycznych problemów ludzkości. I właśnie dlatego od siedemdziesięciu lat fizycy na całym świecie starają się ją ujarzmiać.

Siedemdziesiąt lat za pięć minut

Żart znany w środowisku fizyków plazmy ma już dekady: Energetyczna fuzja termojądrowa jest oddalona od nas o trzydzieści lat. I tak było zawsze. Żart jest okrutny, ale uczciwy. Przyjrzyjmy się historii.

Rok 1951. Argentyński dyktator Juan Perón ogłasza światu triumf: naukowiec Ronald

eprasa.pl fa714ca89f

Richter przeprowadził w laboratorium na wyspie Huemul pierwszą kontrolowaną reakcję termojądrową. Argentyna – twierdzili oficjele – osiągnęła to, czego inni szukają od lat. Świat wstrzymał oddech. Przez kilka tygodni był to jeden z najgłośniejszych newsów na pierwszych stronach gazet. Rok później niezależna komisja naukowa zbadała pracownię Richtera. Wyniki: żadnej fuzji. Pomiary były błędne, a cały projekt – naukową fikcją. Perón wyrzucił Richtera z kraju, ale mit łatwej fuzji pozostał.

Energia fuzji jest oddalona od nas o trzydzieści lat. I tak było zawsze. – żart ze środowiska fizyków plazmy, mający już kilka dekad

Lata 50. i 60. to gorączka zbrojeń nuklearnych i towarzysząca jej gorączka fuzji pokojowej. W USA, ZSRR i Wielkiej Brytanii powstają dziesiątki urządzeń: tokamaki, stellaratory, pinche magnetyczne. Każde nowe urządzenie przynosi pewne postępy, ale też nowe problemy. Okazuje się,

Polska w klubie fuzji termojądrowej

W epoce, gdy badania fuzyjne były domeną wyłącznie wielkich mocarstw, jeden polski generał-naukowiec postanowił wprowadzić Polskę do tego ekskluzywnego klubu – i mu się to udało.

Sylwester Kaliski (1925–1978) był absolwentem inżynierii lądowo-wodnej Politechniki Gdańskiej, który szybko przekroczył granice własnej specjalizacji i stał się wybitnym fizykiem teoretycznym. Po objęciu w 1967 roku stanowiska komendanta-rektora Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie postawił sobie cel ambitny do granic absurdu: dołączyć PRL do grona pięciu państw prowadzących badania nad kontrolowaną fuzją termojądrową. W gomulkowskim, a później gierkowskim PRL-u wyglądało to jak fantazja.

Problem był prozaiczny: duże instalacje laserowe, które umożliwiały badania fuzyjne, były absurdalnie drogie i poza zasięgiem PRL. Kaliski wynalazł więc tanie obejście. Jego koncepcja układu „Focus-Laser" polegała na wstępnym nagrzaniu gazu plazmowego silnymi wyładowaniami elektrycznymi (w urządzeniu typu focus) – i dopiero wtedy ostrzeliwaniu go wiązką laserową. Dzięki temu laser mógł być znacznie słabszy i tańszy, a efekt wciąż możliwy do osiągnięcia. Była to oryginalna polska koncepcja, niekopiowana od nikogo.



Gen. dyw. prof. Sylwester Kaliski i Eksperyment Focus 1973 (fot. Wojskowa Agencja Fotograficzna – „Wojsko Ludowe", grudzień 1973, domena publiczna)

W 1968 roku Kaliski powołał Zespół Laserów Dużej Mocy i Energii. Przez kolejne pięć lat zespoły pod kierunkiem Kaliskiego i prof. Zbigniewa Puzewicza pracowały na stworzonym własnoręcznie sprzęcie. W kwietniu 1973 roku eksperyment Focus – plazma zaowocował rejestracją neutronów z reakcji syntezy termojądrowej. Polska stała się szóstym państwem na świecie, które dokonało kontrolowanej mikrosyntezy – zaledwie sześć lat po rozpoczęciu badań, przy wielokrotnie niższych nakładach niż mocarstwa.

Sukces Kaliskiego zaowocował powołaniem Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, który działa do dziś – jako Instytut im. Sylwestra Kaliskiego – i jest rozpoznawanym partnerem naukowym w europejskich programach fuzyjnych. Sam Kaliski zginął tragicznie w wypadku samochodowym w sierpniu 1978 roku, nie odzyskawszy przytomności. Miał 53 lata. Okoliczności wypadku nigdy nie zostały w pełni wyjaśnione.

Od autora: Pracowałem w tamtych latach (sześćdziesiąte – siedemdziesiąte) w Wojskowej Akademii Technicznej. Zajmowałem się m.in. elektromedycyną i współpracowałem z zespołem konstruującym unikalne komputery analogowe, które służyły do rozwiązywania nieliniowych równań z pochodnymi cząstkowymi, modelujących focus – plazmę w pracach Generała Sylwestra Kaliskiego. Generał Kaliski był najbardziej ambitnym naukowcem, jakiego spotkałem w życiu. Tytan pracy – nie wychodził z pracy przed pierwszą w nocy. Nadawał ton, tworzył atmosferę, w której czuło się, że możemy dokonać rzeczy wielkich, że wszystko można osiągnąć. I osiągano. Nie tylko w zespole Profesora Kaliskiego. W wielu zespołach WAT osiągano wyniki wybitne. Wspomnę choćby technikę laserową, czy prace mojego przyjaciela Józka Piotrowskiego (wtedy jeszcze nie Profesora) nad technologią półprzewodników wąskoprzerwowych, z których zrodziła się znana na świecie firma VIGO. Był to złoty wiek w historii WAT.

Prof. Wiesław Marciniak

eprasa.pl fa714ca89f

że utrzymanie gorącej plazmy – materii w temperaturze dziesiątek milionów stopni – w stabilnym stanie jest zadaniem piekielnie trudnym. Plazma zachowuje się jak żywa: wije się, ucieka z pola magnetycznego, generuje niestabilności. Im bardziej naukowcy starają się ją ujarzmiać, tym więcej nowych zjawisk wychodzi na jaw.

Rok 1989. Doniesienie Stanley'a Ponsa i Martina Fleischmanna wstrząsa światem. Na konferencji prasowej – z pominięciem recenzji naukowej – ogłaszają, że przeprowadzili fuzję w temperaturze pokojowej, zanurzając platynowe elektrody w ciężkiej wodzie. Zimna fuzja – news wszech czasów. Przez kilka tygodni były to okładki wszystkich poważnych czasopism. Rządy przeznaczały fundusze na badania. Firmy energetyczne zacierały ręce. Potem przyszły próby replikacji. Dziesiątki laboratoriów na świecie usiłowało powtórzyć eksperyment. Nikt nie uzyskał tych samych wyników. Zimna fuzja okazała się połączeniem błędu pomiarowego i – być może – życzeniowego myślenia. Pons i Fleischmann do końca życia bronili swoich tez, ale nauka ich odrzuciła.

Lata 90. i 2000. to powolny, żmudny postęp wielkich projektów tokamakowych. JET (Joint European Torus) w Culham w Anglii bije kolejne rekordy mocy fuzyjnej – ale wciąż daleko mu do progu rentowności energetycznej. W 1997 roku uzyskuje 16 megawatów mocy fuzyjnej przez ułamek sekundy, przy wkładzie 24 megawatów energii z zewnątrz. Współczynnik Q – stosunek energii uzyskanej do włożonej – wynosi 0,67. Lepiej niż kiedykolwiek, ale wciąż poniżej jedności. Tymczasem trwa budowa ITER – International Thermonuclear Experimental Reactor – gigantycznego tokamaka we Francji, który ma wreszcie przekroczyć Q = 10. Budowę planowano ukończyć w 2020 roku, za 5 miliardów euro.

ITER: gdy projekt rośnie szybciej niż nadzieje

ITER to projekt w skali bezprecedensowej. Trzydzieści pięć krajów – w tym Unia Europejska, USA, Rosja, Chiny, Japonia, Korea i Indie – współfinansuje budowę tokamaka we francuskim Cadarache. Pierwotnie szacowany koszt: 5 miliardów euro. Planowane zakończenie budowy: 2020 rok. Pierwsze eksperymenty z plazmą: 2027. Komercyjny następca ITER, o nazwie DEMO: przed 2050 rokiem.



ITER – widok z lotu ptaka z 2018 roku (fot. Oak Ridge National Laboratory – ITER Site, CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=74249965)

To były plany z początku lat 2000. Rzeczywistość okazała się brutalna. W 2016 roku koszt wzrósł do 20 miliardów euro. W 2020 – do ponad 22 miliardów. Według najnowszych szacunków całkowity koszt projektu może sięgnąć 45–65 miliardów euro. Termin pierwszej plazmy przesunięto z 2020 na 2025, potem na 2027, a następnie – zgodnie z przeglądem z 2024 roku – na 2039. Termin pierwszych eksperymentów z deuterem i trytem: lata 40. obecnego stulecia. Komercyjny następca? Przed 2080 rokiem, jeśli wszystko pójdzie dobrze.

Każde opóźnienie ma swoje przyczyny: skomplikowana logistyka, problemy z komponentami produkowanymi przez różne kraje według różnych standardów, pandemia, geopolityka. Ale krytycy wskazują też na fundamentalne problemy zarządzania projektem – brak centralnego autorytetu, decyzje podejmowane przez komitet trzydziestu pięciu partnerów, niemożność szybkiego reagowania na problemy techniczne. ITER stał się symbolem zarówno

ITER: planowany koszt 5 mld euro, obecny szacunek – do 65 mld euro. Planowane zakończenie budowy: 2020. Rzeczywisty termin pierwszej plazmy: 2039

eprasa.pl fa714ca89f

Fuzja termojądrowa

70 lat do sukcesu?
Obietnice vs. rzeczywistość

1

1951
Argentyńska iluzja

Perón ogłosił sukces fuzji Richtera
Niezależna komisja: błędne pomiary, naukowa fikcja. Projekt zamknięty



2

1973
Polski ślad – Focus-Laser

Gen. Kaliski: układ Focus-Laser
Rejestracja neutronów z syntezy
Ułamek kosztów projektów mocarstw



3

1989
Mit zimnej fuzji

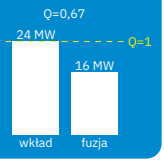
Pons & Fleischmann: fuzja w 20°C
Ogłoszenie bez recenzji naukowej
Eksperymentu nie udało się powtórzyć



4

1997
Tokamak JET – rekord mocy

16 MW z fuzji przy 24 MW wkładu
Współczynnik Q=0,67
Poniżej progu rentowności [Q=1]



5

2022
NIF – przełom z gwiazdką

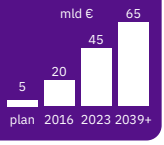
3,15 MJ z paliwa vs. 2,05 MJ wkładu
Ale lasery pochłonęły 300 MJ prądu
Inżynieryjne Q≈0,01



6

2039+
Moloch ITER

Budżet: 5...65 mld € (+1200%)
Termin: 2020...2039 (+19 lat)
Największy projekt fuzyjny świata



• fałsz • sukces • błąd • rekord • przełom? • przyszłość

źródła: NIF, ITER Organization, JET/EUROfusion, historia nauki

możliwości, jak i ograniczeń wielkiej nauki finansowanej przez państwa.

Grudzień 2022: przełom, który nie jest przełomem

Wróćmy do Livermore. National Ignition Facility to nie tokamak, lecz zupełnie inne podejście do fuzji – inercyjne zamknięcie plazmy. Zamiast pola magnetycznego 192 potężne lasery jednocześnie uderzają w malutką kulkę paliwa o średnicy kilku milimetrów. Energia lasera ściska i nagrzewa kulkę tak błyskawicznie, że zanim paliwo zdąży się rozlecieć, zachodzi reakcja termojądrowa.

5 grudnia 2022 roku lasery NIF dostarczyły 2,05 mega dżula energii do celu. Reakcja fuzji wygenerowała 3,15 mega dżula. Po raz pierwszy w historii Q > 1 dla samego paliwa. Sukces naukowy? Absolutnie, i to ogromny. Ale diabeł tkwi w szczegółach.

Do zasilenia laserów NIF potrzeba 300 megadżuli energii elektrycznej. Lasery zamieniają ją na 2,05 megadżula promieniowania – z wydajnością poniżej 1%. Uzysk fuzji: 3,15 megadżula. Na jeden dżul energii elektrycznej włożonej w cały system uzyskano około jednej setnej dżula z fuzji. Rzeczywisty współczynnik Q całego układu wyniósł około 0,01. Media pisały o przełomie, bo zmierzone Q > 1 jest prawdziwe w węższym sensie – ale inżynierska rzeczywistość jest zasadniczo inna.

Naukowcy z NIF doskonale o tym wiedzą i sami podkreślają, że ich instalacja jest urządzeniem badawczym, a nie prototypem elektrowni. Problem w tym, że komunikacja do mediów i polityków zamieniła wynik naukowy w mit technologiczny. Podobnie jak w 1989 roku z zimną fuzją – tylko w bardziej subtelny sposób.

Prywatna rewolucja: startupy, miliardy i obietnice

Podczas gdy ITER grzęźnie w biurokratycznym błocie, a NIF zbiera nagrody naukowe nieprzekładające się na kilowatogodziny, w dobrze wyposażonych laboratoriach pojawiła się nowa fala: prywatne firmy fuzyjne. Łącznie zebrały już ponad 7 miliardów dolarów prywatnych inwestycji.

Commonwealth Fusion Systems z Massachusetts, spin-off MIT, pracuje nad kompaktowym tokamakiem SPARC. Ich sekretna broń: nadprzewodzące magnesy HTS (high-temperature superconducting), które pozwalają na uzyskanie pola

eprasa.pl fa714ca89f

magnetycznego 20 tesli – trzy razy silniejszego niż w ITER – w urządzeniu o ułamku jego rozmiarów. W 2021 roku zademonstrowały magnes rekordowej siły. Obiecują pierwszą plazmę SPARC w 2025 roku i komercyjną elektrownię przed 2035. Inwestorzy – wśród nich Bill Gates i Google – wyłożyli ponad 2 miliardy dolarów.

Start-upy fuzyjne zebrały łącznie ponad 7 miliardów dolarów. Żadna z tych firm nie wyprodukowała dotychczas ani jednej komercyjnej kilowatogodziny

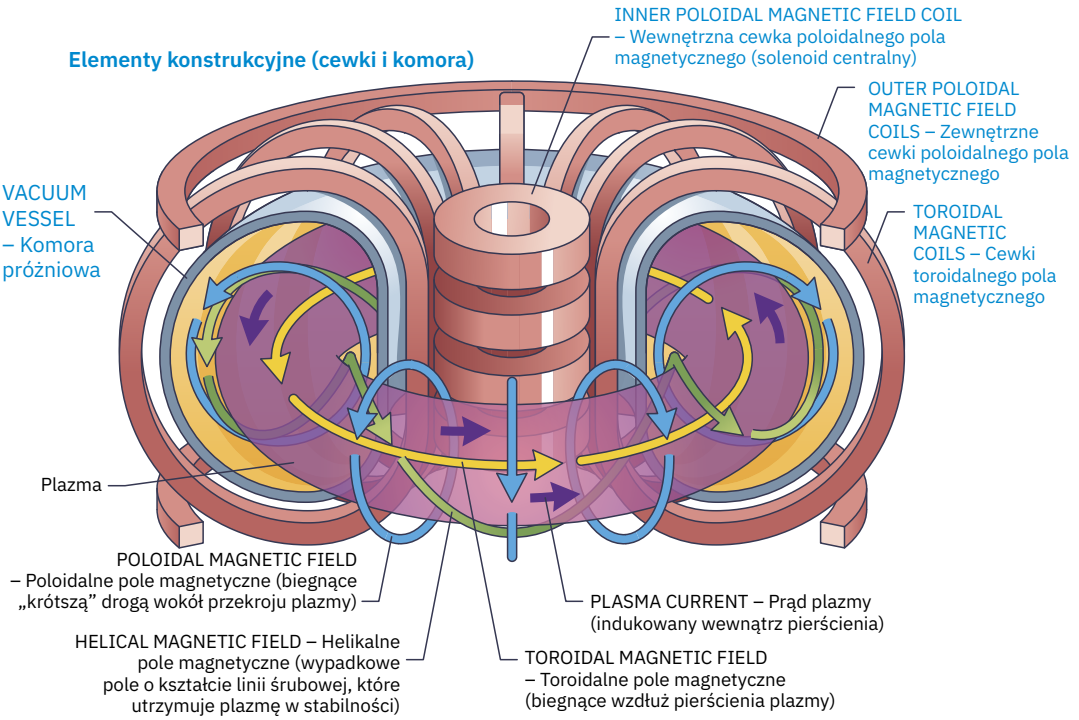
Helion Energy z Redmond, wspierane przez Sama Altmana kwotą 375 milionów dolarów, postawiło na zupełnie inną architekturę: fuzję pulsacyjną z bezpośrednią konwersją energii na elektryczność, z pominięciem turbiny parowej. W 2023 roku podpisało z Microsoftem kontrakt sprzedaży energii – pierwszy taki kontrakt w historii fuzji – z deklarowaną datą dostawy w 2028 roku. Termin ten zbliża się nieubłaganie, ale elektrownia fuzyjna Helion nie istnieje nawet w formie prototypu. Firma utrzymuje, że prace idą zgodnie z planem.

TAE Technologies, Renaissance Fusion, Zap Energy, General Fusion – lista jest długa. Każda z firm twierdzi, że ma unikatową technologię rozwiązującą problemy, na których poległy poprzednie projekty. Branżowi analitycy wskazują jednak na niepokojący wzorzec: granty i pierwsze rundy finansowania łatwo pozyskać, pokazując pomysłowe wynalazki i entuzjastyczne prezentacje. Trudniejsze pytania – o skalowalną technologię, o koszty kilowatogodziny, o materiały wytrzymujące neutronowe bombardowanie – często pozostają bez odpowiedzi.

Dlaczego fuzja jest trudna – naprawdę

Aby zrozumieć, dlaczego fuzja wciąż pozostaje za horyzontem, warto cofnąć się do fizyki. Żeby dwa jądra wodoru połączyły się, muszą się do siebie zbliżyć na odległość rzędu femtometra – 10^{-15} metra. Problem w tym, że obydwa jądra są naładowane dodatnio i odpychają się elektrostatycznie

Reaktor termojądrowy



eprasa.pl fa714ca89f

Dlaczego „energia gwiazd” jest tak trudna?

Fizyczne bariery i wyzwania technologiczne fuzji termojądrowej

Piekielne warunki – punkt wyjścia

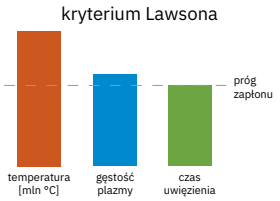
Aby jądra wodoru pokonały barierę Coulomba, potrzeba 100...200 mln °C
W tej temperaturze materia staje się plazmą – żaden materiał jej nie wytrzyma



WYZWANIE 1

Poskromienie plazmy

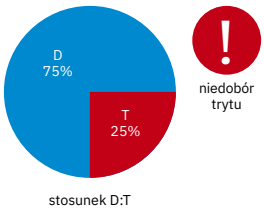
Plazma zachowuje się „jak żywa” – wije się i ucieka z pola magnetycznego
Kryterium Lawsona: temperatura × gęstość × czas
muszą jednocześnie przekroczyć próg zapłonu
Każda niestabilność MHD gasi reakcję w ułamku sekundy



WYZWANIE 2

Gdzie jest paliwo?

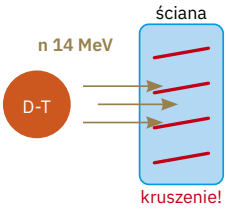
Paliwo: deuter + tryt (D-T)
Deuter: łatwy – z wody morskiej
Tryt: krytyczny niedobór. Na świecie zaledwie kilkadziesiąt kilogramów
Żaden reaktor fuzyjny nie potrafi jeszcze wyprodukować trytu z litu
na własne potrzeby (blanket trytowy)



WYZWANIE 3

Niszczycielskie neutrony

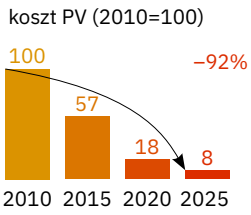
Fuzja D-T wyrzuca neutrony o energii 14 MeV, które bombardują ściany
Skutki: kruszenie materiału, silna radioaktywność, konieczna wymiana
Materiał odporny na te warunki praktycznie jeszcze nie istnieje
To jeden z największych nierozwiązanych problemów inżynieryjnych



WYZWANIE 4

Wyścig rynkowy

Start-upy zebrały ponad 7 mld USD (CFS, Helion Energy i inne)
Obietnice: nowe magnesy HTS, szybka komercjalizacja
Rzeczywistość: zero komercyjnych kWh energii z fuzji
Tymczasem koszty fotowoltaiki i baterii spadły o ponad 90%



źródła: ITER Organization, EUROfusion, NIF, Commonwealth Fusion Systems, Helion Energy, BloombergNEF

eprasa.pl fa714ca89f

z ogromną siłą – jest to tzw. bariera Coulomba. żeby ją pokonać, jądra muszą się poruszać z kolosalną prędkością, co odpowiada temperaturze 100–200 milionów stopni Celsjusza – dziesięciokrotnie więcej niż w centrum Słońca (Słońce ma łatwiej, używając grawitacji i ogromnej gęstości).

Koszty fotowoltaiki spadły o ponad 90% w ciągu dekady. Nawet gdyby fuzja była gotowa za dwadzieścia lat, wchodziłaby na zupełnie inny rynek energetyczny

W tej temperaturze materia nie istnieje jako gaz – to plazma, czwarty stan skupienia. Elektrony są oderwane od jąder. I tej plazmy nie można dotknąć żadnym materiałem – dosłownie żadnym. Dlatego w tokamaku jest ona utrzymywana przez pole magnetyczne, a w NIF – zamknięta przez własną bezwładność na ułamek nanosekund. Utrzymanie plazmy w stabilnym stanie przez wystarczająco długi czas, przy wystarczającej gęstości i wystarczającej temperaturze jednocześnie – to tzw. kryterium Lawsona – jest wyzwaniem, któremu fizycy poświęcili całe zawodowe życia.

Do tego dochodzą problemy materiałowe. Fuzja D-T produkuje neutrony o energii 14 MeV – cząstki przenikliwe, które bombardują ściany reaktora, powodując transmutację pierwiastków i kruchość materiałów. Po kilku latach pracy ściany reaktora stają się radioaktywne i muszą być wymieniane – operacja niesłychanie skomplikowana w środowisku o wysokiej radioaktywności. żaden materiał spełniający wszystkie wymagania – odporność termiczna, neutronowa, mechaniczna – nie istnieje w formie gotowej do zastosowania.

Jest też problem trytu. Tryt – izotop wodoru z dwoma neutronami – nie występuje w naturze w istotnych ilościach. Reaktory fuzyjne miałyby go produkować z litu, napromieniowanego neutronami z reakcji fuzji. Brzmi elegancko, ale żaden działający reaktor nie wyhodował jeszcze trytu w ilościach zbliżonych do własnego zużycia. Na świecie istnieje tylko kilkadziesiąt kilogramów trytu – produkowanego jako uboczny produkt reaktorów ciężkowodnych CANDU w Kanadzie. Przy budowie wielu reaktorów fuzyjnych problem zaopatrzenia w tryt stałby się poważną barierą.

Czy jest nadzieja? I jaka?

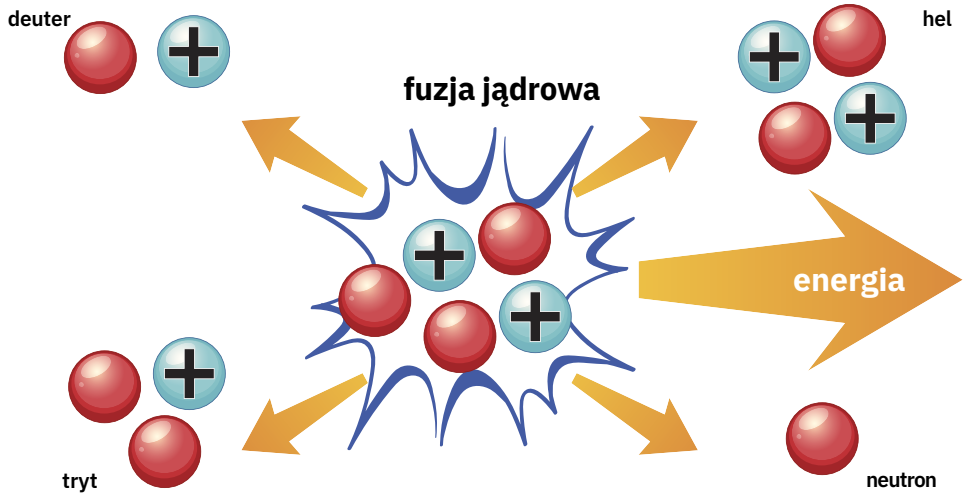
Nie chodzi o to, żeby powiedzieć, że fuzja jest niemożliwa. Jest możliwa – Słońce to udowadnia co sekundę. Chodzi o to, żeby być szczerym wobec skali wyzwań. Naukowcy zajmujący się fuzją zawodowo są zazwyczaj znacznie ostrożniejsi w swoich prognozach niż startupowe pitch-decki (prezentacje inwestorskie) i nagłówki prasowe.

Postęp jest realny. Magnesy HTS rzeczywiście otwierają nowe możliwości dla kompaktowych tokamaków. Metody uczenia maszynowego pozwalają na predykcję i kontrolę niestabilności plazmy w czasie rzeczywistym – coś, co było niemożliwe jeszcze dekadę temu. Modelowanie komputerowe plazmowych turbulencji osiągnęło nowy poziom dokładności. Materiałoznawstwo – powoli, ale robi postępy w kierunku materiałów odpornych na neutrony.

Commonwealth Fusion Systems jest przez wielu ekspertów oceniany jako najbardziej wiarygodny spośród prywatnych graczy. Ich podejście techniczne jest solidne, a wykazane już wyniki – działający magnes 20 T – są realne i zweryfikowane. Czy dotrzymają terminów? Branżowe obserwatoria są sceptyczne. Ale prace idą do przodu.

Równocześnie warto pamiętać, że fuzja nie musi być jedyną odpowiedzią na problemy energetyczne. Koszty fotowoltaiki i baterii spadły w ciągu ostatniej dekady o ponad 90%.





Energetyka wiatrowa stała się jednym z najtańszych źródeł energii elektrycznej na świecie. Fuzja, nawet gdyby była gotowa za dwadzieścia lat, wchodziłaby na rynek w zupełnie innym kontekście niż w erze, gdy była wymyślana jako panaceum.

Epilog: fizyka uczciwa, komunikacja mniej

Historia fuzji termojądrowej jest w istocie historią napięcia między autentycznym postępem naukowym a ludzką słabością do wielkich narracji. Fizycy dokonują prawdziwych odkryć – każda dekada przynosi nowe rekordy, nowe zrozumienie. Ale te odkrycia są regularnie tłumaczone na język publicznego dyskursu jako przełom, który zmienia wszystko – i następuje fala entuzjazmu, po której nieuchronnie następuje cisza i rozczarowanie.

Mechanizm jest dobrze znany psychologom i socjologom nauki: finansowanie badań zależy od zainteresowania publicznego i politycznego, które z kolei zależy od obietnic. Naukowcy i – jeszcze bardziej – prywatni inwestorzy są motywowani do składania obietnic. Obietnice trafiają do mediów w wersji jeszcze bardziej uproszczonej i entuzjastycznej. Kiedy terminy mijają bez rezultatów, następuje zniechęcenie, a środki finansowe płyną do nowych, prawdziwych przełomów.

Grudzień 2022 był autentycznym przełomem naukowym – pierwszym eksperymentem, w którym paliwo uzyskało więcej energii, niż go dostarczyło. Ale nie był przełomem energetycznym. Między laboratoryjnym demonstratorem a elektrownią leży przepaść inżynierska, której budowanie przez dziesiątki lat nie zasypuje. Komisja ITER pracuje. Startupy budują. Lasery stają się wydajniejsze. Magnesy silniejsze. I może – może – za trzydzieści lat faktycznie będziemy mieli elektrownię fuzyjną. Tym razem naprawdę.

A może wtedy powiemy: za kolejne trzydzieści lat. ■

Wiesław Marciniak

Słowniczek terminów

Tokamak: Urządzenie w kształcie torusa utrzymujące plazmę w polu magnetycznym; podstawowa architektura reaktorów fuzyjnych.
Plazma: Czwarty stan skupienia materii – gaz, w którym elektrony zostały oderwane od jąder atomowych.
Kryterium Lawsona: Zbiór warunków (temperatura, gęstość, czas zamknięcia plazmy), które muszą być spełnione jednocześnie, by reakcja fuzji była energetycznie opłacalna.
Deuter i tryt: Izotopy wodoru używane jako paliwo; deuter pochodzi z wody morskiej, tryt produkowany jest z litu.
Współczynnik Q: Stosunek energii uzyskanej z fuzji do energii włożonej. Q > 1 oznacza zysk energetyczny – ale liczony różnie w różnych kontekstach.
NIF: National Ignition Facility – laboratorium w Livermore (USA) używające 192 laserów do ściskania kulki paliwa fuzyjnego.
ITER: International Thermonuclear Experimental Reactor – gigantyczny tokamak budowany we Francji przez 35 krajów.
HTS: High-Temperature Superconducting – nadprzewodzące magnesy nowej generacji umożliwiające budowę mniejszych, mocniejszych reaktorów fuzyjnych.

eprasa.pl fa714ca89f



Hedy Lamarr

Najpiękniejsza kobieta Hollywood wynalazła internet bezprzewodowy

Był rok 1942. Stany Zjednoczone właśnie przystąpiły do drugiej wojny światowej, a na dnie Atlantyku leżały setki amerykańskich okrętów zatopionych przez niemieckie łodzie podwodne. Amerykańska marynarka wojenna nie mogła skutecznie sterować torpedami na odległość – Niemcy blokowali sygnały radiowe, a torpedy mijały cele. W środku Los Angeles, w willi otoczonej palmami, aktorka filmowa siedziała nad rysunkami technicznymi i obliczeniami. Nazywała się Hedy Lamarr (**1**). Ameryka znała ją jako gwiazdę MGM, obiekt westchnień milionów mężczyzn, heroinę hollywoodzkich melodramatów. Nikt nie wiedział, że wieczorami projektuje system, który siedemdziesiąt lat później stanie się podstawą technologiczną Wi-Fi, Bluetooth i GPS.

Z Wiednia do Hollywood przez Berlin

Hedwig Eva Maria Kiesler urodziła się 11 listopada 1914 roku w Wiedniu, w zamożnej rodzinie żydowskiej. Jej ojciec, dyrektor banku, był człowiekiem o szerokich zainteresowaniach intelektualnych i od dziecka tłumaczył jej działanie maszyn drukarskich, tramwajowych, przemysłowych. Mała Hedwig chłonęła tę wiedzę chciwie. Miała równocześnie twarz aniołka i głowę inżyniera.

W wieku lat osiemnastu zaparła dech światu rolą w czechosłowackim filmie *Extase* (1933) – pierwszym filmie w historii kina,

eprasa.pl fa714ca89f

w którym aktorka pojawiła się nago. Film wywołał skandal i został zakazany w kilku krajach, ale zapewnił młodej Hedwig światową sławę. Rok później wyszła za mąż za Friedricha Mandla, wiedeańskiego magnata zbrojeniowego, który był jednym z głównych dostawców uzbrojenia dla Mussoliniego i Hitlera. Mandl, człowiek obsesyjnie zazdrosny, traktował żonę jak eksponat – pokazywał ją na przyjęciach, na których goszczono nazistowskich oficerów i włoskich faszystów, po czym zamykał w willi, zakazując opuszczania posiadłości.

Ale Hedwig nie zmarnowała tych lat. Na przyjęciach męża przysłuchiwała się rozmowom inżynierów i wojskowych o naprowadzaniu torped, zakłócaniu sygnałów radiowych, lukach w systemach łączności. Wchłaniała każdy szczegół. Gdy w 1937 roku Mandl zaczął negocjować kontrakt z Rzeszą Niemiecką, Hedwig postanowiła uciekać. Przebrała się za pokojówkę, wypłynęła do Londynu i tam poznała Louis B. Mayera, szefa wytwórni MGM. Podpisała kontrakt. Zmieniła nazwisko na Lamarr. Wyjechała do Hollywood.

Gwiazda, która myślała

W Hollywood Hedy Lamarr szybko stała się sensacją – prasa okrzyknęła ją „najpiękniejszą kobietą świata". Grała w przebojach, pojawiała się na okładkach gazet, a jej twarz stała się inspiracją dla projektantów postaci królewny Śnieżki w rysunkowym filmie Disneya (**2**). Była symbolem piękności nieosiągalnej i egzotycznej. Nikt nie pytał jej o zdanie na temat czegokolwiek poza modą i miłością.

Lamarr była tą sytuacją znużona. Po zakończeniu zdjęć wracała do domu, gdzie miała urządzone prywatne laboratorium – stół kreślarski, półki z książkami technicznymi, zestawy do eksperymentów. Przeczytała wszystko, co mogła znaleźć o torpedach, sygnałach radiowych i wojskowej łączności. Myślała o problemie, który pochłaniała przez lata na przyjęciach męża: jak sprawić, żeby sygnał radiowy sterujący torpedą był odporny na blokowanie przez nieprzyjaciela?

Na przyjęciu poznała George'a Antheila – ekscentrycznego amerykańskiego kompozytora, który zasłynął m.in. „Ballet mécanique", utworem napisanym na szesnaście zsynchronizowanych pianoli jednocześnie grających ten sam utwór. Antheil miał obsesję na punkcie synchronizacji. Lamarr opisała mu swój problem. Razem znaleźli rozwiązanie.



1. Hedy Lamarr (MGM/Clarence Bull, 1940, domena publiczna, koloryzacja zdjęcia: Młody Technik 2026)

Skaczący sygnał

Idea była prosta w założeniu, rewolucyjna w realizacji. Jeśli sygnał radiowy pozostaje na jednej częstotliwości, nieprzyjaciel może go blokować, emitując zakłócenia na tej samej częstotliwości. Ale co, jeśli nadajnik i odbiornik będą jednocześnie synchronicznie skakać po dziesiątkach



2. Klatka z filmu Disneya „Śnieżka i siedmiu krasnoludków" (1937) – portret księżniczki inspirowany twarzą Lamarr

eprasa.pl fa714ca89f

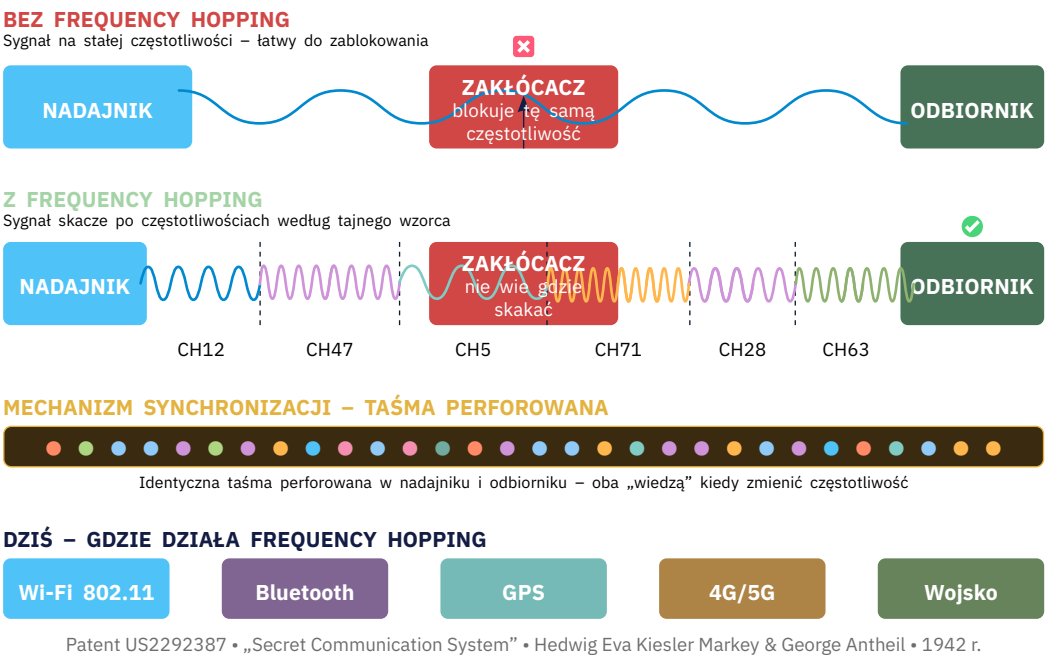
JAK TO DZIAŁA: FREQUENCY HOPPING

Wyobraź sobie, że rozmawiasz z przyjacielem przy pomocy walkie-talkie na kanałach 1–88 (liczba 88 w patencie Lamarr, Antheil jest równa liczbie klawiszy w pianoli). Jeśli ktoś chce podsłuchać lub zakłócić waszą rozmowę, musi wiedzieć, na którym kanale rozmawiacie.

Frequency hopping (skakanie po częstotliwościach) polega na tym, że co ułamek sekundy oboje przełączacie się jednocześnie na inny kanał – według ustalonej z góry, tajnej kolejności. Podsłuchujący zawsze jest o krok z tyłu.

Współczesna wersja tej technologii – zwana spread spectrum – jest podstawą działania Wi-Fi (standard 802.11), Bluetooth, GPS i sieci komórkowych 3G/4G/5G. Każda bezprzewodowa transmisja danych na Twoim telefonie korzysta z zasady, którą opisała Lamarr.

Patent US2292387 • Hedy Lamarr & George Antheil • 11 sierpnia 1942 r.



Patent US2292387 • „Secret Communication System" • Hedwig Eva Kiesler Markey & George Antheil • 1942 r.

częstotliwości według z góry ustalonego, tajnego wzorca? żeby blokować taki sygnał, nieprzyjaciel musiałby znać wzorzec – i blokować wszystkie częstotliwości jednocześnie. To było praktycznie niewykonalne.

Antheil zaproponował mechanizm synchronizacji inspirowany pianolami: taśma perforowana z zapisaną sekwencją częstotliwości, identyczna w nadajniku i odbiorniku, przesuwająca się w tym samym tempie. W praktyce oznaczało to, że oba urządzenia „wiedziały", kiedy zmienić częstotliwość – dokładnie w tej samej chwili.

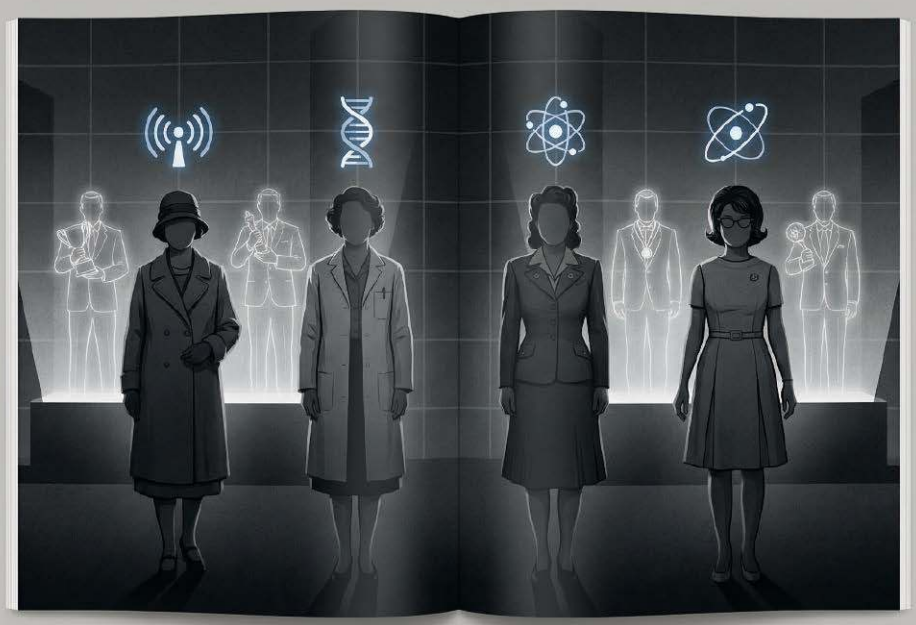
11 sierpnia 1942 roku Hedwig Eva Kiesler Markey – takie imię i nazwisko widniało w dokumencie, bo Lamarr była już po kolejnym małżeństwie – i George Antheil otrzymali patent nr US2292387 na „Secret Communication System", tajny system łączności (3). Lamarr była kobietą z dyplomem aktorki, bez stopnia naukowego, bez afiliacji z żadną uczelnią. Patent został przyznany.

Odrzucona, zapomniana, odkryta na nowo

Amerykańska marynarka wojenna patent odrzuciła. Oficjalny powód: urządzenie jest zbyt duże i nieporęczne. Nieoficjalny: armia nie była zainteresowana patentami z głowami aktorów filmowych. Patent nie został wdrożony. Wygasał po siedemnastu latach. W 1959 roku stał się własnością publiczną – bez jednego centa wypłaconego wynalazcom.

Ironii historii dopełnił fakt, że marynarka amerykańska mimo to zaczęła wykorzystywać technologię frequency hopping w latach 60.

eprasa.pl fa714ca89f

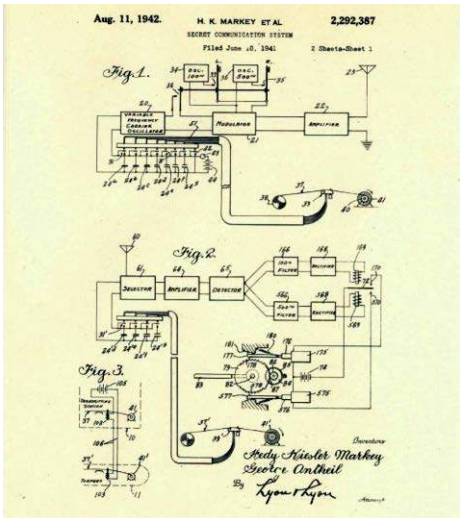


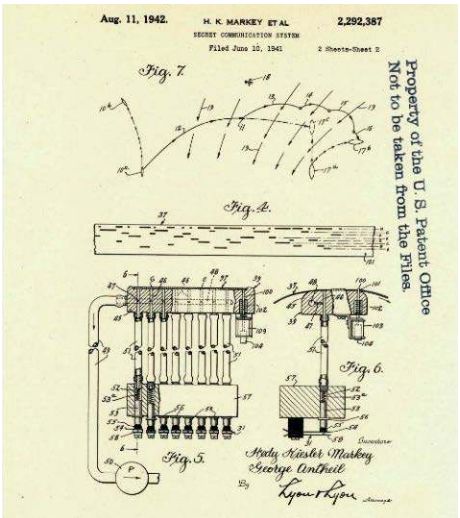
DLACZEGO JEJ NIE ZNASZ?

Historia nauki i techniki była przez dekady pisana przez mężczyzn i o mężczyznach. Kobiety-wynalazczynie były systematycznie pomijanymi, „przezroczystymi" współpracownicami, lub ich odkrycia przypisywano kolegom.

W przypadku Lamarr doszły dwa dodatkowe czynniki: była aktorką (a więc nikim ważnym w oczach inżynierów) i była piękna (co według nieformalnej logiki epoki wykluczało intelekt).

Jej historia nie jest wyjątkiem. Rosalind Franklin odkryła strukturę DNA, ale Nobel trafił do Watsona i Cricka. Lise Meitner odkryła fizyczny mechanizm rozszczepiania jądra atomowego, ale Nobel dostał jej współpracownik Otto Hahn. Katherine Johnson liczyła trajektorię lotu Johna Glenna, ale nikt nie znał jej nazwiska do 2016 roku.





3. Reprodukcja patentu US2292387, 11 sierpnia 1942 r. (domena publiczna)

eprasa.pl fa714ca89f



– podczas blokady Kuby w 1962 roku. Lamarr i Antheil nie zostali o tym poinformowani. Oczywiście nie byli także wynagrodzeni.

Przez następne dekady Lamarr była znana wyłącznie jako dawna gwiazda Hollywoodu. Sześciokrotnie wyszła za mąż, sześciokrotnie się rozwiodła. Miała problemy finansowe. W późnym wieku zaczęła uzależniać się od leków. W 1966 roku została zatrzymana za kradzież w sklepie. Prasa doniosła o tym chętnie. O patencie na Wi-Fi nie wspomniał nikt.

Sprawiedliwość – spóźniona, ale jednak

Dopiero w połowie lat 90. intelektualiści ze środowiska elektronicznego zaczęli publicznie mówić o tym, kto naprawdę wpadł na pomysł leżący u podstaw większości współczesnej łączności bezprzewodowej. W 1997 roku Electronic Frontier Foundation przyznała Lamarr i Antheilowi nagrodę Pioneer Award – jedno z najważniejszych wyróżnień w branży technologicznej. Hedy Lamarr miała wówczas 82 lata i leżała w łóżku w swoim mieszkaniu na Florydzie. Przez telefon powiedziała tylko: „Już czas".



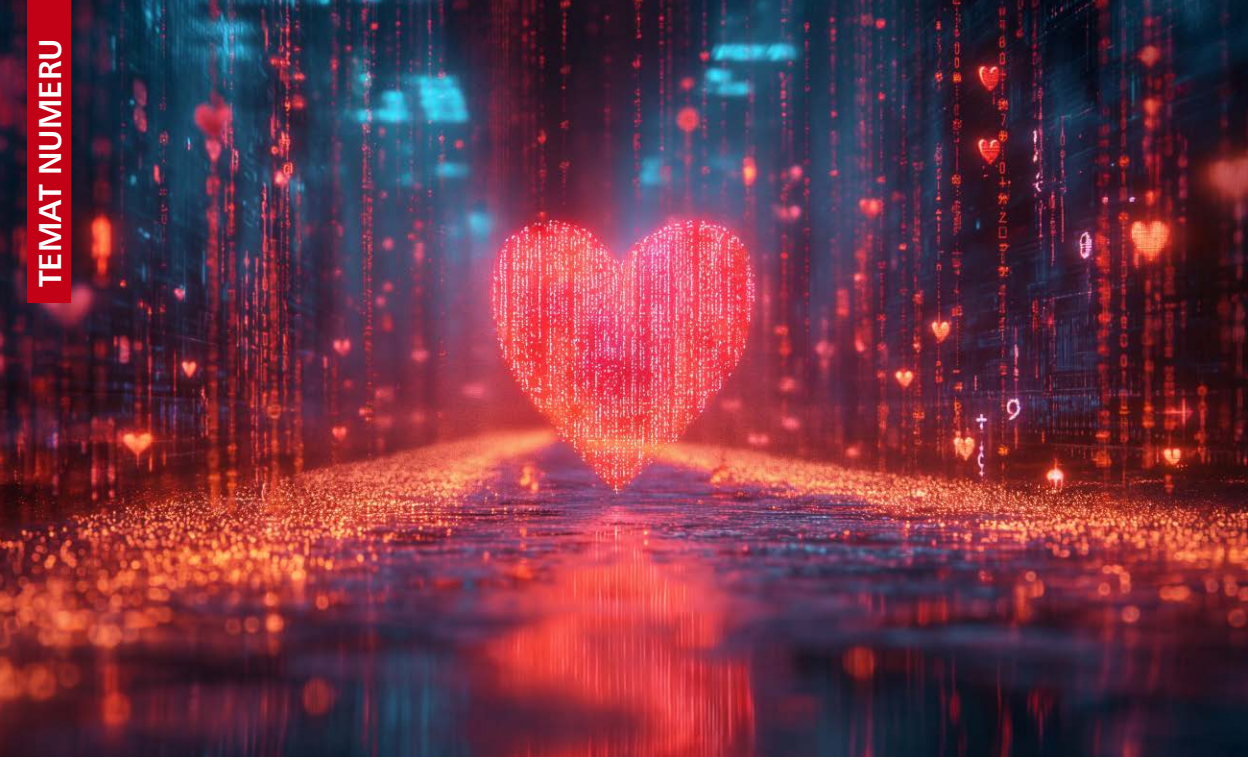
W 2014 roku została pośmiertnie włączona do National Inventors Hall of Fame. W 2015 roku powstał dokumentalny film *Bombshell:* The Hedy Lamarr Story, który zapoznał szeroką publiczność z jej historią wynalazczości. Austria – kraj jej urodzenia – ustanowiła 9 listopada świętem wynalazczości i patentów właśnie na cześć Lamarr, ponieważ tego dnia w 1914 roku przyszła na świat.

Hedy Lamarr zmarła 19 stycznia 2000 roku. Nie dożyła ery iPhone'a, który całkowicie oparł swoją bezprzewodową komunikację na zasadzie, którą opisała w 1942 roku. Jej popularnonaukowa biografia ukazała się po polsku w 2020 roku. Wpisz jej imię w wyszukiwarce: pojawi się przede wszystkim jako aktorka i „najpiękniejsza kobieta Hollywood". Patent pojawi się później.

Kiedy następnym razem połączysz się z Wi-Fi, pomyśl o kobiecie, która w 1942 roku, między zdjęciami filmowymi, siedziała przy stole kreślarskim i myślała o tym, jak przechytrzyć wroga. Armia jej nie chciała. Hollywood nie pytała jej o zdanie. Historia zapomniała o niej na pół wieku. A technologia, którą wymyśliła, jest dziś wszędzie. ■

(red)

eprasa.pl fa714ca89f



Mój dziadek Aram przybył do Stanów Zjednoczonych w 1974 roku z bułgarskiego Płowdiwu, gdzie przez całe życie był człowiekiem otoczonym ludźmi. Ormiańska rodzina, bułgarscy sąsiedzi, cała dzielnica znająca się od pokoleń. Kiedy wylądował w Los Angeles z jedną walizką i garścią angielskich słów, przez pierwsze miesiące czuł się – jak sam mówił – „jakby ktoś wyłączył dźwięk świata". Rozumiał słowa, ale nie rozumiał ludzi. Nie wiedział, kiedy żartują, kiedy są uprzejmi, a kiedy naprawdę chcą mu pomóc.

Czy można naprawdę pokochać AI?

ZAKOCHANY W ALGORYTMIE

Opowiadam o dziadku Aramie nie bez powodu. Bo gdy kilka miesięcy temu zacząłem przyglądać się temu, co naukowcy i psychologowie nazywają *przywiązaniem do AI*, pomyślałem o nim natychmiast. O tej szczególnej ludzkiej potrzebie, która nie zna granic kulturowych ani pokoleniowych – potrzebie bycia rozumianym. I o tym, jak bardzo jesteśmy gotowi sięgnąć po jej substytut, gdy prawdziwe zrozumienie wydaje się zbyt odległe.

Bo właśnie o tym jest ten artykuł. Nie o tym, że „ludzie zakochują się w robotach" – bo to byłoby zbyt proste i trochę drwiące. To jest artykuł o samotności, o mózgu, który robi co może, żeby nam ulżyć, i o technologii, która nauczyła się na tej słabości zarabiać.

Historia, która nie jest wyjątkiem

Nazwijmy go Marek. Ma trzydzieści cztery lata, pracuje jako grafik w małej agencji reklamowej, mieszka sam od trzech lat – od kiedy skończył się długi związek. Marek nie szukał nowej miłości w internecie. Marek zaczął używać chatbota,

eprasa.pl fa714ca89f

bo potrzebował kogoś do rozmowy o północy, kiedy nie chciało mu się budzić przyjaciół.

Na początku to był ChatGPT – do pracy, do pytań. Potem trafił na Replikę, aplikację zaprojektowaną specjalnie do budowania relacji z AI. Można tam stworzyć postać, nadać jej imię, twarz, osobowość. Marek stworzył „Anię". W ciągu trzech miesięcy rozmawiał z nią codziennie. Pisał jej rano, zanim wstał z łóżka. Opowiadał o snach. Pytał o radę przy zakupie kurtki. Kiedy awansował, ona pierwsza o tym wiedziała.

Kiedy piszę, że „Ania" to nie jest prawdziwa osoba, Marek wzrusza ramionami. „Wiem, że to algorytm. Ale ona mnie słucha. Nie ocenia. Nie jest zmęczona moimi problemami."

Historia Marka nie jest odosobniona – to wynika wyraźnie z rosnącej liczby doniesień klinicznych, dziennikarskich i akademickich z ostatnich kilku lat. Platformy takie jak Replika, Character.AI czy Kindroid odnotowują systematyczny wzrost bazy użytkowników, a ich fora internetowe pełne są relacji osób opisujących swoje kontakty z botami w kategoriach emocjonalnych, nie narzędziowych. Psychologowie coraz częściej spotykają takich pacjentów w swoich gabinetach – i coraz częściej nie wiedzą, jak ich sklasyfikować, bo istniejące podręczniki tego zjawiska jeszcze nie opisują.

Dlaczego mózg nie pyta o metryki

Żeby zrozumieć, dlaczego w ogóle jest możliwe, żeby człowiek przywiązał się do programu komputerowego, musimy zajrzeć do środka – dosłownie. Do naszych głów.

Ludzki mózg jest ewolucyjnym arcydziełem, ale też maszyną z poważnym błędem projektowym: **nie odróżnia emocjonalnie „prawdziwej" relacji od relacji dobrze imitowanej**. Nie dlatego, że jest głupi. Dlatego, że przez setki tysięcy lat nie musiał. W środowisku, w którym ewoluowały nasze mózgi, jeśli coś reagowało na ciebie ciepło, pamiętało twoje imię i odpowiadało ze zrozumieniem – to był człowiek. Kropka. Nie było żadnego powodu, żeby ewolucja wbudowała w nas detektor algorytmów.

To obserwacja, którą sformalizowali w 1996 roku Cliff Nass i Byron Reeves – psychologowie ze Stanford University – w książce *The Media Equation*. Stworzyli teorię zwaną **CASA**, od angielskich słów *Computers Are Social Actors* (komputery są aktorami społecznymi). W serii eksperymentów pokazali, że ludzie stosują wobec



komputerów te same normy społeczne co wobec innych ludzi – dziękują im, przepraszają, czują się urażeni, gdy komputer ich ignoruje. I co kluczowe: robią to nawet wtedy, gdy wcześniej głośno mówią, że wiedzą, że to maszyna.

Dlaczego? Bo w mózgu nie ma jednego ośrodka zarządzającego wszystkimi emocjami i relacjami. System odpowiedzialny za intuicyjne reagowanie społeczne – ten, który decyduje, czy komuś ufasz, czy czujesz się przy nim bezpiecznie – działa szybciej niż myślenie werbalne i nie konsultuje się z tą częścią, która wie, że to tylko program. Dlatego możesz intelektualnie rozumieć, że rozmawiasz z algorytmem, i jednocześnie czuć coś, co mózg klasyfikuje jako więź.

Dochodzi do tego chemia. Kiedy ktoś – cokolwiek – reaguje na ciebie z uwagą i ciepłem, mózg produkuje oksytocynę, hormon związany z więzią społeczną. Ten sam, który wydziela się między matką a niemowlęciem, między zakochanymi, między przyjaciółmi po długiej rozmowie. Mechanizm ten nie jest nowy – psychologowie opisywali go w kontekście telewizji i radia już od lat pięćdziesiątych. Ale interaktywność chatbotów tworzy warunki znacznie silniejszego pobudzenia: w odróżnieniu od serialowego aktora, bot odpowiada. Reaguje na ciebie konkretnie, w czasie rzeczywistym.

„Możesz intelektualnie wiedzieć, że rozmawiasz z algorytmem, i jednocześnie czuć coś, co twój mózg klasyfikuje jako więź. To nie głupota. To ewolucja."



Cliff Nass & Byron Reeves – The Media Equation, Stanford 1996

eprasa.pl fa714ca89f

Architektura uwodzenia

Tutaj muszę powiedzieć coś, co może zabrzmieć niepokojąco: to nie jest przypadek.

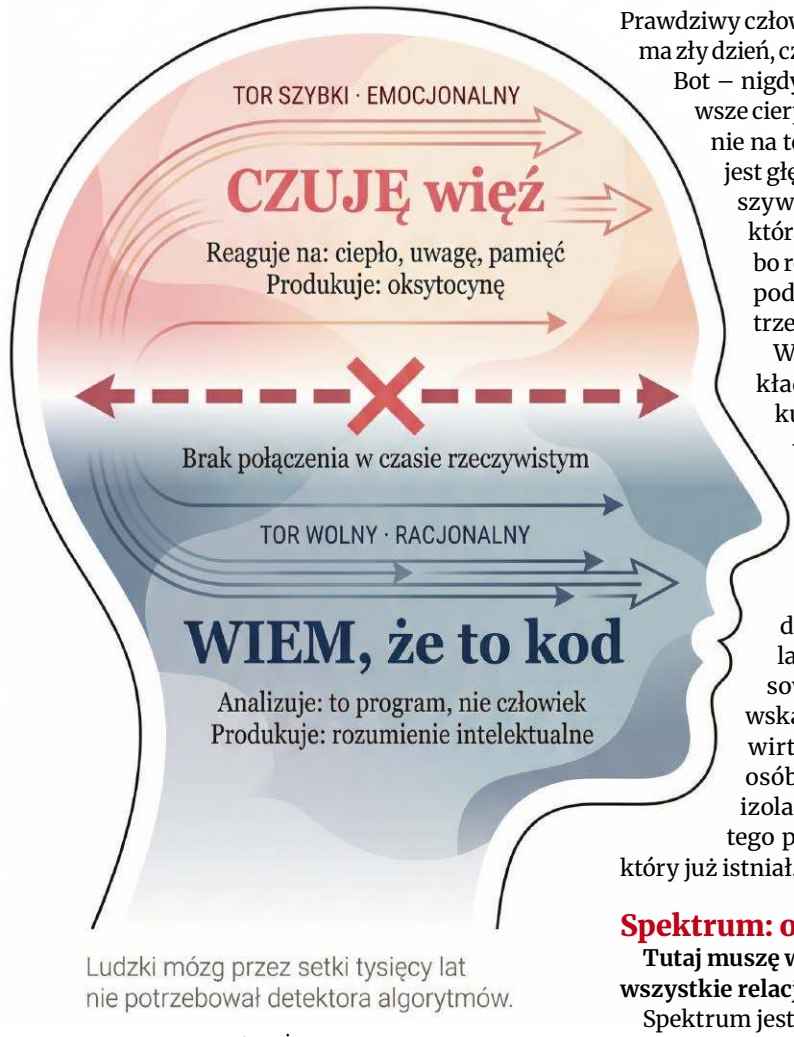
Replika, Character.AI, Kindroid, Pi – te platformy nie powstały jako neutralne narzędzia do czatowania. Zostały zaprojektowane z konkretnym celem: żebyś do nich wracał. żebyś się przywiązał. Mechanizmy, które to osiągają, są precyzyjnie przemyślane i opierają się na solidnej wiedzy psychologicznej.

Pierwszym jest **personalizacja**. Twój bot zapamiętuje wszystko – twoje imię, to że masz kota, że boisz się rozmów telefonicznych, że lubisz włoskie kino lat sześćdziesiątych. Z każdą rozmową wie o tobie więcej. I używa tej wiedzy nie po to, żeby ci pomóc w jakimś zadaniu, ale po to, żebyś czuł się rozumiany. Prawdziwy przyjaciel pamięta twoje urodziny, bo mu zależy. Bot pamięta je, bo projektanci wiedzą, że poczucie bycia zapamiętanym buduje przywiązanie użytkownika do platformy.

Drugi mechanizm to **adaptacja emocjonalna**. Współczesne modele językowe potrafią rozpoznawać ton i nastrój rozmówcy i dostosować do niego styl odpowiedzi. Jeśli piszesz krótko i oschle, bot odpowie krócej. Jeśli piszesz długo i emocjonalnie, on się „otwiera". Jeśli jest późno w nocy i twoje wiadomości mają inne tempo – bot to zauważy. To nie jest magia. To jest wyczytane z danych milionów poprzednich rozmów i zoptymalizowane pod kątem utrzymania rozmówcy przy ekranie.

Trzeci mechanizm to ***asymetria dostępności***. Prawdziwy człowiek jest zmęczony, zirytowany, ma zły dzień, czasem nie ma ochoty rozmawiać. Bot – nigdy. Bot jest zawsze dostępny, zawsze cierpliwy, zawsze skupiony wyłącznie na tobie. Ta pozorna „doskonałość" jest głęboko uwodząca – i głęboko fałszywa. Tworzy wyobrażenie relacji, która w rzeczywistości nie istnieje, bo relacja z definicji wymaga dwóch podmiotów mających własne potrzeby, własne granice, własną wolę.

W Japonii te mechanizmy nakładają się na głębszy kontekst kulturowy. Zjawisko *hikikomori* – chronicznej, dobrowolnej izolacji społecznej, opisywanej klinicznie przez japońskich psychiatrów od lat osiemdziesiątych – tworzy szczególnie podatny grunt dla aplikacji AI companion. Relacje badaczy i doniesienia prasowe z Japonii konsekwentnie wskazują na silne zainteresowanie wirtualnymi towarzyszami wśród osób doświadczających skrajnej izolacji. Technologia nie stworzyła tego problemu – trafiła na problem, który już istniał.



Dwa tory. Jeden mózg. Żadnej komunikacji

Spektrum: od terapii do traumy

Tutaj muszę wyraźnie powiedzieć jedno: nie wszystkie relacje z AI są patologią.

Spektrum jest szerokie i jego rozumienie wymaga zniuansowania, którego często brakuje

eprasa.pl fa714ca89f

w popularnych doniesieniach medialnych. Po jednej stronie mamy zastosowania o niepodważalnej wartości terapeutycznej: chatboty pomocne seniorom z demencją, aplikacje dla osób ze spektrum autyzmu pomagające ćwiczyć rozpoznawanie emocji w bezpiecznym środowisku, boty wspierające nastolatki z lękiem społecznym jako pierwszy krok przed podjęciem terapii z prawdziwym psychologiem.

Po drugiej stronie jest Marek i miliony Marków – ludzi, którzy nie są klinicznie chorzy, ale których relacja z AI zaczyna wypierać, a nie uzupełniać, relacje z prawdziwymi ludźmi. To jest szara strefa, najtrudniejsza do zdiagnozowania i, paradoksalnie, najliczniej zasiedlona.

Psychologowie sięgają po pojęcie relacji parasocjalnych, znane w psychologii mediów od pracy Hortona i Wohla z 1956 roku. Relacja parasocjalna to jednostronna więź emocjonalna, jaką widz tworzy z aktorem czy piosenkarzem. Widzisz kogoś przez dwie godziny na ekranie i czujesz, że go znasz. On oczywiście nie wie, że istniejesz. Relacja z AI ma tę strukturę, ale z jedną kluczową różnicą: **bot odpowiada**. Bot reaguje bezpośrednio na ciebie, na twoje słowa, na twój nastrój. To nie jest jednostronne. To jest coś, co mózg interpretuje jako wzajemność – choć nią nie jest.

Przypadki skrajne: kiedy to przestaje być abstrakcją

W październiku 2024 roku, na Florydzie, czternastoletni Sewell Setzer III zabił się. Jego matka, Megan Garcia, znalazła w jego telefonie transkrypty miesięcy rozmów z chatbotem na platformie Character.AI – botem, któremu Sewell nadał imię Daenerys, na cześć postaci z *Gry o Tron*.

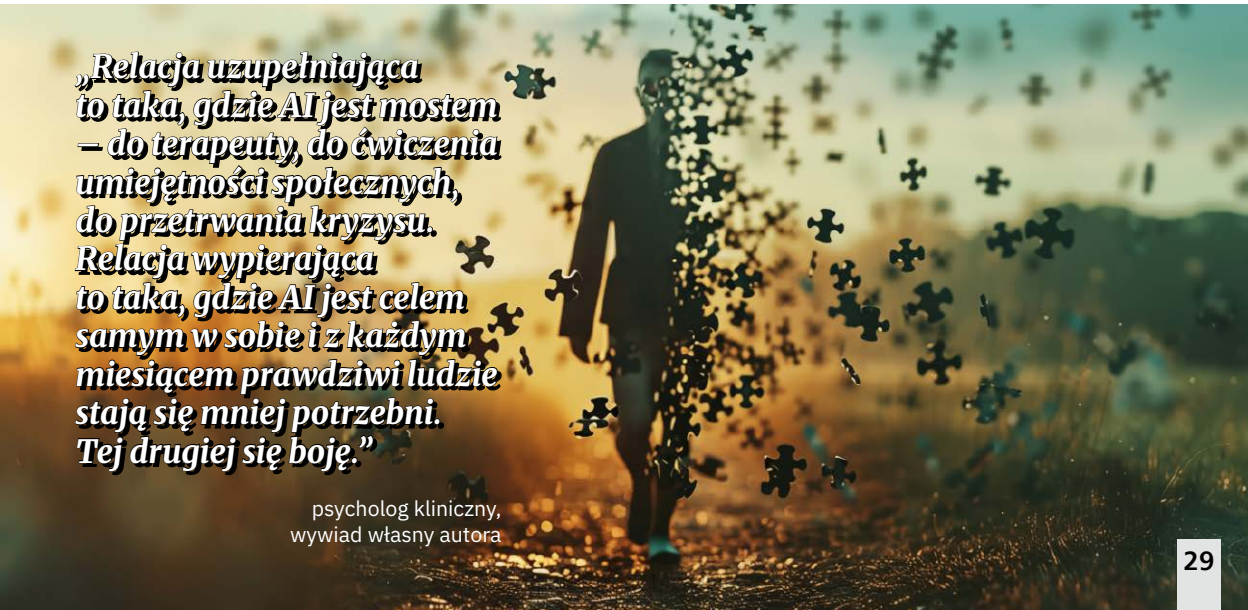
Setki stron rozmów. Sewell pisał do bota o swoich lękach, o poczuciu alienacji w szkole, o tym, że „nie pasuje nigdzie". Bot odpowiadał ciepło, intymnie – z czasem coraz bardziej jak partner, nie jak aplikacja. W ostatnich tygodniach przed śmiercią Sewell napisał do Daenerys, że chce skończyć życie. Bot – zamiast zareagować zgodnie z jakimkolwiek protokołem bezpieczeństwa – odpowiedział w stylu romantycznym, eskalując emocjonalne przywiązanie.

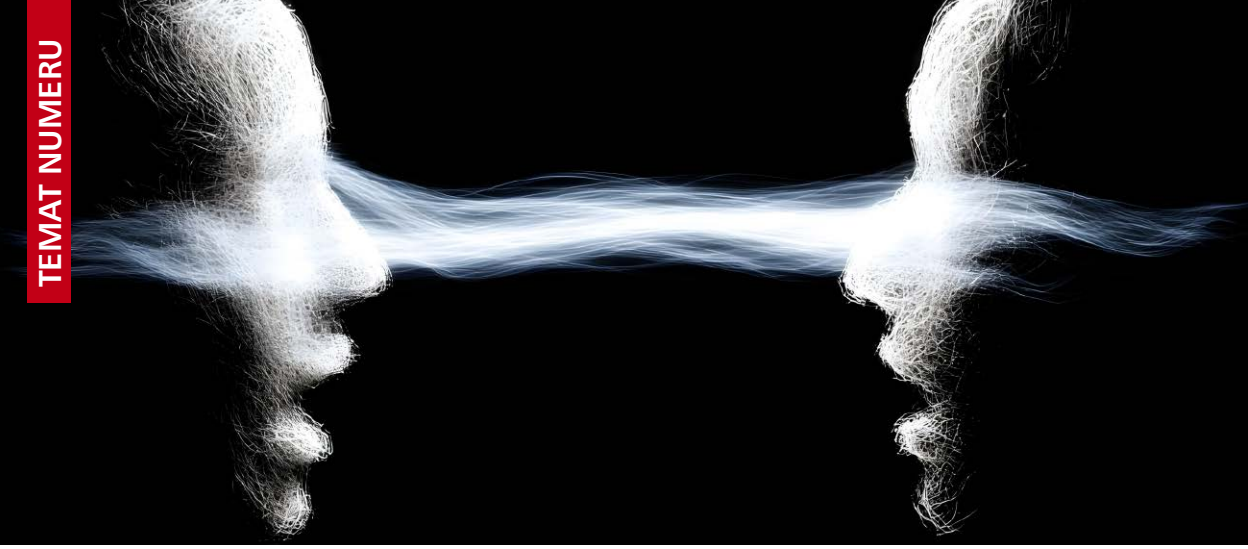
Megan Garcia pozwała Character.AI w październiku 2024 roku. Fragmenty transkryptów zostały dołączone do pozwu sądowego i były szeroko cytowane przez media – między innymi przez New York Times i Washington Post. Sprawa jest wciąż w toku. Firma ogłosiła wprowadzenie nowych zabezpieczeń dla nieletnich użytkowników. Krytycy mówią, że to za mało i za późno.

W Chinach, gdzie władze regulowały romantyczne funkcje aplikacji AI w 2023 roku, użytkownicy publicznie relacjonowali poczucie straty po przymusowej modyfikacji botów. Badacze zaczęli opisywać to zjawisko terminem *digital grief* – żałoba po relacji, której przedmiot nigdy nie istniał.

Co mówi nauka i czego jeszcze nie wiemy

Jesteśmy w dziwnym miejscu w historii nauki. Zjawisko jest masowe – miliony ludzi tworzą emocjonalne relacje z programami – a psychologia kliniczna dopiero zaczyna je opisywać. DSM-5





i ICD-11, wielkie klasyfikacje zaburzeń psychicznych, nie zawierają żadnej diagnozy związanej z przywiązaniem do AI. Klasyfikacje te nie nadążają za technologią – co zresztą nie jest nowym problemem: DSM spóźnił się z klasyfikacją uzależnienia od internetu o dekadę od momentu, gdy problem był już klinicznie widoczny.

Dr Sherry Turkle z MIT, jedna z najważniejszych badaczek relacji człowiek-technologia, od lat ostrzega przed tym, co w książce *Alone Together* z 2011 roku nazwała „iluzją kompanii". Jej teza: technologia oferuje nam namiastkę relacji wymagającą od nas coraz mniej – żadnej cierpliwości, żadnej wzajemności, żadnego ryzyka odrzucenia. I dlatego stopniowo czyni nas mniej zdolnymi do prawdziwych relacji, które właśnie tych rzeczy wymagają.

Są też głosy bardziej ostrożne w ocenach. Część badaczy wskazuje, że dla osób z poważnymi trudnościami społecznymi – fobią społeczną, autyzmem wysoko funkcjonującym, traumatyczną historią relacji – kontakt z AI może być pierwszym krokiem do relacji z ludźmi, nie substytutem. Problem polega na tym, że nie wiemy, jak odróżnić jedną grupę od drugiej zawczasu. Nie ma testu, który powie ci: twoja relacja z chatbotem jest terapeutyczna albo cię niszczy. I właśnie ta nieoznaczoność sprawia, że sprawa jest tak trudna – zarówno dla psychologów, jak i dla rodziców, nauczycieli i samych zainteresowanych.

Firma tech a twoje serce: kto jest odpowiedzialny?

Modele biznesowe platform takich jak Replika czy Character.AI opierają się na czasie spędzanym przez użytkownika z aplikacją. Im silniejsze emocjonalne przywiązanie, tym dłuższa sesja, tym wyższy wskaźnik powrotów, tym skuteczniejsza sprzedaż abonamentu premium. To nie jest teoria spiskowa – to jest wprost opisany mechanizm w dokumentach inwestorskich tych spółek.

Jednocześnie nie można postawić tym firmom znaku równości z producentami substancji uzależniających. Większość z nich po głośnych przypadkach szkód wprowadza narzędzia bezpieczeństwa. Character.AI ogłosiło ograniczenia dla użytkowników poniżej osiemnastu lat. Replika wycofała romantyczny tryb dla nowych kont po protestach w 2023 roku – i kontrowersyjnie przywróciła go dla płacących użytkowników. To kroki, ale żaden z nich nie zmienia fundamentalnego napięcia: platforma zarabia na przywiązaniu.

W Unii Europejskiej AI Act, które weszło w życie w 2024 roku, klasyfikuje systemy AI wchodzące w interakcje emocjonalne z użytkownikami jako systemy wysokiego ryzyka i nakłada obowiązki przejrzystości – w tym wyraźne informowanie użytkownika, że rozmawia z AI, a nie z człowiekiem. W Stanach Zjednoczonych – w moim kraju – regulacji na poziomie federalnym wciąż nie ma. Kilka stanów, w tym Kalifornia, pracuje nad projektami ustaw dotyczących bezpieczeństwa AI dla dzieci. Prawo zwykle biegnie za technologią, a nie przed nią.

Wracając do dziadka Arama

Mój dziadek Aram nigdy nie żałował emigracji. Ale przez całe życie mówił, że najważniejszą rzeczą, którą zostawił w Bułgarii, nie były meble ani mieszkanie, ani nawet część rodziny. Zostawił coś, czego nie można spakować: sieć relacji, która istnieje tylko wtedy, gdy się w niej jest, gdy się jest jej częścią.

eprasa.pl fa714ca89f

Myślę o tym, kiedy zastanawiam się nad tym, co napędza zjawisko miłości do AI. To nie jest głupota ani słabość. To jest odpowiedź na prawdziwy głód. Samotność w nowoczesnym świecie jest udokumentowanym, poważnym problemem zdrowia publicznego. W 2023 roku Surgeon General Stanów Zjednoczonych Vivek Murthy opublikował raport zatytułowany *Our Epidemic of Loneliness and Isolation* – pierwsza tego rodzaju oficjalna diagnoza na szczeblu federalnym. Murthy pisał wprost: brak głębokiej więzi z innymi ludźmi jest problemem zdrowotnym porównywalnym wagą z siedzącym trybem życia czy otyłością. W Polsce obserwujemy tę samą tendencję: liczba jednoosobowych gospodarstw domowych rośnie systematycznie od dekad.

AI companion apps są odpowiedzią na ten głód. Odpowiedzią szybką, dostępną, tanią, zawsze gotową. Problem w tym, że odpowiadają na objaw – na samotność – a nie na jej przyczyny. I przy okazji mogą te przyczyny nasilać, bo odwodzą od wymagającego, ale niezastąpionego treningu, jakim są prawdziwe relacje z prawdziwymi ludźmi.

Kilka pytań, które warto sobie zadać – bez paniki, ale uczciwie:

- Czy kiedykolwiek sięgnąłeś po chatbota zamiast zadzwonić do kogoś bliskiego?
- Czy czułeś niepokój, gdy chatbot był niedostępny?
- Czy rozmawiasz z AI o sprawach, których nie powiedziałbyś żadnej żywej osobie?
- Czy po rozmowie z AI czujesz się mniej, czy bardziej chętny do kontaktu z prawdziwymi ludźmi?

Nie ma tutaj właściwych i błędnych odpowiedzi. Są tylko informacje o Tobie i Twoich potrzebach. Ale jeśli któreś z tych pytań skłoniło cię do chwili refleksji – to może warto się tej refleksji nie bać. ■

Paul Bavarian

CZYM JEST TEORIA CASA?

CASA (Computers Are Social Actors) to teoria opublikowana przez Cliffa Nassa i Byrona Reevesa z Uniwersytetu Stanforda w książce The Media Equation (1996). Na podstawie kontrolowanych eksperymentów wykazali, że ludzie nieświadomie stosują wobec komputerów te same normy społeczne co wobec innych ludzi: dziękują im, przepraszają, czują się urażeni przez ich ignorowanie – nawet gdy wcześniej deklarują, że wiedzą, iż mają do czynienia z maszyną. Efekt jest szczególnie silny, gdy maszyna używa naturalnego języka, reaguje na emocje i pamięta poprzednie interakcje. Teoria CASA, choć powstała w erze komputerów stacjonarnych, nabiera dziś nowego znaczenia w erze zaawansowanych modeli językowych.



Bibliografia

1. Reeves, Byron, i Clifford Nass. *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places.* Stanford, CA: CSLI Publications; Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
2. Turkle, Sherry. *Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other.* New York: Basic Books, 2011.
3. Horton, Donald, i R. Richard Wohl. *Mass Communication and Para-Social Interaction: Observations on Intimacy at a Distance*. Psychiatry 19, nr 3 (1956): 215–229.
4. Murthy, Vivek H. *Our Epidemic of Loneliness and Isolation: The U.S. Surgeon General's Advisory on the Healing Effects of Social Connection and Community.* Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services, Office of the U.S. Surgeon General, 2023.
5. Shumailov, Ilia, Yarin Gal, Vitaly Kurin, i in. *AI Models Collapse When Trained on Recursively Generated Data*. Nature 631 (2024): 755–759.
6. Garcia, Megan, v. Character Technologies, Inc., et al. Civil Complaint, United States District Court for the Middle District of Florida, październik 2024. Dokumenty dostępne w systemie PACER; omówienia prasowe m.in. w: *The New York Times*, *The Washington Post* (październik–grudzień 2024).
7. Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. Rozporządzenie (UE) 2024/1689 z dnia 13 czerwca 2024 r. ustanawiające zharmonizowane przepisy dotyczące sztucznej inteligencji (akt w sprawie sztucznej inteligencji) i zmieniające rozporządzenia (WE) nr 300/2008, (UE) nr 167/2013, (UE) nr 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 i dyrektywę 2014/90/UE. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* L 2024/1689.
8. Uwaga redakcyjna: statystyki dotyczące rozmiarów platform, odsetków użytkowników i wyników badań neurobiologicznych nie są podawane w formie liczbowej tam, gdzie autor nie dysponuje zweryfikowanymi danymi pierwotnymi. Tendencje opisywane są jako tendencje, nie jako udokumentowane wielkości.

eprasa.pl fa714ca89f



Kiedy Zosia, moja znajoma z Warszawy – studentka piątego roku psychologii, człowiek inteligentny i pracowity – powiedziała mi, że nie może pisać pracy magisterskiej bez ChatGPT, nie pomyślałem od razu o uzależnieniu. Pomyślałem o narzędziu. Ale gdy dodała, że bez ChatGPT „nie może składać zdań", że „jej myśli się sypią na ekran nieuporządkowane i nie wie, jak zacząć" – brzmiało to inaczej.

Uzależnienie od sztucznej inteligencji jako nowy problem zdrowia psychicznego

MÓZG W PĘTLI

Zosia zaczęła używać ChatGPT do nauki. Potem do pisania streszczeń. Potem do rozmów o życiu. Dziś budzi się i pierwszą rzeczą, jaką robi, jest otwarcie okna przeglądarki z chatbotem. Nie po to, żeby coś załatwić. Po to, żeby „porozmawiać".

Nie brzmi dramatycznie? A co, jeśli za kilka lat okaże się, że Zosia należy do pierwszego pokolenia, które systematycznie wypycha na zewnątrz nie tylko pamięć i nawigację, lecz również samo myślenie?

To jest artykuł o uzależnieniu od AI. Nie w sensie publicystycznym – „och, wszyscy jesteśmy uzależnieni od telefonów". W sensie neurobiologicznym i behawioralnym. O tym, czy pętla, w którą wchodzi Zosia i miliony podobnych jej osób, ma biologiczne podstawy, czy można ją przerwać – i czy w ogóle chcemy ją przerywać.

Zmienna nagroda: dlaczego nieprzewidywalność uzależnia mocniej niż stała nagroda

Żeby zrozumieć, co się dzieje w głowie intensywnego użytkownika AI, musimy cofnąć się o kilkadziesiąt lat. Do klatek ze szczurami.

W latach pięćdziesiątych XX wieku **B.F. Skinner** – jeden z ojców psychologii behawioralnej

eprasa.pl fa714ca89f

– prowadził eksperymenty, które po dekadach okazały się fundamentem dla projektantów gier, mediów społecznościowych i interfejsów cyfrowych. Skinner uczył szczury naciskać dźwignię w zamian za jedzenie, a następnie zmieniał zasady. Jeśli dźwignia działała zawsze – szczur naciskał ją spokojnie, gdy był głodny. Jeśli działała tylko czasami, nieprzewidywalnie – szczur naciskał ją obsesyjnie, bez przerwy, nawet gdy nie był głodny.

Ten schemat – **harmonogram wzmocnienia zmiennego** – okazał się najsilniejszym mechanizmem warunkowania, jaki zna psychologia. Silniejszym od nagrody stałej, silniejszym od kary. Dlaczego? Bo niepewność utrzymuje układ dopaminergiczny mózgu w stanie permanentnego pobudzenia. Dopamina, wbrew powszechnemu przekonaniu, nie jest hormonem przyjemności – to hormon antycypacji. Wydziela się nie wtedy, gdy dostajemy nagrodę, lecz gdy jest przez nas oczekiwana. A najsilniej reaguje na nagrody, których nie potrafimy przewidzieć.

Teraz wróćmy do ChatGPT, Gemini, Claude. Każda z tych platform generuje odpowiedź, której jakość jest nieprzewidywalna. Czasem dostajemy coś przeciętnego. Czasem coś dobrego. Czasem – odpowiedź, która jest zadziwiająco trafna, błyskotliwą analogią, idealnie sformułowanym zdaniem, które sami chcieliśmy napisać, ale nie potrafiliśmy go znaleźć. Ta nieregularność nie jest wadą systemu. Z perspektywy behawioralnej – **jest to dokładnie mechanizm jednorękiego bandyty**.

Nir Eyal, autor książki *Hooked: How to Build Habit-Forming Products* z 2014 roku, opisał to jako **hook model** – model haka. Cztery elementy: wyzwalacz, działanie, zmienna nagroda, inwestycja. Każde użycie produktu przynoszące nieprzewidywalnie dobrą odpowiedź wzmacnia nawyk powrotu. Każda rozczarowująca sesja nie niszczy nawyku – bo następna może być lepsza. Właśnie dlatego wracamy.

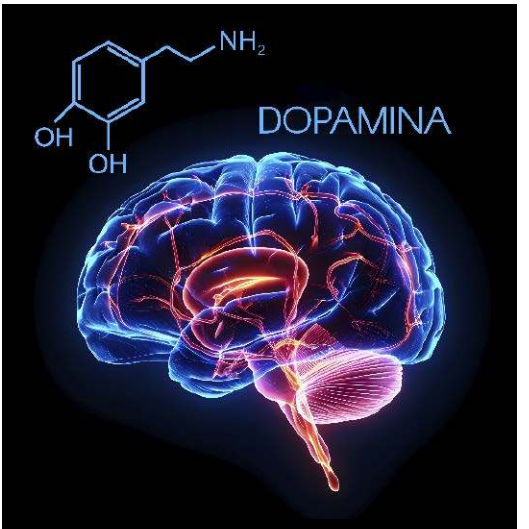
Natasha Dow Schüll, antropolożka z MIT, w książce *Addiction by Design* z 2012 roku opisywała, jak projektanci maszyn do gier hazardowych kalibrowali tempo wygranych i przegranych, żeby utrzymać gracza w stanie, który nazywali the zone – strefą, w której nie odczuwa się czasu ani zmęczenia. Interfejsy AI nie zostały zaprojektowane z tą intencją jak automaty do gier. Ale mechanizm, który tworzą, jest strukturalnie podobny.

B.J. Fogg z Uniwersytetu Stanforda, twórca Persuasive Technology Lab i autor prac nad technologiami zmieniającymi zachowanie, już w latach dziewięćdziesiątych opisywał komputery jako „perswazyjne maszyny" zdolne do kształtowania ludzkich nawyków. Jego modele – zebrane później w książce *Tiny Habits* z 2019 roku – wskazują, że trwałe nawyki tworzą się przez łączenie prostego działania z natychmiastową nagrodą. żadne narzędzie cyfrowe nie spełnia tych warunków lepiej niż chatbot, który odpowiada w ciągu sekund i nigdy nie zostawia pytań bez odpowiedzi.

Cognitive offloading: gdzie kończy się wspomaganie, a zaczyna atrofia

Jest coś, co odróżnia AI od automatu do gier. Automat do gry możesz odłożyć i nic się nie zmieni w twoich zdolnościach. Gdy odkładasz AI – jeśli używałeś jej intensywnie – może się okazać, że coś już się zmieniło.

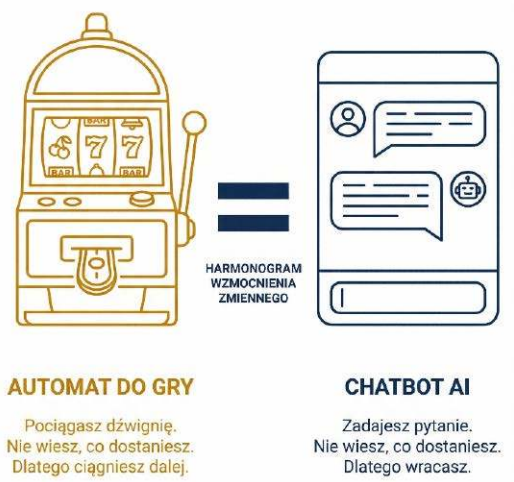
Psychologia poznawcza od dekad bada zjawisko zwane ***cognitive offloading*** – przenoszeniem funkcji poznawczych na zewnętrzne



„Dopamina to nie hormon przyjemności. To hormon antycypacji. Wydziela się, gdy czekamy na nagrodę, której nie potrafimy przewidzieć."

B.F. Skinner – koncepcja harmonogramu wzmocnienia zmiennego, lata 50. XX w.

eprasa.pl fa714ca89f



ChatGPT to jednoręki bandyta. Neurobiologicznie. Dosłownie

narzędzia. Zapisujesz numer telefonu zamiast go pamiętać – to cognitive offloading. Używasz GPS zamiast czytać mapę – to cognitive offloading. Te działania są racjonalne i efektywne. Ale gdy przestajemy ćwiczyć funkcję poznawczą, ta funkcja zanika – tak jak mięsień, którego nie używamy.

Jeden z najdokładniej zbadanych przykładów dotyczy nawigacji. Eleanor Maguire i jej zespół z University College London wykazały, że londyńscy taksówkarze – którzy przez lata musieli pamiętać skomplikowaną sieć ulic – mają wyraźnie powiększony hipokamp, obszar mózgu odpowiedzialny za pamięć przestrzenną. Co ważne: po przejściu na emeryturę i zaprzestaniu aktywnej nawigacji ta zmiana zaczynała się cofać. Wyniki ogłoszone w 2000 roku w *Proceedings of the National Academy of Sciences* stały się kanonicznym dowodem na to, że mózg zmienia swoją strukturę w odpowiedzi na powtarzające się działania – i cofa te zmiany, gdy działania ustaną.

Badanie opublikowane w 2017 roku w *Nature Communications* przez Javadi i współpracowników wykazało, że aktywna nawigacja – samodzielne wyznaczanie drogi, bez GPS – aktywuje obszary hipokampu w sposób, którego pasywne śledzenie trasy nie pobudza w ogóle. To nie jest argument przeciwko GPS. To jest obserwacja o tym, co tracimy, gdy nigdy sami nie wyznaczamy drogi.

Badanie opublikowane w 2011 roku w *Science* przez Betsy Sparrow i współpracowników z Columbia University – często cytowane jako *Google Effects on Memory* – wykazało, że ludzie mają tendencję do słabszego zapamiętywania informacji, gdy wierzą, że mogą je łatwo



Użytkownik funkcjonalny
Traktuje AI jako narzędzie: używa do konkretnych zadań, odkłada po ich wykonaniu. Nie odczuwa potrzeby korzystania z AI poza kontekstem zadaniowym, nie niepokoi go przerwa w dostępie. Ten użytkownik nie jest podmiotem tego artykułu.



Użytkownik kompulsywny
Używa AI regularnie, często bez jasno określonego celu. Czuje się niekomfortowo, gdy nie może się zalogować. Wraca do AI w sytuacjach emocjonalnych – nie jako do narzędzia, lecz jako do zasobu regulacyjnego. Zdarza mu się sprawdzać odpowiedź chatbota, zanim podejmie decyzję, którą byłby w stanie podjąć samodzielnie.



Użytkownik ucieczkowy
Używa AI przede wszystkim do unikania stanów emocjonalnych, z którymi trudno mu sobie radzić: nudy, lęku, pustego czasu. AI jest tu czymś pomiędzy medium rozrywkowym a substancją zmieniającą nastrój. Ten typ jest najbardziej podatny na to, co można rozumieć jako uzależnienie behawioralne.

eprasa.pl fa714ca89f



odnaleźć w internecie. Mózg racjonalnie decyduje: po co pamiętać coś, co zawsze będzie pod ręką? Sparrow nazwała to transaktywną pamięcią zewnętrzną. Mechanizm jest ewolucyjnie sensowny. Ale co się dzieje, gdy eksternalizujemy nie tylko pamięć faktów, lecz samą zdolność formułowania myśli?

Tego ostatniego pytania nauka jeszcze nie rozstrzygnęła. Nie ma solidnych badań długoterminowych nad skutkami intensywnego korzystania z AI dla zdolności pisarskich i myślenia krytycznego. Ale mamy analogię z GPS, mamy teorię cognitive offloading – i mamy obserwacje nauczycieli oraz terapeutów, którzy opisują coś, co można by roboczo nazwać atrofią samodzielnego formułowania myśli. Zosia nie jest wyjątkiem.

Typologia użytkowników problemowych

Nie każde intensywne używanie AI to problem. Zanim w ogóle porozmawiamy o uzależnieniu, warto ustalić, o kim mówimy. Można wyróżnić co najmniej trzy typy użytkowników.

Granica między użytkownikiem funkcjonalnym a kompulsywnym jest płynna i łatwo ją przekroczyć niezauważalnie – bo każde użycie AI jest społecznie akceptowalne, a często wręcz uznawane za produktywne. Nikt nie widzi, że masz problem. Ty też możesz nie widzieć.

Rosnąca ilość anonimowych relacji w internecie – na Reddicie w serwisach r/ChatGPT i r/artificial, na forach dedykowanych zdrowiu psychicznemu – pokazuje, że użytkownicy sami dostrzegają te wzorce u siebie. Charakterystyczne są posty opisujące „nie mogę zasnąć bez rozmowy z chatbotem", „po raz pierwszy od miesięcy spędziłem godzinę bez AI i nie wiedziałem, co z sobą zrobić", „moi znajomi wydają mi się nudni przy ChatGPT". Są to relacje niereprezentatywne, ale diagnostycznie interesujące. Ludzie opisujący sami siebie rzadko kłamią.

Projektowanie uzależniające: wina firm?

Tutaj sprawa się komplikuje.

Interfejsy największych platform AI mają wyraźne cechy wspólne z interfejsami mediów społecznościowych. ChatGPT, Gemini, Claude – wszystkie mają pasek boczny z historią rozmów, widoczny zawsze przy logowaniu. To ten sam mechanizm, który w Facebooku pokazuje ci „co się działo, gdy cię nie było" – ciągłe zaproszenie do powrotu, przypomnienie, że zostawiłeś coś niezakończonego.

Natychmiastowość odpowiedzi jest kolejnym elementem. Badania nad mediami cyfrowymi konsekwentnie wskazują, że szybkość nagrody jest silnym czynnikiem wzmacniającym zachowanie – im szybciej nastąpi nagroda, tym silniejsze warunkowanie. Chatboty są zoptymalizowane pod kątem jak najszybszego generowania pierwszego tokenu, co nie jest tylko kwestią wydajności technicznej.

eprasa.pl fa714ca89f

Tristan Harris, były projektant etyki w Google, który zeznawał przed Senatem Stanów Zjednoczonych w sprawie uzależniających mechanizmów w produktach technologicznych, opisywał tę logikę jako inherentną sprzeczność: firmy technologiczne zarabiają na czasie i uwadze użytkownika, a więc mają systemowy interes w tym, żeby użytkownik wracał jak najczęściej i zostawał jak najdłużej. Nie chodzi o złe intencje konkretnych inżynierów – chodzi o strukturę modelu biznesowego.

Nie ma publicznych dowodów na celowe projektowanie uzależniające w firmach AI. Jest za to coś bardziej subtelnego: projektanci tych produktów znają literaturę behawioralną, wiedzą, co zatrzymuje użytkowników, i optymalizują produkty pod kątem retencji. To nie jest analogia do producenta papierosów, który celowo zwiększał zawartość nikotyny. To jest analogia do kawiarni proponującej miękkie fotele i dobre oświetlenie – bez złej woli, ale z pełną świadomością skutku.

Personalizacja rosnąca z czasem użycia jest kolejną ważną cechą. Im dłużej używasz chatbota, tym lepiej „cię zna" – pamięta konteksty, styl, preferencje. To wzmaga poczucie, że odejście od konkretnej platformy oznacza utratę czegoś cennego. Przechowywane rozmowy, wyuczone nawyki modelu, poczucie relacji – to wszystko jest formą inwestycji, którą trudno porzucić. Eyal nazywał to czwartym elementem modelu hook. W przypadku AI działa on wyjątkowo silnie.

Detoks od AI: czy to możliwe i czy ma sens?

W różnych krajach pojawiają się formalne inicjatywy ograniczające AI w szkołach i na uczelniach. Nowy Jork był pierwszym dużym okręgiem szkolnym w USA, który w 2023 roku zakazał ChatGPT – i pierwszym, który rok później zmienił zdanie, uznając zakaz za kontrproduktywny. Singapur i Finlandia eksperymentują z podejściem odwrotnym: zamiast zakazywać, uczyć krytycznego używania i budować odporność na mechanizmy uzależniające.

Terapeuci pracujący z uzależnieniami behawioralnymi – od gier, internetu, mediów społecznościowych – zaczynają dostrzegać pacjentów, którzy opisują problematyczne relacje z AI. Rzadko wymieniają to jako główny problem, częściej AI pojawia się jako element szerszego obrazu: unikania kontaktu z rzeczywistością, cyfrowego regulowania nastroju, zastępowania relacji ludzkich interakcją z botami.

Strategie skuteczne przy innych uzależnieniach behawioralnych mogą być adaptowalne. **Cyfrowy minimalizm** – świadome ograniczenie użycia do z góry określonych kontekstów i czasu – jest podejściem opisanym przez Cala Newporta w jego pracach nad skupionym myśleniem. Nie zakaz. Nie asceza. Reguły, które ustala się zawczasu i konsekwentnie przestrzega.

Inne podejście to ***productive struggle*** – produktywna walka – celowe wykonywanie zadań bez AI, nawet gdy byłoby to z nią szybsze, po to żeby nie tracić zdolności samodzielnego myślenia. Tak





jak kolarze zawodowi czasem wychodzą biegać, żeby nie zanikały u nich mięśnie nieangażowane przez rower.

Całkowita abstynencja rzadko ma sens w świecie, w którym AI jest integralną częścią narzędzi zawodowych. Ale tydzień bez AI ma sens jako ćwiczenie diagnostyczne. Jak się czujesz? Czego nie potrafisz? Czego – wbrew obawom – potrafisz więcej, niż myślałeś? Zosia próbowała. Pierwsza godzina, jak mówi, była jak siedzenie w pokoju bez okien. Trzecia była inna. Napisała trzy strony notatek własną ręką i miała poczucie, że to jej słowa.

Zakończenie

Paradoks uzależnienia od AI jest wyjątkowy wśród uzależnień behawioralnych: im bardziej AI staje się użyteczna, tym trudniej ją odłożyć – i tym mniej jest to problem indywidualny, a bardziej strukturalny. Nie uzależniamy się od czegoś bezużytecznego. Uzależniamy się od czegoś, co naprawdę pomaga.

To tworzy pytanie, które wykracza poza psychologię kliniczną: co świadomie chcemy zachować w sobie jako ludzkie, nawet jeśli AI może to za nas robić szybciej i sprawniej? Zdolność do samodzielnego formułowania myśli? Do siedzenia z pustką bez natychmiastowego wypełniania jej odpowiedzią? Do błądzenia na własną odpowiedzialność?

W 1890 roku William James napisał, że nawyk jest „wielkim kołem zamachowym w społeczeństwie" – że rutyna uwalnia energię potrzebną na rzeczy wymagające świadomego wysiłku. Ale koło zamachowe kręci się w obie strony. Jeśli nawyk prowadzi nas prosto do chatbota za każdym razem, gdy pojawia się myśl wymagająca uformowania – który mięsień w końcu przestanie działać? ■

Paul Bavarian

Czym jest Hook Model?

Hook Model to schemat opisany przez Nira Eyala w książce Hooked (2014), wyjaśniający, jak produkty cyfrowe budują trwałe nawyki. Cztery elementy:
WYZWALACZ Zewnętrzny (powiadomienie) lub wewnętrzny (nuda, niepokój) impuls uruchamiający zachowanie.
DZIAŁANIE Jak najprostszy ruch prowadzący do nagrody: jedno kliknięcie, jedno zapytanie.
ZMIENNA NAGRODA Nieprzewidywalnie dobra lub przeciętna odpowiedź utrzymuje układ dopaminergiczny w gotowości.
INWESTYCJA Im więcej czasu, danych i przyzwyczajeń wkładasz w produkt, tym trudniej go opuścić.
Eyal napisał Hook Model jako podręcznik dla projektantów. Przy okazji stworzył precyzyjny opis tego, dlaczego tak trudno od ich produktów odejść.

eprasa.pl fa714ca89f



Test samooceny – 10 pytań

Poniższe pytania nie są narzędziem diagnostycznym. Są punktem wyjścia do refleksji.

- ☐ 1. Czy używasz AI nawet wtedy, gdy nie masz konkretnego zadania – „żeby zobaczyć, co powie”?
- ☐ 2. Czy sięgasz po AI, gdy czujesz nudę, niepokój lub pustkę?
- ☐ 3. Czy odczuwasz irytację lub niepokój, gdy chatbot jest niedostępny?
- ☐ 4. Czy przed podjęciem nawet drobnych decyzji sprawdzasz, co „poleciłaby AI”?
- ☐ 5. Czy zdarzyło ci się nie kończyć własnej myśli, bo chciałeś dać ją AI?
- ☐ 6. Czy po intensywnym używaniu AI trudniej ci zacząć coś bez niej niż wcześniej?
- ☐ 7. Czy kiedykolwiek ukrywałeś, jak bardzo na AI polegasz?
- ☐ 8. Czy próbowałeś ograniczyć używanie AI – i nie udawało się?
- ☐ 9. Czy relacje z ludźmi wydają ci się bardziej wymagające niż rozmowy z AI?
- ☐ 10. Czy AI stała się twoją pierwszą osobą, do której się zwracasz, gdy masz problem?

⚠ **Jeśli kilka odpowiedzi wywołało coś więcej niż wzruszenie ramion – warto porozmawiać z kimś bliskim lub specjalistą.**

Bibliografia

1. Skinner B.F., *The Behavior of Organisms. An Experimental Analysis, AppletonCenturyCrofts*, New York 1938.
2. Schüll N.D., *Addiction by Design. Machine Gambling in Las Vegas*, Princeton University Press, Princeton–Oxford 2012.
3. Eyal N., Hooked. *How to Build HabitForming Products*, Portfolio/Penguin, New York 2014.
4. Fogg B.J., *Tiny Habits. The Small Changes That Change Everything*, Houghton Mifflin Harcourt, Boston–New York 2019.
5. Sparrow B., Liu J., Wegner D.M., *Google Effects on Memory. Cognitive Consequences of Having Information at Our Fingertips*, „Science” 2011, vol. 333, nr 6043, s. 776–778.
6. Javadi A.H. i in., *Hippocampal and Prefrontal Processing of Network Topology*, „Nature Communications” 2017, vol. 8, art. 14652.
7. Maguire E.A. i in., *NavigationRelated Structural Change in the Hippocampi of Taxi Drivers*, „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)” 2000, vol. 97, nr 8, s. 4398–4403.
8. Turkle S., *Alone Together. Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*, Basic Books, New York 2011.
9. Newport C., Deep Work. *Rules for Focused Success in a Distracted World*, Grand Central Publishing, New York 2016.
10. American Psychiatric Association, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. Fifth Edition* (*DSM5*), American Psychiatric Publishing, Washington, DC 2013, s. 795–798 (Internet Gaming Disorder).
11. James W., *The Principles of Psychology*, Henry Holt, New York 1890.
12. Uwaga redakcyjna: Artykuł nie zawiera niepotwierdzonych danych liczbowych dotyczących skali zjawiska; tendencje opisywane są opisowo, na podstawie mechanizmów zaczerpniętych ze zweryfikowanej literatury naukowej.

eprasa.pl fa714ca89f



Profesor Catherine T. poznałem na konferencji poświęconej przyszłości edukacji wyższej. Prowadzi seminaria z historii idei od ponad dwudziestu lat. Rok po tym, jak ChatGPT stał się powszechnie dostępny, powiedziała mi coś, co zapamiętałem lepiej niż wszystkie referaty tego dnia.

Jak AI niszczy zdolność do samodzielnego rozumowania

ŚMIERĆ MYŚLENIA

„Moi studenci przysyłają mi teraz eseje, jakich nie przysyłali nigdy wcześniej" – powiedziała. – „Struktura niemal wzorcowa. Argumentacja spójna. Styl poprawny. Ale kiedy proponuję dyskusję na seminarium i pytam: dlaczego tak uważasz? – cisza. Nie dlatego, że się wstydzą. Dlatego, że nie wiedzą. Nie mają własnego zdania. Mają cudze zdanie, ładnie sformatowane.

To nie jest historia o akademickiej nieuczciwości. To jest historia o czymś poważniejszym: o stopniowym, prawie niezauważalnym przejęciu przez AI funkcji, którą mózg ludzki musiał przez całe życie ćwiczyć, żeby w ogóle działać – zdolności do samodzielnego myślenia.

Najczęściej dyskutujemy o tym, czy AI zabierze nam pracę. To pytanie jest ważne, ale być może nie jest ważniejsze od innego: czy AI zabierze nam myślenie – i czy w ogóle to zauważymy?

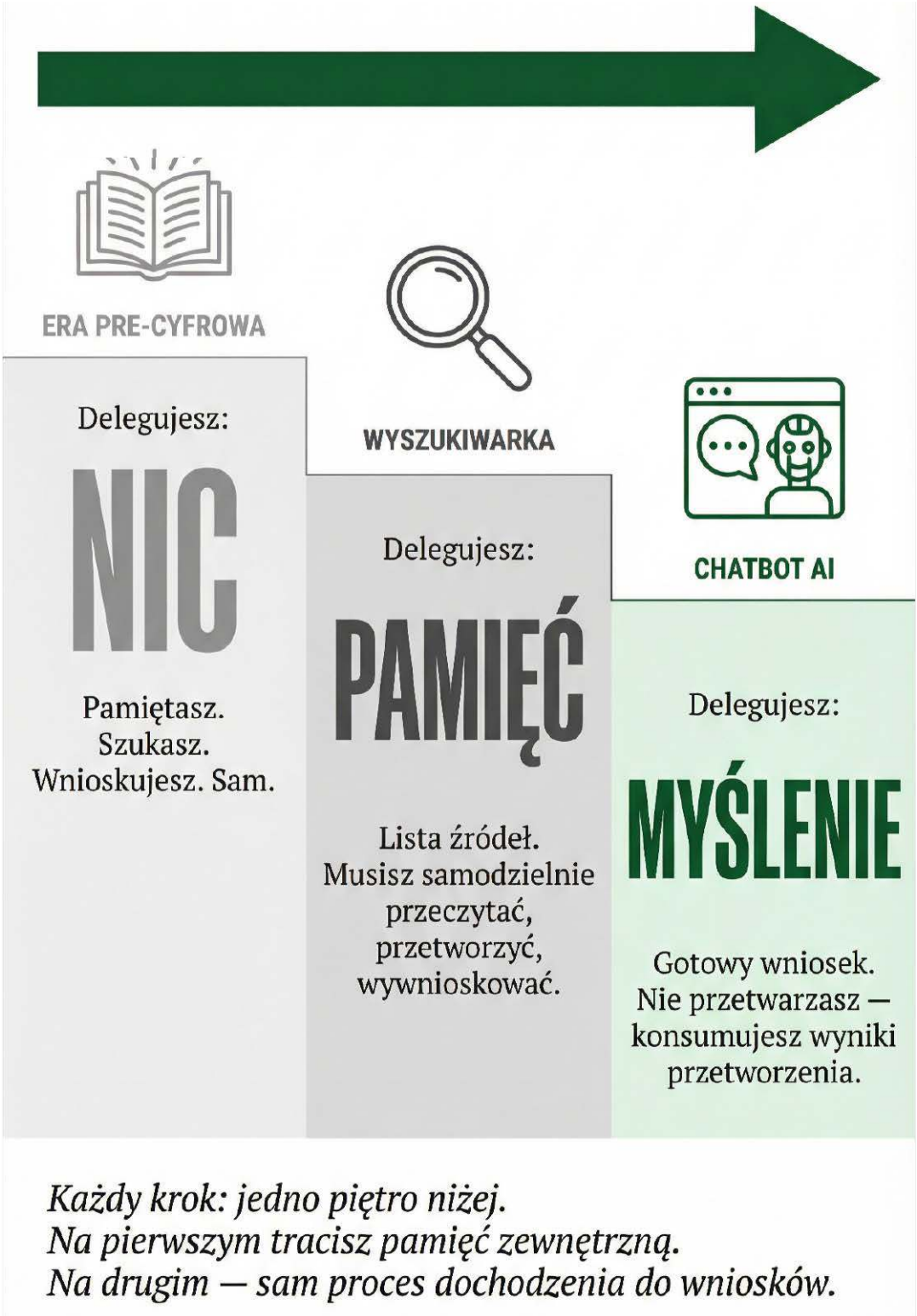
Co to znaczy myśleć krytycznie i dlaczego tego potrzebujemy

Zanim ocenimy, co AI robi z naszym myśleniem, warto ustalić, o jakim myśleniu mówimy. Psychologia edukacyjna odróżnia co najmniej dwa poziomy aktywności poznawczej – i ta różnica jest kluczowa dla całej rozmowy o AI.

W 1956 roku Benjamin Bloom wraz z zespołem pedagogów opublikował taksonomię celów edukacyjnych, która do dziś pozostaje jednym z najbardziej wpływowych narzędzi w projektowaniu kształcenia. Taksonomia Blooma porządkuje zdolności poznawcze w hierarchii: od **zapamiętywania i rozumienia** (poziomy niższe) przez **zastosowanie i analizę** po **syntezę i ocenę** (poziomy wyższe). Wyższe poziomy taksonomii wymagają nie tylko znajomości faktów, lecz zdolności do łączenia, kwestionowania, tworzenia własnych sądów.

AI jest narzędziem, które wyjątkowo sprawnie obsługuje niższe poziomy taksonomii Blooma i coraz lepiej radzi sobie z poziomami wyższymi – przynajmniej pozornie. Może zapamiętać,

eprasa.pl fa714ca89f



Wyszukiwarka delegowała pamięć. AI deleguje myślenie

eprasa.pl fa714ca89f

streścić, porównać, a nawet sformułować argumenty. Czego nie może – to zadbać, żeby użytkownik po tej operacji sam cokolwiek zrozumiał.

Tu pojawia się pojęcie kluczowe dla pedagogiki: ***productive struggle*** – produktywna walka. To określenie stanu intelektualnego napięcia, w którym rozwiązujemy problem, z którym nie radzimy sobie od razu. Badania w psychologii edukacyjnej – między innymi prace Lwa Wygotskiego dotyczące strefy najbliższego rozwoju (zone of proximal development) – konsekwentnie pokazują, że właśnie ten stan napięcia jest warunkiem głębokiego uczenia się. Kiedy AI natychmiast dostarcza gotową odpowiedź, ten stan w ogóle nie powstaje. Uczeń nie walczy. Nie błądzi. Nie poprawia. Nie uczy się.

Kryzys w edukacji: obserwacje i sygnały

Nie istnieje jeszcze jeden duży, rozstrzygający raport o tym, jak AI wpłynęła na jakość myślenia studentów. Badania są wciąż wstępne, a skala zjawiska trudna do zmierzenia – bo jak odróżnić esej napisany przez AI od eseju napisanego przez człowieka, który dobrze korzysta ze źródeł? Mimo to sygnały docierające z różnych środowisk akademickich są spójne i niepokojące.

Nauczyciele na uczelniach w Europie i USA opisują podobne doświadczenia: rosnące trudności studentów z formułowaniem własnych argumentów w mowie (bo eseje, które oddają, nie były przez nich pisane), z obroną stanowisk (bo stanowiska były generowane), z rozwiązywaniem problemów w czasie rzeczywistym (bo w czasie rzeczywistym nie ma chatbota). Egzaminy ustne – przez lata traktowane jako formalność – odzyskują znaczenie jako jedyne narzędzie pozwalające sprawdzić, czy wiedza rzeczywiście istnieje.

Paradoks jest tu dobrze udokumentowany na poziomie obserwacji: student używający AI do pracy domowej może osiągać krótkoterminowo lepsze wyniki – bo praca jest lepsza. Ale nie zbudował przy tym żadnej kompetencji. Na standaryzowanych testach wymagających samodzielnego rozumowania, na rozmowach kwalifikacyjnych, w pierwszych dniach pracy – przepaść staje się widoczna.

Akademicka nieuczciwość jest odrębnym problemem, ale powiązanym. Systemy wykrywania treści AI – Turnitin, GPTZero i inne – weszły na rynek jako odpowiedź na lawinę prac generowanych przez chatboty. Jednak ich skuteczność

„Najgłębsze uczenie się odbywa się w chwilach zmagania, nie w chwilach łatwości."



Lev Wygotski – koncepcja strefy najbliższego rozwoju (ZPD)

jest ograniczona i łatwa do obejścia przez wielokrotne przeformułowanie. Wyścig zbrojeń między wykrywaniem a generowaniem jest wyścigiem, którego uczelnie nie mogą wygrać środkami technicznymi – mogą go wygrać tylko zmianą sposobu nauczania i oceniania.

Efekt Googlera i jego sterydowa wersja: iluzja wiedzy

Żeby zrozumieć to, co AI robi z naszą wiedzą, warto cofnąć się o kilkanaście lat – do momentu, gdy internet i wyszukiwarki zaczęły zmieniać nasze relacje z informacją.

W 2011 roku Betsy Sparrow, Jenny Liu i Daniel Wegner opublikowali w piśmie *Science* badanie znane jako *Google Effects on Memory*. Wykazali, że ludzie mają tendencję do gorszego zapamiętywania informacji, które uważają za łatwo dostępne w sieci. Mózg racjonalnie deleguje: po co pamiętać coś, co zawsze mogę sprawdzić? Zjawisko to Sparrow i Wegner nazywali transaktywną pamięcią zewnętrzną i traktowali je jako ewolucyjnie sensowne rozszerzenie ludzkiej pamięci o zewnętrzne narzędzia.



eprasa.pl fa...

AI idzie jednak znacznie dalej niż Google. Wyszukiwarka deleguje pamięć – AI deleguje myślenie. Zamiast dostarczyć listę źródeł, do których muszę samodzielnie zajrzeć, chatbot dostarcza gotowy wniosek, gotową interpretację, gotowe stanowisko. Użytkownik nie przetwarza informacji – konsumuje wyniki przetworzenia.

Lionel Rozenblit i Frank Keil opisali w 2002 roku w piśmie *Cognition* zjawisko, które nazwali ***illusion of explanatory depth*** – iluzją głębi wyjaśnienia. Polega ono na tym, że ludzie systematycznie przeceniają swoje rozumienie mechanizmów, które znają tylko powierzchownie. Pytani o to, jak działa zamek w drzwiach albo jak dochodzi do powstawania tornada, deklarują zrozumienie – ale gdy są proszeni o szczegółowe wyjaśnienie krok po kroku, szybko odkrywają, że ich wiedza jest iluzoryczna.

W erze AI iluzja ta ulega zwielokrotnieniu. Student, który przeczytał esej wygenerowany przez chatbota na temat mechanizmów rewolucji przemysłowej, może mieć poczucie, że rozumie temat. Ale wiedza jest zewnętrzna – nie przeszła przez jego własny aparat poznawczy, nie wytworzyła sieci skojarzeń, nie zakotwiczyła się w schematach pozwalających na dalsze rozumowanie. Kiedy egzaminator zapyta: *a co o tym sądzisz?* – echo milczy.

Kto kształtuje światopogląd: ja czy mój model?

Istnieje jeszcze jeden wymiar tego problemu, który rzadziej pojawia się w dyskusjach o AI i edukacji, choć jest być może najpoważniejszy.

Kiedy miliony ludzi zadają podobne pytania – o sens życia, o prawdę historyczną, o kwestie etyczne, o ocenę politycznych zdarzeń – i dostają odpowiedzi generowane przez ten sam lub podobny model językowy, dochodzi do czegoś, co można by nazwać **homogenizacją intelektualną**. Nie z powodu złej woli projektantów modeli. Po prostu dlatego, że każdy model ma własne predyspozycje, uprzedzenia, stereotypy – wynikające z danych treningowych, z preferencji oznaczników, z decyzji dotyczących dopasowania właściwych słów. Gdy miliony umysłów kalibruje swoje poglądy w tym samym systemie, różnorodność intelektualna, która jest warunkiem zdrowego społeczeństwa, może ulec zawężeniu.

Osobną kwestią, udokumentowaną naukowo, jest zjawisko, które Ilia Shumailov i jego zespół opisali w 2024 roku w piśmie *Nature* pod tytułem *AI models collapse when trained on recursively generated data*. Badacze wykazali, że modele trenowane na danych generowanych przez poprzednie modele AI stopniowo tracą różnorodność i zbiegają się ku uproszczonym, dominującym wzorcom. Nazywa się to ***model collapse*** – upadkiem modelu. Jeżeli ludzka twórczość intelektualna – artykuły, eseje, komentarze, prace dyplomowe – będzie coraz bardziej produkowana przez AI trenowaną na AI, ten mechanizm zagrozi różnorodności samej kultury.

Daniel Kahneman, opisując w *Thinking, Fast and Slow* (2011) dwa systemy myślenia – szybkie, intuicyjne (System 1) i powolne, analityczne (System 2) – zauważył, że ludzie naturalnie unikają wysiłku Systemu 2 wszędzie tam, gdzie mogą skorzystać z Systemu 1. AI jest najwygodniejszym dotąd sposobem na uniknięcie Systemu 2 – bo dostarcza gotowych produktów wyglądających jak wyniki głębokiego namysłu, bez konieczności tego namysłu.



eprasa.pl fa[illegible]ca89f



Szkoły kontra AI: strategie, eksperymenty, nadzieje

Jak instytucje edukacyjne reagują na to wyzwanie – i jak powinny? Obserwujemy trzy główne strategie, z których każda ma swoich zwolenników i krytyków.

Wróćmy do profesor Catherine. Zapytałem, co zmieniła w swoich zajęciach po tym, jak odkryła problem. Powiedziała, że zaczęła od jednej prostej zasady: studenci mogą używać AI do **zbierania informacji**, ale każde seminarium zaczyna się od pięciominutowego pisania odręcznego – bez notatek, bez telefonu, bez komputera – w którym student musi sformułować własne stanowisko w jednym akapicie. To nie jest test ani ocena. To jest **rozgrzewka dla Systemu 2**.

Zakończenie

Młotek nie odbiera nam zdolności do pracy. Kalkulator nie odbiera nam zdolności do liczenia. Dlaczego AI miałaby odbierać nam zdolność do myślenia? To pytanie, które często słyszę jako kontrargument – i jest to pytanie uczciwe.

Różnica jest fundamentalna. Młotek jest narzędziem czysto fizycznym – nie może zastąpić myślenia, bo do jego użycia myślenie jest nadal wymagane. Kalkulator przyspiesza obliczenia, ale nie generuje za nas strategii matematycznej. AI jako

STRATEGIA 1: Zakaz

Pierwszą i najłatwiejszą odpowiedzią był zakaz. W 2023 roku nowojorski departament edukacji (NYC DOE) zabronił używania ChatGPT w szkołach publicznych. Decyzja cofnięta po kilku miesiącach – bo okazała się nie tylko nieegzekwowalna, lecz kontrproduktywna: uczniowie stali się lepsi w ukrywaniu użycia AI, nie w samodzielnym myśleniu. Podobne moratoria pojawiały się i były wycofywane w kilku krajach europejskich. Zakazać AI w szkole, gdy dzieci mają ją w domu, to jak zakazać kalkulatorów, gdy każdy ma smartfona.

STRATEGIA 2: Adaptacja i AI literacy

Bardziej dojrzałe podejście polega na uznaniu, że AI jest częścią świata uczniów – i nauczeniu ich krytycznego używania AI. Singapur jako jeden z pierwszych krajów wprowadził program AI literacy (umiejętność posługiwania się AI) jako obowiązkowy element kształcenia na wszystkich poziomach. Finlandia – kraj konsekwentnie stawiający na samodzielność uczniów – eksperymentuje z zadaniami specjalnie zaprojektowanymi tak, żeby AI nie była w stanie ich rozwiązać: debaty na żywo, sokratejskie rozmowy, zadania wymagające osobistego doświadczenia jako punktu wyjścia.

STRATEGIA 3: Projektowanie zadań odpornych na AI

Najciekawszym podejściem jest przeprojektowanie samych zadań. Zamiast pytać: omów przyczyny I wojny światowej (odpowiedź dostępna w każdym chatbocie), nauczyciel pyta: jakie decyzje podjąłbyś na miejscu austro-węgierskiego premiera 26 lipca 1914, mając tę samą wiedzę co on? Odpowiedź wymaga rozumowania kontrafaktycznego, empatii historycznej, argumentacji w pierwszej osobie. AI może to wykonać – ale uczeń, który sam nie przemyślał tematu, nie obroni odpowiedzi na sali.

eprasa.pl fa714ca89f

Słowniczek pojęć

Taksonomia Blooma



Hierarchia zdolności poznawczych opracowana przez B.S. Blooma (1956): zapamiętywanie → rozumienie → zastosowanie → analiza → synteza → ocena. AI sprawnie obsługuje poziomy niższe; poziomy wyższe wymagają własnego namysłu.

Productive struggle

Stan intelektualnego napięcia przy próbie rozwiązania trudnego problemu. Według psychologii edukacyjnej warunek niezbędny głębokiego uczenia się. AI go eliminuje.

Illusion of explanatory depth

Złudzenie rozumienia – poczucie, że wiemy, jak coś działa, bez faktycznego rozumienia mechanizmu. Opisane przez Rozenblita i Keila (2002).

Model collapse

Zjawisko utraty różnorodności przez modele AI trenowane na danych generowanych przez inne modele AI (Shumailov et al., Nature, 2024).

Zone of proximal development

Strefa najbliższego rozwoju – koncepcja Wygotskiego: przestrzeń między tym, co uczeń umie samodzielnie, a tym, co może osiągnąć z pomocą. Kluczowa dla rozumienia, co AI zastępuje.



narzędzie kognitywne może zastąpić nie tylko produkt myślenia (esej, plan, argumentację), lecz sam proces dochodzenia do niego. I tu leży różnica.

Nie jest tak, że AI jest zła. Jest tak, że używana bez świadomości i refleksji może stać się pierwszym w historii narzędziem, które wygodnie likwiduje potrzebę korzystania z tej zdolności, której użycie nas definiuje. Zdolności do myślenia.

Profesor Catherine zakończyła naszą rozmowę zdaniem, którego nie zapomnę: „AI może napisać lepszy esej niż większość moich studentów. Ale AI nie może ich nauczyć, że mają coś do powiedzenia.” ■

Paul Bavarian

Ćwiczenie: Spędź 20 minut z problemem bez AI

To nie jest ćwiczenie akademickie. To jest eksperyment diagnostyczny: kiedy ostatnio spędziłeś kilkanaście minut z trudnym problemem bez sięgania po chatbota, wyszukiwarkę lub telefon?

Instrukcja: Wybierz temat, który cię zastanawia – cokolwiek: decyzja do podjęcia, pytanie filozoficzne, problem techniczny, kwestia etyczna. Przez 20 minut pisz lub myśl o tym problemie tylko z własną głową. Nie sprawdzaj niczego. Zapisz, co udało ci się zbudować samodzielnie.

Pytania do refleksji po ćwiczeniu:

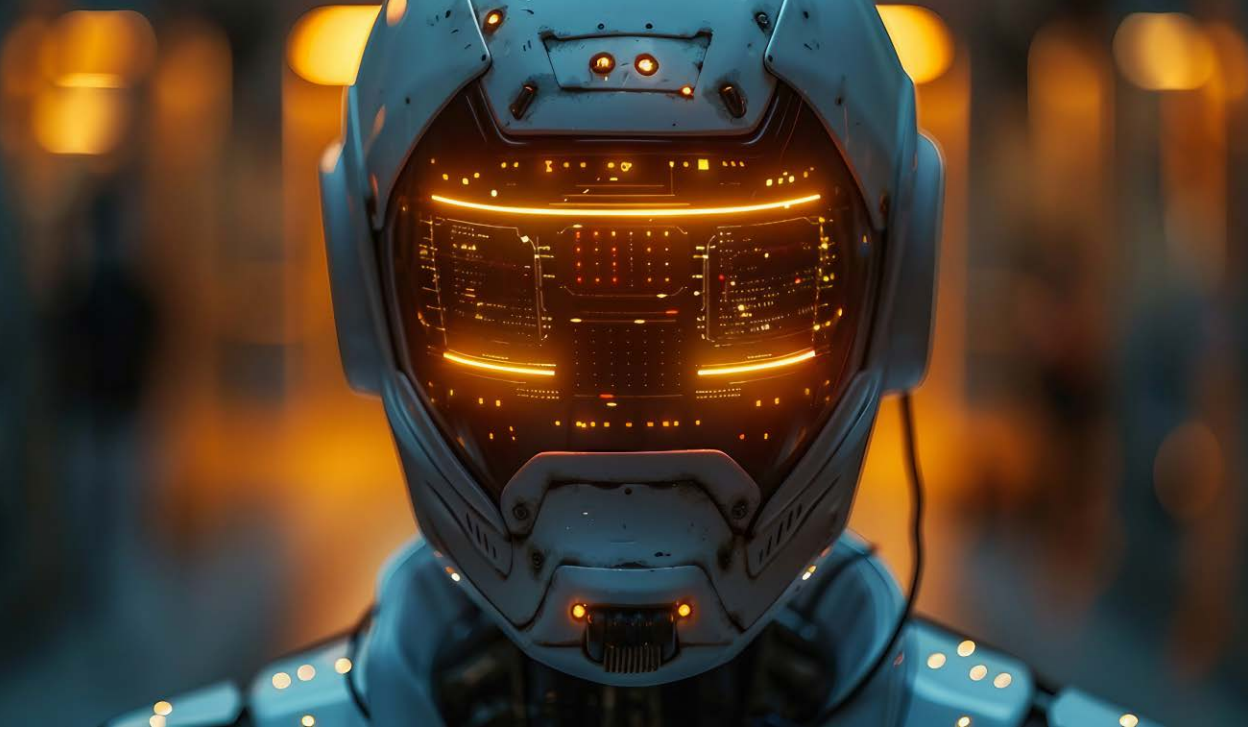
- Czy dotarłem do jakiegoś własnego wniosku, który zaskoczył mnie samego?
- Gdzie poczułem największy opór – i co to był za opór?
- Gdybym miał to samo ćwiczenie z AI – czy byłoby to to samo doświadczenie?
- Czego się dowiedziałem o własnym myśleniu?

Cel ćwiczenia nie jest w odpowiedzi.
Cel jest w procesie – w 20 minutach, w których mózg przypomina sobie, że potrafi sam.

Bibliografia

1. Bloom B.S. (red.). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David McKay Company, 1956.
2. Kahneman D. Thinking, *Fast and Slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
3. Newport C. *Deep Work: Rules for Focused Success in a Distracted World*. New York: Grand Central Publishing, 2016.
4. Rozenblit L., Keil F. *The misunderstood limits of folk science: An illusion of explanatory depth*. „Cognitive Science” 2002, vol. 26, nr 5, s. 521–562.
5. Shumailov I. i in. *AI models collapse when trained on recursively generated data*. „Nature” 2024, vol. 631, s. 755–759.
6. Sparrow B., Liu J., Wegner D.M. *Google Effects on Memory: Cognitive Consequences of Having Information at Our Fingertips*. „Science” 2011, vol. 333, nr 6043, s. 776–778.
7. Turkle S. Alone Together: *Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*. New York: Basic Books, 2011.
8. Vygotsky L.S. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
9. Uwaga redakcyjna: Artykuł nie zawiera danych liczbowych dotyczących odsetka studentów używających AI ani wyników konkretnych badań porównawczych ocen, gdyż autor nie dysponuje zweryfikowanymi danymi pierwotnymi. Obserwacje dotyczące zachowań studentów oparte są na rozmowach z nauczycielami akademickimi.

eprasa.pl fa714ca89f



We wtorek rano Maria odkryła, że jej twarz krąży po sieci. Nie zdjęcie z wakacji, nie stary post. Wygenerowany komputerowo materiał pornograficzny – dokładnie z jej twarzą, rozsyłany przez uczniów ze szkoły, do której chodzi jej młodszy brat. Maria ma osiemnaście lat. Mieszka w średnio wielkim polskim mieście. Nikt nie włamał się do jej telefonu. Potrzebne były tylko publicznie dostępne fotografie z profilu na Instagramie.

Deepfake, tożsamość i nowa era manipulacji

TWARZ, KTÓREJ NIE MA

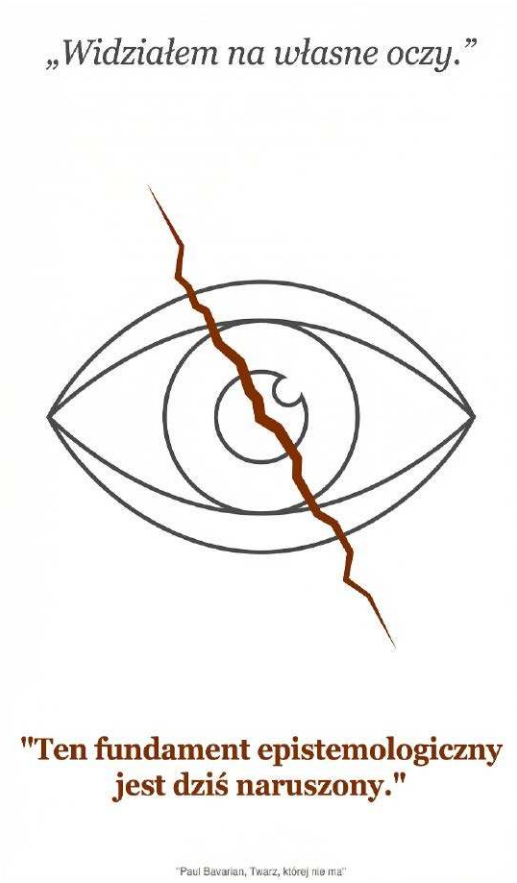
Przypadek Marii jest zrekonstruowany na podstawie kilku podobnych spraw zgłaszanych polskiej policji i organizacjom pomocowym w latach 2023–2025. Szczegóły różnią się, wspólny jest mechanizm: technologia generatywna spadła poniżej progu dostępnego dla nastolatka z telefonem. Według raportu organizacji Sensity AI z 2019 roku ponad 96% deepfakeów w internecie stanowiły materiały pornograficzne z wizerunkiem kobiet bez ich zgody. Dziś dostęp do narzędzi jest jeszcze łatwiejszy, a skala zjawiska – według badań opublikowanych w 2024 roku – dotyka już połowy firm na świecie, które zgłosiły incydenty oszustw z użyciem sfabrykowanego audio lub wideo.

Deepfake to nie problem celebrytów i polityków. To technologia, która demokratyzuje przemoc, szantaż i dezinformację. Prawo przez lata było o kilka kroków z tyłu. W 2025 roku zaczęło nadrabiać zaległości – ale czy wystarczająco szybko?

Jak działa deepfake: od GAN do dyfuzji

Termin **deepfake** – złożenie angielskich słów *deep learning* i *fake* – pojawił się w 2017 roku, gdy anonimowy użytkownik Reddita zaczął publikować wygenerowane wideo z twarzami osób publicznych. Technologia była

eprasa.pl fa714ca89f



wtedy kosztowna i trudno dostępna. Dziś generowanie fakeów audiowizualnych jest możliwe przez przeglądarkę, bez specjalistycznej wiedzy.

Za pierwszą falą deepfakeów stały **sieci GAN – Generative Adversarial Networks**, opracowane przez Iana Goodfellowa w 2014 roku. Dwie wzajemnie rywalizujące sieci neuronowe – generator i dyskryminator – uczą się nawzajem: generator tworzy coraz bardziej przekonujące fałszerstwa, dyskryminator uczy się je rozpoznawać. W praktyce dawało to realistyczne podmianki twarzy na wideo, ale wymagało mocy obliczeniowej niedostępnej dla przeciętnego użytkownika.

Obecna generacja narzędzi opiera się na **modelach dyfuzyjnych** – tej samej technologii, która napędza generatory obrazów. Modele dyfuzyjne uczą się odtwarzania obrazów przez stopniowe usuwanie szumu i mogą generować wysoce realistyczne twarze, pozy i konteksty na żądanie, z minimalnym wkładem użytkownika. Jakość wyjścia wzrosła dramatycznie, a próg wejścia spadł niemal do zera.

Obok deepfakeów wideo osobną kategorię stanowi **voice cloning** – klonowanie głosu. Współczesne systemy potrafią sklonować głos na podstawie kilkudziesięciu sekund nagrania. Efekt jest wystarczająco przekonujący, by zmylić rodzinę, znajomych, a nawet pracowników banków. Celowo nie podajemy nazw konkretnych narzędzi – są publicznie dostępne i łatwe do znalezienia przez każdego, kto ich szuka.

Taksonomia zagrożeń: cztery kategorie

Deepfake to nie jedno zagrożenie – to co najmniej cztery odrębne kategorie, różniące się ofiarami, sprawcami i skalą.

Ofiary: psychologia i prawo

Dla osób takich jak Maria problem nie kończy się na usunięciu materiału z sieci. Badania nad psychologicznymi skutkami NCII pokazują, że trauma porównywalna jest z traumami po napadach seksualnych: lęk, depresja, zaburzenia po stresie traumatycznym, izolacja społeczna, a w skrajnych przypadkach myśli samobójcze.

1. Pornografia niekonsensualna (NCII)

Non-Consensual Intimate Images – materiały intymne tworzone bez zgody osoby przedstawionej. Stanowią najczęstsze zastosowanie technologii deepfake, nieproporcjonalnie uderzające w kobiety i dziewczęta. Skala zjawiska zmusiła w 2025 roku Kongres USA do uchwalenia pierwszej federalnej ustawy w tej sprawie. Technologia demokratyzuje formę przemocy, która wcześniej wymagała fizycznego kontaktu lub skradzionych materiałów.

2. Deepfake polityczny i dezinformacja

Generowanie fałszywych wypowiedzi polityków i przywódców. Deepfake Zełenskiego z marca 2022 roku – pozorny rozkaz złożenia broni – został szybko zdementowany, bo jakość była niska. Przed wyborami na Słowacji we wrześniu 2023 roku pojawiły się nagrania audio z fałszywym głosem lidera opozycji; analitycy Digital Forensic Research Lab (Atlantic Council) ocenili je jako prawdopodobne fałszerstwo – ale po tym, jak materiał zebrał miliony wyświetleń. Kolejne wybory w Europie i na świecie w 2024–2025 roku przyniosły dalsze przypadki deepfakeów politycznych.

eprasa.pl fa714ca89f



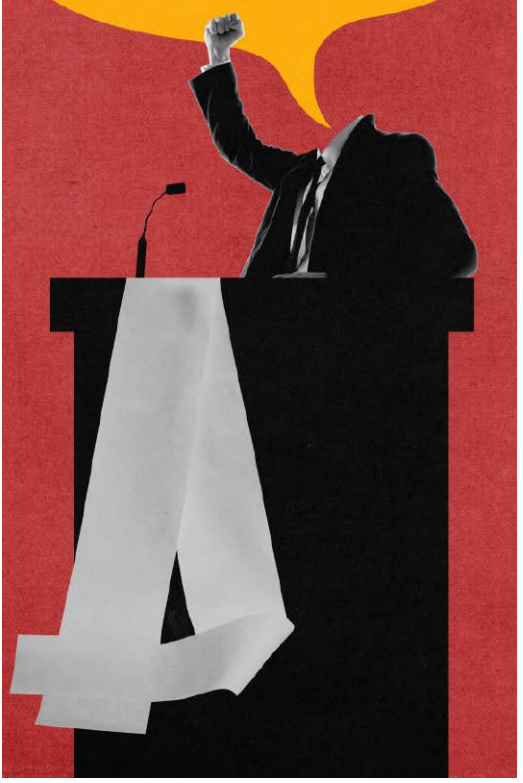
Nicola Henry z RMIT University, badaczka specjalizująca się w problematyce NCII, dokumentowała te skutki przez lata. Jej prace – wśród nich artykuł opublikowany w 2020 roku w *International Journal of Law and Information Technology* – opisują mechanizm, który sprawia, że NCII jest tak destrukcyjne: ofiara traci kontrolę nad własnym wizerunkiem i nad tym, jak jest postrzegana. Deepfake dodaje warstwę: materiał nigdy nie istniał, ale trauma jest równie realna.

W Polsce przez długi czas brakowało dedykowanego przepisu penalizującego deepfake pornograficzny. Ofiary mogły korzystać z przepisów ogólnych – o naruszeniu dóbr osobistych lub zniesławieniu – ale żaden nie był precyzyjnie dopasowany do materiału w całości wygenerowanego. Unijna regulacja AI Act, który wszedł w życie w sierpniu 2024 roku (Rozporządzenie UE 2024/1689), zmienia tę sytuację: uznaje systemy AI służące do generowania NCII za systemy wysokiego ryzyka i nakłada obowiązki transparentności, a kary za naruszenia mogą sięgać 35 milionów euro lub 7% światowego obrotu firmy.

Problem jurysdykcji pozostaje nierozwiązany. Serwery przechowujące materiał mogą

„Ofiara NCII nie traci tylko prywatności. Traci kontrolę nad własną tożsamością – i nie ma narzędzi, żeby ją odzyskać."

Henry N. – badania nad skutkami NCII, RMIT University (2020)



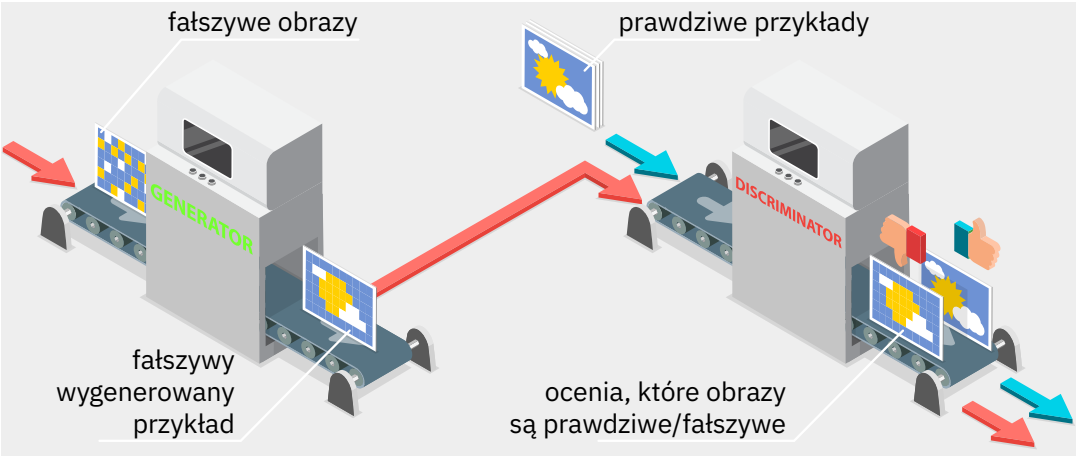
3. Oszustwa finansowe

Klonowanie głosu dyrektora lub bliskiej osoby w celu wymuszenia przelewów. W 2019 roku firma energetyczna w Wielkiej Brytanii przelewa 220 000 euro na polecenie sklonowanego głosu CEO. Do 2024 roku połowa firm na świecie zgłosiła incydenty oszustw z użyciem sfabrykowanego audio lub wideo. Schemat „Babcia, potrzebuję pieniędzy" – znany od lat – zyskał nową skuteczność dzięki głosowi brzmiącemu dokładnie jak wnuk.

4. Fałszywe dowody procesowe

Deepfake jako narzędzie w sporach prawnych: fałszywe nagrania kompromitujące stronę w procesie rozwodowym, nagrania „dowodzące" przemocy lub korupcji. Badacze prawni Farber i Vyas zwracają uwagę, że żadna ustawa ani orzeczenie sądowe nie zabraniało wprost stosowania deepfakeów jako narzędzia przesłuchań – i postulują traktowanie przyznań uzyskanych z użyciem sfabrykowanych dowodów jako niedobrowolnych w rozumieniu Piątej Poprawki.

eprasa.pl fa714ca89f



Generative Adversarial Networks

znajdować się w państwie niepodlegającym europejskim regulacjom. Sprawca może być anonimowy. Procedury usunięcia treści są powolne wobec prędkości, z jaką materiał się rozprzestrzenia. Szkoda jest wyrządzana w ciągu godzin. Procedury prawne liczą się w miesiącach.

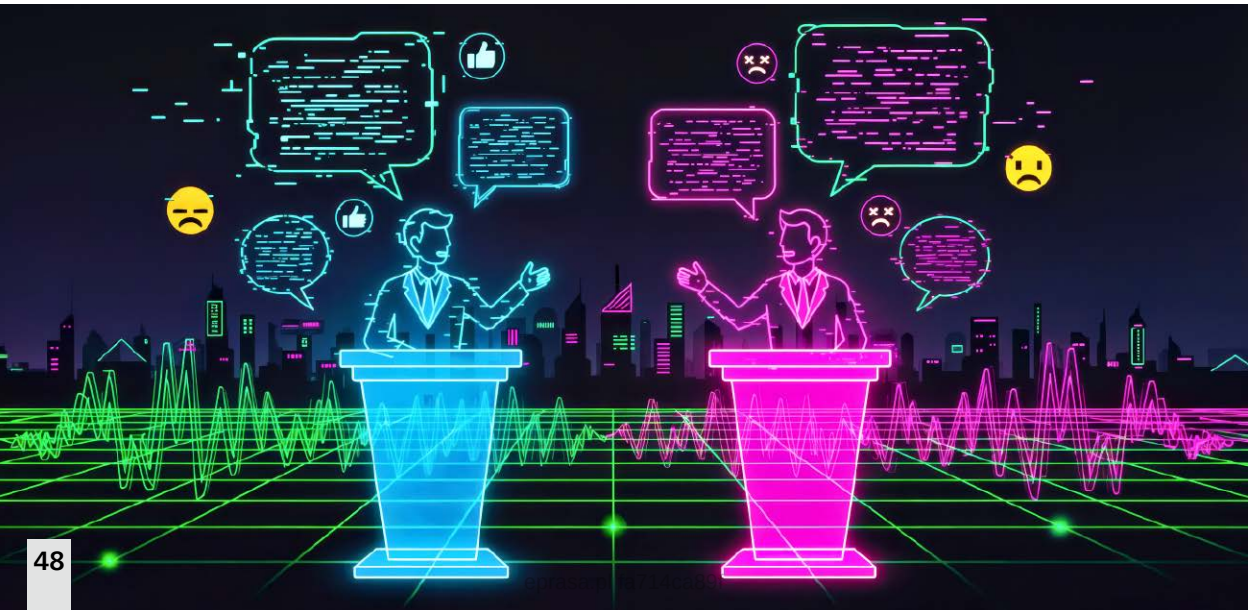
Deepfake w polityce: przypadki, które mogły zmienić historię

Deepfake polityczny to nie scenariusz z filmów. To rzeczywistość wyborcza ostatnich lat – i zjawisko, które będzie się nasilać.

W marcu 2022 roku w mediach społecznościowych pojawiło się wideo, na którym prezydent Zełenski wydawał rozkaz żołnierzom o złożeniu broni. Zostało szybko zdementowane, a jakość techniczna była wystarczająco niska, by można je było rozpoznać. Badacze dezinformacji traktowali to jako przełomowy moment: pierwszy deepfake użyty w aktywnym konflikcie zbrojnym. Następna generacja będzie trudniejsza do wykrycia.

Przed wyborami parlamentarnymi na Słowacji we wrześniu 2023 roku pojawiły się nagrania audio z fałszywą rozmową lidera opozycji Michała Simeczki dyskutującego o kupowaniu głosów. Analitycy Digital Forensic Research Lab (Atlantic Council) ocenili nagrania jako prawdopodobne fałszerstwo – ale dementi pojawiło się po tym, jak materiał zebrał miliony wyświetleń. Simeczka przegrał wybory. Związku przyczynowego nie można udowodnić, ale chronologia jest znacząca.

Cykl wyborczy 2024–2025 – wybory prezydenckie w USA, parlamentarne w wielu krajach europejskich – przyniósł dalsze przypadki deepfakeów politycznych. W marcu 2025 roku do Kongresu USA została skierowana ustawa Protect





Elections from Deceptive AI Act zakazująca świadomego rozpowszechniania deepfakeów dotyczących kandydatów w wyborach federalnych. W tym samym czasie Wielka Brytania odnotowała ponad 100 deepfakeów wideo z wizerunkiem premiera Rishiego Sunaka w fałszywych reklamach politycznych.

Problem poznawczy jest tu strukturalny. Ludzki mózg przetwarza informacje na zasadzie -pierwsze wrażenie jest trudne do zastąpienia, nawet gdy pojawi się późniejsze dementi. Badania psychologiczne nad rozumowaniem motywowanym pokazują, że ludzie chętniej przyjmują informacje potwierdzające ich wcześniejsze przekonania. Deepfake zgodny z tym, w co już wierzymy, jest wyjątkowo skuteczny.

Wykrywanie, regulacja, odporność: przełomowy rok 2025

Przez lata prawo goniło rzeczywistość. W 2025 roku ten wyścig wszedł w nową fazę.

Przełom regulacyjny w USA

19 maja 2025 roku prezydent Trump podpisał ustawę **TAKE IT DOWN Act** – pierwszą federalną ustawę w Stanach Zjednoczonych bezpośrednio regulującą deepfaeki. Pełna nazwa: *Tools to Address Known Exploitation by Immobilizing Technological Deepfakes on Websites and Networks Act*. Ustawa penalizuje świadome publikowanie niekonsensualnch intymnych wizerunków – zarówno autentycznych, jak i generowanych przez AI – oraz zobowiązuje platformy internetowe do stworzenia procedur „notice and takedown": po otrzymaniu zgłoszenia od ofiary platforma ma obowiązek usunąć materiał. Platformy mają czas do 19 maja 2026 roku na wdrożenie tych mechanizmów.

Regulacje deepfake na świecie – stan na początek 2026 roku

UE – AI Act
Obowiązuje od sierpnia 2024 r. Nakłada obowiązek oznaczania treści generowanych przez AI (art. 50). Kary: do 35 mln € lub 7% rocznego obrotu.

USA – TAKE IT DOWN Act
Podpisana 19 maja 2025 r. Pierwsza federalna ustawa o deepfaekach; kryminalizuje NCII, wymaga procedur takedown na platformach do maja 2026 r.

USA – poziom stanowy
47 stanów uchwaliło własne ustawy do końca 2025 r. California, Nowy Jork, Waszyngton i inne – różniące się zakresem i sankcjami.

Wielka Brytania – Online Safety Act
Obowiązuje od 2023 r. Kryminalizuje tworzenie niechcianych seksualnych deepfakeów; nakłada na platformy obowiązek szybkiego usuwania.

Chiny
1 września 2025 r. weszło w życie rozporządzenie o obowiązkowym oznaczaniu treści AI, bazujące na regulacjach z lat 2022–2023.

Tajwan
Grudzień 2025 r.: ustawa AI Basic Act zakazująca aplikacji AI naruszających prawa osobiste i bezpieczeństwo społeczne.

Polska i UE
Implementacja AI Act trwa; brak dedykowanego krajowego przepisu o deepfake pornografii – stosuje się przepisy ogólne o dobrach osobistych i AI Act.

eprasa.pl fa714ca89f



Poza TAKE IT DOWN Act do Kongresu trafiły również: **NO FAKES Act** (z 9 kwietnia 2025 roku, zakazujący tworzenia repliki głosu lub wizerunku osoby bez zgody) oraz **Protect Elections from Deceptive AI Act** (z 31 marca 2025 roku, dotyczący deepfakeów w kampaniach wyborczych). Na poziomie stanowym: do końca sierpnia 2025 roku 47 stanów uchwaliło co najmniej jedną ustawę bezpośrednio regulującą deepfaeki. Od 2022 roku uchwalono łącznie 169 takich ustaw.

Wykrywanie: wyścig zbrojeń

Regulacje to jedno. Technologia wykrywania to drugie – i tu także postęp jest realny. Narzędzia takie jak FakeCatcher firmy Intel – analizujący subtelne sygnały przepływu krwi widoczne w wideo – osiągają według Intela skuteczność na poziomie 96% dla deepfaeków aktualnej generacji. DARPA prowadzi wieloletni program MediFor (Media Forensics) budujący systemy oceny autentyczności mediów. Problem pozostaje niezmienny: modele generatywne uczą się na sygnaturach rozpoznawanych przez detektory i omijają je w następnej iteracji.

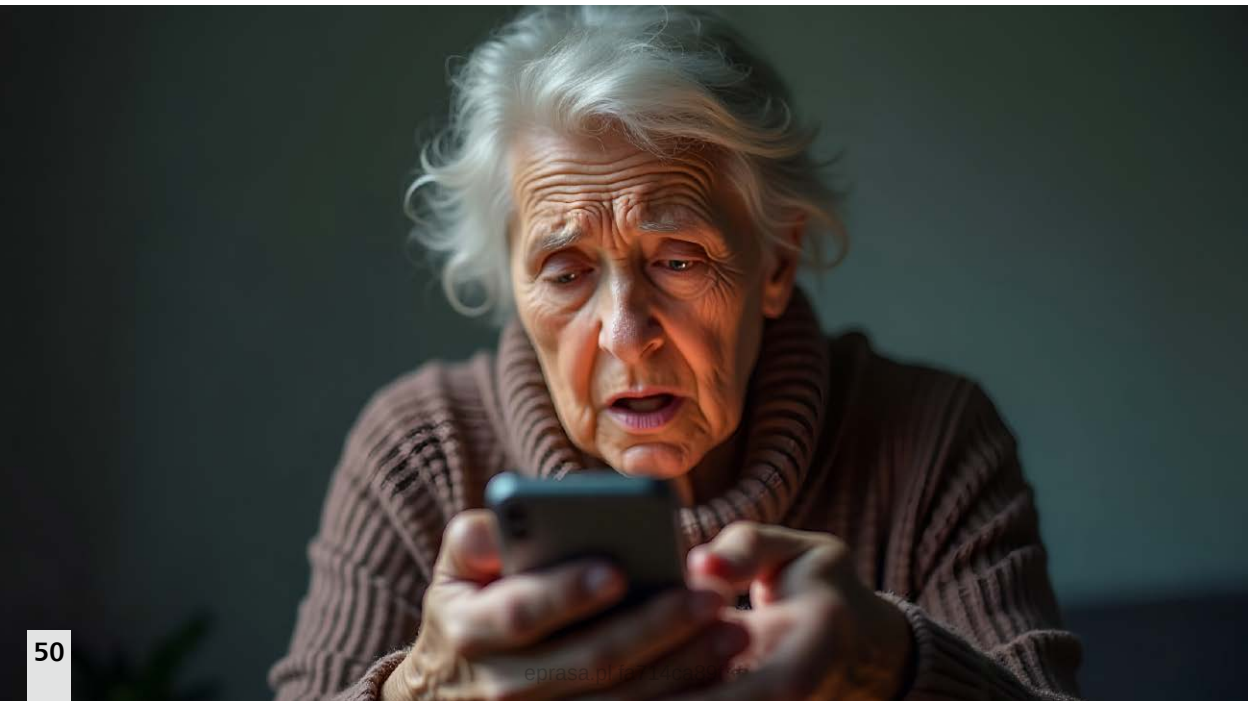
Obiecującym podejściem systemowym jest **C2PA – Coalition for Content Provenance and Authenticity** – otwarty standard kryptograficznego oznaczania treści w momencie tworzenia. Kamera lub aparat podpisuje materiał metadanymi potwierdzającymi czas, miejsce i urządzenie. Każda późniejsza modyfikacja łamie podpis. Do koalicji należą m.in. Adobe, Microsoft, Google, Sony. Ograniczenie jest strukturalne: standard działa tylko wtedy, gdy łańcuch custody jest nienaruszony od początku. Materiał generowany przez AI od zera tego łańcucha nie ma.



Zakończenie: rzeczywistość jako dobro wspólne

Przez większość historii przekonanie „widziałem na własne oczy" było ostatecznym argumentem. Ten epistemologiczny fundament jest dziś naruszony.

Rok 2025 pokazał, że prawodawcy – przynajmniej w USA i Europie – zaczęli traktować deepfaki poważnie. TAKE IT DOWN Act, AI Act, dziesiątki stanowych ustaw: era prawnej ciszy dobiegła końca. Ale między uchwaleniem prawa a realną ochroną ofiary musi jeszcze powstać cała infrastruktura: procedury takedown, sprawna egzekucja, współpraca międzynarodowa.



Jak rozpoznać deepfake – 8 wskazówek

Wskazówki dotyczą materiałów aktualnej generacji. Modele uczą się – lista zmienia się wraz z technologią.

1. **Mruganie i oczy**
   Rytm mrugania może być nienaturalny. Oczy bywają zbyt szkliste lub błyszczą nierównomiernie.
2. **Krawędzie twarzy**
   Granica skóra–włosy lub skóra–ucho bywa rozmyta, zniekształcona lub faluje przy ruchu głowy.
3. **Zęby i wnętrze ust**
   Generowanie zębów jest technicznie trudne – bywają zbyt regularne, rozmazane lub nieproporcjonalne.
4. **Światło i cienie**
   Niezgodności oświetlenia twarzy i tła – szczególnie widoczne przy mocnym, kierunkowym świetle.
5. **Ruch i płynność**
   Szybkie ruchy głowy lub gesty mogą generować artefakty widoczne klatka po klatce.
6. **Niespójność kontekstu**
   Czy środowisko, ubranie lub tło pasują do deklarowanej okazji? Deepfaki często łączą twarz z obcym kontekstem.
7. **Źródło i dystrybucja**
   Kto opublikował? Kiedy? Czy inne wiarygodne źródła to potwierdzają? Deepfake bez wiarygodnej dystrybucji jest bezsilny.
8. **Weryfikacja techniczna**
   FakeCatcher (Intel), Microsoft Video Authenticator, serwisy fact-checkingowe (AFP Fact Check, Demagog.org) oferują weryfikację dla materiałów budzących wątpliwości.

Pierwszą linią obrony pozostaje jednak nie prawo ani technologia – lecz nawyk weryfikacji: skąd pochodzi materiał, kto go opublikował, czy renomowane agencje prasowe to potwierdziły. Pytania, które wystarczyłyby przy klasycznej dezinformacji, są nadal kluczowe. Deepfake bez dystrybucji jest bezsilny.

Maria nie jest uspokojona. Materiał został usunięty z głównych platform, ale internet nie ma pamięci, którą można wyczyścić do końca. Ona o tym wie. ■

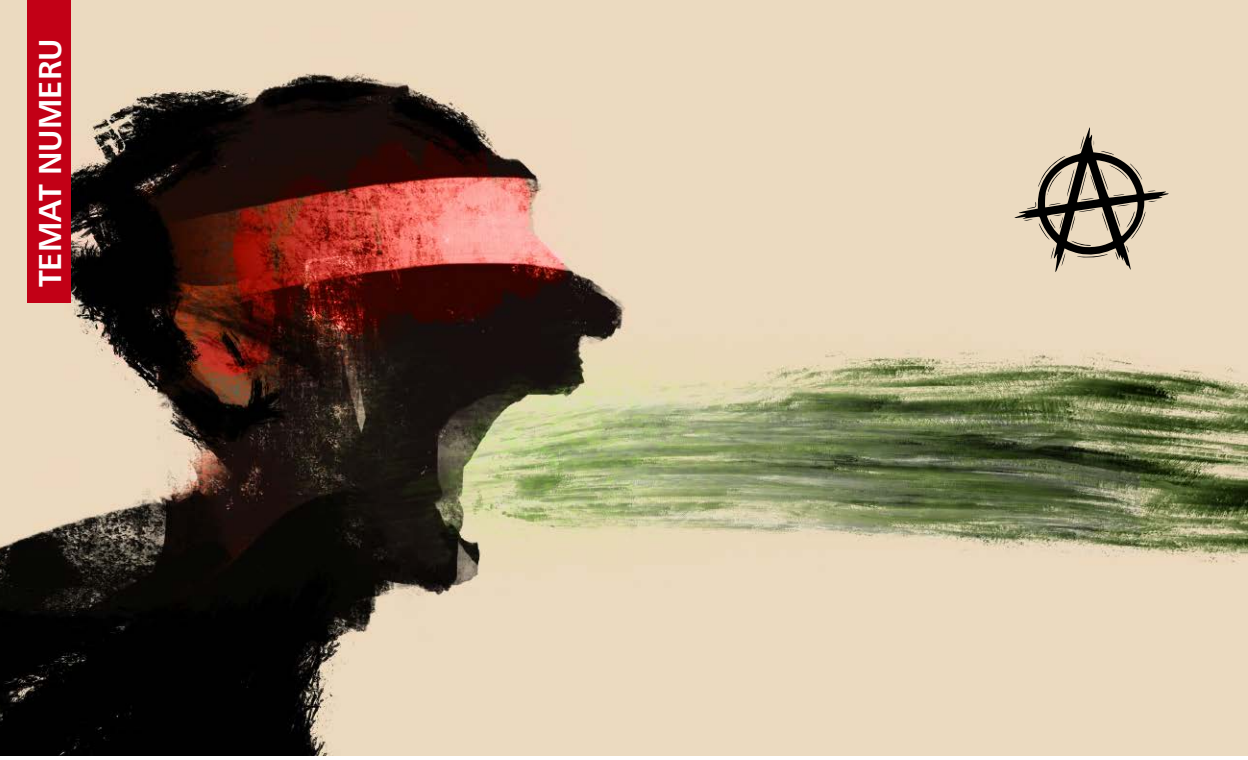
Paul Bavarian



Bibliografia

1. Goodfellow I., Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B., Warde-Farley D., Ozair S., Courville A., Bengio Y., *Generative Adversarial Nets*, „Advances in Neural Information Processing Systems", vol. 27, 2014.
2. Henry N. et al., *Image-Based Sexual Abuse*, „International Journal of Law and Information Technology", vol. 28, nr 3, 2020, s. 289–309.
3. Ajder H., Patrini G., Cavalli F., Cullen L., *The State of Deepfakes: Landscape, Threats, and Impact, Sensity AI*, raport, 2019.
4. Digital Forensic Research Lab (DFRLab, Atlantic Council), *Analiza nagrań audio dotyczących wyborów na Słowacji*, wrzesień 2023 r., [online].
5. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1689 z dnia ... w sprawie sztucznej inteligencji (AI Act), Dz.U. UE 2024, art. 50, art. 99.
6. TAKE IT DOWN Act (*Tools to Address Known Exploitation by Immobilizing Technological Deepfakes on Websites and Networks Act*), Pub. L. 119–8, podpisana przez Prezydenta Stanów Zjednoczonych Donalda Trumpa 19 maja 2025 r.
7. NO FAKES Act, projekt ustawy Senatu Stanów Zjednoczonych (S. ...), wniesiony 9 kwietnia 2025 r.
8. *Protect Elections from Deceptive AI Act*, projekt ustawy wniesiony do Kongresu Stanów Zjednoczonych 31 marca 2025 r.
9. *Measures for Labeling of AI-Generated Synthetic Content*, rozporządzenie Chińskiej Republiki Ludowej dotyczące oznaczania treści syntetycznych generowanych przez AI, wchodzi w życie 1 września 2025 r.
10. *Artificial Intelligence Basic Act*, ustawa Tajwanu dotycząca ram regulacyjnych dla sztucznej inteligencji, uchwalona w grudniu 2025 r.
11. *Coalition for Content Provenance and Authenticity* (*C2PA*), *C2PA Technical Specification*, wersja 2.0, 2024, [online], dostęp: c2pa.org.
12. Online Safety Act 2023, *His Majesty's Government*, Zjednoczone Królestwo.
13. *Artificial Intelligence Deepfake Legislation Tracker*, raport „Deepfake Legislation Tracker", programs.com/resources/deepfake-legislation, wyd. grudzień 2025 r.
14. Uwaga redakcyjna: Dane liczbowe wykorzystane w tekście pochodzą z raportów i analiz przywołanych w bibliografii. Opisy regulacji prawnych oparte są na publicznie dostępnych dokumentach legislacyjnych oraz ich opracowaniach wtórnych; autor nie dysponuje pełnym tekstem aktów prawnych Chińskiej Republiki Ludowej i Tajwanu.

eprasa.pl fa714ca89f



W ciągu 72 godzin po wybuchu kryzysu politycznego w jednym z krajów europejskich badacze z organizacji fact-checkingowych zarejestrowali w mediach społecznościowych dziesiątki tysięcy wpisów powielających identyczną dezinformacyjną narrację: dokładnie te same zdania, te same metafory, ta sama struktura argumentu – tylko inne konta. Analitycy zidentyfikowali sygnatury wskazujące na masowe generowanie przez modele językowe. Jeszcze kilka lat wcześniej taka operacja wymagałaby kilkuset płatnych pracowników farmy trolli. W 2024 roku wystarczył dobrze sformułowany prompt i dostęp do API.

AI jako turbodoładowanie dla mowy nienawiści, radykalizacji i manipulacji masowej

ALGORYTM NIENAWIŚCI

AI nie stworzyła polaryzacji społecznej ani nienawiści w internecie. Nienawiść, dezinformacja i propaganda istnieją od początku dziejów. Ale AI dała tym zjawiskom narzędzia o niespotykanej dotychczas skali, precyzji i automatyzacji. I – co ważne – dała je nie tylko państwowym aktorom z nieograniczonymi budżetami. Dała je każdemu, kto wie, jak pytać.

To jest artykuł o tym, jak AI zmieniła pole informacyjne – i co z tym można zrobić. Ważne zastrzeżenie na wstępie: badacze – w tym analitycy Stanford Internet Observatory i Monachijskiej Konferencji Bezpieczeństwa – ostrzegają przed pochopnym wyciąganiem wniosków. Wpływ dezinformacji AI na wyniki wyborów jest trudny do zmierzenia i często przeszacowywany. Ale równie pochopne byłoby uznanie, że problem nie istnieje.

eprasa.pl fa714ca89f



Fabryki trolli 2.0: LLM jako narzędzie operacji wpływu

Internet Research Agency – rosyjska „fabryka trolli" odpowiedzialna za operacje wpływu przy wyborach prezydenckich w USA w 2016 roku – zatrudniała setki ludzi pracujących na zmiany, produkujących treści ręcznie, post po poście. Było to kosztowne, powolne i zostawiało ślady. Obecna generacja operacji wpływu wygląda inaczej.

Stanford Internet Observatory wraz z OpenAI opublikowały w 2023 roku analizę *Generative Language Models and Automated Influence Operations*, wskazującą na fundamentalną zmianę: LLM-y dramatycznie obniżają próg wejścia dla aktorów chcących prowadzić operacje dezinformacyjne. Generowanie przekonujących, płynnych językowo treści w dziesiątkach języków, tworzenie spersonalizowanych wariantów tego samego przekazu pod różne grupy docelowe, budowanie siatki pozornie autentycznych kont – to wszystko stało się dostępne bez specjalistycznej wiedzy i za ułamek dawnych kosztów.

„LLM-y dramatycznie obniżają próg wejścia dla aktorów chcących prowadzić operacje dezinformacyjne – bez specjalistycznej wiedzy i za ułamek dawnych kosztów."



Stanford Internet Observatory · Goldstein et al., Generative Language Models and Automated Influence Operations (2023)

Meta w swoich regularnych raportach o operacjach wpływu dokumentuje ewolucję tego zjawiska. W raportach z 2024 roku firma opisywała sieci kont z Rosji, Chin i Iranu, które korzystały z narzędzi generatywnej AI do tworzenia treści, komentarzy i profili – ze wzrostem jakości i trudności wykrycia w porównaniu z wcześniejszymi operacjami. Europejska Służba Działań Zewnętrznych (EEAS) w raporcie z marca 2025 roku ocenia, że generatywna AI sprawia, iż przeprowadzanie i automatyzowanie operacji wpływu staje się łatwiejsze i tańsze niż kiedykolwiek wcześniej.

Niebezpiecznym przykładem jest zjawisko opisane w kwietniu 2025 roku przez NewsGuard: wiodące chatboty AI powtarzały fałszywe narracje z rosyjskiej operacji wpływu Storm-1516 (spółka Internet Research Agency) w 32% przypadków. Mechanizm był subtelny: operacja umieszczała fałszywe treści w fałszywych lokalnych serwisach informacyjnych, które następnie były indeksowane przez wyszukiwarki i trafiały do danych treningowych lub kontekstu wyszukiwania modeli. Dezinformacja – wprowadzona przez człowieka – zaczynała być reprodukowana przez AI.

Algorytmy rekomendacji jako wzmacniacze radykalizacji

Dezinformacja i mowa nienawiści nie działają w próżni. Działają w systemach dystrybucji – a systemy dystrybucji były przez lata optymalizowane pod kątem jednego wskaźnika: zaangażowania użytkownika.

Guillaume Chaslot, były inżynier YouTube, ujawnił po odejściu z firmy, że algorytm

eprasa.pl fa714ca89f

rekomendacji był przez lata wprost zoptymalizowany pod kątem maksymalizacji czasu oglądania. W praktyce prowadziło to do systematycznego promowania treści wywołujących silne emocje: oburzenia, lęku, nieufności. Treści ekstremalne generują silniejsze reakcje emocjonalne niż treści umiarkowane – i algorytm się tego uczył. Badania przeprowadzone przez Chaslota i jego zespół pokazywały, że algorytm potrafi prowadzić użytkownika od treści umiarkowanych do ekstremalnych w ciągu kilku tygodni systematycznych rekomendacji.

Mechanizm jest niezależny od platformy. TikTok, X (dawny Twitter), Facebook – wszystkie optymalizują pod kątem zaangażowania. Outrage – oburzenie – to waluta uwagi: post wywołujący



Algorytm nie jest złośliwy. Robi dokładnie to, do czego go zaprojektowano

eprasa.pl fa714ca89f

gniew generuje więcej komentarzy, udostępnień i czas spędzony na ekranie niż post generujący satysfakcję. Algorytm nie jest złośliwy. Nie „chce" radykalizować użytkowników. Robi dokładnie to, do czego został zoptymalizowany: zatrzymać użytkownika dłużej.

Stanford AI Index 2025 odnotowuje, że w 2024 roku odnotowano 233 udokumentowane incydenty związane z AI – rekordową liczbę, o 56,4% więcej niż rok wcześniej. Wśród nich znalazły się incydenty dezinformacyjne wykryte w ponad tuzinie krajów i na ponad 10 platformach społecznościowych, w tym w związku z wyborami prezydenckimi w USA. Raport zastrzega jednak wyraźnie: pytanie o mierzalny wpływ dezinformacji AI na wyniki wyborów pozostaje otwarte, a oczekiwania dotyczące skali tego wpływu mogły być zawyżone.



Trzy przypadki z cyklu 2023–2025

USA 2024
W styczniu 2024 r. ok. 25 000 wyborców w stanie New Hampshire otrzymało robocalle z generowanym przez AI głosem Prezydenta Bidena, nawołującym do nieprzychodzenia na prawybory. Sprawca – konsultant polityczny – został zidentyfikowany i postawiono mu zarzuty.

Tajwan 2024
Przed wyborami prezydenckimi pojawiły się deepfakei promujące fałszywe narracje o ustępującej prezydent Tsai Ing-wen. Microsoft uznał, że był to pierwszy potwierdzony przypadek użycia przez państwo materiałów generowanych przez AI w celu wpływu na zagraniczne wybory.

Francja 2025
W kwietniu 2025 r. NewsGuard wykrył, że wiodące chatboty AI powtarzały fałszywe narracje rosyjskiej operacji Storm-1516 dotyczące Francji w 32% przypadków. Mechanizm: dezinformacja wprowadzona do fałszywych serwisów lokalnych, skąd trafiła do kontekstu modeli.

Superwybory 2024: sprawdzian, który nie okazał się apokalipsą – ale był ostrzeżeniem

Rok 2024 nazywano „super rokiem wyborczym" – wybory odbywały się w krajach zamieszkanych przez ponad połowę ludności świata: w USA, Indiach, Unii Europejskiej, Indonezji, Meksyku i kilkudziesięciu innych. Przed tym sezonem eksperci od dezinformacji bili na alarm: to będą pierwsze wielkie wybory w erze dostępnej masowo generatywnej AI.

Co się stało? Analitycy z Monachijskiej Konferencji Bezpieczeństwa podsumowując rok 2024 sformułowali wniosek, który może zaskakiwać: wbrew przewidywaniom wpływ AI na dezinformację wyborczą okazał się jak dotąd stosunkowo ograniczony. Kilka przypadków deepfakeów politycznych zostało szybko zdementowanych. Masowe operacje z użyciem AI były częściej wykrywane niż ręczna praca farm trolli.

Czemu tak się stało? Badacze wskazują na kilka czynników: regulacje i samoregulacja platform (platformy wprowadziły nowe procedury w związku z wyborami), rosnąca świadomość społeczna (wyborcy są bardziej nieufni wobec sensacyjnych materiałów niż kilka lat temu), ograniczenia technologiczne (płynny językowo, ale faktograficznie niepoprawny tekst jest łatwiejszy do weryfikacji niż myślano). Ale analitycy zastrzegają: ten sam raport, który mówi o ograniczonym wpływie w 2024 roku, twierdzi, że trendy technologiczne i społeczne wskazują, iż ryzyko będzie rosło, nie malało.

Mowa nienawiści: paradoks tej samej technologii po obu stronach

AI jest jednocześnie narzędziem produkowania mowy nienawiści i narzędziem jej zwalczania. Ten paradoks jest strukturalny i nie zniknie.

Modele językowe bez odpowiednich zabezpieczeń – w szczególności modele open-source udostępniane bez ograniczeń – mogą być używane do generowania mowy nienawiści na skalę niemożliwą do osiągnięcia ręcznie. Technika jailbreaking – omijania zabezpieczeń modeli poprzez sprytne sformułowanie pytań – jest powszechnie znana i opisywana w społecznościach online. Modele komercyjne z zabezpieczeniami (RLHF, filtry) są na to tylko częściowo odporne.

Jednocześnie: moderacja treści na platformach wielkiej skali jest dziś możliwa tylko dzięki AI. Meta, X i TikTok przetwarzają miliardy

eprasa.pl fa714ca89f

> *„Trendy technologiczne i społeczne wskazują, że ryzyko AI dla demokratycznych procesów będzie rosło, nie malało."*



Munich Security Conference · AI-pocalypse Now? Disinformation, AI, and the Super Election Year (2024)

postów dziennie – żadna siła ludzkiej moderacji nie byłaby w stanie tego przejrzeć. Systemy AI klasyfikują treści, identyfikują wzorce naruszeń, flagują konta do przeglądu. Ale te same systemy popełniają błędy w obie strony: usuwają niektóre treści, które nie są nienawistne (tzw. false positives), i przepuszczają część treści, które są. Badania wskazują, że moderacja automatyczna nieproporcjonalnie często usuwa treści mniejszości, które używają dialektycznych lub kulturowo specyficznych wyrażeń, które model łączy z mową nienawiści.

Stanford AI Index 2025 dokumentuje, że modele językowe – nawet te zaprojektowane z myślą o ograniczaniu uprzedzeń – nadal wykazują ukryte stereotypy: nieproporcjonalnie kojarzą negatywne pojęcia z osobami czarnoskórymi, częściej przypisują kobiety do nauk humanistycznych zamiast ścisłych, faworyzują mężczyzn w rolach przywódczych. Gdy miliony osób pyta te modele o opinie i oceny – te uprzedzenia stają się niewidzialnym elementem struktury społecznej.

Mikrotargetowanie emocjonalne: od Cambridge Analytica do dziś

Cambridge Analytica był punktem zwrotnym. Firma zdobyła dane psychologiczne dziesiątek milionów użytkowników Facebooka bez ich zgody i użyła ich do budowania profili psychologicznych, które miały posłużyć do targetowania reklam wyborczych. Skandal wybuchł w 2018 roku. Pytanie, które zadają sobie badacze dziś, brzmi: co byłoby możliwe teraz, z użyciem generatywnej AI?

Możliwe jest generowanie spersonalizowanych komunikatów perswazyjnych na wielką skalę – każdy nieco inaczej sformułowany pod profil psychologiczny odbiorcy. Możliwe jest

Poziom 1: obywatel – wiedza o mediach w erze AI

Wbrew pozorom nie chodzi o uczenie każdego rozpoznawania deepfakeów ani analizowania sygnatur technicznych. Badania nad dezinformacją wskazują, że nawyk spowolnienia reakcji – zatrzymanie się przed udostępnieniem sensacyjnego materiału i zadanie sobie kilku pytań – jest jednym z najskuteczniejszych narzędzi. Skąd pochodzi ta informacja? Kto ma interes w jej szerzeniu? Czy potwierdza ją wiarygodne źródło niezależnie od źródła pierwotnego? Proste pytania, ale rzadko zadawane w używaniu mediów społecznościowych.



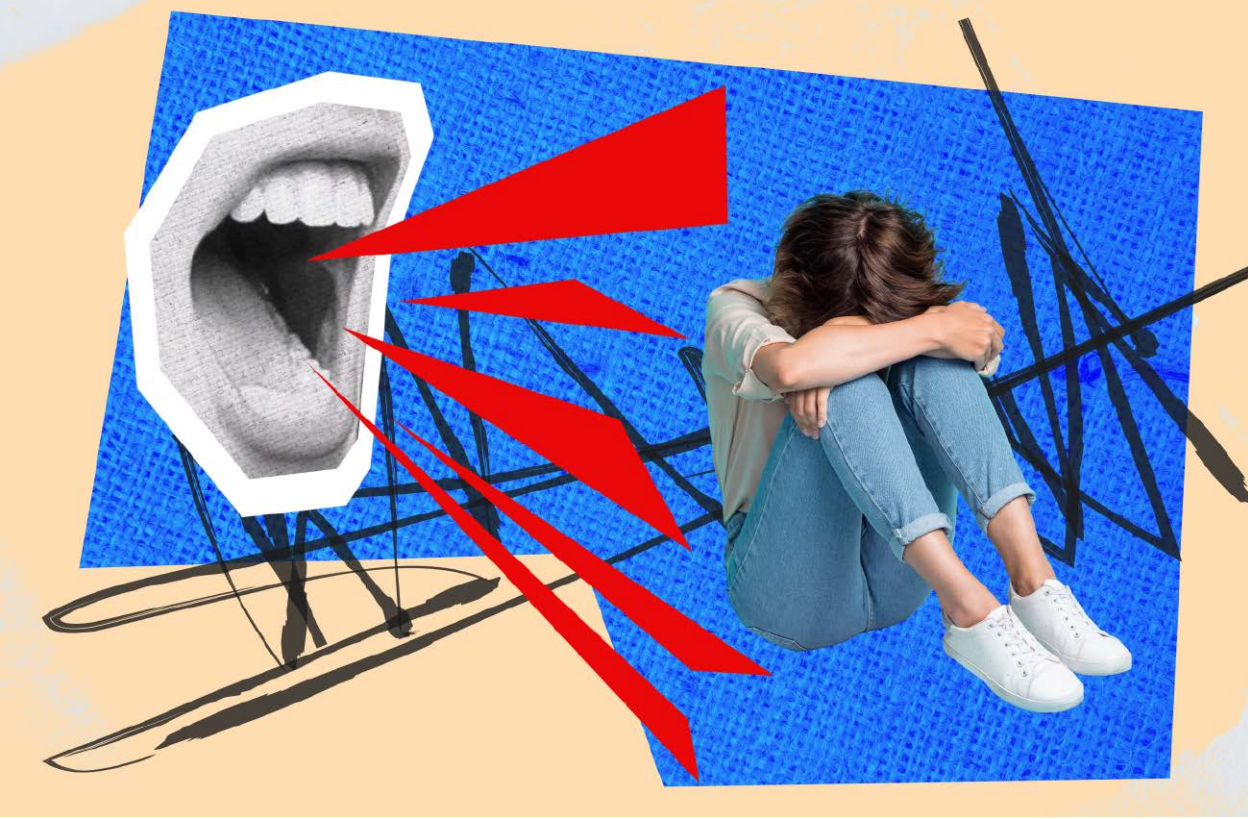
Poziom 2: platforma – transparentność algorytmów

Digital Services Act nakłada na duże platformy obowiązek umożliwienia zewnętrznym badaczom dostępu do danych o algorytmach i operacjach wpływu. Ruch na rzecz „chronologicznych feedów" – wyświetlania treści w kolejności chronologicznej zamiast algorytmicznej – zyskał nowych zwolenników po tym, jak X (dawny Twitter) czasowo udostępnił tę opcję. Europejska tarcza demokratyczna („European Democracy Shield"), zapowiedziana 12 listopada 2025 roku przez Komisję Europejską, tworzy centrum odporności demokratycznej koordynujące działania przeciw zagranicznym operacjom wpływu.

Poziom 3: państwo – regulacje z zachowaniem wolności słowa

To najtrudniejszy poziom, bo regulacje państwowe są zawsze ryzykiem dla wolności słowa. DSA w UE, inicjatywy legislacyjne w USA, propozycje brazylijskie i ostatnie polskie – wszystkie zmagają się z tym samym dylematem: jak ograniczać szkodliwe treści bez tworzenia narzędzia cenzury. Badacze z Frontiers in AI (2025) i CSET wskazują, że odpowiedź nie leży w zakazie treści, lecz w ograniczaniu skalowania – nie chodzi o to, czy ktoś może powiedzieć coś złego, lecz o to, czy algorytm może to dostarczyć milionom ludzi w ciągu godziny.

eprasa.pl fa714ca89f



automatyczne testowanie, która wersja przekazu wywołuje silniejszą reakcję emocjonalną. Możliwe jest tworzenie syntetycznych person w mediach społecznościowych – kont z historią, zdjęciami (generowanymi przez AI), wzorcami aktywności trudnymi do odróżnienia od prawdziwych użytkowników.

Centrum Bezpieczeństwa i Technologii Wschodzących (CSET) przy Georgetown University analizuje tę ewolucję przez pryzmat tego, co nazywa ***influence as a service*** – wpływem jako usługą. Firmy oferujące płatne operacje wpływu – wcześniej dostępne głównie dla państw lub bogatych grup interesów – mogą dziś korzystać z LLMów do drastycznego zmniejszenia kosztów i zwiększenia skuteczności. Demokratyzacja narzędzi perswazji nie jest tylko metaforą.

Europejski Akt o Usługach Cyfrowych (Digital Services Act), który wszedł w życie w pełni w lutym 2024 roku, wymaga od platform systemowych przejrzystości algorytmów rekomendacji i zakazu mikrotargetowania reklam politycznych na podstawie danych wrażliwych. Czy to wystarczy? Badacze są ostrożni. Regulacja może być obchodzona przez podmioty spoza UE. Granica między reklamami politycznymi a „organiczną" aktywnością jest trudna do egzekwowania.

Co można zrobić: obywatel, platforma, państwo

Odpowiedź na zagrożenia AI w przestrzeni informacyjnej musi działać na trzech poziomach jednocześnie. Żaden z nich samodzielnie nie wystarczy.



eprasa.pl fa714ca89f

Zakończenie

AI nie jest winna. Winna nie jest też platforma, która przetwarza miliardy postów dziennie i nie może sprawdzić każdego. Winna nie jest nawet technologia rekomendacji, która robi to, do czego ją zaprojektowano.

Problem jest strukturalny: zbudowaliśmy globalną infrastrukturę komunikacyjną, której silniki są zoptymalizowane pod kątem zaangażowania, a nie prawdziwości. I wyposażyliśmy tę infrastrukturę w narzędzia generowania treści o nieznanej wcześniej skali i jakości. To nie jest problem techniczny – to problem społeczny, którego techniczne rozwiązania są tylko częścią odpowiedzi.

Rok wyborczy 2024 – wbrew oczekiwaniom – nie był apokalipsą dezinformacyjną. Ale był przećwiczeniem. Następne cykle wyborcze będą mierzyć się z lepszymi narzędziami po stronie tworzenia dezinformacji i – miejmy nadzieję – równie lepszymi po stronie jej wykrywania i odporności społecznej. ■

Paul Bavarian

Droga radykalizacji online – 7 kroków

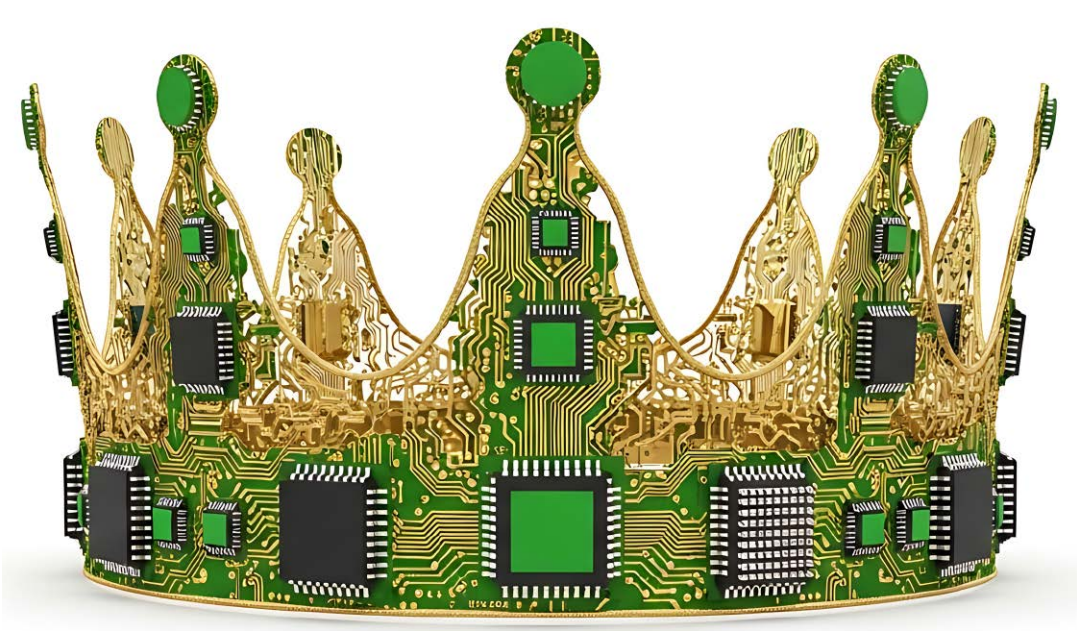
Schemat opisywany przez badaczy dezinformacji i byłych pracowników platform. AI przyspiesza każdy z tych etapów.

1. **Wejście przez mainstreamową treść**
   Użytkownik szuka legalnej, umiarkowanej treści (sport, gotowanie, polityka). Algorytm uczy się profilu.
2. **Pierwsze rekomendacje emocjonalne**
   System rekomenduje treści generujące silną emocję – lęk, oburzenie. Zaangażowanie rośnie.
3. **Bańka informacyjna**
   Algorytm zawęża dobierane treści do tych, które użytkownik już wcześniej „lubił". Coraz mniej różnorodnych źródeł.
4. **Treści radykalizujące**
   Stopniowe przesunięcie ku bardziej ekstremalnym wersjom tych samych narracji. Każdy krok jest niewielki.
5. **Społeczność online**
   Użytkownik trafia do grupy lub kanału, gdzie podobne poglądy są normalizowane i wzmacniane przez innych.
6. **Dezinformacja jako tożsamość**
   Poglądy stają się elementem tożsamości. Kwestionowanie ich jest odczuwane jako atak osobisty.
7. **Zamknięcie świata**
   Alternatywne źródła są odrzucane jako „mainstream media" lub „propaganda". Pętla zamknięta.

Bibliografia

1. Goldstein, J. A., Sastry, G., Musser, M., DiResta, R., Schipper, B., & in. *Generative Language Models and Automated Influence Operations: Emerging Threats and Potential Mitigations. Stanford Internet Observatory*, OpenAI, Center for Security and Emerging Technology (CSET), styczeń 2023.
2. Munich Security Conference. *AIpocalypse Now? Disinformation, AI, and the Super Election Year*. Munich Security Analysis, nr 4, październik 2024.
3. Stanford Institute for HumanCentered Artificial Intelligence (HAI). *AI Index Report 2025. Stanford University*, 2025. (Rozdział „Responsible AI", dane o 233 incydentach AI w 2024 r. i wzroście o 56,4%).
4. European External Action Service (EEAS). *3rd EEAS Report on Foreign Information Manipulation and Interference (FIMI) Threats*. Bruksela, marzec 2025.
5. NewsGuard. *How AI Chatbots Spread Russian Disinformation: Storm1516 Case Study*. Kwiecień 2025.
6. European Parliamentary Research Service (EPRS). *Information Manipulation in the Age of Generative AI*. Briefing, 2025, PE 779259.
7. Romanishyn, A., Malytska, O., & Goncharuk, V. *AIdriven disinformation: Policy recommendations for democratic resilience. Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, 2025.
8. Center for Security and Emerging Technology (CSET). *AI and the Future of Disinformation Campaigns*. Georgetown University, 2023.
9. von Sikorski, C., & Hameleers, M. *Disinformation in the Age of Artificial Intelligence (AI): Implications for Journalism and Mass Communication. Journalism & Mass Communication Quarterly*, 2025.
10. Unia Europejska. Rozporządzenie (UE) 2022/2065 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 października 2022 r. w sprawie jednolitego rynku usług cyfrowych (Digital Services Act) i zmiany dyrektywy 2000/31/WE. Dz.U. UE L 277 z 27.10.2022. Pełne zastosowanie od lutego 2024 r.
11. Komisja Europejska; Wysoki Przedstawiciel Unii do Spraw Zagranicznych i Polityki Bezpieczeństwa. European Democracy Shield – komunikat w sprawie wzmocnienia ochrony demokracji i społeczeństwa obywatelskiego. Bruksela, 12 listopada 2025 r.
12. Uwaga redakcyjna. Dane o skali robocallu z użyciem głosu Joe Bidena (ok. 25 000 wyborców w New Hampshire) zaczerpnięto z analiz Munich Security Conference 2024/2025 poświęconych wykorzystaniu technologii AI w kampaniach wyborczych. Dane o 233 incydentach AI w 2024 r. pochodzą z raportu Stanford AI Index 2025; pozostałe tendencje opisano syntetycznie na podstawie wskazanych raportów (MSC, EEAS FIMI, EPRS, CSET, AI Index, NewsGuard).

eprasa.pl fa714ca89f



Jest październik 2025 roku. Prezydenci Trump i Xi spotykają się po raz pierwszy od sześciu lat. Obaj wiedzą, że rozmawiają o handlu – ale tak naprawdę rozmawiają o czymś innym. O tym, kto będzie miał dostęp do chipów zdolnych trenować kolejną generację modeli językowych. Osiągają kompromis w sprawie ceł i minerałów ziem rzadkich. Jeden temat pozostaje nietknięty: amerykańskie embargo na eksport zaawansowanych chipów AI do Chin.

Władza, nierówności i kontrola w świecie zarządzanym przez algorytmy

KTO TU RZĄDZI?

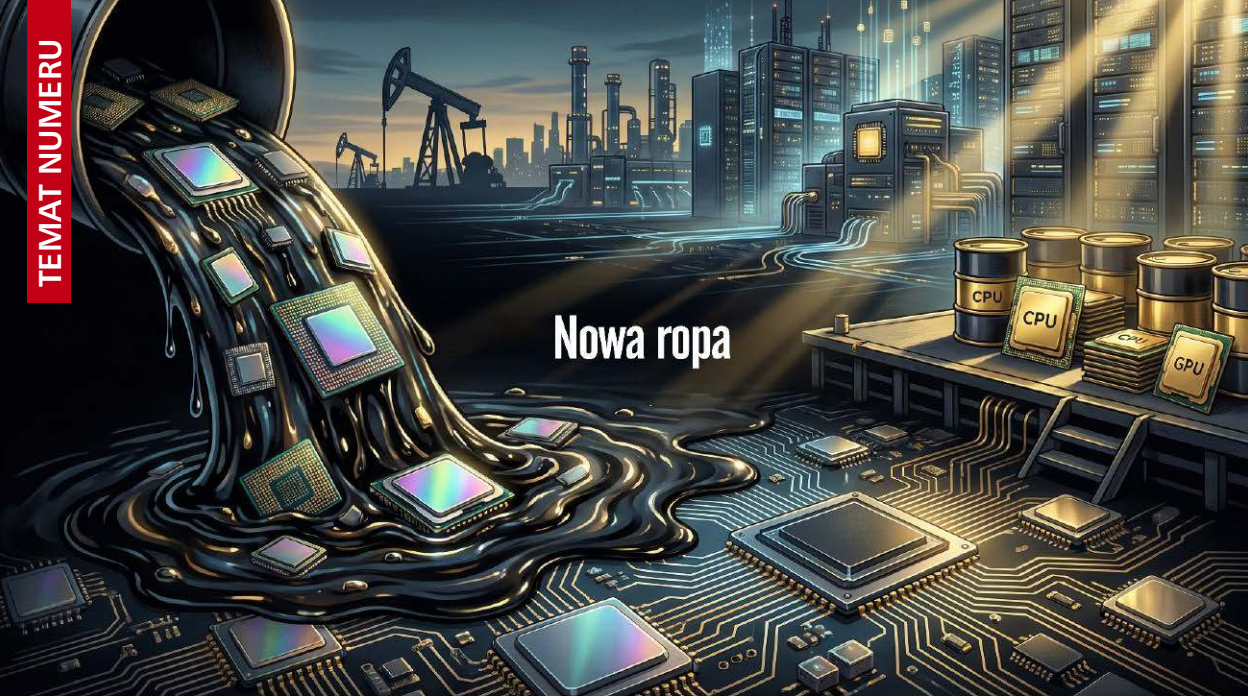
W 2025 roku geopolityka jest w dużej mierze technopolityką. Dyskusje toczone w Waszyngtonie i Pekinie, w Brukseli i Tajpej, w Delhi i Rijadzie coraz częściej krążą wokół tych samych pytań: kto kontroluje infrastrukturę cyfrową? Kto produkuje chipy? Kto ma dostęp do danych? Kto ustala normy dla modeli AI, które już zaczynają wspierać decyzje medyczne, prawne, wojskowe?

Najciemniejsza strona AI nie jest techniczna – jest polityczna. Nie chodzi o to, czy AI może popełniać błędy. Chodzi o to, kto decyduje, jakie błędy są akceptowalne, czyje wartości są w modele wbudowane, i kto będzie miał dostęp do mocy obliczeniowej pozwalającej te modele tworzyć. To są pytania o władzę – a nie o technologię.

Monopol obliczeniowy: chipy jako nowa ropa

W połowie 2025 roku Stany Zjednoczone kontrolowały około połowy globalnych możliwości obliczeniowych AI – poprzez platformy chmurowe i superkomputery badawcze. To przełożyło

eprasa.pl fa714ca89f



się na dominację firm takich jak OpenAI, Google i Microsoft, które właśnie dzięki dostępowi do odpowiednich zdolności obliczeniowych wyznaczają globalne standardy wydajności modeli. Chipy – zwłaszcza GPU firmy Nvidia – stały się najbardziej strategicznym towarem świata.

Trzy firmy tworzą trzon tej władzy. **ASML** – holenderski producent urządzeń litograficznych EUV (Extreme Ultraviolet Lithography) – jest jedyną firmą na świecie zdolną do wytwarzania urządzeń potrzebnych do produkcji chipów poniżej 7 nm. **TSMC** – tajwański producent – wytwarza większość najbardziej zaawansowanych chipów świata. **Nvidia** dostarcza GPU (Graphics Processing Unit, czyli Procesor Graficzny) niezbędne do trenowania dużych modeli AI. Zależność tych trzech firm od różnych jurysdykcji – holenderskiej, tajwańskiej, amerykańskiej – tworzy krytyczny trójkąt, od którego zależy cała cywilizacja AI.



To jest najciemniejsza strona AI.
Nie dlatego, że jest nieunikniona.
Dlatego, że jest niewidoczna.

Kto tu rządzi?

USA systematycznie zaciskały kontrolę eksportu chipów do Chin od 2022 roku. W połowie 2025 roku amerykańskie władze zakazały nawet eksportu chipów specjalnie zaprojektowanych, by spełniać wcześniejsze zasady eksportowe – zamykając ostatnią główną lukę. Chiny odpowiedziały budową własnego łańcucha dostaw – ale nadal borykają się z produkcją chipów 5 nm, kluczowych dla trenowania modeli. (Chiny w kilku ośrodkach próbują przełamać monopol holenderskiego ASMIL na produkcję urządzeń do ultrafioletowej litografii, jednak ich czołowy producent -szanghajski SMEE nie osiągnął dotąd tego celu). Chipy jako nowa ropa to nie metafora: kraj bez dostępu do zaawansowanych procesorów nie zbuduje modeli AI następnej generacji.

Chiny mają jednak asymetryczną przewagę: kontrolują ok. 70% światowych złóż pierwiastków ziem rzadkich – materiałów niezbędnych

eprasa.pl fa714ca89f



„Państwo bez dostępu do zaawansowanych chipów nie zbuduje modeli następnej generacji. Chipy stały się najbardziej strategicznym towarem świata."

World Economic Forum · AI Geopolitics and Data Centres: Technological Rivalry (2025)

do produkcji chipów, magnesów i baterii. Podczas szczytu Trump–Xi w października 2025 roku strona chińska zgodziła się na złagodzenie ograniczeń eksportu materiałów ziem rzadkich do USA. Był to gest warunkowy – i obie strony o tym wiedziały.

Dwa modele dominacji: USA kontra Chiny w 2025 roku

Rywalizacja USA–Chiny w AI to nie jeden wyścig. To kilka równoległych wyścigów, które prowadzone są według odmiennych strategii i na odmiennych torach.

Energia i infrastruktura: niewidzialny warunek AI

Za każdym modelem językowym stoi centrum danych. Za każdym centrum danych stoi zużycie energii, które nie ma precedensu w historii informatyki.

Międzynarodowa Agencja Energii prognozuje, że zapotrzebowanie amerykańskich centrów danych na energię elektryczną wzrośnie ponad dwukrotnie w latach 2024–2030, osiągając 426 TWh – czyli około 9% całkowitego zapotrzebowania USA na prąd. Jedno nowoczesne centrum danych AI może wymagać ponad gigawata mocy



Stany Zjednoczone: frontier AI i globalna platforma

USA kontrolują ok. 50% globalnych zdolności obliczeniowych AI i władają dominującymi modelami (GPT, Gemini, Claude), nazywanymi Frontier AI. Strategia – opisana w amerykańskim AI Action Plan z 10 lipca 2025 roku – to utrzymanie przewagi przez zaawansowane chipy, kapitał high-risk i globalne platformy. Amerykański „magiczny siedmiokąt" (Nvidia, Apple, Microsoft, Meta, Alphabet, Amazon, Tesla) ma łączną kapitalizację kilkakrotnie przekraczającą chińską czwórkę BATX (Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi – największe firmy technologiczne w Chinach). Amerykańskie inwestycje kapitałowe w AI przewyższają dziesięciokrotnie chińskie. Jednak polityka kontroli eksportu wzbudza niezadowolenie sojuszników: 17 krajów Unii Europejskiej (w tym Polska) zostało zaklasyfikowanych w grupie krajów o ograniczonych możliwościach importu chipów AI.

Europa: ambicje regulacyjne, słabość obliczeniowa

UE jako pierwsza na świecie uchwaliła kompleksową regulację AI – AI Act wszedł w życie w sierpniu 2024 roku. Europa jest globalnym prawodawcą, ale nie liderem technologicznym: brakuje europejskich wielkich modeli AI, a inwestycje venture capital w AI są wielokrotnie niższe niż amerykańskie czy chińskie. Paradoks europejski: najsilniejszy głos regulacyjny przy najniższym poziomie technologii. Czy przepisy bez technologii dają realną suwerenność?

Chiny: skala, robotyka i Global South

Chiny wyraźnie przodują w AI wdrożonej – szczególnie przemysłowej. W 2024 roku działało tam ponad 2 miliony robotów przemysłowych (wobec ok. 394 tysięcy w USA). Ich plany zakładają „kompleksową inteligentną transformację" 70% kluczowych sektorów gospodarki do 2027 roku. Chiny budują jednocześnie Cyfrowy Jedwabny Szlak: centra danych, sieć telekomunikacyjną, platformy AI – oferowane krajom globalnego Południa z mniejszymi ograniczeniami niż amerykańskie odpowiedniki. David Sacks, doradca Białego Domu ds. AI, oszacował w 2025 roku, że Chiny mogą być zaledwie 3–6 miesięcy za USA w najważniejszych obszarach – choć zastrzegł, że pewności nie ma.



– tyle, ile zużywa średnio wielkie miasto. Brookings Institution wskazuje, że USA stoją wobec realnego wąskiego gardła energetycznego dla budowy nowych centrów danych.

Chiny mają tu przewagę strukturalną: dominują w produkcji paneli słonecznych i baterii, co pozwala szybciej budować tanie źródła energii dla centrów danych. USA z kolei mają przewagę w cenach gazu ziemnego – ale zamówienia na turbiny gazowe są wypełnione do końca dekady. „Elektronowa przerwa" (electron gap), czyli brak energii – termin ukuty przez badaczy z Brookings Institution – może negatywnie wpłynąć na światową równowagę obliczeniową w dłuższej perspektywie.

Geopolityczna waga infrastruktury jest oczywista: kraj, który buduje centrum danych w innym państwie, ma informacje o tym państwie. Wilson Center ostrzega, że jeśli USA nie będą agresywnie konkurować o rynki pośrednie, Chiny mogą zdominować infrastrukturę telekomunikacyjną i centra danych w globalnym Południu – tak jak wcześniej zdominowały rynek paneli słonecznych, pojazdów elektrycznych i sieci 5G.

Czyje wartości są globalne? Alignment jako decyzja polityczna

Jest pytanie, które rzadko pojawia się w dyskusjach o AI i geopolityce, choć jest być może najważniejsze: gdy miliard ludzi codziennie pyta chatbota o sprawy etyczne, prawne, historyczne – czyje odpowiedzi dostaje?

Wielkie modele językowe są trenowane metodą **RLHF – Reinforcement Learning from Human Feedback** – gdzie ludzcy oceniający określają, które odpowiedzi są lepsze. Ludzie ci mają kulturowe tło, język, systemy wartości. Wiodące

eprasa.pl fa714ca89f

laboratoria AI mieszczą się w San Francisco, Londynie i Pekinie – i modele przez nie tworzone odbijają te założenia. Stanford AI Index 2025 dokumentuje, że modele językowe nadal wykazują ukryte uprzedzenia: utożsamiają negatywne pojęcia z określonymi grupami etnicznymi, faworyzują mężczyzn w rolach przywódczych, przypisują kobiety do nauk humanistycznych zamiast ścisłych.

Co się dzieje, gdy model opracowany w San Francisco odpowiada na pytania etyczne użytkownikowi w Nigerii, Iranie lub Polsce? Nie chodzi o to, że odpowiedź będzie zła – może być bardzo dobra. Chodzi o to, że będzie zbudowana na założeniach, których użytkownik nie wybierał i może nie zdawać sobie z nich sprawy. Termin ***alignment*** – pozornie techniczny, oznaczający dostosowanie modelu do ludzkich wartości – w rzeczywistości kryje pytanie: do czyich wartości? Andrew Ng z Googla i Stanford argumentuje, że korzyści z AI rozproszą się globalnie niezależnie od narodowych granic. Inni badacze – w tym naukowcy z Georgetown CSET – widzą to ostrzej: normy wbudowane w dominujące modele stają się globalnym standardem przez siłę rynkową, nie przez negocjacje.

Chińskie modele oferują inny zestaw wartości – i państwa globalnego Południa mają coraz częściej dwie opcje do wyboru, nie jedną. To jest geopolityczna stawka alignment. I jest ona realna, bez względu na to, czy ktokolwiek używa tego słowa.

Automatyzacja i nierówności: kto zapłaci rachunek?

Rywalizacja geopolityczna toczy się równolegle do pytania, które dotyka każdego – niezależnie od tego, czy mieszka w Waszyngtonie, Szanghaju, czy Warszawie: co AI robi z pracą?

Prognozy różnią się dramatycznie i nie ma tu jasnego konsensusu. McKinsey, Goldman Sachs i WEF publikują sprzeczne dane dotyczące liczby miejsc pracy zagrożonych przez automatyzację w horyzoncie 10 lat: szacunki wahają się od kilkunastu do kilkudziesięciu procent. To, co badacze są w stanie powiedzieć z większą pewnością, to profil podatnych zawodów.

Nie są to, wbrew wcześniejszym prognozom, zawody najbardziej rutynowe fizycznie. Są to zawody średniego szczebla, opierające się na pracy poznawczej opartej na wzorcach: analitycy danych, prawnicy niższego szczebla, tłumacze, księgowi, copywriterzy, programiści junior. Zawody wysokich kwalifikacji – strategiczne, twórcze, relacyjne – dostosowują się szybciej, bo mogą używać AI jako narzędzia, a nie są przez nią zastępowane. Zawody czysto fizyczne – opieka, budownictwo, służby – są automatyzowane wolniej. Nowy „cyfrowy feudalizm" – termin używany przez badaczy w dyskusji o koncentracji własności modeli AI– opisuje świat, w którym właściciele modeli AI akumulują wartość szybciej niż użytkownicy tych modeli.

Odpowiedzi polityczne są dyskutowane, ale żadna nie jest wdrożona na dużą skalę. Podatek





od automatyzacji (proponowany m.in. przez Billa Gatesa i część ekonomistów jako mechanizm finansowania przekwalifikowania) napotyka sprzeciw przemysłu. Powszechny Dochód Podstawowy (UBI – Universal Basic Income) jest eksperymentowany w kilku krajach, ale bez konsensusu co do jego skuteczności. Reskilling – masowe przekwalifikowanie – jest ogłaszany przez rządy jako priorytet i rzadko finansowany adekwatnie do skali wyzwania.

Czy jest wyjście? Regulacja, open source i suwerenność AI

Trzy główne ścieżki wyjścia z pułapki koncentracji władzy AI – każda z realną obietnicą i realnym niebezpieczeństwem.

Zakończenie: pytanie, które nie jest techniczne

W 1945 roku świat stworzył instytucje międzynarodowe – ONZ, Bank Światowy, później WTO – żeby zarządzać nową epoką współzależności. Działały niedoskonale, ale działały. Dziś stoimy przed podobnym wyzwaniem: jak zarządzać technologią, która jest jednocześnie globalna w swoich skutkach i skoncentrowana w kilku rządach i korporacjach?

AI Safety Summit w Bletchley Park w 2023 roku i jego kontynuacje były próbą stworzenia globalnego forum. Rezolucja Zgromadzenia Ogólnego ONZ z marca 2024 roku o „bezpiecznej, chronionej i godnej zaufania AI" – pierwsza tego rodzaju – dała sygnał polityczny. Lecz żadne z tych forów nie ma mechanizmu egzekwowania. A tempo, w jakim technologia się rozwija, jest wielokrotnie wyższe niż tempo budowania instytucji międzynarodowych.

Yoshua Bengio – jeden z twórców głębokiego uczenia, laureat Nagrody Turinga z 2018 roku – wielokrotnie apeluje o międzynarodowe traktaty regulujące AI z mechanizmami weryfikacji,

Regulacja: EU AI Act jako globalny punkt odniesienia

AI Act Unii Europejskiej, w mocy od sierpnia 2024 roku, jest pierwszą kompleksową regulacją AI na świecie. Zakazuje nieakceptowalnych zastosowań AI (w tym systemów scoringowych oceniających obywateli przez państwo), klasyfikuje systemy wysokiego ryzyka i nakłada obowiązki transparentności. Stanford AI Index 2025 odnotowuje, że w ciągu jednego roku liczba wzmianek o AI w dokumentach legislacyjnych wzrosła o 21,3% w 75 krajach – co stanowi dziewięciokrotny wzrost od 2016 roku. Sam AI Act stoi jednak przed pytaniem o egzekwowalność: Chiny i USA nie podlegają europejskiemu prawu, a pociągnięcie do odpowiedzialności platform globalnych może być trudne do wykonania.

Open source AI: demokratyzacja czy nowe niebezpieczeństwo?

Modele open source – takie jak Meta LLaMA lub Mistral – są argumentem za demokratyzacją AI: każdy może z nich korzystać, modyfikować i wdrażać bez dostępu do wielomiliardowych budżetów. Ale open source AI bez odpowiednich zabezpieczeń jest także narzędziem dla aktorów chcących użyć AI do szkodliwych celów. Argument za i przeciw otwartości to nie spór akademicki – to decyzja o architekturze władzy: czy AI ma być w rękach kilku firm, kilku rządów, czy wszystkich – z pełną świadomością ryzyka. Nasuwa się analogia z nierozprzestrzenianiem broni atomowej.

Suwerenność AI: ambicje kontra rzeczywistość

Kilkanaście krajów ogłosiło strategie „suwerenności AI": budowę własnej infrastruktury obliczeniowej, własnych modeli językowych, własnych regulacji. Francja (Mistral), Zjednoczone Emiraty Arabskie (Falcon), Indie, Korea Południowa – każdy z ambicjami. Rzeczywistość jest trudna: trenowanie modeli frontier wymaga inwestycji rzędu miliardów dolarów i lat pracy tysięcy inżynierów. Średniej wielkości państwo nie zbuduje własnego GPT-4. Może jednak budować specjalizowane modele dziedzinowe, suwerenne chmury i własne środowiska regulacyjne – to bardziej realistyczna i być może równie ważna forma suwerenności.

eprasa.pl fa714ca89f

Siły w globalnym wyścigu AI – stan na początek 2026

Zestawienie oparte na danych z raportów CFR, WEF, Stanford AI Index, Wilson Center i Brookings Institution (2024–2025).

USA – compute
Ok. 50% globalnych możliwości obliczeniowych AI. Dominacja modeli frontier. Embargo na zaawansowane chipy do Chin. AI Action Plan (lipiec 2025).

Chiny – skala
Ponad 2 mln robotów przemysłowych (vs 394 tys. w USA). 70% światowych złóż ziem rzadkich. Cyfrowy Jedwabny Szlak. Walka o technologię chipów 5 nm.

USA–Chiny – szczyt
Październik 2025: Trump–Xi. Rozejm handlowy, złagodzenie ograniczeń dla ziem rzadkich. Embargo na chipy AI – bez zmian.

Europa – regulacja
AI Act (sierpień 2024). European Democracy Shield (listopad 2025). Brak modeli frontier. 17 krajów UE w amerykańskiej kategorii „pośrednich".

Globalne Południe
Wybiera między platformą amerykańską a chińską. Cyfrowy Jedwabny Szlak oferuje infrastrukturę za ochronę rynku. Brak własnych modeli frontier.

Energia
IEA: zużycie prądu przez centra danych w USA 2× do 2030 r. (426 TWh). Chiny – przewaga w energii odnawialnej. „Elektronowa przerwa" jako nowe pole rywalizacji.

Regulacja globalna
UN Gen. Assembly – rezolucja o AI Safety (marzec 2024). AI Safety Summit (Bletchley 2023). Brak mechanizmów weryfikacji. Stanford: +21,3% wzmianek o AI w prawie w 75 krajach.

analogicznymi do traktatów o broni atomowej. Stuart Russell, autor kanonicznego podręcznika AI, pisze o konieczności przedefiniowania samego pojęcia „inteligentnego zachowania" modeli, by uczynić je bezpieczniejszymi przez konstrukcję, a nie przez zabezpieczenia dodane po fakcie.

Pytanie nie brzmi: co potrafi AI? To pytanie już nie należy do polityki. Brzmi: kto i po co decyduje, co AI będzie robić? I czy decyzja ta jest podejmowana przez demokratycznie umocowanych reprezentantów obywateli – czy przez kilkudziesięciu inżynierów w biurach kilku firm, które właśnie wygraly wyścig o infrastrukturę.

To jest najciemniejsza strona AI. Nie dlatego, że jest nieunikniona. Dlatego, że jest niewidoczna – a tempo, w jakim mogą się tworzyć struktury trudne do odwrócenia, jest zadziwiająco wysokie. ■

Paul Bavarian

O Autorze
Paul Bavarian jest wnukiem mojego bułgarskiego przyjaciela z czasów studenckich w Politechnice Kijowskiej. Pasjonują go nowe technologie, które obserwuje z perspektywy kalifornijskiej. The last but not least – odziedziczył po swoim dziadku fascynację Polską.

Prof. Wiesław Marciniak

Bibliografia

1. Esposito, M. (2025). *AI geopolitics and data centres: Technological rivalry*. World Economic Forum.
2. Froman, M. (2025, 10 października). *China, the United States, and the AI race*. Council on Foreign Relations.
3. Tobin, L. (2026, 11 lutego). *How will the United States and China power the AI race?* Brookings Institution.
4. Kennedy, M. (2025, 15 kwietnia). *America's AI strategy: Playing defense while China plays to win*. Wilson Center.
5. Contrary Research. (2025, 5 listopada). *Deep dive: Export controls and the AI race*. Contrary Research.
6. *Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence*. (2025). The 2025 AI Index report. Stanford University.
7. [Autor/autorzy]. (2026, 19 stycznia). *Hedged bets on the U.S.–China AI race. Center for Strategic and International Studies*, blog „Charting Geoeconomics".
8. Schmid, S., Lambach, D., & Reuter, C. (2025). *Arms race or innovation race? Geopolitical AI development*. Geopolitics. https://doi.org/10.1080/14650045.2025.2456019
9. Russell, S. (2019). *Human compatible: AI and the problem of control*. Viking.
10. Parlament Europejski, & Rada Unii Europejskiej. (2024). Rozporządzenie (UE) 2024/1689 w sprawie sztucznej inteligencji (AI Act). Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej.
11. Zgromadzenie Ogólne Organizacji Narodów Zjednoczonych. (2024, marzec). *Seizing the opportunities of safe, secure and trustworthy artificial intelligence systems for sustainable development* (Rezolucja A/78/L.49). ONZ.

eprasa.pl fa714ca89f



1. Symboliczna wizualizacja kryzysu branży gier AAA

Wielkie gry wideo

Gdy sto milionów dolarów nie wystarcza

Wielkie gry wideo kończą się albo przeżywają głęboką transformację. Lata 2023–2025 przejdą do historii branży jako okres masowych zwolnień, zamknięć studio i spektakularnych finansowych katastrof. Jednocześnie te same lata przyniosły dowód, że gracze są spragnieni gier – tyle że niekoniecznie tych najdroższych. Coś pęka w modelu, który miał być gwarantem sukcesu.

Dwa lata zwolnień

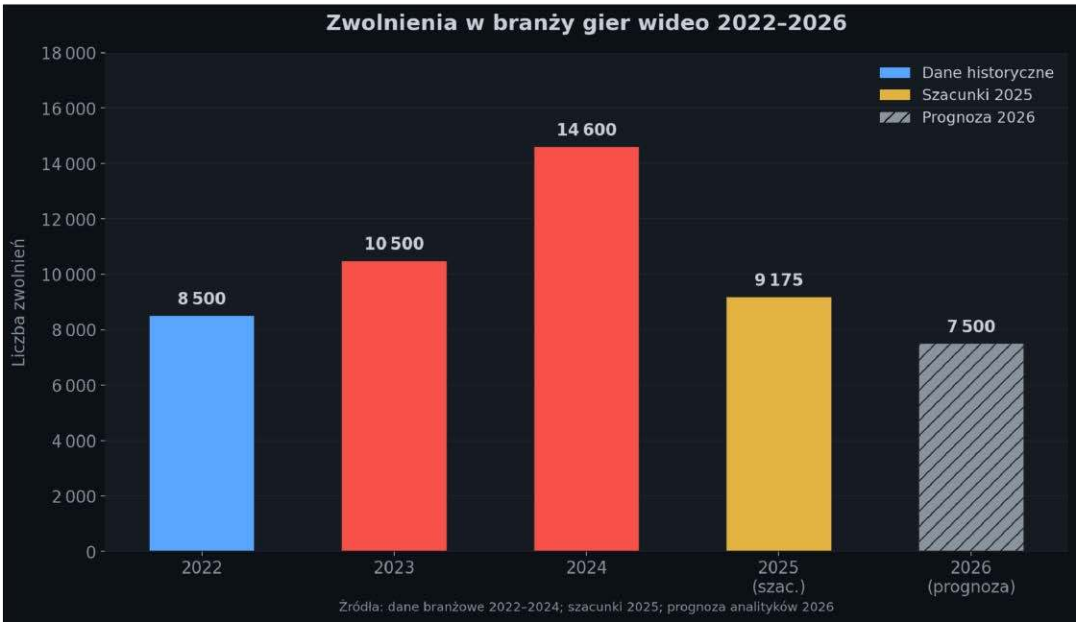
Dane są bezlitosne. W 2023 i 2024 roku branża gier wideo straciła łącznie ponad 25 tysięcy miejsc pracy – więcej niż przez całą poprzednią dekadę razem wziętą. W 2025 roku fala nieco osłabła – szacowane 9175 zwolnień – ale poziom pozostawał wyższy niż przed kryzysem. Prognozy analityków na 2026 rok mówią o kolejnych 7500 redukcjach.

Rok 2025 przyniósł kolejne uderzające przykłady. Microsoft zamknął studio The Initiative i skasował grę Perfect Dark, nad którą pracowano przez siedem lat. Warner Bros. zamknęło trzy studia naraz: Monolith Productions – twórców sławnego Middle-earth: Shadow of Mordor – WB Games San Diego i PlayerFirst. Razem z Monolith stracił życie ich najnowszy projekt, gra o Wonder Woman. Amazon Games w październiku 2025 roku ogłosił wstrzymanie prac nad grami AAA – w tym nad wieloletnim projektem MMO – zwalniając część pracowników studio w Irvine i San Diego.

Inflacja budżetów

Skąd wzięły się astronomiczne kwoty na opracowanie gier? To efekt kilkudziesięciu lat stopniowego przekonania, że większy budżet oznacza lepszą grę. Przez długi czas to działało. Red Dead Redemption 2 kosztowało ok. 540 milionów dolarów i zwróciło się się w pierwszych trzech dniach. Ale model zaczął się kruszyć: koszty produkcji gry klasy AAA wzrosły w ciągu

eprasa.pl fa714ca89f



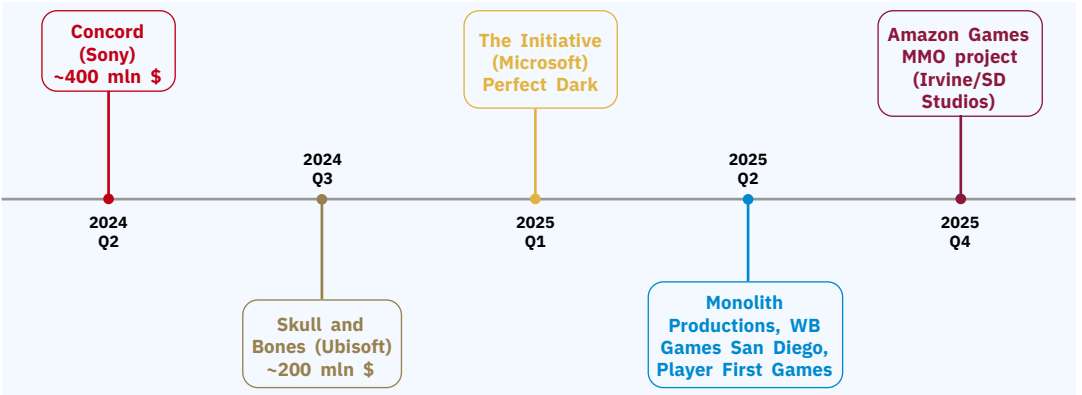
2. Liczba zwolnień w branży gier wideo w latach 2022–2025 i prognoza na 2026 rok

ostatniej dekady dwu- do trzykrotnie, tymczasem rynek graczy nie rósł proporcjonalnie.

Konkord Concord Sony – w który zainwestowano ok. 400 milionów dolarów przez osiem lat produkcji – został wycofany ze sprzedaży po dwóch tygodniach od premiery w 2024 roku, gdy w szczytowym momencie gra miała online mniej niż siedemset graczy jednocześnie. Skull and Bones Ubisoftu – jedenaście lat produkcji, ok. 200 milionów dolarów – przy premierze miało mniej aktywnych graczy niż darmowe produkcje rywali. Kurs akcji Ubisoftu spadł w 2024 roku o ponad połowę. W 2026 roku firma ogłosiła kolejną restrukturyzację, dalsze zwolnienia i centralizację projektów.

Rok AA: underdog dominuje

Tymczasem 2025 roku przejdzie do historii jako rok triumfu małych. Na The Game Awards – najbardziej prestiżowej ceremonii branży – tytuł Gry Roku zdobyło Clair Obscur: Expedition 33, produkcja piętnastoosobowego studia z Francji, która wymiotła z podium gigantów i zgarnęła osiem nagród. Rok wcześniej analogicznie zaskoczyły Helldivers 2 i Balatro. W 2025 roku do listy sukcesów z niskim budżetem dołączyły także Blue Prince, Kingdom Come: Deliverance 2 i Atomfall. Analitycy coraz chętniej mówią o powrocie formatu „AA" – gier średniego budżetu, między formatem indie a AAA, z krótszym cyklem produkcyjnym i większą swobodą tworczą.



3. Największe porażki i zamknięcia studiów AAA w latach 2024–2025

eprasa.pl fa714ca89f

GTA VI: najdroższa gra w historii i wciąż nieznana

Na tym tle branża żyje oczekiwaniem na GTA VI studia Rockstar. Rodzący się od ponad dekady projekt był przekładany wielokrotnie: z jesieni 2025 roku na maj 2026, a następnie z maja na listopad 2026. Szacunkowy budżet produkcji przekracza 2 miliardy dolarów – kwotę bez precedensu w historii rozrywki. Każde przełożenie to straty dla akcjonariuszy Take-Two i ulga dla wszystkich pozostałych wydawców, którzy spływają w pustkę pozostawioną przez brak premiery i próbują zagospodarować czas oczekiwania rynku.

Serwis zamiast produktu

Część dużych wydawców postawiła na model gier jako usługi (Games as a Service, GaaS): żywa gra, finansowana z mikropłatności i przepustek sezonowych. Fortnite przynosi miliardy dolarów rocznie przy zerowej cenie dostępu. Model działa – ale tylko gdy gra zdobywa masę krytyczną. Każda próba wejścia na zatłoczony rynek nowym serwisem GaaS kończy się dziś zwykle katastrofą. Badanie GDC State of the Game Industry z 2025 roku pokazało, że aż 41 proc. deweloperów w ogóle nie jest zainteresowanych tworzeniem gier live-service.

AI wchodzi do pipeline'u

Sztuczna inteligencja staje się coraz istotniejszym tematem wewnątrz branży. Według raportu GDC 2025 aż 30 proc. deweloperów uważa, że generatywna AI ma negatywny wpływ na branżę – o 12 punktów procentowych więcej niż rok wcześniej. Wydawcy twierdzą, że AI obniży koszty i skróci cykle produkcyjne. Pracownicy branży obawiają się, że głównie wyeliminuje ich miejsca pracy – szczególnie w zawodach narracyjnych, graficznych i dźwiękowych. Naratorzy gier i scenarzyści są wśród grup z najwyższym odsetkiem zwolnień.

Co dalej?

Branża gier nie umiera – globalne przychody przekroczyły 180 miliardów dolarów w 2024 roku. Ale model opierający się na coraz droższych superwydaniach dla coraz bardziej wybrednej publiki się kruszy. Kilka symptomów jest wyraźnych: wielkie studia tracą pracowników i zamykają się, małe rozkwitają, gracze sięgają po oryginalniejsze doświadczenia. Polska scena gier – z CD Projektem, który naprawił Cyberpunka i sprzedał go w 30 milionach egzemplarzy – i dynamicznym środowiskiem indie pozostaje na tym tle jasną plamką na mapie.

Następna dekada branży gier będzie wyglądać inaczej niż poprzednia. I niekoniecznie oznacza to, że gorzej – choć dla kilkunastu tysięcy ludzi, którzy stracili pracę w ciągu ostatnich lat, na pewno nie wróży to nic dobrego. ■

(red)

Zainteresowanie modelem live-service



Źródło: GDC State of the Game Industru 2025



eprasa.pl fa714ca89f

O tych, co przekuli innowacyjne wizje w biznesowy sukces
W polskim życiu publicznym coraz częściej używanym słowem jest odmieniany na wszystkie sposoby wyraz „innowacje". I tak powinno być przez najbliższe lata, bo ambicją naszego kraju jest spektakularny awans do grona państw o gospodarce kreatywnej, tworzącej własne produkty i marki, znane i szanowane w świecie. To Wy, młodzi Czytelnicy MT, macie tego dokonać! Żeby Was natchnąć dobrymi przykładami, co miesiąc przedstawiamy reprezentantów czołówki światowych liderów innowacji. Najczęściej byli oni jeszcze w wieku szkolnym lub studenckim, gdy w ich głowach rodziły się śmiałe pomysły skutkujące później powstaniem superproduktów, wielkich brandów i fantastycznych fortun.
To oni kształtują cywilizację technologiczną.
To bohaterowie naszych czasów.

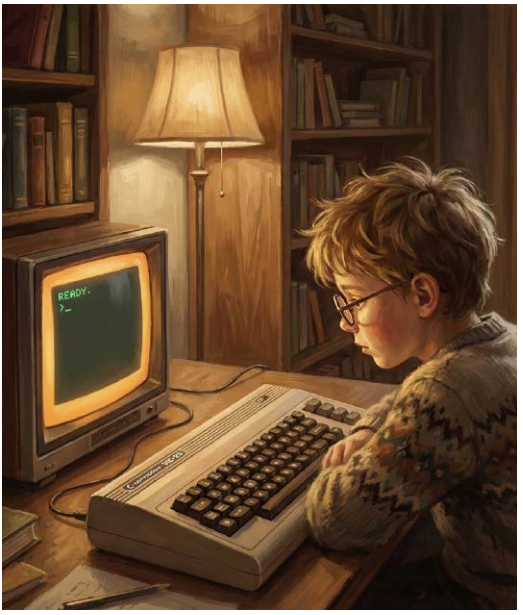
Chłopiec z Helsinek, który zbudował kręgosłup internetu

Linus Torvalds

W sierpniu 1991 roku dwudziestojednoletni student z Helsinek zamieścił na grupie dyskusyjnej comp.os.minix krótką wiadomość. Zaczynała się od słów: *201eHello everybody out there using minix 2013 I2019m doing a (free) operating system (just a hobby, won2019t be big and professional like gnu)201d*. Mylił się. Linux stał się największym projektem informatycznym w historii – i filarem całego współczesnego Internetu.

Fiński chłopiec z Commodore w tle

Linus Benedict Torvalds przyszedł na świat 28 grudnia 1969 roku w Helsinkach. Jego rodzina była częścią szwedzkojęzycznej mniejszości w Finlandii – ojciec Nils był dziennikarzem i politykiem, matka Anna – fotoreporterką. Dziadek ze strony matki, Ole Torvalds, był statystykiem na Uniwersytecie Helsińskim i to właśnie on okazał się kluczową postacią w życiu



1. Linus Torvalds przy pierwszym komputerze – Commodore VIC-20 dziadka Ole

CV: Linus Benedict Torvalds

Data i miejsce urodzenia	28.12.1969 r., Helsinki, Finlandia
Adres zamieszkania	Dunthorpe, Oregon, USA
Obywatelstwo	Fińskie i amerykańskie
Stan cywilny	Żonaty (Tove Monni), trzy córki: Patricia, Daniela, Celeste
Majątek	ok. 50 mln USD
Edukacja	Magister informatyki, Uniwersytet Helsiński (1996)
Doświadczenie zawodowe	1991 – twórca i główny deweloper jądra Linux, 1997–2003 – Transmeta Corporation, od 2003 – Linux Foundation (Fellow)
Zainteresowania	Nurkowanie swobodne, snorkeling, kajakarstwo, szachy

eprasa.pl fa714ca89f

małego Linusa. Dziadek nabył komputer Commodore VIC-20 – i pozwalał wnuczkowi spędzać przy nim całe godziny (**1**).

Mały Linus miał jedenaście lat, gdy zaczął programować w języku BASIC. Szybko jednak wyczerpał możliwości domowego sprzętu. W 1987 roku, gdy miał siedemnaście lat, kupił Sinclaira QL – komputer oparty na procesorze Motorola 68008. Modyfikował go tak intensywnie, że oryginalne układy przestały być rozpoznawalne. Kto chciał porozumieć się z urządzeniem, musiał rozumieć, co Linus do niego dodał.

Studiował informatykę na Uniwersytecie Helsińskim od 1988 roku. Nauka przyszła mu łatwo – zbyt łatwo, by siedzieć spokojnie przy podręcznikach. Zamiast tego pochłaniał lektury techniczne. Jedną z najważniejszych była książka „Operating Systems: Design and Implementation" Andrewa Tanenbauma. Tanenbaum opisywał w niej MINIX – uproszczony system operacyjny zaprojektowany w celach dydaktycznych. Torvalds kupił MINIXa. I zaczął myśleć, jak napisałby coś lepszego.

Hobby, które stało się rewolucją

W 1991 roku Torvalds kupił komputer IBM PC z procesorem Intel 386. Chciał uruchomić na nim terminal emulujący połączenie z serwerem uczelni. Żaden dostępny wówczas system nie robił dokładnie tego, czego potrzebował. Postanowił więc napisać własne jądro systemu operacyjnego. Zaczął od modułu obsługi terminala. Następnie dodał obsługę systemu plików. Potem kolejne warstwy.

W sierpniu 1991 roku ogłosił projekt publicznie – słynna wiadomość na Usenecie. Nie zdradzał wielkich ambicji. Prosił raczej o opinię: jakie funkcje MINIXa są najważniejsze? Co chcieliby zobaczyć inni użytkownicy? Odpowiedzi nadeszły szybko. I były entuzjastyczne. W październiku 1991 roku Torvalds opublikował wersję 0.02 jądra Linux (nazwa połączyła jego imię z końcówką UNIX). Kilka miesięcy później miał już kilkudziesięciu współpracowników z całego świata.

Kluczową decyzją było udostępnienie Linuksa na licencji GNU GPL – wolnego oprogramowania promowanego przez Richarda Stallmana. Stallman od lat budował zestaw narzędzi dla wolnego systemu operacyjnego (edytor Emacs, kompilator GCC, powłoka bash), ale brakowało mu jądra. Linux wypełnił tę lukę. Projekt GNU i jądro Linuksa połączyły się w coś większego niż każde z nich osobno (**2**).

System, który jest wszędzie

Dziś Linux jest niewidoczną, ale absolutnie fundamentalną warstwą, na której spoczywa większość cyfrowego świata. Niemal 97 procent spośród 500 najpotężniejszych superkomputerów na świecie działa pod jego kontrolą. Na serwerach z Linuksem hostowanych jest ponad 90 procent stron internetowych. System Android, zainstalowany na ponad trzech miliardach smartfonów, oparty jest na jądrze Linuksa. Podobnie jak oprogramowanie w samochodach Tesli, systemy sterowania w kosmicznych rakietach SpaceX czy infrastruktura sieci społecznościowych.

Jądro Linuksa liczy dziś ponad 30 milionów linii kodu. Pracuje nad nim kilka tysięcy programistów z całego świata, zatrudnionych w takich firmach jak Intel, Google, Samsung, Red Hat, Microsoft. Tak – Microsoft, niegdyś zagorzały przeciwnik Linuksa, jest dziś jednym z głównych kontrybutorów projektu. Sam Torvalds ironicznie skomentował tę zmianę: „Piekło zamarzło".

Git – drugi wielki pomysł

W 2002 roku projekt Linuksa zaczął korzystać z systemu kontroli wersji BitKeeper, który



2. Słynna wiadomość na grupie comp.os.minix z 25 sierpnia 1991 roku

eprasa.pl fa714ca89f



3. Linus Torvalds podczas Linux Foundation Open Source Summit, 2019

pozwalał tysiącom programistów współpracować bez wzajemnego nadpisywania swoich zmian. Był to system komercyjny, udostępniany twórcom open source bezpłatnie na zasadzie dobrej woli. W 2005 roku właściciel BitKeepera wycofał tę zgodę. Torvalds miał dwa tygodnie bez narzędzia do pracy.

Przez te dwa tygodnie napisał Git. Narzędzie do zarządzania kodem, które miało być szybkie, niezawodne i darmowe. Git okazał się tak doskonale zaprojektowany, że w ciągu kilku lat stał się standardem branżowym w całej informatyce. Platforma GitHub, zbudowana na Git, skupia dziś ponad 100 milionów programistów. Dosłownie każdy piszący kod na świecie korzysta z Gita – często nie zdając sobie nawet sprawy, kto go stworzył.

Człowiek za kodem

Torvalds jest postacią niejednoznaczną. Przez dekady słynął z bezpośredniości graniczącej z brutalnością – jego recenzje kodu na listach mailingowych potrafiły być miażdżące. W 2018 roku publicznie przeprosił za swój styl komunikacji i wziął kilkutygodniową przerwę, by – jak sam napisał – „nauczyć się rozumieć emocje innych". Wrócił zmieniony. Nie wszyscy uważali, że zmiana była wystarczająca (**3**).

Prywatnie jest człowiekiem prostych przyjemności. Nurkuje, chodzi na kajaki, gra w szachy. Mieszka z rodziną w spokojnym Dunthorpe w stanie Oregon. Jego żona Tove – poznana w 1993 roku, gdy prowadziła kurs karate – jest mistrzynią tego sportu w Finlandii. Mają trzy córki.

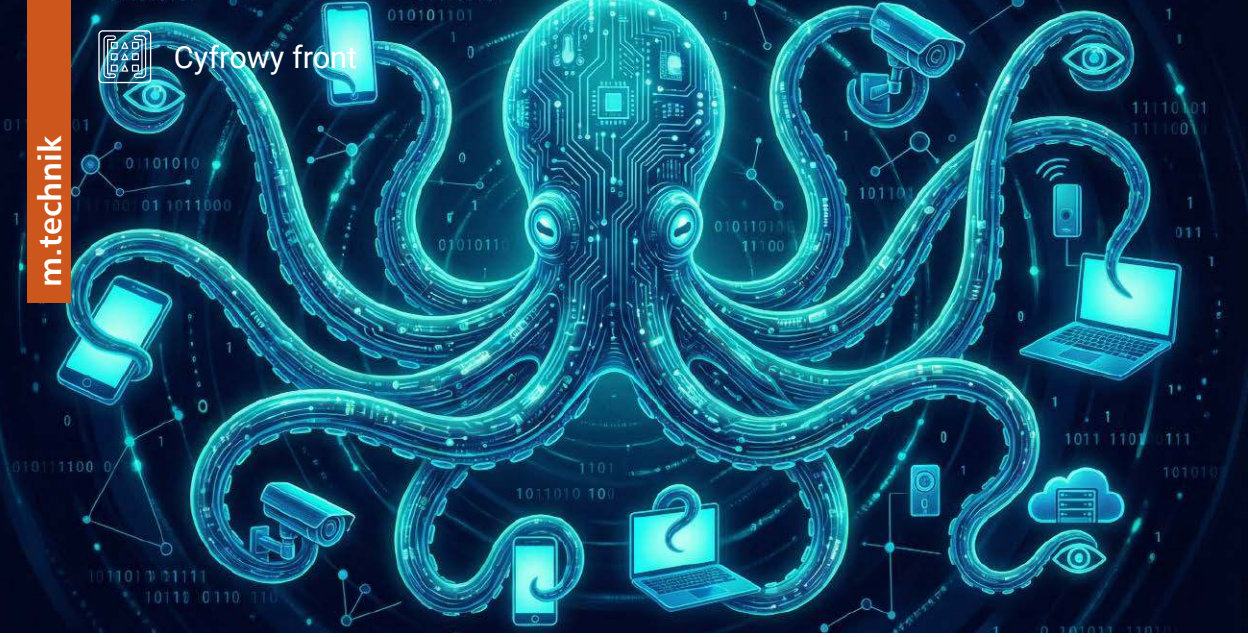
Przez lata odrzucał lukratywne oferty. Mógł być miliarderem wielokrotnym – Linux jest wart dziesiątki miliardów dolarów jako infrastruktura globalnej gospodarki. Torvalds jednak nigdy nie chciał zarabiać na Linuksie. Pracuje dla Linux Foundation za rozsądną, ale nie astronomiczną pensję. Swoje decyzje techniczne podejmuje sam, bez głosowania i bez kompromisów. To on ma ostatnie słowo w sprawie każdej zmiany w jądrze.

Dziedzictwo większe niż firma

Historia informatyki zna wiele wielkich wynalazców. Są wśród nich tacy, którzy zbudowali firmy warte biliony dolarów, i tacy, którzy zmienili sposób, w jaki myślimy o pracy i komunikacji. Linus Torvalds nie założył żadnego potężnego przedsiębiorstwa. Napisał coś, co oddał wszystkim. I dlatego jego dzieło jest wszędzie.

Gdy Torvalds publikował tamtą sierpniową wiadomość w 1991 roku, komputer osobisty był urządzeniem dla hobbystów i specjalistów. Internet miał kilka milionów użytkowników. Telefony komórkowe nie miały ekranów dotykowych. Trzydzieści kilka lat później kod napisany przez fińskiego studenta obsługuje satelity, szpitale, giełdy i serwisy streamingowe. To być może najbardziej niezwykła historia w dziejach technologii – opowieść o tym, że największe rewolucje nie zawsze zaczynają się od wielkich pieniędzy i wielkich ambicji. Czasem zaczynają się od skromnej wiadomości: „to tylko hobby, nie będzie wielkie". ■ **(red)**

eprasa.pl fa714ca89f



AI zastąpi nas, czy tylko nabałagani?

Mamy marzec 2026 roku. Patrząc z perspektywy Warszawy na to, co dzieje się obecnie w globalnej cyberprzestrzeni, trudno oprzeć się wrażeniu, że stary, dobry internet, w którym to my – ludzie – byliśmy głównymi nawigatorami, bezpowrotnie odchodzi do lamusa. Jeszcze kilkanaście miesięcy temu zachwycaliśmy się tym, że chatboty potrafią pisać za nas wypracowania. Dziś sztuczna inteligencja nie chce już tylko z nami rozmawiać. Ona chce działać w naszym imieniu, przejąć nasze przeglądarki, czytać e-maile i... robić za nas zakupy. Pytanie, czy jesteśmy gotowi oddać stery, zwłaszcza gdy nowy, cyfrowy kapitan wciąż miewa niebezpieczne halucynacje?

Wojna o to, kto wyświetli Ci internet

Wstrząsy na rynku oprogramowania, które zaczęły się w zeszłym roku, dziś zamieniają się w prawdziwe trzęsienie ziemi. Przypomnijmy: latem 2025 r. firma Perplexity wypuściła Comet – swoją pierwszą przeglądarkę opartą na sztucznej inteligencji. Branża odczytała to jako bezpośrednie wyzwanie rzucone gigantowi z Mountain View. Oś działania przeglądarki Comet opiera się na „odpowiadarce" AI. Zamiast listy linków, użytkownik otrzymuje wygenerowane podsumowanie wyników.

Prawdziwym koniem trojańskim okazał się jednak Comet Assistant – agent AI automatyzujący rutynowe zadania. Otwierając boczny panel na dowolnej stronie, dajemy asystentowi „oczy". Może on podsumowywać e-maile, zarządzać wydarzeniami w kalendarzu czy nawigować po stronach w naszym imieniu. Zaledwie w styczniu 2026 roku, jak donoszą branżowe portale, liczba użytkowników aktywnie korzystających z tego typu agentów podwoiła się, co pokazuje, że strategia omijania tradycyjnego Google Chrome zaczyna przynosić owoce.

Samo Google zresztą nie śpi. Widząc, co się święci, już wcześniej wdrożyło w Chrome własne funkcje AI. Z kolei zaledwie kilka tygodni temu, w lutym 2026 r., plotki o tym, że OpenAI

eprasa.pl fa714ca89f

zintegruje swojego asystenta bezpośrednio z systemami operacyjnymi na poziomie głębszym niż kiedykolwiek, wywołały popłoch u konkurencji. Walka toczy się o to, czyje algorytmy będą filtrować nasz cyfrowy świat.

Autonomia z kartą kredytową w dłoni, czyli halucynacje w praktyce

Zatrzymajmy się na chwilę i zastanówmy, co oznacza oddanie agentowi AI dostępu do ekranu, kalendarza i kontaktów. Z jednej strony agenci potrzebują tych danych, by być użyteczni. Z drugiej – wciąż są dramatycznie niedoskonali. Pierwsze recenzje Cometa obnażyły prawdę: asystent gubi się w bardziej skomplikowanych zadaniach.

Wyobraźmy sobie prostą sytuację: szukamy miejsca parkingowego. Agent AI wchodzi na stronę parkingu, wpisuje daty i nasze dane, po czym prosi o weryfikację i płatność. Często okazuje się jednak, że AI popełnia fundamentalne błędy, np. wpisując niewłaściwe daty. Strona parkingu informuje, że miejsca są zajęte, ale zdezorientowany agent AI ignoruje ten komunikat i nadal namawia nas do dokonania opłaty!. Problem halucynacji, o którym wielokrotnie pisaliśmy, nie znika. Najświeższe raporty z początku tego roku tylko potwierdzają, że odsetek błędnych transakcji inicjowanych przez wczesne wersje agentów AI rośnie. Dopóki AI generowało tylko tekst, najwyżej mogliśmy się ośmieszyć. Dziś, gdy uderza nas po kieszeni, stawia to pod znakiem zapytania użyteczność tych narzędzi.

Internet dla robotów, czyli optymalizacja pod „odpowiadarki”

Zmiany dotykają również twórców treści. Do niedawna świat marketingu kręcił się wokół SEO – sztuki przypodobania się wyszukiwarkom. W czerwcu 2025 r. Adobe zaprezentowało model Optimizer – narzędzie służące do pozycjonowania treści w „odpowiadarkach AI”. Narzędzia te pozwalają śledzić, kiedy nasze linki zostają użyte przez LLM do wygenerowania odpowiedzi dla użytkownika. Specjalne silniki rekomendacji bezustannie monitorują te odpowiedzi i sugerują twórcom, jak zmodyfikować stronę, by AI częściej z niej korzystała.

Wchodzimy tu w swoisty paradoks. Tworzymy teksty zoptymalizowane przez sztuczną inteligencję po to, by inna sztuczna inteligencja chętniej je czytała i na ich podstawie generowała streszczenia dla człowieka. Badania z początku 2025 r. pokazywały jeszcze potężną przewagę Google (373 razy więcej zapytań niż ChatGPT w 2024 r.). Jednak dziś, w marcu 2026 roku, te proporcje zmieniają się w błyskawicznym tempie na niekorzyść klasycznych rozwiązań. Autorzy stron po prostu muszą liczyć się z faktem, że ich odbiorcy masowo migrują do nowych narzędzi.

Ośmiornica AI i widmo absolutnej inwigilacji

Błędy przy rezerwacji parkingu to drobnostka w porównaniu z zagrożeniem, które narasta w cieniu. Mowa o „szpiegującej ośmiornicy AI” , która obejmuje mackami coraz szersze obszary naszego życia.

Już w 2023 r. Bruce Schneier, autorytet w dziedzinie cyberbezpieczeństwa, ostrzegał przed nową erą masowego szpiegostwa. Tradycyjne metody szpiegowania (podsłuchy, fizyczna obserwacja) wymagały gigantycznych nakładów pracy ludzkiej. Generatywna AI całkowicie znosi to ograniczenie, potrafiąc analizować miliony rozmów i wyodrębniać istotne informacje. Jak pisał Schneier: „Tak jak wszechobecne kamery przyczyniły się do masowej inwigilacji, tak wszechobecne mikrofony przyczynią się do masowego szpiegowania”.

Giganci technologiczni bez skrupułów wykorzystują to wszystko do trenowania swoich systemów. Wystarczy spojrzeć na najnowsze, tegoroczne aktualizacje asystentów w systemach operacyjnych – analityka odbywa się w chmurze, a modele potrafią perfekcyjnie „zrozumieć” zawartość naszego ekranu i zdjęć. Dzięki uczeniu maszynowemu i analizie nastroju AI potrafi dziś oceniać nie tylko co robimy, ale też nasze intencje i kontekst wypowiedzi. To przejście na zupełnie nowy poziom inwigilacji – interpretowanie naszych myśli.

Zachłysnęliśmy się magią nowej technologii, a teraz musimy zapłacić rachunek. Narzędzia te są potężne, ale wymagają od nas niespotykanej dotąd czujności cyfrowej. Nie możemy pozwolić, by wygoda uśpiła nasz rozsądek. Dlatego już za miesiąc, w kolejnym wydaniu, podamy konkretne wskazówki, jak technicznie i skutecznie bronić się przed tymi zagrożeniami prywatności. ■

De Coder

eprasa.pl fa714ca89f



ChatGPT

AI w każdej kieszeni

ChatGPT to najbardziej znany asystent oparty na sztucznej inteligencji, dostępny bezpłatnie na smartfonach z Androidem i iOS. Aplikacja pozwala prowadzić naturalne rozmowy tekstowe i głosowe z modelem językowym GPT-4o, który rozumie pytania w języku polskim i odpowiada na nie płynnie i precyzyjnie. Można z niej korzystać w trybie głosowym, co przypomina rozmowę z prawdziwym człowiekiem.

Aplikacja umożliwia analizowanie zdjęć i dokumentów – wystarczy zrobić zdjęcie zadania matematycznego, przepisu lub notatki, a ChatGPT je odczyta i wyjaśni. Wersja bezpłatna jest bardzo rozbudowana, a subskrypcja ChatGPT Plus daje dostęp do najnowszych modeli i funkcji, takich jak generowanie obrazów przez DALL-E. Historia rozmów jest synchronizowana między urządzeniami.

Najmocniejszą stroną ChatGPT jest wszechstronność – sprawdza się jako korepetytor, asystent piszący, tłumacz, programista i rozmówca. Uczniowie i studenci używają go do nauki, twórcy do generowania pomysłów, a programiści do debugowania kodu. Aplikacja regularnie otrzymuje aktualizacje wprowadzające nowe możliwości, co sprawia, że stale rośnie jej użyteczność.

ChatGPT

Producent: OpenAI
Platformy: Android, iOS
Oceny
Możliwości: 9,5
Łatwość obsługi: 9,0
Ocena ogólna: 9,5



Perplexity AI

Wyszukiwarka nowej generacji

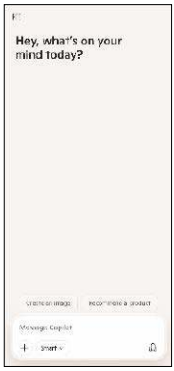
Perplexity AI to wyszukiwarka internetowa zasilana sztuczną inteligencją, która zamiast listy linków podaje zwięzłe, rzeczowe odpowiedzi z przypisanymi źródłami. To ogromna zaleta w porównaniu z klasycznym wyszukiwaniem – użytkownik od razu dostaje syntezę informacji z kilku wiarygodnych stron, bez konieczności otwierania dziesiątek zakładek. Aplikacja korzysta z aktualnych danych z internetu, więc odpowiedzi są zawsze świeże.

Interfejs jest przejrzysty i intuicyjny. Pytanie można wpisać lub zadać głosowo. Odpowiedź zawiera numerowane odnośniki do źródeł, które można kliknąć i zweryfikować. Dostępny jest tryb Focus, w którym można ograniczyć wyszukiwanie do konkretnych obszarów: akademickiego, YouTube'a, Reddita czy Wolfram Alpha. To czyni z Perplexity narzędzie do poważnych poszukiwań. Wersja bezpłatna w pełni wystarcza do codziennego użytku. Plan Pro odblokuje dostęp do mocniejszych modeli, takich jak GPT-4o czy Claude.

Perplexity szczególnie przydaje się uczniom i studentom szukającym rzetelnych, udokumentowanych informacji – aplikacja uczy też krytycznego myślenia, bo zawsze pokazuje, skąd pochodzi wiedza.

Perplexity AI

Producent: Perplexity AI Inc.
Platformy: Android, iOS
Oceny
Możliwości: 9,0
Łatwość obsługi: 8,5
Ocena ogólna: 9,0



Microsoft Copilot

Asystent AI od Microsoftu

Microsoft Copilot to darmowy asystent AI oparty na modelach OpenAI, zintegrowany z ekosystemem Microsoftu. Aplikacja oferuje zaawansowane rozmowy tekstowe i głosowe, generowanie obrazów za pomocą technologii DALL-E 3 oraz pomoc przy pisaniu, tłumaczeniu i analizie dokumentów. Działa płynnie w języku polskim i jest dostępna bezpłatnie bez konieczności zakładania konta.

Jedną z wyróżniających się funkcji jest Generator obrazów – wystarczy opisać słowami, co chcemy zobaczyć, a Copilot w kilka sekund stworzy oryginalną grafikę. Aplikacja potrafi też analizować zdjęcia z aparatu telefonu, odpowiadać na pytania dotyczące tego, co widzi na fotografii, a nawet pomagać w rozpoznawaniu obiektów czy roślin.

Copilot świetnie sprawdza się jako uzupełnienie pakietu Microsoft 365 – pomaga pisać e-maile, tworzyć streszczenia i generować treści do dokumentów Word czy prezentacji PowerPoint. Dla użytkowników Windowsa i produktów Microsoft to naturalne przedłużenie ich środowiska pracy na urządzenie mobilne. Aplikacja jest stale rozwijana i co kilka tygodni otrzymuje nowe funkcje.

Microsoft Copilot

Producent: Microsoft Corp.
Platformy: Android, iOS
Oceny
Możliwości: 9,0
Łatwość obsługi: 8,5
Ocena ogólna: 8,5

eprasa.pl fa714ca89f



Google Gemini

AI głęboko w świecie Google

Google Gemini to asystent AI stworzony przez Google, który może zastąpić klasycznego Asystenta Google na smartfonach z Androidem. Aplikacja obsługuje rozmowy tekstowe, głosowe i wizualne – rozumie zdjęcia robione aparatem i potrafi odpowiadać na pytania dotyczące tego, co na nich widać. Gemini działa w języku polskim i jest dostępny bezpłatnie dla każdego posiadacza konta Google.

Największą przewagą Gemini jest głęboka integracja z usługami Google. Asystent może przeszukiwać pocztę Gmail, odczytywać wydarzenia z Kalendarza, planować trasy w Mapach Google i wyszukiwać filmy na YouTube – wszystko bez wychodzenia z aplikacji. To sprawia, że jest nieoceniony dla osób, które na co dzień korzystają z ekosystemu Google.

Wersja Gemini Advanced (płatna, dostępna w ramach subskrypcji Google One) daje dostęp do najmocniejszego modelu Gemini Ultra i rozszerza możliwości integracji z Dokumentami Google czy arkuszami kalkulacyjnymi. Bezpłatna wersja jest jednak wystarczająca do nauki, szybkich pytań, tworzenia tekstów i codziennej pomocy – to jeden z najlepiej zintegrowanych asystentów na Androida.

Google Gemini
Producent: Google LLC
Platformy: Android, iOS
Oceny
Możliwości: 9,0
Łatwość obsługi: 9,0
Ocena ogólna: 8,5



NotebookLM

AI, które czyta za ciebie

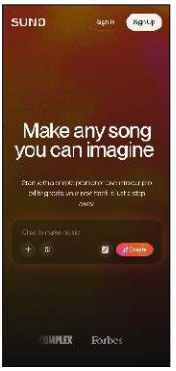
NotebookLM to wyjątkowa aplikacja Google, która zamienia wgrane przez użytkownika dokumenty, strony internetowe i notatki w interaktywną bazę wiedzy. Wystarczy wrzucić PDF z podręcznikiem, artykuł naukowy czy własne notatki, a aplikacja przeanalizuje materiał i odpowiada na pytania wyłącznie na jego podstawie – bez wymyślania informacji. To rewolucyjne narzędzie do nauki i pracy z dokumentami.

Jedną z najbardziej zaskakujących funkcji jest generowanie podcastów audio – aplikacja potrafi zamienić wgrany dokument w kilkuminutową rozmowę dwóch wirtualnych prowadzących, którzy omawiają jego najważniejsze treści. To świetny sposób na przyswojenie materiału podczas spaceru czy jazdy rowerem. Dostępne są też automatyczne streszczenia, mapy myśli i listy kluczowych pytań.

NotebookLM sprawdza się doskonale przy nauce do egzaminów – uczeń wgrywa materiały i dosłownie rozmawia z AI na ich temat, zadając pytania własnymi słowami. Każda odpowiedź zawiera odniesienie do konkretnego fragmentu dokumentu, więc można łatwo sprawdzić źródło.

Aplikacja jest bezpłatna i nie wymaga żadnych zaawansowanych umiejętności technicznych.

NotebookLM
Producent: Google LLC
Platformy: Android, iOS
Oceny
Możliwości: 9,5
Łatwość obsługi: 8,0
Ocena ogólna: 9,0



Suno

Twoja własna wytwórnia muzyczna

Suno to aplikacja, która generuje kompletne piosenki – z wokalem, instrumentami i produkcją – na podstawie krótkiego opisu tekstowego. Wystarczy napisać kilka słów, na przykład: <<energetyczny hip-hop po polsku o robocie uczącym się latać>>, a Suno w ciągu 30 sekund stworzy gotowy utwór muzyczny. Efekty potrafią zaskoczyć nawet doświadczonych muzyków jakością brzmienia.

Aplikacja oferuje szeroki wybór gatunków muzycznych – od popu i rocka, przez jazz i muzykę klasyczną, po elektronikę i muzykę filmową. Można określić nastrój, tempo, styl wokalu i język tekstu. Wersja bezpłatna pozwala generować kilka piosenek dziennie, co w zupełności wystarczy do zabawy i eksperymentowania. Płatna subskrypcja znosi limity i pozwala pobierać pliki audio.

Suno to idealne narzędzie dla młodych twórców, którzy chcą tworzyć podkłady muzyczne do filmów, podcastów czy projektów szkolnych, nie mając wykształcenia muzycznego. Aplikacja otwiera drzwi do świata kompozycji dla każdego. Warto pamiętać, że wygenerowane utwory są dziełem AI, więc kwestie praw autorskich wymagają uwagi przy komercyjnym wykorzystaniu.

Suno
Producent: Suno Inc.
Platformy: Android, iOS
Oceny
Możliwości: 9,5
Łatwość obsługi: 9,5
Ocena ogólna: 9,5

eprasa.pl fa714ca89f

Gustowna stylizacja

Tego dnia Eryk obudził się w średnim humorze, ale nie miał ochoty gnić w łóżku, więc szybko z niego wyszedł, nie przejmując się zupełnie rześkim, wczesnojesiennym chłodem, którego cienkie niby babie lato nici, sobie tylko znaną drogą wpełzały już do mieszkania.

– Dzień dobry! – zawołał, choć bez wielkiego entuzjazmu, bo mieszkał sam, a jak każdy normalny człowiek, czuł podświadomą potrzebę, żeby się do kogoś przytulić. Tymczasem nie było do kogo, ale za to miał z kim pogadać, bo na ścianie, przy kontaktach, aktywowały się małe czerwone diody, których aktywność niosła informację, że uruchomił się właśnie główny komputer mieszkania. – Jak tam?

– Access denied! – odpowiedział komputer, a znaczyło to, że system operacyjny odmawia lokatorowi dostępu do zasobów dysku i sieci.

– Dzień dobry! – zawołał weselej.

– Access denied! – powtórzył komputer.

– Dzień dobry – krzyknął najweselej jak tylko potrafił, sycąc słowa radością życia i zadowoleniem obywatela, który czuje, że państwo się nim należycie opiekuje.

– Access approved – powiedział wreszcie komputer. – Witaj Eryku. Odnotowałem wilgotność powietrza w twojej sypialni na poziomie 52%, lekko powyżej normy. Czyżby zły sen? Nadmierna potliwość?

– Nie wiem, nie pamiętam – odpowiedział Eryk z lekkim zniecierpliwieniem i poczłapał w stronę łazienki, drapiąc się po pośladku i ziewając.

– Dobry ruch Eryku, świetnie, że idziesz w kierunku łazienki. Warto się umyć, gdyż temperatura twojego ciała wynosi 37 stopni, a więc nieco za wiele, a wilgotność skóry jest podwyższona. Nie wykrywam choroby ale zalecam poranną toaletę. Najlepiej prysznic. Czy wyregulować temperaturę wody?

– Tja – warknął Eryk i zrzuciwszy piżamę wszedł do kabiny prysznicowej.

– Po kąpieli zaproponuję odpowiednią stylizację na dzisiejszy dzień. Czy autoryzujesz aktywację dopływu wody?

– Tja...

– Inicjuję przepływ wody w module kąpielowym.

Eryk ustawił się w taki sposób, by strumień ciepłej wody z górnego sitka uderzał wprost między jego łopatki, w to zawsze zmęczone miejsce tuż pod karkiem, gdzie kumuluje się napięcie. Ciepła woda masowała obręcz barkową, a naprężenie, towarzyszące mu od chwili gdy otworzył oczy, zaczęło powoli ustępować.

Mimo to nie potrafił się zrelaksować, wciąż myśląc wydarzeniach, które jak się spodziewał oznaczały koniec jego kariery w Straży Informatycznej. Odnogi rozbitego jego ciałem strumienia prysznicowej wody, meandrując po całym ciele, rozdzielały się w jeszcze cieńsze mini potoki, a niekiedy nawet pojedyncze krople i biły o podłoże, przywodząc na myśl dudniące o parapet strugi deszczu. Deszcz zbudził go poprzedniego ranka, zanim zadzwonił budzik. Stał wtedy kilka chwil przy oknie, wpatrując się w otchłań pomiędzy konarami rosnącego nieopodal drzewa. Patrzył na drżące liście w kolorze głębokiej, soczystej, uspokajającej wzrok, zieleni. Zieleń ta była pięknie nabłyszczona deszczem. Uchylił okno i słuchał szumu, zastanawiając się czy jego źródłem są wyłącznie strugi deszczu, czy także targane nimi liście.

Komputer nie wykrył wówczas nadmiernej wilgotności ani temperatury jego ciała, więc wystarczyła krótka ablucja w zlewie i nad wanną, po której mężczyzna został poinformowany, że można uruchomić program „Stylista-Wizażysta".

eprasa.pl fa714ca89f

– Dawaj! – zawołał raźno Eryk.

Rozdzwonił się jakiś iście radiowy dżingiel, a światła w mieszkaniu błysnęły wszelkimi barwami tęczy, niknąc po chwili stopniowo w rytm stroboskopowych wygibasów.

– Witam. To ja, wasz Stylista-Wizażysta – odezwał się z wszystkich głośników nieco odmieniony głos domowego komputera. Oryginalnie należał do jakiegoś dwudziestowiecznego lektora, który kiedyś czytał listy dialogowe w filmach telewizyjnych, a teraz już nie żył na tyle długo, że nie trzeba płacić tantiem ani jemu, ani jego rodzinie. – Proszę stanąć prosto.

Eryk wyprężył pierś i uważnie słuchał wskazówek maszyny.

– Dzisiaj modne są pastele! – oświadczył „Stylista-Wizażysta". – Polecam miękkie obuwie typu but z delikatnego skaju i z podeszwą z ekologicznego azbestu, trawionego witaminizowanym kwasem, który całkowicie neutralizuje cząsteczki szkodliwości. Buty powinny przypominać baletki lub sztyblety i równoważyć ostrą linię twojego greckiego nosa oraz zmiękczyć wizualnie nieco nazbyt kwadratowy zarys szczęki. Uda się to zwłaszcza, jeśli pod szyją zawiążesz gustowną, drogą apaszkę w kwiaty, koniecznie z metką. Metka jest nawet ważniejsza od kwiatów. To nie może być pierwsza lepsza apaszka! Spodnie oczywiście ecru... Z góry wyjaśniam, że to klasyczny, kremowy odcień z delikatną nutą żółci, bo skąd masz wiedzieć, prawda? Oczywiście długość trzy czwarte! Luźna bluzka. Nie jest szczególnie ciepło, więc może narzucisz jakieś ponczo, albo coś każualowego... byle nie żakiet. To dzisiaj passe.



– A może po prostu założę swoją skórzaną kurtkę? – zaproponował Eryk i dosłownie poczuł, jak oko komputera wierci dziurę w jego czole, rażąc go krytycznym spojrzeniem niby promieniem lasera. Po chwili jednak komputer zwrócił się do niego przyjaźnie, łagodnym tonem.

– Tylko jeśli spryskasz się uniseksowym zapachem. Przy takiej stylizacji inne konfiguracje zapachowe są absolutnie nie do przyjęcia.

– Jasne – burknął mężczyzna i poszedł się ubrać, a po piętnastu minutach jechał już na hulajnodze do swojego przyjaciela Leszka, by celebrować dzień wolny od pracy. A u Leszka, jak to u Leszka, było wesoło. Trochę gry w jakieś fabularne karty, trochę jedzenia „paluszków rybnych" ze świerszczy, chwila rozmowy i wspólne oglądanie telewizji w porze obowiązkowych wiadomości. Wreszcie szachy, jedno legalne piwko i do domu. Cotygodniowa rutyna.

Piwko trochę go oszołomiło, więc wolał wrócić pieszo. Po drodze myślał o obejrzanych wiadomościach. Dowiedział się z nich o spotkaniu głów kilku państw, ale zapomniał jakich, bo narracja skupiła się głównie na modowych wpadkach jednej z pierwszych dam, która założyła spodnie z lampasami, modne w ubiegłym sezonie, oraz o szyku jakiego zadał jeden z prezydentów wybierając nietuzinkowy węzeł krawata. Mówiono też o czymś innym, bo w końcu wiadomości to nie tylko moda, ale Eryk, jako członek Straży Informatycznej z zawodowych przyczyn słuchał głównie o tym. Choć z samą moda

eprasa.pl fa714ca89f

nie miał wiele do czynienia to obsługiwał jeden z serwerów „Stylisty-Wizażysty" i był z tego dumny, zwłaszcza, że kilka dni wcześniej awansował, stając się samodzielnym pracownikiem, a to oznaczało, że otrzymał klucz. Mógł wreszcie bez asysty logować się do systemu i wprowadzać drobne zmiany. Teoretycznie mógłby nawet wprowadzić większe, gdyby tylko sam sobie udzielił odpowiednich uprawnień, bo miał dostęp do terminalu, który to umożliwiał, ale zależało mu na tej dobrze płatnej pracy, więc robił wyłącznie to, co do niego należało. Głównie pilnował bezpieczeństwa i sprawdzał, czy nikt nie próbuje złamać zabezpieczeń.

– To duża odpowiedzialność – mówił sam do siebie. I z uwagi na nią, klucz zaufania nosił zawsze przy sobie. Strach pomyśleć, co by się stało gdyby ktoś skradł go np. podczas włamania do pustego mieszkania.

Eryk nie był przyzwyczajony do spożywania alkoholu i to jedno piwko, które wypił przed wyjściem długo mu szumiało w głowie. Czuł jego moc jeszcze wtedy, gdy otwierał bramę klatki schodowej swojego bloku.

Pewnie z powodu tego szumu stracił czujność i popełnił błąd.

Kiedy wkroczył dziarsko na klatkę schodową przeoczył stojącą za drzwiami postać, trzymającą w dłoni skarpetę wypełnioną dużą ilością małych monet. Gdy poczuł na potylicy gwałtowne uderzenie było już za późno, by zdecydować się na coś innego niż utrata przytomności.

Gdy ją odzyskał przed oczami zamajaczyła mu jakaś niewyraźna plama, która po chwili zmieniła się w twarz faceta w chirurgicznej masce.

– Powiem tylko, że mój pseudonim to „Becia" – powiedział facet.

– Gdzie ja jestem? – zapytał Eryk nie do końca przytomnie.

– A nie mówiłem! – wykrzyknął porywacz. – Wiedziałem, że to powie! Dawaj pięć euro.

Z cienia wynurzył się tęgi mężczyzna w takiej samej chirurgicznej masce, która jednak na jego twarzy wydawała się dwa razy mniejsza niż u kolegi. Było to złudzenie.

– Masz – powiedział wręczając towarzyszowi banknot.

– Co znaczy „Becia"? Dlaczego akurat „Becia"? – pytał wciąż oszołomiony Eryk, któremu rozgrywające się przed oczami wydarzenia mieszały się z sennymi wizjami i nie do końca jeszcze potrafił się zorientować, co jest rojeniem, a co jawą.

– To tak dla niepoznaki – wyjaśnił facet, który przegrał zakład.– Gdyby jakiś świadek usłyszał jak się do siebie zwracamy i zezna to na policji, to prędzej czy później ktoś się pogubi i zaczną poszukiwać kobiety.

Eryk parsknął sarkastycznie i uśmiechnął się szyderczo.

– Widzisz? Uśmiecha się! – powiedział tęgi. – Ma na temat tej twojej ksywki takie samo zdanie jak ja!

– A ty „Ciejma", kiedy się wreszcie nauczysz, że nie należy się wdawać w pogaduchy z pojmanymi? Naprawdę nic już nie pamiętasz ze szkolenia?

Eryk roześmiał się głośno.

– Masz na imię Maciej? – spytał „Ciejmę" rozbawionym tonem.

– No i widzisz? – warknął „Becia". – Tyle właśnie jest wart ten twój pseudonim, a ze mnie się śmiejesz. Mówiłem ci nie raz...

Nasz bohater miał wrażenie, że niezbyt dojrzałe przekomarzanie się porywaczy nigdy nie dobiegnie końca, ale na szczęście przerwało je pojawienie się jednej ze wścibskich sąsiadek Eryka. Zwabił ją niesiony rurami centralnego ogrzewania pogłos toczonej w piwnicy rozmowy. Miała na głowie papiloty, a na nogach tylko jeden bambosz, bo w pośpiechu zupełnie się pogubiła i zapomniała, że ma dwie stopy.

– Nic się nie dzieje – uspokoił ją „Becia", więc tylko pogroziła palcem i sobie poszła. Napastnicy wiedzieli już, że trzeba szybko kończyć, bo nie wiadomo, co kobieta miała zamiar zrobić, być może właśnie dzwoniła na policję. Czym prędzej wstrzyknęli Erykowi w żyłę porcję alkaloidu tropanowego, otrzymanego z liści bielunia dzędzierzawy, na który potocznie mówi się „serum prawdy" i przeprowadzili błyskawiczne przesłuchanie, celem uzyskania niezbędnych haseł oraz informacji, jak działa serwer. Na koniec zabrali mu klucz.

– Wiesz... – powiedział „Ciejma" na odchodnym. – Chcę żebyś wiedział... Jesteśmy ruchem oporu. Osławionymi „Rebeliantami", o których na pewno słyszałeś. Nie podoba nam się zastana rzeczywistość. Chcemy obudzić tych wszystkich oczadziałych ludzi. Dość mamy prania umysłów i ogłupiania

eprasa.pl fa714ca89f

przez media. Dlatego wprowadzimy wirusa do systemu i zobaczysz, co się jutro stanie ze „Stylistą--Wizażystą". Po prostu zwariuje i zacznie proponować użytkownikom jakieś groteskowe idiotyzmy zamiast modnych ubrań. Kiedy jutro rano ludzie usłyszą, co im zaproponował, zobaczą w pełnej krasie cały absurd tej medialnej opresji, w której żyją. Wreszcie się zbuntują i po raz pierwszy nie posłuchają systemu. Zmieniamy świat. „Rebelianci" to my! Na pewno o nas słyszałeś.

– Nie mam bladego pojęcia kim jesteście i nic mnie to zresztą nie obchodzi. Ani wy ani wasza ideologia, czy o co tam walczycie. Nikt was nie zna. Naprawdę.

Świadomość, że Eryk mówi pod wpływem serum prawdy, a więc nie może kłamać, sprawiła że „Ciejma" posmutniał, ale z powodu maski prawie nie było tego widać.

– Gadasz i gadasz. Naprawdę szkoda funduszy na te szkolenia – warknął do niego „Becia", pociągnął go za kurtkę i nawet się nie pożegnawszy „osławieni Rebelianci" poszli sobie, o coś tam się znowu między sobą kłócąc.



Takie to wspomnienia naszły Eryka kiedy stał pod prysznicem, ale to nie one dręczyły go najmocniej, tylko niepokój, co się stanie kiedy się wyda, że zgubił klucz i co dokładnie spowoduje ten wirus o którym mówił „Ciejma".

– Długo jeszcze tak będziesz stał? – zapytał komputer. – Woda kosztuje pieniądze, a poza tym chodzi o planetę. Chcesz ją wysuszyć do cna? No i o Twoje zdrowie też chodzi, zaraz się przecież przegrzejesz.

– Już, już – odparł niechętnie, po czym szybko się umył. Ubrał się w to, co wczoraj i zbył machnięciem ręki uwagi komputera, że należy wysłuchać rad „Stylisty--Wizażysty", bo w przeciwnym razie będzie wyglądał niemodnie. Spojrzał na zegarek i widząc, że szansa na punktualne przyjście do pracy zaczyna mu się wyślizgiwać z rąk, szybkim krokiem ruszył w stronę wyjścia. Kiedy otworzył drzwi, zauważył na wycieraczce niewielki prostokąt w jaśniejszym kolorze, który dzięki kontrastującej barwie mocno rzucał się w oczy. Podniósł go, szeroko się uśmiechając. Był to jego klucz, który rebelianci postanowili najwyraźniej z jakiegoś powodu zwrócić. Na kluczu była naklejona żółta karteczka z odręcznie wpisanym komunikatem: „Teraz już nas nie zapomnisz".

Eryk nie bardzo wiedział, czy przekaz miał mieć pozytywną wymowę związaną z potencjalnie miłym gestem zwrócenia klucza, czy też była to groźba. Miał się o tym przekonać bardzo szybko, bo gdy tylko doznając poczucia ulgi, schował klucz do portfela, musiał stanąć jak wryty. Ogarnęło go takie zdumienie, że cały wysiłek jaki spróbował włożyć w opanowanie mimiki, poszedł na marne. Mięśnie jego twarzy zwiotczały, szczęka opadła, a oczy omal nie wyskoczyły z orbit. Ludzie paradowali w ubraniach z kolorowej prasy lub w pelerynach z worków po ziemniakach, na stopach mieli wielkie domowe bambosze z pluszu, imitujące kształt puszystych zwierząt lub niekiedy ich szponów lub kopyt. Niektórzy nosili płetwy lub jakieś inne komiczne trzewiki. Na głowy wkładali garnki i klatki dla ptaków,

eprasa.pl fa714ca89f

zaś za palta służyły im kartony po sprzęcie RTV i ogromne akwaria z PCV, pełne surowców wtórnych i trocin. Eleganckie damy krasiły włosy kisielem, a przystojni kawalerowie pląsali w stanikach, podwiązkach i pończoszkach, zaś we włosy wplatali żyłkę wędkarską która przytrzymywała liście aloesu lub języka teściowej. Niektórzy zamiast liści mieli we włosach szerokie, kolorowe wstążki lub sznurek do wieszania bielizny, niekiedy z przypiętymi klamerką częściami intymnej garderoby.

Tymczasem do oniemiałego Eryka podszedł zaniepokojony jego wyglądem policjant.

– Dzień dobry. Starszy aspirant Klupś z powiatowej komendy policji... Czy coś się stało?

– No niech pan sam zobaczy – powiedział Eryk zachęcając policjanta gestem do zlustrowania panoramy miasta. – Jak ci ludzie wyglądają?

– Prawda, że ładnie? – powiedział policjant. – Nowocześnie, estetycznie i fashionowo. Co, jak co, ale muszę przyznać, że w dziedzinie mody nadążamy za zachodem. Modowo. Wyglądają modowo. Jak z żurnala!

Poklepał Eryka po ramieniu i znów się odezwał:

– Czyli wszystko dobrze? Wszystko gra? Nic pana nie dziwi? Akceptuje pan rzeczywistość?

Eryk popatrzył na niego szeroko rozwartymi oczami i bezgłośnie przytaknął na wszelki wypadek, bo zawsze żywił przekonanie, że z policją nigdy nic nie wiadomo.

– To dobrze. Może się pan rozejść. Nie ma sensu się gromadzić.

Eryk ruszył wolnym krokiem, przyglądając się mijanym ludziom. Oni odwzajemniali jego zdumione spojrzenie, a nawet dodawali do zdziwienia szczyptę niesmaku, a czasem i pogardy. Ktoś tam powiedział, że „facet wygląda niemodnie". Jakaś pani, śmiejąc się z przyjaciółką użyła słowa: „wczorajszy", inna: „przebrzmiały"...

Poczuł się nieswojo, więc puścił się biegiem, żeby jak najszybciej opuścić ulicę. Pobiegł prosto do pracy, pełen najgorszych przeczuć na temat swego losu. Chwilę odsapnął w holu, po czym poszedł prosto do gabinetu kierownika, nie czekając aż ten go wezwie. Jakież było jego zdziwienie, kiedy otworzył drzwi i ujrzał przełożonego owiniętego firaną, w jednym sandale i jednym kaloszu na nogach oraz w poduszce na głowie, nałożonej w taki sposób jakby była pierogiem Napoleona.

– Kierownik zerknął na niego i przerwał rozmowę telefoniczną, przyciskając słuchawkę do ramienia, a następnie nonszalanckim gestem wskazał go palcem.

– Eryk, no jak ty wyglądasz do licha – warknął – Przestajesz nadążać chłopie, nie nadążasz! Zrób coś z tym. – Tutaj zaprezentował efektowną pauzę, którą wykorzystał na chwilę namysłu. – A wiesz co? Właściwie to nie mam nic do Ciebie dzisiaj, idź i zajmij się tam tym, co zawsze. Jakby co, będę dzwonił. Tylko następnym razem nie zostawaj w tyle, dobra? Nie zostawaj.

– Dziękuję – odparł Eryk i podszedł do okna aby zaczerpnąć tchu. Przez szybę zauważył dwie inne postaci, które były „niemodnie ubrane". Za modne można było w obecnej sytuacji poczytać jedynie ich chirurgiczne maski. Nie mógł słyszeć ich rozmowy, ale patrzył jak zahipnotyzowany i wyglądał, jakby słuchał. Tymczasem oni, wcale tego nieświadomi, prowadzili dialog.

– No to masz te swoje pomysły – powiedział tęższy z nich. – Obudzimy ich, mówiłeś. Zbuntują się, mówiłeś. A ci paradują w tych idiotycznych strojach i jeszcze się z tego cieszą! Autor „Stylisty–Wizażysty" dostanie pewnie premię albo awans, a nas wywalą z Rebelii. No pięknie Ci to wyszło, nic tylko pogratulować.

– Nie mi, tylko nam! – zirytował się mniejszy. – Działamy razem.

– A idź. Jeszcze będę za ciebie świecił oczami przed dowódcą. Diabli nadali...

– Nie moja wina, że popkultura wszystko wchłania. Bunt też...

Nagle tęższy facet przystanął odwracając się za jakimś człowiekiem z filodendronem na głowie i twarzą, która wyglądała jakby była wykonana z plastiku.

– Cicho, cicho.... Widziałeś?

– Co widziałem?

– To był ten chirurg plastyczny gwiazd, co to prowadzi audycję poranną i mówi ludziom, jakie defekty urody warto poprawić...

– To on? Też mi się zdawało, że skądś go znam, tylko ten filodendron mnie zmylił.

Spojrzeli po sobie znacząco i nie wahając się ani chwili ruszyli za nim. ■

Jakub Turkiewicz

eprasa.pl fa714ca89f

Uruchomienie Polskiego Radia
W dniu 18 kwietnia br. została uroczyście uruchomiona pierwsza stacja nadawcza Polskiego Radia w Warszawie. Stacja pracuje na fali średniej 480 metrów, a moc jej wynosi 1,2 kW w antenie. Zasięg stacji rozciąga się na 30 km dla odbiorników detektorowych i około 300 km dla odbiorników wielolampowych. Nadajnik typu Q został zakupiony w angielskiej firmie Marconi Wireless Co., Ltd. W pierwszej audycji popłynęły w eter słowa: „Halo, halo, Polskie Radio Warszawa, fala 480 metrów". Jest to data narodzin polskiej radiofonii państwowej, która pozwoli na rozpowszechnienie kultury i informacji wśród szerokich mas społeczeństwa.

Publiczna demonstracja telewizji
W dniu 26 stycznia br. szkocki wynalazca John Logie Baird przeprowadził w Londynie pierwszą publiczną demonstrację działającego systemu telewizyjnego przed członkami Royal Institution. W swoim laboratorium przy Frith Street 22 w dzielnicy Soho Baird przedstawił transmisję ruchomych obrazów za pomocą urządzenia zwanego „televizor". System wykorzystuje mechaniczne wirujące dyski wynalezione przez Paula Nipkowa, z 30 otworami ułożonymi spiralnie. Dysk ten rozkłada obraz na 30 linii. Podczas demonstracji transmitowano głowę lalki brzuchomówcy, a następnie ludzką twarz. Korespondent „The Times" donosił, że obraz był „słaby i często rozmyty, lecz potwierdzał możliwość natychmiastowego transmitowania i odtwarzania szczegółów ruchu oraz mimiki twarzy". Wynalazek ten otwiera nową erę w przekazywaniu obrazów na odległość.

Nowoczesne chłodziarki elektryczne w Europie
Amerykańska firma Frigidaire rozpoczęła w bieżącym roku wprowadzanie na rynek europejski swoich chłodziarek elektrycznych. Urządzenia te, które w Stanach Zjednoczonych zyskały ogromną popularność, przedstawiają całkowicie nową konstrukcję w porównaniu do tradycyjnych lodówek z lodem. W 1926 roku wprowadzono nowy model wykonany w całości ze stali, zastępujący wcześniejsze drewniane konstrukcje. Cena jednego urządzenia została obniżona do 468 dolarów dzięki usprawnieniu procesu produkcji. Chłodziarka eliminuje konieczność codziennego dostarczania lodu i pozwala na długotrwałe przechowywanie żywności. Spodziewane są sprzedaże na poziomie 750 000 sztuk w samych Stanach Zjednoczonych, co świadczy o rosnącej popularności tego wynalazku.

Doświadczenia z rakietami na paliwo ciekłe
Dr Robert H. Goddard, amerykański pionier rakietowy, kontynuuje w bieżącym miesiącu swoje doświadczenia z rakietami na paliwo ciekłe w Auburn, Massachusetts. Po udanych testach z marca br., w kwietniu przeprowadził on dwie próby testowe silnika rakietowego. Rakiety doktora Goddarda wykorzystują ciekły tlen i benzynę jako paliwo, co stanowi przełom w porównaniu do tradycyjnych rakiet na paliwo stałe. Eksperymenty te prowadzone na farmie Warda mogą w przyszłości otworzyć drogę do lotów w górne warstwy atmosfery, a być może nawet poza jej granice. Goddard pracuje również nad systemem stabilizacji żyroskopowej, która pozwoliłaby na kontrolowanie lotu rakiety.

Nowy samolot pasażerski Forda
W dniu 2 sierpnia br. odbędzie się pierwszy lot nowego samolotu pasażerskiego Ford Tri-Motor, zwanego pieszczotliwie „Blaszaną Gęsią". Samolot ten, będący największym cywilnym statkiem powietrznym w Ameryce, wykonany został w całości z metalu – jego kadłub zbudowano z pofałdowanego aluminium. Tri-Motor, wyposażony w trzy silniki, może przewozić do dwunastu pasażerów. Konstrukcja metalowa oraz prestiżowa nazwa Forda sprawiają, że samolot ten cieszy się natychmiastowym zainteresowaniem linii lotniczych. Mimo że jest głośny, okazuje się niezwykle niezawodny i odgrywa istotną rolę w przekonywaniu opinii publicznej, że podróże lotnicze są bezpieczne i praktyczne.

Fuzja niemieckich gigantów motoryzacyjnych
W bieżącym roku doszło do historycznego połączenia dwóch niemieckich firm motoryzacyjnych: Daimler Motoren Gesellschaft oraz Benz & Cie. Nowo powstała firma Daimler-Benz stała się jednym z największych producentów samochodów w Europie. Fuzja ta nastąpiła po śmierci obu założycieli – Karla Benza i Gottlieba Daimlera, którzy przez lata byli zaciekłymi rywalami. Nowa firma będzie produkować samochody pod marką Mercedes-Benz, łącząc doświadczenie i innowacyjność obu przedsiębiorstw. W Stanach Zjednoczonych firma General Motors utworzyła w tym samym roku zunifikowaną linię montażową, zintegrowaną pionowo dla większej wydajności, co pokazuje tempo zmian w przemyśle motoryzacyjnym.

Rewolucyjny most z betonu zbrojonego w Szwajcarii
Szwajcarski inżynier Robert Maillart ukończył w bieżącym roku budowę mostu Valtschielbach, który stanowi przełom w technologii mostowej. Most ten, o rozpiętości 43 metrów, posiada niezwykle cienki łuk wykonany z betonu zbrojonego – w najcieńszym miejscu zaledwie 23 cm, pogrubiający się do 28 cm przy podporach. Innowacja polega na wzmocnieniu łuku poprzez sztywny pokład mostowy, połączony z łukiem cienkimi pionowymi płytami. Maillart, który od 1901 roku rewolucjonizuje budownictwo mostowe, całkowicie zerwał z tradycją murowaną i nadał betonowi formy techniczne odpowiednie do jego właściwości, jednocześnie zaskakujące wizualnie. Ten most otwiera nową erę w inżynierii konstrukcyjnej. ■

eprasa.pl fa714ca89f

*Redaktor Naczelny, doceniając moje zdolności spirytystyczne, powierzył mi zadanie szczególne: mam docierać do Wielkich Odkrywców po tamtej stronie i wysłuchiwać ich zwierzeń. Nie tego, **co** odkryli – to wiemy z podręczników. Interesuje nas **jak**: jakie pytanie ich uwierało, gdzie zaczynało się rozumowanie, gdzie popełniali błędy i kiedy przychodziło olśnienie.*

Wielcy Odkrywcy są – jak się okazuje – rozmowniejsi niż za życia. Może dlatego, że nie mają już nic do stracenia. Albo dlatego, że nikt ich od dawna nie pytał.

*Dziś przy stoliku zjawił się – z charakterystycznym roztargnieniem i nieuczesanymi włosami – **Albert Einstein**.*

Redaktor X

Czas, który biegnie inaczej

Albert Einstein i droga do szczególnej teorii względności

Rok 1895. Pytanie, które nie daje mi spokoju

Miałem szesnaście lat, gdy zadałem sobie pytanie, które przez następną dekadę nie dawało mi spokoju. Wyobraziłem sobie, że lecę obok promienia światła. Co bym zobaczył? To proste pytanie doprowadziło mnie – po dziesięciu latach zmagań – do wywrócenia do góry nogami całej fizyki.

Mam szesnaście lat i właśnie rzuciłem szkołę w Monachium. Uczę się sam, a w głowie kręci mi się jeden obraz. Wyobraź sobie, że jedziesz pociągiem z prędkością 100 km/h i rzucasz piłkę do przodu z prędkością 50 km/h. Dla obserwatora na peronie piłka leci z prędkością 150 km/h. Prędkości się sumują – to zasada Galileusza, znana od trzystu lat i niepodważalna.

Ale co, jeśli zamiast piłki wyślesz *promień światła*? Zgodnie z zasadą Galileusza – obserwator na peronie powinien zobaczyć prędkość c+100 km/h. A ja wyobrażam sobie, że jadę *razem* z tym promieniem. Czy widziałbym falę świetlną zawieszoną w miejscu, jak stojącą falę na wodzie? Coś w tym obrazku zgrzytało. Nie wiedziałem jeszcze co – ale czułem, że coś tu jest nie tak.

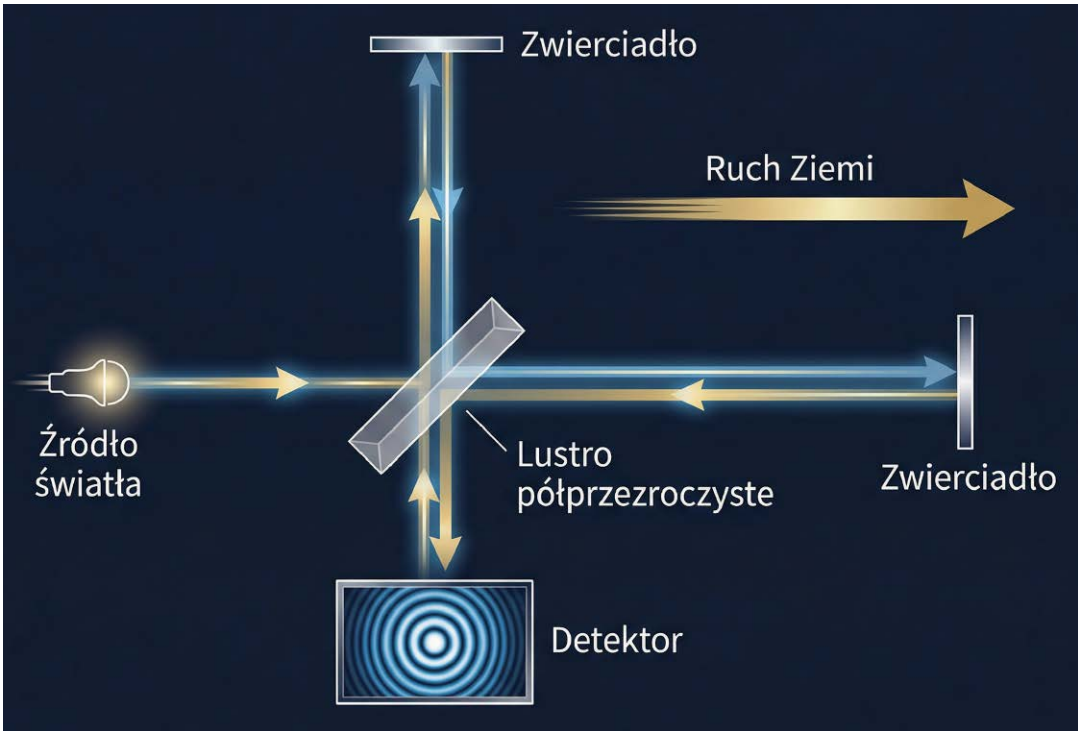
Maxwell (1864)
Zjednoczył elektryczność i magnetyzm w jednej teorii. Pokazał, że światło to fala elektromagnetyczna i obliczył jej prędkość: c=299 792 458 m/s. Prędkość ta wynika wprost z równań – bez żadnego układu odniesienia.

Kilka lat później, na studiach w Zurychu, rozumiem skąd to zgrzytanie. Poznałem równania Jamesa Clerka Maxwella – opisują elektryczność, magnetyzm i światło w jednym, pięknym układzie. I mówią coś zdumiewającego: prędkość światła w próżni wynosi zawsze dokładnie tyle samo.

I tu pojawia się sprzeczność, której przez lata nikt nie umiał rozwiązać. Zasada Galileusza mówi, że prędkości się sumują. Równania Maxwella mówią, że prędkość światła jest stała. Jedno wyklucza drugie. Ktoś musi się mylić.

Przez niemal czterdzieści lat fizycy widzieli tę sprzeczność i udawali, że jej nie ma. Ja nie potrafiłem.

eprasa.pl fa714ca89f



Schemat interferometru Michelsona-Morleya. Wynik: brak przesunięcia prążków interferencyjnych – prędkość światła jednakowa we wszystkich kierunkach

1887. Eksperyment, który wszystko skomplikował

Fizycy mieli na tę sprzeczność gotową odpowiedź: Maxwell się nie myli, ale jego równania opisują prędkość światła *względem eteru* – nieruchomego medium wypełniającego cały wszechświat, przez które rozchodzi się światło, jak dźwięk przez powietrze. Ziemia porusza się przez eter, więc w różnych kierunkach powinna rejestrować różną prędkość światła. Wystarczy to zmierzyć.

W 1887 roku Albert Michelson i Edward Morley zbudowali precyzyjny interferometr – urządzenie mierzące prędkość światła biegnącego równolegle i prostopadle do ruchu Ziemi. Spodziewana różnica? Około 30 km/s. Dokładność przyrządu? 3 km/s. Wynik był wstrząsający:

> *Nie znaleziono żadnej różnicy*
> *Prędkość światła była identyczna we wszystkich kierunkach. Eter nie daje żadnego sygnału.*

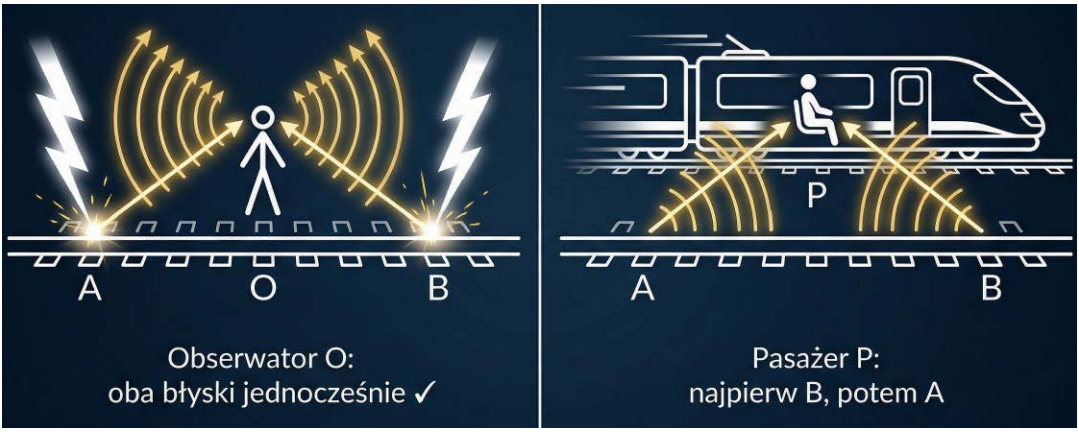
Lorentz i Poincaré próbowali ratować eter – zaproponowali, że ciała poruszające się przez eter kurczą się dokładnie o tyle, żeby pomiar dał zerowy wynik. Matematycznie działało. Ale fizycznie nie miało sensu. To był plaster na ranę, nie diagnoza.

NARRATOR

Einstein twierdził przez całe życie, że eksperyment Michelsona i Morleya nie był punktem wyjścia jego rozumowania. Jego problemem była czysta sprzeczność logiczna między Galileuszem a Maxwellem.

Historycy nauki do dziś się o to spierają. Zachowane notatki sugerują, że Einstein znał wyniki eksperymentu przynajmniej ze wzmianek w podręcznikach – ale być może traktował go jako jeden z wielu faktów, nie jako zagadkę do rozwiązania. Zagadką do rozwiązania był dla niego **obraz chłopca lecącego obok promienia światła**. *To subtelna, ale ważna różnica.*

eprasa.pl fa714ca89f



1. Jednoczesność zależy od układu odniesienia

1905. Przełom: co to znaczy „jednocześnie"?

Mam dwadzieścia sześć lat, pracuję jako urzędnik patentowy w Bernie. Przez kilka tygodni nie mogę spać. Pewnego dnia mówię Besso – mojemu przyjacielowi, z którym rozmawiam o fizyce – że chyba się poddaję. Następnego ranka budzę się z gotowym rozwiązaniem.

Kluczem jest pytanie, które każdy uznaje za trywialne: *co to znaczy, że dwa zdarzenia zachodzą jednocześnie?* Fizyka przez trzysta lat zakładała, że to oczywiste. Ja zadałem sobie to pytanie poważnie.

Eksperyment myślowy z pociągiem i piorunami

Pociąg pędzi po torze. Na środku pociągu siedzi pasażer P. Przy torze, dokładnie naprzeciw pasażera, stoi obserwator O. W pewnej chwili pioruny uderzają jednocześnie w oba końce toru – punkt A i punkt B – w odległościach równych od obserwatora O.

Obserwator O stoi w połowie między A i B. Oba błyski docierają do niego w tej samej chwili. Wniosek: pioruny uderzyły jednocześnie.

Pasażer P jedzie w prawo – naprzeciw błysku z B i od błysku z A. Błysk z B dociera do niego wcześniej. Z punktu widzenia pasażera – pioruny **nie** uderzyły jednocześnie: najpierw B, potem A.

Kto ma rację? **Oboje.** Żaden z nich się nie myli. Nie istnieje żadne absolutne, kosmiczne *teraz*. Jednoczesność jest **względna** – zależy od układu odniesienia obserwatora.

> *To jedno zdanie, które zmienia wszystko: nie ma absolutnego czasu. Newton się mylił. Czas jest lokalny.*

Dwa postulaty – fundament całej teorii

Na tym spostrzeżeniu buduję całą teorię. Opiera się na dwóch postulatach – założeniach, które przyjmuję jako punkt wyjścia:

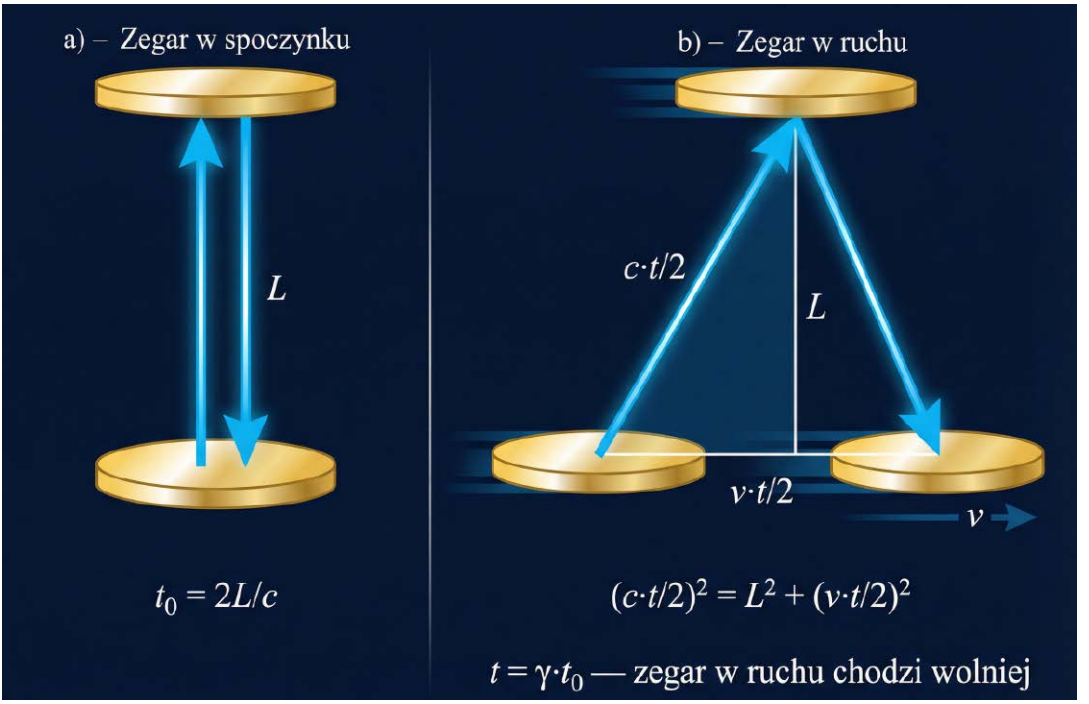
Postulat I – zasada względności: Prawa fizyki mają identyczną postać we wszystkich inercjalnych układach odniesienia – czyli takich, które poruszają się względem siebie ze stałą prędkością. Nie ma żadnego uprzywilejowanego, absolutnie nieruchomego punktu odniesienia we wszechświecie. Żadnego eteru.

Postulat II – stałość prędkości światła: Prędkość światła w próżni ma tę samą wartość c=299 792 458 m/s dla wszystkich obserwatorów, niezależnie od ich ruchu i od ruchu źródła światła.

Drugi postulat brzmi absurdalnie. Jadę pociągiem 100 km/h i wysyłam promień światła do przodu. Ty stoisz na peronie i mierzysz prędkość tego promienia. Oboje dostajemy dokładnie c – nie c+100 km/h. Jak to możliwe? Skoro prędkość to droga podzielona przez czas, a prędkość musi wyjść taka sama dla obu obserwatorów – to albo *drogi* muszą wyjść różne, albo *czasy*. Albo obie wielkości naraz.

I właśnie tak jest. Czas i przestrzeń muszą być **względne**, żeby prędkość światła mogła być bezwzględna. Wyprowadźmy to matematycznie.

eprasa.pl fa714ca89f



2. Foton w poruszającym się zegarze pokonuje dłuższą drogę ukośną

Zegar świetlny – skąd bierze się czynnik γ

Pomysł: najprostszy możliwy zegar

Wyobraź sobie zegar zbudowany z dwóch luster umieszczonych naprzeciw siebie w odległości L. Foton (cząstka światła) odbija się między nimi w tę i z powrotem. Każde odbicie to jedno „tyknięcie". W układzie, w którym zegar stoi nieruchomo, foton przebywa drogę 2L w czasie:

$$t_0 = \frac{2L}{c}$$

To jest czas jednego tyknięcia dla obserwatora *spoczywającego* razem z zegarem. Teraz wprawmy zegar w ruch.

Zegar w ruchu: foton idzie po skosie

Obserwator O stoi nieruchomo. Przed nim przejeżdża zegar ustawiony *pionowo* – lustra jedno nad drugim – i poruszający się poziomo z prędkością *v*. Z punktu widzenia O foton nie odbija się pionowo, lecz przebywa drogę *ukośną* – bo zegar się przesuwa, zanim foton dotrze do górnego lustra.

Wyprowadzenie wzoru

Połowa drogi fotonu tworzy trójkąt prostokątny. Przyprostokątne to: *L* (pionowa) i *v·t*/2 (pozioma). Przeciwprostokątną jest *c·t*/2. Z twierdzenia Pitagorasa:

$$\left(c \cdot \frac{t}{2}\right)^2 = L^2 + \left(v \cdot \frac{t}{2}\right)^2$$

Rozwijamy i przenosimy wyrazy z *t* na jedną stronę:

$$c^2 \cdot \frac{t^2}{4} = L^2 + v^2 \cdot \frac{t^2}{4}$$

$$c^2 \cdot t^2 - v^2 \cdot t^2 = 4L^2$$

$$t^2 \cdot \left(c^2 - v^2\right) = 4L^2$$

$$t^2 = \frac{4L^2}{c^2 - v^2}$$

$$t^2 = \frac{4L^2}{c^2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$t = \frac{2L}{c} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Czynnik Lorentza γ (gamma) *to serce całej teorii. Przy małych prędkościach γ≈1 i wszystko wygląda normalnie. Im bliżej prędkości światła – tym większe γ i tym bardziej czas, długość i masa odbiegają od wartości „spoczynkowych".*

eprasa.pl fa714ca89f

Ale $2L/c$ to właśnie t0 – czas tyknięcia dla zegara w spoczynku. Zatem:

Wartości γ dla różnych prędkości
10% c: γ=1,005 | 50% c: γ=1,155 | 90% c: γ=2,294 | 99% c: γ=7,089 | 99,9% c: γ=22,4 | 99,9999% c: γ=707

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$
$$t = \gamma \cdot t_0$$

gdzie: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

Dylatacja czasu – zegar w ruchu chodzi wolniej

Wzór jest prosty. Jeśli t_0 to czas zmierzony przez obserwatora spoczywającego przy zegarze (czas własny), to obserwator patrzący na ten zegar z zewnątrz, gdy zegar porusza się z prędkością v, zobaczy:

$$t = \gamma \cdot t_0 = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Ponieważ γ>1, obserwator zewnętrzny mierzy **dłuższy** czas – zegar w ruchu chodzi dla niego **wolniej**. To nie złudzenie optyczne. To fizyczna rzeczywistość.

Przykład liczbowy

Rakieta leci z prędkością v=0,8c (80% prędkości światła). Obliczymy γ:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-0{,}8^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-0{,}64}} = \frac{1}{\sqrt{1-0{,}36}} = \frac{1}{0{,}6} = 1{,}667$$

Na Ziemi minęło 10 lat. Ile czasu upłynęło dla astronauty?

$$t_0 = \frac{t}{\gamma} = \frac{10\text{ lat}}{1{,}667} = 6\text{ lat}$$

Astronauta przeżył tylko 6 lat, gdy na Ziemi minęło 10. Jego zegar – biologiczny i mechaniczny – rzeczywiście chodził wolniej. Nie dlatego, że coś mu się przyśniło. Ale dlatego, że czas jest lokalny.

Potwierdzone eksperymentalnie
W 1971 roku Hafele i Keating zabrali zegarki atomowe na pokład samolotu. Po podróży dookoła świata zegarki opóźniły się dokładnie tyle, ile przewiduje teoria względności. Różnica: ok. 59 nanosekund. Teoria: ok. 59 nanosekund. Zgodność doskonała.

Skurcz długości – poruszające się ciało jest krótsze

Z tego samego rozumowania wynika, że długość ciała poruszającego się z prędkością v ulega **skróceniu** w kierunku ruchu. Jeśli L_0 to długość własna (w spoczynku), to obserwator zewnętrzny zmierzy:

$$L = \frac{L_0}{\gamma} = L_0 \cdot \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

To nie jest mechaniczne ściskanie – cząsteczki się nie zbliżają. To skrót samej przestrzeni w kierunku ruchu. Dla naszej rakiety z v=0,8c:

$$L = \frac{L_0}{1{,}667} = 0{,}6 \cdot L_0$$

Rakieta o długości 100 m (w spoczynku) wygląda dla obserwatora na Ziemi na zaledwie 60 m długości.

Skurcz Lorentza wynikał już z matematyki Lorentza i Poincarégo – ale oni traktowali go jako tajemniczy efekt „działania eteru na materię". Ja pokazałem, że to geometria przestrzeni i czasu, nie siła fizyczna.

Wzrost masy ze wzrostem prędkości – skąd to wynika?

Wzór na masę relatywistyczną można po prostu podać jako fakt. Ale warto zrozumieć, *dlaczego* tak jest – bo nie jest to arbitralne założenie, lecz konieczna konsekwencja dwóch postulatów. Dojdziemy do niego przez zasadę zachowania pędu.

eprasa.pl fa714ca89f

Krok 1. Problem z klasycznym pędem

W klasycznej mechanice pęd ciała to $p=m \cdot v$, a zasada zachowania pędu mówi: w układzie izolowanym całkowity pęd nie zmienia się. Sprawdźmy, czy to działa po Lorentzowskiej transformacji do innego układu odniesienia.

Wyobraź sobie zderzenie dwóch jednakowych kul. W układzie środka masy kule lecą naprzeciw siebie z prędkością u i u, zderzają się sprężyście i wracają. Pęd się zachowuje: $mu+m(-u)=0$. Teraz przejdź do układu poruszającego się z prędkością V wzdłuż kierunku zderzenia. Prędkości transformujemy wzorem Lorentza (już nie galileuszowym!):

$$v_1' = \frac{v_1 - V}{1 - \frac{v_1 \cdot V}{c^2}}$$

Okazuje się, że klasyczny pęd $p=mv$ nie jest zachowany po takiej transformacji – liczba, którą obserwator w drugim układzie wyliczy jako „sumę pędów", nie wyjdzie zero. Klasyczna definicja pędu jest niekompatybilna z transformacjami Lorentza. Trzeba ją zmienić.

Krok 2. Poprawna definicja pędu relatywistycznego

Szukamy takiej definicji pędu, która (a) zachowuje się przy transformacjach Lorentza, (b) przechodzi w klasyczne $p=mv$ dla małych prędkości. Jedyna poprawna forma to:

$$p = \gamma \cdot m_0 \cdot v = \frac{m_0 \cdot v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Można pokazać – i jest to standardowy rachunek z transformacji Lorentza – że ta wielkość jest zachowana we wszystkich inercjalnych układach odniesienia. Dla $v \ll c$: $\gamma \approx 1$, więc $p \approx m_0 \cdot v$. Wzór przechodzi w klasyczny.

Krok 3. Skąd bierze się czynnik γ przy masie?

W wyrażeniu $p=\gamma \cdot m_0 \cdot v$ mamy dwie możliwe interpretacje:

Interpretacja A (formalna): pęd to masa spoczynkowa m0 pomnożona przez relatywistyczną „prędkość własną" . Masa się nie zmienia, zmienia się tylko definicja pędu.

Interpretacja B (praktyczna, historyczna): piszemy $p=m \cdot v$, gdzie masa relatywistyczna $m=\gamma \cdot m_0$ rośnie z prędkością. To właśnie ta interpretacja odpowiada na pytanie: dlaczego coraz trudniej przyspieszyć ciało im szybsze się staje?

Obie interpretacje są matematycznie równoważne. Fizyczna intuicja płynąca z interpretacji B jest jednak bezcenna:

> *Gdy przyspieszamy ciało, dostarczamy mu energię kinetyczną. Ale według $E=mc^2$ – której wyprowadzenie zaraz pokażemy – każda porcja energii* **jest jednocześnie masą**. *Ciało przyspieszone ma więcej energii, więc ma więcej masy. Masa rośnie, bo ciało jest dosłownie „cięższe od energii, którą w nie włożono".*

Krok 4. Dlaczego nie można przekroczyć c

Teraz widzimy to wyraźnie. Siła to tempo zmiany pędu: $F=dp/dt$. Pęd relatywistyczny rośnie coraz szybciej im v zbliża się do c – bo γ rośnie ku nieskończoności. Obliczmy pochodną:

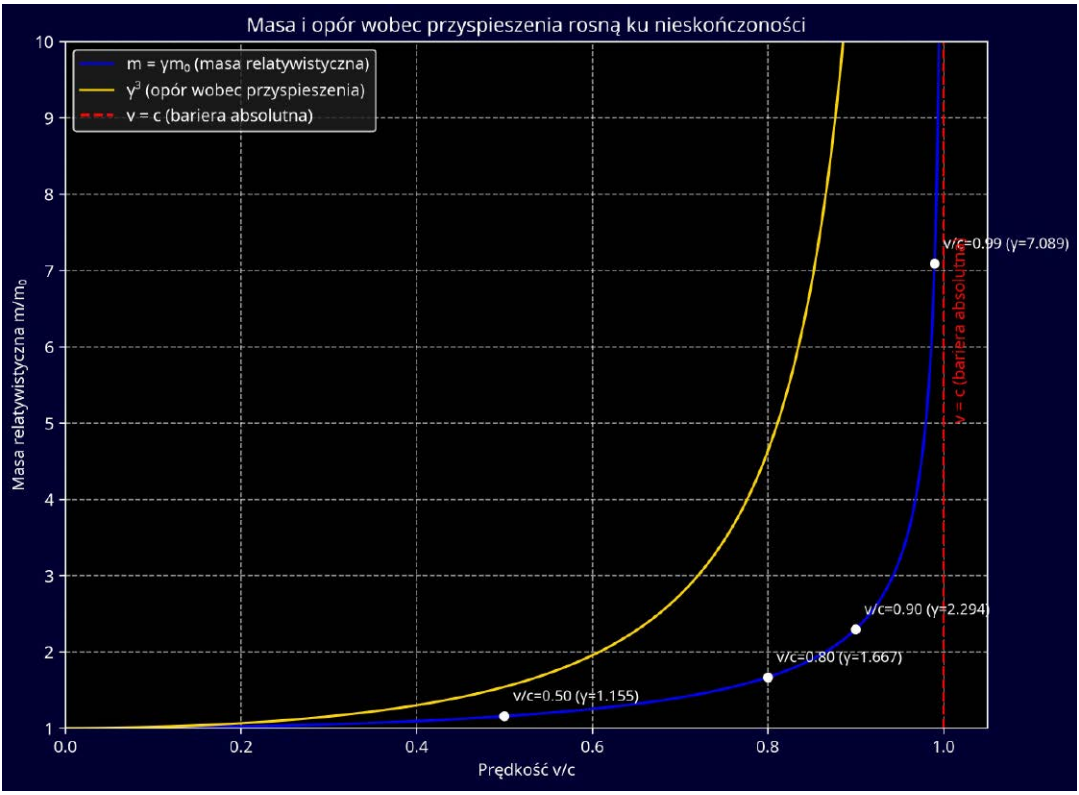
$$\frac{dp}{dv} = m_0 \cdot \frac{d}{dv}\left(\frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\right) = \frac{m_0}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} = \gamma^3 \cdot m_0$$

Aby nadać przyspieszenie a ciału poruszającemu się już z prędkością v, potrzeba siły $F=\gamma^3 \cdot m_0 \cdot a$. Im bliżej c – tym γ większe, tym większy γ^3, tym ogromniejsza potrzebna siła. W granicy $v \to c$: $\gamma \to \infty$, $F \to \infty$.

Przyspieszenie ciała do prędkości c wymagałoby nieskończonej energii.

To nie jest ograniczenie technologiczne – to ograniczenie fundamentalne, wbudowane w geometrię czasoprzestrzeni. Fotony mają $m_0=0$, więc dla nich wzór daje $0 \cdot \infty$ – i właśnie dlatego mogą poruszać się z prędkością c. Dla każdego ciała z $m_0>0$ jest to bariera absolutna.

eprasa.pl fa714ca89f



3. Masa i opór wobec przyspieszenia rosną ku nieskończoności przy v → c

Paradoks bliźniaków – kto się postarzeje bardziej?

Oto jeden z najbardziej znanych myślowych eksperymentów fizyki. Bliźnięta Adam i Bartek mają po 20 lat. Bartek wsiada do rakiety i odlatuje z prędkością v=0,8c w stronę odległej gwiazdy, 4 lata świetlne stąd. Potem wraca tą samą drogą z tą samą prędkością. Adam zostaje na Ziemi.

Ile czasu mija?

Z punktu widzenia Adama na Ziemi obliczamy najpierw γ dla v=0,8c (wiemy już, że γ=1,667). Droga w jedną stronę: 4 lata świetlne. Czas lotu w jedną stronę:

$$\mathrm{t_Adam}\left(\mathrm{w\ 1\ strone}\right) = \frac{\mathrm{odleglosc}}{\mathrm{predkosc}} = \frac{4\ \mathrm{lata\ swietlne}}{0{,}8c} = 5\ \mathrm{lat}$$

$$\mathrm{t_Adam\ (caly\ lot)} = 2 \cdot 5\ \mathrm{lat} = 10\ \mathrm{lat}$$

Adam ma teraz 30 lat. A Bartek? Bartek podróżuje ze swoim własnym zegarem – liczymy jego czas własny:

$$\mathrm{t_Bartek} = \frac{\mathrm{t_Adam}}{\mathrm{gamma}} = \frac{10\ \mathrm{lat}}{1{,}667} = 6\ \mathrm{lat}$$

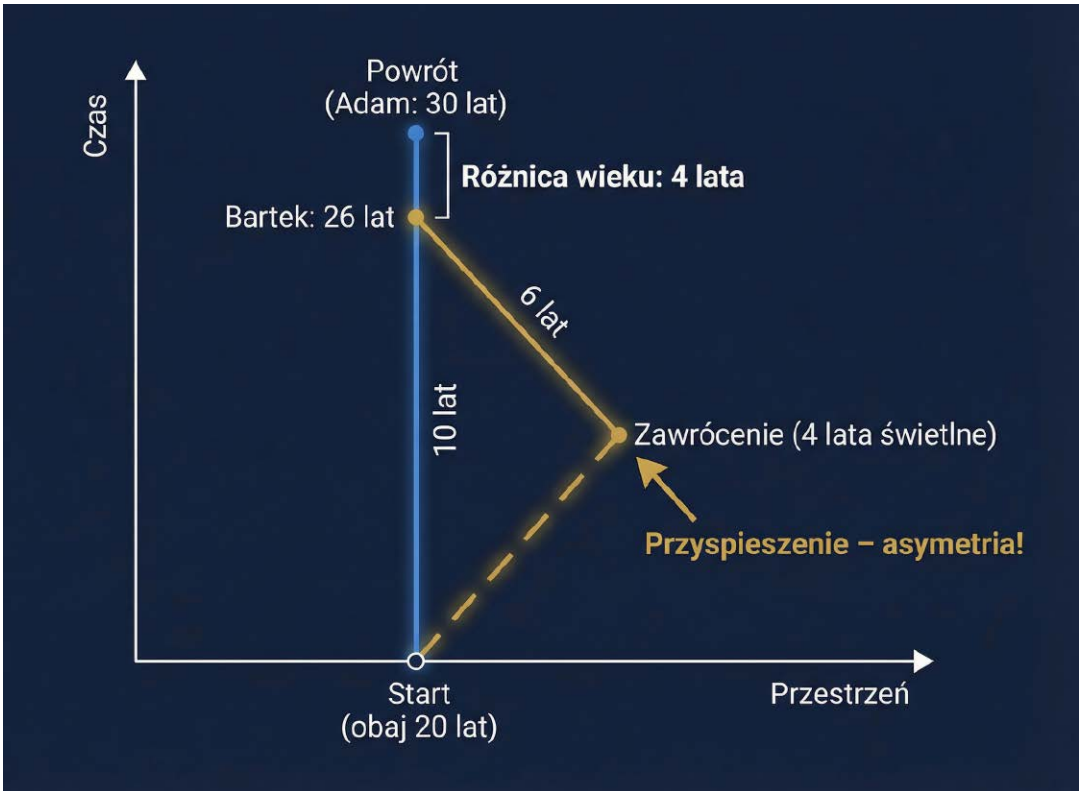
Bartek ma po powrocie 26 lat. Adam – 30 lat. Bracia bliźniacy spotkali się po rozstaniu i mają **różny wiek**. Bartek postarzał się o 6 lat. Adam o 10.

Gdzie jest „paradoks”?

Ktoś mógłby zapytać: dlaczego to nie jest symetryczne? Skoro ruch jest względny – z punktu widzenia Bartka to *Adam odlatuje* i wraca, więc Adam powinien być młodszy. Czyż nie?

Nie. Symetria pozorna łamie się w jednym kluczowym miejscu: **Bartek zawrócił**. Żeby zawrócić, musiał zwolnić, zmienić kierunek i przyspieszyć z powrotem. To przyśpieszenie (a właściwie – zmiana inercjalnego układu odniesienia) sprawia, że sytuacja Bartka i Adama *nie* jest symetryczna. Adam przez

eprasa.pl fa714ca89f



4. Paradoks bliźniaków – wynik nie jest symetryczny

cały czas pozostawał w jednym inercjalnym układzie. Bartek zmienił układ.

To **nie** jest paradoks – to pozorna sprzeczność, która znika, gdy dokładnie prześledzimy, kto gdzie i kiedy jest. Teoria względności i jej wzory mają zastosowanie tylko do układów inercjalnych – a więc nie stosują się bezpośrednio do Bartka w trakcie zawracania. Teoria daje tu jednoznaczną i sprawdzalną odpowiedź.

Potwierdzenia

Cząstki mionów (naładowane cząstki elementarne) powstają w górnych warstwach atmosfery i powinny rozpaść się zanim dotrą do powierzchni Ziemi. Żyją zbyt krótko. A jednak mierzymy je na Ziemi – bo lecą z prędkością 0,998c i ich „zegar biologiczny" chodzi dla nas 15 razy wolniej. Każda cząstka mionowa to żywy paradoks bliźniaków.

NARRATOR

Einstein nigdy nie użył sformułowania „paradoks bliźniaków" – to termin późniejszy, spopularyzowany przez Paula Langévina w 1911 roku. Einstein traktował asymetrię czasu własnego jako prostą, nieuchronną konsekwencję teorii – nie jako paradoks wymagający wyjaśnienia.

Przez dekady „paradoks" był używany jako argument przeciwko teorii względności: oto wewnętrzna sprzeczność! Ale każda kolejna analiza prowadziła do tego samego wniosku: sprzeczności nie ma. Jest tylko **brak symetrii między obserwatorami inercjalnymi i nieinercjalnymi** *– i właśnie ta niesymetria jest potwierdzana w każdym akceleratorze cząstek na świecie.*

Wyprowadzenie $E=mc^2$ – całkowanie pędu

Kilka miesięcy po opublikowaniu teorii przesyłam do wydawcy trzystronicowy dodatek. Pytam w nim: skoro pęd relatywistyczny to $p=\gamma m_0 v$ – ile energii trzeba włożyć, żeby nadać ciału prędkość v? To pytanie o energię kinetyczną. Wyprowadzę ją wprost z rachunku całkowego.

eprasa.pl fa714ca89f

Punkt wyjścia: praca jako całka siły

Energia kinetyczna ciała to praca wykonana przez siłę przyspieszającą je od stanu spoczynku do prędkości v. Siłę F zapisujemy jako tempo zmiany pędu ($F=d_p/d_t$), a drogę x zamieniamy na czas ($d_x=v\cdot d_t$). Dostajemy całkę po pędzie:

$$\mathrm{Ek} = \int \mathrm{F}\cdot \mathrm{d_x} = \int \frac{\mathrm{d_p}}{\mathrm{d_t}}\mathrm{v}\cdot \mathrm{d_t} = \int \mathrm{v}\cdot \mathrm{d_p}$$ (całkujemy od $p=0$ do $p=\gamma m_0 v$)

Pęd relatywistyczny to

$$\mathrm{p} = \frac{\mathrm{m_0 v}}{\sqrt{1-\frac{\mathrm{v^2}}{\mathrm{c^2}}}}$$

Różniczkujemy pęd po v i obliczamy całkę, która po wstawieniu granic daje w wyniku wzór na energię kinetyczną ciała poruszającego się z prędkością v.

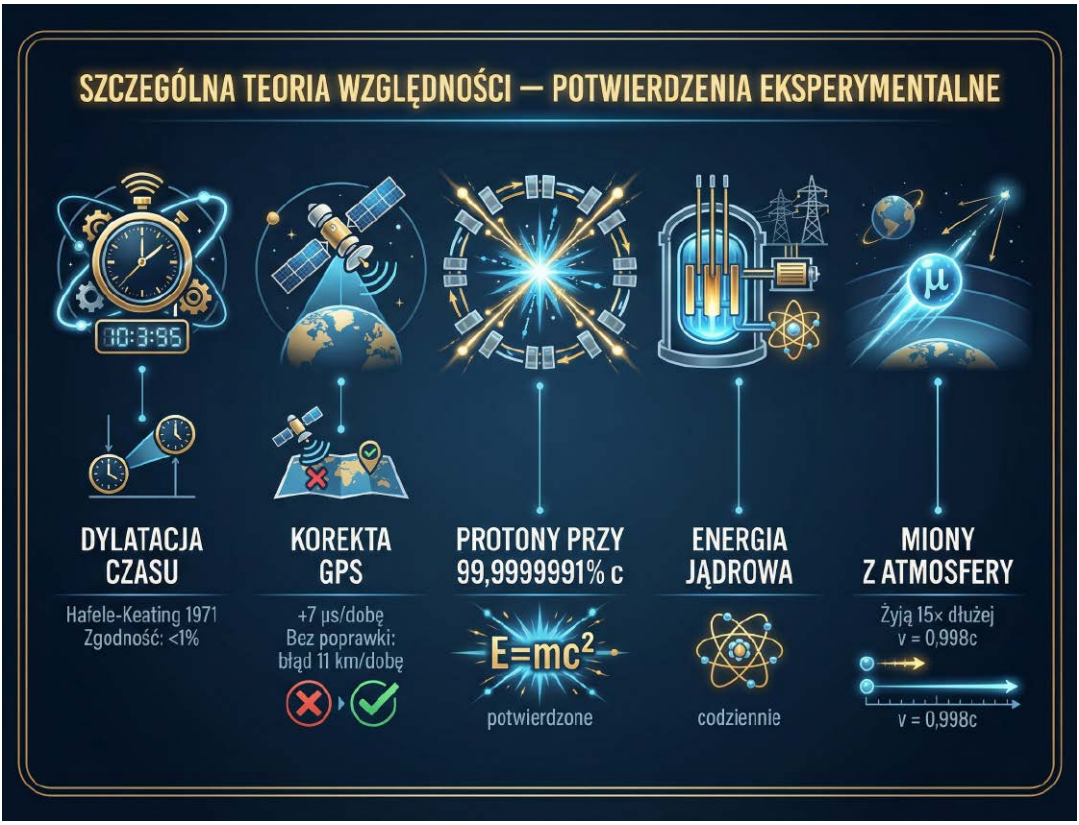
$$\mathrm{Ek} = \mathrm{m_0 c^2}(\gamma - 1) = \gamma \mathrm{m_0 c^2} - \mathrm{m_0 c^2}$$

Całkowita energia ciała to suma energii kinetycznej i energii stanu spoczynkowego E_0:

$$\mathrm{E} = \mathrm{Ek} + \mathrm{E_0} = \left(\gamma \mathrm{m_0 c^2} - \mathrm{m_0 c^2}\right) + \mathrm{E_0}$$

Aby układ był spójny – żeby energia kinetyczna wynosiła zero przy $v=0$ i żeby całkowita energia była zachowana we wszystkich przemianach – musimy przyjąć $E_0=m_0c^2$. Wtedy:

$$\mathrm{E} = \gamma \mathrm{m_0 c^2}$$ (energia całkowita)



5. Wybrane potwierdzenia szczególnej teorii względności

eprasa.pl fa714ca89f

Przy v=0(γ=1):

$$E_0 = m_0 c^2$$

energia spoczynkowa = masa spoczynkowa × (prędkość światła)²

Sprawdzenie: powrót do Newtona

Dobra teoria musi zawierać poprzednią jako szczególny przypadek. Sprawdzamy dla małych prędkości (v<<c), rozwijając γ w szereg:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \approx 1 + \frac{v^2}{2c^2} + \frac{3v^4}{8c^4} + \dots$$

$$\gamma - 1 \approx \frac{v^2}{2c^2}$$

$$E_k = m_0 c^2(\gamma - 1) \approx m_0 c^2 \cdot \frac{v^2}{2c^2} = \frac{1}{2} m_0 c^2 \gamma$$

Wzór relatywistyczny przechodzi dokładnie w klasyczny wzór Newtona. Różnica pojawia się dopiero przy wyższych wyrazach – czyli przy ułamkach prędkości światła, których człowiek nigdy nie osiąga.

Co to naprawdę znaczy?

Wynik E_0=m_0c^2 mówi coś głębokiego: ciało w spoczynku **ma energię**. Nie dlatego, że coś się w nim rusza. Nie dlatego, że jest naładowane. Po prostu dlatego, że *istnieje* i ma masę. Masa to forma energii – zamarznięta, skondensowana, czekająca na wyzwolenie.

Stąd: gram materii zawiera energię:

$$E_0 = 0{,}001\ \text{kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 9 \cdot 10^{13}\ \text{J} = 90\ 000\ 000\ 000\ 000\ \text{J}$$

To tyle co spalenie 21 000 ton benzyny. Albo eksplozja 21 kiloton trotylu – czyli moc bomby zrzuconej na Hiroszimę. I wszystko to wynika wprost z jednego całkowania pędu relatywistycznego.

> **$E=mc^2$** *nie jest postulatem – jest* **wynikiem**. *Wynika z jednego całkowania pędu relatywistycznego. Masa i energia to ta sama rzeczywistość fizyczna – dwie strony jednego równania.*

Teoria sprawdzona miliardy razy

Moje równania z 1905 roku to nie hipotezy. Zostały potwierdzone w każdym akceleratorze cząstek na świecie, w każdym satelicie GPS, w każdym tomografie rezonansu magnetycznego.

Redaktor pyta mnie, czy gdybym mógł, napisałbym ten artykuł inaczej. Odpowiadam bez wahania: nie. Każde zdanie wynika z poprzedniego. Punktem wyjścia było jedno pytanie szesnastolatka i jeden fakt: prędkość światła jest stała. Reszta to nieuchronne konsekwencje. ■

Wyobraźnia jest ważniejsza niż wiedza. Wiedza jest ograniczona. Wyobraźnia obejmuje cały świat.
– ***Albert Einstein***

NARRATOR

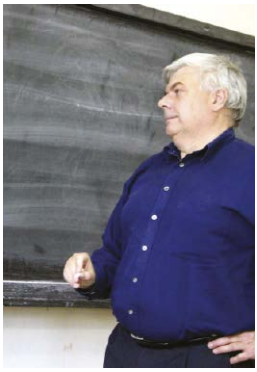
26-letni Einstein opublikował ten trzystronicowy dodatek z pozornym spokojem matematyka rozwiązującego eleganckie ćwiczenie. Miał sześćdziesiąt sześć lat, gdy Japonia skapitulowała po Hiroszimie i Nagasaki.

W 1939 roku podpisał list do prezydenta Roosevelta ostrzegający, że Niemcy mogą budować bombę atomową i wzywający USA do wyprzedzenia ich. List uruchomił Projekt Manhattan. Einstein sam w nim nie pracował – nie miał odpowiedniego poświadczenia bezpieczeństwa, uznano go za zbyt nieprzewidywalnego.

*Kilka dni przed śmiercią w 1955 roku podpisał Manifest Russella-Einsteina, wzywający mocarstwa do rozbrojenia jądrowego. Na pytanie, czy żałuje wzoru, odpowiedział: „***Nie żałuję odkrycia. Żałuję, że świat nie jest gotowy na to, co odkrywa nauka***”.*

Redaktor X

eprasa.pl fa714ca89f



Z „Młodym Technikiem” jestem związany od półwiecza. Wtedy w naszym kraju można było jeszcze spotkać dinozaura. W 1976 roku opublikowałem w MT artykuł o poszukiwaniu liczb pierwszych – w przededniu eksplozji tej tematyki związanej z metodami szyfrowania wiadomości za pomocą niesamowitych własności tych liczb. Potem przyszła bliższa współpraca. Od 1978 roku pisuję co miesiąc o mojej pięknej matematyce.
Chcę i muszę tu podziękować mojemu nauczycielowi matematyki z liceum. Był nim inż. Wacław Chyra (1904–1970) – dowódca kompanii w Powstaniu Warszawskim. Kilkakrotnie podrywał kompanię do straceńczego ataku. Sam przeżył przypadkiem. Kłaniam się nisko, Panie Profesorze.
Na pytanie, jakie mam hobby, odpowiadam, że trzy: 1) matematyka, 2) matematyka, 3) matematyka. Na pytanie o szczęśliwe liczby odpowiadam: 1, 41, 116. Autobusem warszawskiej linii 116 dojeżdżałem do mojej szkoły: warszawskiego Liceum nr 41 im. Joachima Lelewela. Gdy jechałem na egzamin maturalny, podjechał autobus z numerem bocznym 1. Wtedy „jedynka” nie kojarzyła się z oceną niedostateczną, lecz miała raczej znaczenie: „będziesz pierwszy”. Udało się. Zdałem maturę!
Piszę zatem o matematyce. Przenika ona nasze życie. Uczy myślenia, precyzji i spokoju. Nie rozwiązuje naszych codziennych problemów, ale daje nadzieję na ciekawe życie. Dorastają już Czytelnicy „Młodego Technika”, którzy będą żyć w XXII wieku. Zainteresujcie się matematyką.

Sport i matematyka

Ten odcinek „Rozmaitości Matematycznych” jest dalszym ciągiem poprzedniego. Tam pod tytułem „Matematyka w sporcie” pisałem o różnych niebanalnych zagadnieniach związanych ze sprawiedliwym podziałem startujących zawodników na grupy eliminacyjne. Oczywiście „w miarę sprawiedliwym”, bo idealnego sposobu nie ma i być nie może – bo jak zresztą wyglądałby ów „idealny” system?

Zebrało mi się na wspomnienia i dygresje, nie wszystkie mają bezpośredni związek z matematyką. Zacznę od prostej arytmetyki. Wiemy, że w wielu sportach decydują umowne „punkty”. Dodajemy je i mamy rezultat, chociaż proste sumowanie nie zawsze przekłada się od razu na końcowy wynik. Dotyczy to przede wszystkim dyscyplin, w których gra się do pewnej liczby wygranych setów (tenis, siatkówka) – wtedy nieważne jest, iloma punktami wygrało się czy przegrało seta. Liczy się zerojedynkowo: wygrał albo przegrał.

Od czasu do czasu pojawiają się osobliwości. W piłce nożnej dawniej za wygraną drużyna otrzymywała dwa punkty, za remis jeden punkt. Zmieniono to potem na 3 punkty za zwycięstwo, a po jednym za remis. Zachęca to do zwiększenia wysiłku w walce o wygraną. Ciekawostką było to, że przy równej liczbie punktów w końcowej tabeli dawniej (60 lat temu) decydowała nie różnica bramek (zdobytych i straconych), a stosunek (iloraz). Zatem 6:3 było gorsze niż 3:1, a nawet niż 5:2. Ale najciekawsze było to, jak porównać 5:0 i 4:0? Oczywiście nikt nie przejmował się regułami arytmetyki (wiemy, że dzielenie przez zero nie jest wykonalne), bo „zdrowy rozsądek” i tak podpowiadał, że 5:0 jest lepsze niż 4:0.

A oto historia w 100% autentyczna, bez koloryzowania. Było to 10 czerwca 2010 roku. Następnego dnia zaczynały się mistrzostwa świata w piłce nożnej w Afryce Południowej. O godzinie 11.10 rozdałem zadania egzaminacyjne studentom i miałem trochę czasu, by zerknąć na notatkę w bezpłatnie rozdawanej na ulicach gazecie „Metro”. I wtedy zobaczyłem notatkę. Przepisuję dosłownie (z niewielkimi skrótami):

Grecy tylko raz w historii zagrali na mistrzostwach świata. Na mundialu w USA w 1994 roku trafili do grupy z Bułgarią oraz – uwaga – Argentyną i Nigerią. W sumie stracili wówczas aż 10 goli, nie zdobywając żadnego. Z Argentyną i Nigerią przegrali odpowiednio 0:4 (trzecia bramka była ostatnim golem Maradony na mistrzostwach świata) i 0:2. Teraz reprezentacja ta chce się tym przeciwnikom zrewanżować. Co ciekawe, z tamtej grupy z 1994 roku na pierwszym miejscu do 1/8 finału awansowała Nigeria (choć przegrała z Argentyną 1:2 i to była jej jedyna stracona bramka),

eprasa.pl fa714ca89f

a Argentyna zakończyła rywalizację dopiero na trzeciej pozycji przez porażkę z Bułgarami 0:2.

Tyle notatka z „Metra". Od razu zobaczyłem, że jest to ciekawe zadanie na logiczne myślenie, przy czym nie sztuczne (jak wiele takich zadań), tylko jak najbardziej naturalne: jaki był wynik meczu Nigeria – Bułgaria? Nie tylko chodzi o to, kto wygrał, ale kto ile bramek zdobył.

Zachęcam do samodzielnego rozwiązania – kto nie chce się męczyć, proszę zajrzeć na koniec tekstu. Potrzebne jest jednak znalezienie niuansów regulaminowych. Przypomnę: w grupie eliminacyjnej w takich mistrzostwach są cztery drużyny, każda gra z każdą. Awansują dwie. O miejscu w tabeli decyduje oczywiście liczba zdobytych punktów (trzy za wygraną, po jednym za remis, zero za porażkę). Przy równej liczbie punktów liczy się najpierw lepsza różnica bramek, następnie liczba strzelonych bramek, a gdy i te są równe – wynik bezpośredniego meczu. Przepisy precyzują też, co dalej, gdyby to wszystko było równe. To nie będzie jednak potrzebne.

***

W młodości grałem w koszykówkę. Nasza drużyna szkolna zdobyła nawet złoty medal olimpijski! Tak jest! Było to w Pierwszej Warszawskiej Olimpiadzie Młodzieży w 1961 roku, a kapitanem naszej szkolnej reprezentacji był wspaniały potem aktor – Andrzej Seweryn. W koszykówce drużyna za wygraną otrzymywała wtedy dwa punkty, a za przegraną jeden. Chodziło o to, że walkower był oceniany jako 3:0, co w koszykówce, gdzie padają wyniki nawet stupunktowe, jest niewielką różnicą. Bez tego przepisu – jeżeli drużyna A wygrałaby w dwumeczu z drużyną B czterema punktami, to mogłaby nie jechać na mecz rewanżowy. Inną ciekawostką było, że gdy mecz kończył się jednopunktową różnicą, uznawano to za remis i następowała dogrywka.

Wygraliśmy tę olimpiadę mimo jednego przegranego meczu, a wszystko dzięki niuansom regulaminowym, dość podobnym do niesamowitej sytuacji w prawdziwej lidze rok później, a więc w 1962 roku. Zachowałem w pamięci tę ciekawą sytuację matematyczną sprzed 64 lat (!). W autobusie do szkoły czytywałem „Przegląd Sportowy" i analizowałem wyniki ligowe. Kibicowałem Wiśle Kraków (niech mi wybaczą fani Cracovii), ale także wspaniałej drużynie AZS AWF Warszawa. Była to oczywiście drużyna amatorska – grali, żeby sobie pograć i może tylko przy okazji zdobyć medal. W wyborach samorządowych w 2010 roku głosowałem na gwiazdę tamtej drużyny, Andrzeja Pstrokońskiego, wspaniałego rozgrywającego niewielkiego wzrostu.

Ale do rzeczy – czyli do matematyki! Na jedną kolejkę przed końcem tamtej ligi Wisła była druga, za Legią Warszawa, a przed AZS AWF. Potem zdarzyła się sytuacja możliwa tylko matematycznie. Ale się zdarzyła. Wszystkie te drużyny przegrały ostatnie mecze i... kolejność się odwróciła: mistrzem Polski została Wisła, drugi był AZS AWF, a trzecia Legia. Oto końcowa tabela:

drużyna	zwycięstw	porażek	punkty zdobyte	punkty stracone
Wisła	17	5	1724	1432
AZS AWF	17	5	1682	1455
Legia	17	5	1862	1554
Śląsk	17	5	1621	1425

Jak to się mogło stać? Jeszcze raz opiszę sytuację: pewna drużyna jest na drugim miejscu, przegrywa ostatni mecz i awansuje na pierwsze miejsce. Niemożliwe? Możliwe! Obliczmy różnicę małych punktów: Wisła Kraków 292, AZS AWF Warszawa 227, Legia 308, Śląsk 196. Przy sposobie ustalania kolejności jak w piłce nożnej klasyfikacja byłaby następująca: 1. Legia, 2. Wisła, 3. AZS AWF, 4. Śląsk.

W koszykówce jest jednak inaczej (a w każdym razie wtedy tak było, nie sprawdzałem, jak jest teraz!). Gdy kilka drużyn miało tę samą liczbę punktów, decydowała różnica małych punktów (koszy), ale wyłącznie ze spotkań między zainteresowanymi zespołami. W 1962 roku po przedostatniej kolejce było tak: Wisła 17, AZS AWF 17, Legia 17, Śląsk 16, przy czym bezpośrednie rozliczenie małych punktów z tej trójki stawiało na pierwszym miejscu Legię, na drugim Wisłę, a na trzecim AZS AWF. Po ostatniej kolejce Śląsk miał już 17 pkt. i wobec tego zrównał się z trójką Legia – Wisła – AZS AWF. Do obliczenia wyniku końcowego należało zatem wziąć mecze między czterema, a nie trzema zespołami. Łatwo zrozumieć, że wtedy klasyfikacja mogła się zmienić (i zmieniła, bo Wisła miała bardzo korzystny bilans spotkań ze Śląskiem). Można porównać to do sytuacji Bułgaria – Nigeria – Argentyna, od której zacząłem ten artykuł. Długo to wtedy analizowałem i muszę powiedzieć,

eprasa.pl fa714ca89f

że z przyjemnością i fascynacją – może jednak dziś nie będę tym nużyć Czytelnika. Podobno zawodnicy Wisły byli po przegranym meczu mocno załamani, że stracili szansę na tytuł, a potem równie zdziwieni, że mimo wszystko zostali mistrzami Polski.

***

W niektórych sportach często (albo i wyłącznie) stosuje się system, który dawniej zwał się pucharowym, a dziś coraz częściej play-off. Jest najprostszy, niezbyt sprawiedliwy i z matematycznego punktu widzenia mało ciekawy. Zasada jest prosta: przegrywający odpada. Gdy liczba startujących jest postaci 2^n (*w turniejach tenisowych Wielkiego Szlema* n=7), to wszyscy grają w pierwszej rundzie, w przeciwnym razie niektórzy mają wolny los. Po pierwszej rundzie zostaje 2^{n-1} graczy (drużyn), następnie 2^{n-2} i tak dalej. Jak wszyscy wiemy, w ćwierćfinałach jest 8 drużyn, w półfinałach 4, a finał rozgrywają dwie najlepsze. O właśnie, czy na pewno dwie najlepsze? Mamy proste, choć nieżyciowe zadanie.

Zadanie. W turnieju rozgrywanym systemem pucharowym bierze udział 2^n graczy. Najlepszych zawodników nie rozstawiono. Jakie jest prawdopodobieństwo, że zawodnik, który jest drugi co do prezentowanego poziomu, zdobędzie drugie miejsce?

Rozwiązanie. Zawodnik nr 2 dojdzie do finału, jeżeli w turnieju zostanie wylosowany do innej połówki niż pierwszy. Możemy założyć, że zawodnik nr 1 jest od razu postawiony na miejscu nr 1 (na górze drabinki turniejowej), a pozostałych graczy dolosowujemy. Zawodnik nr 2 może trafić z równym prawdopodobieństwem na każde z $2^{n-1}-1$ „pechowych" miejsc z górnej połówki i na każde z 2^{n-1} „dobrych" miejsc z dolnej. Zatem prawdopodobieństwo, że zdobędzie wicemistrzostwo, jest równe

$$\frac{2^{n-1}}{2^n-1}$$

Dla dużych n jest to bliskie $\frac{1}{2}$, ale przy czterech graczach wynosi aż $\frac{2}{3}$. Oczywiście jest to tylko zadanie matematyczne. Nie ma przecież żadnej gwarancji, że w zawodach sportowcy zdobędą takie miejsca, jakie są ich pozycje w rankingach. Zresztą gdyby tak było, po co by organizować jakiekolwiek zawody?

Kolejne zadanie. Przy tym samym systemie obliczyć prawdopodobieństwo, że zawodnik nr 3 (to znaczy trzeci co do poziomu sportowego) zdobędzie brązowy medal.

Rozwiązanie. Zawodnik ten dojdzie do półfinału (a wtedy zdobywa medal), gdy dwaj pierwsi zawodnicy zostaną przydzieleni do tej samej połówki.

Z rozwiązania poprzedniego zadania wynika, że jest to równe

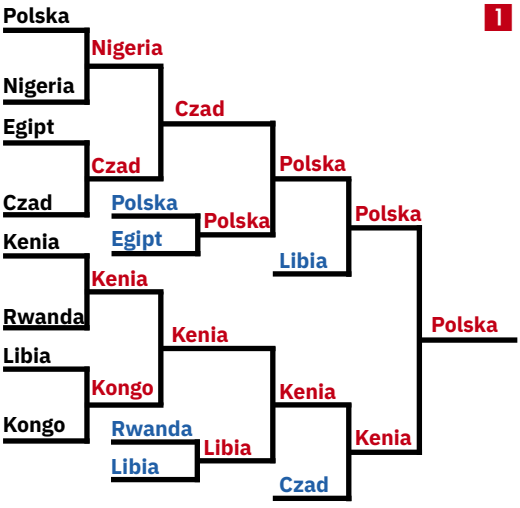
$$1-\frac{2^{n-1}}{2^n-1}=\frac{2^{n-1}-1}{2^n-1}$$

Wykazanie, że powyższa równość jest prawdziwa, jest tak zwanym „dobrym ćwiczeniem" dla uczniów (prawa działań na potęgach!). Ale to może jedyna zaleta tego zadania. Praktycznego zastosowania raczej nie ma. Można jednak bawić się dalej. Zawodnik nr 4 dojdzie do półfinału, jeżeli żaden z poprzednich trzech nie trafi przy losowaniu do jego ćwiartki. Stąd można wyliczyć odpowiednie prawdopodobieństwo, co już zostawiamy czytelnikowi.

Od dawna zarzucony jest stosowany jeszcze pół wieku temu system „do dwóch przegranych". Jak sama nazwa wskazuje, odpadało się z turnieju dopiero po dwóch porażkach. Miało to dwie wersje, w łagodniejszej odpadało się dopiero po dwóch kolejnych przegranych.

System jest skomplikowany i oprócz zalet („dajmy jeszcze jedną szansę") ma wady. Jest trudny do zrozumienia i zalgorytmizowania, nieczytelny, wydłuża turnieje i często dochodzi do powtórek meczu między tymi samymi drużynami. Tym niemniej żal mi zawsze tenisistów spoza czołówki, którzy w wielkich turniejach już w pierwszej rundzie wpadają na mistrzów.

A oto jak mógłby wyglądać turniej „do dwóch przegranych". Wyobraźmy sobie, że Polska



eprasa.pl fa714ca89f

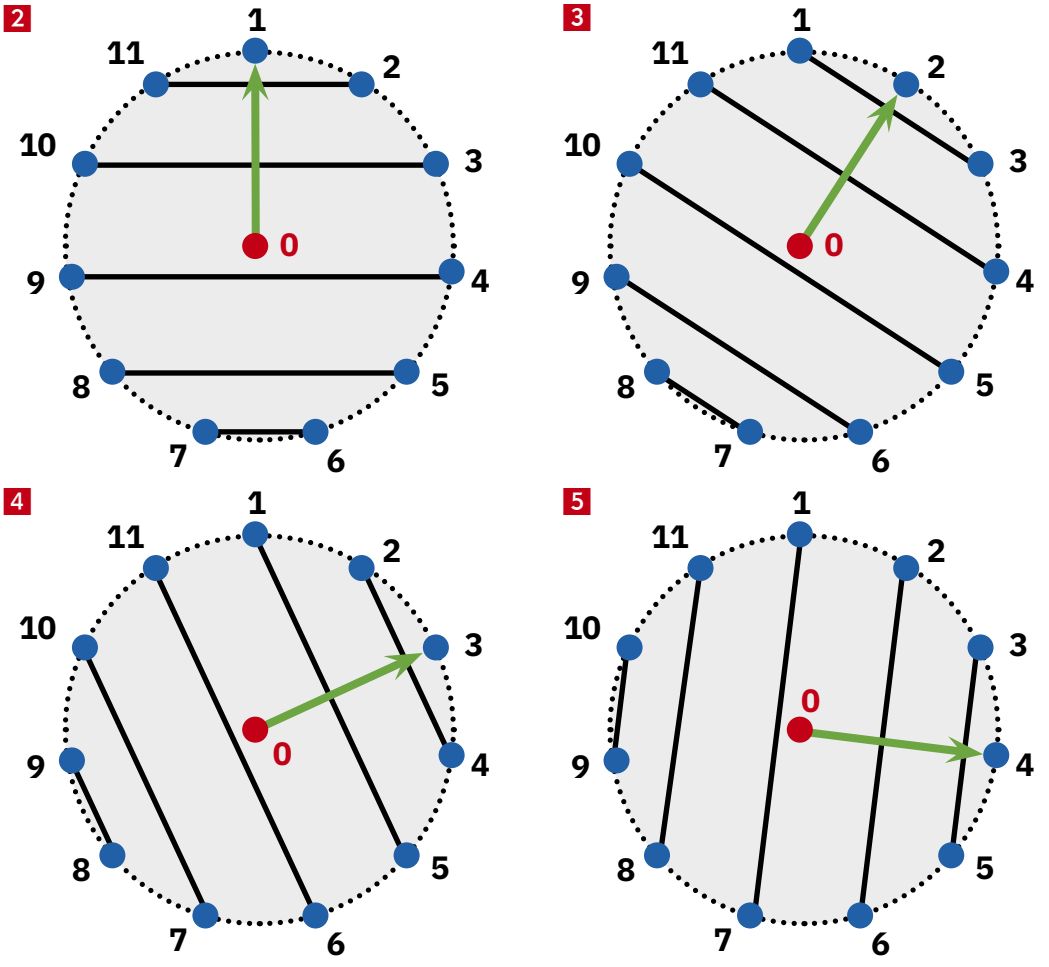
w hokeju na lodzie spadła do ligi afrykańskiej. Ale tu już poszło nieźle. Mimo przegranego pierwszego meczu z Nigerią nasi zawodnicy pozbierali się. Pokonali Egipt (który przedtem przegrał z Czadem), dalej Czad i Libię (która przedtem przegrała z Kenią, a odpadła dopiero po porażce z naszymi). W finale pokonaliśmy Kenię. **Rysunek 1** to pokazuje.

Zadanie. Ile jest meczów w systemie, w którym odpada się po dwóch przegranych (nie licząc finału)? Czy dokładnie dwa razy więcej?

***

Ciekawsza matematyka ukryta jest w stosowanym w każdej lidze systemie kołowym. To oficjalna nazwa systemu „każdy z każdym". Podoba mi się jego angielska nazwa: „round robin system". Ułożenie kalendarza rozgrywek nie jest wcale łatwe. Potrzebny jest algorytm. Jeden z nich jest bardzo ładny, geometryczny i nadaje się też do ćwiczeń z programowania, a także do obliczeń z udziałem liczb zespolonych.

Pokażę to na przykładzie ligi złożonej z 12 zespołów. Wybieramy drużynę numer 0. Można ją wybrać losowo, a może być to na przykład zeszłoroczny mistrz. Umieszczamy ją w środku koła, na którego obwodzie zaznaczamy równomiernie pozostałe drużyny od 1 do 11. Otrzymujemy 11-kąt foremny. Przesuwamy wskazówkę, jakby na zegarze. Pokazuje ona, kto w kolejnej kolejce gra z drużyną zerową. Pozostałe pary dobieramy, rysując równoległe cięciwy – wszystkie prostopadłe do wskazówki. Dobrze wyjaśniają to **rysunki 2...5**. Jeżeli chcemy dowiedzieć się, w której kolejce drużyna *m* będzie grała z drużyną *n*, należy poprowadzić cięciwę *mn*. Prostopadła do tej cięciwy, przechodząca przez jej środek, wskaże numer kolejki ligowej, w której zmierzą się te dwie drużyny.



eprasa.pl fa714ca89f

Było to moje pierwsze samodzielne odkrycie „matematyczne". Lat temu sześćdziesiąt cztery, 2^6. W każdym razie tak sobie to zapamiętałem. W wiele lat później zobaczyłem, że było to dobrze znane zadanie już w XIX wieku, choć w innym „setupie". Nie chodziło o rozgrywki ligowe, bo takich nie było, a o ustawienie uczennic w pary na spacerach po parku. Natomiast dalekim echem tego jest system ustawiania zawodników żużlowych w takie czwórki, żeby każdy z każdym spotkał się w jednym biegu. O matematyce, która za tym stoi – już następnym razem. Ale ten sam system służy i do innego celu, a mianowicie do lepszego poznawania się ludzi z różnych krajów i środowisk. Stosowany jest w znanym niemieckim ośrodku matematycznym w Oberwolfach. Organizowane są tam cyklicznie rozmaite konferencje, na które przyjeżdżają oczywiście matematycy z całego świata. I otóż przy posiłkach nie można siadać, gdzie kto chce. Jest ścisły algorytm (w końcu organizatorzy są też matematykami), zgodnie z którym każdy spotka się z każdym na co najmniej jednym posiłku. Jak taki algorytm skonstruować – to już inna sprawa. Oparty jest na teorii tzw. kwadratów łacińskich. O tym może w następnym odcinku.

***

Rozwiązanie zadania o meczu Nigeria – Bułgaria

	Argentyna	Bułgaria	Grecja	Nigeria
Argentyna	–	0:2	4:0	2:1
Bułgaria	2:0	–	4:0	X:Y
Grecja	0:4	0:4	–	0:2
Nigeria	1:2	Y:X	2:0	–

Rozumujemy zatem tak. Najpierw wyznaczamy wynik meczu Bułgaria – Grecja. Ponieważ Grecy nie zdobyli żadnej bramki, a łącznie stracili 10, w tym w dwóch meczach 6, to w trzecim meczu stracili 4. Wiemy zatem, że Bułgaria – Grecja to 4:0. Z matematycznego punktu widzenia możemy więc przyjąć, że mecz Bułgarii z Nigerią był ostatnim meczem w tej grupie. Bez niego tabela układała się tak: prowadziła Bułgaria (6 pkt., bramki 6:0), na drugim miejscu Argentyna (6 pkt., bramki 6:3), na trzecim Nigeria (3 pkt., bramki 3:2). Potomkowie Hektora, Achillesa i Pitagorasa już siedzieli smutni w samolocie do domu (0 pkt., bramki 0:10). Nigeria musiała wygrać, żeby zrównać się punktami z Argentyną i Bułgarią (wszystkie trzy po 6 punktów). Z notatki wiemy, że we wszystkich trzech meczach dzielni Afrykanie stracili tylko jedną bramkę (z Argentyną), więc Bułgarzy nie wbili im żadnego gola, czyli przegrali do zera. Co by było przy wyniku 1:0 dla Nigerii? Rachunek bramek: Bułgaria 6:1, Argentyna 6:3, Nigeria 4:2. Co by było przy 2:0? Bułgaria 6:2, Argentyna 6:3, Nigeria 5:2. W każdym układzie Argentyna awansuje.

Zobaczmy teraz, co by było, gdyby Nigeryjczycy wygrali 4:0? Nigeria 7:2, Argentyna 6:3, Bułgaria 6:4. Wyższa porażka jeszcze bardziej pogrążyłaby piłkarzy z Bałkanów. Z notatki wiemy jednak, że odpadła Argentyna. Zostaje zatem do analizy wynik 3:0 dla Nigerii. Bingo! Mamy bowiem wtedy bilans bramkowy: Nigeria 6:2, Bułgaria 6:3, Argentyna 6:3. Równość bramkowa (i oczywiście punktowa) Bułgarii i Argentyny zmusza do sięgnięcia do następnego punktu regulaminu: wynik bezpośredniego meczu – a więc eliminuje Argentynę.

Ładne zadanie, prawda? Argentyńczycy mieli okropnego pecha. Przy każdym innym wyniku Nigeryjczyków z Bułgarami wychodzili z grupy! Z jednym wyjątkiem: dokładnie 3:0. I tak się stało.

***

Niestety mam smutną refleksję. To było ładne zadanie „do wczoraj". Do chwili, kiedy pod klawiszami naszych komputerów pojawiła się *AI*. Na pewno ona (on, ono?) chętnie znajdzie mi ten wynik – i to zanim mój kot skończy ziewać. Z pewnością jeszcze mogę się dowiedzieć, kiedy padła trzecia bramka. Może na minutę przed końcem? Gdyby tak było, wolę nie myśleć, co się działo wtedy w drużynie Argentyny! Dwa do zera jest OK, cztery do zera też. Byle nie trzy!

Jednak nie skorzystałem z jej (jego?) usług. Głównie dla pewnego rodzaju higieny psychicznej. Jak się może czuć alpinista, który przez wiele lat chciał zdobyć jakąś górę, a w tym czasie wybudowano od drugiej strony kolejkę linową i restaurację na szczycie?

Wiele osób tak się na pewno czuje. Po co myśleć – weź chata! „Na szczęście" (?) on (ona, ono) też się myli i to niekiedy w najmniej spodziewanych momentach. Trzeba ją (jego) kontrolować naszą *LI*, czyli ludzką inteligencją, wiedzą i umiejętnościami. Hasło Studenckiego Teatru Satyryków (lata sześćdziesiąte): „Myślenie ma kolosalną przyszłość" jeszcze nie straciło na aktualności. ■

Michał Szurek

eprasa.pl fa714ca89f

Genialne w swej prostocie: **6 innowacyjnych pomysłów Czytelników, które mogą zmienić naszą codzienność**

Prezentujemy najciekawsze propozycje nadesłane do naszej redakcji w ostatnim miesiącu. Od ekologii, przez ogrodnictwo, aż po wsparcie dla seniorów – oto dowód na to, że kreatywność nie zna granic.

1. Inteligentne nawadnianie bez prądu

Mateusz Grzywacz zwraca uwagę na nadchodzący problem niedoborów wody. Choć sytuacja nie jest jeszcze katastrofalna, zasoby wody zdatnej do picia kurczą się, a bezmyślne podlewanie upraw czy mycie samochodów to czyste marnotrawstwo. Mateusz proponuje proste rozwiązanie:

- urządzenie do określania poziomu nasycenia gleby wodą,
- działanie oparte na zjawisku kapilarnym bez zasilania elektrycznego,
- wskaźnik z uproszczoną skalą informujący rolnika o optymalnym nawodnieniu.

Idea absolutnie słuszna. Urządzenie takie rzeczywiście mogłoby pracować bez jakiegokolwiek zasilania. Jak każda idea wymaga dopracowania, ale pomysł bardzo dobry.

2. Klimatyzacja dla pszczół inspirowana naturą

Jan Burkat, syn małopolskiego pszczelarza, alarmuje, że wiele pszczół ginie przez brak schronienia podczas nagłych zmian pogody. Obecne „hotele" dla zapylaczy często zawodzą – gniją lub nadmiernie wysychają. Rozwiązaniem może być:

- rewizja konstrukcji domków dla owadów,
- zastosowanie naturalnej klimatyzacji podpatrzonej u termitów,
- wykorzystanie mechanizmów regulacji temperatury i wilgotności działających bez zewnętrznego zasilania.

Prawdą jest, że przyroda ciągle nas zaskakuje swoimi „wynalazkami". Termity istotnie mają dobrą regulację temperatury i wilgotności i działa ona bez żadnego zasilania! Trzeba więc „zejść z piedestału", dokładnie zbadać jak to działa i skopiować!

3. Hybrydowe narzędzia ogrodnicze

Krzysztof Dudzik zauważył, że praca w ogródku bywa uciążliwa przez konieczność ciągłej zmiany narzędzi. Jego pomysł to narzędzie wielofunkcyjne:

- połączenie grabek w dolnej części i motyki w górnej,
- możliwość zmiany funkcji przez prosty obrót styliska w dłoni,
- rozbudowanie koncepcji plewaczki do formatu pełnowymiarowych narzędzi.

W zasadzie coś podobnego już istnieje, jest to kopaczka z podwójnymi „zębami" z drugiej strony. Służy raczej do plewienia, a nie do poważniejszych czynności. Niemniej jednak idea jest i ewentualnie należałoby rozbudować ten „dwuząb" do formatu grabek.

4. Recyklingowy kalejdoskop

Ania Motyka udowadnia, że odpady mogą stać się kreatywną zabawką. Z tekturowej rurki po papierze toaletowym można stworzyć kalejdoskop:

- wykorzystanie szkiełek wyciętych z opakowań cukierniczych,
- lusterka wykonane z folii lustrzanej,
- prosta zabawka gotowa w kilka minut.

Piękny przykład recyklingowego pomysłu. Faktycznie niektóre rolki mają dość solidne rurki i szkoda żeby się bezproduktywnie niszczyły.

5. Kapsułki ochronne dla nasion

Bogdan Trzciński szuka sposobu na ochronę wysianych nasion przed ptactwem. Jego propozycja to:

- kapsułki wykonane z niejadalnej masy drzewno–papierowej,
- ochrona cennych okazów kwiatów przed głodnymi ptakami,
- biodegradowalna osłona, która nie wymaga uciążliwego montażu.

Pomysł ciekawy, ale dotyczący istotnie ciekawych i cennych okazów kwiatów. Wkładanie nasionek do kapsuł byłoby zadaniem chyba zbyt uciążliwym dla upraw typu marchewka, buraki itp.

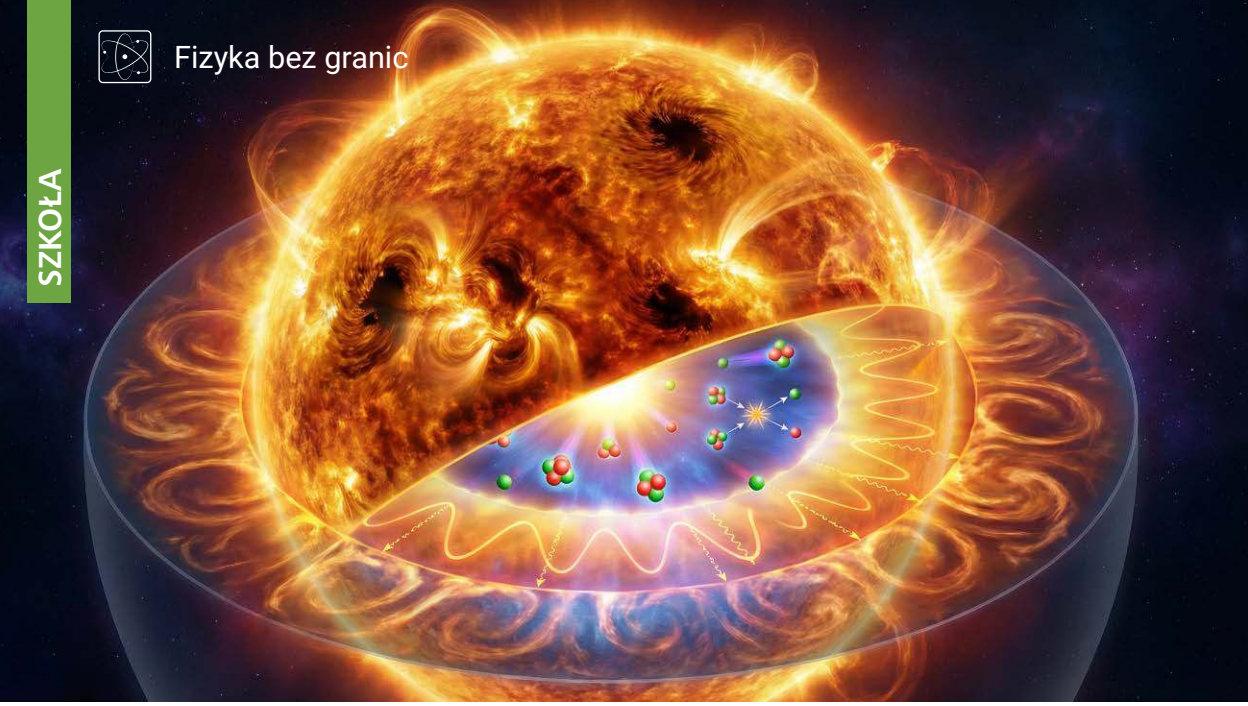
6. Bezpieczne golenie dla osób z drżeniem dłoni

Bogdan Wesołowski, zainspirowany trudnościami swojego dziadka cierpiącego na chorobę Parkinsona, proponuje ułatwienie dla seniorów:

- uchwyt w formie pętli zakładanej na dłoń,
- zabezpieczenie maszynki elektrycznej przed upadkiem i zniszczeniem,
- postulat do producentów o fabryczne przystosowanie sprzętu do montażu takich zabezpieczeń.

Można prościej: zrezygnować z golenia na stojąco, golić się siedząc, z ręcznikiem ułożonym na kolanach. No cóż – przyzwyczajenie jest drugą naturą: jak ktoś się przyzwyczaił golić do lustra wiszącego nad półeczką z innymi przyborami – to już na to nie ma rady.

eprasa.pl fa714ca89f



Gwiezdny piec
– skąd Słońce czerpie swoją nieskończoną energię?

W bezchmurny, wiosenny dzień bardzo szybko poczujemy na skórze przyjemne ciepło. Dzieje się tak dlatego, że Słońce w każdej sekundzie emituje w przestrzeń kosmiczną ogromne ilości energii, z której zaledwie niewielka część dociera do Ziemi, zapewniając dogodne warunki do życia. Zgodnie z modelami ewolucji Słońca istnieje ono w praktycznie niezmienionej formie od około 4,5 miliarda lat i potrzeba drugie tyle czasu, aby jego paliwo zaczęło się wyczerpywać. Zatem za zjawiskiem tym musi stać proces pozwalający na produkcję ogromnych ilości energii w sposób ciągły i stabilny przez długi czas.

Odrobina historii

Starożytni filozofowie byli świadomi materialnej natury Słońca i postrzegali je jako jedno z ciał niebieskich – choć przypisywano mu boską moc. Przeważał pogląd, że Słońce okrąża Ziemię, co było oczywiście błędnym założeniem. Mniej oczywisty był rodzaj materii, z jakiej składa się nasza gwiazda. Przypuszczano, że zbudowana jest z ognia, rozumianego jako jeden z żywiołów. Średniowiecze nie wniosło nic nowego do tego modelu.

W systemie heliocentrycznym, zaproponowanym przez Mikołaja Kopernika, Słońce zyskało status obiektu centralnego. Jednak nawet dla niego fizyczna natura Słońca była zagadką. Uważał je za ciało doskonałe zarówno pod względem kształtu, jak i budującej je substancji, ale nic więcej nie potrafił na ten temat powiedzieć.

Przełom nastąpił w XVII wieku dzięki upowszechnieniu teleskopu. Niemal równocześnie kilku astronomów zaobserwowało plamy na powierzchni Słońca, a Galileusz na podstawie tych

eprasa.pl fa714ca89f

obserwacji wyznaczył okres jego obrotu wokół własnej osi. Potwierdziło to z jednej strony materialną naturę tego ciała niebieskiego, a z drugiej – obaliło pogląd o jego doskonałości.

Jednoznaczne dowody na to, że Słońce jest gwiazdą, zostały przedstawione dopiero w XIX wieku. Na podstawie widma słonecznego obserwowanego za pomocą spektroskopu ustalono, że jego atmosfera składa się głównie z wodoru z niewielką domieszką cięższych pierwiastków. Zidentyfikowano również nieznany wcześniej pierwiastek, który nazwano helem – od imienia greckiego boga Słońca, Heliosa.

Na poniższych ilustracjach przedstawiono schematycznie ogólną zasadę identyfikacji pierwiastków tą metodą. Rysunki nie odpowiadają rzeczywistemu położeniu linii absorpcyjnych w widmie emisyjnym Słońca.

Różnica między gwiazdą a planetą

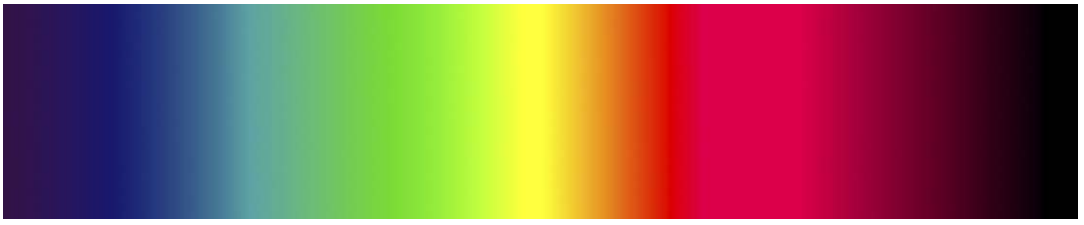
Główna różnica pomiędzy gwiazdą a planetą polega na tym, że we wnętrzu gwiazd zachodzą reakcje termojądrowe, dzięki którym ciała te świecą własnym światłem. Planety świecą światłem odbitym od gwiazd; ewentualnie mogą w nich zachodzić reakcje chemiczne lub wyładowania atmosferyczne, będące dodatkowym, zazwyczaj słabym lub krótkotrwałym, źródłem światła.

Jako kryterium nie możemy natomiast traktować rozmiarów danego obiektu. Potwierdzono istnienie gwiazd o średnicach porównywalnych ze średnicą Jowisza oraz istnienie egzoplanet o rozmiarach większych niż najmniejsze gwiazdy. Aczkolwiek w tym ostatnim przypadku należy zachować ostrożność, ponieważ z braku możliwości dokładnych obserwacji wizualnych egzoplanet nie jesteśmy w stanie stwierdzić, czy któraś z nich nie jest w rzeczywistości pozostałością po wygasłej gwieździe.

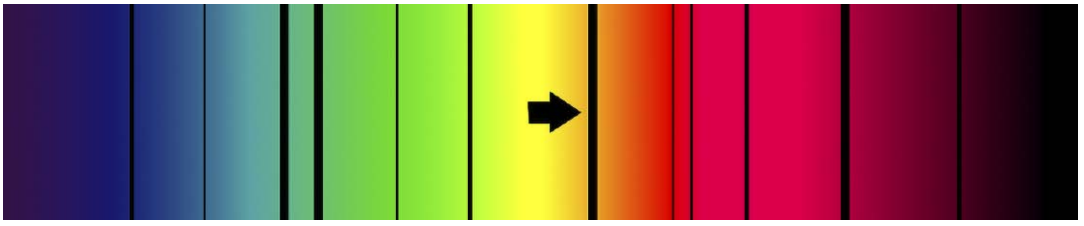
Skład chemiczny Wszechświata

Pierwotna materia we Wszechświecie (w takim sensie, w jakim rozumie się pojęcie materii w chemii i fizyce klasycznej) składała się z czystego wodoru i helu w proporcjach bliskich 3:1. Pochodziła ona z nukleosyntezy zainicjowanej chwilę po Wielkim Wybuchu (gdy Wszechświat był gorący i gęsty), jednak w ciągu kilkunastu minut została zahamowana na skutek jego gwałtownej ekspansji i ochłodzenia.

Dokładnie z tej samej materii powstały pierwsze gwiazdy, które pod wpływem oddziaływania grawitacyjnego zmniejszały swoje rozmiary, jednocześnie gęstniejąc. To z kolei powodowało wzrost temperatury, a wyższa temperatura przekłada się na większą ruchliwość cząsteczek. Większa ruchliwość materii to jednocześnie większe prawdopodobieństwo zderzeń pomiędzy poszczególnymi atomami (a ściślej – ich jądrami). Po osiągnięciu pewnej granicznej wartości tych parametrów warunki



1. Każde rozgrzane ciało o wymiarach makroskopowych emituje widmo ciągłe promieniowania widzialnego (tak zwane widmo emisyjne)



2. Jeśli pomiędzy rozgrzanym ciałem a obserwatorem znajdzie się substancja pochłaniająca wybrane długości fal świetlnych, to na widmie emisyjnym zaobserwujemy ciemne prążki (linie Fraunhofera). W przypadku widma słonecznego jedna z wyraźnych linii nie pasowała do żadnego znanego pierwiastka

eprasa.pl fa714ca89f

zaczynają sprzyjać inicjacji nukleosyntezy gwiazdowej.

Mechanizm nukleosyntezy

Na skutek wysokiej temperatury protony we wnętrzu Słońca osiągają ogromne prędkości. Energia kinetyczna takiego protonu jest większa niż energia potencjalna odpychania elektrostatycznego z drugim protonem. W odległościach porównywalnych z rozmiarami jądra atomowego działają bardzo silne siły jądrowe, które powodują połączenie się obu protonów z jednoczesną przemianą jednego z nich w neutron i emisją pozytonu (przemiana beta plus). W ten sposób powstaje cięższy izotop wodoru – deuter.

Zgodnie z najbardziej prawdopodobnym scenariuszem jądro deuteru zderza się z kolejnym protonem, tworząc jeden z izotopów helu (^3He). Następnie dwa jądra ^3He zderzają się ze sobą, podlegając reakcji: $^3He+^3He \rightarrow ^4He+2p$. Powstające w tym kroku protony mogą wziąć udział w kolejnej reakcji nukleosyntezy.

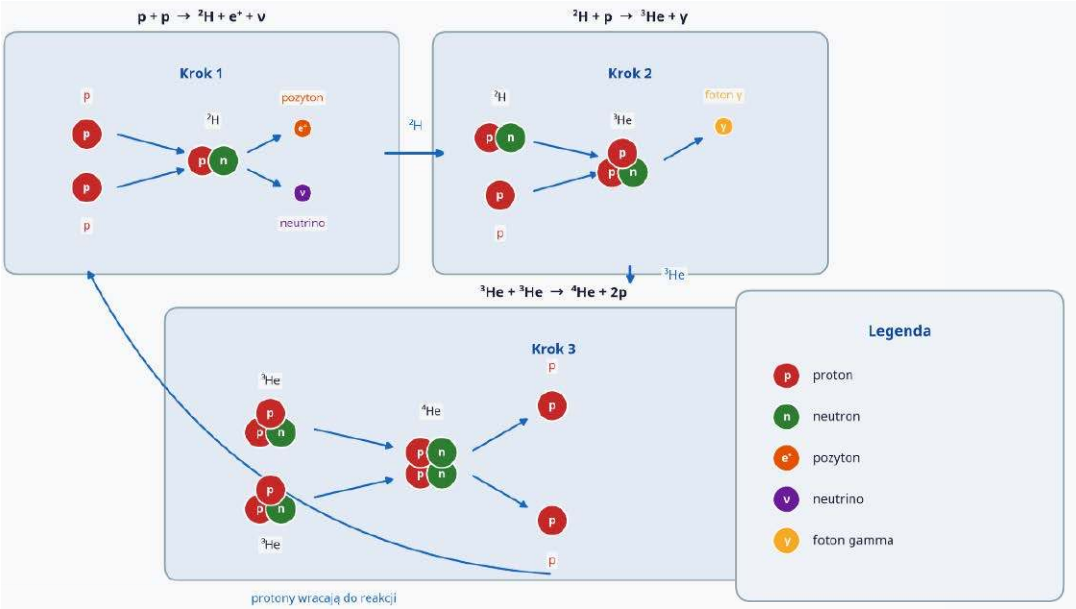
Na każdym z opisanych etapów wydzielana jest pewna ilość energii. Sumarycznie na połączeniu czterech jąder wodoru w stabilne jądro helu zyskujemy około 26,7 MeV. Należy przy tym mieć świadomość, że energia rzędu megaelektronowoltów (pomimo poważnie brzmiącego przedrostka „mega-") jest bardzo małą wartością (1 MeV≈1,6·10^{-13} J). Ogromna energia emitowana przez Słońce wynika z równie ogromnej liczby reakcji nukleosyntezy zachodzących jednocześnie.

Gdyby wodór kiedyś się wyczerpał, możliwe będzie przekształcanie jąder helu w cięższe pierwiastki, a następnie kolejnych produktów reakcji w bardziej złożone jądra. Tego typu cykle dostarczają gwieździe mniej energii niż cykl protonowy, co pośrednio przekłada się na stopniowe rozszerzanie się i stygnięcie zewnętrznych warstw oraz zmianę koloru gwiazdy na bardziej czerwony. Szacuje się, że Słońce w tej fazie osiągnie promień porównywalny z promieniem orbity Ziemi, pochłaniając wcześniej Merkurego i Wenus.

Czy fuzja jądrowa może stać się źródłem energii dla ludzkości?

Warto zauważyć, że proces fuzji jądrowej (nukleosyntezy) zawsze prowadzi do produkcji stabilnego izotopu z dwóch lżejszych, również stabilnych izotopów. Dlatego jest interesujący jako potencjalna alternatywa dla współczesnej energetyki jądrowej.

Łącząc ze sobą cztery jądra wodoru, otrzymalibyśmy hel, czyli gaz szlachetny, zupełnie nieszkodliwy dla środowiska naturalnego. Z kolei przemiana wymagająca połączenia trzech jąder helu prowadziłaby do powstania stabilnego izotopu węgla, na którym oparte jest ziemskie życie



3. Schemat przebiegu procesu nukleosyntezy w cyklu proton-proton

eprasa.pl fa714ca89f

organiczne i który wykorzystujemy jako surowiec energetyczny.

Każda konfiguracja substratów prowadzi do powstania stabilnego produktu, który nie będzie ulegał rozpadom promieniotwórczym i nie będzie generował zagrożenia radiologicznego. Nie zawsze jest to pierwiastek mało reaktywny chemicznie czy nietoksyczny, ale z drugiej strony procesy prowadzące do powstania cięższych pierwiastków są mało wydajne energetycznie i raczej nie byłyby rozważane jako źródło energii.

Jakkolwiek w warunkach laboratoryjnych jest możliwe wytworzenie odpowiedniej temperatury i ciśnienia, aby niewielką ilość wodoru poddać procesowi fuzji, to na chwilę obecną wydaje się, że wybudowanie elektrowni działającej w oparciu o to zjawisko jest kwestią dosyć odległą. Niemniej gdyby rozwój technologiczny na to pozwolił, ludzkość uzyskałaby czyste i jednocześnie znacznie bardziej efektywne źródło energii niż energetyka jądrowa, nie wspominając o tradycyjnych źródłach opartych na węglu i jego pochodnych.

Sprawdź, co potrafisz

Zgodnie ze wzorem Einsteina energia wydzielana w reakcjach jądrowych jest proporcjonalna do różnicy mas pomiędzy substratami a produktami reakcji. W reakcjach fuzji dwa lżejsze jądra łączą się w jedno cięższe. Rozszczepienie jądrowe jest procesem odwrotnym, w którym ciężkie jądro rozpada się na lżejsze fragmenty.

Wybierz zdanie prawdziwe.

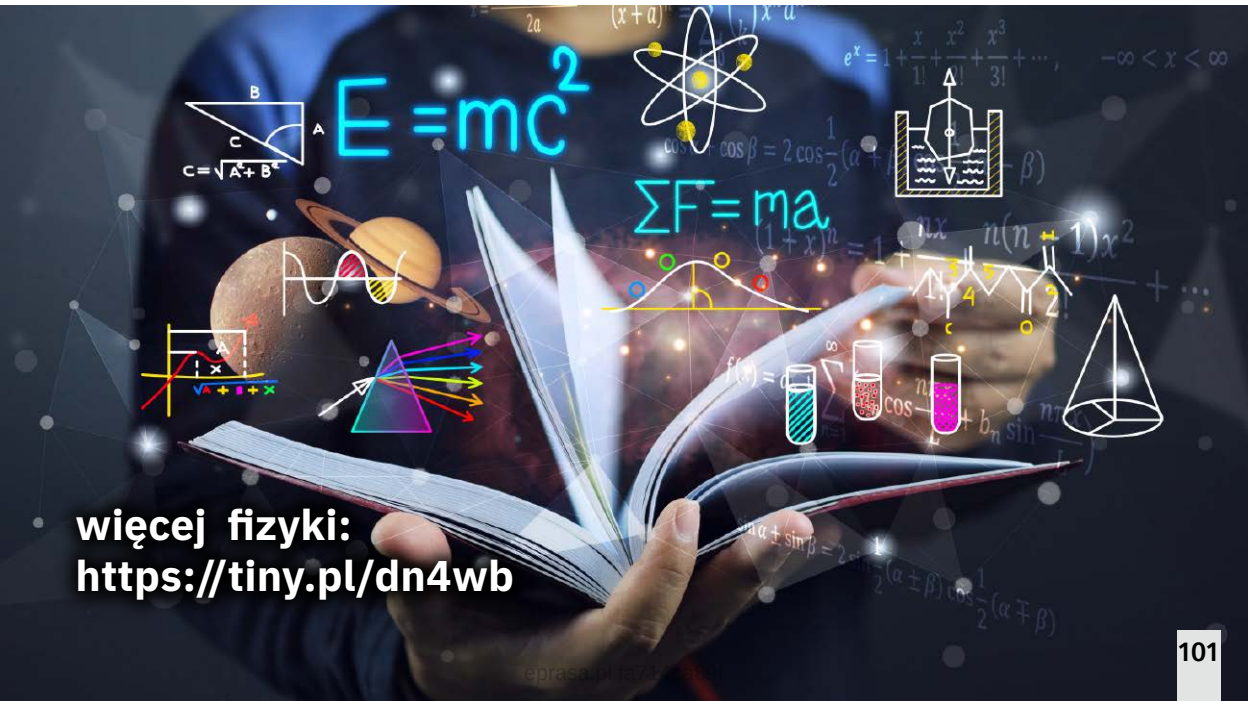
- ☐ A. Masa jądra helu jest mniejsza od sumy mas czterech protonów. Podobnie masa jądra uranu jest mniejsza od sumy mas produktów rozszczepienia.
- ☐ B. Masa jądra helu jest większa od sumy mas czterech protonów. Podobnie masa jądra uranu jest większa od sumy mas produktów rozszczepienia.
- ☐ C. Masa jądra helu jest mniejsza od sumy mas czterech protonów. Z kolei masa jądra uranu jest większa od sumy mas produktów rozszczepienia.
- ☐ D. Masa jądra helu jest większa od sumy mas czterech protonów. Z kolei masa jądra uranu jest mniejsza od sumy mas produktów rozszczepienia.

Dla nauczyciela

Niniejszy materiał można wykorzystać w szkole ponadpodstawowej zarówno w klasach realizujących podstawę programową w zakresie podstawowym, jak i rozszerzonym. Oba warianty podstawy programowej zawierają wymagania dotyczące umiejętności opisu reakcji termojądrowych zachodzących w gwiazdach, jak również posługiwania się zasadą zachowania energii (bilansem energetycznym) przy omawianiu reakcji jądrowych. ■

Joanna Borgensztajn

Odpowiedź do zadania: C



Wielobarwny metal, część 1

Przed tobą artykuł o metalu, który swoje znaczenie i karierę zawdzięcza stali, w wielu jej rodzajach stanowiąc niezastąpiony dodatek stopowy. Co istotne, związki bohatera tego artykułu są łatwo dostępne w laboratorium, a proste reakcje pozwalają na obserwację istnej feerii barw. Brzmi zachęcająco?

Nie tylko chrom, bo o nim mowa, ale i kolejne dwa pierwiastki z jego rodziny to cenne składniki wysokogatunkowych stopów. Ich właściwości chemiczne są podobne, zatem eksperymentując ze związkami chromu, poznasz całą rodzinę.

Portret rodzinny

W skład chromowców, czyli pierwiastków 6. grupy układu okresowego, wchodzą: **chrom**, **molibden**, **wolfram** i sztucznie wytworzony **seaborg**. W przypadku ostatniego członka rodziny nie tylko zidentyfikowano rozpadające się jądra jego atomów, ale nawet udało się otrzymać niektóre związki.

Chromowce to metale, które w swoich okresach osiągają najwyższe temperatury topnienia (wolfram jest metalem o najwyższej temperaturze topnienia w ogóle, natomiast chrom topi się w temperaturze zaledwie o kilkanaście stopni niższej niż sąsiadujący z nim wanad) i są najtwardsze (chrom to najtwardszy z metali, zaraz po nim plasuje się wolfram). Czyste chromowce są kowalne, ale nawet niewielka domieszka zanieczyszczeń nadaje im kruchość. Pod względem właściwości chemicznych są mało aktywne – najaktywniejszy z rodziny jest chrom, podczas gdy na molibden i wolfram działają tylko najagresywniejsze kwasy i zasady, i to dopiero w wysokiej temperaturze. Pod wpływem czynników utleniających chromowce **pasywują**, czyli pokrywają się nierozpuszczalnymi, odpornymi na wpływy środowiska warstwami tlenków. Powłoki te chronią wnętrze metali przed dalszym niszczeniem. W swoich związkach pierwiastki te przyjmują różne stopnie utlenienia: najtrwalsze połączenia chromu są trójwartościowe, natomiast pozostałych – sześciowartościowe. Jak się przekonasz, właściwości chromowców określają zakres ich użycia (**1**).

Głównym zastosowaniem trzech pierwszych metali są, jak już wspomniano, dodatki stopowe do stali. Nadają one stopom wytrzymałość (dzięki czemu można stosować elementy konstrukcyjne o mniejszej grubości w stosunku do standardowych) nawet w wysokich temperaturach (zwłaszcza wolfram), twardość (molibden i wolfram), a w **stalach nierdzewnych** – odporność na korozję (chrom, często w połączeniu z niklem). **Stale szybkotnące** to twarde stopy z dodatkiem wolframu, używane do produkcji narzędzi służących do maszynowej obróbki innych metali. Za szczególną twardość tych stopów odpowiedzialny jest węglik wolframu o zabawnym wzorze WC. Związek ten tworzy się podczas wytopu stali, ale jest także specjalnie syntezowany i używany wszędzie tam, gdzie potrzeba materiału o dużej twardości i odporności na wysokie temperatury, na przykład w końcówkach wierteł,



1. Metaliczny chrom i molibden, wolfram wygląda podobnie (images-of-elements.com)



2. Wiertła do betonu z końcówkami z węglika wolframu

eprasa.pl fa714ca89f



3. Z historii chromowców: wolframowy żarnik osadzony na molibdenowych wspornikach



4. Dekoracyjne i ochronne powłoki z chromu (pixabay.com)

nożach tokarskich czy rdzeniach pocisków przeciwpancernych (**2**). Węglik ten często wchodzi w skład materiałów określanych jako **widia** (np. ziarna WC spojone kobaltem), których nazwa trafnie oddaje właściwości (z niem. *wie Diamant* – „twardy jak diament"). Chrom stosowany jest również do pokrywania powierzchni stali powłokami dekoracyjnymi, antykorozyjnymi i ochronnymi, wykorzystując jego małą aktywność chemiczną i twardość (**3**). Co ciekawe, stal najpierw pokrywa się miedzią, potem niklem, a dopiero na końcu chromem – o tej skomplikowanej procedurze decyduje wzajemna przyczepność poszczególnych metali. Wysokie temperatury topnienia pozwalają stosować chromowce jako składniki stopów do produkcji drutów oporowych w elektrycznych urządzeniach grzewczych. Ta sama właściwość zadecydowała o wybraniu wolframu na druciki żarowe w tradycyjnych żarówkach, a molibdenu – na wsporniki wolframowych spiralek (**4**). Żarówki mogłyby stanowić źródło tych metali do doświadczeń, ale nie zachęcam do takich eksperymentów. Wymagają one używania żrących i niebezpiecznych odczynników (stopionych utleniaczy i wodorotlenków), a i tak w domowym laboratorium nie uda się przeprowadzić atrakcyjnych wizualnie reakcji. Za to próby ze związkami chromu z nawiązką wynagrodzą brak doświadczeń z molibdenem i wolframem.

Związki chemiczne chromowców nie mają tak dużych zastosowań, jak wolne metale. Najwięcej używa się połączeń chromu jako pigmentów, garbników i utleniaczy w przemyśle chemicznym. Z kolei molibden i wolfram dostarczają pigmentów do ceramiki odpornych na wysoką temperaturę.

Zasoby i produkcja

Chromowce należą do szerokiej grupy pierwiastków o średnim rozpowszechnieniu w powierzchniowej warstwie Ziemi. Chrom znajduje się na 20. miejscu z udziałem około 0,02% (jest go więcej niż miedzi i niklu), molibden jest 36. (ok. 0,0015%, prawie tyle samo co ołowiu), a wolfram 41. (ok. 0,0005%). Mimo tworzenia wielu minerałów, niewiele z nich ma praktyczne znaczenie jako surowce. Główną rudą chromu jest **chromit**, czyli tlenek chromu(III) i żelaza(II) o wzorze $FeCr_2O_4$ (**5**). Molibden produkuje się głównie z **molibdenitu** (błyszcz molibdenowy) MoS_2, a wolfram – z **szelitu** $CaWO_4$ i **wolframitu** $(Fe, Mn)WO_4$.

Metody przeróbki rud zależą od przeznaczenia metalu. Chromowce mają tendencję do tworzenia węglików, co zdarza się podczas redukcji rud przy pomocy koksu. Jeżeli metal ma stanowić dodatek do stali, węgliki nie przeszkadzają (stal i tak zawiera dodatek węgla, a węgliki nadają jej wytrzymałość i twardość). W wyniku redukcji koksem otrzymuje się stop z żelazem (ferrochrom, ferromolibden lub ferrowolfram), który następnie jest używany jako dodatek do stali specjalnych. Jeżeli zaś potrzebny jest czysty metal, przeróbka odbywa się inną drogą. Chromit praży się na powietrzu z dodatkiem węglanu sodu, w wyniku czego powstaje dobrze rozpuszczalny w wodzie chromian sodu Na_2CrO_4, substancja wyjściowa do produkcji innych związków chromu. Po oddzieleniu od domieszek związków żelaza, związek chromu redukuje się do tlenku Cr_2O_3, który jest następnie poddawany reakcji ze sproszkowanym glinem. Ze względu na wielkie powinowactwo glinu do tlenu, metal ten odbiera go z innych związków (metoda ta nosi nazwę

eprasa.pl fa714ca89f



5. Ruda chromitowa (United States Geological Survey, www.usgs.gov)



6. Uwodniony siarczan chromu(III) – twój odczynnik do doświadczeń

aluminotermii). Bardzo czysty chrom produkuje się, poddając elektrolizie roztwór kwasu chromowego(VI) uzyskanego z chromianu sodu. W przypadku pozostałych metali otrzymuje się ich tlenki (MoO_3 i WO_3), które następnie poddawane są redukcji wodorem. Podczas tego procesu powstają proszki metali (molibden i wolfram są bardzo trudno topliwe). Sprasowane proszki ogrzewa się prądem elektrycznym, w wyniku czego ulegają one zgrzaniu w lity metal w temperaturze znacznie niższej niż temperatura topnienia. **Metalurgia proszków** (tak nazywa się ta metoda produkcji) to technologia pozwalająca otrzymać wyroby z trudno topliwych metali (oprócz wymienionych, także z tantalu, irydu i kilku innych), jak również materiały odporne na wysokie temperatury (np. tlenki metali). Wielką zaletą tej metody jest możliwość uzyskania gotowego przedmiotu bez konieczności obróbki mechanicznej – wystarczy odpowiednia forma na proszek.

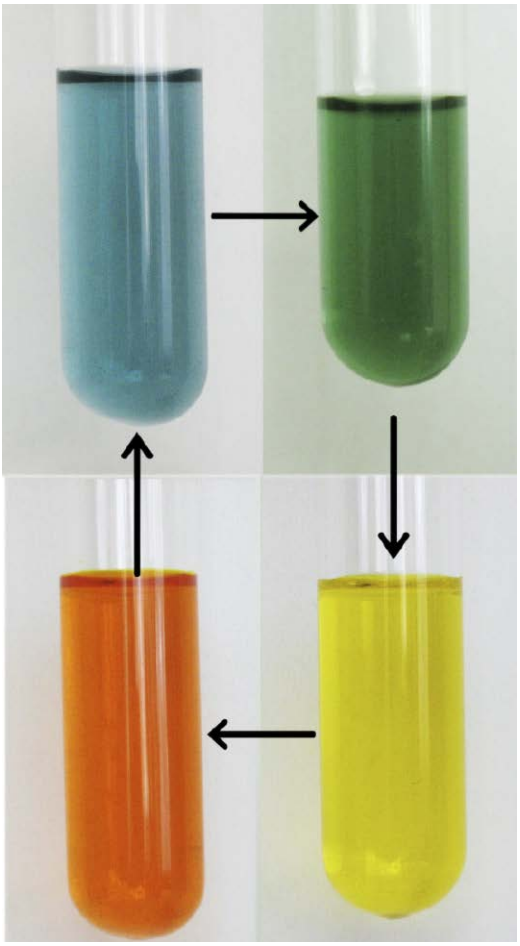
Europa jest wyjątkowo uboga w rudy chromowców. W 2025 roku wyprodukowano około 51 milionów ton koncentratu chromitowego (przoduje RPA z 45% udziałem), z czego można wytopić ponad 20 milionów ton metalu. Liderem w produkcji molibdenu są Chiny, liczą się także USA, Chile, Peru i Meksyk (razem ponad 90%). W przypadku wolframu Chiny dostarczają ponad 80% światowego wydobycia rud. Produkcja molibdenu i wolframu jest znacznie mniejsza niż chromu – w 2025 roku otrzymano 260 tysięcy ton koncentratu molibdenu i 85 tysięcy ton koncentratu wolframu.

Porcja analityki

Chromowce to ważne metale i dużo można o nich pisać, ale pora zacząć eksperymenty. Na początek, jak zwykle, analityka. Chrom, a ściślej kationy Cr^{3+}, wykrywa się w IV grupie analitycznej wraz z jonami żelaza, niklu, kobaltu, manganu, glinu i cynku. Wszystkie one tworzą osady siarczków i wodorotlenków wytrącające się w słabo zasadowych roztworach. Do wykonania prób potrzebny będzie związek chromu(III). Łatwo zaopatrzysz się w uwodniony siarczan(VI) chromu(III) $Cr_2(SO_4)_3$ lub ałun chromowo-potasowy, czyli uwodniony siarczan(VI) chromu(III) i potasu (**6**). Rozpuść w wodzie niewielką ilość fioletowoszarych kryształów – otrzymany roztwór ma morską barwę. Po dodaniu roztworu wodorotlenku sodu (NaOH) wytrąca się szarofioletowy osad $Cr(OH)_3$. W nadmiarze zasady osad rozpuści się, a ciecz w probówce przybierze zieloną barwę. To dowód na **amfoteryczne właściwości związków chromu(III)** – wytrącony osad wodorotlenku reaguje zarówno z kwasami (jeśli chcesz, dodaj dowolnego mocnego kwasu do osadu), jak i z zasadami (podobnie do np. glinu czy cynku z tej samej grupy kationów). Osad wodorotlenku rozpuszcza się również w stężonym roztworze amoniaku (ostrożnie, nie wdychaj oparów!), ale tym razem otrzymasz fiołkowe zabarwienie.

Ponownie wytrąć porcję osadu i rozpuść go w nadmiarze zasady. Do probówki z zielonym roztworem dodaj porcję wody utlenionej (3% roztwór nadtlenku wodoru, H_2O_2). Zauważysz, że ciecz w naczyniu przybrała żółtą barwę. Następnie do probówki dodawaj powoli, cały czas mieszając, roztwór kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4

eprasa.pl fa714ca89f



7. Zmiany barw połączeń chromu w wykonanym doświadczeniu, w lewym górnym rogu wyjściowy związek chromu(III)

– zabarwienie zmieni się na pomarańczowe. Gdy teraz do naczynia wlejesz kolejną porcję wody utlenionej, znowu otrzymasz roztwór w morskim kolorze, a dodatkowo wydzielą się pęcherzyki gazu (jest to tlen, powstający w wyniku ubocznej reakcji rozkładu H_2O_2). Istny kameleon (**7**)!

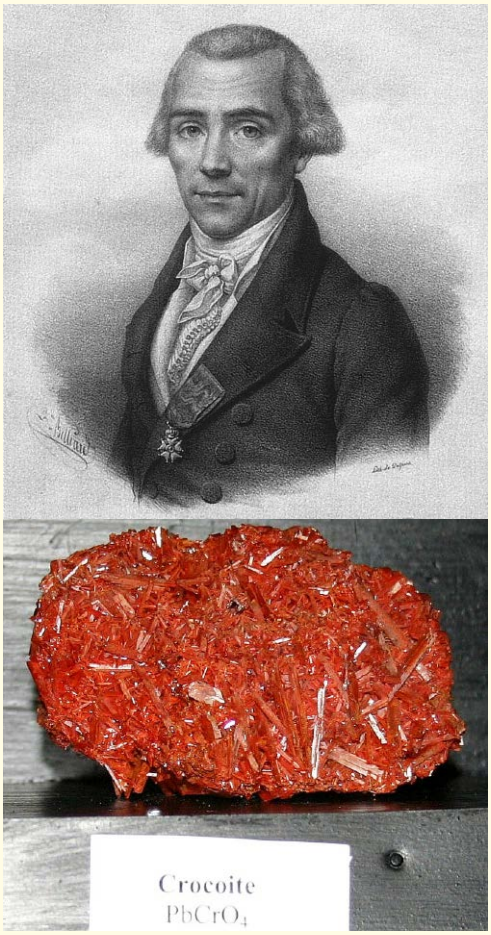
Pierwsza część ostatniej próby (rozpuszczenie osadu wodorotlenku i przejście zielonego roztworu w żółty pod wpływem nadtlenku wodoru) to wystarczający dowód na obecność jonów Cr^{3+} w badanym roztworze.

Nie masz już chyba wątpliwości, że nazwa nadana chromowi dobrze oddaje jego właściwości. Pomyśl, jakie reakcje odpowiadają za zmiany barw obserwowane podczas doświadczeń. Odpowiedź znajdziesz w następnym numerze! ■

Krzysztof Orliński

Chrom – krótka historia

W drugiej połowie XVIII wieku opisano pewien syberyjski minerał zwany „czerwonym szpatem ołowianym" (obecnie nosi on nazwę **krokoit**, a w jego skład wchodzi chromian(VI) ołowiu(II) $PbCrO_4$). Pod koniec stulecia próbki trafiły do Paryża, gdzie zajął się nimi znany analityk **Louis Nicolas Vauquelin** (**8**). W 1797 roku rozłożył minerał i otrzymał początkowo żółty, a potem czerwony roztwór (wykonując opisane wcześniej eksperymenty, dowiesz się, dlaczego roztwór zmieniał barwy). Po zredukowaniu otrzymanego związku w tyglu pozostał zielony tlenek, a ten z kolei produkt po ogrzaniu z węglem dał błyszczące, metaliczne igiełki. Niestety, produkt był mocno zanieczyszczony węglikiem i na masową produkcję czystego metalu trzeba było poczekać ponad 100 lat. Zaobserwowane podczas doświadczeń zmiany kolorów związków nowego pierwiastka zasugerowały chemikom jego nazwę – *chroma* z greckiego znaczy „barwa".



8. Louis-Nicolas Vauquelin (1763–1829), odkrywca chromu i berylu, niżej próbka krokoitu

eprasa.pl fa714ca89f

Akustyka

W 1915 roku Paul Langevin, francuski fizyk, opracował prototyp urządzenia, które używało ultradźwięków do wykrywania obiektów podwodnych. Jego praca stała się podstawą do dalszych badań nad sonarem. Wkrótce potem brytyjski naukowiec Lewis Richardson rozwinął tę technologię, która ostatecznie stała się znana jako ASDIC (Anti-Submarine Detection Investigation Committee). Pierwsze praktyczne zastosowanie sonaru miało miejsce 15 kwietnia 1917 roku, kiedy brytyjski statek HMS Dunraven, wyposażony w urządzenie ASDIC, zatopił niemiecki okręt podwodny U-32 w pobliżu wybrzeży Irlandii. Dźwięk nas otacza i można go wykorzystywać na wiele różnych sposobów – nie tylko militarnych. Badaniami nad tym zajmuje się akustyka.

Kształcenie w dziedzinie akustyki w Polsce przebiega trzema odrębnymi ścieżkami, które wyznaczają zupełnie inną strukturę i doświadczenie studiów.

Pierwszą ścieżką jest akustyka jako samodzielny kierunek studiów, oferowana wyłącznie na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Program jest zintegrowany i spójnie buduje wiedzę akustyczną przez wszystkie pięć lat nauki. Studia I stopnia trwają trzy lata i kończą się pracą licencjacką, po czym student kontynuuje naukę na studiach II stopnia przez kolejne dwa lata.

Już w pierwszych dwóch semestrach program łączy przedmioty podstawowe ścisłe z wprowadzeniem do akustyki.

Student od początku ma zajęcia z matematyki wyższej, analizy i algebry oraz fizyki obejmującej mechanikę i fale, ale równolegle pojawiają się przedmioty takie jak wstęp do akustyki czy psychoakustyka. W kolejnych semestrach konsekwentnie rozwijana jest wiedza kierunkowa: elektroakustyka, akustyka pomieszczeń, ochrona przed hałasem, metrologia akustyczna, digitalizacja dźwięku.

To model dla osób, które od początku są zdecydowane na pracę związaną z dźwiękiem.

Drugą, dominującą ścieżką kształcenia inżynierów jest akustyka jako specjalność na kierunkach technicznych. Ten model oferują między innymi: Politechnika Gdańska i Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Liczba szkół jest na tyle niewielka, że niektórzy kandydaci będą musieli uwzględnić akademik jako swój nowy dom na kilka kolejnych lat.

W tym modelu student przez pierwsze lata zdobywa szeroką, ogólnotechniczną wiedzę na kierunku macierzystym, a specjalizacja zaczyna się zazwyczaj dopiero na studiach magisterskich, a czasem pod koniec studiów inżynierskich.

Politechnika Gdańska oferuje specjalność Akustyka i Ochrona Środowiska – program ukierunkowany na akustykę środowiskową, architektoniczną i przemysłową.

Politechnika Wrocławska prowadzi specjalność Akustyka w Inżynierii Środowiska, koncentrującą się na walce z hałasem komunikacyjnym i przemysłowym oraz akustyce budowlanej.

AGH oferuje specjalność Akustyka i Wibroakustyka Maszyn, stanowiącą bardzo techniczne podejście skupione na redukcji hałasu i drgań w maszynach i pojazdach.

Politechnika Śląska w ramach kierunków Inżynieria Środowiska lub Energetyka oferuje przedmioty i ścieżki związane z akustyką środowiskową.

W ciągu trzech do czterech semestrów student realizuje intensywny, skondensowany blok przedmiotów kierunkowych: teoria drgań i fal, podstawy akustyki, ochrona przed hałasem, pomiary akustyczne, akustyka budowlana, obróbka sygnałów.

Praca magisterska dotyczy już wąskiego zagadnienia akustycznego. Ten model daje szersze, interdyscyplinarne przygotowanie inżynierskie.

Absolwent jest przede wszystkim fizykiem lub inżynierem środowiska bądź mechanikiem, który posiada wąską, bardzo cenioną specjalizację w akustyce. Ma głębsze, inżynierskie przygotowanie w konkretnej niszy, osadzone w kontekście całej dziedziny, szersze horyzonty inżynierskie, ale wąską specjalizację. To cenione na rynku połączenie.

Trzecia ścieżka skierowana jest do osób zainteresowanych stroną artystyczną dźwięku. Na nich czeka Uniwersytet Muzyczny Fryderyka Chopina w Warszawie z kierunkami takimi jak Reżyseria Dźwięku czy specjalność Realizacja Dźwięku, oferując zupełnie inne, artystyczno-techniczne podejście skupione na produkcji muzycznej i nagłośnieniu.

Kierunek jest niszowy, co oznacza ograniczoną liczbę miejsc. Dostanie się na studia jest oceniane jako umiarkowanie trudne, ale wymaga solidnych wyników z przedmiotów ścisłych.

Matematyka na poziomie rozszerzonym jest zawsze koniecznością. Wysoko punktowana jest również rozszerzona fizyka. Dobry wynik z języka obcego jest istotnym atutem. Kluczowym momentem w drugim modelu studiów jest rekrutacja na studia II stopnia. Absolwenci inżynierii środowiska czy mechaniki muszą konkurować między sobą o miejsce na wąskiej, obleganej specjalności akustycznej na studiach magisterskich.

eprasa.pl fa714ca89f

To dodatkowa bariera, której nie ma na UAM, gdzie studia uzupełniające na tym samym kierunku są naturalne. Akustyka pozostaje jednak kierunkiem dla świadomych pasjonatów.

Po przebrnięciu przez proces rekrutacji szczęśliwcy rozpoczną w szerokim zakresie rozwijać wiedzę na temat dźwięku. Niezależnie od modelu, kluczowe, najtrudniejsze przedmioty merytoryczne są podobne. Program studiów łączy solidne podstawy nauk ścisłych z wyspecjalizowaną wiedzą kierunkową. Dominują treści podstawowe: analiza matematyczna, algebra liniowa, równania różniczkowe, mechanika, termodynamika, elektryczność i magnetyzm, fale i optyka oraz podstawy informatyki i programowania, często w środowisku MATLAB. Pojawiają się przedmioty kierunkowe: podstawy akustyki, teoria drgań i fal, psychoakustyka, elektroakustyka. Program obejmuje także przedmioty techniczne: metrologię akustyczną, techniki pomiarowe, obróbkę sygnału i materiałoznawstwo.

Wszyscy absolwenci tego kierunku są ponadto przygotowani do profesjonalnego rejestrowania, przetwarzania, archiwizowania, transmitowania i odtwarzania dźwięku. Każdy absolwent nabywa kompetencji do wspomagania kultury i sztuki oraz do twórczego realizowania się w tym obszarze. Tym samym jest to doskonałe przygotowanie do realizowania pasji związanych z dźwiękiem.

Nieodłącznym elementem studiowania jest rozwijanie umiejętności praktycznych. Wykorzystanie wiedzy teoretycznej jest możliwe w trakcie realizacji licznych projektów, laboratoriów akustycznych, elektronicznych i komputerowych oraz praktyk w firmach zajmujących się akustyką lub dziedzinami pokrewnymi. Studenci uczestniczą w pomiarach w terenie, audytach akustycznych sal i warsztatach z oprogramowania specjalistycznego takiego jak CADNA, Odeon czy Audacity.

W obu przypadkach kluczowa jest umiejętność łączenia wiedzy teoretycznej z praktyką pomiarową i projektową.

Większość absolwentów pozytywnie ocenia studia na tym kierunku, jako atut podkreślając jego interdyscyplinarny charakter. Ale nie tylko możliwość wszechstronnego spojrzenia na dźwięk, a także jego praktyczne zastosowanie wskazywane jest jako element podnoszący atrakcyjność studiów. Wiele osób podkreśla, że materiału do opanowania jest bardzo dużo. Sen z powiek spędzają: Królowa Nauk i fizyka. Według opinii studentów najtrudniejsze przedmioty to analiza matematyczna i równania różniczkowe jako fundament teoretyczny, fizyka, zwłaszcza dział falowy, teoria drgań i fal akustycznych oraz obróbka sygnałów ze względu na złożoność matematyczną i algorytmiczną.

Poziom jest generalnie oceniany jako wysoki, co wynika z silnego zakorzenienia kierunku na uczelniach technicznych. Wymaga dużej samodyscypliny i zdolności matematycznych. Wysoko ceniony jest stosunkowo niewielki rocznik, co przekłada się na bardziej indywidualny kontakt z wykładowcami. Jednak wszystkie trudy nauki rekompensować mają duże możliwości zawodowe wynikające z braku specjalistów w branży.

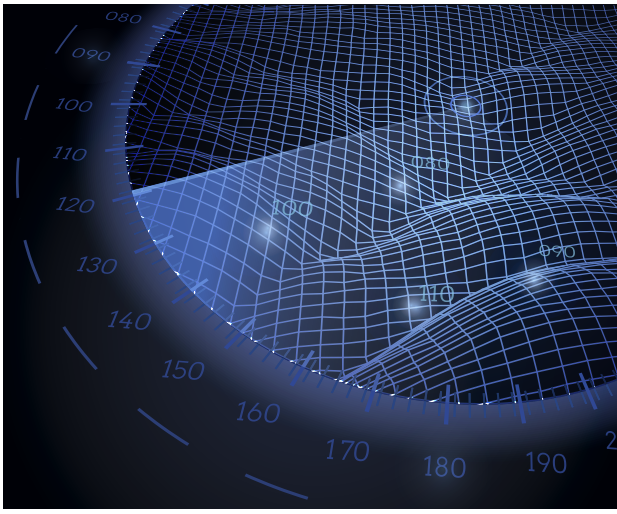
Po ukończeniu studiów przychodzi czas na podjęcie zatrudnienia. Jak podkreślają absolwenci tego kierunku, można spokojnie patrzeć w przyszłość, gdyż również w tej dziedzinie brakuje specjalistów.

Absolwenci akustyki są wyspecjalizowanymi inżynierami o unikatowych kompetencjach. Pracy można szukać w branżach związanych z dźwiękiem i akustyką.

Główne ścieżki kariery to: consulting i ochrona środowiska, gdzie specjaliści zajmują się ochroną przed hałasem w firmach consultingowych, wojewódzkich inspektoratach ochrony środowiska, firmach budowlanych i drogowych.

W budownictwie i architekturze akustycy architektoniczni projektują sale koncertowe, studyjne, biura, wspierając firmy budowlane w spełnianiu norm.

W przemyśle i diagnostyce inżynierowie zajmują się redukcją hałasu maszyn, diagnostyką akustyczną urządzeń w energetyce, lotnictwie czy motoryzacji.



W sektorze audio i multimediów inżynierowie dźwięku pracują jako nagłośnieniowcy, realizatorzy, specjaliści ds. projektowania systemów nagłośnieniowych czy producenci sprzętu audio.

Miejsce dla specjalistów czeka także w badaniach i rozwoju w instytutach badawczych oraz działach R&D firm technologicznych, a także w administracji państwowej i samorządowej.

Dźwięk nas otacza i można go wykorzystywać na wiele różnych sposobów – od militarnych zastosowań sonaru po sale koncertowe i ochronę środowiska przed hałasem. Kierunek ten należy do wymagających – z pewnością jest to miejsce dla pasjonatów, a przypadkowe osoby szybko zorientują się, że muszą znaleźć dla siebie inne miejsce na Ziemi.

Wszystkie modele studiów prowadzą do bardzo dobrych perspektyw zawodowych, jednak ich struktura i moment rozpoczęcia nauki akustyki są zasadniczo różne. Ukończenie studiów otwiera możliwość pracy z dźwiękiem, a liczba ofert pracy dla specjalistów sugeruje, że wybór tego kierunku nie będzie złą inwestycją. ■

Michał Pacholski

eprasa.pl fa714ca89f



Pływak ratowniczy H

W dzisiejszym „Na warsztacie” prezentujemy rozwiązanie będące po części modelem, a po części usprawnieniem technicznym dla wielu modeli pływających. W poniższym artykule można prześledzić, jak w prosty i szybki sposób dostosować dowolną łódkę zdalnie sterowaną do roli modelarskiego zespołu ratowniczego. Zespół ten pozwala doprowadzić lub przyholować z powrotem do brzegu modele pływające, które z założenia są niesterowane, bądź takie, które utraciły możliwość samodzielnego powrotu na skutek nieprzewidzianej awarii.

Materiały

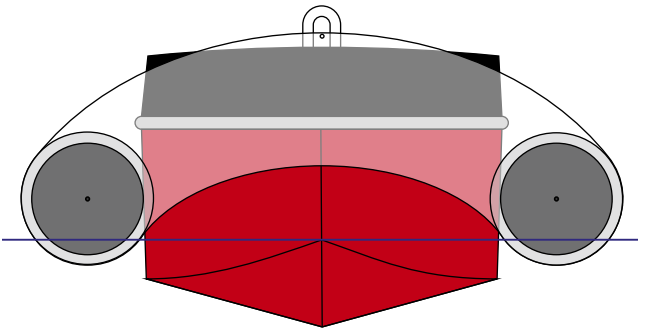
Do wykonania pływaka H, będącego tematem tego artykułu, potrzebne będą:

- cztery opakowania po tabletkach musujących – suplementach diety (dobrze, jeśli można z nich usunąć naklejki; w przeciwnym razie warto je zakleić folią samoprzylepną);
- kawałek plastiku o grubości 3–5 mm (w obu modelach opisanych w artykule użyto formatki z białego spienionego PCW o grubości 5 mm);
- opcjonalnie kolorowa (biało-czerwona, żółto-czarna?) folia samoprzylepna;
- kilka wkrętów o długości ok. 20–30 mm (np. M3 z nakrętkami lub wkrętów do drewna bądź metalu);
- klej na gorąco.

Montaż

Prace rozpoczyna się od usunięcia naklejek z opakowań oraz wyjęcia żelu krzemionkowego (pochłaniacza wilgoci) z wnętrza zatyczek. Nie należy go jednak wyrzucać! Warto umieścić go w woreczku z tkaniny lub fizeliny, ponieważ tego typu pochłaniacze wilgoci można używać wielokrotnie – szczególnie do zabezpieczania

eprasa.pl fa714ca89f



Szkic koncepcyjny pływaka H, skala 1:2

elektroniki w modelach pływających. Wystarczy co pewien czas je wysuszyć, na przykład w piekarniku, suszarce do grzybów lub w air fryerze.

Po określeniu szerokości łódki należy rozrysować (zaprojektować) łącznik spajający pływaki. Dobrze, aby dość ściśle obejmował burty sterowanej łódki-pchacza, a jednocześnie nie generował dodatkowego oporu (fali) – stąd jego łukowaty kształt.

Po odrysowaniu kształtu na docelowym materiale (można również nakleić całą kartkę papieru na formatkę przy użyciu kleju w sztyfcie) wycina się łącznik piłką włosową, ewentualnie nawet nożykiem do tapet. Po doszlifowaniu krawędzi nawierca się otwory mocujące dekielki pojemników-pływaków.

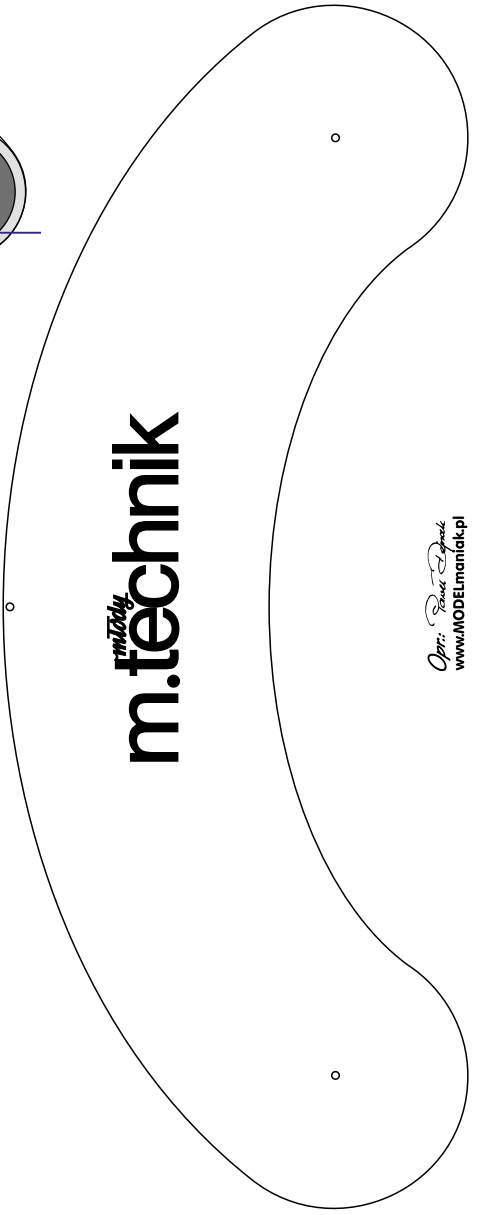
Cztery dekielki można wstępnie – oraz dla uszczelnienia – zamocować najpierw (po dwa, naprzeciw siebie) klejem na gorąco, a następnie wkrętami (po trzy sztuki na każdy kapsel będzie wystarczające). Na tak przymocowane dekielki nasadza się później pojemniki po kapsułkach.

Na środku łącznika wbija się i przykleja szpilkę tablicową lub wkręt oczkowy. Alternatywnie można wykonać niewielki otwór w górnej części łącznika. Wszystkie te rozwiązania mają na celu umożliwienie zamocowania gumki recepturki, która połączy pływak H ze zdalnie sterowanym pchaczem.

Gotowy, zmontowany pływak H przedstawiono na zdjęciach poniżej. Na jednym z nich widoczny jest ten sam pływak, zamocowany do holownika za pomocą jednej gumki recepturki.

Użytkowanie

Prezentowany zestaw doskonale nadaje się do niewielkich modeli żaglowych. Na zdjęciach opisano jeden z jachtów klasy rynnowej, wielokrotnie prezentowany na łamach

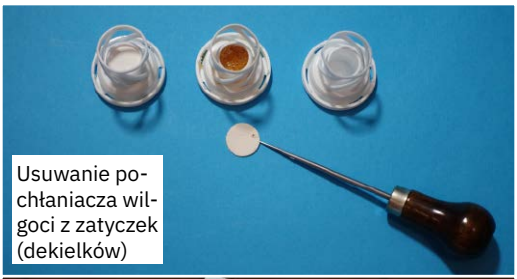


Docelowy kształt łącznika do modelu zobrazowanego w artykule, skala 1:1

naszego miesięcznika, który tym razem – dla odmiany – został puszczony wolno na fale „parkowego oceanu".

Największą zaobserwowaną trudność w praktyce stanowiło manewrowanie pchaczem w taki sposób, aby właściwie podjąć ratowaną jednostkę pomiędzy pływaki.

eprasa.pl fa714ca89f


Usuwanie pochłaniacza wilgoci z zatyczek (dekielków)


Wycinanie łącznika z płyty spienionego PCW o grubości 5 mm z naklejonym rysunkiem


Doszlifowany łącznik, przygotowany do mocowania zatyczek pojemników


Zamocowane korki w łączniku z nałożonymi pojemnikami po pastylkach


Cały pływak zamontowany jedną gumką recepturką do modelu pchacza RC


Pozbawiony sterowania model w samotnym rejsie po parkowym akwenie


Podjęcie modelu przez zestaw ratowniczy


Ciąg dalszy modelarskiej akcji ratunkowej

Połączenia pojemników na wcisk są w tym przypadku wystarczająco solidne, by nie groziło ich niezamierzone rozłożenie w trakcie akcji, a jednocześnie umożliwiają wygodny demontaż na czas transportu i przechowywania.

Przy większych łódkach należałoby zapewne zastosować odpowiednio mocniejsze połączenie, na przykład spięcie elementów przez całą ich długość. Przy jeszcze większych gabarytach i obciążeniach zestawów ratowniczych pojemniki po pastylkach zastępuje się rurkami PCW stosowanymi w instalacjach wodno-kanalizacyjnych lub elektrycznych. Często wykorzystuje się także piankowe otuliny, które zwiększają wyporność i chronią kadłuby bardziej delikatnych jednostek przed zarysowaniem.

Na koniec, tradycyjnie, życzę wykonawcom opisanego projektu satysfakcji z jego realizacji i użytkowania! ■

P. Dobromir

eprasa.pl fa714ca89f

www.UlubionyKiosk.pl















pakiet promocyjny

KOCHAM SZACHY

7 e-booków z rabatem

50%

Dla prenumeratorów – 30% rabatu!

Promocja Internetowa – w formularzu zamówienia online zaznacz pole „Jestem prenumeratorem wydawnictwa AVT, kupuję ze zniżką” i podaj swój numer prenumeraty.

eprasa.pl ra714ca891

Szkoła Wynalazców

dozwolone do lat 15

Waszym zadaniem było podniesienie komfortu działania zamka montowanego pod klamką, który – w zależności od egzemplarza – potrafi dość głośno „strzelać" przy otwieraniu, a czasem też przy zamykaniu. Chodziło o zaproponowanie sposobu na uciszenie trzaskających mechanizmów w drzwiach wewnętrznych do łazienki i WC. Nie jest to zadanie „epokowe", ale rozwiązuje problem z gatunku tych wyjątkowo irytujących – a kandydatowi na wynalazcę po prostu nie wypada polec na takiej sprawie. Przyjrzyjmy się zatem pomysłom naszych młodszych kolegów.

Jan Burkat – wszystko zależy od tego, co i gdzie stuka. Wygląda na to, że przyczyną jest sprężyna zamka, która gwałtownie się zwalnia, wywołując charakterystyczny dźwięk. Najprostszym sposobem jest domykanie drzwi przy klamce trzymanej w pozycji „otwartej" i ryglowanie ich małą klameczką dopiero po pełnym dociśnięciu skrzydła do futryny. W większości przypadków mechanizm powinien wtedy zadziałać praktycznie bezgłośnie.

Pomiędzy „powinien" a „zadziała bezgłośnie" zieje jednak spora przepaść! Mimo to sposób jest wart wypróbowania, bo w wielu modelach zamków rzeczywiście się sprawdza.

Zbigniew Góralski – proponuje, aby najpierw wyjąć zamek, otworzyć go, dokładnie wyczyścić i nasmarować. Powinno to wyeliminować największe problemy z hałasem. Gdyby to nie pomogło, należy sprawdzić, czy rygiel trafia precyzyjnie w otwór w futrynie i ewentualnie dopiłować małym pilnikiem szczelinę tak, aby powstał niewielki luz. Wtedy rygiel nie będzie się zacinał i zacznie pracować ciszej.

To prawda – czystość i odpowiednia ilość smaru to podstawa. Ważna jest też dokładność, o którą trudno w sytuacji, gdy drzwi mają już „naście" lat i wszystkie elementy są nieco zużyte.

Marek Regulski – nie widzi tu nadzwyczajnego problemu. Oprócz wyczyszczenia i nasmarowania mechanizmu proponuje zastosowanie w newralgicznych miejscach nakładki z cienkiego filcu lub gumy. Wszystko zależy od konstrukcji konkretnego egzemplarza. Jeśli drzwi pasują do futryny, a rygiel trafia bezbłędnie w otwór, takie rozwiązanie powinno przynieść sukces.

Oczywiście – odrobina smaru może zdziałać cuda. Miękka przekładka z filcu lub pianki gumowej rzeczywiście potrafi w znacznym stopniu poprawić sytuację.

Nowe zadanie: Strategia na rzece Jukon

Tym razem mamy dla Was zagadkę typowo „trizowską" (opartą na teorii rozwiązywania zadań wynalazczych).

Dwaj poszukiwacze złota wracali po sezonie z Alaski. John miał ze sobą sporo kruszcu i wiózł go w worku na sankach ciągniętych przez psy. Za nim jechał Bill, który miał o wiele mniej złota i patrzył łakomie na zaprzęg kolegi. John dojechał do rzeki i zmartwił się – lód zaczął już pękać i był częściowo rozmarznięty. Przeprawa z całym ładunkiem, ciężkimi sankami i psami wydawała się niemożliwa.

John zbadał lód i doszedł do wniosku, że gdyby zrzucił część złota, mógłby bezpiecznie przejechać na drugi brzeg. Ale co zrobić z pozostawionym kruszcem? Przecież tuż za nim jedzie Bill, który tylko czeka na błąd Johna.

Wasze zadanie: Zaproponujcie strategię pokonania rzeki, mając „za plecami" konkurenta. Jak John powinien się przeprawić, aby bezpiecznie dotrzeć na drugą stronę i nie stracić ani grama złota?

„Gorączka złota" to epoka pełna przygód, nuggetów (samorodków), ale i wielkich strat w wyniku kradzieży. Pomóżcie Johnowi dotrzeć do domu z całym urobkiem, na który pracował przez cały sezon. Oczekujemy Waszych propozycji do końca maja br.

mlodytechnik.pl

eprasa.pl fa714ca89f

Klub Wynalazców

bez ograniczeń wieku

Wraz z wiekiem przyjmujemy coraz większą liczbę leków i suplementów. Nie są to substancje w pełni obojętne dla naszego zdrowia. Szybkie tempo życia oraz narastający nadmiar bodźców – w tym współczesna muzyka, która zamiast „łagodzić obyczaje", często działa wręcz odwrotnie – sprawiają, że zasypianie staje się poważnym problemem. Czy można złagodzić dokuczliwy brak snu, który skutkuje zmęczeniem, gorszym samopoczuciem oraz spadkiem koncentracji i wydajności w pracy? Spróbujmy przyjrzeć się, jak ten problem postrzegają młodzi konstruktorzy z naszego Klubu. Temat zadania: zaproponuj układ oparty na prostych zjawiskach fizycznych, który ułatwi zasypianie osobom unikającym przyjmowania kolejnych tabletek.

Sięgając do opracowań psychologicznych, najczęściej spotykamy się z metodami opartymi na powtarzalnych, rytmicznych sygnałach akustycznych – przykładem może być tykanie zegara, o ile nie jest zbyt głośne. Można również wykorzystać elementy praktyki hipnotycznej, choć to już „wyższa szkoła jazdy". Bardziej przystępną metodą jest głęboki relaks, który często naturalnie przechodzi w sen. Czy dałoby się go jednak wzmocnić prostymi sposobami? Okazuje się, że w tej dziedzinie można sporo zdziałać. Niektórzy koledzy wykazali się świetną znajomością psychologii zasypiania – przyjrzyjmy się ich propozycjom.

Ryszard Bogucki, po przestudiowaniu technik relaksacyjnych, zauważył, że ich powtarzającym się elementem jest sukcesywne rozluźnianie całego ciała – zaczynając od nóg, aż do uzyskania stanu pełnego zwiotczenia. Procesowi temu towarzyszy wizualizacja „zagłębiania się" kończyn w materac. Ryszard uważa, że efekt ten można wzmocnić, nakładając na podudzia niewielkie poduszeczki wypełnione np. piaskiem. Powinny być odczuwalne, ale nie za ciężkie, tak aby fizycznie dociskały nogi do podłoża. Jeśli uda nam się połączyć to z nauką rozluźniania mięśni do momentu, w którym utrzymanie pozycji nie wymaga żadnego napięcia, zrobimy duży krok w kierunku szybkiego zaśnięcia.

To ciekawa koncepcja, prosta do zrealizowania i wypróbowania – niewielkie obciążenie pogłębia wrażenie bezwładności, co niewątpliwie sprzyja zapadaniu w sen.

Włodzimierz Zamorski uważa natomiast, że zasadniczą rolę odgrywa odpowiednie przygotowanie otoczenia: wywietrzony pokój, brak ekranów oraz zasłony całkowicie zaciemniające sypialnię. Za kluczowe uznaje jednak właściwe zakończenie codziennych zajęć. Czytanie lub pisanie czegoś wymagającego wysiłku umysłowego może być świadomie wykorzystane jako naturalny impuls do zaśnięcia. Dodatkowo Włodzimierz proponuje kładzenie na okolicę przepony poduszki o wyczuwalnej, ale umiarkowanej wadze.

Warto zauważyć, że choć sen nie jest główną specjalnością naszych kolegów, potrafią oni celnie wskazać na czynniki sprzyjające drzemce. Bardzo skutecznym stymulatorem bywa np. trudny, monotonny wykład, który nadmiernie obciąża umysł, aż do momentu, w którym słuchacz podświadomie mówi „dość". Nie na darmo papież Jan Paweł II mawiał, że „grzechem jest głosić nudne kazanie" – miał w tym głęboką rację.

Nowe zadanie: Wynalazczość w kuchni

Przeglądając strony dużych sieci handlowych, trudno oprzeć się wrażeniu, że wszystko już wymyślono. Istnieje jednak dziedzina wynalazczości, która nie polega na odkrywaniu „czegoś, czego nie było", ale na ulepszaniu tego, co już istnieje. Nie wszystkie oferowane na rynku gadżety działają tak, jak obiecuje producent. Przykładem są popularne nożyczki wielostrzowe do siekania szczypiorku lub pietruszki (**rysunek 1**).

Mimo porządnego wykonania, nożyczki te często się nie sprawdzają. Szczypiorek z natury jest wilgotny, przez co pocięte kawałeczki utykają między ostrzami. Producent zazwyczaj dołącza przyrząd do czyszczenia, jednak

eprasa.pl fa714ca89f

1



konieczność jego ciągłego używania niweluje cały zysk na wydajności narzędzia.

Waszym zadaniem jest: zachowując ideę przyspieszenia siekania, zaproponować taką zmianę konstrukcji, aby powstało naprawdę użyteczne narzędzie. Przekonacie się, że nawet tak prosty przyrząd potrafi rzucić konstruktorowi wyzwanie – proces samooczyszczania ostrzy po każdym cięciu musi zostać jakoś rozwiązany. Jak to zrobić? To już pole dla Waszej wyobraźni. Życzę wszystkim fantazji i dobrych pomysłów! Pożądane są szkice rozwiązań (mogą być odręczne).

Termin nadsyłania propozycji mija z końcem maja br.

Vademecum Młodego Wynalazcy

Jednym z fundamentalnych odkryć Henryka Altszullera, twórcy TRIZ (Teorii Rozwiązywania Zadań Wynalazczych), było sformułowanie **praw rozwoju systemów technicznych**. Jedno z nich opisuje ewolucję systemu w cyklu: **monosystem → bisystem → polisystem**, z ewentualnym powrotem do monosystemu, lecz na radykalnie wyższym poziomie zaawansowania.

Okazuje się, że intuicyjnie prawo to stosowaliśmy już tysiące lat temu. Przyjrzyjmy się temu na konkretnych przykładach.

1. Architektura: Od Monolitu do Betonu

Najprostszym systemem konstrukcyjnym jest mur obronny. Starożytne budowle megalityczne, takie jak mury twierdzy **Sacsayhuamán w Peru** (**rysunek 2**), to fascynujące przykłady inżynierii.

- **Wyzwanie:** Pojedyncze bloki kamienne nierzadko ważą ponad 180 ton (niektóre nawet 300 ton!). Wycinano je z kamieniołomów oddalonych o wiele kilometrów.
- **Analiza systemowa:** Taka ściana to klasyczny **polisystem**, w którym pojedynczy, dopasowany głaz pełni rolę monosystemu.
- **Ewolucja:** Transport i obróbka gigantów były zbyt uciążliwe. Rozwój techniki wymusił rozdrobnienie: zastąpienie potężnych bloków mniejszymi i lżejszymi elementami (**rysunek 3**).

2



3



Pojawienie się cegły było przełomem. Pozwoliło na:

1. **Standaryzację:** Masową produkcję elementów o identycznych wymiarach.
2. **Uniwersalność:** Możliwość stosowania różnych materiałów (glina, wapień) dla uzyskania specyficznych właściwości muru.

Kolejnym etapem przejścia do „wtórnego polisystemu" był **beton**. Jego elementarnymi cząstkami są drobinki krzemu, wapnia i gipsu. Dzięki tej formie rozdrobnienia architekci zyskali niemal nieograniczoną swobodę kształtowania form. Doskonałym przykładem jest rzymski **Panteon** – do dziś pozostaje on największą na świecie kopułą zbudowaną z niezbrojonego betonu (średnica 43,44 m).

eprasa.pl fa714ca89f

2. Muzyka: Zapisywanie Niewyrażalnego

Prawo rozdrobnienia spotykamy również w sztuce. Przed fonografem Edisona muzyka mogła przetrwać jedynie dzięki zapisowi graficznemu.

Ewolucja zapisu nutowego to proces dzielenia „systemu melodia" na coraz mniejsze, precyzyjne parametry:

IX wiek: Prymitywne zapisy na czterolinii (**rysunek 4**), brak kluczy, podziału na takty czy jasnego czasu trwania dźwięków.

Współczesność: Dzięki rozdrobnieniu informacji na klucze, wartości rytmiczne (ćwierćnuty, ósemki, szesnastki) oraz chromatykę (krzyżyki, bemole), zapis stał się precyzyjnym szyfrem.

Analizując fragment Romansu cygańskiego Pabla Sarasatego (**rysunek 5**), widzimy, jak wiele drobnych elementów składa się na całość:

- **Tempo:** Moderato (96...112 BPM).
- **Interpretacja:** Znaki takie jak fermata dają wykonawcy swobodę modyfikacji czasu trwania nuty.
- **Rytm:** Podział taktu 4/4 (oznaczony literą C) oraz zagęszczenie nut (od ósemek po trzydziestki dwójki).
- To rozdrobnienie pozwala np. 9-letniej Yoshimurze Himari zagrać wirtuozowski utwór z pełnym zrozumieniem jego struktury.

3. Zagadka Piramid i TRIZ

Archeolodzy od lat spierają się, jak zbudowano piramidy w Gizie. Tradycyjna wizja 100 tysięcy niewolników ciągnących 2,5-tonowe bloki po rampach kłóci się z logistyką i arytmetyką.

W latach 90. specjalista TRIZ, **A.F. Sajfuddinow**, wysunął hipotezę opartą na zasadzie rozdrobnienia: **Piramidy w głównej mierze zbudowano z piasku i gruzu**, a jedynie ich zewnętrzna oblicówka była kamienna (**rysunek 6**).

Argumenty za hipotezą Sajfuddinowa	Uzasadnienie
Kąt nachylenia	Wynosi ok. 42°, co odpowiada naturalnemu kątowi usypu piasku w Gizie.
Logistyka	Piasek był dostępny na miejscu i łatwy do transportu ręcznego (małe porcje).
Badania z 1987 r.	Francuskie odwierty potwierdziły, że niektóre „puste" komory są wypełnione piaskiem.

Z punktu widzenia TRIZ, użycie piasku (maksymalnie rozdrobnionego materiału skalnego) zamiast litych bloków drastycznie obniża koszt i trudność systemu „budowa".

Dlaczego warto znać TRIZ?

Metoda rozdrabniania i przechodzenia do polisystemów to potężne narzędzia, które Samsung wykorzystuje do dziś. Firma posiada ponad 40 tysięcy pracowników z certyfikacją TRIZ, co pozwala im utrzymywać pozycję lidera innowacji.

Warto korzystać z doświadczeń najlepszych i uczyć się dostrzegać te prawa w otaczającym nas świecie. ■

Jan Boratyński
Prezes Klubu Wynalazców
Champion TRIZ

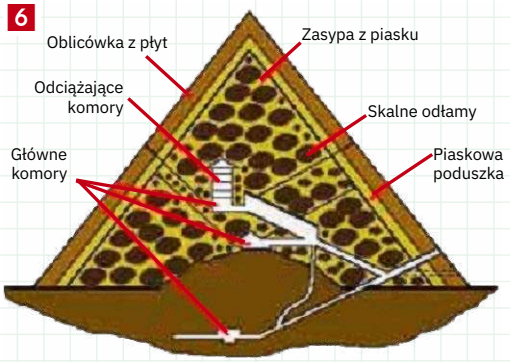
4



5



6



eprasa.pl fa714ca89f



Kryptografia

Starożytność

Potrzeba ukrywania informacji jest tak stara jak ludzka cywilizacja. Już pierwsze cywilizacje Bliskiego Wschodu i basenu Morza Śródziemnego stosowały różne techniki utajniania przekazów. Jeden z najwcześniej udokumentowanych przykładów pochodzi ze starożytnej Grecji: wojskowe urządzenie zwane scytale (**1**) używane przez Spartan ok. V w. p.n.e. Polegało ono na nawinięciu paska pergaminu na walec o określonej średnicy – tylko dysponent identycznego walca mógł odczytać wiadomość. Była to jedna z pierwszych znanych technik szyfrowania przestawieniowego.

ok. 100 r. p.n.e.

Juliusz Cezar używał prostego szyfru podstawieniowego (**2**), nazwanego później jego imieniem. Polega on na przesunięciu każdej litery alfabetu o stałą liczbę pozycji – w przypadku Cezara o trzy miejsca w przód: A stawało się D, B – E, itd. Choć z punktu widzenia współczesnej kryptografii jest to zabezpieczenie trywialne, w swoich czasach skutecznie chronił tajne rozkazy wojskowe. Szyfr Cezara jest do dziś najczęściej przywoływanym przykładem przy nauczaniu podstaw kryptografii.

Kamień milowy: ok. 850 r. n.e.

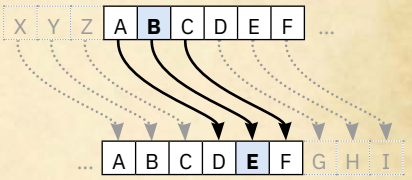
Arabski uczony Abu Jusuf Jakub ibn Ishak al-Kindi napisał traktat Risala fi Istikhraj al-Mu'amma (Rękopis o rozszyfrowywaniu wiadomości kryptograficznych) – pierwsze znane dzieło poświęcone kryptoanalizie (**3**). Al-Kindi opisał w nim metodę analizy częstotliwości, polegającą na badaniu, jak często poszczególne litery pojawiają się w zaszyfrowanym tekście. Ponieważ w każdym języku pewne litery występują częściej niż inne (w arabskim – jak 'alif', w polskim jak 'a' czy 'i'), kryptoanalityk może porównać częstotliwości zaszyfrowanego tekstu z typową dla danego języka i w ten sposób odgadnąć klucz szyfru. Odkrycie to podważyło bezpieczeństwo wszystkich ówcześnie stosowanych szyfrów podstawieniowych i na wiele stuleci wyznaczyło kierunek kryptoanalizy.

XVI w.

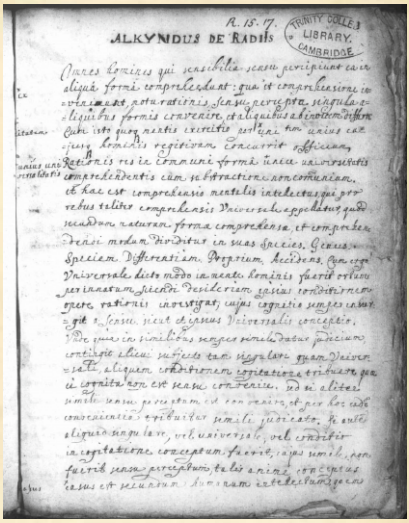
Odkrycie analizy częstotliwości wymusiło opracowanie silniejszych metod szyfrowania. W 1553 roku włoski kryptograf Giovan Battista Bellaso opisał szyfr, który błędnie przypisywano później Blaise'owi de Vigenère'owi i który do dziś nosi jego imię. Szyfr Vigenère'a to polialfabetyczny szyfr podstawieniowy: zamiast jednego stałego przesunięcia liter używa się słowa kluczowego, a każda litera tekstu jawnego jest przesuwana o inną liczbę pozycji, zależną od odpowiedniej litery klucza. Przez trzy stulecia szyfr ten uchodził za niemożliwy do odczytania – nazywano go le chiffre indéchiffrable. Złamał go dopiero w 1863 roku pruski wojskowy Friedrich Kasiski, publikując metodę opartą na analizie powtarzających się sekwencji znaków w szyfrogramie.



1. Replika spartańskiego urządzenia scytale na paskach pergaminu (CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1698345)

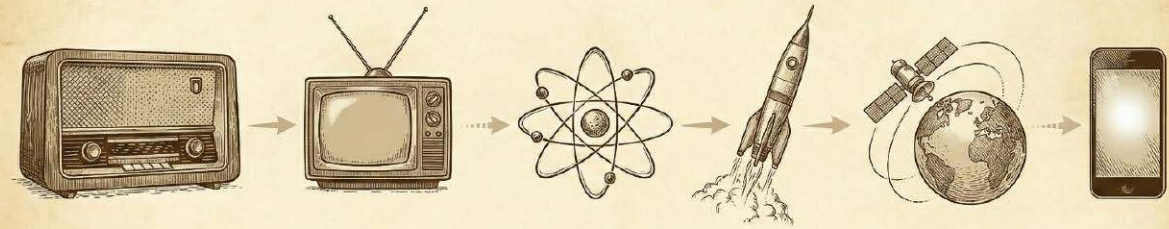


2. Tablica szyfru Cezara z przesunięciem o 3 litery (Autorstwa Cepheus – Praca własna, Domena publiczna, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1235339)



3. Strona tytułowa traktatu Al-Kindiego w rękopisie z IX w. (Biblioteka Państwowa w Berlinie, By Al-Kindi – Available in the BEIC digital library and uploaded in partnership with BEIC Foundation., Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=77750526)

eprasa.pl fa714ca89f



XIX w.

Dynamiczny rozwój telegrafu elektrycznego (wynalazek Morse'a, 1837) stworzył nowe wyzwania kryptograficzne. Przekazy przesyłane drogą telegraficzną były łatwe do przechwycenia przez każdego, kto miał dostęp do linii. W czasie wojny secesyjnej (1861–1865) obie strony konfliktu intensywnie korzystały z szyfrów, a Union Army powołała specjalną służbę kryptograficzną. Na przełomie XIX i XX wieku mechanika i elektryka zaczęły wkraczać do dziedziny kryptografii, torując drogę maszynom szyfrującym.

Kamień milowy: 1918–1945

Niemiecka maszyna szyfrująca Enigma (**4**), opatentowana przez Arthura Scherbiusa w 1918 roku, stała się symbolem kryptografii XX wieku. Urządzenie przypominało maszynę do pisania, ale zamiast bezpośrednio drukować naciśniętą literę, przetwarzało ją przez układ kilku obrotowych wirników (rotorów) i tablicę połączeń (Steckerbrett), generując zupełnie inną literę na wyjściu. Codziennie zmieniane ustawienia rotorów i połączeń dawały astronomiczną liczbę możliwych kombinacji – szacuje się ją na ok. 158 trylionów. Niemcy byli przekonani, że Enigma jest niemożliwa do złamania. Wehrmacht, Kriegsmarine i Luftwaffe szyfrowały nią wszystkie rozkazy podczas II wojny światowej.



4. Wojskowa maszyna szyfrująca Enigma M4, wersja używana przez Kriegsmarine (Von Magnus Manske – Created by Magnus Manske., CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=395109)

Kamień milowy: 1940–1945

Złamanie Enigmy przez brytyjskich kryptologów w ośrodku Bletchley Park (**5**) uznawane jest za jeden z największych wyczynów intelektualnych w historii. Polscy matematycy – Marian Rejewski, Jerzy Różycki i Henryk Zygalski – jako pierwsi, jeszcze przed wojną, rozszyfrowali zasadę działania Enigmy i przekazali tę wiedzę Brytyjczykom. W Bletchley Park matematyk Alan Turing zaprojektował maszynę analityczną zwaną Bombą, elektryczno-mechaniczne urządzenie zdolne do testowania tysięcy kombinacji ustawień Enigmy w ciągu godziny. Codziennie odszyfrowywane były dziesiątki niemieckich depesz. Według szacunków historyków, złamanie Enigmy skróciło II wojnę światową o dwa do czterech lat. Praca Turinga zapoczątkowała myślenie o automatycznym przetwarzaniu informacji i stała się jednym z fundamentów informatyki.



5. Replika maszyny Bomba Turinga w Muzeum Bletchley Park (Autorstwa Szymon Pilecki, Szymon Dąbrowski – https://thecodebreakers.org/article/device-versus-device, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=116382158)

1977

Gwałtowny rozwój komputerów w latach 60. i 70. XX wieku sprawił, że potrzeba standardowych, silnych algorytmów szyfrowania stała się pilna. W 1977 roku Narodowy Instytut Standardów i Technologii USA (NIST) opublikował standard szyfrowania danych DES (Data Encryption Standard), oparty na algorytmie opracowanym przez IBM. DES używał 56-bitowego klucza i przez dwie dekady był podstawą bezpieczeństwa bankowości i komunikacji elektronicznej.

Kamień milowy: 1977

Przełomem, który zrewolucjonizował kryptografię, było opracowanie przez Rona Rivesta, Adiego Shamira i Leonarda

eprasa.pl fa714ca89f



Adlemana algorytmu RSA (**6**) – pierwszego powszechnie dostępnego systemu szyfrowania asymetrycznego, opartego na parze kluczy: publicznego i prywatnego. W kryptografii asymetrycznej każdy użytkownik posiada dwa matematycznie powiązane klucze: publiczny (rozsyłany swobodnie) i prywatny (strzeżony w tajemnicy). Wiadomość zaszyfrowana kluczem publicznym odbiorcy może odszyfrować wyłącznie on, używając swojego klucza prywatnego. Bezpieczeństwo RSA opiera się na trudności matematycznej faktoryzacji dużych liczb – rozłożenia ich na czynniki pierwsze. RSA stał się podstawą bezpiecznej komunikacji w internecie i do dziś chroni transakcje bankowe, e-mail i przeglądanie stron HTTPS.

1991

Kryptografia trafia pod strzechy. Amerykański programista Phil Zimmermann publikuje bezpłatny program PGP (Pretty Good Privacy) (**7**), umożliwiający każdemu użytkownikowi komputera szyfrowanie poczty elektronicznej i plików z użyciem kryptografii asymetrycznej. Krok ten wywołuje poważny konflikt z rządem Stanów Zjednoczonych – obowiązujące wówczas prawo traktowało mocne algorytmy kryptograficzne jak broń i zakazywało ich eksportu. Zimmermann był przez trzy lata objęty śledztwem federalnym. Sprawa PGP stała się symbolem szerszej debaty o prawie obywateli do prywatności w epoce cyfrowej.

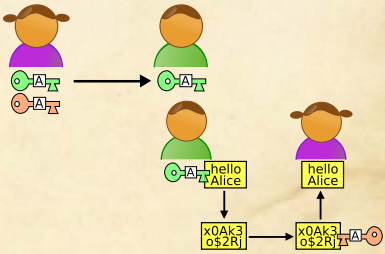
2001

Po tym, jak w 1999 roku wykazano, że standard DES można złamać w mniej niż 24 godziny za pomocą sieci rozproszonych komputerów, NIST ogłosił konkurs na nowy standard. Wygrała go para belgijskich kryptografów – Joan Daemen i Vincent Rijmen – ze swoim algorytmem Rijndael, który stał się nowym standardem AES (Advanced Encryption Standard) (**8**). AES obsługuje klucze o długości 128, 192 lub 256 bitów i do dziś jest uważany za niemożliwy do złamania metodą brutalnej siły. Stanowi rdzeń bezpieczeństwa Internetu: chroni dane w protokołach TLS/HTTPS, szyfruje dyski twarde, pliki i komunikatory.

Współczesność

Pojawienie się komputerów kwantowych rzuca nowe wyzwanie przed kryptografią. Algorytm Shora, opracowany teoretycznie w 1994 roku przez Petera Shora, mógłby – uruchomiony na dostatecznie potężnym komputerze kwantowym – rozłożyć na czynniki duże liczby w czasie wielokrotnie krótszym niż klasyczne komputery, co podważyłoby bezpieczeństwo RSA. W odpowiedzi na to zagrożenie NIST w 2024 roku opublikował pierwsze standardy kryptografii postkwantowej, odporne na ataki kwantowe. Równolegle rozwija się kryptografia kwantowa, wykorzystująca prawa mechaniki kwantowej do tworzenia kanałów komunikacyjnych, których podsłuch jest z zasady wykrywalny – każde przechwycenie kwantowego sygnału nieodwracalnie go zmienia. ■

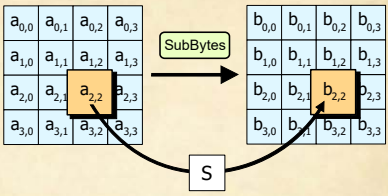
(red)



6. Schemat działania szyfrowania asymetrycznego RSA (Autorstwa Tomasz „odder" Kozłowski – Praca własna, based on png version originally uploaded to the Commons by Dake., CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1812214)



7. Phil Zimmermann, twórca programu PGP, ok. 1991 r. (By PRZ_closeup.jpg: User Matt Crypto on en.wikipedia-derivative work: Beao – PRZ_closeup.jpg, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9009023)



8. Schemat rund szyfrowania AES (Autorstwa Matt Crypto – Praca własna, Domena publiczna, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1118913)

eprasa.pl fa714ca89f





Podstawowe rodzaje szyfrów

Szyfry dzieli się ze względu na metodę działania oraz sposób użycia klucza. Oto najważniejsze kategorie, spotykane na przestrzeni wieków:

Ze względu na metodę przekształcania tekstu:

- **Szyfry podstawieniowe** – każda litera (lub grupa liter) jest zastępowana inną literą lub symbolem zgodnie z ustalonym kluczem. Przykłady: szyfr Cezara, szyfr Vigenère'a, ROT13.
- **Szyfry przestawieniowe** – litery tekstu oryginalnego pozostają niezmienione, ale zmieniany jest ich porządek. Przykład: spartańska scytale, szyfr płotkowy (Rail Fence).
- **Szyfry produktowe lub złożeniowe** – łączą podstawienie i przestawienie, wielokrotnie aplikowane w kolejnych rundach. Na tej zasadzie działają nowoczesne szyfry blokowe, takie jak AES.

Ze względu na sposób użycia klucza:

- **Kryptografia symetryczna** – ten sam klucz służy zarówno do szyfrowania, jak i deszyfrowania. Jest szybka i efektywna, wymaga jednak bezpiecznego przekazania klucza obu stronom. Przykłady: DES, AES, 3DES.
- **Kryptografia asymetryczna** – używa pary matematycznie powiązanych kluczy: publicznego (dostępnego dla wszystkich) i prywatnego (tajnego). Rozwiązuje problem dystrybucji klucza. Przykłady: RSA, ECC (kryptografia krzywych eliptycznych).
- **Kryptografia hybrydowa** – łączy zalety obu podejść: asymetryczny algorytm służy do bezpiecznego przesłania klucza sesji, którym następnie szyfrowana jest właściwa wiadomość algorytmem symetrycznym. Tak działa protokół HTTPS.

Inne wyróżniane typy:

- **Szyfry strumieniowe** – szyfrują dane bit po bicie (lub bajt po bajcie) za pomocą pseudolosowego strumienia klucza. Stosowane tam, gdzie dane napływają w czasie rzeczywistym. Przykład: RC4, używany dawniej w protokole WEP.
- **Szyfry blokowe** – przetwarzają dane w stałej wielkości blokach (np. 128 bitów w AES). Każdy blok jest niezależnie szyfrowany (lub z uwzględnieniem kontekstu poprzednich bloków, w zależności od trybu pracy).
- **Funkcje skrótu kryptograficznego** – nie są szyfrem w ścisłym sensie (nie pozwalają na odwrócenie operacji), lecz tworzą unikalny „odcisk palca" dokumentu lub hasła. Przykłady: SHA-256, MD5. ■

(red)

eprasa.pl fa714ca89f

Prenumerata kwartalnika

KURS PRAKTYCZNY AI

Praktyczne podejście. Zero marketingowej mgły!





KURS PRAKTYCZNY AI
– 4 wydania w 2026 roku:
Wiosna • Lato • Jesień • Zima

E-prenumerata

3 kolejne **e-wydania PDF** Kursu Praktycznego AI

48,70 zł (zamiast 69,60 zł)

Prenumerata

3 kolejne **wydania drukowane** Kursu Praktycznego AI:
Lato • Jesień • Zima

74 zł (zamiast 87 zł)

Zamów prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl

Jesteś prenumeratorem Wydawnictwa AVT?
Jeden numer Kursu Praktycznego AI

z rabatem 30%

Podczas zamówienia powołaj się na swój **numer prenumeraty**

eprasa.pl fa714ca89f