



Wydział Geodezji i Kartografii
Politechnika Warszawska

Subiektywny wybór kamieni milowych w rozwoju geodezji....

Opatów, 12 września 2025 r.



"genus humanum arte et ratione vivit"

czyli: "rodzaj ludzki żyje sztuką i rozumem,, cytata nawiązujący do filozofii św. Tomasza z Akwinu, podkreślający, że prawdziwie ludzkie istnienie polega na rozwijaniu się poprzez kulturę, naukę i poszukiwanie prawdy.

Człowiek bytuje zawsze na sposób jakiejś kultury sobie właściwej, która z kolei stwarza pomiędzy ludźmi właściwą dla nich więź, stanowiąc o międzyludzkim i społecznym charakterze ludzkiego bytowania.

(z przemówienia Ojca Świętego Jana Pawła II, wygłoszonego w paryskiej siedzibie UNESCO w 1980 r.)



*Prof. Andrzej Makowski
(1931-2013)*

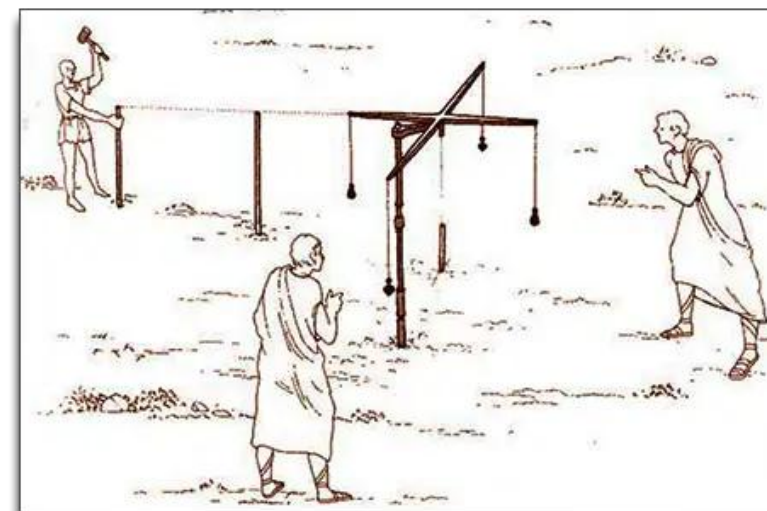
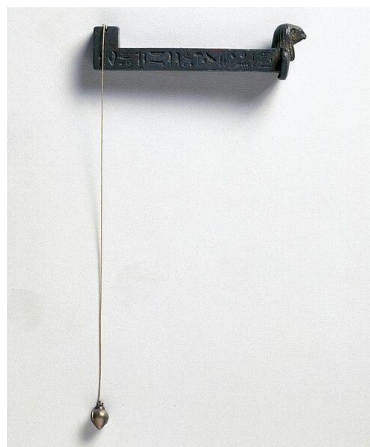
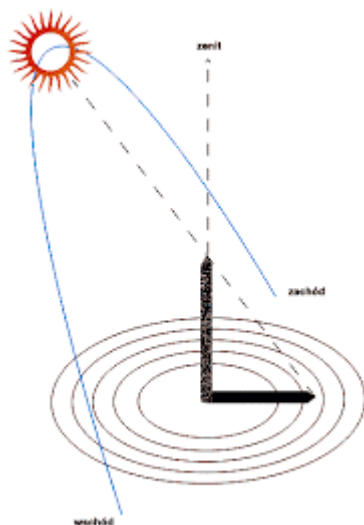


Historia geodezji...

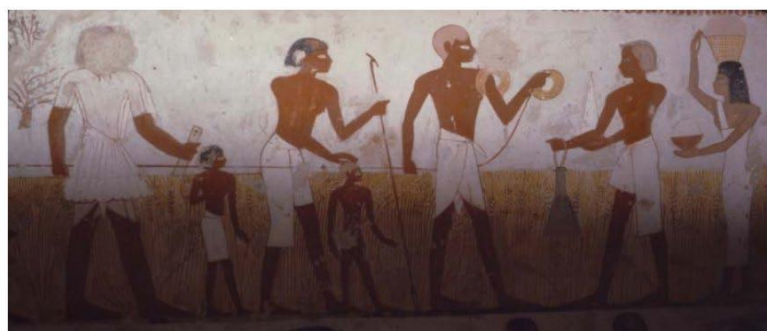
1. Okres prehistoryczny
(wyobrażenia ludzkości o kształcie Ziemi i proste próby mierzenia)
2. Era 'geodezji geometrycznej'
(od starożytnych Greków, ok. 600 p.n.e. do połowy XIX w.)
3. Era 'geodezji fizycznej'
(od Newtona do połowy XX w.)
4. Okres „rozwoju technologicznego”
(dalmierze, rozwój telekomunikacji, lasery, GIS i sztuczne satelity Ziemi)
5. Era „technologii kosmicznych i sztucznej inteligencji”



Wczesna narzędzia, lina, pion, gnomon, merhet, groma...



<https://wynalazki.edu.pl/index.php/wynalazki/g/groma>



Front Cordsman in a Scene of Stretching the Cord from the Tomb of Menna (Photo by David Goodman)

Starożytni używali pionów w swoich przyrządach celowniczych i niwelacyjnych, a także do pomiaru odległości w pionie. Wykorzystywali wszystkie możliwości ciężarka, używając go w astronomii, nawigacji, geodezji i budownictwie. Był to ich „wół roboczy”...



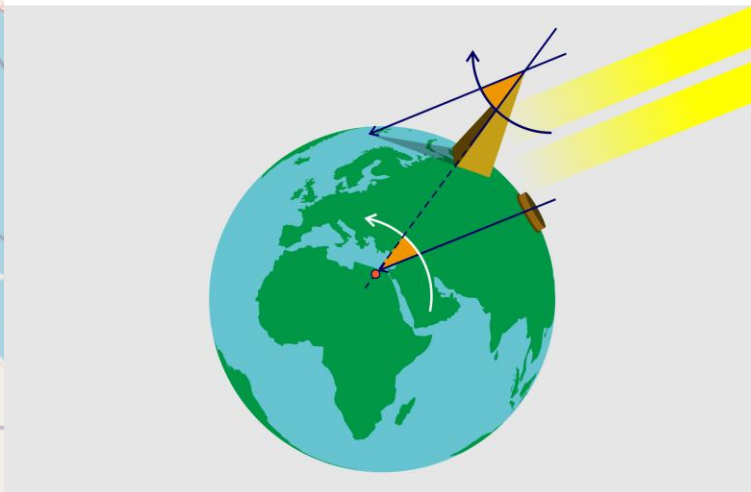
Pierwszy pomiar „rozmiaru” Ziemi



Eratostenes dokonał dokładnych (jak na rok 230 p.n.e.) pomiarów obwodu Ziemi. Ich wyniki przedstawił w dziele „O pomiarach Ziemi”



*Eratostenes z Cyreny
(nowożytna rycina)*



$$\gamma = 7^{\circ}12'$$

$$\Delta L \approx 5000 \text{ stadiów egipskich}$$

$$1 \text{ stadia} \approx 157,5 \text{ m}$$

$$R = 6267 \text{ km (błąd 2\% !!)}$$



Astrolabium...

Wynalezienie astrolabium przypisuje się Hypatii, filozofce i matematyce greckiej żyjącej w IV wieku naszej ery lub też Hipparchowi, greckiemu matematykowi, geografowi i astronomowi żyjącemu w II wieku p.n.e. To urządzenie służyło żeglarzom do określania szerokości geograficznej, a także do pomiaru czasu.



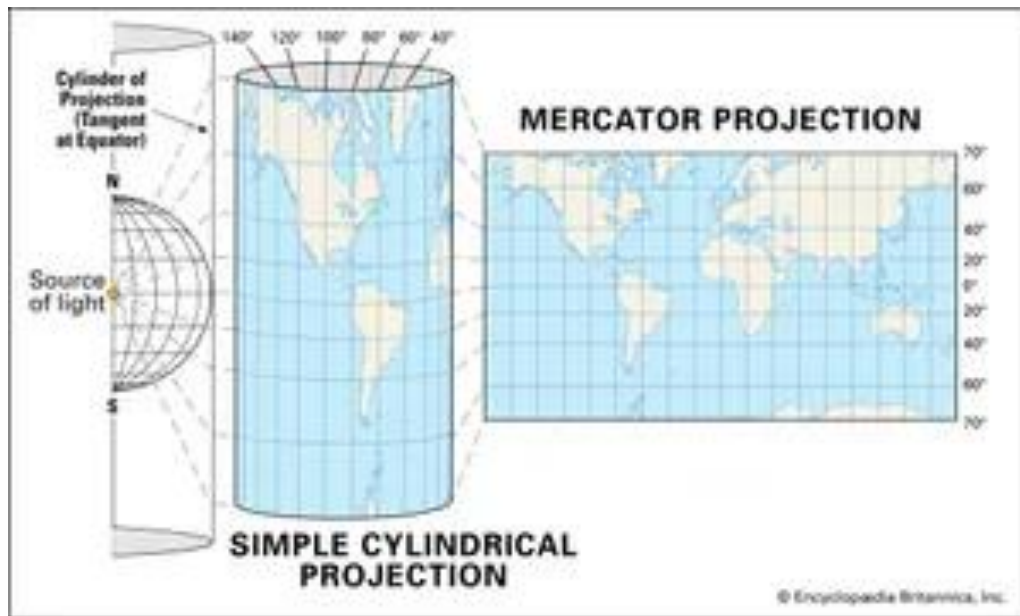
Jako pierwsi stosowali je żeglarze arabscy od VIII wieku. W Europie pojawiło się dopiero w XIV wieku, a szerokie zastosowanie znalazło w XV wieku. Dopiero wynalezienie w XVIII wieku sekstantu i chronometru



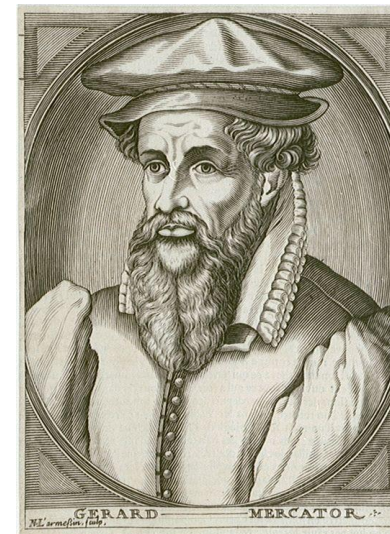
*Hypatia
z Aleksandrii
(ok. 355-415)*



Odwzorowanie kartograficzne...



Główną zasługą Merkatora było stworzenie **solidnych podstaw matematycznych** do rozwoju kartografii...



Mercator,
właściwie Gerhard Kremer
(1512 – 1594)

Odwzorowanie walcowe równokątne (odwzorowanie Merkatora) – odwzorowanie walcowe Ziemi. Południkom i równoleżnikom odpowiadają odcinki, kąty między nimi są zachowane.

	POŁOŻENIE NORMALNE	POŁOŻENIE POPRZECZNE	POŁOŻENIE UKOŚNE
RZUTY AZYMUTALNE			
RZUTY WALCOWE			
RZUTY STOŻKOWE			



Luneta... możliwość obserwacji



Luneta została wynaleziona w 1608 roku w Holandii, a za jej pierwszego wynalazcę uważa się Hans Lipperheya, który jako pierwszy złożył patent na to urządzenie, choć nad podobnymi konstrukcjami pracowali również inni optycy jak Zacharias Janssen i Jacob Metius. Wielki wpływ na rozwój i zastosowanie lunety, zwłaszcza w astronomii, miał **Galileusz**, który w 1609 roku zbudował udoskonaloną wersję i dzięki niej dokonał przełomowych odkryć... m.in. księżyc Jowisza, plamy na Słońcu i góry na Księżycu.



*Hans Lipperhey
(1570-1619)*

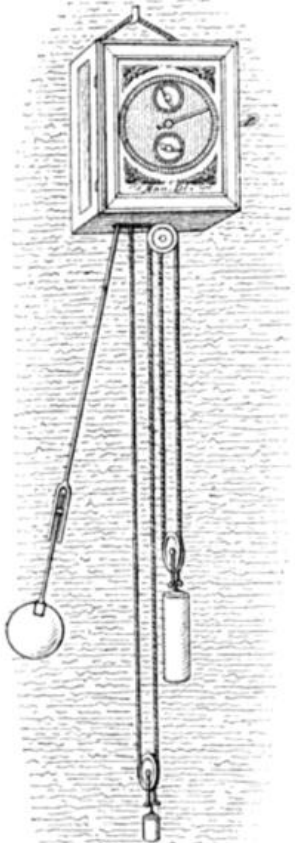


Galileusz był zwolennikiem stosowania metody eksperymentalnej w badaniach przyrodniczych, co stanowiło fundament rozwoju współczesnej nauki.

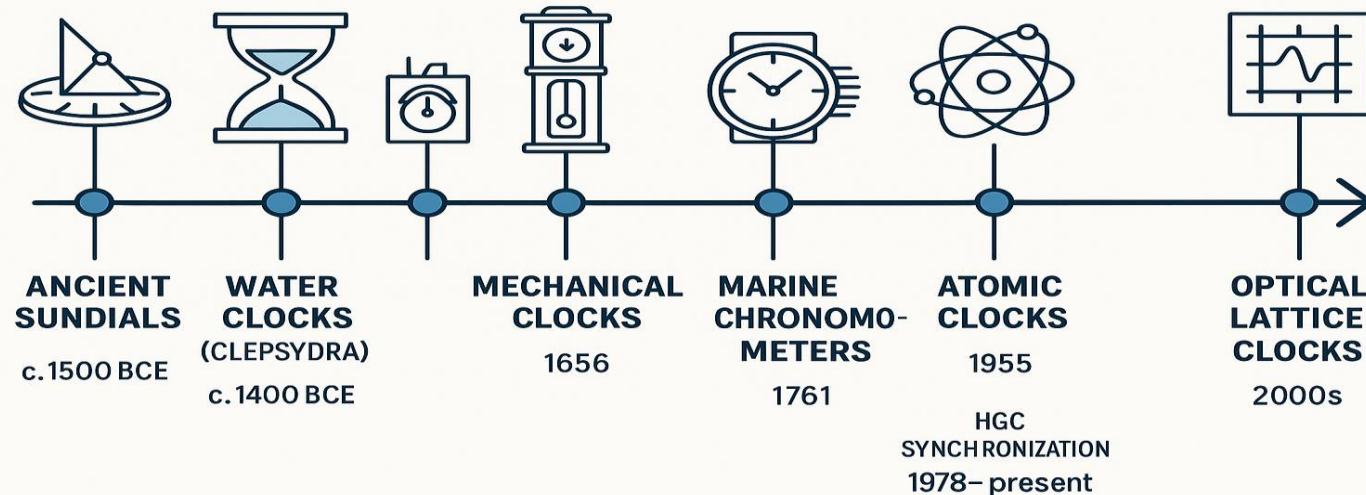


Początek ery precyzyjnego pomiaru czasu...

Wynalezienie zegara wahadłowego w 1657 roku rozpoczęło najbardziej produktywną erę w pomiarze czasu, erę, w której zegary są sterowane **oscylatorami harmonicznymi**.



THE EVOLUTION OF TIME AND FREQUENCY STANDARDS

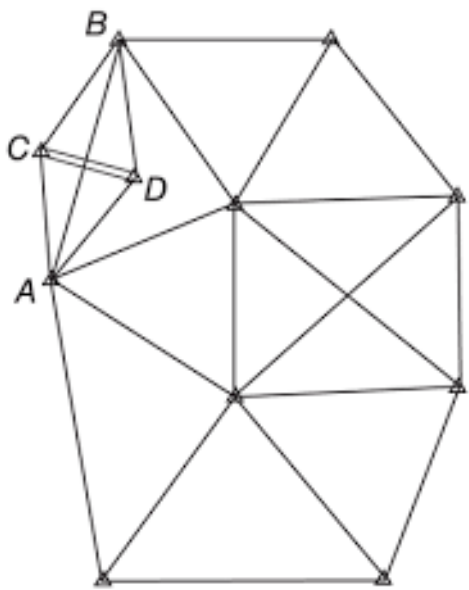


Christiaan Huygens
(1629-1695)



Triangulacja...

W **1615r.** zaproponował i wdrożył do praktyki nową metodę wyliczania promienia Ziemi, która polegała ona na policzeniu odległości między dwoma punktami o tej samej długości geograficznej dzięki **triangulacji** (odkrycie twierdzenia sinusów nazwanego później na jego cześć twierdzeniem Snelliusa).



Willebrord Snell (Snellius)
(1629-1695)



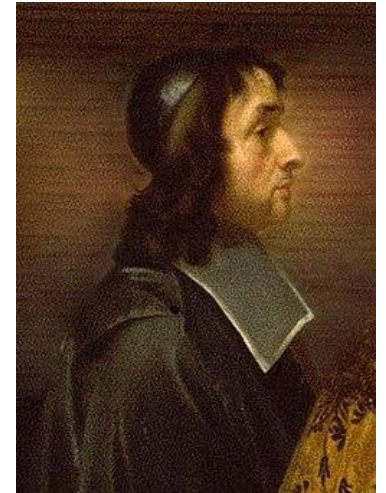


Pomiar długości południka

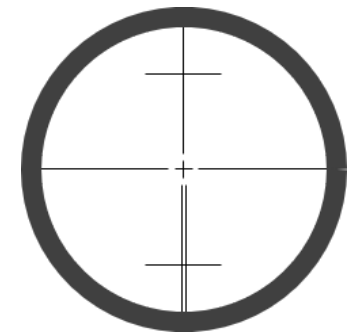


W **1669 roku** francuski astronom i geodeta Jean Picard przeprowadził pierwszy precyzyjny pomiar długości jednego stopnia południka ziemskiego. Posługując się triangulacją, lunetą z mikrometrem oraz zegarem wahadłowym, ustalił, że 1° szerokości geograficznej odpowiada około 111 km – wartość zbliżoną do współczesnej

Jego badania pozwoliły po raz pierwszy z dużą dokładnością określić rozmiary Ziemi, a uzyskane wyniki stały się podstawą dalszych prac naukowych, m.in. Izaaka Newtona, który potwierdził spłaszczenie planety na biegunach. Eksperyment Picarda stanowił kamień milowy w rozwoju nowoczesnej geodezji, otwierając drogę do coraz dokładniejszych pomiarów Ziemi.



Jean-Felix Picard
(1620-1682)



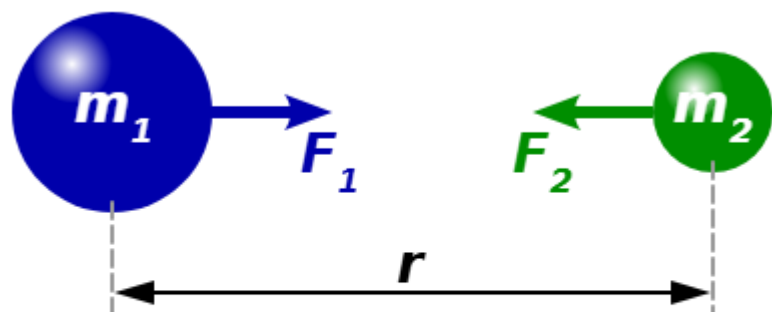
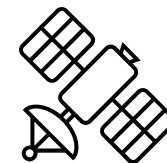


Prawo powszechnego ciążenia... geodezja fizyczna

Jedno z największych osiągnięć Newtona to prawo powszechnego ciążenia (**1687**) i **zastosowanie go w opisie Układu Słonecznego**. Poprawnie przewidział, że te same prawa rządzą ruchem ciał na Ziemi, jak i ruchem ciał niebieskich. Podał matematyczne uzasadnienie dla praw Keplera i rozszerzył je – dowodząc, że orbity (zwłaszcza komet) mogą być nie tylko eliptyczne, ale też hiperboliczne lub paraboliczne. Jako pierwszy opisał matematycznie **zjawisko pływów morskich** i przewidział, że Ziemia jest w przybliżeniu **elipsoidą spłaszczoną** na biegunach; skonstruował **teleskop zwierciadlany**.



Isaac Newton
(1642 – 1727)

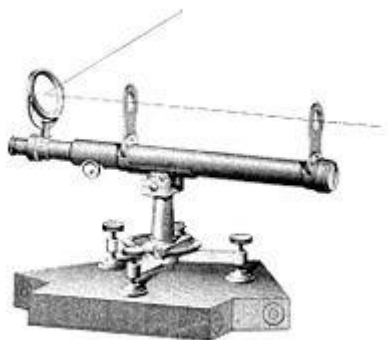


$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

$$\ddot{\vec{r}} + \frac{\mu}{r^3} \vec{r} = 0$$



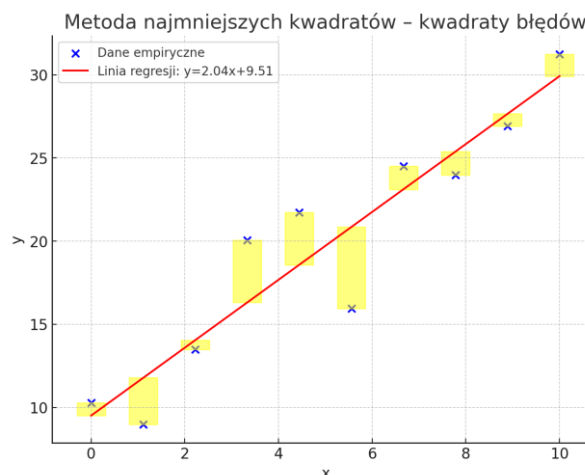
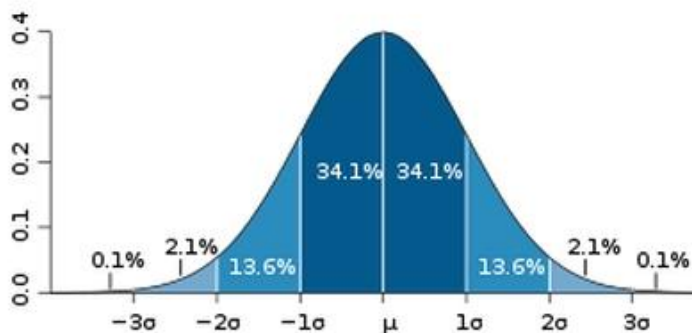
Metoda najmniejszych kwadratów (opublikowana w 1806r)



Geodezja zawdzięcza Gaussowi podstawy teorii błędów i rachunku prawdopodobieństwa (met. najmniejszych kwadratów niezależnie - Legendre); teoria potencjału i geometrii różniczkowej, definicja geoidy, heliotrop, analiza orbit planet (do dziś stosowana w geodezji satelitarnej)



Carl Friedrich Gauss (1777-1855)



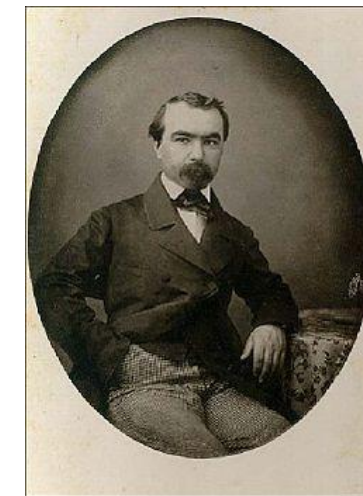
Adrien-Marie Legendre (1752-1833)



Fotogrametria...

W **1851** roku Aimé Laussedat przedstawił światu koncepcję, którą dziś nazywamy fotogrametrią. Polega ona na analizie zdjęć wykonanych z różnych miejsc w celu uzyskania informacji o przestrzeni – kształtach, odległościach, wysokościach. W jego czasach były to zdjęcia wykonywane aparatami stojącymi na ziemi, ale Laussedat już wtedy marzył o fotografiach robionych z powietrza.

Laussedat przewidział znaczenie fotografii z powietrza, mimo że w jego czasach nie istniały jeszcze samoloty. Był wizjonerem, który połączył optykę, geometrię i inżynierię, tworząc podstawy nowoczesnej fotogrametrii.



*Aimé Laussedat
(1819–1907)*

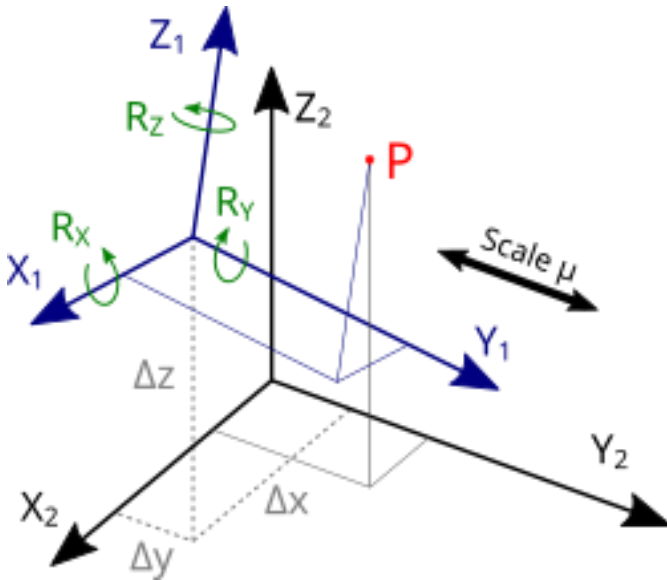




Metodologiczne podwaliny geodezji...

Helmert napisał „Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie” (część I została opublikowana w 1880 roku, a część II w 1884 roku). Praca ta położyła podwaliny pod współczesną geodezję.

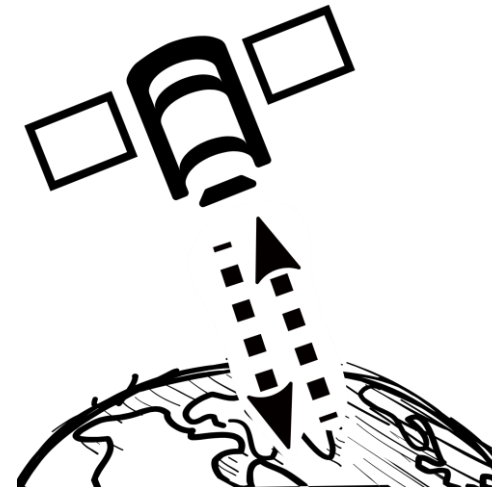
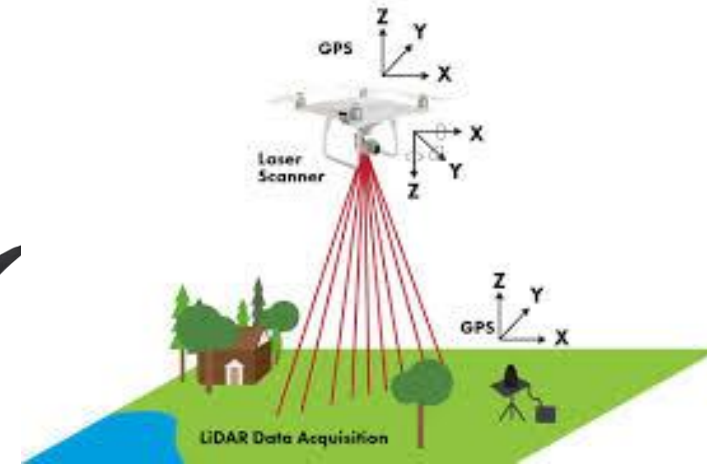
Napisał też świetną książkę o metodzie najmniejszych kwadratów... i transformację przez podobieństwo.



*Friedrich Robert Helmert
(1843-1917)*

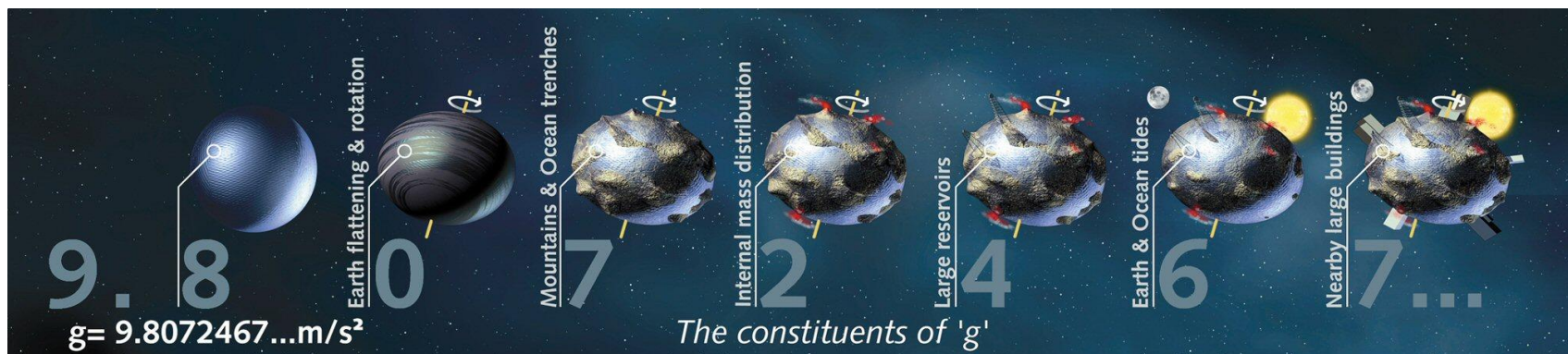
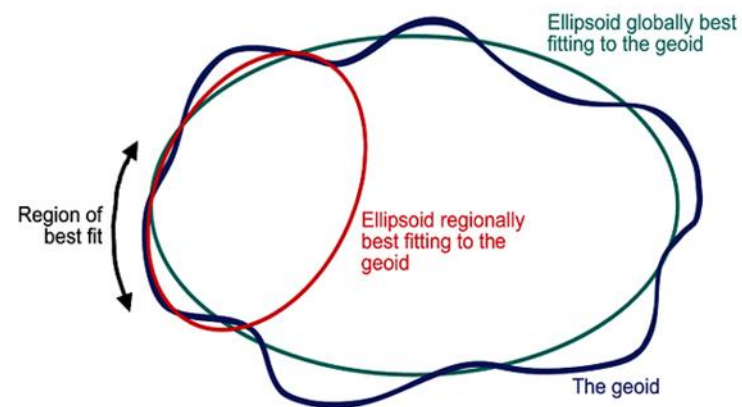
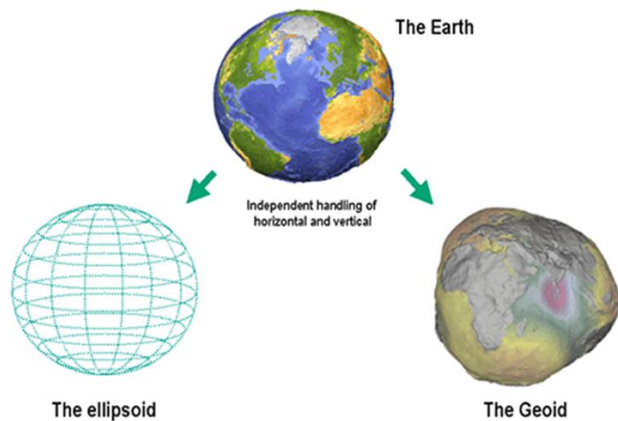


Odległości i kąty...





Kształt Ziemi wczoraj i dziś...





10 TRENDÓW W GEODEZJI I POMIARACH TERENOWYCH

- 1 GNSS i systemy wielokonstelacyjne**
(GPS, Galileo, GLONASS, Beidou) 
- 2 Teledetekcja satelitarna i UAV**
(LiDAR, fotogrametria, drony) 
- 3 BIM (Building Information Modeling)**
w budownictwie i geodezji 
- 4 GIS w chmurze i integracja danych przestrzennych** 
- 5 Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe w geodezji** 
- 5 Mobilne mapowanie i urządzenia inteligentne**
(internet rzeczy) 
- 6 Zaawansowana obserwacja Ziemi**
do monitorowania deformacji 
- 8 Udoskonalone generatory częstotliwości**
dla pozycjonowania i komunikacji 
- 9 Kataster 3D i cyfrowe bliźniaki miast** 
- 10 Zrównoważone użytkowanie gruntów i monitorowanie zmian klimatu**

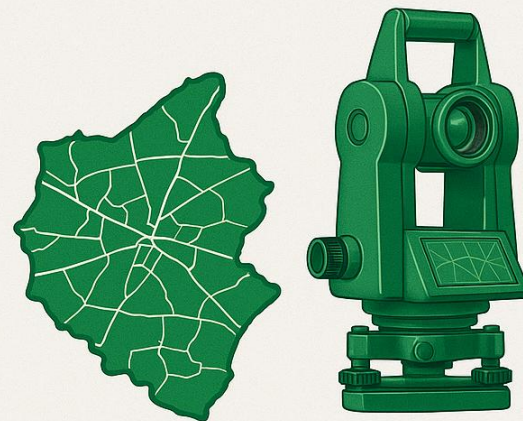


Z okazji jubileuszu 20-lecia Muzeum Geodezji i Kartografii w Opatowie pragnę przekazać wyrazy najwyższego uznania i serdeczne gratulacje dla całego zespołu muzeum.

Dzięki Państwa pasji i zaangażowaniu powstało wyjątkowe miejsce, które w sposób unikalny łączy tradycję z nowoczesnością, dokumentując rozwój geodezji i kartografii – dziedzin niezwykle ważnych dla poznawania, opisywania i kształtowania przestrzeni, w której żyjemy. Muzeum stało się nie tylko strażnikiem cennych zbiorów i świadectw historii, lecz także przestrzenią edukacji i inspiracji dla młodzieży, badaczy oraz wszystkich miłośników nauki.

Jubileusz 20-lecia jest okazją do podziękowania za wysiłek włożony w rozwój instytucji, która buduje prestiż Opatowa i całego regionu. To także moment, by wyrazić życzenia dalszych sukcesów, nowych inicjatyw, owocnych badań oraz niezliczonych spotkań z osobami, które dzięki muzeum odkrywają piękno i znaczenie geodezji oraz kartografii.

Niech kolejne lata działalności przyniosą jeszcze więcej osiągnięć, satysfakcji i uznania, a Muzeum Geodezji i Kartografii w Opatowie nieustannie rozwija się jako wyjątkowa instytucja kultury i nauki.



**MUZEUM
W OPATOWIE**

