

ELEMENTY GEOFIZYKI

Historia

W. Dębski

2011

Geofizyka jako dyscyplina naukowa

Geofizyka to dziedzina nauki która wyodrębniła się z astronomii i fizyki (nauk przyrodniczych) jako nauka zajmująca się badaniem Ziemi jako ciała fizycznego przy użyciu metod i technik typowych dla fizyki.

Geofizyka - motywacja

Rozwój geofizyki związany był i jest nadal z trzema aspektami działalności ludzkiej:

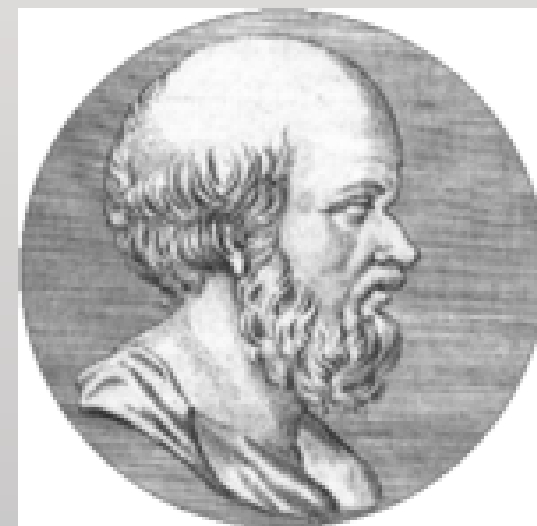
- ♦ chęcią poznania planety na której żyjemy i zrozumienia procesów występujących na niej
- ♦ zabezpieczenia się przed kataklizmami naturalnymi
- ♦ racjonalne i ekonomiczne wykorzystanie jej zasobów

Geofizyka - podział

- ♦ Fizyka litosfery
- ♦ Hydrologia
- ♦ Fizyka atmosfery
- ♦ Geofizyka poszukiwawcza
- ♦ Badania polarne (XIX-XX wiek)
- ♦ Geofizyka środowiskowa

Geofizyka - starożytność

Badania Ziemi prowadzone były od zarania dziejów, choć w czasach antycznych były one związane w większości z astronomią i prowadzone były przez uwczesnych naukowców - filozofów. Doskonałym przykładem tego typu badań był pomiar promienia Ziemi przez **Eratostenesa** około 230 BC.



Pomiar Eratostenesa



Geofizyka - starożytność

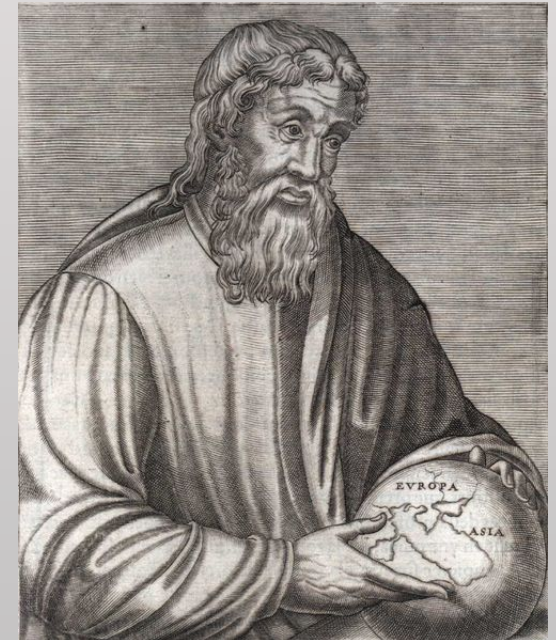
Innym zjawiskiem które przyciągało uwagę uczonych tego okresu to obserwacje trzęsień Ziemi i spekulacje na temat możliwości ich przewidywań (problem dotychczas nierozwiązany). Z tego okresu pochodzą też pierwsze znane wzmianki na temat obserwacji pływów morskich. Znamy je z pracy **Arystotelesa** *Meteorology*.



(384 BC ~ 322 BC)

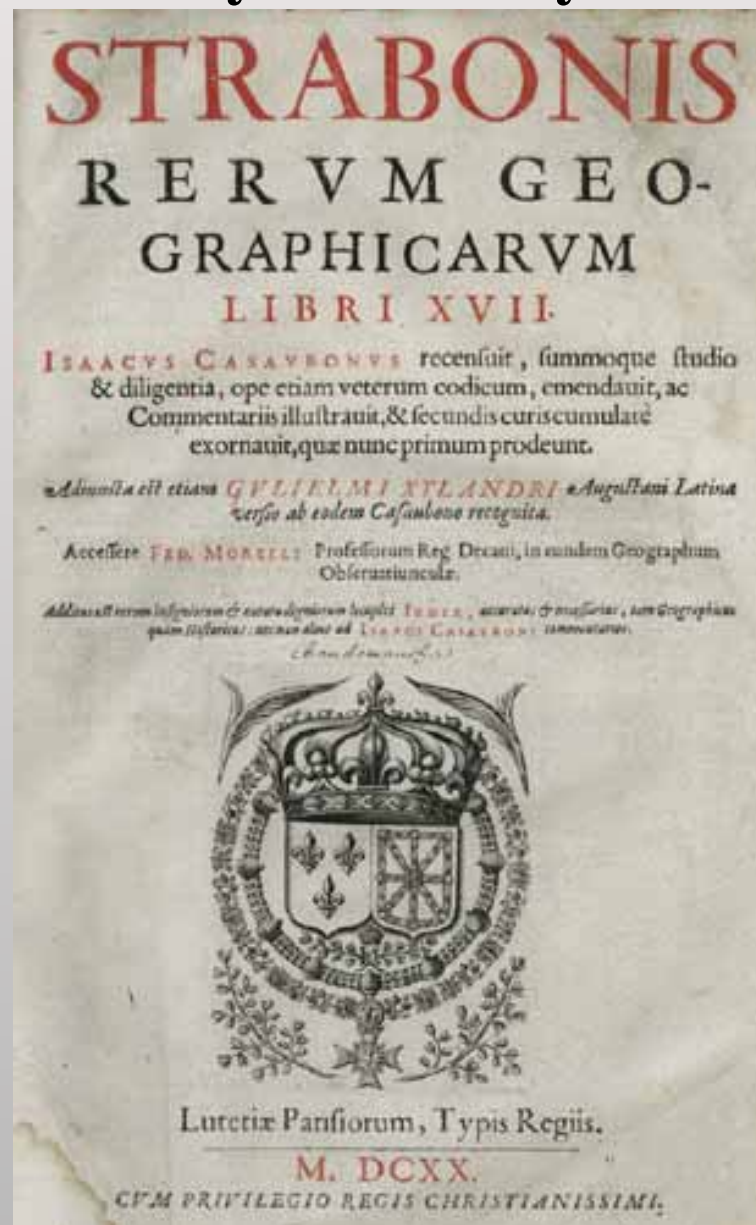
Geofizyka - starożytność

Podobne rozważania możemy znaleźć i w nieco późniejszych pracach jak np ***Geographica*** napisana na początku naszej ery przez greckiego podróżnika i geografę **Strabo**.



(63 BC ~ AD 24)

Geofizyka - starożytność



Geofizyka - starożytność

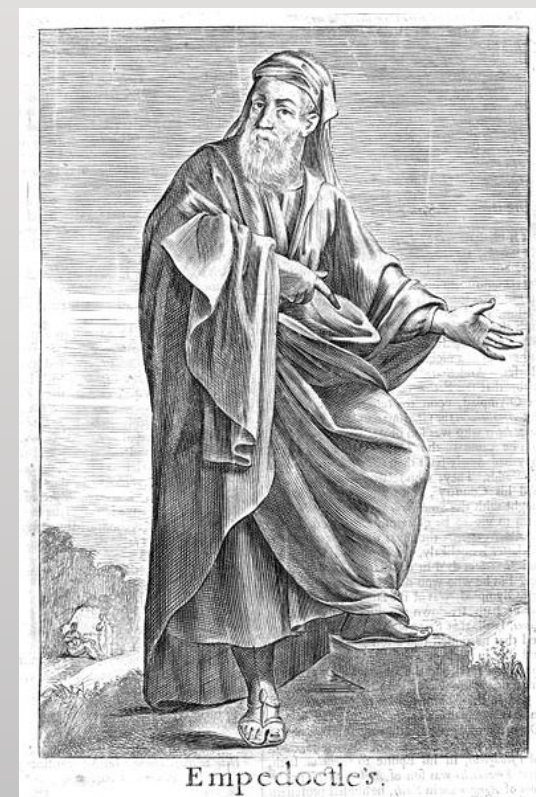
W początkach naszej ery powstała wzorcowa na następne stulecia praca metodycznie opisująca wyniki obserwacji środowiska *Naturalis Historia* napisana przez **Pliniusza starszego**. W szczególności zanotował on, że wybuch Wezywiusza który zniszczył Pompeje i Herculaneum poprzedzony był zauważalnymi trzęsieniami ziemi.



(23 ~ 79 AD)

Geofizyka - starożytność

Z tym ostatnim problemem, to jest katastrofami naturalnymi, związany był problem filozoficzny, a mianowicie co jest ich przyczyną. Pierwotnie panowało przekonanie, że jest to zemsta “bogów”, itp. Pierwsze znane nam sugestie, że są to zjawiska naturalne związane z procesami zachodzącymi wewnątrz ziemi pojawiły się w pracach **Empedoclesa**, który opierał się na założeniu, że materia zbudowana jest z czterech żywiołów: ziemi, powietrza, ognia i wody i próbował zjawiska wulkaniczne wyjaśnić kombinacją tych żywiołów.



(490 ~ 430 BC)

Geofizyka - starożytność

W rzeczywistości, pogląd o supernaturalnym pochodzeniu katastrof naturalnych przełamał Chiński matematyk i filozof **Chang Heng** konstruując około 132 AD pierwszy znany nam sejsmometr i wykazując, że to fale sejsmiczne są odpowiedzialne za katastrofalne trzęsienia ziemi.



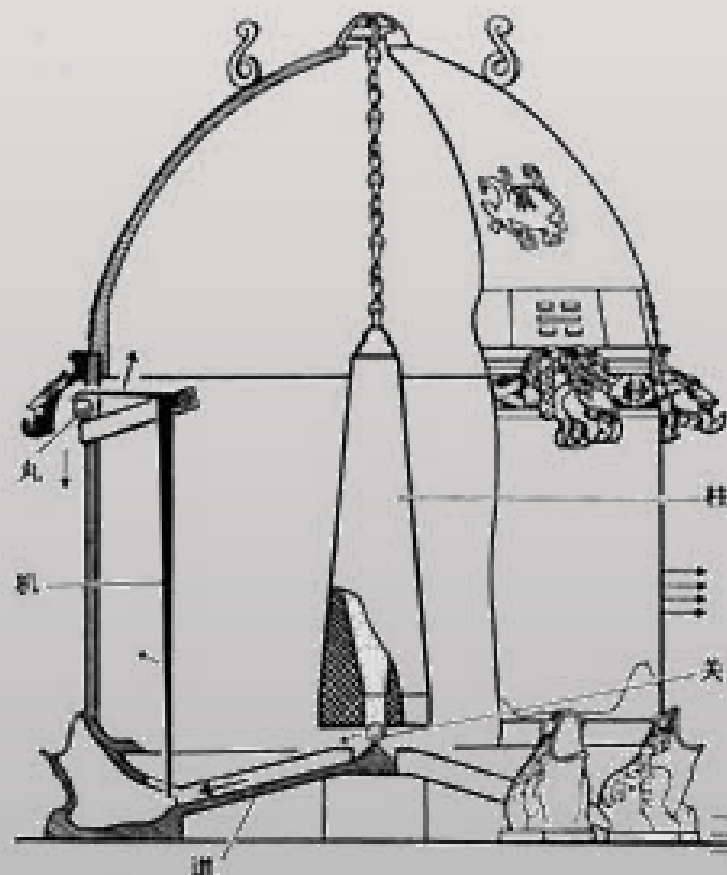
Geofizyka - starożytność



Sejsmometr - zasada działania



新法儀型的外型



新法儀型的內部設計

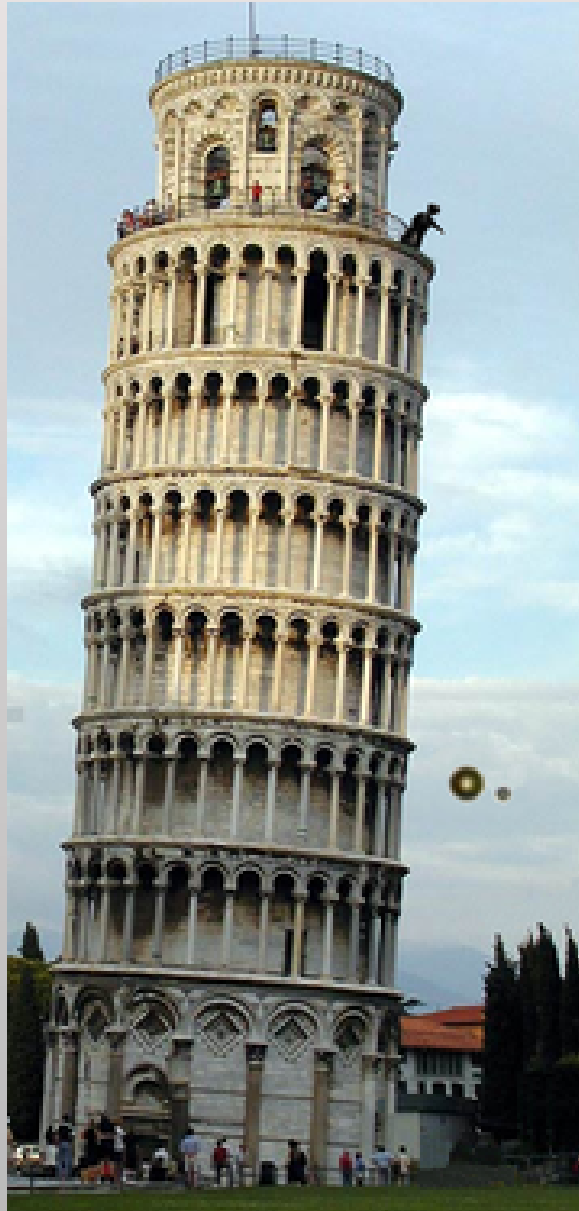
XV - XVII

Istotny postęp w badaniach nad Ziemią obserwujemy w końcu XVI w. kiedy rozpoczęte zostały pierwsze prace nad magnetyzmem ziemskim i grawitacją a obserwacje astronomiczne stały się wystarczająco dokładne. Najbardziej znanym uczonym tego okresu zajmującym się badaniami naukowymi (w tym ziemi) jest Galilusz. Powstały podstawowe instrumenty “meteorologiczne”: termometr (Galileusz), barometr (Torricelli) przy pomocy których odkryto podstawowe właściwości atmosfery.



(1564 ~ 1642)

Doświadczenie Galileusza



XV - XVII

Pierwszą pracą która w sposób systematyczny podjęła się badania ziemskiego pola magnetycznego jest praca ***De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure*** opublikowana w 1600 r. przez **W. Gilberta**



(1544 ~ 1603)

XV - XVII

Nie można pominąć wkładu **I. Newtona** który nie tylko sformułował trzy podstawowe prawa mechaniki klasycznej i podstawy grawitacji ale także opierając się na nich wyjaśnił między innymi zjawisko pływów morskich.



(1643 ~ 1727)

XVII - XVIII: rozwój teorii

XVII i XVIII zapisał się w kartach rozwoju geofizyki (nauk przyrodniczych) jako okres głównie prac teoretycznych dzięki takim uczonym (matematykom, fizykom) jak: *Maclaurin, Euler, Laplace, Gauss, Jacobi, Airy, Stokes*. Okres ten to czas sformułowania podstawowych zasad fizycznych mechaniki, hydrodynamiki, elektromagnetyzmu i matematycznych metod ich opisu głównie w postaci równań różniczkowych i całkowych. Jest to także okres sformułowania pierwszych zasad poprawnej, ilościowej analizy danych pomiarowych, w tym położenie podwalin pod współczesną teorię inwersji.

XVII - XVIII: rozwój teorii



L. Euler

1707 -1783



P.S. Laplace

1749 - 1827



C.F. Gauss

1777 - 1855

Równanie falowe

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 u^i}{\partial t^2} - \partial_j \sigma^{ij} = S^i(\mathbf{r}, t)$$

$$\sigma^{ij} = c^{ijkl} \epsilon_{kl}$$

Równania Maxwella

$$\nabla \times \vec{E} - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = 4\pi\rho + \nabla \cdot \vec{j}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

XVII - XVIII wiek

P. Bouger prowadził pionierskie prace w zakresie fizyki atmosfery badając pochłanianie światła przez atmosferę (*Essai d'optique sur la gradation de la lumière*) oraz kształt kuli ziemskiej (geoidy) (*La figure de la terre: déterminée par les observations de messieurs*). Prowadził pionierskie prace w zakresie fotometrii w tym w zastosowaniach geofizycznych



(1698 ~ 1758)

XVII - XVIII wiek

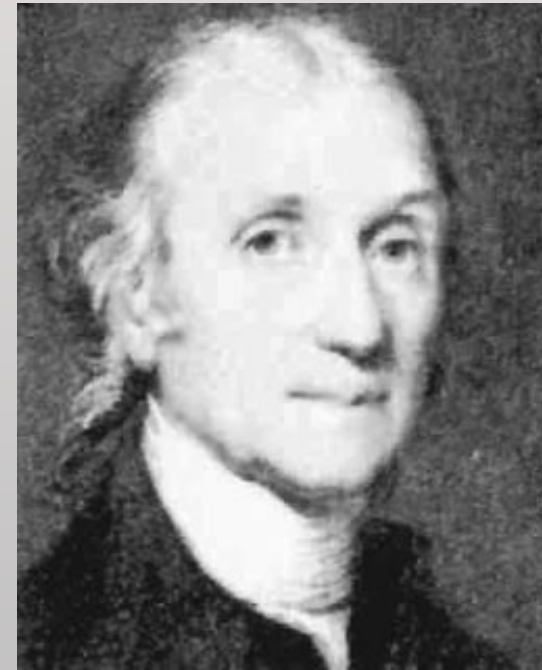
Problem kształtu Ziemi był badany także przez innych uczonych tego okresu, jak na przykład przez **A. Clairaut'a** który swoje wnioski opublikował w pracy *Thórie de la figure de la terre* proponując hydrostatyczny model elipsoidy ziemskiej. Otrzymane wyniki pozwoliły (przy pewnych założeniach dokładnie przeanalizowanych przez Stockes'a) na wyliczanie eliptyczności ziemi w oparciu o powierzchniowe pomiary grawitacyjne (INWERSJA!)



(1713 ~ 1765)

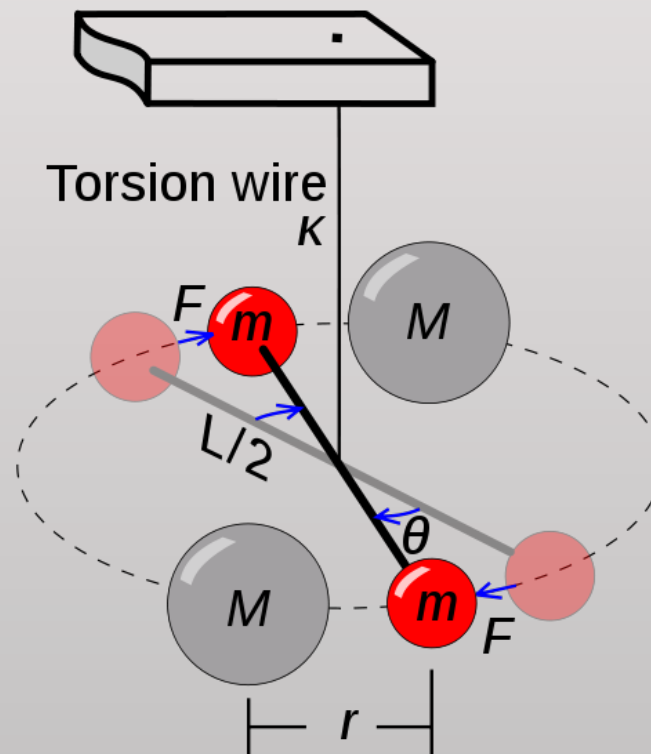
XVII - XVIII wiek

Cavedish wykorzystując teorie grawitacji Newtona podjął się w warunkach laboratoryjnych pomiaru gęstości ziemi. W efekcie przeprowadzonych badań otrzymał także oszacowanie stałej grawitacyjnej oraz masę Ziemi.



(1731 ~ 1810)

XVII - XVIII wiek

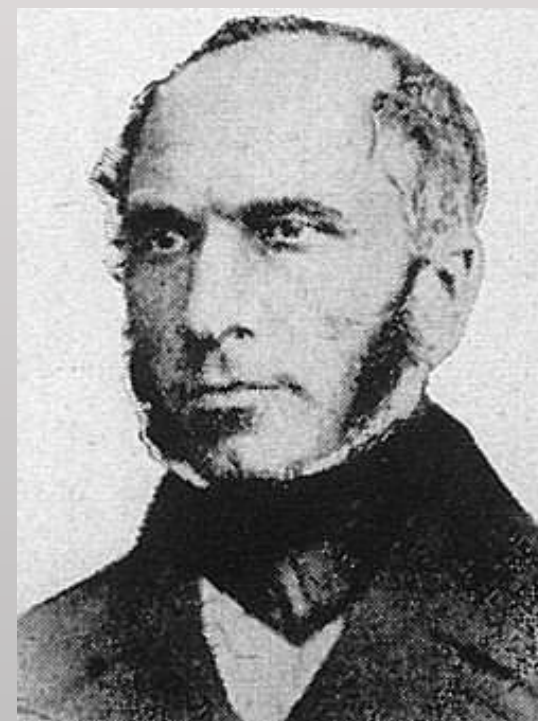


Historia badań: XIX - XX wiek

Bezprecedensowy rozwój techniki spowodował, że na przełomie XIX i XX wieku pojawiły się pierwsze instrumenty pomiarowe wystarczająco czułe i dokładne by móc zastosować je w pomiarach geofizycznych. Z tego powodu okres ten to okres bardzo intensywnego rozwoju bazy pomiarowej we wszystkich zakresach geofizyki i w konsekwencji zwiększenie znaczenia obserwacyjnej i eksperymentalnej strony geofizyki. Jest to okres imponującego rozwoju sejsmologii wraz z jej największymi odkryciami.

XIX - XX wiek

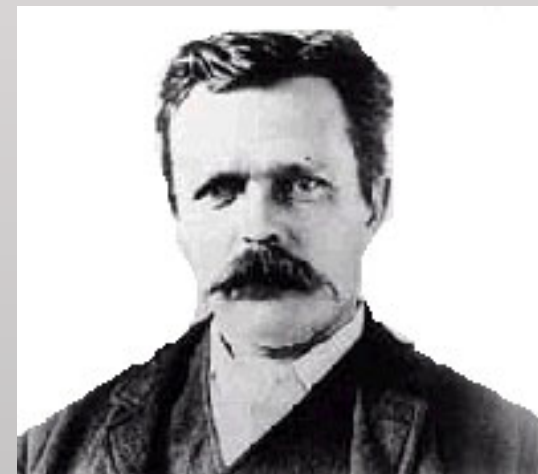
H. Darcy prowadząc badania nad przesiąkalnością gruntu kładzie podwaliny pod współczesną hydrologię wód powierzchniowych i podskórnych. jest autorem empirycznego prawa opisującego przepływ cieczy przez ośrodek porowaty które stanowi empiryczne potwierdzenie równań Neviera-Stocksa.



(1803 ~ 1858)

XIX - XX wiek

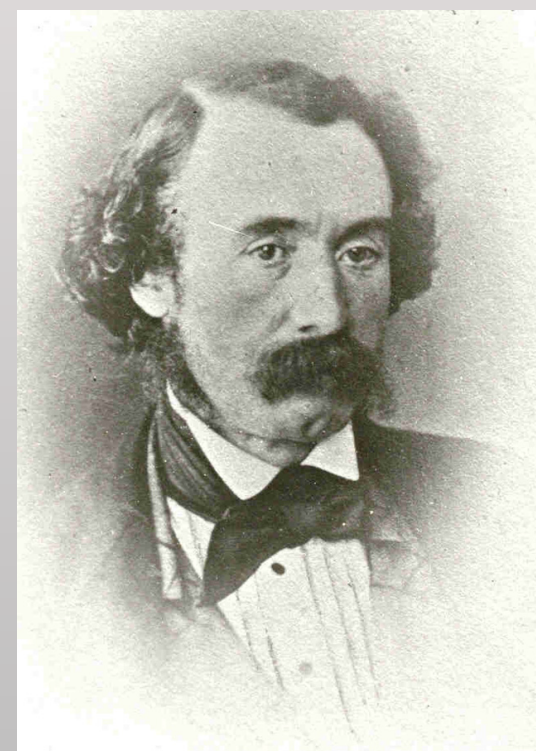
J. Milne pracując w Japonii na zaproszenie rządu Meiji zajął się ilościowym badaniem trzęsień ziemi. Opracował pierwszy nowoczesny wachadłowy sejsmograf poziomy pozwalający rejestrować i rozróżniać różne fale sejsmiczne (SH, SV, fale powierzchniowe). Był jednym z założycieli Japońskiego Towarzystwa Sejsmologicznego i znacząco rozwinął badania sejsmologiczne w Japonii.



(1849 ~ 1913)

XIX - XX wiek

R. Mallet jest twórcą sejsmologii eksperymentalnej wykorzystującej materiały wybuchowe do wytwarzania fal sejsmicznych które rejestrowane w różnych odległościach od miejsca eksplozji pozwalają zbadać strukturę i budowę ziemi w obszarze pomiarowym. Ponadto, stworzył podstawy tzw. makrosejsmiki, tj. oceny trzęsień ziemi, ich magnitudy i położenia epicentrum na podstawie analizy obserwowanych uszkodzeń.



(1810 ~ 1881)

XIX - XX wiek

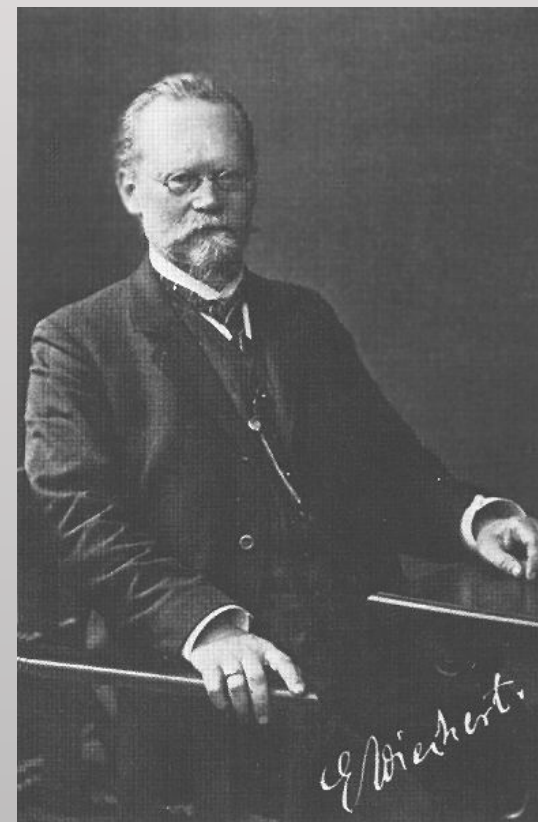
Wraz z odkryciem zjawiska promietwórczego podjęte zostały badania, np. przez **A. Holmesa** nad wykorzystaniem tego zjawiska w badaniach geofizycznych a zwłaszcza w badaniach geochronologicznych. A. Holmes jako pierwszy wykonał datowanie skał na podstawie badania izotopów uranu i ołowiu. badania te skłaniały go do poparcia hipotezy dryftu kontynentów. Zaproponował model konwekcyjny dla płaszcza ziemi jako źródło ruchów skorupy. Jest autorem koncepcji “seafloor spreading”.



(1890 ~ 1865)

XIX - XX wiek

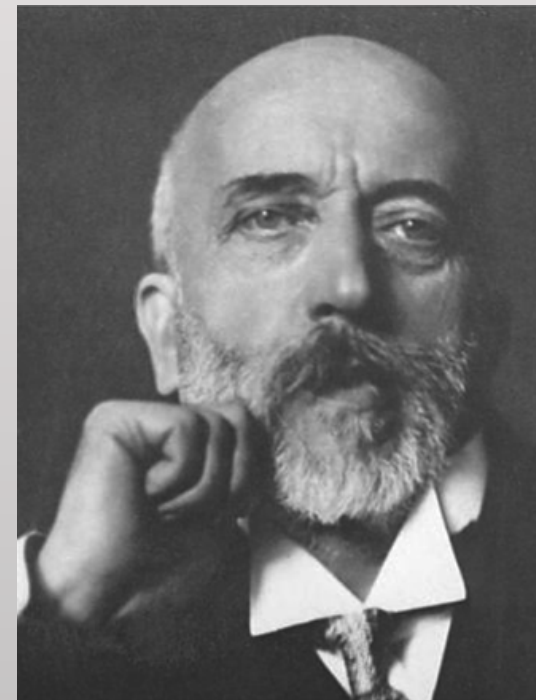
E. Wiechert zaproponował ilościowy model budowy Ziemi złożonej z koncentrycznych jednorodnych warstw pozwalający w sposób powtarzalny obliczać czasy rozchodzenia się fal sejsmicznych w Ziemi. Jako pierwszy opisał dokładnie fazy fal sejsmicznych rozchodzących się w Ziemi. Istotnie udoskonalił konstrukcję sejsmometru.



(1861 ~ 1928)

XIX - XX wiek

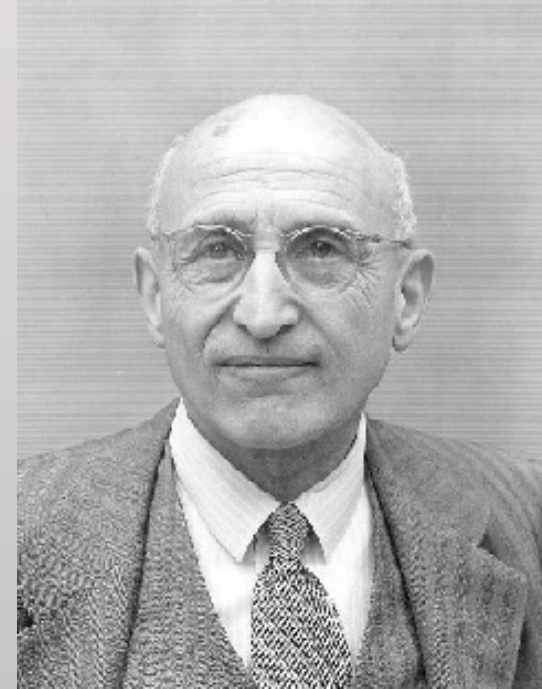
A. Mohorovicic analizując zapisy fal sejsmicznych z trzęsienia ziemi które 8.10.1909 wystąpiło w okolicy Zagrzebia odkrył istnienie nieciągłości sejsmicznej pomiędzy skorupą i płaszczem Ziemi. Ponadto rozwinął teorię promieniowego rozchodzenia się fal według której zachowanie się fal sejsmicznych jest podobne do zachowania fal świetlnych (odbicia, refrakcja, itp.).



(1857 ~ 1936)

XIX - XX wiek

B. Gutenberg prowadząc badania nad sejsmicznością ziemską sformułował empiryczne prawo wiążące liczbę wstrząsów z ich magnitudami. Ponadto w 1912 określił głębokość granicy płaszcz-jądro.



(1889 ~ 1960)

XIX - XX wiek

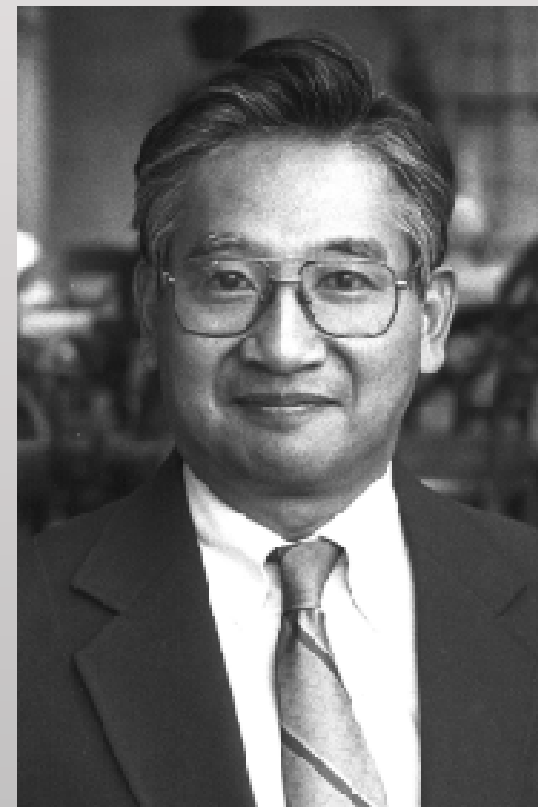
I. **Lehmann** analizując zapisy sejsmiczne z dalekich trzęsień ziemi odkryła, że jądro ziemi składa się z części wewnętrznej stałej i zewnętrznej ciekłej. Ponadto, odkryła istnienie nowej nieciągłości na głębokości 190-250 km. nazwanej na jej cześć nieciągłością Lehmann.



(1888 ~ 1993)

XIX - XX wiek

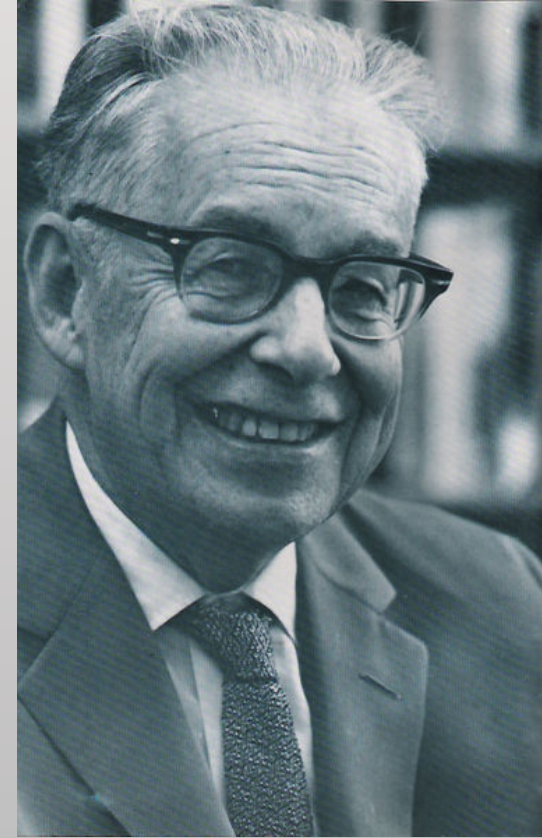
H. Kanamori rozwinął seismologiczne metody badań procesów fizycznych zachodzących w ogniskach trzęsień ziemi. Jemu i T. Hanksowi zawdzięczamy wprowadzenie pojęcia momentu sejsmicznego i odpowiedniej skali do jednoznaczego i dokładnego opisu wielkości trzęsień ziemi zastępującej w badaniach seismologicznych popularną skalę Richtera.



(1936 ~ -)

XIX - XX wiek

Ch. Richter wprowadził skalę pomiaru “wielkości” trzęsień ziemi w oparciu o rejestrowane sejsmogramy.



(1900 ~ 1985)

XIX - XX wiek

A. Wegener zaproponował w 1936r. hipotezę dryftu kontynentów według której kontynenty przesuwają się względem siebie. Niestety, nie potrafił wyjaśnić mechanizmu takich ruchów. Teoria ta została “wskrzyszona” po długim okresie zapomnienia przez R.S. Dietz’a (1961), H.H. Hessa (1962).



(1880 ~ 1930)

XIX - XX wiek

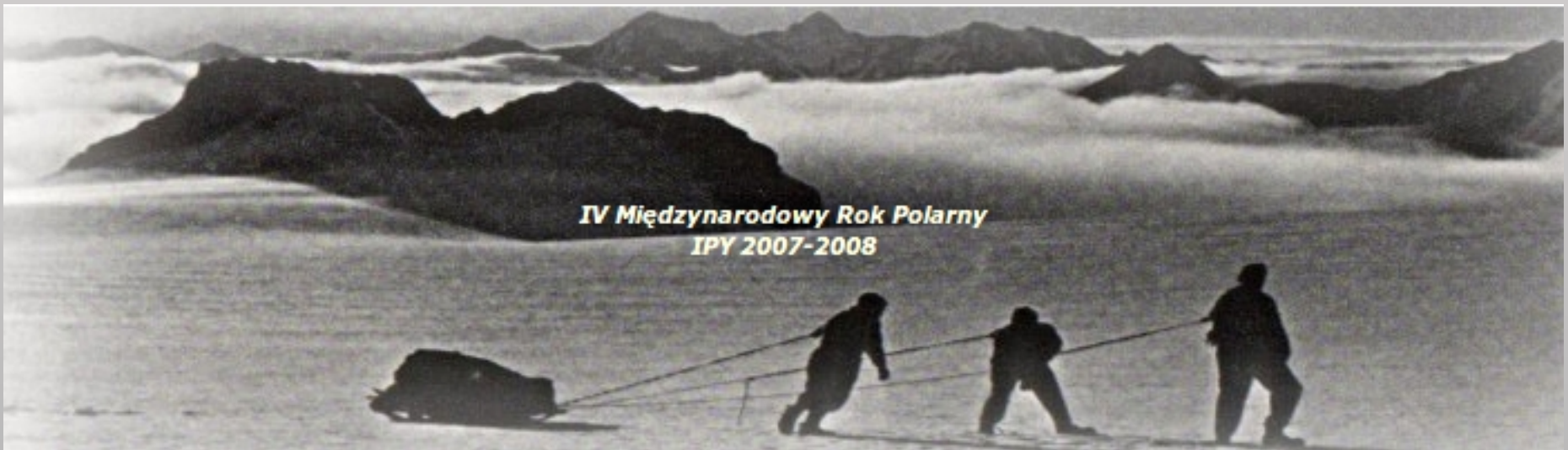
M. Ewing zastosował techniki sejsmologiczne znane z prospekcji lądowej, tj. technikę refleksyjną i refrakcyjną do badań na obszarach oceanicznych. Odkrył w 1953 tzw. “Great Global Rift”.



(1906 ~1974)

Badania polarne I-MRP

Początek badań obszarów polarnych sięga końca XIX wieku. Zorganizowany został wówczas I Międzynarodowy Rok Polarny (1882-1883) pod auspicjami Międzynarodowej Organizacji Meteorologicznej. W prowadzonych wówczas badaniach - głównie geofizycznych w ramach 13 wypraw polarnych do Arktyki i 2 w rejony Antarktydy brało udział 12 państw. Założono wówczas pierwsze stacje polarne.



Badania polarne II-MRP

Interesujące wyniki, duże zaangażowanie w badania polarne w ramach I-MRP zaowocowało zorganizowaniem kolejnego roku badań polarnych (II-MRP) w latach 1932-1933. Badania podjęte wówczas dotyczyły głównie zagadnień atmosferycznych w tym szczególnie na badanie wpływu Prądu Strumieniowego (ang. Jet Stream) na klimat ziemski. W badaniach wzięło udział 40 państw w tym Polska. W skład polskiej grupy wchodził: Cz. Centkiewicz, W. Łysakowski i S. Siedlecki. Prowadzono 13 miesięczne obserwacje w rejonie Wyspy Niedźwiedziej w polskiej stacji polarnej. W ten sposób Polska włączyła się jako samodzielny kraj w program międzynarodowych badań polarnych.

Badania polarne III-MRP

Kolejny okres intensywnych badań polarnych to III rok polarny (1957-1958) w ramach Międzynarodowego Roku Geofizycznego. Badania prowadzili naukowcy z 67 krajów, w tym z Polski. Polski udział koordynowała Polska Akademia Nauk. W tym okresie powstała polska stacja polarna w zatoce Hornsund. Zakres badań był bardzo szeroki. Główne osiągnięcia II-MRP to ocena masy lodu na Antarktydzie, potwierdzenie teorii dryftu kontynentów, odkrycie pierścieni Van Allena. Polityczny sukces to podpisanie traktatu Antarktycznego (okres zimnej wojny !)

Badania polarne udział Polski

Historia polskich badań polarnych sięga XIX stulecia. Ich inicjatorami byli H. Arctowski i A.B. Dobrowolski, którzy uczestniczyli w kierowanej przez Adriana de Gerlache de Gomery'ego wyprawie belgijskiej do Antarktyki. W latach trzydziestych XX wieku odbyły się pierwsze stricte polskie wyprawy na Spitsbergen i Grenlandię, a po II wojnie światowej zorganizowano ekspedycję na Antarktydę. Dziś grono polarników w naszym kraju liczy kilkaset osób

(za <http://www.forumakad.pl/archiwum/2001/02/artykuly/16-polska-w-krainie-wiecznego-zimna.htm>)

Polska Stacja Sejsmiczna



foto: Lech Buchert

Polska Stacja Sejsmiczna



Polska Stacja Sejsmiczna



Polska Stacja Sejsmiczna



Polska Stacja Sejsmiczna



Badania geofizyczne - współczesność

Gwałtowny rozwój komputerów i związany z tym rozwój technik obliczeniowych pozwala obecnie na badania geofizyczne nieosiągalne do tej pory. Równocześnie rozwój technik telekomunikacyjnych i możliwości gromadzenia oraz przesyłania olbrzymich ilości danych pomiarowych otworzyło nowe perspektywy przed badaniami geofizycznymi. Ich efektem są spektakularne osiągnięcia współczesnej geofizyki zarówno w zakresie poznania Ziemi i procesów zachodzących w jej wnętrzu, na powierzchni i w atmosferze. Szybka wymiana informacji pozwala na bardzo skuteczne działania w kryzysowych sytuacjach katastrof naturalnych gnębiących ludzkość. Jesteśmy także świadkami synergii badań w zakresie różnych dyscyplin w ramach nauk o ziemi.

Badania geofizyczne - współczesność



A. Tarantola



Keiiti Aki



B. Romanowicz

Badania geofizyczne - osiągnięcia

- ♦ precyzyjne obrazy tomograficzne wnętrza Ziemi (atmosfery)
- ♦ bezprecedensowy rozwój niezwykle skutecznych technik poszukiwawczych
- ♦ badania innych planet Układu Słonecznego
- ♦ powstanie centrów monitorujących stan Ziemi
- ♦ trzęsienia Ziemi - ciągle nie rozwiązane

Badania geofizyczne - przyszłość

- ♦ naturalne rozszerzenie i połączenie sejsmologii i geodezji (GPS, GNSS): geodynamika
- ♦ przenikanie się badań geomagnetycznych i przestrzeni okołoziemskiej: pogoda kosmiczna
- ♦ zastosowanie nowoczesnych technik geofizycznych w innych działach nauki w tym w zagadnieniach ochrony środowiska
- ♦ eksploracja innych planet (Księżyc, Mars,...)

Badania geofizyczne - Polska

- ♦ M.P. Rudzki - pierwsza na świecie katedra geofizyki (1895) - Uniwersytet Jagielloński oraz pierwsza w Polsce i jedna z pierwszych stacji sejsmicznych w Europie (1903)
- ♦ podwaliny i rozwój (na skale światową) sejsmologii górniczej
- ♦ jedne z najdłuższych wna świecie serie pomiarów atmosferycznych (Belsk) IGF PAN.
- ♦ mikrogravimetria górnicza
- ♦ badania w zakresie geofizyki teoretycznej (fale rotacyjne)

