
K R Ó T K I R Y S

WAŻNIEJSZYCH ROZMIARÓW JEODEZYCZNYCH ODBYWANYCH NA ZIEMI Z DOŁĄCZENIEM UWAG O JEJ FIGURZE.

OZNACZENIE wielkości i figury ziemi są to dwa ważne zagadnienia, które od najdawniejszych czasów zatrudniały jeometrów i astronomów, i nigdy podobno zupełnie wyczerpane nie zostaną. Starożytni zastanawiali się jedynie nad rozmiarem ziemi i nad jej wielkością; figura tego planety bardzo prędko przez nich, lubo niedokładnie, opisana była. Jak tylko bowiem przekonano się za pomocą łatwych rezonowań o okrągłości ziemi, wniesiono zaraz i zgodzono się, że ziemia musi być kulą. W czasach gdzie ciałom niebieskim drogi kołowe różnie ułożone naznaczano, nie powątpiewano nawet o postaci ziemi; bo hipoteza ta przy swojej prostocie, zgadzała się dość dobrze z rozmiarami wykonywanymi na jej powierzchni.

Ptolemeusz wysiłał się nad dowodzeniem następnych zagadnień: *rod*, że ziemia nie jest płaską. W tém bowiem przypuszczeniu słońce, księżyc i gwiazdy, zawsze w iedneyże chwili, dla każdego z tych ciał różney, wschodziłyby dla mieszkańców ziemskich. Nadto wiedziano już wtenczas, że zaćmienie *np.* księżyca przypadało w rozmaitym czasie dla różnych punktów ziemi, a sam księżyc pod-

czas tego fenomenucale odmienną miał wysokość w rozlicznych miejscach. *2re*, Dowodził *Ptolemeusz*: że ziemia nie jest ani walcem, ani ostrokretem, ani graniastosłupem, ani też żadną bryłą nieforemną; do czego mu łatwo służyła postać cienia ziemskiego rzuconego na tarczę księżyca w czasie jego zaćmień. Tak więc starożytni, nie zapuszczając się w głębsze badania, łatwo zgodzili się na kulistość ziemi; i tylko zatrudniali się drugim zagadnieniem, to jest: rozmiarem ziemi i dochodzeniem z tego iey wielkości.

Arystoteles, w xiędze drugiej swojego dzieła o niebie, powiada: że ci, którzy dochodzili wielkości ziemi, naznaczyli iey okrag równy 400,000 stadom. My teraz okrag koła wielkiego ziemskiego czynimy równym 40,000,000 metrom. Stąd ieden stad starożytnych wynosiłby 100 metrów, żeby skąd inąd rozmiary ich, i rachunki były dokładnie wykonane.

Pierwszy *Eratostenes* wskazał jeometrom i astronomom prawdziwy sposób dochodzenia wielkości ziemi z iey rozmiarów, lubo co do postaci miał i on ziemię za doskonałą kulę.

Eratostenes wiedział, że w Syen słońce w czasie przesilenia letniego w południe oświecało zupełnie najgłębsze lochy; i że domy, drzewa i inne przedmioty, nie rzucały wtenczas żadnego cienia. Słońce więc w czasie przesilenia letniego w Syen było w samym zenicie. A że według iego obserwacyi robionych z gnomonem w Alexandryi, słońce w tymże samym czasie odległym było od zenitu o $7^{\circ} 12'$, wniosł więc: że odległość Alexandryi od Syenu w łuku wynosi $7^{\circ} 12'$. Miał *Eratostenes* tę odległość, przypuścił jeszcze, że oba te miejsca leżą na iednymże południku; lubo-teraz wiemy, że różnica długości jeograficznych do 3° dochodzi. A że odległość Alexandryi od Syenu wypadła im z rozmiarów równa 5000 stadom, przeto: dzieląc 5000 stad przez $7^{\circ} 12'$, znalazł długość iednego stopnia południka ziemskiego równą 694,444 stad. Chcąc tę liczbę zaokrąglić,

uczynił dowolnie długość jednego stopnia równą 700 stadom; z czego mu wypadło 252000 stad na okrag południka ziemskiego.

W całym tym swoim rachunku nie dawał baczności *Eratostenes* ani na refrakcję i parallaxę słońca, których nie znał, ani nawet na połowę średnicy słońca. Wypadki więc tu przytoczone zupełnie są niedokładne, lubo droga w postępowaniu dobrą była.

Chociaż wypadek otrzymany przez *Eratostenesa* bardzo się oddalił od prawdy, wystarczał on jednak dla swego czasu jeografów. Bo chcąc oznaczyć na globie położenie miejsc ziemskich względem Alexandryi, trzeba tylko było wiedzieć w jakiej stronie poziomu i jak daleko od Alexandryi leży to miejsce. Albo też kiedy szerokość jeograficzna dwóch miejsc i ich odległość w stadach była daną, można było na globie oba te punkta umieścić. Była to ważna przysługa dla jeografii, którą wyświadczył człowiek łączący do wielkiego dowcipu obszerne wiadomości astronomiczne i jeodezyczne; przynajmniej takie jakie wówczas mieć można było.

Possidonius podał inny sposób mierzenia ziemi, lubo w wykonaniu jego bardzo grube popełnił błędy. Przypuścił on, że Rodus z Alexandryą leżą na jednym południku; rzeczywiście zaś różnica długości jeograficznych $10\frac{1}{2}$ wynosi. Odległość obu tych miejsc wyciągnięta z rozmiarów 5000 stad zawierała. Canopus piękna gwiazda z konstellacyi okrętu niewidzialną jest w Grecyi, w Rodus jednak postrzedz ją można przez czas bardzo krótki na południku. Taż sama gwiazda w Alexandryi $7^{\circ} 30'$ miała wysokości południkowej. Stąd wniósł *Possidonius*; że odległość Alexandryi od Rodus w łuku wynosi $7^{\circ} 30'$. Dzieliąc 5000 stad przez $7^{\circ} 30'$ znalazł 666,666 stad na długość jednego stopnia południka. Okrag zaś ziemi zawierał według niego 239,760 stad.

Lubo droga w postępowaniu *Possidoniusa* co do swojej teoryi była dobra, atoli wypadki tego rachunku bardzo są fałszywe. Nie dawał bowiem względu przez niewiadomość na refrakcyę, która w Rodos gwiazdę na 33' pozornie podnosiła, a której działanie w Alexandryi tylko 4' zawierało. Nadto dziwna jest rzecz, co *Ptolemeusz* powiada, że stopień południka otrzymany przez *Possidoniusa* dłuższy był od stopnia rachowanego przez *Eratostenesa*; kiedy tu całę przeciwny wypadek postrzegamy. Chcąc wytłumaczyć tę sprzeczność przypuścić należy, że stał *Possidoniusa* musiał być większym od stału *Eratostenesa*. Wreszcie oba te sposoby oparte na rozmiarach i obserwacyach niepewnych; dawały tylko niciakie wyobrażenie o wielkości ziemi; i sami zapewne autorowie niczego więcej nie żądali.

Ptolemeusz w rozdziale 3cim księgi 1szej swojej jeografii powiada, że chcąc mierzyć długość jednego stopnia koła wielkiego na kuli ziemskiej, nie koniecznie trzeba go brać w kierunku południka; dość jest wiedzieć iak łuk zawarty między dwoma miejscami nachylony jest do południka miejsca pierwszego. Uważa on w tym celu trójkąt kulisty zawarty pomiędzy zenitami dwóch miejsc i biegunem. Znając dopełnienia szerokości jeograficznych obu miejsc, mamy w tym trójkacie dwa boki znane. Wiedząc przy tém poziomoluk miejsca jednego, rozwiążemy ten trójkąt, i ocenimy odległość obu miejsc w częściach koła wielkiego. Porównawszy takową wyrachowaną odległość z odległością wymierzoną, łatwo znajdziemy przez dzielenie długość jednego stopnia koła wielkiego w miarach znanych.

Lubo jeometrycznie dobrze tę rzecz uważał *Ptolemeusz*, w praktyce iednak nie łatwo było w tamtych czasach znaleźć wymienione trzy rzeczy w trójkacie kulistym. Autor nawet nie przytacza żadnych swoich rachunków, obserwacy i wymiarów; mówi tylko prosto: że wypadki otrzymane z najlepszych wykonanych

w tym celu robot, dały mu 500 stad na długość iednego stopnia koła wielkiego.

My nie możemy bynajmniey polegać na tych wszystkich rozmiarach wykonywanych przez starożytnych.

Po upadku monarchii rzymskiej, gdy światło nauk zabłysnęło u Arabów, nauki matematyczne były również przedmiotem szczególniejszey opieki Kalifów. Pomiędzy innemi odznaczył się gorliwością do nauk *Almamoun* z familii Abassydów syn *Aaron-al-Reschida*, panujący w Bagdadzie r. 815 po narodzeniu Chrystusa. Zwyciężywszy Michała III Cesarza greckiego, zabrał wielką liczbę xiąg, między którymi znajdowały się dzieła *Ptolemeusza*; te na arabski język przełożono. Zlecił on właśnie swoim jeometrom sprawdzić długość stopnia ziemskiego mierzonego przez *Ptolemeusza*. Udali się oni na płaszczyznę Singiar, gdzie w jednym punkcie wysokość bieguna obserwowali. Rozdzieliwszy się potem na dwie części, iedni szli na północ, drudzy zaś na południe, dopóki różnica w wysokości bieguna w obu stanowiskach nie była równą iednemu stopniowi. Wtenczas mierzyli jeodezycznie tę odległość, i znaleźli długość iednego stopnia zupełnie tę samą, iaką wyrachował *Ptolemeusz*. *Almamoun* nie przestając na tej zgodności iednego wypadku, kazał im powtórzyć rozmiar w inném miejscu; ale i drugi wypadek zupełnie odpowiedział pierwszemu. Tak więc zgodzono się na dokładność wymiarów *Ptolemeusza*, i ieden stopień południka ziemskiego równy $56\frac{2}{3}$ milom arabskim oznaczono. My nie wiemy dotąd z pewnością, ani co te mile ani co stady greckie znaczyły. Sławny *Bailli* mniema, że te wszystkie rozmiary były potwierdzeniem iednego doskonałego wymiaru starożytnych, którego pamiątka zaginęła. Domysł ten niema za sobą żadnych przekonywających dowodów.

W roku 1550 *Fernel* przystępując do wymiaru stopnia południka we Francyi, przypuścił naprzód, że Amiens i Paryż leżą na iednym południku, co prawie zupełnie do prawdy przystępuje. Wyjechał on z Paryża do Amiens rach-

iać liczbę obrotów koła swojego pojazdu. Tym sposobem udawał się na północ dopóty, póki wysokość południkowa słońca w czasie przesilenia letniego nie była o jeden stopień mniejszą jak w Paryżu. Tak postępując znalazł łuk południka ziemskiego przechodzącego przez Paryż i Amiens równy 57070 sążniom. Dziwić się słusznie należy jakim sposobem tak gruby wymiar dał dobrą wartość na długość jednego stopnia południka. Astronom bowiem *La Caille* wymierzając ściśle tenże sam stopień, znalazł na jego długość 57074 sążni. Różnica wypadków tylko 4 sążnie wynosi. Nie wiadomo jednak czy sążnie użyte przez *La Caille* i *Fernela* były też same.

Snellius nareszcie wymyślił najlepszy sposób ocenienia stopnia południka; który powszechnie dziś jest przyjęty. *Bailli* powiada, że to jest metoda *Erato-stenesa* i starożytnych; to jednak zdanie na wiarę nie zasługuje. *Snellius* bowiem wymierzył podstawę, na której uważał opartą sieć trójkątów, i za pomocą nich sposobami trygonometrycznemi oznaczył w r. 1617 odległość stanowiska Alcaer od Berg-opzoom. Obserwował odległości zenitalne gwiazd i słońca na obu końcach tego łuku; i znalazł na jeden stopień południka 55020 sążni. Wypadek jest za mały o 2050 sążni. Sposób *Snelliusa* zupełnie odpowiada sposobowi używanemu teraz w jeodezyi do rozmiaru ziemi; różnica tylko zależy na wydoskonalonych w naszych czasach sposobach obserwowania, mierzenia i obrachowania wymiarów i obserwacyi. W robotach starożytnych nic prawdziwie podobnego nie znajdziemy, kiedy tylko bez uprzedzenia pismom ich przypatrzymy się.

Muschembroeck poprawiał w wielu punktach popełnione w rozmiarze błędy przez *Snelliusa*; a *Cassini de Thury* na nowo wymierzając tenże sam łuk, znalazł na stopień południka 57115 sążni. Wypadek ten zanadto jest wielki.

Riccioli w swojej reformowanej jeografii wyłożył mnóstwo sposobów na mierzenie stopni południków i promieni ziemi w rozmaitych miejscach. Ale one

stosują się tylko do wymiaru małych łuków, i zależą od refrakcyi astronomicznych i ziemskich. Różne niemi wartości otrzymywane z iednychże obserwacyi i wymiarów, dowodzą ich niedokładności; dla tego słusznie w naszych czasach zaniebane zostały.

Nayprostszy sposób umieszczony w jeografii *Ricciólego*, był właśnie zagadnieniem *Keplera* bardzo łatwem do teorycznego rozwiązania. Treść iego iest następująca. Maiąc wymierzoną odległość dwóch stanowisk i obserwowane ich wzajemne odległości zenitalne, znaleźć odległości obudwóch od środka ziemi. Wiedzimy, że to pytanie przywodzi się do rozwiązania troykąta prosto-kréslnego, w którym mamy dane dwa kąty i bok im przyległy, a z tego szukamy wielkości innych dwóch boków. Ale odległości zenitalne obserwowane obu mietylse zarażone są refrakcją; trudne iey oznaczenie odstręcza od użycia tego sposobu, rozwiązując tak ważne zagadnienie. I dla tego to *Picard* i *Cassini* w dziele swoiém o mierzeniu wielkości i figury ziemi, uważają ten sposób za niedostateczny.

W roku 1635 *Norwood* w Anglii używając sposobów *Fernela* i *Snelliusa*, i mierząc łuk większy od stopnia lepszymi od swoich poprzedników narzędziami, znalazł długość iednego stopnia południka równą 57 $\frac{1}{4}$ sążniom. Wypadek ten iest za wielki o 400 sążni. Umieścił on prace swoje w dziele pod tytułem: *The Seaman's practice*.

Nieśmiertelny *Newton* szukaąc z początku praw zmniejszania się siły ciężkości, nie ieszcze nie wiedział o tych rozmiarach *Norwooda*. A nie mając w tym względzie żadnego naówczas dzieła, przypuścił, stosownie do zdania żeglarzy angielskich, że ieden stopień ziemski wynosi 60 mil angielskich. To fałszywe przypuszczenie nie odpowiadało bynajmniey powszechnemu prawu atrakcyi, że ona działa w stosunku odwrotnym kwadratów z odległości. I dla tego to wielki ten człowiek porzucił na czas nieiakiś swoje w tey rzeczy badania; iak o tém mo-

zna się przekonać na karcie 6 i 7 iego przemowy do dzieła pod tytułem: *a View of Isaac Newton's Philosophy*. Dublin 1758.

Picard, który wspólnie z *Aouzoutem* niezmiernie się przysłużył astronomom stosując do ich narzędzi mikrometry i lunety, pierwszy nadał pracom jeodezycznym tę cechę, która ich dokładność stanowi. Wymierzył on podstawę sążniem, który obrał za iednostkę miar w swoich robotach, obserwował wszystkie kąty kwadransem z lunetą, przywoził kąty obserwowane do środka stanowisk, brał odległości zenitalne wielkim sektorem umyślnie na to sporządzonym, i znalazł na ieden stopień południka między Malvoisine i Amiens przechodzącego przez Amiens 57060 sążni. Wypadek ten różnił się tylko o 15 sążni od wartości otrzymaney później przez *Delambra*. *Picard* iednak winien był dokładność wypadku nie tak ścisłości swoich rachunków i obserwacyi, iak raczej wzajemnemu nagrodzeniu się błędów popełnionych. Sążeń *Picarda* był o $\frac{1}{1000}$ krótszy od sążnia przyjętego przez akademią paryzką nauk. Ta uwaga zrobiona przez *La Caille*, dopiero była przyjętą przez astronomów po wielokrotném sprawdzeniu podstawy mierzoney przy Juvisi, i po nowém powtórzeniu obserwacyi troykatów pierwszego rzędu, które *Picard* oparł na tejże podstawie. Długo w tym względzie sprzeczał się *Lemonnier*; nareszcie musiał poświęcić miłość własną na ofiarę prawdy. Tenże *Lemonnier* poprawując wypadki otrzymane z obserwacyi gwiazd ich aberracją i nutacją, które to obie zarazy nieznanne były *Picardowi*, powiększył długość iednego stopnia południka aż do 57183 sążni. Ale *La Caille* wprowadzając do tych rachunków poprawki pochodzące z refrakcyi i z różnicy długości sążni, znalazł prawie takąż samę długość iednego stopnia południka, iaką wyrachował *Picard*.

Wymiar rozpoczęty przez *Picarda* był daley ciągnięty aż do Dunkierki i Collioure przez *La Hira*, a stąd do Perpignan przez *Kassyniego drugiego*, któ-

ry całą tę pracę ogłosił drukiem w roku 1718 w dziele swoim pod tytułem: *La grandeur et la figure de la terre*. Tam postrzegamy, że średnia długość iędnego stopnia południka leżącego pomiędzy Paryżem i Collioure wynosi 57097 sążni. Obserwacye robione w Paryżu i Bourges dały na tę długość 57098 sążni. Rozmiar *Pikarda*, iak widzieliśmy, dawał na też samę ilość 57060 sążni. Nareszcie pomiędzy Paryżem i Dunkierką znaleziono średni stopień równy 56960 sążniom. Tak więc idąc od Paryża na północ miano stopień południka mniejszy o 100 sążni, a idąc na południe znaleziono na niego wartość większą o 37 *v.* 38 sążni. A lubo te różnice zupełnie nie były proporcjonalne mierzonym odległościom, z tém wszystkiém wynikał z nich wtenczas ten wniosek: że stopnie południka dłuższe są idąc od bieguna ku równikowi. Stąd Kassyni na karcie 238 powiada, że ziemia musi byđ ellipsoidą przedłużoną przy biegunach; co właśnie z tych obserwacyy wniesć wypadało. Wszystkie te rozmiary robione we Francyi opierały się na podstawie obranej przez *Pikarda*. A dla sprawdzenia rachunków i wymiarów mierzono jeszcze dwie podstawy nad powierzchnią morza: iędnę przy Dunkierce, a drugą przy Perpignan. W pierwszej znaleziono tylko ieden sążeń różnicy pomiędzy obserwacją i rachunkiem. Co do drugiej podstawy, wyrachowano naprzód różnicę do trzech sążni dochodzącą; później za wprowadzeniem niektórych poprawek zmniejszono ją; nakoniec nie wspominając o dalszém uchylaniu różnic, powiedziano prosto, że się rachunek z wymiarem zgodził.

Tak więc skoro już dość dobrze poznano wielkość ziemi z wymiarów skuteczniejszych we Francyi, poczęto rozprawiać o figurze południkowy ziemskich.

W roku 1672 *Richer* francuz wysłany do Cayenne dla sprawdzenia refrakeyi i różnych punktów teoryi słońca, postrzegł: że jego zegar spażniał w tém miejscu blisko na trzy minuty. Nie mogąc tego wytłumaczyć wiadomemi dotąd

sposobami, wpadł na myśl szczęśliwą, że siła ciężkości musi być mniejszą przy równiku jak przy biegunach. Dwoiaka zaś może być przyczyna malenia tej siły przy równiku. Pierwszą może być wypukłość ziemi pod równikiem a spłaszczenie przy biegunach; ale dla tej przyczyny zegar spóźniłby tylko 0',9 na dzień ieden. Obserwacye zaś przekonały go, że spóźnienie zegaru było trzy razy większe. Za drugą więc główną przyczynę tego fenomenu naznaczono obrót wirowy dzienny ziemi około swej osi od zachodu na wschód, mocą którego wszystkie cząstki usiłują oderwać się od swóiego środka. Z praw mechaniki wynika, że działanie siły odśrodkowej powstającej z obrotu wirowego ziemi naywiększe jest na równiku, a maleje zbliżając się do biegunów. W samych zaś biegunach siła odśrodkowa = 0. Stąd na powierzchni ziemi nie obserwujemy samey siły atrakcyi, ale tylko mierzymy tę siłę zmniejszoną siłą odśrodkową. Kombinując te wszystkie uwagi wypada: że dla obrotu dziennego wirowego ziemi działanie siły ciężkości musi być mniejsze przy równiku aniżeli przy biegunach. Rachunek potwierdził ten domysł; a zdarzenie to szczęśliwie obserwowane i wytłumaczone, stało się najmocniejszym dowodem obrotu dziennego wirowego naszego planety.

Pozostało jeszcze astronomom i jeometrom sprawdzić rozmiarami pierwszy domysł stosujący się do figury ziemi.

W tym właśnie czasie *Huyghens* i *Newton*, opierając się na teoryi powszechney atrakcyi, wnieśli drogą rezonowania: że ziemia musi być koniecznie ellipsoidą spłaszczoną przy biegunach, a wydętą pod równikiem. *Huyghens* wyrachował wielkość spłaszczenia = $\frac{1}{178}$, a *Newton* $\frac{1}{230}$. Teorye te figury ziemi sprzeciwiały się rozmiarom wykonywanym we Francyi przez *Kassyniego* i *La Hira*. Dla rozstrzygnięcia więc tak ważnego zagadnienia, postanowiono wy-

wymierzyć dwa stopnie południka znacznie od siebie odległe; ażeby błąd wymiaru daleko był mniejszy od nierówności stopni południka dla eliptyczności ziemi.

W roku 1736 *Godin*, *Bouguer* i *La Condamine* poiechali do Peru, gdzie w przeciągu dziesięciu lat z niewymówną pracą wymierzili nareszcie więcej iak trzy stopnie południka na półkuli południowej. Pomagało im w tych zatrudnieniach dwóch officerów hiszpańskich, *Don Juan* i *Antonio de Ulloa*. Ważne te prace jeodezyczne opisane są we trzech dziełach: *la Figure de la terre*; przez *Bougiera*; *Les trois premiers degrés de l'hémisphère australe*, przez *La Kondamina*; i *Voyage historique de l'Amérique méridionale*, przez hiszpanów.

Cały łuk od $3^{\circ} 7' 1''$ wymierzony zawierał 176950.[»]

Stąd ieden stopień południka był = 56775.[»]

Przywodząc ten stopień do powierzchni morza, znalazł nań *La Kondamin* 56750.[»]; *Bougier* 56753.[»]; a *Georges Juan* ocenił jego wartość = 56768 sążniom.

A że łuk południka wzięty około Paryża zamykał 57070.[»]; stopień więc południka przy równiku był większy blisko o 300.[»] od stopnia wziętego przy Paryżu. Ten główny wypadek przekonał wszystkich o wypukłości ziemi przy równiku.

W tymże samym czasie rozmierzano ziemię w rozmaitych miejscach, i wszystko potwierdzało domysł *Newtona* o figurze ziemi; lubo wypadki otrzymywane na wielkość spłaszczenia z każdego wymiaru były różne.

W roku 1736 *Maupertuis*, *Lemonnier*, *Camus*, *Clairaut* i *Outhier* udali się do Łaponii, gdzie się przyłączył do nich astronom szwedzki *Celsius*. Tam wymierzili łuk południka od 57.[»] Pracę tę *Maupertuis* i *Outhier* w historii swojej podróży opisali; i znaleźli długość stopnia południka przy kole bieguno

wém równą 57419.^s Stopień ten, iak widzimy, przewyższał 349.^s długość stopnia południka wziętego przy Paryżu. W tymże samym czasie zaczęto już powątpiwać o dokładności wymiarów uskuteczionych we Francyi, i przybierano się do ich sprawdzenia. Podjął się *La Caille* uskutecznić tak ważne przedsięwzięcie, z chlubą je wykonał, i opisał prace swoje w dziele pod tytułem: *La Méridienne vérifiée*. Tam on dowiódł, że stopnie południka coraz są większe idąc od południa na północ. Stopień południka wymierzony przez niego przy Arles sprawdził wyższy wniosek, który rozmiary wykonane w Peru naysposobniejsi potwierdzili.

Wszystkie wymiary robione w tych czasach zasadały się na prawidłach ogólnych podanych przez *Snelliusa* i *Pikarda*; cała różnica zależała na wydoskonalonych sposobach mierzenia, obserwowania i rachowania prac jeodezycznych. Jeden tylko stopień południka mierzony był w Pensylwanii przez *Masona* i *Dixonona* zupełnie bez sposobów trygonometrycznych. Za pomocą bowiem przenośney lunety południkowej oznaczali kierunek południka, i mierzyli go prosto sążniami. W tej robocie, kiedy natrafili na przeszkodę nieprzebytą, wtenczas prowadzili linią równoległą do swojej linii południkowej, i tej długość oceniali. A obserwując na obu końcach wymierzonego łuku odległości zenitalne iednychże gwiazd wielkim sektorem, znaleźli na ieden stopień południka, pod szerokością jeograficzną północną 39.^o 12', 56888 sążni.

La Caille na przykładu dobrej nadzieli, pod 33.^o 18' szerokości południkowej, znalazł długość iednego stopnia południka równą 57040 sążniom. Wypadek ten dał na łuk południka pod tą szerokością daleko większą wartość, aniżeli na łuk mierzony we Francyi pod 45.^o szerokości północney. Nie możemy tego przypisać błędom popełnionym przez *La Caille*, bo *Delambre* przezierając całą tę robotę żadney w niej niedokładności nie znalazł. Stąd wniesć należy: że albo

postać półkuli południowej różna jest od półkuli północnej; albo też że południki ziemskie nie mają regularnej krzywizny w całej swojej długości.

Boscovich i *Maire* mierzyli we Włoszech dwa stopnie południka pomiędzy Rzymem i Romini. *Boscovich* sam miał dozór nad robotą sektora i kwadransa, których używał. Prace tych uczonych umieszczone są przez nich w dziele pod tytułem: *De litteraria expeditione per pontificiam ditionem*. 1755. W piątym wydaniu tego dzieła podał *Boscovich* bardzo wiele wzorów i badań co do spłaszczenia ziemi. Autor dawał szczególną bacność na przywiedzenie obserwowanych kątów do środka stanowisk; sposoby jednak podane przez *La Caille* w dziele jego pod tytułem: *La méridienne vérifiée*, daleko są prostsze i pewniejsze. Łuk mierzony przez *Boscovicha* i *Maira* zawierał $2^{\circ} 9' 47''$; a długość jego wynosiła 123221,^s 3. Stąd znaleźli oni długość jednego stopnia południka, pod szerokością 43° równą 56979,^s. Sam *Boscovich* nie tylko się zatrudniał tak ważnymi geodezycznymi pracami, ale jeszcze pierwszy podał myśl mierzenia stopni południka ziemskiego w Turynie, Węgrzech, Austrii i Pensylwanii.

Później prace *Boscovicha* były sprawdzone przez wielu uczonych. PP. *Oriani*, *Conti* i *Calandrelli*, używając nowych kół powtarzających, sprawdzali szerokość geograficzną Rzymu. PP. *Oriani* i *Moynet* podobne obserwacje wykonali w Romini: a ten ostatni na nowo wymierzał podstawę i obserwował wiele poziomoluków. Wypadki z tych robot nie są nam jeszcze wiadome.

Boscovich chcąc się przekonać czy sąsiedztwo gór wpływa na zbaczanie nici wierzchołkowej w kwadransach i sektorach astronomicznych, podał jeszcze projekt mierzenia stopni południka w krajach płaskich i górzystych.

Beccaria, wymierzwszy łuk południka w Piemoncie, rozdzielił go na dwie części, dla dowiedzenia się czy wartość wyciągniona na stopień południka z całego mierzonego łuku i z jego części będzie taż sama.

	Jego długość wynosiła:	A stopień południka stąd wyciągnięty zawierał:
Łuk cały był od . . . : 1.° 7.' 44," 71. : . 64887,8 01		57468,8 59.
Część łuku północna od : 27.' 4," 29. : . 26153, 62		57965, 65.
Część łuku południowa od 40.' 40," 42. : . 38733, 39		57137, 79.

Stąd wniosł *Beccaria*, że analogia zwyczajna stosująca się do łuku mającego foremną krzywość, bynajmniej nie może być zastosowaną do kraju górzystego, a osobliwie do tego, w którym on swoje odbywał wymiary. Mniemał ten uczony, że atrakcja gór w Pemoncie daleko większa była od atrakcji góry Chimborazo obserwowanej przez *Bugiera* i *La Kondamina*. Podobną atrakcją była obserwowana i przez *Maskelyna*, kiedy brał w Szkocyi odległości zenitalne z południa i z północy góry Schehallien. Nie wierchołkowa, według świadectwa tego astronoma, zbaczała o 6" od swego prawdziwego kierunku. *Lalande* w §. 2704 swojej astronomii powiada: że błąd pochodzący z tego nadzwyczajnego zbaczania nici wierchołkowej mógł dochodzić do 900 sążni, na stopniu południka mierzonym w Pemoncie. I dla tego to w §. 2698 uczynił tylko ten stopień równym 57069"; to jest: zmniejszył o 400" wartość jego wypadającą z uważania całego łuku.

Trudniący się praktycznemi rozmiarami bardzo dawać powinni baczność na to szczególne zbaczanie nici wierchołkowej, dla bliskiego sąsiedztwa wyniosłych gór.

Beccaria jeszcze w swoim dziele, *Gradus Taurinensis*, pierwszy uczynił tę uwagę, że trojkąty wymierzane na ziemi są kuliste, i że summa trzech kątów w tych trojkątach przewyższać musi koniecznie 180.° Przewyżka ta pospolicie wynosi około trzech sekund.

Professor *Liesganig* z rozmiarów swoich odbywanych w Węgrzech znalazł długość jednego stopnia południka, pod szerokością jeograficzną 45.° 57, róż-

wną 56881.^s A z różnych łuków ziemskich wymierzanych w okolicach Wiednia wyrachował następne wartości. Na stopień południka

Pod szer: jeogr: 48.^o 43.' znalazł: 57086.^s

Pod szer: jeogr: 47.^o 47.' znalazł: 57074.

Pod szer: jeogr: 47.^o 15.' znalazł: 57064.

Te wypadki umieszczone są na karcie 255 i 257 dzieła *Liesganiga* pod tytułem: *Dimensio graduum meridiani Viennensis et hungarici. Vindobonae. 1770.*

Z tém wszystkiém niektórzy jeometrowie tak obserwacye, iako też i wypadki otrzymane z rachunków *Liesganiga* mają za fałszywe.

Ale natchlubniejsza epoka dla Jeodezyi zaczęła się w roku 1790 we Francyi, kiedy w czasie okropnych zaburzeń domowych postanowiono szukać w naturze iednostki miar. Projekt ten podany naprzód przez P. *Talleyrand* zgromadzeniu zwanemu *l'assemblée constituante*, został zatwierdzony dnia 8 maja 1790 roku umyślnym dekretem; w którym ieszcze proszono Ludwika XVI o wstawienie się do króla angielskiego, dla wspólnego działania dwóch narodów w tak ważném przedsięwzięciu. Akademia paryska nauk wyznaczyła komissyą złożoną z PP. *Bordy*, *Lagranża*, *La Plasa*, *Monża* i *Condorcet*, dla upatrzenia w naturze iednostki miar. Uczeni ci roku 1791 dnia 19 marca podali rapport, w którym przedstawili trzy sposoby mogące bydz użytymi w tym celu. Pierwszym była długość wahadła biiącego sekundy pod 45^o szerokości jeograficznej. Drugim wymierzenie okręgu równika ziemskiego i wzięcie za iednostkę miar pewney jego części. Trzecim zaś rozmiar łuku południka ziemskiego przechodzącego przez Paryż. Na tę ostatnią myśl wszyscy się zgodzili; i $\frac{1}{10000000}$ część wyrachowaney z rozmiaru czwartey części łuku południka, dała iednostkę miar długości zwaną metrem. Z tego potem iednostki wag i innych miar powyciągano.

Postanowiono naprzód wymierzyć część łuku południka od 9^o $\frac{1}{4}$ leżącą po-

między Dunkierką i Barceloną. Pracę tę poruczono PP. *Delambre* i *Méchain*. Uczni ci wykonali z naysmyślniejszym skutkiem powierzoną im robotę. Narzędzia do wymiarów jeodezycznych i astronomicznych obserwacy mieli wyborne, i rachunki za pomocą nowych i ściśłych wzorów z zadziwiającą pracą i starannością robili. W tych to rozmiarach wprowadzono w użycie koło powtarzające *Bordy*, które teraz naysposobniejszém iest narzędziem w dokładnych jeodezycznych robotach.

Prace tych uczonych mężów umieszczone są ze wszystkimi szczegółami w dziele wydaném przez *Delambra* pod tytułem: *Base du système métrique décimal*; w którém wszystko się znajduje, cokolwiek się tyczy porządnego i dokładnego odbywania rozmiarów jeodezycznych i rachunków.

W roku 1806 PP. *Biot* i *Arago* członkowie instytutu francuzkiego posłani byli do Hiszpanii, dla przedłużenia łuku południka mierzonego we Francyi aż do wyspy Formentery. Uczni ci pokonawszy bardzo wiele przeciwności, dokonczyli chwalebnie swoje dzieło w roku 1808. Pracę tę umieścił P. *Biot* w dziele przez siebie wydaném pod tytułem: *Recueil d'observations géodésiques astronomiques et physiques exécutées par ordre du Bureau des longitudes de France, en Espagne, en France et en Écosse, rédigé par MM. Biot et Arago. Paris. 1821.* W tej robocie dopomagało im dwóch astronomów hiszpańskich *Chaix* i *Rodriguez*. W dziele tém umieszczone są ieszcze ważne obserwacye z waha-dłem robione przez P. *Biota* na wyspach Shetland.

Po wymiarze odbytym z chlubą we Francyi przez *Delambra* i *Méchain*, *Seanberg* sprawdzał łuk południka mierzony niegdys w Laponii, i przedłużył go do 1.° 37.' 19,"56. Używał on do swoich robot koła powtarzającego zrobionego przez P. *Le noir*, metru i sążnia, narzędzi zupełnie podobnych co do swojego składu używanym we Francyi. Wszystkie szczegóły swoiey pracy umieścił *Sean-*

berg w dziele przez siebie wydaném pod tytułem: *Exposition des observations faites en Laponie, pour la détermination d'un arc du méridien. Stockholm. 1805.* W tém to dziele, na karcie 192. powiada autor: że ieden stopień południka przeciętego przez równoleżnik pod $66^{\circ} 20'$ szerokości jeograficznej północney, zawiera $57196,^{\circ} 159$. Wypadek ten iest mniejszy o $223''$ od wypadku otrzymanego z rozmiarów tamże wykonywanych w roku 1736 przez akademików paryskich. Na obserwacyach *Seanberga* odbytych z dobrymi narzędziami i z wielką dokładnością śmiało polegać można. *Delambre* iednak, rozbierając prace akademików francuzkich, słusznie się dziwi, jakim sposobem i w czém mogli popełnić tak gruby błąd w swoich rozmiarach.

Następnie w Anglii półkownik *Mudge* mierzył trzy stopnie południka, leżące na wyspie Wight pomiędzy Clifton i Dunnose. Narzędzia miał wybornie zrobione przez *Ramsdena*. Za znaki używał ogniów Bengalskich, a kąty położeń obserwował teodolitem *Ramsdena*. Z taką zaś doskonałością wykonywano obserwacye, że omyłka popełniona w braniu trzech kątów trójkąta najczęściej była ułomkiem sekundy, a rzadko bardzo do $3''$ dochodziła. Podstawy mierzył łańcuchem żelaznym dokładnie zrobionym przez *Ramsdena*.

Te i poprzednie roboty jeodezyczne odbywane w Anglii przez jenerała *Le Roy*, umieszczone są w dziele, które wyszło w Londynie pod tytułem: *An Account of the operations carried on for accomplishing A Trigonometrical Survey of England and Wales, by Captain William Mudge and Mr Isaac Dalby. London.* Podzielił on swój łuk prawie na połowę przez stanowisko Arbury; te zaś połowy poprzecinał ieszcze na drobniejsze części, łącząc swoje trójkąty z obserwatoryum *Greenwich* i *Lorda Marlborough*. Po odbytych rachunkach zdziwiono się w początku niezmiernie, że wszystkie łuki cząstkowe porównane z sobą, zamiast spłaszczenia, dawały przedłużenie osi ziemskiej przy bie-

gunach. Ale P. Rodriguez, w *Philosophical Transactions* na rok 1812, pokazał, że łuk cały mierzony w Anglii przez P. Mudge, daie spłaszczenie toż samo, iakie otrzymano z rozmiarów uskuteczniionych we Francyi. A przypuściwszy 5" omyłki w obserwacyach robionych w stanowisku Arbury, oba łuki cząstkowe dadzą na spłaszczenie tenże sam pożądaný wypadek.

Trudno iest przypuścić żeby tak wyborny sektor *Ramsdena*, iakiego używano naówczas do rozmiarów Anglii, dał 5" omyłki. Ale czy ta niezgodność na wielkość spłaszczenia wyniknęła z błędu narzędzia, czyli też iest skutkiem nierówności miejscowych powierzchni ziemi, dotąd z pewnością niewiadomo. To tylko pewna, że dla dokładnego oznaczenia spłaszczenia, najlepiej brać wielkie łuki, iakim iest np. łuk południka mierzony pomiędzy Dunkierką i Barcelloną. W takim bowiem przypadku, błąd wynikający z iakiejkolwiek przyczyny, podzielony na znaczną przestrzeń, prawie zupełnie zniknie. W małych i przyległych sobie łukach, błąd nieuchronny obserwacyi bardzo wpływa na niedokładność rachowanego spłaszczenia.

William Lambton, w pamiętnikach wychodzących w Calcutta, ogłosił swoje wymiary uskutecznione w Indyach wschodnich. Mierzył on w roku 1802 i 1803 stopień południka i drugi stopień do niego pionowy pod szerokością jeogr: $12^{\circ} 32' 30''$. Podstawa wymierzona przez niego łańcuchem żelaznym, zawierała 40006,4418 stóp angielskich. Używał do swoich obserwacyi sektora *Ramsdena*, nakształt tego iaki miał *Mudge*; ale narzędzie *Lambtona* było daleko mniejsze. Stosownie do wypadków otrzymanych przez *Lambtona*, długość iednego stopnia południka zawierała 56763,^a a długość stopnia koła prostopadłego do południka znalazł równą 57294.^a Stąd *Delambre* wyciągnął na spłaszczenie $\frac{1}{205,47}$.

P. Rodriguez, w *philosophical transactions*, przerabiając rachunki *Lambtona*, znalazł w nich wiele błędów; poprawiwszy je powiada; że stopień mierzony

ny przez *Lambtona* zgadza się z promieniem równika wyciągnionym z wymiarów francuzkich, jeżeli ilość spłaszczenia naznaczymy $= \frac{1}{310}$.

Dotąd wymierzone już w Indjach wschodnich 10.^o południka, pomiędzy szerokością 18.^o 3' 23,"64 i 8.^o 9' 38,"39, zawierają 598629,84 fathom. Szczegóły tej roboty są nam niewiadome, dla niedostatku ostatnich numerów *phil. trans.*

Od początku wieku teraźniejszego działania wojenne odbywane w rozmaitych częściach Europy, połączone były z wielą ważnemi pracami jeodezycznemi; z tych wymienimy znakomitsze.

W roku 1801 porucznik półkownikowi *Bonne* zrobienie karty Bawaryi. Wymierzył on około Münich podstawę zawierającą blisko 22000 metrów prętami iodłowemi, pokrył cały kraj siecią troykatów pierwszego i drugiego rzędu, i obserwował poziomotuk i szerokość *Hohensteinu*; a podobne prace astronomiczne wykonał półkownik *Henry* w Münich i półkownik *Brousseau* w Ratysbonie. Przez co oznaczono obszerność tuku południka leżącego pomiędzy Münich i Hohensteinem.

Od roku 1801 półkownik *Brossier*, wspólnie z wielą sławnemi inżynierami jeografami, zatrudniał się zdjęciem sieci jeodezycznej Włoch. Użyto podstawy *Tesin* mierzonej przez astronomów medyolańskich między Somma i Busto, podstawy *Beccarii* zawartej między Turinem i Rivoli, podstawy *Boscovicha* leżącej nad morzem adryatyckim przy Rimini, i trzech innych wymierzonych przez barona *Zacha* koło Padwy, Passeriano i Schwardzeneck (w Karyntii). Obserwacje astronomiczne wykonano w Medyolanie, San-Salvador i Rimini. Obserwacje astronomiczne porównane z robotami jeodezycznemi kazały się domyślać jakiejs przyczyny miejscowej około Medyolanu, dla której zbacza nie wierzchołkowa.

Także od r. 1801 półkownik *Tranchot* zdeymował sieć czterech departa-

mentów wówczas przyłączonych z lewej strony Renu do Francyi. Sieć ta opiera się na podstawie Ensisheim przy Kolmarze i na troykątach sieci francuzkiej. W znaku Luisberg obserwował szerokość i poziomotuk.

Od r. 1802 do 1804 pólkownik *Nouet*, a po jego śmierci do 1814 pólkownik *Brousseau*, zdeymował sieć departamentów Leman i Mont-Blanc; a PP. *Puissant* i *Moyne* od 1802 wykończyli piękną kartę wyspy Elby.

Oprócz tego, od 1803 do 1808 Pólkownik *Henry* zdiał wiele troykątów w Szwyjcarji; od 1803 Szef *Martinet* pracował nad kartą okolic Apeninu, a podpólkownik *Epailly* nad kartą Hannoweru.

Od r. 1810 *Hassler* szwyjcar trudnił się zdjęciem sieci jeodezycznych brzegów północnej Ameryki. Narzędzia angielskie miał wyborne; ale dla rozlicznych przeszkód dotąd jeszcze nie daleko w tej pracy postąpiono.

Wymiary odbywane we Francyi przez wielu sławnych jeometrów, podały elementa do poprawienia karty państwa wydanej przez *Kassyniego*. W r. 1817 *Marquis d'Ecquevilly*, dyrektor głównego bióra wojennego (*dépôt général de la guerre*), przedstawił prośbę ministrowi wojny xięciu *de Feltre*, tyczącą się potrzeby zdjęcia nowej karty królestwa. Projekt ten, popierany w izbie parów przez *Laplasa*, zatwierdzony został 6 sierpnia dekretem królewskim. Dozór nad całą robotą poruczono paryskiemu bióru długości (*bureau des longitudes*), pod przewodnictwem *Laplasa*. Robieniem karty Francyi trudni się bióro wojenne, korpus inżynierów jeografów wojennych i oficerowie głównego sztabu. Obserwacje astronomiczne i doświadczenia z wahadłem odbywają PP. *Biot*, *Arago*, *Nicollet* i inni uczeni.

Działania jeodezyczne i astronomiczne rozpoczęły się w r. 1818. Sieci główne 1go rzędu idą w kierunku południków i równoleżników odległych od siebie po 200000 metrów; inne troykąty pierwszego rzędu zapełniają czworokąty

kuliste utworzone z przecięcia się tych południków i równoleżników. Troykatów pierwszego rzędu będzie około 1000. Każdy troykat pierwszego rzędu obejmie pięć troykatów rzędu drugiego. Sieć trzeciego rzędu zajmie topografią kraju; a troykаты czwartego rzędu rysowane na stoliku mieścić w sobie będą wszystkie szczegóły, zdejmowane dawniej za pomocą działań mierniczych i plany hydrograficzne odbyte po brzegach Francji.

Wymierzono już linie główne następujące. 1^od: południk *Méchaina* i *Delambra* leżący pomiędzy Dunkierką i Perpignan, i dwa inne. 2^ore: równoleżnik, od 48° szerz., zdjęty w 1825 przez PP. *Bonne* i *Henry* między Brestem i Strażburgiem. Austriacy przedłużyli ten równoleżnik do Wiednia, a stąd dociągną do Czernowitza. Obszerność jego wyniesie około 30.^o 3^ocie: równoleżnik przechodzący przez Amiens zawarty między Dieppe i Sedanem. 4^ote: równoleżnik 45° i dwa inne. We Francji równoleżnik 45° mierzyli PP. *Brousseau* i *Nicollet*, a wspólnie z PP. *Plana*, *Carlini* i z inżynierami austriackimi przedłużyli go do Fiume, i połączyli sieć Francji z siecią Włoch. Obszerność tego równoleżnika od Cordouan do Fiume wynosi 15.^o 36.' 45."

Między Strażburgiem i Brestem za znaki używano lamp z rewerberami; a w oznaczaniu obszerności równoleżników, oceniano różnicę długości jeograficznych za pomocą błysnień znaków ogniowych. Oprócz podstaw *Delambra Melun* i *Perpignan*, prętami platynowymi *Bordy* wymierzył P. *Henry* podstawę przy Ensisheim, a P. *Bonne* przy Strażburgu i Breście. Oprócz tego jeszcze wymierzą podstawy około Antibes i Bajonny. Obserwacje astronomiczne odbędą się we 12 znakach. P. *Henry* oznaczył szerokość jeograficzną Strażburga kołem powtarzającym Gambeya od 18 cali średnicy; a PP. *Brousseau* i *Nicollet* w 1823 zorientowali całą sieć Francji, za pomocą obserwacyi poziomołuku robionych w Marennes z lunetą południkową i kołem powtarzającym.

Karta Francyi miała być rysowaną na skalę $\frac{1}{100000}$, a sztychowaną na $\frac{1}{50000}$, i ukończoną we 20 lat. Dla niedostatku jednak porządnych robot mierniczych, teraz rysują kartę na skalę $\frac{1}{40000}$, sztychuia na $\frac{1}{80000}$, a spodziewają się ukończyć za lat 15. Ważne miejsca do działań wojennych odrysują na skalę $\frac{1}{20000}$ i $\frac{1}{10000}$. Arkuszy pełnych rysowanych będzie 835, a sztychowanych 208. Arkusz wystawiający okolice Paryża już wysztychowano.

Nie wspomnieliśmy tu zapewne o wielu ważnych rozmiarach jeodezyeznych odbywanych po różnych państwach Europy; bo iedne dotąd nie są ogłoszone publicznie, a inne znajdują się w dziełach, których czytać się nie zdarzyło. Z tém wszystkiém główniejsze tu wymienione prace uczonych dostateczne dają wyobrażenie historii jeodezyi, i wielkim będą zasilkim w traktowaniu nauki.

Już sama nauka Jeodezyi, z przyczyny wydoskonalonych sposobów obserwowania, mierzenia i rachunku, stoi na wysokim doskonałości stopniu. Znając dobrze iey prawidła, i używając narzędzi świeżo wydoskonalonych, z wielką ścisłością potrafimy zdjąć kartę pewney części ziemi. Ważne iednak dla uczonych zagadnienie figury naszego planety dotąd ieszcze z przynależną ścisłością nie zostało rozwiązane. Dawno poznano, że ziemia nie iest kulą, ale bryłą okrągłą wydętą pod równikiem a spłaszczoną przy biegunach. Starano się później pokazać, że ona iest ellipsoidą obrótowną; ale odbywane wymiary nie zupełnie odpowiadaia temu przypuszczeniu. Bo nie tylko krzywość południków iest nieforemną, ale i równoleżniki nie są kołami. A co większa, półkula południowa może być niepodobną północney; iak to wnosimy z rozmiarów *La Cailla* odbytych na przykładu dobrej nadziei. Jedném słowem, zaledwo nie wypadnie wyrzec ze sławnym *Boscovichem*: że im więcej powierzchnia ziemi będzie mierzona, tém bardziey figura iey okaże się niękształtną.
