





MIKOŁAJ KOPERNIK

1473 – 1543

~~N: 2077~~

1047

ERNEST LEBON



# KRÓTKI ZARYS DZIEJÓW ASTRONOMJI

Dzieło, uwieńczone przez Akademię Francuską

PRZEKŁAD ST. BOUFFAŁLA

z przedmową

S. DICKSTEINA

Astronomja, rozpatrywana jako całość,  
jest najpiękniejszym pomnikiem ducha  
ludzkiego, najszlachetniejszym tytułem  
jego inteligencji. *Laplace.*

Z PIĘCIOMA PORTRETAMI



Nr. Juv. 2047

WARSZAWA

NAKŁADEM KSIĘGARNI E. WENDE I SPÓŁKA

1903



nr. inv. 2047

Połączone Biblioteki WFIS UW, IFIS PAN i PTF

**T.1047**



2900104700000

M-122667

---

KRAKÓW. — DRUK W. L. ANCZYCA I SPÓŁKI.

<http://rcin.org.pl/ifis>

## PRZEDMOWA.



«Krótki zarys dziejów Astronomji» Ernesta Lebona nie jest bynajmniej systematycznym wykładem rozwoju Nauki nieba, ani kursem, do wymagań programów szkolnych przystosowanym. Jest to raczej szereg krótkich opowiadań z dziejów Astronomji, Gieodezji i Meteorologii od czasów głębokiej starożytności aż do doby najnowszej, zestawionych w ten sposób, że treściwe i epizodyczne przedstawienie najważniejszych wyników obserwacji i badań naukowych spleta się z opisem życia główniejszych twórców nauki, dając uważnemu czytelnikowi ogólne wyobrażenie o zadaniach, środkach i drogach Nauki nieba.

Wiadomości historyczne o odkryciach naukowych i postępie wiedzy, opowiadania o życiu ludzi, którym nauka tryumfy swoje zawdzięcza, za mało dotąd bywają uwzględniane w kształceniu młodzieży, lubo stanowić mogą dopełnienie programów, jako podnoszące zainteresowanie do samej treści wykładanych przedmiotów i działające zachęcająco na rozbudzenie zamiłowania do nauki. Zwłaszcza dzieje Astronomji pełne są takich usiłowań i takich imion, które rozumna pedagogika szkolna za wzór młodym pokoleniom stawiać-by powinna. Nieśmiertelne imiona Kopernika, Galileusza, Keplera, Newtona, Laplace'a i wielu innych — to wszak imiona największych dobroczyńców ludzkości, które powinny budzić cześć w każdym młodocianym sercu i w niejednym młodzieńcu wzniecić zapal do pracy naukowej.

Niniejsza książeczka spełnić może w części to piękne zadanie, i to właśnie skłoniło wydawców i tłumacza do ogłoszenia jej przekładu. I dlatego to bez wahania polecamy

---

to dziełko młodzieży naszej w nadziei, że, czytając je, uzupełni swoje wiadomości, w szkole nabyte, i przejmie się podziwem dla ludzi, którzy życie swoje poświęcili szlachetnej pracy naukowej.

*S. Dickstein.*

Warszawa w sierpniu 1903 r.

to obtain a more complete  
 knowledge of the  
 various forms of  
 the human body  
 and its various  
 parts and  
 members.

Worms in the human body



## SPIS RZECZY.



	Str.
Przedmowa . . . . .	V
Podział dziejów Astronomji na okresy . . . . .	1

### OKRES STAROŻYTNY.

<b>I. Pierwsze obserwacje.</b> — Początki Astronomji. — Astronomja w Chaldei. — Astronomja w Egipcie. — Astronomja w Fenicji. — Astronomja w Grecji. — Tales. — Pitagoras. — Cykl Metona. — Platon. — Założenie Szkoły Aleksandryjskiej. — Eratostenes. — Hipparch. — Odkrycie poprzedzania punktów równonocnych . . . . .	4
<b>II. System Ptolemeusza.</b> — Ptolemeusz. — Astronomja u Rzymian. — Astronomja u Arabów. — Albatenius. — Astronomja w Europie. — Astronomja w Persji. — Astronomja w Chinach . . . . .	14

### OKRES NOWOŻYTNY.

<b>III. System Kopernika.</b> — Kopernik. — Tycho Brahe. — Kepler. — Galileusz. — Kalendarz Gregorjański. — Heweljusz. — Picard. — Huygens. — Römer. — Odkrycie prędkości światła. — D. Cassini. . . . .	22
--	----

	Str.
<b>IV. System wirów . . . . .</b>	48
<b>V. Prawo przyciągania powszechnego. — Newton. —</b> Flamsteed. — Halley. — Odkrycie perjodyczności komet. — Bradley . . . . .	50
<b>VI. Postać Ziemi . . . . .</b>	61
<b>VII. Zadanie o trzech ciałach. — Perturbacje i nierów-</b> ności. — Clairaut. — D'Alembert. — Euler. — La- grange . . . . .	66
<b>VIII. Mechanika niebieska. — Laplace. — Teorja po-</b> wstania wszechświata podług Laplace'a. — Teorja powstania Wszechświata podług Kanta. — De La Lande. — Delambre. — System metryczny. — Gauss. — Funkcja perturbacyjna. — Jacobi. — Teorja Księżyca. — Metody przybliżenia Cauchy'ego	80
<b>IX. Wydoskonalenie Astronomji fizycznej. — W. Her-</b> schel. — Odkrycie planety przez W. Herschela. — Gwiazdy podwójne. — Mgławice. — Hipoteza Wil- sona o budowie Słońca — Fizyczna teorja Słońca pod- ług Herschela. — Poszukiwanie i odkrycie planet mię- dzy Marsem i Jowiszem. — Piazz. — F. Arago. — Bessel. — Równanie osobiste. — Paralaksa gwia- zdy. — Mgławice. — Ciepło słoneczne. — Teorja fizyczna Słońca podług J. Herschela . . . . .	98
<b>X. Geodezja . . . . .</b>	120
<b>XI. Meteorologja. — Obserwacje w Paryżu. — Wpływ</b> Księżyca na pogodę. — Rudy miesiąc . . . . .	123

## OKRES WSPÓŁCZESNY.

<b>XII. Postępy w metodach Mechaniki niebieskiej. — Różne</b> teorje. — Cauchy. — Delaunay. — Le Verrier. — Odkrycie planety przez Le Verriera. — Poszukiwanie planet intramerkurjalnych. — Airy. — Adams. — Yvon Villarceau . . . . .	130
--	-----

Str.

- XIII. Postępy Astronomji gwiazd.** — Argelander — W. Struve. — Gwiazdy podwójne. — Paralaksa gwiazdy. — Ruch własny gwiazd. — Mgławice. — Bolidy. — Gwiazdy spadające a komety . . . . 146
- XIV. Doświadczenia, obserwacje i hipotezy.** — Foucault. — Dowody obrotu dziennego Ziemi. — Wartość liczebna prędkości światła. — Równania osobiste. — Plamy słoneczne. — Ciepło słoneczne. — Zużytkowanie ciepła słonecznego. — Siła odpychająca Słońca. — Atmosfera i Plamy Merkurego. — Plamy Wenusy. — Plamy Marsa. — Teorja powstania Wszechświata podług H. Faye'a . . . . 157
- XV. Analiza spektralna w Astronomji.** — Linje widma słonecznego. — Analiza spektralna Słońca. — Badania protuberancji i korony. — Secchi. — Teorja fizyczna Słońca podług Secchi'ego. — Teorja fizyczna Słońca podług Faye'a. — Analiza spektralna gwiazd. — Analiza spektralna mgławic. — Analiza spektralna komet. — Prędkość radialna gwiazd . . 176
- XVI. Geodezja.** — Triangulacje. — Niwelacje. — Przyciągania miejscowe. — Postać Ziemi. — Perrier. — Złączenie geodezyjne Francji z Anglią. — Pomiar łuku równoleżnika w Algierze. — Złączenie geodezyjne Algieru z Hiszpanją. — Nowy pomiar południka francuskiego. — Bayer. — Międzynarodowe Stowarzyszenie Geodezyjne . . . . . 199
- XVII. Meteorologia.** — Obserwacje w Paryżu. — Mapy wiatrów i prądów morskich. — Maury. — Pierwsze próby Telegrafji meteorologicznej. — Francuskie centralne biuro meteorologiczne. — Dawna teorja burz. — Teorja burz podług H. Faye'a. — Przy pływy i odpływy atmosferyczne . . . . . 222
- XVIII. Fotografja w Astronomji.** — Badanie fotograficzne ciał niebieskich. — Fotografja prędkości ra-

	Str.
djalnej — Fotografja chromosfery. — Widmo barwnych składowych gwiazd podwójnych. — Gould. — Badania fotograficzne Janssena. — Mapa fotograficzna Nieba. — Mouchez. — Mapy Księżyca. — Atmosfera Księżyca. — Hervé Faye . . . . .	234
<b>XIX. Odkrycie małych planet oraz księżyców . . . . .</b>	<b>253</b>
<b>XX. Syderostat z lunetą . . . . .</b>	<b>257</b>
<b>XXI. Mechanika niebieska w końcu XIX stulecia. —</b> Różne badania. — Teorja i Tablice planet. — Teorja Księżyca. — Teorja satelitów. — Pierścień Saturna. — Zofja Kowalewska. — Teorja komet. — Komety perjodyczne. — Badania nad refrakcją i aberacją. — Katalog gwiazd fundamentalnych. — Tisserand. — Obliczenia, dotyczące sposobu tworzenia się Wszechświata. — Obliczenia, dotyczące ruchu układu słonecznego. — Nowe metody Mechaniki niebieskiej. — Gylden. — Pogląd H. Poincaré'go na stałość układu słonecznego . . . . .	260
<b>Skorowidz alfabetyczny . . . . .</b>	<b>289</b>



## PODZIAŁ DZIEJÓW ASTRONOMJI NA OKRESY.

Historja danej umiejętności nie jest historją wszystkich autorów, którzy pisali o tej umiejętności, lecz jedynie tych, którzy pracami swemi przyczynili się do rozszerzenia jej granic.

MONTUCLA.

Dzielimy Historję Astronomji na trzy okresy.

*Okres starożytny* kończy się w połowie wieku XVI-go. Okres ten cechują: szereg obserwacji, które stają się coraz liczniejszymi i coraz donioślejszemi u wszystkich ludów; wniosłe hipotezy dwóch filozofów Pitagorasa i Platona, dotyczące budowy Wszechświata; odkrycia Hipparcha, a nadewszystko dany przez Ptolemeusza wykład ruchów niebieskich.

*Okres nowożytny* rozciąga się od połowy XVI-go aż do połowy XIX-go w.: tu należą: przyjęcie racjonalnej hipotezy Kopernika, mającej na celu wytłomaczenie ruchów planet; sformułowanie praw

tych ruchów dokoła Słońca, będące wynikiem długich i mozolnych badań Keplera; nieoczekiwane odkrycia Galileusza, który pierwszy zaczął badać ciała niebieskie przy pomocy zbudowanej przez siebie lunety; walne odkrycie prawa przyciągania powszechnego, które zawdzięczamy Newtonowi; nowe metody matematyczne Lagrange'a i Laplace'a, które pozwoliły zbudować pierwsze teorie ruchów ciał niebieskich, należących do układu słonecznego; wciąż postępujące udoskonalanie teleskopów, które pozwoliło Herschelowi odkryć planetę bardziej oddaloną, aniżeli Saturn.

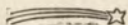
*Okres współczesny*, obejmujący drugą połowę wieku XIX-go, wyróżnia się ścisłością, z jaką Mechanika niebieska, dzięki pracom matematyków takich, jak Le Verrier, Adams, Tisserand, przepowiada prawie bez błędu, dla epok niezmiernie oddalonych, położenia, które mają zajmować na niebie: Słońce, Księżyc i planety, a nade wszystko umiejętnością, z którą wielka liczba astronomów potrafiła nowe wynalazki z zakresu nauk fizycznych zastosować do badań nad budową Słońca i gwiazd.

Wyłożyliśmy w krótkości obserwacje, dokonane podczas Okresu starożytnego, przyczym opieraliśmy się na wynikach najnowszych poszukiwań; więcej miejsca poświęciliśmy licznym pracom

Okresu nowożytnego i dość obszernie, zdaniem naszym, uwzględniliśmy odkrycia Astronomji fizycznej, oraz badania Astronomji matematycznej, należące do Okresu współczesnego.



## OKRES STAROŻYTNY.



### I. PIERWSZE OBSERWACJE.

Początki Astronomji. — Astronomja w Chaldei. — Astronomja w Egipcie. — Astronomja w Fenicji. — Astronomja w Grecji. — TALES. — PITAGORAS. — Cykl Metona. — PLATON. — Założenie szkoły Aleksandryjskiej. — ERATOSTENES. — HIPPARCH. —  
Odkrycie poprzedzania punktów równonocnych.

Człowiek pierwotny musiał dla celów rolnictwa nauczyć się rozróżniać pory roku i określać terminy ich powrotu; zauważył on bardzo wczesnie, że prawidłowość ruchów ciał niebieskich pozwala mu uczynić zadość obu tym potrzebom, a to go doprowadziło do notowania swych spostrzeżeń, dotyczących zjawisk niebieskich, tudzież do poszukiwania ich przyczyn. W ten sposób w zaraniu dziejów, powstała u wszystkich ludów *Astronomja*, która aż do początku wieku XVII-go łączyła się ściśle z Astrologją.





Najstarszy z pomiędzy znanych nam pomników astronomicznych zawdzięczamy Chaldecykom. Są to obserwacje trzech zaćmień Księżyca, dokonane w latach 720 i 719 przed N. Chr., obserwacje, które zużytkował Ptolemeusz w swojej teorii Księżyca.

Chaldecykom znany był gnomon.

Zauważyli oni, że Słońce i Księżyc poruszają się w obrębie pewnego pasa Niebios — zodiaku.

B e r o z jest jedynym astronomem chaldejskim, którego imię przeszło do historii.

Narody starożytności posługiwały się w celu przepowiadania zaćmień okresem chaldejskim, zwanym *Saros*, który składa się z 18 lat 11 dni i zawiera 223 lunacje.



Egipcjanie zaobserwowali wielką liczbę zaćmień Słońca i Księżyca i podali ich przyczyny.

Podzielili oni swój rok cywilny na 365 dni; rok ten składał się z 12 miesięcy, z których każdy liczył po 30 dni, i zawierał nadto 5 dni dodatkowych.

Obserwowali oni z wielką starannością położenie punktów przesileni wśród znaków zodiaku.

Z tego, że fasady piramid egipskich odpowiadają dokładnie 4 stronom świata, wnioskujemy,

że Egipcjanie umieli ściśle określać położenie południka.

W epoce wznoszenia piramid egipskich (około r. 4230 przed Chr.) gwiazdą polarną była dzisiaj-  
sza  $\alpha$  Smoka.



Istnieje przypuszczenie, że to Fenicjanie odkryli sposób orjentowania się na morzu przez od-  
szukiwanie północy, naprzód z pomocą Wielkiej  
Niedźwiedzicy, a potem — Małej.



Grecy uczyli się Astronomji u Chaldeczyków,  
a nadewszystko u Egipcjan. Lecz mieli oni po-  
glądy, które zdumiewają nas dzisiaj: tak np. są-  
dzili, że Słońce nie jest większe od Peloponezu.  
Podług Herodota Chaldeczycy nauczyli Gre-  
ków posługiwania się gnomonem.



Pierwszym astronomem greckim był Tales  
z Miletu, założyciel *Szkoły Jońskiej* (ur. około  
r. 640 przed N. Chr.). Powróciwszy z podróży do  
Egiptu, uczył on ziomeków swoich tego, czego się  
był dowiedział od kapłanów tego kraju: że Zie-

nia jest kulista, że ekliptyka jest pochylona, i tłumaczył przyczynę zaćmień.

Zaćmienie Słońca, które Tales przepowiedział Lidyjczykom, nastąpiło istotnie w oznaczonym przezeń czasie. Airy obliczył, że nastąpiło ono 28 maja 585 roku przed N. Chr.

Tales zbadał także bieg Słońca pomiędzy zwrotnikami, zmierzył pozorną średnicę tej gwiazdy, podzielił niebo na konstelacje i wskazał, południe Fenicjan, użytek Małej Niedźwiedzicy.

Filozofowie ze Szkoły Jońskiej uczyli, że gwiazdy tworzą się wskutek stopniowego zgęszczania się niezmiernie lekkiej substancji, która niegdyś wypełniała całą przestrzeń.

Umieszczali oni Ziemię w środku Świata i kazali gwiazdom obracać się dokoła niej, przyczym przypuszczali, że każda gwiazda przytwierdzona jest do kuli ruchomej i przezroczystej — tak zwanej *sfery kryształowej*.

Następca Talesa na stanowisku naczelnika Szkoły Jońskiej, uczeń jego Anaksymander z Miletu (610—547 przed N. Chr.) zbudował w Lacedemonie gnomon, za pomocą którego obserwował podczas przesileni największą i najmniejszą wysokość Słońca nad horyzontem.



Inny uczeń Talesa, Pitagoras, rodem z wyspy Samos, idąc za radą swego mistrza, udał się na studia do Egiptu, gdzie wtajemniczony został przez miejscowych kapłanów. Po powrocie, zmuszony do opuszczenia ojczyzny, udał się do Tarentu w Italii i założył tam *Szkołę Pitagorejską*, w której, jak trafnie powiedział Montucla, «uprawiano gorliwie wszystkie umiejętności, mogące się przyczynić do udoskonalenia umysłu i serca».

Pitagoras uczył o kulistości Ziemi i Słońca, o pochyleniu ekliptyki, o przyczynie zaćmień.

Poznał on, pisze Diogenes Laercjusz, że gwiazda wieczorna i gwiazda poranna są jednym i tym samym ciałem niebieskim — planetą Wenus.

Pitagorejczycy dowodzili, że Ziemia i Słońce mają postać kulistą, że planety i komety obracają się dokoła Słońca, że Księżyc jest ciałem podobnym do Ziemi, że gwiazdy są słońcami, które świecą ciałom niebieskim zamieszkałym. Jeden z Pitagorejczyków Demokryt (ur. około r. 470 przed N. Chr.) wypowiedział myśl, że Droga Mleczna jest nagromadzeniem gwiazd, bardzo od nas oddalonych.

Pitagoras pierwszy wpadł na przypuszczenie, że Ziemia obraca się dokoła osi, która przechodzi przez jej środek, i dokoła Słońca; ale myśl tę przypisano Filolausowi (ur. około r. 450 przed N. Chr.), jednemu z uczniów Pitagorasa, a to z powodu, że wypowiedział on publicznie ten pogląd,

który do owego czasu szkoła Pitagorejska trzymała w tajemnicy.



Z pomiędzy astronomów greckich wymienimy Metona i Euktemona, którzy wsławili się tym, że dla przywrócenia należytego porządku w świętach greckich, zaproponowali cykl, noszący miano *Cyklu Metona*, a oparty na tym, iż po upływie 19 lat, obejmujących 235 lunacji, nowie księżycy powracają prawie w te same dni roku. Święta te były uregulowane podług pierwszego dnia roku, a ten dzień był dniem nowiu, następującego bezpośrednio po przesileniu letnim. Atoli z powodu niedostateczności wiedzy astronomicznej, termin powrotu tego dnia nie był dobrze określony, skąd wynikało zamieszanie w obchodzeniu świąt greckich. Tablica świąt, oparta na nowym cyklu, wyłożona przez Metona nasamprzód w Atenach, została przyjęta przez wszystkie prawie miasta i kolonie greckie i wyryta złotymi zgłoskami na gmachach publicznych, skąd pochodzi miano *liczby złotej*, nadawane liczbie, która w cyklu tym wskazuje numer roku.

Cyklem Metona zaczęto posługiwać się 16 lipca 463 roku przed Chrystusem, 19-go dnia po przesileniu letnim.



Aczkolwiek *Platon* (427—347 przed N. Chr.), rodem z wyspy Eginy, zwany przez Greków *boskim*, przyjął pod koniec życia poglądy pitagorejskie na układ Wszechświata, to jednak uczniowie jego nie poszli tą drogą.

Astronomowie *Szkoły Platońskiej* oddali wiedzy wielkie usługi, notując znaczną liczbę obserwacji niebieskich, z których później skorzystali *Hipparch* i *Ptolemeusz*.

Najsławniejszy astronom tej Szkoły, *Eudoksos* (409—356 przed N. Chr.) z Knidos, obliczał długość roku na 365 dni i 6 godzin i wynalazł podobno zegar słoneczny poziomy.



Dotąd, obok odosobnionych obserwacji astronomicznych, znajdowaliśmy jedynie sprzeczne ze sobą przypuszczenia. Począwszy od założenia *Szkoły Aleksandryjskiej* w roku 331 przed N. Chr. Astronomja nabiera cechy prawdziwie naukowej, dzięki użyciu przyrządów i porównywaniu obserwacji powtarzanych.

*Arystarch* z wyspy Samos, który żył w III-cim wieku przed Chrystusem, odznaczył się ścisłością w metodach obserwacji, gruntownością rozumowania w teorjach, o wiele przewyższających teorje jego poprzedników.

Użył on bardzo dowcipnego sposobu w celu znalezienia stosunku pomiędzy odległościami Słońca i Księżycy od Ziemi. Zmierzywszy średnice pozorne Słońca i Księżycy, znalazł liczby bardzo zbliżone do tych, które przyjmuje Astronomja dzisiejsza.

Prócz tego Arystarch wyłożył w sposób godny uwagi teorię ruchu Ziemi dokoła Słońca; sądził on, że planety krążą również dokoła Słońca.



Eratostenes (276—194 przed N. Chr.) rodem z Cyreny, następca Arystarcha, kazał zbudować w celu umieszczenia w portyku Szkoły Aleksandryjskiej, przyrząd, zwany sferami armilarnemi, *armillarium*, który służył odtąd przez długi czas do robienia obserwacji astronomicznych.

Wyznaczył on pochylenie ekliptyki do równika.

Zauważywszy, że w dniu przesilenia letniego studnia w mieście Sjenie była oświetlona aż do dna, Eratostenes oznaczył w tym samym dniu odległość zenitalną Słońca w Aleksandrji i stąd wyprowadził wartość kąta, zawartego pomiędzy zenitami tych dwóch miast; przy pomocy zaś tej ostatniej danej i odległości Sjeny od Aleksandrji zdołał wyznaczyć długość obwodu kuli ziemskiej metodą zarazem astronomiczną i geometryczną.



## HIPPARCH.

ur. około 150 r. przed N. Chr.

Jeżeli zestawić wszystko, co Hipparch wynalazł lub udoskonalił, i zastanowić się nad liczbą dzieł jego i ogromem rachunków, które musiał wykonać, to dochodzi się do wniosku, że był to jeden z najbardziej zdumiewających ludzi Starożytności i bezwzględnie największy w tych umiejętnościach, które nie noszą cechy czysto spekulacyjnej.

DELAMBRE.

Hipparch rodem z miasta Nicei w Bitynji jest jednym z twórców nauki astronomicznej, do której wniósł szerokość poglądów, dokładność metod, powtarzanie i związek obserwacji.

Zmierzył on czas trwania obrotów Księżyca, mimośród jego orbity i pochylenie tej ostatniej względem ekliptyki oraz zwrócił uwagę na odbywające się w kierunkach odwrotnych ruchy: linii apsyd i węzłów Księżyca.

Ustalił położenie linii apsyd i obliczył mimośród i apogeum Słońca.

Hipparch określił bieg Słońca z większą ścisłością, aniżeli ktokolwiek z jego poprzedników. Przypuściwszy, że Słońce porusza się ruchem jednostajnym po kole, przyczym jednak Ziemia nie zajmuje dokładnie środka tego koła, zdołał on wytłomaczyć nierówności przedziałów pomiędzy punktami równonocnymi a punktami przesileni.



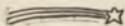
Pierwsze tablice astronomiczne, przepowiadające ruchy Słońca i Księżyca, zawdzięczamy także Hipparchowi.

Plinusz Starszy pisze, że nowa gwiazda, która ukazała się w r. 125 przed N. Chr., nasunęła Hipparchowi myśl sporządzenia Katalogu, obejmującego 1025 gwiazd, i że dodał on do niego wiele obserwacji, dotyczących tych gwiazd, ażeby przyszłe pokolenia mogły wypowiedzieć się w kwestji ruchu sfery gwiazdzistej.



Porównywając obserwacje swoje z obserwacjami astronomów dawniejszych, Hipparch znalazł, że punkty równonocne zmieniają zwolna swe miejsce względem gwiazd; odkrył on tym sposobem *precesję* czyli *poprzedzanie punktów równonocnych*. Odkrycie to, którego sława, jak to wykazał T. H. Martin, jemu wyłącznie się należy, unieśmiertelniło jego imię. Zwrócił on także uwagę na to, że wskutek ciągłego przesuwania się punktów równonocnych z biegiem wieków, jedna i ta sama konstelacja nie zajmuje stale jednego i tego samego miejsca.

Po Hipparchu, wymieniwszy jeszcze nazwisko Sozygienes (ur. około r. 80 przed N. Chr.) musimy przebiec około 300 lat, zanim znajdziemy obserwatora, który przyczynił się do poważnych postępów Astronomji.



## II. SYSTEM PTOLEMEUSZA.

PTOLEMEUSZ. — Astronomja u Rzymian. — Astronomja u Arabów. — ALBATENIUS. — Astronomja w Europie. — Astronomja w Persji. — Astronomja w Chinach.

### PTOLEMEUSZ

ur. około roku 140.

System ten przetrwał 14 wieków: dziś nawet, gdy jest już obalony całkowicie, *Almagiest*, rozpatrywany jako zbiór dawnych obserwacji, jest jednym z najcenniejszych pomników starożytności.

LAPLACE.

Ptolemeusz, zwany przez swych współczesnych *wzniosłym* i *boskim*, był jednocześnie obserwatorem i rachmistrzem.

Rozporządzając większą liczbą obserwacji, aniżeli Hipparch i opierając się na jego pracach Ptolemeusz zdołał wydoskonalić teorię tego astronoma i dojść do nowych wniosków, w których widnieje gienjusz szeroki i śmiały, i które ułatwiły postępy Astronomji nowożytnej.

Nie zmienił on w niczym teorii Słońca, stworzonej przez Hipparcha.

Zauważył, że położenie bieguna uległo zmianie, i wytłomaczył zjawisko poprzedzania punktów równonocnych.

Księżyc stał się przedmiotem bardzo głębokich studjów dla Ptolemeusza; odkrył on nierówność perjodyczną, którą I. Bouilliaud nazwał *ewekcją*; wymyślił system ekscentryków i epicyklów, za pomocą którego zdołał wytłomaczyć w sposób co prawda skomplikowany, ale zadowalający rozliczne nierówności, które zaobserwowano wtedy, gdy przypuszczano, że Księżyc porusza się jednostajnie po kole.

Za pomocą takich samych systemów ekscentryków i epicyklów Ptolemeusz wytłomaczył ruchy proste, stanowiska i ruchy wsteczne znanych podówczas planet. Nadto obliczył on wymiary, orbity, odległości od Ziemi głównych ciał niebieskich, które uszeregował w porządku następującym podług ich wzrastających oddaleń od Ziemi: Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz, i Saturn.

Te teorje Księżyca i planet zastąpiły niezdarne tłumaczenia ruchów ciał niebieskich przy pomocy sfer kryształowych; opierają się one na pilnych obserwacjach i rozumnych obliczeniach.

Ptolemeusz zawarł treść prac swoich i wyłożył powyższy system Świata, tak słynny pod nazwą *Systemu Ptolemeusza*, w cennym dziele, któremu astronomowie Szkoły Aleksandryjskiej nadali ty-

tuł Μεγάλης Συντάξεως Βιβλία ιγ', a który Arabowie przewali potym *Almagiestem*. Dzieło to zawiera prócz tego pełną pochwał relację z prac Hipparcha, jego Katalog gwiazd, tablice astronomiczne, tudzież opis przyrządów astronomicznych greckich.

Po Ptolemeuszu Astronomja nie zrobiła już postępów w Szkole Aleksandryjskiej.



C. Sulpicius Gallus przepowiedział zaćmienie Księżyca, które zdarzyło się 4 września roku 168 przed N. Chr. i napisał Traktat o zaćmieniach.

Następnie Juljusz Cezar, idąc za wskazówkami Sozygienesesa wprowadził *Kalendarz Juljański*, począwszy od r. 45 przed N. Chr.

Potym, cesarz August rozkazał wznieść na Polu Marsowym obelisk, mający służyć za gnomon. Istnieje przypuszczenie, że astronom Manilius, któremu powierzono zabiegi, dotyczące wzniesienia tego obelisku, jest zarazem autorem poematu łacińskiego p. t. «Astronomicon».

Rzymianie przyjęli system Ptolemeusza. Jednakże Capella, który żył w wieku V-tym, pisze w «Satyrykonie», dziele, przez czas długi studjowanym po szkołach: «Wenus i Merkury, aczkolwiek wschodzą i zachodzą codziennie, nie otaczają Ziemi swemi kołami, lecz obiegają dokoła

Słońca, zakreślając obwód bardziej rozległy i mają środek swych kół w Słońcu».



Arabowie zdobyli Aleksandrię w roku 640; ich kalif Omar, rozkazawszy spalić Bibliotekę tego miasta, wstrzymał bieg myśli ludzkiej.

Lecz od połowy wieku VII-go, rozciągnąwszy panowanie swoje na Wschód, naród ten, zachęcany przez kalifów, zajął się badaniami astronomicznymi i budową zegarów słonecznych. W Bagdadzie istniała *Szkoła Astronomji*, gdzie w r. 988 dokonano dwóch obserwacji punktów równonocnych i punktów przesileni.

Kalif bagdadzki Almamun, który protegował i nagradzał uczonych, kazał przetłumaczyć w r. 827 dzieło Ptolemeusza pod nazwą *Almagiesta*, oznaczyć pochyłość ekliptyki za pomocą przyrządu o wielkich rozmiarach i wymierzyć stopień południka ziemskiego na obszernej równinie Mezopotamji, a to w celu sprawdzenia długości którą był podał Ptolemeusz.



Najsłynniejszym z astronomów arabskich jest Albatenius (ur. w r. 929), który posiadał swe własne obserwatorium w mieście Rakka. Przyjął on system Ptolemeusza, sprostowawszy go w nie-

których punktach. Prace jego, wyłożone w dziele jego p. t. «Tablica Sabejska», są liczne i godne uwagi: zredukował on mimośród orbity kołowej Słońca; stwierdził przesuwanie się perigeum tego ciała niebieskiego, co jest prawdziwym odkryciem, żaden bowiem astronom dawniejszy o tym nie wspomina, określił starannie pochyłość ekliptyki; wymierzył czas trwania roku zwrotnikowego; wydoskonalił teorię Księżyca i planet; poprawił szczególnie Tablice astronomiczne Ptolemeusza.



Począwszy od X-go wieku w Europie ożywia się ruch na polu prac astronomicznych.

Jednym z najpracowitszych astronomów hiszpańskich był Arzachel z miasta Toledo, który w wieku XII-tym ogłosił dzieło o zaćmieniach tudzież Tablice astronomiczne.

Król Kastylji Alfons X urządził w pobliżu Toledo obserwatorium, w którym osadził astronomów chrześcijańskich, żydowskich i arabskich; sam robił obserwacje astronomiczne i ogłosił w ciągu lat 1248—1252 «Tablice Alfonsa», które określają ruchy ciał niebieskich z dokładnością większą, aniżeli Tablice dawniejsze. Zauważmy nawiasowo, że Alfonsa X-go razita złożoność systemu Ptolemeusza.

We Włoszech Toscanelli (1397—1482) wynalazł gnomon nowożytny, wywierciwszy w szczycie kopuły katedry florenckiej okrągły otwór, który dawał duży i wyraźny obraz Słońca na linii południkowej, nakreślonej na posadzce.

Toscanelli rodem z Florencji, był lekarzem w tym mieście.

W Niemczech, począwszy od wieku XV-go, torują drogę wielkim odkryciom astronomicznym nowożytnym: naprzód dzielny obserwator Purbach (1423—1461), który poprawił przyrządy starożytne i wynalazł kilka nowych; następnie uczonego I. Müllera (1436—1476), bardziej znany pod imieniem Regiomontana, który dał dobre przekłady łacińskie dzieł astronomów greckich.

Purbach, rodem z Peuerbach w pobliżu Linczu, po odbyciu studjów przyrodniczych we Włoszech był profesorem Astronomji w Wiedniu. Następcą jego był I. Müller, rodem z Królewca, uczeń jego od roku 1453, osiadły w Norymberdze od r. 1471. Ci dwaj astronomowie przetłumaczyli na łacinę dzieło Ptolemeusza p. t. «Epitome in Ptolemei magnam compositionem».



Astronom Omar-Al-Kheyan (zmarły w r. 1122), który posiadał obserwatorium w Merwie, wprowadził do kalendarza perskiego, sporządzonego

na krótko przed najazdem muzułmańskim, poważną modyfikację przez wstawienie 8 lat przestępnych do okresu, złożonego z lat 33-ech.

W dwa wieki potem książę Hulagu-II-Chan kazał zbudować obserwatorium w Maradze w pobliżu miasta Taurysu. Nassir Eddin (1201—1274), który był pierwszym dyrektorem tego obserwatorium, stworzył teorię ruchu ciał niebieskich i, jak pisze Chardin, ułożył «Tablice Il Chana», w które zawarł swoje własne obserwacje oraz obserwacje swoich poprzedników.

Wreszcie książę Ulug-Beg ułożył tablice Słońca i planet; określił on prędkość poprzedzania punktów równonocnych na podstawie zmiany w położeniu bieguna, zaobserwowanej w Samarkandzie, i zmierzył w r. 1437 pochylenie ekliptyki.



Podług Pauthier'a, pierwszy cykl historyczny chiński rozpoczyna się w r. 2637 przed N. Chr. W r. 2357 przed N. Chr. cesarz Yao rozkazał ministrom swoim Hi i Ho stosować się ściśle i uważnie do prawideł, służących do obliczania wszystkich ruchów Słońca, Księżyca i innych ciał niebieskich, szanować Niebo najwyższe i udzielać ludowi wiadomości, dotyczących biegu czasu i pór roku.

I-Hang, kapłan buddyjski był uczonym astronomem chińskim. W wieku VIII-mym cesarz Hiu-en-



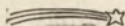
Tsong z dynasty Tangów, poruczył I-Han-gowi zreformowanie kalendarza. Astronom poświęcił temu zadaniu 6 lat nieprzerwanej pracy (721—727) i umarł właśnie w chwili wykończenia swego dzieła.

Wypada także wspomnieć o dokonanych przez niego pomiarze Ziemi.

Najsławniejszym obserwatorem chińskim był Ko-Cheou-King, urodzony w Pe-Cze-Li w wieku XIII-tym. Pracował on nad Astronomją przez lat 70 i otworzył w Chinach nową erę tej umiejętności: on pierwszy wyznaczył południk w Pekinie i kazał sporządzić wiele narzędzi astronomicznych, a mianowicie gnomon niezmiernie wysoki, mający służyć do spostrzeżeń nad zmniejszaniem się pochyłości ekliptyki. Wiele z pomiędzy tych przyrządów istnieje do dnia dzisiejszego, ale nie wszystkie dzieła astronoma doszły do nas.



## OKRES NOWOŻYTNY.



### III. SYSTEM KOPERNIKA.

KOPERNIK. — TYCHO BRAHE. — KEPLER. — GALILEUSZ. —  
Kalendarz Gregorjański. — HEWELJUSZ. — PICARD. — HUYGENS. —  
RÖMER. — Odkrycie prędkości światła. — D. CASSINI.

#### KOPERNIK

19 lutego 1473 — 24 maja 1543.

Prawda utwierdza się i szerzy pra-  
cami i nowymi wynalazkami wieków.  
J. ŚNIADECKI.

Mikołaj Kopernik urodził się w Toruniu, który należał wtedy do Polski. Ojciec jego był zamożnym mieszczaninem krakowskim, a matka siostrą Łukasza Watzelroda, biskupa warmińskiego, zaufanego doradcy Jana Olbrachta i Zygmunta I-go. W r. 1491, jako 19-letni młodzieniec, Kopernik opuścił Toruń i udał się do Krakowa, którego wszechnica liczyła podówczas w gronie

swych profesorów wielu mężów znakomitych, między innymi słynnego astronoma i matematyka Wojciecha z Brudzewa. Zapisawszy się na wydział filozoficzny, którego dziekanem był Maciej z Kobylina, przez lat trzy studjował nauki humanitarne i matematyczne. W jesieni 1496 r., celem uzupełnienia swego wykształcenia, wyjechał do Włoch. W Bolonji wszedł w bliższe stosunki z Dominikiem Marją de Novara i wspólnie z nim robił obserwacje astronomiczne. W roku 1500 był w Rzymie, gdzie, jak niesie tradycja, miewał wykłady. W roku 1501 powrócił do kraju, ale już w roku następnym wyjechał powtórnie do Włoch, tym razem głównie do Padwy i Ferrary, gdzie studjował medycynę i prawo kanoniczne. We Włoszech bawił do r. 1506. Po powrocie z tej drugiej podróży został kanonikiem kapituły warmińskiej i zarazem lekarzem przybocznym wuja swego biskupa, któremu przez lat 6 towarzyszył w licznych wycieczkach po kraju, przedsiębranych w interesie Rzeczypospolitej. Po śmierci wuja (1512) osiadł na stałe we Frauenburgu, gdzie urządził sobie obserwatorium. Umarł 24 maja 1543.

Podobnie jak Alfons X, Kopernik sądził, że system Ptolemeusza jest zanadto skomplikowany. Prócz tego raził go w tym systemie brak symetrii, słabość argumentów, przytaczanych na korzyść ruchu wszystkich ciał niebieskich dookoła nierucho-

mej Ziemi, niesłychana prędkość, którą musiałaby posiadać sfera niebieska, żeby w ciągu 24 godzin dokonać pełnego obrotu dokoła swej osi. Zwraca on się do dzieł filozofów starożytnych. W Cyce-ronie znajduje wzmiankę o tym, że Nikietas z Syrakuzy, pitagorejczyk, który żył dawniej od F i l o l a u s a, mniemał, iż jedna tylko Ziemia porusza się we Wszechświecie, że obraca się dokoła swej osi. W «Satyrykonie» Capelli czyta, że Wenus i Mer- kury obiegają dokoła Słońca. To naprowadza go na myśl, że jeżeli przypuścić obrót Ziemi i planet dokoła Słońca, to wówczas ruchy proste i wste- czne tych ostatnich są jedynie pozorami, wynika- jącymi ze skombinowania ruchów Ziemi i planet. Zauważywszy, że Mars, Jowisz i Saturn posiadają największe średnice pozorne podczas opozycji, sądzi on, że Ziemia nie jest środkiem ich ruchów, zaś każąc im obracać się dokoła Słońca, znajduje, że zmiany w ich wielkości są skutkiem tego obrotu.

Z rozmyślań i obserwacji, gromadzonych, przez lat 36, K o p e r n i k wywnioskował, że zjawiska niebieskie dają się tłumaczyć łatwo i harmonijnie, jeżeli przyjąć, że Słońce stoi nieruchomo w środku Wszechświata, że planety obracają się dokoła Słońca z zachodu na wschód, przyczym porządek tych planet według ich wzrastających odległości od Słońca jest następujący: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz i Saturn, wreszcie, że Księżyc jest

satelitą Ziemi i obraca się dokoła niej również z zachodu na wschód. Na tej drodze K o p e r n i k w prosty sposób zdaje sprawę ze zjawisk niebieskich i tłumaczy zupełnie zadawalająco różnicę pór roku i nierówność dni. Wnioskuje on z przesuwania się punktów równonocnych, że oś Ziemi nie pozostaje ściśle równoległą do siebie i że w końcu roku położenie jej nie jest takie same, jakim było na początku. Tłumaczy poprzedzanie punktów równonocnych ruchem biegunów Ziemi dokoła biegunów ekliptyki, nie podając samej przyczyny precesji.

K o p e r n i k długo wahał się z ogłoszeniem swego dzieła, które nosi tytuł «De Revolutionibus orbium coelestium». Wyszło ono dopiero w r. 1543 w Norymberdze staraniem ucznia jego R e t y k a. Istnieje podanie, że pierwszy egzemplarz otrzymał autor na kilka godzin przed śmiercią. W przedmowie, w której dzieło swoje poświęca papieżowi Pawłowi III, K o p e r n i k, przedstawiając w ogólnych zarysach swój system świata, powiada, iż ogłasza go na nalegania swych przyjaciół, by nie być posądzonym o unikanie sądu ludzi światłych, i wyraża nadzieję, że powaga głowy Kościoła katolickiego uchroni to dzieło od napaści oszczerców.

System Kopernika, broniony przez Retyka już od r. 1540, miał z początku niewielu zwolenników, mnóstwo natomiast zaciekłych przeciwników

i został przyjęty powszechnie dopiero w sto lat po śmierci głębokiego myśliciela. Uczni powitali poglądy Kopernika z zapalem, ale tłum nie oświecony uważał je za niedorzeczne marzenia; zostały one nawet wyśmiane na scenie.

Pominawszy imiona kilku wybornych obserwatorów, z wyjątkiem landgraфа hessen-kasselskiego Wilhelma IV, który w roku 1561 urządził sobie w Kassel obserwatorium i zaopatrzył je w dobre narzędzia, przechodzimy teraz do reformatora Astronomji praktycznej.



Tycho Brahe (14 grudnia 1546—13 października 1601), rodem z Knudstrup w Skanii, ujawniał od lat wczesnych wielkie zamiłowanie do nauki Astronomji; przeszkadzała mu w tym rodzina, która będąc szlachecką, patrzyła na te studia, jak na rzecz błahą. Mimo to Tycho nie dał za wygraną i zajmował się ulubioną nauką w ukryciu. Pierwszą jego obserwacją była obserwacja nowej gwiazdy, która, dostrzeżona w listopadzie 1572 w konstelacji Kasjopei, zniknęła po upływie 18 miesięcy; opisał on wielkość, barwę, zmiany w blasku i położenie tej gwiazdy, o której przypuszcza, że się wytworzyła z eterycznej substancji Drogi Mlecznej.

W roku 1576 król duński Fryderyk II powierzył Tycho nowi kierownictwo założonego przez

siebie na wyspie Hven obserwatorium, nazwanego *Uraniburgiem*; ale nienawiść zazdrosnych zrobiła swoje: po śmierci wspaniałomyślnego księcia w roku 1597, zabroniono astronomowi posługiwać się jego narzędziami i prześladowano go tak dalece, że musiał opuścić ojczyznę i schronić się do Pragi, dokąd go wezwał cesarz Rudolf II. W mieście tym pracował on bez przerwy wraz z Keplernem aż do śmierci, która nastąpiła nagle.

Tycho Brahe, który kazał sporządzić wiele przyrządów astronomicznych, większych i dokładniejszych od używanych przed nim, zebrał w przeciągu lat 30 znaczną liczbę obserwacji niebieskich. Obserwacje te pozwoliły mu wydoskonalić teorię planet i ulepszyć teorię Księżyca, a to dzięki dwom jego odkryciom: *równaniu rocznemu i wariacji*. A. Sedillot utrzymuje, że Arabowie znali tę ostatnią nierówność; jednakże z artykułu p. t. «Teorja Księżyca Abul-Wefy», ogłoszonego w r. 1871 przez J. Bertranda w «Journal des Savants», okazuje się, że jej nie używali.

Do owego czasu, perypatetycy, idąc za mniemaniem swego mistrza *Arystotelesa*, uważali komety za zwykłe meteory, położone pomiędzy Ziemią a Księżycem. Tycho Brahe na podstawie obserwacji nad kometą z roku 1577, założył, że zakreśla ona dokoła Słońca prawidłową krzywą i obliczył pierwsze elementy jej ruchu.

Tycho Brahe pierwszy sporządził Tablicę re-

frakcji astronomicznych; sądził jednak, że refrakcje występują jedynie pomiędzy poziomem a wysokością  $45^\circ$ .

Sporządził on katalog 1005 gwiazd, w którym położenie tych ciał niebieskich, przez użycie wznoszenia się prostego i zboczenia jest określone dokładniej, aniżeli to mogło być dokonane sposobami, używanymi przez starożytnych.

Tycho Brahe utworzył trzeci system Świata w którym Ziemię rozpatruje jako nieruchomą w środku Wszechświata; dokoła niej każe krążyć Księżycowi i Słońcu, zaś dokoła tego ostatniego Merkuremu, Wenerze, Marsowi, Jowiszowi i Saturnowi; wreszcie przypuszcza, że planety te pociąga Słońce w ruchu swym dokoła Ziemi.

*System Tychona Brahego*, aczkolwiek zdaje sprawę z pozornego biegu zjawisk niebieskich, nie został przyjęty, wydał się bowiem przeciwnym prawom natury i był w niezgodzie z obserwacjami, dotyczącymi odległości Słońca od Ziemi.

Systemy Ptolemeusza, Kopernika i Tychona Brahego wyłożył z myślą ich pogodzenia uczeń tego ostatniego Duńczyk Longomontanus (1562—1647) w dziele «Astronomia danica», w którym autor przyjmuje obrót Ziemi dokoła osi.





## KEPLER

27 grudnia 1571 — 15 listopada 1630.

Począwszy od tego wielkiego męża, system Kopernika uwolniony został od komplikacji, które go zniekształcały, i stał się wyrazem prostym, jasnym, geometrycznym praw natury.

ARAGO.

Tycho Brahe przekazał Keplerowi zbiór swych obserwacji astronomicznych, które posłużyły temu ostatniemu, razem z własnymi jego obserwacjami, do odkrycia trzech praw, zwanych *Prawami Keplera*.

Jan Kepler urodził się w Weil, w Wirtembergji, z rodziców należących do szlacheckiej lecz ubogiej rodziny, i sam musiał walczyć nieustannie z niedostatkiem. Ukończywszy studja, dzięki poparciu mecenasów, ujętych żywością jego inteligencji, został mianowany w roku 1593 profesorem matematyki i nauk moralnych w Gracu w Styryi. Idąc za radami mistrza swego Moestlina, który go zachęcił do poświęcenia się Astronomji, i Tycho na Brahego, który mu radził robić wiele obserwacji niebieskich, udał się do Pragi, gdzie od Rudolfa II otrzymał zaszczytny tytuł matematyka cesarskiego. W r. 1613 Kepler przyjął w Lincu katedrę matematyki i zachował ją aż do roku 1629, w którym został astronomem, albo mówiąc ściślej, astrologiem księcia meklemburskiego Wallensteina. Nie-

bawem jednak stracił to miejsce, a wkrótce potem musiał się udać na sejm do Ratysbony, by kołatać o wypłatę zaległej pensji, i umarł w tym mieście wskutek zmęczenia podróżą.

Obserwacja opozycji Marsa skłoniła Keplera do zbadania ruchu tej planety. Zauważywszy, że nie porusza się ona po kole ekscentrycznym względem Słońca, i przeprowadziwszy długie badania w celu przekonania się, czy nie krąży ona po pewnej linii owalnej, Kepler wpada na pomysł przyjęcia za orbitę Marsa elipsy, mającej w jednym ze swych ognisk Słońce, i przekonywa się, że planeta istotnie biegnie po wyznaczonej przez niego drodze, i że pola wycinków, zawartych pomiędzy łukiem elipsy i dwoma promieniami wodzącymi, są proporcjonalne do czasów, których Mars potrzebuje na przebycie tych łuków. Następnie sprawdza, że tak samo rzeczy się mają i u innych planet, i ustanawia tym sposobem dla planet prawo postaci orbit i jedno z praw ich ruchu.

Dopiero po 17 latach rozmyślań, porównań, obliczeń, udaje mu się odkryć (15 maja 1618 r.) drugie prawo ruchu planet: kwadraty czasów obiegu planet są proporcjonalne do sześciątów wielkich osi ich orbit.

Kepler pierwszy uznał przyciąganie, które Księżyc wywiera na Ziemię, za przyczynę przyptyków i odpływów morza, i sądził, że nieprawidłowości

w biegu Księżyca wynikają z przyciągania ciała tego przez Słońce i Ziemię.

Szukał on przyczyny praw ruchu planet, a myśli, wypowiedziane przezeń w kwestji ciężkości, doprowadziły Newtona do odkrycia prawa przyciągania powszechnego.

Można więc uważać Keplera niejako za prawodawcę Astronomji.

Mniemał on, że tylko sam środek Słońca jest ogniskiem wysyłanego przez nie ciepła i światła.

W piśmie swym «De Stella nova in pede Serpentarii» przypuszcza on, że gwiazda, widziana od roku 1604 do roku 1606, była utworzona z materji eterycznej, wypełniającej wszystką przestrzeń.

Zwyczajem uczonych swego wieku, Kepler poszukiwał, w celu wyjaśnienia danego zjawiska, analogji opartych na prawach interwałów muzycznych i na wielościach foremnych; posiadał on wyobraźnię iście płomienną i skłoną do uniesień; wiedza jego była wielostronna i głęboka. Ale jednocześnie zajmował się Astrologją, a dzieło jego «De Cometis Libelli tres» (1619—1620) zawiera obok twierdzeń, dotyczących komet z lat 1607 i 1618, fizjologję i znaczenia tych komet.

Nauka zawdzięcza mu niemało dzieł, z których główne są: «Astronomia nova» (1609), zawierająca dwa pierwsze jego prawa; «Harmonice Mundi» (1619), zawierająca trzecie prawo; «Tabulae Rudolphinae» (1627), ułożone na podstawie jego praw

i tak nazwane na cześć cesarskiego protektora Rudolfa II-go.

### GALILEUSZ

15 lutego 1564 — 8 stycznia 1642.

Metoda doświadczalna, oparta na niewzruszonych podstawach: oto największy z tytułów Galileusza do wdzięczności potomnych.

A. FAVARO.

Galileusz zdobył sobie prawo do podziwu ludzkiego wielkimi odkryciami i do sympatji ludzkiej tym, że był niesłusznie prześladowany.

Galileusz urodził się w Pizie. Ojciec jego, ubogi szlachcic, opierał się z początku powołaniu, które syn ujawniał do matematyki, nie widział bowiem u kresu takich studjów żadnego zyskowego zajęcia, i kazał młodzieńcowi uczyć się medycyny. Atoli Galileusz bardzo prędko porzucił studja medyczne i rzucił się z zapałem do nauki filozofji i matematyki, w których robił tak szybkie postępy, że już w 25 roku życia mianowany został przez wielkiego księcia Toskany, Ferdynanda I-go, profesorem matematyki w Ateneum Pizańskim. Jeszcze podczas studjów w tym mieście odkrył on w roku 1583, że czas wahnięcia wahadła nie zależy od amplitudy wychylenia. Po odkryciu praw spadania ciał ciężkich i wykonaniu w latach 1590—1591 publicznych doświadczeń w celu dowiedzenia tych

praw, stojących w sprzeczności z doktrynami Arystotelesa, Galileusz wzbudził ku sobie niechęć w kołach perypatetyków, którzy zdołali zmusić go do opuszczenia Pizy w r. 1592. Udał się on do Padwy, dokąd go powołano jako znakomitość, i wykładał w tym mieście aż do r. 1610. Wstawionego pięknymi odkryciami wielki książę Toskany Kōsma II powołał do Florencji i nadał mu tytuł pierwszego matematyka Uniwersytetu Pizańskiego, przywiązując do swojej osoby w charakterze pierwszego matematyka i pierwszego filozofa z pensją 1000 dukatów rocznie i bez obowiązku wykładania. Udawszy się następnego roku do Rzymu, Galileusz został tam przyjęty z wielkimi honorami i zapisany na listę członków Akademji *Lincei*, założonej w roku 1603 przez księcia Cesi. Potym mieszkał we Florencji albo w okolicy tego miasta i umarł w Arcetri.

W lipcu 1609 r. Galileusz, bawiąc w Wenecji, dowiaduje się, że w Holandji przedstawiono księciu Maurycemu lunetę, przez którą przedmioty oddalone wydają się bliższymi; zbadawszy przyczynę tego faktu, buduje on *Lunetę astronomiczną*, którą zastosowuje natychmiast do badania Nieba. W dzień miesiąc potym w «*Sidereus Nuntius*» ogłasza wiele swych odkryć niebieskich.

Pierwszym z tych odkryć jest odkrycie gór i kraterów kolistych na księżycu; udaje mu się nawet zmierzyć geometrycznie wysokość tych gór.

Następnie spostrzega, że Droga Mleczna składa się z niezliczonego mnóstwa gwiazd.

Dalej stwierdza, że Słońce posiada plamy ruchome i opisuje ich bieg. Sława dokonania pierwszej obserwacji plam słonecznych należy się Galileuszowi, podług większości jego historjografów, chociaż Arago sławę tę przypisuje J. Fabrycuszowi. Odkrycie plam słonecznych obaliło starożytną wiarę w niepokalaność Niebios i w pierwiastek tak zwany *syderalny*, z którego miały się składać ciała niebieskie. Z ruchu plam na Słońcu wywnioskował Galileusz, że ciało to obraca się w ciągu 25 dni z Zachodu na Wschód dokoła osi, przechodzącej przez jego środek. Wyznaczeniem czasu tego obrotu zajmował się naprzód Scheiner, a następnie Castelli.

7 stycznia 1610 r. Galileusz odkrywa trzy księżyce Jowisza, a 14 tegoż miesiąca — czwarty; niedługo potem, znalazwszy okresy ich obiegu, podnosi korzyści, jakie geografia, żegluga i optyka wyciągnąć mogą ze znajomości czasów zaćmień tych księżyców. Przypatrując się Wenerze, spostrzega odgadnięte przez Castellego zjawisko odmian, które ta planeta przedstawia na podobieństwo Księżyca Ziemi, i wnioskuje stąd, co myślał już dawniej, że Wenus obraca się dokoła Słońca. To go naprowadza na myśl, że i Merkury także posiada odmiany, lecz że zbyt mała odległość tej planety od Słońca nie pozwala ich dojrzeć. Co do

Marsa, Galileusz sam powiada, że w czasie opozycji planeta ta wydaje się 6 razy większą aniżeli w czasie złączenia; spostrzega on, że Saturnowi towarzyszą dwie kule, które po upływie kilku miesięcy znikły, i przepowiada powrót tych ciał, które wróciły istotnie, aczkolwiek pod zmienionymi postaciami.

Stwierdziwszy, że Księżyc zwrócony jest do nas zawsze tą samą stroną, Galileusz robi uwagę, że ciało to ulega pewnemu kołysaniu się, któremu nadaje nazwę *libracji*; ale ślepotą, która go dotyka na 4 lata przed śmiercią, nie pozwala mu zbadać bliżej tego zjawiska.

Własne odkrycia, dotyczące planet, dostarczają mu tak zgodnego z rozumem i z prawami przyrody tłumaczenia obrotów Ziemi: dziennego dookoła jej osi i rocznego dookoła Słońca. Atoli pogląd jego, przychylny systemowi Kopernika, aczkolwiek oparty na rozumowaniach niezbitych, zostaje w roku 1616 potępiony przez Kongregację Indeksu, która, obejmując swym zakazem dzieło Kopernika, zakazuje jednocześnie wszelkich pism, utrzymujących, że Ziemia znajduje się w ruchu.

Jednakże Galileusz, jak wszyscy *gienjusze*, poznawszy prawdę, pragnie ją rozpowszechnić i ogłasza w r. 1623 dzieło p. t. «Dialogo sopra i due massimi Sistemi del Mondo», w którym dwóch obrońców systemu Kopernika i jeden perypatetyk, zwolennik systemu Ptolemeusza, wykładają w spo-

sób jasny argumenty, przemawiające za ich poglądami. Wkrótce po ogłoszeniu tego Dialogu (który Galileusz nazywało sfortunato Dialogo) autor, za poduszczeniem zazdrosnych nieprzyjaciół, wezwany został do Rzymu, zatrzymany w pałacu Inkwizycji i zmuszony 22 czerwca 1633 roku do odwołania swych poglądów przez zaprzysiężenie, że utrzymywać, jakoby Słońce było nieruchome i zajmowało środek Świata, Ziemia zaś nie była wcale nieruchomą w środku Świata, są to nauki fałszywe i heretyckie. Powiadają, choć na to niema dowodów, że, powstając z klęczek, Galileusz wyrzekł półgłosem: e pur si muove.

Nie pójdziemy tutaj za zdaniem tych, którzy twierdzą, że dopuszczono się gwałtu nad tym 69-letnim starcem; wszystko, cośmy przeczytali w tej sprawie, skłania nas, przeciwnie, do mniemania, że po odprzysiężeniu traktowano go z jaknajwiększymi względami; w kilka dni potem został zesłany do Sjeny, zaś w końcu tego samego roku pozwolono mu udać się do własnej willi w Arcetri, skąd zabroniono mu wyjechać bez upoważnienia Inkwizycji. W willi tej składali mu wizyty najznakomitsi przedstawiciele potężnych narodów. W tym to ustroniu dokończył on walnego swego dzieła: «I Dialoghi delle nuove Scienze» i zastosował wahadło do budowy zegara.

Sprawdzianem usług, wyświadczonych przez Galileusza wiedzy i ludzkości, winny być nietylko



prawdy, które odkrył, ale i błędy, które wykazał, nie tylko zdobywcze, których sam dokonał, lecz także i te, których możliwość przewidział.

Podczas gdy Kepler i Galileusz budzili podziw wielkimi swymi odkryciami, dwaj inni astronomowie oddawali się pracom skromniejszym, które zasługują jednak na zaznaczenie.

Gassendi (1592—1655), syn wieśniaka z okolic Digne, był gorącym zwolennikiem systemu Kopernika i dzielnie bronił Galileusza we Francji. Obserwował on i opisał entuzjastycznie przejście Merkurego przed tarczą Słońca, zapowiedziane w roku 1629 przez Keplera na 7 listopada 1631, a które istotnie nastąpiło tego dnia rano. Gassendi był profesorem Filozofji i Astronomji w Collège de France.

Riccioli (1598—1671), rodem z Ferrary, dał pochoch do odkryć pismami swymi, w których porządnie i jasno daje wierny obraz obserwacji, metod, obliczeń i poglądów swych poprzedników, nie przyjmując systemu Kopernika, i proponuje dokładny pomiar Ziemi, jako podstawę do reformy w Astronomji.



W tym to okresie wielkich odkryć została dokonana ostatnia reforma kalendarza.

Kościół przyjął był na Soborze Nicejskim w roku 325 Kalendarz Juljański, lecz, będąc zmuszony liczyć się z lunacjami przy oznaczaniu świąt Wielkiej Nocy, wprowadził do niego Cykl Metona. Skutkiem niedokładności hipotez, na których opiera się ten Kalendarz, otrzymano wkrótce na czas powrotu porównania wiosennego oraz na nowie Księżycyca daty, które nie zgadzały się z rzeczywistymi terminami tych zjawisk; tak np. w roku 1580 początek porównania wiosennego wyznaczono na 21 marca, gdy tymczasem w rzeczywistości zjawisko to nastąpiło 11 marca. Niektórzy uczeni już od roku 700 zwracali uwagę na te braki. Ale dopiero w marcu 1582 r. papież Grzegorz XIII kazał zaprowadzić nowy kalendarz, oparty na rachunkach, które wykonał Liljusz, lekarz z Werony.

*Kalendarz Gregorjański* został wprowadzony do Francji przez Henryka III, który rozkazał, żeby dzień, następujący po niedzieli 9 grudnia 1582, był poniedziałkiem 20 grudnia 1582.

Po Koperniku, Keplerze i Galileuszu astronomowie odważnie kroczyli otwartą teraz drogą postępu. Streśćmy prace tych, którzy odznaczyli się najbardziej.

Jan Hewel, czyli Heweljusz (1611—1687) zwrócił na siebie uwagę dokładnością swych obser-

wacji astronomicznych, dokonywanych w Gdańsku, gdzie się urodził, i gdzie wybudował sobie obserwatorium w roku 1641.

W 1648 nazwał on *Mira Ceti* gwiazdę zmienną, położoną w szyi Wieloryba, odkrytą w r. 1596 przez D. Fabrycjusza, a nazwaną O przez Bayera w r. 1603. Gwiazda ta, zwykle czerwona, a w pełni blasku żółta lub pomarańczowa, pozostaje niewidzialną przez 5 miesięcy i waha się pomiędzy 2-gą a 9-tą wielkością. J. Bouilliaud oznaczył w roku 1667 *okres tej gwiazdy* na 333 dni.

Heweljusz ogłosił w r. 1690 katalog 1565 gwiazd, będący ostatnim takim spisem, ułożonym na podstawie obserwacji, robionych gołym okiem, tudzież dwa godne uwagi dzieła. W pierwszym p. t. «Selenographia» (1647) tłumaczy odmiany Księżyca, opisuje szczegółowo i dokładnie jego plamy, podaje dobrą metodę ich mierzenia, wyklada godną uwagi teorię libracji tego ciała niebieskiego. W drugim p. t. «Cometographia» (1668) wypowiada myśl, że droga komet jest paraboliczna.

Do podanego przez Heweljusza opisu przejścia Merkurego przed tarczą słoneczną, dodana jest wzmianka o przejściu Wenerę; przejście to, obserwowane 24 listopada 1639 r. przez Horroxa, jest pierwszym, na które zwrócono uwagę.



Jan Picard (1620—1682), rodem z La Flèche, był jednym z najczynniejszych z liczby 21 pierwszych członków Królewskiej Akademii Nauk, założonej w Paryżu 1666 przez Ludwika XIV na wniosek Colberta. Na jednym z posiedzeń Picard zażądał wydelegowania komisji do Uraniburga w celu dokładnego wyznaczenia współrzędnych tej miejscowości i, obrany przez kolegów kierownikiem tej wyprawy, udał się w drogę r. 1671. Naprzód przekonał się, że kierunek, który Tycho Brahe przypisywał południkowi tego Obserwatorium, nie zgadza się z rzeczywistością. Opisując swój pomiar wysokości bieguna w Uraniburgu, zaznaczył przesunięcia, które od lat 15 zauważył w położeniu gwiazdy polarnej.

Picard i Auzout, przyjąwszy pomysły Huygensa, zastosowali lunetę do ćwierci koła i zbudowali *mikrometr nitkowy*, opisany przez Auzout'a w jego «Traktacie o mikrometrze» (Traité du Micro-mètre, 1667).

Picard wslawił się starannym pomiarem wielkości Ziemi. Widzieliśmy, że ważną tę operację przedsiębrali już Grecy i Arabowie. We Francji dokonał jej Fernel w 1528, w Holandji Snellius (1617), który pierwszy użył metody *triangulacji*, w Anglii Norwood pomiędzy 1633 a 1636. Picard, któremu Akademia nauk poruczyła zmierzenie stopnia ziemskiego, użył metody Snelliusa. Rozpocząwszy pracę w r. 1669 od zmierzenia podstawy,

za którą przyjął odległość, dzielącą Villejuif od Juvisy, i rozciągnawszy sieć trójkątów pomiędzy Amiens a Malvoisine, otrzymał on w roku 1670 w wyniku swych pomiarów i rachunków liczbę 57060 sążni (toises), na długość łuku jednego stopnia południka francuskiego. Opis tych prac Picarda znajduje się w dziele jego «Pomiar Ziemi» (Mesure de la Terre, 1671).

Oprócz Picarda, Akademia Nauk liczyła podówczas w gronie swych członków trzech cudzoziemców, słynnych w dziejach Astronomji: Huygensa, Römera i Cassiniego, których ścignęli do Paryża i tam zatrzymali Ludwik XIV z Colbertem.



Krystjan Huygens (14 kwietnia 1629—8 lipca 1695) urodził się w Hadze w Holandji. Zamiłowanie, które okazywał do matematyki, skłoniło jego ojca, który był pierwszym jego nauczycielem, do wysłania go na studia do Lejdy. Zaraz po powrocie z podróży, którą przedsięwziął po Europie w celu uzupełnienia swego wykształcenia, Huygens, który odznaczał się zawsze niepospolitą zręcznością w wyrabianiu najdelikatniejszych przyrządów, sporządził wielką lunetę, do której szkła sam wyciął i oszlifował.

Przez tę lunetę, potężniejszą od wszystkich, jakie znano podówczas, dostrzegł on w roku 1655,

że Saturn otoczony jest nie kulami lecz *pierścieniem*, i jednocześnie odkrył Księżyc tej planety, który potem nazwano *Tytanem*. W dziele p. t. «Układ Saturna» (*Systema Saturnium*, 1659) Huygens wyjaśnia, że pierścień ten jest ciałem płaskim, pochylonym względem płaszczyzny orbity Saturna i unoszonym przez tę planetę równoległe do siebie samego.

W roku 1659 obserwował on z niejaką pewnością plamy na Marsie, które po raz pierwszy narysował w Neapolu Fontana w r. 1636.

Odkrycia astronomiczne Huygensa oraz prace jego na polu geometrii, mechaniki, fizyki, sprawiły to, że w latach 1660—1663 był on przyjmowany z wielkimi honorami przez uczonych angielskich i francuskich. Na zaproszenie Ludwika XIV i Colberta, którzy ofiarowali mu znaczną pensję, Huygens osiedlił się w Paryżu i brał udział w pracach Akademji Nauk. W tym to mieście wydał on najśłynniejsze dzieło swoje «*Horologium oscillatorium*», w którym daje teorię siły odśrodkowej i wahadła, a następnie proponuje i tłumaczy zastosowanie wahadła do zegarów w celu uregulowania ich ruchu.

Akademja Nauk w Paryżu wydelegowała była w r. 1672 Richera do Kajenny, dla dokonania tam obserwacji Marsa w tej samej chwili, w której planeta ta będzie obserwowana w Paryżu, a to w celu obliczenia na zasadzie tych obserwacji para-

laksy Marsa i, co za tym idzie, odległości Ziemi od Słońca. Atoli znaleziono ra tę paralaksę liczbę niepewną. Jednakże długa ta i uciążliwa podróż dała poważny wynik naukowy, albowiem Huygens na podstawie swych teorii o sile odśrodkowej, dowiódł, że Ziemia jest wydęta na równiku, a to opierając się na uczynionym przez Richera spostrzeżeniu, że wahadło, wybijające sekundy, jest krótsze w Kajennie, aniżeli w Paryżu.

Zmuszony do opuszczenia Francji wskutek odwołania edyktu Nantejskiego, Huygens powrócił w roku 1685 do swej ojczyzny, gdzie ogłosił po francusku swój «Traktat o świetle» (*Traité de la Lumière*, 1691).



Z pomiędzy astronomów Uraniburga Ole Römer (1644—1710) rodem z Aarhus w Danji, zdolnościami swemi zwrócił na siebie uwagę Picarda, który powziął zamiar wprowadzenia go do Akademji Nauk. Römer udał się do Paryża razem z Picardem w r. 1672 i został mianowany profesorem matematyki Delfina. Atoli odwołany przez króla duńskiego Chrystjana V, opuścił Francję, by zająć w r. 1681 katedrę matematyki na Uniwersytecie w Kopenhadze z tytułem astronoma królewskiego. Wynałazł w r. 1700 *lunetę południkową*.



Za pobytu swego w Paryżu w roku 1676, Rømer dokonał tego wielkiego odkrycia, że światło posiada ruch postępowy i że potrzebuje ono 7—8 minut na przebycie odległości, dzielącej Ziemię od Słońca.

Jego teoria, wyprowadzona z własnych obserwacji nad zaćmieniami księżyców Jowisza, sprzeciwiała się przyjętym poglądom i dopiero po żartej obronie udało mu się zapewnić jej tryumf, albowiem przeciwnikiem jego był D. Cassini, który również powziął był niegdyś myśl o ruchu światła, ale ją potem zarzucił.



Jan Dominik Cassini (8 czerwca 1625 — 14 września 1712), szlachcic rodem z Perinaldo w hrabstwie Nizy, odbył gruntowne studia filozoficzne, a przeczytawszy pewne dzieło astrologiczne, oddał się z zamiłowaniem nauce Astronomji. Opinia głębokiego znawcy tego przedmiotu, którą posiadał w krótkim czasie, sprawiła to, że w roku 1650 mianowany został przez Senat Bolonji profesorem Astronomji na Uniwersytecie tego miasta, gdzie w ciągu lat 18 dokonał wielu znamienitych prac astronomicznych. Colbert, idąc za radą Picarda, zwrócił się do Senatu bolońskiego z prośbą, by pozwolono Cassiniemu przemieszkiwać we Francji, i otrzymał to pozwolenie, acz nie bez trudności.



Cassini sprowadził się do Paryża w roku 1669 i zaraz został mianowany członkiem Akademii Nauk, zaś w r. 1671 wyznaczono mu mieszkanie w gmachu świeżo założonego Obserwatorium Królewskiego. Umysł subtelny i prawy charakter zjednały mu wkrótce łaski Ludwika XIV-go, a Colbert, chcąc go przywiązać do Francji, nadał mu w r. 1683 dyplom wielkiej naturalizacji. Cassini został najczynniejszym uczonym w nowej swej ojczyźnie. Na kilka lat przed śmiercią stracił wzrok. Umarł w Paryżu.

Zbadawszy bieg komety z roku 1652, doszedł do wniosku, że ruchy tych ciał pozornie tylko są nieprawidłowe i że w gruncie rzeczy podlegają tym samym prawom, co i ruchy planet. Po przeprowadzeniu głębokich badań nad kometami udało mu się opisać bieg jednej z pomiędzy nich, którą obserwował w Rzymie w r. 1664. Za pobytu we Francji obserwacja komety z roku 1680 pozwoliła mu uzupełnić teorię biegu tych ciał niebieskich.

W kościele św. Petroneli w Bolonji Cassini ze szczególniejszą starannością ustawił w ciągu lat 1653 do 1655 największy gnomon i nakreślił najdłuższy południk, jakie istniały do owego czasu, a za których pomocą inni astronomowie dokonali po nim pożytecznych odkryć. Ten gnomon i ten południk pozwoliły mu dowieść, że ruch pozorny Słońca nie jest jednostajny, i ułożyć w roku 1662 Tablice Słońca, bardziej doskonałe od tych, które

posiadano, uwzględnił w nich bowiem refrakcje astronomiczne, przekonawszy się, że ujawniają się one aż do samego zenitu.

Zawdzięczamy mu odkrycie praw ruchu obrotowego Księżyca dokoła osi; prawa te są zestawione w «Rozprawach Akademji Nauk» (Mémoires de l'Académie des Sciences, 1666—1697).

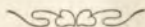
Cassini rozpoczął w r. 1665 szereg gruntownych poszukiwań nad księżycami Jowisza, następnie wyznaczył pochylenie płaszczyzny ich orbit i okresy ruchów; atoli dopiero w r. 1693 ogłosił dobre tablice tych księżyców. Przy pomocy cieniów, rzucanych przez księżyce na samą planetę, odkrył on w roku 1665, że Jowisz obraca się dokoła osi, przechodzącej przez jego środek, i że jest spłaszczony u biegunów. Podobny obrót stwierdził u Marsa w roku 1666 i u Wenerzy w r. 1667, oraz podał prawie dokładnie czas obrotu pierwszej z tych planet. W roku 1675 odkrył, że Saturn otoczony jest dwoma pierścieniami, skąd nazwa: *przerwy Cassiniego*. Odkrył on także, że ta ostatnia planeta posiada prócz Tytana jeszcze cztery inne księżyce, z których jeden dostrzegł po raz pierwszy w roku 1671, jeden w 1672, dwa w 1684, i wyznaczył orbity wszystkich tych Księżyców, z których najmniejszy nazwano później Jafetem.

Cassini zaproponował w r. 1679 zreformowanie Kalendarza (Réglement des Temps par une méthode facile et nouvelle); reforma ta, identy-

czna z reformą Omar-Al-Kheyana, uważana jest za dokładniejszą od Gregorjańskiej.

W r. 1683 Cassini odkrył i opisał *światło zodiacalne*.

W tymże roku pomiar południka francuskiego zaczęli przeprowadzać w dalszym ciągu: na południe Cassini i na północ de la Hire, ale prace ich przerwała wojna w roku 1688. Cassini wznowił roboty w r. 1700.



#### IV. SYSTEM WIRÓW.

Dotąd zjawiska niebieskie, oraz prawa ruchów ciał niebieskich, były głównym przedmiotem badań astronomów. Poszukiwaniem zasady fizycznej tych ruchów, zapoczątkowanym przez filozofów starożytnych i wznowionym przez Keplera, zajął się z kolei Descartes.

W dziele swym p. t. «Zasady filozofji» (Principia Philosophiae, 1644) Descartes tłumaczy ruchy ciał niebieskich w układzie słonecznym działaniem sił, przypuszczając, że każde z tych ciał otoczone jest *wirem* subtelnej materji, który je unosi ze sobą. System ten jest dowcipnie pomyślany, ale niepodobna zastosować do niego rachunku; to też zarzucono go niedługo po odkryciu Newtona.

Réné Descartes (1596—1650), urodzony w La Haye w prowincji francuskiej Touraine, pochodził ze szlacheckiej rodziny, po odbyciu gruntownych studjów, poświęcił się zawodowi wojskowemu, podróżował po Europie, począwszy od roku 1621 i osiedlił się w Holandji w r. 1629. Życie

miął bardzo niespokojne wskutek napaści, których poglądy jego stały się przedmiotem. Doznał on w Holandji takich prześladowań, że ostatecznie przyjął gościnność, którą królowa szwedzka Krystyna ofiarowała mu w Sztokholmie, gdzie umarł na gorączkę w kilka miesięcy po przybyciu.

W Traktacie o Meteorach (*Traité sur les Méteores*, 1637) Descartes pierwszy wykląda teorię tęczy, zaś w «Dioptryce» (*Dioptrique*, 1637) — prawa załamywania się światła.



## V. PRAWO PRZYCIĄGANIA POWSZECHNEGO.

NEWTON. — FLAMSTEED. — HALLEY. — Odkrycie perjodyczności komet. — BRADLEY.

### NEWTON

5 stycznia 1643—31 marca 1727.

Halley mógł oglądać w ich wspaniałości pierwotnej i oryginalnej te piękne dowodzenia, które ukazują w przyciąganiu tak prostą sprężynę tak dalece złożonego mechanizmu — mam tu na myśli Wszechświat — sprężynę, tłumaczącą jego tajemnicze komplikacje, lecz w niczym nie osłabiającą cudowności.

J. BERTRAND.

Izaak Newton urodził się w Woolsorpe w pobliżu Granthamu (Lincolnshire) w Anglii. Nauki elementarne pobierał w Kolegium Granthamskim i już w 14-tym roku życia powrócił na farmę, którą zarządzała jego matka, lecz okazał tak mało zdolności do pracy na roli i do interesów kupieckich, że matka zdecydowała się na umieszczenie go (1660) w Uniwersytecie w Cambridge w charakterze po-

sługacza uczniowskiego. Nauczywszy się o własnych siłach «Gieometriji» Kartezjusza, «Optyki» Keplera i «Arytmetyki Nieskończonych» Wallisa, Newton został przyjęty w poczet studentów. — W r. 1669 profesor jego Barrow, odstępuje mu swoją katedrę matematyki, którą Newton zachował aż do r. 1701. Poświęciwszy się odtąd badaniom naukowym, Newton zyskał taki rozgłos, że już w r. 1671 został mianowany członkiem Towarzystwa Królewskiego, które Karol II założył był w Londynie w r. 1660. W dniu swego przyjęcia wzbudził podziw kolegów, przedstawivszy im *teleskop*, który nosi jego imię. Został on członkiem Akademii Nauk w r. 1699. W roku 1701 mianowano go członkiem Parlamentu, a w roku 1705 Sir'em. «Zwłoki tego wielkiego człowieka — pisze Fourier — zostały uroczyście pogrzebane pośród grobów królewskich w opactwie Westminsterskim».

Już od r. 1666 Newton rozmyślał nad zagadnieniami, wynikającemi z przyciągania powszechnego. Pierwsze pomysły, dotyczące tego zjawiska, sięgają głębokiej starożytności. Podług pitagorejczyków i platończyków planety zawdzięczają ruch swój sile rzutu i sile ciężkości. Gorący zwolennicy Newtona, Dawid Gregory i Maclaurin przyznają, że Pitagoras uczył, iż ta ostatnia siła działa odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu z odległości. Z pism Plutarcha i Keplera widocznym jest, że wierzyli oni w przyciąganie pomiędzy ciałami

Wszehświata. Kopernik przypisuje okrągłość ciał niebieskich przyciąganiu pomiędzy ich elementami, a myśl tę przyjmują także P a s c a l i R o b e r v a l. Tycho Brahe tłumaczy ruch planet dokoła Słońca, przypuszczając, że jakaś siła przyciąga je do tej gwiazdy; Fermat sądził także, że ciężkość jest przyciąganiem pomiędzy ciałami.

Hooke pisze w r. 1674, że wszystkie ciała niebieskie posiadają siłę, która przyciąga ich elementy ku ich środkowi i zatrzymuje je tam; że ruch prostoliniowy, udzielony ciału, nie zmienia się i nie staje się krzywoliniowym, chyba że na ciało wywrze działanie jakaś siła; że siła przyciągająca, wywierana na ciało, jest tym większa, im bliżej znajduje się to ciało od środka przyciągania; dodaje w końcu, że nie sprawdził stosunku pomiędzy zwiększaniem się siły, a zmniejszaniem się odległości.

Newton odkrył na nowo ten stosunek i przy pomocy metod, przez siebie wynalezionych, dowiódł istnienia tego stosunku w dziele, które L a g r a n g e nazwał «najwyższym wytworem umysłu ludzkiego». Historia tego odkrycia zasługuje na szczegółowy opis, wykazuje bowiem ścisłą logikę Newtonowskich wywodów.

W r. 1666 Newton, ujrawszy w swym ogrodzie jabłko, spadające z drzewa, zaczął rozmyślać nad ciężkością. Zauważywszy, że działanie tej siły nie jest mniejsze na szczycie wysokiej góry, aniżeli u jej podnóża, zapytał siebie, czy czasem nie



sięga ono aż do Księżyca i, przypuściwszy istnienie tego faktu, wywnioskował stąd, że ciężkość powinna utrzymywać Księżyc w jego orbicie.

To go naprowadziło na myśl, że tak samo i każda planeta utrzymywana jest w swej orbicie siłą przyciągania, którą wywiera na nią Słońce. Przypuściwszy istnienie takiej siły i porównywając czasy obiegu planet z odległościami tych ostatnich od Słońca, Newton przekonał się, że siła ta musi być odwrotnie proporcjonalna do kwadratu z odległości. Wtedy założył, że ciężkość wywiera na Księżyc przyciąganie, odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości Ziemi od Księżyca i zaczął obliczać, czy też przyciąganie takie wystarcza do utrzymania Księżyca w jego orbicie. W rachunek ten wchodziła wielkość promienia ziemskiego, a ponieważ wielkość ta znana była Newtonowi bardzo niedokładnie, przeto otrzymał on wynik niezgodny z tym, czego się spodziewał, i zarzucił swe badania nad tym przedmiotem. Hooke zaproponował mu w roku 1679 wyznaczenie krzywej, którą zakreśla ciało, padające ze znacznej wysokości i unoszone wskutek ruchu obrotowego Ziemi: to zadanie zwróciło umysł jego w stronę badań pierwotnych. Posługując się tym razem wartością promienia ziemskiego, znalezioną przez Picarda, przekonał się on, powtórzywszy obliczenia, że przewidywania jego były słuszne, t. j. że Księżyc utrzymywany jest w swej orbicie siłą ciężkości, zredukowaną odwrotnie pro-

porcjonalnie do odległości, dzielącej Ziemię od jej towarzysza. Dzieło p. t. «Philosophiae naturalis Principia mathematica» Newton napisał prawdopodobnie w latach 1684 – 1685, ale przez skromność i z obawy kłótni naukowych ociągał się z ogłoszeniem. Przyjacielowi jego Halley'owi udało się pokonać te skrupuły oraz skłonić Towarzystwo Królewskie w Londynie do wzięcia na siebie kosztów wydrukowania tego dzieła; ponieważ w owym czasie Towarzystwo nie rozporządzało zawotowaną sumą, przeto Halley własnym kosztem wydrukował książkę, która ukazała się w roku 1687.

Rozpatrując ruch ciał, Newton wykazuje przedewszystkim, że ciało, które wychodzi ze stanu spoczynku z daną prędkością i w danym kierunku i które znajduje się pod wpływem siły dośrodkowej o natężeniu, odwrotnie proporcjonalnym do kwadratu z odległości, dzielącej ciało od środka przyciągania siły, porusza się zawsze po stożkowej, mającej jedno ze swych ognisk w owym środku przyciągania. Dalej wyklada *Prawo przyciągania powszechnego*: każda cząsteczka ciała przyciąga wszystkie inne z siłą, wprost proporcjonalną do swej masy i odwrotnie proporcjonalną do swej odległości od cząsteczki przyciąganej. Z twierdzeń powyższych wyprowadza dwa pierwsze prawa Keplera. Dla uproszczenia rachunków Newton rozpatruje ciała niebieskie jako kule, ponieważ przyciąganie pomiędzy dwiema kulami odbywa się

tak, jak gdybyśmy każdą z nich zastąpili punktem materjalnym o takiej samej masie, umieszczonym w jej środku, i wykazuje, że przyciąganie pomiędzy dwiema kulami jednorodnymi każe im zakreślać stożkowe dokoła środka masy utworzonej przez nie całości.

Następnie Newton tłumaczy przyływ i odpływ morza; nierówności ruchu Księżyca; ruch absyd i węzłów planet i Księżyca. Dowodzi, że spłaszczenie Ziemi u biegunów jest wynikiem jej ruchu obrotowego. Dochodzi do wniosku, że przyciągania, wywierane na Ziemię przez Słońce i Księżyc, są powodem poprzedzania punktów równonocnych, i tak tłumaczy to ostatnie zjawisko: ponieważ Ziemia nie jest ani jednorodna, ani kulista, przeto przyciągania, wywierane na nią przez Słońce i Księżyc, udzielają jej ruchu obrotowego, niezależnie od ruchu eliptycznego, powodowanego przez Słońce; wskutek składania się tego ruchu z obrotem Ziemi dokoła jej osi, ta ostatnia zmienia swój kierunek powoli lecz w sposób ciągły. Mierzy on masę Słońca i masy Ziemi, Jowisza i Saturna, posługując się przyciąganiem, wywieranym przez te planety na ich księżyce. Wykazuje, że komety krążą dokoła Słońca, zakreślając elipsy, które można rozpatrywać jako parabole, co upraszcza rachunki. Odtąd komety przestały być uważane za zwiastunki klęsk.

Newton wytłumaczył w «Optyce» (Opticks, 1675

odkryty przez siebie fakt rozszczepiania się światła białego na 7 barw, które tworzą na ekranie *widmo słoneczne*, i pierwszy dał teorię matematyczną tęczy.

Nie opierając się na żadnym fakcie konkretnym, sądził on, że stałość ciepła i światła słonecznego wynika ze spalania się komet, spadających na Słońce.

Newton rozwinął sposobem syntetycznym zasady, które odkrył był na drodze analitycznej, jak to wynika z rozejrzenia się w jego rękopisach. Należy żałować, że w wykładzie oddał on pierwszeństwo pierwszej metodzie przed drugą; albowiem, jak słusznie zauważył Laplace, «znajomość metody, którą posługiwał się człowiek gienjalny, jest nie mniej pożyteczna dla postępów wiedzy, a nawet dla własnej jego sławy, aniżeli jego odkrycia».

W Anglii przyjęto natychmiast prawo przyciągania powszechnego, ale na lądzie stałym Europy liczyło ono z początku niewielu stronników i zostało odrzucone nawet przez znakomitych uczonych, mianowicie we Francji przez Huygensa, a w Niemczech przez Leibniza, którzy oddawali pierwszeństwo hipotezie wirów.

We Włoszech, Boscovich rozpowszechnił idee Newtona przy pomocy dzieła swego p. t. «Philosophiae naturalis theoria» (1758).

W epoce Newtona i po nim Anglja miała jeszcze innych znakomitych astronomów, których prace zamierzamy przedstawić tu w krótkości.

John Flamsteed (1646—1719), rodem z Derby, odznaczywszy się ogłoszoną w r. 1682 Rozprawą o równaniu czasu, został w roku 1676 pierwszym dyrektorem Obserwatorium Królewskiego, założonego w r. 1674 w Greenwich przez Karola II-go. Dzieło, w którym Flamsteed zgromadził wyniki swych obserwacji, ma tytuł «Historia coelestis britannica» (1725); znajdujemy tam katalog 3310 gwiazd oraz teorię Księżyca do użytku żeglarzy.



Długie życie Edmunda Halley' a (8 listopada 1656 — 25 stycznia 1742), rodem z Haggerston pod Londynem, drugiego dyrektora Obserwatorium w Greenwich, upłynęło na robieniu obserwacji astronomicznych i na wyciąganiu z nich ważnych wniosków i dobrych metod.

Już w roku 1675 zwrócił on na siebie uwagę podaniem bezpośredniej metody do wyznaczania punktów odłonecznych i mimośrodków planet.

Karol II dostarczył Halley' o w i wszystkiego, co okazało się potrzebnym do spełnienia powziętego przez astronoma zamiaru udania się na wyspę św. Heleny w celu robienia tam obserwacji niebieskich. Podczas pobytu swego na tej wyspie Halley określił położenie 341 gwiazd południowych i był jedynym astronomem, który miał możliwość obserwowania 28 listopada 1677 r. zupełnego

przejścia Merkurego przed tarczą słoneczną. Po powrocie do kraju w r. 1678 wybrany został na członka Towarzystwa królewskiego w Londynie; w r. 1713 został sekretarzem tej instytucji.

Halley podał w r. 1716 metodę wyznaczania paralaksy Słońca i, co za tym idzie, odległości tego ciała od Ziemi, opartą na obserwacji przejścia Wenus przed tarczą Słońca, zjawiska, które zdarza się tylko 2 razy w przeciągu stulecia. — W r. 1743 Delisle zaproponował inną metodę.

Starożytni uważali gwiazdy za stałe. Halley ogłosił w roku 1718, że Syrjusz, Arkturus i Aldebaran posiadają ruch własny, aczkolwiek bardzo powolny, a Cassini II potwierdził (1738) w sposób niezbity prawdziwość tego poglądu. Nadto Halley wypowiedział to śmiało na owe czasy zdanie, że gwiazdy są słońcami, oświetlającymi inne niż nasz układy.

Halley zawdzięcza swą sławę głównie pracom nad kometami. Korzystając z dawnych obserwacji, obliczył, on dla 24 komet średnie odległości od Słońca, elementy przebieżonej przez każdą z nich orbity w przypuszczeniu, że orbita ta jest elipsą bardzo wydłużoną, oraz liczby lat okresów ich powrotu. Znajdując, że komety, obserwowane w latach 1531, 1607 i 1682, miały jedne i te same elementy, wynioskował stąd, że były poprostu jednym i tym samym ciałem niebieskim, posiadającym okres

75—76-letni. Odważył się nawet przepowiedzieć powrót tego ciała na lata 1758 lub 1759, przypisawszy nieprawidłowość w okresie powrotu działania planet, napotkanych podczas tej długiej drogi. I rzeczywiście, kometa ta, która nosi jego imię, ukazała się mniej więcej w epoce wskazanej.



James Bradley (1692—1762), rodem z Schireborn (w hrabstwie Gloucester), trzeci z kolei dyrektor Obserwatorium w Greenwich, odkrył w roku 1727, że każda gwiazda zdaje się zakreślać w ciągu roku elipsę, pozornie bardzo niewielką. Nazwał on to zjawisko *aberracją gwiazd* i podał prawdziwe jego wytłomaczenie, twierdząc, że jest to złudzenie optyczne, wynikające ze skombinowania ruchu Ziemi i ruchu światła.

W r. 1748 Bradley ogłosił, że oś ziemską wykonywa w przeciągu lat mniej więcej 18, drobne wahnięcia, które nazwał *nutacją*, zależne głównie od przyciągania, wywieranego przez Księżyc na Ziemię.

Te dwa odkrycia posiadają wielką doniosłość, potwierdzają bowiem prawdziwość: systemu Kopernika, ruchu światła i prawa powszechnego przyciągania.

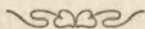


Po Bradley'u, kierownikiem Obserwatorjum w Greenwich był Nevil Maskelyne (1732—1811) rodem z Londynu. Rozpoczął on w roku 1767 redagowanie «Kalendarza Żeglarskiego» (Nautical Almanac) i ogłosił ceniony bardzo katalog 34 gwiazd błyszczących.

Znane są doświadczenia, które Maskelyne robił w Szkocji w celu zmierzenia przyciągania gór na zasadzie sprawianego przez nie odchylenia pionu. Z doświadczeń tych wyprowadził on w roku 1774 wartość na średnią gęstość Ziemi.

Posługując się tak licznymi obserwacjami astronomicznymi Bradley'a, T. Mayer ułożył Tablice Księżyca do użytku żeglarzy; wydał je Maskelyne w r. 1767, po śmierci autora.

Jan Tobjasz Mayer (1723—1762), rodem z Marbach w Wirtembergji, został mianowany w roku 1751 dyrektorem Obserwatorjum w Gieytyndze. Sprawdził on w r. 1748 prawa ruchu Księżyca, ustanowione przez D. Cassiniego, i dał w r. 1750 używaną do dziś dnia metodę badania libracji Księżyca.





## VI. POSTAĆ ZIEMI.

Jakób Cassini (1677—1756), albo Cassini II, członek Akademji Nauk (1694), następca ojca swego na stanowisku dyrektora Obserwatorjum paryskiego, autor godnych uwagi «Zasad Astronomji» (*Eléments d'Astronomie*, 1740), prowadził w dalszym ciągu pomiar południka francuskiego i zdał sprawę z tej pracy w «Traktacie o wielkości i postaci Ziemi» (*Traité de la Grandeur et de la Figure de la Terre*, 1720).

Z pomiarów Ziemi, uskuteczniionych przez Picarda i Cassinich, wywnioskowano, że jest ona elipsojdą, wydłużoną u biegunów; tymczasem teorje Huygensa i Newtona, wychodząc z założenia, że Ziemia była pierwotnie miękką, nadawały jej, przeciwnie, kształt elipsojdy obrotowej, spłaszczonej u biegunów. To też przez długi czas uczeni, nawet w łonie Akademji Nauk, tworzyli dwa obozy. Myśl wyznaczenia prawdziwej postaci Ziemi za pomocą ścisłych pomiarów, uskuteczniionych z jednej strony na równiku, z drugiej zaś możliwie blisko biegu-

nów, wysunięta na pierwszy plan przez geometrów i przez d'Anville'a, pierwszego geografa królewskiego w jego «Projekcie pomiaru Ziemi» (Proposition d'une mesure de la Terre, 1735) została w końcu przyjęta przez Ludwika XV, który zgodził się pokryć niezbędne wydatki.

Akademja Nauk mianowała w roku 1735 dwie komisje, mające dokonać w dalekich stronach pomiaru stopni ziemskich: pierwsza, którą składali Godin, de La Condamine, Bouguer, J. de Jussieu i Couplet, udała się do Peru; druga, którą składali de Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier, Outhier i Celsjusz z Upsali, udała się do Laponji.

Po ukończeniu prac, dokonanych przez te dwie słynne wyprawy, Cassini II w r. 1739 polecił de La Caille'owi sprawdzić pomiary południka francuskiego pomiędzy Paryżem a Perpignan; zestawienie wyników tych trzech kategorii badań rozstrzygnęło spór o postać Ziemi na korzyść stronników spłaszczenia u biegunów.



De Maupertuis (1698 – 1759), rodem z Saint-Malo, był stronnikiem teorii Newtonowskich. W charakterze szefa ekspedycji Północnej zdał on z niej sprawę w książce p. t. «La Figure de la Terre» 1738 (Postać Ziemi). Zarzucono mu, że przypisał

on sobie całą zasługę prac, dokonanych wspólnymi siłami. Powodzenie tej ekspedycji tak dalece wysunęło na pierwszy plan osobę de Maupertuis'a, że Fryderyk II zaofiarował mu w roku 1745 prezydenturę królewskiej Akademii Nauk, którą Fryderyk I założył był w Berlinie w roku 1700. De Maupertuis przyjął ten urząd i pozostał na nim aż do roku 1753.



Bouguer i de La Condamine związali swe nazwiska z ekspedycją Równikową, która wskutek różnych trudności przebyła 7 lat poza granicami kraju; opowiadają oni jej dzieje w dziele p. t. «La Figure de la Terre» 1749 (Postać ziemi), ale nic nie wspominają o swym nieporozumieniu z szefem wyprawy Godinem, który chciał, żeby robiono pomiary we wnętrzu lądów, gdy tymczasem Bouguer życzył sobie uskutecznić je wzdłuż morza; historia tych sporów pomiędzy Godinem a Bouguerem została opowiedziana dopiero w roku 1876 przez J. de la Gournerie.

Piotr Bouguer (1698—1758), rodem z Croisic, profesor hydrografji w Paryżu, wynalazł w r. 1748 *heljometr*, służący do mierzenia pozornych średnic Słońca i planet. Valerius zauważył był, że obraz

Słońca jest bardziej błyszczący w środku, aniżeli u brzegów; faktowi temu, który jest prawdziwy, zaprzeczył Galileusz. Bouguer starał się za pomocą pomiarów fotometrycznych znaleźć stosunek pomiędzy oświetleniem środka Słońca, a oświetleniem jego brzegów. Zdaje się, że Bouguer i de Mairan pierwsi usiłowali zmierzyć natężenie ciepła słonecznego. Wreszcie Bouguer pierwszy oszacował blask gwiazd liczebnie za pomocą fotometrii.



Mikołaj Ludwik de la Caille (1713—1762), rodem z Rumigny-en-Thiérache, określił, na obu półkulach, położenie wielkiej liczby gwiazd czterech pierwszych wielkości. Od roku 1746 do 1750 i od 1754 do 1762 katalogował on w Obserwatorium Collège Mazarin konstelacje, położone powyżej horyzontu Paryża. Od r. 1750 do 1754 dokonał obserwacji przeszło 10.000 gwiazd na Przylądku Dobrej Nadziei, dokąd na własne żądanie został wydelegowany przez Akademię Nauk, której członkiem był od roku 1741. Obserwacje, uskutecznione przez niego na Przylądku Dobrej Nadziei, w zestawieniu z obserwacjami, dokonanymi w Europie, mianowicie przez La Lande'a w Berlinie, pozwoliły wyznaczyć dokładniej odległość pomiędzy Ziemią a Księżycem.

Za podniętą de la Caille'a Bailly zajął się Astronomją teoretyczną i napisał wytworną i pełną erudycji «Historję Astronomji» (Histoire de l'Astronomie, 1775—1787).



## VII. ZADANIE O TRZECH CIAŁACH.

Perturbacje i nierówności. — CLAIRAUT. — D'ALEMBERT. —  
EULER. — LAGRANGE.

Odkrycie prawa przyciągania powszechnego stało się punktem wyjścia dla nowego i trudnego problemu astronomicznego: określić na drodze matematycznej ruchy ciał, należących do układu planetarnego. Wielu znakomitych matematyków, w 50 lat po Newtonie, zajęło się tym pytaniem, które jest głównym pytaniem Astronomji teoretycznej. Oto kilka wyjaśnień w tym przedmiocie, które nam pozwolą opisać w sposób jaśniejszy prace tych matematyków i dać wyobrażenie, acz słabe bardzo, o trudnościach, które mieli oni do przewyciężenia.

Podług praw Keplera oblicza się z góry położenie planety przy pomocy sześciu następujących wielkości, zwanych jej *elementami eliptycznymi*: przecięcia płaszczyzny orbity eliptycznej planety z pewną płaszczyzną stałą; kąta, zawartego do-

między temi dwiema płaszczyznami; kierunku wielkiej osi orbity; mimośrodowi orbity; długości wielkiej osi; czasu, w którym planeta znajduje się w pewnym danym punkcie swej orbity.

Skoro poznano prawo przyciągania powszechnego, zauważono, że prawa Keplera stosują się jedynie do przypadku *zadania o dwóch ciałach*, które polega na wyznaczeniu, podług prawa Newtona, ruchu względnego dwóch przyciągających się ciał, jak n. p. ruchu planety dokoła Słońca, albo ruchu Księżyca dokoła Ziemi. Newton rozwiązał w zupełności to zadanie i znalazł, że ruch planety jest eliptyczny.

Ale z prawa tego wynika, że planeta ulega jednocześnie wpływowi Słońca i innych planet, tak iż ruch jej jest bardzo skomplikowany. Ograniczając się do Słońca i do 8 głównych planet, mamy do rozwiązania następujące zadanie ogólne: znając masy 9 punktów materialnych oraz położenia ich i prędkości w pewnej określonej chwili zarówno co do wielkości, jak i co do kierunku, znaleźć położenia tych punktów w innej danej chwili, w przypuszczeniu, że podlegają one prawu przyciągania powszechnego.

Ponieważ przyciąganie Słońca na planetę  $P$  jest o wiele silniejsze od przyciągania wszystkich innych planet, przeto przyjmujemy za *pierwsze przybliżenie* ruchu planety  $P$  elipsę, którą daje rozwiązanie zadania o dwóch ciałach. Siły wyni

kające z przyciągań wzajemnych pomiędzy planetą  $P$ , a pozostałymi planetami, noszą miano *sił perturbacyjnych*, czyli zakłócających; wywołują one w ruchu poprzednim planety  $P$  zmiany, zwane *perturbacjami*. Teoria perturbacji planet, ich księżyców, komet stanowi część główną *Mechaniki niebieskiej*.

*Zadanie o trzech ciałach* polega na wyznaczeniu w każdej chwili wzajemnych odległości trzech ciał niebieskich, poddanych prawu przyciągania powszechnego; o jednym z nich, zwanym *ciałem centralnym*, zakładamy, że jest nieruchome; drugie, zwane *ciałem zakłóconym*, jest w ruchu dokoła ciała centralnego; trzecie, zwane *ciałem zakłócającym*, jest przyczyną perturbacji ciała zakłóconego. Naprzykład dla ruchu Księżyca on sam będzie ciałem zakłóconym, Ziemia ciałem centralnym, a Słońce ciałem zakłócającym.

Newton badał zadanie o trzech ciałach jedynie przy pomocy rozważań geometrycznych. Dzięki postępom, które zrobiła po nim analiza, matematycy mogli poddać to zadanie rachunkowi i uzależnić określenie ruchu planety od układu równań różniczkowych jednoczesnych. Ponieważ nie umiemy całkować tych równań, jesteśmy zmuszeni wzory ruchu rozwijać na szeregi i obliczać wyrazy najważniejsze sposobami przybliżonemi. Niektóre wyrazy szeregów stanowią *nierówności wiekowe*, inne — *nierówności perjodyczne*. Wskutek perturbacji, wywołanych przez pewną planetę u planety  $P$ , sześć



elementów eliptycznych tej ostatniej mają wartości, równe wartościom, wynikającym z działania samego tylko Słońca, powiększonym lub zmniejszonym o nierówności. Zmiana ta, której ulegają elementy pierwszego przybliżenia ruchu planety, stanowi *drugie przybliżenie*, które daje wyniki bardziej zbliżone do prawdy.

Nierówności wiekowe rosną bardzo powoli i wytwarzają pomiędzy dwoma stanami układu słonecznego zmianę, dającą się zauważyć dopiero wtedy, gdy stany te przedzieli od siebie kilka wieków. Nierówności perjodyczne, które zależą od zmiennej konfiguracji ciał zakłócających, zmuszają układ do przechodzenia przez szeregi stanów identycznych.

*Ruchem średnim* planety w danym czasie nazywamy kąt, który zakreśla promień wodzący planety fikcyjnej, ożywionej ruchem kątowym jednostajnym i wykonywującej obieg całkowity w tym samym czasie, co planeta rzeczywista.

Pierwsze prace analityczne nad zadaniem o trzech ciałach ogłosili Clairaut, D'Alembert i Euler. Lagrange i Laplace wynaleźli metody przybliżone.



Aleksy Klaudjusz Clairaut (7 maja 1713—17 maja 1765), urodzony w Paryżu, ujawniał od dzieciństwa wielkie zdolności do matematyki, której uczył się pod kierunkiem swego ojca. Mając lat

10, rozumiał dzieła markiza de L'Hôpitala o stożkowych i o wielkościach nieskończenie małych. Mając lat 12 i 8 miesięcy, napisał rozprawę o 4 nowych krzywych; praca ta, przedstawiona Akademji Nauk, tak dalece zainteresowała tę instytucję, że poddała ona młodego autora surowemu egzaminowi, z którego wyszedł z honorem, jak stwierdza pochlebne świadectwo, podpisane przez de Fontenelle'a. «Recherches sur les Courbes à double courbure» (Badania nad krzywymi o podwójnej krzywiznie), które napisał, mając lat 16, sprawiły to, że został mianowany przez Ludwika XV członkiem Akademji Nauk na dwa lata przed określonym ustawą wiekiem lat 20.

W r. 1736 Clairaut wziął udział w wyprawie do Laponji, mającej na celu pomiar stopnia południka ziemskiego. Wyniki własnych swych poszukiwań w tym kraju wyłożył on w dziele swym p. t. «Figure de la Terre tirée des lois de l'Hydrostatique» (Postać Ziemi, wyprowadzona z praw Hidrostatyki, 1740). W książce tej, która jest arcydziełem ścisłości, dochodzi on do określenia postaci Ziemi i wartości liczebnej jej spłaszczenia, wychodząc z założenia, że glob nasz obraca się dokoła swej osi, i że cząsteczki jego podlegają prawu przyciągania powszechnego.

Około połowy r. 1747, Clairaut przedstawił Akademji Nauk rozprawę o zadaniu o trzech ciałach, w której ruch Księżyca dokoła Ziemi zba-

dany jest z uwzględnieniem przyciągania Słońca. Z pomiędzy otrzymanych przezeń wyników wymienimy tu wytlomaczenie ewekcji.

W listopadzie 1747 r. Clairaut przeczytał w Akademii Nauk rozprawę o «Teorii Księżyca», w której oświadcza, że prawo przyciągania powszechnego jest niedostateczne, doprowadziło go bowiem do otrzymania dla ruchu apogeum Księżyca prędkości, będącej zaledwie połową tej, jaką dają obserwacje. Ponieważ jednak de Buffon wypowiedział się przeciwko odrzucaniu teorii Newtona bez uprzedniego przeprowadzenia badań bardziej gruntownych, Clairaut wziął się do obliczania dalszych wyrazów szeregu, dotyczącego ruchu Księżyca i otrzymał tym razem wynik, jak należy, a przyznając się publicznie do omyłki, położył koniec radości, którą przeciwnicy teorii Newtona zbyt pośpieszyli się ujawnić. Rozprawa ta, do której dołączone są Tablice Księżyca, została uwieńczona w roku 1752 przez Akademię Petersburską (założoną w r. 1724 przez Piotra Wielkiego). W r. 1765 Clairaut wydrukował drugie jej wydanie, bardziej kompletne pod względem teoretycznym.

Zastosowawszy metody, któremi był posługiwał się w teorii Księżyca, napisał w r. 1757 rozprawę o pozornej orbicie Słońca, uwzględniając perturbacje, spowodowane przez Księżyc i główne planety.

Clairaut rozpoczął w końcu r. 1757 szereg długich obliczeń, dotyczących komety z r. 1682,

której powrót przepowiedział był Halley na lata 1758—1759; podobnie jak ten ostatni, uwzględnił on przyciąganie Jowisza, a nadto i przyciąganie Saturna. Dzięki pomocy kilku rachmistrzów mógł on oznajmić na posiedzeniu Akademii 14 listopada 1758 r., że kometa Halley'a ukaże się na początku stycznia 1759 i że przejdzie przez perihelium około 13 kwietnia tegoż roku. Sprawdzenie się jaknajdokładniejsze obu tych przepowiedni wzbudziło podziw całej Europy i okryło sławą niespożytą imię Clairauta.

Pomiędzy rokiem 1759 a 1761 w czasopiśmie «Journal des Savants» wywiązała się polemika pomiędzy Clairaut'em a d'Alembertem w przedmiocie teorii ruchu komet; publiczność stanęła po stronie pierwszego — matematycy zgadzali się w niektórych punktach z drugim.



Dwie pierwsze rozprawy, które przedstawił Akademii Nauk D'Alembert (17 listopada 1717—29 października 1783), urodzony w Paryżu, zwróciły jej uwagę na osobę autora, który dzięki nim już w roku 1742 otrzymał urząd astronoma-adjunkta przy tejże Akademii; w r. 1746 został członkiem towarzyszem, a w r. 1765 — członkiem tytularnym.

Proponując w swym «Wykładzie Dynamiki» (Traité de Dynamique, 1740), ogólną metodę przedstawiania w równaniach zagadnień z dynamiki,

D'Alembert położył koniec trudnościom, które napotymano w mechanice z chwilą, gdy wychodzono z granic statyki. On sam podał godne uwagi zastosowanie własnych zasad dynamiki w rozprawie «O poprzedzaniu punktów równonocnych i Nutacji» (Sur la Précession des équinoxes et sur la Nutation, 1749). D'Alembert, dzięki teorii (której dowiódł w r. 1743) o ruchu ciała stałego, poddanego działaniu sił, zdołał wykazać, że po upływie okresu, równego mniej więcej 26000 lat, punkty równonocne wykonają całkowity obrót w kierunku odwrotnym do kierunku znaków zodiaku. Prócz tego, uzupełnił on wyniki obserwacji Bradley' a nad nutacją osi ziemskiej, podając z większą dokładnością wymiary małej elipsy, którą zakreśla biegun Ziemi. Pomiedzy rokiem 1754 a 1780 ogłosił swe «Poszukiwania nad różnemi ważnemi punktami układu Świata», oraz 8 tomów «Rozpraw matematycznych» (Opuscules mathématiques), zawierających w zakresie najbardziej zawiłych działów Astronomji teoretycznej, zbiór metod i rachunków, które późniejszym matematykom pozostawało tylko wydoskonalić i rozszerzyć. Wykazuje on tam, że istnieją przynajmniej dwie elipsojdy obrotowe, będące figurami równowagi.



Leonard Euler (15 kwietnia 1707—7 września 1783), rodem z Bazylei, był członkiem Aka-

demji w Petersburgu od r. 1727 do 1741. Król pruski Fryderyk II powołał go do siebie w roku 1741 i mianował prezesem Akademji Nauk w Berlinie. W roku 1755 Euler został wybrany na zagranicznego towarzysza Akademji paryskiej. Na zaproszenie carowej Katarzyny II powrócił on w r. 1766 do Petersburga, na stanowisko członka Akademji Nauk. Poświęciwszy życie poszukiwaniom matematycznym, pracował na tym polu aż do ostatniego tchnienia, pomimo że oślepił już w r. 1766. Przyjął on był początkowo hipotezę wirów, lecz odrzucił ją wkrótce, by się zająć zastosowaniem teorii Newtonowskich.

Euler pracował od roku 1747 nad rozwiązaniem zadania o trzech ciałach. Akademia Nauk w Paryżu uwieńczyła w latach 1748 i 1752 dwie jego rozprawy na ogłoszony przez siebie temat konkursowy, którym było zbadanie perturbacji Jowisza i Saturna.

W pracy swej o poprzedzaniu punktów równonocnych (1749) Euler, wychodząc z równań prostszych, aniżeli równania D'Alemberta, przedstawił wyniki w sposób bardziej wytworny.

W «Teorji ruchu Księżyca» (*Theoria Motus Lunae*, 1753) usiłuje on ustanowić wszystkie nierówności ruchu tego ciała. W roku 1772 ogłasza drugą Teorję Księżyca.

W zbiorze «*Miscellanea Berolinensia*» za rok 1743 podał on godne uwagi twierdzenie, niesłusznie

przypisywane Lambertowi, wyrażające czas, który kometa, biegnąca po paraboli, zużywa na przejście z jednego położenia do drugiego.

Posługując się metodami, wyłożonemi przez matematyków, Pingré napisał obszerne i pożyteczne dzieło p. t. «Cométographie» (Kometografja, 1783—1784). Wykłada on w nim poglądy, wypowiedziane przez filozofów na przyrodę komet, podaje historję komet, które były obserwowane w ciągu lat przeszło 3500, i obznajmia czytelnika z metodami, używanymi do obliczania ich orbit.

Aleksander Guy Pingré (1711—1796), rodem z Paryża, obliczył w mieście Rouen zaćmienie Księżyca, przypadające na 23 grudnia 1749. W roku 1753 osiedlił się w Paryżu, gdzie kapituła św. Gienowefy kazała zbudować dla niego małe obserwatorium. Wziął on udział w trzech długich i uciążliwych wyprawach (1760—1769) do Indji i do Ameryki, w celu obserwowania przejścia Wenus przed tarczą słoneczną i do Holandji w celu sprawdzenia zegarów morskich Leroya. Został mianowany w roku 1756 członkiem Akademji Nauk, a w r. 1770 kanclerzem Uniwersytetu. Pingré, który, jak mówi Voiron, pozostawił po sobie «opinję zręcznego i bardzo pracowitego astronoma», pracował przez długi czas nad «Rocznikami niebieskimi XVII wieku» (Annales célestes du XVII siècle), które zawierają większą część obserwacji, doko-

nanych od początku roku 1601 aż do końca 1700. Dzięki subwencji w kwocie 3000 liwrów, uchwalonej przez Zgromadzenie Narodowe, rozpoczęto druk tego dzieła, ale śmierć autora, deprecjacja asygnat etc. spowodowały zawieszenie wydawnictwa, począwszy od stronicy 364. Lecz i wydrukowana część nie ukazała się nigdy na widok publiczny, i wszystko zdawało się straconym, gdy ostatnio p. G. Bigourdanowi powiodło się odszukać egzemplarz części wydrukowanej i rękopis części pozostałej. W chwili obecnej dzieło to drukuje się na nowo staraniem Akademji Nauk.

### LAGRANGE

25 stycznia 1736—10 kwietnia 1813.

To wielkie dzieło »Mechanika analityczna« jest całe oparte na rachunku warjacyjnym, którego Lagrange jest twórcą.

DELAMBRE.

Józef Ludwik Lagrange urodził się w Turynie; przodkowie jego byli francuzami. Mając lat 19, został mianowany profesorem matematyki w Szkole Artylerji w Turynie. Metody analityczne, które zaczął ogłaszać od roku 1759, stały się przedmiotem sporów pomiędzy Eulerem, który je aprobował, a D'Alembertem, który je zwal-



czał. Euler postarał się natychmiast o mianowanie Lagrange'a członkiem Akademii Berlińskiej. Niebawem i D'Alembert nabrał lepszego wyobrażenia o zasługach naukowych Lagrange'a i wypowiedział to w liście, do niego pisanym w sprawie nagrody, którą przyznała Lagrange'owi Akademia Nauk za rozwiązanie zadania konkursowego o libracji Księżyca.

W rozwiązaniu tym oraz w «Rozprawach» ogłoszonych w r. 1780, Lagrange wykazuje, opierając się na prawie przyciągania powszechnego, że Księżyc jest elipsoidą o trzech osiach nierównych, z których największa skierowana jest zawsze ku środkowi Ziemi, tak iż zachodzi równość pomiędzy średnimi ruchami kątowymi: obrotu Księżyca dookoła jego najmniejszej osi i obiegu dookoła Ziemi, i że wielka oś jego może wykonywać jedynie drobne wahnięcia w obie strony prostej, która łączy jego środek ze środkiem Ziemi. Ponieważ libracja ta jest zaledwie widoczna, przeto Księżyc ukazuje nam zawsze tę samą stronę swej powierzchni. Księżyc wydaje nam się kolistym, albowiem dwie pozostałe jego osi różnią się zaledwie o 40 metrów.

Mając lat 28, Lagrange zajął poczesne miejsce pośród największych uczonych Europy i gdy, idąc za popędem sympatji dla Francji, przybył wówczas do Paryża, przyjęty został przez Clairauta i D'Alemberta z największemi

honorami. Po powrocie do Turynu, otrzymał w r. 1766 nagrodę, którą Akademia Nauk wyznaczyła była za najlepszą pracę, dotyczącą teorii księżyców Jowisza; w rozprawie swej rozpatruje on przyciągania wzajemne Słońca, Jowisza i czterech jego księżyców, oraz podaje równania różniczkowe ruchów tych ostatnich.

W ciągu lat 1764—1784 Lagrange ogłosił, w kwestji zmian wiekowych i perjodycznych ruchu planet, szereg znakomitych teorii, w których nadaje wielką ścisłość metodom przybliżonym.

W r. 1764, na propozycję Eulera i na zasadzie polecenia D'Alamberta, Lagrange został mianowany przez Fryderyka II-go dyrektorem Akademii Nauk w Berlinie i pozostał na tym stanowisku aż do śmierci króla w roku 1786. Mirabeau, który znajdował się podówczas w Berlinie, zaofiarował w imieniu króla francuskiego Ludwika XVI, pensję Lagrange'owi w razie, gdyby tenże zechciał zamieszkać w Paryżu: Lagrange, którego inni posłowie usiłowali ściągnąć na swe dwory, przyjął propozycję Mirabeau'a i zjechał do Paryża na początku roku 1787.

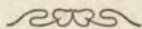
Podczas zamieszek rewolucyjnych zachował on prezydenturę komisji, zajętej ustanowieniem powszechnego i jednostajnego układu wag i miar, który miał być wyprowadzony z długości wahadła, bijącego sekundy na poziomie morza pod  $45^{\circ}$  szerokości geograficznej.

Komisja ta, ustanowiona dekretem konstytuanty z dnia 8 maja 1790 r., miała się składać z równej liczby członków: Akademji Nauk w Paryżu i Towarzystwa królewskiego w Londynie, lecz nie zebrała się wskutek wypadków politycznych.

Dekret z dnia 16 października 1793 zmuszał Lagrange'a, jako cudzoziemca, do opuszczenia Francji, atoli Guyton de Morveau skłonił Komitet dobra publicznego do powzięcia uchwały przenoszącej Lagrange'a w stan *rekwizycji* i polecającej mu kontynuowanie obliczeń, dotyczących teorii ruchu pocisków.

Wreszcie należał on w latach 1790—1799 do różnych komisji, którym poruczono ustanowienie Systemu metrycznego.

Arcydziełem Lagrange'a jest jego «Mechanika analityczna» (*Mécanique analytique*, 1788) w której wszędzie stosuje on swą metodę zmiany stałych dowolnych.



## VIII. MECHANIKA NIEBIESKA.

LAPLACE. — Teorja powstania Wszechświata podług Laplace'a. — Teorja powstania Wszechświata podług Kanta. — DE LA LANDE. — DELAMBRE. — System metryczny. — GAUSS — Funkcja perturbacyjna. — JACOBI. — Teorja Księżyca. — Metody przybliżenia Cauchy'ego.

### LAPLACE

23 marca 1749 — 5 marca 1827.

Nietylko połączył on w swoim Almageście XVIII wieku to wszystko, co nauki matematyczne i fizyczne już były wynalazły, a co stanowi podwalinę Astronomji; lecz dodał do tej nauki walne odkrycia, które są jego własnością, a które uszły były uwagi wszystkich jego poprzedników.

FOURIER.

Piotr Szymon Laplace urodził się w Beaumont-en Auge. Rodzice jego, zamożni rolnicy, dali mu możność odbycia gruntownych studjów klasycznych. Wyróżnił się on wiedzą i zręcznością na-przód w dysputach teologicznych; następnie, za-

smakowawszy w matematyce, udał się do Paryża, by przedstawić D'Alembertowi kilka własnych rozwiązań niektórych zadań z mechaniki. Ten ostatni, uderzony niepospolitością tych rozwiązań, postanowił zająć się Laplace'em i wyjednał dlań nominację na profesora matematyki w Szkole wojskowej. Rozprawy z rachunku różniczkowego, które Laplace przedstawił Akademii Turyńskiej w r. 1772, zwróciły nań uwagę świata uczonego i otworzyły mu następnego roku wrota Akademii Nauk. Prowadził on wykład matematyki w szkole Politechnicznej od samego jej założenia w r. 1794, mianowany został członkiem Biura Długości (Bureau des Longitudes) w chwili powstania tej instytucji w r. 1795 i Instytutu narodowego od daty zorganizowania tegoż w r. 1795.

Laplace zaczął od ogłoszenia badań z dziedziny Astronomii praktycznej. W r. 1797 w «Wykładzie Systemu Świata» (Exposition du Systeme du Monde) podał on w sposób jasny i bez rachunków wyjaśnienie zjawisk niebieskich. W walnym swym dziele, które ogłosił w ciągu szeregu lat 1799–1825 pod tytułem: «Traktat o Mechanice niebieskiej» (Traité de Mécanique céleste), zestawił on prace swych poprzedników i wyłożył liczne odkrycia astronomiczne, do których go doprowadziła analiza matematyczna.

Rachunki liczbowe, znajdujące się w tym dziele, uskutečnił przyjaciel jego Bouvard, który

w roku 1798 napisał cenioną rozprawę o zmianach wiekowych Księżyca i który w r. 1807 został dyrektorem Obserwatorium Paryskiego.

W przedmiocie postaci Ziemi *Maclaurin* był dowiódł, że elipsojda obrotowa, płynna i jednorodna, jest figurą równowagi, *D'Alembert* — że taka elipsoida ma dwie figury równowagi: *Laplace* nadał temu roztrząsaniu formę ostateczną, mianowicie w swych rozprawach z lat 1782 i 1817.

*Laplace* uzupełnił pracę *Lagrange'a* o libracji Księżyca, wykazując w rozprawach z lat 1786 i 1796, że ruchy obrotowe Księżyca dookoła Ziemi i dookoła jednej z jego osi posiadają odpowiadające sobie wzajemnie perturbacje wiekowe i, co za tym idzie, że satelita nasz zawsze będzie nam ukazywał tę samą stronę swej powierzchni. Rozprawy poprzednie wraz z temi, które wydał w latach 1799 i 1801 zawierają jego odkrycia, dotyczące teorii Księżyca. Dowiódł on, że obecnie Księżyc przybliży się do Ziemi, lecz że później będzie się od niej oddalał, i że te dwa przeciwne sobie ruchy będą się powtarzały nieograniczenie. Zważywszy, że perturbacje, których Księżyc doznaje od Słońca, zależą od wzajemnej odległości tych ciał, obliczył on odległość Ziemi od Słońca, znalazłszy przez obserwację wartość tych perturbacji, a na podstawie teorii — stosunek, zachodzący pomiędzy temi perturbacjami a odległością Słońca. — Odkrył w ruchu księżycowym dwie

różne perturbacje, wynikające ze spłaszczenia Ziemi, i wyprowadził z nich w latach 1782 i 1796 jedną i tę samą wartość tego spłaszczenia. Dzięki pracom swym nad Księżycem, ułożył dla tego ciała niebieskiego bardzo dobre tablice, pozwalające żeglarzowi wyznaczyć na morzu położenie statku względem południka paryskiego: tym sposobem oddał marynarce ważną przysługę.

Jego teoria przyływu i odpływu morza, zawarta w rozprawach z lat 1790 i 1818, pozwoliła mu obliczyć masę Księżyca i wykazać stałość mórz.

Z porównania obserwacji, dokonanych w ciągu kilku wieków, wnoszono, że średnie ruchy Księżyca i Jowisza odbywają się coraz to prędzej, i że ruch Saturna maleje, skąd wynika, że Księżyc przybliży się do Ziemi a Jowisz do Słońca, gdy tymczasem Saturn oddala się od tego ostatniego. Lagrange i Euler, podnieceni pytaniami, stawianymi przez Akademię Nauk, zajęli się zbadaniem tych perturbacji, które miały sprowadzić zniszczenie układu słonecznego; znakomite ich prace nie rozproszyły wątpliwości. Lecz Laplace wykazał, że zmiany prędkości tych trzech ciał niebieskich wahają się w ciasnych granicach. W rozprawie, odczytanej w Akademji Nauk w r. 1773, dał on następujące ważne twierdzenie: wielkie osi orbit, zakreślanych przez planety dokoła Słońca, nie mają nierówności wiekowych. Wreszcie wykazał w r. 1784, że układ słoneczny jest stały, opierając się na tym, że masa

planet jest drobna, że orbity ich mają nieznaczny mimośród, i że ruchy ich obrotowe odbywają się wszystkie w jednym kierunku.

W rozprawie z r. 1773 Laplace brał w rachubę jedynie pierwsze potęgi mas. W «Rozprawach Królewskiej Akademji Nauk w Berlinie» za rok 1776, Lagrange podał dowód tego samego twierdzenia, bardziej kompletny od dowodu Laplace'a. Z zupełną ścisłością dowiódł tego twierdzenia Poisson w r. 1809.

Uwzględniając to, że stosunek prędkości Saturna i Jowisza równy jest stosunkowi 2 do 5, Laplace dowiódł w latach 1785 i 1786, że w rachunku wzajemnych perturbacji tych ciał niektóre wyrazy, które można pominąć w innych analogicznych rachunkach, przybierają wartości bardzo znaczne, powodując perturbacje perjodyczne, trwające około 918 lat.

Przekonał się on, że perturbacje czterech księżyców Jowisza są analogiczne do perturbacji planet; ustanowił w latach 1788 i 1789 godne uwagi prawa ruchu tych ciał niebieskich.

W r. 1787 Laplace ogłosił pierwszą swoją rozprawę o pierścieniu Saturna. Sądząc, że pierścień ten może się utrzymać w takim tylko razie, jeżeli jest ożywiony szybkim ruchem obrotowym, znalazł on drogą rachunku w r. 1789, że pierścień wewnętrzny obraca się w ciągu 10 godzin 10 minut 36 sekund dokoła osi, przechodzącej przez



środek Saturna; w 5 lat potem W. Herschel wyprowadził ze swych obserwacji prawie tę samą liczbę. Laplace dowiódł w r. 1796, że działanie Saturna utrzymuje pierścień w płaszczyźnie równika, wreszcie zrobił uwagę, że, gdyby pierścień ten był prawidłowy, to równowaga jego byłaby niestała i w końcu wpadłby na Saturna.

Laplace, wykazując w r. 1823, że wskutek stygnięcia Ziemi długość doby nie zmieniła się od czasów Hipparcha nawet o jedną setną część sekundy, potwierdził teorię nieznacznego oziębiania się naszego globu, wypowiedzianą naprzód przez de Buffona w jego «Teorji Ziemi» (Théorie de la Terre, 1744—1749). Ponieważ prócz tego Laplace dowiódł, że oś ziemską przechodzić będzie zawsze przez jedne i te same punkty planety, przeto można stąd wywnioskować, że średni klimat danego miejsca pozostanie niezmiennym w ciągu szeregu wieków.



W pierwszym wydaniu «Wykładu Systemu Świata» (1796), Laplace naszkicował teorię powstania Wszechświata i wyłożył ją całkowicie w ostatnich wydaniach. Streścimy tę teorię.

Na początku Słońce było podobne do mgławicy, składającej się z jądra, otoczonego obłokiem, który zgęścił się na powierzchni. Rozciągając

tę hipotezę na gwiazdy, należy przypuścić, że przestrzeń wypełniona była początkowo obłokiem, nadzwyczaj rozrzedzonym. Mgławica słoneczna była wtedy atmosferą elipsoidalną, złożoną z warstw, obracających się z jedną i tą samą prędkością kątową, która wzrastała w miarę tego, jak oziębianie się zaciskało atmosferę i zgęszczało na powierzchni naszej gwiazdy stykające się ze sobą cząsteczki. Cząsteczki, położone u krańców atmosfery mgławicowej, odłączyły się, nie przestając krążyć dokoła jądra mgławicy, w postaci pierścieni pary; na ogół pierścienie te porozrywały się na części, które, skutkiem stopniowego kurczenia się, stały się planetami. Tym tłumaczy się nieznaczne pochylenie orbit względem równika słonecznego, nieznaczny mimośród tych orbit, pierwotnie kołowych, oraz kierunek obrotu. Z początku, materja mgławicowa planety, wskutek zachodzenia tych samych zjawisk, co i w mgławicy słonecznej, wytworzyła pierścienie, które, z wyjątkiem u jednego Saturna, porozrywały się, by utworzyć księżyce. Komety wreszcie nie należały pierwotnie do układu słonecznego, którego częścią stały się dopiero wtedy, gdy, wszedłszy w sferę działania tego układu, uległy jego wpływowi.



Powyższa teoria Laplace'a ma kilka punktów stycznych z teorią, daną przez Kanta w roku

1755; fakt ten jest tym bardziej znamieny, że zdaje się rzeczą pewną, iż Laplace nie znał poglądów, wypowiedzianych przez Kanta. Wydaje nam się rzeczą interesującą streścić te poglądy.

Wszystkie materjały, z których składają się ciała układu słonecznego, były z początku rozłożone na swe pierwotne składniki i wypełniały całkowicie przestrzeń, gdzie dzisiaj krążą. Stan dzisiejszy jest wynikiem przyciągania powszechnego i siły odpychającej, działającej na drobnuchne cząstki. Materja, skierowawszy się ku pewnemu środkowi, utworzyła w nim sferojdę mgławicową wirującą, która stanie się Słońcem. Części, odłączone od tej sferojdy, zgęszczają się i dają początek planetom, obracającym się dokoła Słońca w płaszczyznach, pochylonych nieznacznie względem jego równika. Porównywając gęstości Słońca i planet, podane przez de Buffona, Kant wykazuje identyczność budowy tych ciał niebieskich. Komety wytworzyły się w częściach sferojdy mgławicowej, położonych najbardziej nazewnątrz, składają się z materji bardzo subtelnej, jak tego dowodzą warkocze, obracają się dokoła Słońca w płaszczyznach, silnie pochylonych względem jego równika. Upodabniając stan początkowy planety Saturna do stanu komet, Kant wykazuje, że ciepło słoneczne wytworzyło dokoła tego ciała niebieskiego atmosferę, której natura jest analogiczna z naturą warkocza kometarnego; atmosfera ta, wskutek oziębienia się, przybrała kształt pierścienia, złożonego

z pasów spółśrodkowych i pooddzielanych skutkiem obrotu planety. Zauważmy, że o pasach rozdzielonych Kant mówi wtedy, gdy istnienie przerwy Cassini'ego nie było jeszcze znane.

Kant tłumaczy w sposób następujący pochodzenie ciepła słonecznego. Słońce, będąc kulą płomienistą, zawiera w sobie powietrze. W jego atmosferze wznoszą się chmury dymu, pochodzącego z materiałów, zniszczonych przez płomień; materiały te, wznosząc się, oziębiają się, spadają ponownie na płomień deszczem smoły i siarki i dostarczają mu nowego materiału.

W czasach Laplace'a oraz mniej więcej w ciągu całej pierwszej połowy XIX wieku astronomowie i matematycy z powodzeniem stosowali analizę matematyczną do różnych zadań, dotyczących układu Świata. Przedstawimy tu najbardziej wybitne prace z tej dziedziny.



Józef-Jerôme le François de La Lande (11 lipca 1732 — 4 kwietnia 1808), rodem z Bourg, członek Akademji Nauk w wieku lat 20, był obserwatorem zręcznym i gorliwym, uczonym profesorem Astronomji w Collège de France, autorem, którego pisma często zwracały na siebie uwagę publiczności i uczyniły imię jego popularnym za

życia; był on dyrektorem Obserwatorium Paryskiego, począwszy od roku 1795.

Przez lat 40 zajmował się Merkurym i dał cenną teorię tego planety.

5-go i 6-go maja zobaczył nowe ciało niebieskie, które wydało mu się ruchomym, które jednak zaliczył do kategorii gwiazd; przekonano się potem, że gwiazda ta nie była niczym innym, jak planetą Neptunem.

De la Lande ogłosił w ciągu lat 1764—1792 «Traktat Astronomji» (Traité d'Astronomie); w roku 1801 «Historję Nieba» (Histoire céleste), która zawiera obserwacje, dotyczące 47390 gwiazd, dokonane w Obserwatorium Szkoły wojskowej, i w roku 1803, kosztem Państwa, cenną «Biblijografię astronomiczną» (Bibliographie astronomique).



Jan Baptysta Józef Delambre (19 września 1749 — 19 sierpnia 1822), rodem z Amiens, oddał się początkowo literaturze i zaczął zajmować się Astronomją dopiero w wieku lat 36, słuchając kursu de La Lande'a, którego był najlepszym uczniem, zanim został następcą. Pierwszą pracą Delambre'a było obliczenie Tablic księżyców Jowisza, przyczym na podstawie 1500 zaćmień tych ciał oznaczył stałe, zawierające się we wzorach Laplace'a. W r. 1792 Tablice te zostały

nagrodzone przez Akademię Nauk i otworzyły jej wrota autorowi.

Biorąc za podstawę 34 najświetniejsze gwiazdy, skatalogowane przez Maskelyne'a, Delambre przy współudziale de Zach'a udoskonalił dawne Katalogi gwiazd. Razem z Piazzzi'm obliczył on metodami czysto astronomicznymi, refrakcje, i w sposób bardziej dokładny — poprzedzanie punktów równonocnych. Delambre, Piazzzi i Maskelyne otrzymali jedną i tę samą liczbę na pochyłość ekliptyki, pomimo że pracowali w różnych strefach i używali przyrządów różnych.

Delambre napisał ważną i cenioną «Historję Astronomji» (*Histoire de l'Astronomie*) i ogłosił 4 jej tomy w przeciągu lat 1817—1821.

Umierając, pozostawił w rękopisie dwa dzieła: «Historję Astronomji w wieku XVIII» (*Histoire de l'Astronomie au XVIII siècle*), którą wydał w roku 1827 L. Mathieu, i «Historję Pomiaru Ziemi» (*Histoire de la Mesure de la Terre*), którą p. G. Bigourdanowi udało się odtworzyć w całości, lecz która dotąd nie została jeszcze wydana.



Akademia Nauk postanowiła przyjąć za podstawę nowego Układu wag i miar ułamek długości południka ziemskiego, ponieważ jest to podstawa powszechna, zamiast długości wahadła, bijącego

sekundy, która nie jest jednakowa we wszystkich punktach Ziemi.

Zgodnie z tym słusznym postanowieniem, Rząd francuski poruczył w roku 1792 Delambre'owi i Méchain'owi zmierzenie długości łuku południka, zawartego między Dunkierką a Barceloną. Ci dwaj astronomowie napotkali wiele trudności przy dokonywaniu swych prac, a to z powodu stanu wrzenia, w którym znajdowała się podówczas Francja. Wykład metod, użytych przez Delambre'a i Méchain'a oraz przebieg rachunków, przez nich dokonanych, znaleźć można w rozprawie, wydanej przez Delambre'a w r. 1799 tudzież w trzutomowym dziele jego p. t. «Base du Système métrique décimal 1806, 1807 i 1810» (Podstawa Układu metrycznego dziesiętnego). Na dowód zgodności z prawdą złożył on w Biurze Długości wszystkie rejestra operacji i wszystkie przyrządy, któremi posługiwali się on sam i jego kolega. Wynikiem tej długiej i trudnej pracy były: dokładniejsza znajomość postaci Ziemi oraz niezniszczalna podstawa Układu metrycznego miar i wag, zaprowadzonego we Francji prawami z dnia 18 germinala roku III (7 kwietnia 1795) i 4 lipca 1837.

Piotr Franciszek Andrzej Méchain (1744—1804), rodem z Laon, odkrył kilka komet i obliczył ich orbity. Wybrany został na członka Akademii Nauk w roku 1782. Méchain, Cassini

i Legendre wyznaczyli w r. 1787 różnicę długości pomiędzy obserwatorjami: w Greenwich i w Paryżu, posługując się *kołem repetycyjnym*, świeżo podówczas wynalezionym przez Bordę. Méchain zamierzał prowadzić dalej pomiar południka paryskiego, aż do wysp Balearskich, ale podczas tej wyprawy umarł, padszy ofiarą swego poświęcenia, w Castillon de la Plana, 20 września 1804 r.

Henryk Wilhelm Mateusz Olbers (1758—1840), rodem z Arbergen, wioski, położonej w bliskości Bremy, rozpoczął w r. 1781 praktykę lekarską w tym mieście. W roku 1797 podał dobrą metodę analityczną i trygonometryczną obliczania orbit kometarnych, opartą na pewnym wzorze Eulera, a następnie odkrył kilka komet i 2 drobne planety. W roku 1810 wybrany został na członka korespondenta, a w r. 1829 na zagranicznego towarzysza Akademii Nauk.

John Brinkley (1763—1835), rodem z Woodbridge (w hrabstwie Suffolk), profesor Astronomii w Uniwersytecie Dublińskim, łączył zawsze w pracach astronomicznych obserwację z rachunkiem. Jego rozprawa z r. 1803 poświęcona jest porównaniu i ocenie rozmaitych metod, stosowanych do rozwiązywania zadania Keplera o wyznaczeniu położenia planety na orbicie. W roku 1810 proponował prostą i szybką metodę poprawiania skut-



ków refrakcji astronomicznej w rachunku odległości pozornych Księżyca od Słońca, ogłosił w r. 1815 badania nad tą refrakcją i przedsięwziął w 1818 wyznaczenie średniego ruchu perigeum Księżyca.

Jan Karol Burckhardt (1773—1825), urodzony w Lipsku, został w roku 1795 urzędnikiem Biura Długości, otrzymał w r. 1799 dyplom wielkiej naturalizacji i został członkiem Instytutu w r. 1804. Ułożył on dość dokładne Tablice Merkurego z uwzględnieniem perturbacji. Instytut wyznaczył mu w r. 1801 nagrodę za rozprawę o komecie z r. 1770; w pracy tej Burckhardt dowodzi, że kometa ta przestała być widzialną wskutek tego, że weszła w sferę działania Jowisza. W latach 1812—1816 ogłosił Tablice Księżyca, otrzymane metodą rachunku, odmienną od metody Laplace'a.



Karol Fryderyk Gauss (30 kwietnia 1777—23 lutego 1855) rodem z Brunświku, mianowany został w r. 1807 z rekomendacji Olbersa profesorem matematyki na Uniwersytecie w Gießenie i dyrektorem Obserwatorium tego miasta. W roku 1810 otrzymał nagrodę Lalande'a i został członkiem korespondentem Akademii Nauk w Berlinie; w roku 1803 Akademia Nauk w Paryżu wybrała go na swego członka korespondenta, a w roku 1820 na zagranicznego towarzysza. Pozyskał wielką

sławę odkryciami na polu wyższej matematyki. Słynne dzieło jego «Teorja ruchu ciał niebieskich» (Theoria motus corporum coelestium, 1809) zostało przetłomaczone na język francuski.



Ważną jest rzeczą, aby funkcja perturbacyjna mogła być rozwinięta na szereg, dogodny do zastosowania, a zarazem dostatecznie kompletny. Oto dlaczego analitycy poświęcili swe usiłowania tej doniosłej kwestji.

Począwszy od r. 1837 de Pontécoulant doprowadził ten szereg od wyrazów rzędu 3-go aż do 6-go. Chcąc rozwinąć na szeregi współrzędne eliptyczne planety, Bessel zbadał w r. 1824 funkcje przestępne, które Fourier napotkał był w r. 1822 w teorii ciepła.

Hansen ogłosił w 1831 badania nad perturbacjami wzajemnymi Jowisza i Saturna, a w roku 1843 obliczenie perturbacji bezwzględnych w eliipsach o dowolnych: mimośrodku i pochyleniu.

Zasady dynamiki, dowiedzione przez Lagrange'a dla rozwiązania zadania o trzech ciałach, zostały w latach 1834 i 1835 uzupełnione przez Hamiltona, który od roku 1827 był dyrektorem Obserwatorjum Dublińskiego, zaś nieco później przez doniosłe prace Jacobi'ego.



Karol Gustaw Jakób Jacobi (10 grudnia 1804—19 lutego 1851), urodzony w Poczdamie, był od r. 1827 do 1842 profesorem matematyki na Uniwersytecie Królewskim, następnie pobierał pensję od Akademii Nauk w Berlinie; w r. 1830 wybrany został na członka korespondenta, a w roku 1846 na zagranicznego towarzysza Akademii Nauk w Paryżu. Dał się poznać naprzód z dzieła, które napisał w Królewcu p. t. «Fundamenta nova Theoriae functionum ellipticarum» (Nowe podstawy teorii funkcji eliptycznych, 1829).

Jacobi podał w latach 1836 i 1837 metodę całkowania równań różniczkowych ruchu eliptycznego, ważną z punktu widzenia warjacji stałych. Zdołał on w r. 1844 sprowadzić zadanie o trzech ciałach do układu sześciu równań różniczkowych i do kwadratury, używając metody innej, aniżeli Lagrange, i uzupełnił w latach 1844 i 1845 badanie, przeprowadzone przez Eulera w przypadku, gdy wzajemne odległości trzech ciał pozostają w stosunkach stałych podczas całego trwania ruchu. Zauważmy, że jedynie w tym szczególnym przypadku umiemy całkować zupełnie równania różniczkowe zadania o trzech ciałach.

Jacobi podał w roku 1834, że masa płynna jednorodna, pozostaje w równowadze po przybraniu postaci elipsojdy o trzech osiach nierównych, gdy się obraca ruchem jednostajnym dokoła osi

stałej, i gdy prawo Newtona rządzi przyciągnięciem jej cząsteczek.



Ważną jest rzeczą przy wyznaczaniu długości ziemskich, znać dobrze ruchy Księżyca, którego teoria jest trudniejsza od teorii planet, ponieważ nierówności są liczniejsze dla Księżyca niż dla planet. To też po Burckhardt'cie zajęto się udoskonaleniem teorii naszego satelity.

Na podstawie samej tylko teorii przyciągania Damoiseau ułożył tablice, które zostały wydane w latach 1824—1828 kosztem Biura Długości.

Plana ogłosił p. t. «Théorie du Mouvement de la Lune» (Teoria ruchu Księżyca, 1832), wielkie dzieło, w którym nierówności są obliczone aż do 5-go rzędu, i które skłoniło innych matematyków do zajęcia się tą samą teorią.

Dla obliczenia nierówności Księżyca, Poisson podał w r. 1833 sposób, który jest niewystarczający do zbudowania teorii naszego satelity, lecz który zastosowano z pożytkiem do planet.

W roku 1838 Hansen otrzymał drogą prostą, przyjąwszy czas za zmienną niezależną, nowe wzory i zastosował je do ułożenia dobrych Tablic Księżyca.

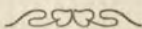


Aż do połowy, mniej więcej, wieku XIX-go, matematycy posługiwali się szeregami, bez uprzed-

niego zbadania, czy są one zbieżne, czy też rozbieżne, a zatem bez upewnienia się o tym, że się ma prawo robić z nich użytek. Stąd wynikała niedostateczność dowodzeń. Prócz tego, wyznaczanie współczynników liczebnych, dotyczących każdej perturbacji, było bardzo długie.

Cauchy w roku 1831 przedstawił Akademii Nauk w Turynie rozprawę o «Rachunku Granic» (Calcul des Limites), w której wykłada nowe metody, pozwalające nadać ścisłość dowodzeniom Mechaniki niebieskiej i znacznie skrócić rachunki. Ta rozprawa zawiera teorię warjacji stałych dowolnych, ogólniejszą i prostszą niż te, którymi posługiwano się do owego czasu. Powracając do tego zagadnienia, daje on w r. 1840 wzory, ułatwiające i skracające tak długie i mozolne rachunki, na które skazani są astronomowie; następnie w roku 1842 — całkiem nową teorię ruchów planetarnych, w której dochodzi do najodpowiedniejszej postaci rozwinięcia funkcji perturbacyjnej, zmniejszając znacznie liczbę przestępnych, które trzeba obliczyć.

Jego metody pozwoliły mu sprawdzić w ciągu kilku godzin wyniki, zawarte w rozprawie o ruchach planety Pallady — rozprawie, którą Le Verrier przedstawił Akademii Nauk w r. 1845, a której rachunki kosztowały autora kilka lat nieustannej pracy.



## IX. WYDOSKONALENIE ASTRONOMJI FIZYCZNEJ.

W. HERSCHEL. — Odkrycie planety przez W. Herschela. — Gwiazdy podwójne. — Mgławice. — Hipoteza Wilsona o budowie Słońca. — Fizyczna teorja Słońca podług Herschela. — Poszukiwanie i odkrycie planet między Marsem i Jowiszem. — PIAZZI. — F. ARAGO. — BESSEL. — Równanie osobiste. — Paralaksa gwiazdy. — Mgławice. — Ciepło słoneczne. — Teorja fizyczna Słońca podług J. Herschela.

### W. HERSCHEL

15 listopada 1738 — 25 sierpnia 1822.

Życie Herschela ma ten rzadki przywilej, że stanowi epokę w obszernej gałęzi Astronomji.

ARAGO.

Fryderyk William Herschel, rodem z Hanoweru, był trzecim synem z pośród dziesięciorga rodzeństwa. Ojciec jego był niezamożnym muzykantem. Młody William studjował sztuki piękne, język francuski, metafizykę, zanim udał się, w 21 roku życia, do Anglii, by się tam poświęcić karjerze

muzycznej. Po trzech latach, spędzonych w wielkim niedostatku, został zaangażowany na instruktora orkiestry pułkowej. W r. 1765 Herschel otrzymał posadę organisty w Halifax i, nie będąc już zmuszony walczyć z nędzą, zajął się uzupełnieniem swego wykształcenia, ucząc się sam języka włoskiego, a następnie geometrii i algebry, a to w celu zrozumienia matematycznej teorii muzyki R. Smitha. W roku 1766 został organistą kaplicy «ośmiokątnej» w Bath.

Pomimo że zajęcia obowiązkowe pozostawiały mu bardzo niewiele wolnego czasu, studjował optykę.

Dostawszy mały teleskop, został olśniony widokiem Nieba, a nie będąc dość zamożnym, żeby kupić większy przyrząd, sam zbudował sobie teleskop, mający 1,<sup>m</sup> 50 odległości ogniskowej, przez który zaczął w roku 1774 obserwować ciała niebieskie. Pierwszą jego obserwacją była obserwacja mgławicy Orjona. Przy pomocy większego jeszcze teleskopu, który zbudował później, odkrył w roku 1781 planetę. Odtąd, sławę lokalną, którą był pozyskał, jako muzyk, zastąpiła europejska sława astronoma. Jerzy III, przewidując, że obserwator tak zdolny przyczyni się do uświetnienia jego panowania, wyznaczył mu w r. 1782 pensję w kwocie 300 gwinei złotych i mieszkanie w pobliżu Windsoru, a w r. 1786 ofiarował mu drugą rezydencję w Slough, gdzie Herschel zbudował Obserwa-

torjum. Towarzystwo Królewskie w Londynie przyjęło go do grona swych członków w roku 1781, a za tym przykładem poszły główne Akademje Europy. Instytut uczynił to w r. 1802. Herschel zgaś bez cierpień w Slough, gdzie przez lat 41 poświęcał cały czas swój olbrzymim pracom astronomicznym.

Herschel zbadał starannie perjodyczne zmiany w blasku, które zachodzą w niektórych gwiazdach. W latach 1780 i 1791 zajmował się gwiazdą Mira Ceti i oznaczył jej okres na 331 dni.

W latach 1795—1796 zaobserwował, że  $\alpha$  Herkulesa jest gwiazda zmienną, której okres wynosi około 60 dni.

W roku 1783 Herschel, który, podobnie jak Halley i Cassini II, zauważył był ruch niektórych gwiazd, zrobił doniosłe odkrycie, stwierdzające ruch postępowy naszego układu słonecznego w kierunku ku pewnemu punktowi Niebios, któremu nadał nazwę apeksu (apex); z obserwacji swych, dokonanych w latach 1783 i 1805, wywnioskował on, że apeksem jest gwiazda  $\lambda$  w konstelacji Herkulesa. De Fontenelle, Bradley, T. Mayer wyrażali przypuszczenia podobne, a Lambert w swych «Listach kosmologicznych» (Cosmologische Briefe, 1761), wypowiedział myśl, że Słońce porusza się dokoła środka, znajdującego się w okolicy Orjona lub Syrjusza.

Z poszukiwań nad białymi plamami bieguno-



wemi Marsa Herschel wyprowadził w ciągu lat 1779—1784 pochyłość osi obrotu tej planety względem płaszczyzny jej orbity.

Jego potężny teleskop pozwolił mu odkryć w r. 1789 dwa inne księżyce Saturna i dostrzec w r. 1799 na pierścieniu Saturna protuberancje, zmieniające swe położenie; z tej zmiany położenia wywnioskował on w r. 1794, że pierścień obraca się w ciągu 10 godz. 32 min. 15 sek. dokoła osi, przechodzącej przez środek Saturna.

Herschel pierwszy wypowiedział zdanie, że Księżyc nie posiada atmosfery. Udoskonaliwszy metodę Heweljusza, zajął się on, począwszy od roku 1780, mierzeniem gór księżycowych i dał na ich wysokość liczby, bardzo mało różniące się od tych, które uważamy dziś jako ściśle.

Piękna kometa z r. 1811 stała się dlań punktem wyjścia do badań nad przyrodą komet.

Widmo słoneczne było również przedmiotem jego poszukiwań. De Rochon zauważył był w r. 1775, że ciepło w widmie słonecznym wzrasta od barwy fioletowej ku czerwonej; Herschel przekonał się w roku 1800, że własność ta sięga nieco poza obręb barwy czerwonej i wynalazł przyrząd, służący do mierzenia natężenia ciepła słonecznego, zwany *aktinometrem*.

Herschel wydoskonalił znacznie środki obserwacji przez zbudowanie potężnych teleskopów, z których najważniejszy, mający 12 metrów dłu-

gości i promień, równy  $0,^m 735$ , został zbudowany w ciągu lat 1785–1789. Za pomocą reflektorów mających  $2,^m 1$  długości, zdołał on otrzymać powiększenia, dochodzące do 6000 razy w średnicy. Tym sposobem teoria lunet, która podówczas była jeszcze niepewna, zrobiła dzięki niemu wielkie postępy.

W «Philosophical Transactions» znajduje się 71 rozpraw, ogłoszonych w okresie 1780—1818, dotyczących jego prac astronomicznych, a w «Rozprawach Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego w Londynie» (Mémoires of the Royal Astronomical Society) za rok 1822 znajdujemy spis połączeń 145 nowych gwiazd podwójnych.

Współpracownikami Herschela byli: brat Aleksander, doskonały mechanik, i siostra Karolina Lukrecja (1750—1848), która zasłużyła na tytuł astronoma zręcznością w układaniu i analizowaniu obserwacji, w wykonywaniu rachunków oraz odkryciem 7 komet. Mając lat 78, wydała ona w Hanowerze, dokąd powróciła w roku 1822, Katalog mgławic, zaobserwowanych przez brata.



13-go marca 1781, Herschel, za pomocą teleskopu, mającego  $2,^m 13$  długości i powiększającego 227 razy w średnicy, spostrzegł, przypatrując

się drobnym gwiazdkom u stóp Bliźniąt, ciało niebieskie, posiadające średnicę widoczną. Zawiadomił on o tym odkryciu Towarzystwo Królewskie w Londynie, wypowiadając przytym hipotezę, że nowe ciało niebieskie jest kometą. Później atoli, zarówno on sam, jak i Laplace, przekonali się, że ciało to porusza się po orbicie eliptycznej o małym mimośrodzie i zaliczyli je do rzędu planet, nadając mu imię *Uranus*. Z rachunków, dotyczących tej planety, wypadło, że widzieli ją: Flamsteed w r. 1690, T. Mayer w r. 1756 i Le Monnier w 1765, lecz uważali za gwiazdę.

Dzięki teleskopom, które nadają przedmiotom dużo blasku, Herschelowi powiodło się odkryć w roku 1787 dwa księżyce Urana; w roku 1788 ogłosił on, że ruch ich jest wsteczny. Księżyce te posiadają tę szczególną własność, że płaszczyzny ich orbit są prawie prostopadłe do ekliptyki.



Istnieją gwiazdy, które rozkładają się na dwie gwiazdy, gdy na nie patrzeć przez teleskop. Wygląd ten może pochodzić stąd, że aczkolwiek takie dwie gwiazdy znajdują się na bardzo różnych odległościach od nas, to jednak rzuty ich przypadają prawie w jednym i tym samym punkcie sklepienia niebieskiego. Chrystjan Mayer, zaznaczywszy w roku 1776 istnienie *gwiazd podwójnych*, orzekł

był natychmiast, że niektóre gwiazdy posiadają księżyce; hipoteza jego została wyśmiana. Herschel ogłosił w r. 1782 pierwszy swój Katalog gwiazd podwójnych i wykazał w r. 1802, że w wielu razach gwiazda, która wydaje się podwójną, stanowi rzeczywiście układ dwóch gwiazd, z których jedna obraca się dokoła drugiej. Wyznaczenie orbity, po której biegnie satelita gwiazdy głównej, jest dziełem obserwacji i rachunku. Znalazł on także gwiazdy wielokrotne.

W. Struve robił przez lat 10 w Obserwatorium Dorpackim pomiary mikrometryczne gwiazd podwójnych i ogłosił w roku 1837 w Petersburgu wyniki swych prac w dziele p. t. «Mensurae Micrometricae» (Pomiary Mikrometryczne), zawierającym cenne informacje, dotyczące położeń, odległości wzajemnych, barwy i względnego blasku 3112 gwiazd podwójnych lub wielokrotnych. Podzielił on gwiazdy podwójne na 8 klas wedle wartości ich wzajemnej odległości kątowej aż do 32".



Herschel nazwał *mgławicami* masy słabego światła, które widzimy na Niebie, i rozróżnił wśród nich *mgławice rozkładalne* i *mgławice nierozkładalne* — podług tego, czy widziane przez potężny teleskop, rozkładają się lub nie na oddzielne gwiazdy. Nazwał on *planetarnymi* mgławice, mające

kształt krążka. Messier wydał w roku 1784 Katalog 103 mgławic. Pierwszy Katalog mgławic Herschela wyszedł w roku 1786; razem wykazał on 2500 mgławic. Herschel sądził podówczas, że wszystkie mgławice mogą być rozłożone na gwiazdy; w roku 1791 przyjmuje on istnienie płynu, który sam przez się świeci w przestrzeni, ale w roku 1811, ogłaszając swą teorię przeobrażania się mgławic w gwiazdy, twierdzi na podstawie obserwacji, że istnieje nieznaną nam bliżej materja mgławicowa. Od roku 1784 do 1802 Herschel zajmował się badaniem Drogi Mlecznej oraz stawianiem hipotez co do jej wymiarów i granic i doszedł do przekonania, że składa się ona z nieprawidłowych gromad gwiazd, przyczym stwierdził za pomocą «sondowań» Nieba, że gwiazdy występują tym liczniej, im bardziej zbliżamy się do Drogi Mlecznej.



Wilson zaczął w grudniu 1769 badać zmiany postaci plam słonecznych w ciągu 14 dni, których plamy te potrzebują na przesunięcie się od jednego brzegu do drugiego. Z obserwacji tych wywnioskował on w r. 1774, że plamy słoneczne są to ogromne wklęsłości na powierzchni naszej gwiazdy. Zastanawiając się nad temi jak gdyby studniami stożkowemi o czarnym dnie, wykopanemi na Słońcu

i głębokimi, zdaniem jego, na  $\frac{1}{8}$  promienia ziemskiego, zapytuje on, czy nie należy czasem rozpatrywać Słońca, jako złożonego z dwóch rodzajów materji: z jądra ciemnego i z warstwy substancji rozżarzonej, otaczającej to jądro, przyczym plamy byłyby dziurami, wybijanemi w warstwie zewnętrznej przez wybuchy gazu, wytwarzającego się w ciemnym jądrze; porównywa on tę świecąca warstwę do silnie oświetlonego obłoku.



Herschel, uzupełniając poglądy Wilsona własnymi obserwacjami, wypowiedział w roku 1795 szereg następujących hipotez.

Słońce składa się ze stałego ciemnego jądra i z warstwy świecącej, która otacza to jądro, a którą sprężysty i przezroczysty ośrodek utrzymuje wysoko ponad tym ostatnim; ośrodek ten, na poziomie, o wiele niższym od górnej swej powierzchni, posiada warstwę materji mgławicowej. Skoro wybuch gazu rozedrze obie warstwy, natenczas warstwa mgławicowa, będąc silnie oświetlona z góry, odrzuca ku nam znaczną część światła i tworzy półcień, gdy tymczasem jądro stałe, zasłonięte warstwą mgławicową, wcale nie odbija światła. Stąd wynika, że plama jest zjawiskiem, wytworzonym przez wklęsłość stożkową, której czarne dno

należy do stałego jądra, zaś nawpół oświetlone boki należą do warstwy mgławicowej.

Warstwa mgławicowa nosi miano atmosfery odbijającej; warstwa zaś świecąca nazwana została przez Schrötera fotosferą.



Odkrycie planety przez W. Herschel'a zachęciło do poszukiwania planety między Marsem a Jowiszem.

Pierwsza myśl tych poszukiwań wyszła od Keplera, który w roku 1600 zwrócił uwagę na to, że prawo harmoniczne odległości planet od Słońca jest naruszone w przestrzeni między Marsem a Jowiszem.

Bode, ogłaszając prawo — które nosi jego imię, lecz które właściwie powinnyby się nazywać *prawem Titiusa* — określające odległości planet od Słońca, zwrócił uwagę na to, że pomiędzy liczbami, dotyczącymi Marsa i Jowisza, znajduje się liczba, której nie odpowiada żadna planeta.

We wrześniu 1800 r. de Zach porozumiał się z 5-oma innymi niemieckimi astronomami celem podziału zodiaku na strefy dla łatwiejszego poszukiwania planety, której istnienie podejrzrywano pomiędzy Marsem a Jowiszem. Jednakże pierwszym, który odkrył planetę, położoną w odległości, okre-

ślonej przez prawo Titiusa, był nie należący do powyższego grona astronom Piazzzi.

Piazzzi spostrzegł 1 stycznia 1801 roku nieznanne ciało niebieskie, które nazajutrz zmieniło miejsce. Lecz niebezpieczna choroba zmusiła go do przerwania obserwacji; gdy wyzdrowiał, wówczas, nie widząc już tego ciała, podał swe odkrycie do powszechnej wiadomości.

W r. 1802 Olbers w Bremie i de Zach w Gotha odnaleźli małą planetę, którą Piazzzi nazwał był *Cerera* na cześć urodzajności Sycylii.

Gauss i Burckhardt obliczyli orbitę i perturbacje planety Cerery.

W. Herschel i Schröter, przy pomocy potężnych teleskopów, usiłowali oznaczyć jej średnicę pozorną.

Olbers, obserwując w dalszym ciągu strefę, gdzie się znajduje Ceres, odkrył tam dwie inne drobne planety: *Palladę* w r. 1802 i *Westę* w r. 1807.

Harding odkrył w r. 1804 w tej samej strefie niebieskiej drobną planetę Junonę.

Olbers wypowiedział zdanie, że te cztery drobne planety są odłamami większej planety, która uległa strzaskaniu. Lagrange, przyjąwszy ten pogląd, obliczył siłę wybuchową, zdolną wywołać rozpadnięcie się planety.

W roku 1845 Hencke odkrył w Driesen piątą drobną planetę między Marsem a Jowiszem, a w r. 1847 — szóstą.



Hind odkrył dwie w r. 1847 i 8 w okresie od 1850 do 1854.

Z końcem roku 1854 znano 33 takie drobne planety.



Giuseppe Piazzi (16 lipca 1746 — 22 lipca 1826) rodem z Ponte w Valteline, opat zakonu Teatynów, został w r. 1780 profesorem Matematyki wyższej w Palermie i spędził większą część życia w Obserwatorjum, które założył w tym mieście w roku 1789. Dozorował on budowy Obserwatorjum, które wzniesiono w Neapolu w roku 1817, był potym dyrektorem tegoż Obserwatorjum i umarł w nim. W roku 1803 został wybrany na członka korespondenta, a w roku 1817 na zagranicznego towarzysza Akademii Nauk w Paryżu.

Odkrycie Cerery nie jest dla Piazziego jedynym tytułem do sławy; astronom ten wydał katalog 6784 gwiazd, których położenia dane są na rok 1800; najpoprawniejszym jest wydanie z r. 1814. W roku 1802 dokonał z powodzeniem obserwacji nad zmianą pochyłości ekliptyki, a w roku 1805 — badań nad paralaksą roczną kilku gwiazd głównych.



**F. ARAGO**

26 lutego 1786 — 20 października 1853.

Arago dążył zawsze do jednego celu, mianowicie: do uogólnienia poglądów, do powiązania w jeden łańcuch zjawisk, które długi czas wydawały się odosobnionymi, do podniesienia myśli ku najnieodostępniejszym dziedzinom filozofji przyrody.

HUMBOLDT.

Dominik Franciszek Jan Arago, rodem z Estagel (Pireneje Wschodnie), przyjęty został pierwszym do Szkoły Politechnicznej, pomimo że do egzaminu wstępnego przygotował się sam o własnych siłach. Nie upłynął jeszcze drugi rok od jego wstąpienia do tej szkoły, gdy został mianowany (1805) sekretarzem Biura Długości na przedstawienie Laplace'a.

Na początku roku 1806 Napoleon I wysłał Arago'a i Biota do Hiszpanji w celu prowadzenia dalej, wspólnie z komisarzem hiszpańskim Rodriguez'em, triangulacji, przedsięwziętych przez Méchain'a. Arago rozpoczął operacje pod Walencją razem z Biotem i poprowadził je dalej sam między wyspami Majorką i Formenterą, gdy Biot w połowie stycznia 1808 r. powrócił do Francji. Z powodu wojny, która toczyła

się podówczas pomiędzy Francją a Hiszpanją, Arago napotkał niemało trudności przy wypełnianiu swej misji. Uwięziony na wyspie Majorce i zamknięty w twierdzy, w której odwiedzał go jeden tylko Rodriguez, zdołał zbiec i wylądował 3 sierpnia w Algierze. W 10 dni potem opuszczał to miasto na statku, który miał go wysadzić w Marsylii. Ale statek ten został wzięty do niewoli przez korsarzy hiszpańskich, a pasażerowie odstawieni do Rosas. Arago, uwięziony naprzód w twierdzy miejscowej, został następnie przeniesiony do portu Palamos i zamknięty na pontonie. Uwolniony na rozkaz rządu hiszpańskiego, odpłynął 28 listopada znowu do Marsylii na statku, który wskutek silnego mistralu zmuszony został 5 grudnia przybić do brzegu w Bougie. Stamtąd, razem z oddziałem marynarzy maurytańskich, Arago udał się do Algieru, dokąd przybył 25 grudnia, cudem prawie uniknąwszy śmierci po drodze. Nareszcie 21 czerwca wsiadł na statek, który stanął w Marsylii 2 lipca. Wstąpiwszy do Perpignan dla odwiedzenia matki, Arago udał się do Paryża, by złożyć w Biurze Długości i w Akademii Nauk notatki, które udało mu się zachować wśród niebezpieczeństw i przygód swej długiej wyprawy.

18 września 1809 Akademia Nauk przyjęła go do swego grona mimo młodego bardzo wieku, oddał był już bowiem wiedzy poważne usługi;

istotnie, odznaczył się był pracami z dziedziny fizyki, obserwacjami, które robił wraz z Bouvard'em w celu sprawdzenia praw libracji Księżyca, obliczeniem orbit kilku komet, ułożeniem Tablicy refrakcji i wreszcie triangulacją, która przedłużyła pomiar południka francuskiego aż do wyspy Formentera.

W końcu roku 1809 Arago został mianowany astronomem przy Obserwatorjum Paryskim z prawem zamieszkiwania tamże. Razem z Biotem wziął udział w komisji, która wyznaczyła w roku 1807 różnicę pomiędzy długościami Obserwatorjów: w Greenwich i w Paryżu. W r. 1843 został dyrektorem Obserwatorjum i wyposażył tę instytucję w udoskonalone przyrządy Gambey'a. W ciągu lat 1841—1846 miewał wykłady, które ściągały liczne i różnorodne audytorjum, a których rysy najbardziej wybitne odnaleźć można w jego «Astronomji popularnej» [Astronomie populaire (1834)]. Zostawszy sekretarzem dożywotnim Akademji Nauk 7 czerwca 1830, Arago poświęcił się uważnemu rozbiorowi prac, przedstawianych Akademji, oraz redagowaniu szkiców biograficznych w Roczniku Biura Długości (Annuaire du Bureau des Longitudes). Gdy odczytywał te ostatnie podczas publicznych posiedzeń, słuchano go ze wzruszeniem, są bowiem pełne najszlachetniejszych myśli. Te szkice są ważne bardzo dla historii wielkich odkryć, ponieważ zawierają zawsze wszystko, co było

zrobione aż do czasów uczonego, którego prace autor przedstawia; posiadają one dużą powagę, albowiem wszystkie sądy są w nich wydawane z wielką bezstronnością. Arago zachował swój urząd po zamachu stanu 1852, gdyż Napoleon III zwolnił go od obowiązku przysięgi. Następnego roku umarł w Paryżu, pozostawiając po sobie żal w szerokich kołach publiczności, której sympatię pozyskał szeregiem prac popularnych: «był on bowiem, jak powiada M o u c h e z, najpotężniejszym promotorem wiedzy, najpierwszym i zarazem największym popularyzatorem swego wieku».

Ar a g o, który sądził, że Słońce może być zamieszkane, streścił to, co wiedziano za jego czasów o budowie fizycznej tego ciała niebieskiego, w szkicu naukowym, przeczytanym w Instytucie 25 października 1851 roku; widzimy z niego przede wszystkim, że przyjęta podówczas teoria Słońca była jeszcze w gruncie rzeczy teorią W. H e r s c h e l'a. Podczas całkowitych zaćmień Słońca w latach 1850 i 1851 Ar a g o obserwował wielkie czerwone płomienie, zwane *protuberancjami*, które ukazują się dokoła konturu Księżyca w chwili całkowitego pokrycia tarczy słonecznej, a o których pierwszą wiadomość podał był H e r s c h e l w 1842. Ar a g o zrobił wtedy uwagę, że z chwilą, gdy istnienie ich zostanie dowiedzione, trzeba będzie dodać jeszcze jedną atmosferę do dwóch, które już znamy, t. j. do atmosfery odbijającej

i do fotosfery; stwierdził on, że nie można jeszcze wytłomaczyć w sposób zadowalający przyrody *korony* świecącej, która otacza Księżyc w chwili całkowitego pokrycia, ani też promieni i kiści, które rozciągają się poza tę koronę. Przekonawszy się, że ciała stałe i płynne w stanie rozżarzenia wysyłają światło spolaryzowane ukośnie, płomienie zaś dają zawsze światło naturalne, robi on uwagę, że światło słoneczne nie bywa nigdy spolaryzowane, i stąd wnioskuje, że powierzchnia świecąca jest, zgodnie z przypuszczeniem *Wilsona*, płomieniem gazowym, zawierającym w stanie zawieszenia rozżarzone cząsteczki stałe; stwierdza przytym, że plamy słoneczne wywierają wpływ na zmiany dzienne igły magnesowej.

Zdaniem *Arago*'a, budowa fizyczna fotosfer jest identyczna u Słońca i u gwiazd; migotanie gwiazd jest zjawiskiem, wynikającym z interferencji bliskich sobie promieni świetlnych, przechodzących przez warstwy powietrza o gęstości niejednakowej.



Fryderyk-Wilhelm *Bessel* (23 lipca 1784 — 17 marca 1846), rodem z *Minden* w *Westfalji*, poświęcił się początkowo zajęciom handlowym, które porzucił w r. 1805, by wejść w charakterze asystenta do Obserwatorium w *Lilienthal* pod

Bremą i oddać się tam pracom astronomicznym pod kierunkiem Schrötera, któremu został polecony przez Olbersa. Mianowany w 1810 profesorem Astronomji w Królewcu, kierował on w 1812 budową nowego Obserwatorjum w tym mieście. Dzieło jego p. t. «Fundamenta Astronomiae» (1818) zawiera katalog 36 gwiazd głównych, odniesionych do równika i do punktu równonocnego wiosennego. W latach od 1821 do 1833 robił on obserwacje pomiędzy  $15^{\circ}$  zboczenia południowego, a  $45^{\circ}$  zboczenia północnego, celem oznaczenia położeń 62500 gwiazd aż do 9-ej wielkości. W r. 1812 został członkiem zagranicznym Akademji Nauk w Berlinie; w roku 1816 członkiem korespondentem, a w 1840 towarzyszem zagranicznym Akademji Nauk w Paryżu. W celu uprzystępnienia wiedzy szerszemu ogółowi, miewał w Królewcu wykłady publiczne, które Schumacher wydał p. t. «Populäre Vorlesungen» (1848). [Odczyty popularne].



Bessel i Schumacher dali metodę, opartą na rachunku prawdopodobieństwa, umożliwiającą otrzymanie niezmiernie wielkiej dokładności w obserwacjach. Bessel wprowadził w r. 1823 poprawkę błędu osobistego, zwaną *równaniem osobistym*, t. j. poprawkę części stałej błędu, jaki

8\*

popętnia dany astronom we wszelkiego rodzaju obserwacjach. Gauss w r. 1835 zajmował się również równaniem osobistym.



Bessel rozwiązał trudne zadanie wyznaczenia paralaksy gwiazdy. Rozwiązania tego zadania szukali napróżno: Galileusz, który ogłosił w r. 1632 metodę, zmierzającą do tego celu, Hooke w 1669, Flamsteed w 1689, Bradley w 1725, W. Herschel, który w r. 1782 udoskonał metodę Galileusza. Zadanie to jest bardzo ważne, pozwala bowiem obliczyć odległość gwiazdy od Ziemi. Bessel oznaczył w roku 1838 paralaksę gwiazdy 61 Łabędzia, dzięki doskonałemu heljometrowi, zbudowanemu w 1829 przez Fraunhofera. W. Struve, który pierwszy uczynił metodę Galileusza praktyczną, otrzymał w r. 1840 paralaksę  $\alpha$  Liry.



Po W. Herschel'u nazwano *gromadami* lub *układami gwiazd* masy świetlne, dające się rozkładać, zachowując miano *mgławic* dla mas świetlnych, nie dających się rozkładać. Oprócz mgławic planetarnych, odróżniono *mgławice eliptyczne*, ma-



jące kształt mas wydłużonych, rozrzedzonych po brzegach, i *mgławice nieprawidłowe* o kształtach rozmaitych, często dziwacznych. Od r. 1845 do 1850, W. Parsons hrabia de Rosse, za pomocą zbudowanego przez siebie potężnego teleskopu o otworze 1,<sup>m</sup> 83, odkrył 14 mgławic spiralnych.



De Saussure w r. 1788 wykonał na górze Mont-Blanc szereg doświadczeń, żeby oznaczyć natężenie ciepła słonecznego, i pierwszy zbudował przyrządy, mające na celu zużytkowanie tego ciepła.

J. Herschel podczas pobytu swego na Przylądku Dobrej Nadziei w latach 1834—1838 i Pouillet w Paryżu w 1838 otrzymali prawie jedną i tę samą liczbę, jako wartość natężenia promieniowania słonecznego, przyczym pierwszy używał aktinometru, wynalezione go przez swego ojca, drugi zaś posługiwał się zbudowanymi przez siebie *pirheljometrami*. Według Pouilleta liczba 1,7633 przedstawia, w kalorjach, wartość *stałej słonecznej*, czyli tej ilości ciepła, którą otrzymuje od Słońca w ciągu minuty centymetr kwadratowy powierzchni, znajdującej się na krańcach atmosfery. Słońce dostarczałoby nam tej ilości ciepła gdyby powietrze nie pochłaniało wcale padających promieni. Później otrzymano wartości stałej słonecznej

wyższe od przytoczonej. Tak np. I. D. Forbes znalazł liczbę 2,85 w r. 1842 na szczycie Faulhornu (Alpy berneńskie).

Wypowiedziano kilka rozmaitych przypuszczeń co do przyczyn ciepła słonecznego.

Robert Mayer twierdzi w r. 1848, że ciepło Słońca jest podtrzymywane przez aerolity, które spadają na to ciało niebieskie z olbrzymią prędkością i których siła żywa zamienia się na ciepło i światło. Myśl ta została zresztą wypowiedziana już przez Kanta w r. 1754, lecz nie zwróciła na siebie uwagi.

Helmholtz wypowiedział w r. 1854 przypuszczenie, że Słońce kurczy się skutkiem skraplania się i zestalania się jego masy gazowej; ilość ciepła, wytwarzanego przez to kurczenie się Słońca, wynagradza stratę, wynikającą z promieniowania; proces kurczenia się jest bardzo powolny, albowiem średnica pozorną Słońca zmniejsza się zaledwie o 1 sekundę w ciągu 9000 lat.



J. Herschel przyjmuje teorię fizyczną Słońca, podaną przez swego ojca, uzupełniając ją w sposób następujący w rozprawie z r. 1847 i dziele p. t. «*Outlines of Astronomy*» (Zarysy Astronomji, 1849). Czarne punkty, znajdujące się w wol-

nej od plam części tarczy słonecznej i zmieniające się ustawicznie, należy przypisać świecącemu ośrodkowi, pływającemu w przezroczystej nie świecącej atmosferze; zaś kreski świecące, zwane *pochodniami*, znajdujące się w sąsiedztwie dużych plam, są to grzbiety olbrzymich fal w świecących strefach atmosfery słonecznej.



## X. GIEODEZJA.

Francja dała inicjatywę do prac geodezyjnych, podejmując pomiar łuków południkowych i równoleżnikowych. Następnie Cassini III, który od r. 1744 kierował wraz z D. Maraldim zdejmowaniem planu terytorjum francuskiego przy pomocy wielkich trójkątów, opartych o południk paryski, kazał rozpocząć rytowanie «Mapy Francji» (1750—1793), która nosi jego imię. W nagrodę za te pożyteczne prace Ludwik XV posłał Cassiniemu w r. 1771 dyplom generalnego Dyrektora Obserwatorjum paryskiego; ten godny uwagi dokument został wydrukowany po raz pierwszy w roku 1895 w rozprawie p. L. Drapeyrona. Później, Biot i Arago prowadzili w dalszym ciągu pomiar południka paryskiego w Hiszpanii; wreszcie rząd kazał sporządzić «Mapę Francji Sztabu Generalnego» (Carte de France de l'Etat-Major) Korpusowi inżynierów-geografów do pomiarów ziemskich, oraz Komisji do pomiarów astronomicznych, której początkowo przewodniczył Laplace; czynności rozpoczęły się 1 kwietnia 1818.

Triangulacja Wysp Brytańskich, rozpoczęta przez Roy'a w roku 1784, została zakończona w 1802 r. zmierzeniem łuku południka; opiera się ona na licznych obserwacjach astronomicznych, które nadają jej wielką wartość z punktu widzenia ogólnego wyznaczenia postaci Ziemi. Triangulacją Indji angielskich kierowali: od 1802 do 1823 Lambton, zaś od 1823 do 1843 G. Everest.

W Danji Schumacher podał w r. 1817 program prac geodezyjnych, a Hansen przeprowadził w r. 1821 triangulację Holsztynu.

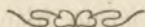
Pierwszej triangulacji Niderlandów dokonał w okresie 1802—1814 Kraenhof, który ogłosił w Hadze w r. 1827 opis historyczny swych operacji geodezyjnych.

W r. 1810 rozpoczęto triangulacje w Bawarii i w Palatynacie, a w r. 1818 w pozostałej części Niemiec. W latach 1821—1824 Gauss zmierzył łuk południka między Gietyną i Altoną oraz łuk równoleżnika w Hanowerze, używając metod oryginalnych i wynalezionej przez siebie przyrządu — *heljotropu* do wizowania odległych wierzchołków trójkątów.

W Rosji pracami geodezyjnymi kierowali W. Struve od r. 1816 i T. F. Schubert od r. 1820.

We Włoszech, triangulacja w celu wyznaczenia łuku południka między Rivoli a morzem Adrjatyckim została rozpoczęta w r. 1785 przez Oriani'ego,

prowadzona dalej w 1803 przez Puissanta i ukończona w r. 1811 przez Korpus inżynierów-geografów francuskich. Inną triangulację przedsięwzięto w latach 1821—1827 w celu zmierzenia równoleżnika  $45^{\circ}$ , który biegnie przez Sabaudję i Piemont; atoli wyniki operacji geodezyjnych, które przedstawiały w Alpach wielkie trudności, nie zgodziły się z wynikami obserwacji astronomicznych Carliniego i Plany; ten ostatni przypisuje otrzymane różnice nieprawidłowości w gęstości warstw ziemskich w łańcuchu Alp.



## XI. METEOROLOGJA.

Obserwacje w Paryżu.—Wpływ Księżyca na pogodę.—Rudy miesiąc.

Obserwacje meteorologiczne Obserwatorium paryskiego rozpoczęto w r. 1666; zreorganizowano je w r. 1785, przerwano podczas Rewolucji i prowadzono regularnie, począwszy od r. 1804.

Cassini IV, któremu zawdzięczamy reorganizację z r. 1785, położywszy w rozprawach swych nacisk na potrzebę robienia obserwacji meteorologicznych, dodaje: «Jedynie robiąc obserwacje ciągłe, staranne i szczegółowe aż do drobiazgowości, można będzie odkryć kiedyś pewne prawa, pewne okresy, których znajomość przedstawiać będzie ogromny interes dla rolnictwa, medycyny...»

Termometr został wynaleziony przez Galileusza około r. 1603, lecz dopiero w r. 1658 I. Bouilliaud zaczął robić w Paryżu obserwacje termometryczne. Obserwacje te stały się dokładnymi od r. 1671, gdy D. Cassini zamieszkał w Obserwatorium paryskim; od r. 1669 do 1754 robili je kolejno P. de la Hire, syn jego, F. Maraldi i de Fouchy.

Jednocześnie astronomowie ci robili obserwacje pluwiometryczne, które P. de la Hire rozpoczął był w r. 1689 i które przerwano po r. 1754.

Oba rodzaje obserwacji zaczął robić na nowo w r. 1773 Jeaurat, który prowadził je aż do roku 1798; po nowej przerwie w tym ostatnim roku, robili je od r. 1803 kolejno: Bouvard Arago i Le Verrier.

Począwszy od r. 1830 obserwacje temperatury osiągnęły większy stopień ścisłości wskutek wprowadzenia nowych termometrów, zbudowanych przez Réaumura.

Zaraz po wynalezieniu *barometru* przez Torricellego w r. 1643 przekonano się, że wysokość barometryczna bywa bardzo zmienna w strefach umiarkowanych i prawie stała w strefie podrównikowej.

Od bardzo dawna obserwowano w Paryżu ruchy *igły magesowej*, znanej we Francji już około roku 1260.

Zboczenie igły magesowej było wschodnie w roku 1580; igła znajdowała się w płaszczyźnie południka w r. 1666, poczym zboczenie jej stało się zachodnim i pozostawało takim aż do r. 1819, w którym wynosiło  $22^{\circ} 30'$ ; do r. 1825 igła odchyliła się bardzo nieznacznie od tego położenia, a od r. 1825 zaczęła posuwać się ku wschodowi. Obserwacje nad zboczeniem magnetycznym w Obserwatorium paryskim zaczął robić Picard w r. 1667.



Nachylenie igły magnesowej zmniejsza się w Paryżu, począwszy od r. 1671.

Ruchy igły magnesowej odbywają się za sprawą siły magnetycznej, której siedliskiem jest Ziemia; natężenie tej siły mierzymy za pomocą przyrządu, wynalezionego przez Gaussa i mającego tę cenną własność, że na wskazania jego nie wpływa temperatura.

Borda zaznaczył możliwość dojścia do przepowiadania pogody; Lavoisier, przyjąwszy ten pogląd, pisał: «Jest prawie zawsze rzeczą możliwą przepowiedzieć z wielkim prawdopodobieństwem pogodę na jeden lub dwa dni naprzód». W tej myśli przedsięwziął on szereg prac meteorologicznych, które po jego śmierci prowadził dalej Lamarck aż do roku 1809. Dodajmy jeszcze, że Monge ogłosił w roku 1790 ciekawą rozprawę o przyczynach głównych zjawisk meteorologicznych.



Wpływ księżyca na pogodę stał się przedmiotem poszukiwań astronomów i meteorologów.

Toaldo podał w roku 1770 liczbę 0,<sup>mm</sup>46, jako różnicę pomiędzy średnimi wysokościami barometru w czasie syzygów a kwadratur, na podstawie długiego szeregu obserwacji, robionych w Padwie przez Poleni'ego. Bouvard otrzymał

później na tę różnicę liczbę  $0,^{\text{mm}}69$ . Flaugergues w Viviers (dep. Ardèche) robił od r. 1806 do r. 1828 obserwacje barometryczne, z których wynika, że różnica powyższa wynosi  $0,^{\text{mm}}42$ .

De Lamarck usiłował ustanowić związek pomiędzy zmianami pogody a odmianami Księżyca.

Toaldo otrzymał następujące wyniki, zgodne zresztą z poglądami szerokiej publiczności. Zmiany pogody dochodzą do maksimum, gdy księżyc jest na nowiu, lub też gdy się znajduje w perigeum; osiągają one swe minimum przy pierwszej i ostatniej kwadrach, ale skutki, wytwarzane podczas kwadr, ulegają zakłóceniom, gdy Księżyc znajduje się w apogeum.

Pilgram, opierając się na obserwacjach, robionych w latach 1763—1787, znalazł, że zmiany pogody występują słabiej podczas nowiu, niż w innym czasie, co sprzeciwia się wynikom, otrzymanym przez Toaldo'a.

Olbers nie twierdzi, że Księżyc nie wywiera żadnego wpływu na zmiany pogody, i nie uważa za niemożliwe, że Księżyc i Słońce wytwarzają w atmosferze skłonność do silnych poruszeń.

Arago, stwierdziwszy, że obserwacje Toaldo'a, Bouvard'a i Flaugergues'a dają różnicę pomiędzy średnimi wysokościami barometru w czasie syzygjów a kwadratur, dochodzi do wniosku, że Księżyc wywiera w naszym klimacie bardzo nieznaczny wpływ na atmosferę i że istnieją zmiany

barometryczne, odpowiadające rozmaitym odmianom Księżyca; ale w końcu swych wywodów powiada, że przyczyną tych zmian nie jest przyciąganie Księżyca na naszą atmosferę i że przyczynę tę należy dopiero odkryć.

Gustaw Schübler (1787—1834), rodem z Heilbronn (Wirtembergja), profesor w Uniwersytecie w Tybindzie, ogłosił w r. 1830 dzieło, w którym z analizy obserwacji, robionych przez lat 28: w Monachjum od 1781 do 1786, w Stuttgarcie od 1809 do 1812, w Augsburgu od 1823—1828, wyprowadza wniosek, że Księżyc wywiera na naszą atmosferę wpływ, który charakteryzuje on dla Niemiec w sposób następujący. Im bliżej Ziemi znajduje się Księżyc, tym większe są szanse deszczu; deszcz spada częściej ku końcowi drugiego oktantu, aniżeli w jakimkolwiek innym czasie miesiąca księżycowego; najmniejsze szanse deszczu przypadają między ostatnią kwadrą a 4-ym oktantem; wiatry południowe i zachodnie stają się coraz to częstszymi, począwszy od nowiu aż do drugiego oktantu; wiatry wschodnie i północne dmą częściej podczas ostatniej kwadry, aniżeli w innym czasie.

Piotr Gilles Honorjusz Antoni Flaugergues (1755—1830), pochodzący z rodziny, której gniazdo znajduje się w prowincji Rouergue (du Rouergue), zaczął od roku 1784 zajmować się obserwacjami astronomicznymi i meteorologicznymi. Spędziwszy

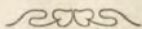
czas pewien w Aubenas, został mianowany 1 grudnia 1795 sędzią pokoju w Viviers, a w roku następnym członkiem korespondentem Instytutu. Flaugergues ogłosił, nie wiedząc, że jest znana, metodę Horrebow'a wyznaczania szerokości geograficznej. Skromne jego Obserwatorium w Viviers istnieje jeszcze, lecz służy za skład narzędzi ogrodniczych.



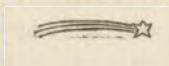
Wedle bardzo rozpowszechnionego mniemania, podczas lunacji, która, zaczynając się w kwietniu, osiąga pełni swej bądź w końcu tego miesiąca, bądź w ciągu maja, jeżeli tylko chmury nie zatrzymują światła księżycowego, młode pędy roślin marzną i *rudzieją*, pomimo że termometr w atmosferze wskazuje kilka stopni ciepła. Lunacja ta nosi nazwę *Rudego Miesiąca*.

Otóż, umieszczając bardzo czułe termometry w ognisku największych soczewek i najpotężniejszych reflektorów, skierowanych na Księżyc, nie dostrzeżono nic takiego, coby mogło skłonić do przypuszczania, że światło tego ciała niebieskiego posiada jakąś moc oziębiającą. W. Wells wykazał w dziele p. t. «An Essay on Dew» (Studjum nad rosą, 1814), że ciała, umieszczone na powierzchni Ziemi, mogą, gdy niebo jest jasne, przybierać nocą, nawet poza wypadkiem szybkiego parowania,

temperaturę, odmienną od temperatury otaczającej atmosfery. A r a g o wynioskował stąd w r. 1827, że w kwietniowe i majowe noce, gdy temperatura atmosfery jest wyższa od  $0^{\circ}$ , a niższa od  $6^{\circ}$  C. i gdy niebo jest jasne, temperatura roślin może spaść poniżej  $0^{\circ}$ , i że zjawisko to nie następuje, jeżeli niebo jest zachmurzone. Otóż, zależnie od tego, czy niebo jest jasne, czy też zachmurzone, Księżyc świeci lub jest zasłonięty. Mają więc rację ogrodnicy, gdy twierdzą, że oziębienie odpowiada widzialności Księżyca, ale błędzą, przypisując to oziębienie wpływowi Księżyca, zauważono bowiem, że rośliny marzną w noce kwietniowe i majowe nawet i wtedy, gdy Księżyc znajduje się pod poziomem, gdy niebo jest jasne, a temperatura atmosfery zawiera się pomiędzy  $0^{\circ}$  a  $6^{\circ}$  C.



## OKRES WSPÓŁCZESNY.



### XII. POSTĘPY W METODACH MECHANIKI NIEBIESKIEJ.

Różne teorie. — CAUCHY. — DELAUNAY. — LE VERRIER. —  
Odkrycie planety przez Leverriera. — Poszukiwanie planet intra-  
merkurjalnych. — AIRY. — ADAMS. — YVON VILLARCEAU.

Po pracach Hansena, dotyczących Księżyca, astronomowie przekonali się, że dla wydoskonalenia teorii naszego satelity potrzebne są nowe wysiłki, albowiem granice dokładności zaczęły okazywać się niedostatecznymi do obliczania efemeryd, sięgających okresów odległych. Tym powodowany, Lubbock obmyślił w swojej «Teorii Księżyca» (Lunar Theory, 1862) metodę szczególną znajdowania perturbacji współrzędnych Księżyca. De Pontécoulant tą samą drogą doszedł do jeszcze większego przybliżenia.

Proponując w r. 1851 nową metodę wyznaczenia ruchów ciał niebieskich, Cauchy dosko-

nalif w dalszym ciągu rozwiązanie zadania o trzech ciałach.

W r. 1861 Plana wziął się do całkowania równań ruchu komet, przypuszczając istnienie ośrodka, stawiającego opór, oraz siły odpychającej Słońca.

Do obliczania perturbacji bezwzględnych planet drobnych Hansen zaproponował w latach 1857 i 1859 praktyczną metodę, opartą na pewnym przekształceniu równań różniczkowych ruchu planet, stosując do obliczenia funkcji perturbacyjnej metodę, daną w r. 1842 przez Cauchy'ego.



Augustyn Ludwik Cauchy (11 sierpnia 1789—22 maja 1857), urodzony w Paryżu, wstąpił, po ukończeniu Szkoły Politechnicznej w roku 1804, do Szkoły Dróg i Mostów i został mianowany w roku 1810 inżynierem w Cherbourg. Został członkiem Akademii Nauk w r. 1816. Odtąd Cauchy zajmował najwyższe katedry nauk ścisłych we Francji: w Szkole Politechnicznej, w Sorbonie, w Collège de France, ale rewolucja 1830 roku złała jego karierę, nie zgodził się bowiem złożyć przysięgi na wierność Ludwikowi Filipowi. Udawszy się do Holandji, Szwecji, Szwajcarji, przyjął w roku 1821 katedrę Fizyki Wyższej, utworzoną dla niego przez Karola Alberta w Turynie. W latach 1833—1838 był w Pradze jednym z nauczycieli księcia

de Bordeaux, poczym wrócił do Francji, by zająć napowrót swe miejsce w Akademji Nauk. Biuro Długości wybrało go na swego członka w roku 1839. Lecz Ludwik Filip nie zatwierdził tego wyboru. Cauchy został mianowany przez Rząd prowizoryczny w r. 1848 profesorem Sorbony i zachował swą katedrę po roku 1852, gdyż Napoleon III zwolnił go od obowiązku przysięgi.

Cauchy posiadał potężną zdolność inwencji oraz sztukę stwarzania nowych metod prawdziwie na poczekaniu.

Giovanni Antonio Amedeo Plana (1781—1864), rodem z Voghery pod Aleksandrją, został mianowany w r. 1811 profesorem Astronomji na Uniwersycie w Turynie i dyrektorem Obserwatorjum tego miasta. W r. 1826 wybrano go na członka korespondenta, a w r. 1860 na zagranicznego towarzysza Akademji Nauk w Paryżu.

Piotr Andrzej Hansen (1795—1874), rodem z Tondern (w Szlezwigu) został w roku 1825 dyrektorem obserwatorjum w Seebergu w pobliżu Gothy, a w r. 1843 członkiem korespondentem Akademji Nauk w Paryżu. Jego «Tablice Księżyca» wydał w roku 1857 rząd angielski.



Przyjmując metodę zmiany stałych, opartą na poglądach, które Poisson wyłożył był w roku



1833, Delaunay (9 kwietnia 1816 — 5 sierpnia 1872) podał teorię Księżyca (Théorie de la Lune), różniącą się znacznie od swych poprzedniczek. Lecz zamiast brać, jak to czyniono przed nim, liczby za współczynniki nierówności, których dostarcza całkowanie równań różniczkowych, obrał, za przykładem Plana, kształt analityczny i przyjął układ elementów eliptycznych, który równaniom różniczkowym nadaje formę prostą. Rozwinął on funkcję perturbacyjną na szereg wyrazów perjodycznych, w których za pomocą pewnej szczególnej metody zdołał uniknąć wyjścia czasu z pod znaków wstawy i dostawy, oraz wyznaczyć nierówności aż do siódmego rzędu. Kto chce wytworzyć sobie dokładne pojęcie o długości rachunków, które matematyk ten miał cierpliwość wykonać, niech przejrzy tylko tomy XXVIII (1860) i XXIX (1867) «Rozpraw» Akademii Nauk: wzór funkcji perturbacyjnej liczy 461 wyrazów i ciągnie się przez 137 stronnic in 4°. Na nieszczęście przedsięwzięcie to pozostało niedokończonym.

Karol Eugienjusz Delaunay, rodem z Lusigny (dep. Aube) wyszedł pierwszym w roku 1836 ze Szkoły Politechnicznej; został w r. 1849 profesorem Mechaniki w Sorbonie, a w r. 1851 w tejże Szkole Politechnicznej. W roku 1855 wszedł do Akademii Nauk i do Biura Długości. Mianowany w r. 1870 dyrektorem Obserwatorium paryskiego, nie zdążył odznaczyć się na tym nowym stano-

wisku, albowiem we dwa lata potem utonął podczas przejażdżki łódką w porcie Cherbourga.

### LE VERRIER

11 marca 1811—23 września 1877.

Że jeden człowiek miał dość siły i wytrwałości, żeby przebiec w ten sposób całość układu słonecznego, obliczając z najwyższą ścisłością wszystkie bez wyjątku perturbacje, jakie mogą wpływać na każdą planetę — jest to rzecz, którą uważano by za niemożliwą, gdyby rezultat nie leżał dziś przed naszymi oczami.

ADAMS.

Urban Jan Józef Le Verrier, rodem z Saint Lô, wstąpił po ukończeniu Szkoły Politechnicznej do Zarządu monopolu tytoniowego i oddał się na tym stanowisku badaniom chemicznym. Podawszy się, jednocześnie z Regnaultem, o posadę repetytora, która zawakowała w Szkole Politechnicznej po Gay-Lussac'u, miejsca tego nie otrzymał, dano je bowiem jego współzawodnikowi, i przyjął miejsce repetytora Astronomji, które mu ofiarowano, jako kompensatę.

Odtąd wszystkie prace Le Verriera mają za przedmiot Mechanikę niebieską; zreformował on teorię planet i odkrył jedno z tych ciał niebieskich.

Umiał prowadzić z wielką przenikliwością i pewnością ręki przedsięwzięte przez siebie długie i trudne rachunki astronomiczne, z których wynikały zawsze godne uwagi następstwa. Spostrzegwał odrazu najważniejszy i najużyteczniejszy punkt każdej kwestji. Gdyby zanalizować wszystkie jego rozprawy, «trzeboby — jak powiada J. Bertrand w «Pochwale» Le Verriera (Eloge), chwalić bez różnicy jednakową wszędzie potęgę pracy, jednakowe powodzenie w wyborze metod, jednakową przezorność w przeprowadzaniu sprawdzań.

W Astronomji praktycznej oddał wielkie usługi, reorganizując inwentarz i regulamin Obserwatorjum paryskiego.

W roku 1846 Le Verrier wybrany został na członka Akademji Nauk i mianowany profesorem tytularnym katedry Mechaniki niebieskiej, którą to katedrę świeżo utworzono w Sorbonie. W roku 1854 został dyrektorem Obserwatorjum paryskiego, wpadł w niełaskę ku końcowi drugiego cesarstwa, lecz Thiers w r. 1873 powrócił mu urząd.

W ostatnich latach życia, aczkolwiek bardzo cierpiący, nie dawał prawie spocząć umysłowi swemu, chciał bowiem ukończyć pracę olbrzymią, którą był rozpoczął w r. 1849, a która jest kompletną teorią ruchów planet. Umarł w Paryżu wkrótce po oddaniu ostatnich arkuszy korektowych tej pracy. Z pomiędzy zdań, ogłoszonych o Le Verrierze, jednym z najbardziej uderzających

jest zdanie Airy'ego, który go nazwał «olbrzymem nowożytnej Astronomji».

W r. 1839 Le Verrier przedstawił Akademii Nauk dwie rozprawy o zmianach wiekowych orbit planetarnych. Idąc drogą wskazaną przez Laplace'a, który dowiódł, że układ słoneczny jest stały, ponieważ waha się tylko dokoła pewnego położenia średniego, Le Verrier potwierdził wnioski twórcy Mechaniki niebieskiej, wykazując, że amplitudy wahnięć są drobne i że istnieją dwie strefy mniejszej stałości, odpowiadające orbitom Marsa i małych planet.

Messier widział w r. 1769 kometę, której powrót na r. 1775 Lexell przepowiedział w r. 1770, lecz która nie ukazała się więcej. W roku 1843 H. Faye i w 1844 de Vico odkryli każdy po komecie. Le Verrier, przerabiając rachunki Laplace'a, dotyczące komety z r. 1770, dowiódł, że komety tej nie można wziąć za żadną z dwóch ostatnich.

W roku 1849 Le Verrier zabrał się do opracowywania na nowo teorii ruchów planet. Z teorii Merkurego, Wener, Ziemi i Marsa, które to teorie mają punkty wspólne, wywnioskował, że należy zmniejszyć liczby, wyrażające odległość Ziemi od Słońca i prędkość światła: liczby, przezeń zaproponowane, zostały potwierdzone przez obserwację przejść Wener przed Słońcem w latach 1874 i 1882 tudzież przez prace Fizeau'a i Cornu'a. W la-

tach 1872—1874 Le Verrier ogłosił o Jowiszu, Saturnie, Uranie i Neptunie, ważne rozprawy, za które w lutym 1876 r. Towarzystwo Królewskie w Londynie przyznało mu medal brązowy. Wtedy to sprawozdawca tego Towarzystwa, Adams, wygłosił słowa, które wzięliśmy za godło niniejszego szkicu.

Le Verrier wykazał, że, wskutek przyśpieszenia wiekowego ruchu średniego Księżyca, mimośród orbity ziemskiej maleje, że maleć będzie przez lat około 24090 i że potem zacznie wzrastać; że mimośrod i nachylenia orbit planetarnych są małe i pozostaną zawsze małymi. Wyniki te, wraz z niezmiennością wielkich osi orbit planet oraz ich ruchów średnich stanowią o stałości układu słonecznego.

Kazał on sporządzić Katalog gwiazd fundamentalnych.



Le Verrier pozyskał za życia sławę uniwersalną, wykrywając, samą tylko potęgą rachunku, planetę, którą nazwano *Neptunem*. Astronomowie nie mogli dać dokładnych efemeryd Urana, a Bessel pisał do Humboldt'a: «Sądzę, że przyjdzie chwila, gdy tajemnicę Urana rozwiąże, być może, nowa planeta».

Już 1 czerwca 1846 r. Le Verrier oznajmił Akademji Nauk, że istnieje planeta bardziej odda-

lona od Słońca, aniżeli Uranus; 31 sierpnia 1846 ogłosił on rozprawę, zawierającą oznaczenie masy, orbity i obecnego położenia planety, która jest powodem anomalji, spostrzeganych w ruchach Urana. 25 września 1846 r. M. Galle, astronom Obserwatorium berlińskiego, pisał do Le Verriera: «Planeta, której położenie Pan oznaczyłeś, istnieje rzeczywiście»; dostrzegł on nowe ciało niebieskie 23 września 1846 roku o  $0^{\circ}52'$  od położenia, obliczonego, przez Le Verriera, i nazajutrz przekonał się, że porusza się ono tak, jak ten ostatni zapowiedział. Arago, który na rok przedtem usilnie zachęcał Le Verriera do poszukiwania planety, zamącającej bieg Urana, przeczytawszy list M. Gallego do Akademji Nauk, wygłosił charakterystyczne zdanie: «Pan Le Verrier ujrzał nowe ciało niebieskie na końcu swego pióra». Przez kilka miesięcy czasopisma naukowe były przepelnione najpochlebniejszymi artykułami o tym odkryciu. Podziwiano Le Verriera; najpoważniejsze towarzystwa naukowe Europy przyznały mu wysokie i wyjątkowe nagrody. Jednak podniosło się kilka głosów, usiłujących zmniejszyć jego sławę przez przeciwstawienie mu Adams'a, młodego i zdolnego astronoma z Cambridge, który również wyznaczył rachunkiem planetę, zamącającą ruch Urana, i który we wrześniu 1845 zakomunikował elementy tej planety Challisowi, a w październiku 1845 r. Airy'emu; ale praca jego, której

wnioski zgadzają się z wnioskami Le Verriera, nie została ogłoszona przez astronomów, którzy ją otrzymali. Jest zresztą rzeczą dowiedzioną, że Le Verrier i Adams wykonali swe obliczenia, jeden nie znając prac drugiego.

Neptun posiada satelitę, odkrytego w r. 1846 przez Lassela. W r. 1855 Hind przekonał się, że ruch tego satelity jest wsteczny.



Astronomowie zauważyli, że dla teorii ruchów Merkurego nie wystarcza uwzględnienie perturbacji, powodowanych przez inne planety, mianowicie przez Wenerę. Le Verrier, który zabrał się do tej kwestji w r. 1842, powrócił do niej w r. 1859 i z uczonych roztrząsań wyprowadził wnioski, że trzeba przyjąć istnienie grupy asteroid pomiędzy Merkurym a Słońcem. Wówczas H. Faye zalecił obserwowanie stref bliskich Słońca podczas zaćmień, a Lescarbault, lekarz w Orgères, napisał do Le Verriera, że widział okrągłą plamę, przesuwaną się przez tarczę słoneczną. Le Verrier rozważa 8 przejść takiej plamy i wnioskuje, że istnieje nowa planeta (*Wulkan*), która przejdzie przed Słońcem 1877. Oppolzer rozważa również owe 8 przejść i wyznacza orbitę planety, która ma przejść przed tarczą Słońca w roku 1879. Ale ani jedno, ani drugie z tych przejść nie nastąpiło.

Jerzy Biddell Airy (27 lipca 1801—2 stycznia 1892), rodem z Alnwick (Northumberland), mianowany dyrektorem Obserwatorium w Cambridge w 1828, pierwszy dał inicjatywę do ogłaszania obserwacji w sposób prawidłowy. Od roku 1835 do 1881 stał on na czele Obserwatorium w Cambridge, które wyposażył w wysoce udoskonalone narzędzia do obserwacji; w roku 1841 przyłączył do tej instytucji Obserwatorium meteorologiczne, którym kierował J. Glaisher aż do roku 1875. Airy'emu zawdzięczamy wprowadzenie do Astronomji praktycznej metod rachunku jasnych i szybkich. W roku 1836 został on członkiem Towarzystwa Królewskiego w Londynie, a w r. 1872 zagranicznym towarzyszem Akademji Nauk w Paryżu; w tym samym roku otrzymał tytuł Sir'a. Napisał przeszło 150 rozpraw, przeważnie z zakresu Astronomji. Wymienimy tu kilka jego prac. W r. 1839 ogłosił Katalog 726 gwiazd fundamentalnych. W r. 1856 znalazł przy pomocy wahadła, że gęstość Ziemi wzrasta w miarę posuwania się od powierzchni ku środkowi. Ogłoszone przez niego w latach 1853, 1858 i 1859 poszukiwania, dotyczące czasów zaćmień w starożytności, dały wyniki, które stanowią dziś najpoważniejszą podstawę do wyznaczania dat niektórych faktów historii starożytnej.

H. Faye 18 stycznia 1892 stwierdza wobec kolegów swych z Akademji Nauk, że rezultatem



obserwacji i rachunków, które Airy prowadził przez lat 50, jest «dostarczenie matematykom danych, niezbędnych do wydoskonalenia ich teorii». Zauważmy, że jego «Obserwacje astronomiczne» (Astronomical Observations, 1829—1838) posłużyły za wzór do wydawnictw analogicznych w Anglii.



John Couch Adams (5 czerwca 1819 — 21 stycznia 1892), urodzony w fermie Lidcot w pobliżu Launceston, od lat wczesnych ujawniał zamiłowanie do Astronomji. J. W. L. Glaisher, który opisał w «Obserwatorjum» (The Observatory, 1893) młodość Adamsa, powiada, że chłopiec, mając lat 14, rysował małe mapki konstelacji i że w r. 1841 po ukończeniu kolegjum powziął zamiar zbadania niewyjaśnionych jeszcze nieprawidłowości w biegu Urana. W roku 1858 mianowany został profesorem Astronomji na Uniwersytecie w Cambridge a w roku 1861 dyrektorem Obserwatorjum w tym mieście. Adams został wybrany na członka Towarzystwa Królewskiego w Londynie w r. 1849 i na członka korespondenta Akademji Nauk w Paryżu w r. 1857.

Na początek Adams obliczył jednocześnie z Le Verrierem elementy planety, zamężającej bieg Urana. Godna podziwu jest szlachetność charakteru, której dał dowód, przyjmując wyrok

współczesnych; okazywał on zawsze Le Verrierowi uwielbienie, a czytelnik miał sposobność przekonania się, jak gorąco wyraził się on w roku 1876 o całości prac naszego wielkiego astronoma.

«Nautical Almanac» (Kalendarz Żeglarski) za rok 1856, zawiera Tablice paralaksy księżycowej, którą Adams zaczął obliczać w r. 1852 celem zastąpienia Tablic Burckhardta. Laplace odkrył był w roku 1787, że zmiana wiekowa średniego ruchu Księżyca wynika ze stopniowego zmniejszania się mimośrodów orbity ziemskiej, Damoiseau i Plana rozszerzyli obliczenia Laplace'a. W roku 1853 Adams ogłosił w tej kwestji rozprawę, w której ścisłość matematyczna zastąpiła dotychczasowe próby i której wyniki zostały sprawdzone i zaaprobowane przez Delaunay'a.

Z innych prac astronomicznych Adamsa wymienimy jeszcze badania: z roku 1851 nad perturbacjami Urana i z r. 1867 nad orbitami gwiazd spadających.



Pomiędzy astronomami Obserwatorium Paryskiego w epoce Le Verriera, Yvon Villarceau, (15 stycznia 1813 — 23 grudnia 1883), odznaczył się pracami astronomicznymi, w których góruje nad wszystkim zamiar pogodzenia teorii z wynikami praktyki.

Antoni Franciszek Józef Yvon Villarceau, rodem z Vendôme, przybył do Paryża w r. 1830 w celu słuchania wykładów w Konserwatorjum muzycznym, gdzie zdobył pewne powodzenie. Wysłany w roku 1833 do Egiptu w celu przyłączenia się do Misji naukowej, zasmakował tam w naukach ścisłych, szczególnie przez obcowanie z jednym z inżynierów Misji, Lambertem-bejem. Powróciwszy do Egiptu w roku 1837, wstąpił do Szkoły Centralnej Sztuk i Rękodzieł i wyszedł z niej pierwszym w sekcji Mechaniki. Nie będąc zmuszony oglądać się za zajęciem chlebobajnym, był bowiem człowiekiem zamożnym, oddał się badaniu teorii matematycznych, stosowanych w Astronomji. W r. 1845 Villarceau przedstawił Akademji Nauk metodę poprawek przybliżonych elementów komet; oryginalne pomysły, zawarte w tej pierwszej pracy, zwróciły uwagę Arago'a, który wprowadził autora w roku 1846 do Obserwatorjum Paryskiego w charakterze astronoma. W 1855 został mianowany członkiem Biura Długości, a w r. 1867 wybrany na członka Akademji Nauk. Bronił on swych prac z wielką żywością i stanowczością, ale, jak powiedział Perrier, «jeżeli nawet szczerść jego mogła się wydawać niekiedy nieco szorstką, to przynajmniej miała ona swe źródło w uczuciach najwznieściejszych: miłości Wiedzy i Prawdy».

Villarceau wyznaczył orbity kilku drobnych planet i wielu komet. Modyfikując w roku 1849

zapropionowaną przez Laplace'a metodę wyznaczania orbit planetarnych, zdołał on zastosować tę metodę w przypadku, w którym dotąd nie mogła jeszcze być używana. Ta modyfikacja pozwoliła mu obwieścić w r. 1851 perjodyczność komety, odkrytej w Lipsku przez D'Arresta 27 czerwca 1851 roku. Tę kometę odnalazł w r. 1857 Mac-Lear na Przylądku Dobrej Nadziei na podstawie efemerydy, przygotowanej przez Villarceau'a. Ten ostatni, obliczywszy perturbacje, wywoływane przez Jowisza w biegu komety D'Arresta, oznajmił w r. 1861, że przejście tego ciała niebieskiego przez perihelium w roku 1864 nastąpi o 49 dni wcześniej; atoli powrotu tego nie można było zaobserwować. W latach 1864—1871 ogłosił on jeszcze efemerydy tej komety; w latach 1872, 1875 i 1878 wyłożył w kwestji aberacji światła teorię, która mu pozwoliła wyznaczyć prędkość światła, oraz górną granicę dla prędkości ruchu postępowego układu słonecznego.

Wyciągnąwszy z prac swoich wniosek, że największym błędem, jakiego należy obawiać się w obserwacjach, jest błąd wskutek refrakcji astronomicznej, Villarceau, celem zmniejszenia tego błędu, zaczął od r. 1866 oddawać pierwszeństwo obserwacjom nocnym przed dziennymi; stwierdzono potym dowodnie, że pierwsze mają wielką wyższość nad drugimi.

W zakresie Astronomji gwiazd i Geodezji

ogłosił wyniki poszukiwań, o których będziemy mówili niżej.

Teorje, które podał Villarceau, w celu powiększenia dokładności przy budowaniu przyrządów astronomicznych, były stosowane z powodzeniem. Wymieńmy tu metodę kompensacji chronometrów, którą wynalazł w r. 1863. On to sporządził plany, podług których w r. 1858 Le Verrier kazał zbudować w Obserwatorjum Paryskim wielki ekwatorjał, przewyższający podówczas wszystkie zagraniczne.



### XIII. POSTĘPY ASTRONOMJI GWIAZD.

ARGELANDER. — W. STRUVE. — Gwiazdy podwójne. — Paralaksa gwiazdy. — Ruch własny gwiazd. — Mgławice. — Bolidy. — Gwiazdy spadające a komety.

Fryderyk Wilhelm August Argelander (22 marca 1799—17 lutego 1875), rodem z Memla w Prusach, ukończywszy humaniora w Królewcu, został gorliwym uczniem Bessela i głównym jego pomocnikiem w obserwowaniu gwiazd w latach 1821—1823. Zostawszy w roku 1823 dyrektorem Obserwatorium w Abo, wyznaczył on do r. 1828 położenia 560 gwiazd fundamentalnych, których katalog ukazał się w roku 1835. W r. 1831 powierzono mu misję założenia nowego Obserwatorium w Helsingforsie, gdzie wykładał Astronomję od r. 1828; wreszcie w r. 1837 udał się, również w celu pokierowania budową nowego Obserwatorium, do Bonn, gdzie poświęcił się całkowicie obserwacjom astronomicznym, które robił aż do chwili zgonu. W r. 1851 został wybrany na członka korespondenta Akademii Nauk.

Argelander wydał dwa atlasy gwiazd, gdzie zestawione są stosunki pomiędzy pozornymi wielkościami tych ciał niebieskich: atlas z roku 1843 posiada 18 map, zawierających 3256 gwiazd, widzialnych gołym okiem w Europie środkowej; atlas z roku 1863 liczy 40 map, które zawierają 324198 gwiazd, położonych między 2<sup>o</sup> zboczenia południowego i biegunem północnym.



Fryderyk Jerzy Wilhelm Struve (15 kwietnia 1793 — 23 listopada 1864), urodzony w Altonie, mianowany został w 1813 profesorem na Uniwersytecie w Dorpacie, gdzie odbył studja, oraz był astronomem Obserwatorjum tego miasta. Kierował tą instytucją od r. 1817 do 1835 i dokonał tam licznych pomiarów mikrometrycznych gwiazd podwójnych. Mikołaj I powierzył mu w roku 1835 dozór nad budową nowego Obserwatorjum w Pułkowie, przeznaczonego głównie dla badań z zakresu Astronomji gwiazd. Mianowany w r. 1839 dyrektorem tego Obserwatorjum, prowadził w nim dalej ważne swe prace nad gwiazdami aż do r. 1858, w którym następcą jego na tym stanowisku zamianowano syna jego Ottona. W r. 1832 został członkiem Akademji Nauk w Petersburgu, a w r. 1833 członkiem korespondentem paryskiej.



J. Herschel, prowadząc dalej badania nad gwiazdami podwójnymi, rozpoczęte przez ojca i W. Struve'go, ogłosił ważne Katalogi tych ciał niebieskich w latach 1867, 1871 i 1874.

W sprawie wyznaczania orbit gwiazd podwójnych Villarceau dodał w latach 1847 i 1849 dwie dobre metody do tych, które byli wynaleźli Savary, Encke i J. Herschel, i zastosował je do kilku ważnych gwiazd podwójnych. Pierwsza z tych metod opiera się na rozważaniach geometrycznych, druga — na rachunku. Powrócił on do tej kwestji w latach 1852 i 1877 i wypowiedział myśl, że gwiazda-satelitka ulega wpływowi siły, skierowanej ku gwiazdzie głównej i działającej wedle prawa Newtona. W latach 1853 i 1878 wyjaśnił drogą analityczną, że nierówność blasku gwiazd podwójnych wynika z niejednakowej odległości od Słońca gwiazd składających.

Z różnic pomiędzy położeniami Syrjusza, zaobserwowanymi a obliczonymi, Bessel wywnioskował, że przyciąganie jakiejś niewidzialnej gwiazdy musi powodować zauważone odstępstwa. — C. A. F. Peters w roku 1851 i p. A. Auvers w 1861 usiłowali wyznaczyć orbitę tego satelity, którego odkrył w roku 1862 A. G. Clark za pomocą potężnej bardzo lunety o 0,<sup>m</sup> 47 otworu, zbudowanej przez ojca jego Alvana Clarka. Okres tego satelity wynosi 49 lat.

M. A. Auvers zaznaczył w r. 1862 istnienie



niewidzialnego satelity Procjona; satelitę tego dostrzegł w r. 1896 Schaeberle.

Otto Struve obliczył w r. 1874 orbitę niewidzialnego satelity gwiazdy  $\zeta$  Raka, która posiada prócz tego dwóch satelitów widzialnych.

Perjodyczną zmienność blasku, okazywaną przez Algola, obliczył w r. 1782 Goodricke, który wypowiedział myśl, że istnieje duży satelita tej gwiazdy. E. C. Pickering obliczył w r. 1880, że pozory, które spostrzegamy, dają się wytłomaczyć, jeżeli przyjmiemy istnienie ciemnego ciała, obracającego się dookoła Algola w ciągu 2 dni 20 godzin 49 minut.

Od roku 1883 do 1886 Perrotin dokonał pomiarów mikrometrycznych 2065 gwiazd podwójnych i podał różnice pomiędzy własnymi liczbami, a liczbami swych poprzedników; od roku 1875 do dni naszych Schiaparelli uskutečnił 11000 takich pomiarów, jako dalszy ciąg owych 20000, których dokonał Dembowski w okresie 1852—1878; zaś od 1880 G. Bigourdan zrobił 2800 ścisłych pomiarów gwiazd podwójnych, mających krótkie czasy obiegu, a to by umożliwić przekonanie się, czy rzeczywiście, jak to skłonni jesteśmy przypuszczać, prawo Newtona rządzi ruchami układów gwiazdowych.



Podług «Rocznika Biura Długości» (Annuaire du Bureau des Longitudes) za rok 1899, znamy dokładnie paralaksy zaledwie 24 gwiazd; najbliższa z nich  $\alpha$  Centaura przysyła nam swe światło w  $4\frac{1}{2}$  lata), zaś najdalsza — gwiazda polarna — w  $46\frac{1}{2}$  lat.



Na ogół, jeżeli gwiazda ma paralaksę, dającą się wyznaczyć, to posiada i ruch własny, dający się zauważyć. Znając paralaksę gwiazdy, można obliczyć składową jej prędkość, położoną w płaszczyźnie stycznej do sfery niebieskiej. Argelander pierwszy dał w roku 1837 rozwiązanie tej kwestji; przekonał się on, że gwiazda 1830 Groombridge przebiega  $7''$  na rok i że prędkość jej wynosi około 300 kilometrów na sekundę; jest to gwiazda posiadająca największą prędkość. W. Struve ogłosił w r. 1852 spis gwiazd, posiadających ruch własny, przy którym przesunięcie przenosi  $10''$  w przeciągu 70 lat. Obliczył on, że Słońce przebiega na rok 240000000 kilometrów.

Pierwsze obliczenia, dotyczące ruchów własnych wielkiej liczby gwiazd, robili głównie: Argelander, E. J. Stone oraz A. Auwers.

Proctor zauważył, naprzód na gwiazdach Wielkiej Niedźwiedzicy w r. 1870, że ruchy gwiazd sąsiednich jednej i tej samej grupy mają kierunki jednakowe.

Asaph Hall w r. 1870 i C. Wolf w 1874 ogłosili każdy po katalogu pewnej liczby gwiazd Gromady Raka, oznaczywszy uprzednio ich położenia za pomocą bardzo dokładnych pomiarów mikrometrycznych.

Inni astronomowie, mianowicie: H. G. Van de Bakhuyzen, Kobold, Anding i Bossert zajęci są obecnie podobnymi pracami, Bossert ogłosił w roku 1896 Katalog, który podaje ruchy własne 2641 gwiazd i który zawiera wiele wyników, obliczonych przez autora podług własnych obserwacji z r. 1888.

Wszystkie te prace oddadzą usługi w przyszłości, wyznaczenie bowiem ruchu własnego gwiazdy wynika z porównania jej położenia obecnego z położeniem dawnym. Wyznaczenie to ma wielką wagę: istotnie, jak już zauważyliśmy, posłuży ono kiedyś do znalezienia kierunku ruchu postępowego Słońca.



Pomiar dokładny mgławic skuteczniejszy został po raz pierwszy dopiero w roku 1848 przez Laugier'a. W latach 1855 i 1856 D'Arrest wymierzył 230 mgławic. J. Herschel wydał w r. 1864 wielki Katalog mgławic i gromad gwiazd. W okresie od 1848 do 1893 przeszło 50-iu astronomów zmierzyło 3100 mgławic. Od roku 1896 znamy 9363 mgławice, z których 6388 może być obserwowana-

nych w Paryżu. G. Bigourdan zmierzył ich i opisał 5422; za pracę swą, rozpoczętą w r. 1884 otrzymał on nagrodę Lalande'a za rok 1891.



Chladni ogłosił w r. 1794 Rozprawę, w której stwierdza, przytaczając przykłady, że zdarza się, iż z nieba spadają kamienie; sądzi on, że kamienie te pochodzą z *bolidów*, które wpadają nagle do naszej atmosfery. Ponieważ bolidy posiadają wielką prędkość, przeto wskutek ściskania się powietrza, rozgrzewają się i stają się świecącemi; wybuchają one często, powodując gwałtowny huk i spadek aerolitów czyli uranolitów: takież zdanie wypowiedzieli: Regnault w r. 1854, Daubrée w 1866 i Delaunay w 1870. Resal w swej «Mechanice niebieskiej» (Mécanique céleste 1884) przyjmuje, że aerolity są odłamkami jakiegoś straszanego satelity. Z okazji bolidu, który eksplodował w Madrycie 10 lutego 1896 r., Daubrée powiedział, że uranolity mogą pochodzić ze Słońca, z Księżyca i z Marsa.



Maskelyne w 1783 i Chladni w r. 1819 skłonni byli do uważania *gwiazd spadających* za

drobne komety. Brandes w 1825 i w 1827 wskazał zasadę ich dzisiejszej teorii. Olmsted pierwszy wykazał istnienie na Niebie punktu stałego, któremu nadał nazwę *punktu promieniującego*, a z którego wybiegały gwiazdy spadające w dniu 12 listopada 1833. Arago pisał w r. 1836, że gwiazdy spadające krążą dokoła Słońca. Delaunay powiedział w r. 1870, że nie należy utożsamiać bolidów z gwiazdami spadającymi, ponieważ bolidy nie ukazują się nigdy w okresach najobfitszego deszczu gwiazd spadających. S. C. Walker, wypowiedziawszy w roku 1847 zdanie, że «komety przedstawiają, z powodu silnej ekscentryczności swych orbit, bardzo wielką analogję do meteorów», dał wzory ogólne na wyznaczenie orbity *roju* gwiazd spadających. Kirkwood pisze w r. 1861: «Czy nie należałoby uważać meteorów pojedynczych za szczątki dawnych komet rozbitych, które to szczątki zostały stopniowo porzucane wzdłuż orbit?» — A. S. Herschel zajął się roztrząśnięciem wyników, otrzymanych w okresie od 1798 do 1863, w celu wyznaczenia odległości gwiazd spadających od powierzchni Ziemi, a Secchi znalazł w roku 1864, że odległość ta wynosi 120 kilometrów na początku ukazania się i 80 kilometrów przy końcu. H. A. Newton w r. 1865 wypowiedział myśl, że gwiazdy spadające biegną po orbicie parabolicznej, a w roku 1866 Schiaparelli, dyrektor

Obserwatorjum w Medjolanie, dał teorię następującą:

Gwiazdy spadające są to drobne masy materji, analogicznej do materji komet, i poruszają się wedle tych samych praw, co i te ostatnie ciała. W przestrzeniach gwiazdowych istnieją zbiorowiska materji mgławicznej, które, ulegając przyciąganiu ze strony Słońca, przenikają do sfery jego działania. Te zbiorowiska są to lekkie płatki, które poruszają się prawie w jednym i tym samym kierunku, z jedną i tą samą prędkością; ponieważ prędkość ta jest znaczna, przeto płatki, które przenikają do naszej atmosfery, ściskają raptownie powietrze, wskutek czego wytwarza się silne ciepło i powstają krótkotrwałe ślady świecące. Perjodyczne przepływy gwiazd spadających są wynikiem prądu meteorycznego, który przez lat kilka przepływa przez jeden i ten sam punkt w pobliżu Ziemi.

Wszystkie gwiazdy spadające krążą dookoła Słońca, tworząc pierścień drobnych ciałek. Gdy orbita Ziemi napotka ten pierścień, spostrzegamy rój. Są dwa główne roje: rój Perseid, dla którego punkt promieniujący przypada w Perseuszu, widzialny jest w ciągu szeregu nocy od 11 do 13 sierpnia; rój Leonid, mający Lwa za punkt promieniujący, ukazuje się w ciągu szeregu nocy od 11 do 13 listopada. Wreszcie w roku 1866 Schiaparelli, posługując się wzorami, podanymi w r. 1839 przez A. Ermana, wykazał, że rój Perseid biegnie

wzdłuż drogi komety perjodycznej Tuttle'a, odkrytej w r. 1862. C. F. W. Peters, d'Oppolzer i Schiaparelli znaleźli, że rój Leonid biegnie wzdłuż drogi komety perjodycznej Tempela, odkrytej w 1866. Dowiedziono także, że dwa inne roje biegną po tych samych orbitach, co i dwie inne komety. Wreszcie Le Verrier wskazał w r. 1871 na fakt przesuwania się punktu promieniującego, jako na rzecz prawdopodobną.

Obok Schiaparellego najwięcej zajmuje się gwiazdami spadającymi Denning, który liczbę zaobserwowanych punktów promieniujących podaje na 6000. Dostarczył on «Rocznikowi Biura Długości» (Annuaire du Bureau des Longitudes) za rok 1899 epok i położeń 63 głównych rojów wraz z ich punktami promieniującymi.

Przyjmując zależność pomiędzy gwiazdami spadającymi a kometami, O. Callandreau usiłował w r. 1891 uchwycić związek, istniejący pomiędzy daną kometą, a wytworzonym przez nią rojem. Udało mu się stwierdzić, że punkty promieniujące rojów posiadają ruch ku wschodowi, co jest w zgodzie z obserwacjami Denninga nad rojem Perseid; zdaniem jego jest rzeczą przedwczesną utrzymywać stanowczo, że zachodzi stały związek pomiędzy rojami i kometami. Nadto, opierając się na wyciągach z obserwacji Denninga, ogłoszonych przez «Obserwatorium» (The Observatory) w lutym 1899, O. Callandreau sprawdził świeżo drogą

rachunku fakt powtarzania się okresu czynności dla niektórych punktów promieniujących oraz prawdopodobne istnienie punktów, zwanych *trwałymi*, na które przed laty mniej więcej 15-tu zwrócił był uwagę D e n n i n g.





#### XIV. DOŚWIADCZENIA, OBSERWACJE I HIPOTEZY.

FOUCAULT. — Dowody obrotu dziennego Ziemi. — Wartość liczebna prędkości światła. — Równanie osobiste. — Plamy słoneczne. — Ciepło słoneczne. — Zużytkowanie ciepła słonecznego. — Siła odpychająca Słońca. — Atmosfera i Plamy Merkurego. — Plamy Wenerę. — Plamy Marsa. — Teorja powstania Wszechświata podług H. Faye'a.

Jan Bernard Leon Foucault (18 września 1819 — 17 lutego 1868), urodzony w Paryżu, nie zajmował nigdy stanowiska urzędowego; w r. 1854 otrzymał on tytuł fizyka Obserwatorjum paryskiego, a w r. 1865 został wybrany na członka Akademii Nauk. Mając lat 25, wstąpił do redakcji dziennika «Journal des Débats», by podawać w nim sprawozdania z odkryć naukowych; na tym trudnym posterunku umiał stylem jasnym i prostym tłumaczyć publiczności prace, należące do najwyższych dziedzin wiedzy, a dowcipnymi spostrzeżeniami potrafił przykuwać uwagę czytelnika. W młodości swojej poznał umiejętności ściśle niezbyt dokładnie, ale

później doszedł do tego, że go cenili uczeni zawodowi, badał bowiem zawsze zasady teoretyczne, na których opierały się jego sprawozdania.

Pierwszemi pracami naukowemi Foucaulta, które robił do wspólni z Fizeau'em w r. 1845, były rozstrzygające doświadczenia, dotyczące zjawiska interferencji; zyskały one aprobatę Akademii Nauk.

Wheatstone wynalazł był w roku 1834 zwierciadło wirujące, które Arago zmodyfikował w 1838. Przy pomocy tego zwierciadła Foucault i Fizeau, każdy z osobna, znaleźli, że prędkość światła jest mniejsza w wodzie, niż w powietrzu. Jednego i tego samego dnia, mianowicie 6 maja 1850 r. zakomunikowali oni swe odkrycie Akademii Nauk. Odtąd, oddano pierwszeństwo teorii undulacyjnej, postawionej przez Kartezjusza, opracowanej przez T. Younga i Fresnela, przed teorią emisji, daną przez Newtona, albowiem własność powyższa zgadza się z teorią fal.



Doświadczenie, które wykonał Foucault w lutym 1851, celem dowiedzenia obrotu dziennego Ziemi dokoła jej osi, uczyniło imię jego popularnym. Umieścił on pod kopułą Panteonu drut stalowy, długi na 67 metrów, zawieszony jednym końcem u stropu i zakończony na drugim

kulą, ważącą 28 kilogramów. Sposób zawieszenia był tego rodzaju, że płaszczyzna wahań nie mogła się zmieniać. U dołu kula zakończona była ostrzem, które podczas ruchu wahadła dotykało naprzemian to jednego to drugiego z dwóch pagórków, usypanych z drobnutkiemu piasku prostopadle do płaszczyzny wahań. W miarę ruchu wahadła, ostrze zmiatało grzbiety obu pagórków. Ponieważ położenie płaszczyzny wahań wahadła jest niezmiennie, przeto wynika z tego doświadczenia, że Ziemia obraca się w kierunku, odwrotnym do kierunku pozornego ruchu tej płaszczyzny. Gdyby zrobić takie doświadczenie na biegunie, to płaszczyzna ta pozornie wykonałaby całkowity obrót w ciągu jednej doby gwiazdowej. Wynik, osiągnięty przez Foucault'a, zawiera się w równaniach ruchu wahadła, ustanowionych przez Poissona, który jednak siłę, prostopadłą do płaszczyzny wahań, a wywołującą właśnie powyższy skutek, uważał za zbyt drobną do wywarcia dostrzegalnego wpływu.

W rok po tym pierwszym dowodzie obrotu dziennego Ziemi, Foucault, od którego Poincaré zażądał dowodu, jeszcze bardziej uderzającego dla zmysłów, przedstawił Akademji Nauk świeżo wynaleziony przez siebie przyrząd, który nazwał giroskopem. W zasadzie giroskop składa się z pierścienia, który, dzięki specjalnemu sposobowi zawieszenia oraz bardzo szybkiemu obrotowi, wyjęty jest z pod wpływu ruchu dziennego Ziemi, wskutek

czego oś, dokoła której wiruje pierścień, zachowałyby położenie niezmiennie, gdyby Ziemia nie obracała się dokoła swej osi. Z pomiędzy zastosowań, które Foucault nadał giroskopowi, wymienimy wyznaczanie płaszczyzny południka i szerokości danego miejsca bez pomocy jakiegokolwiek obserwacji astronomicznej.



Fizeau w roku 1849, posługując się kołem zębatym, umieszczonym na drodze pomiędzy dwiema bardzo blizkimi stacjami Suresnes i Montmartre, znalazł, że prędkość światła wynosi 315.000 kilometrów na sekundę.

Foucault, obmyśliwszy w roku 1862 urządzenie, które pozwoliło mu zastosować zwierciadło wirujące Wheatstone — Arago'a do mierzenia bardzo drobnych ułamków sekundy, otrzymał na prędkość światła liczbę, przyjętą przez Le Verriera, t. j. 298.000 kilometrów na sekundę.

Udoskonalivszy metodę Fizeau'a i operując na znacznej odległości, Cornu w latach 1872—1874 otrzymał 300.400 km. na sekundę.

W latach 1880—1882, posługując się metodą Foucault'a, lecz operując na większej odległości, Newcomb znalazł, że światło przebiega w ciągu sekundy 299.860 km.



Począwszy od roku 1862, C. Wolf robił liczne doświadczenia nad równaniem osobistym za pomocą przyrządów, w których sztuczna gwiazda przechodzi poza nitkami lunety w czasach wiadomych; czasy te porównywa się następnie z czasami, podanymi przez obserwatora. Doszedł on do wniosku, że przez wprawę poprawka osobista obserwatora zostaje niebawem zredukowana do minimum, a następnie staje się stałą.

Do wyznaczania równań osobistych w wypadku pomiarów komet, gwiazd podwójnych, mgławic, G. Bigourdan obmyślił w r. 1886 przyrząd, przyjęty przychylnie przez astronomów.



Od r. 1826 do 1843 Schwabe obserwował regularnie plamy słoneczne i z obserwacji swoich wywnioskował, że są one perjodyczne.

Laugier w roku 1841 zaczął robić liczne obserwacje nad plamami słonecznymi. Podobnie jak Scheiner, zauważył on, że mają one prędkości różne. Nadto, przekonał się, że czas trwania ich obrotu maleje w miarę posuwania się od równika Słońca ku biegunom.

R. Wolf w r. 1852 wywnioskował z obserwacji, robionych od r. 1611, a zwłaszcza z obserwacji Schwabego, że czas trwania okresu plam słonecznych wynosi 11 lat i 6 miesięcy.

Z obserwacji, robionych nad ruchami igły zboczeń, Lamont w r. 1851 i Sabine w r. 1852 wyprowadzili wniosek, że magnetyzm ziemski ulega zmianom perjodycznym, których okres jest blisko 10 letni. Zestawiając wynik ten z wynikiem, otrzymanym przez Wolfa w sprawie plam słonecznych, Lamont znalazł, że istnieje związek pomiędzy temi plamami a magnetyzmem ziemskim. W latach 1879—1896 W. Ellis stwierdził, że okresy tych dwóch zjawisk, podobnie jak i ich działania, zgadzają się ze sobą dokładnie; wywnioskował on stąd, że zdaje się niepodobieństwem nie przypuścić zależności pomiędzy temi zjawiskami lub istnienia dla nich jednej i tej samej przyczyny.

Od r. 1853 do 1861 C. Carrington zrobił z pomocą ekwatorjału 5290 obserwacji nad 954 grupami plam słonecznych; rysował on te plamy dzień po dniu dla zbadania zmian ich kształtu, ich sposobu ugrupowania, ich wzajemnych położeń; ustanowił wzór dla ruchu codziennego na Słońcu w rozmaitych szerokościach słonecznych. Podobne wzory dali następnie H. Faye, Spörer, Secchi, Zöllner, Tisserand. Okazuje się z obserwacji C. Carringtona, że plamy trwałe istnieją jedynie między  $8^{\circ}$  a  $35^{\circ}$  szerokości i że różnica prędkości pomiędzy dwiema plamami jest proporcjonalna do kwadratu wstawy szerokości. W r. 1864 R. Radau wywnioskował z tych obserwacji, że czas obrotu Słońca dookoła jego osi wynosi  $25,^{\text{dni}}187$

na równiku, i że czas ten wzrasta w miarę posuwania się od równika ku szerokości  $45^{\circ}$ , gdzie wynosi 27,<sup>dni</sup>730.

P. Carrington ogłosił w roku 1863 prace swoje w książce p. t. «Observations of solar Spots» (Obserwacje nad plamami słonecznymi), która, zdaniem H. Faye'a, służyć może za wzór dla obserwatorów, dbałych o dostarczenie czytelnikom swych badań sposobu do wyciągnięcia z tych badań konsekwencji teoretycznych.

Podczas całkowitego zaćmienia Słońca w dniu 28 lipca 1851 r. Dawes (1799—1868) spostrzegł, że fotosfera składa się z bardzo wielkiej liczby drobnych wydłużonych kupek rozżarzonej materji, pooddzielanych ciemnymi przedziałami, i że kupki te mają wygląd nierównych ździebeł słomy, ułożonych, jak w strzesze. Nasmyth, Dawes i E. J. Stone zauważyli to samo w r. 1852.

Kirchhoff odrzuca istnienie pod fotosferą ciemnej chłodnej kuli i przypuszcza, że plamy powstają wskutek utworzenia się ponad fotosferą warstwy dwóch obłoków, z których jeden daje cień rdzenny, a drugi półcień.



Violle, robiąc w roku 1875 doświadczenia u podnóża i na szczycie góry Mont-Blanc, znalazł 2,54 jako wartość stałej słonecznej. Crova, ope-

rując w r. 1875 w Montpellier przy pomocy zbudowanego przez siebie pirheljometru, otrzymał 2,32. Langley, posługując się wynalezionym przez siebie *bolometrem*, doszedł do przekonania na zasadzie doświadczeń z r. 1883, że stała słoneczna ma wartość większą od powyższych. Znalazł on przy pomocy tego przyrządu w r. 1880, że w barwie pomarańczowej, w pobliżu linii D, najcieplejsze części widma słonecznego schodzą się z częściami najbardziej świeącemi. Idąc za radami Crova'y, Hansky znalazł w r. 1897 na wartość stałej słonecznej liczbę 3,4 w Obserwatorjum na górze Mont-Blanc, z czego widać, że potęga promieni słonecznych przed wejściem ich do atmosfery ziemskiej przewyższa największe natężenia, znalezione na powierzchni Ziemi. Już w roku 1882 Langley wywnioskował był ze swych doświadczeń, że atmosfera nasza pochłania 0,4 ciepła, przechodzącego pionowo przy jasnym niebie. Mimo tej straty, promieniowanie jest jeszcze nadzwyczaj silne; tak np. Langley znalazł w roku 1878, że blask światła słonecznego jest 5300 razy silniejszy od blasku żelaza, będącego w stanie zupełnej płynności w konwertorze Bessemera; a przecież blask ten jest osłepiający.

Przekonano się, że natężenie światła słonecznego maleje od środka ku brzegom tarczy. Z doświadczeń, robionych w 1874 przez E. C. Pickeringa, a w 1872 i 1877 przez H. C. Vogla,



okazało się, że stosunek pomiędzy natężeniem światła u brzegów tarczy słonecznej, a natężeniem w jej środku równa się 0,37. To zmniejszenie się pochodzi stąd, że część promieni, wychodzących z brzegów, zostaje pochłonięta przez atmosferę słoneczną.

Halley w roku 1693, Lambert w 1779, Poisson w 1835, Plana w 1864 badali teoretycznie rozmieszczenie ciepła słonecznego na powierzchni kuli ziemskiej, pozbawionej atmosfery. Zauważywszy, że wzory ich prowadzą do wniosków sprzecznych z tym, co dają doświadczenia, A. Angot podjął na nowo tę kwestję w r. 1883, i znalazł, że ilość ciepła słonecznego, którą otrzymuje dany punkt Ziemi, zależy od szerokości geograficznej tego punktu, od zboczenia Słońca oraz od odległości jego od Ziemi, i że wyraża się ona całą eliptyczną. Uwzględniając następnie pochłanianie atmosferyczne, otrzymał on wzory i ułożył Tablice, które dają ilości ciepła, otrzymywane w rozmaitych szerokościach.

Dla wytłomaczenia przyczyny ciepła słonecznego, Sir W. Thomson (Lord Kelvin) przypuścił w r. 1857, że dokoła Słońca krąży pierścień materialny; wskutek oporu, stawianego ruchowi jego cząsteczek, pierścień ten zwęża się i w końcu zaczyna ocierać się o Słońce, a jego siła żywa zamienia się na ciepło i światło.



Wysokość liczby, znalezionej przez Pouilleta na siłę promieniowania słonecznego, skłoniła Franchota w r. 1847 i Mouchota w 1860 do podjęcia na nowo myśli de Saussure'a. Ponieważ przyrządy Mouchota były praktyczniejsze, przeto jego tylko usiłowania zwróciły na siebie uwagę; rozpoczął on w Tours szereg doświadczeń, mających na celu użycie ciepła słonecznego do nadawania ruchu maszynom parowym; w Algierze, dokąd go wysłał Rząd w 1877 celem robienia doświadczeń w tym kierunku, zbudował on *odbieracz słoneczny*, który zwrócił na siebie uwagę na Wystawie powszechnej w r. 1878 i którym aż do r. 1884 posługiwało się Towarzystwo utylizacji ciepła słonecznego. Ericsson zbudował w roku 1868 przyrząd, podobny do przyrządu Franchota. Ale dotąd nie udało się jeszcze ujarzmić ciepła słonecznego.



Dla wytłomaczenia warkoczy komet, Kepler przyjmował istnienie impulsu, wytwarzanego przez promienie światła, a Olbers — działania elektrycznego pomiędzy Słońcem a kometą. Bessel pisał w «*Connaissance des Temps*» za r. 1840, że jest przekonany, iż Słońce wywiera na subtelną materję warkocza przyciąganie słabsze, niżli na jądro, a nawet

odpychanie, i że to odpychanie może być natury elektrycznej; wzór, podany przez niego, został zmodyfikowany w r. 1884 przez R. Radau'a. H. Faye przyjmuje również siłę odpychającą, która powstaje wskutek stanu rozżarzenia Słońca i działa na cząstki subtelne, wywołując skutki odwrotnie proporcjonalne do gęstości obłoku; wychodząc z tego założenia, dał on w r. 1883 następującą teorię warkoczy kometarnych.

Kometa ukazuje się naprzód w postaci kulistego obłoku; zbliżając się do Słońca, rozszerza się i topnieje: niezmiernie powoli od strony Słońca, nadzwyczaj szybko po stronie przeciwległej.

W pobliżu swego perihelium rozkłada się ona niekiedy na niezliczone mnóstwo drobnych cząstek, które wytwarzają gwiazdy spadające, bolidy, aerolity. Jeżeli wtedy nie rozłoży się lub jeżeli rozdzieli się tylko na kilka dużych odłamów, natenczas u każdego odłamu, pod wpływem siły odpychającej, powstaje po stronie, przeciwległej Słońcu, zakrzywiony warkocz, ciągnący się często na kilka milionów kilometrów. Ponieważ materia, tworząca warkocz, jest ogromnie rzadka, nie przeszkadza bowiem widzieć gwiazd, przeto pod działaniem siły odpychającej wypływa z bardzo wielkim impetem. Po przejściu planety przez perihelium warkocz zmniejsza się i w końcu znika.



Schröter ogłosił był w r. 1792, że Merkury posiada atmosferę dość gęstą. H. C. Vogel w r. 1871 wypowiedział myśl, że planeta ta ma atmosferę, podobną do naszej.

W r. 1832 obserwatorowie zauważyli dokoła Merkurego t. zw. halo; jednym wydało się ono nieco ciemniejszym, innym — nieco jaśniejszym od powierzchni słonecznej; niewielka liczba oświadczyła, że barwa jego była niebieska. Sir W. Huggins i E. I. Stone zobaczyli w r. 1868 to halo świecące i wyraźnie oddzielone od planety. W r. 1878 Christie w Greenwich i Trouvelot w Cambridge (Stany Zjednoczone) dostrzeżone przez siebie halo opisali szczegółowo.

Merkury ma kilka plam, które zobaczyć trudno, i z których Schiaparelli wywnioskował w r. 1889, że planeta ta obraca się dokoła siebie w tym samym czasie, co i dokoła Słońca, t. j. mniej więcej w ciągu 88 dni.



Przy pomocy plam Wener, Schiaparelli obliczył także w r. 1890 czas obrotu tej planety dokoła jej osi i otrzymał około 225 dni; zauważmy, że czas ten jest zarazem czasem jej obiegu dokoła Słońca. W latach 1890 i 1895 Perrotin starał się sprawdzić wynik powyższy: zauważył on wielką różnicę w wyglądzie dwóch stref planety, poło-

żonych po obu stronach ciemnego pasa, i pokazał, w jaki sposób z faktu tego można skorzystać w celu dokładnego oznaczenia czasu obrotu Wenusy.



Mars zakreśla elipsę w przeciągu 687 dni; jego odległość od Ziemi jest zmienna; jego opozycje zdarzają się co 780 dni, lecz jedynie w odstępach czasu 15—17 letnich Mars zajmuje położenie najbardziej zbliżone do Ziemi; w czasie tych wielkich opozycji planeta błyszczy światłem czerwonym, silniejszym, aniżeli w położeniach pośrednich, i może być lepiej obserwowana przez teleskop.

Najstarszy znany rysunek Marsa zrobił Fontana w r. 1636. Schröter obserwował Marsa od roku 1785 do 1803; opisy jego i rysunki są cenne, ale praca tego badacza została ogłoszona dopiero w r. 1881. Pierwsze mapy areograficzne, prawdziwie godne tej nazwy, wykonali w latach 1830—1841 Beer i Mädler, którzy wyznaczyli z wielką starannością kilka głównych punktów powierzchni i odnieśli do nich, jako do punktów orientacyjnych, rozmaite właściwości wyglądu planety. Znajomość Marsa postąpiła nieco od roku 1858, gdy zaczęto budować coraz to potężniejsze teleskopy. Secchi, Dawes i Proctor wydali rysunki swych obserwacji. W roku 1862 Sir N. Lockyer zaznaczył stałość w położeniu konfi-

guracji i zmiany w tonie ich barw; Sir W. Huggins i W. A. Miller, dokonawszy analizy spektralnej atmosfery Marsa, doszli do wniosku, że blask swój zawdzięcza ta planeta jedynie światłu odbitemu. W 1867 Janssen, po dokonaniu obserwacji na górze Etnie oraz opierając się na odkrytym przez siebie widmie pary wodnej, stwierdził obecność tej pary w atmosferze Marsa.

C. Flammarion przedstawił Akademii Nauk kilka rozpraw o Marsie. W rozprawach z lat 1863 i 1865 wypowiedział on pogląd, że śniegi u biegunów Marsa mogą zawdzięczać swe pochodzenie cieczy, podobnej do wody, lecz o składzie chemicznym odmiennym. W rozprawie z r. 1873 pisze on, że zauważył na półkuli północnej Marsa, podówczas mniej zbadanej, aniżeli południowa, odcinek, mający wygląd białego ziarnka grochu, że sądzi, iż czerwony swój kolor łądy zawdzięczają *jakiejś wegetacji*. Rozprawa z r. 1877 zawiera mapę, sporządzoną podług głównych rysunków Marsa tudzież «Areografję» (Aréographie, 1875), wydaną przez Terby'ego.

W czasie wielkiej opozycji z r. 1877 Schiaparelli odkrył, że Mars posiada wielką liczbę linii o wyglądzie geometrycznym prawidłowym; ogłosił on w Rzymie w 1878 dzieło, zawierające mapę Marsa, sporządzoną bardzo starannie, oraz wynik obserwacji, dokonanych nad tą planetą do owego czasu; przyjmuje on nazwy mórz, jezior,

kanałów, wysp, lądów jedynie w znaczeniu skrótów językowych, nie przesądzając nic o naturze istotnej plam; wyznacza na nowo oś obrotu Marsa, umieszcza dokładnie jego plamy, opisuje różne strefy, analizuje atmosferę. Uzupełnił on tę pracę w r. 1879; nadaje miano *kanałów* wielkim ciemnym liniom, które biegną przez lądy i, przecinając się pod wszelkimi możliwymi kątami, tworzą prawdziwą sieć geometryczną; zwraca uwagę na to, że kanały te są stałymi konfiguracjami planety, albowiem niektóre z nich obserwowano już dawno w tych samych miejscach, gdzie on je widział, i że żaden kanał nie urywa się w środku lądu. Ponieważ kanały te mają wygląd kresek o ciemnej barwie mórz, przeto jest on zdania, że jeżeli te ostatnie przyjąć za zbiorniki cieczy, to kanały należy uważać za przedłużenia mórz poprzez lądy. W sierpniu 1882 Schiaparelli pisze do C. Flammariona, że widział w czasie trzech ostatnich opozycji przeszło 60 kanałów i że prócz tego zaobserwował zjawisko zdumiewające. Oto, niektóre kanały zmieniły prawie nagle swój wygląd w taki sposób, że każdy z nich zamienił się na całej swej długości na parę ciemnych, równoległych do siebie kanałów, biegnących mniej więcej w kierunku kanału pierwotnego, z którego powstały przez rozdwojenie; nazywa on taką przemianę kanału dwojeniem się (*geminazione*) i wiąże ją z następstwem pór roku.

Powstały wątpliwości, zwłaszcza w Anglii, co do istnienia kanałów i ich dwojenia się. Fizeau w 1888 na posiedzeniu Akademji Nauk wyciągnął z szeregu rozumowań wnioski, że Mars jest pokryty lodowcami, i że jego linje nie są niczym innym, jak tylko rozpadlinami w tych lodowcach. Atoli Flammarion powstał energicznie przeciwko powyższym wywodom. Kilku obserwatorów widziało i opisało kanały; tak np. Perrotin zauważył w r. 1886, że tworzą one w strefie równikowej sieć linji, które zdają się być wykreślonymi wzdłuż łuków wielkiego koła i łączyć ze sobą morza; a nawet w r. 1888 widział, jak niektóre kanały ulegały rozdzieleniu.

Schiaparelli mówi znowu o kanałach w r. 1893 w rozprawie p. t. «Il pianeta Marte» (Planeta Mars); żeby je dostrzec, trzeba mieć oko bardzo wprawne i teleskop bardzo potężny. Niektórzy z uwagi na geometryczną prawidłowość, którą okazują kanały, sądzą, że są one dziełem istot rozumnych. «Nie myślę bynajmniej, pisze Schiaparelli, zwalczać tego przypuszczenia, które nie ma w sobie nic niemożliwego». Jest on przekonany, że planeta Mars nie jest kamienistą pustynią, lecz że żyje ona, i że życie to objawia się na jej powierzchni, jako skomplikowany całokształt zjawisk, których część daje się obserwować z Ziemi.

Mars jest w dalszym ciągu przedmiotem uważnego badania ze strony astronomów. W dziele



K. Flammarion «La planète Mars» (Planeta Mars, 1892), znajdujemy szczegółowy inwentarz hipotez o budowie fizycznej tego ciała niebieskiego. Lowell w książce p. t. «Mars (1896)» [Mars] przypuszcza istnienie równin, pokrytych roślinnością, i sądzi, że kanały z ich rozdwarzaniem się stanowią cudowny system irygacyjny; stwierdził on, że Mars jest spłaszczony u biegunów. Janssen wnioskuje z obserwacji, robionych w Obserwatorium w Meudon w r. 1897, że atmosfera Marsa zawiera ciała, które mogą skraplać się na powierzchni planety i zwiększać u biegunów przezroczystość atmosferyczną. Cerulli, który obserwował Marsa podczas opozycji 1896—1897, przekonał się, że planeta posiada wiele kanałów; mniema jednak, że są to poprostu linje, łączące ze sobą plamy, których kształtu nie możemy dostrzec. K. Flammarion, rozbierając szczegóły mapy, sporządzonej przez Cerullego, dochodzi do wniosku, że topografia planety w rzeczywistości nie może być taką, na jaką wskazuje ta mapa.



H. Faye, rozebrawszy krytycznie teorię powstania Wszechświata, podaną przez Laplace'a, przedstawił już w roku 1880 teorię następującą, którą wyłożył całkowicie w r. 1884 w dziele swym «Sur l'origine des Mondes» [O Początku Światów].

Na początku rzeczy, istniał chaos materji zimnej i ciemnej, która pod wpływem wzajemnego przyciągania swych pierwiastków ogrzała się i zaczęła słabo świecić. Chaos ten zrodził mnóstwo mgławic, ożywionych ruchami wirowemi; mgławice te na ogół stały się mgławicami spiralnemi i wytworzyły układy gwiazdowe. W szczególnym wypadku, gdy mgławica jest jednorodna i kulista, obraca się ona zwolna dokoła samej siebie, tworząc prawidłowe pierścienie, położone prawie w płaszczynie równikowej mgławicy. Nasz układ planetarny powstał z takiej mgławicy, która pierwotnie miała promień przynajmniej 10 razy większy od obecnej odległości Neptuna od Słońca. W okresie koncentracji, z której wyłoniło się nasze Słońce, pierścienie porozrywały się na kawałki; z kawałków tych potworzyły się planety. Podczas tego centralnego ześrodkowywania się materji mgławicznej prawo ciężenia ku środkowi, które z początku było wprost proporcjonalne do odległości od środka obrotu, zmieniło się w taki sposób, że ciężenie to stało się odwrotnie proporcjonalnym do kwadratu tej odległości. Tak samo, mgławice planetarne, ześrodkowując się, by stać się planetami, potworzyły pierścienie, z których powstały księżyce, przyczem Saturn zachował swe pierścienie. Podług tego, czy pierścienie tworzyły się przed lub po koncentracji mgławicy centralnej, nadały one planetom i pochodzącym od nich satelitom obrót prosty lub wsteczny.

Część środkowa wirującej mgławicy pierwotnej wypuściła niektóre części położone w okolicy swych biegunów; części te zaczęły w końcu zakreślać elipsy bardzo wydłużone i potworzyły komety, których warkocze są dotąd jeszcze materją w stanie mgławicznym.



## XV. ANALIZA SPEKTRALNA W ASTRONOMJI.

Linje widma słonecznego. — Analiza spektralna Słońca. — Badanie protuberancji i korony. — SECCHI. — Teorya Słońca podług Secchiiego. — Teorya fizyczna Słońca podług Faye'a. — Analiza spektralna gwiazd. — Analiza spektralna mgławic. — Analiza spektralna komet. — Prędkość radialna gwiazd.

Wollaston dostrzegł w r. 1802 czarne linje w widmie słonecznym, ale odkrycie jego nie zostało zauważone. W r. 1815 Fraunhofer znalazł w widmie słonecznym 354 ciemne linje i stwierdził, że widmo światła elektrycznego, w którym paruje metal, posiada linje błyszczące. W r. 1822 Brewster, potym Herschel stwierdzili, że linje błyszczące zawdzięczają swe pochodzenie światłu, wysyланemu przez rozżarzony gaz. W roku 1826 Fox Talbot wywnioskował z doświadczeń nad światłem różnych ciał, że przypatrzenie się widmu płomienia wystarcza, by rozpoznać substancje, zawarte w tym płomieniu. Wheatstone ogłosił w r. 1835 wyniki badań swych nad błyszczącymi linjami widm światła elektrycznego, powodującego parowanie metali.

Widmo rzucano podówczas na ekran. Począwszy od roku 1847, zaczęto je otrzymywać w przyrządzie przenośnym — w spektroskopie, który wynaleźli W. Swan i Zantedeschi, jeden niezależnie od drugiego.

Plücker stwierdził w r. 1857, że gazy rozżarzone dają widma, z których każde posiada sobie tylko właściwy szereg linii błyszczących, gdy tymczasem ciała stałe lub ciekłe, doprowadzone do stanu świecenia przez podniesienie temperatury, posiadają widma ciągłe, pozbawione linii błyszczących.

W r. 1827 Brewster zauważył, że widmo Słońca zawiera ciemne pasy w czasie wschodu i zachodu, a w r. 1860 wypowiedział wraz z I. H. Gladstonem myśl, że pasy te zawdzięczają swe pochodzenie atmosferze Ziemi. W latach 1862—1864 Janssen wykazał, że te pasy mogą się rozkładać na szereg cienkich linii, niezmiennych w ciągu dnia; że linje te, które nazwał *linjami ziemskimi*, zawdzięczają swe pochodzenie pochłaniającemu działaniu pary wodnej atmosferycznej i że natężenie ich jest w stosunku prostym do grubości warstw atmosfery, które światło przecina.

Fraunhofer zwrócił był uwagę na to, że podwójna linja błyszcząca żółta, którą daje sód, zajmuje to samo miejsce, co podwójna linja żółta D widma słonecznego; w r. 1842 Brewster rozciągnął tę uwagę na inne linje. Następnie stwier-

dzili: Foucault w r. 1842 dla linii D, a Kirchhoff i Bunsen w r. 1859 dla innych linii, że linie widma są przerwami, powstającymi wskutek pochłaniania przez pary metaliczne, zawarte w atmosferze słonecznej, i że tym sposobem każda z nich jest *odwróconym widmem pewnej substancji*.



*Analizę spektralną* wynaleźli w r. 1860 Kirchhoff i Bunsen, którzy wprowadzili do spektroskopu 4 pryzmaty.

Począwszy od r. 1861 Kirchhoff zdołał tą metodą odszukać w Słońcu: żelazo, chrom, nikiel, bar, miedź, cynk, nie licząc potasu; Angström i Thalen znaleźli w r. 1862 wodór i mangan.

W r. 1877 Draper ogłosił, że tlen zdradza swe istnienie w Słońcu linjami bezpośrednimi w jego widmie. Ponieważ fakt ten zakwestjonowano, Draper posłał wyniki swych badań Christie'emu, który dowiódł w r. 1881, że znalezione linie zawdzięczały swe pochodzenie atmosferze ziemskiej. Ujemny również wynik dały poszukiwania, przedsięwzięte przez Janssen a naprzód w r. 1888 w Grands-Mulets, a następnie w r. 1890 w Grande Bosse na górze Mont-Blanc; ale najbardziej przekonujące były doświadczenia, dokonane przezeń w r. 1893 w Obserwatorium, położonym na górze Mont-Blanc na wysokości

4810 m.; Harkny stwierdził tamże, że widmo słoneczne nie posiada bardzo wyraźnych linii pochodzenia wodrego.

Obserwatorium powyższe, zbudowane w latach 1891—1893, powstało dzięki ofiarom osób prywatnych, a zwłaszcza dzięki ofierze p. Bichoffsheima. Janssen zażądał był utworzenia tej instytucji, ażeby można było badać lepiej cyklony, planety: Merkurego i Wenerę, strefy, otaczające Słońce, promieniowanie gwiazd i t. p.



Baily, autor dzieła o zaćmieniach Słońca dawnych i nowszych, obserwując na północy Anglii zaćmienie pierścieniowe w dniu 15 maja 1836, dostrzegł jakgdyby naszyjnik z punktów świecących dookoła tej części Księżyca, która przypadała na Słońce. Ciekawe to zjawisko nosi nazwę *naszyjnika Baily'go* (Baily's beads).

Arago zalecał w roku 1846 badanie *frędzli ruchomych*, które występują w czasie zaćmienia Słońca na kilka chwil przed całkowitym pokryciem oraz w chwili ponownego ukazania się światła. A. Laussedat i A. Mannheim obserwowali uważnie to zjawisko w Batnie w Algierze podczas całkowitego zaćmienia Słońca w dniu 18 lipca 1860 i opisali je szczegółowo.

W dniu całkowitego zaćmienia Słońca 18 sierpnia 1868 Janssen i Tennant w Guntoor oraz G. Rayet na wybrzeżu półwyspu Malajskiego przekonali się, że różowe protuberancje są to olbrzymie przydatki, należące do Słońca i utworzone przez rozżarzony wodór. Nazajutrz Janssen obmyślił metodę dla badania zjawiska protuberancji w każdym czasie za pomocą spektroskopu, który świeżo, przez zaprowadzenie w nim pewnej modyfikacji, uczynił był przydatnym do obserwowania Słońca, nawet gdy niema zaćmienia. Podobnego odkrycia dokonał w Londynie 20 października 1868 Sir Lockyer, nic nie wiedząc o rezultatach, otrzymanych przez Janssena. Obaj doszli do wniosku, że protuberancje tworzą dokoła fotosfery cienką powłokę, którą Sir N. Lockyer nazwał *chromosferą*.

H. Faye wypowiedział był zdanie, że dokoła Słońca niema atmosfery, podobnej do atmosfery ziemskiej. Janssen, obserwując w Trani zaćmienie pierścieniowe w d. 6 marca 1867, doszedł do wniosków, przychylnych dla tej hipotezy; zaś w Guntoor przyjął ją całkowicie, zauważywszy, że linje pochodzące od brzegu Słońca, nie różnią się dostrzegalnie od linji, pochodzących od jego środka.

G. Rayet dostrzegł był w r. 1868 linję błyszczącą dość wysoko ponad protuberancjami, zaliczył ją wszakże do korony po dokonaniu badań spektroskopowych nad całkowitym zaćmieniem



Słońca w d. 7 sierpnia 1869, które było widzialne w Ameryce północnej. Wtedy to Sir N. Lockyer znalazł w koronie linię zieloną 1474, charakterystyczną dla żelaza. Aż do roku 1871 niektórzy uczeni mniemali, że korona jest stałą lub ciekłą, a to z powodu ciągłości jej widma; inni, których było więcej, twierdzili, że jest ona gazowa, opierając się na polaryzacji oraz na linii zielonej 1474. Janssen, obserwując w Schoolor koronę podczas zaćmienia słonecznego całkowitego w d. 12 grudnia 1871, wywnioskował ze swych obserwacji, dokonanych za pomocą spektroskopu i polaryskopu, że dokoła chromosfery istnieje ośrodek dokładnie ograniczony — *atmosfera koronalna*, posiadająca gęstość mniejszą od gęstości chromosfery, zawierająca wodór rozżarzony i dająca w widmie linię zieloną 1474. Sądzi on, że wygląd swój i cudaczne kształty atmosfera koronalna zawdzięcza rojom meteorów, krążącym w sąsiedztwie Słońca. «Postać korony, kończy on, musi się zmieniać wraz ze stanem czynności Słońca nazewnątrz. W okresach maksimum plam, wtedy, gdy wybuchy protuberancyjne są w pełni swej działalności, atmosferę tę muszą przerzynać strumienie liczne i obfite, które powiększają jej rozciągłość, gęstość i zmieniają jej wygląd».

W tym samym roku 1868 odkryto w Słońcu substancję, dającą linię żółtą D<sub>3</sub>, nie należącą do żadnego ze znanych ciał. Substancję tę poznaliśmy

dzięki W. Ramsay'owi, który w r. 1895 otrzymał z kleweitu, rzadkiego minerału, odkrytego w r. 1878 przez Nordenskjölda, gaz, dający właśnie linię  $D_3$ ; gaz ten nazwano *helem*.

Istniały podówczas jeszcze trzy inne linie trwałe, które nie były widmami żadnego z ciał ziemskich, ale H. Deslandres stwierdził, w r. 1895, że dwie z pomiędzy tych linii daje również gaz otrzymany z kleweitu. Pozostaje więc tylko do rozpoznania linia ciała, nazwanego *koronem*.

Odkrycia z przed r. 1872, dotyczące budowy fizycznej Słońca, zostały skontrolowane przez Secchi'ego i przez H. Faye'a, z których każdy, dodawszy wyniki osobistych obserwacji, utworzył własną teorię fizyczną Słońca.

### SECCHI.

28 czerwca 1818 — 26 lutego 1878.

Jego orli wzrok zgłębił tajemnice Słońca.

P. TACCHINI.

Angelo Secchi, rodem z Reggio, został wyświęcony na księdza w Rzymie w r. 1847 i wstąpił do Zgromadzenia Jezuitów. Gdy członków tego zakonu wydalono z Rzymu, Secchi udał się do Anglii, a w następnym roku wyjechał stamtąd do Ameryki, by objąć stanowisko profesora Kolegium

w Georgetown pod Waszyngtonem. W roku 1849 powołano go na urząd dyrektora Obserwatorjum i profesora Astronomji w Collegium Romanum w Rzymie, gdzie urządził na dachu kościoła świętego Ignacego nowe Obserwatorjum dla tego Collegium, zorganizował je tak, żeby można w nim było prowadzić badania nad budową fizyczną ciał niebieskich, i stał się tym sposobem promotorem tego rodzaju obserwacji, które od czasów W. Herschela znajdowały się w stanie pewnego zaniedbania. W roku 1847 mianowany został członkiem Akademji papieskiej *Nuovi Lincei*, a w r. 1872 jej prezesem. Główne Akademje Europy — paryska w r. 1857 — wpisały go na listę swych członków korespondentów. W r. 1872 reprezentował Włochy w Komisji międzynarodowej metra, która zgromadziła się w Paryżu.

Secchi stwierdził w latach 1850—1862, że powierzchnia pierścienia Saturna nie jest płaska, lecz nieco eliptyczna, i że środek jej nie schodzi się ze środkiem planety; że istnieje wielka mgławica wewnątrz pierścienia i że wskutek tego ten ostatni składa się z trzech części. Lassell, obserwując Saturna na prośbę Secchiiego, potwierdził to ostatnie odkrycie.

W pracy z r. 1859, dotyczącej Marsa, Secchi wskazuje dwa kanały lazurowe, położone między dwoma łądami czerwonymi i oznajmia o istnieniu, w pobliżu biegunów planety, dwóch plam białych

o kształtach zmiennych, podobniejszych raczej do obłoków, aniżeli do śniegów lub lodów.

Poddał on również Księżyc uważnej bardzo obserwacji, celem uzupełnienia znajomości budowy fizycznej tego ciała niebieskiego. Zawdzięczamy mu rysunki i fotografie najważniejszych kraterów naszego satelity. Fotografia zrobionego przezeń w 1856 rysunku, przedstawiającego z wielką dokładnością krater Kopernika, została rozpowszechniona po całej Europie staraniem Towarzystwa astronomicznego w Londynie.

Za pomocą potężnej lunety ekwatorjalnej Merza, Secchi kazał robić, począwszy od 1852, pomiary orbit gwiazd podwójnych; w r. 1859 ogłosił on wyniki swych pomiarów mikrometrycznych, dotyczących 1321 gwiazd. Zbadawszy uważnie 4000 gwiazd, podzielił on w r. 1867 wszystkie gwiazdy na 4 typy podług ich barwy i podług linii ich widm.

W książce swej p. t. «Le Stelle» (Gwiazdy, 1877), przetłomaczonej na język francuski w roku 1879, Secchi wypowiada myśl, że zdolność dyspersyjna atmosfery ziemskiej zmienia natężenie blasku i barwę gwiazd i powoduje ich migotanie. Takie tłumaczenie migotania różni się od tłumaczenia które dał Arago, a którego bronił w roku 1868, C. Wolf na podstawie obserwacji, dokonanej nad Wenerą u poziomu, oraz na zasadzie widma Syrusza.

Najważniejsze prace Secchiego dotyczą budowy fizycznej Słońca.

Przeprowadziwszy w r. 1851 szereg badań nad ciepłem słonecznym promienistym przy pomocy ogniwa termo-elektrycznego, znalazł on, że ciepło to wzrasta od brzegów tarczy ku jej środkowi i od biegunów ku równikowi, przyczym półkula północna jest gorętsza od południowej.

Począwszy od r. 1864, stwierdził on, że cząsteczki świecące odłączają się od fotosfery, dostają się do wnętrza plamy słonecznej, tracą tam stopniowo swe natężenie i w końcu nikną. Był on pierwszym, co zauważył, że plamy dają światło czerwone. Z obserwacji swych wywnioskował, że półcień ma budowę paprociową, zaś fotosfera budowę ziarnistą, że we wnętrzu niektórych plam zachodzą ruchy wirowe, zaś we wnętrzu jąder znajdują się jak gdyby łuski barwy różowej; odkrycie to potwierdził Tachini. Secchi wniósł z obserwacji, że refrakcja dokoła Słońca jest nieznaczna, że zatem dokoła gwiazdy tej niema atmosfery, którąby można przyrównać do naszej. Protuberancje czerwone zostały odfotografowane po raz pierwszy w Hiszpanji podczas całkowitego zaćmienia Słońca 18 lipca 1860 r. sposobem, wynalezionym przez Secchiego. Utrzymywał on stanowczo, że protuberancje te mają być rzeczywiste, nie są zaś efektem świetlnym, jak sądzili niektórzy uczeni, że stanowią one przynależność

Słońca; że korona jest także ciałem rzeczywistym, bardziej podniesionym na równiku, niż u biegunów, a pod  $45^{\circ}$  bardziej jeszcze, niż na równiku. W Sycylii podczas całkowitego zaćmienia Słońca 22 grudnia 1870 dokonał szeregu obserwacji, z których wynioskował, że Słońce jest gwiazdą zmienną; wreszcie założył w 1872 «Stowarzyszenie spektroskopistów włoskich» (Societa degli Spettroscopisti italiani), którego zadaniem jest notować codziennie obserwacje, dokonywane nad Słońcem za pomocą spektroskopu, a którego wydawnictwa cieszą się wielką powagą.



W dziele swym p. t. «Le Soleil» (Słońce, 1870), którego wydanie włoskie wyszło w 1867, Secchi wyklada teorię fizyczną Słońca, która daje się streścić w sposób następujący.

Słońce składa się z masy ciekłej o temperaturze bardzo wysokiej; metale istnieją na jego powierzchni stale w stanie par. Pary te rozżarzają się w górnych swych częściach i tworzą powłokę — fotosferę. Promienie, które otrzymujemy od tej ostatniej, mają widmo, poprzecinane linjami, ponieważ przechodzą przez warstwę par metalicznych chłodniejszych; pary te zawierają wielką ilość wodoru, który tworzy drugą powłokę — chromosferę. Ponad tą drugą powłoką znajduje się trzecia — korona, utworzona z wodoru i z substancji, dających

linję 1474. Chromosfera jest stale widzialna w spektroskopie, ale korona, którą widzieć można gołym okiem, widzialna jest tylko podczas zaćmień całkowitych. W masie wewnętrznej Słońca zachodzą gwałtowne ruchy, które podnoszą fotosferę i chromosferę, powodując prawdziwe wybuchy. W czasie wybuchów materja chromosferyczna bywa podnoszona na olbrzymie wysokości i tworzy wytryski płomieni różowych — protuberancje o kształtach rozmaitych i zadziwiających. Potym, substancje metaliczne wracają do masy wewnętrznej, tworząc w fotosferze zagłębienia, które, będąc napelnione materjami ciemnymi, tworzą plamy. Te ostatnie znikają z chwilą, gdy błyszcząca materja fotosfery zaleje wgłębienia. W pobliżu plam znajdujemy okolice błyszczące — pochodnie; są one częściami fotosfery, powstałemi za sprawą sił erupcyjnych lub wskutek wzmożonej w tych miejscach czynności termicznej. Ponieważ w strefach, gdzie są plamy, napotykamy gwałtowne wybuchy i bardzo szybkie wytryski, przeto plamy należy uważać za zjawisko, będące następstwem wybuchów. Czynność Słońca jest perjodyczna; każdy perjod trwa  $11\frac{1}{8}$  lat. Wszystko skłania do mniemania, że wewnątrz Słońca, aż do bardzo znacznej głębokości, znajduje się w stanie gazowym. Przez promieniowanie, Słońce traci olbrzymie ilości ciepła, lecz zmiany w stanach skupienia materji słonecznej stanowią poważne źródło kompensacji; można więc twierdzić, że cho-

ciaż Słońce traci ustawicznie swe ciepło, to jednak nie przestanie ono jeszcze w ciągu milionów i milionów lat ogrzewać i świecić bez jakiegokolwiek dostrzegalnej zmiany.



H. Faye zaproponował w roku 1865 teorię fizyczną Słońca, odmienną od teorii Secchi'ego; zmodyfikował on ją w 1872 i wyłożył całkowicie w «Roczniku Biura Długości (Annuaire du Bureau des Longitudes) za lata 1873 i 1874. Streścimy tę teorię.

Słońce, jeżeli zastosować do niego teorię Laplace'a o powstawaniu planet, utworzyło się drogą kolejnego kurczenia się, wskutek stygnięcia, kupy wirującej materji mglistej. Z kurczenia się tego wyłoniła się masa kulista niesłychanie gorąca, obdarzona również ruchem wirowym, utworzona z tlenu, oraz innych gazów i par metalicznych, zwłaszcza magnezjowych. Skoro tylko temperatura skrajnych warstw gazowych obniżyła się do punktu, w którym pary metaliczne mogą łączyć się z tlenem, ukazały się na powierzchni gwiazdy naszej stałe rozżarzone pyły magnezu, zwane *ziarnkami ryżu*, tworzące fotosferę świecąca. Pyły te, cięższe od warstwy gazowej, zaczęły opadać ku środkowi gwiazdy, odzyskując ilość ciepła, którą były wypromieniowały podczas znajdowania się w foto-



sferze, aż dopóki nie dosięgły warstwy, której ciepło uwolniło ich tlen i zamieniło ich magnez na parę. Wobec zakłócenia równowagi przez pary, utworzone w tej warstwie, część tych par powróciła na powierzchnię zewnętrzną, gdzie magnez ponownie połączył się z tlenem wskutek względnie niskiej temperatury powierzchni, by utworzyć nowe pyły świecące. Ciągłe odtwarzanie się fotosfery jest wynikiem prądów zstępujących, prądów wstępujących, oraz związków chemicznych na powierzchni zewnętrznej. Ruchy te mogą trwać długo, ponieważ cała olbrzymia masa Słońca przyczynia się do podtrzymywania ciepła i światła; ustaną one, gdy stopniowe obniżenie się temperatury całej masy dojdzie do warstw wewnętrznych. Wtedy nastąpi koniec Słońca i powolny zanik na globie naszym roślin i zwierząt. Ten okres wygasania nie nastąpi przed upływem milionów lat, stwierdzono bowiem, że średnia temperatura Ziemi, która zależy prawie wyłącznie od promieniowania słonecznego, nie zmieniła się w sposób dostrzegalny od 3000 lat.

Słońce obdarzone jest ruchem obrotowym zmiennym, ponieważ obrót warstw powierzchniowych ulega zwolnieniu wskutek działania prądów wstępujących, zaś obrót warstw wewnętrznych przyspieszeniu wskutek działania prądów zstępujących. Wskutek tego obrót ogólny Słońca może ulec zmianie tylko wskutek kurczenia się, postępującego bardzo powoli, a wynikającego ze stygnięcia.

Na fotosferze ukazują się eliptyczne przerwy w sieci ziarek ryżu: są to plamy słoneczne, złożone z ciemnego jądra, otoczonego częścią mniej ciemną — półcieniem; na brzegu półcienia znajdujemy pochodnie, które świecą silniej aniżeli ziarnka ryżu; plamy te biorą udział w ruchu obrotowym Słońca. Z obliczeń, dokonanych na podstawie obserwacji C. Carringtona, H. Faye wywnioskował, że plamy są lejkowatymi dziurami, których większa podstawa znajduje się w fotosferze, a ciemne jądro w warstwie, położonej o 3600 kilometrów od zewnętrznej powierzchni fotosfery, i że sąsiadujące ze sobą pasy tej powłoki posiadają prędkości, malejące od równika ku biegunom. To zmniejszanie się prędkości powoduje w fotosferze pionowe wiry, które pochłaniają błyszczące obłoki zewnętrzne i wciągają do swego lejka oziębione materiały chromosfery, powodując obniżenie się temperatury, skutkiem czego ciemne jądro wiru staje się nieprzezroczystym; ten ostatni odsuwa prądy wstępujące, które dają ziarnka ryżu. Część wytworów świecących tych prądów zgęszcza się dokoła górnego wiru, podwaja jego blask i wskutek tego daje początek pochodniom; inna część, zaskoczona obniżeniem się temperatury wzdłuż ścian lejka, skrapla się natychmiast i osiada tamże w postaci długich strzępów, które wydają się mniej błyszczącymi od ziarek ryżu i tworzą półcień. Rzadkość plam na równiku wynika z małej

prędkości jednego pasa względem drugiego w tych strefach. Perjodyczność plam na Słońcu pozwala uważać to ciało niebieskie za gwiazdę zmienną o długim bardzo okresie i o zmienności blasku bardzo jeszcze słabej. Protuberancje rodzą się na fotosferze, wytryskują ze wszystkich jej punktów, zwłaszcza z pochodni, lecz nigdy z głębi plam.

H. F a y e zwrócił uwagę na to, że jego teoria Słońca zdaje sprawę z pochodzenia i ze stałości promieniowania słonecznego. Z teorii tej, oraz z identyczności Słońca i gwiazd wyprowadza on wniosek, że ciepło tych ciał niebieskich pochodzi z zamiany na ciepło siły żywej materjałów, rozsianych na przestrzeni olbrzymiej i zdążających następnie ku mnóstwu centrów, za sprawą wzajemnego ciążenia.

C. A. Y o u n g i L a n g l e y, wykładając myśli swe o budowie Słońca w «Astronomji popularnej» New c o m b a (Popular Astronomy, 1877), zaaprobowali w ogólnych zarysach powyższą teorię F a y e' a.



Widmo gwiazd było badane przez F r a u n h o f e r a w r. 1823, D o n a t i e g o w r. 1860, S i r a W. H u g g i n s a i W. A. M i l l e r a w 1862—1864, S e c c h i' e g o i C. W o l f a w 1867, H. C. V o g l a od r. 1870, E. C. P i c k e r i n g a w 1881 i D u-

nera, który wydał w Sztokholmie w roku 1884 Katalog 352 gwiazd z linjami ich widm. Astronomowie ci znaleźli, że linje wodoru odnajdują się u wszystkich gwiazd, lecz że są trudno widzialne u najświeźniejszych gwiazd Orjona; że są na ogół ciemne z wyjątkiem u  $\gamma$  Kassjopei i  $\beta$  Liry; że we wszystkich gwiazdach, tak samo jak w Słońcu, sód ujawnia się podwójną linją D, magnez potrójną linją b, żelazo znaczną liczbą linji; że wielka liczba gwiazd daje ciemne pasy, analogiczne do linji ziemskich. W r. 1864 Sir W. Huggins wypowiedział myśl, że barwa gwiazd zależy od pewnych par, które ją otaczają, a w roku 1865 Zöllner pisał, że gwiazdy żółte i czerwone są gwiazdami w różnych okresach stygnięcia. Secchi odniósł w roku 1867 gwiazdy do 4 typów. Później, inni astronomowie zaproponowali poddziały. H. C. Vogel ustanowił w r. 1874 trzy następujące typy gwiazd:

Gwiazdy białe lub niebieskie, które tworzą klasę najliczniejszą, mają widmo, w którym linje wodoru występują bardzo wyraźnie, a linje metaliczne bardzo słabo: są to gwiazdy najmłodsze; tu należą: Wega, Altair, Syrjusz, Regulus, Procjon, Kastor, Rygiel, Kłos, Fomalhaut. Gwiazdy żółte mają widmo o linjach metalicznych licznych i dobrze widzialnych, jak w widmie słonecznym; wymienimy tutaj Arkturusa, Aldebarana, Kapellę, gwiazdę Polarną, Polluksa,  $\alpha$  Wielkiej Niedźwiedzicy;

Słońce uważane jest za gwiazdę, należącą do tej klasy. Gwiazdy czerwone lub pomarańczowe mają widmo, w którym występują linje metaliczne oraz liczne pasy ciemne: gwiazdy te zdążają ku ostatecznemu zagaśnięciu; takimi są Betajgajca, Antares,  $\alpha$  Herkulesa,  $\beta$  Pegaza.

Spektroskopja została zastosowana w r. 1866 przez Sira W. Hugginsa do gwiazdy czasowej Korony i wykryła linje błyszczące, zwłaszcza linje wodoru; następnie w r. 1876 — przez Cornu'a do gwiazdy, którą świeżo odkrył był podówczas Juliusz Schmidt w Łabędziu. Prócz tego C. Wolf i G. Rayet odkryli w Łabędziu trzy drobne, bardzo bliskie sobie gwiazdki, dające widma, godne uwagi ze względu na swe linje błyszczące; gwiazdki te noszą miano «gwiazd Wolfa—Rayeta».



W. Huggins w roku 1864 poddał badaniu spektroskopowemu mgławicę planetarną i, zamiast otrzymać widmo właściwe gwiazdom, jak to się zdarza w wypadku gromad gwiazd, znalazł trzy linje błyszczące oddzielne, z których jedna jest linją F wodoru; jemu to zawdzięczamy najważniejsze obserwacje nad mgławicami.

Z badań nad mgławicami wynika, że można je podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa obejmuje mgławice, których widmo posiada 3 linje

błyszczące i które, znaczy, są gazowe; jedna z tych linii odpowiada wodorowi. Do gatunku tego należą mgławice planetarne. Druga grupa zawiera mgławice o widmie ciągłym, które zatym utworzone są z materji nieznaney, posiadającej konsystencję pyłu.

Z tego, że widma gwiazd Wolfa — Rayet'a posiadają linje błyszczące, C. Wolf wywnioskował w r. 1870, że fotosfera tych gwiazd znajduje się w stanie, pośrednim pomiędzy stanem mgławic a stanem Słońca.



Donati pierwszy zastosował analizę spektralną do badań nad kometami, zbadawszy przy pomocy spektroskopu kometę z r. 1864 I. Secchi i Sir W. Huggins zbadali kometę z r. 1866 I, a ten ostatni kometę z r. 1867 II. Secchi i C. Wolf zbadali w r. 1868 kometę Winneckiego. Z obserwacji tych astronomów okazuje się, że widmo komet ma 3 pasy błyszczące: jeden żółty, jeden zielony i jeden niebieski, charakterystyczne dla wodorków węgla.

C. Wolf zauważył z powodu komety 1881 b, że widmo jej jądra, oprócz pasów, cechujących wodorki węgla, a dawanych przez widma wszystkich komet, daje także pomiędzy temi pasami protuberancje, które wskazują na istnienie innych gazów lub par w gorętszych i silniej świecących

strefach atmosfery kometarnej. Fakt ten nie powinien nas dziwić, albowiem komety C. S. Wellsa i Finlay'a, które przybliżyły się do Słońca na odległość, mniejszą od odległości Merkurego, ukazały w widmie swego światła linje sodu, magnezu i żelaza.

Zbadanie widma światła, odbijanego przez Księżyc, dokonane w latach 1862—1864 przez Sir'a W. Hugginsa i W. A. Millera, tudzież w roku 1863 przez Janssena, doprowadziło tych badaczy do wniosku, że Księżyc nie posiada atmosfery.

Z odkryć, których dokonała na ciałach niebieskich Analiza spektralna, Janssen w mowie swej o «Wiek gwiazd» (Age des Etoiles), odczytanej w r. 1887 na dorocznym posiedzeniu pięciu Akademji, wyprowadził wniosek, że wszystkie ciała niebieskie mają jednakową budowę materjalną; że, jak Ziemia była niegdyś kulą ognistą, tak samo Słońce i gwiazdy przejdą kiedyś przez fazy, podobne do tych, które przebyła nasza planeta; że zatem gwiazdy posiadają *wiek*, związany z temperaturą materji.



Gwiazdy posiadają w kierunku promienia wzrokowego ruch, którego prędkość nosi miano *prędkości*

*radjalnej*. Prędkość tę można będzie wyznaczyć, gdy *metoda Doppler-Fizeau'a*, którą zamierzamy teraz wyłożyć, osiągnie większy stopień dokładności; natenczas będzie rzeczą możliwą znaleźć prędkość bezwzględną gwiazd, znane bowiem będą obie składowe tej prędkości: prędkość styczna i prędkość radjalna.

Doppler napisał w r. 1842 rozprawę o świetle barwnym gwiazd, w której znajdujemy wyłożone po raz pierwszy następujące myśli: Podług tego, czy ciało świecące przybliży się, czy oddała od obserwatora, natężenie światła zwiększa się lub zmniejsza; zabarwienie, przy wzrastającej prędkości źródła świetlnego, przechodzi od barwy białej do zielonej, niebieskiej i fioletowej, a przy malejącej prędkości — od białej do żółtej, pomarańczowej i czerwonej; gdy gwiazda zmienia swą prędkość, barwa jej ulega również zmianie, i gwiazda może przejść przez wszystkie barwy widma. W tej formie teoria Dopplera nie mogła być sprawdzona bezpośrednio i nawet została zakwestjonowana. Atoli analogiczny wpływ ruchu na wysokość fal dźwięcznych został stwierdzony przez różnych fizyków.

23 grudnia 1848 r., F i z e a u, na posiedzeniu Towarzystwa filomatycznego, przeczytał rozprawę, ogłoszoną drukiem dopiero w roku 1870, w której wykazuje, że, nadając bardzo szybki ruch ciału świecącemu albo obserwatorowi, zmieniamy dłu-



gość fali promieni prostych, składających światło, otrzymywane w kierunku ruchu, i że skutek ten wyraża się przesunięciem linii, odpowiadającym zmianie długości fali.

Sformułowanie tego prawa jest następujące: Podług tego, czy ciało świecące przybliży się, czy też oddała z prędkością, dającą się porównywać z prędkością światła, linje jego widma ulegają odchyleniu ku części fioletowej lub ku części czerwonej.

Z wielkości odchylenia można wyprowadzić wartość prędkości ciała w kierunku ruchu światła. W tym celu obieramy linję jakiegoś ciała znanego, zazwyczaj linję rozżarzonego wodoru, ze względu, iż gaz ten znajduje się na wszystkich prawie gwiazdach, i stwierdzamy drobniutkie przesunięcie się tej linji, przykładając do widma gwiazdy widmo jakiegoś ziemskiego źródła rozżarzonego wodoru.

Sir W. Huggins ogłosił w r. 1868 rozprawę, w której posługuje się teorią Dopplera i w której na podstawie odchylenia linji F wodoru w widmie Syrjusza oblicza, że gwiazda ta oddała się od Ziemi z prędkością 47 kilometrów na sekundę.

Zöllner pierwszy zwrócił uwagę na to, że, chcąc znaleźć dowód prawdziwości tej teorii, należy przedewszystkim dokonać obserwacji nad Słońcem, ponieważ znamy prędkość obrotu tej gwiazdy. Obserwacji takich dokonali: H. C. Vogel w r. 1871 i C. A. Young w r. 1876. Rowland

sporządził w r. 1882 siatki, które nadają ścisłość pomiarom w widmie słonecznym. Wyniki rozstrzygające otrzymano dopiero w r. 1880 po przeprowadzeniu dowodu przez Thollona.

Metodą Doppler-Fizeau'a, którą stosowano z powodzeniem w warunkach bardzo rozmaitych do przypadków, gdzie możliwe jest sprawdzenie wyników, można posługiwać się bez obawy w celu określania prędkości źródła świetlnego; lecz przedstawia ona zawsze trudności w przypadku gwiazd, ponieważ światło ich jest słabe i ponieważ przesunięcie danej linii względnie do linii orientacyjnej jest bardzo nieznaczne.



## XVI. GIEODEZJA.

Triangulacje. — Niwelacje. — Przyciągania miejscowe. — Po-  
stać Ziemi. — PERRIER. — Złączenie geodezyjne Francji  
z Anglią. — Pomiar łuku równoleżnika w Algierze. — Złączenie  
geodezyjne Algieru z Hiszpanją. — Nowy pomiar południka  
francuskiego. — BAEYER. — Międzynarodowe Stowarzyszenie  
Geodezyjne.

We Francji, przy sporządzaniu Mapy Sztabu  
Generalnego, pomiar trójkątów pierwszego i dru-  
giego rzędu ukończono w roku 1854, zaś pomiar  
trójkątów trzeciego rzędu w r. 1863.

Na Wyspach Brytańskich główne prace geode-  
zyjne zostały dokonane przez «Ordnance Survey  
Office», którego założenie sięga roku 1791. Trian-  
gulacją Indji angielskich kierowali: w latach 1843—  
1861 A. W a u g h, a w latach 1861—1878 J. T.  
W a l k e r; zmierzony łuk południka wynosi 21°.

W Belgji dokonano triangulacji w okresie 1853—  
1873.

W Danji triangulacje ukończono w r. 1870. —  
Andrae dokończył w r. 1867 pomiaru łuku połud-

nika i łuku równoleżnika, będących przedłużeniami tych, które zmierzył był Gauss. Ogłosił on wyniki tych prac w latach 1867—1885 w dziele swym p. t. «Den Danske Gradmaaling» (Duńskie pomiary stopnia 1867—1885), którego część, zredagowana po francusku, nosi tytuł «Problèmes de haute Géodésie» (Zadania z Gieodezji wyższej, 1881).

W Niderlandach rozpoczęto na nowo prace w r. 1861.

W Bawarii i Palatynacie operacje gieodezyjne ukończono w r. 1854. W pozostałych Niemczech poprowadził je dalej Baeyer od r. 1847. Obejmują one ukończony w r. 1877 pomiar łuku równoleżnika  $52^{\circ}$ , zawartego pomiędzy granicami belgijską i rosyjską.

W Austrii i na Węgrzech, Wiedeński Instytut geograficzny wojskowy kazał wymierzyć w ciągu lat 1862—1890 łańcuchy trójkątów w kierunku trzech równoleżników i sześciu południków.

W Państwie Rosyjskim W. Struve i T. F. Schubert ukończyli swe prace gieodezyjne odpowiednio w latach 1855 i 1862.

Triangulacje pierwszego rzędu w różnych częściach Włoch przeprowadzono głównie w latach 1836—1863; potem prowadzono inne prace.

Wielkie triangulacje hiszpańskie, rozpoczęte w r. 1859 w Madrycie przez Komisję wojskową, przy użyciu bardzo dokładnych przyrządów, zo-

stały ukończone w r. 1877 w Ares przez Instytut geograficzny pod dykcją Ibaneza.

W r. 1895 Defforges na żądanie Rządu rumuńskiego kierował pomiarem trzech zasadniczych podstaw Mapy wojskowej Rumunji. Następnie, na prośbę Rządu tureckiego, Francja wysłała urzędową misję celem zorganizowania Biura Mapy wojskowej Cesarstwa Ottomańskiego. W lutym 1897 ukończono pomiar podstawy centralnej, oznaczono sposobem astronomicznym współrzędne punktu wyjścia i rozpoczęto triangulacje. Operacje, przerwane przez wybuch wojny grecko-tureckiej, będą prowadzone dalej.

Do r. 1862 zmierzono w Europie dwa wielkie łuki południków: łuk hiszpańsko-francusko-angielski, zawierający  $22^{\circ} 40'$ , ciągnący się od Formentery na wyspach Balearskich do Saxavordu na wyspach Szetlandzkich i łuk rosyjsko-skandynawski, zawierający  $25^{\circ} 20'$ , ciągnący się od Hammerfestu na brzegach morza Lodowatego do Izmaïtu na brzegach Dunaju; trzy małe łuki południków w Hanowerze, w Danji i w Prusach wschodnich; dwa łuki równoleżników: łuk francusko-sardyńsko-austriacki, pomiędzy Marennes a Orsową, oraz łuk francusko-bawarsko-austriacki pomiędzy Brestem a Wiedniem. W Rosji obserwacje robione były metodą W. Struvego.

Biuro hydrograficzne Stanów Zjednoczonych ukończyło w roku 1878 pomiędzy Stanami Maine

i Gieorgją triangulację, obejmującą  $18^{\circ}$  długości i  $12^{\circ}$  szerokości.

W latach od 1837 do 1849 Antoni d'Abbadie robił pomiary w Abisynji, posługując się metodami skróconemi; wykłada on te metody i podaje wyniki swych obserwacji w dziele p. t. «Géodesie d'une partie de la Haute Ethiopie» (1860—1874), wydanym przy współudziale Radau'a w części, dotyczącej rachunków i map.

Aż do roku mniej więcej 1845 mapy morskie sporządzano za pomocą zdjęć pod żaglami, dających zaledwie szkice, lub też sposobami gieodezyjnemi, które często nie dają się zastosować w krajach dzikich. Mouchez wprowadził metodę mieszaną, polegającą na użyciu punktów stałych, wyznaczonych drogą obserwacji astronomicznych lądowych, i w tym celu polecił był J. Brunnerowi w latach 1849 i 1856 zmodyfikować lunetę południkową w taki sposób, żeby ją uczynić przenośną. Zdejmował on szybko i z dość znaczną dokładnością kontury wybrzeża lub zatoki, zatrzymując teodolit na niewielkiej liczbie punktów kulminacyjnych. Około r. 1850 zaprowadził w sposobie wizowania modyfikację, która przyjęła się potem pod nazwą «metody amerykańskiej». W ciągu lat od 1867 do 1873 sporządził na przestrzeni 800 kilometrów Mapę wybrzeży algierskich, które znane były jedynie ze zdjęć pod żaglami, dokonanych

w latach 1831—1835 przez Bérarda i de Tessana.

Zauważmy tu, że przy wywiadowczych zdjęciach wybrzeży można otrzymać kąty szybko i z dostateczną ścisłością, posługując się widnią optyczną Wollastona, zmodyfikowaną w r. 1854 przez A. Laussedata.



Francja w roku 1857 i Szwajcaria w r. 1863, dały przykład niwelacji, dokonywanych z wielką ścisłością. We Francji, gdzie używano dotąd poziomów rozmaitych, Bourdaloue zarządził niwelację ogólną, przeprowadzając ją z ogromną dokładnością i odnosząc wszystkie odległości do średniego poziomu morza Śródziemnego w Marsylii; wykonał on swe operacje w okresie 1857—1863. Inne państwa, naprzód Niemcy w 1864, Rosja w 1873 i Włochy w 1876 poszły za przykładem Francji i Szwajcarii. Z niwelacji, podówczas dokonanych, zdaje się wynikać, że średni poziom mórz jest prawie jeden i ten sam dla wszystkich krajów.



«Ordnance Survey Office», którym w latach 1854—1874 kierował H. James, wyznaczyło przyciągania miejscowe, zawdzięczające swe po-

chodzenie wypukłości gruntu dookoła stacji, a to w celu poprawienia zaobserwowanych szerokości.

W Rosji T. F. Schubert zaproponował w r. 1860 zniwelowanie metodą angielską terenu stacji astronomicznych, przynależnych do głównych pomiarów łuków południkowych, nie tylko przez wyznaczenie odchylenia północno-południowego ołowianki, lecz także odchylenia wschodnio-zachodniego.

Porównyując pomiary astronomiczne z pomiarami geodezyjnymi, Villarceau przekonał się, że, zgodnie z poglądem, który zaczynał podówczas się ujawniać, przyciągania miejscowe okazują wpływ na długości i azymuty. Zbadał on tę kwestję gruntownie i zdołał ustanowić zależność, która zachodzi — jakiegokolwiek są te przyciągania miejscowe — pomiędzy wpływami, wywieranymi przez nie na długości i azymuty.



Prócz tego, Villarceau dowiódł w r. 1868 innego jeszcze twierdzenia, dotyczącego przyciągań miejscowych, i wyprowadził z niego wnioski, ułatwiające rozwiązanie zadania o postaci Ziemi: w r. 1871 dał on metodę rachunkową wyznaczania postaci Ziemi, bez użycia właściwych niwelacji, wreszcie w r. 1873 uzupełnił liczne swe badania nad przyciąganiami miejscowymi; prace jego doprowadziły



go do odrzucenia hipotezy, jakoby Ziemia miała się znacznie różnić od elipsojdy obrotowej.

Z pomiarów łuków ziemskich astronomowie wywnioskowali, że Ziemia jest sferojdą, spłaszczoną u biegunów: nadto, Bessel w r. 1841 i Airy w r. 1848, przyjąwszy, że sferojda ta jest elipsojdą obrotową, otrzymali drogą rachunku prawie jedne i te same liczby na jej spłaszczenie oraz na promień jej równika. T. F. Schubert wypowiedział był myśl, że Ziemia ma kształt elipsojdy o trzech osiach nierównych. Clarke obliczył w r. 1858 elementy tej elipsoidy, lecz przyznaje, że brak jest danych do ostatecznego rozwiązania tego zadania.

Prócz tego zauważono, że w niektórych miejscach ołowianka odchyła się od położenia, które powinnyaby zajmować w myśl powyższej hipotezy, i że odchylenie to niezawsze jest skutkiem wpływu mas górskich; to też powzięto myśl przekonania się, czy stwierdzone anomalje nie są czasem wynikiem nagromadzenia się w tych miejscach metali, cięższych od Ziemi, lub też braku materji w wielkich zagłębieniach. W r. 1862 H. Faye zwrócił uwagę Biura Długości na ważność prac geodezyjnych angielskich i rosyjskich i przedstawił tej instytucji wnioski, zmierzające nadewszystko do połączenia niwelacji i wywiadów geologicznych celem obliczenia odchyień, powodowanych przez przyciągania miejscowe w kierunku ciężkości.

**PERRIER**

Przyrzekł on poświęcić życie podniesieniu Geodezji francuskiej w najszerszym rozumieniu tego wyrazu i... dotrzymał słowa.

BORSON.

Franciszek Perrier, rodem z Valleraugue (Gard), wstąpił w r. 1855 po ukończeniu Szkoły Politechnicznej, do Szkoły Sztabu Generalnego; był kapitanem, gdy dostał się do niewoli po kapitulacji Metz. Po powrocie do ojczyzny kierował w Wyższej Szkole wojskowej wykształceniem naukowym armji i zreorganizował Służbę Geograficzną Ministerjum Wojny. Na skutek argumentacji H. Faye'a, oraz interwencji Biura Długości, Rząd przyjął projekt rewizji południka francuskiego i powierzył w roku 1870 Perrierowi rozpoczęcie operacji. Przyczyniwszy się do przystąpienia Francji w roku 1871 do Międzynarodowego Stowarzyszenia Geodezyjnego, Perrier reprezentował Biuro geograficzne francuskie na posiedzeniach tego stowarzyszenia. W roku 1873 został członkiem Biura Długości, w r. 1879 szefem służby geodezyjnej w Ministerjum Wojny, w r. 1880 członkiem Akademji Nauk, a w r. 1886 generałem brygady.

Perrier wslawił się stworzeniem nowych metod, udoskonaleniem przyrządów mierniczych do-

konaniem kilku triangulacji, o których będziemy mówili szczegółowo. Uczestnicząc w r. 1861 w pracach nad złączeniem trygonometrycznym brzegów Francji i Anglii, Perrier uderzony został niższością sposobów i przyrządów, używanych przez Służbę geodezyjną Armji francuskiej, w porównaniu z temi, któremi posługiwali się inżynierowie angielscy, i postanowił poświęcić życie odrodzeniu tej Służby. Prace geodezyjne, których dokonał w Algierze, ważne są dla sporządzenia mapy tego kraju i dla zbadania postaci kuli ziemskiej; dostarczyły mu one szukanej sposobności do udoskonalenia Służby geodezyjnej wojskowej przez wyposażenie jej w narzędzia astronomiczne, dokładniejsze od dawnych.

Zawdzięczamy Perrierowi organizację Obserwatorium geodezyjnego w Montsouris, oraz Obserwatorium meteorologicznego na szczycie Aigouala, góry, która panuje nad jego miastem rodzinnym.

Na Florydzie, dokąd delegowany został na własne żądanie dla obserwowania w d. 6 grudnia 1882 przejścia Wenera przed tarczą Słońca, zapadł na gorączkę, z której nigdy już nie zdołał wyleczyć się w zupełności.



Przed rokiem 1861 przedsiębrano kilkakrotnie prace celem złączenia triangulacji francuskich z an-

gielskimi poprzez cieśninę Kaletańską, ale bezskutecznie, ponieważ sygnały zwyczajne, umieszczone na jednym brzegu, nie dawały się spostrzegać dość wyraźnie na drugim. W latach 1861 i 1862 złączenia tego dokonały oddzielnie i jednocześnie, posługując się heljotropem Gaussa, dwie komisje, złożone: jedna z inżynierów angielskich, mianowicie H. James'a i Clarke'a, druga z oficerów francuskich, których szef Levret miał w Perrierze najczynniejszego współpracownika. Z prac tych dwóch Komisji wyłonił się pomiar nowego łuku południka francuskiego, mającego  $13^{\circ}$  i rozciągającego się od Dunkierki do wysp Szetlandzkich.



Do roku 1864, przy badaniu postaci Ziemi używano jedynie łuków południkowych, ponieważ nie miano ani metody, ani przyrządów, pozwalających otrzymywać z dostateczną ścisłością amplitudy niebieskie łuków równoleżnikowych. Dla zaradzenia tej niedogodności Sztab francuski polecił Perrierowi dokonać pomiaru łuku równoleżnika ziemskiego w Algierze; w tym to kraju Perrier od roku 1867 zaczął, zamiast kołem repetycyjnym, posługiwać się *kołem reiteracyjnym*, które polecił był sporządzić E. Brunnerowi. Kazał on wymierzyć z wielką bardzo dokładnością dwie podstawy, mające mniej więcej po 10 kilometrów

długości, jedną w Oranie, drugą w Bonie. W roku 1869 ukończono triangulację algierską w strefie Tella, tak iż do oznaczenia miejsca tej strefy na sferoidzie ziemskiej pozostawało jedynie zmierzyć długość, szerokość i jeden jakiś azymut na stacji centralnej, za którą obrano miasto Algier. Różnicę długości pomiędzy Paryżem a Algierem zmierzył w roku 1874 Perrier, przy współdziale Loevy'ego, przyczym Perrier prowadził prace w Paryżu, a Loevy w Algierze. Przy pomiarze tym, na propozycję Le Verriera, zastosowano rejestrowanie elektryczne do obserwacji przejść i do wymiany sygnałów. Liczba, tym sposobem znaleziona, zgadza się z liczbą, otrzymaną w tym samym czasie przez Loevy'ego i Stéphan'a przy pomocy dwóch operacji: jednej pomiędzy Paryżem a Marsylją, drugiej pomiędzy Marsylją i Algierem. Następnie, Perrier, zainstalowawszy się w Obserwatorjum, które był zbudował na płaskowzgórzu Voirolu, panującym nad pagórkami Mustafy, wyznaczył szerokość Algieru przez obserwację odległości zenitalnych południkowych 46 gwiazd, blizkich zenitu. W latach 1874 i 1878 wyznaczył on azymut pnnktu orientacyjnego, położonego na wysokim wzgórzu Atlasu bardzo blizko południka miasta Algieru; szerokość i azymut Bony i Nemours — miast, znajdujących się w pobliżu krańców mierzonego równoleżnika, oraz różnice długości pomiędzy temi trzema miastami

przyczym ze szczególniejszą starannością obliczał pozycje geograficzne, posługując się dla otrzymania zgodności podstaw, metodą poprawek kątów, podaną przez Laplace'a w jego «Rachunku Prawdopodobieństwa» (Théorie analytique des Probabilités, 1812). Z rezultatów, które otrzymał Perrier, zmierzwszy łuk równoleżnika algierskiego, długi na  $9^{\circ} 36'$ , okazuje się, że w strefie, gdzie łuk ten przebiega, krzywizna Ziemi jest nieprawidłowa.



Levret dowiódł był w r. 1863, że złączenie gieodezyjne Algieru z Hiszpanią poprzez morze Śródziemne jest teoretycznie możliwe, ponieważ krzywizna Ziemi nie staje na drodze promieni wzrokowych, biegnących od Atlasu do wzgórz Grenady i Murcji. Perrier przekonał się w roku 1868 na samym terenie, że złączenie takie jest możliwe materjalnie. W r. 1873 Ibanez i Perrier, którzy kierowali operacjami, dotyczącymi tego złączenia, wybrali bardzo wysoko wzniesione stacje Mulhacen i Tetica w Hiszpanji oraz Filhaoussen i M'Sabiha w Algierze, tworzące razem czworobok, którego każdy wierzchołek widzialny jest z każdego z trzech pozostałych. Ponieważ trzeba było dostrzegać sygnały z odległości około 300 kilometrów, przeto musiano uciec się do światła słonecznego w ciągu dnia, a do światła elektrycz-

nego w nocy. Do sygnałów nocnych użyto przyrządów, świeżo podówczas wynalezionych przez M. Laussedat'a. Była to praca nielada przenieść na takie wysokości maszynę magneto-elektryczną Gramma, motor parowy do niej, oraz narzędzia gieodezyjne. Mimo te trudności, mimo napady ze strony buntowniczych plemion, mimo niedogodności, spowodowane przez palące niebo Algieru i śniegi, pokrywające w końcu lata górę Mulhacen, obserwatorom powiodło się w zupełności dokonać zamierzonego złączenia, a to dzięki sygnałom elektrycznym nocnym, jedynym, jakie można było dostrzegać. Obserwacje, rozpoczęte 9 września, ukończono 1 października. Operacja gieodezyjna została uzupełniona w ciągu okresu od 5 września do 16 listopada przez dołączenie sieci astronomicznych Hiszpanji i Algieru. Tym sposobem, za pośrednictwem największych trójkątów, jakie kiedykolwiek zmierzono, urzeczywistnione zostało życzenie, które wyrazili byli niegdyś po powrocie swym z Hiszpanji Biot i Arago.



W roku 1836 Puissant w Rozprawie, przeczytanej w Akademji Nauk, oświadczył, że Delambre i Méchain popełnili błąd w pomiarze południka francuskiego. Wobec tego Obserwatorjum paryskie wydelegowało Villarceau'a na okres

1861—1866, celem sprawdzenia operacji geodezyjnych w 8 punktach południka francuskiego za pośrednictwem wyznaczeń astronomicznych długości, szerokości i azymutów. Poprawiono wówczas niektóre błędy, tkwiące w operacjach Delambre'a i Méchain'a; w r. 1870 Perrierowi polecono dokonać na nowo triangulacji pomiędzy Dunkierką a Barceloną.

Użył on do mierzenia kątów przyrządów doskonalszych, sporządzonych przez E. Brunnera, a zaopatrzonych w mikroskopy zamiast w wernjery; zastąpił metodę repetycji metodą reiteracji; oznaczył różnice długości przy pomocy elektryczności; usunął źródła błędów w pomiarze kątów, posługując się budowanymi przez siebie sygnałami sztucznymi, zamiast używać sygnałów naturalnych, modyfikując szczęśliwie heljotrop Gaussa, przeprowadzając liczne próby. Kierował operacjami od roku 1870 aż do śmierci. W roku 1879 ukończono je pomiędzy Perpignan a Melun.

Bassot'owi, który przez lat 18 był współpracownikiem Perriera, polecono w roku 1888 dalsze prowadzenie tej ważnej pracy; wyłożył on jej wyniki na zjazdach Międzynarodowego Stowarzyszenia Geodezyjnego w r. 1888 w Salzburgu, w 1890 we Fryburgu. Na tym ostatnim zjeździe Bassot zawiadomił o ukończeniu obserwacji terenowych oraz o dokonanych w r. 1890 dwóch pomiarach podstawy paryskiej pomiędzy Villejuif



a Juvisy długiej na 7300 metrów. Jedna z podstaw, mających służyć do sprawdzania, znajduje się w Perpignan, druga w Cassel.

Dzięki pracom Perriera i Bassota, możemy liczyć na to że poznaliśmy dokładną długość południka francuskiego, albowiem pomiar jego oparty jest na trzech podstawach, kąty sieci trójkątów wyznaczone zostały z wielką ścisłością, a operacje są kontrolowane za pomocą obserwacji astronomicznych, dla których stacje wykończono w r. 1894.



Jan Jakób B a e y e r (5 listopada 1794—10 września 1885), rodem z Müggelheim w pobliżu Köpeniku w Prusach, wstąpił w roku 1813 do wojska, a w r. 1816 do Szkoły wojskowej w Koblencji. W r. 1821 mianowano go oficerem Sztabu pruskiego. W latach 1831—1836, będąc profesorem w Szkole wojskowej w Berlinie, zmierzył stopień ziemski pod kierownictwem B e s s e l a. Berlińska Akademia Nauk wpisała go w roku 1865 na listę swych członków honorowych.

B a e y e r powziął zamiar poddania poważnemu rozbirowi rozmaitych kwestji z zakresu geodezji oraz powiązania wszystkich triangulacji Europy środkowej celem wyprowadzenia stąd pomiaru ogromnego płata ziemskiego, mającego 17° długości na 21° szerokości, a zawartego między równoleżnikami Palerma i Chrystjanji oraz między połu-

dnikami Bonn i Królewca. Przedstawiwszy swój projekt rządowi pruskiemu, który przyjął go przychylnie, Baeyer ogłosił w roku 1861 rozprawę p. t. «Ueber die Grösse und Figur der Erde» (O wielkości i postaci Ziemi) i zaproponował interesowanemu rządowi stowarzyszenie się celem wykonania jego projektu. Saksonja i Austria odpowiedziały natychmiast na to wezwanie, a w następstwie porozumienia się z Bayerem przedstawiciele tych dwóch państw, większość rządów zamianowała delegatów, którzy utworzyli w roku 1862, celem pomiaru stopni w Europie środkowej, «Stowarzyszenie Gieodezyjne»; stowarzyszeniem tym kierował Baeyer sam.



W październiku 1864 Konferencja Gieodezyjna w Berlinie, na którą przysłały delegatów swoich: Rosja, Włochy, Szwecja i Norwegja, mianowała Komisję stałą, mającą zbierać się corocznie i być organem naczelnym Stowarzyszenia Gieodezyjnego. To ostatnie stało się *międzynarodowym* i utworzyło Biuro centralne, którego Baeyer został prezesem dożywotnim, a którego zadaniem było dążyć do ujednostajnienia metod obserwacji i rachunku w pomiarach gieodezyjnych i astronomicznych.

Komisja stała, drogą zebrań rocznych i zjazdów: w Berlinie w r. 1864 i 1867, w Wiedniu w 1871,

w Dreźnie w roku 1874 zdołała rozwiązać w sposób zadowalający główne zadania Geodezji nowożytnej: Francja, która niegdyś była inicjatorką prac, mających na celu zmierzenie Ziemi, prawie nie posuwała się naprzód, gdy inne narody pokrywały terytorja swe triangulacjami przy użyciu najlepszych przyrządów i metod obserwacji i rachunku. Wahala się nawet długo, zanim ustąpiła przed naleganiami Stowarzyszenia, które prosiło ją o wzięcie udziału we wspólnych pracach. Dopiero w roku 1871 przystąpiła ona do Stowarzyszenia i wysłała Delaunay'a, jako przedstawiciela swego na kongres do Wiednia. W r. 1874 H. Faye został mianowany członkiem Komisji stałej. W roku 1875 Stowarzyszenie zgromadziło się w Paryżu na kongres, który odbył się pod prezydencją Ibáñez'a. Na kongresie tym postanowiono ułożyć międzynarodowe prawidło geodezyjne dla mierzenia podstaw, a Perrier oświadczył, że obserwacje nocne nad punktami orientacyjnymi triangulacji «dają dokładność przynajmniej taką samą, jak obserwacje dzienne, jeżeli nie wyższą».

Ażeby wciągnąć w swój zakres wszystkie pomiary, uskutecznione poza obrębem Europy, Międzynarodowe Stowarzyszenie geodezyjne zostało zreorganizowane po śmierci swego założyciela Baeyera; rząd pruski dał inicjatywę do reformy. Na konferencji, która odbyła się w Berlinie w październiku 1886, delegaci głównych krajów Europy,

z wyjątkiem Anglii, oraz delegaci kilku krajów innych części świata postanowili, że celem Międzynarodowego stowarzyszenia geodezyjnego jest pomiar stopni całej kuli ziemskiej, że będzie ono posiadało w Berlinie Centralne Biuro obliczeń; że stała Komisja, złożona z 11 członków, zbierać się będzie corocznie w jednym z miast, należących do państw stowarzyszonych; że co trzy lata Stowarzyszenie odbywać będzie posiedzenie pełne, na którym Komisja stała odnawiana będzie w połowie. I b a n e z mianowany został wtedy prezesem tej Komisji, a R. Hel m e r t dyrektorem Centralnego Biura obliczeń.

Na zebraniu Komisji stałej w Nizy w roku 1887 cesarz brazylijski Dom Pedro d'Alcantara oświadczył, że Brazylja przystąpi do Stowarzyszenia; akces ten przedstawiał wielki interes z tego względu, że dotąd w Ameryce Południowej prawie nie dokonywano pomiarów. Ch. Lallemand dowiódł potrzeby wprowadzenia do rezultatów niwelacji ścisłych poprawki, wynikającej ze zmian ciężkości.

Na Konferencji Gieneralnej w Paryżu w r. 1889, G. Davidson zawiadomił o przystąpieniu Stanów Zjednoczonych do Stowarzyszenia geodezyjnego i zażądał nowego pomiaru łuku peruwjańskiego przy zastosowaniu wszystkich środków wiedzy nowożytnej.

Kilka ważnych kwestji rozpatrzono na zebraniu

Komisji stałej we Fryburgu 1890. Bouquet de la Grye i C. Lallemant odczytali każdy po rozprawie o wyborze jedyne go zera dla niwelacji. Ponieważ badania gieodetyczne wymagają odnośnienia punktów do jednej i tej samej powierzchni, przeto Stowarzyszenie już dawniej zajęło się trudną kwestją jedyne go zera; naprzód doradziło ono ustawienie w portach przyrządów, zwanych *maregrafami*, a służących do rejestrowania zmian poziomu mórz, co zostało uskutecznione w kilku portach; a potem zażądało, żeby niwelacje były robione dwa razy i to w dwóch kierunkach odwrotnych w celu upewnienia się, co do ich stopnia dokładności. W rozprawie swej Bouquet de la Grye, opierając się na licznych swych obserwacjach, robionych w Brest, przychyliła się ku projektowi przyjęcia średnie go poziomu oceanu za powierzchnię zasadniczą; wykazuje on, że, stosując podane przez niego wzory, można szybko otrzymać średni poziom morza i łatwo wprowadzić poprawki na przyływy i wiatry. Ch. Lallemant wniósł na podstawie swych badań, że wszystkie morza mają jeden i ten sam poziom średni: skąd wynikałoby, że kwestja jedyne go zera nie jest tak ważna. Defforges mówił o swoich badaniach nad prawem zmniejszania się wychyleń wahadła. Przedyskutowano kwestję zmian, jakim podlega szerokość geograficzna. Dokładne wyznaczenie szerokości ziemskich ważne jest w Astronomji, ponie-

waż szerokości służą do znajdowania zbieżności gwiazd, i w Gieodezji, ponieważ, dla obliczenia kształtu Ziemi i otrzymania amplitud mierzonych łuków południka, wyznaczamy różnice szerokości. Porównywając szerokości, mierzone bardzo starannie w latach 1889 i 1890 w Berlinie, Poczdamie i Pradze, Biuro Centralne doszło do wniosku, że szerokość ulega zmianie periodycznej, wynoszącej około połowy sekundy. Villarceau w latach 1856—1861 znalazł był również w Paryżu zmiany roczne szerokości. Zdaje się rzeczą prawdopodobną, że zachodzi tu zjawisko ogólne. Zajmującą astronomów kwestję zmiany szerokości rozpatrzył starannie w r. 1891 R. Radau w jednym z rozdziałów «Traktatu o Mechanice niebieskiej» (Traité de Mécanique céleste) Tisseranda.

Na zebraniu Komisji Stałej we Florencji w roku 1891, H. Faye mianowany został prezesem tej Komisji na miejsce Ibáñez a. Zakomunikowano pierwsze wyniki, otrzymane przez misję z Honolulu w sprawie zmiany szerokości. Ch. Lallemand oznajmił, że prace niwelacyjne nad siecią pierwszego rzędu są na ukończeniu we Francji; R. Helmer t odczytał długi referat w kwestji niwelacji ogólnej i doszedł do wniosku, że obecnie niepodobieństwem jest przenieść pewne zero zasadnicze za pomocą rozciągniętej niwelacji geometrycznej.

R. Helmer t oświadczył na Konferencji Gieoeralnej w Brukselli w roku 1892, że Chandler

zdołał dowieść zmiany perjodycznej szerokości geograficznych dla długiego szeregu lat drogą roztrągnięcia materiałow, dostarczonych przez wiele obserwatorjów. Wynikałoby stąd, że przesuwanie się osi Ziemi we wnętrzu tejże jest przyczyną tej zmiany, która posiada okres roczny, a zarazem drugi okres, wynoszący około 14 miesięcy. Sprawę tę podnoszono jeszcze na zjazdach w Gienewie w 1893, w Insbrucku w 1894 i w Lozannie w 1896 r. H. G. Van de Sande Bakhuizen przedstawił w Lozannie pożyteczne uwagi o sposobie badania zmian perjodycznych szerokości. R. Helmert odczytał w Brukselli dalszy ciąg swej Rozprawy nicejskiej o odchyleniach pionu. Odniośszy wielką liczbę obserwacji do elipsojdy Bessela i do elipsojdy Clark'e'a, przekonał się on, że pierwsza nadaje się lepiej do wyników, aniżeli druga, oraz że masy lądowe wywierają przyciąganie na ołowiankę.

Na Konferencji Gieneralnej w Berlinie w roku 1895 Ch. Lallemand odczytał Notę o roli błędów systematycznych w niwelacjach ścisłych, w której przypomina, że w roku 1889 wskazał on w dziele swym «Nivellement de haute précision» (Niwelacja ścisła) prostą metodę graficzną uwidoczniania tych błędów i mierzenia ich wartości; znalazł on, że wahają się one pomiędzy  $0,^{mm} 05$  a  $0,^{mm} 30$  na kilometr w głównych sieciach niwelacji europejskich.

Państwo Rosyjskie przedstawiło Stowarzyszeniu ukończony w roku 1894 pomiar części łuku równoleżnika  $52^{\circ}$ , zawartej między Warszawą a Orskiem na Uralu. Ten łuk równoleżnika, przedłużony aż do wyspy Walencji w Irlandji przez uczonych pruskich, belgijskich i angielskich, rozciąga się na długości  $60^{\circ}$ .

Na Zjeździe Komisji stałej w Sztuttgardzie w r. 1898 H. P. Van de Sande Bakhuyzen powiedział, że badania brata jego, E. F. Van de Sande Bakhuyzena oraz jego własne potwierdziły istnienie zmiany szerokości, posiadającej dwa okresy, jeden o 431 dniach, drugi o 365. Po długiej dyskusji w kwestji szerokości, członkowie zjazdu postanowili zorganizować na koszt Stowarzyszenia Gieodezyjnego międzynarodowe Biuro Szerokości o 6 stacjach na równoleżniku  $39^{\circ} 8'$  i zaproponowali przyjęcie metody Horrebowa. Zauważmy, że M. Loewy zaproponował był w r. 1885 metodę wyznaczania szerokości, opartą na innej zasadzie, aniżeli metoda poprzednia, a używaną obecnie w Obserwatorjum paryskim. Następnie rozpatrzono Raporty delegatów 14 Rządów o stanie Gieodezji w każdym kraju. Pierwsze miejsce zajmują Niemcy, gdzie oficerowie Urzędu topograficznego «Landesaufnahme» wymierzili z wielką starannością ogromną sieć trójkątów. W Algierze i Tunisie oficerowie pod kierunkiem Bassota wymierzili w ciągu lat trzech 8 wielkich podstaw



i wkrótce skończą triangulację dwóch długich łańcuchów, połączonych czterema liniami południkowymi. Wreszcie Bouquet de la Grye przeczytał sprawozdanie z działalności 70 maregrafów, funkcjonujących w Europie; przekonał się on, że Francja używa najprostszego typu tych przyrządów i że średni poziom morza a zatym i gruntu pozostaje prawie bez zmiany, zarówno w Brest, jak i w Hawrze.



## XVII. METEOROLOGJA.

Obserwacje w Paryżu. — Mapy wiatrów i prądów morskich. — MAURY. — Pierwsze próby Telegrafji meteorologicznej. — Francuskie centralne biuro meteorologiczne. — Dawna teoria burz. — Teoria burz podług H. F a y e'a. — Przypływy i odpływy atmosferyczne.

Od r. 1873 Obserwatorjum paryskie nie ma już w swym zawiadywaniu Urzędu meteorologicznego, robi ono jednak w dalszym ciągu obserwacje meteorologiczne. Takież obserwacje robią się od tego czasu w Obserwatorjum, które zostało utworzone w r. 1871 w Montsouris. Nadto, systematyczne obserwacje meteorologiczne i magnetyczne dokonywane są w Obserwatorjum Parku de Saint-Maur.

Zależność pomiędzy zorzami północnymi a magnetyzmem ziemskim stwierdził pierwszy Celsjusz, który ogłosił Zbiór 316 obserwacji, dokonanych w latach od 1716 do 1733 oraz w r. 1751 przez W a r g e n t i n a. A r a g o zauważył, że zorze północne wprawiają w ruch igły magnesowe. D o

n a t i, z okazji wielkiej zorzy z d. 4 lutego 1872, wypowiedział myśl, że istnieją prądy elektryczne, biegnące od Słońca do Ziemi; ale W. F a y e sądzi, że zorze północne zawdzięczają swe pochodzenie prądom magnetycznym ziemskim, określonym przez A m p è r e ' a, że ciepło słoneczne odchyła prawidłowo igłę busoli za pośrednictwem elektryczności atmosferycznej i że wywołuje ono wahanie pół-dzienne barometru za pośrednictwem pary wodnej.



M a u r y, uderzony przebiegiem zjawisk barometrycznych w okolicy przylądka Horn, powziął w r. 1831 myśl zestawienia obserwacji meteorologicznych, które od niepamiętnych czasów notowano w księgach okrętowych; sporządził on na podstawie tych obserwacji Mapy wiatrów i prądów morskich i wyprowadził z nich środek na możliwe skrócenie czasu, potrzebnego na przejazd; tym sposobem zdołał on np. wyznaczyć drogę krótszą i korzystniejszą od tej, którą wybierano zazwyczaj, udając się ze Stanów Zjednoczonych do Rio de Janeiro. W roku 1853, za podniętą M a u r y ' e g o, podówczas dyrektora Obserwatorium żeglarskiego w Waszyngtonie, tudzież na propozycję Stanów Zjednoczonych otwarto w Brukselli Kongres międzynarodowy, złożony z delegatów głównych państw

Europy i Ameryki; delegaci ci ustanowili jednostajność obserwacji żeglarskich. Liczne informacje, które Maury otrzymał po tym kongresie, pozwoliły mu uzupełnić jego Mapy i uczynić je bardzo użytecznymi dla marynarzy.

Redfield zauważył był już od roku 1821, że burze posuwają się, rozszerzając się stopniowo, niekiedy rozdzielając się na części, ale nie zbaczając nigdy z określonych dróg, jednym słowem, że posiadają one ruch obrotowy i postępowy; dla tej to przyczyny nazwał je potem Piddington *cyklonami*.

Począwszy od r. 1835, przy pomocy map, dających kierunek wiatru na całym obszarze burzy, Reid i Redfield w Stanach Zjednoczonych, Piddington w Indjach angielskich, stwierdzili, że wiatry obracają się dokoła pewnego środka i z cechy tej wyprowadzili pravidła kierowania statkiem w czasie burzy.



Mateusz Fontaine Maury (14 stycznia 1806 — 1 lutego 1893), rodem z okręgu Spottsylvania w Wirginji, otrzymał w roku 1825 dyplom aspiranta marynarki, a w roku 1829 stopień oficerski. Mianowany został wtedy astronomem wyprawy, wysłanej celem zbadania mórz południowych, a następnie w Nowym Yorku stał na czele Archiwum Map i przyrzędów Stanów Zjednoczo-

nych aż do wojny secesyjnej w r. 1861. Skonfederowani powierzyli Maury'emu staranie o obronę wybrzeży, a potem wysłano go do Londynu z misją bronięcia interesów Stanów Zjednoczonych. Anglja przyjęła Maury'ego z wielkimi honorami. Po wojnie w roku 1865 Rząd Stanów Zjednoczonych mianował go profesorem Geografji fizycznej i Astronomji w Instytucie wojskowym w Lexington w Wirginji.



14 listopada 1854 r. gwałtowna burza na wybrzeżu Krymu zatopiła jeden z największych statków wojennych francuskich, noszący miano Henryka IV; w ślad za tym huraganem, silne bardzo wichury rozigrały się w Europie Zachodniej, w Austrii i w Algierze. Z polecenia Ministerjum Wojny, Le Verrier zapytał meteorologów krain, nawiedzonych klęską, o informacje, dotyczące stanu atmosfery pomiędzy 12 a 16 listopada. Z rozpatrzenia dokonanych obserwacji wywnioskowano, że Krym mógł być otrzymać wiadomość o grożącym niebezpieczeństwie za pomocą telegrafu elektrycznego, funkcjonującego pomiędzy krajem tym a Wiedniem. W Anglii utworzenie «Biura Meteorologicznego» (Meteorological Office) w Londynie postanowione zostało przez Rząd w r. 1854, a w roku następnym biuro to zaczęło funkcjonować pod

kierunkiem F i t z-R o y' a. 17-go lutego 1855 Rząd francuski upoważnił dyrektora Obserwatorjum i dyrektora telegrafów do zorganizowania sieci *telegrafji meteorologicznej*, której zadaniem byłoby zawiadamianie o zbliżających się burzach. W roku 1857 sieć składała się z 14 stacji francuskich i 25 stacji zagranicznych.

Począwszy od dnia 16 grudnia 1863 roku Obserwatorjum paryskie zaczęło zamieszczać codziennie w swoim «Biuletynie międzynarodowym» (Bulletin international) Mapę meteorologiczną, zawierającą *linje izobaryczne*, czyli linje jednakowego ciśnienia atmosferycznego wraz z krótkim streszczeniem u dołu Mapy stanu meteorologicznego danego dnia i rozsyłać drogą telegraficzną skróty tej pracy wraz z dodaniem *przewidywań pogody* do portów francuskich oraz do dyrektorów stacji meteorologicznych zagranicą. W r. 1872 sieć Telegrafji meteorologicznej składała się z 22 stacji we Francji i w Algierze tudzież z 46, położonych zagranicą; stacje te miały środkiem swym Obserwatorjum fizyczne w Montsouris, przyłączone urzędowo do Obserwatorjum paryskiego w r. 1872; Marié-Davy mianowany został szefem tej instytucji. Informacje oddawane były na użytek publiczności i dzienników za pośrednictwem Biura Kompanji Transatlantyckiej (Bureau des passages).

Stacje meteorologiczne centralne utworzono: w r. 1866 w Chrystjanji; w r. 1872 w Kopenhadze

razem dla Norwegji, Danji i Szwecji; w r. 1849 w Utrechcie dla Niderlandów, gdzie w roku 1860 Buys-Ballot zorganizował Biuro ostrzeżeń przed burzami; w r. 1876 w Brukselli dla Belgji; w roku 1848 w Berlinie dla Prus; w r. 1875 w Hamburgu, który stał się wkrótce potym środkiem sieci Cesarstwa niemieckiego; w roku 1863 w Bernie dla Szwajcarji; około r. 1880 w Wiedniu w celu otrzymywania informacji z krajów austrjackich, z Węgier, Włoch, Francji i Niemiec; w r. 1849 w Petersburgu, gdzie ześrodkowują się informacje ogromnej sieci, obejmującej Rosję i Syberję, oraz Skandynawję, Niemcy, Austrię, Włochy, Francję, Wyspy Brytańskie i Azję; w r. 1854 w Lizbonie dla Portugalji; w r. 1865 w Madrycie dla Hiszpanji, Portugalji i wysp Balearskich.

W Anglji Biuro Meteorologiczne (Meteorological Office) zostało poddane w r. 1877 pod kontrolę Towarzystwa Królewskiego w Londynie. Od roku 1867 Biurem tym kieruje Robert H. Scott, którego dzieło p. t. «Mapy pogody i Ostrzeżenia przed burzami» (Weather Charts and Storm warnings, 1876), przełożone w r. 1879 na język francuski, podaje wyjaśnienie Map pogody, rozsyłanych do dzienników.



Dekret z d. 14 maja 1878 r. stworzył *Francuskie centralne Biuro meteorologiczne*, które stanowi instytucję, oddzielną od Obserwatorjum paryskiego z E. Mascartem, jako dyrektorem, i Fron'em, jako szefem oddziału ostrzeżeń. Dwa inne oddziały: Oddział klimatologii i przyrządów oraz Oddział meteorologii ogólnej przewidziane były od początku, lecz zostały zorganizowane dopiero w roku następnym, gdy Biuro wyniosło się z Obserwatorjum. Te ostatnie oddziały, zorganizowane i prowadzone przez A. Angota, zajmują się porównywaniem wszelkich przyrządów, przeznaczonych dla stacji meteorologicznych i okrętów, robiących obserwacje, badaniem przyrządów nowych, sprawdzaniem i ogłaszaniem obserwacji, wreszcie badaniami teoretycznymi, dotyczącymi klimatologii. Oddział ostrzeżeń otrzymuje codziennie 170 depesz telegraficznych z Francji, z pozostałych części Europy, z Nowej Ziemi, Kąnady i Stanów Zjednoczonych — depesz, zawierających wyniki obserwacji meteorologicznych. Te informacje służą do redagowania Biuletynu międzynarodowego, rozsyłanego codziennie z Paryża do niektórych stacji z urzędu, do innych — w zamian za prenumeratę. Biuletyn ten zawiera Mapę, która wskazuje dla Europy w znakach umówionych stan nieba i morza, kierunek wiatrów i podaje krzywe jednakowego ciśnienia i jednakowej temperatury. Oprócz tego Biuletynu codziennego oraz Biuletynu mie-



sięcznego, Biuro ogłasza corocznie «Roczniki», zawierające Rozprawy, Tablice obserwacji, dokonanych we Francji, w Algierze i Kolonjach, oraz szczegółowe studjum nad deszczami we Francji.

Obserwatorja w Parku de Saint Maur, w Perpignan, w Nantes i na górze Ventoux są niejako głównymi stacjami Centralnego Biura meteorologicznego, które znajduje się również w stosunkach z analogicznymi instytucjami zagranicą.

W Stanach Zjednoczonych ostrzeżenia meteorologiczne rozsyłane były telegraficznie w latach 1871—1891 przez Biuro Sygnałów «Signal Office», które otrzymywało również telegraficznie informacje swoje od wojska federalnego. «Signal Office» oddawało usługi nietylko Stanom Zjednoczonym, lecz także Europie, ponieważ zapowiadało na 3 lub 4 dni naprzód burze, które, zrodzone w Ameryce, miały uderzyć na wybrzeża Anglii, Norwegji, lub Francji.

W roku 1891 Urząd meteorologiczny Stanów Zjednoczonych został zreorganizowany i oddany w zawiadywanie Departamentu rolnictwa pod nazwą «Biura Pogody» (Weather Bureau). Urząd ten, który liczy obecnie przeszło 3000 obserwatorów-ochotników, drukuje wydawnictwa miesięczne i roczne oraz Mapy synoptyczne codzienne pogody w bardzo wielkiej liczbie egzemplarzy.

Wymienimy także Urząd meteorologiczny Ka-

nady z siedzibą w Toronto i Urząd meteorologiczny Indji angielskich z siedzibą w Kalkucie; ten ostatni posiada, oprócz obserwatorów-ochotników, liczny personel urzędniczy i redaguje kilka wydawnictw.



Istnieją dwie teorie, usiłujące wytłomaczyć klęski, zwane burzami, cyklonami, tyfonami, tornadami, trąbami, huraganami.

Meteorologowie, na ogół, mówią, że burze są zjawiskami atmosferycznymi *wstępującymi*. Uważają oni je za skutek miejscowego rozrzedzenia, wywołującego tuż przy powierzchni ziemi i w atmosferze mniej lub więcej niestałej prąd powietrza wstępujący, który nabiera ruchu obrotowego. W liście, pisanym 22 maja 1760 r., Franklin udzielił pewnego rodzaju konsekracji naukowej dawnemu bardzo pogładowi, że trąby atmosferyczne ssą, na podobieństwo zwykłych pomp, wodę z morza lub piasek z pustyni i, podnosząc je w powietrze, obracają w koło. W roku 1851 Espy wytłomaczył skutki cyklonów przy pomocy teorii aspiracji w rozprawie, wydrukowanej na rozkaz Senatu Stanów Zjednoczonych. W r. 1879, Finley w raporcie, podanym urzędowi Signal Office o 13 tornadach, które w ciągu dwóch dni dokonały w Stanach Zjednoczonych wielkich spustoszeń, wyjaśnia

ich działanie również za pomocą teorii aspiracyjnej. Belt w roku 1859 i Reye w r. 1872 tłumaczyli burze w sposób analogiczny.



Przeciwnie, podług H. Faye'a, w górnych warstwach atmosfery płyną wielkie prądy od równika ku biegunom po linii krzywej; w prądach tych, nierówności w prędkościach równoległych strumieni wywołują potężne ruchy obrotowe; stąd powstają wiry, których zwoje *zstępują* pionowo, zacieśniając się, i, dosięgszy powierzchni Ziemi, wyczerpują tam zapas swej siły żywej; ponieważ wiry te postępują w ślad za prądami górnymi, gdzie wzięły swój początek, przeto przenoszą się na powierzchni Ziemi z prędkością pociągu kurjerskiego, sprawiając wielkie spustoszenia.

Teorja ta, wyłożona w r. 1872, uległa ostrym napaściom, ale autor bronił jej energicznie kilka razy, zwłaszcza w roku 1887 w książce «Sur les Tempêtes» (O Burzach), oraz w r. 1897 w «Nouvelle Étude sur les Tempêtes» (Nowych badaniach nad Burzami). Posiada ona nie mało i stronników, że wymienimy tylko G. Luvinię, który pisze w dziełku p. t. «Sept Études» (Siedm Szkiców, 1884): «Znajduję, że teorja H. Faye'a jest bardzo dobrze wyrozumowana i zupełnie słuszna, najczęściej aż do ostatnich szczegółów». Zresztą, już w wieku

XVIII spotykamy się z poglądem, podług którego trąby są zjawiskiem zstępującym. Tak naprzykład Bion w swym «*Traité de Cosmographie*» (Traktacie Kosmografji, 1728) wypowiada myśl, że wiatry sprowadzają chmury z góry na dół na Ziemię, jak gdyby obracając w kółko, a Spallanzani pisze w swoich «*Viaggi*» (1794), że, znajdując się w Apeninach, obserwował ruch wirowy ponad chmurami burzowymi i przekonał się, że ruch ten był zstępujący o osi pionowej.

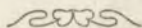


F. Folie, który mianowany został w r. 1885 dyrektorem Obserwatorium w Brukselli, a który podał się do dymisji z tego urzędu w r. 1897, badał przyływy i odpływy atmosferyczne, uważając je za wynik działania Słońca i Księżyca. Z obserwacji, robionych przez lat 50 w Obserwatorium brukselskim, wprowadził on w r. 1887 wniosek, że Słońce wywiera na barometr działanie, wskutek którego wysokość barometryczna bywa najmniejsza w punktach równonocnych, przyczym różnica w wysokościach barometrycznych pomiędzy przesileniami a punktami równonocnymi wynosi średnio 0,<sup>mm</sup> 5; a w r. 1888, że Księżyc również wpływa na barometr, że wysokość barometryczna bywa najmniejsza w czasie syzygjów, przyczym różnica w wysokościach pomiędzy kwadraturami a syzy-

gjami wynosi średnio  $0,^{\text{mm}} 3$ . F. Folie przypisuje te skutki silniejszym przypięwom i odpięwom, wytwarzanym w atmosferze przez Słońce i Księżyc w czasie porównań dnia z nocą, oraz przez naszego satalitę i w czasie syzygjiów.

Bouquet de la Grye bada od roku 1879 kwestję przypięwów i odpięwów, a w szczególności przypięwów i odpięwów atmosferycznych, mających swe źródło w działaniu Słońca i Księżyca. Dowiódł on rachunkiem, opartym na licznych obserwacjach, robionych w Brest w ciągu lat 25, że istnieją przypięwy i odpięwy atmosferyczne dzienne, półdienne i półmiesięczne, związane z wiekiem Księżyca, z jego paralaksą i z jego zbroczeniem.

H. F a y e, napisawszy w r. 1877: «Co się tyczy mniemanego wpływu Księżyca na pogodę, to jest to tylko pospolity przesąd, który nieraz już był zwalczany», stwierdza, że ciepło, odbite całkowicie przez Księżyc, stanowi zaledwie  $\frac{1}{800000}$  ciepła słonecznego, i że przyciąganie Księżyca na naszą atmosferę objawia się, podług Bouvarda, zmianą barometryczną, nie przenoszącą  $\frac{1}{18}$  milimetra. Przypisuje on wszystkie zmiany pogody cyklonom, które ciepło słoneczne wytwarza w okolicach równikowych.



## XVIII. FOTOGRAFJA W ASTRONOMJI.

Badanie fotograficzne ciał niebieskich. — Fotografja prędkości radialnej. — Fotografja chromosfery. — Widmo barwnych składowych gwiazd podwójnych. — GOULD. — Badania fotograficzne Janssena. — Mapa fotograficzna Nieba. — MOUCHEZ. — Mapy Księżyca. — Atmosfera Księżyca. — HERVÉ FAYE.

Na zastosowanie fotografji do badania Nieba wskazał był już w r. 1839 Arago, komunikując Akademji Nauk piękne odkrycie Niepce'a i Daguerre'a.

Foucault i Fizeau pierwsi otrzymali w roku 1845 obraz fotograficzny Słońca. Berkowski, na fotografji zaćmienia słonecznego z d. 28 lipca 1851 r., zauważył ślady korony i protuberancji. W latach 1856—1859 De la Rue otrzymał dobre klisze Księżyca, Słońca, Jowisza i Saturna, a w roku 1859 kazał zbudować w Kew *fotoheljograf*, ażeby, w myśl projektu Herschela z r. 1854, badać codziennie ruch plam i pochodni. H. Faye kazał odfotografować w Paryżu zaćmienie Słońca w dniu

15 marca 1858 roku. M. Tachini, od r. 1878 dyrektor Obserwatorium w Collegium Romanum, robi tam codziennie fotografie plam słonecznych.

Rutherford zarządził w roku 1864 brakowi koncentracji promieni chemicznego światła i zdołał odfotografować gwiazdy podwójne, bardzo do siebie zbliżone, z taką dokładnością, że mógł na otrzymanych zdjęciach dokonać pomiarów mikrometrycznych położenia względnych.

Pierwszą fotografią widma gwiazdy była fotografia widma Wega, otrzymana przez H. Drapera w r. 1871; było na niej widać 4 linie. Sir W. Huggins fotografował z powodzeniem widma gwiazd w latach 1875—1877, komet w latach 1881 i 1882 oraz widmo mgławicy w 1882. W roku 1892 Sir W. Huggins i Lady Huggins w rozprawie p. t. «On Nova Aurigae» (O Nowej Gwieździe Woźnicy), ogłosili własne swe badania spektralne, oraz omówili badania innych astronomów nad nową gwiazdą Woźnicy; sądzą oni, że gwiazda ta składa się z dwóch gwiazd, i że blask jej raptowny a krótki był wynikiem zbliżenia się tych gwiazd.

Gwiazdy 10-ej i 11-ej wielkości występowały wyraźnie na kliszach, robionych w latach 1870—1882 przez Goulda w Kordubie. D. Gill otrzymał w r. 1882 kliszę pewnej komety, gwiazd sąsiednich, a nawet gwiazd, położonych poza warokoczem. W roku 1883 Common odfotografował mgławicę Orjona, a E. C. Pickering zaczął

sporządzać, drogą zdjęć fotograficznych, Mapę niebieską, zawierającą gwiazdy widzialne aż do 6-ej wielkości.

W czasie przejścia w roku 1874 Wenera przed tarczę Słońca, fotografia, dzięki metodzie, którą obmyślił Cornu w celu otrzymania dostatecznego achromatyzmu promieni chemicznych, pozwoliła otrzymać dla rozmaitych faz zjawiska obrazy, na których można było skutecznie pomiary mikrometryczne. W czasie przejścia Wenera w r. 1882 znowu zastosowano fotografię. Tym sposobem otrzymano 2 szeregi obserwacji fotograficznych, które pozwoliły Bouquet de la Grye'mu podać w r. 1888 liczbę 8," 80 na wartość paralaksy słonecznej.



Szukając prędkości radialnej gwiazdy, można ocenić na oko drobne bardzo przesunięcia linii wodoru gwiazdy względem linii ziemskiego źródła tego gazu; atoli ze względu na łatwość obserwacji i dokładność wyników lepiej jest otrzymać fotografię widma gwiazdy — ekspozycja trwa około godziny — a następnie przystawić do niej widmo ziemskiego źródła rozżarzonego wodoru i zmierzyć za pomocą mikroskopu, zaopatrzonego w mikrometr, małą odległość pomiędzy dwiema liniami rozżarzonego wodoru.



Metoda ta jest stosowana z powodzeniem od r. 1888 w Poczdamie przez H. C. Vogla, a od lat kilku w Paryżu przez H. Deslandres'a i w Pułkowie przez Bielopolskiego.

Tym to sposobem H. Deslandres stwierdził w r. 1895, że prędkość radialna Altaira ulega jednemu wielkiemu wahaniu o okresie 43 dniowym, oraz kilku wahaniom drugorzędnym, które układają się na pierwszym; wywnioskował on stąd, że gwiazda ta jest conajmniej potrójna. W r. 1896 Akademia Nauk w uznaniu ważności jego badań w zakresie Analizy spektralnej przyznała mu nagrodę imienia Janssena.



Aż do roku 1892 chromosfera uchodziła uwagi obserwatorów w tej znacznej swojej części, której rzut przypada na tarczę Słońca; ale w lutym 1892 H. Deslandres i G. Hale oznajmili Akademii Nauk, jeden niezależnie od drugiego, że udało im się odfotografować całą chromosferę.

W Obserwatorium paryskim fotografje chromosfery zdejmuje się za pomocą *spektrografu*, zbudowanego w roku 1893. Przy pomocy tego przyrządu H. Deslandres porobił następujące odkrycia. Pary fioletowe wapnia należą do chromosfery. Ta ostatnia powłoka posiada pasy błyszczące, które tworzą rodzaj sieci. Pasy najmocniej błysz-

czące są najbardziej wzniesione i odpowiadają pochodniom, które są również częściami najmocniej błyszczącymi i najbardziej wzniesionymi fotosfery. H. Deslandres, uzupełniwszy przyrząd powyższy, zdołał zarejestrować prędkość radialną par chromosfery; spodziewa się on dojść w następstwie do wyznaczenia grubości tej powłoki.



W roku 1897 Sir W. Huggins zawiadomił Akademię Nauk, że powiodło mu się odfotografować z osobna widma barwnych składowych kilku gwiazd podwójnych: wywnioskował on stąd, że różnice w barwie gwiazd składowych są rzeczywiste; nadto znalazł gwiazdy podwójne, których obie składowe dają tę samą barwę i inne znów, w których składowe te różnią się zabarwieniem bardzo wyraźnie. Sądzi on, że gdybyśmy znali masy gwiazd, to wówczas moglibyśmy wyciągać z takich obserwacji wnioski, dotyczące wieku układów podwójnych w pierwszym wypadku i wieku każdej z gwiazd składowych w drugim; ale doradza wielką ostrożność w wyprowadzaniu takich konsekwencji.



Benjamin Apthorp Gould (27 września 1824 — 26 listopada 1896) rodem z Bostonu, był pierwszym astronomem, który użył fotografii

w Astronomji ścisłej. Jego główną pracą było zdjęcie 1400 klisz gromad gwiazdowych półkuli południowej w Obserwatorjum narodowym w Kordubie, które założył był w r. 1867 przy pomocy ministra Sarmiento i które opuścił dopiero w 1886, by powrócić do Cambridge (w Stanach Zjednoczonych). Przed samą śmiercią dokończył pomiaru i redukcji tych 1400 klisz, które zdjęte były dość starannie, by móc służyć do ścisłych pomiarów. W Kordubie napisał dzieło, które pozostanie klasycznym, mianowicie «Uranometrię Argentyńską» (*Uranometria Argentina*, 1874).

Gould ukończył w r. 1844 z odznaczeniem »Harward College« i przez rok jeden wykładał w Szkole klasycznej w Bostonie, do której przedtem sam uczęszczał. W roku 1845 przybył do Europy, by do roku 1848 studjować Astronomję kolejno w Obserwatorjach w Greenwich, Paryżu, Berlinie, Altonie, Gocie. W latach 1852—1867, zajmąwszy się wyznaczeniami długości dla Biura pomiaru wybrzeży (*Coast Survey*), rozwinął i rozszerzył tę instytucję. W r. 1864 wznosił własnym kosztem Obserwatorjum w Cambridge (Stany Zjednoczone). W r. 1849 założył czasopismo «*Astronomical Journal*», przeznaczone dla badań oryginalnych. Od roku 1871 amerykański «*Kalendarz Żeglarski*» (*Nautical Almanac*) posługuje się głównymi gwiazdami polarnymi których położenia i ruchy własne Gould poddał roztrząśnieniu w r. 1859 i których rewizję

przeprowadził w r. 1861. Został korespondentem Biura Długości w roku 1889 i Akademji Nauk w r. 1892.



J a n s s e n, zajmujący stanowisko dyrektora Obserwatorjum fizycznego w Meudon od czasu założenia tej instytucji w r. 1875, otrzymał tam w r. 1889 klisze Słońca, mające 70 cm. w średnicy. Aż do owego czasu najlepsze zdjęcia uwydatniały dobrze tylko plamy i pochodnie. Zniżywszy czas działania świetlnego do jednej trzymilionowej części sekundy i używając nowych urządzeń optycznych, zdołał on otrzymać obraz granulacji.

Ze zbadania swych fotografii Słońca J a n s s e n wyciąga następujące wnioski. Fotosfera składa się z materji płynnej, ulegającej łatwo siłom zewnętrznym. W częściach spokojnych materja ta jest prawie dokładnie kulista, w częściach wzburzonych posiada kształt ziarenek ryżu, liści wierzbiny, strzępów; pomiędzy temi częściami przybiera kształt ziarnisty. Powierzchnia Słońca ma zatem wygląd sieci, której oka są różańcami z ziarn okrągłych, i która w przedziałach zawiera ciała wydłużone. Warstwa materji świecącej, której Słońce zawdzięcza swą zdolność promieniowania, jest bardzo cienka i płynna; usiłuje ona wytworzyć dokoła

Słońca ciągłą, nieprzerwaną powłokę, ale jest ustawicznie rozrywana przez prądy wstępujące. Wskutek tego w częściach spokojnych elementy fotosferyczne przybierają kształt kulisty; w częściach, gdzie pojawiają się prądy wstępujące, elementy te przybierają kształty wydłużone; fotografie Słońca pokazują, że materja fotosferyczna ożywiona jest ruchami niesłychanie gwałtownymi.

Podczas całkowitego zaćmienia Słońca w dniu 6 maja 1883 roku Janssen na wyspie Karolinie stwierdził, że w koronie znajduje się dużo światła odbitego; przypisuje on to światło ciałkom, zawieszonym w tej powłoce; prócz tego dokonał on wtedy na kliszy pierwszego ścisłego pomiaru natężenia światła korony i znalazł, że przewyższa ono natężenie światła Księżyca w pełni.

Tą metodą fotometrii fotograficznej odkrył on w r. 1881, że światło Księżyca w pełni jest, jak to stwierdził był Bouguer przy pomocy świecy, 300000 razy słabsze od światła słonecznego; następnie porównał zdolności promieniowania Syrusza i Słońca.

Janssen otrzymał piękne zdjęcie fotograficzne komety 1881 *b* wraz z bardzo wielką częścią jej warkocza. Pomiaru fotometryczne, dokonane nad tym zdjęciem, pokazują, że w niewielkiej odległości od jądra warkocz świeci 300000 razy słabiej od Księżyca.

### MAPA FOTOGRAFICZNA NIEBA.

Nie może już być żadnej wątpliwości co do powodzenia tego wspianego dzieła, przedsięwziętego pod egidą Francji, i zaiste, przekazanie przyszłości takiego pomnika nie będzie należało do najmniejszych chlób naszej epoki.

M. LOEVY.

Piękny rezultat, otrzymany w r. 1882 przez M. D. Gilla, skłonił Comma do wypowiedzenia myśli, że *Mapę Nieba* możnaby sporządzić przy pomocy fotografii. W czerwcu 1884 roku dwaj Henry'owie otrzymali tak doskonałą kliszę jednej ze stref Drogi Mlecznej, że Mouchez został, wedle własnych słów, «uderzony wyjątkową pięknnością tego początku i olbrzymią doniosłością jego dla przyszłości Astronomji»; to też kazał on wtedy zbudować *ekwatorjał fotograficzny* (appareil équatorial photographique), który obmyślili byli Henry'owie. Wynalazcy tego przyrządu, który wykończono w maju 1885, otrzymali po godzinie ekspozycji klisze, na których odtworzone są w całym blasku i czystości, bez żadnego odkształcenia, wszystkie gwiazdy aż do 16-ej wielkości. Na kliszach tych znajdują się gwiazdy, których nie można zobaczyć w Paryżu przez najpotężniejsze lu-

nety, jak również mgławica Maji w Plejadach, która do owego czasu nie była zaznaczona.

Mouchez, wyłożywszy przed Akademią Nauk 18 stycznia 1886 roku wyniki, które otrzymali Henry'owie, i stwierdziwszy, że Francja, nie posiadając w swych kolonjach Obserwatorjów, nie może wykonać sama jedna Mapy Nieba, oraz zaznaczywszy następnie, że lepiej jest, by dzieło, przedstawiające tak powszechny interes naukowy, było wynikiem wspólnej pracy najwybitniejszych astronomów różnych krajów, zaproponował Akademii Nauk, która propozycję tę przyjęła, zwołanie zjazdu dyrektorów Obserwatorjów z całego globu i uczonych różnych gałęzi, którzyby porozumieli się co do wyboru stacji i całego rysztunku fotograficznego oraz przyjęli jedną i tę samą skalę i wspólną metodę.

Cztery Kongresy odbyły się w Obserwatorjum paryskim, w latach 1887, 1889, 1891 i 1896. Mouchez był prezesem Komisji stałej trzech kongresów. Członkowie ich postanowili, że Niebo zostanie podzielone na 18 płatów prawie równych, z których każdy przypadnie w udziale jednemu z Obserwatorjów kuli ziemskiej. Czwartemu Kongresowi przewodniczył Tisserand, który stwierdził, że mimo wszystkie trudności przedsięwzięcia «chęć doprowadzenia go do końca jest oczywista».

Mapa Nieba składa się z właściwej Mapy i z Katalogu. Mapa właściwa obejmuje wszystkie

gwiazdy aż do 14 wielkości włącznie, w liczbie 30 milionów; dla otrzymania jej robi się szereg klisz, których ekspozycja trwa po godzinie. Katalog poda położenia dwóch milionów gwiazd aż do 11-ej wielkości; dla sporządzenia go robi się szereg klisz, których ekspozycja trwa po trzy minuty. Operacje fotograficzne Katalogu będą daleko posunięte w r. 1900; niepodobna jednak oznaczyć czasu ukończenia pozostałej części Mapy Nieba. Zauważmy, że na czele Biura pomiarów mikrometrycznych klisz Katalogu stoi panna Dorota Klumpke.

Tym sposobem w przeciągu lat kilku powstanie dzieło dokładne, pozwalające za pomocą zwykłego mikrometru dokonywać badań, jakie dotąd można było robić jedynie przy pomocy potężnych lunet.



Ernest Amadeusz Bartłomiej Mouchez (24 sierpnia 1821—25 czerwca 1892), urodził się w Mardrycie z rodziców Francuzów. Od ukończenia Szkoły Żeglarskiej w r. 1839 aż do r. 1874 pędził życie wśród wypraw morskich i pozyskał sławę doskonałego oficera marynarki, znakomitego geografą i zręcznego astronoma. W czasie kampanji które odbył na morzach chińskich, indyjskich, australijskich, na morzu Antylskim, w Chinach, w Ameryce południowej, w Brazylii, zjął on



wielką liczbę planów rzek i wyznaczył długości i szerokości głównych miejsc, które zwiedził.

W r. 1873 mianowany został członkiem Biura Długości i szefem jednej z Misji (wyspy św. Pawła), które miały obserwować 9 grudnia 1874 r. przejście Wenerę przed tarczą Słońca. Dzięki błyszczącej aureoli ujrzano wówczas, jak dwa rogi planety połączyły się ze sobą przed zetknięciem, zamiast połączyć się po zetknięciu, jak się to zdarza zwykle. Ekspedycja ta otrzymała przeszło 500 dobrych płytek fotograficznych, dotyczących różnych faz zjawiska. M. L o e v y, po zbadaniu niektórych z pomiędzy tych obserwacji fotograficznych, mógł stwierdzić dokładność operacji, któremi kierował M o u c h e z, oraz ocenić wartość i pomysłowość sposobów, przezeń wynalezionych w celu otrzymania wyników bez zarzutu. W roku 1875 zasługi, które M o u c h e z świeżo położył, oraz prace hydrograficzne, oparte na obserwacjach astronomicznych, otworzyły przed nim podwoje Akademii Nauk.

W tymże roku 1875 Biuro długości powierzyło M o u c h e z'owi zorganizowanie i kierownictwo Obserwatorium astronomicznego w Montsouris. W roku 1878 M o u c h e z mianowany został kontradmirałem i dyrektorem Obserwatorium paryskiego. Utworzył on w tej instytucji muzeum, zawierające starożytne narzędzia astronomiczne i cenne dokumenty naukowe; kazał także rozpocząć wydawanie

Katalogu, w którym zawarte są wyniki obserwacji południkowych, dokonywanych od r. 1837 w Obserwatorjum paryskim.



Już od dawna posiadano pewną liczbę dość dokładnych map Księżyca. Mapa Beera i Mädlera ukazała się w r. 1834, a Mapa Neisona w r. 1876. Lohrman kazał narysować pomiędzy 1821 a 1836 rokiem Mapę, której część wydał sam w r. 1824, a której wydanie ostateczne zawdzięczamy Juljuszowi Schmidtowi. Ukazała się ona w r. 1878 jednocześnie z Mapą, którą był on sporządził w latach 1840—1874. Od roku 1870, W. Bond, De la Rue, Rutherford i inni astronomowie zastosowali z powodzeniem fotografię do badania powierzchni Księżyca. H. Faye zajął się w r. 1872 wykazaniem ważności fotografii dla zbadania Księżyca pod względem geologicznym; usłuchano jego rady.

Obserwatorjum paryskie rozpoczęło w r. 1894 wydawnictwo «Atlasu fotograficznego Księżyca». M. Loewy, który jest dyrektorem tej instytucji od 1 grudnia 1896 roku, opracowuje czynnie ten atlas, posługując się swym wielkim ekwatorjałem «złamanym»; pomaga mu P. Puiseux. Atlas ten składać się będzie z tablic, odbijanych sposobem heljograwiurów podług klisz z naszego

satelity, oraz z tekstu, dotyczącego budowy skorupy księżycowej; ukazało się 20 tablic i 3 zeszyty tekstu. Belgijskie Towarzystwo astronomiczne wydaje reprodukcję tego Atlasu w formacie zmniejszonym.

Obserwatorium imienia Licka na górze Hamilton (Kalifornia), zainaugurowane w r. 1888, prowadzone naprzód przez Holdena, zaś od r. 1898 przez Keelera, przedsięwzięło również w r. 1896 wydawnictwo analogicznego Atlasu, aczkolwiek mniej wspianalego, przy pomocy ekwatorjału o otworze, równym  $0^m, 914$ . Fundusze na wzniesienie tego Obserwatorium zapisał testamentem Lick, a koszta wydawnictwa Atlasu pokrywa W. W. Law.

*Ekwatorjał złamany* składa się z lunety astronomicznej, złamanej pod kątem prostym i posiadającej w wierzchołku tego kąta zwierciadło płaskie; zwierciadło to wraz z innym zwierciadłem, umieszczonym obok obiektywu, ustawione są w taki sposób, że promienie świetlne odbijają się w kierunku osi Świata; przyrząd ten posiada wielki stopień stałości; nie wymaga użycia kopyt, których budowa i utrzymanie są tak kosztowne, a obserwatorom oszczędza zmęczenia i straty czasu. Już w r. 1871 M. Loewy przedstawił swój projekt Delaunay'owi, który go zaaprobował, ale dopiero w r. 1882 dzięki znacznej ofierze Bischofs-

heima można było ustawić w Obserwatorium paryskim pierwszy ekwatorjał złamany, którego obiektyw ma 0,<sup>m</sup>27 w średnicy. Wielki ekwatorjał złamany, ustawiony w r. 1891, mający 18<sup>m</sup> odległości ogniskowej i 0,<sup>m</sup>60 otworu, pozwolił otrzymać obraz prosty Księżyca, większy od wszystkich, które otrzymano do owego czasu; obraz ten znajduje się w Atlasie M. Loevy'ego i P. Puisseux'a.



Janssen zrobił w r. 1879 uwagę, że fotografia stanowi w Astronomji środek badania potężniejszy, aniżeli lunety. Istotnie, widmo fotograficzne ma rozciągłość równą  $\frac{4}{3}$  widma widzialnego, płytki fotograficzne ujawniają wrażliwość na promienie ultra-fioletowe, których oko nie dostrzega, a działania świetlne dodają się na płytkach fotograficznych, gdy tymczasem natężenie obrazu, utworzonego w oku przestaje wzrastać, począwszy od 10-ej części sekundy. Fotografia daje obrazy zupełne krążków świetlnych, gdy tymczasem pole widzialne lunety jest tym bardziej ograniczone, im sama ona jest potężniejsza; wskutek tego fotografia pozwoliła zbadać Księżyc, jako całość, co było niepodobieństwem przy użyciu lunet. M. Loewy i P. Puisseux, rozpatrzywszy się w powiększeniach swoich klisz Księżyca, oświad-

czyli się w r. 1897 raczej za istnieniem rzadkiej bardzo atmosfery dokoła tego ciała niebieskiego, wbrew opinii Bessela, który był obliczył, że atmosfera ta, będąc tysiąc razy rzadszą od ziemskiej, nie dałaby się wcale wykryć. Nadto, doszli oni do przekonania, że Księżyc posiadał niegdyś atmosferę, gęstsza od dzisiejszej, a to badając wyniki zjawisk wulkanicznych, które zachodziły na jego powierzchni. Sądzą wreszcie, że dowiedli, iż obecnie nie istnieją na Księżycu w ilości, dającej się ocenić, ani woda, ani lód, i że niepodobna sobie wyobrazić, jakie mogłyby żyć na nim formy organiczne bodaj najpierwotniejsze.

### HERVÉ FAYE.

We Francji, w ciągu ostatnich lat 50, badania astronomiczne, geodezyjne i meteorologiczne doznawały silnej podniety ze strony H. Faye'a; to też nikt zdaje się, nie odmówi nam słuszności, gdy, odstąpiwszy od zasady, którą kierujemy się, gdy chodzi o astronomów żyjących<sup>1)</sup>, damy krótki zarys życia tego astronoma oraz prac jego, tak wysoko cenionych u nas i zagranicą.

Hervé August Stefan Albans Faye urodził się 3 października 1814 w Saint Benoît du

---

<sup>1)</sup> H. Faye zmarł w r. 1902 (Przyp. tłum.).

Sault (dep. Indre), wstąpił do Szkoły Politechnicznej w roku 1832, ale wystąpił z niej w roku następnym, by udać się do Holandji w celach przemysłowych. Powróciwszy w roku 1836, przyjęty został przez Arago'a na ucznia-astronoma do Obserwatorjum paryskiego. W r. 1843 mianowany został astronomem tego Obserwatorjum i odkrył tamże kometa perjodyczną. Odkrycie to, za które otrzymał w r. 1844 nagrodę Lalande'a, było w roku 1847 pierwszym z tytułów, na które powoływali się Arago i Humboldt, by polecić swym kolegom jego kandydaturę do krzesła w Akademji Nauk; zresztą kilka innych prac astronomicznych, mianowicie zbadanie paralaksy jednej z gwiazd oraz obliczenia elementów kilku komet zwróciły na niego uwagę uczonych; to też został wybrany prawie jednomyślnie.

Odtąd, prace Faye'a, o których mówiliśmy, głównie zaś jego badania astronomiczne, jego teoria Słońca, jego hipotezy kosmogoniczne i wreszcie jego prawo burz dały mu rozgłos europejski. Mając ciągle na względzie postęp wiedzy, oddał się on przedstawianiu ważnych odkryć oraz wskazywaniu ich możliwych zastosowań.

Różnorodność i rozciągłość wiedzy, pewność sądu, zręczność w kierowaniu rozprawami sprawiały to, że koledzy wybierali go często na prezesa różnych komisji międzynarodowych, mających

roztrząsać kwestje pierwszorzędnej doniosłości naukowej.

H. F a y e odznaczył się także zdolnościami profesorskimi, wykładając w sposób jasny w Szkole Politechnicznej Gieodezję od 1852 do 1854 i Astronomję od 1873 do 1893; wykłady jego zostały rozwinięte w wybornym «Kursie Astronomji» (Cours d'Astronomie, 1881—1883). Jako uzupełnienie dla tego dzieła służy «Kurs Astronomji Żeglarskiej» (Cours d'Astronomie nautique, 1880). Obok tych książek, przeznaczonych dla studjów wyższych, należy postawić «Lekcje kosmografji» (Leçons de Cosmographie), które wydał w r. 1852 dla Szkół średnich, a które odtąd służyły za wzór dla tego rodzaju wydawnictw.

Zostawszy w r. 1862 członkiem Biura Długości, rozwinął tam żywą i wszechstronną działalność.

H. F a y e oddał także wielkie usługi Uniwersytetowi, jako rektor Akademji w Nancy od 1854 do 1857, jako inspektor generalny Nauczania Średniego od 1857 do 1877 i Nauczania Wyższego od 1877 do 1887; na trudnych tych stanowiskach umiał zawsze łączyć niezłomną powagę z wielką dobrocią. Był także ministrem Oświaty w r. 1877.

Aczkolwiek od lat kilku H. F a y e nie pełni funkcji, wymagających regularnej pracy i ciągłej obecności, to jednak nie przestaje oddawać usług wiedzy, jako delegat Instytutu do Rady Wyższej

Oświaty oraz jako Prezes Rady Obserwatorjum paryskiego.

Akademja Nauk na posiedzeniu swym w dniu 25 stycznia 1897 r. święciła uroczyście pięćdziesięciolecie akademickie H. Faye'a, a Janssen i Loewy w sposób pociągający odmalowali wielkimi linjami jego żywot naukowy.





## XIX. ODKRYCIE MAŁYCH PLANET ORAZ KSIĘŻYCÓW.

27 listopada 1891 roku znano 322 drobne planety teleskopowe pomiędzy Marsem a Jowiszem. C. H. F. Peters odkrył ich był 42 od r. 1862 do 1889.

Odtąd Max Wolf w Heidelbergu stosuje z powodzeniem fotografię do wyszukiwania tych drobnych ciałek. W ten sposób Wolf odkrył ich 38, Charlois w Nizy znalazł metodą powyższą 79 a za pomocą lunety 26. Znamy dzisiaj pomiędzy Marsem a Jowiszem około 480 drobnych planet, z których największe są 4 odkryte najwcześniej.

Witt z Obserwatorium Uranji w Berlinie odkrył tam za pomocą fotografii 14 sierpnia 1898 r. drobną planetę, mającą blask gwiazdy 11 wielkości. Berberich, opierając się na obserwacjach, dokonanych przez Witta w dniach 14, 23 i 31

sierpnia, obliczył elementy orbity tej planety, którą nazwano *Erosem*. Eros nie należy do grupy planet pomiędzy Marsem a Jowiszem, albowiem orbita jego zawarta jest pomiędzy drogami Marsa i Ziemi; może on przybliżyć się do Ziemi bardziej aniżeli Mars: w grudniu 1900 był bardzo blisko Ziemi; gdy się znajdzie w opozycji i w perihelium, natenczas odległość jego od Ziemi stanowić będzie  $\frac{3}{20}$  odległości Słońca od Ziemi, a jego blask równy będzie blaskowi gwiazdy 6 wielkości. Planeta Eros, jako mogąca podejść bardzo blisko Ziemi, posłuży do wyznaczenia paralaksy Słońca z przybliżeniem większym od tego, które otrzymano, posługując się Marsem i Florą.

Po odkryciu 4-ch pierwszych Księżyców Jowisza Kepler oświadczył, że Mars powinien posiadać dwóch satellitów, ponieważ planeta ta znajduje się między Ziemią, która posiada jeden Księżyc a Jowiszem, który ma ich 4. Bode i J. de Littrow radzili szukać tych satellitów przy pomocy potężnych przyrządów, a D'Arrest szukał ich w samej rzeczy, ale napróżno.

Asaph Hall był szczęśliwszy w swych poszukiwaniach; dzięki lunecie Clarka o obiektywie 0,<sup>m</sup>66, odkrył on 11 sierpnia 1877 r. w Obserwatorium waszyngtońskim pierwszego satelitę Marsa, a 17 tegoż miesiąca — drugiego; podał on ele-

menty tych ciał niebieskich, którym nadał nazwy *Deimos* i *Phobos*: Akademia Nauk przyznała mu wtedy nagrodę Lalande'a. Wynikiem tego odkrycia było to, że można było wyznaczyć masę planety Marsa drogą bezpośrednią.

É. E. Barnard odkrył 7 września 1892 r. w Obserwatorium Licka piątego satelitę Jowisza. Odkrycie to zawdzięczamy wielkiej sile powiększającej lunety o obiektywie 0,<sup>m</sup>914, ofiarowanej astronomom amerykańskim przez Licka. Obserwując to nowe ciało niebieskie w ciągu roku 1893, É. E. Barnard zdołał sformułować prawa jego ruchu. Akademia Nauk przyznała mu w nagrodę za te prace medal imienia Arago'a.

Dziewiątego satelitę Saturna odkrył świeżo w Obserwatorium «Harvard College» w Cambridge (Stany Zjedn.) W. H. Pickering, zbadawszy starannie 4 płytki fotograficzne układu Saturna, otrzymane w Arequipa (Peru) 16, 17 i 18 sierpnia 1898. Z pomiarów mikrometrycznych, uskuteczonych przez W. H. Pickeringa, zdaje się wynikać, że orbita tego nowego ciała niebieskiego, któremu proponuje on nadać nazwę *Phobe*, jest elipsą bardzo wydłużoną, położoną w płaszczyźnie, bardzo bliskiej do płaszczyzny ekliptyki, i że księżyc ten jest prawdopodobnie najmniejszym z odkrytych dotąd ciał układu słonecznego; należy przypuszczać,

że jest on 16-ej wielkości. 16 kwietnia 1899 r. E. C. Pickering rozesłał do Obserwatorjów europejskich Cyrkularz wyjaśniający w sprawie tego nowego satelity.



## XX. SYDEROSTAT Z LUNETĄ.

(Sidérostat à lunette).

Dla podniesienia blasku Wystawy powszechnej którą Francja otwiera w roku 1900, Franciszek Deloncle podał w r. 1892 myśl ustawienia na niej lunety wyjątkowo potężnej, któraby mogła służyć do robienia najdelikatniejszych obserwacji fizycznych, do uskuteczniania bardzo ścisłych pomiarów, do fotografowania gwiazd i któraby pozwoliła astronomom dokonywać odkryć niebieskich. Z jego inicjatywy grono miłośników Astronomji założyło w Paryżu w r. 1896 Towarzystwo akcyjne «L'Optique» dla budowy wielkich teleskopów, a w szczególności potężnego bardzo przyrządu do badania Nieba <sup>1)</sup>).

Zgodzono się na to, że pierwszym elementem tego przyrządu będzie luneta o obiektywie, mającym 1,<sup>m</sup> 25 średnicy, i odległości ogniskowej, równej 60 metrom, celem otrzymywania obrazów achromatycznych.

---

<sup>1)</sup> Towarzystwo «L'Optique» rozwiązało się przed ukończeniem budowy tego przyrządu (Przyp. tłum.).

Rozmiary te przewyższają znacznie rozmiary trzech najpotężniejszych przyrządów do obserwacji Nieba, jakie istnieją obecnie, t. j. wielkiego ekwatorjału złamanego, ekwatorjału w Obserwatorjum imienia Licka i ekwatorjału w Obserwatorjum imienia Yerkesa. To ostatnie zostało założone w r. 1892 w pobliżu Williams Bay, na jeziorze Geneva w stanie Wisconsin przez Karola I. Yerkesa z Chicago; kieruje nim od założenia G. Hale.

Ten ostatni ekwatorjał, ustawiony w r. 1897, posiada objektyw  $1^m 01$  i odległość ogniskową  $19^m 456$ ; obraca się on dokoła osi pionowej dokładnie sztywnej pod kopułą, mającą 30 metrów w średnicy, i zaopatrzony jest we wszelkie akcesorja, potrzebne do badań mikrometrycznych i fotograficznych.

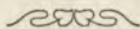
Nowej lunety francuskiej nie można ani umieścić na osi, ani też pokryć kopułą. Istotnie, olbrzymi ciężar nie pozwoliłby nadać jej ruchów powolnych i szkodziłby jej stałości; kopuła, mając średnicę, równą 64 metrom, musiałaby być ustawicznie w ruchu, aby otwór jej mógł wypadać stale naprzeciwko obiektywu; wreszcie obserwator przy dostawaniu się do okularu musiałby męczyć się bardzo i tracić dużo czasu.

Dla pokonania tych prawie nieprzewyciężonych trudności, powzięto myśl umieszczenia lunety w położeniu poziomym, stałym i dołączenia do niej *syderostatu*, który Foucault wynalazł pod

koniec swego życia. Luneta będzie miała dwa obiektywy: jeden, przeznaczony do obserwacji wzrokowych, drugi, do prac fotograficznych. Główną część syderostatu stanowi płaskie zwierciadło o średnicy, równej  $2^m 05$ , i grubości  $0^m 30$ , na którym obraz ciała niebieskiego znajduje się zawsze w jednym i tym samym punkcie, ponieważ zwierciadło, dzięki sposobowi zawieszenia oraz mechanizmowi zegarowemu, towarzyszy gwiazdzie w jej ruchu dziennym. Wynikiem powyższego układu jest to, że obserwator może widzieć obraz ciała niebieskiego stale w ognisku lunety; prócz tego może je widzieć w położeniu, niezmiennym względem punktu przecięcia nici siateczki, albowiem okular posiada odpowiedni ruch obrotowy.

Syderostat z lunetą buduje obecnie w Paryżu F. Gautier, który w «Roczniku Biura Długości» (Annuaire du Bureau des Longitudes) za rok 1899 podał ciekawe bardzo szczegóły, dotyczące zalet nowego przyrządu oraz sposobu fabrykacji różnych jego części.

Ponieważ liczba i doniosłość odkryć niebieskich stały zawsze w stosunku prostym do udoskonaleń w narzędziach obserwacji, przeto zdaje się być rzeczą pewną, że przy pomocy syderostatu z lunetą Astronomja fizyczna dokona wielce interesujących zdobyczy.



## XXI. MECHANIKA NIEBIESKA W KOŃCU XIX STULECIA.

Różne badania. — Teorja i Tablice planet. — Teorja Księżyca. — Teorja satelitów. — Pierścień Saturna. — ZOFJA KOWALEWSKA. — Teorja komet. — Komedy perjodyczne. — Badania nad refrakcją i aberacją. — Katalog gwiazd fundamentalnych. — Prawo przyciągania Webera. — TISSERAND. — Obliczenia, dotyczące sposobu tworzenia się Wszechświata. — Obliczenia, dotyczące ruchu układu słonecznego. — Nowe metody Mechaniki niebieskiej. — GYLDEN. — Pogląd H. Poincarégo na stałość układu słonecznego.

Teorja powierzchni i warstw poziomyma ma wielkie znaczenie dla określenia postaci planet. Green w 1835 i Chasles w latach 1837—1838 ustanowili kilka twierdzeń o przyciąganiu warstw poziomyma, które to twierdzenia znalazły wiele bardzo zastosowań. Zaznaczmy tu badania nad postacią równowagi Ziemi, przeprowadzone przez Sira W. Thomsona (Lorda Kelvina) i G. H. Darwina.

H. Poincaré, poszukując w r. 1885 figur równowagi masy płynnej, ożywionej ruchem obrotowym dokoła osi, znalazł, że w przypadku jedno-



rodności, istnieje elipsojda obrotowa oraz elipsojda Jacobi'ego o trzech osiach nierównych.

Matthiesen w r. 1880 i Sir W. Thomson w r. 1882 wykazali, że istnieją figury równowagi pierścieniowe. H. Poincaré znalazł w r. 1885, że istnieją inne jeszcze postaci równowagi oprócz elipsoid i pierścieni. Istnieją one w liczbie nieskończonej i są wypukłe; posiadają płaszczyznę symetrii lub są obrotowe. Dla zbadania warunków ich stałości H. Poincaré rozróżnił, za przykładem Sir W. Thomsona, stałość wiekową, która trwa, jeśli uwzględnić lepkość i stałość zwyczajną, która zachodzi wtedy tylko, gdy pominiemy ten opór<sup>1)</sup>.

O. Callandreau dał w r. 1886 wskazówkę dla obliczania wyrażenia, które wchodzi w warunek stałości figur pierścieniowych, badanych przez H. Poincarégo.

W przedmiocie całkowania równań różniczkowych ruchu obrotowego Ziemi dokoła jej osi, Hermite podał w r. 1885 nowy dowód wzorów, które znalazł był Jacobi.

Z różnych badań, dokonanych przez matematyków w dziedzinie tego obrotu, Tisserand wywnioskował w swoim «Traktacie Mechaniki niebieskiej» (*Traité de Mécanique céleste*), że można przyjąć, iż dzień gwiazdowy, ta zasadnicza podstawa miary czasu, jest stały.

<sup>1)</sup> Por. «Wiadomości matematyczne» VII, 1903 (Przyp. tłum.).

Z rozwiązaniem zadania o dwóch ciałach Hamilton połączył był zbadanie krzywej, którą nazwał *hodografem*; G. Darboux zastosował własności tej krzywej do wypisania prawie od razu trzech zasadniczych całek Laplace'owskich, używanych w tym rozwiązaniu.

Newcomb ogłosił w r. 1884 nową metodę rozwijania funkcji perturbacyjnej.

Umiemy całkować zupełnie równania różniczkowe zadania o trzech ciałach w takim tylko przypadku, jeżeli przez cały czas trwania ruchu odległości pozostają w stosunkach stałych, nawet w razie, gdy trzy ciała znajdują się na jednej prostej. Pierwsze opracowanie tego szczególnego przypadku zawdzięczamy Eulerowi. H. Poincaré w rozprawie p. t. «Sur certaines solutions particulières du problème des trois corps» (O niektórych rozwiązaniach szczególnych zadania o 3-ch ciałach, 1884) wykazuje, że odległości wzajemne tych ostatnich są funkcjami perjodycznymi czasu dla nieskończonej liczby położeń i prędkości początkowych.



Obok metod ogólnych Cauchy'ego, służących do rozwijania współrzędnych eliptycznych planety na szeregi, Tisserand dał w swym dziele rozwinięcia na szeregi, użyteczne do obliczania perturbacji. Gauss wskazał był metodę

dla obliczania zmian wiekowych elementów orbit planetarnych. G. W. Hill otrzymał w r. 1881 wyniki Gaussowskie w postaci, która lepiej nadaje się do rachunku, a w r. 1883 O. Callandreau uzupełnił tę ostatnią pracę, dodając do niej Tablice liczebne, które ułatwiają obliczanie całek eliptycznych.

Newcomb, rozporządzając większą liczbą obserwacji południkowych, aniżeli Le Verrier, przedsięwziął, przy współudziale G. W. Hilla, przeróbkę Tablic Le Verrier'owskich. Ogłosił on w tym przedmiocie dzieło p. t. «The Elements of the four inner Planets and the fundamental Constants of Astronomy» (Elementy 4-ch Planet wewnętrznych oraz podstawowe Stałe Astronomji, 1895). Dla Merkurego i Wenusy znajduje on różnicę pomiędzy końcowymi wartościami zmian wiekowych, wyprowadzonymi z obserwacji, a temi, które dają teorie tych planet; dla wytłomaczenia tej różnicy przypuszcza możliwość istnienia między temi planetami pierścienia asteroid; atoli Tisserand zauważył, że taki pierścień nie uszedłby uwagi astronomów. Przy sporządzaniu nowych Tablic Newcomb przyjmuje dla interpolacji, że wykładnik 2 odległości w prawie Newtona zastąpiony jest liczbą 2,0000001612.

Perrotin zajął się w r. 1873 teorią Westy; uzupełnił on tę teorię w r. 1883 i ułożył Tablice tej planety.

Tisserand wywnioskował w r. 1882 z dyskusji w kwestji planet intramerkurjalnych, że wypada powrócić do myśli, wypowiedzianej pierwotnie przez Le Verriera, o pierścieniu asteroid pomiędzy Marsem a Słońcem, wyrzekając się natomiast hipotezy jednej planety.



Teoria Księżyca nie przestała od czasów Delaunay'a dostarczać tematu do licznych prac, z których kilka wymieniliśmy już powyżej. Co do części ruchu perigeum księżycowego, zależnej od ruchów średnich tego ciała i Słońca, G. W. Hill podał w roku 1877 w rozprawie, bardzo cenionej przez matematyków, wyniki, do których doszedł również Adams metodą odmienną. W rozprawie tej występuje równanie, które w prostszej postaci gra rolę zasadniczą w poszukiwaniach Gylдена w zakresie teorii perturbacji. M. Radau zrobił w r. 1892 uwagę, zaznaczoną przez Tisseranda, dotyczącą wpływu, jaki na ruch poprzedni wywiera wiekowe przesuwanie się ekliptyki; prócz tego ogłosił on w kwestji nierówności planetarnych ruchu Księżyca rozprawę, którą Akademia Nauk uwieńczyła w r. 1892. Tisserand udoskonalił kilka punktów teorii Księżyca, mianowicie obliczenia, dotyczące jego libracji oraz jego przyśpiesze-

nia wiekowego. Rozpatrzywszy się w epokach dawnych zaćmień, Newcomb dowiódł w roku 1878, że Tablice Hansena nie przedstawiają należycie ruchu Księżyca przed rokiem 1750; zresztą przekonano się, że nie przedstawiają go one należycie również i po roku 1850. Airy, strawiwszy lat 10 nad rachunkami, ogłosił w r. 1886 teorię liczebną, która nie jest jednak wolna od wszystkich przyczyn błędów. Teoria Księżyca, która już w czasach Clairauta zdawała się być niezdolną do wytłomaczenia ruchu perigeum, okazuje się znowu niewystarczającą i, jak powiada Tisserand, «pozostaje nam zrobić jakie piękne odkrycie», żeby teoria ta przewyciężyła ostatnie trudności.



Teoria 4-ch pierwszych satelitów Jowisza, wyłożona przez Laplace'a i udoskonalona w r. 1865 przez Souillarta, została przedstawiona przez Tisseranda w jego «*Traité de Mécanique céleste*» (Traktacie Mechaniki niebieskiej), z modyfikacjami, które czynią ją przystępną.

Teoria 8 pierwszych satelitów Saturna nie jest jeszcze wykończona, pomimo uczonych pism Newcoma i H. Struvego, nie znamy bowiem eliptyczności orbit tych ciał. Newcomb pierwszy obliczył w roku 1875 perturbacje najmniejszego z nich *Hiperjona*, odkrytego w roku 1848 przez

W. Bonda i jego syna i obserwowanego aż do roku 1864 przez Lassela. Dla obliczenia tego, Tisserand dał w r. 1886 inną godną uwagi metodę. Prace Newcoma uzupełnił w r. 1888 H. Struve, któremu zawdzięczamy również piękne obserwacje i rachunki, dotyczące dwóch innych satelitów Saturna.



Maxwell dowiódł w roku 1859, że pierścień stały, obracający się dokoła osi, znajduje się w stanie równowagi niestalej; następnie zbadał warunki równowagi pierścienia Saturna, rozpatrując szereg pierścieni elementarnych, z których każdy utworzony jest przez połączenie wielkiej liczby małych satelitów, swobodnych we wzajemnych swych ruchach; dla usprawiedliwienia swej hipotezy opiera się on na tym fakcie, że pierścień wewnętrzny jest przezroczysty, można było bowiem obserwować poprzez ten pierścień brzeg Saturna. Hipoteza ta jest analogiczna z hipotezą Cassiniego II, który w roku 1715 oświadczył z góry, ale bez dowodu, że pierścień Saturna składa się z ogromnej liczby satelitów, bardzo zbliżonych jeden do drugiego i krążących dokoła planety.

W r. 1872 Hirn wywnioskował z warunków istnienia pierścienia płynnego, że pierścień gazowy

lub ciekły zwięża się, aż dopóki nie dosięgnie planety; ponieważ prócz tego pierścień stały musiałby, żeby móc istnieć, posiadać spójność, wyższą od spójności wszystkich znanych ciał, przeto dochodzi on do przekonania, że pierścienie Saturna składają się z mnóstwa drobnych satelitów.

Wykazawszy, że pierścienie Saturna nie mogą być ciałami stałymi, Maxwell znalazł, że, jeżeli są one płynne, to gęstość ich nie może przenosić 0,03 gęstości planety. Z drugiej strony Poincaré wykazał w r. 1885, że, jeżeli pierścienie są płynne, to mogą one posiadać równowagę stałą w takim tylko razie, jeżeli gęstość ich przenosi  $\frac{1}{16}$  gęstości Saturna. A zatem analiza potwierdza hipotezę, którą wypowiedział Trouvelot w roku 1878 i która jest analogiczna z hipotezą Maxwella; zresztą Trouvelot nie sądzi, aby można było wytłomaczyć w inny sposób niektóre zaobserwowane fakty, dotyczące wyglądu planety. Nadto, badania spektralne, które robił w r. 1895 H. Deslandres nad pierścieniami Saturna, dostarczają pierwszego dowodu doświadczalnego, przemawiającego za hipotezą Maxwella.

O. Callandreau podał w latach 1884—1890 wyniki swych badań nad postacią planet. W celu rozciągnięcia swej teorii na Saturna, którego spłaszczenie jest bardzo znaczne, oblicza on przybliżenia drugiego rzędu. Teoria prowadzi go do mniemania, że materiały, z których składa się

Saturn, nie są ani stałe, ani ciekłe; zresztą wynikowi temu nie przeczą ani obserwacje, ani pogląd Laplace'a, który w pierścieniach Saturna widzi dowody pierwotnej rozciągłości atmosfery tej planety. W r. 1889 O. Callandrea wykazał, że lekkie nieprawidłowości tego pierścienia przy małym mimośrodku nie zapewniają mu równowagi; wynik ten potwierdza wniosek Maxwella, że pierścień nie znajduje się w stanie równowagi stałej — chyba, że posiada nieprawidłowość bardzo znaczną.

Laplace podał był dla wyznaczania postaci pierścieni Saturna metodę niedostateczną, albowiem pominął wyrazy, które posiadają wpływ na rezultaty. Zofja Kowalewska uzupełniła w r. 1885 rachunek Laplace'a, rozpatrując pierścień obrotowy jednorodny, którego krzywa południkowa mało różni się od elipsy.



Zofja Korwin-Krukowska (15 stycznia 1850 — 10 lutego 1891), która wyszła za Kowalewskiego w r. 1868, była po matce wnuczką F. T. Schuberta; urodziła się w Moskwie. Weierstrass dawał jej przez 3 lata lekcje prywatne i wyjednał jej nominację na profesora matematyki na Uniwersytecie w Sztokholmie, gdy w r. 1883 pozostała bez środków do życia wskutek ruiny majątkowej i samobójstwa męża; w r. 1888 Aka-



demja Nauk uwieńczyła jej rozprawę o teorii ruchu ciała stałego. Wedle słusznej oceny G. Mittag-Lefflera «Zofja Kowalewska zachowa wybitne miejsce w historii Matematyki».



M. Loewy dał w r. 1867 dla wyznaczania orbit komet metodę, prostszą od metody Olbersa; otrzymał on Tablice, które obecnie pozwalają z wielką pewnością wykonywać rachunki w czasie trzy razy krótszym, aniżeli dawniej. R. Radau w rozprawach, ogłoszonych w latach 1884, 1887 i 1888, wprowadził również poważne uproszczenia do rachunku orbit kometarnych.

Istnieje około 15 komet, poruszających się w tę samą stronę, co planeta Jowisz, i posiadających orbity, nieznacznie pochylone względem płaszczyzny jego drogi. Istnieje mniemanie, że to działanie perturbacyjne Jowisza dało początek tej grupie komet; Laplace i Le Verrier zajmowali się tym działaniem. O. Callandreau w r. 1890 zbadał tę kwestję o tyle zupełnie, że praca jego została uwieńczona przez Akademię Nauk.

Gdy kometa zbliży się bardzo do planet, ruch jej doznaje perturbacji, które oblicza się sposobem szybkim, wyłożonym przez D'Alemberta w jego «Opuscules mathématiques» Tisserand dał w roku 1889 zależność, zwaną *kryterjum*, pozwalającą prze-

konać się, czy dwie komety, które ukazały się w różnych epokach, nie stanowią jednego i tego samego ciała niebieskiego; zrobił on to odkrycie, chcąc się dowiedzieć, a nie mogąc dojść do wyniku pewnego, czy główne planety przyciągają komety perjodyczne i zmieniają ich okresy. *Kryterjum* było już stosowane z powodzeniem, szczególnie przez Schulhafa.

Obecna orbita komety może być wynikiem wielkich perturbacji, powodowanych przez planetę; mówimy, że kometa jest *zniewolona*. Laplace był pierwszym, który utworzył hipotezę *zniewalania* komet. H. A. Newton napisał w roku 1891 ważną rozprawę o zniewalaniu komet przez Jowisza.

Dla wytłomaczenia postaci komet, Roche zbadał w r. 1859, drogą rachunku, postać cieczy, otaczającej jądro komety, i znalazł, że ciecz może wypływać w przestrzeń przez końce wielkiej osi jądra. Tisserand, zauważywszy, że podług tej teorii każda kometa miałaby dwa warkocz: jeden zwrócony w stronę Słońca, drugi w stronę przeciwną, odrzuca teorię Roche'a ze względu na fakt, że istnieje jedynie warkocz, zwrócony w stronę przeciwną Słońcu.



Z pośród wielkiej liczby komet, które się ukazały kiedykolwiek, znamy tylko 17 perjodycznych, których powrót był obserwowany.

Pierwszą i najslynniejszą jest kometa Halley'a.

Drugą kometę perjodyczną odkrył w r. 1818 P o n s; E n c k e obliczył elementy tej komety, która wskutek tego nosi jego nazwisko. Znalazł on, co zostało stwierdzone i później, że średni ruch jej przyspiesza się; wraz z E n c k e m przypisujemy to przyspieszenie oporowi ośrodka, w którym porusza się kometa; wszelako B a c k l u n d w roku 1885 wywnioskował ze swych obliczeń, że jest ono wynikiem działania perturbacyjnego roju drobnych ciałek.

Trzecia kometa perjodyczna została odkryta w r. 1826 naprzód przez B i e l ę w Josephstadt'cie, a w 10 dni potem przez G a m b a r t a w Marsylii. Przedstawiła się ona pod postacią okrągłej mgławicy. G a m b a r t i C l a u s e n obliczyli, każdy z osobna, elementy eliptyczne tej komety i doszli do wniosku, że jest ona tą samą, którą widziano w latach 1772 i 1806. D a m o i s e a u przepowiedział jej powrót na rok 1832, i rzeczywiście, przeszła ona przez perihelium tylko o jeden dzień wcześniej od wyznaczonego przezeń terminu. — W roku 1846 kometa Bieli rozdzieliła się na dwie komety oddzielne, które biegły jedna obok drugiej w niewielkiej od siebie odległości; zjawisko to skonstatowali w połowie stycznia obserwatorowie różnych krajów, a zwłaszcza C h a l l i s, który badał oba te ciała aż do końca marca i O. S t r u v e, który widział, jak zniknęły w połowie kwietnia.

Gdy ta kometa podwójna ukazała się ponownie w r. 1852, D'Arrest wykazał drogą rachunku, że dwa jej jądra powoli oddalają się od siebie. Istnieje mniemanie, że obfite deszcze gwiazd spadających w latach 1872 i 1885 zawdzięczały swe pochodzenie odłamom komety Bieli, której nie widziano już po roku 1852.

Czwartą kometę perjodyczną odkrył w r. 1843 w Obserwatorium paryskim H. Faye; później Goldschmidt znalazł, że zakreśla ona elipsę; obaj astronomowie podali w r. 1844 jej elementy eliptyczne. Le Verrier, obliczywszy perturbacje jej ruchu, oznaczył z przybliżeniem dwudniowym chwilę przejścia jej przez perihelium w roku 1851, i przepowiednia sprawdziła się. Kometa ta nie przedstawia w swym ruchu żadnej anomalji.

Kometa perjodyczna Brooksa, czyli kometa 1889 V, która prawie że dotknęła Jowisza w roku 1886, ukazała się w w towarzystwie 4-ech koleżanek; atoli za pierwszym jej powrotem w 1896 nie odnaleziono z nich ani jednej.



Ponieważ refrakcja gra ważną rolę w obserwacjach astronomicznych i geodezyjnych, przeto należy umieć wyznaczać ją dokładnie; elementami jej są: stała, która przedstawia wpływ refrakcji na ciała niebieskie, położone o  $45^{\circ}$  ponad horyzontem,

oraz szereg wyrazów uzupełniających, które zależą od wysokości uważanego ciała. Z pomiędzy najświeższych prac, dotyczących refrakcji astronomicznej, należy wymienić prace R. Radau'a i M. Loewy'ego.

R. Radau napisał w tym przedmiocie dwie rozprawy, zamieszczone w Rocznikach Obserwatorium paryskiego (Annales de l'Observatoire de Paris) w latach 1881 i 1889, obie nagrodzone przez Akademię Nauk. W pierwszej rozprawie robi on przegląd krytyczny znanych metod obliczania refrakcji astronomicznej oraz daje nową metodę i Tablice; druga rozprawa zawiera nowe, bardzo obszerne Tablice.

Żeby otrzymać prawdziwe położenie ciała niebieskiego, należy uwolnić obserwację od błędu aberacji. Zresztą, znajomość stałej aberacyjnej daje nam w rękę nowy środek znalezienia paralaksy słonecznej.

Wyliczywszy błędy, które zawierają używane dotąd sposoby wyznaczania stałych refrakcji i aberacji, M. Loewy podaje metodę, wolną od tych błędów. Polega ona na umieszczeniu przed obiektywem ekwatorjału dwóch powierzchni odbijających, połączonych niezmiennie i ustawionych w taki sposób, żeby promienie jednej gwiazdy, padające na pierwszą powierzchnię i od powierzchni tej odbite, oraz promienie drugiej gwiazdy, padające na drugą powierzchnię i od powierzchni tej odbite,

znajdowały się w jednej i tej samej płaszczyźnie. W dwóch rozprawach, przedstawionych Akademji Nauk w latach 1886 i 1887, wykazał on, że rzut wzajemnej odległości obrazów dwóch gwiazd na pewien kierunek pozostaje niezmiennym. Ponieważ wzory jego, służące do wyznaczania stałych refrakcyjnej i aberacyjnej, zależą od tej odległości stałej, przeto dają one rezultaty, którym można zaufać.



Międzynarodowa Komisja gwiazd fundamentalnych zebrała się w Paryżu w 1896 pod prezydencją H. Faye'a. Cztery narody: Francja, Niemcy, Anglja i Ameryka, które wydają «*Connaissance des Temps*», «*Berliner Jahrbuch*», «*Nautical Almanac*» angielski i «*Nautical Almanac*» amerykański, miały po dwóch delegatów; Obserwatorja półkuli południowej reprezentował D. Gill. Komisja poruciła Newcomb'owi, który wydał był w r. 1881 Katalog 1098 pięknych gwiazd, sporządzić Katalog około 1000 gwiazd fundamentalnych; tym ostatnim Katalogiem posługuje się już «*Connaissance des Temps*» na rok 1901.

Prócz tego Komisja przyjęła liczby 50," 2564; 9," 21; 20," 47; 8," 80 jako stałe precesji, nutacji, aberacji i paralaksy słonecznej. Stąd wynika, że ponieważ Efemerydy są sporządzane na podstawie jednych i tych samych wartości trzech pierwszych

stałych, przeto można wyznaczać ruchy własne gwiazd, nie troszcząc się o to, z jakiego kraju pochodzą obserwacje.



W r. 1846 W. Weber dał następujące prawo elektrodynamiczne: Działanie wzajemne dwóch elementów elektrycznych skierowane jest wzdłuż prostej, która je łączy, a jego natężenie wyraża się wzorem, dość skomplikowanym, złożonym z sumy wyrazów, z których pierwszy przedstawia skutek statyczny, pozostałe zaś — skutek dynamiczny. Zöllner zaproponował w r. 1882 zastąpić tym prawem prawo Newtona; wynikałoby stąd prawo przyciągania następujące: Dwa elementy o masach  $m$  i  $m'$ , przedzielone odległością  $r$ , wywierałyby na siebie przyciąganie, którego natężenie, zamiast wzorem:

$$\frac{fmm'}{r^2},$$

gdzie  $f$  jest przyciąganiem jednostki masy na jednostce odległości, wyrażałoby się wzorem:

$$\frac{fmm'}{r^2} \left[ 1 - \frac{1}{c^2} \left( \frac{dr}{dt} \right)^2 + \frac{2}{c^2} r \frac{d^2r}{dt^2} \right]$$

gdzie  $c$  jest prędkością, którą należy znaleźć drogą obserwacji.

Tisserand zbadał w r. 1872, jaką perturbację sprowadziłoby w ruchach planet wprowa-

dzenie *Prawa Webera*, przyczym rozpatrywał wypadek jednej planety i Słońca, i znalazł, że to podstawienie nie wywołałoby żadnej dostrzegalnej zmiany w ruchu planety, że prawo to nie wytłumaczyłoby wszystkich drobnych niezgodności; wniósł on stąd, że prawo Newtona przedstawia z bardzo wielką dokładnością ruchy postępowe wszystkich ciał niebieskich. Tak np. zdumiewającą jest rzeczą, że oparta na tym prawie teoria Księżyca przedstawia ruch jego z dokładnością prawie bezwzględną; albowiem w przeciągu lat 250 przyśpieszenie lub opóźnienie przejścia przed niemi lunety południkowej nie przenosi sekundy czasu. To też, jak pisze Tisserand, kończąc swe kapitalne dzieło, «doświadcza się koniec końców uczucia głębokiego podziwu dla gienjuszu Newtona i jego następców, oraz dla olbrzymich prac Le Verrier'a, który przez lat z górą 30 prowadził metodyczne poszukiwania na całym obszarze układu słonecznego — prac, z takim talentem kontynuowanych i rozwijanych przez Newcoma».





## TISSERAND

13 stycznia 1845 — 20 października 1896.

Tisserand, z jasnością swych poglądów ze ścisłością i prostotą, ujawnianą przy rozwiązywaniu najtrudniejszych zadań, ukazuje się nam jako jeden z najszlachetniejszych przedstawicieli Wiedzy i gienjuszu francuskiego.

M. LOEWY.

Wszystkie prace, dotyczące zadania o trzech ciałach, od czasów Laplace'a aż po rok 1896 zostały zanalizowane i zestawione przez Tisseranda.

Franciszek Feliks Tisserand urodził się w Nuits-Saint-Georges (Côte d'Or) z rodziców niezbyt zamożnych. Ponieważ chłopiec zdradzał od lat najmłodszych wielkie zdolności do nauk ścisłych, rodzice, nie szczędząc ciężkich ofiar, łożyli na jego wykształcenie. Po wyjściu ze Szkoły Normalnej w r. 1866 Tisserand został mianowany astronomem-adjunktem przy Obserwatorium paryskim. Jego rozprawa doktorska z r. 1868 zawiera rozszerzenie metody Delaunay'a dla teorii ruchu Księżyca. Le Verrier wysłał go z Misją, udającą się do Malakki, celem obserwowania zaćmienia Słońca w dniu 18 sierpnia 1868 roku. W r. 1873 Tisserand został mianowany profe-

sorem Astronomji na Uniwersytecie w Tuluzie i dyrektorem Obserwatorjum tego miasta; następnie Akademia Nauk mianowała go członkiem jednej z Misji, mianowicie japońskiej, które miały obserwować 9 grudnia 1874 r. przejście Wenusy przed tarczą Słońca; Janssen, który był podówczas kierownikiem prac tej Misji, zauważył, że Tisserand z zapalem oddaje się podczas przeprawy badaniom nad Astronomją matematyczną, od której nie mógł go oderwać widok najwspanialszych zjawisk przyrody. Wybrany po powrocie na zastępcę V. Puiseux'a na katedrze Fakultetu nauk ścisłych w Paryżu, wykładał równie jasno, jak umiejętnie, i w nagrodę otrzymał w roku 1883 godność profesora tytularnego na tej katedrze. Mianowany został członkiem Biura Długości w r. 1878; w tymże roku Akademia Nauk zaliczyła go do swego grona.

Odtąd Tisserand poświęcił się udoskonalaniu głównych punktów teorii matematycznych w Astronomji. Wyłożył on odkrycia swych poprzedników oraz swoje własne w ważnym dziele, które jest dalszym ciągiem i uzupełnieniem dzieła Laplace'a. W swoim «Traktacie Mechaniki niebieskiej» (*Traité de Mécanique céleste*) zwraca się on do uczonych; w «Roczniku Biura Długości» (*Annuaire du Bureau des Longitudes*), za pomocą artykułów o kwestjach subtelnym i trudnym, artykułów niezmiernie jasnych i wolnych od symbo

liki matematycznej, usiłuje rozpowszechnić wszędzie zamiłowanie do badań astronomicznych; rywalizuje w tym z takimi ludźmi, jak *A r a g o*, *D e l a u n a y*, *H. F a y ' e*, *J a n s s e n*, których prace przyczyniają się do uczynienia tak zajmującym każdego tomu tego wydawnictwa.

Rozgłos, który pozyskał był *T i s s e r a n d* we Francji i zagranicą, sprawił to, że w roku 1892 mianowano go dyrektorem Obserwatorium paryskiego. Odtąd objął z zapałem kierownictwo nad rozpoczętymi przed nim pracami, mającymi na celu sporządzenie Mapy Nieba, a w r. 1896 przewodniczył 4-mu Kongresowi. Nie zdążył jednak nadać impulsu ważnym pracom, które zajmuje się obecnie ta wielka instytucja, albowiem śmierć zabrała go nagle po czterech zaledwie latach dyrektorstwa.



*R o c h e* zbadał matematycznie hipotezy *L a p l a c e ' a* o budowie Wszechświata w szeregu rozpraw, przedstawionych w latach 1849—1877 Akademii w Montpellier. Przyjmuje on, że jądro centralne mgławicy pierwotnej otoczone jest bardzo lekką atmosferą, która obraca się dokoła tej samej osi, co i mgławica. Atmosfera ta tworzy warstwy poziomego obrotowe dokoła osi obrotu i spłaszczone u biegunów. Znajduje on powierzchnię poziomu graniczną taką, że w każdym jej punkcie siła odśrodkowa i ciężkość równoważą się wzajemnie.

Ponieważ powierzchnia ta przechodzi u równika w dwa nieskończone płaty, przeto cząsteczki, spływając od bieguna ku równikowi, oddalają się nagle od powierzchni granicznej i razem wzięte wytwarzają pierścień *Laplace'a*. Potym pierścienie te rozrywają się, a z ich części powstają planety, które poruszają się w kierunku prostym, podług praw *Keplera*. Księżyc wytworzył się z materji, która spłynęła z końca osi obrotu powierzchni poziomu ziemskiej. Obecna granica równikowa teoretycznej atmosfery Saturna dzieli masę jego pierścienia na dwie części: jedną wewnętrzną dla tej granicy, drugą — zewnętrzną; z tego to powodu pierścień nie rozrywa się.

*G. H. Darwin* przedstawił Towarzystwu Królewskiemu w Londynie w latach 1879 do 1882 sześć rozpraw, w których poddaje rachunkowi skutki przyptywów i odpływów, wytwarzanych przez dane ciało w całej masie drugiego ciała, mniej lub więcej lepkiego. Rozpatrzywszy działanie na planetę tarć, wynikających z przyptywu i odpływu, oraz reakcję na satelitę, który powoduje ten przyptyw i odpływ, dochodzi on do przekonania, że w pewnej epoce Ziemia i Księżyc tworzyły jedno ciało, i że po upływie dostatecznie długiego czasu Księżyc oddzielił się w końcu od Ziemi, by przybrać postać dzisiejszą. Rozpatruje również przyptywy i odpływy, które kolejno wytwarza na Słońcu każda planeta, oraz odpowiednie

tarcie, i wykazuje, że planety powstały z pierścieni, oderwanych siłą odśrodkową od konturu równikowego mgławicy słonecznej i że księżycy utworzyły się kosztem tejże.

C. Wolf, zbadawszy w latach 1884 i 1885 hipotezy o powstaniu Wszechświata, wypowiedziane przez Kanta, Laplace'a i Faye'a, a także prace Roche'a, Sir W. Thomsona, Hirna i G. H. Darwina, dochodzi do wniosków następujących w dziele p. t. «Hypothèses cosmogoniques» (Hipotezy kosmogoniczne, 1886).

Hipoteza Kanta winna być odrzucona, ponieważ wypływa z niej konsekwencja, której na ogół przeczą fakty, że planety i ich satelity mają ruch wsteczny. Hipotezom Laplace'a i H. Faye'a postawić można te same zarzuty: mianowicie, trudność zrozumienia, jakim sposobem materja odcinka pierścieniowego mogła się skupić w jedną planetę, tudzież niemożność wytłomaczenia pochylenia osi obrotu planet. Ponieważ jednak hipoteza H. Faye'a daje okresom geologicznym 30 milionów lat istnienia, przeto zbliża się ona bardziej, aniżeli Laplace'owska, do liczby 100 milionów, żądanej przez geologów. C. Wolf sądzi, że, uzupełniając hipotezę Laplace'a pracami Roche'a i G. H. Darwina, zbliżamy się do warunków, którym powinna odpowiadać racjonalna hipoteza kosmogoniczna.



P. Kapteyn, dyrektor Laboratorium astronomicznego w Gronindze, w którym uskuteczniają się pomiary klisz, otrzymanych na Przyłądku, zaproponował w roku 1889 metodę fotograficznego wyznaczania na wielką skalę ruchów własnych i paralaks gwiazd. Ogłosił on od roku 1893 szereg badań nad średnią paralaksą gwiazd różnych wielkości oraz nad ruchem postępowym układu słonecznego; poszukiwania te oparte są na ruchach własnych znanych i na prędkościach radialnych, obserwowanych od lat kilku. Newcomb ogłosił również podobne poszukiwania w latach 1896 i 1899. Podług obliczeń tych astronomów prędkość ruchu postępowego układu słonecznego równałaby się około 16 kilometrom na sekundę.



W pierwszych metodach rozwiązywania drogą przybliżeń zadania o trzech ciałach rozwija się współrzędne ciał niebieskich na szeregi podług potęg mas. Te szeregi zawierają czas pod znakami wstawy i dostawy, a także i poza obrębem wszelkich znaków trygonometrycznych; wynika stąd, że metoda dawna nie może dawać przybliżenia nieograniczonego; dlatego też niektórzy matematycy, mianowicie G y l d e n, N e w c o m b, W. G. H i l l i L i n d s t e d t zaczęli szukać szeregów czysto trygonometrycznych.

H. Poincaré w «Biuletynie Astronomicznym» (Bulletin astronomique, 1886) zajął się metodą, daną w r. 1884 przez Lindstedta. Biorąc za punkt wyjścia pewne twierdzenie Kroneckera, zdołał on dowieść, że metoda ta daje się zawsze zastosować, ponieważ przy każdym przybliżeniu ukazuje się tylko wyraz wiekowy, który można wyrugować. Tak więc metoda Lindstedta pozwala wyrażać współrzędne ciał niebieskich za pomocą szeregów czysto trygonometrycznych; atoli Poincaré nie doszedł jeszcze do rozstrzygnięcia kwestji zbieżności szeregów Lindstedta; zresztą, nowe te szeregi, będąc zbieżnymi jedynie dla pierwszych wyrazów, staną się również niewystarczającymi i nie mogą służyć do dowiedzenia stałości układu słonecznego.

Gylden usiłował inną metodą zapobiec wyjściu czasu z pod znaków wstawy i dostawy i obrał za zmienną niezależną nie czas lecz długość prawdziwą.

#### GYLDEN

29 maja 1841 — 9 listopada 1896.

Dzieło jego dotyczy wszystkich części Mechaniki niebieskiej; zużytkowuje on zręcznie wszystkie środki analizy nowożytnej.

H. POINCARÉ.

Jan August Hugo Gylden urodził się w Helsingforsie. Ojciec jego był profesorem literatury

greckiej na Uniwersytecie tego miasta, matka pochodziła z rodziny szlacheckiej, i młodego chłopca otaczała atmosfera zarazem naukowa, literacka i artystyczna; w r. 1861 udał się on do Gothy, by pod kierunkiem H a n s e n a oddać się studjom nad metodami rachunku astronomicznego, a w roku następnym do Obserwatorjum w Pułkowie, by się nauczyć sztuki obserwowania; został tam astronomem w roku 1863 i opuścił ten zakład dopiero w r. 1871, gdy go mianowano dyrektorem Obserwatorjum Akademji Nauk w Sztokholmie. Zachował on ten urząd aż do śmierci, którą spowodowała choroba, wywołana przemęczeniem umysłowym.

Gylden ogłosił w roku 1868 pierwszą swą rozprawę o rozwijaniu na szeregi funkcji perturbacyjnej i zajmował się w latach 1870 do 1878 szeregami, dotyczącymi perturbacji komet, zastosowując je do komety E n c k e g o. W latach 1878 i 1879 dał on dowodzenia praw obrotu ciała stałego, którego powierzchnia pokryta jest masą płynną; myśl rozwiązania tego zadania powziął był w r. 1871, gdy badał, czy na ruch obrotowy Ziemi nie wpływają zmiany wiekowe — którym, pomimo sztywności ogólnego rusztowania, podlega glob ziemski — jak n. p. podnoszenie się wybrzeży. Począwszy od roku 1878 Gylden zaczął ogłaszać nowe metody badania zadań Mechaniki niebieskiej; jego prace, dotyczące perturbacji i analizy matematycznej, zawarte są w 80 przeszło rozpra-



wach, podług których w r. 1893 zaczął wydawać po francusku «Wykład analityczny o orbitach bezwzględnych 8 głównych planet» (*Traité analytique des orbites absolues des huit planètes principales*<sup>1)</sup>).

Z pomiędzy matematyków współczesnych H. Poincaré, który według wyrażenia Hermite'a «przedsięwziął głębokie poszukiwania, otwierające przed Mechaniką niebieską tak rozległe widnokregi» doszedł już, rozwijając metody nowe, do godnych uwagi wyników. Pierwszą jego ważną pracą z zakresu Mechaniki niebieskiej jest rozprawa p. t. «Zadanie o trzech ciałach i Równania dynamiki» (*Sur le problème de trois corps et les Equations de la Dynamique*, 1889); odtworzył on tę rozprawę, uzupełniwszy ją jeszcze, w «*Acta mathematica*» (1890). H. Poincaré ukończył świeżo wydawnictwo dzieła, rozpoczętego w roku 1892: «*Les Methodes nouvelles de la Mécanique céleste*» (Nowe metody Mechaniki niebieskiej); dzieło to zawiera, oprócz rezultatów, dawniej przez autora podanych, twierdzenia nowe, do których doszedł on od owego czasu, tudzież streszczenie poszukiwań, których dokonali inni matematycy na drodze, utworowanej przez Gylдена.



---

<sup>1)</sup> Streszczony po polsku w *Pracach matematyczno-fizycznych* (Przyp. tłum.).

Laplace, Poisson, Delaunay, Tisserand, Gylden wydoskonalili dowód Lagrange'a, dotyczący stałości układu słonecznego, obliczając większą liczbę wyrazów w funkcjach, które wchodzi do owego dowodu. Mamy prawo zapytać, czy czasem nie dlatęgo udaje nam się dowieść tej stałości, że pewne wyrazy zostają pominięte. — H. Poincaré, w «Roczniku Biura Długości» (Annuaire du Bureau des Longitudes) za r. 1898 przedstawia w tym przedmiocie refleksje, które dają się streścić, jak następuje <sup>1)</sup>:

Jest rzeczą pewną, że elementy orbit planetarnych oddalają się bardzo powoli od swych pierwotnych wartości; nie można jednak twierdzić, że pozostaną one zawsze zawartymi w ciasnych granicach, albowiem ciała niebieskie nie są, jak to się przypuszcza, punktami materjalnymi, ulegającymi jedynie prawu Newtona. W samej rzeczy, znajdujemy trzy siły, które modyfikują orbity.

Przedewszystkim, niektórych zjawisk niepodobna wytłomaczyć inaczej, jak tylko przyjmując w przestrzeni międzyplanetarnej istnienie ośrodka, stawiającego słaby opór. Wskutek tarcia planety o ten ośrodek, jej ruch średni ulega przyspieszeniu.

Drugą siłą jest działanie przyływów i odpływów. Powiększa ono długość dnia gwiazdowego i miesiąca księżycowego; rachunek wykazuje, że

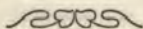
<sup>1)</sup> Po polsku we «Wszecławwiecie» (Przyp. tłum.).

dzień ten i miesiąc ten w końcu posiadać będą wspólną długość, równą 65 dniom dzisiejszym. Przyjąwszy ogólną teorię przyływów i odpływów, daną przez G. H. Darwina, widzimy, że Słońce wytwarza przyływy i odpływy na Ziemi, że planety wytwarzają je na Słońcu i odwrotnie; a zatem układ słoneczny dąży do stanu granicznego, w którym planety obracać się będą z jednakową prędkością dokoła wspólnej osi.

Wreszcie to, że Ziemia jest magnetyczna, skłania nas do mniemania, że inne planety oraz Słońce są także magnetyczne; skutkiem tego pomiędzy ciałami niebieskimi powstaje opór, który dodaje się do oporu przyływów i odpływów.

Świat zdąży do ostatecznego stanu spoczynku, albowiem, skutkiem istnienia owych trzech sił, wszystkie planety wraz ze swemi satelitami wpadną w końcu na Słońce.

Skutki, wytwarzane przez te trzy siły, aczkolwiek bardzo powolne, są jednak dość szybkie, by można było nie troszczyć się o wyrazy, pominięte w obliczeniach, dotyczących stałości układu słonecznego.





## SKOROWIDZ ALFABETYCZNY.



- Aberacja 59, 144, 272—274.
- Akademje. Instytut. Towarzystwo Królewskie. Biuro Długości.  
Stowarzyszenia 33, 40, 51, 63, 71, 81, 186, 240.
- ~~Analiza spektralna (p. także Fotografja gwiazd) 176—182, 186,  
191—195, 197.~~
- Apeks 100, 144, 150, 151, 282.
- Astrologja 4, 31.
- Astronomja matematyczna (p. także Mechanika niebieska) 11, 14,  
30, 51—56, 64, 73, 74, 94, 278.
- Atlasy gwiazd (p. Katalogi gwiazd).
- Atmosfera Księżyca, Merkurego, Marsa 101, 168—169, 171, 173,  
195, 248.
- Atmosfera odbijająca (p. Powłoki Słońca).
- Biura meteorologiczne 225—230.
- Budowa Słońca (p. Teorja fizyczna Słońca).
- Burze. Cyklony 224, 230—232.
- Ceres. Pallas. Juno. Westa 107—109, 252—254, 263.
- Ciepło słoneczne. Promieniowanie. Stała słoneczna. Siła odpy-  
chająca Słońca 31, 56, 64, 88, 101, 117—118, 163—166,  
185—186, 188—191, 233.
- Ciężkość (p. Prawo Newtona).
- Chromosfera (p. Powłoki Słońca).
- Cykl Metona 9, 38.

Cyklony (p. Burze).

Droga Mleczna 8, 26, 34, 105, 242.

Ekwatorjał złamany 247—248, 258.

Eros 252—253.

Figury równowagi. Warstwy poziome 73, 83, 95, 260—261, 279

Fotografja ciał niebieskich 234—249, 254, 282.

Fotosfera (p. Powłoki Słońca).

Geodezja. Topografja (p. również Postać Ziemi) 120—121  
 199—221.

Gnomon 5, 7, 16, 16. 21, 45.

Gwiazda Polarna. Ruch bieguna 6, 15, 20, 40, 150, 192,

Gwiazdy (Barwa. Blask. Migotanie. Wiek. Klasyfikacja. Budowa  
 58, 114, 151, 189, 191—193, 195—198, 238.

Gwiazdy fundamentalne, główne, błyszczące, godne uwagi 58  
 60, 89, 115, 137, 140, 193, 239, 274.

Gwiazdy nowe 13, 26, 31, 39, 193, 235.

Gwiazdy perjodyczne. Mira Ceti. Księżycy gwiazd 39, 100, 104  
 149, 237.

Gwiazdy podwójne (p. również Pomiar mikrometryczne) 102,  
 103, 148—149, 184, 235, 237, 238.

Gwiazdy spadające. Ich teorja. Bolidy 142, 152—156, 167, 272.

Jowisz. Jego teorja 15, 24, 28, 46, 55, 72, 74, 78, 84, 94.  
 137, 234.

Kalendarz. Jego reforma. Rok 5, 9, 10, 16, 18, 20, 21, 38, 47.

Katalogi i Atlasy gwiazd (p. również Gwiazdy podwójne, Gwia-  
 zdy fundamentalne, Mgławice) 13, 16, 28, 39, 57, 64,  
 115, 146, 150, 192, 239, 242, 244, 274.

Komety. Ich warkocze 8, 27, 31, 55, 75, 86, 87, 101, 103,  
 166—167, 175, 194—195, 235, 241, 269—272.

Komety perjodyczne 58—59, 72, 136, 144, 155, 250, 269—272.

Konstelacje (p. również Niedźwiedzice) 13, 26, 31, 39, 100, 116,  
 149, 150, 151, 153, 192, 193, 235, 243.

Korona słoneczna (p. Powłoki Słońca).

Kosmogonja (p. również Teorje powstania Wszechświata) 7, 8,  
 27, 28, 31, 35, 105, 106, 154, 173—174, 267, 285—287.

- Księżyc. Lunacje (p. również Teorja, Libracja Księżyca) 5, 8, 9, 25, 38, 39, 64, 125—127, 152, 241, 280.
- Księżyc. Plamy. Góry. Wulkany. Kratery 33, 39, 101, 184, 246.
- Księżyc Neptuna (1846) 139.
- Księżyce Jowisza (Io, Ganimedes, Callisto i Europa 1610; 5-ty 1892). Ich teorja. Ich tablice 34, 44, 46, 78, 84, 89, 253, 254, 265.
- Księżyce Marsa (Phobos i Deimos) (1877) 253.
- Księżyce Saturna (Tytan 1655; Jafet 1671; Rhea 1672; Tetis i Dione 1684; Minos i Encelades 1789); Hiperjon 1848; 9-ty 1899. Ich teorja 42, 46, 101, 254, 265.
- Księżyce Urana (Tytanja i Oberon 1787; Arjel i Umbrjel 1851) 103.
- Libracja Księżyca (p. również Teorja Księżyca) 35, 39, 77, 112.
- Linje widma gwiazd. Linje ziemskie 170, 176—182, 191—195, 197, 234—238.
- Lunety. Teleskopy. Ekwatorjały. Ekwatorjał złamany. Syderostat z lunetą 33, 40, 41, 43, 51, 99, 101, 102, 116, 145, 148, 158, 184, 242, 247, 248, 257—259.
- Magnetyzm ziemski. Igła magnesowa. Związek pomiędzy magnetyzmem a zorzami i plamami słonecznymi 114, 124—125, 162, 222—223, 287.
- Mapa fotograficzna Nieba 235, 242—245, 278.
- Mapy, Atlasy Księżyca 246, 248.
- Mars. Teorja 15, 24, 28, 30, 34—35, 46, 100—101, 136, 152, 253.
- Mars (Plamy i Kanały) 42, 100—101, 169—173, 183.
- Mechanika. Mechanika analityczna 72, 76, 79, 80, 93—95, 284—285.
- Mechanika niebieska 66, 68, 69—71, 74, 81—85, 88, 89, 93—97, 130—145, 260—287.
- Merkury. Plamy 168.
- Merkury. Teorja 15, 16, 24, 28, 34, 89, 93, 136, 139, 263.
- Meteorologja 85, 123—129, 221—233.
- Mgławice. Gromady gwiazdowe (p. również Droga Mleczna, Pomiary mikrometryczne) 99, 104—105, 116—117, 151, 193, 235, 238—239,

- Neptun. Teorja 89, 137—139.  
Niedźwiedzice 6, 7, 150, 192.  
Nierówności (p. Mechanika niebieska).  
Nierówności ruchu Księżyca (p. również Teorja Księżyca) 15, 27, 30, 55, 74.  
Niwelacje 203, 204—205, 217—221.  
Nutacja 59, 73—74, 274.  
**Obrót ciał niebieskich dokoła ich osi** 24—25, 28, 34, 35—36, 46, 53, 55, 158—159, 162—163, 168, 169, 188—190, 197, 261, 284.  
Obserwatorja 17, 18, 19, 23, 26, 27, 39, 40, 45, 57, 75, 99, 109, 114, 128, 140, 146, 147, 179, 183, 207, 222, 240, 245, 257.  
Odchylenia od pionu (p. Przyciągania miejscowe).  
Odległość Ziemi od Księżyca 11, 15, 53, 64, 82.  
Odległość Ziemi od Słońca (p. również Paralaksa słoneczna) 11, 15, 28, 43, 44, 82, 136.  
Paralaksa słoneczna 58, 236, 253, 273, 274.  
Paralaksy gwiazd 109, 116, 150, 282.  
Perturbacje. Siła perturbująca (p. Mechanika niebieska).  
Plamy słoneczne. Ich perjodyczność (p. również Teorja fizyczna Słońca) 34, 161—163, 185, 234, 240.  
Planety duże, (p. Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran, Neptun),  
Planety intramerkurjalne 139, 264.  
Planety małe 92, 97, 107—109, 131, 143, 253—256, 263.  
Pochodnie (p. Plamy słoneczne),  
Pochyłość ekliptyki 7, 8, 11, 18, 20, 90, 109.  
Południk (p. również Południk francuski, Postać Ziemi) 6, 21, 40, 45, 160.  
Południk francuski, Południk paryski 41, 47, 61, 62, 83, 91, 92, 112, 120, 206, 208, 211—213.  
Pomiar Ziemi (p. również Postać Ziemi) 11, 17, 21, 37, 40—41, 53, 61—63, 90, 91, 213, 214.



- Pomiary mikrometryczne 104, 147—149, 151, 161, 184, 235, 236, 239, 244, 282.
- Poprzedzanie punktów równonocnych 13, 15, 20, 25, 55, 73, 74, 90, 274.
- Postać Ziemi (p. również Pomiar łuków ziemskich, Pomiar Ziemi, Geodezja) 7, 8, 43, 55, 61—63, 70, 82—83, 91, 204—205, 260—261.
- Powłoki Słońca (p. również Teoria fizyczna Słońca) 106, 114, 163, 180, 182, 185, 234, 237—238, 241.
- Półcień (p. Plamy słoneczne).
- Prawa Keplera 30, 54, 66, 280.
- Prawo Newtona. Przyciągania. Ciężar 30, 32, 48, 51, 54, 56, 60, 61, 62, 67, 68, 70, 71, 74, 78, 87, 96, 149, 174, 216, 263, 275, 285—286.
- Prawo Titiusa (zwane prawem Bodego) 107.
- Prawo Webera 275—276.
- Prędkość światła (p. Światło).
- Prędkość radialna gwiazd (p. Ruch własny).
- Protuberancje słoneczne (p. Powłoki Słońca).
- Przejścia Merkurego przed tarczą Słońca 37, 39, 58.
- Przejścia Wenus przed tarczą Słońca 39, 58, 75, 136, 207, 236, 245, 278.
- Przyciągania miejscowe, 60, 122, 203—204, 205, 219.
- Przyciąganie powszechne (p. Prawo Newtona).
- Przypływy i odpływy. Poziom mórz 30, 55, 83, 203, 217, 220, 278, 287.
- Przypływy i odpływy atmosferyczne 232—233.
- Przyrządy (p. również Gnomon, Lunety, Wahadło) 10, 11, 16, 17, 19, 21, 40, 41, 63, 75, 92, 101, 112, 116, 117, 121, 123, 124, 145, 159, 161, 169, 172, 202, 203, 207, 208, 209, 211, 217, 234, 237, 238, 245.
- Refrakcja astronomiczna. Prawa załamywania się światła 28, 46, 49, 90, 93, 112, 144, 272—273.
- Równanie osobiste 115—116, 161.
- Równoleżniki (Pomiar łuków) 199—200, 207—209.

- Ruch postępowy układu słonecznego (p. Apeks).
- Ruch własny i prędkość radialna gwiazd 58, 100, 150—151, 195—198, 236—237, 272, 284.
- Saturn. Teorja. Pierścień 15, 24, 28, 35, 42, 46, 55, 83, 84, 85, 94, 101, 137, 174, 183, 234, 266—268, 280.
- Sfera kryształowa 7, 15.
- Słońce (p. również Apeks. Teorja Słońca 7, 17, 18, 19, 34, 55, 153, 154, 166—168, 192—193, 232—233, 234.
- Słońce (Ciała, zawarte w Słońcu) 178—182, 186—191, 237—238.
- Słońce (Obrót dokoła Słońca) (p. również System Ptolemeusza) 8, 10, 11, 16, 24, 28, 34, 35, 48, 51, 58.
- Syderostat z lunetą 257—259.
- System Kopernika 24—25, 28, 35, 59.
- System metryczny 79, 91.
- System Ptolemeusza 15, 16, 17, 23, 28, 35.
- System słoneczny, Ruch postępowy (p. Apeks).
- System słoneczny. Stałość 83—85, 136—137, 282, 285—287.
- System Świata 73. 81, 88.
- System Tycho Brahego 27, 28.
- System wirów 48, 56, 74.
- Szerokość. Jej zmiana 128, 160, 203, 218—220.
- Światło (Prędkość) 44, 59, 136, 144, 158, 160.
- Światło słoneczne. Blask Słońca 31, 56, 64, 163, 166, 240—241.
- Tablice astronomiczne ogólne 13, 16, 18, 20, 31, 260—261.
- Teleskopy (p. Lunety).
- Teorja fizyczna Słońca 105—106, 113—114, 117—118, 186—187, 188—191.
- Teorja i Tablice Księżyca 5, 12, 15, 18, 27, 46, 53, 57, 60, 71, 74, 82—83, 92, 130, 133, 142, 264—265, 276, 277.
- Teorja i Tablice Słońca 12, 14, 15, 20, 45, 71.
- Teorja komet (p. również Komety perjodyczne) 39, 45, 55, 75, 92, 93, 112, 131, 136, 144, 269—272, 284.
- Teorja ogólna planet 8, 10, 15, 18, 24, 28, 29, 30—31, 54—65, 78, 83, 84, 92, 135, 262—265, 275—276, 285.
- Teorja powstania Wszechświata 85—88, 173—175, 240—241.

- Topografja (p. Geodezja).
- Triangulacje (p. również Geodezja) 40.
- Uranus. Teorja 102—103, 137, 138, 141 142.
- Wahadło 32, 36, 42, 78, 90, 140, 159, 217.
- Wenus. Plamy 168.
- Wenus. Teorja 8, 15, 16, 24, 28, 34, 46, 136, 137, 263.
- Widmo słoneczne. Widma gwiazd (p. również Analiza spektralna.  
Linje widm) 56, 101, 164, 170, 197—198, 234, 235, 248.
- Wpływ Księżyca na pogodę 125—129, 232—233.
- Zaćmienia nowożytnie i współczesne 75, 114, 163, 179—182,  
185, 234, 241, 277.
- Zaćmienia starożytne 5, 7, 16, 18, 140, 179, 265.
- Zadanie o trzech ciałach (p. Mechanika niebieska).
- Ziarnka ryżu (p. Plamy słoneczne).
- Ziemia 7, 8, 15, 16, 28, 55, 59, 60, 85, 136, 154, 158—160.
- Ziemia (Obrót dokoła Ziemi) (p. również System Kopernika) 7, 10,  
12, 24, 28.
- Złączenia geodezyjne 207, 210—211.
- Zniewalanie komet przez Jowisza 93, 144, 269.





## ERRATA.



Str.	Wiersz	Jest:	<i>Powinno być:</i>
17	6	VII	VIII
>	22	ur.	zmarły
30	23	drugie	trzecie
39	12	1690 katalog 1565	1660 katalog 1564
46	7	1697	1699
54	12	w roku	w maju
>	24	do swej	do kwadratu swej
57	2	1682	1672
101	6	1799	1790
103	16	1788	1798
131	14	1804	1807
136	12	Marsa	Merkurego
137	11	24090	24000
>	17	Katalog gwiazd	Katalog 306 gwiazd
158	20	teorją fal.	teorją fal.

W r. 1857 Foucault zaproponował zastąpienie aljażu, używanego do zwierciadeł teleskopowych szkłem posrebrzonym i tym sposobem przyczynił się do udoskonalenia tych przyrządów.

158	22	lutym	styczniu
-----	----	-------	----------



