
ZARYS HISTORII MECHANIKI.

W rozwoju historycznym mechaniki rozumowej można rozróżnić trzy okresy następujące: okres pierwszy od czasów najdawniejszych do GALILEUSZA, okres drugi od GALILEUSZA do LAGRANGE'A, wreszcie okres trzeci od LAGRANGE'A do naszych czasów. W okresie pierwszym tworzyły się najprostsze pojęcia kinematyki i statyki, a metoda badania była czysto geometryczna. W okresie 2-gim, do którego należą przedewszystkiem prace GALILEUSZA i NEWTON'A, powstała kinetyka punktu i układów sztywnych, która mogła się dopiero wtedy rozwinąć należycie, kiedy już prawo bezwładności zostało ogólnie sformułowane. GALILEUSZ i NEWTON używali w swoich badaniach wyłącznie metod geometrycznych starożytnych Greków; dalsze postępy mechaniki w tym okresie polegały na rachunku nieskończenie małych. Na początku okresu 3-go ustaliła się metoda analityczna w dynamice, następnie doskonalili się sposoby całkowania równań ruchu, kinematyka rozwijała się sposobem syntetycznym i analitycznym, a nadto powstały nowe gałęzi nauki, jak teoria sprężystości, hydrokinetyka i mechanika gazów.

OKRES PIĘRWSZY. U ludów, zamieszkujących najstarsze siedziby cywilizacji w dolinach Nilu, Eufratu i Tygru, nie znajdujemy żadnego śladu badań naukowych w zakresie mechaniki, chociaż trudno przypuścić, żeby doświadczenia i potrzeby życia codziennego, tudzież obserwacje nieba i budowanie gmachów monumentalnych, wymagające użycia wielkich sił, nie wytworzyły w bystrzejszych umysłach pewnych pojęć najprostszych o ruchu i siłach. Jedynym narodem starożytnym, który zajmował się mechaniką jako nauką, pokrewną matematyce, byli Grecy.

Filozofowie ze szkoły PITAGORASA byli prawdopodobnie pierwsi, którzy stosowali geometryję do zadań mechanicznych. DIOGENES z Laerty (pisarz z 3-go w. po Chr.) podaje wiadomość, że ARCHYTAS z Tarentu, znakomity mąż stanu i filozof szkoły pitagorejskiej, żyjący między 430 a 365 r. przed Chr., pierwszy uprawiał mechanikę metodycznie, używając zarazem sposobów mechanicznych do rozwiązywania zadań z geometryi. Z innego źródła wiemy, że ARCHYTAS podał sposób stereometryczny rozwiązania sławnego zadania o podwojeniu sześcianu; jakimi zaś były jego prace o mechanice, na to odpowiedzieć nie możemy, ponieważ pisma jego, z wyjątkiem kilku fragmentów wątpliwéj wartości, nie doszły do naszych czasów.

Szkoła Eleatów zajmowała stanowisko odporne względem wszelkiej nauki o ruchu, główną bowiem zasadę téj szkoły stanowiła hipoteza o jedności wszechbytu, niedopuszczająca żadnej zmiany miejsca i kształtu, lecz uznająca wszystko, co jest, za całość jednolitą, która wiecznie pozostaje w równowadze. W duchu téj zasady ZENON z Elei, jeden z najznakomitszych przedstawicieli téj szkoły, podał cztery dowody przeciwko możliwości ruchu, z których się okazuje, że przestrzeń i czas pojmował jako zbiór części oddzielnych bez ciągłości, tudzież, że nie uznawał różnicy między ruchem bezwzględnym a ruchem względnym. Po nim podał MELISSUS z Samos nowy dowód przeciw możliwości ruchu. Według niego ruch jest niemożliwy bez próżni, a ponieważ

próżnia byłaby niebytem, a niebytu niema, przeto ani próżnia, ani ruch istnieć nie mogą.

Dowodzenie MELISSA było skierowane przeciw nauce atomistów, którą w w. 5-tym przed Chr. rozwijał DEMOKRYT z Abdery. Przeciw jedności wszechświata postawił ten filozof teorią atomów, których przyjmował nieskończenie wiele, przypuszczając między nimi różnice niezliczone co do kształtu i wielkości. Wszystkie atomy są ciężkie i mają tenże sam ciężar właściwy; ponieważ jednak różnią się co do wielkości, przeto mają rozmaite ciężary bezwzględne. Stosunek ciężkości dwu ciał zależy tylko od stosunku ich mas, a jeżeli ciała większe są lżejsze, to pochodzi stąd, że mają więcej miejsc próżnych. Atomy są w ruchu nieustannym; ich ruchem pierwotnym jest spadanie wskutek ciężkości. Z powodu różnych swych ciężarów spadają atomy z różnymi prędkościami i spotykają się wzajemnie; wskutek tego atomy lżejsze bywają popychane w górę przez atomy cięższe, które schodzą na dół, a z tych dwu ruchów powstaje ruch po kole i wirowanie. Działanie jednego ciała na drugie jest mechaniczne, t. j. polegające na ciśnieniu i uderzeniu; gdzie zaś zdaje się zachodzić działanie dynamiczne z odległości, tam należy przyjąć, że ono jest mechaniczne i odbywa się za pośrednictwem dotykania się tych ciał, które przenoszą działanie.

Szkoły filozoficzne, które nastąpiły po atomistach, przyczyniły się bardzo mało do utworzenia pewnych pojęć o ruchu; dopiero w pismach ARYSTOTELESA ze Stagiry (384 — 322 przed Chr.) znajdujemy pierwsze usiłowania, żeby uporządkować luźne wiadomości o ruchu i sprowadzić je do pewnych zasad ogólnych. Do tych pism ARYSTOTELESA należą przedewszystkiem: *Fizyka* w 8-iu księgach, i dzieło *O niebie* w 4-ch księgach. Już w określeniu ruchu spostrzegamy wyraźnie stanowisko metafizyczne nauki ARYSTOTELESA. Ruch jest urzeczywistnieniem tego, co przedtem było tylko *in potentia*, czyli ową czynnością, przez którą przychodzi to do bytu, co przedtem istniało tylko jako możliwość. Należy rozróżnić trzy rodzaje ruchu, mianowicie ruch ilościowy, ruch jakościowy i ruch w przestrzeni czyli miejscowy; ostatecznie jednak wszystkie ruchy dają się sprowadzić do ruchu w przestrzeni, którego pojęcie jest najważniejsze dla filozofii przyrody. ARYSTOTELES zwraca uwagę na to, że przy ruchu należy uwzględniać ciało poruszające się, ciało, które porusza, miejsce i czas; podnosi ciągłość ruchu; określa ruch jednostajny i zmienny, tudzież prędkość ruchu jednostajnego; uważa, że może zachodzić ruch bez zmiany miejsca (np. ruch kuli lub koła), a co do ruchów miejscowych rozróżnia ciągnienie, popychanie, jechanie i wirowanie. W pojęciu ARYSTOTELESA ruch i spoczynek przedstawiają dwa stany przeciwne materji, a każde ciało ma pewne miejsce „naturalne”, do którego zdąża, aby w nim pozostać. Ruch ciała ku owemu miejscu nazywa się ruchem „według natury”, ruch zaś od tego miejsca zowie się „gwałtownym” czyli „wbrew naturze”. Ciała dzielą się na ciężkie i lekkie; ciężkimi nazywamy te ciała, które zdążają ku środkowi świata, lekkimi zaś te, które zdążają ku jego okręgowi. ARYSTOTELES nie znał prawa bezwładności. Ruch gwałtowny, jako przeciwny naturze, jest właśnie z tego powodu przemijający i dokonywa się z prędkością coraz mniejszą; ruch po kole jest pierwotny i najdoskonalszy, on stanowi miarę wszelkich ruchów, ponieważ jemu nie wskazała natura żadnego celu i uczyniła go nieskończonym. Ciało poruszające się musi się stykać z tym, co go porusza, a przeto jest wykluczone trwanie ruchu poza chwilę dotknięcia się; jeżeli zaś ruch trwa dalej, należy to przypisać działaniu środka (powietrza lub wody), w którym on zachodzi.

Oprócz dzieł przytoczonych znamy jeszcze traktat pod tytułem *Quaestiones mechanicae* (najlepsze wydanie przez VAN CAPPELLE, *Amstelodami*, 1812),

uważany przez jednych za pismo ARYSTOTELESA, przez innych zaś zaliczany do literatury pseudoarystotelesowej. Autor tego dzieła okazuje z wszelką ścisłością składanie dwu ruchów, wzajemnie prostopadłych, zaponocą prostokąta prędkości; wytwarza ruch po linii krzywej z dwu ruchów prostoliniowych o zmiennych prędkościach; rozkłada ruch po kole na ruch styczny (według natury) i na ruch ku środkowi (wbrew naturze); rozważa rozmaite proste przyrządy mechaniczne i przypuszcza, że można je sprowadzić do dźwigni; zastanawiając się wreszcie nad stosunkiem sił w dźwigni, rozważa prędkości, z którymi poruszają się punkty przyłożenia sił, i przypuszcza, że większej prędkości odpowiada mniejsza siła. Oprócz prostokąta prędkości nie znajdujemy w tym traktacie twierdzeń dowiedzionych, lecz pytania (aporyje) dla ćwiczeń dydaktycznych i uwagi, zdradzające ciekawy i bystry umysł autora. To dzieło jest najdawniejszym pomnikiem zastosowania geometrii do mechaniki; a chociaż znajdujemy w nim kilka trafnych uwag o dźwigni, to przecież nie można wnosić z tych uwag, jak to czynili niektórzy pisarze nowocześni, że ARYSTOTELES znał zasadę momentów przygotowanych i stosował ją do zagadnień statycznych.

Najznakomitszym przedstawicielem nauk mechanicznych u Greków był ARCHIMEDES z Syrakuz (287 — 212 przed Chr.), po którym zostały dwa dzieła o statyce, mianowicie: *O równowadze płaszczyzn czyli o środkach ciężkości płaszczyzn* (*De planorum aequilibriis sive de centrīs gravitatis planorum*) i *O ciałach pływających* (*De iis, quae in humido vehuntur*). Każde z tych dzieł dzieli się na dwie księgi; między 1-szą a 2-gą księgą pierwszego dzieła jest umieszczony traktat *O kwadraturze paraboli*, w którym pole paraboli jest wyznaczone sposobem statycznym i sposobem geometrycznym. W 1-ym dziele zajmuje się ARCHIMEDES przede wszystkim środkiem ciężkości figur. Nie określając tego środka, którego pojęcie było widocznie znane, wychodzi w księdze 1-jej z kilku postulatów, między którymi podaje, że środki ciężkości figur podobnych mają w nich położenia podobne. Następnie bada równowagę dźwigni dla ciężarów równych i ciężarów nierównych, spójmiernych i niespójmiernych, z czego wyprowadza zasadę dźwigni, mianowicie, że siły są odwrotnie proporcjonalne względem ich odległości od osi, i na tej podstawie wyznacza środek ciężkości prostokąta, trójkąta i trapezu. Zasada dźwigni służy w traktacie o kwadraturze paraboli do obliczenia pola parabolicznego. Opierając się na tej kwadraturze, wyznacza ARCHIMEDES w księdze 2-jej dzieła *O równowadze* środek ciężkości odcinka parabolicznego, zawierającego wierzchołek, a w końcu środek ciężkości pola paraboli, ograniczonego dwiema cięciwami równoległymi. — W traktacie *O ciałach pływających* podaje ARCHIMEDES w księdze 1-jej określenie cieczy; dowodzi, że powierzchnia cieczy w równowadze jest kulą, spółśrodkową z ziemią; okazuje zasadę pływania ciała sztywnego, noszącą jego nazwisko, i rozważa warunki pływania odcinka kuli. W księdze 2-jej zajmuje się pływaniem konoidy parabolicznej, t. j. paraboloidy obrotowej, ściętej prostopadłe do osi. Dowodzenia ARCHIMEDESA są wzorami ścisłości, a w zastosowaniu geometrii do statyki nikt go nie prześcignął. ARCHIMEDES słynął w starożytności z rozmaitych wynalazków, jak śruby bez końca, śruby wodnej, wieloklubów (zestawień bloków) i innych przyrządów, a Grecy uważali go za protoplastę wszystkich mechaników. Miał jeszcze napisać dzieło o wadze czytelnej dźwigni, którego jednak nie znamy. Najlepsze wydanie dzieł ARCHIMEDESA sporządził uczony duński I. L. HEIBERG p. t.: *Archimedis opera omnia cum commentariis Eutocii*, Lipsiae, 1881, w 3-ch tomach.

Godnym takiego mistrza następcą był HERON z Alexandrii (żył prawdopodobnie w 1-ym w. przed Chr.), uczeń KTESIBIUSA, niepospolitego

mechanika. Sława HERONA trwała przez długie wieki i uczyniła z niego osobistość legiendową. Z pism jego, których część tylko znamy, okazuje się, że pracował przeważnie w mechanice praktycznej, mniej zajmując się teorią. PAPPUS, matematyk z 4-go w. po Chr., przechował wyjątki z *Mechaniki* HERONA i z drugiego dzieła jego, zwanego *Barulkus*, t. j. dźwigacz ciężarów. W *Mechanice* zajmował się HERON tak zwanymi pięcioma maszynami prostymi, jakoto: dźwignią, kołowrotem, wieloklubem, klinem i śrubą. Ze skąpych wskazówek PAPPUSA można wnosić, że HERON sprowadzał niektóre z tych maszyn (np. kołowrot) do dźwigni. Z *Pneumatyki* HERONA okazuje się, że znał prężność gazów i używał jej jako siły poruszającej.

Z późniejszych geometrów greckich PAPPUS z Alexandryi zajmował się statyką. Jego zbiory matematyczne (*Pappi Alexandrini Collectionis quae supersunt ed. F. Hultsch, Berolini 1878*) w 8-iu księgach, z których nie wszystkie są zachowane, zawierają wiadomości urywkowe o mechanice, a w księdze 7-jej jest podany sposób wyznaczenia objętości brył obrotowych za pośrednictwem środka ciężkości ich figur tworzących. To twierdzenie odnowił PAWEŁ GULDIN w w. XVII.

O zajmowaniu się mechaniką w wiekach średnich mamy bardzo skąpe wiadomości. Arabowie tłumaczyli i objaśniali matematyków greckich, uprawiali algiebrę samodzielnie, lecz o ich pracach nad statyką znajdujemy tylko słabe i niewyraźne ślady. Uczni chrześcijańscy zwracali mało uwagi na *Zagadnienia mechaniczne* ARYSTOTELESA, komentując natomiast wywody jego o doskonałości ruchu po kole, o tak zwanym *primum mobile*, o niemożliwości istnienia próżni, o ciałach ciężkich i ciałach lekkich i tym podobnych pojęciach, które stanowiły właśnie najsłabszą stronę nauki owego wielkiego myśliciela.

Po tysiącletnim zastoju wraca mechanika do nowego życia we Włoszech, gdzie rozwija się prawie wyłącznie przez dwa wieki. LEONARD DA VINCI (1452 — 1519), spółczesny KOPERNIKOWI, znakomity malarz, rzeźbiarz i inżynier, zajmuje się gorliwie teorią dźwigni prostą i łamaną, tudzież innych maszyn; wyprzedza GALILEUSZA w odkryciu kilku twierdzeń o spadku ciała po kole; określa dokładnie istotę uderzenia; rozważa wpływ tarcia na ruch i usiłuje wyznaczyć wielkość tarcia; a zajmując się pracami hydrotechnicznymi, podaje zasady ruchu falistego wody. Prace tego genialnego męża, który mechanikę nazywał „rajem nauk matematycznych, bo w niej dojrzewają owoce tych nauk”, pozostawały niestety przez więcej niż dwa wieki w rękopisach i niebyły znane nikomu; dopiero przy końcu w. XVIII zaczęto ogłaszać z nich skąpe wyciągi. Z tego powodu nie wywarły prace jego żadnego wpływu na postęp mechaniki.

W w. XVI pojawiają się we Włoszech coraz liczniej wydania dzieł ARCHIMEDESA i HERONA, które pobudzają uczonych przede wszystkim do studyjów nad statyką. FRANCISZEK MAUROLICO (1494 — 1575), FRYDERYK COMMANDINO (1509 — 1575) i ŁUKASZ VALERIO (um. 1618), zajmują się środkami ciężkości rozmaitych brył. JAN BENEDETTI (1530 — 1590) twierdzi, że ciało, samemu sobie zostawione, porusza się dalej w kierunku stycznym do toru i usiłuje dowieść, że ciała o różnych ciężarach w tymże samym czasie spadają na ziemię. Wreszcie sławny algebrzysta MIKOŁAJ TARTAGLIA (um. 1559) zajmuje się balistyką, nie umie jednak wyznaczyć toru pocisku, nie mając dokładnego wyobrażenia o prawie bezwładności, lecz opierając się na pojęciach scholastycznych o ruchu „naturalnym” i o ruchu „gwałtownym”.

Ostatnim uczonym włoskim tego okresu, który z powodzeniem uprawiał statykę w duchu geometrów greckich, był GWIDO UBALDO DEL MONTE (1545 — 1607). Z licznych pism jego zasługuje najwięcej na uwagę dzieło: *Mecha-*

nicorum liber, Pisauri, 1577, w którym wyklada syntetycznie teorię wagi, dźwigni, bloka, wieloklubów, kołowrotu, klina i śruby. Znajdujemy w tym dziele pierwszą myśl zasady prac przygotowanych, którą autor spostrzega i dokładnie wyraża dla dźwigni, bloka, wieloklubów i kołowrotu. Teoria tych maszyn prostych jest ścisła, chociaż sposób jej przedstawienia jest nadmiarę rozwlekły i gubiący się w rozlicznych szczegółach; stosunku sił w klinie i w śrubie nie umiał autor wyznaczyć, lecz poprzestaje na tym, że te obiedwie maszyny proste sprowadza bądźto do dźwigni, bądźteż do tak zwanej równi pochyłej. DEL MONTE napisał także cenny komentarz do dzieła ARCHIMEDESA o równowadze figur płaskich.

OKRES DRUGI. Na czele tego okresu stoi GALILEO GALILEI (1564 — 1642), wielki reformator nauk fizycznych. Z licznych dzieł GALILEUSZA tylko pewna część ukazała się w druku za życia autora, z których należy wymienić przede wszystkim dwa dzieła następujące: *Discorso intorno alle cose, che stanno su l'acqua, o che in quella si muovono, Firenze, 1612* i *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze, attenenti alla Meccanica e i movimenti locali, con un appendice del centro di gravità d'alcuni solidi, Leida, 1638*; po jego śmierci wyszło dzieło: *Della scienza meccanica e delle utilità che si traggono dalli strumenti di quella, con un frammento sopra la forza della percossa, Ravenna, 1649*. Dla historii mechaniki ważne są nadto listy GALILEUSZA i jego traktat *Sermones de motu gravium*, wydane dopiero w r. 1854-ym we Florencji.

GALILEUSZ zajmował się głównie tymi ruchami, w których widocznym jest działanie siły ciężkości, a więc spadkiem prostoliniowym i krzywoliniowym, tudzież ruchem pocisków. W tych badaniach nie postępował jednak drogą swoich poprzedników, którzy gubili się w próżnych abstrakcjach, usiłując poznać od razu przyczyny ostateczne wszelkich zjawisk, lecz łączył myślenie logiczne z obserwacją i doświadczeniem, odrzucając wszelkie przyczyny metafizyczne. Tym sposobem utworzył metodę badania przedmiotową, która jedynie mogła do celu doprowadzić. Odrzucawszy podział ciał fizycznych na ciężkie i lekkie, przekonał się zapomocą prostych doświadczeń, że spadek ciał na ziemię nie zależy ani do ciężaru, ani od żadnych innych własności szczególnych tychże ciał, lecz że prawo przyspieszenia jest we wszystkich przypadkach tożsamo. Z początku przypuszczał, że prędkość ciała spadającego wzrasta proporcjonalnie względem drogi opisaney; przekonawszy się jednak później, że taki ruch istnieć nie może, przyjął hipotezę, że prędkość wzrasta proporcjonalnie względem czasu. Na tej podstawie utworzył teorię spadku pionowego, a rozwinięwszy ją dla spadku ukośnego i krzywoliniowego, sprawdzał ją przez doświadczenia, czynione bądźto z wahadłami, bądźteż z kulami, spadającymi na płaszczyznach pochyłych.

Teoria spadku bez prędkości początkowej nie wymagała jeszcze dokładnej znajomości prawa bezwładności; przechodząc jednak do ruchu pocisków, musiał GALILEUSZ zdać sobie sprawę z tego prawa zasadniczego. Owóż z pism GALILEUSZA okazuje się, że miał pełną świadomość tego prawa tylko dla ruchów w kierunku poziomym, co się zaś tyczy ruchów w innych kierunkach, nie wyrobił sobie pojęcia całkiem jasnego o tym, czy one trwałyby bez końca, gdyby ciało samemu sobie było pozostawione. W traktacie więc o ruchu pocisków przyjmował poziomą prędkość początkową, a stosując prawo niezależności ruchów, okazał, że pocisk opisze połowę paraboli; zadanie zaś o rzucie ukośnym rozwiązał następnie sposobem geometrycznym i dowiódł, że doniosłość rzutu jest największa dla elewacji 45° . Aby należyście ocenić zasługi GALILEUSZA około wyjaśnienia głównych zasad dynamiki, dość powiedzieć, że astronom TYCHO BRAHE i matematyk H. CARDANO sądzili, że dwa

ruchy, jednocześnie ciała udzielone, muszą sobie nawzajem przeszkadzać. — GALILEUSZ używał często wahadła do badań naukowych i na podstawie wielorakich doświadczeń przyszedł do wniosku, że małe wahnięcia są jednocześnie, chociaż sądził mylnie, że owa jednoczesność stosuje się do wszelkich wahnięć bez względu na ich obszerność. W pismach GALILEUSZA, w których po raz pierwszy została podana nauka o ruchu niejednostajnym, pojawiają się, lubo niewyraźnie, pojęcia momentu ruchu i energii, które, w dalszym rozwoju kinetyki zyskały znaczenie pierwszorzędne.

W małym traktacie o maszynach stosował GALILEUSZ z całą świadomością zasadę prac przygotowanych, chociaż jej nie wyraził tak ogólnie, jak jego następcy. Zastanawiając się nad równowagą sił w maszynach, wypowiedział twierdzenie, że, co zyskujemy na sile, to tracimy na czasie, a to twierdzenie, ujęte w postać zwięzłą i popularną, przyczyniło się najwięcej do zrozumienia właściwej istoty maszyn. Przekonawszy się o doniosłości zasady powyższej, zastosował ją do równowagi cieczy i dowiódł nowym sposobem twierdzeń ARCHIMEDESA o ciałach pływających, zbijając mniemanie niektórych uczonych ówczesnych, że możliwość pływania zależy od kształtu ciała, zanurzonego w cieczy.

Uczeń GALILEUSZA EWANGIELISTA TORRICELLI (1608 — 1647) rozszerzył pojęcie bezwładności na ruchy we wszystkich kierunkach i na tej podstawie dowiódł bezpośrednio, że pocisk, rzucony ukośnie, opisuje parabolę. Zajmując się ruchem ciał fizycznych, podał ważne twierdzenie, że układ ciał ciężkich jest w równowadze, jeżeli jego środek masy ani się nie podnosi, ani się nie zniża wskutek bardzo małej zmiany położenia tego układu; a przez doświadczenia okazał, że prędkość wypływu wody z małego otworu w ścianie naczynia jest proporcjonalna względem pierwiastka głębokości tego otworu pod powierzchnią wody. Jego prace mieszczą się w dziełach: *Opera geometrica, Florentiae 1644* (mianowicie w części 2-jej: *De motu gravium*) i *Lezioni accademiche, Firenze, 1715*.

Niezależnie od GALILEUSZA i jego szkoły pracował w Belgii SZYMON STEVIN (1548 — 1620), uprawiając głównie statykę ciał stałych i statykę cieczy. Prace jego wyszły 1586 r. w języku holenderskim, a w latach 1605 — 1608 wydał je w Leyden w tłumaczeniu łacińskim pod tyt.: *Hypomnemata Mathematica* w 5-ciu częściach, z których 4-ta zawiera statykę. (Tłom. francuskie przez W. GIRARD'a, *Leide, 1634*). STEVIN dowiódł nowym sposobem zasady dźwigni, okazał po raz pierwszy związek między siłami, równoważącymi się na tak zwaną równi pochyłej, polegając na niemożliwości ruchu wieczystego, a chociaż nie podał dowodzenia równoległoboku sił, używał tego równoległoboku do rozwiązywania wielu zagadnień, a między innymi do tak zwanych wieloboków sznurowych, w których daną siłę trzeba rozłożyć w kierunkach danych. Atoli główne zasługi położył około statyki cieczy. Wyznaczył ciśnienie na dno poziome naczynia i okazał, że ono nie zależy ani od objętości cieczy w naczyniu, ani od kształtu ścian naczynia; obliczył ciśnienie boczne cieczy przez podział ściany liniami poziomymi i wprowadził pojęcie środka dla ścian prostokątnych, jakkolwiek nachylonych do poziomu. Metoda badania STEVIN'a jest geometryczna; pomimo tego, że wyprzedził GALILEUSZA w niektórych kwestjach statycznych, nie może być z nim porównany ani pod względem doniosłości poglądów, ani pod względem wpływu na postęp nauki.

Spółczesny GALILEUSZOWI RENÉ DES CARTES (1596 — 1650), znakomity filozof i twórca geometrii analitycznej, przyczynił się także do rozwinięcia niektórych zasad mechaniki. Wywody tego uczonego o ruchy mają przeważnie cechę metafizyczną, trzeba jednak podnieść, że w swoich *Principia philosophiae, Amstelodami, 1644*, postawił prawo bezwładności na czele praw

przyrody, pojmując je tak, że każda rzecz, oile jest niepodzielona, zostaje zawsze w tym samym stanie i tylko przez przyczyny zewnętrzne zmienia się; dalej, że część materji, sama rozważana, nigdy nie dąży do przedłużenia swego ruchu po linii krzywój, lecz wyłącznie po linii prostój. Co do uderzenia ciał wypowiedział zasadę, stanowiącą według niego 3-cie prawo natury, że suma ilości ruchu dwu ciał nie zmienia się przez ich uderzenie się. DESCARTES określił dokładniej pojęcie siły, upatrując jęj miarę w ilości materji i w prędkości ciała poruszonego; a na podstawie pewnych rozumowań filozoficznych wyraził zdanie, że całkowita ilość ruchu wszechświata nie zmienia się. To twierdzenie było poniekąd zarodkiem nowoczesnej zasady zachowania energii. Dla wytłomaczenia ruchu planet utworzył teorię wirów, która jednak nie długo utrzymała się. Przecząc istnieniu próżni, miał DESCARTES prawa spadku, przez GALILEUSZA odkryte, za nieprawdziwe; w swoich mniejszych pracach o mechanice zajmował się elementami statyki.

Powstała, wskutek prac GALILEUSZA kinetykę rozwijał dalej KRYSTYJAN HUYGENS (1629 — 1695), wynalazca zegarów wahadłowych. W znakomitym dziele *Horologium oscillatorium, Parisiis, 1673*, opisał zegar z wahadłem cykloidalnym i podał teorię ruchu punktu ciężkiego po cykloidzie odwróconej, okazując, że ta linja jest tautochroną w próżni. Określiwszy następnie wahadło fizyczne, wyznaczył jego długość zredukowaną i środek wahanja, przyczem zajmował się pierwszym obliczaniem momentów bezwładności rozmaitych brył i figur płaskich. Z wahadła cykloidalnego wyprowadził teorię wahadła prostego o bardzo małych wahniciach, z którym robił doświadczenia, aby wyznaczyć przyspieszenie prędkości ciał spadających. Z tych doświadczeń obliczył, że ciało, spadające w Paryżu ze spoczynku, opisuje w pierwszej sekundzie drogę 15-tu stóp i jednego cala paryskiego. Teorię środka wahań oparł HUYGENS na tej zasadzie, że środek masy układu ciał ciężkich nie może się wznieść wyżej, jak do wysokości pierwotnej, z której rozpoczęło się spadanie. HUYGENS zajmował się także wahadłem stożkowym; wyznaczył wielkość i wpływ siły odśrodkowej na cząstki ciała, obracającego się około osi, a w dziele *Discours de la cause de la pesanteur, Leide, 1690* wypowiedział ważne twierdzenie, że wypadkowa sił, działających na cząstki cieczy w równowadze, jest w każdym punkcie normalna do powierzchni cieczy. Dowodzenia HUYGENS'a celują ścisłością i porządkiem w postępowaniu od rzeczy najprostszych do zawiłych, i należą do arcydzieł syntezy geometrycznej.

Gdy w połowie w. XVII założono akademie nauk w Londynie i w Paryżu, liczny zastęp uczonych rozwijał nieustannie naukę o ruchu ciał fizycznych. Na czele tych badaczy stoi IZAAK NEWTON (1642 — 1727), którego sławne dzieło *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1-e wydanie w Londynie 1686, 2-gie tamże 1713, 3-cie tamże 1726) wprowadziło do nauki ważne pojęcia przyciągania powszechnego i siły centralnej, wyjaśniające ruchy ciał niebieskich. Treść tego dzieła pomnikowego, które NEWTON wypracował w latach 1685-ym i 1686-ym, jest następująca. Na czele postawił autor jedenaście definicji, określających ilość materji i ruchu, bezwładność, siłę przyłożoną, siłę dośrodkową i jęj miarę, a dodatkowo także czas, przestrzeń, miejsce, ruch bezwzględny i ruch względny. Potym idą trzy prawa zasadnicze ruchu (prawo bezwładności, prawo niezależności sił i prawo wzajemności działania), z których dwa pierwsze są wyraźnie przypisane GALILEUSZOWI. Z tych praw wyprowadza NEWTON równoległobok sił, zasadę zachowania ruchu środka masy i prawo niezależności ruchów. Po tym następuje właściwy tekst dzieła, podzielony na trzy księgi, z których dwie pierwsze traktują o ruchu ciał fizycznych, trzecia obejmuje mechanikę nieba (*De mundi systemate*). Księga pierwsza jest podzielona na 14 sekcji, które zawierają

teorię ogólną ruchu centralnego; naukę o ruchu centralnym po przecięciach stożkowych, gdy środkiem ruchu jest ognisko; ruch po danej linii krzywej i na danej powierzchni; teorię przyciągania kul, brył obrotowych, a w szczególności sferoidalnych; na koniec rzecz o ruchu punktu, przyciąganego przez pewne ciało. W tej księdze okazuje NEWTON główne własności ruchu centralnego; podaje teorię tego ruchu dla przyciągania, odwrotnie proporcjonalnego względem kwadratu odległości; okazuje kinetycznie prawa KEPLER'a; dowodzi tautochronizmu na cykloidzie, gdy siła centralna jest proporcjonalna względem łuku, mającego być opisanym; wreszcie podaje główne twierdzenia o przyciąganiu według prawa, przez siebie odkrytego. W księdze drugiej, podzielonej na 9 sekcji, zajmuje się NEWTON ruchem w środku, którego opór zależy od prędkości; wyznacza w przybliżeniu tor pocisku w powietrzu; dowodzi tautochronizmu na cykloidzie przy oporze środka, proporcjonalnym względem prędkości; rozważa równowagę i ruch cieczy doskonałej; a w końcu rozwiązuje niektóre zagadnienia o ruchu cieczy lepkich, przypuszczając, że tarcie wewnętrzne jest proporcjonalne względem prędkości względnej dwu cząstek przylegających cieczy. W księdze trzeciej dowodzi, że wszystkie ciała przyciągają się wzajemnie w prostym stosunku mas, a w odwrotnym stosunku kwadratów odległości, i że wskutek takiej siły poruszają się planety około słońca, a satelity krążą około swoich planet. Na mocy tego prawa ogólnego oblicza stosunki mas Słońca, Jowisza, Saturna i Ziemi; wywodzi kształt sferoidalny planet; oblicza spłaszczenie ziemi; wyznacza stosunek siły odśrodkowej na ziemi do siły przyciągania, i podaje długość wahadła sekundy w rozmaitych miejscach na powierzchni ziemi. W końcu wykłada zasady mechaniki nieba. Dzieło NEWTON'a wywarło ogromny wpływ na postęp wszystkich nauk ścisłych, a przede wszystkim astronomii i mechaniki; chociaż NEWTON był jednym z dwu twórców rachunku nieskończenie małych, polegał w dziele swoim prawie wyłącznie na metodzie syntetycznej Starożytnych.

Mniej lub więcej wyraźne ślady pojęcia przyciągania powszechnego spotykamy wcześniej u niektórych uczonych, jak KRZYSZTOF WREN (1632 — 1723), ROBERT HOOKE (1635 — 1703) i EDMUND HALLEY (1656 — 1724), atoli żaden z nich nie uczynił go, jak NEWTON, podstawą badań naukowych. HOOKE podał zasadę teorii sprężystości, mianowicie, że odkształcenia ciała sprężystego są proporcjonalne względem siły odkształcającej, a WREN, JAN WALLIS (1616 — 1703) i HUYGENS odkryli w r. 1668-ym niezależnie od siebie główne prawa uderzenia się ciał doskonale sprężystych.

Do rzędu uczonych, którzy uprawiali mechanikę bez używania rachunku różniczkowego, należą jeszcze IDZI ROBERVAL (1602 — 1675), BŁAŻEJ PASCAL (1623 — 1662) i PIOTR VARIGNON (1654 — 1722). ROBERVAL podał metodę prowadzenia stycznych do wielu linii krzywych, polegającą na zasadzie składu ruchów; zajmował się środkiem wahanja figur płaskich, i jest znany jako wynalazca wagi, noszącej jego nazwisko. Jego najważniejsze prace mieszczą się w wydaniu: *Oeuvres de Mathématiques de M. de Roberval, Amsterdam, 1736*. PASCAL, wynalazca maszyny do rachowania, zalecającej się na swój czas znakomitym mechanizmem, w *Traité de l'équilibre des liqueurs, Paris, 1663*, sformułował dokładnie prawo niezmiennego rozchodzenia się ciśnień w cieczy i badał warunki równowagi cieczy, polegając na zasadzie prac przygotowanych. VARIGNON ogłosił w r. 1687-ym traktat p. t.: *Projet d'une nouvelle mécanique*, który był podstawą dzieła *Nouvelle mécanique ou statique*, wydanego po śmierci autora w dwu tomach w Paryżu 1727 r. W tych dziełach rozwinął obszernie naukę o składzie i rozkładzie sił, okazał rozmaite związki geometryczne między siłami składowymi a siłą wypadkową, rozwinął znaczenie teorii wieloboku sznurowego, wprowadzoną przez STEVIN'a, i podał pierwszą teorię śruby i klina.

Po wynalezieniu rachunku różniczkowego i całkowego rozszerzył się od razu widnokrąg wszystkich nauk, używających analizy matematycznej, a przede wszystkim mechaniki. W miarę szybkiego postępu analizy pojawiały się nowe zagadnienia kinetyki, których dawniejsze metody nie pozwoliłyby rozwiązać; z drugiej strony kwestyje mechaniczne stanowiły właśnie najsilniejszy bodziec do rozwijania nowój metody rachunku. Tym sposobem wytworzyła się ścisła łączność między matematyką a mechaniką, z której obie nauki odnosiły znakomite korzyści.

Jak w w. XVI algebrzyści włoscy wzywali się publicznie do walki, której przedmiotem bywały równania stopnia 3-go i 4-go, tak przy końcu w. XVII i w pierwszych dziesiątkach w. XVIII matematycy pierwszorzędni, jak NEWTON, GOTFRYD WILHELM LEIBNITZ (1646 — 1716), bracia JAKUB BERNOULLI (1654 — 1705) i JAN BERNOULLI (1667 — 1748) i inni zadawali sobie wzajemnie trudne kwestyje mechaniczne, których rozwiązania pojawiały się potem w czasopismach *Journal des Savants* i *Acta Eruditorum*, lub w publikacjach akademickich, stając się nieraz przedmiotem gorącej polemiki. Nauka rozwijała się znakomicie skutkiem takiej polemiki, a z zadań izoperimetrycznych, przez braci BERNOULLI podniesionych, powstał w owym czasie rachunek wariacyjny, którego zastosowanie do mechaniki stanowi wybitną cechę ostatnich lat okresu drugiego.

Przecząc twierdzeniu DESCARTES'a, jakoby ilość ruchu wszechświata była niezmienna, utworzył LEIBNITZ dwie różne miary siły, zowiąc jedną siłą martwą, a drugą żywą. Pierwszą mierzył przez iloczyn masy i prędkości, drugą przez iloczyn masy i kwadratu prędkości poruszającego się ciała, a co do siły żywej miał pewne, lubo niejasne, wyobrażenie o jej zachowaniu. Spekulacje filozoficzne LEIBNITZA wywołały spór długoletni między uczonymi; w toku tego sporu wyjaśniała się stopniowo właściwa treść pojęcia energii kinetycznej, które JAN BERNOULLI usiłował oczyścić z domieszek metafizycznych.

W r. 1690-ym pojawiło się w *Acta Eruditorum* zadanie: wyznaczyć kształt nici nierozciągliwej, swobodnie zawieszonj. Po upływie pewnego czasu podali HUYGENS, LEIBNITZ i JAN BERNOULLI rozmaite rozwiązania linii łańcuchowj; LEIBNITZ okazał jej konstrukcyję za pomocą linii logarytmicznj, BERNOULLI za pomocą parabol. Wkrótce potem JAKUB BERNOULLI postawił zadanie o linii łańcuchowj, utworzonj przez nic niejednorodną, które JAN BERNOULLI rozwiązał. Ten ostatni zajmował się gorliwie linią łańcuchową, okazując między innymi jej własnościami, że jej środek masy leży najniżej, i podał równanie różniczkowe linii łańcuchowj sprężystej.

Wymienieni matematycy zajmowali się również brachistochroną, którą JAN BERNOULLI obrał za przedmiot konkursu publicznego, ogłoszonego w czerwcu 1696 r. W następnym roku ogłosił NEWTON rozwiązanie bez bliższych wyjaśnień; LEIBNITZ i JAKUB BERNOULLI stosowali w swoich wywodach rachunek różniczkowy. Między obudwoma braćmi BERNOULLI przyszło do namiętnej polemiki literackiej o brachistochronę i o zagadnienia pokrewne, a w toku tej polemiki powstał rachunek wariacyjny. Rozmaite zagadnienia klasyczne o synchronie, o synchronie paracentycznej, o krzywej żaglowej, o linii, według której skrzywia się płótno, napełnione wodą, o południku bryły obrotowej, doznającej w wodzie oporu najmniejszego, i bardzo wiele innych powstało w tym czasie, wzbogacając nietylko zasób wiedzy, lecz doprowadzając zarazem metodę badania do wysokiego stopnia doskonałości.

Do największych zasług JANA BERNOULLI'ego należy zaliczyć ogólne sformułowanie zasady prac przygotowanych, którego udzielił VARIGNON'owi bez dowodu w liście z 26-go stycznia 1717 r., umieszczonym w tomie 2-gim *Nouvelle mécanique* tego pisarza. JAN BERNOULLI używa w tym liście po raz

pierwszy wyrażenia „prędkość przygotowana” (*vitesse virtuelle*), a nazywając iloczyn siły i tej prędkości „energiją siły”, wypowiada owę zasadę w słowach następujących: *En tout équilibre de forces quelconques, en quelque manière qu'elles soient appliquées, et suivant quelques directions qu'elles agissent l'une sur l'autre, ou immédiatement ou immédiatement, la somme des Energies affirmatives sera égale à la somme des Energies négatives prises affirmativement.*

LEONARD EULER (1707 — 1783) zasłużył się znakomicie w ułożeniu nauki o ruchu w pewną całość systematyczną. W r. 1736-ym wydał w Petersburgu dwutomowe dzieło p. t.: *Mechanica sive motus scientia analytice exposita*, w którym po mistrzowsku przedstawił kinetykę punktu swobodnego i nieswobodnego, posługując się rachunkiem infinitesimalnym i używając rozkładu siły w kierunku stycznej i w kierunku normalnej do toru punktu. To dzieło posiada jeszcze dzisiaj wartość pierwszorzędą. Gdy COLIN MACLAURIN (1698 — 1746) w dziele *A complete system of fluxions, Edinburgh, 1742* okazał korzyści, wynikające z rozkładu siły w kierunkach trzech osi prostokątnych i na tej podstawie wyprowadził równania ruchu punktu, wydał EULER w r. 1765-ym dzieło *Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum, Rostochii et Gryphiswaldiae* w jednym tomie, w którym stosował metodę spórzędnych, rozciągając ją na kinetykę ciał sztywnych. Podał pojęcie i wyrażenie momentu bezwładności, rozłożył ruch ciała na ruch postępowy środka masy i na kręcenie się około tego środka, wyprowadził równania różniczkowe dla ruchu ciała, kręcącego się około punktu, wykazał istnienie i własności osi głównych i wyjaśnił ich znaczenie jako osi swobodnych obrotu, rozwiązał wiele zagadnień szczególnych o ruchu ciał obrotowych i badał ruch przy uwzględnieniu tarcia. W licznych rozprawach akademickich zajmował się EULER kwestyjami mechanicznymi. Przez użycie znaku odpowiedniego na ciśnienie cieczy dał równaniom hydrostatycznym postać właściwą i wyprowadził równania zasadnicze hydrokinetyki; wydoskonalił rachunek wariacyjny i przez zastosowanie go do zadań o ruchu pocisków odkrył zasadę najmniejszego działania, którą PIOTR MAUPERTUIS (1698 — 1759) usiłował podnieść do wysokości naczelnego prawa natury. Długo trwała polemika w akademii berlińskiej o właściwe znaczenie tej zasady, którą dopiero później LAGRANGE zakończył.

W wielu punktach stykały się prace EULERA z pracami DANIELA BERNOULLI'ego (1700—1782), syna JANA. Najważniejszym dziełem BERNOULLI'ego jest: *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii, Argentorati, 1736*, w którym badał prawa ruchu cieczy na zasadzie zachowania energii kinetycznej, wyraziwszy tę zasadę nieco odmiennie, niż to dziś czynimy. Wprawdzie nie wszystkie rezultaty jego rachunku są dokładne; rozwiązał jednak wiele zagadnień o wypływie wody i o ciśnieniu, które woda płynąca wywiera na ściany naczyń. Znajdujemy w tym dziele także pierwsze ślady teorii kinetycznej gazów.

Zasada prac przygotowanych sprowadziła statykę do zagadnienia analizy; trzeba jeszcze było uczynić tożsamo dla kinetyki. Tego dokonał JAN d'ALEMBERT (1717 — 1783) w niewielkim dziele, wydanym 1743 r. w Paryżu p. t.: *Traité de dynamique*, gdzie podał następującą zasadę ogólną dla rozwiązywania zadań kinetycznych: „Jeżeli oddzielnym ciałom układu masyjnego zostały nadane ruchy (prędkości) A, B, C, \dots , to rozłóżmy każdy z tych ruchów odpowiednio na takie dwa ruchy $a, \alpha; b, \beta; c, \gamma; \dots$, że, gdyby tym ciałom nadano ruchy a, b, c, \dots , mogłyby się poruszać swobodnie, nie przeszkadzając sobie wzajemnie, a gdyby im dano ruchy $\alpha, \beta, \gamma, \dots$, układ pozostałby w spoczynku. Wtedy ciała tego układu przyjmą ruchy a, b, c, \dots ” W tej prostej postaci jest owa zasada oczywista, to też d'ALEMBERT nie dowodzi jej, lecz

okazuje w dalszym ciągu dzieła, jak zagadnienia z kinetyki mogą być rozwiązywane na podstawie owej zasady. Biorąc bardzo czynny udział w ówczesnym ruchu naukowym, zajmował się d'ALEMBERT między innymi także drganiem strun, a w jednej z rozpraw swoich dowiódł ważnego twierdzenia, że dla danej prędkości obrotu masy płynnej istnieją dwie różne sferoidy jako możliwe kształty równowagi kinetycznej.

To twierdzenie było wielkiej wagi dla teorii kształtu ziemi, która od czasu Newton'a polegała na prawach przyciągania powszechnego. Newton podał naukę o przyciąganiu punktu przez kulę, obliczył przyciąganie, które sferoida wywiera na punkt wewnętrzny, a kwestyją przyciągania punktu zewnętrznego rozwiązał w tym przypadku, kiedy ten punkt znajduje się na osi sferoidy. Po Newtonie zajmował się MACLAURIN teorią przyciągania. W pracy *De causa physica fluxu et refluxu maris*, uwieńczonej w r. 1740-ym przez akademię paryską, podał twierdzenie, że przyciągania, które dwie elipsoidy obrotowe i spółogniskowe wywierają na punkt, znajdujący się zewnątrz nich, bądźto na osi obrotu, bądźto na płaszczyźnie równika, są proporcjonalne względem mas tychże elipsoid; następnie wywiódł odpowiednie twierdzenie dla przypadku dwu elipsoid trójosiowych i spółogniskowych, w razie gdy punkt zewnętrzny znajduje się na jednej z osi tychże elipsoid. ADRYJAN LEGENDRE (1752 — 1833) w rozprawie *Recherches sur l'attraction des sphéroïdes homogènes*, Paris, 1785 uogólnił twierdzenie MACLAURIN'a dla elipsoid obrotowych, biorąc punkt zewnętrzny w którymkolwiek miejscu, a w końcu znakomity PIOTR SZYMON LAPLACE (1749 — 1827) uzupełnił powyższą teorią, okazując w rozprawie *Théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes*, Paris, 1784, że przyciągania, jakie dwie elipsoidy trójosiowe i spółogniskowe wywierają na punkt zewnętrzny, znajdujący się gdziekolwiek, są proporcjonalne względem mas tychże elipsoid.

Zastosowaniem praw równowagi cieczy tudzież teorii przyciągania do kształtu ziemi zajmował się ALEXY CLAIRAUT (1713 — 1765), który w dziele *Théorie de la figure de la terre*, Paris, 1743 wyprowadził kształt ziemi, uważając ją za bryłę w równowadze, i obliczył związek między spłaszczeniem niejednorodnej sferoidy ziemskiej a siłą ciężkości.

OKRES TRZECI. W okresie poprzedzającym powstały prawie wszystkie główne zasady mechaniki; pomimo tego jednak nie stanowiły one jeszcze właściwej nauki, bo nie były połączone w całość jednolitą, w którejby każde zagadnienie można było rozwiązać metodycznie według stałych prawideł. Ujęcie bogatego materiału, nagromadzonego od czasów GALILEUSZA, w doktrynę naukową, jest dziełem jednego z największych uczonych w XVIII w., JÓZEFA LAGRANGE'a (1736 — 1813), od którego rozpoczyna się najnowszy okres historii mechaniki.

LAGRANGE sprowadził całą dynamikę, w dzisiejszym jej znaczeniu, do jednej zasady prac przygotowanych, która wyraża wszystkie związki między masą ciała, przestrzenią, czasem i siłami, i daje równania równowagi lub równania ruchu, których rozwiązanie jest następnie rzeczą analizy matematycznej. Przed LAGRANGE'm używano w mechanice tylko spółrzednych prostokątnych i biegunowych; nauka wymagała jednak koniecznie wprowadzenia jakichkolwiek od siebie niezależnych wielkości, przez które, jako spółrzedne, ruch układu materalnego mógłby być określony. Owóż w ujednostajnieniu metody analitycznej i we wprowadzeniu spółrzednych ogólnych należy upatrywać największe zasługi LAGRANGE'a około rozwoju mechaniki. Nie mogąc wchodzić w rozbiór licznych prac jego, ograniczymy się krótką wzmianką o jego głównym dziele *Mécanique analytique* (1-sze wyd. w Paryżu 1788, 2-gie tamże 1811, 3-cie przez J. BERTRAND'a tamże 1853), które na długie lata po-

zostanie jakoby księgą podstawową mechaniki teoretycznej. LAGRANGE utworzył pojęcie i nazwę mechaniki analitycznej, a dzieło jego niema żadnej figury, bo rozwiązanie danego zagadnienia nie wymaga zgola konstrukcji geometrycznej. Każdy rozdział główny poprzedził autor wstępem historycznym, w którym dał pogląd na rozwój zasad, odnoszących się do przedmiotu, a ta okoliczność dowodzi, że dokładna znajomość wszystkiego, co przed nim w nauce działo, była dlań bodźcem do postępu. Szerokie zastosowanie rachunku wariacyjnego w mechanice, sposoby, za pomocą których otrzymujemy równania ruchu przy danych warunkach, wprowadzenie do teorii przyciągania bardzo ważnego pojęcia potencjału sił przyciągających, ujęcie mechaniki cieczy i gazów w też same prawa ogólne, jak w mechanice ciał stałych — to wszystko należy do trwałych nauki nabytków od czasu ukazania się wielkiego dzieła LAGRANGE'a. Do tego dzieła należy także odnieść podział mechaniki na statykę i dynamikę, i wyłączenie statyki z geometrii, do której ją przedtem zaliczano. Dopiero w najnowszych czasach przyjęto inny podział nauki, który lepiej odpowiada istocie rzeczy.

Jeszcze za życia LAGRANGE'a pojawiły się pierwsze prace innego uczono-ego, LUDWIKA POINSON (1777 — 1859), a mianowicie *Eléments de statique*, Paris, 1803, który z wielkim powodzeniem uprawiał mechanikę według metody syntetycznej. POINSON wprowadził pojęcie pary sił i okazał korzyści, wynikające z tego pojęcia w statyce i kinetyce. Prawdziwym tryumfem metody syntetycznej było rozwiązanie trudnego zadania o kręceniu się ciała sztywnego około punktu bez działania jakichkolwiek sił, które EULER usiłował rozwiązać analitycznie, a które POINSON w rozprawie *Théorie nouvelle de la rotation des corps* (1834 i 1851) sprowadził do ruchu elipsoidy bezwładności, toczącej się na pewnej płaszczyźnie stałej. Przejrzystość i zręczny układ celują wszystkie prace tego znakomitego geometry.

Metodzie syntetycznej, która w pierwszych dziesiątkach lat wieku bieżącego dała popęd do świetnego rozwoju geometrii, zawdzięczamy utworzenie nowej nauki o ruchu, bez względu na siły, które go wywołują. Na potrzebę takiej nauki zwrócił pierwszy uwagę filozof J. KANT, który w dziele swoim *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* 1786 r. podzielił całą naukę o ruchu na cztery części, mianowicie: na foronomiją, uważającą ruch jako czystą ilość, na dynamikę, uważającą ruch jako jedną z własności materii, na mechanikę, rozważającą związek między materią a siłą, i na fenomenologiją, która uważa ruch tylko jako zjawisko, przedstawiające się zmysłom naszym. L. M. N. CARNOT w swojej *Géométrie de position* 1803 r. zachęcał uczonych do zajmowania się tak zwanym „ruchem geometrycznym,” podnosząc korzyści, jakie z takiej nauki wynikać muszą. J. HOENE - WROŃSKI w pierwszym numerze czasopisma *Sphinx*, wydanym 1818 r., przyjął nazwę foronomii, wprowadzoną przez KANT'a i w artykule *System architektoniczny bezwzględny encyklopedyi wiedzy ludzkiej* podzielił matematykę czystą na geometrię, algorytmiją i foronomiją (*). Nazwa „foronomija,” używana szczególnie w Niemczech, utrzymywała się dość długo, aż A. M. AMPÈRE w swoim *Essai sur la philosophie des sciences*, Paris 1834, wprowadził nową nazwę „kinematyka” (cinématique od κίνημα, ruch), która odtąd powszechnie przyjętą została.

Pewne wiadomości kinematyczne znajdujemy już u ARYSTOTELESA; teoryja spadku GALILEUSZA była przeważnie kinematyczna; DESCARTES, HUYGENS,

*) Ob. artykuł A. TRANSON'a: *Prawo szeregów Wronskiego, jego foronomija* w *Pamiętniku Tow. Nauk Ścisłych w Paryżu* T. VIII, 1876, str. 15 — 16.

JAN BERNOULLI i EULER podawali luźne twierdzenia, które zaliczano do geometrii ruchu; atoli dopiero MICHAŁ CHASLES (1793 — 1880) z całą świadomością uprawiał kinematykę, która rozwijała się z niezwykłą szybkością, zyskując nieustannie na znaczeniu. We Francyi O. RODRIGUES, A. TRANSON, K. BRESSE, E. DE JONQUIÈRES, H. RESAL, MANNHEIM uprawiali kinematykę gorliwie; w Niemczech A. F. MOEBIUS był przez pewien czas jedynym jej przedstawicielem, a później pracowali nad nią STEGMANN SCHÖNEMANN, ARONHOLD, SCHELL, BURMESTER i inni; w Anglii R. ST. BALL, dzisiejszy astronom królewski w Dublinie, przyczynił się znakomicie do jej rozwoju. Gdy PLÜCKER utworzył tak zwaną geometrię linii prostej i teorię kompleksów promieni, przedstawiała się kinematyka w nowym świetle, powstało bowiem pojęcie spólrzędnych obrotu i pojęcie kompleksu ruchów chwilowych, a przez przeniesienie tych pojęć do układów sił ustanowiono ważną zasadę dwoistości między ruchem a siłą, która pozwala z twierdzeń kinematycznych wyprowadzić odpowiednie twierdzenia statyczne.

Wspomnieliśmy, że LAGRANGE podał metody najogólniejsze do otrzymania równań różniczkowych ruchu; WILLIAM ROWAN HAMILTON (1805 — 1865) zaś i KAROL GUSTAW JACOBI (1804 — 1851) położyli największe zasługi około całkowania tych równań, wzbogacając jednocześnie matematykę i mechanikę teoretyczną. HAMILTON wyszedł z odmiennie pojętej zasady najmniejszego działania, podając tak zwane „prawo zmiennego działania (*law of varying action*)”, które wyprowadził naprzód dla sił centralnych. Z tego prawa wynikła owa zasada, która nosi nazwisko HAMILTON'a i prowadzi do tak zwanych równań kanonicznych ruchu. JACOBI pojął wielką doniosłość powyższej zasady, pokazał sposoby wyprowadzenia równań kanonicznych, i, korzystając z prac SZYMONA POISSON'a (1781 — 1840) o całkowaniu równań różniczkowych, stał się właściwym twórcą metody ogólnej całkowania równań ruchu, która coraz więcej się rozwija.

Zakres tego przeglądu historycznego nie pozwala nam wchodzić w historię szczegółową tych licznych zagadnień, które stanowią treść mechaniki ciał sztywnych; czytelnik znajdzie zresztą w miejscach odpowiednich tej książki chronologicznie uporządkowaną literaturę, która pozwoli mu śledzić postęp nauki aż do czasów najnowszych. Dla dopełnienia zaś naszego zarysu historycznego zaznamy jeszcze historię najważniejszych zagadnień teorii sprężystości i hydrokinetyki, a w końcu zwrócimy uwagę na rozwój stopniowy jednego z najważniejszych praw fizyki ogólnej, mianowicie prawa zachowania energii.

Pierwsze poszukiwania nad równowagą, w których należało uwzględnić sprężystość ciała, poddanego działaniu sił, robił GALILEUSZ, wszelako nie uwzględniwszy sprężystości, doszedł do rezultatów błędnych. Dopiero HOOKE zastanawiał się nad odkształcaniem ciał sprężystych i podał zasadę, że one są proporcjonalne względem sił, które je wywołują. Zwyczajem swego czasu wyraził tę zasadę w r. 1660-ym pod postacią anagramu *ceiiinosssttuu*, co miało oznaczać: *ut tensio sic vis*. Różnymi zadaniami natury praktycznej o wytrzymałości zajmowali się MARIOTTE, VARIGNON i wielu innych; JAKUB BERNOULLI podał równanie różniczkowe tak zwaną linię sprężystą, EULER rozróżnił rozmaite rodzaje tej linii i razem z DANIELEM BERNOULLI'm, D'ALEMBERT'em i innymi matematykami zajmował się teorią drgań strun, rozwiązując tymczasem takie zadania, w których układ cząstek ciała sprężystego jest najprostszym.

Właściwym twórcą teorii sprężystości był LUDWIK NAVIER (1785 — 1836), który w r. 1821-ym przedstawił Akademii paryskiej rozprawę, *Mémoire sur les lois de l'équilibre et du mouvement des corps solides élastiques*, będącą

punktem wyjścia dla wielu znakomitych prac o tym przedmiocie, które wkrótce potym POISSON i AUGUSTYN CAUCHY (1789 — 1857) przedstawili téjże Akademii. Polegając na tym, że ciało sprężyste składa się z cząstek, a między dwiema cząsteczkami sąsiednimi działają siły, proporcjonalne względem zmiany odległości wzajemnej tych cząsteczek w stanie naturalnym, wyprowadził NAVIER równania równowagi dla każdego punktu wewnętrznego, tudzież te równania, które zachodzą na powierzchni ciała, wyrażające tak zwane warunki krańcowe. Z licznych prac POISSONA zasługują na szczególną uwagę dwie następujące: *Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques* Paris, 1829 i *Mémoire sur les équations générales de l'équilibre et du mouvement des corps solides élastiques et des fluides*, Paris 1831, które należą do najlepszych prac tego znakomitego matematyka. POISSON odrzucał metody rachunku, polegające na przypuszczeniu ciągłości materii ciała sprężystego, chociaż nie zawsze udawało mu się przeprowadzić swoje myśli konsekwentnie; jemu zawdzięczamy ścisłą teorię drgania strun, prętów i błon sprężystych, tudzież rozwiązanie wielu zadań z teorii sprężystości, którymi zajmowano się dotąd zbyt pobieżnie. CAUCHY umieszczał prace swoje nad teorię sprężystości w dwu publikacjach, wyłącznie jego pracom poświęconych, mianowicie w *Exercices de mathématiques* i w *Exercices d'analyse et de physique mathématique*. W nich znajdujemy najważniejsze twierdzenia teorii sprężystości, po raz pierwszy przezeń podane, jak np. związki między natężeniami w danym punkcie ciała, wyrażenie ogólne na wydłużenie i posunięcie się w funkcjach wydłużeń głównych i posunięć w kierunkach osi współrzędnych, elipsoidę odkształcenia i t. d. CAUCHY zajmował się także skręceniem walców, rozwiązując to zadanie dokładniej, niż to przed nim czyniono.

Uczeń CAUCHY'EGO, BARRÉ DE SAINT-VENANT (1797 — 1886) określił przedewszystkim dokładnie pojęcia zasadnicze teorii sprężystości, co do których zachodziła pewna niejasność i dowolność; podał metodę, pozwalającą rozwiązać wiele trudnych zagadnień o ciałach sprężystych bez całkowania bezpośredniego wszystkich równań i dopełnił teorię skręcenia, uważając skrzywienia, jakich doznają przekroje płaskie walca skręconego. ALFRED CLEBSCH (1833 — 1873) uogólnił metodę SAINT-VENANT'a, rozwiązując następujące zadanie ogólne: Wyznaczyć układy sił, jakie trzeba przyłożyć do przekrojów krańcowych graniastostupa, żeby w razie, kiedy jego ściany boczne są swobodne, wewnętrzne przekroje podłużne nie doznawały natężeń, prostopadłych do krawędzi, i podać przesunięcia, które wynikają z przyłożenia tych sił. To zagadnienie nazwał CLEBSCH zagadnieniem SAINT-VENANT'a.

GUSTAW KIRCHHOFF (1824 — 1887) rozważał bezpośrednio przesunięcia, których punkty ciała sprężystego doznają w przestrzeni i utworzył tym sposobem kinematykę ciał sprężystych; prace jego nad sprężystością ciał, których rozmiary poprzeczne są nieskończenie małe, okazują mistrza w zastosowaniu analizy do najtrudniejszych zagadnień mechanicznych. Znakomite zasługi około nauki o sprężystości położyli jeszcze GABRYEL LAMÉ (1795 — 1870), PIOTR E. CLAPEYRON (1799 — 1865), JERZY GREEN (1793 — 1841) i F. E. NEUMANN (1798 — 1877).

Przytoczyliśmy wyżej, że EULER i LAGRANGE podali równania konieczne i wystarczające do określenia ruchu cieczy doskonałej. Całkowanie tych równań sprawia jednak wielkie trudności, to też pomimo rozmaitych przekształceń tych równań można było tylko niektóre przypadki najprostszego ruchu trwałego cieczy w przybliżeniu rozwiązać. Dopiero GUSTAW LEJEUNE-DIRICHLET (1805 — 1859) i H. HELMHOLTZ otworzyli dla badań hydrokinetyki nowe drogi; pierwszy przez rozważanie ruchu ciała stałego w cieczy, drugi zaś przez rozkład ruchu cząstek cieczy, podobny do tego, którego KIRCHHOFF

używał dla ciał sprężystych. DIRICHLET rozwiązał zadanie o ruchu kuli w cieczy i wskazał na zadanie ogólniejsze o ruchu elipsojdy, które CLEBSCH rozwiązał, polegając na wyrażeniu potencyjału elipsojdy, podanym przez DIRICHLET'ego. Te dwa zagadnienia stały się bodźcami do licznych prac nad ruchem ciał, rozmaicie ograniczonych, w cieczach doskonałych, czym zajmowali się THOMSON, TAIT, HOPPE, BJERKNES, KIRCHHOFF, i wielu innych. Z tych badań wynikło wiele rezultatów nowych i niespodziewanych, z których najciekawszymi są rezultaty, odnoszące się do zjawisk, zależnych od ruchu względnego dwu pierścieni w cieczy, a mające wiele podobieństwa do niektórych zjawisk elektrokinetycznych.

SVANBERG na podstawie równań EULER'a pierwszy wykrył ruch obrotowy cząstek cieczy, atoli dopiero w klasycznej pracy HELMHOLTZ'a z r. 1858-go: *Ueber die Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen*, pojawiła się teoria ruchu wirowego, który wtedy zachodzi w cieczy, kiedy tak zwany potencyjał prędkości nie istnieje, to znaczy, kiedy składowe prędkości cząstek nie są odpowiednio równe pochodnym funkcji ich współrzędnych. HELMHOLTZ odkrył główne prawa tego ruchu, między którymi jedno z najważniejszych jest prawo: cząstka cieczy nigdy nie traci ruchu wirowego, raz jej nadanego, a cząstka, która kiedykolwiek tego ruchu nie posiadała, nigdy go nie nabędzie, dopóki te same siły zachowujące na ciecz działają. Teorię ruchu wirowego rozwijali dalej BELTRAMI, GRÖBLI, WILLIAM THOMSON i inni, a ten ostatni fizyk usiłował na podstawie trwałości wirów utworzyć nową teorię budowy materii.

Równania ruchu cieczy lepkiej podał NAVIER w rozprawie: *Mémoire sur le mouvement des fluides en ayant égard à l'adhésion des molécules*, Paris, 1826, wychodząc z hipotezy NEWTON'a, że tarcie w cieczy nie zależy od ciśnienia i jest proporcjonalne względem prędkości względnej; na téjże samej podstawie polegały sposoby wyprowadzenia tych równań, podane przez POISSON'a i STOKES'a. STEFAN i KIRCHHOFF otrzymali równania ruchu, stosując do tarcia cieczy lepkiej zasady, podobne do tych, które stosujemy do sił wewnętrznych w ciele sprężystym. Całkowanie tych równań udało się dotąd przeprowadzić tylko dla niewielu przypadków, jak np. dla przepływu cieczy przez rury proste o bardzo małej średnicy, dla ruchu kuli, wahającej się w cieczy, dla walców poziomych płyty okrągłej i tym podobnych. Tych ruchów, które można badać sposobem doświadczalnym, używano do wyznaczenia współczynnika tarcia, do czego najwięcej przyczynili się POISEUILLE i O. E. MEYER.

Wskazywaliśmy na to, jak w czasach rozmaitych i pod rozmaitymi postaciami pojawiała się myśl, że nie tylko ilość materii, ale także inna wielkość, której nie umiano wprawdzie bliżej określić, lecz która miała być zależna od ruchu materii, jest w przyrodzie niezmienna. Wyrazem téj myśli była między innymi zasada filozofii DESCARTES'a, że ilość ruchu we wszechświecie nie zmienia się, a którą DESCARTES wywodził z niezmienności Boga. Gdy w miarę rozwoju nauki występowała coraz dobitniej różnica między pojęciem siły, jak je NEWTON określił, a pojęciem téj wielkości, którą według LEIBNITZ'a zwano siłą żywą, nasuwały się zagadnienia, z których analizy można było wnosić, że owa niezmiennoscieprzeczuwana odnosi się raczej do siły żywej, niż do jakiegokolwiek innej wielkości, zależnej od ruchu materii. Dzięki pracom EULER'a, JANA i DANIELA BERNOULLI'ich rozwijała się nauka o sile żywej dość szybko, tak, że z końcem w. XVIII zasada zachowania sił żywych była nie tylko powszechnie znana, lecz okazała się zarazem wielką jej doniosłość w badaniu rozmaitych rodzajów ruchu. Ta zasada wyrażała, że jeżeli na układ punktów materialnych działają siły, mające potencyjał, wówczas siła żywa tego układu zależy tylko od wielkości potencyjału; jeżeli więc siły dzia-

lają tylko między punktami układu, natenczas siła żywa tego układu zostaje zachowana, gdy punkty jego przyjmują tożsamo położenie względne.

Nowy popęd do dalszego rozwinięcia téj zasady dały prace teoretyczne SADI-CARNOT'a i CLAPEYRON'a nad ciepłem, tudzież znakomite pomiary JOULE'a, z których urosła dzisiejsza termodynamika. W r. 1847-ym ogłosił HELMHOLTZ swój wykład w Towarzystwie Fizycznym w Berlinie: *Ueber die Erhaltung der Kraft*, i w téj rozprawie wypowiedział z wszelką ścisłością prawo zachowania energii, dając mu nazwę prawa „zachowania siły,” niezupełnie odpowiednią. HELMHOLTZ wyszedł z równania wiadomego, które wyraża, że różnica siły żywej układu materalnego i pracy sił przyłożonych jest stała, a nazywając „napięciem” (Spannkraft) ową pracę sił, wziętą ujemnie, wyraził prawo zachowania siły w postaci: suma sił żywych i napięć jest wielkością stałą.

Do treści głównej tego twierdzenia późniejsi fizycy dodali niewiele, tylko nazwy uległy zmianom odpowiednim. Idąc za YOUNG'iem fizycy angielscy wprowadzili wyraz „energija,” dając mu owo znaczenie, w jakim HELMHOLTZ użył niewłaściwie wyrazu „siła;” dawny zaś wyraz „siła żywa” zastąpił RANKINE wyrazem „energija kinetyczna,” a zamiast „napięcia” wprowadził „energija potencyjonalną.”

Ścisłe i ogólne określenie energii, któreby zawierało cechy konieczne i wystarczające tego pojęcia, jest z wielu względów dość trudne. Stosownie do zapatrywań dzisiejszych można je tak wyrazić: Energiją układu materalnego w danym stanie, względem pewnego stanu odniesienia, nazywamy sumę wszystkich skutków, mierzonych w jednostkach dynamicznych, które zewnątrz układu zostają wywołane, gdy on przechodzi ze stanu danego do stanu odniesienia. Na mocy tego określenia tak wyraża się prawo zachowania energii: Energija układu materalnego w danym stanie, względem pewnego stanu odniesienia, jest funkcją jednowartościową owego stanu danego.

Każde odkrycie nowego związku między zjawiskami w przyrodzie stwierdza doniosłość tego prawa. Uważając je za jedno z praw podstawowych przyrody, musimy przypuścić, że owe trzy prawa zasadnicze NEWTONA, na których polega dzisiejsza dynamika, dadzą się wyprowadzić z praw ogólniejszych jako wnioski. Czy takie uzasadnienie całej nauki o ruchu byłoby możliwe i korzystne, tego dziś przesądzać nie możemy.

MECHANIKA W POLSCE.

Nie mieliśmy sposobności wspominać w powyższym zarysie historycznym o uczonych polskich, ponieważ u nas zajmowano się bardzo mało mechaniką teoretyczną. Przy końcu w. XVII pojawiło się pierwsze dzieło polskie o mechanice, mianowicie STANISŁAWA SOLSKIEGO (1622 — 1701) *Architekt polski. To jest nauka ulżenia wszelkich ciężarów i używania potrzebnych Máchin, ziemnych y wodnych. W Krakowie roku 1690*, in fol., 1 karta nie liczbowana

i str. 200, z licznymi drzeworytami w tekście i na osobnych tablicach. Autor miał zamiar napisać mechanikę i budownictwo w trzech księgach, a wydał tylko jedną księgę, podzieloną na trzy tak zwane „zabawy.” Pierwsza zabawa obejmuje naukę o zmniejszeniu i ulżeniu ciężarów, tudzież o 15 rozmaitych maszynach, do tego celu służących; przedmiotami zabawy drugiej są młyny wodne, bydlęce, wietrzne, pily wodne, zegary i t. p.; w zabawie trzeciej jest rzecz o wodzie i maszynach wodnych. Dzieło SOLSKIEGO jest podręcznikiem praktycznym; kwestyje teoretyczne są zaledwie w kilku miejscach poruszone. W dowodzeniu zasady dźwigni idzie za STEVIN'em i HUYGENS'em, w opisywaniu własności wody korzysta także z ARCHIMEDESA. O maszynach ma nieco dziwne pojęcie, twierdzi bowiem, że one dlatego „gubią” część ciężaru, że przenoszą ją na „podstawek,” i tym sposobem usiłuje wyjaśnić zysk na sile. Podaje opis dwu maszyn o „biegu nieustannym,” t. j. *perpetuum mobile*, przez siebie wynalezionych, o których wydał także osobne pisma po łacinie. Dzieło SOLSKIEGO jest przede wszystkim ciekawe ze względu na język ówczesny w mechanice stosowanój.

W czasie zupełnego upadku nauk w Polsce w pierwszej połowie w. XVIII, kiedy kandydaci na profesorów w Akademii Krakowskiej pisywali rozprawy *pro loco obtinendo* na temat o ruchu ośmiu sfer, polegając wyłącznie na PTOLEMEUSZU i ARYSTOTELESIE, a nieznając zgoła KOPERNIKA, KEPLER'a i NEWTON'a, nie znajdujemy żadnego śladu naszej nauki w literaturze. Dopiero w r. 1765-ym książd JÓZEF ROGALIŃSKI wydaje w Poznaniu tom pierwszy swego dzieła: *Doświadczenia skutków Rzeczy pod zmysły podpadających na publicznych Posiedzeniach w Szkołach Poznańskich Societatis Jesu na widok wystawione i wykładane*, którego dalsze trzy tomy wychodzą w latach 1767, 1770 i 1776. Te wykłady tyczyły się przeważnie mechaniki; niektóre myśli zdrowe i niektóre trafne wywody matematyczne giną niepostrzeżone w obec rozwlekłego i napuszystego sposobu traktowania rzeczy prostych i w obec dziwactw językowych, w jakie to dzieło obfituje.

Reforma wychowania publicznego przez Komisją Edukacyjną wywołała żywszy ruch w literaturze nauk przyrodniczych. Na wezwanie Komisji Edukacyjnej napisał Toruńczyk MICHAŁ JAN HUBE (1737 — 1808) w języku łacińskim kurs fizyki, który na język polski przełożony i wydany został. Mianowicie w r. 1783-ym wydała Komisya Edukacyjna w Krakowie tegoż autora: *Wstęp do Fizyki dla Szkół Narodowych* (2-gie wyd. tamże 1788), a później drugie dzieło jego: *Fizyka dla Szkół Narodowych. Część I Mechanika. Kraków 1792*, 8° 1 k. nl., str. 536 i 13 tablic z 176 figurami. Wykład jest podzielony na 5 ksiąg, które obejmują rzecz o biegu (ruchu w ogólności), o sile ciężkości o dalszych przyczynach ruchu, niezawisłych od ciężkości, o biegu i siłach płynów, nareszcie o biegu ciał niebieskich. Jest to dzieło niepospolitej wartości, którego autor znał gruntownie literaturę przedmiotu i był wytrawnym pedagogiem. Nauka nie jest traktowana dogmatycznie, wszędzie bowiem podane są sposoby sprawdzenia głównych praw mechaniki, a punktem wyjścia nie jest pojęcie geometryczne siły, lecz prędkość i przyspieszenie ruchu. Jędrny i czysty język tego podręcznika był źródłem dzisiejszego słownictwa w mechanice. Do późniejszych podręczników szkolnych należy *Wykład Statyki dla Szkół Wydziałowych i Wojewódzkich przez G. MONGE*, przetłómaczony z piątego wydania przez ONUFREGO LEWOCKIEGO. *Warszawa 1820*, 8°, 2 k. nl., str. 199 i 5 tablic, zawierających 100 figur. Według aprobaty Komisji rządowej wyznań i oświecenia był ten podręcznik przeznaczony dla klasy 4-tój szkół wydziałowych i dla klasy 6-ój szkół wojewódzkich.

W dawniejszych Rocznikach Towarzystwa Naukowego Krakowskiego znajdujemy drobną rozprawę profesora ROMANA MARKIEWICZA: *O naturze*

i wielkości siły odśrodkowej (Tom IV 1819. str. 196 — 204 z 1 figurą) i tegoż autora: *Rozprawę o naturze i gatunkach sił, odmiany fizyczne sprawujących* (Tom VI 1821 str. 74 — 142), obie małej wartości. W tomie XIII Roczników (1829 str. 91 — 216) pomieścił KAROL HUBE, profesor matematyki w Uniwersytecie Jagiellońskim, cenną i obszerną pracę p. t. *Rozprawa o fenomenach niektórych pochodzących z ruchu wirowego ciał, z przydaniem uwag nad przeobrażeniem współrzędnych i niektórymi twierdzeniami dotyczącymi się momentów*, czytana na posiedzeniu Towarzystwa d. 15 Maja 1826 r. Okazawszy prostym sposobem zmianę współrzędnych prostokątnych i związki między współczynnikami transformacji osi, stosuje autor swoją metodę do przekształcenia momentów układu sił z jednego układu osi na drugi, i wyznacza oś momentu największego w danym punkcie. Następnie wywodzi istnienie osi głównych z elipsoidy BINET'go i podaje wiadome wzory na moment bezwładności ciała względem prostej dowolnej. Na podstawie tych wywodów i równań EULER'a bada kręcenie się ciała ciężkiego obrotowego (bąka) około punktu na osi, oblicza dokładnie stałe w równaniach ruchu i zajmuje się szczegółowo ruchem oscylacyjnym takiego ciała; potem rozważa oscylacje elipsoidy ciężkiej na płaszczyźnie pochyłej, a w końcu toczenie się kółka po jego krawędzi. Rozprawa HUBE'go zawiera wiele rzeczy nowych, mianowicie dokładne obliczenie stałych dla ruchu bąka, i rozwiązania dwu ostatnich zadań, o elipsoidzie i o kółku, którymi się przed nim nie zajmowano; ta okoliczność, tudzież ścisłość dowodzenia, opartego, na analizie wyższej, stawia tę rozprawę na czele prac polskich z kinetyki. Żałować wypada, że była w swoim czasie mało znana.

Miedzy r. 1850 a 1860 ukazało się kilka podręczników francuskich i niemieckich o mechanice w przekładzie polskim. Tu wymienić należy *Mechanikę dla użytku inżynierów* JULIUSZA WEISBACH'a, której tom 1-szy spolszczył STANISŁAW BAKKA (*Warszawa 1856*).

ALFONS PUCHEWICZ, starszy nauczyciel gimnazjum realnego, napisał kurs elementarny, który p. t. *Mechanika ogólna* wydany został przez Zarząd Okręgu naukowego Warszawskiego w Warszawie w r. 1861 (8^o str. 503 i XIII z 183 drzeworytami w tekście). Kurs jest podzielony na cztery części, traktujące kolejno statykę i dynamikę ciał stałych, tudzież statykę i dynamikę ciał płynnych. Wykład elementarny jest obszerny i celuje prostotą i jasnością w przedstawieniu rzeczy, a chociaż w niektórych miejscach zachodzą pewne niedokładności i dobór przykładów nie jest ze wszystkim odpowiedni, przecież podręcznik PUCHEWICZA jest najlepszym kursem elementarnym mechaniki, samodzielnie ułożonym, jaki posiadamy.

Do zakresu wykładu uniwersyteckiego należy *Kurs Mechaniki rozumowej* G. H. NIEWĘGŁOWSKIEGO w dwu tomach, wydany nakładem hr. JANA DZIAŁYŃSKIEGO w Paryżu 1873—1876. Tom 1-szy (8^o str. XVI i 544) obejmuje w 7-miu rozdziałach statykę i dynamikę punktu, tom 2-gi (8^o str. XV i 882) w 8-miu rozdziałach kinematykę, dynamikę układów masyjnych, hydrostatykę i hydrodynamikę. Przy końcu tomu 2-go (str. 823—879) podał autor obszerną notę, zredagowaną starannie przez syna swego, BOLESŁAWA NIEWĘGŁOWSKIEGO, o sposobach ogólnych całkowania równań ruchu. Autor tego Kursu zebrał skrzętnie bogaty materiał, który ułożył według dawniejszego systemu nauki. Wykład polega na metodzie analitycznej, a w ostatnim rozdziale są traktowane liczne zagadnienia praktyczne z hydrauliki, należące właściwie do mechaniki stosowanej. Słownictwo pozostawia niestety wiele do życzenia; utworzone przez NIEWĘGŁOWSKIEGO wyrazy nie uwzględniają właściwości naszego języka i nie mogą zastąpić wyrazów powszechnie przyjętych, a pochodzących przeważnie z czasów Komisji Edukacyjnej.

Na stanowisku nauki dzisiejszej stoi *Zarys mechaniki analitycznej jako wstęp do fizyki umiejętnej* przez D-ra OSKARA FABIANA, profesora w uniwersytecie lwowskim (Lwów, nakładem Towarzystwa Pedagogicznego, 1886 8°, str. 239). Ten podręcznik nie zawiera mechaniki analitycznej w całości, lecz przedstawia zasady kinematyki i dynamiki, oile ich znajomość jest niezbędnie potrzebna do zrozumienia wywodów fizyki matematycznej.

Kończąc ten krótki przegląd literacki, dodajemy, że nowsze prace polskie o mechanice, ogłaszane w rozmaitych publikacjach naukowych, przytaczamy w literaturze w odpowiednich miejscach tej książki.
