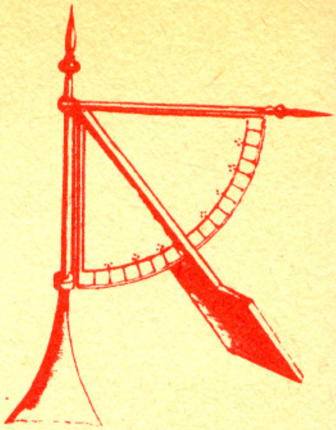
delta

$h=6{,}63\cdot 10^{-34}\,J\cdot s$ $\Pi=3{,}14593$



SPIS TREŚCI

NUMERU 8 (92)

W następnym numerze:
Zjawisko Josephsona

„Delta"
matematyczno-fizyczno-astronomiczny miesięcznik popularny Polskiego Towarzystwa Matematycznego, Polskiego Towarzystwa Fizycznego i Polskiego Towarzystwa Astronomicznego wydawany przy poparciu Ministerstwa Oświaty i Wychowania

Adres Redakcji
ul. Hoża 69 pok. 151,
00-681 Warszawa
Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo
Wrocław, Oddział w Warszawie
Nakład 20 000 egz. Objętość 2 ark. wyd.; 2,50 ark. druk.;
papier offsetowy III kl. 80 g. 61 × 86
Wydrukowano w Drukarni im. Rewolucji Październikowej
Warszawa, ul. Mińska 65
Nr zam. 421/12/81 L-15

Wydano z pomocą finansową Polskiej Akademii Nauk

WARUNKI PRENUMERATY Cena prenumeraty rocznej zł 60—, cena prenumeraty półrocznej zł 30—

Prenumeratę na kraj przyjmują Oddziały RSW „Prasa—Książka—Ruch" oraz urzędy pocztowe i doręczyciele — w terminach:
— do 25 listopada na styczeń, I kwartał, I półrocze roku następnego i cały rok następny
— do dnia 10 miesiąca, poprzedzającego okres prenumeraty na pozostałe okresy roku bieżącego.
Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje i organizacje społeczno-polityczne składają zamówienie w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa—Książka—Ruch".
Zakłady pracy i instytucje w miejscowościach, w których nie ma Oddziałów RSW, oraz prenumeratorzy indywidualni zamawiają prenumeratę w urzędach pocztowych lub u doręczycieli.
Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę, która jest o 50% droższa od prenumeraty krajowej, przyjmuje RSW „Prasa—Książka—Ruch", Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto NBP XVOI W-wa 1153-201045-139-11 w terminach podanych dla prenumeraty krajowej

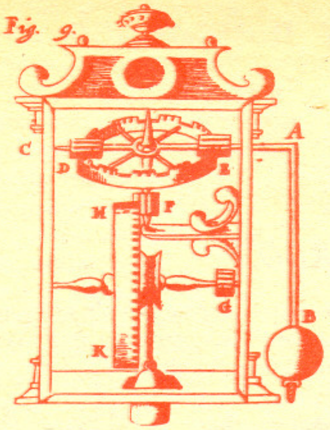
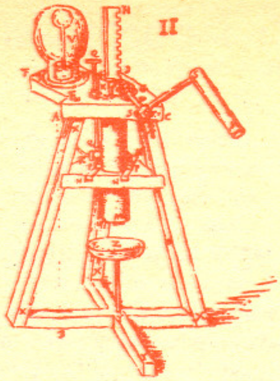
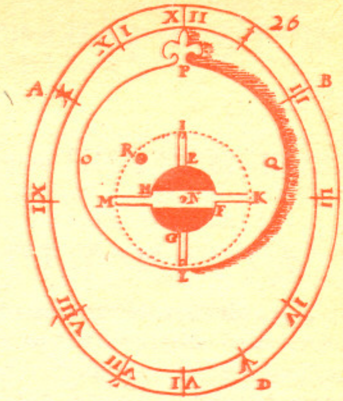
Sprzedaż numerów bieżących i uprzednich

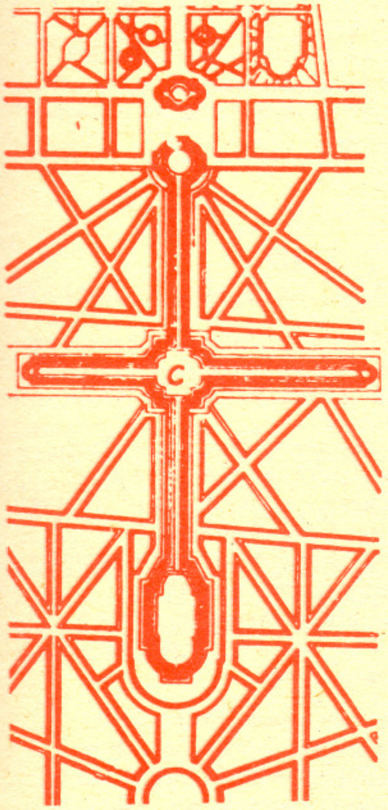
Instytucje państwowe i społeczne, zakłady pracy, szkoły i czytelnicy indywidualni mogą nabywać „DELTĘ":

w Księgarni Ośrodka Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN.
Sprzedaż gotówkowa i wysyłkowa, numerów bieżących i archiwalnych; płatność gotówką, przelewem lub za zaliczeniem pocztowym.
Adres: ORPAN 00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki, Konto PKO I OM W-wa 1531-912
w Księgarni Ossolineum, Rynek 8, 50-106 Wrocław
w Głównej Księgarni Naukowej, Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa
w Księgarni Naukowej, ul. Podwale 6, 31-118 Kraków

Orders for this periodical from abroad can be placed with „Ars Polona" Krakowskie Przedmieście 7 00-068 Warszawa, Poland or with
— Kubon & Sagner, Inhaber Otto Sagner, D8 Munchen 34, Postfach 68, Bundesrepublik Deutschland.
— Earlscourt Publications Ltd., 130 Shephard Bush Centre, London W 12, Great Britain,
— Licosa Commissionaria Sansoni, Via Lamarmora 45, 50 121 Firenze, Italia

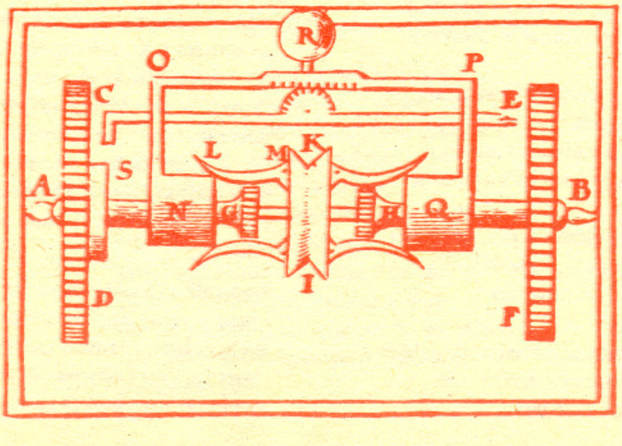
Cena 1 egzemplarza zł 5— nr indeksu 35723/35550

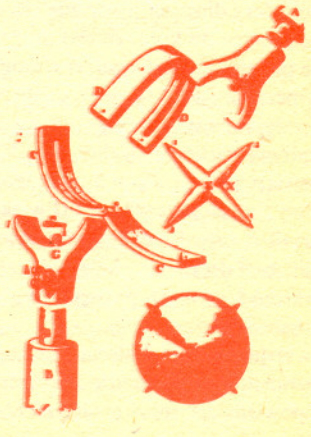







Gdy wszystko w Ceucie szło już wedle należytego porządku, ojciec znowu wziął się do pracy nad naukami ścisłymi. Dwaj bracia Bernoulli napełniali wówczas uczony świat odgłosem swych sprzeczek. Mój ojciec nazywał ich żartobliwie Eteoklesem i Polinikiem, w duszy jednak szczerze był nimi zajęty. Często mieszał się do walki, przesyłając bezimienne pisma, które jednemu z dwóch stronnictw dostarczały niespodziewanych posiłków. Gdy wielkie zagadnienie izoperymetryczne przedstawiono pod roztrząśnięcie czterech najznakomitszych europejskich geometrów, ojciec mój przesłał im metody analizy, które można uważać za arcydzieła pomysłowości; ale nikt nie przypuścił, żeby autor chciał zachować incognito, i przypisywano je raz jednemu, to znów drugiemu bratu. Mylono się, ojciec mój lubił nauki, nie zaś sławę, jaką one przynoszą. Doznane nieszczęścia uczyniły go dzikim i bojaźliwym.
Jakub Bernoulli umarł w chwili, gdy miał odnieść stanowcze zwycięstwo, plac boju został się przy jego bracie. Mój ojciec wiedział dobrze, że ów brat popełnia błąd, uwzględniając tylko dwa pierwiastki w liniach krzywych, wszelako nie chciał przedłużać walki, która niepokoiła cały uczony świat. Tymczasem Mikołaj Bernoulli nie mógł spokojnie usiedzieć, wypowiedział wojnę margrabiemu de l'Hospital, roszcząc prawo do wszystkich jego odkryć, w kilka zaś lat potem uderzył nawet na Newtona. Przedmiotem tych nowych waśni był rachunek nieskończoności, który Leibniz wynalazł był w tym samym czasie co i Newton i który Anglicy podnieśli do godności sprawy narodowej. Tym sposobem ojciec mój przepędził najpiękniejsze lata swego życia na przypatrywaniu się z daleka tym wielkim walkom, w których najznakomitsze ówczesne umysły stawały do boju z bronią tak ostrą, na jaką tylko geniusz ludzki może się zdobyć. Jednakże przy zamiłowaniu swoim do nauk ścisłych wcale nie zaniedbywał innych gałęzi umiejętności. Na skałach Ceuty znajdowało się mnóstwo zwierząt morskich, które w naturze swej nader zbliżają się do roślin i stanowią przejście między dwoma tymi królestwami. Mój ojciec miał ich zawsze kilka pozamykanych w słojach i z upodobaniem obserwował cudowność ich organizmów. Oprócz tego zgromadził wyczerpujący zbiór dzieł starożytnych dziejopisarzów; zaopatrzył się w ten zbiór, aby poprzeć dowodami, wyciągniętymi z faktów, zasady prawdopodobieństwa, wyłożone przez Bernoulliego w jego dziele pod tytułem „Ars coniectandi."

Jan Potocki, Rękopis znaleziony w Saragossie



Pola figur płaskich i obroty sfer niebieskich czyli wielki przełom

Doc. dr Piotr MANKIEWICZ, dr Marek KORDOS

Każda epoka ma swoje wielkie odkrycia naukowe, które wyznaczają jej wkład we wspólny dorobek cywilizacji gatunku Homo sapiens. Być może takimi odkryciami naszego wieku będą *rozbicie atomu* — nie opanowanie atomu (do tego jeszcze daleka droga) ale rozbicie oraz *odkrycie mechanizmów dziedziczenia* (podwójna spirala DNA) — znowu do całkowitego rozwiązania problemu jeszcze daleko. Ale w obu przypadkach kierunek został wytyczony oraz pierwszy i najważniejszy krok został dokonany.
W wieku XVII ludzkość rozwiązała dwa wielkie problemy: *problem kwadratury* (obliczania pól figur płaskich, a dalej długości łuków i objętości brył) i *problem „obrotów sfer niebieskich"* (uzyskała odpowiedź na pytanie co — u diabła? — dzieje się na firmamencie niebieskim). Stwierdzenie, że ludzkość rozwiązała te dwa problemy jest nieco kłamliwe, gdyż po pierwsze to nie ludzkość, a konkretni ludzie — Leibniz i Newton, po drugie oni też nie rozwiązali tego sami, a dokonali tego w oparciu o skumulowaną wiedzę zgromadzoną przez swoich poprzedników. Sam Newton podobno miał powiedzieć: „Jeśli sięgnąłem wzrokiem nieco dalej niż inni, to tylko dlatego, że stałem na ramionach gigantów".
Żeby ocenić właściwie wagę rozwiązania problemu naukowego należy zdać sobie sprawę, że składa się ona z dwóch niezależnych części, a mianowicie z *wagi naukowej problemu* mierzonej potencjałem intelektualnym ludzi usiłujących uprzednio dany problem rozwiązać, a którzy musieli się poddać oraz z *wagi społecznej* samego *rozwiązania*. Bywają bowiem społecznie banalne rozwiązania wielkich problemów (np. trysekcji kąta) i rewolucyjne rozwiązania problemów nieefektownych (np. prawa dziedziczenia Mendla).
Spróbujmy więc zważyć te dwa wielkie dokonania XVII wieku.

Parada Gigantów (nie wszystkich) z rękami podniesionymi ku górze (na znak, że się poddają), czyli waga naukowa problemów

PROBLEM KWADRATURY, TAKI SZERSZY

Starożytni, np. Egipcjanie, rozwiązywali ten problem niechlujnie.
Porównywanie pól było im potrzebne do dzielenia gruntów między uprawiających je rolników, a porównywanie objętości — do podziału żywności. Oba te podziały, pracy i płacy, można jak wiadomo wykonywać dowolnie niestarannie.
Grecy, mając ambicję demokracji i rozwiązywania każdego dającego się pomyśleć problemu, wymyślili dwa niezależne podejścia:
Demokryt zapoczątkował ustalanie objętości brył za pomocą wypełniania ich drobnymi jednakowymi „atomami" — piaskiem, przesypywanym potem do prostopadłościennych naczyń.
Eudoksos dzielił bryły na kawałki, których objętość umiał obliczyć. Obaj dobrze „zgadli" objętość stożka.
Archimedes uprawiał obie metody. Piasek zastąpił wodą uzyskując „przy okazji" prawo Archimedesa. Bardzo sprytnie obliczył objętość kuli jako różnicę objętości, walca i stożka. Od tej jednak pory, aż do XVII wieku wszyscy obliczali pola, objętości i długości wyłącznie przy użyciu sprytu, za pomocą specjalnych do konkretnego przypadku dobranych sposobów, nie umiejąc znaleźć ogólnej metody.
Tymczasem, od XIV wieku, zaczęła w Europie rozwijać się zapożyczona od Arabów (wraz z systemem pozycyjnym zapisywania liczb) algebra. W XVI wieku umiano już np. rozwiązywać równania 3 i 4 stopnia. A w kwestii kwadratur tylko (już na początku XVII wieku)
Cavalieri zaczął redukować problemy obliczania pól, objętości i długości do znajdowania pól leżących pod „kawałkami" wykresów pewnych prostych funkcji. Wykresów, bo równocześnie
Kartezjusz połączył niezależne dotąd gałęzie matematyki, algebrę i geometrię, w geometrię analityczną i nauczył znajdować odpowiadające sobie problemy obu tych dziedzin.

PROBLEM OBROTÓW SFER NIEBIESKICH

Ludy Mezopotamii, jak wszystkie zresztą inne ludy, patrzyły z zainteresowaniem w niebo — siedlisko bogów. Ich kapłani prowadzili systematyczne obserwacje astronomiczne na przestrzeni tysiącleci, potrafili przewidywać zaćmienia Słońca i Księżyca, a także obliczyli z zadziwiającą dokładnością niektóre parametry astronomiczne. Wiedzy tej używali głównie do celów wróżbiarstwa i nie podjęli udanych prób stworzenia spójnej teorii nieba. Po prostu takiego pytania sobie nie stawiali, wystarczała im możliwość przewidywania.

Ptolemeusz stworzył ogólnie znany system „działania sfer niebieskich". Ziemia — centrum Wszechświata i planety oraz Słońce, które krążą dookoła niej po orbitach kołowych. Na wybór takiej, a nie innej koncepcji znaczny wpływ miały względy filozoficzne i estetyczne — w końcu zrozumiały antropocentryzm i przekonanie, że koło jest najdoskonalszą z figur płaskich. Bowiem kultura grecka najlepszą drogę poznania świata widziała w spekulacjach filozoficznych i była ustawiona, jeśli nie tyłem, to bokiem, do wszelkich eksperymentów praktycznych. Czynione później obserwacje wykazywały niezgodność teorii ptolemejskiej ze stanem faktycznym. By temu zaradzić wprowadzono do niej poprawki (tzw. epicykle), a gdy to nie odniosło właściwego skutku — wprowadzono poprawki do poprawek itd., aż w miejsce uderzającej prostotą konstrukcji (czynnik estetyczny) pojawiło się skomplikowane monstrum, a problem był ciągle daleki od rozwiązania. Teoria Ptolemeusza, z tymi wszystkimi poprawkami, była ogólnie obowiązująca (= urzędowa?) do czasu, gdy

Kopernik przedstawił swoją — Słońce w środku, a Ziemia i inne planety krążące po orbitach kołowych. Teoria ta wywołała wiele dobrze znanych „sporów", ale ponieważ lepiej odpowiadała obserwacjom (jedynym kryterium prawdy naukowej jest jej zgodność z praktyką) została w końcu ogólnie zaakceptowana.

Fermat, Pascal, Huygens, Barrow, Wallis i inni poszli drogą wskazaną przez Cavalieriego i wszystkie kwadratury sprowadzili do obliczania pól pod wykresami. Równocześnie wyznaczali styczne do wielu krzywych. W obu tych problemach posługiwali się jednak metodami nie mieszczącymi w obrębie ani algebry, ani geometrii. Mówiono np. o *nieskończonych sumach nieskończenie małych wielkości*. Ponieważ w ówczesnej matematyce obowiązywały rygory ścisłości odziedziczone po greckich geometrach, uzyskiwane wyniki nie były na ogół publikowane, a tylko rozpowszechniane wśród „ekspertów" drogą korespondencji i osobistych kontaków. Choć asekurowano się często dopisując uwagę, że *„łatwo można by przedstawić długi dowód w stylu Archimedesa, ale po co?"*. Nawet Newton w *Principiach* maskował to, co dziś nazwalibyśmy przejściem granicznym w swoich odkryciach (na prawo patrz) sformułowaniami w języku klasycznej geometrii euklidesowej.

Rozwiązanie problemu polegało na zauważeniu dualności pomiędzy problemem stycznych, a problemem pól. Dokonane zostało to niezależnie przez Leibniza i Newtona, którzy udowodnili tzw. Podstawowe Twierdzenie Analizy. Niech $\frac{d}{dt}f(t)$ oznacza tangens nachylenia stycznej do wykresu funkcji $f(t)$, a $\int_a^b f(x)dx$ oznacza pole leżące pomiędzy wykresem funkcji $f(x)$, dla $x \in \langle a, b\rangle$ i osią x-ów. Wtedy

$$\frac{d}{dt}\int_a^t f(x)dx = f(t).$$

Innymi słowy pochodna przyrostu pola równa się wartości funkcji. Celowo opuściliśmy tu założenia twierdzenia. Dla Newtona krzywe były trajektoriami ruchu i pochodna była prędkością chwilową, a każdy przecież ruch ma swoją prędkość. Z kolei dla Leibniza krzywe składały się z „nieskończenie wielu nieskończenie małych odcinków" i styczna była prostą zawierającą taki odcinek. Nietrudno zauważyć, że Podstawowe Twierdzenie Analizy problem liczenia pól sprowadza do rozwinięcia teorii obliczania pochodnych i do teorii operacji odwrotnej — całkowania. To i kwestia wypracowania właściwych założeń metodologicznych zostało zostawione następnym pokoleniom.

Nie bez znaczenia był przy tym fakt powrotu do niezwykłej prostoty. I znowu zaczęto prowadzić obserwacje nieba, by zbadać zgodność nowej teorii z praktyką. Jednym z takich astronomów był

Tycho de Brahe. Przez wiele lat prowadził on obserwacje nieba, najdokładniejsze, jakie dokonano kiedykolwiek bez użycia teleskopu (to jeszcze nie te czasy). Wynik był jednoznaczny — coś się znowu nie zgadza! Następnym wielkim osiągnięciem, już nie naukowym, Tycho de Brahe było znalezienie właściwego człowieka, któremu przekazał pod koniec życia wyniki swojej pracy — najprawdopodobniej jedynego, który mógł je właściwie spożytkować. Taki człowiek jak

Kepler zdarza się niezwykle rzadko. Po dwudziestu dwu latach nieludzkich obliczeń Kepler sformułował, na podstawie wyników obserwacji Tycho de Brahe, trzy prawa rządzące ruchem planet — tzw. prawa Keplera. Na astronomów padł strach. Obserwacje wykazały, że do pięknej i przejrzystej teorii Kopernika trzeba znowu wprowadzić poprawki. Czyżby historia się powtarzała i po wykonaniu jeszcze dokładniejszych obserwacji trzeba będzie wprowadzić poprawki do poprawek i tak dalej, aż znowu dostaniemy niestrawne monstrum? W tym momencie wkracza na scenę

Newton, który kontynuując badania zapoczątkowane przez Galileusza sformułował podstawowe prawa mechaniki, tzw. prawa Newtona. Dla współczesnych nie bardzo to było związane z obrotami planet, któż mógł bowiem wtedy przypuszczać, że gwiazdy, Słońce i planety, a więc byty niebiańskie, mają budowę materialną podlegającą prawom mechaniki jak zwykłe kamienie — niemożliwe! A jednak to było brakujące ogniwo pozwalające na

rozwiązanie problemu. Newton (w wieku 22—23 lat) ze swojego drugiego prawa i praw Keplera, posługując się aparatem rachunkowym stworzonym przez siebie (na lewo patrz) wywnioskował prawo powszechnego ciążenia

$$F = c\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}.$$

Następnie wykazał, jak przystało na nowoczesnego naukowca, że prawa mechaniki są ogólniejsze niż prawa Keplera, tzn. że prawa Keplera wynikają z praw mechaniki. Wniosek: **Ruchem ciał niebieskich rządzą te same „zwyczajne" prawa fizyczne co ruchem obiektów ziemskich.** Koniec, kropka. Ostateczne rozwiązanie problemu.

I co z tego mamy, czyli zważmy społeczne skutki

Hipoteza, że otaczający nas świat funkcjonuje według obiektywnych, niezależnych od nas praw i to praw poznawalnych, była jedną z wielu możliwych wówczas do przyjęcia koncepcji filozoficznych. Natomiast jej ogólne przyjęcie, spowodowane spektakularnym sukcesem (patrz wyżej), było warunkiem koniecznym rozpoczęcia na szerszą skalę badań naukowych, gdyż jeżeli świat funkcjonuje według niezależnych i poznawalnych praw, to nie można tych praw nie badać.

RACJONALIZM, CZYLI POTĘGA ROZUMU

Kartezjusz powiedział „Myślę, więc jestem", ale pod słowem *myślę* rozumiał: mogę poznać świat, poznać wszystko co istnieje. I takie właśnie zadanie stawiał sobie i innym. W sytuacji, gdy owo poznanie okazało się nie tylko teoretycznie wykonalne, ale i (w obrębie postawionych problemów) wykonane, uznano, że rozum ludzki jest równorzędny do świata w tym sensie, iż może nam świat w pełni objaśnić.

DETERMINIZM — A WIĘC CZŁOWIEK WOLNY, CZY NIE

Ujęcie ilościowe zależności między działaniem wywołującym zmiany ruchu (siłą wg Newtona), a ujętym globalnie ruchem (trajektorią) wydało się być modelowe dla całej struktury Wszechświata. Prawa Newtona: brak oddziaływań = stabilność, proporcjonalność oddziaływań do efektów, wreszcie przeciwdziałanie równe działaniu, stosowano do wszelkich (nie tylko mechanicznych) aspektów rzeczywistości.

INŻYNIEROWIE — MYŚLENIE CZY NATCHNIENIE

Badania XVII wieku, jak każde inne, musiały być dotowane. I choć w odniesieniu do luminarzy nauki tego stulecia odpowiedź na pytanie „kto im płacił" byłaby (jak to zwykle z luminarzami) bardzo złożona, to jednak w przeważającej części przypadków licznych wówczas badaczy (z tej wielkiej liczby mogli dopiero wyrosnąć naprawdę wielcy) odpowiedź na pytanie o finansową stronę

Jest to oczywiste uogólnienie. Ale, gdy na kolejno „branych na warsztat" polach ów rozum zdawał egzamin, racjonalizm — doktryna zakładająca rozumową możliwość wyjaśnienia wszystkiego na co zwróciliśmy uwagę — stał się na ćwierć tysiąclecia dominujący.

I tak Cavendish mógł z całym spokojem sprawdzać doświadczalnie, że wszelkie ciała (nie tylko niebieskie) przyciągają się nawzajem, pewny, że rozumowo uzyskane prawo nie zawiedzie. I w końcu (rok 1798, za pomocą wagi skręceń) ustalił stałą grawitacji. Dlatego też miażdżąca krytyka newtonowskich *Principiów* przez Berkeleya i lansowany przez niego agnostycyzm (doktryna zakładająca niepoznawalność świata) mogły być całkowicie zlekceważone.

Bo równocześnie racjonalistycznie porządkowano kolejne zakresy rzeczywistości: chemię od Boyle'a przez Daltona do układu okresowego Mendelejewa, ekonomię od Smitha do *Kapitału*, biologię przez teorię ewolucji aż po ustalenie struktury dziedziczenia itd., itp.

Racjonalizm głęboko wrył się w świadomość społeczną. Przecież mówiąc „należy znaleźć racjonalne wyjście" pod słowem racjonalne rozumiemy najlepsze, właściwe. Z drugiej strony stwierdzając, że ktoś „postępuje irracjonalnie", wyrażamy ocenę negatywną.

I formułowano dalsze: do zachowania pędu dołączono zachowanie energii, masy itp. Słowem wprowadzono „modo mechanico" (na sposób mechaniki) newtonowską strukturę wszędzie, nawet do teorii społecznych. Doskonalenie warsztatu opisowego, w tym przypadku głównie teorii równań różniczkowych, stało się zagadnieniem pierwszoplanowym. Po 150 latach uzyskano też spodziewany wynik — twierdzenie o istnieniu i jednoznaczności rozwiązania równania różniczkowego. W mechanice oznacza to, iż znając stan chwilowy takiego układu, znamy tym samym jego ewolucję w czasie. Uogólniając jak wyżej, uzyskamy pogląd, w myśl którego aktualny (bądź inny chwilowy) stan świata w pełni wyznacza całą jego przeszłą, jak i przyszłą historię — determinizm. I choć świadomościowo przykry (bo gdzie wolna wola), okazał się determinizm praktycznie powszechnie przyjętą doktryną. Siłę deterministycznego obrazu świata ukształtowanego w wyniku niezaprzeczalnych sukcesów uczonych XVII wieku najlepiej może obrazuje fakt, iż odejście od niego zaczęło być rozważane dopiero, gdy mechanika sama znalazła dla niego alternatywę — teorię kwantową. Choć chyba, jak dotąd, odejście od determinizmu w nauce człowieka nie uwolniło. Często czuje się jeszcze „modo mechanico" chwycony w tryby mechanizmów społecznych, jednoznacznie ukierunkowany prawami epoki itd.

zagadnienia jest znana: głównie wojsko (większość była oficerami łącznie wówczas zorganizowanej artylerii i saperów), oraz władze miejskie (te chciały dobrze chodzących zegarów na ratuszach). I niezależnie od rzetelności poszczególnych zleceniobiorców, należy stwierdzić, iż owi inżynierowie (używając dzisiejszej nazwy) uczciwie otrzymane pieniądze zarobili. Dokonali bowiem tego, że od XVII wieku w pracy technika było już nie tylko szaleństwo, ale i metoda. Uzyskana właśnie wówczas możność precyzyjnego opisu zjawisk mechanicznych, możność przewidzenia jak nie zbudowane jeszcze urządzenie zachowa się, czy i jak będzie działało, pozwoliło uczynić z działalności technicznej nie tylko działalność *ingénieuse* (fr.: pomysłową, dowcipnie pomyślaną), lecz także zawód (słowo *génie* oznacza po francusku talent, geniusza i oficera saperów). W ten sposób sztuka inżynierska przekształciła się w naukę inżynierską. Różnica zasadnicza — talent zdarza się stosunkowo rzadko, natomiast wiedzy może się wyuczyć praktycznie prawie każdy. Nauka inżynierska daje się więc upowszechnić. Tak więc w konsekwencji XVII-wiecznego przewrotu w nauce uzyskaliśmy szybko *École Polytechnique* i wykształconych *ingénieurs* i niebawem liczne politechniki, w których nauki techniczne są pobierane przez liczne rzesze przyszłych inżynierów. Zaś konsekwencje ich działalności każdy może zobaczyć wokół siebie.

Dziś jesteśmy już mądrzejsi od naszych XVII-wiecznych kolegów o całą ich mądrość i świadomość tego, co się w międzyczasie dokonało. I możemy nawet na te czy inne konsekwencje ich osiągnięć wybrzydzać. Jedno jest jednak pewne: od czasów aleksandryjskich (IV w.p.n.e.) nie dokonał się w nauce żaden porównywalny przewrót, nie zrobiono nigdy porównywalnego do XVII-wiecznego skoku naprzód.
A co do wybrzydzania. Ci, którym się uda naprawdę czegoś dokonać wyznaczają kierunek rozwoju świata. I to jest dobrze. Tak wygląda prawdziwa społeczna zapłata za ich trud. I wpływem na dalszy bieg historii mierzy się ich dokonania.

Słoń a ..., czyli my, tu, dziś

Historia naszego narodu (tradycja romantyzmu i wielkich zrywów powstańczych) spowodowała, że nasza narodowa kultura jest przedziwną mieszanką racjonalizmu i irracjonalizmu. To Wieszcz napisał: *Czucie i wiara silniej mówią do mnie niż mędrca szkiełko i oko*, a w okresach prób „wybicia się na niepodległość" działanie pod wpływem uczucia, odruchu serca liczyło się bardziej niż działanie pod wpływem głębokich racji rozumowych. Odziedziczyliśmy to wszystko razem z kulturą i dlatego nie zawsze zachowujemy się racjonalnie.

Na pytanie, czy decyzje swoje podejmujesz na zasadzie wolnego wyboru, czy też okoliczności zewnętrzne decydują za Ciebie, będziesz musiał, Czytelniku, odpowiedzieć sobie sam.

Natomiast, jeżeli chodzi o inżynierów, zauważ, że w krajach o najwyższym rozwoju cywilizacji przemysłowej inżynierowie cieszą się dużym szacunkiem (np. w USA prestiż społeczny dobrego inżyniera jest znacznie wyższy niż dobrego literata). Tak im się płaci za to, co zrobili dla materialnej strony życia. U nas zaś tradycyjnie bardziej się liczy Słowo niż Ciało — Poeta niż Inżynier. Może właśnie dlatego w naszej kulturze mamy tak wielu wybitnych poetów, a tak mało wybitnych inżynierów.

Na podstawie własnych doświadczeń?

Pewnego razu głupiec zapytał Newtona o to, jak odkrył prawo powszechnego ciążenia. Widząc z kim ma do czynienia i chcąc się pozbyć natręta Newton odpowiedział, że spadające jabłko trafiło go w nos. I głupiec odszedł zadowolony, że teraz już wie.

Karol Gauss

Każdy kij ma dwa końce

Z właściwą dla XVII w. wszechstronnością Newton badał wszystkie aspekty otaczającej rzeczywistości. Uporawszy się zatem z Niebem zwrócił swoją uwagę w kierunku zgoła przeciwnym: podjął badania i opisał topografię Piekła.

Problem

W 1669 r. nauczyciel Newtona, profesor Barrow, widząc, że (wówczas 25-letni) uczeń przerósł mistrza przekazał Newtonowi swoją katedrę w Cambridge. Ostatnio nie słyszeliśmy o takich wypadkach. Są trzy możliwości:

a) mamy słaby słuch

b) nie ma już tak zdolnych uczniów

c) nie ma już takich nauczycieli.

Wniosek

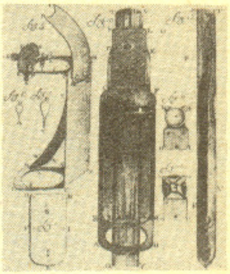
W latach 1664—65 uniwersytet w Cambridge został zamknięty z powodu epidemii, co zmusiło Newtona do powrotu na wieś. W tym czasie dokonał swych największych odkryć. Jak widać już wtedy atmosfera uniwersytetu nie była najbardziej sprzyjająca działalności naukowej.

Mikroskop

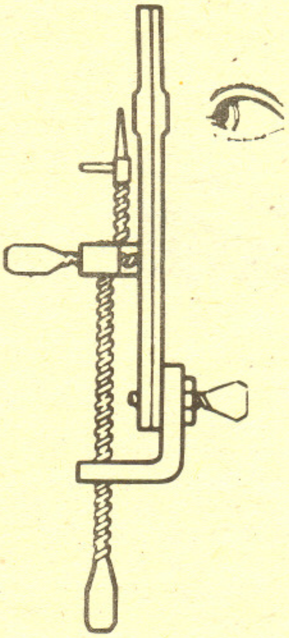
Już w XIII w. używano okularów z prostymi soczewkami, ale dopiero na początku XVII w. skonstruowano pierwsze mikroskopy. Składały się one początkowo z dwóch soczewek — obiektywu, który dawał powiększony obraz rzeczywisty oraz okularu spełniającego rolę lupy tj. odsuwającego ten obraz na odległość dobrego widzenia. Pchła widziana przez pierwsze mikroskopy „*miała wymiary świerszcza*". Powiększenie nie przekraczało więc prawdopodobnie 25 razy. Później dodano jeszcze jedną, trzecią soczewkę pomiędzy obiektywem i okularem, która powiększała pole widzenia i zmniejszała zniekształcenie obrazu. Pierwszą wzmiankę o tym usprawnieniu znaleziono w notatkach Christiana Huygensa z 1654 roku.

Głównym ograniczeniem możliwości XVII-wiecznych mikroskopów była zła jakość szkła. Było ono niejednorodne, często zabarwione co powodowało pochłanianie znacznej części światła i nieregularne załamanie. Jednakże nawet duży postęp w produkcji szkła i szlifowaniu soczewek w drugiej połowie XVII wieku nie usunął podstawowej wady mikroskopu — aberracji chromatycznej. Przyczyną aberracji chromatycznej jest bowiem zależność współczynnika załamania szkła od barwy światła. Soczewka skupia promienie różnych barw w nieco różnych miejscach co powoduje, że obserwowane przez nią przedmioty otoczone są kolorową obwódką. W mikroskopie złożonym zniekształcenie obrazu jest tym większe, im większe jest powiększenie.

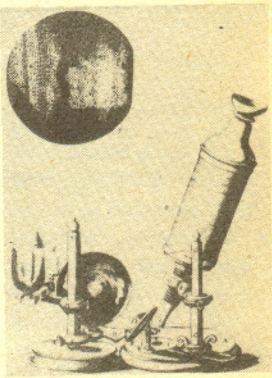
Wady tej nie ma jednak pojedyncza soczewka umieszczona blisko oka, bo obrazy utworzone przez różne barwy nakładają się na siebie, co powoduje, że obraz jest ostry i bezbarwny. Z tego też powodu pojedyncze, dokładnie szlifowane soczewki były w owym czasie dużo lepszym narzędziem badawczym niż złożone mikroskopy. Antoni van Leeuwenhoek, uważany za pierwszego mikrobiologa, prowadził badania właśnie przy użyciu mikroskopów z pojedynczą soczewką. Wszystkie wykonał własnoręcznie według własnych planów, a co najistotniejsze wszystkie (a zrobił ich kilkaset) wyposażone były w soczewki, które sam szlifował. Metody szlifowania nigdy nie zdradził. Mikroskopy Leeuwenhoeka były nie większe niż pudełko zapałek. Składały się z dwu, znitowanych razem metalowych płytek z maleńką soczewką między nimi. Obserwowany przedmiot umieszczony był na szpilce, której położenie mogło być ustawiane przed soczewką przy pomocy dwu śrub mikrometrycznych. Te prymitywne z wyglądu mikroskopy nie miały w owym czasie sobie równych. Wśród zachowanych do dzisiaj najlepszy daje powiększenie 275 krotne przy zdolności rozdzielczej 1,4 μm (pomimo licznych zadraśnięć soczewki). Spróbujcie oszacować ogniskową takiej soczewki wiedząc, że otwór w przesłonie ma średnicę 1 mm. W jakiej odległości trzeba umieścić przedmiot?



Mikroskop Leeuwenhoeka do obserwacji obiegu krwi w naczyniach włoskowatych płetwy ryby. Rysunek pochodzi z jednego ze 112 listów Leeuwenhoeka do Towarzystwa Królewskiego w Londynie.



Mikroskop Leeuwenhoeka



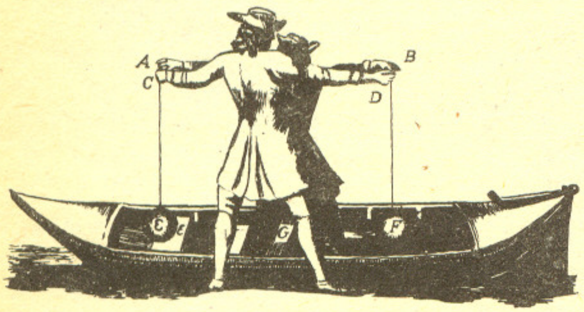
Złożony mikroskop Hooke'a i ilustracja z jego książki „Micrographia" (1665).

Kiedy obróbka szkieł optycznych osiągnęła pewien szczebel doskonałości, przed badaczami przyrody otworzył swe podwoje zupełnie nowy świat. Pasją uczonych, a także bogatych amatorów (o lupę było łatwiej niż o akcelerator nawet w tamtych dawnych dobrych czasach) stało się badanie wymoczków. Należało wymoczyć w naczyniu z wodą dowolną substancję, następnie rezultat obejrzeć przez szkiełko i już można było odkryć nowego wymoczka. Moczono więc siano, suchary, pieprz mielony i pieprz w ziarenkach, żelatynę, tytoń, ogórki i porosty. Z każdej z wymienionych substancji (a i z innych wymyślonych według fantazji i możliwości badacza) powstawały nowe wymoczki. Można było teraz badać je i opisywać przypisując tym wymoczonym z pieprzu naturę bardziej ognistą niż wymoczonym na przykład z mchu. Z czasem okazało się, że całą listę tych interesujących organizmów należy zredukować do paru zaledwie pierwotniaków, których wysuszone formy przetrwalnikowe dostawały się do nalewek wraz z kurzem i brudem. Inaczej mówiąc: gdyby doświadczenia przeprowadzono w bardziej higienicznych warunkach, nic by się nie wymoczyło. I właściwie szkoda, że nie ma tych pięknych tajemniczych tworów, które ongiś tak żarliwie były poznawane.

Zasada względności

W 1668 r. Towarzystwo Królewskie w Londynie ogłosiło konkurs na najlepsze opracowanie dotyczące teorii zderzeń. Praca przedstawiona przez Christiana Huygensa zdystansowała pozostałe (dwie) nadesłane na konkurs. Huygens oparł swe rozważania na trzech zasadach: zasadzie inercji, zasadzie mówiącej, że sprężyste ciała o równych masach i równych ale przeciwnie skierowanych prędkościach przy zderzeniu wymieniają się prędkościami oraz zasadzie względności Galileusza. Oto jak autor dowodzi pierwszego twierdzenia swojej teorii:

„Jeśli w ciało spoczywające uderza drugie takie samo, to po zderzeniu to drugie ciało spoczywa, a spoczywające u z y s k u j e tę samą prędkość, jaką posiadało uderzające.



Wyobraźmy sobie, że łódź spływa potokiem wzdłuż brzegu i to tak blisko brzegu, że stojący w niej pasażer może wyciągnąć ręce do stojącego na brzegu towarzysza. Płynący trzyma w rękach *A* i *B* dwa równe, podwieszone na niciach ciała *E* i *F*, punkt *G* dzieli odległość *EF* między nimi na połowę. Takim samym ruchem obu rąk względem siebie i łódki doprowadza on do zderzenia kul *E* i *F* z równymi prędkościami. Po zderzeniu powinny one (na mocy przyjętej zasady) odskoczyć z jednakowymi prędkościami. Jednakże łódź, jak sobie wyobrażamy, unoszona jest w lewą stronę z prędkością *GE* tj. taką samą z jaką ręka *A* porusza się w prawo. Dlatego oczywistym jest, że ręka *A* dla towarzysza na brzegu pozostanie nieruchoma, a ręka *B*, z jego punktu widzenia, będzie się poruszała z prędkością *FE* równą podwojonej prędkości *GE* i *FG*.

Dlatego, jeśli wyobrazimy sobie, że towarzysz na brzegu chwyta swoją ręką *C* rękę płynącego *A*, a drugą ręką *D* rękę płynącego *B*, to jasnym jest, że podczas gdy pasażer zbliża kule *E* i *F* z równymi prędkościami (względem siebie i łodzi), towarzysz na ziemi uderza spoczywającą kulę *E* kulą *F*, poruszającą się z prędkością *FE*. Ponieważ, jak powiedzieliśmy, kule *E* i *F* po zetknięciu odskakują z równymi prędkościami względem pasażera i łodzi, a mianowicie kula *E* z prędkością *GE* a kula *F* z prędkością *GF*, to okazuje się, że względem brzegu i nieruchomego towarzysza kula *F* po zderzeniu będzie nieruchoma, a druga kula poruszać się będzie z podwojoną prędkością *GE*..."

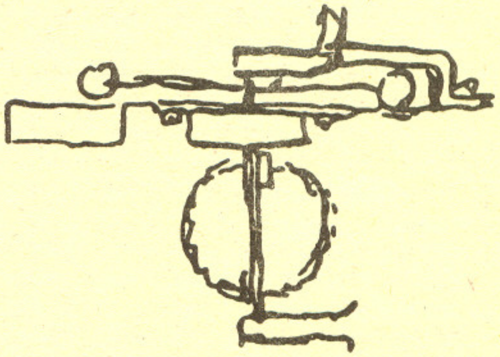
Na podobnej drodze dochodzi Huygens do jednego z najważniejszych wyników swojej teorii — zasady zachowania żywej siły, czyli energii kinetycznej. Dzisiaj także często stosujemy oparty na zasadzie względności sposób uproszczenia, czy nawet rozwiązania, zagadnienia, analizując zjawisko w odpowiednio wybranym inercjalnym układzie współrzędnych.

400 lat wahadła

Do najdonioślejszych osiągnięć mechaniki XVII wieku zaliczyć należy niewątpliwie wahadło i jego odmianę — balans. Znalazły one zastosowanie w zegarach mechanicznych, których początki datuje się na przełom XIII i XIV wieku. Wynalazek regulatora wahadłowego przyczynił się do powstania całej rodziny czasomierzy, kontynuowanej do dziś w postaci wielkich i zminiaturyzowanych zegarów kwarcowych i atomowych. Rolę wahadła spełniają w nich ściśle okresowo drgające układy elektryczne.
Prawa ruchu wahadłowego sformułował około roku 1580 Galileusz, ale dopiero w r. 1636 rozpoczął realizację — bez większego powodzenia — pomysłu skonstruowania zegara.
Za właściwego wynalazcę zegara wahadłowego uważa się dopiero Huygensa (1629—1695), który w 1657 roku skonstruował pierwszy model opatentowany na nazwisko swego współpracownika Costera. Dziełem Huygensa jest również balans ze spiralą (1675), który umożliwił budowę zegarów przenośnych. Był to „cud techniki" w porównaniu z wcześniejszymi zegarkami z regulatorem kolebnikowym, tylko w przybliżeniu realizującym ruchy periodyczne.
Huygens był dumny ze swego wynalazku, którego nie omieszkał opatentować licząc także i na korzyści finansowe. W zgłoszeniu patentowym usiłował zasadę działania balansu ukryć w postaci anagramu:

4	1	3	5	3	7	3	1	2	3	4	3	2	3	2
a	b	c	e	f	i	l	m	n	o	r	s	t	u	x

Ten sposób podawania do publicznej wiadomości nowych wynalazków był wówczas rozpowszechniony. Należało tak manipulować cyframi i literami, aby odczytać ukrytą treść, która brzmiała: „*Axis circuli mobilis affixus in centro volutae ferreae*" — tzn. „oś ruchomego koła jest przymocowana do środka żelaznej spirali" (łac.).

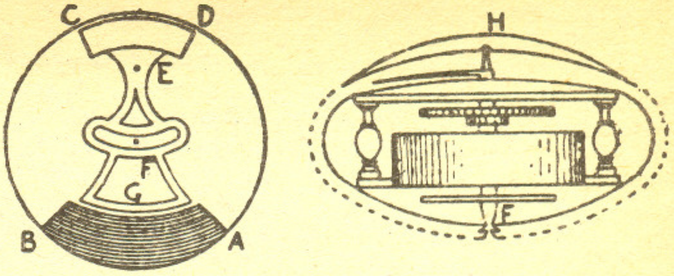


Szkic balansu ze sprężyną z pracy Huygensa zamieszczonej w „Philosophical Transactions of the Royal Society" — pierwszym czasopiśmie naukowym.

Huygens postępował ostrożnie, gdyż miał kilku konkurentów, którzy różnymi drogami dążyli do zdobycia palmy pierwszeństwa. Byli nimi między innymi zegarmistrz, który na zlecenie Huygensa wykonał pierwszy model spirali, oraz znany fizyk angielski Robert Hooke, który prowadził nawet oszczerczą kampanię przeciw Huygensowi oskarżając go wprost o plagiat.
Do konkurentów Huygensa można by również zaliczyć dwóch uczonych z Polski: Heweliusza i Kochańskiego. Gdańszczanin Jan Heweliusz (1611—1687) już na kilka lat przed Huygensem (1649), wzorując się na modelu Galileusza czynił pierwsze próby z wahadłem przy pomiarze czasu podczas zaćmienia Słońca, po czym wykonał kilka zegarów wahadłowych dla swego obserwatorium w Gdańsku. Choć spodziewanej dokładności nie udało mu się uzyskać (wkrótce zastąpił je zegarem zakupionym u Huygensa), jeden z nich ofiarował królowi Janowi Kazimierzowi, podczas którejś z wizyt w gdańskim obserwatorium.

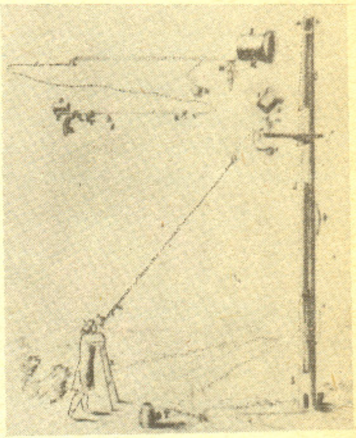
Adam Adamandy Kochański (1631--1700), ksiądz-jezuita, nadworny bibliotekarz króla Jana Sobieskiego, tajniki sztuki zegarmistrzowskiej zdobył w czasie studiów u Kaspra Schotta w Würzburgu. Jak wynika z jego i Schotta publikacji, skonstruował on w 1659 r. zegarek małego formatu z balansem i spiralą, oscylującymi w polu magnesu stałego. Na pomysł ten naprowadziły go doświadczenia z igłą magnetyczną, której ruchy w polu magnetycznym odpowiadają ruchom wahadła w polu grawitacyjnym. Szczegóły tej konstrukcji nie są dokładnie znane, a zasadę działania podał Kochański w anagramie, którego rozwiązanie brzmi: „*Per magnetis tractionem*" (pod działaniem magnesu).

Ludwik ZAJDLER

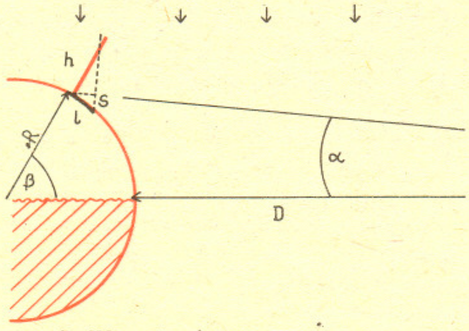


Mechanizm zegarka Kochańskiego widziany z tyłu i z boku.

Luneta Galileusza



Pierwsze spojrzenie w niebo przez lunetę jest dla każdego dużym przeżyciem. Stokroć silniej musiał jednak odczuć to Galileusz. On pierwszy zobaczył plamy na Słońcu i Jowisza w otoczeniu księżyców. Droga Mleczna oglądana przez lunetę rozsypała się w miliony gwiazd.
Galileusz obserwował też góry na Księżycu i próbował wyznaczyć ich wysokość mierząc długość rzucanego przez nie cienia.
Jest to najprostsze wtedy, gdy Księżyc jest w I lub III kwadrze.

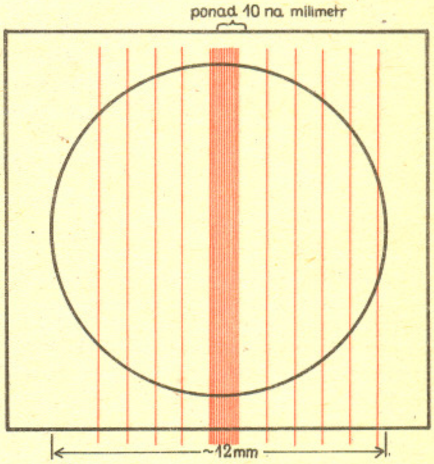


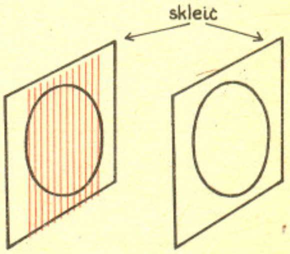
D — odległość Księżyca od Ziemi $\simeq$ 380000 km
R — promień Księżyca $\simeq$ 1750 km
h — wysokość góry
l — długość cienia (rzeczywista)
S — długość cienia widziana z Ziemi

Rysunek przedstawia właśnie taką sytuację. Wprost z niego otrzymujemy $h = l\,\mathrm{tg}\beta$, $\sin\beta = \dfrac{\alpha \cdot D}{R}$, a $l = \dfrac{D \cdot \gamma}{\cos\beta}$, z czego wynika

$$h = \frac{D^2\alpha\gamma}{R\left(1 - \dfrac{\alpha^2 D^2}{R^2}\right)}.$$

Żeby osiągnąć cel wystarczy zmierzyć dwa kąty: α — odległość księżycowej góry od terminatora i γ — długość cienia widzianą z Ziemi. Konieczna jest do tego luneta o około 100-krotnym powiększeniu. Obiektywem takiej lunety musi być soczewka o ogniskowej co najmniej 1 m, a okularem lupka o ogniskowej około 1 cm. Odległość między okularem i obiektywem powinna być regulowana. Ponadto lunetę należy wyposażyć w bardzo dokładny kątomierz. W tym celu do płytki z okrągłym otworem trzeba przykleić nitki ze świeżo utkanej pajęczyny.
W centralnej części siateczki na jednym milimetrze powinno być co najmniej 10 nitek w mniej więcej równych odstępach. Na tak wykonaną siatkę należy przykleić drugą płytkę z otworem (dla zabezpieczenia miejsca sklejenia) i całość umieścić w ognisku okularu tak, by siatka była wyraźnie widoczna w czasie obserwacji.
Pozostało jeszcze wyskalowanie kątomierza. W tym celu lunetę trzeba skierować z odległości 500 m na linijkę pomalowaną w paski centymetrowej szerokości. Pojedynczy pasek będzie miał wtedy długość kątową 1/50000 radiana. Po zanotowaniu odległości między kolejnymi nitkami można już tak wyskalowany przyrząd skierować na Księżyc.





Andrzej BRANICKI

Nowa Keplera

Od najdawniejszych czasów niebo było dla ludzi uosobieniem spokoju i stabilności — w przeciwieństwie do wiecznie niespokojnej Ziemi i wydarzeń na niej zachodzących. Dlatego wszelkie zaburzenia tego spokoju budziły powszechny strach i wróżyły, jak wierzono, rozmaite katastrofy. Do takich zjawisk należały rozbłyski nowej gwiazdy w miejscu, gdzie przedtem żadnego obiektu nie było widać. Stąd pochodzi nazwa: gwiazdy nowe.

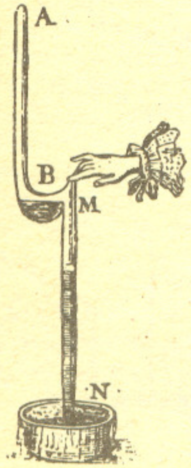
Z biegiem czasu astronomowie doszli do wniosku, że gwiazdy nowe nie stanowią jednolitej grupy. Stwierdzono, że istnieje jeden typ gwiazd wybuchowych, którym pozostawiono nazwę „nowe" i drugi — gwiazd supernowych, wybuchających ze znacznie większą mocą. Gwiazdy nowe są układami podwójnymi. Wybuch polega na odrzuceniu cienkiej powierzchniowej warstwy przez gwiazdę, która nieustannie pobiera materię od swojej towarzyszki. Wybuchy takie powtarzają się co kilkaset lub kilka tysięcy lat i za każdym razem wydzielana jest energia rzędu 10^{39} J. Natomiast wybuch supernowej polega na eksplozji gwiazdy znajdującej się w tak zaawansowanym stadium ewolucji, że w jej wnętrzu doszło już do wyprodukowania dużych ilości pierwiastków cięższych od wodoru. Jest to wydarzenie jednorazowe w życiu gwiazdy i prowadzi do jej zniszczenia, a co najmniej silnej przebudowy. Ilość wydzielonej przy tym energii może zawierać się w granicach 10^{41}—10^{45} J. Zważywszy, że Słońce promieniuje z mocą prawie 4×10^{26} W, widzimy, że energia wybuchu jednej supernowej mogłaby zapewnić Słońcu świecenie przez wiele miliardów lat. Supernowe w maksimum blasku świecą jak cała ich macierzysta galaktyka. Wybuchy supernowych są pilnie śledzone przez astronomów, gdyż ich obserwacje mogą dostarczyć argumentów za lub przeciw aktualnym teoriom budowy i ewolucji gwiazd. Niestety, zachodzą one dość rzadko — średnio co kilkaset lat w jednej galaktyce (także i w naszej). Johannes Kepler był jednym z tych, którym dane było na własne oczy widzieć supernową. W październiku 1604 r. pojawiła się w gwiazdozbiorze Wężownika (*Ophiuchus*) jasna gwiazda, która świeciła przez kilka tygodni jaśniej niż Jowisz. Nazwana została Nową Keplera, ale w istocie była supernową (w naszej Galaktyce), czego sam Kepler wiedzieć nie mógł. W ogóle nie istniało wówczas jeszcze ani pojęcie galaktyki, ani supernowej.

Z pozostawionych przez niego (i innych obserwatorów) zapisków (głównie chodzi tu o charakter spadku jasności gwiazdy) domyślamy się obecnie, że najprawdopodobniej była to tzw. supernowa typu I (z tych najsłabszych) — gwiazda niewiele masywniejsza od Słońca, której wybuch nastąpił wskutek zapadnięcia się jej jądra. Z jądra tego powstaje zwykle gwiazda neutronowa, wyzwolona zaś przy tym energia grawitacyjna powoduje rozproszenie zewnętrznych warstw gwiazdy stanowiących pokaźny ułamek jej masy. W 1941 r. W. Baade przy pomocy 2,5-metrowego teleskopu obserwatorium na Mount Wilson w Kalifornii wykrył w domniemanym miejscu eksplozji bardzo słabą mgławicę, która jak się później okazało jest źródłem promieniowania radiowego. Promieniowanie takie jest charakterystyczną cechą pozostałości po supernowych.

Kepler miał wyjątkową okazję oglądać to imponujące zjawisko, jakim jest wybuch supernowej. Od jego czasów do dziś tylko dwie supernowe można było dostrzec gołym okiem (jedna była na granicy możliwości ludzkiego oka): w latach 1843 i 1885. Obecnie obserwuje się kilkadziesiąt supernowych rocznie, ale w innych galaktykach i oczywiście na zdjęciach fotograficznych. Astronomowie bardzo by chcieli, żeby i w naszej Galaktyce znów pojawiła się supernowa... byle nie za blisko.

Tomasz KWAST

Horror vacui



W XVII wieku przybrał na sile, ciągnący się od czasów Arystotelesa, spór o istnienie próżni. Perypatetycy, zwolennicy idei Arystotelesa, uważali, że działanie syfonów, baniek lekarskich czy pipetek oparte jest na prostej zasadzie — „*natura nie znosi próżni*" (horror vacui). Jednakże zgodnie z doświadczeniem XVII-wiecznych hydraulików maksymalna głębokość, z której można wypompować wodę nie przekracza 18 łokci. Galileusz sądził, że te 18 łokci wody określa w istocie siłę z jaką „*natura przeciwstawia się tworzeniu próżni*". Okazało się jednak, kiedy Torricelli zastąpił wodę 14-krotnie krótszym słupkiem rtęci, że siła ta zmienia się w zależności od... pogody. Obserwując te zmiany Torricelli doszedł do wniosku, że ich przyczyną jest zmieniające się ciśnienie powietrza.

„*Do tej pory wydawało nam się, że siła, która przeciwstawia się naturalnej tendencji żywego srebra żeby spaść w dół, spowodowana jest działaniem naczynia albo próżnią albo jakąś bardzo rozrzedzoną substancją. Ja sądzę jednak, że siła ta pochodzi z zewnątrz. Na powierzchnię cieczy w naczyniu ciśnie przecież ciężar pięćdziesięciu mil powietrza*".

Argumentem decydującym o przyjęciu tej hipotezy przez cały świat naukowy były wyniki doświadczenia Pascala. Różnica wysokości słupka rtęci u podnóża góry Pin-de-Dôme i na jej wierzchołku (1200 metrów) wynosiła 15 kresek (paryski cal równy 2,7 cm dzieli się na 12 kresek). Żeby na podstawię wysokości słupka rtęci móc wyznaczać różnicę wzniesień, wystarczyło teraz znaleźć zależność ciśnienia od wysokości. Po raz pierwszy zrobił to Mariotte w 1676 roku.

Jego rozumowanie przebiegało następująco. Podzielił atmosferę na warstwy, takie że po przejściu każdej z nich ciśnienie zmienia się o 1/12 kreski słupka rtęci. Ponieważ na poziomie morza słupek ma 28 cali, to w sumie takich warstw będzie $28 \times 144 = 4032$. Grubości warstw są różne, a pierwsza, zgodnie z obserwacjami Mariotte'a ma 5 stóp. Grubości następnych (przy założeniu, że temperatura powietrza nie zmienia się z wysokością) ΔH_n wynikają z prawa Boyle'a-Mariotte'a (iloczyn ciśnienia i objętości przy stałej temperaturze jest stały):

$$\frac{\Delta H_2}{5} = \frac{4032}{4031}$$

$$\frac{\Delta H_3}{5} = \frac{4031}{4030} \ldots$$

Wysokość, na której ciśnienie będzie o $\frac{m}{12}$ kreski mniejsze niż na poziomie morza, jest sumą grubości $m - 1$ warstw:

$$H = \Delta H_1 + \ldots + \Delta H_{m-1} = 4032 \cdot 5 \left(\frac{1}{4032} + \frac{1}{4031} + \ldots \frac{1}{4032-(m-1)} \right).$$

Mariotte nie potrafił znaleźć sumy tego szeregu i dlatego zastąpił go sumą ciągu arytmetycznego o tej samej liczbie składników i takim samym pierwszym i ostatnim wyrazie. Przybliżenie to jest bardzo złe i dlatego wyniki Mariotte'a nie były zgodne z obserwacjami. Dopiero 10 lat później Halley wyprowadził dokładny wzór (proponuję Czytelnikowi powtórzyć to wyprowadzenie):

$$H = \frac{(\lg 30 - \lg \alpha)\, 800}{0{,}0144765},$$

gdzie α jest wysokością słupka rtęci na wysokości H (30 cali na poziomie morza). Dzięki tym obliczeniom barometr mógł służyć do wyznaczania różnicy wzniesień.

Kartezjusz zwrócił uwagę na możliwości innego zastosowania barometru, a mianowicie do badań meteorologicznych. Już w 1647 r. wysłał do swego przyjaciela Mersenne'a pasek papieru z naniesioną skalą z prośbą o systematyczne obserwacje ciśnienia. Pascal na podstawie serii podobnych obserwacji przeprowadzonych w kilku miejscach, próbował przepowiadać pogodę.

Opisane zastosowania barometrów pociągnęły za sobą próby ich udoskonalenia a nawet projekty zupełnej zmiany konstrukcji. W 1697 r. Leibniz zaproponował na przykład zbudowanie barometru, którego główną częścią byłaby metalowa puszka, z której wypompowano powietrze.

Projekt ten, zrealizowany dopiero 150 lat później, był już bardzo bliski używanym obecnie aneroidom.

Rozwiązanie zadania M 268. Ustawmy nasze liczby w porządku nie malejącym: $1 \leqslant k_1 \leqslant k_2 \leqslant \ldots \leqslant k_{32}$. Przypuśćmy, że nie można z nich wybrać trzech wyrażających długości boków pewnego trójkąta. W takim razie zawsze $k_n \geqslant k_{n-1} + k_{n-2}$. Oznaczmy przez $F_1, F_2, F_3, \ldots$ kolejne wyrazy ciągu Fibonacciego, tj. $F_1 = 1, F_2 = 1, F_3 = F_1 + F_2 = 2$ i ogólnie dla $n > 2$: $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$. Ponieważ $k_1 \geqslant 1$ i $k_2 \geqslant 1$ oraz $k_n \geqslant k_{n-1} + k_{n-2}$, więc (indukcja!) także $k_p \geqslant F_p$ dla dowolnego p. Pozostaje skorzystać z tego, że $F_{32} > 1000000$.

Uwaga! Dokładną wartością F_{32} jest 2178309. Przytoczone powyżej oszacowanie można też uzyskać ze wzoru Bineta

$$F_n = \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\left(\frac{\sqrt{5}+1}{2} \right)^n - \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^n \right).$$

Mamy: $(\sqrt{5}+1)/2 \approx 1{,}61803389\ldots > 16 \cdot 10^{-1}$, $(\sqrt{5}-1)/2 \approx 0{,}61803389 < 1$, zatem $F_{32} > (16^{32} \cdot 10^{-32} - 1)/\sqrt{5} > -1 + 2^{128}\, 10^{-32}/\sqrt{5}$, przybliżoną wartość tej ostatniej liczby można łatwo obliczyć np. za pomocą logarytmów.

Rozwiązanie zadania F 98.

Małe tarcie w cieczach upoważnia do twierdzenia, że pręt pływać będzie w położeniu równowagi trwałej. Położeniu temu odpowiada minimum energii potencjalnej, w danym przypadku — energii potencjalnej sił ciężkości pręta i wypartej cieczy. Zmiany energii potencjalnej pręta są w obu przypadkach jednakowe, można jej zatem nie uwzględniać. Pozostają zmiany energii wypieranej cieczy i łatwo je obliczyć ze zmian położenia środka masy. (Środek masy trójkąta znajduje się w 2/3 środkowej od odpowiedniego wierzchołka). Skalując energie tak, by w stanach początkowych były one zerowe, odpowiednie wartości energii układów wynoszą:

$$E_{uA} = \Delta E_{uA} = \frac{V}{2} \varrho g \frac{a}{4} = 0{,}25 \frac{V}{2} a \varrho g$$

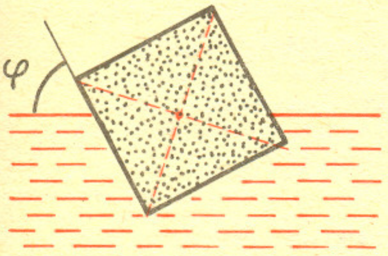
$$E_{uB} = \Delta E_{uB} = \frac{V}{2} \varrho g \frac{1}{3} \frac{a\sqrt{2}}{2} \approx 0{,}24 \frac{V}{2} a \varrho g$$

V — objętość pręta

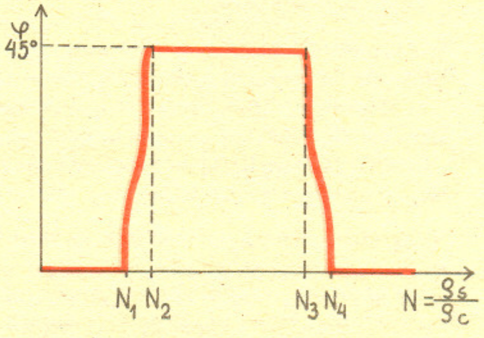
a — długość krawędzi

ϱ — gęstość cieczy

$E_{uB} < E_{uA}$, czyli pręt powinien pływać w położeniu przedstawionym na rysunku B. Pozostaje problem, czy nie istnieją inne położenia równowagi, dla których energia potencjalna mogłaby być jeszcze mniejsza? Odpowiednie rachunki wykazują, że dla długiego pręta położenie B jest faktycznie położeniem równowagi trwałej, natomiast przy długościach porównywalnych z długością krawędzi podstawy może pojawić się inne (i to bynajmniej nie jedno!). Ciekawy jest też ogólniejszy przypadek: pływanie długiego pręta w cieczy o dowolnej gęstości. Jeżeli N oznacza stosunek gęstości pręta i cieczy, a φ — kąt jaki tworzy ściana boczna prostopadłościanu z powierzchnią cieczy, wtedy wykres $\varphi(N)$ przedstawia rys. 2. Zachęcamy Czytelników, aby eksperymentalnie zweryfikowali fakty, które podaliśmy „na wiarę". Życzymy powodzenia!



Rys. 1



$$N_1 = \frac{3-\sqrt{3}}{6} \simeq 0{,}21$$

$$N_2 = \frac{9}{32} \simeq 0{,}28$$

$$N_3 = \frac{3+\sqrt{3}}{6} \simeq 0{,}79$$

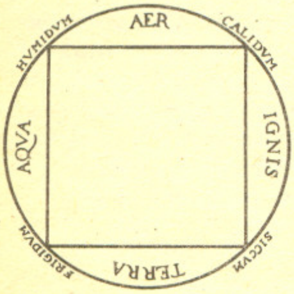
$$N_4 = \frac{23}{32} \simeq 0{,}72$$

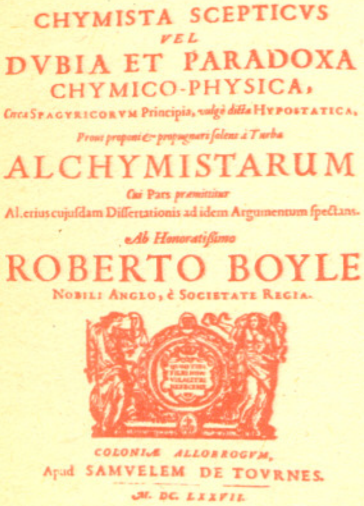
Rys. 2

Robert Boyle i XVII-wieczny przełom w pojmowaniu pierwiastka chemicznego

Doc. dr Roman MIERZECKI

Robert Boyle, potomek arystokratycznej rodziny irlandzkiej urodził się w 1627 roku. Po studiach w Eton i w Genewie oraz wielu podróżach zagranicznych osiedlił się w 1654 roku w Oksfordzie i zajął się badaniami z zakresu fizyki i chemii. W tym okresie był jednym z założycieli tzw. Niewidzialnego Kolegium, które zbierało się w Londynie w Gresham College. W roku 1662 zostało ono przemianowane na Królewskie Towarzystwo Popierania Nauk Przyrodniczych i znane jest dzisiaj pod skróconą nazwą Royal Society. Boyle pełnił przez pewien czas funkcję jego prezesa. Od roku 1668 Boyle pracował w Londynie, gdzie zmarł w 1691 roku. Wszystkie badania finansował on z własnych funduszy.




CHYMISTA SCEPTICVS
VEL
DVBIA ET PARADOXA
CHYMICO-PHYSICA,
Circa SPAGYRICORVM Principia, vulgò dicta HYPOSTATICA,
Prout proponi & propugnari solent à Turba
ALCHYMISTARUM
Cui Pars præmittitur
Alterius cujusdam Dissertationis ad idem Argumentum spectans.
Ab Honoratissimo
ROBERTO BOYLE
NOBILI ANGLO, è SOCIETATE REGIA.

COLONIÆ ALLOBROGVM,
Apud SAMVELEM DE TOVRNES.
M. DC. LXXVII.

Przez dwa tysiące lat, do początków XVII wieku panowały w nauce pojęcia i zasady sformułowane przez starożytnych Greków. Przez cały ten czas znajdowano w różnych dziedzinach nauki i życia przykłady, które je ilustrowały, a więc, jak uważano, potwierdzały. Ugruntowywało to autorytet greckiego filozofa, Arystotelesa, który zebrał głoszone za jego czasów poglądy dotyczące wszystkich dziedzin nauki i życia. Piętnasty wiek przyniósł pierwsze próby krytycznej analizy tych poglądów, a w następnych wiekach coraz powszechniej zdawano sobie sprawę z konieczności oparcia się na nowych obserwacjach i doświadczeniach.

Taka właśnie sytuacja zaistniała w nauce w XVII wieku. W fizyce jako jeden z pierwszych dostrzegł konieczność zmian Galileusz działający w pierwszych dziesięcioleciach tego wieku, w chemii zaś działający pół wieku później Robert Boyle.

Jednym z podstawowych zagadnień, które absorbowały umysły greckich fizyków (greckie słowo „*fizika*" i jego łaciński odpowiednik — „*natura*" oznacza w języku polskim przyrodę) było zagadnienie istoty materii i jej przemian. Myśliciele żyjący na wyspie Elei wierzyli, że istnieje niezmienna podstawowa materia. Fizycy działający na wyspach Jońskich obserwowali natomiast przemiany jednych substancji w drugie i szukali praw rządzących tymi przemianami. Opierając się na poglądach tych uczonych Arystoteles twierdził, że substancje składają się z czterech podstawowych pierwastków: ziemi, wody, powietrza i ognia, lecz zawierają je w różnych proporcjach. Każdy z tych pierwiastków jest nośnikiem innej pary podstawowych właściwości, a więc każdy z nich jest albo suchy albo wilgotny oraz albo ciepły albo zimny. Właściwości każdej substancji są sumą właściwości jej składników. Zatem, zdaniem Arystotelesa zmianę właściwości danej substancji można uzyskać przez domieszanie doń substancji zawierających podstawowe pierwiastki w innych proporcjach.

Trzy pierwsze pierwiastki Arystotelesa możemy dziś utożsamiać z trzema stanami skupienia, czwarty — ogień ma pewne cechy wspólne z pojęciem energii, które pojawiło się dużo później. Arystoteles przypisywał ogniowi nie tylko właściwości pierwiastka. Uważał on, że pod działaniem ognia łączą się części substancji podobne do siebie, a rozdzielają się części różniące się między sobą. Ślad tego rozumowania pozostał do dziś w potocznym określeniu — „ognie oczyszczające".

Poszukując nowych materiałów chemicy średniowieczni rozwijali metody rozdzielania i łączenia substancji. Przez „łączenie" rozumiano również mieszanie. Różnicę między związkiem chemicznym a mieszaniną zaczęto rozumieć dopiero na początku XIX wieku. Od greckich słów *spao* (rozrywam) i *ageiro* (łączę na nowo) chemię zwano wówczas nauką spagiryczną. Arabscy spagirycy wprowadzili do chemii, którą nazywali alchemią, trzy nowe pierwiastki, nośniki trzech innych właściwości. Za nośnik metaliczności uznali oni rtęć, za nośnik palności — siarkę, za nośnik rozpuszczalności zaś — sól. Ich zdaniem złoto składało się z czystej rtęci i czystej żółtej siarki połączonych pod wpływem Słońca. Inne metale zawierały te same dwie substancje oraz zanieczyszczenia połączone pod wpływem różnych planet. Przez operacje chemiczne wykonywane w odpowiednim czasie możnaby zatem uszlachetniać metale aż do otrzymania czystego złota. Alchemicy arabscy, a potem i alchemicy europejscy wierzyli, że takiej przemiany dokonać można także za pomocą Kamienia Mędrców czyli Kamienia Filozoficznego. Kamień ten miał również posiadać właściwość leczenia wszystkich chorób. Alchemicy pisali swoje teksty często językiem symbolicznym, praktycznie niezrozumiałym dla niewtajemniczonych.

Wielkim osiągnięciem nauki spagirycznej było odkrycie wielu nowych substancji takich jak antymon, bizmut, a przede wszystkim kwasów (solnego, siarkowego i azotowego) oraz alkaliów. Odkrycia te zachwiały sposobami rozumowania przekazywanymi od czasów starożytnych. Wydawać się może paradoksem, że właśnie w XVII wieku, w wieku, w którym wydano największą liczbę pism alchemicznych, przejawiło się to najsilniej. Najwybitniejszym wyrazicielem nowych idei był Robert Boyle.

Jedną z fundamentalnych prac Roberta Boyle'a jest jego książka „*Sceptical Chemist*" („Wątpiący chemik"), wydana po raz pierwszy w języku angielskim w 1661 roku, a wkrótce potem przetłumaczona na łacinę i kilka języków europejskich. Rozprawa ta, złożona z sześciu części napisana jest w formie dysputy czterech osób: Carneadesa, wyrażającego poglądy autora, Temistiusa — perypatetyka, Filoponusa, przedstawiciela spagiryków,

Rozwiązanie zadania M 270. Przypuśćmy, że do gołębnika w A przyleciały gołębie z $A_1, \ldots, A_k$. Załóżmy przy tym, że trójkąty $A A_1 A_2$, $A A_2 A_3$, ..., $A A_{k-1} A_k$ nie mają wspólnych punktów wewnętrznych. Ponieważ $AA_i < A_i A_{i+1}$ i $AA_{i+1} < A_i A_{i+1}$, więc największym kątem w trójkącie $AA_i A_{i+1}$ jest kąt $A_i A A_{i+1}$. Musi on więc być większy niż 60°. Gdyby teraz k było większe niż 5 to $\sphericalangle A_k A A_1 = 360° - (\sphericalangle A_1 A A_2 + \ldots + \sphericalangle A_{k-1} A A_k) < 360° - 5 \cdot 60° = 60°$ i wobec tego w trójkącie $A_k A A_1$ bok $A_1 A_k$ nie byłby najdłuższy wbrew założeniu. Tak więc $k \leqslant 5$.

nazywanych przez Boyle'a chemikami (a nie alchemikami!). Wymienieni trzej dyskutanci starają się przekonać czwartego, Eleutriusa o słuszności swoich poglądów. W rozprawie tej Boyle porusza kilka problemów. Potępia między innymi hermetyczny sposób pisania dzieł chemicznych: „*Chemicy piszą w sposób ciemny nie dlatego, że uważają swe pojęcia za zbyt cenne, by je tłumaczyć, lecz dlatego, że boją się, że gdyby je wytłumaczyli, ludzie przekonaliby się, że daleko im do tego, by były cenne*".

Zasadniczym jednak problemem jest sprawa pierwiastków. Boyle uważa, że wszystkie ciała złożone są z pierwiastków, ale „*jest bardzo możliwe, że do utworzenia jednego mieszanego ciała mogą wystarczyć dwa rodzaje pierwiastków, inny rodzaj mieszaniny może się składać z trzech pierwiastków, inne zaś z czterech, pięciu, a może z dużo większej liczby..., jest więc możliwe, że pewne konkretne ciała składają się z mniejszej, inne z większej liczby pierwiastków.*" Ponadto, zdaniem Boyle'a, ogień może nie tylko rozdzielać pierwiastki, ale także może się przyczyniać do ich mieszania.

W pierwszej części rozprawy Boyle podaje nową definicję pierwiastka: „*Pod pierwiastkiem rozumiem pewne pierwotne i proste i całkowicie nie zanieczyszczone ciała, które nie mogąc być utworzone z żadnych innych lub z jakiegokolwiek innego ciała, są składnikami, z których wszystkie ciała, zwane doskonale zmieszanymi są bezpośrednio złożone i na które mogą być ostatecznie rozłożone.*" Pierwiastek nie jest więc nośnikiem właściwości, lecz kresem analizy.

Taka definicja utrzyma się przez dwa wieki. Znajdujemy ją w wydanym w 1675 roku „*Cours de chimie*" („Wykłady chemii") Mikołaja Lemery'ego, w wydanym w 1789 roku „*Traité élémentaire de chimie*" („Podstawy chemii") Antoniego Lavoisiera, a także w wydanym w 1866 roku podręczniku chemii nieorganicznej Emiliana Czyrniańskiego, profesora Uniwersytetu Jagiellońskiego. Chociaż Boyle podał nową definicję pierwiastka, nie precyzuje on jednak liczby istniejących pierwiastków, a nawet nie wymienia żadnej substancji, którą proponowałby uznać za pierwiastek. Przeciwnie, wszystkie metale, nawet złoto są dla niego ciałami złożonymi, które można rozkładać i oczyszczać. Zatem krytyka poglądów perypatetycznych i spagirycznych przeprowadzona przez Boyle'a jest krytyką wyłącznie negatywną. Wskazuje on sposób, w jaki należy postępować, ale nie daje żadnych nowych konkretów na miejsce obalonych. Dlatego też pierwiastkami perypatetycznymi posługują się chemicy jeszcze przez cały XVIII wiek, przez cały czas, w którym uznawana była teoria flogistonowa.

Na początku tego wieku arystotelesowski ogień i spagiryczna siarka pochłonięte zostały bowiem przez pierwiastek palności — flogiston. Teoria flogistonowa jest pierwszą w historii teorią chemiczną. Porządkuje ona reakcje, dziś zwane reakcjami utleniająco-redukującymi i staje się podstawą opracowania w drugiej połowie XVIII wieku dwu ważnych metod technologicznych: metody komorowej otrzymywania kwasu siarkowego i metody Leblanca otrzymywania sody. W połowie XVIII wieku chemicy otrzymują różne rodzaje gazów, które, ich zdaniem, różnią się między sobą zawartością flogistonu. W roku 1775 flogistyk, Joseph Priestley, odkrywca tlenu uważanego przezeń za powietrze pozbawione flogistonu, stwierdza:

„*Sądzę, że mało jest twierdzeń w filozofii, któreby w sposób bardziej trwały trzymały się umysłu, jak to że powietrze, rozumiejąc powietrze atmosferyczne, jest prostą substancją elementarną, nierozkładalną i niezmienną, co najmniej w tym stopniu w jakim sądzimy, że jest nią woda. Jednak w toku moich badań szybko przekonałem się, że powietrze atmosferyczne nie jest rzeczą niezmienną, ponieważ flogiston, którym się ono napełnia z ciał w nim się palących i ze zwierząt nim oddychających tak dalece zmienia je i psuje, że staje się całkowicie niezdatne do palenia i oddychania... Serie obserwacji spowodowały, że przyjąłem pogląd, że powietrze atmosferyczne może się zmieniać, nie jest zatem substancją elementarną, lecz związkiem*".

Priestley postępując zatem drogą wskazaną sto lat wcześniej przez Roberta Boyle'a udowadnia jakościowo, że jeden z pierwiastków arystotelesowskich, powietrze, nie jest substancją prostą. Dalszy krok zawdzięczamy działającemu równocześnie z Priestleyem Antoniemu Lavoisierowi. Przyjmując (bez udowadniania!) jako przesłankę prawo zachowania masy, Lavoisier udowadnia ilościowo, że woda i powietrze składają się każde z dwu gazów, zaś ziemie składają się z metali i z tlenu. Lavoisier jako pierwszy badacz uznaje metale i gazy za pierwiastki.
Nie można się więc dziwić, że przed sprecyzowaniem przez niego, które ciała należy uznać za pierwiastki, zarówno sam Boyle, jak i Izaak Newton prowadzili próby uszlachetniania metali nieszlachetnych.

Robert Boyle zwrócił więc uwagę, że panujące poglądy nie są adekwatne do istniejącego stanu wiadomości i wskazał, jak należy je zmienić. Upłynęło jednak jeszcze sto lat nim sformułowano nowe prawa kierujące biegiem naszego poznania materii.

Rozwiązanie zadania M 269. Będziemy mierzyć kąty w nowych „jednostkach" zależnych od n — nianach: 1 nian $= \frac{\pi}{n}$ radianów. Suma kątów trójkąta wynosi zatem n nianów. Łatwo wykazać, że każdy kąt między prostymi zawierającymi boki lub przekątne n-kąta foremnego ma całkowitą liczbę nianów. Ponieważ odpowiednie kąty trójkątów podobnych są równe, więc różnych niepodobnych trójkątów może być najwyżej tyle, ile rozkładów n na sumę trzech liczb naturalnych. Gdy teraz $k+l+m = n$, to trójkąt utworzony przez bok AB, k-tą przekątną wychodzącą z A i l-tą przekątną wychodzącą z B lub ich przedłużenia ma kąty k, l, m nianów. Pokazaliśmy więc, że opisanych w zadaniu trójkątów jest co najmniej tyle, co rozkładów.

Wiek XVII — przedświt biologii

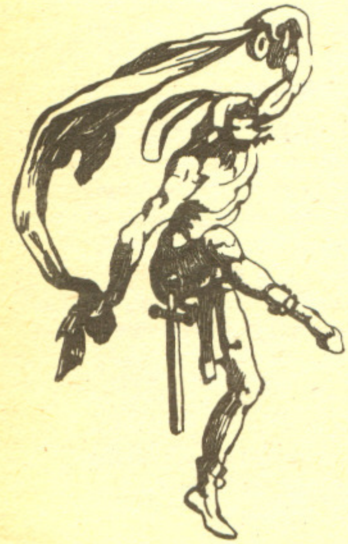
Prof. dr Władysław J. H. KUNICKI-GOLDFINGER,
członek korespondent PAN

Wiek XVII był wiekiem fizyki. Chemia, a tym bardziej biologia, miały dopiero powstać w następnych stuleciach. Co nie oznacza, że nie opisywano i nie badano zjawisk chemicznych i biologicznych. Ale był to właśnie jedynie opis tzw. ,,faktów"; na przykład opisywano coraz więcej nowych form żywych. Żyjący w XVII w. Anglik, John Ray, dał opis aż 18000 gatunków roślin, podczas gdy w poprzednim stuleciu znano ich mniej niż 6000. W XVII w. skonstruowano też mikroskop. Wynalazcami tego aparatu byli Flamandowie bracia Jensenowie, Anglik Robert Hooke i Holender Antoni van Leeuwenhoek. Dzięki mikroskopowi dostrzeżono wiele ,,faktów" okiem nie uzbrojonym nie widzianych. Opisano najmniejsze istoty żywe, zwane wówczas *animalcula* (zwierzątka), a będące dziś nam znanymi pierwotniakami i bakteriami, dano opis krwinek czerwonych, naczyń włosowatych a także strukturę tkanek roślinnych. Wprowadzono przy tym nazwę ,,komórka", ale jedynie jako odpowiednik dostrzegalnej pod mikroskopem struktury tkanek roślinnych — przypominającej komórki ula pszczelego. Poznano też o wiele lepiej niż poprzednicy budowę ciała ludzkiego i zwierzęcego. Osiągnięcie to było zresztą zdobyczą poprzedniego wieku. Bowiem już w r. 1543 rówieśnik Kopernika, Andrea Vesalius w książce *De fabrica corporis humani* (O budowie ciała ludzkiego) przedstawił zupełnie nowy opis budowy anatomicznej, zaprzeczając w istocie całej ówczesnej wiedzy na ten temat. Wiek XVII wzbogacił zatem skarbnicę ,,faktów biologicznych". Prawdziwe znaczenie tego stulecia dla rozwoju biologii kryje się jednak zupełnie gdzie indziej.

Samo bowiem zbieranie faktów nie jest nauką. Podobnie jak samo gromadzenie kamieni, cegieł i bierwion nie jest architekturą. Aby zbudować dom lub katedrę musimy oczywiście zgromadzić materiały budowlane, ale przede wszystkim musimy mieć wizję, ideę, plan domu lub katedry. Bez takiego planu nie bylibyśmy zresztą w stanie nawet zgromadzić odpowiednich materiałów: ilość i jakość ich zależą przecież od tego, co i w jaki sposób chcemy budować.

Fakty naukowe są też tym materiałem budulcowym, z którego buduje się gmach nauki. Musimy jednak wiedzieć jakie fakty winniśmy gromadzić i w jakim celu. Nauka opiera się rzeczywiście na obserwowanych faktach, ale jest konstrukcją myślową, hipotezą lub teorią, scalającą znajdywane fakty w koherentny, spójny obraz zjawisk dostępnego naszej obserwacji świata.

Do XVII wieku, świata żywych istot w całej jego różnorodności nie trzeba było wyjaśniać. Właściwości żywych organizmów nie miały bowiem wynikać z jakichś przyczyn, ale były po prostu im właściwe, związane były z ich naturą, z posiadaniem przez nie — jak wyobrażał sobie Arystoteles a z nim inni — ,,*duszy roślinnej i zwierzęcej*". Szukanie przyczyn sprawczych, początkowo były to tylko przyczyny mechaniczne, stało się przedmiotem nauki dopiero w XVII-wiecznej fizyce. Z fizyki, nauki zajmującej się najprostszymi i najbardziej powtarzalnymi zjawiskami natury, postulat poszukiwania przyczyn dostrzeganych przez nas zjawisk przeszedł do biologii. Początek tego procesu wyśledzić możemy właśnie w XVII wieku. Wprawdzie nie doprowadził on wtedy do ukształtowania się biologii, jako odrębnej dyscypliny badającej zjawiska życia, ale stworzył podwaliny, na których w następnych epokach ten dział nauki rozbudowano.



Pierwsze mechanicystyczne wyjaśnienie procesu biologicznego zawdzięczamy uczniowi Galileusza, Giovanniemu Borelli, który ruchy zwierząt interpretował jako skutek oddziaływania siły kurczących się mięśni. Rzeczywistym przełomem stały się jednak dopiero dwa dzieła Williama Harveya. W jednym z nich dał on mechaniczne wytłumaczenie krążenia krwi, uważając serce za rodzaj pompy ssąco-tłoczącej, napędzającej ruch krwi w naczyniach krwionośnych. W drugiej książce zaproponował teorię, wedle której wszystkie żywe organizmy powstają z jaj: *ex ovo omnia* (z jaja wszystko). Stwierdzenia te wydają się nam dzisiaj oczywiste, ale w czasach Harveya nie były oczywiste dla nikogo, a uznane zostały przez niewielu.

Ich wpływ na kierunek dalszego rozwoju nauki o życiu był jednak olbrzymi. Zaowocowały one kilkoma znaczącymi odkryciami. Wymienimy tu pracę nad rozwojem i metamorfozą owadów Rediego i Swammerdama, wykrycie pęcherzyka jajowego przez de Graafa, a pod sam koniec stulecia odkrycie procesu płciowego u roślin przez Camerariusa. Dzieła Harveya były też początkiem dyskusji nad samorództwem. Starożytność i średniowiecze wierzyły głęboko, że żywe istoty powstają stale z materii nieożywionej. Myszy miały powstawać z brudnych szmat, wszy z brudu, muchy z gnijącego mięsa itd. Stwierdzenie, że każda żywa istota powstaje jedynie z jaja, tej wierze zaprzeczało.

Wspomniany już Redi wykazał eksperymentalnie, że muchy nie powstają z gnijącego mięsa, ale jedynie z jajek zniesionych na mięsie przez inne muchy. To, jedno z pierwszych doświadczeń biologicznych, nie obaliło wiary w samorództwo organizmów mikroskopowych, ale stanowiło pierwszy wyłom w tej naiwnej wierze. Na ostateczny wynik dyskusji między zwolennikami i przeciwnikami samorództwa, którzy ostatecznie zyskali przewagę, trzeba było czekać aż do połowy XIX wieku. Dzieło Harveya wpłynęło w jeszcze inny, pośredni sposób, na przyszły kształt biologii. Rozważania jego nad mechanizmem krążenia krwi wywarły wielki wpływ na jeden z najwybitniejszych umysłów XVII w, René Descartes'a (Kartezjusza). Kartezjusz rozpatrywał organizm zwierzęcy jako mechanizm i na tej podstawie wyjaśniał rolę i działanie poszczególnych narządów.
Ta ogólna koncepcja badawcza, traktująca zwierzęta jako maszyny i wyjaśniająca zjawiska życia jako procesy fizyczne, przyjęta została potem przez całą niemal biologię. Wprawdzie z upływem czasu, w miarę poznawania chemicznej budowy organizmów i chemicznej natury procesów życiowych, przestano uważać organizm za mechanizm pseudo-maszynowy. Zachowano jednak zasadę, głoszącą, że procesy życiowe należy i można wyjaśniać jedynie w terminach chemicznych i fizyko-chemicznych. Dzięki przyjęciu tej zasady możliwy okazał się bujny rozkwit badań biologicznych w XIX i XX wieku. I choć nauka współczesna odeszła od uproszczonego modelu, sprowadzającego (czyli redukującego) biologię do badania jedynie procesów chemiczno-fizycznych, bez koncepcji kartezjańskiej nie byłoby dzisiejszej biologii. Najważniejsze dla przyszłości biologii nie były więc nowe, ogłaszane wówczas obserwacje, lecz nowa koncepcja nauki. Nowa wizja, idea, hipoteza, wyjaśniająca naturę żywych istot, odegrała rolę planu, według którego ze znajdywanych faktów budowano strukturę nauki o życiu. Hipoteza ta była równocześnie drogowskazem przy szukaniu nowych faktów, co potwierdza to, o czym mówiliśmy powyżej: że naukę rozwija się nie tylko przez samo zbieranie faktów, ale też, a może nawet przede wszystkim, przez proponowanie nowych hipotez i teorii dla uporządkowania tych faktów i przewidywania jeszcze nie wykrytych.

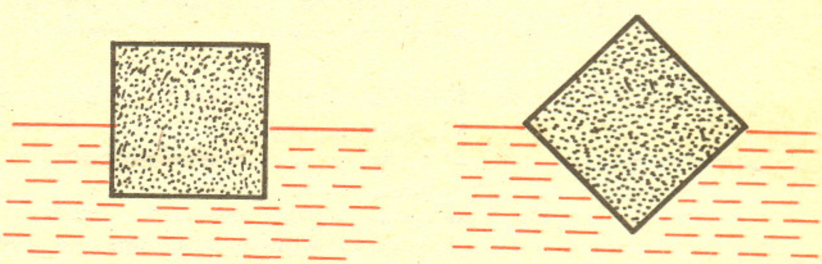
Zadania

Redaguje mgr Krzysztof S. NOWIŃSKI

M 268. Wykazać, że spośród 32 liczb naturalnych nie większych niż 1000000 można wybrać trzy będące długościami boków pewnego trójkąta.
Rozwiązanie na str. 9
M 269. Wykazać, że różnych (parami nie podobnych) trójkątów utworzonych przez boki i przekątne n-kąta foremnego lub ich przedłużenia jest tyle, ile różnych rozkładów n na sumę trzech liczb naturalnych (rozkłady różniące się kolejnością utożsamiamy).
Rozwiązanie na str. 11
M 270. Wszystkie odległości między gołębnikami Laputy są parami różne. Z każdego gołębnika startuje gołąb kierując się do najbliższego gołębnika. Wykazać, że do żadnego gołębnika nie przyleci więcej niż 5 gołębi.
Rozwiązanie na str. 11

Redaguje mgr Tomasz TRATKIEWICZ

F 97. Podczas wznoszenia balonu wzrasta jego energia potencjalna w polu sił ciężkości. Kosztem jakiej energii to następuje?
Rozwiązanie na str. 15
F 98. W którym z pokazanych na rysunku położeń pływać będzie jednorodny pręt w kształcie



prostopadłościanu o przekroju kwadratowym? Gęstość pręta jest taka, że w cieczy zanurza się dokładnie połowa objętości bryły.
Rozwiązanie na str. 9

Prawo powszechnego ciążenia (według Newtona)

Doc. dr Piotr MANKIEWICZ

Wszyscy dobrze znają anegdotkę o tym, jak to Newton odkrył prawo powszechnego ciążenia pod wpływem jabłka, które mu spadło na głowę, anegdotkę równie popularną co bezsensowną. Bowiem w owym czasie nie istniały ,,ziemskie" fakty pozwalające na pełne sformułowanie tego prawa. W przebłysku natchnienia geniusz mógłby zaryzykować stwierdzenie ,,każde dwa ciała się przyciągają" zamiast przyjętego do tej pory ,,Ziemia przyciąga każde ciało". Z drugiej jednak strony, występujące na Ziemi siły przyciągania różne od (Ziemia — inne ciało) były w ówczesnych warunkach nie do zaobserwowania nie mówiąc już o ich zmierzeniu. Przypomnijmy, że laboratoryjne sprawdzenie prawa powszechnego ciążenia, a więc pierwsze jego potwierdzenie w warunkach ziemskich nastąpiło po ponad 100 latach. Nasuwa się pytanie: Skąd Newton wziął ilościową formę swojego prawa — owo $\frac{1}{r^2}$? Nie mógł mu tego nasunąć widok żadnego spadającego jabłka, a przecież tego nie zgadł! *Praw przyrody nikt nie zgaduje*, można je tylko *wnioskować na podstawie obserwacji* tejże przyrody. Więc skąd się wzięło $\frac{1}{r^2}$?

Odpowiedź na to pytanie zawarta jest w zachowanej na szczęście relacji z rozmowy Halley'a z Newtonem:

Halley: **Jak wyglądałaby siła, która powoduje, że planety krążą po orbitach eliptycznych?**
Newton: **Odwrotność kwadratu** (odległości).
Halley: **Skąd Pan to wie?**
Newton: **Po prostu, obliczyłem.**
Mógł obliczyć to Newton, możemy i my! Ale

Zasady dynamiki Newtona
I. Zasada bezwładności. Istnieją ciała (inercjalne układy odniesienia), które poruszają się ze stałą prędkością po prostej.
II. F = m · a. Pojawienie się przyspieszenia w ruchu ciała, obserwowanym z inercjalnego układu odniesienia, jest równoważne stwierdzeniu, że ciało to podlega zewnętrznemu działaniu jakiegoś dodatkowego ciała. Miarą tego działania jest siła, która powinna być określona z innych praw mechaniki (np. prawa powszechnego ciążenia) w ten sposób, by przyspieszenie ciała było proporcjonalne do działającej nań siły.
III. Zasada akcji i reakcji. Każde ciało działające na inne pewną siłą musi przy tym samo podlegać działaniu równej i przeciwnie skierowanej siły pochodzącej od tego drugiego ciała. Działanie sił jest więc zawsze wzajemne, a obie towarzyszące sobie siły są zawsze tego samego rodzaju (np. obie grawitacyjne lub obie sprężyste itp.).
Newton we wstępie do *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687) sformułował to tak:
Prawo I: *Każde ciało trwa w swym stanie spoczynku lub ruchu prostoliniowego i jednostajnego, jeśli siły przyłożone nie zmuszają ciała do zmiany tego stanu.*
Prawo II: *Zmiana ruchu jest proporcjonalna do przyłożonej siły poruszającej i odbywa się w kierunku prostej, wzdłuż której siła jest przyłożona.*
Prawo III: *Względem każdego działania istnieje przeciwdziałanie, skierowane przeciwnie i równe, tj. wzajemne działania dwóch ciał są zawsze równe sobie i skierowane przeciwnie.*

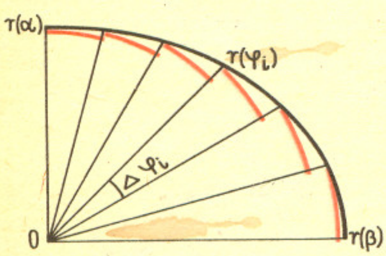
Nic za darmo

Przytoczony powyżej fragment rozmowy dowodzi, że Newton wywnioskował prawo powszechnego ciążenia z praw rządzących ruchem planet — tzw. praw Keplera. Były to jedyne, do czasu doświadczeń Cavendisha znane wówczas fakty, z których można to było zrobić. Poniżej zostanie pokazane jak można ,,wyliczyć" z praw Keplera prawo powszechnego ciążenia. Ponieważ, jak wynika z kłopotów związanych z jego sprawdzeniem, prawo to jest bardzo ,,delikatne", nie należy więc mieć nadziei, że ,,rachunek" będzie łatwy. Wiadomo, nadzieja... Wszystko to zgodnie z ogólną zasadą (zachowania informacji?), że żeby dojść do nietrywialnych wyników trzeba się ,,trochę" napracować.
Ponieważ, jako się rzekło, rachunek nie jest najłatwiejszy, umówmy się Czytelniku, na samym początku, że wyjmiesz kartkę papieru i weźmiesz ołówek do ręki, że liczyć będziemy wspólnie, razem — to znaczy Ty i ja.

Fakty które będą nam potrzebne, a których możesz nie znać

F1. Jeżeli na płaszczyźnie dana jest we współrzędnych biegunowych (r, φ) krzywa $r = r(\varphi)$ to pole S figury zakreślonej przez odcinek $[0, r(\varphi)]$ dla $\varphi \in [\alpha, \beta]$ wyraża się wzorem

$$S = \frac{1}{2}\int_{\alpha}^{\beta} r^2(\varphi)\,d\varphi.$$



$$S = \lim \sum_i \frac{1}{2} r^2(\varphi_i)\Delta\varphi_i = \frac{1}{2}\int_{\alpha}^{\beta} r^2(\varphi)\,d\varphi$$

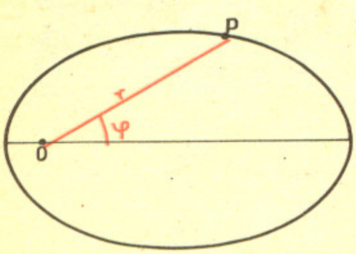
Dowód tego wynika bezpośrednio z rysunku na marginesie, oraz z definicji całki jako granicy sum Riemanna.
F2. Jeżeli $\mathscr{E}$ jest elipsą na płaszczyźnie, to przy odpowiednim wyborze współrzędnych biegunowych (początek układu współrzędnych w ognisku i kąt mierzymy od dłuższej półosi $\mathscr{E}$)

jej równanie ma postać $$r = \frac{A}{1-\varepsilon\cos\varphi},$$

gdzie $A > 0$ i $\varepsilon \in (0, 1)$ są pewnymi stałymi związanymi z rozmiarem i kształtem elipsy. Można to sprawdzić wychodząc od równania elipsy we współrzędnych kartezjańskich.

PIERWSZE PRAWO KEPLERA

K1. *Planety poruszają się w płaszczyznach zawierających Słońce po orbitach eliptycznych. Słońce znajduje się w ognisku elipsy.* Niech S — oznacza Słońce, a P — dowolną ustaloną planetę.
Wybierzmy w płaszczyźnie trajektorii planety P układ współrzędnych biegunowych (r, φ) tak, aby pozycja P w chwili t zadana była równaniem



(1) $$r(t)(1-\varepsilon\cos\varphi(t)) = A$$

(Słońce w początku układu współrzędnych a kąt mierzymy od dłuższej półosi orbity P — por. F1.).

DRUGIE PRAWO KEPLERA

K2. *Odcinek łączący Słońce z planetą zakreśla równe pola w równych odcinkach czasu.* Innymi słowy pole $S(t, t_0)$ zakreślone przez odcinek $\overline{OP}$ w czasie od t_0 do t jest równe $B(t-t_0)$, gdzie B jest pewną stałą związaną z „zachowywaniem się" planety P. Z twierdzenia o całkowaniu przez podstawienie i z F1. mamy, że

$$S(t, t_0) = \frac{1}{2}\int\limits_{\varphi(t_0)}^{\varphi(t)} r^2(\varphi)\mathrm{d}\varphi = \frac{1}{2}\int\limits_{t_0}^{t} r^2(\theta)\varphi'(\theta)\mathrm{d}\theta = B(t-t_0).$$

Zatem, z Podstawowego Twierdzenia Analizy (Newton, Leibniz) wnioskujemy, że

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}S(t_0, t) = \frac{1}{2}r^2(t)\varphi'(t) = B,$$

skąd dostajemy

(2) $$r^2(t)\varphi'(t) = 2B.$$

W dalszym ciągu będziemy opuszczali zmienną t pamiętając jednak, że r i φ są funkcjami t.

Kierunek siły grawitacji czyli pierwszy sukces częściowy

Jeżeli zróżniczkujemy (2) i podzielimy przez r, to otrzymamy

(3) $$2r'\varphi'+r\varphi'' = 0.$$

Z drugiej strony, współrzędne kartezjańskie planety P w chwili t są równe

$$x(t) = r\cos\varphi \quad \text{i} \quad y(t) = r\sin\varphi$$

tak, że współrzędne wektora prędkości planety P wyrażają się wzorami

$$x'(t) = r'\cos\varphi - r\varphi'\sin\varphi, \; y'(t) = r'\sin\varphi + r\varphi'\cos\varphi.$$

Podobnie, różniczkując raz jeszcze, otrzymujemy, że wektor przyspieszenia $\boldsymbol{a}(t) = (x''(t), y''(t))$ planety P ma współrzędne kartezjańskie

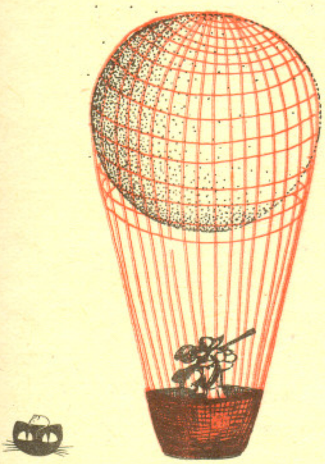
$$x''(t) = r''\cos\varphi - 2r'\varphi'\sin\varphi - r(\varphi')^2\cos\varphi - r\varphi''\sin\varphi,$$
$$y''(t) = r''\sin\varphi + 2r'\varphi'\cos\varphi - r(\varphi')^2\sin\varphi + r\varphi''\cos\varphi.$$

Korzystając z równości (3), dostajemy

(4) $$x''(t) = [r''-r(\varphi')^2]\cos\varphi \quad \text{i} \quad y''(t) = [r''-r(\varphi')^2]\sin\varphi.$$

Zapiszmy to nieco inaczej, a mianowicie

$$x''(t) = \left[\frac{r''}{r} - (\varphi')^2\right] r\cos\varphi = \left[\frac{r''}{r} - (\varphi')^2\right] x(t)$$
$$y''(t) = \left[\frac{r''}{r} - (\varphi')^2\right] r\sin\varphi = \left[\frac{r''}{r} - (\varphi')^2\right] y(t).$$



Ostatecznie wnioskujemy, że

(5) $$\boldsymbol{a}(t) = \left[\frac{r''}{r} - (\varphi')^2\right] \overrightarrow{OP}(t).$$

Ponieważ, na mocy drugiego prawa mechaniki Newtona $F(t) = m\boldsymbol{a}(t)$ uzyskaliśmy pierwszy sukces: Kierunek siły $F(t)$, która powoduje zakrzywienie toru planety P jest równoległy (5) do wektora $\overrightarrow{OP}$ (od Słońca do planety), a jej wielkość jest równa, na mocy (4)

(6) $$|F(t)| = |m\boldsymbol{a}(t)| = m|[r''-r(\varphi')^2]|,$$

gdzie m oznacza masę planety P.

Rozwiązanie zadania F 97.
Naturalny ruch balonu jest wynikiem przemian energetycznych zachodzących w układzie: Ziemia, jej atmosfera, balon. W trakcie wznoszenia balonu, wzrasta energia potencjalna sił ciężkości układu: balon—Ziemia, maleje natomiast dla układu: atmosfera—Ziemia, do przestrzeni opróżnianej przez balon napływa bowiem powietrze przezeń wypierane. Ruchowi balonu do góry towarzyszy ciągłe „spadanie" powietrza. Sumaryczna energia potencjalna maleje, czemu w idealnym przypadku bez oporów towarzyszyć winien wzrost energii kinetycznej. Rozważmy przemieszczenie nieściśliwego ciała o masie m i objętości V na wysokość h. Niech odbywa się to w nieściśliwym płynie o gęstości ϱ_p i jednorodnym polu sił ciężkości (przyspieszenie g). Zmiana energii potencjalnej układu wynosi:

$$\Delta E_u = (mgh-0)+(0-V\varrho_p gh) = (m-V\varrho_p)gh.$$

Kierunek ruchu będzie oczywiście zależał od różnicy gęstości płynu i ciała.

Nareszcie jest $\frac{1}{r^2}$, czyli drugi sukces częściowy

Wyliczymy teraz, czemu jest równe $r''-r(\varphi')^2$. W tym celu zróżniczkujemy równanie (1) i pomnożymy je przez r. Dostajemy $rr'(1-\varepsilon\cos\varphi)+\varepsilon r^2\varphi'\sin\varphi = 0$, co po uwzględnieniu równości (1) i (2) daje $Ar'+2B\varepsilon\sin\varphi = 0$.
Różniczkując jeszcze raz, otrzymujemy

(7) $$Ar''+2B\varepsilon\varphi'\cos\varphi = 0.$$

Ponownie uwzględniając (2), mamy $\quad r'' = -\dfrac{4B^2}{r^2}\,\dfrac{\varepsilon\cos\varphi}{A}.$

W końcu wyliczając z (1) — $\varepsilon\cos\varphi$, oraz jeszcze raz uwzględniając (2) dostajemy ostatecznie coś, co da się „wstawić" do (6): $r''-r(\varphi')^2 = -\frac{4B^2}{A}\cdot\frac{1}{r^2}$

Sukces drugi: Wielkość siły $F(t)$ jest w każdej chwili t proporcjonalna do odwrotności kwadratu odległości r planety P od Słońca i jest ona skierowana w stronę Słońca przeciwnie niż wektor $\overrightarrow{OP}$.
Zachodzi równość

$$|F(t)| = \frac{4B^2}{A}\cdot\frac{1}{r^2}\cdot m = \frac{\mu}{r^2}\cdot m, \tag{8}$$

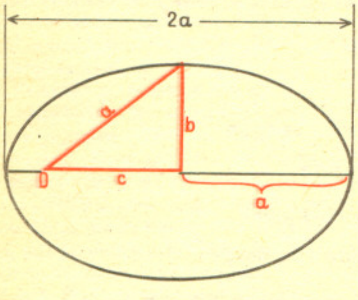
gdzie $\mu = 4B^2/A$.

TRZECIE PRAWO KEPLERA

K3. *Sześcian średniej arytmetycznej największej i najmniejszej odległości planety od Słońca po podzieleniu przez kwadrat czasu jednego obiegu dookoła Słońca jest dla każdej planety (naszego układu słonecznego) taki sam.*
Ze wzoru (1) łatwo zauważyć, że jeżeli a i b są odpowiednio dłuższą i krótszą półosią elipsy danej równaniem (1), to średnia arytmetyczna, o której mowa wyżej wynosi a oraz $b = a\sqrt{1-\varepsilon^2}$ i $A = a(1-\varepsilon^2)$ (patrz rysunek).
Zatem, trzecie prawo Keplera stwierdza, że istnieje taka stała C, że dla każdej planety mamy

$$\frac{a^3}{T^2} = C, \tag{9}$$

gdzie a jest dłuższą półosią jej elipsy a T jest czasem jednego obiegu.



odległość min. $= \frac{A}{1+\varepsilon}$, odległość max. $= \frac{A}{1-\varepsilon}$, ich średnia arytmetyczna $a = \frac{A}{1-\varepsilon^2}$, $c = a - \frac{A}{1+\varepsilon}$, $b = a\sqrt{1-\varepsilon^2}$

Finisz, czyli zryw końcowy

Pole S elipsy o półosiach a i b wyraża się wzorem $S = \pi ab$. Z definicji B dostajemy więc $B = \frac{\pi ab}{T}$, a ponieważ $b = a\sqrt{1-\varepsilon^2}$, więc otrzymujemy $B = \frac{\pi a^2\sqrt{1-\varepsilon^2}}{T}$.
Podstawiając to do wzoru (8) mamy (wobec tego, że $A = a(1-\varepsilon^2)$ — rysunek na marginesie), że wielkość siły $F(t)$ wyraża się wzorem

$$|F| = \frac{4B^2}{A}\cdot\frac{1}{r^2}\cdot m = \frac{4\pi C}{r^2}\cdot m, \tag{10}$$

gdzie C jest stałą z trzeciego prawa Keplera, taką samą dla każdej planety. A więc ogólnym wzorem na siłę powodującą zakrzywienie trajektorii planet (sukces drugi i (10)) jest (we współrzędnych kartezjańskich)

$$F(t) = -\frac{4\pi C}{r^2(t)}\cdot m(\cos\varphi(t), \sin\varphi(t)). \tag{11}$$

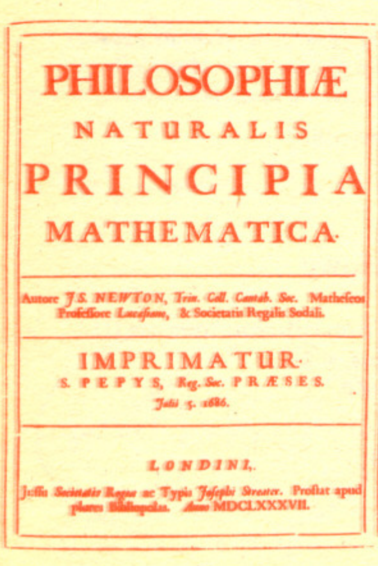
Okazuje się jednak, że dla układu Ziemia—Księżyc i Jowisz — jego księżyce wychodzą zupełnie inne stałe C!

Lecą jabłka, lecą

Teraz, Czytelniku, możesz pójść do sadu i stanąć pod jabłonką. Być może, kiedy już to wszystko wiesz, jabłko spadające na Twoją głowę olśni Cię wystarczająco byś zauważył, że (10) można napisać w postaci

$$|F(t)| = \frac{\gamma}{r^2(t)} m\cdot M_\odot, \tag{12}$$

gdzie $M_\odot$ jest masą Słońca (a $\gamma = 4\pi C/M_\odot$) i dostrzegł, że różne stałe C uzyskane dla innych układów np. Ziemia—Księżyc są **spowodowane tym, że to właśnie** $\frac{4\pi C}{M_\odot} = \gamma$ **jest stałe!** A więc to wzór (12) zawiera najogólniejszą prawidłowość: Siła z jaką Słońce i Planeta przyciągają się wzajemnie jest proporcjonalna do iloczynu ich mas podzielonego przez kwadrat odległości między nimi. Uogólnienie tego faktu na wszelkie obiekty materialne jest już przedsięwzięciem stosunkowo naturalnym.
Na koniec zauważmy, że z prawa powszechnego ciążenia i praw mechaniki Newtona wynika, że Słońce nie jest nieruchome, lecz podlega pewnym ruchom pod wpływem sił grawitacyjnych planet układu słonecznego. Jednakże, ponieważ masa Słońca jest wielokrotnie większa niż masy planet, ruchy te są stosunkowo nieznaczne i zostały zaobserwowane o wiele później. Mamy więc kolejną (po Keplerze) poprawkę do teorii Kopernika, ale to całkiem inna historia, tym razem taka, która cieszy, a nie martwi.


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.
Autore JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.
IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.
LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

THE ILLUSTRATED Bowler Times

THEY ARE COMING TO TAKE ME AWAY HA.HA.HI.HI..

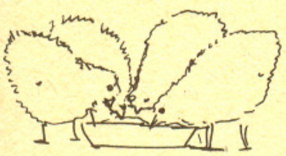
Ty wierzysz, że to dzięki niemu dostajemy we wtorki dodatek witaminowy?

Do czego więc doszliśmy? Ludzie wierzący walczą z wolnością, a przyjaciele wolności atakują religię; wzniosłe i szlachetne umysły opowiadają się za niewolnictwem, a dusze niskie i służalcze za swobodą; prawi i światli obywatele są wrogami wszelkiego postępu, podczas gdy ludzie wyzbyci patriotyzmu i zasad głoszą się apostołami cywilizacji i oświecenia!

de Tocqueville "O demokracji w Ameryce"

Posunięcia dyrekcji budzą zasadnicze wątpliwości...

... byłoby jednak karygodne .....



... dać się ubiec mniej odpowiedzialnym.

Suwak logarytmiczny — komputer XVII wieku

Wymieniając wielkie odkrycia i wynalazki siedemnastego stulecia nie można zapomnieć o tym, że w jego początkach dokonano rewelacyjnego przełomu w technice obliczeniowej — porównywalnego tylko z dokonaną czy dokonującą się na naszych oczach rewolucją związaną z wprowadzeniem maszyn matematycznych. Mowa oczywiście o logarytmach. Jak upraszczają one rachunki, wszyscy wiemy.

Potrzeba matką wynalazków. Rosnące wymagania m.in. nawigacji morskiej w XVI wieku spowodowały bujny rozwój geografii, kartografii i astronomii. Wykonywano wiele skomplikowanych a niezbędnych obliczeń i próbowano jakoś radzić sobie, by wykonywać je szybko i sprawnie. Popularny był sposób mnożenia oparty na prostej zależności

$$a \cdot b = ((a+b)^2-(a-b)^2)/4.$$

Wydawano więc olbrzymie tablice kwadratów (albo od razu ćwiartek kwadratów) liczb naturalnych (wydane w 1592 roku dzieło zawiera kwadraty liczb od 1 do 100000). Aby pomnożyć np. 1981 przez 9811, znaleźliśmy w tych tablicach, że

$$\begin{aligned}(9811+1981)^2 &= 11792^2 = 139051264\\ (9811-1981)^2 &= 7830^2 = 61308900\\ \text{różnica} &= 77742364.\end{aligned}$$

Czwarta część liczby 77742364 to 19435591 i oto mamy wynik mnożenia 1981 przez 9811; kto ma kalkulator, niech sprawdzi.
Jeszcze w 1593 roku Wittich i Clavius zaproponowali do mnożenia dużych liczb posłużenie się wzorem

$$\cos\alpha \cdot \cos\beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha+\beta))$$

i wydali nawet wielocyfrowe tablice cosinusów i sinusów. W celu pomnożenia np. 1981 przez 9811 należało odczytać z tablic że $0{,}9811 = \cos 11°09'25''$, $0{,}1981 = \cos 87°34'27''$, i obliczać:
$1981 \cdot 9811 = 100000000 \cdot (\cos 87°34'27'' \cdot \cos 11°09'25'') = \ldots$ itd. Mnożenie (nie mówiąc już o dzieleniu i potęgowaniu) większej ilości liczb komplikowało się już znacznie.
Za *odkrywcę* logarytmów (i *wynalazcę* odpowiedniej techniki obliczeniowej) uchodzi szkocki baron John Neper, choć pierwsze tablice „logarytmiczne" zaczął układać w pierwszych latach XVII wieku Szwajcar Jost Bürgi. Wykonał on olbrzymią pracę polegającą na wielkiej ilości kolejnych mnożeń przez 1,0001. Praca ta zajęła mu 8 lat a tablice wydano dopiero w 1620 roku z inicjatywy Nepera. Sam Neper (podobnie zresztą i Bürgi) nie był zawodowym matematykiem, ale — a może właśnie dlatego — poświęcił blisko 20 lat pracy na własnoręczne obliczenia polegające na milionach mnożeń przez

$$1-\frac{1}{10^7} = 0{,}9999999;$$

(niektórzy mówią, że po prostu nudził się w swoim zamku). W 1613 roku tablice były już gotowe. Wywołały one zachwyt całej ówczesnej naukowej Europy. Logarytmy uważano za szczytowe osiągnięcie i istotę całej matematyki a zachwycali się nimi nawet poeci. „Czym są logarytmy w stosunku do matematyki, tym jest matematyka w stosunku do całej nauki" (Novalis). Laplace napisał: „Wynalazek logarytmów skraca czas pracy z miesięcy do dni, dosłownie podwaja życie astronomów".

W 1620 Edmund Gunter zauważył, że — mówiąc dzisiejszym językiem — dodawaniu odcinków na skali logarytmicznej odpowiada ich mnożenie (ściślej: mnożenie ich długości) na skali równomiernej. Narysował więc na dwu deseczkach, jednej ruchomej a drugiej nieruchomej skale logarytmiczne i skonstruował w ten sposób pierwszy logarytmiczny suwak rachunkowy. Przyrząd ten oddał nieocenione usługi tysiącom naukowców, inżynierów i techników i dopiero na naszych oczach (niestety, prawie już całkowicie) został wyparty przez różnego rodzaju elektronowe liczydła-kalkulatory. W porównaniu z kalkulatorem suwak ma właściwie tylko dwie zalety: pomaga lepiej zrozumieć logarytmy, oraz... działa bez baterii!

Wiek XVII przyniósł też pierwsze maszyny do liczenia. Już Neper w swoich rachunkach posługiwał się prostymi i pomysłowymi sztabkami rachunkowymi własnej konstrukcji (można o nich przeczytać np. w książce Szczepana Jeleńskiego „Śladami Pitagorasa"). Pierwszy przyrząd, który można nazwać arytmometrem (prymitywnym z dzisiejszego, a niezwykle pomysłowym z ówczesnego punktu widzenia) skonstruował Blaise Pascal. Jego maszynka przeznaczona była nie tyle do działań na liczbach, co do zliczania pieniędzy (ojciec Pascala był poborcą podatkowym) i przystosowana do ówczesnego francuskiego systemu monetarnego (1 livre = 20 sols = 240 déniers), ale to w końcu małe piwo. Wiek XVII wykazał, że rachunki można i warto upraszczać.