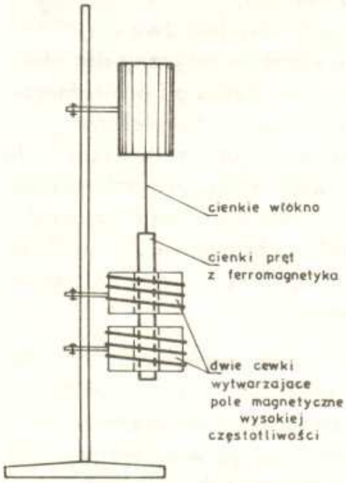
energia, którą należy wydatkować na powstanie ścianki międzydomenowej. Energia ta przypomina napięcie powierzchniowe. Na przykład dla żelaza ma ona wartość 0,0011 J/m^2. Dlatego przy pewnej wielkości domen tworzy się stan równowagi.

Czy ferromagnetyk może być nadprzewodnikiem? W myśl teorii opisującej stan nadprzewodnictwa (teoria BCS) w nadprzewodniku tworzą się pary złożone z dwóch elektronów przyciągających się za pośrednictwem sieci krystalicznej. Elektrony te mają przeciwnie skierowane spiny. Można więc wyobrazić sobie, że zjawisko nadprzewodnictwa jest w pewnym sensie odwrotne do ferromagnetyzmu i ferromagnetyki nie mogą być nadprzewodnikami.

Oczywiście, nie dotyczy to antyferromagnetyków. Na przykład cer jest antyferromagnetykiem i wykazuje również własności nadprzewodzące.

Na zakończenie przeglądu zjawisk mechanicznych związanych z ferromagnetykami należałoby jeszcze wspomnieć o magnetostrykcji. Otóż, w zewnętrznym polu magnetycznym ferromagnetyk zmienia swoją długość. W przypadku Ni i Co jest to skracanie, a dla Fe wydłużanie dla słabych pól i skracanie dla silnych. Maksymalny efekt względnej zmiany długości jest rzędu 10^{-4}. Ciekawszy jest efekt odwrotny. Otóż, stosując ciśnienia już rzędu 100 atmosfer zmieniamy silnie własności ferromagnetyka, na przykład wraz ze wzrostem ciśnienia zmniejsza się osiągane namagnesowanie przy danym zewnętrznym polu magnetycznym.

Dzisiaj nie wykorzystuje się zjawiska Barnetta ani Einsteina–de Haasa do pomiaru czynnika g. Metody te zostały zastąpione przez dokładniejsze metody rezonansowe. Niemniej jednak stanowią one piękny przykład wpływu własności mikroświata, takich jak spin, na zachowanie się ciał makroskopowych.



Schemat doświadczenia Einsteina–de Haasa.

Zupełnie inaczej

W tym roku minęło 350 lat od śmierci Galileo Galilei, Galileusza. Jego osiągnięcia są liczne i powszechnie znane. Matematykę wzbogacił o wspaniałe narzędzie, jakim są wektory (umożliwił w ten sposób wprowadzenie, jeszcze za swego życia, geometrii analitycznej). Wprowadził do fizyki pojęcie siły (naprawdę dopiero on) i przyspieszenia oraz związał je zależnością $F = m \cdot a$ (dał tym samym Newtonowi – ciekawe, że urodził się on w roku śmierci Galileusza – pojęcia umożliwiające sformułowanie zasad dynamiki). Opisał matematycznie ruch wahadła. Rozwiązał problem swobodnego spadku i ruchu po równi pochyłej. Zbudował teleskop i odkrył za jego pomocą cztery księżyce Jowisza. Itd., itp.

Chciałem tu jednak napisać o czym innym – o jego wpływie na sposób uprawiania nauki w ogóle, a matematyki w szczególności.

Od szóstego wieku przed naszą erą, aż po wiek siedemnasty, dominującym podejściem do matematyki był pitagoreizm. Zasadza się on na przekonaniu, że najważniejszą cechą świata jest *harmonia*, czyli nadrzędna struktura utrzymująca w całości jego różnorodne, często przeciwstawne siły, działania, tendencje itd. W czasach Odrodzenia pitagoreizm przybrał inną nazwę – wobec obowiązującej monoteistycznej religii istniała tylko jedna możliwa nazwa dla pitagorejskiej harmonii: Bóg – poglądy pitagorejskie nazwano panteizmem. I tak, jak nadrzędnym celem badawczym pitagorejczyków było poszukiwanie harmonii w każdym przejawie świata, tak dla panteistów stało się nim poszukiwanie w każdym przejawie świata Boga. I jedni, i drudzy byli zdania, że harmonia/Bóg jest w swej istocie niesłychanie prosta, a więc powinna dać się wyrazić najklarowniejszym językiem, jaki ludzkość posiada – matematyką. Bóg jest matematykiem, jak mówił Kepler.

Badawczy aspekt panteizmu odnajdujemy choćby w wierszu, którego uczyliśmy się w szkole:
Czego chcesz od nas, Panie,
za twe hojne dary?
Czegóż za dobrodziejstwa,
w których nie znasz miary?
Gdziekolwiek się obrócim,
wszędy pełno Ciebie:
na morzu i na lądzie,
w powietrzu i w niebie.

Byli jednak i inni. Np. Arystoteles przyznawał matematyce tylko walor narzędzia pozwalającego na precyzyjny opis różnych zjawisk. Poznanie matematyczne nie jest, według Arystotelesa, poznawaniem świata, lecz tylko kształceniem swojej sprawności, która może, rzecz jasna, później do czegoś się przydać. W czasach Galileusza uniwersytety były opanowane przez wyznawców Arystotelesa (zważmy: jedynego poganina, któremu przyznawano prawo kształtowania chrześcijańskich dusz i umysłów).

Z kolei arystotelesowskie podejście do matematyki zaprezentował Nobel nie przyznając matematyce miejsca wśród umiejętności służących człowiekowi.

W opozycji były środowiska wojskowo–inżynierskie, które miały dokonać wkrótce największego przewrotu naukowego od tysiącleci i które były zdecydowanie pitagorejskich przekonań (środowiska te później stworzyły konkurencyjne i wrogie wobec uniwersytetów akademie – tylko w Anglii nie był to jawny konflikt).

Zanim przedstawimy rolę, jaką odegrał Galileusz w tym sporze, kilka słów o samym problemie. Zawsze byli matematycy, którzy swoją pracę traktowali jak poznawanie absolutnej prawdy o świecie czy też o Bogu. Zawsze byli też i tacy, dla których matematyka była narzędziem do rozwiązywania problemów mniej czy bardziej praktycznych, ale zawsze mających swoje źródło w problemach realnego świata. Trzeba przyznać, że ci drudzy zrobili więcej – relacjonując dziś rezultaty częściej wymieniamy ich twierdzenia i wprowadzone przez nich pojęcia, niż wyniki ich wyżej mierzących kolegów. Nie sposób jednak nie zauważyć, że przez swoich współczesnych ci pierwsi byli cenieni wyżej – wszak oni badali rzeczy ważniejsze. I nie sposób nie przyznać racji tym aktualnym ocenom. Jeśli mówi się o absolutnej prawdzie czy Bogu, to łatwiej jest znaleźć chętnych do podjęcia badań, po drugie – spory stają się ostrzejsze, co zawsze badaniom dobrze robi. Tak więc matematyczni pragmatycy korzystali z nakręcanej przez matematyków-idealistów koniunktury i często tylko dzięki niej mogli funkcjonować. Nie jest pewne, czy pragmatyzm Galileusza mógłby się ostać, gdyby nie miał utorowanej drogi przez wzniosły idealizm Keplera.

Podstawowy konflikt Galileusza ze światem uczonych (z których mali duchem wielokrotnie próbowali zrewanżować się Galileuszowi niebezpiecznymi donosami) polegał na wskazaniu innego celu badawczego dla nauk ścisłych, niż oficjalnie przyjęty. Galileusz nadał przytoczonemu wyżej sporowi nowy wymiar – wskazał, że jest rzeczą odmienną pytanie *dlaczego*, a więc objaśnianie świata, od pytania *jak*, a więc opisywania świata. I obstawał przy odmawianiu waloru nauki pierwszemu podejściu. Jeśli dodać do tego jeszcze wręcz pogardliwy stosunek do zastanych dokonań, to nie bardzo wypada nawet dziwić się agresji jego bardziej tradycyjnie myślących kolegów.

Podjęcie takiej, a nie innej problematyki badawczej Galileusz objaśnia: *w przyrodzie nie ma nic, co byłoby starsze niż ruch, ale właśnie na jego temat napisano najmniej znaczących uwag.* A jego doktryna badawcza też wyraźnie sugeruje ocenę kolegów. *Teraz pora jest niestosowna na zajmowanie się przyczynami ruchu, o czym różni filozofowie wypowiadali tyle różnych poglądów: jedni przypisywali go zbliżeniu do środka, drudzy – stopniowemu zmniejszaniu się oporu otoczenia, trzeci – innym oddziaływaniom otoczenia, które zamyka się za poruszającym się ciałem i wywiera na nie ciśnienie, jakby je stale popychając; wszystkie te stanowiska i wiele innych można by rozpatrzeć, co jednak przyniosłoby mało pożytku. Teraz wystarczy, jeżeli rozpatrzymy, jak bada się i opisuje własności ruchu przyspieszonego (jaka by nie była jego przyczyna) przyjmując, że prędkość chwilowa...*

Propozycja odrzucenia pytania o przyczynę czy nawet mechanizm zjawisk na rzecz skoncentrowania się jedynie na opisie ich przebiegu niesłychanie przypadła do gustu tworzącej się nowej elicie intelektualnej. Paradoksalnie – zwolennicy pitagoreizmu stali się jego grabarzami. Okazało się, że w Arystotelesie wcale nie stosunek do matematyki raził. Jedynie opisowa wersja poznawania świata była przecież dużo łatwiejsza, a w zastosowaniach niczym nie ustępowała metodom tradycyjnym. Odrzucenie zbędnych elementów pracy badawczej poszło nawet tak daleko, że mówiono: *dowody były potrzebne takim mięczakom, jak Grecy – my się bez nich swobodnie obywamy.* Bo istotnie – po co dowód, jeżeli można sprawdzić, że jest dobrze. Przyjrzenie się pracom Galileusza niedwuznacznie zresztą pokazuje tę nonszalancję – wahadło nigdy nie waha się z okresem niezależnym od wychylenia, a on przecież „wykazał”, że jest przeciwnie; ciała o różnej masie spadają (we wszystkich dostępnych Galileuszowi warunkach) z różnym przyspieszeniem, wbrew jego wywodom.

Jednak potraktowanie nauki jako dającego się wykorzystać praktycznie opisu okazało się tak efektywne, że za sprawą Galileusza kończy się praktycznie trwający prawie dwa tysiące lat okres pitagoreizmu. Matematyka nie jest już od tej pory filozofią, teorią świata, poznawaniem prawd absolutnych. Staje się, wraz z innymi naukami, które zresztą wkrótce obwołały ją królową, najsprawniejszym narzędziem podporządkowywania świata człowiekowi, skolonizowania i zmuszenia przyrody do uległości. Wydaje się, że ten ślad Galileusza w nauce jest najbardziej doniosły.

Marek KORDOS

Rozwiązanie zadania F 337. Niech T_0 oraz T oznaczają bezwzględne temperatury powietrza w balonie i na zewnątrz. Prędkość dźwięku jest równa $v = \sqrt{\frac{\kappa RT}{\mu}}$, gdzie κ jest wykładnikiem adiabaty, μ – masą molową powietrza, R zaś stałą gazową. Współczynnik załamania jest równy stosunkowi prędkości dźwięku w otoczeniu do prędkości dźwięku w balonie $n = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$. Zdolność skupiająca soczewki o grubości d i promieniach krzywizny r_1 oraz r_2 wynosi

$$D = (n-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right) - \frac{d}{n}(n-1)^2\frac{1}{r_1}\frac{1}{r_2}.$$

Podstawiając $r_1 = r_2 = r$ oraz $d = 2r$ otrzymujemy

$$f = \frac{1}{D} = \frac{nr}{2(n-1)} = \frac{r\sqrt{T}}{2(\sqrt{T}-\sqrt{T_0})} = 56\ \mathrm{m}.$$

Rozwiązanie zadania F 338. Niech I_0 oznacza strumień padający na szybę. Po przejściu strumienia przez pierwszą powierzchnię natężenie światła będzie równe $(1-R)I_0$. Przez drugą powierzchnię przejdzie strumień $I_1 = (1-R)^2 I_0$, odbiciu zaś ulegnie strumień $R(1-R)I_0$, którego część odbita od pierwszej powierzchni może przejść przez drugą z natężeniem $I_2 = R^2(1-R)^2 I_0$, itd. Sumując nieskończony szereg otrzymujemy

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots = (1-R)^2 I_0 + (1-R)^2 R^2 I_0 + (1-R)^2 R^4 I_0 + \ldots = \frac{(1-R)^2}{1-R^2} I_0 = \frac{2n}{n^2+1} I_0.$$

Rozwiązanie zadania M 637. Każda liczba daje przy dzieleniu przez 9 tę samą resztę, co jej suma cyfr tak dowodzi się cechę podzielności przez 9. Zatem jedynki otrzymamy z 1, 10, 19, ..., 999 999 991, 1 000 000 000, a dwójki z liczb odpowiednio o jeden większych, ale nie przekraczających miliarda; łatwo więc stwierdzić, że jedynek będzie o jedną więcej niż dwójek.