

10417

ENRYK MERCZYNG.

353

ZARYS OBECNYCH GRANIC  
— POZNANIA NATURY —  
W PRZESTRZENI I CZASIE.

Rzecz odczytana na zgromadzeniu dorocznym  
Związku polskiego lekarzy i przyrodników  
w Petersburgu.

Odbitka z „Wszechświata“



Drukarnia L. Bogusławskiego, Ś-tokrzyska 11.

W A R S Z A W A

—  
1911.



HENRYK MERCZYNG.

Zarys obecnych granic poznania natury w przestrzeni  
i czasie.

10417

Rzecz odczytana na zgromadzeniu dorocznem  
Związku polskiego lekarzy i przyrodników  
w Petersburgu.

Odbitka z „Wszecchwiała“



**Prof. Dr. K. Twardowski**

Drukarnia L. Bogusławskiego, Ś-tokrzyska 11.

WARSZAWA

—  
1911.

10417



PAN 10417



K  
18.12.09  
A. 002

H-123269

<http://rcin.org.pl>

Każde zjawisko fizyczne musi odbywać się w przestrzeni lub czasie. Nie dotykając tu kwestyi, w jaki sposób te zasadnicze pojęcia uświadomić sobie można <sup>1)</sup>, ograniczymy się w niniejszym szkicu wyłącznie do rozpatrzenia, w jakich granicach wielkości — przestrzeni i czasu—odbywają się te zjawiska, które czy to człowiek bezpośrednio spostrzegać

---

<sup>1)</sup> Podług H. Spencera, Pierwsze Zasady, str. 153 tłumaczenia polskiego: „Takie tryby skojarzeń, w jakich niezmiennie zjawiska się odbijają, a więc i odtwarzane bywają w świadomości, nazywamy, rozważając je osobno, Przestrzenią i Czasem... Ostateczna przyroda owych trybów skojarzeń jest nam nieznaną, jak i ostateczna przyroda tego, co się przez nie objawia“. Tu trzeba zauważyć, że pojęcie czasu i przestrzeni jako pojęć względnych ostatniemi czasy pod wpływem Einsteina i Lorentza, coraz bardziej toruje sobie drogę w przyrodoznawstwie (zasada względności, Relativitätsprincip). W rozprawce niniejszej jednak kwestyi rzeczonyj nie dotykamy.

może, czy też drogą przesłanek logicznych jest w stanie ocenić lub przewidzieć — innymi słowy: gdzie się kończy poznanie ludzkie i praktycznie dla nas zaczyna nieskończoność w przestrzeni lub czasie. Teoretycznie, naturalnie, nic nam nie przeszkadza wyobrazić sobie np. linię prostą, której długość byłaby większa miliony razy od odległości dzielącej nas od najdalszych światów, dostrzeganych jeszcze w polu widzenia najsilniejszych teleskopów; i podobnie takąż linię, której rozmiar byłby miliony razy mniejszy od odległości dwu sąsiednich atomów materji w jakiegokolwiek masie; lecz podobna spekulacya nie miałaby znaczenia realnego. Spróbujmy więc określić choć w przybliżonym zarysie owe granice rzeczywiste poznania, przyczem naturalnie zastrzedz a priori należy, że owe kresy nie pozostają nigdy stałemi, lecz z postępem wiedzy bezustannie się rozszerzają. Obraz nasz, który zresztą nie ma zamiaru wyczerpać przedmiotu i jest jego tylko ogólnym zarysem, będzie zatem dotyczył współczesnego stanu nauki, w pierwszych latach XX wieku.

Jeżeli przedewszystkiem będziemy rozpatrywali miarę zjawisk w przestrzeni,

to musimy dla porównania badanych wielkości oprzeć się na pewnym określonym wzorcu, który posłuży nam do koniecznych pomiarów. Od końca XVIII wieku powszechnie w nauce przyjętym wzorcem miary jest nasza Ziemia, a mianowicie jej obwód. Jak wiadomo, metr stanowi 40 milionową część średniego obwodu Ziemi <sup>1)</sup>, czyli zważywszy, że 1 000 metrów stanowi kilometr (t. j. prawie wiorstę, ściśle 0,937 wiorsty), otrzymamy, że odległość od bieguna do równika wynosi 10 000 kilometrów, t. j. w przybliżeniu 9 razy powtórzoną odległość od Warszawy do Petersburga. 36 razy wzięta rzeczona odległość stanowi więc cały obwód Ziemi.

Z powyższej liczby elementarnym rachunkiem obliczyć można, że średni promień Ziemi, t. j. odległość przybliżona dowolnego punktu na powierzchni oce-

---

1) Właściwie wielkiego koła przechodzącego przez bieguny Ziemi. Inne wielkie koła, przeprowadzone po Ziemi, wskutek spłaszczenia biegunowego nie są równe południkowym. Ściśle biorąc, ponieważ Ziemia nie jest matematyczną kulą, przecięcia Ziemi jakąkolwiek płaszczyzną nie są kołami, lecz tylko krzywymi do kół przybliżonemi.

anu od środka Ziemi wynosi około 6 370 kilometrów, t. j. mniej niż sześć razy odległość od Warszawy do Petersburga, w przybliżeniu mniej niż  $\frac{2}{3}$  odległości od bieguna do równika <sup>1)</sup>.

Ale liczba rzeczona ma tylko znaczenie teoretyczne: o ile powierzchnia Ziemi, tej podstawy bytu ludzkości w przestrzeni, jest zbadana w ogromnej swej części <sup>2)</sup>, o tyle mało stosunkowo poznany jest pionowy układ naszej planety. Jak wiadomo, wzniesienia powierzchni Ziemi w szczytach górskich i płasko-

---

<sup>1)</sup> Przytem, oczywiście nie bierzemy pod uwagę zmienności promienia wskutek spłaszczenia biegunowego.

<sup>2)</sup> Oprócz niektórych pustyń Azji środkowej i Afryki północnej (Sahary), w których znajdują się mniej lub więcej znaczne przestrzenie nie zupełnie poznane, główną nieznaną jeszcze część powierzchni Ziemi, stanowią obszary biegunowe. Ale i tu terra incognita ściska się z każdym rokiem. Obecnie (1911 r.) najdalszym punktem, do którego człowiek doszedł na północy, jest sam biegun północny, do którego 1909 r. udało się dojść amerykańnikowi Peary. Na biegunie południowym wielki postęp uczyniła w roku 1909 ekspedycja angielska Shackletona, która doszła aż do 88°23' szerokości południowej, czyli tylko 200 kilometrów od bieguna południowego.



wzgórzach są stosunkowo do wielkości obwodu Ziemi i jej promienia bardzo nieznaczne. Tak np. najwyższe wzniesienia w Tatrach (Garłuch) nie dochodzą 2 700 metrów (czyli około  $2\frac{1}{2}$  wiorst) nad powierzchnią morza. W Alpach skala ta powiększa się do 4 000 *m* (Mont Blanc), na Kaukazie do 5 600 *m* (Elbrus), w Andach (Ameryka Południowa) do 7 000 *m* (Aconcagua), ale nawet najwyższe wzniesienia planety (Góra Ewerest w Himalajach) nie wiele przenoszą 8 800 metrów (dokładnie 29 000 stóp czyli  $8\frac{2}{7}$  wiorsty). Tym sposobem najwyższe góry wnoszą się mniej niż na siedemsetną część promienia Ziemi. Lecz nawet i na tę wysokość, przynajmniej na powierzchni Ziemi, człowiekowi dostać się nie udało. Wprawdzie badacze weszli na Aconcaguę i na niektóre niższe szczyty himalajskie (szczególniej księżę Abruzzów), ale nie wyżej jak około 7 200 metrów—szczyt Eweresta jest dotąd dziewiczy i wzniesienie jego oznaczono tylko drogą optyczną. Ponad najwyższemi szczytami wznosi się jeszcze atmosfera. Dokładna wysokość powietrzni nie jest zbadana, lecz wiele zjawisk optycznych pozwala przypuszczać, że jest ona znacznie wyż-

sza niż pierwotnie sądzono — ślady powietrza znajdują się na kilkaset, a nawet więcej kilometrów nad powierzchnią Ziemi, atoli zbadane przez człowieka warstwy leżą znacznie niżej. W balonach wprawdzie badacze wznosili się wyżej, niż na najwyższych górach (8 000—9 000 metrów), lecz wyższe warstwy powietrzni stały się dostępne bezpośrednio badaniu (oprócz optycznego) dopiero w ostatnich latach, gdy zaczęto wypuszczać t. zw. balony - sondy, bez ludzi z automatycznie zapisującymi przyrządami. Tą drogą otrzymano materyalne wieści o stanie atmosfery na wysokości do dwudziestu kilku kilometrów nad powierzchnią Ziemi. Przekonano się między innymi, że temperatura warstw powyżej 10 kilometrów nad powierzchnią ziemi rzadko podnosi się ponad 50 stopni pod zerem. Gdyby więc na tej wysokości znajdowała się rtęć, mogłaby tam istnieć tylko jako ciało stałe.

Jeżeli obecnie zwrócimy oko w przeciwnym kierunku pionu, t. j. ku środkowi Ziemi, to kres badania spotkamy jeszcze bliżej, niż ku górze. Powierzchnia Ziemi, podobnie jak wzniesienia, tak tworzy i wklęsnięcia. Są one albo pokryte

woda, formując morza i oceany, albo bezpośrednio depresje lądu stałego. Głębokość mórz i oceanów były ostatnimi czasy gorliwie badane. Rezultat tych badań — drogą bezpośrednich pomiarów — okazuje, że zwykle pogłębienie oceanów wynosi od 3 000 do 4 000 metrów, t. j. około dwutysięcznej części promienia Ziemi; lecz są i głębokości większe 4 — 9 kilometrów — największa do tej pory odnaleziona w archipelagu australijskim nie przenosi jednak 10 kilometrów, t. j.  $\frac{1}{650}$  promienia Ziemi. W każdym razie najwyższa góra Ziemi, pomieszczona w tym miejscu, zatonałaby zupełnie i miałaby jeszcze nad sobą około  $\frac{3}{4}$  kilometra wody.

Odnalezione dotąd depresje lądu stałego są znacznie mniejsze — nie przenoszą zdaje się 400 metrów (morze Martwe w Palestynie), mniej zatem niż  $\frac{1}{15\ 000}$  promienia Ziemi.

Nakoniec badanie pionowe w kierunku środka Ziemi odbywa się jeszcze za pomocą wiercenia, lecz z natury rzeczy roboty wiertnicze nie mogą dać także zbyt wielkich pogłębień. Obecnie jednak udało się w Niemczech koło Halli w Schladbach dojść do 1716 metrów, t. j. prawie  $1\frac{3}{4}$  wiorsty niżej powierzchni Ziemi,

czyli do  $\frac{1}{3700}$  promienia; jeszcze dalej zaś w Paruszowicach na Ślązku polskim koło Rybnika, gdzie otwór wiertniczy dosięga 2 kilometrów głębokości czyli do  $\frac{1}{3300}$  promienia Ziemi. Dla wyjaśnienia sobie znaczenia tej wielkości, należy zwrócić uwagę, że najwyższa budowla na ziemi — wieża Eiffła w Paryżu — ma 300 metrów wysokości.

Tym sposobem kresy pionowego zbadania Ziemi (pomiędzy największą znalezioną głębią oceanów a najwyższym podniesieniem balonów z instrumentami) należy określić w przybliżeniu nie więcej jak na 30 kilometrów, t. j. około jednej dwusetnej promienia, czyli nieco więcej nad pół procentu;  $\frac{199}{200}$  pozostaje zupełnie niedostępne tymczasem dla bezpośredniego spostrzegania.

Jeżeli teraz opuścimy powierzchnię naszej planety i przeniesiemy się w przestrzeń kosmiczną, to kresy badania rozszerzają się olbrzymio. Jeżeli za jednostkę pomiaru przyjmiemy ową zasadniczą odległość bieguna od równika ziemi, t. j. ćwierć koła południkowego (obwodu) ziemi, czyli 10 000 000 albo  $10^7$  metrów, to najbliżej ziemi spotykamy pierwsze ciało niebieskie — Księżyc w odległości średniej

38,4 ćwierci obwodu ziemi, t. j. księżyc jest od Ziemi oddalony więcej niż 9 razy obwód ziemi. Wielkość przybliżenie podobnego porządku jak odległość księżyca od ziemi stanowi promień słońca, który wynosi prawie 70 ćwierci obwodu Ziemi. Gdyby zatem Ziemia była w środku Słońca, to cała droga Księżyca zmieściłaby się w tej ogromnej kuli, przy czem do powierzchni zostałoby się w przybliżeniu jeszcze drugie tyle. Inne ciała niebieskie — planety i księżyce, których średnice oznaczono, mają rozmiary daleko mniejsze, niektóre z nich prawie takie jak Ziemia (Wenus), inne znacznie większe, ale jednak mniejsze od słońca (promień Jowisza 11 razy większy niż Ziemi, t. j. stanowi około 7 ćwierci obwodu, Saturna 9,3 razy czyli około 6-ciu ćwierci obwodu ziemi, Uran i Neptun są w przybliżeniu  $2\frac{1}{4}$  i  $2\frac{1}{2}$  raza mniejsze od Saturna. Z innych planet Mars ma średnicę nieco więcej niż o połowę mniejszą od Ziemi; Merkury więcej niż  $\frac{1}{3}$  Ziemi). Z wielkością kilku planet dają się już porównać średnice niektórych księżyców. Tak np., cztery główne księżyce Jowisza mają średnice wynoszące około  $\frac{1}{3}$  do  $\frac{3}{5}$  ćwierci południka Ziemi; po-

dobną wielkość otrzymujemy i dla naszego księżyca — około  $\frac{1}{3}$  ćwierci południka (dokładnie 3482 kilometry). Są to więc ciała wszystko mniej więcej tego porządku wielkości jak np. planeta Merkury.

Księżyce Saturna są już mniejsze, podobnie jak i Urana (średnice około  $\frac{1}{10}$  ćwierci południka = około 1000 kilometrów). Księżyc Neptuna jest prawdopodobnie takiej samej wielkości jak i ziemski. Lecz wszystkie te oznaczenia wielkości odległych satelitów nie są, z powodu wielkiej dzielącej nas przestrzeni, oparte, na tak pewnych podstawach jak bliższych księżyców i większych planet.

Do liczby drobnych ciał niebieskich należą wszystkie t. zw. planety teleskopowe między Marsem a Jowiszem (oprócz jednej, Erosa, której droga leży bliżej Ziemi, niż droga Marsa). Jest ich obecnie znanych przeszło 460; średnica największej z nich Cerery wynosi około  $\frac{1}{10}$  ćwierci południka ziemskiego, t. j. około 1000 kilometrów, równa się zatem prawie księżycom Urana; wiele z nich jednak stanowi ciała, których średnica nie przewyższa kilku kilometrów. Podobnej

wielkości są również i dwa księżyce Marsa, odkryte w roku 1877.

Jeżeli od wymiarów ciał niebieskich przejdziemy do ich odległości, to ramy obrazu rozszerzają się znakomicie. Zaczynając od zasadniczej w świecie planetarnym wielkości — przestrzeni dzielącej naszą Ziemię od Słońca, to stanowi ona prawie 15 000 ćwierci południka ziemskiego, t. j. około 150 milionów kilometrów. Odległości innych planet od Słońca rosną, poczynając od Merkurego (około  $\frac{2}{5}$  odległości Ziemi od Słońca), Wenerę (około  $\frac{3}{4}$  odległości Ziemi), Marsa (przeszło  $1\frac{1}{2}$  raza odległość Ziemi od Słońca), do Jowisza (przeszło 5 razy), Saturna (przeszło  $9\frac{1}{2}$  raza), Urana (przeszło 19 razy) i Neptuna (przeszło 30 razy, czyli około  $\frac{1}{2}$  miliona ćwierci południka ziemskiego albo  $4\frac{1}{2}$  miliarda kilometrów). Jestto najdalszy kres systemu planetarnego, chociaż niektóre komety (biorąc pod uwagę tylko te, których powrót został obserwowany) w swych wydłużonych drogach oddalają się od Słońca jeszcze bardziej niż Neptun. Kometa Halleya, ostatni raz widziana w 1910 roku, odbiega od Słońca na 35 promieni drogi ziemskiej, t. j. o  $\frac{1}{6}$  dalej niż planeta Neptun.

By ocenić te wielkie odległości, porównanie z rozmiarami Ziemi niewiele już nam mówi. Zwykle podstawą porównania jest t. zw. czas świetlny. Choć o wymiarach czasu powiemy dalej osobno, zauważymy tutaj, że najprędsze znane rozszerzanie się pewnego zjawiska stanowi rozszerzanie się światła. Promień świetlny przebiega na sekundę 300 000 kilometrów, t. j. 30 ćwierci południka, a zatem gdyby światło mogło biedz po kole, to okrążyłoby Ziemię w mniej niż  $\frac{1}{7}$  sekundy. Otóż ten sam promień świetlny przebiega przestrzeń od Słońca do Ziemi w przybliżeniu w 8 minut, przestrzeń od Słońca do Neptuna w 4 godziny, do komety Halleya w najdalszym punkcie jej drogi prawie w 5 godzin.

Zanim od kresów poznania świata planetarnego przejdziemy do świata gwiazd stałych, będzie na miejscu wspomnieć, jakie mogą być najmniejsze odległości, które w czasie biegów swoich zajmują względem siebie różne ciała niebieskie i o ile tym sposobem jest możliwe bezpośrednio poznanie ich powierzchni. Najbliższym sąsiadem Ziemi jest Księżyc, którego odległość podaliśmy wyżej — od innych ciał niebieskich dzieli nas w każ-



dym razie olbrzymie przestrzenie. Najbliżej zbliżyć się możemy do Marsa i Wenerę oraz Erosa. W najlepszym jednak nawet przypadku dzielą nas od tych ciał niebieskich przestrzenie wynoszące  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  promienia drogi ziemskiej, t. j. 35 — 50 milionów kilometrów, przestrzeń nawet w tym razie przewyższająca prawie 100 razy odległość ziemi od księżyca i około 1000 razy obwód Ziemi. Inne jednak ciała niebieskie mogą się zbliżać znacznie bardziej do siebie. Pomijając małe planety, czyli asteroidy, których odległości mogą być czasem mniejsze od połowy odległości Ziemi od Księżyca, mamy np. księżyce Marsa, z których najbliższy krąży od swego planety nie dalej jak na odległości równej promieniowi Ziemi.

Poza światem planetarnym, daleko, daleko od niego zaczyna się świat gwiazd stałych. Tu już dobiegamy do absolutnych kresów naszego poznania w przestrzeni. Trzeba jednak przedewszystkiem zapamiętać, że nawet najbliższa gwiazda leży niezmiernie daleko, poza kresem przestrzeni planetarnej. Jestto świetna gwiazda  $\alpha$  Centaura, której odległość od Ziemi wynosi 275 000 razy promień drogi ziemskiej, albo około 9 000 razy pro-

mień drogi Neptuna. Tym sposobem poza Neptunem, poza kometą Halleya znajduje się olbrzymia przestrzeń próżna, w której niema nic materyalnego, a przynajmniej nic coby materyalnie przez nas obserwowane być mogło. Światło od owej gwiazdy bieży do nas przez 4 lata.

Dla nielicznych najbliższych gwiazd stałych, których odległości są nam znane (około 20) liczby te rosną stale. Syryusz posiada czas świetlny lat 10, Aldebaran 14, Wega 22, Kapella 30, gwiazda polarna 37, Arktur 35. Najdalsze gwiazdy <sup>1)</sup>, których odległość mogła być oznaczoną, leżą na 70 lat świetlnych od nas. Odległości te stanowią najdłuższe linie, które człowiek był w stanie wymierzyć, są one więc kresem absolutnym ludzkich pomiarów. Kres ten jest jednak bardzo wielki — 70 lat świetlnych odpowiada około  $4\frac{1}{2}$  miliona promieni drogi ziemskiej, czyli symbolicznie  $4,5 \cdot 10^6$  promieni. Ponieważ promień drogi ziemskiej wynosi, jakśmy widzieli, 15 000 ćwiartek południka ziemskiego, albo  $1,5 \cdot 10^4$ ,

---

<sup>1)</sup> № 1830 w katalogu Groombridgea. Zresztą odległości gwiazdowe, szczególnie gwiazd najdalszych, są tylko przybliżone.

więc owa linia równa się około  $7 \cdot 10^{10}$  ćwiartek, lub, pomnąc, że ćwiartka południka równa się 10 milionom metrów, t. j.  $10^7$  metrów, owa odległość wyniesie zatem  $7 \cdot 10^{17}$  metrów. Jeżeli przypuścimy dla zaokrąglenia, że można rozciągnąć kres wspomniany do 100 lat świetlnych, to długość podobnej linii wyraża się jako  $10^{18}$  metrów, albo 1 z 18 zerami metrów. Jestto najdłuższa linia, którą w dzisiejszym stanie wiedzy zmierzyć możemy. Nie jestto jednak jeszcze kres naszego poznania. Poza 20 gwiazdami, których odległości od nas są zmierzone, błyszczy na niebie nieskończona ilość światów — pojedynczych gwiazd i ich skupień — droga mleczna i mgławice. O ich odległości od nas nie mamy żadnych danych. Rozległość drogi mlecznej przez niektórych badaczy jest podawana na 20 000 lat światła. Jest to jednak wielkość wyłącznie tylko przypuszczalna. Czy odległość od mgławic jest wielkością tegoż porządku — lub może tysiące razy jeszcze większa — nie wiemy. Tu jesteśmy już u bezwzględnego kresu poznania w przestrzeni. Jeżeli — zupełnie dowolnie — przypuścimy, że najdalsze objekty na niebie, które obserwować możemy, są od nas

odległe na 100 milionów lat światła, t. j. milion razy dalsze, niż te gwiazdy, których odległość zmierzyć mogliśmy, to przestrzeń ta wyrazi się w metrach jako  $10^{24}$ , albo 1 z 24 zerami metrów. Będzie to kres najdalszy poznania—praktycznie biorąc nieskończoność, chociaż właściwie nieskończoność zaczyna się dla nas już od tego, czego zmierzyć nie jesteśmy w stanie, a więc od  $10^{18}$  metrów.

Porzucając nieskończone przestrzenie gwiazdowe i wracając na powierzchnię Ziemi, należy nam obecnie zbadać drugi—dolny kres naszego poznania, a więc najmniejsze odległości, jakie jeszcze mogą być zmierzone.

Kresem bezpośredniego spostrzegania, najmniejszą odległością, którą oko w najsilniejszym mikroskopie ocenić jeszcze może, jest w przybliżeniu piąta część tak zw. mikrona, czyli tysięcznej części milimetra lub milionowej części metra. Atoli poza bezpośrednim spostrzeganiem istnieje jeszcze cały szereg wielkości znacznie mniejszych; ocenić i zmierzyć je można z innych zjawisk, których pomiar jest bardziej ułatwiony.

Przedewszystkiem należą tutaj długości fal światła. Fala światła żółtego, któ-

re wydaje para sodu, wynosi około  $\frac{3}{5}$  mikrona. Fale widzialne, zaczynając od fioletowych a kończąc na czerwonych, mają długość od  $\frac{2}{5}$  do  $\frac{4}{5}$  mikrona. Fale pozafioletowe chemiczne są jednak znacznie krótsze i dochodzą do  $\frac{1}{10}$  mikrona. Przeciwnie pozaczerwone przewyższają mikron <sup>1)</sup>. Dalszym etapem w kierunku kresu poznawania Natury w wielkościach drobnych są już stosunki świata cząsteczkowego—molekularnego.

Teoria cynetyczna gazów, dziś powszechnie przyjęta w nauce, uważa te ostatnie jako złożone z cząsteczek, będących w ciągłym ruchu prostoliniowym, którego kierunek jednak bezustannie się zmienia pod wpływem uderzeń cząsteczek jedna o drugą. Oznaczono długość t. zw. średniej wolnej drogi cząsteczki w gazie od jednego uderzenia do dru-

---

<sup>1)</sup> Przytem zauważyć należy, że wszystkie pomiary długości fal światła, pomimo ich nadzwyczajnej drobności, są bardzo ściśle. Fizyka pozwala te nieznaczne rozciągłości oznaczać z dokładnością conajmniej  $\frac{1}{1000}$  rezultatu, t. j. w pomiarach długości wahań świetlnych możemy ocenić jeszcze wielkości, stanowiące  $\frac{1}{10000}$  część mikrona.

giego—stanowi ona w zwykłych warunkach ciśnienia i temperatury około  $\frac{1}{17}$  mikrona. Clausius również okazał, że na przestrzeni owej średniej wolnej drogi znajduje się około 60 cząsteczek, a więc odległość między cząsteczkami stanowi około  $\frac{1}{1000}$  mikrona.

Kilkoma drogami badania otrzymano zgodny w przybliżeniu z poprzedzającym rezultat, że średnia odległość jednej cząsteczki — molekule w gazie w zwykłych warunkach stanowi wspomniane  $\frac{1}{1000}$  mikrona. Tym sposobem w przebiegu najkrótszych fal fioletowych mamy nie więcej jak 100 cząsteczek, w najmniejszej mogącej być w mikroskopie widzianą przestrzeni—jeszcze 200 cząsteczek. W ciałach płynnych i stałych wspomniana rzeczona odległość będzie zarazem w przybliżeniu średnicą cząsteczki. W jakich odległościach od siebie znajdują się atomy chemiczne, składające molekulę, o tem można tylko sądzić przypuszczalnie. Być może, że jest to odległość wynosząca  $\frac{1}{10}$  średnicy cząsteczki, t. j. około  $\frac{1}{10000}$  mikrona. Na koniec, ostatnimi czasy zjawiska oparte na przechodzeniu elektryczności przez gazy, np. pod wpływem promieni radowych, dały podstawę do hipotezy, że

w gazach ładunki elektryczne (jony) łączą się z ważkami masami jeszcze znacznie mniejszemi niż atomy chemiczne, i razem z temi najmniejszymi cząstkami—elektronami odbywają swą drogę w gazie. Według hipotezy elektronów, która od 1897 r. wywalczyła sobie stanowisko w nauce, mamy w naturze wielkości jeszcze mniejsze niż zwykłe atomy. Zgodnie z tą hipotezą wielkość masy elektronu stanowi około  $\frac{1}{2000}$  masy zwykłej atomu. Według Kaufmanna wielkość elektronu tak się ma do wielkości bacylusa chorobotwórczego, jak ten ostatni do wielkości kuli ziemskiej. Elektrony więc byłyby najmniejszymi cząstkami materii, których spostrzeganie dla nas jest dostępne. Ograniczając jednak nasz przegląd tylko do molekuł lub atomów, których średnica jest nie mniejsza niż  $\frac{1}{10000}$  mikrona, nietrudno będzie odpowiedzieć na pytanie, ile cząstek takich (atomów) może się pomieścić we wszechświecie widzialnym. Ponieważ średnicę atomu przyjęliśmy na  $\frac{1}{10000}$  albo  $\frac{1}{10^4}$  mikrona, a mikron stanowi  $\frac{1}{1000000}$  albo  $\frac{1}{10^6}$  metra, więc średnica tej cząstki wynosi  $\frac{1}{10^{10}}$  metra, a zatem w metrze sześciennym znajduje się  $10^{30}$  atomów. Jeżeli wszechświat wi-

domy przyjmiemy za kulę, której średnica równa się  $10^{24}$  metrów, to objętość takiej kuli będzie w przybliżeniu  $4 \cdot 10^{72}$  metrów, a przybliżona ilość atomów mogąca się w niej pomieścić około  $4 \cdot 10^{102}$ . Tym sposobem cztery z 102 zerami przedstawia największą liczbę, jaką realnie pomyśleć możemy. Jeżeli nasze rozumowanie przeniesiemy na elektrony, to wypadnie jeszcze dodać kilka zer. Oczywiście wszystkie te wywody arytmetyczne mają tylko znaczenia dla określenia owej skali poznania, z którą staraliśmy się zapoznać. Jeżeli oznaczymy stosunek między największą odległością, jaką możemy wymierzyć (100 lat świetlnych lub  $10^{18}$  metrów), a najmniejszą wymierzalną ( $\frac{1}{10\,000}$  mikrona lub  $\frac{1}{10^{10}}$  metra), to otrzymamy stosunek wyrażony przez  $10^{28}$  albo jedność z 28 zerami.

\* \* \*

Pozostaje nam tylko jeszcze powiedzieć kilka słów o kresach poznania w czasie.

Badanie czasu jest ściśle połączone z pojęciem ruchu. Gdzie niema ruchu i zmiany, tam niema podstawy do oznaczenia trwania. Dlatego poznanie czasu



jest możliwe tylko przez badanie prędkości biegu ciał materyalnych lub przynajmniej zmienności zjawisk obserwowanych.

Jeżeli przedewszystkiem zwrócimy się do ruchu ciał materyalnych, to największe chyżości, jakie człowiek może otrzymać technicznie, są to chyżości pocisków artyleryjskich. Rosną one oczywiście z postępem techniki materyałów wybuchowych i balistyki, lecz w każdym razie dają wielkości bardzo znaczne, dosięgające w chwili wylotu kilkaset i więcej metrów na sekundę. W rzeczywistości wskutek oporu powietrza chyżość wylotu szybko się zmniejsza.

Z szybkością pocisków artyleryjskich współzawodniczą prędkości molekuł gazowych, które na podstawie obrachowań teoretycznych teorii cynetycznej gazów dają wielkości najprawdopodobniejsze takiegoż porządku, np. dla tlenu około 500 metrów, dla wodoru około 1800 metrów na sekundę. Największe rzeczywiste prędkości uraganów dochodzą 50 metrów na sekundę.

Inne wielkie szybkości materyalne spotykamy już w świecie kosmicznym. Zaczynając od Ziemi, która jak wiadomo

posiada dwa główne ruchy — obrotowy około swej osi i postępowy około Słońca, spostrzegamy, że chyżość materyalna obrotu dowolnego punktu na równiku Ziemi wynosi około 460 metrów na sekundę. Jest ona zatem 9 razy większa od prędkości najsilniejszych uraganów. Ale jest to wielkość jeszcze bardzo nieznaczna w porównaniu z prędkością Ziemi w przestrzeni. Ta ostatnia wynosi około 30 kilometrów na sekundę!

I inne chyżości materyalne biegów ciał niebieskich są bardzo znaczne. Tak np. księżyc przebiega na sekundę w ruchu obrotowym około Ziemi prawie pół kilometra, materyalne cząstki na równiku słonecznym około kilometra, na równiku Jowisza nawet około 13 kilometrów.

Z materyalnych szybkości w świecie planetarnym wspomnieć należy jeszcze o prędkości wybuchów protuberancj słonecznych. Były przypadki, gdy wybuchy materyi gorejącej dochodziły tysiąca i więcej kilometrów na sekundę!

W świecie gwiazdowym spotykamy szybkości materyalne także same lub jeszcze znaczniejsze. Wspomniana już wyżej gwiazda 1830 katalogu Groombridgea przebiega po kuli niebieskiej ruchem

własnym około 7 sekund w łuku na rok. Wobec znanej jej od nas odległości, odpowiada to szybkości postępowej około tysiąca kilometrów na sekundę, t. j. prawie szybkości wybuchów protuberancji słonecznych. Ponieważ gwiazd, których ruchy własne w łuku niebieskim są podobnej wielkości jak wspomnianej gwiazdy, jest znacznie więcej, paralaksa zaś ich, a zatem i odległość od nas nie została oznaczona—jest ona więc znacznie większa od gwiazdy Groombridgea,—możemy zatem wnioskować, że w świecie gwiazdowym szybkości ruchu materialnego porządku tysięcy, a nawet dziesiątków tysięcy kilometrów na sekundę są zupełnie możliwe.

Nakoniec, kresem spostrzeganej szybkości materialnej byłoby zauważone utworzenie mgławicy na miejscu nowej gwiazdy, powstałej 1901 r. w konstelacji Perseusza. Mgławica ta rozszerzała się tak szybko, że jeżeli widzialne rozplywanie się gwiazdy w mgławicę oparte było na fackie materialnych wybuchów, to musiały się one odbywać z szybkością setek tysięcy kilometrów na sekundę. Te olbrzymie szybkości, nie mające sobie podobnych w świecie materialnym,

skłoniły niektórych badaczy do innego poglądu na rzeczony zjawisko—przypuszczono, że mgławica istniała już poprzednio lecz była ciemna i gdy się gwiazda zapaliła, światło zaczęło mgławicę oświetlać kolejno, t. j. widzieliśmy proces rozszerzania się światła. Która z tych hipotez odpowiada rzeczywistości, prawdopodobnie nigdy wiedzieć nie będziemy.

Ostatnie zjawisko naprowadza nas na nowy rodzaj spostrzegania ruchu—nie tylko za pośrednictwem biegu ciał materialnych. Takich procesów w naturze jest pewno bardzo dużo; tu wspomnimy tylko o podrażnieniu nerwowem, które przebiega około 30 metrów na sekundę, o dźwięku, który jako zjawisko ruchu falowego ciał materialnych przebiega (w powietrzu pod zwykłym ciśnieniem) przeszło 300 metrów na sekundę, i nakoniec o świetle, tem zjawisku falowego ruchu eteru, którego szybkość przenosi prawie milion razy szybkość rozszerzania się dźwięku w powietrzu, t. j. 300 000 kilometrów na sekundę. Jest to najszybszy ze znanych nam ruchów — jest on zarazem na zasadzie teorii Maxwella—szybkością rozszerzania się w przestrzeni zjawisk elektromagnetycznych, stanowią-

cych—na podstawie tejże teorii—podścielisko zjawisk świetlnych <sup>1)</sup>.

Kończąc tę wiązkę faktów, zaczerpniętych z wyników badań różnych działów wiedzy o Przyrodzie, widzimy jak drobna jest zdobyta przez nas wysepka wiedzy wśród oceanu Nieskończoności. Słusznie myśl tę wyraził jeden z największych umysłów, jakie ludzkość wydała, nieśmiertelnej pamięci Izaak Newton: „zdawało mi się, że byłem dzieckiem, które nad brzegiem morza się bawi. Cieszyłem się, gdym znalazł kamyk gładzszy lub piękniejszą muszelkę; a tymczasem wielki Ocean Prawdy rozciągał się tajemniczo przedemną“.

---

1) Na podstawie hipotezy Lorentza i Einsteina o zasadzie względności, przyjąć należy, że absolutnym kresem chyżości musi być właśnie prędkość światła. Żaden ruch prędszy od tej ostatniej nie może istnieć. W świecie elektronów dostrzegamy jednak niektóre chyżości już o tyle zbliżające się do tej kresowej, że pozwoliły Buchererowi (1909) sprawdzić doświadczalnie niektóre wnioski z hipotezy Einsteina.

---

**Prof. Dr. K. Twardowski**

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF TORONTO

