

## Pomysł Kopernika

Średniowieczny Wszechświat był całkiem sprawnie działającym mechanizmem. Wokół stabilnej Ziemi, zajmującej w nim centralne miejsce, krążyły planety, w miarę możliwości – jednostajnie po kołach, a jeżeli nie zgadzało się to z obserwacjami, to dodawało się więcej tych kół, czyli epicykli, tak aby tę zgodność uzyskać. Tak było od czasów Ptolemeusza przez półtora tysiąca lat i trzeba przyznać, że nie był to zły model Wszechświata. Miał cechy, które i dziś w nowoczesnej nauce są w cenie, mianowicie zgadzał się z obserwacjami, umożliwiał przewidywanie przyszłych zjawisk i miał możliwość ciągłego udoskonalania. Czego chcieć więcej?

No, może jeszcze prawdy, czyli chciałoby się jeszcze wiedzieć, co wokół czego „naprawdę” krąży. Bowiem dziś wiemy, że opisywać ruch można względem czegokolwiek, robi się więc to tak, żeby było najwygodniej. „Obiektywnego” rozstrzygnięcia, co wokół czego krąży, dostarcza dopiero dynamika. Mówią po prostu, obiekt lżejszy musi krążyć wokół cięższego. Ale w Średniowieczu mas ciał niebieskich jeszcze nie znano. Centralne miejsce w modelu Wszechświata było więc dla Ziemi zarezerwowane bez dyskusji, było to podstawowe założenie, z którym nikt nie polemizował – właściwie nikomu przez półtora tysiąca lat do głowy nie przyszło, że może być inaczej. Prawdę mówiąc, myśli takie, czy – jak kto woli – spekulacje, pojawiały się już w Starożytności (Filolaos, Hiketas, Ekfantos, Herakleides, Arystarch, Seleukos), poszły jednak w zapomnienie, zwłaszcza że wszystkich

przytoczył autorytet Arystotelesa. Wreszcie jednak Mikołajowi Kopernikowi przyszło do głowy, by sprawę zbadać porządnie, czyli by sprawdzić – dysponując nowymi obserwacjami i nagromadzoną przez stulecia wiedzą – czy obserwowane z Ziemi ruchy planet nie mogą być skutkiem obieganiami ich wszystkich, łącznie z Ziemią, wokół Słońca. Szczerze przy tym przyznawał, że sam pomysł nie jest jego.

Kopernik tę sprawę zbadał rzeczywiście porządnie. Okazało się przede wszystkim, że wskutek przeniesienia układu odniesienia do Słońca można było pewne składowe ruchy planet, identyczne u wszystkich planet, natychmiast zastąpić ruchem Ziemi. Liczba kół niezbędnych w opisie ruchu planet została w ten sposób zmniejszona wprawdzie o połowę, jednak Układ Słoneczny nadal opisywało kilkadziesiąt deferentów i epicykli (o tym, jak się ich astronomia pozbyła, też jest w tym numerze). Ważniejsze było co innego, mianowicie że ktoś w ogóle rozpoczął dyskusję o systemie świata. Kopernik jawnie pisał, że jest przekonany o centralnej pozycji Słońca, że brak paralaktycznych przesunięć gwiazd wynika zapewne stąd, iż gwiazdy są widocznie dalej, niż się komukolwiek dotąd zdawało. Nie miał jednak – bo nie mógł wówczas mieć – na to żadnych dowodów. W rezultacie chociaż to on na dobre „ruszył Ziemię”, jego teoria nie spowodowała – na razie – praktycznie żadnej rewolucji w astronomii. Została jednak podchwyciona przez następców, przez co przyczyniła się do jednej z największych rewolucji światopoglądowych.

T. K.

## Teoria względności Einsteina

Jakikolwiek przegląd przełomowych pomysłów w nauce nie może się oczywiście obyć bez Alberta Einsteina i jego teorii względności.

Jak zostało wspomniane w artykule *Lorentz a przekształcenia Lorentza*, Einstein w jednej przełomowej pracy poradził sobie z wieloma problemami nękającymi fizykę początku XX wieku, takimi jak zagadnienie istnienia eteru i sposób rozchodzenia się światła, i na podstawie dwóch prostych postulatów wyprowadził mętnie dotąd motywowane transformacje Lorentza. Inne wnioski z tych postulatów wybiegały dalej, poza stan ówczesnej wiedzy i pojęć.

Teoria Einsteina opierała się na postulacie względności, tzn. założeniu, że każde prawo fizyczne ma taką samą postać we wszystkich układach inercjalnych. Sam postulat względności, zwany zasadą względności Galileusza, nie był wystarczający, aby np. równania Maxwella dla pola elektromagnetycznego były niezmiennicze względem wyboru układu inercjalnego. Do tego potrzebne było dodatkowe założenie. Einstein na podstawie tylko eksperymentów myślowych dodał postulat stałej prędkości rozchodzenia się światła w próżni, niezależnie od ruchu jego źródła. Pomysł ten okazał się bardzo trafny.

Konsekwencje fizyczne teorii Einsteina były rewolucyjne. Jednym z jej wniosków było np. to, że czas nie jest wielkością absolutną, niezależną od układu odniesienia. Synchronizacja zegarów jest czynnością czysto fizyczną, a równoczesność dwóch różnych zdarzeń zależy od wyboru układu odniesienia: zawsze można wskazać układ, w którym są one równoczesne (albo układ, w którym zachodzą w tym samym miejscu). Czas i przestrzeń przestały być odtąd niezależne: w teorii względności zjawiska fizyczne zachodzą w czterowymiarowej czasoprzestrzeni, której punkty (zdarzenia) są charakteryzowane współrzędnymi przestrzennymi  $x, y, z$  i czasem  $t$ , wyznaczonymi w pewnym inercjalnym układzie odniesienia. Związek między współrzędnymi czasoprzestrzennymi w różnych inercjalnych układach odniesienia jest dany transformacją Lorentza.

Ogólna teoria względności Einsteina (1916 r.) wprowadziła już równoważność zjawisk we wszystkich układach odniesienia, także tych nieinercjalnych. Szczególna teoria względności (nazwana tak w odróżnieniu od tej późniejszej, ogólniejszej) obowiązywała dalej, ale pod nieobecność pola grawitacyjnego. Teoria względności jest obecnie jedną z najlepiej potwierdzonych doświadczalnie teorii fizycznych.

E. Cz.